Бараночников М. Л.

ПРИЕМНИКИ И ДЕТЕКТОРЫ ИЗЛУЧЕНИЙ

СПРАВОЧНИК

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ И ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ



ДМК

Бараночников М. Л.

Приемники и детекторы излучений

Справочник

ДМК Пресс
издательство
Москва, 2012

УДК 621.383(035)
ББК 32.854я22
Б24

Бараночников М. Л.

Б24 Приемники и детекторы излучений. Справочник. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 640 с., табл. 415, ил. 1326.

ISBN 978-5-94074-564-8

В настоящем справочнике содержатся сведения о приемниках ионизирующего излучения (счетчиках Гейгера, сцинтилляторах, детекторах альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучений), а также о широкой номенклатуре фоточувствительных приборов – фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов, фототиристоров, фотоприемных устройств, фотоэлементов и фотоумножителей, передающих телевизионных трубок (диссекторов, суперортиконов, видиконов), электронно-оптических преобразователей, болометров, пироэлектрических приемников излучения и тепловых приемных устройств. Более 2500 наименований приборов.

Для инженерно-технических работников, молодых специалистов, студентов вузов и радиолюбителей, занятых разработкой и эксплуатацией аппаратуры, использующей приемники и детекторы излучений.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютной точности и правильности приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

ISBN 978-5-94074-564-8

© Бараночников М. Л., 2012
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 19
ВВЕДЕНИЕ 21
Часть 1. ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ 23
Глава 1. Детекторы ионизирующих излучений 24
1.1. Газоразрядные детекторы ионизирующих излучений 25
1.1.1. Детекторы и счетчики α-излучения 27
1.1.1.1. Детекторы и счетчики α-излучения САТ-3, САТ-4, САТ-5, САТ-7, САТ-8, САТ-9, САТ-10, САТ-11, СИ-9А 27
1.1.2. Детекторы и счетчики β-излучения 29
1.1.2.1. Детекторы и счетчики β-излучения АС-1, АС-2, СБМ-7, СБМ-8, СБМ-9, СБМ-10, СБМ-11, СБМ-12, СБМ-13, СБМ-14, СБМ-15, СБМ-19, СБМ-20 29
1.1.2.2. Детекторы и счетчики **β**-излучения СБМ-20U, СБМ-21, СБМ-24БГ, СБМ-28БГ, СБМ-29БГ, СБМ-30, СБМ-31, СБМ-32, СБМ-32К,СБС-1, СБС-2, СБС-3, СБС-4, СБС-5, СБТ-7, СБТ-9, СБТ-10, СБТ-10А, СБТ-11, СБТ-11А, СБТ-13, СБТ-14 31
1.1.2.3. Детекторы и счетчики **β**-излучения СБТ-15, СБТ-16, СБТ-17, СИ-2Б (ПСТ-40), СИ-3Б, СИ-5Б, СИ-6Б, СИ-7Б, СИ-8Б, СИ-8БМ, СИ-9БГ, СИ-12БГ, СИ-13Б, СИ-14Б 33
1.1.2.4. Детекторы и счетчики **β**-излучения СИ-15 БГ, СИ-19БГ, СИ-23БГ, СИ-24БГ, СИ-28БГ1, СИ-28БГ2, СИ-29БГ, МСТ-17, МСТ-18 (СИ-3Б), СИ-1 ГИП, СТС-5, СТС-6, Т-25БФЛ 35
1.1.3. Детекторы и счетчики γ-излучения 36
1.1.3.1. Детекторы и счетчики γ-излучения ВС-4, ВС-6, ВС-8, ВС-9, ВС-9Т, СИ-4Г, ВС-11, ВС-13, ВС-14, ВС-16, ГС-4, ГС-6, ГС-7, ГС-8, ГС-9, ГС-10, ГС-11, ГС-12, МС-4, МС-6, МС-7, МС-8, МС-9. МС-11, МС-12, МС-13, МС-14, МС-16, СГС-3, СГС-4, СГС-5 36
1.1.3.2. Детекторы и счетчики **γ**-излучения СГС-6, СИ-1Г, СИ-1 ГИП, СИ-4Г, СИ-5Г, СИ-6Г, СИ-7Г, СИ-8Г, СИ-10Г, СИ-11Г, СИ-12Г, СИ-13Г, СИ-14Г, СИ-19Г, СИ-20Г, СИ-21Г, СИ-22Г, СИ-22ГУ, СИ-23Г 39
1.1.3.3. Детекторы и счетчики **γ**-излучения СИ-24Г, СИ-25Г, СИ-31Г, СИ-33Г, СИ-34Г. СИ-37Г, СИ-38Г, СИ-39Г, СИ-40Г, ЛТС-1, СИ-1БГ, СИ-2БГ, СИ-3БГ, СИ-10БГ, СИ-11БГ, СИ-21БГ, СИ-22БГ, СТС-1, СТС-2, СТС-3, СТС-8, СГМ11, СГМ18, СГМ19 41
1.1.4. Детекторы нейтронов 45
1.1.4.1. Детекторы нейтронов СИ-10Н, СИ-13Н, СИ-19Н, СНМ-3, СНМ-5, СНМО-5, СНМ-8, СНМ-9, СНМ-10, СНМ-11,СНМ-12, СНМ-13, СНМ-14, СНМ-15, СНМ-16, СНМ-17 45
1.1.4.2. Детекторы нейтронов СНМ-18, СНМ-18-1, СНМ-19, СНМ-20, СНМ-32, СНМ-33, СНМ-42, СНМ-50, СНМ-51, СНМ-52, СНМ-53, СНМ-55, СНМ-56, СНМ-57, СНМ-58, СНМ-59, СНМ-60, СНМ-61, СНМ-66, СНМ-66-2, СНМ-66–3, СНМ-67, СНМ-68, СНМ-72, СНМ-73, СНМ-76, СНМ-76-1, СНМ 47
1.1.5. Газоразрядные счетчики фотонов 50
1.1.5.1. Газоразрядные счетчики фотонов СИ1Ф, СИ4Ф, СФК-1 50
1.1.6. Детекторы рентгеновского излучения 50
1.1.6.1. Детекторы рентгеновского излучения МСТР-3, МСТР-4, МСТР-5, СИ2Р, СИ3Р, СИ4Р, СИ5Р, СИ2П, СИ6Р, СРМ-1, СРТ-4, СРТ-5, СИ9Р, СИ10Р, СИ-11Р, СИ-12Р, СИ-13Р, СРМ19, СРМ20 50
1.1.6.2. Детекторы рентгеновского излучения АГ-1, АГ-2, АГ-3, АГ-4, АГ-5, АГ-6 52
1.1.7. Ионизационные камеры 54
1.1.7.1. Ионизационные камеры КНК3, КНК4, КНК15, КНК15-1, КНК53М, КНК56, КНК56М, КНК57М 54
1.1.7.2. Ионизационные камеры КНТ-7, КНТ-8, КНТ-9, КНТ-10, КНТ-31, КНТ31-1, КНТ-54, КНТ-54-1 54
1.1.8. Блоки детектирования на основе газоразрядных счетчиков 55
1.1.8.1. Блоки детектирования γ-излучения БДМГ-04-00, БДМГ-04-01, БДМГ-04-02, БДМГ-04-03 и БДМГ-04-04 56
1.1.8.2. Блоки детектирования **γ**-излучения БДМГ-101, БДМГ-101М 57

1.1.8.3. Интеллектуальные блоки детектирования нейтронного излучения БДКН-04, БДКН-96, БДМН-96....58
1.2. Сцинтилляционные детекторы и счетчики 59
1.2.1. Сцинтилляционные детекторы.....59
1.2.1.1. Детекторы ионизирующего излучения сцинтилляционные пластмассовые ПС-Н1, ПС-Н2, ПС-Н3....60
1.2.1.2.Типовые конструкции контейнеров для упаковки сцинтилляторов....61
1.2.1.3. Детекторы ионизирующих излучений сцинтилляционные СДН.64, СДН.69, СДН.83....63
1.2.2. Сцинтилляционные блоки детектирования 64
1.2.2.1. Сцинтиблоки на основе фотоэлектронных умножителей....64
1.2.2.2. Сцинтиблоки на основе кремниевых фотодиодов....65
1.2.3. Интегрированные сцинтилляционные блоки детектирования 66
1.2.3.1. Блоки детектирования α-излучения БДПА-01, БДЗА-96, БДЗА-96м, БДЗА-96с, БДЗА-96т, БДЗА-96б....66
1.2.3.2. Сцинтилляционные блоки детектирования β-излучения БДС-Б, БДС-Б-150....68
1.2.3.3. Сцинтилляционные блоки детектирования γ-излучения БДС-Г, БДС-Г-100×100, БДС-Г-150×150....69
1.2.3.4. Блоки детктирования импульсного нейтронного и γ-излучения типа ССДИ8М, ССДИ8М-01, ССДИ29, СЧДИ1М....70
1.2.3.5. Блок детектирования рентгеновского излучения БДКР-01....70
1.2.3.6. Блок детектирования рентгеновского излучения БДС-Р5....71
1.3. Полупроводниковые детекторы излучений..... 73
1.3.1. Кремниевые полупроводниковые детекторы 74
1.3.1.1. Поверхностно-барьерные детекторы ДКПс-25, ДКПс-35, ДКПс-50, ДКПс-100, ДКПс-200, ДКПс-350, ДКПс-500....74
1.3.1.2. Поверхностно-барьерные детекторы ДКПсд-20, ДКПсд-50, ДКПсд-125....76
1.3.1.3. Детекторы кремниевые поверхностно-барьерные полностью обедненные ДКПО-dE/dx-25, ДКПО-dE/dx-50, ДКПО-dE/dx-125, ДКПО-dE/dx-200....77
1.3.1.4. Детекторы кремниевые диффузионно-дрейфовые ДКДПс-25, ДКДПс-50, ДКДПс-100, ДКДПс-125, ДКДПс-200, ДКДПс-250, ДКДПс-350, ДКДПс-500....78
1.3.1.5. Детекторы кремниевые диффузионно-дрейфовые ДКДПсд-20, ДКДПсд-50, ДКДПсд-125....79
1.3.1.6. Диффузионно-дрейфовые детекторы матричного типа МДКД-П-10, МДКД-П-20, МДКД-П-30, МДКД-П-40....80
1.3.1.7. Диффузионно-дрейфовые полностью обедненные детекторы ДКПО-Д-0,5-50, ДКПО-Д-1,0-50, ДКПО-Д-1,5-50, ДКПО-Д-2,0-50, ДКПО-Д-0,5-100, ДКПО-Д-1,0-100, ДКПО-Д-1,5-100, ДКПО-Д-2,0-100, ДКПО-Д-0,5-200, ДКПО-Д-1,0-200, ДКПО-Д-1,5-200, ДКПО-Д-2,0-200....81
1.3.1.8. Диффузионно-дрейфовые спектрометрические детекторы ДДС-5/2, ДДС-8/2, ДДС-8/6, ДДС-12/2, ДДС-18/2, ДДС-12/10, ДДС-18/10....81
1.3.1.9. Детекторы кремниевые спектрометрические α-излучения ПДПА-1К, ПДПА-1К5, ПДПА-1К1, ПДПА-1К2,ПДПА-1К4, ПДПА-1К3....82
1.3.1.10. Диффузионно-дрейфовые регистрирующие детекторы ДДР-5/2, ДДР-8/2, ДДР-12/2, ДДР-18/2....83
1.3.1.11. Диффузионно-дрейфовые детекторы ДКРС-2,5/3,ДКРС-4/3, ДКРС-6/3, ДКРС-9/3....84
1.3.1.12. Кремниевые детекторы Д1А, Д1В, Д4.5АМ, Д4.5А, Д4.5В, Д10А, Д10В, Д30А, Д30В....85
1.3.1.13. Детектор кремниевый γ-излучения типа ДКГ....86
1.3.1.14. Детектор кремниевый ионно-имплантированный ДГб-0,25....87
1.3.1.15. Миниатюрный диффузионно-дрейфовый детектор типа ДКД-М....87
1.3.1.16. Детектор кремниевый ДКД-Пм-2,5-3....88
1.3.1.17. Кремниевые дозиметры СКД1, СКД1-01, СКД1-02....88
1.3.1.18. Детекторы нейтронного и γ-излучения типа СППД1, СППД1-01, СППД3, СППД3-01, СППД5....89
1.3.1.19. Детектор полупроводниковый рентгеновского излучения СППД11....89
1.3.1.20. Детекторы полупроводниковые рентгеновского излучения ПРД-Д-01, ПРД-Д-02, ПРД-Д-04....90
1.3.2. Полупроводниковые детекторы излучения на основе германия 90

1.3.2.1. Германиевые детекторы ДГД-5, ДГДК-15, ДГДК-20, ДГДК-25, ДГДК-30, ДГДК-35, ДГДК-40, ДГДК-50, ДГДК-60, ДГДК-70, ДГДК-80, ДГДК-90 91
1.3.2.2. Германиевые радиационные детекторы ДГР-11, ДГР-12, ДГР-22 92
1.3.2.3. Германиевые детекторы ДГР-3-1, ДГР-3-2, ДГР-3-3, ДГР-5-1, ДГР-5-2, ДГР-5-8 93
1.3.2.4. Блоки детектирования рентгеновского излучения БДР1-20, БДР2-20, БДР1-50, БДР2-50, БДР1-125, БДР2-125, БДР1-200, БДР2-200 93
1.3.3. Полупроводниковые детекторы излучения на основе других п/п материалов 94
1.3.3.1. Датчики рентгеновского и гамма-излучений типа РГД-0, РГД-1, РГД-2 и ГД-Г1 94
1.3.3.2. Детекторы полупроводниковые СППД12, СППД14 95
1.4. Детекторы ионизирующего излучения на основе алмаза 97
1.4.1. Спектрометрический алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-1 97
1.4.2. Алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-2 98
1.4.3. Алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-3 99
1.4.4. Алмазные детекторы ионизирующего излучения АДИИ-3.1, АДИИ-3.2, АДИИ-3.3 100
1.4.5. Детектор алмазный дозиметрический ПДПС-1К 100
1.4.6. Алмазные детекторы ионизирующего излучения САД1, САД1-01 101
1.4.7. Детектор рентгеновского излучения на базе САД-1 102
1.5. Приемники ренгеновского излучения на основе фотодиодов 104
1.5.1. Фотодиоды ФДУК-100УВ, ФДУК-100УВZr/Sic, ФДУК-1УВСК, ФДУК-8УВСК 104
1.5.2. Блок детектирования АВ-5 105

Часть 2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ И ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 107
Глава 2. Приемники УФ-диапазона спектра (200–400 нм) 108
2.1. Фотоприемники на основе полупроводниковых материалов 109
2.1.1. Фоторезисторы на основе сульфида кадмия типа СФ2-18 и СФ2-19 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,4; $\lambda_{макс}$ = 0,35 мкм] 109
2.1.2. Кремниевые фотодиоды, чувствительные в УФ-области спектра 110
2.1.2.1 Фотодиоды кремниевые типа КДФ105А, КДФ117А1, ФД-288А, ФД-304М-01, ФД-307, ФДК-142, ФДК-142-01, ФД «Квант», ФД «Гранит», ФД-УФ1 [$\Delta\lambda$ = 0,2–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,83 мкм] 110
2.1.2.2. Фотодиоды кремниевые ФДУК-100УТ, ФДУК-10УТ, ФДУК-2УТ, ФДУК-2УП, ФДУК-11УТ, ФДУК-8УС, ФДУК-5У, ФДУК-1УСТ [$\Delta\lambda$ = 0,19–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,96 мкм] 112
2.1.2.3. Фотодиоды кремниевые ФДУК-100УВ и ФД-УФ1 [$\Delta\lambda$ = 0,02–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,45–0,9 мкм] 113
2.1.2.4. Фотодиоды УДФ-01-01 и УДФ-04-16 [$\Delta\lambda$= 0,19–0,45; $\lambda_{макс}$ = 0,35 мкм] 114
2.1.2.5. Фотоприемные устройства ФПУ-1, ФПУ-2, ФПУ-3, ФПУ-8, ФПУ-9, ФПУ-100 [$\Delta\lambda$ = 0,19–1,1 мкм] 115
2.1.2.6. Фотоприемное устройство ФПУ ФД [$\Delta\lambda$ = 0,19–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,255 мкм] 116
2.1.2.7. Фотоприемное устройство ФУР137Л [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,42; $\lambda_{раб}$ = 0,37 мкм] 117
2.1.3. Фотоприемники УФ-диапазона на основе алмаза 117
2.1.3.1. Фоторезисторы типа ФА-1, ФА-2, ФА-3 на основе алмаза [$\Delta\lambda$ = 0,18–0,27; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм] 117
2.1.3.2. Фоторезисторы типа ФА-3-1, ФА-3-2 на основе алмаза [$\Delta\lambda$ = 0,19–0,3; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм] 119
2.1.3.3. Алмазные фотовольтаические приемники ФПЯ-1-1, ФПЯ-1-2 [$\Delta\lambda$ = 0,19–0,28; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм] 119
2.1.3.4. Алмазные PIN-фотодиоды ФД-1-1 и ФД-1-2 [$\Delta\lambda$ = 0,18–0,3; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм] 120
2.1.3.5. Алмазное фотоприемное устройство типа ФПА-1 [$\Delta\lambda$ = 0,19–0,28; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм] 121
2.1.4. Вакуумные фотоэлектронные приемники для УФ-диапазона 123
2.2. Приемники «видимого» диапазона спектра (0,4–0,75 мкм) 124
2.2.1. Вентильные фотоэлементы 124
2.2.1.1. Селеновые фотоэлементы Ф-32С, Ф-ЗЗС, Ф-34С, Ф-35С, Ф-36С, Ф-37С, Ф-38С, Ф-39С, Ф-40С, Ф-41С, Ф-42С, Ф-44С, Ф-45С, Ф-50С, Ф-52С, Ф-54С, Ф-55С, ФЭ-139, УФ-101 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,7; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,6 мкм] 124

2.2.1.2. Ранние типы фотоэлементов К-5, К-10, К-20, ФЭСС-У-2; ФЭСС-У-3; ФЭСС-У-5; ФЭСС-У-10 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,65 и 0,7–1,0 мкм] 128
2.2.2. Фоторезисторы на основе сульфида кадмия 129
2.2.2.1. Фоторезисторы ФСК-0, ФСК-1, ФСК1а, ФСК-16, ФСК-2, ФСК-3, ФСК-4, ФСК-4а, ФСК-5, ФСК-6, ФСК-7а, ФСК-76, ФСК-Г7а, ФСК-Г76, ФСК-Г1, ФСК-Г2, ФСК П1а, ФСК П16, ФСК-М1, ФСК-М2, СФ2-1, СФ2-2, СФ2-4, СФ2-5, СФ2-8, СФ2-9, СФ2-12, СФ2-16, ФР-765[$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9; $\lambda_{макс}$ = 0,6–0,7 мкм] 129
2.2.2.2. Фоторезисторы на основе сульфида кадмия для фотоэкспонометрической техники ФПФ-7А, ФПФ-7Б, ФПФ-7В, ФПФ-7-1, ФПФ-9-2, ФР-117, ФР-118, ФР-119, ФР-121 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,7; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,6 мкм] 135
2.2.2.3. Ранние типы фоторезисторов на основе сульфида кадмия ФС-КО, ФС-К1, ФС-К2, ФС-К4, ФС-К5, ФС-К6, ФС-К7а, ФС-К7б, ФС-КГ1, ФС-КГ2 [$\lambda_{макс}$ = 0,64 мкм] 137
2.2.3. Фоторезисторы на основе селенида кадмия 137
2.2.3.1. Фоторезисторы ФСД-1, ФСД-1а, ФСД-Г1, ФСД-Г2, ФР-764, СФЗ-1, СФЗ-2, СФЗ-2А, СФЗ-2Б, СФЗ-3, СФЗ-4А, СФЗ-4Б, СФЗ-5, СФЗ-7А, СФЗ-7Б, СФЗ-8, СФЗ-9А, СФЗ-9Б, СФЗ-9В, СФЗ-7А, СФЗ-10А, СФЗ-10Б, СФЗ-10В, СФЗ-11, СФЗ-12, СФЗ-16, СФЗ-М1, СФЗ-М2, ФР-162А, ФР-162Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,67–0,9 мкм] 137
2.2.3.2. Ранние типы фоторезисторов на основе селенида кадмия ФС-ДО, ФС-ДМ, ФС-Д1, ФС-ДГ1, ФС-ДТ1 143
2.2.4. Фоторезисторы на основе сернистого висмута ФС-Б1, ФС-Б2 [$\Delta\lambda$ = 0,45–1; $\lambda_{макс}$ = 0,6–0,7 мкм] 143
2.2.5. Микропиксельные фотоприемники 144
2.2.5.1. Микропиксельные фотодиоды СРТА 140-17, СРТА 140-40, СРТА 143-30, СРТА 149b-26, СРТА 149-35, СРТА 150-50, СРТА 151-30 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,7 мкм] 144
2.2.5.2. Модули счетчика фотонов СРТА РС1, СРТА РС9, СРТА РС21 145
2.3. Фотоприемники «ближнего» диапазона ИК-спектра (0,4–1,1 мкм) 147
2.3.1. Кремниевые фотодиоды 147
2.3.1.1. Кремниевые фотодиоды 1690, 1690-Б, 1690-В,1691, 2ДФ103А-5, ДПД01А, ДПД01А-2, КФДМ, КФДМ(гр.А), КФДМ(гр.Б), КОФ119А, КОФ119Б [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,96 мкм] 148
2.3.1.2. Кремниевые фотодиоды КОФ120А, КОФ120Б, КОФ121А, КОФ121Б, КОФ122А, КОФ122Б, КОФ125А, КОФ129, КОФ137А, МФППФ1000 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,9 мкм] 149
2.3.1.3. Кремниевые фотодиоды У-69, У-73, У-79, У-99, У-160, У163, У-180, У-212, У-214, У-244, У-258, У-262, У-264 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,87 мкм] 151
2.3.1.4. Кремниевые фотодиоды УФД01, УФД02, УФД03, УФД06, УФД11, УФД12, УФД13М, УФД14М, УФД15М, УФД15М-1 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,9 мкм] 152
2.3.1.5. Кремниевые фотодиоды УФД16, УФД20, УФД20–01, УФД21, УФД22 гр.1, УФД22 гр.2, УФД23, УФД24, УФД25М, УФД26 гр.А, УФД26 гр.Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 154
2.3.1.6. Кремниевые фотодиоды ФДК-1, ФДК-1в, ФД-2М, ФД-3К, ФД-6К, ФД-7К (гр. А), ФД-7К (гр. Б), ФД-8К, ФД-8К (гр.1690), ФД-8К(гр.1691), ФД-9К, ФД-10К [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,63–0,92 мкм] 156
2.3.1.7. Кремниевые фотодиоды ФД-10К (гр. А), ФД-10КП, ФД-11К, ФД-17К, ФД-18К, ФД-19КК гр. А, ФД-19КК гр. Б, ФД-20КП, ФД-20-30К, ФД-20-31К (гр. А), ФД-20-31К (гр. Б), ФД-20-32К [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,17; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,95 мкм] 157
2.3.1.8. Кремниевые фотодиоды ФД-20-33К, ФД-21КП, ФД-22КП, ФД-23К, ФД-24К, ФД-24–01, ФД-25К, ФД-26К, ФД-27К, ФД-28КП, ФД-36, ФД-125К [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,72–0,9 мкм] 159
2.3.1.9. Кремниевые фотодиоды ФД-131А, ФД-131Б, ФД-131МБ, ФД-141К, ФД-К-142, ФДК-142-01, ФДК-146А,Б, ФДК-148А,Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 161
2.3.1.10. Кремниевые фотодиоды ФД-149К, ФД-150, ФД-150М, ФД-К-155, ФДК-157, ФД-225А, Б, ФД-К-227, ФД-245А, ФД-245Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,88 мкм] 162
2.3.1.11. Кремниевые фотодиоды ФД-253, ФД-254, ФД-255, ФД-256, ФД-263, ФД-263-01, ФД-265А, ФД-265Б, ФД-265-01А, ФД-265-01Б, ФД-265-02А, ФД-265-02А черн., ФД-269, ФД-271, ФД-286 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,9 мкм] 163
2.3.1.12. Кремниевые фотодиоды ФД-288А, ФД-288Б, ФД-288В, ФД-288А-1, ФД-291, ФД-292, ФД-292А, ФД-293 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,81 мкм] 164

2.3.1.13. Кремниевые фотодиоды ФД-295, ФД-296М, ФД-297М, ФД-299, ФД-301, ФД-302, ФД-303, ФД-304М, ФД-304М гр.А, ФД-305М [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 166
2.3.1.14. Кремниевые фотодиоды ФД-306М, ФД-307, ФД309, ФД310, ФД-313М, ФД-318М, ФД-319 [$\Delta\lambda$ = 0,34–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм] 167
2.3.1.15. Кремниевые фотодиоды ФД-319-01, ФД-320, ФД-320-01, ФД-321М-01 гр.1, ФД-321М-01 гр.2, ФД-321М-02 гр.А, ФД-321М-02 гр.Б, ФД-321М-03 [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм]....168
2.3.1.16. Кремниевые фотодиоды ФД-321М-04 Гр.1, ФД-321М-04 Гр.2, ФД-324, ФД-325М, ФД-325М-01, ФД-325М-02, ФД-327 Гр. 1, ФД-327 Гр. 2 [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм] 170
2.3.1.17. Кремниевые фотодиоды ФД-328, ФД-330М, ФД-331, ФД-332, ФД-337А, ФД-337Б, ФД-337В, ФД-337 Гр.2, ФД-338, ФД-342 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм] 171
2.3.1.18. Кремниевые фотодиоды ФД-342-01, ФД-342-01(гр.А), ФД-344М, ФД-344, ФД-344-01, ФД-344-02, ФД-345А, ФД-345Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,66–0,95 мкм] 172
2.3.1.19. Кремниевые фотодиоды ФД-349М, ФД-439, ФД-611, ФДК-КИ-2, ФДК-М [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм]....173
2.3.1.20. Кремниевые фотодиоды ФДУК 2, ФДУК 4, ФДУК 11, ФДУК 11-1, ФДУК 11С, ФДУК 12С, ФДУК 12СТ, ФДУК 200 [$\Delta\lambda$ = 0,27–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,83–0,96 мкм] 174
2.3.1.21. Кремниевые фотодиоды ФД0101, ФД0201, ФД0201К, ФД0251К, ФД0301, ФД0301К, ФД0501, ФД1001-01, ФД1001к-01, ФД1801к-01, ФД2501к-01, QPD150, IWPH01-02 [$\Delta\lambda$ = 0,27–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,83–0,96 мкм] 175
2.3.1.22. Кремниевые фотодиоды КДФ101А, КДФ103А, КДФ105А, КДФ110А, КДФ111А, КДФ111Б, КДФ111А1, КДФ111Б1, КДФ111В, КДФ111Б1, КДФ111В [$\Delta\lambda$ = 0,22–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,81–0,9 мкм]....177
2.3.1.23. Кремниевые фотодиоды КДФ111А2, КДФ111Б2, КДФ111В2, КДФ111Г2, КДФ111А3, КДФ111Б3, КДФ111В3, КДФ111А4, КДФ111А5, КДФ112А [$\Delta\lambda$ = 0,42–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85 мкм]....178
2.3.1.24. Кремниевые фотодиоды КДФ113А1-2, КДФ113А1-3, КДФ113А2-2, КДФ113А2-3, КДФ113А3-2, КДФ113А3-3, КДФ113А4-2, КДФ113А4-3, КДФ113А5-2 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,87 мкм] 179
2.3.1.25. Кремниевые фотодиоды КДФ113А5-3, КДФ113А6-3, КДФ113А7-2, КДФ113А8-2, КДФ115-А, КДФ115А, КДФ115А1, КДФ115-А3, КДФ115-А5, КДФ115А5, КДФ115Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,87 мкм]....181
2.3.1.26. Кремниевые фотодиоды КДФ117А1, КДФ117А1-2, КДФ117А1-3, КДФ117А2, КДФ117А2-2, КДФ117А2-3, КДФ117А3, КДФ117А3-2, КДФ117А3-3, КДФ117А4, КДФ117А4-2, КДФ117А5, КДФ117А5-2, КДФ118А, КДФ118Б [$\Delta\lambda$ = 0,32–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,94 мкм] 183
2.3.1.27. Кремниевые фотодиоды КДФ-6×6-ТО8-1, КДФ-6×6-ТО8-2, КДФ-6×6-ТО8-3, КДФ-6×6-ТО8-4, КДФ-6×6-ТО8-5, КДФ-12×12-ТОХ-2, КДФ-6×6-ТО8-5, КДФ-12×12-ТОХ-2 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,89 мкм] 185
2.3.1.28. Кремниевые фотодиоды СФД1-3535-02, СФД1-3535-03, СФД1-3535-04, СФД1-3535-05, СФД1-3535-06 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,89 мкм] 187
2.3.1.29. Кремниевые фотодиоды КДФМ2-02, КДФМ4-02, КДФМ4-03, СДФ4-01, СДФ4-02, СДФ4-03, СДФ4-04 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,89 мкм] 188
2.3.1.30. Многоэлементные кремниевые фотодиоды СДФ4-05, СДФ4-07, СДФ4-08, СДФ4-09, СДФ12-02, СДФ16-01, ФД-16-02, ФД-16-04, ФД-32-02, ФД-32-04, ФД-64-02, ФДЛ16, ФДЛ64, DM-36, DM-64 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,96 мкм] 189
2.3.1.31. Двухспектральные фотодиоды ФДПК-1, ФДПК-2 и ФД-2Ц [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65 и 0,5 мкм] и [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,8; $\lambda_{макс}$ = 0,85 и 1,5 мкм] 192
2.3.1.32. Негеметизированные кремниевые PIN-фотодиоды ФД «Альфа 3», ФД «Гранит», ФД «Квант», ФД «Порог», ФД «Порог 2»....193
2.3.2. Кремниевые фототранзисторы 193
2.3.2.1. Фототранзисторы КОФ-224А, КОФ-224Б, КТФ102А, КТФ102А, КТФ102А1, КТФ102АМ, КТФ102А4, КТФ102АSp [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,95 мкм]....194
2.3.2.2. Фототранзисторы КТФ104А, КТФ104Б, КТФ104В, КТФ104А Sp, КТФ102А5, КТФ108А, КТФ109А, У208А, У208Б, У208В [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–1,08 мкм] 195
2.3.2.3. Фототранзисторы ФТ-1К гр.1, ФТ-1К гр.2, ФТ-1К-01, ФТ-1К-02, ФТ-2К гр.А, ФТ-2К гр.Б, ФТ-7Б, ФТ-7Б-01, ФТ-8Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,95 мкм] 197
2.3.3. Фотоприемные устройства на основе кремниевых фотодиодов 198

2.3.3.1. Фотоприемные устройства для регистрации медленно изменяющихся сигналов....198
2.3.3.1.1. Фотоприемные устройства ФУО-125, ФУО-131А, ФУО-131Б, ФУО-132, ФУО-138А, ФУО-138Б [$\Delta\lambda$ = 0,37–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,93 мкм] 198
2.3.3.1.2. Фотоприемное устройство «Заход» [$\Delta\lambda$ = 0,45–0,75; $\lambda_{макс}$ = 0,55 мкм] 200
2.3.3.1.3. Фотоприемные устройства ФУО-127, ФУО-134, ФУО-135, ФУО-139, ФУО-148, ФУО-148-01 [$\Delta\lambda$ = 0,37–1,1мкм] 201
2.3.3.2. Фотоприемные устройства для регистрации импульсного лазерного излучения 201
2.3.3.2.1. Фотоприемные устройства ФУО-119, ФУО-119-01, ФУО119-02.01 [$\Delta\lambda$ = 0,6–1,1; $\lambda_{раб}$ = 1,06 мкм] 201
2.3.3.2.2. Фотоприемное устройство УФУР01 (ФУЛ113) [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 202
2.3.3.2.3. Фотоприемные устройства ФУР124М, ФУР124М-01, ФУР124М-02, ФУР127 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 204
2.3.3.2.4. Фотоприемное устройство «Сектор-2В» [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 205
2.3.3.2.5. Фотоприемные устройства ФПУ-23, ФПУ-24Н [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 206
2.3.3.2.6. Фотоприемные устройства УФУО02, УФУР-04, УФУР4, ФОН-2, ФУЛ-116, ФУЛ-117, ФУЛ-118, ФУЛ-119, ФУО-113, ФУО-136, ФУР136М, ФУО-146, ФУО-156 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1 мкм] 207
2.3.3.2.7. Фотоприемное устройство ФПУ-77 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,92 мкм] 208
2.3.3.3. Фотоприемные устройства для регистрации модулированного потока излучения 209
2.3.3.3.1. Фотоприемные устройства ФПУ113У-01(02) [$\Delta\lambda$= 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм] 209
2.3.3.3.2. Двухканальные фотоприемные устройства ФПУ-КИ-2 и ФПУ-М [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,6–0,9 мкм] 212
2.3.3.3.3. Фотоприемное устройство «Тень» [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,4–1,1 мкм] 213
2.3.3.4. Фотоприемные устройства систем дистанционного управления для диапазона 0,4–1,1 мкм 214
2.3.3.4.1. Фотоприемное устройство ФУО-149 [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,65–1,1 мкм] 214
2.3.3.4.2. Фотоприемные устройства ILMS5360, ILMS5380, ILOP1836, ILOP1836SS, ILOP1838, ILOP1838SS [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,83–1,1 мкм] 215
2.3.3.5. Многоканальные фотоприемные устройства 217
2.3.3.5.1. Многоканальные фотоприемные устройства МФ-6А, МФ-6Б [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85мкм] 217
2.3.3.5.2. Многоканальное фотоприемное устройство МФ-14 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9мкм] 218
2.3.3.5.3. Многоканальные фотоприемные устройства МФ-16А, МФ-16Б, МФ-16В [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,06; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8мкм] 219
2.3.3.5.4. Многоканальное фотоприемное устройство МИФ-15 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,05; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9мкм] 222
2.3.3.5.5. Многоканальные фотоприемные устройства ФПУ-14А, ФПУ-14Б [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,5; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 223
2.3.3.5.6. Многоканальное фотоприемное устройство ФПУ-36 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9мкм] 226
2.3.4. Фототиристоры на основе кремния 228
2.3.4.1. Фототиристоры ТФ5, ТФ-10, ТФ-100 [$\Delta\lambda$ = 0,7–1,1 мкм] 228
2.3.4.2. Фототиристоры ТФ132-25-8, ТФ132-25-10 [$\Delta\lambda$ = 0,9–1,1 мкм] 229
2.3.4.3. Фототиристоры ТФ253-630, ТФ353-630, ТФ173-1000, ТФ273-1000, ТФ183-2000, ТФ193-2500 [$\Delta\lambda$ = 0,9–1,1 мкм] 230
2.3.5. Фотоприемники на основе германия для работы в спектральном диапазоне 0,4–1,9 мкм 232
2.3.5.1. Германиевые фотодиоды ФД-1, ФД-1А, ФД-2(гр.1), ФД-2(гр.2), ФД-3, ФД-3А, ФД-4Г, ФД-5Г, ФД-6Г, ФД-7Г, ФД-10Г-А, ФД-10Г-Б, 9Э-111А, 9Э-111Б, 9Э-111В, ФД-266, ФД-287, ФД-315, ФД-351, ГД-20, ГД-50, ФДГ-70, ФДГ-150, ФДГ-200, ФДГ-300, ФДГ-500, ФДГ-1000, ФДГ-1500, ФДГ-3600, ФДГ-5000 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,9; $\lambda_{макс}$ = 1,5–1,55 мкм] 232
2.3.5.2. Германиевые фотодиоды на термоохладителе ФДГ-500СТ–ФДГ-5000СТ [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,6; $\lambda_{макс}$ = 1,5 мкм] 235
2.3.5.3. Германиевые лавинные фотодиоды серий ЛФДГ-70 и ЛФДГ-150 [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,6; $\lambda_{макс}$ = 1,5 мкм] 236
2.3.6. Германиевые фототранзисторы 238
2.3.6.1. Германиевые фототранзисторы ФТ-1Г, ФТ-2Г, ФТ-3Г, ФТГ-3, ФТГ-4, ФТГ-5, ФТГ-6 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,8; $\lambda_{макс}$ = 1,5–1,6 мкм] 238
2.3.7. Фотоприемные устройства на основе германиевых фотодиодов 239
2.3.7.1. Фотоприемные устройства для лазерной дальнометрии ФПУ-03М, ФПУ-15, ФПУ-16, ФПУ-19, ФПУ-20, ФПУ-21, ФПУ-22, ФПКЛД, ФПУ-ДЧ-10 [$\Delta\lambda$ = 0,6–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,54 мкм] 239
2.3.7.2. Фотоприемные устройства ФПМ-500СТ и ФПМ-1000СТ [$\Delta\lambda$ = 0,6–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,54 мкм] 241
2.3.8. Кремниевые и германиевые координатно-чувствительные приемники излучения ... 242
2.3.8.1. Кремниевые координатно-чувствительные фотодиоды «Веер-1», «Веер-2», КЧФ-1-29, КЧФ-1-29Р, КЧФ-2-9, КЧФ-2-18, ФДК-151, ФДК-152, PSD949, ФДК-152А [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,8–0,9 мкм] 243
2.3.8.2. Многоэлементные фотодиоды с кодом Грея ФД246А, ФД246Б, ФД246АМ, ФД246БМ [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1 и 0,8–1,6 мкм] 245

2.3.8.3. Интегральные координатно-чувствительные приемники излучения....246
2.3.8.3.1. Фоточувствительный преобразователь К849ПП1 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,8–0,9 мкм]....246
2.3.8.3.2. Фотоприемное устройство 1ПП921 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,7 мкм]....247
2.3.8.3.3. Фотоприемное устройство ФУР117Л [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,8 мкм]....249
2.3.8.3.4.Фотоприемное устройство КБ1130ПП1-3 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]....250
2.3.8.3.5. Фотоприемное устройство ФЦ202 [$\Delta\lambda$ = 0,2–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм]....251
2.3.9. Фотоприемники на основе арсенида галлия для диапазона 1,0–1,6 мкм....253
2.3.9.1. Фотодиоды ДФД 40, ДФД 70, ДФД 250/Б, ДФД 500/Б, ДФД 250ТО/Б, ДФД 500ТО/Б, ДФД300Б, ДФД300С, ДФД500Б, ДФД500С, ДФД1000ТО, ДФД1000ТО-К, ДФД1000ТС, ДФД2000ТС [$\Delta\lambda$ = 0,9–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]....253
2.3.9.2. Фотодиоды ФД-161А б/к, ФД-161А п/о, ФД-161-01А б/к, ФД-161–01А п/о, ФД-161Б б/к, ФД-161Б п/о, ФД-161-01Б б/к, ФД-161-01Б п/о, 4ДФ106А-5 [$\Delta\lambda$ = 1–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]....255
2.3.9.3. Фотоприемные устройства на основе фотодиодов из арсенида галлия....256
2.3.9.3.1. Фотоприемное устройство ФПУ-073 [$\Delta\lambda$ = 0,95–1,65; $\lambda_{макс}$ = 1,55 мкм]....256
2.3.9.3.2. Фотоприемное устройство ФПУ-092 [$\Delta\lambda$ = 0,95–1,65; $\lambda_{макс}$ = 1,55 мкм]....258
2.3.9.3.3. Фотоприемные устройства ФУО-155 и ФУО-157 [$\Delta\lambda$ = 1–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,06 и 1,54 мкм]....259
2.3.10. Фотоприемники для волоконно-оптических систем передачи и волоконно-оптических линий связи....260
2.3.10.1. Кремниевые фотоприемники для ВОЛС и ВОСПИ....261
2.3.10.1.1. Кремниевые PIN-фотодиоды ФД-252А п/о, ФД-252А с/в, ФД-252А б/к, ФД-252Б п/о, ФД-252Б с/в, ФД-252Б б/к, ФД-252-01А п/о, ФД-252-01А с/в, ФД-252-01А м/о, ФД-252-01А б/к, ФД-252-01Б п/о, ФД-252-01Б с/в, ФД-252-01Б м/о, ФД-252-01Б б/к, ФД-252-02А п/о, ФД-252-02А б/к, ФД-252-02Б п/о, ФД-252-02Б б/к, ФД-290, ФД-290-01(гр.А), ФД-290-01(гр.Б), ФД-324,ФП1-850К, ФП-3, У-244 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,88 мкм]....262
2.3.10.1.2. Кремниевые лавинные фотодиоды ФДЛ-118 б/к, ФДЛ-118 п/о, ФДЛ-118 с/в, ФДЛ-118 м/о, ФДЛ-118-01 с/в, ФДЛ-118-01 б/к, ФДЛ-118-01 п/о, ФДЛ-118-01 м/о, ФДЛ-118-02 б/к, ФДЛ-118-02 п/о, ФДЛ-118-03 б/к, ФДЛ-118-03 п/о, ФДЛ-118-03 с/в, ФДЛ-118-03 м/о, ФДФДЛ-311, ФД-317Л [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85 мкм]....264
2.3.10.2. Фотоприемные устройства на основе кремниевых фотодиодов....266
2.3.10.2.1. Аналоговые фотоприемные модули АФПУ-01-А и ФПУ-17А [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,85 мкм]....266
2.3.10.2.2. Цифровые фотоприемные модули MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A, ФПМ-70-0,85СТ, ФПУ-17Ц [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,85 мкм]....267
2.3.10.2.3. Цифровые фотоприемные модули ПРОМ-364-0,85-2048, ПРОМ-364-0,85-8448, ПРОМ-364-0,85-34368 [$\Delta\lambda$ = 0,78–0,9; $\lambda_{раб}$ = 0,85 мкм]....269
2.3.10.3. Германиевые фотоприемники для ВОСП и ВОЛС....270
2.3.10.3.1. Германиевые фотодиоды ФД100А, ФД100Б, ФД100В, ФД-312, УФД07, УФД07-01, ФДМ-1, ФДМ-14-2к [$\Delta\lambda$ = 0,45–1,8; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]....270
2.3.10.3.2. Германиевые лавинные фотодиоды ФД-119Л, ФДЛ-119А б/к, ФДЛ-119А п/о, ФДЛ-119А с/в, ФДЛ-119А п/о, ФДЛ-119А м/о, ФДЛ-119Б б/к, ФДЛ-119Б п/о, ФДЛ-119Б с/в, ФДЛ-119Б м/о, ФДЛ-119В б/к, ФДЛ-119В п/о, ФДЛ-119В с/в, ФДЛ-119В м/о,ФДЛ-119Г п/о (с ТЭО), ФДЛ-119-01А б/к, ФДЛ-119-01А п/о, ФДЛ-119-01А с/в, ФДЛ-119-01А м/о, ФДЛ-119-01Б б/к, ФДЛ-119-01Б п/о, ФДЛ-119-01Б с/в, ФДЛ-119-01Б м/о, ФД-312Л, ФД-322Л, ФД-323Л, УФД05, УФД05-01 [$\Delta\lambda$ = 0,8–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]....271
2.3.10.3.3. Германиевый лавинный фотодиод ЛФДГ-70СТ [$\Delta\lambda$ = 0,6–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]....274
2.3.10.4. Фотоприемники на основе арсенида галлия для ВОСП и ВОЛС....274
2.3.10.4.1. Фотодиоды ФД-161А с/в, ФД-161А м/о, ФД-161Б с/в, ФД-161Б м/о, ФД-161-01А с/в, ФД-161-01А м/о, ФД-161-01Б с/в, ФД-161-01Б м/о [$\Delta\lambda$ = 1,0–1,8; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]....275
2.3.10.4.2. Фотоприемники ДФД70М, ДФД300М, ДФД70-ОМ-01 [$\Delta\lambda$ = 0,98–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]....276
2.3.10.4.3. Фотоприемные модули PD-1310-wp-A, PD-1310-wp-B, PD-1310-wp-C, PD-1355s-ip-A, PD-1355m-ip-A, PD-1355s-ip-B, PD-1355m-ip-B,PD-1355s-ip-C, PD-1355m-ip-C, PD-1375s-ip-A, PD-1375m-ip-A, PD-1375s-ip-B, PD-1375m-ip-B, PD-1375s-ip-C, PD-1375m-ip-C, PD-1550-wp-A, PD-1550-wp-B, PD-1550-wp-C [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм]....277
2.3.10.4.4. Фотоприемные модули PD-1355-ir-A, PD-1355-ir-B, PD-1375-ir-A, PD-1375-ir-B [$\Delta\lambda$ = 1,0–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм]....279
2.3.10.4.5. Микроволновые InGaAs PIN-фотоприемники ДФДШМ70-05 и ДФДШМ70-06 [$\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]....279
2.3.10.4.6. Широкополосные микроволновые фотоприемники ДФДШМ40-012 и ДФДШМ40-016 [$\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]....281
2.3.10.5. Фотоприемные устройства и модули на основе фотодиодов из арсенида галлия....282
2.3.10.5.1. Приемные оптические модули PD-125s-ip-A, PD-125m-ip-A, PD-125s-ip-B, PD-125m-ip-B, PD-125s-ip-C, PD-125m-ip-C, PD-155s-ip-A,PD-155m-ip-A, PD-155s-ip-B, PD-155m-ip-B, PD-155s-ip-C, PD-155m-ip-C, PD-250s-ip-A, PD-250m-ip-A, PD-250s-ip-B, PD-250m-ip-B,

PD-250s-ip-C, PD-250m-ip-C, PD-622s-ip-A, PD-622m-ip-A, PD-622s-ip-B, PD-622m-ip-B, PD-622s-ip-C, PD-622m-ip-C [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм] ... 282
2.3.10.5.2. Приемные оптические модули PD-125-ir-A, PD-125-ir-B, PD-155-ir-A, PD-155-ir-B, PD-250-ir-A, PD-250-ir-B, PD-622-ir-A, PD-622-ir-B [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм] ... 284
2.3.10.5.3. Аналоговые оптоэлектронные приемные модули OEM101-20, OEM101-50, OEM101-90, OEM101-200, OEM101-1 [Δλ = 1,2–1,6 мкм] ... 285
2.3.10.5.4. Цифровые оптоэлектронные приемные модули OEM 210-20, OEM 210-70, OEM 210-125, OEM-211, OEM-302 [Δλ = 1,2–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 286
2.3.10.5.5. Приемные оптические модули PROM-34s, PROM-34s-8, PROM-34s-2, PROM-34m, PROM-34m-8, PROM-34m-2 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 287
2.3.10.5.6. Приемные оптические модули PROM-50s, PROM-34s-8, PROM-34s-2, PROM-34m, PROM-34m-8, PROM-34m-2 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 288
2.3.10.5.7. Приемные оптические модули PROM-155-3.x-S, PROM-155-3.x-M5, PROM-155-3.x-M6, PROM-155-5.x-S, PROM-155-5.x-M5, PROM-155-5.x-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 289
2.3.10.5.8. Приемные оптические модули PROM-155-cl-S, PROM-155-cl-M5, PROM-155-cl-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 291
2.3.10.5.9. Приемные оптические модули PROM-155-hp-S, PROM-155-hp-M5, PROM-155-hp-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 292
2.3.10.5.10. Аналого-цифровые фотоприемные модули ПРОМ-364М-2048, ПРОМ-364М-8448, ПРОМ-364М-34368, ПРОМ-364М-15552 [Δλ = 1,2–1,57; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 293
2.3.10.5.11. Цифровые фотоприемные модули ПРОМ-367-2048, ПРОМ-367-8448, ПРОМ-367-34368, ПРОМ-368-34368, ПРОМ-368-15552, ПРОМ-370, ПРОМ-371-1200, ПРОМ-371-2500, ПРОМ-373, ПРОМ-374, ПРОМ-375, ПРОМ-376, ПРОМ-377-2048, ПРОМ-377-8448, ПРОМ-377-34368 [Δλ = 1,2–1,57; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 295
2.3.10.5.12. Приемные оптические модули PROM-622-3-S*, PROM-622-3-M5, PROM-622-3-M6, PROM-622-5-S*, PROM-622-5-M5, PROM-622-5-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 298
2.3.10.5.13. Приемные оптические модули PROM-622-3-cl-S*, PROM-622-3-cl-M5, PROM-622-3-cl-M6, PROM-622-5-cl-S*, PROM-622-5-cl-M5, PROM-622-5-cl-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 300
2.3.10.5.14. Приемные оптические модули PROM-622-hp-S, PROM-622-hp-M5, PROM-622-hp-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм] ... 302

2.3.11. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью ... 303

2.3.11.1. Линейные фоточувствительные приборы с зарядовой связью ... 304
2.3.11.1.1. Линейные фоточувствительные приборы К1200ЦЛ1, 1200ЦЛ-1, 1200ЦЛ2, К1200ЦЛ3, 1200ЦЛ-4Б, 1200ЦЛ-4В, 1200ЦЛ-4Г, 1200ЦЛ-5, 1200ЦЛ6, 1200ЦЛ-7, 1200ЦЛ-7-1 ... 304
2.3.11.1.1.1. Преобразователи линейные 1200ЦЛ1 и К1200ЦЛ1 [Δλ = 0,45–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм] ... 305
2.3.11.1.1.2. Преобразователи линейные 1200ЦЛ2 [Δλ = 0,2–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,58–0,62 мкм] ... 307
2.3.11.1.1.3. Преобразователи линейные 1200ЦЛ-4Б, 1200ЦЛ-4В, 1200ЦЛ-4Г [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] ... 308
2.3.11.1.1.4. Преобразователи линейные 1200ЦЛ-5 [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] ... 309
2.3.11.1.1.5. Преобразователи линейные 1200ЦЛ6 [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] ... 310
2.3.11.1.1.7. Преобразователи линейные 1200ЦЛ-7, 1200ЦЛ-7-1 [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] ... 311
2.3.11.1.2. Преобразователи линейные ФПЗС1Л, ФПЗС1Л-1, ФПЗС-6Л ... 312
2.3.11.1.2.1. Преобразователи линейные ФПЗС1Л, ФПЗС1Л-1 [Δλ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,85 мкм] ... 313
2.3.11.1.2.2. Преобразователи линейные ФПЗС-6Л [Δλ = 0,45–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм] ... 314
2.3.11.1.3. Линейные фоточувствительные приборы ФППЗ 1Л, ФППЗ 2Л, ФППЗ 5Л, ФППЗ 6Л, ФППЗ 7Л, ФППЗ 8Л, ФППЗ 8ЛБ, ФППЗ 10Л, ФППЗ 29Л, ФППЗ 30Л, ФППЗ 37Л, ФППЗ 38Л, ФППЗ 38Л-1, ФППЗ 39Л, ФППЗ 2048Л, ФППЗ 2600Л, ФППЗ 4700Л, ЛФППЗ-12000 ... 315
2.3.11.1.3.1. Линейные преобразователи ФППЗ 1Л, ФППЗ 2Л [Δλ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,85 мкм] ... 317
2.3.11.1.3.2. Линейные преобразователи ФППЗ 5Л [Δλ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,85 мкм] ... 318
2.3.11.1.3.3. Линейные преобразователи ФППЗ 6Л [Δλ = 0,45–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм] ... 318
2.3.11.1.3.4. Преобразователи линейные ФППЗ 7Л [Δλ = 0,2–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм] ... 319
2.3.11.1.3.5. Преобразователи линейные ФППЗ 8Л [Δλ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 319
2.3.11.1.3.6. Преобразователи линейные ФППЗ 8ЛБ [Δλ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 320
2.3.11.1.3.7. Преобразователи линейные ФППЗ 10Л [Δλ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 322
2.3.11.1.3.8. Преобразователи линейные ФППЗ 29Л [Δλ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 322
2.3.11.1.3.9. Преобразователи линейные ФППЗ 30Л [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] ... 323
2.3.11.1.3.10. Преобразователи линейные ФППЗ 37Л [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] ... 323
2.3.11.1.3.11. Преобразователи линейные ФППЗ 38Л, ФППЗ 38Л-1 [Δλ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 324
2.3.11.1.3.12. Преобразователи линейные ФППЗ 39Л [Δλ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 324
2.3.11.1.3.13. Преобразователи линейные ФППЗ 2048 [Δλ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 324
2.3.11.1.3.14. Преобразователи линейные ФППЗ 2600 [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] ... 325
2.3.11.1.3.15. Преобразователи линейные ФППЗ 4700 [Δλ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 326
2.3.11.1.3.16. Преобразователи линейные ФППЗ 12000 [Δλ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] ... 326

2.3.11.1.3.17. Преобразователь линейный ФППЗ «Кандела» [Δλ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] 327
2.3.11.1.4. Фотоприемные устройства ФУК1Л1, ФУК1Л2, ФУК1ЛЗ-1, ФУК1ЛЗ-2, ФУК1ЛЗ-3, ФУК1Л4 [Δλ = 0,25–1,1 мкм] 327
2.3.11.1.5. Линейные ФПЗС типа MPL1024B, MPL1024S, MPL2048B, MPL2048S, MPL4096S, MPL4096H, MPL6144H, MPL8192H, MPL12288H [Δλ = 0,35–1,1 мкм] 330
2.3.11.2. Матричные фоточувствительные приборы с зарядовой связью 333
2.3.11.2.1. Преобразователи матричные 1200ЦМ-1, 1200ЦМ-1А, 1200ЦМ2, 1200ЦМ-2А, 1200ЦМ-2Б, 1200ЦМ-7, 1200ЦМ-7А, 1200ЦМ-7Б, 1200ЦМ-8, Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3, К1200ЦМ-15 333
2.3.11.2.1.1. Преобразователи матричные 1200ЦМ1 [Δλ = 0,5–1,0 мкм] 334
2.3.11.2.1.2. Преобразователи матричные 1200ЦМ2А, 1200ЦМ2Б [Δλ = 0,5–1,0 мкм] 335
2.3.11.2.1.3. Преобразователи матричные 1200ЦМ-7А, 1200ЦМ-7Б [Δλ = 0,55–1,1 мкм] 337
2.3.11.2.1.4. Преобразователи матричные 1200ЦМ8 [Δλ = 0,5–1,0 мкм] 338
2.3.11.2.1.5. Преобразователи матричные К1200ЦМ-15 [Δλ = 0,5–1,0 мкм] 339
2.3.11.2.1.6. Преобразователи матричные Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3 [Δλ = 0,4–1,1 мкм] 339
2.3.11.2.2. Преобразователи матричные ФПЗС1М-А, ФПЗС1М-Б, ФПЗС1М-В, ФПЗС3М ФПЗС3М-1, ФПЗС4М, ФПЗС-4М, ФПЗС5М, ФПЗС5М-1, ФПЗС5М-2, ФПЗС6М, ФПЗС6М-1 341
2.3.11.2.2.1. Преобразователи матричные ФПЗС1М-А, ФПЗС1М Б, ФПЗС1М-В [Δλ = 0,48–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,85 мкм] 341
2.3.11.2.2.2. Преобразователи матричные ФПЗС3М, ФПЗС3М-1 [Δλ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм] 343
2.3.11.2.2.3. Преобразователи матричные ФПЗС4М [Δλ = 0,4–1,05; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм] 345
2.3.11.2.2.4. Преобразователи матричные ФПЗС5М, ФПЗС5М-1, ФПЗС5М-2 [Δλ = 0,4–1,05; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм] 347
2.3.11.2.2.5. Преобразователи матричные ФПЗС6М [Δλ = 0,45–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,85 мкм] 349
2.3.11.2.3. Преобразователи матричные ФППЗ 1М, ФППЗ 2М, ФППЗ 4М, ФППЗ 5М, ФППЗ 11М, ФППЗ 12М, ФППЗ 13М, ФППЗ 14М, ФППЗ-15М, ФППЗ 16М, ФППЗ 17М, ФППЗ 18М, ФППЗ 20М, ФППЗ 21М, ФППЗ 22М, ФППЗ 23М, ФППЗ 24М, ФППЗ 25М, ФППЗ 26М, ФППЗ 28М, ФППЗ 30М, ФППЗ 31М, ФППЗ Р31, ФППЗ «Каскад», ФППЗ «Квадро», ФППЗ «Квадро-Т», ФППЗ «Лидер-1», ФППЗ «Проект» 350
2.3.11.2.3.1. Преобразователи матричные ФППЗ-13М [Δλ = 0,45–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] 352
2.3.11.2.3.2. Преобразователи матричные ФППЗ-14М [Δλ = 0,54–1,1 мкм] 353
2.3.11.2.3.3. Преобразователи матричные ФППЗ-15М [Δλ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] 354
2.3.11.2.3.4. Преобразователи матричные ФППЗ 17М [Δλ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм] 356
2.3.11.2.3.5. Преобразователи матричные ФППЗ 18М [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм] 357
2.3.11.2.3.6. Преобразователи матричные ФППЗ 20М [Δλ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм] 358
2.3.11.2.3.7. Преобразователи матричные ФППЗ 21М [Δλ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм] 359
2.3.11.2.3.8. Преобразователи матричные ФППЗ 26М [Δλ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм] 359
2.3.11.2.3.9. Преобразователи матричные ФППЗ 28М [Δλ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,74–0,8 мкм] 360
2.3.11.2.3.10. Преобразователи матричные ФППЗ 31М [Δλ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,55–0,75 мкм] 361
2.3.11.2.3.11. Преобразователь матричный ФППЗ «Каскад» [Δλ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,74–0,8 мкм] 361
2.3.11.2.3.12. Преобразователи матричные ФППЗ «Квадро» и «Квадро-Т» [Δλ = 0,4–1,1 мкм] 362
2.3.11.2.3.13. Преобразователь матричный ФППЗ «Лидер-1» [Δλ = 0,4–1,0 мкм] 363
2.3.11.2.3.14. Преобразователь матричный ФППЗ «Проект» [Δλ = 0,4–1,0 мкм] 364
2.3.11.2.4. Преобразователи матричные ISD011, ISD017, ISD029, ISD048, ISD049, ISD075 [Δλ = 0,2–0,95 мкм] 365
2.3.11.2.5. Матричные ФПЗС ELCM1075, ELCM1077, ELCM1078, ELCM1079, ELCM1085 [Δλ = 0,2–1 мкм] 367
2.3.11.2.5.1. Матричные ФПЗС ELCM1077A, ELCM1077AP, ELCM1077APF [Δλ = 0,2–1 мкм] 368
2.3.11.2.5.2. Матричные ФПЗС ELCM1079 [Δλ = 0,2–1 мкм] 372
2.3.11.2.6. Матричные ФППЗ ФППЗ 30М, ФППЗ 31М, ФППЗ 32МД, ФППЗ 33МД, ФППЗ 34МД, ФППЗ 35МД, ФППЗ 36МД, ФППЗ 37МД, ФППЗ 38МД, ФППЗ 39МД, ФППЗ 40МД [Δλ = 0,3–1,0 мкм] 375

2.4. Полупроводниковые фотоприемники для регистрации средневолнового и длинноволнового ИК-излучения 1,5–15 мкм 377

2.4.1. Неохлаждаемые фотоприемники 378

2.4.1.1. Неохлаждаемые фоторезисторы ФСА-0, ФСА-1, ФСА-1а, ФСА-4, ФСА-6, ФСА-Г1, ФСА-Г2, ФР1-3, ФР1-4, ФР1-1/13, ФР-СС-138, ФР-183, ФР-193А, ФР-193Б, ФР-193В, ФР-193Г, ФР-193Д, ФР-202, ФР-202.1, ФР-203, ФР-220, ФР-220-1, ФР-220-2, ФР-220-3, ФР-220-4, ФР-220-5, ФР-220-6, ФР226, ФР226-01, ФР226-02, ФР226-03, ФСВ-16АН, ФСВ-17АН, УФУР02 [Δλ = 0,4–3,3 мкм; $\lambda_{макс}$ = 1,5–2,3 мкм] 378
2.4.1.2. Неохлаждаемые фоторезисторы ФР622-0,1, ФР622-0,5, ФР622-1, ФР622-2, ФР622-3, ФР623-0,1, ФР623-0,5, ФР623-1, ФР623-2, ФР623-3, ФР624-0,1, ФР624-0,5, ФР624-1, ФР624-2, ФР624-3 [Δλ = 1,6–3,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8–3,6 мкм] 382
2.4.1.3. Неохлаждаемые фоторезисторы ФР1-28-1-1,5×1,15, ФР1-28-1-2×2, ФР1-28-1-3×3 [Δλ = 1–3,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8 мкм] 383

2.4.1.4. Неохлаждаемые фоторезисторы ФР1-34-1-1,5×1,15, ФР1-34-1-2×2, ФР1-34-1-3×3, ФР1-38-1-1,5×1,15, ФР1-38-1-2×2, ФР1-38-1-3×3 [Δλ= 1–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,4–3,8 мкм].....383
2.4.1.5. Неохлаждаемые фотодиоды ФД1-28, ФД1-34, ФД1-38 [Δλ = 1–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8–3,8 мкм]..... 384
2.4.1.6. Неохлаждаемые фоторезисторы СФ4-1, СФ4-1А, СФ4-2А, СФ4-3А, СФ4-1Б, СФ4-2Б, СФ4-3Б, СФ4-1В, СФ4-2В, СФ4-3В, СФ4-1Д, СФ4-2Д, СФ4-3Д, ФР-188А, ФР-188Б, ФР-188В, ФР-188Г, ФР-188Д, ФР-611, ФР 3-1/20 [Δλ = 1–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2–4,3 мкм] 385
2.4.1.7. Неохлаждаемые гальванические элементы ФЭ722-1А,ФЭ722-1Б, ФЭ722-1В, ФЭ722-1Г, ФЭ722-1Д, ФЭ722-2А, ФЭ722-2Б, ФЭ722-2В, ФЭ722-2Г, ФЭ722-2Д [Δλ = 1–3,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,6 мкм].....387
2.4.1.8. Неохлаждаемые гальванические элементы ФЭ723-1А,ФЭ723-1Б, ФЭ723-1В, ФЭ723-1Г, ФЭ723-1Д, ФЭ723-2А, ФЭ723-2Б, ФЭ723-2В, ФЭ723-2Г, ФЭ723-2Д [Δλ = 1–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,2 мкм].....388
2.4.1.9. Неохлаждаемые гальванические элементы ФЭ724-1А,ФЭ724-1Б, ФЭ724-1В, ФЭ724-1Г, ФЭ724-1Д, ФЭ724-2А, ФЭ724-2Б, ФЭ724-2В, ФЭ724-2Г, ФЭ724-2Д [Δλ = 1–4,7 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,7 мкм].....389
2.4.2. Охлаждаемые фотоприемники 389
2.4.2.1. Охлаждаемые фоторезисторы ФР1-1/13, ФР225, ФР225-01, ФР225-02, ФР225-03, ФР622-0,1-Т, ФР622-0,5-Т, ФР622-1-Т, ФР622-2-Т, ФР622-3-Т, ФР623-0,1-Т, ФР623-0,5-Т, ФР623-1-Т, ФР623-2-Т, ФР623-3-Т, ФР624-0,1-Т, ФР624-0,5-Т, ФР624-1-Т, ФР624-2-Т, ФР624-3-Т, ФСВ-18АА, ФСВ-19АА, УФУР02, ФР-199 [Δλ = 0,4–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,2–3,9 мкм].....393
2.4.2.2. Охлаждаемые фоторезисторы ФР2-28-1-1,5×1,15, ФР2-28-1-2×2, ФР2-28-1-3×3 [Δλ = 1–3,8 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,0 мкм].....395
2.4.2.3. Охлаждаемые фоторезисторы ФР2-34-1-1,5×1,15, ФР2-34-1-2×2, ФР2-34-1-3×3, ФР2-38-1-1,5×1,15, ФР2-38-1-2×2, ФР2-38-1-3×3 [Δλ = 1–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,6 мкм] 396
2.4.2.4. Охлаждаемые фотоприемники ФЭ722-Т1А, ФЭ722-Т1Б, ФЭ722-Т1В, ФЭ722-Т1Г, ФЭ722-Т1Д, ФЭ722-Т2А, ФЭ722-Т2Б, ФЭ722-Т2В, ФЭ722-Т2Г, ФЭ722-Т2Д [Δλ = 1–3,7 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8 мкм].....396
2.4.2.5. Охлаждаемые фотоприемники ФЭ723-Т1А, ФЭ723-Т1Б, ФЭ723-Т1В, ФЭ723-Т1Г, ФЭ723-Т1Д, ФЭ723-Т2А, ФЭ723-Т2Б, ФЭ723-Т2В, ФЭ723-Т2Г, ФЭ723-Т2Д [Δλ = 1–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,5 мкм].....397
2.4.2.6. Охлаждаемые фотоприемники ФЭ724-Т1А, ФЭ724-Т1Б, ФЭ724-Т1В, ФЭ724-Т1Г, ФЭ724-Т1Д, ФЭ724-Т2А, ФЭ724-Т2Б, ФЭ724-Т2В, ФЭ724-Т2Г, ФЭ724-Т2Д [Δλ = 1–4,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,9 мкм].....398
2.4.2.7. Охлаждаемые фоторезисторы ФР194-01, ФР194-11, ФР194-15, ФР194-17, ФР194-19, ФР195-01, ФР195-11, ФР195-15, ФР195-17,ФР195-19 [Δλ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4 мкм].....398
2.4.2.8. Охлаждаемые фоторезисторы ФР194М-03, ФР194М-05, ФР194М-07, ФР194М-09, ФР194М-13, ФР195М-03, ФР195М-05, ФР195М-07, ФР195М-09, ФР195М-13 [Δλ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4 мкм] 399
2.4.2.9. Охлаждаемые фоторезисторы ФР196М-01, ФР196М-03, ФР196М-05, ФР196М-07, ФР197М-01, ФР197М-03, ФР197М-05, ФР197М-07, ФР198М-01, ФР198М-03, ФР198М-05 [Δλ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4 мкм].....400
2.4.2.10. Охлаждаемые фоторезисторы ФРО-41, ФРО-146, ФРО-148, ФС-17ДА [Δλ = 2,2–5,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 5,1–5,4 мкм] 401
2.4.2.11. Охлажадемые фотодиоды ФДО-117, ФДО-119, ФДО-257, ФД-268, ФД-294, ФД-511 [Δλ = 2–5,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,5–5,4 мкм] 403
2.4.2.12. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы АП-РЛ-407, АП-РЛ-413 и АП-РЛ-417 [Δλ = 1,5–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8–4,2 мкм] 405
2.4.2.13. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы ФР-164 и ФР-189 [Δλ = 1,5–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8–4,2 мкм] 406
2.4.2.14. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы «Арык» и «Арык 2» [Δλ = 1–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,2 мкм].....407
2.4.2.15. Охлаждаемые фоторезисторы ФСГ-22-ЗА1, ФСГ-22-ЗА2, ФСГ-23-ЗА1, ФСГ-23-ЗА2, ФСГ-22-ЗА1, ФСГ-22-ЗА2, ФСГ-23-ЗА1, ФСГ-23-ЗА2 [Δλ = 1–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,2 мкм].....408
2.4.2.16. Охлаждаемый фотодиод ФД-511-1 [Δλ = 5–13,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 9,5–11 мкм].....409
2.4.2.17. Охлаждаемыей фоторезистор ФРО-Х1-142 [Δλ = 2–16 мкм; $\lambda_{макс}$ = 10–13 мкм].....410
2.4.2.18. Охлаждаемый фоторезистор ФСГ-28РТА [Δλ = 2,5–14 мкм; $\lambda_{макс}$ = 10–12 мкм] 411
2.4.2.19. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы АП-РЛ-402 и ФР-204М [Δλ = 8–12 мкм; $\lambda_{макс}$ = 10–12 мкм] 412

2.4.2.20. Двухспектральный фотоприемник ФМ-611 [Δλ = 0,5–1 мкм; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм] и [Δλ = 1,6–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,3 мкм] ... 413
2.4.3. Фотоприемные устройства ... 414
2.4.3.1. Двухканальное фотоприемное устройство «Тень» [Δλ = 0,3–3 мкм] ... 414
2.4.3.2. Фотоприемные устройства СФ4-10, СФ4-11 [Δλ= 0,6–4,6 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3–3,5 мкм] ... 415
2.4.3.3. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-611, ФУО-612, ФУО-613, ФУО-614 [Δλ = 1–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2–3,8 мкм] ... 416
2.4.3.3.1. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-611-1, ФУО-611-2, ФУО-611-3, ФУО-611-4, ФУО-611-5, ФУО-611-6, ФУО-611-7, ФУО-611-8, ФУО-611-9 [Δλ = 1–3,1 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2 мкм] ... 418
2.4.3.3.2. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-612-1, ФУО-612-2, ФУО-612-3, ФУО-612-4, ФУО-612-5, ФУО-612-6, ФУО-612-7, ФУО-612-8, ФУО-612-9 [Δλ = 1–3,6 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,7 мкм] ... 418
2.4.3.3.3. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-613-1, ФУО-613-2, ФУО-613-3, ФУО-613-4, ФУО-613-5, ФУО-613-6, ФУО-613-7, ФУО-613-8, ФУО-613-9 [Δλ = 1–4,4 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,3 мкм] ... 418
2.4.3.3.4. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-614-1, ФУО-614-2, ФУО-614-3, ФУО-614-4, ФУО-614-5, ФУО-614-6, ФУ0-614-7, ФУО-614-8, ФУО-614-9 [Δλ = 1–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8 мкм] ... 419
2.4.3.4. Двухканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУЛ-611, ФУМ-611 [Δλ = 1–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2–3,8 мкм] ... 420
2.4.3.5. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР662, ФУР663, ФУР664 [Δλ = 1,6–5,2 мкм] ... 422
2.4.3.5.1. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР662А, ФУР662Б, ФУР662В [Δλ = 1,6–4 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,7 мкм] ... 423
2.4.3.5.2. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР663А, ФУР663Б, ФУР663В [Δλ = 1,6–4,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,4 мкм] ... 425
2.4.3.5.3. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР664А, ФУР664Б, ФУР664В [Δλ = 1,6–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8 мкм] ... 425
2.4.3.6. Охлаждаемые фотоприемные устройства «Спектр», «Стяг-Ч», «Планета» [Δλ = 1–4,7 мкм] ... 426
2.4.3.7. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР129Л, ФУР129Л-01, ФУР139Л, ФУР-142 [Δλ = 1–5 мкмф; $\lambda_{макс}$ = 3,7–4,1 мкм] ... 427
2.4.3.8. Многоканальное охлаждаемое фотоприемное устройство ФУР138Л [Δλ = 0,5–3 мкм] ... 428
2.4.3.9. Многоканальное охлаждаемое фотоприемное устройство АПУ-РЛМ-411 [Δλ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,5 мкм] ... 429
2.4.3.10. Охлаждаемое фотоприемное устройство «Фотометр» [Δλ= 2,2–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,6–5,4 мкм] ... 430
2.4.3.11. Многоканальное охлаждаемое фотоприемное устройство «Новость» [Δλ = 3,4–5,4 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8–4,8 мкм] ... 432
2.4.3.12. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФПУ-30, ФПУ-31, ФПУ-32, ФПУ-34 [Δλ = 3–5 мкм] ... 433
2.4.3.13. Матричные многоканальные фотоприемные устройства ФУК9М и ФУК11М [Δλ = 3–5 мкм] ... 435
2.4.3.14. Охлаждаемое фотоприемное устройство «Зима» [Δλ = 8–12 мкм] ... 436
2.4.3.15. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства АПУ-РЛ-406 и АПУ-РЛ-412 [Δλ = 8–12 мкм] ... 437
2.4.3.15.1. Система микрокриогенная АМС-490 ... 439
2.4.3.15.2. Система микрокриогенная АМС-491 ... 440
2.4.3.16. Матричные фотоприемные устройства ФОТМ-128×128, ФОТМ-384×288, ФОТМ-768×576 [Δλ = 8–14мкм] ... 441
2.4.3.17. Многоэлементные фотоприемные устройства ФУК2М, ФУК4М, ФУК5М, ФУК10М [Δλ = 8–14 мкм] ... 442
2.4.3.18. Фотоэлектронные модули ФЭМ2М, ФЭМ6М, ФЭМ10М [Δλ = 8–14 мкм] ... 443
2.4.3.19. Формирователь видеосигнала ФПЗС-200М [Δλ = 1–5,5 мкм] ... 443
2.4.3.20. Базовый фотоприемный модуль МФПУ ОМ1 ... 444
2.4.3.20.1. Система микрокриогенная МСМГ-5А-1,3/80 ... 446
2.4.3.21. Двухканальное фотоприемное устройство ДР-93 [Δλ = 0,5–1 мкм; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм] и [Δλ = 1,6–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,3 мкм] ... 447
2.5. Тепловые приемники для регистрации длинноволнового ИК-излучения до 100 мкм ... 448
2.5.1. Болометры ... 448
2.5.1.1. Болометры металлические БМК-3, БМЦ-3, БМИ-1, БМИ-2, БМ6-К1, БМ6-Ф1, БМ6-Ц1, БМ6-К2, БМ6-Ф2, БМ6-Ц2, БМ7, НБГ-1, НБГ-2, БН-1, ФМ-А, ФМ-Б, ФМ-В, ФМ6 [Δλ = 0,3–1000 мкм] ... 449

2.5.1.2. Болометры полупроводниковые БКМ-1, БКМ-2, БКМ-4, БКМ-5а, БКМ-5б, БП1-2, БП1-4, БП-5А, БП-5Б, БГС-2 [Δλ = 1–30 мкм] 451
2.5.2. Термоэлектрические приемники излучения 452
2.5.2.1. Термоэлементы ТД-505 и ТЭМ-5 [Δλ = 0,2–14 мкм] 453
2.5.2.2. Компенсированные термоэлементы ТК-1×1,5 и ТК-3×1,5 [Δλ = 0,5–50 мкм] 453
2.5.2.3 Радиационные термоэлементы РТН-1, РТН-2, РТН-3, РТН-10, РТН-11, РТН-12, РТН-20, РТН-30 [Δλ = 0,17–25 мкм] 454
2.5.2.4 Термоэлектрические приемники излучения ТПИ-1-5, ТПИ-2-5, ТПИ-5, ТПИ-8, ТПИ-10, ТПИ-14 [Δλ = 0,5–11 мкм] 455
2.5.3. Пироэлектрические приемники излучения 456
2.5.3.1. Пироэлектрические приемники излучения БП2-1, БП2-3А, БП2-3Б, БП2-3В, БП2-3Г, БП2-3Д, ЛПП-1 [Δλ = 1–20 мкм] 456
2.5.4. Тепловые приемные устройства (ТПУ) 458
2.5.4.1. Пироэлектрические приемные устройства ПП-04, ПП-04 ТК, ПП-07, ИНПФ [Δλ = 4–300 мкм] 458
2.5.4.2. Иммерсионные терморезисторные болометры БП-2, БП-2А, БП-2М, БП-2АМ, БП-2МС [Δλ = 2–15 мкм] 459
2.5.4.3. Пироэлектрические приемники БП2-2, БП2-6, БП-7, БП-8, БП-9, БП-9М, БП-10 [Δλ = 0,5–20 мкм] 461
2.5.4.4. Тепловые приемные устройства МГ-30А (Б,В), МГ-32, МГ-32А, МГ-33, МГ-33-01, МГ-33-02, МГ-33-03 [Δλ = 2–20 мкм] 463
2.5.4.5. Тепловые приемные устройства ФПУ-74, ФПУ-74-01, ФПУ-76-01, ФПУ-76-02, ФПУ-76-03 [Δλ = 3,3–20 мкм] 465
2.5.4.6. Матричные пироэлектрические приемники излучения МПЭПИ-25, МПЭПИ-100 [Δλ = 0,4–25 мкм] 466
2.5.4.7. Матричные термоэлектрические приемники излучения КТМ-10/25, КТМ-16/25, КТМ-50/19, КТМ-100/25, КТМЛ -20/30 [Δλ = 4–300 мкм] 467

Часть 3. ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 469
3.1. Фотоэлементы вакуумные 470
3.1.1. Фотоэлементы вакуумные для регистрации излучения в диапазоне 0,12–1,1 мкм 471
3.1.1.1. Вакуумные фотоэлементы СЦВ-3, СЦВ-4, СЦВ-6, СЦВ-51, СЦГ-51, ЦГ-1, ЦГ-3, ЦГ-4, ЦВ-1, ЦВ-3, ЦВ-4, ЦВ-6 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,9 мкм] 471
3.1.2. Вакуумные фотоэлементы Ф-1, Ф-2, Ф-3, Ф-4, Ф-5, Ф-6, Ф-7, Ф-8, Ф-9, Ф-10, Ф-13, Ф-15, Ф-16, Ф-17, Ф-18, Ф-19, Ф-21, Ф-22, Ф-23, Ф-25, Ф-26, Ф-27, Ф-28, Ф-29, Ф-30, Ф-31, Ф-32, Ф-36 [Δλ = 0,35–0,6; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,8 мкм] 472
3.1.3. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов 476
3.1.3.1. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов ФЭК-1, ФЭК-II, ФЭК-III, ФЭК-IV, ФЭК-V [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,2 мкм] 476
3.1.3.2. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов ФЭК-08, ФЭК-09, ФЭК-11СП, ФЭК-12, ФЭК-13, ФЭК-14, ФЭК-15КМ, ФЭК-16СМ, ФЭК-17КМ, ФЭК-22СПУ, ФЭК-31КМ, ФК-15, ФК-19, ФК-20 [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,3 мкм] 477
3.1.3.3. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов СДФ14, СДФ15, СДФ16, СДФ17, СДФ20, СДФ21 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,6 мкм] 478
3.2. Фотоумножители и вторично-электронные умножители 480
3.2.1. Фотоэлектронные умножители 480
3.2.1.1.Фотоумножители ФЭУ-1, ФЭУ-2, ФЭУ-4, ФЭУ-5, ФЭУ-6, ФЭУ-11, А (Б), ФЭУ-12А (Б), ФЭУ-13А (Б), ФЭУ-14А (Б), ФЭУ-15А [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,83; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,51 мкм] 481
3.2.1.2. Фотоумножители ФЭУ-15Б, ФЭУ-15В, ФЭУ-16(А, Б, В), ФЭУ-17А, ФЭУ-18А [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,65; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,5 мкм] 483
3.2.1.3. Фотоумножители ФЭУ-19А, ФЭУ-19М, ФЭУ-20, ФЭУ-22, ФЭУ-24, ФЭУ-26 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,6; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,42 мкм] 484
3.2.1.4. Фотоумножители ФЭУ-27, ФЭУ-28, ФЭУ 29, ФЭУ-30, ФЭУ-31, ФЭУ-31А [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,36–0,82 мкм] 486

3.2.1.5. Фотоумножители ФЭУ-35, ФЭУ-35А, ФЭУ-36, ФЭУ-37, ФЭУ-38, ФЭУ-39 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,34–0,44 мкм] ... 487
3.2.1.6. Фотоумножители ФЭУ-39А, ФЭУ-49, ФЭУ-49Б, ФЭУ-50, ФЭУ-51, ФЭУ-52, ФЭУ-54 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,9; $\lambda_{макс}$ = 0,37–0,48 мкм] ... 489
3.2.1.7. Фотоумножители ФЭУ-55, ФЭУ-56, ФЭУ-58, ФЭУ-60, ФЭУ-62, ФЭУ-63 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,82 мкм] ... 491
3.2.1.8. Фотоумножители ФЭУ-64, ФЭУ-65, ФЭУ-67, ФЭУ-67А, ФЭУ-67Б, ФЭУ-68 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,44 мкм] ... 492
3.2.1.9. Фотоумножители ФЭУ-69, ФЭУ-69А, ФЭУ-69Б, ФЭУ-70, ФЭУ-71, ФЭУ-74 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,48 мкм] ... 494
3.2.1.10. Фотоумножители ФЭУ-74А, ФЭУ-77, ФЭУ-78, ФЭУ-78Б, ФЭУ-79, ФЭУ-81, ФЭУ-81Б [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,35–0,55 мкм] ... 495
3.2.1.11. Фотоумножители ФЭУ-82, ФЭУ-82А, ФЭУ-83, ФЭУ-84, ФЭУ-84-1, ФЭУ-84-2, ФЭУ-84-3, ФЭУ-84-4, ФЭУ-84-5, ФЭУ-85 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,34–0,85 мкм] ... 497
3.2.1.12. Фотоумножители ФЭУ-85А, ФЭУ-86, ФЭУ-86И, ФЭУ-86И-1 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,6; $\lambda_{макс}$ = 0,34–0,49 мкм] ... 499
3.2.1.13. Фотоумножители ФЭУ-87, ФЭУ-88, ФЭУ-91, ФЭУ-92, ФЭУ-93 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,32–0,55 мкм] ... 500
3.2.1.14. Фотоумножители ФЭУ-94, ФЭУ-95, ФЭУ-96, ФЭУ-97, ФЭУ-98, ФЭУ-99, ФЭУ-100 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,22–0,55 мкм] ... 501
3.2.1.15. Фотоумножители ФЭУ-101, ФЭУ-102, ФЭУ-103, ФЭУ-104, ФЭУ-105 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,32–0,44 мкм] ... 502
3.2.1.16. Фотоумножители ФЭУ-105А, ФЭУ-106, ФЭУ-107, ФЭУ 108, ФЭУ-110, ФЭУ-111 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,44 мкм] ... 504
3.2.1.17. Фотоумножители ФЭУ-112, ФЭУ-113, ФЭУ-114, ФЭУ-115, ФЭУ-115М, ФЭУ-115МУ, ФЭУ-115МСУ [$\Delta\lambda$ = 0,25–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,8 мкм] ... 506
3.2.1.18. Фотоумножители ФЭУ-115МСС, ФЭУ-116, ФЭУ-117, ФЭУ-118, ФЭУ-119, ФЭУ-120, ФЭУ-121 [$\Delta\lambda$ = 0,112–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,25–0,46 мкм] ... 506
3.2.1.19. Фотоумножители ФЭУ-122, ФЭУ-123, ФЭУ-124, ФЭУ-125 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,25–0,44 мкм] ... 510
3.2.1.20. Фотоумножители ФЭУ-126, ФЭУ-127, ФЭУ-127-1, ФЭУ-127С [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,5 мкм] ... 511
3.2.1.21. Фотоумножители ФЭУ-128, ФЭУ-129, ФЭУ-130, ФЭУ-131, ФЭУ-133, ФЭУ-134 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,22–0,85 мкм] ... 512
3.2.1.22. Фотоумножители ФЭУ-135, ФЭУ-136, ФЭУ-138, ФЭУ-141, ФЭУ-141-1, ФЭУ-142, ФЭУ-143 [$\Delta\lambda$ = 0,112–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,36–0,65 мкм] ... 514
3.2.1.23. Фотоумножители ФЭУ-143-1, ФЭУ-144, ФЭУ-145, ФЭУ-146, ФЭУ-147 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,65 мкм] ... 517
3.2.1.24. Фотоумножители ФЭУ-147-2, ФЭУ-147-3, ФЭУ-148-3И, ФЭУ-148-1, ФЭУ-151 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,375–0,45 мкм] ... 518
3.2.1.25. Фотоумножители ФЭУ-153, ФЭУ-154, ФЭУ-155, ФЭУ-155-1, ФЭУ-155-2 [$\Delta\lambda$ = 0,11–0,9; $\lambda_{макс}$ = 0,12–0,8 мкм] ... 519
3.2.1.26. Фотоумножители ФЭУ-156, ФЭУ-156-1, ФЭУ-157, ФЭУ-157-1 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,92; $\lambda_{макс}$ = 0,3–0,9 мкм] ... 521
3.2.1.27. Фотоумножители ФЭУ-157-2, ФЭУ-158, ФЭУ-159, ФЭУ-161, ФЭУ-164, ФЭУ-165, ФЭУ-165-1 [$\Delta\lambda$ = 0,26–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,41–0,55 мкм] ... 522
3.2.1.28. Фотоумножители ФЭУ-165-2, ФЭУ-166, ФЭУ-169, ФЭУ-169-2, ФЭУ-170, ФЭУ-171, ФЭУ-172 [$\Delta\lambda$ = 0,26–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,5 мкм] ... 524
3.2.1.29. Фотоумножители ФЭУ-174, ФЭУ-174-1, ФЭУ-174-2, ФЭУ-175, ФЭУ-175-1, ФЭУ-176, ФЭУ-178, ФЭУ-181, ФЭУ-183, ФЭУ-184, ФЭУ-184-1 [$\Delta\lambda$ = 0,112–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,45 мкм] ... 525
3.2.1.30. Фотоумножители ФЭУ-184G, ФЭУ-184TI, ФЭУ-184Тд, ФЭУ-184Ст, ФЭУ-184Ш, ФЭУ-185, ФЭУ-190, ФЭУ-200, ФЭУ-202, ФЭУ-527 [$\Delta\lambda$ = 0,25–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,44 мкм] ... 527
3.2.1.31. Фотоумножители СНФТ3, СНФТ5, СНФТ18М, СНФТ20, СНФТ21, СНФТ22 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8 мкм] ... 529
3.2.2. Вторично-электронные умножители (ВЭУ) ... 530
3.2.2.1. Вторично-электронные умножители ВЭУ-1А, ВЭУ-1Б, ВЭУ-2А, ВЭУ-2Б, ВЭУ-2В, ВЭУ-3, ВЭУ-4, ВЭУ-5, ВЭУ-6, ВЭУ-6М, ВЭУ-6С, ВЭУ-7М ... 530

3.2.3. Фотоумножители уникальных типов 533
3.2.3.1. Фотоэлектронные умножители 14ЭЛУ-Ф, 14ЭЛУ-ФС, 17ЭЛУ-Ф13, 18ЭЛУ-ФС, 18ЭЛУ-М, 18ЭЛУ-ФК, 25ЭЛУ-Ф12 [$\Delta\lambda$ = 0,105–1,1 мкм] 533
3.2.3.2. Авторегулируемые фотоэлектрические преобразователи ЭЛУ-ФЛ-01 и ЭЛУ-ФЛ-03 [$\Delta\lambda$=0,38–1,1 мкм] 535
3.2.3.3. Электронный умножитель 24ЭЛУ-11 [ΔE = 0,1–3 МэВ] 536
3.3. Видиконы 537
3.3.1. Видиконы ЛИ23, ЛИ407, ЛИ408, ЛИ409, ЛИ410, ЛИ412В, ЛИ413, ЛИ414, ЛИ415-2, ЛИ415М [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,66 мкм] 538
3.3.2. Видиконы ЛИ416, ЛИ418, ЛИ419-1, ЛИ419-2, ЛИ420-1 ЛИ420-2, ЛИ421-1, ЛИ421-2, ЛИ421М, ЛИ422-1, ЛИ422-2, ЛИ422-М, ЛИ424 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,42–0,65 мкм] 540
3.3.3. Видиконы ЛИ425, ЛИ425-1, ЛИ426, ЛИ426-1, ЛИ427, ЛИ428, ЛИ429, ЛИ430, ЛИ431, ЛИ432з, ЛИ432с [$\Delta\lambda$ = 0,38–0,86; $\lambda_{макс}$ = 0,46–0,7 мкм] 543
3.3.4. Видиконы ЛИ432п, ЛИ435, ЛИ437, ЛИ438, ЛИ439, ЛИ440, ЛИ441, ЛИ442к, ЛИ442п, ЛИ445 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,75; $\lambda_{макс}$ = 0,46–0,68 мкм] 545
3.3.5. Видиконы ЛИ446, ЛИ448, ЛИ449, ЛИ449кз, ЛИ449с, ЛИ450, ЛИ451, ЛИ452-2, ЛИ453 [$\Delta\lambda$ = 0,37–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,48–0,8 мкм] 548
3.3.6. Видиконы ЛИ454, ЛИ456, ЛИ457з, ЛИ457к, ЛИ457с, ЛИ458к, ЛИ458я, ЛИ459, ЛИ460-З, ЛИ460-С, ЛИ460-К [$\Delta\lambda$ = 0,38–0,78; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,72 мкм] 550
3.3.7. Видиконы ЛИ460-Я, ЛИ462-К, ЛИ462-Я, ЛИ463, ЛИ465, ЛИ468, ЛИ469 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,75; $\lambda_{макс}$ = 0,68–0,72 мкм] 552
3.3.8. Видиконы ЛИ471, ЛИ471-1, ЛИ471-2, ЛИ471-3, ЛИ471-4, ЛИ472, ЛИ474, ЛИ475 [$\Delta\lambda$ = 0,42–0,72; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,62 мкм] 554
3.3.9. Видиконы ЛИ476, ЛИ479, ЛИ479-1, ЛИ481, ЛИ482, ЛИ482-1, ЛИ484с, ЛИ484я, ЛИ484с-1, ЛИ484я-1 [$\Delta\lambda$ = 0,46–14; $\lambda_{макс}$ = 0,4–10 мкм] 556
3.3.10. Видиконы ЛИ485к, ЛИ488з, ЛИ488с, ЛИ488к, ЛИ491, ЛИ491-1, ЛИ495з, ЛИ495с, ЛИ495к [$\Delta\lambda$ = 0,45–14; $\lambda_{макс}$ = 0,45–10 мкм] 558
3.3.11. Видиконы ЛИ500, ЛИ501, ЛИ503, ЛИ504, ЛИ702, ЛИ703, ЛИ704, ЛИ705, ЛИ706 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,84; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,7 мкм] 560
3.3.12. Рентгеновидиконы ЛИ417, ЛИ423 и ЛИ444 [ΔE = 20–110 кэВ] 561
3.3.13. Пировидиконы ЛИ-492, ЛИ-492С, ЛИ513 и ЛИ514 [λ = 8–14 мкм] 561
3.4. Диссекторы 563
3.4.1. Диссекторы ЛИ601, ЛИ602, ЛИ603, ЛИ604К, ЛИ604К-1, ЛИ605-1, ЛИ605-3, ЛИ606, ЛИ607 [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,82 мкм] 564
3.4.2. Диссекторы ЛИ608, ЛИ608-1, ЛИ609, ЛИ610, ЛИ610-1, ЛИ610-2, ЛИ611, ЛИ612, ЛИ613 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,55 мкм] 566
3.4.3. Диссекторы ЛИ614, ЛИ615, ЛИ615-2, ЛИ616, ЛИ618, ЛИ619, ЛИ619-1 [$\Delta\lambda$ = 0,115–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,5 мкм] 568
3.4.4. Диссекторы ДИ-04, ДИ-05, ДИ-07 570
3.5. Суперортиконы 572
3.5.1. Суперортиконы ЛИ17, ЛИ201, ЛИ204, ЛИ207, ЛИ211, ЛИ212, ЛИ212М, ЛИ214, ЛИ214-1 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,75; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,58 мкм] 573
3.5.2. Суперортиконы ЛИ217, ЛИ218, ЛИ221, ЛИ222, ЛИ223, ЛИ224, ЛИ225, ЛИ226-1, ЛИ227, ЛИ228 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,7; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,525 мкм] 575
3.5.3. Суперортиконы ЛИ230, ЛИ231, ЛИ232, ЛИ232-1, ЛИ234, ЛИ235, ЛИ235-1, ЛИ236 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,7; $\lambda_{макс}$ = 0,44–0,56 мкм] 577
3.5.4. Суперортиконы ЛИ-237, ЛИ-237-1, ЛИ-237-2, ЛИ-238, ЛИ-239, ЛИ240, ЛИ801, ЛИ802, ЛИ804 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,7; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,525 мкм] 579
3.6. Электронно-оптические преобразователи 582

3.6.1. Электронно-оптические преобразователи поколения «0» 585
3.6.1.1. Электронно-оптические преобразователи ПИМ-3Ш, УМИ-93Ш, УМИ-95Ш, УМИ-92ШВ, «Пикохрон», М-9Ш, М-9В, М-9Щ, ЭПИ-1, УМ-9ШВ, ЗИМ-1, ЗИМ-2, ЗИС-1, ЭП-15, ЭП-15-1 [$\Delta\lambda$ = 0,25–1,2 мкм] 585
3.6.1.2. Электронно-оптические преобразователи «Мини-1», «Мини-2», «Мини-3», «Затвор», ЭПВ-41В, ЭВП-41Г-М, ЭПМ-61Г, ЭПМ-63Г [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,9 мкм] 588
3.6.1.3. Электронно-оптические преобразователи В-8, В8А1-С, В-8К, В-8-С, ЭП33-СФ, ЭП33-У, ЭП33-У-Д, ЭП33-УС-Д [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,2 мкм] 588
3.6.1.4. Сверхминиатюрный электронно-оптический преобразователь ЭП64 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,9 мкм] 591
3.6.2. Электронно-оптические преобразователи поколения «2» 591
3.6.2.1. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 44Г-А,ЭПМ 44Г-Б, ЭПМ 44Г-В, ЭПМ 44Г-Д, ЭПМ 44Г-С [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм] 591
3.6.2.2. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г, ЭПМ66Г-1, ЭПМ66Г-Б, ЭПМ66Г-А, ЭПМ66Г-С, ЭПМ66Г-Д, ЭПМ66Г-Е [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм] 592
3.6.2.3.Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г-К,ЭПМ66Г-1К, ЭПМ66Г-БК, ЭПМ66Г-АК, ЭПМ66Г-СК, ЭПМ66Г-ДК [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм] 593
3.6.2.4.Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г-2-К, ЭПМ66Г-1-2-К, ЭПМ66Г-2-БК, ЭПМ66Г-2-АК, ЭПМ66Г-2-СК [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм] 594
3.6.2.5. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ207Г-01(02-04)-13, ЭПМ207Г-01(02-04)-13Б, ЭПМ207Г-01(02-04)-13А, ЭПМ207Г-01(02-04)-13С, ЭПМ207Г-01(02-04)-13Д [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм] 595
3.6.2.6. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ207Г-2-11(12-14)-22 [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм] 596
3.6.2.7. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ225Г-Б, ЭПМ225Г-С, ЭПМ225Г-Д, ЭПМ225Г-Е [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,9 мкм] 597
3.6.2.8. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ225Г-1, ЭПМ225Г-1А, ЭПМ225Г-1Б, ЭПМ225Г-1С, ЭПМ225Г-1Д [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм] 598
3.6.3. Электронно-оптические преобразователи поколения «3» 599
3.6.3.1. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ101Г-01-11А, ЭПМ101Г-01-11Б, ЭПМ101Г-01-11С [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2 мкм] 599
3.6.3.2. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ102Г-04-22А, ЭПМ102Г-04-22Б, ЭПМ102Г-04-22С [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2 мкм] 600
3.6.4. Хронографические электронно-оптические преобразователи СПО9, СПО9-01, СПО20, СПО21, СПО22, СПО23, СПО25, СПО26 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,06 мкм] 601
3.6.5. Оптико-электронный преобразователь «Сапфир 2» для ультрафиолетовой области [$\Delta\lambda$ = 0,12–0,36 мкм] 602
3.6.6. Рентгеновские электронно-оптические преобразователи 603
3.6.6.1. Рентгеновские электронно-оптические преобразователи ЭП-9, РЭП-1 и РЭП-2 [ΔE = 0,1–10 кэВ] 603
3.6.6.2. Рентгеновские электронно-оптические преобразователи СРПЭ2, СРПЭ3, СРПЭ4, СРПЭ7 [ΔE = 0,1–30 кэВ] 605
3.6.6.3. Плоские рентгеновские ЭОП [ΔE = 0,1–1000 кВ] 605
3.6.6.4. Открытый пикосекундный рентгеновский ЭОП ПВ-204ХМ [ΔE = 0,1–10 кэВ] 606
3.6.7. Обобщенные данные по ЭОП серий ЭПМ 101–ЭПМ 108 608
3.6.7.1. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 101Г-01-11А, ЭПМ 101Г-01-11Б, ЭПМ 101Г-01-11С, ЭПМ 101Г-01-21С, ЭПМ 101Г-01-21Б, ЭПМ 101Г-01-21С, ЭПМ 101Г-02-11А, ЭПМ 101Г-02-11Б, ЭПМ 101Г-02-11С, ЭПМ 101Г-02-21А, ЭПМ 101Г-02-21Б, ЭПМ 101Г-02-21С, ЭПМ 101Г-03-1, ЭПМ 101Г-03-2, ЭПМ 101Г-04-1, ЭПМ 101Г-04-2 608
3.6.7.2. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 102Г-01-2, ЭПМ 102Г-02-1, ЭПМ 102Г-02-2, ЭПМ 102Г-03-1, ЭПМ 102Г-03-2, ЭПМ 102Г-04-1, ЭПМ 102Г-04-2, ЭПМ 102Г-05-2 609
3.6.7.3. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 103Г-01-2Б, ЭПМ 103Г-01-2С, ЭПМ 103Г-02-2А, ЭПМ 103Г-02-2Б, ЭПМ 103Г-02-2С, ЭПМ 103Г-03-2А, ЭПМ 103Г-03-2Б, ЭПМ 103Г-03-2С, ЭПМ 103Г-04-2А, ЭПМ 103Г-04-2Б, ЭПМ 103Г-04-2С 610

3.6.7.4. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 104Г-01-1Б, ЭПМ 104Г-01-1С, ЭПМ 104Г-02-1А, ЭПМ 104Г-02-1Б, ЭПМ 104Г-02-1С 611
3.6.7.5. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 105Г-00-22Б, ЭПМ 105Г-01-11А, ЭПМ 105Г-01-11Б, ЭПМ 105Г-01-11С, ЭПМ 105Г-01-22А, ЭПМ 105Г-01-22Б, ЭПМ 105Г-01-22С, ЭПМ 105Г-02-11А, ЭПМ 105Г-02-11Б, ЭПМ 105Г-02-11С, ЭПМ 105Г-02-22А, ЭПМ 105Г-02-22Б, ЭПМ 105Г-02-22С, ЭПМ 105Г-03-22А, ЭПМ 105Г-03-22Б, Э ЭПМ 105Г-03-22С, ЭПМ 105Г-03-22Б, ЭПМ 105Г-04-22А 612
3.6.7.6. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 108Г-00-22А, ЭПМ 108Г-00-22Б, ЭПМ 108Г-00-22В, ЭПМ 108Г-04-22А, ЭПМ 108Г-04-22Б, ЭПМ 108Г-04-22В, ЭПМ 108Г-10-22А, ЭПМ 108Г-10-22Б, ЭПМ 108Г-10-22В, ЭПМ 108Г-14-22А, ЭПМ 108Г-14-22Б, ЭПМ 108Г-14-22В 614

ПРИЛОЖЕНИЕ 616

Алфавитный перечень приборов, размещенных в Части 1 Справочника 616

Алфавитный перечень приборов, размещенных в Части 2 Справочника 621

Алфавитный перечень приборов, размещенных в Части 3 Справочника 634

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее десятилетие в мире наблюдается тенденция к расширению сфер применения различных электронных и полупроводниковых приборов в таких отраслях научно-технической и производственной деятельности, как экология, энергосбережение, системы безопасности и предупреждения, цифровая связь, медицинское приборостроение и т. п.

Значительное место в создании оборудования и систем, используемых в перечисленных отраслях, находят приемники оптического и детекторы ионизирующего излучений, справочная информация о которых необходима разработчикам соответствующего оборудования и аппаратуры.

Первая попытка создания справочника по приемникам оптического излучения была предпринята М. Д. Аксененко и автором данного издания в конце прошлого века. В 1987 году в издательстве «Радио и связь» тиражом 30 тыс. экземпляров был выпущен «Справочник по приемникам оптического излучения», содержащий сведения о более чем 500 приборах. К 1990 году авторами была практически подготовлена следующая редакция справочника. Но в связи с безвременным уходом из жизни М. Д. Аксененко эта редакция не вышла из печати.

В последующие годы было несколько попыток различных авторов по составлению справочников подобного рода. Наиболее удачной можно считать 5-томное издание А. М. Юшина по общим названием «Справочник. Оптоэлектронные приборы и их зарубежные аналоги», в которое вошли в том числе и сведения о приборах, включенных в «Справочник по приемникам оптического излучения» 1987 года. Однако сведения по фотоприемникам расположены в разных томах, что представляет определенные неудобства при использовании материала.

В настоящий справочник включены сведения о более чем 2500 наименованиях фотоприемников и детекторов излучения общегражданского назначения, которые разрабатывались и выпускались в СССР и СНГ в последние полвека. В настоящую редакцию также внесены сведения и о приборах, рассмотренных в справочнике 1987 года.

При составлении справочника использованы сведения из открытых и доступных автору источников информации, в том числе нормативно-технической документации, научно-технической литературы, информационных листов, рекламных материалов, публикаций в Интернете и т. п.

В настоящем справочнике содержатся сведения о приемниках ионизирующего излучения (счетчиках Гейгера, сцинтилляторах, детекторах альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучения), а также о широкой номенклатуре фоточувствительных приборов – фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов, фототиристоров, фотоприемных устройств, фотоэлементов и фотоумножителей, передающих телевизионных трубок (диссекторов, суперортиконов, видиконов), ЭОПов, болометров, пироэлектрических приемников излучения и тепловых приемных устройств (ТПУ).

В отличие от предыдущего издания, из справочника исключены сведения общего характера, что дало возможность поместить данные о более широкой номенклатуре приборов, поскольку концентрация справочных данных в одной книге является целесообразной и оправданной. Предполагается, что читатель знаком с принципом действия приборов и с используемой терминологией.

Основные параметры приборов представлены в форме таблиц, содержащих важнейшие параметры, которые приведены для нормальной температуры окружающей среды

(20±5 °С). Для большинства приборов приводятся рисунки внешнего вида, спектральные характеристики и назначение выводов.

Размещенные в настоящем справочнике сведения будут полезны инженерно-техническим работникам, молодым специалистам и радиолюбителям, занятым разработкой и эксплуатацией аппаратуры, использующей приемники и детекторы излучения.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Детекторы и приемники обеспечивают регистрацию широкого спектра электромагнитного излучения, который принято делить на несколько частей. Условное деление электромагнитного спектра на диапазоны приведено на рис. В1.



Рис. В1. Условное деление электромагнитного спектра на диапазоны

Регистрация указанных диапазонов электромагнитного спектра обеспечивается широкой номенклатурой детекторов и приемников, которая составляет сотни наименований и неуклонно расширяется. Благодаря успехам современной технологии традиционные дискретные детекторы и приемники превратились в сложные электронные приборы: модули и блоки детектирования, фотоприемные (ФПУ) и тепловые устройства (ТПУ), формирователи видеосигналов и т. п.

Автор настоящей редакции справочника ставил перед собой задачу показать не только разнообразие технических решений, но и эволюцию развития приемников и детекторов излучений. А потому в справочник помещены сведения о детекторах и приемниках излучений, выпускавшихся в СССР и СНГ за последние 50–60 лет. В него также помещены сведения и о приборах, которые никогда не выпускались «массовым тиражом». У некоторых приборов нет официального наименования, есть только условные названия.

В СССР и СНГ разработкой и производством детекторов и приемников излучений занималось несколько организаций и предприятий, зачастую принадлежавших к различным ведомствам. В связи с чем квалификационные параметры приборов, термины и форма изложения «рекламных» и справочных материалов могли отличаться друг от друга. Основная задача книги сводилась к тому, чтобы свести накопленную информацию к форме, доступной для понимания подготовленным читателем.

В справочнике принята табличная форма представления параметров. Объем сведений по каждому прибору определялся доступной информацией от производителя продукции. Параметры некоторых изделий приводятся в редакции производителя. Для большинства приборов даны рисунки внешнего вида и габаритно-присоединительные размеры, но для некоторых приборов рисунки внешнего вида отсутствуют, на другие имеется только фотография. Конструкции однотипных приборов могут быть представлены в нескольких вариантах. Рисунки внешнего вида приборов, наряду с подрисуночными надписями, снабжены сквозными номерами (1-XXX, 2-XXX и 3-XXX), на которые имеются ссылки в таблицах параметров.

В настоящий справочник включены сведения о более чем 2500 наименованиях детекторов и приемников общегражданского назначения, охватывающих диапазон электромагнитного спектра от гамма-излучения до дальнего ИК (теплового).

Справочник состоит из трех самостоятельных частей, каждая из которых объединяет приборы соответствующего функционального назначения.

Часть первая. Посвящается детекторам и счетчикам ионизирующих излучений. В этой главе рассмотрены газоразрядные, сцинтилляционные, полупроводниковые, алмазные и фотодиодные детекторы излучений, а также блоки детектирования на их основе.

Часть вторая. Посвящается полупроводниковым и пироэлектрическим приемникам оптического и теплового излучения. В ней приводятся сведения о фотоприемниках ультрафиолетового и инфракрасного излучений (фоторезисторах и фотодиодах, фототранзисторах и фототиристорах), а также фотоприемных устройствах на их основе. Значительное внимание уделяется фотоприемникам для ВОЛС и приборам на основе зарядовой связи (ФПЗС). Представлены сведения о тепловых приемниках и ТПУ. Рассмотрены принципы охлаждения чувствительных элементов.

Часть третья. Посвящается фотоэлектронным приемникам оптического излучения. В ней приводятся основные параметры вакуумных фотоэлементов, фотоумножителей, вторично-электронных умножителей, видиконов, диссекторов, суперортиконов и электронно-оптических преобразователей.

Настоящий справочник не является официальным документом, так как сведения о параметрах многих изделий, приведенные в книге, получены путем обобщения и экстраполяции значительного массива данных, взятого из различных источников. Эти данные могут служить только для ориентировочной оценки соответствующих параметров изделий до появления у пользователя более достоверных сведений, то есть нормативных документов изготовителей продукции.

Часть 1

ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1 ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Детекторы ионизирующих излучений – это приборы, предназначенные для регистрации альфа- и бета-частиц, рентгеновского и гамма-излучений, нейтронов, протонов и т. п. Они преобразуют энергию ионизирующего излучения в электрический сигнал. Эти приборы служат для определения состава излучения и измерения его интенсивности, а также измерения спектра энергий частиц, изучения процессов взаимодействия быстрых частиц с атомными ядрами и процессов распада нестабильных частиц и т. д.

Детекторы ионизирующего излучения используются в составе аппаратуры контроля в атомной энергетике; производстве радиоактивных материалов; в системах экологического контроля и системах контроля за хранением и перемещением ядерных материалов; в металлургической, химической промышленностях; в экологии; промышленной дефектоскопии и медицинской диагностике; в научной аппаратуре и экспериментальной физике для структурного и спектрального анализа веществ и процессов; в рентгеновских дифрактометрах; в системах безопасности и охраны различных объектов и т. д.

Физических явлений, позволяющих регистрировать ионизирующее излучение, не так уж много. Тем не менее к настоящему времени создано множество приборов различных типов, а разработка новых детекторов, регистрирующей аппаратуры, методов обработки экспериментальных данных по-прежнему остается актуальной задачей.

Наиболее известными и широко используемыми детекторами ионизирующего излучения являются газоразрядные и полупроводниковые детекторы, а также кристаллические и сцинтилляционные детекторы.

1.1. ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Газоразрядные детекторы ионизирующих излучений являются важнейшими элементами в аппаратуре для радиационных измерений. Газоразрядные детекторы просты по конструкции, компактны, удобны в работе, обеспечивают надежные измерения различных видов радиации в широком диапазоне внешних воздействующих факторов.

Области применения газоразрядных детекторов широки и разнообразны. Они используются в системах управления и защиты ядерных энергетических установок, системах противоатомной защиты промышленных и военных объектов, приборах радиационного контроля персонала атомных станций, предприятий атомной промышленности и населения страны, а также в геофизической аппаратуре для разведки полезных ископаемых, приборах для космических исследований и радиационного мониторинга окружающей среды и др.

По режиму газового разряда счетчики подразделяют на пропорциональные, коронные и Гейгера-Мюллера (ГМ-счетчики). Последние делят на несамогасящиеся и группу самогасящихся: с гашением галогеном (галогенные счетчики), кислородом и органическим паром.

Конструкция газоразрядных счетчиков представляет собой хорошо вакуумированный герметичный баллон с двумя (или несколькими) электродами, в который может быть введена газовая смесь, состоящая в основном из легко ионизируемых неона и аргона. Баллон может быть стеклянным, металлическим и др. Для регистрации радиоактивности жидкости или газа используются так называемые проточные счетчики. Баллон счетчика, реагирующего на жесткое бета- и гамма-излучение, имеет обычно форму цилиндра, изготовленного из нержавеющей стали с толщиной стенки 0,05–0,3 мм в зависимости от назначения прибора.

Обычно счетчики воспринимают излучение всей своей поверхностью, но существуют и такие, у которых для этого в баллоне предусмотрено специальное «окно». Входное окно счетчика, чувствительного к альфа- и мягкому бета-излучениям, выполняют из слюды или майлара толщиной 3–17 мкм. Окно рентгеновского счетчика изготавливают из бериллия, а ультрафиолетового – из кварцевого стекла. Схематическое устройство газоразрядных детекторов приведено на рис. 1.1.

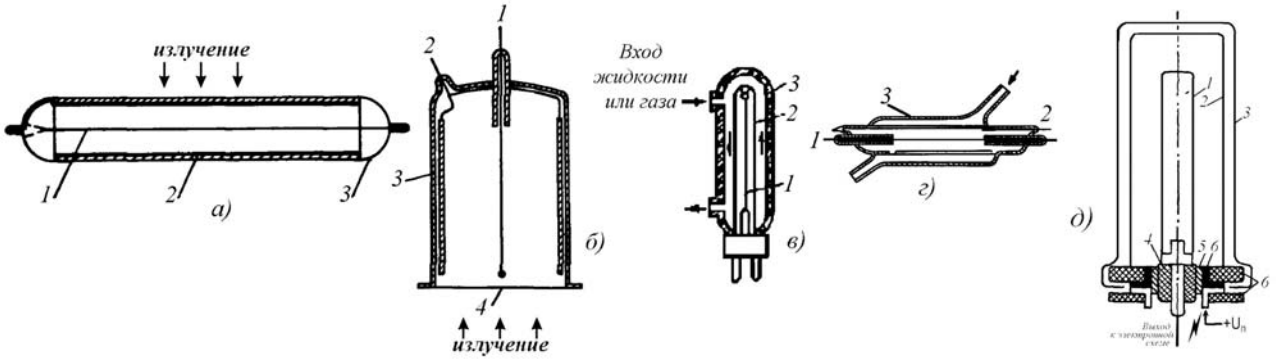


Рис. 1.1. Устройство газоразрядных детекторов: а – цилиндрического; б – торцевого; в и г – проточного; д – ионизационной камеры.
Обозначения: 1 – анод; 2 – катод (металлизированный слой); 3 – корпус (баллон); 4 – окно.
Обозначения для импульсной ионизационной камеры: 1 – центральный (собирающий) электрод; 2 – высоковольтный (потенциальный) электрод; 3 – электростатический экран; 4 и 6 – изоляторы; 5 – металлическое кольцо

Обозначение детекторов старых типов

Для счетчиков излучений старых типов применялись два варианта обозначений.

В первом варианте (приборы АС, ВС, ГС, СТС, МСТ, МСТР) система обозначений состояла из двух основных элементов.

Первый элемент – буквы, определяющие материал анода:

А – алюминий; В – вольфрам; Г – графит; СТ – сталь; М – медь; С – самогасящийся счетчик; Т – торцевой; Р – рентгеновского излучения.

Второй элемент – число, обозначающее порядковый номер прибора.

Во втором варианте (приборы САТ, СБМ, СБТ, СТС, СНМ, СРМ, СФУ, СФК) система обозначений состояла также из двух основных элементов.

Первый элемент – три буквы, обозначающие:

- первая – С (счетчик);
- вторая – определяет вид регистрируемого излучения (как и в новой системе обозначений);
- третья – определяет конструктивные особенности прибора: М – металлический, С – стеклянный, Т – торцевой.

Второй элемент – число, обозначающее порядковый номер типа прибора.

Условное обозначение вновь разрабатываемых счетчиков

Условное обозначение вновь разрабатываемых отечественных счетчиков включает буквы **СИ** (счетчик импульсов), порядковый номер разработки и букву, обозначающую вид излучения: **А** – альфа-излучение, **Б** – бета-излучение, **Г** – гамма-излучение, **Р** – рентгеновское излучение, **Ф** – фотонное, **Н** – нейтронное.

При регистрации двух видов излучений счетчик имеет две буквы после порядкового номера разработки, например СИ 23БГ.

Первые буквы счетчиков ранних разработок означают следующее: **СБМ** – ГМ-счетчики жесткого бета- и гамма-излучений модернизированные; **СБТ** – счетчики мягкого бета-излучения, торцевые; **СНМ** – счетчики медленных нейтронов; **СГМ** – счетчики для регистрации жесткого гамма-излучения, например космического излучения, модернизированные; **ВС** – высоковольтные высокоэффективные ГМ-счетчики гамма-излучения; **САТ** – счетчики альфа-излучения торцевые.

К группе газоразрядных счетчиков условно относят также интегральные импульсные камеры, применяемые в системах радиационного контроля для регистрации гамма-излучения. Условное обозначение камер – **КГ** или **КНК**. Импульсные ионизационные камеры находят применение в тех экспериментах, где нужно определить ионизацию отдельных частиц или ионизацию, создаваемую потоком частиц. Например, в космических экспериментах, в которых ряды импульсных ионизационных камер чередуются со слоями поглотителя.

Конструкция, форма ионизационных камер обычно определяются задачами эксперимента. Используются плоские, цилиндрические и сферические ионизационные камеры.

Основные параметры наиболее известных типов газоразрядных счетчиков и детекторов излучения приведены в табл. 1.1–1.10. Типовые схемы включения ГС приведенны на рис. 1.2.

В табл. 1.1–1.4 использованы следующие обозначения:

L – длина, мм; $L_ч$ – чувствительная часть длины счетчика, мм; ∅ – диаметр, мм; $\rho_о$ – плотность чувствительной части окна, мг/см^2; d – толщина чувствительной части окна, мкм; $U_р$ – рабочее напряжение, В; $U_н$ – напряжение начала счета, В; $U_{з\text{-}к}$ – напряжение зажигания короны, В; ε – эффективность, %; $d_Н$ – чувствительность к медленным нейтронам, имп. см^2/н; N – скорость счета, имп./мин.; N_{max} – максимальная скорость

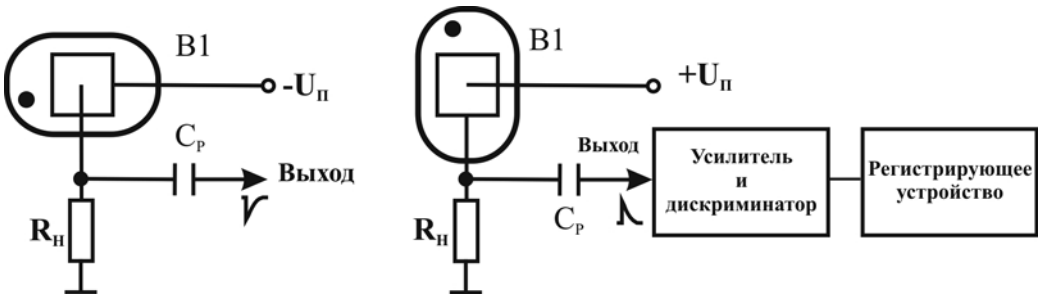


Рис. 1.2. Основные типовые схемы включения газоразрядного детектора

счета, имп./мин.; $N_ф$ – уровень натурального фона, имп./мин.; P_{max} – максимальная мощность дозы (кратковременная), Р/ч; $P_ф$ – максимальное фоновое облучение; $P_α$ – максимальная рабочая интенсивность α-облучения на площадь окна, част./мин.

1.1.1. Детекторы и счетчики α-излучения

1.1.1.1. Детекторы и счетчики α-излучения САТ-3, САТ-4, САТ-5, САТ-7, САТ-8, САТ-9, САТ-10, САТ-11, СИ-9А

Основные параметры детекторов и счетчиков альфа-излучения приводятся в табл. 1.1. Внешний вид приборов дан на рис. 1.3.

Таблица 1.1. Основные характеристики счетчиков и детекторов α-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение зажигания короны, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
САТ-3	Торцевой, пропорциональный, металлический. Регистрация α-излучений	500	300	–	800	–	–	–	–	1-001
САТ-4				–	800	–	–	–	–	
САТ-5				–	1600	–	–	–	–	
САТ-7	Торцевой, коронный, стеклянный. Катод-алюминий, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы. Регистрация α-излучения на фоне γ- и β-излучений	400	60	–	380	ε = 20 (для плоского α-источника с энергией 5,15 МэВ). $N_ф$ = 0,125 $P_ф$ = 1·105 мкР/с	200 ч	–40...+50	∅42 × 70 [40 г]	1-002
САТ-8	Торцевой, коронный, металлический. Катод-хромоникелевая сталь. Регистрация α-излучения на фоне γ- и β-излучений с энергией от 2 МэВ	500	300	0,03	700	$N_ф$ = 0,5 $P_ф$ = 50 Р/ч	1000 ч	–40...+70	∅20 × 48 [9 г]	1-003

Таблица 1.1. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение зажигания короны, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
САТ-9	Торцевой, коронный, металлический. Катод-хромоникелевая сталь	(820)	150	0,1	900	$\varepsilon = 20$ $N_ф = 0{,}5$ $P_ф = 100$ Р/ч	1000 ч	–50...+50	∅50 × 68 [30 г]	1-004
САТ-10	Торцевой, коронный, металлический. Катод-хромоникелевая сталь. Регистрация α-излучений	500–1000	60	–	450	$\varepsilon = 20$ $N_ф = 0{,}125$ $P_ф = 1{\cdot}10^4$ мкР/с	200 ч	–40...+50	∅42 × 46,5 [30 г]	1-005 и 1-006
САТ-11	Торцевой, коронный, металлический. Катод-хромоникелевая сталь. Минимальная энергия регестрируемых α-частиц от 2 МэВ	500–1000	300	–	500	$P_ф = 50$ Р/ч	1000 ч	–70...+250	∅13,3 × 63 [10 г]	1-001
СИ-9А	Торцевой, коронный, стеклянный. Катод-алюминий, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы. Регистрация -излучений	400	150	–	330–390	$\varepsilon = 24$–32 $N = 1{\cdot}10^3$ $P_ф = 1{\cdot}10^4$ мкР/с	1250 ч	–40...+50	∅44 × 70 [37 г]	1-001

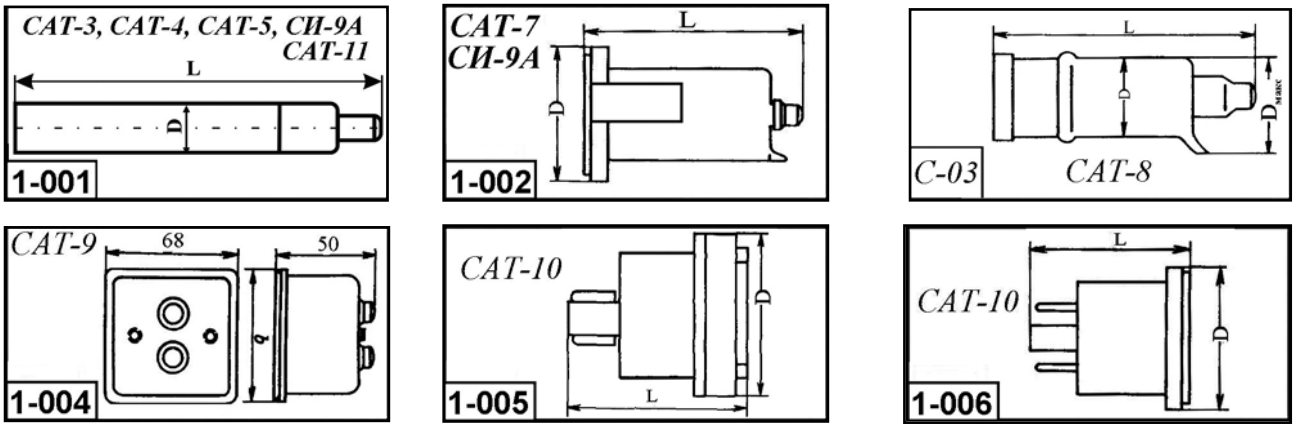


Рис. 1.3. Внешний вид и габаритные размеры детекторов и счетчиков α-излучения

1.1.2. Детекторы и счетчики β-излучения

1.1.2.1. Детекторы и счетчики β-излучения АС-1, АС-2, СБМ-7, СБМ-8, СБМ-9, СБМ-10, СБМ-11, СБМ-12, СБМ-13, СБМ-14, СБМ-15, СБМ-19, СБМ-20

Основные параметры детекторов и счетчиков бета-излучения приводятся в табл. 1.2а. Внешний вид приборов дан на рис. 1.4.

Таблица 1.2а. Основные характеристики счетчиков и детекторов β-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
АС-1	Цилиндрический самогасящийся, с тонким алюминиевым катодом. Регистрации β-частиц	750–860	80	0,2	830–940	$N_ф = 40$	$2 \cdot 10^7$	0…+50	∅17 × 128	1-007
АС-2		750–860	100	0,15	850–960	$N_ф = 100$	$2 \cdot 10^7$	0…+50	∅24 × 156	1-008
СБМ-7	Катод-нержавеющая сталь. Измерение β-активности газов и паров, введенных в рабочий объем счетчика	900–1100	200	0,03–0,05	1300	–	$1 \cdot 10^9$	0…+50	∅90 × 370 (V = 106 см^3) [90]	1-009
СБМ-8		900–1100	200	0,03–0,05	1300	–	$1 \cdot 10^9$	0…+50	∅26 × 335 (V = 106 см^3) [55]	1-010
СБМ-9	Цилиндрический стеклянный. Катод стальной. Регистрация жесткого β-излучения с $E_{max} > 0{,}5$ МэВ	250–330	150	0,15	450	$N_{max} = 5 \cdot 10^4$ при 0,1 мкР/с $N_ф = 8$ $P_{max} = 1000$	$1 \cdot 10^9$	0…+50	∅6 × 10 (чувст.обл) [60 + 15]	1-011
СБМ-10	Регистрация жесткого β-и γ-излучения	260–320	100	0,15	400	N_{max} = 560–840 при 1 мкР/с $N_ф = 8$ $P_{max} = 50$	$1 \cdot 10^{10}$	–50…+60	∅6 × 25 [1]	1-012 и 1-038
СБМ-11	Медицинский. Тонкий игольчатый зонд. Катод нерж. сталь	360	100	0,15	370 = 480	$N_{max} = 2 \cdot 10^3$ $N_ф = 8$	$1 \cdot 10^9$	0–50	∅12 × 257 [29]	1-013 и 1-014
СБМ-12		320–380	100	0,15	400	$N_{max} = 2 \cdot 10^3$ $N_ф = 8$	$1 \cdot 10^9$	0–50	∅12 × 187 [30]	1-015
СБМ-13	Металлический. Катод стальной. Режим работы импульсный	1120–1170	100	0,1	1200–1300	N = 62–70 при 1 мкР/с, N_{max} = 62–70 имп/с при 1 мкР/с $N_ф = 100$ $P_{max} = 900$	$1 \cdot 10^{10}$	–60…+300	∅19,5 × 195 [25]	1-016
СБМ-14	Металлический. Катод стальной. Режим работы токовый и импульсный	1120–1170	100	0,1	1200–1300	N = 13–18 имп/с при 1 мкР/с $N_ф = 8$ $P_{max} = 900$	$1 \cdot 10^{10}$	–60…+300	∅11 × 105 [10]	1-017

Таблица 1.2а. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СБМ-15	Медицинский счетчик	360	100	0,1	400	$N_{max} = 2 \cdot 10^5$ $N_ф = 8$	$1 \cdot 10^9$	0–50	∅12 × 247 [30]	1-013
СБМ-19	Режим работы токовый и импульсный. Регистрация жесткого β- и γ-излучений	260–320	100	0,1	400	$N_{max} = 3 \cdot 10^3$ имп/с $N_ф = 120$	$2 \cdot 10^{10}$	–60...+70	∅19 × 125 [25]	1-018
СБМ-20		260–320	100	0,1	400	$N_{max} = 4 \cdot 10^3$ имп/с $N_ф = 60$	$2 \cdot 10^{10}$	–60...+70	∅11 × 108 [10]	1-019

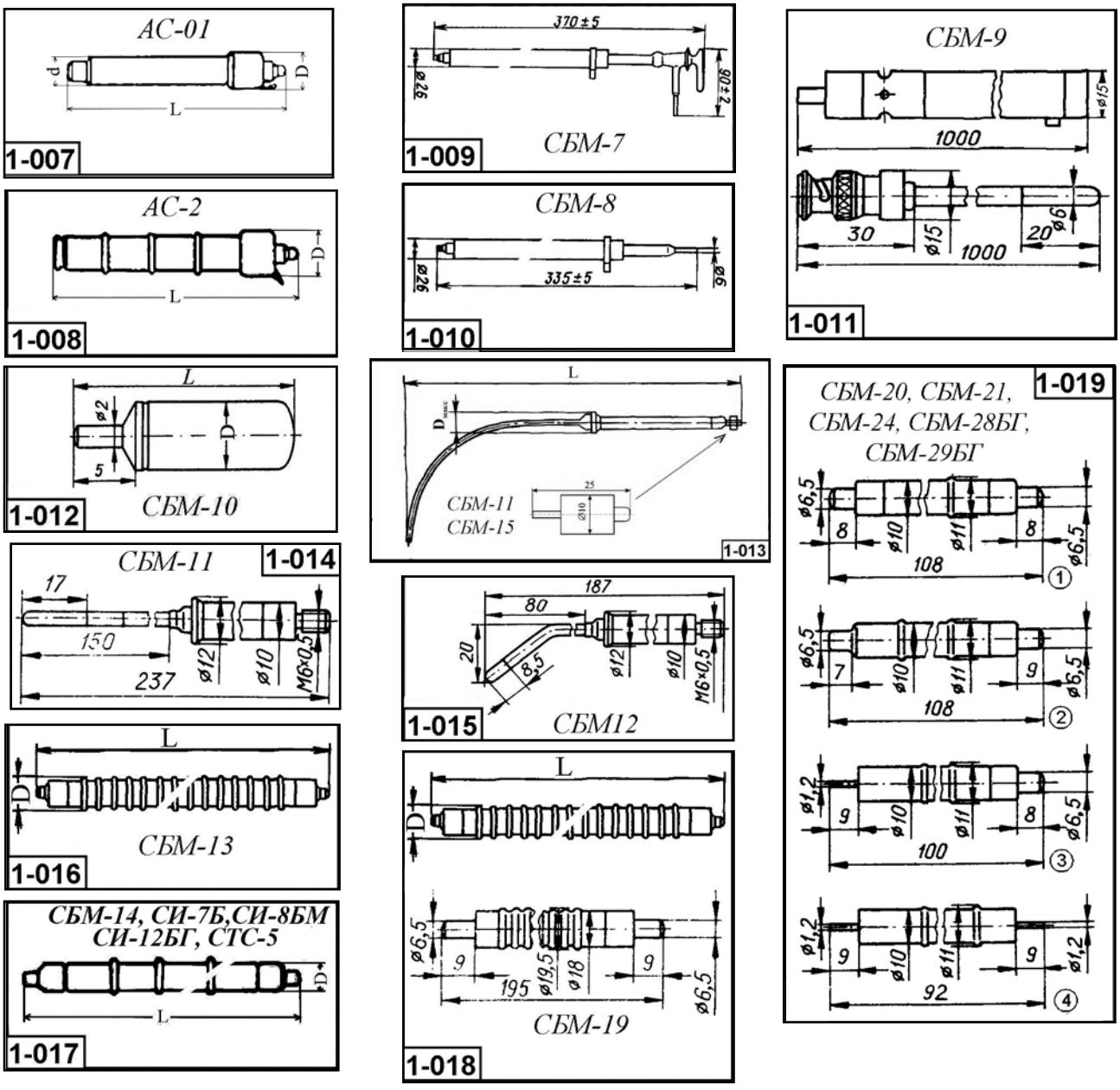


Рис. 1.4. Внешний вид и габаритные размеры счетчиков и детекторов β-излучения

1.1.2.2. Детекторы и счетчики β-излучения СБМ-20U, СБМ-21, СБМ-24БГ, СБМ-28БГ, СБМ-29БГ, СБМ-30, СБМ-31, СБМ-32, СБМ-32К,СБС-1, СБС-2, СБС-3, СБС-4, СБС-5, СБТ-7, СБТ-9, СБТ-10, СБТ-10А, СБТ-11, СБТ-11А, СБТ-13, СБТ-14

Основные параметры детекторов и счетчиков бета-излучения приводятся в табл. 1.2б. Внешний вид приборов дан на рис. 1.5.

Таблица 1.2б. Основные характеристики счетчиков и детекторов β-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СБМ-20U	Режим работы токовый и импульсный. Регистрация жесткого β- и γ-излучений	260–320	100	0,1	400	N = 60–75 при 1 мкР/с $N_{max} = 1{,}4 \cdot 10^3$ имп/с $N_ф$ = 60	$1 \cdot 10^{10}$	–60...+70	∅11 × 101 [9]	1-020
СБМ-21	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	260–320	100	0,15	350–475	$N_ф$ = 12	$1 \cdot 10^{10}$	–60...+70	∅6 × 21 [0,7]	1-038
СБМ-24БГ		270–320	100	0,15	400	$N_ф$ = 30	$1 \cdot 10^{10}$	–45...+60	∅11 × 111 [12]	1-019
СБМ-28БГ	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	805–845	100	0,1	900	$N_ф$ = 30	$1 \cdot 10^{10}$	–60...+300	∅6,7 × 116 [3]	1-019
СБМ-29БГ		250–340	100	0,125	400	$N_ф$ = 30	$2 \cdot 10^{10}$	–60...+70	∅10,3 × 61,5 [5,5]	1-019
СБМ-30	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	270–320	100	0,15	400	150 имп/мкР	$2 \cdot 10^{10}$	–30...+50	∅18 × 108 [25]	1-021
СБМ-31		270–320	100	0,2	400	20 имп/мкР	$2 \cdot 10^{10}$	–30...+50	∅10 × 38 [8]	1-021
СБМ-32	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	270–320	100	0,15	400	850 имп/мкР $N_ф$ = 0,5 имп/с	$2 \cdot 10^{10}$	–30...+50	∅10 × 105 [10]	1-022
СБМ-32К	Регистрация мягкого β-излучений	270–320	100	0,15	400	$N_ф$ = 0,4 имп/с	$2 \cdot 10^{10}$	–30...+50	∅10 × 85 [9]	1-022
СБС-1	Цилиндрический, погружной. С катодом из проводящего стекла. Регистрация β-излучения с $E_{max} > 0{,}2$ МэВ	800–1200	150	0,03	900	–	–	–40...+50	∅14 × 125	1-023
СБС-2	Цилиндрический. Стеклянный. Регистрация β-активности газов и паров	800–2400	400	0,03	1200	–	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅19 (23) × 362	1-023а
СБС-3		800–2400	400	0,03	1200	–	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅19 (23) × 265	1-023а
СБС-4	Измерение β-излучения газов и паров	900–1100	300	0,03	1200	–	–	–40...+50	∅23 × 310 [65]	1-024
СБС-5		900–1100	300	0,03	1200	–	–	–40...+50	∅23,5 × 200 [33]	1-024

Таблица 1.2б. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СБТ-7	Торцевой. Регистрация мягкого β-излучения	350–400	70	0,125	380	$N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 35$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅31 × 72 [25]	1-025
СБТ-9		260–330	80	0,125	400	$N_{max} = 2{,}6 \cdot 10^5$ $N_ф = 10$	$1 \cdot 10^{10}$	–50...+50	∅12 × 74 [5]	1-026
СБТ-10	Торцевой, металлический, секционный. Катод нерж. сталь. Регистрация мягкого β-излучения углерода ^{14}C	320–460	80	0,25–0,3	350–450	$N_{max} = 2{,}5 \cdot 10^4$ имп/с $N_ф = 250$ $P_{max} = 50$	$1 \cdot 10^{10}$	–60...+55	67 × 88 × 34 [150–180]	1-027
СБТ-10А		320–460	80	0,25	350–450	$N_{max} = 2{,}5 \cdot 10^4$ имп/с $N_ф = 130$ $P_{max} = 50$	$1 \cdot 10^{10}$	–60...+55	67 × 88 × 34 [150–180]	1-027
СБТ-11	Торцевой, металлический, секционный. Катод нерж. сталь. Режим работы токовый и импульсный. Регистрация мягкого β-излучения	350–400	80	0,5	350–450	$N_{max} = 2{,}5 \cdot 10^4$ имп/с при 40 мкР/с $N_ф = 15$ $P_{max} = 300$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	29 × 55,5 × 23,5 [30]	1-028
СБТ-11А		260–320	80	0,3	350–450	50 имп/мкР	$1 \cdot 10^{10}$	–60...+65	29 × 55,5 × 23,5 [30]	1-029
СБТ-13	Торцевой, металлический, секционный. Катод хромоникелевая сталь	350–400	70	0,25	380	$N_{max} = 5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅42 × 46,5 [30]	1-029
СБТ-14	Торцевой, металлический, секционный. Катод хромоникелевая сталь. 1 секция	350–400	80	0,125	380	$N_{max} = 1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅13,3 × 63 [10]	1-030

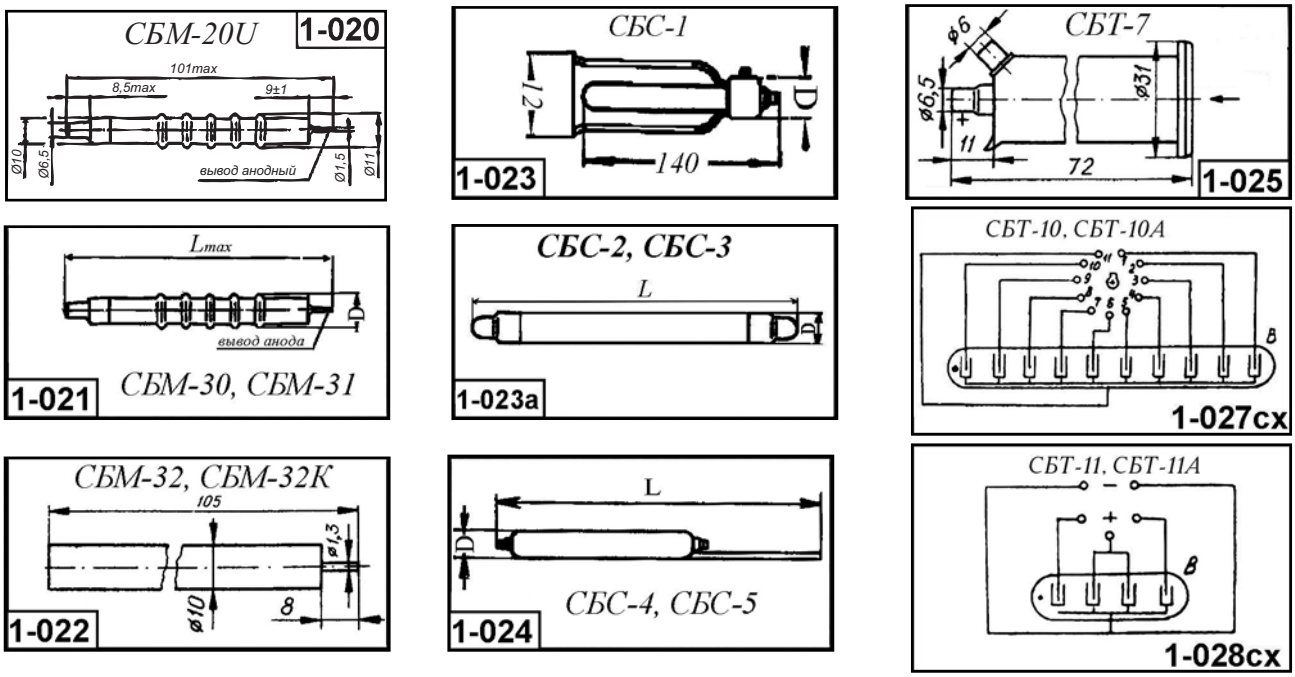


Рис. 1.5. Внешний вид и габаритные размеры счетчиков и детекторов β-излучения

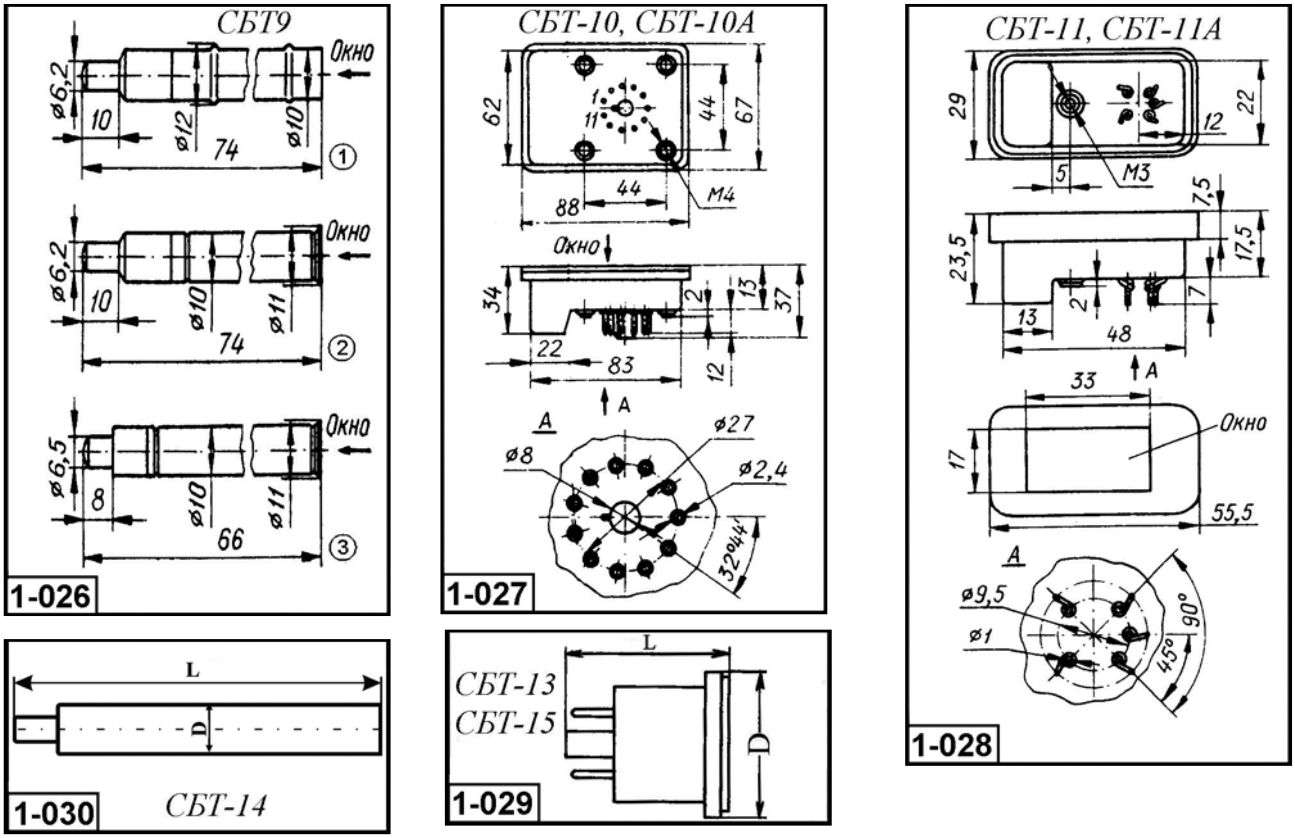


Рис. 1.5. Внешний вид и габаритные размеры счетчиков и детекторов β-излучения (окончание)

1.1.2.3. Детекторы и счетчики β-излучения СБТ-15, СБТ-16, СБТ-17, СИ-2Б (ПСТ-40), СИ-3Б, СИ-5Б, СИ-6Б, СИ-7Б, СИ-8Б, СИ-8БМ, СИ-9БГ, СИ-12БГ, СИ-13Б, СИ-14Б

Основные параметры детекторов и счетчиков бета-излучения приводятся в табл. 1.2в. Внешний вид приборов дан на рис. 1.6.

Таблица 1.2в. Основные характеристики счетчиков и детекторов детекторов β-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СБТ-15	Торцевой. Режим работы токовый и импульсный. Регистрация мягкого β-излучения с энергией более 0,1 МэВ	350–400	80	0,3	380	$N = 30$ при 10^{-2} мкР/ч, $N_{max} = 3 \cdot 10^4$ $N_ф = 30$	$1 \cdot 10^{10}$	–40…+50	∅42 × 36,5 [120]	1-029
СБТ-16	Торцевой. Катод ферроникелевый сплав	320–450	80	0,3	390	$N_{max} = 7 \cdot 10^3$ $P_{max} = 50$	$1 \cdot 10^{10}$	–40…+50	∅82,5 × 33	1-031

Таблица 1.2в. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СБТ-17	Торцевой. Регистрация мягкого β-излучения	320–450	80	0,4	390	N = 350–500 имп/с при 1 мкР/с, $N_{max} = 4 \cdot 10^3$ имп/с $N_ф$ = 300 P_{max} = 300	$1 \cdot 10^{10}$	–60…+50	[107]	1-031
СИ-2Б (ПСТ-40)	Торцевой, стеклянный. Катод-проводящая пленка олова	1350–1750	150	0,05	1500	$N_{max} = 10^5$ $N_ф$ = 65	$1 \cdot 10^8$	–40…+50	∅70 × 90 [57]	1-032
СИ-3Б	Торцевой, стеклянный. Катод-медь	1350–1650	150	0,03	1500	$N_{max} = 10^4$ $N_ф$ = 25	$1 \cdot 10^8$	–40…+50	∅38 × 90 [25]	1-033
СИ-5Б	Торцевой. Катод-проводящая пленка. Регистрация мягкого β-излучения	1250–1550	150	0,024	1500	$N_{max} = 3 \cdot 10^4$ $N = 1 \cdot 10^4$ $N_ф$ = 70	$5 \cdot 10^7$	–60…+60	∅70 × 90 [60]	1-032
СИ-6Б	Металлический. Регистрация мягкого β-излучения.	500	200	0,1	900	N = 700 имп/с при 0,1 мкР/с $N_ф$ = 27	$1 \cdot 10^{10}$	–80…+100	∅12 × 110 [8]	1-034
СИ-7Б		500	80	0,2	900	N = 400 имп/с при 1 мкР/с	–	–80…+100	∅22 × 199,5 [8]	1-017
СИ-8Б	Стеклянный. Регистрация мягкого β-излучения	320–450	80	0,25–0,3	390	N = 350–500 имп/с при 1 мкР/с, $N_ф$ = 120	$1 \cdot 10^{10}$	–40…+50	∅82,5 × 31 [100]	1-035
СИ-8БМ	Металлический. Регистрация мягкого β-излучения	255–285	80	0,3	400	N = 280 имп/с при 1 мкР/с, $N_ф$ = 120	$1 \cdot 10^{10}$	–40…+50	∅82,5 × 31 [100]	1-017
СИ-9БГ	Металлический. Регистрация β-излучения с $E_{max} > 0{,}5$ МэВ	300–350	60	0,15	320	N = 360–540 при 1 мкР/с P_{max} = 50	$1 \cdot 10^9$	–40…+50	∅10 × 25 [6]	1-036
СИ-12БГ	Металлический. Регистрация β- и γ- излучений	400–500	80	0,15–0,2	900	N = 340 при 0,1 мкР/с	$1 \cdot 10^{10}$	–40…+50	∅12 × 71	1-017
СИ-13Б	Стеклянный. Регистрация мягкого β-излучения. Плавная регулировка чувствительности	260–300	200	0,25	400	–	–	–50…+60	∅49 × 26 [55]	1-035
СИ-14Б		230–300	200	0,25	400	–	–	–50…+60	∅84 × 26 [133]	1-035

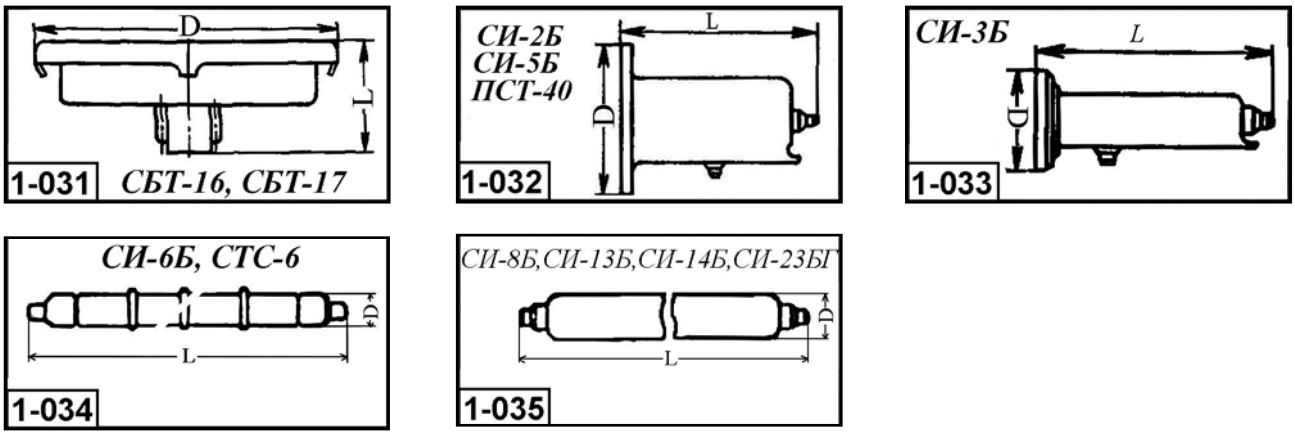


Рис. 1.6. Внешний вид и габаритные размеры счетчиков и детекторов β-излучения

1.1.2.4. Детекторы и счетчики β-излучения СИ-15 БГ, СИ-19БГ, СИ-23БГ, СИ-24БГ, СИ-28БГ1, СИ-28БГ2, СИ-29БГ, МСТ-17, МСТ-18 (СИ-3Б), СИ-1 ГИП, СТС-5, СТС-6, Т-25БФЛ

Основные параметры детекторов и счетчиков бета-излучения приводятся в табл. 1.2г. Внешний вид приборов дан на рис. 1.7.

Таблица 1.2г. Основные характеристики счетчиков и детекторов детекторов β-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-15БГ	Регистрация β- и γ-излучений от $3\cdot10^{-5}$ до 1 Р/ч в импульсном и до 0,5 Р/с в токовом режимах	240–320	80	0,3	400	$N_{max} = 1{,}2\cdot10^4$	$1\cdot10^8$	–40...+50	[32]	–
СИ-19БГ	Регистрация β- и γ-излучений	240–320	100	0,3	400	N = 4 имп/мкР Nф = 10	$1\cdot10^9$	–40...+50		–
СИ-23БГ	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	240–320	100	0,15	400	–	$1\cdot10^9$	–45...+60	∅19 × 195 [25]	1-035
СИ-24БГ	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	230–300	100	0,15	350–475	N = 50–100 имп/с при 1 мкР/с $N_ф$ = 30	$1\cdot10^9$	–45...+60	∅11 × 111 [11–12]	1-037
СИ-28БГ1 СИ-28БГ2	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	805–845	150	0,2	900	N = 90 имп/мкР Nф = 30	$1\cdot10^9$	–40...+50	∅10,3 × 61,5 [5,5]	1-037
СИ-29БГ	Регистрация жесткого β- и γ-излучений	240–320	100	0,125	400	–	–	–60...+70	∅10,3 × 61,5 [5,5]	1-037
МСТ-17	Торцевой. Катод-медь. Регистрация β-излучения	1300–1600	150	0,05	1500	$N_{max} = 1\cdot10^4$ $N_ф = 25$	$5\cdot10^7$	–30...+50	∅40 × 100 [25]	1-039
МСТ-18 (СИ-3Б)		1300–1600	150	0,03	1400	$N_ф = 25$	$6\cdot10^7$	–30...+50	∅20 × 100 [25]	1-039

Таблица 1.2в. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-1 ГИП	Искровой с импульсным питанием ($t_{имп}$ = 1 мкс). Регистрация β-частиц с высокой энергией	900–1000	100	–	1000	ε = 60	$1\cdot10^6$	–80...+120	∅8 × 370 [23]	1-032а
СТС-5	Металлический. Регистрация β-излучения с E_{max} > 0,5 МэВ	320–450	80	0,125	390	N = (1,48–2,2)·10^5 при 200 мкР/ч, $N_ф$ = 27 P_{max} = 50	$1\cdot10^9$	–40...+50	∅12 × 110	1-017
СТС-6	Металлический. Регистрация β-излучения с E_{max} > 0,5 МэВ	320–450	80	0,125	390	N = (2,28–3,42)·10^3 при 0,36 мкР/ч, Nmax = $6\cdot10^4$ $N_ф$ = 110	$1\cdot10^9$	–40...+50	∅22 × 197 [25]	1-034
Т-25БФЛ	Торцовый, самогасящийся. С медным катодом. Регистрация β- и γ-излучений	1250	250	0,015	1350	$N_ф$ = 30	$5\cdot10^8$	–40...+40	∅25	1-039

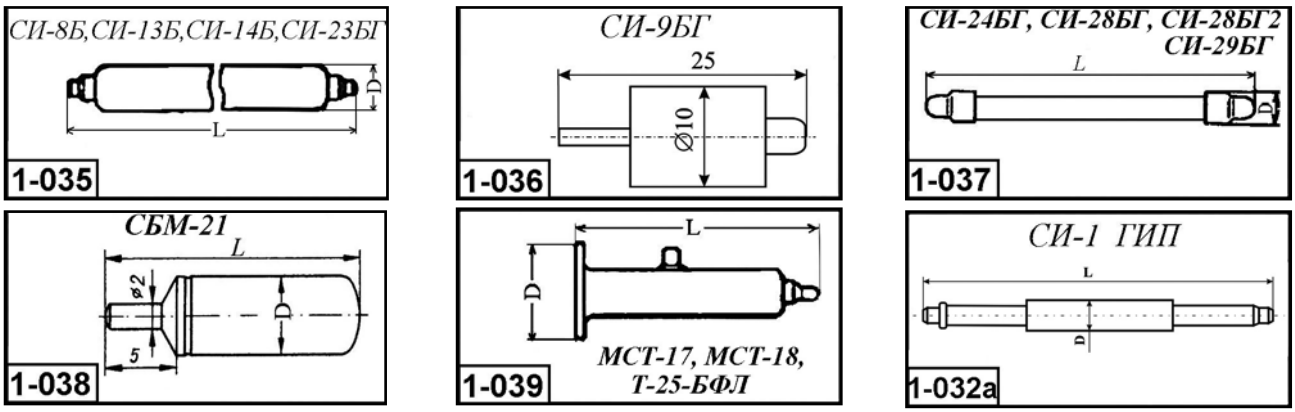


Рис. 1.7. Внешний вид и габаритные размеры счетчиков и детекторов β-излучения

1.1.3. Детекторы и счетчики γ-излучения

1.1.3.1. Детекторы и счетчики γ-излучения ВС-4, ВС-6, ВС-8, ВС-9, ВС-9Т, СИ-4Г, ВС-11, ВС-13, ВС-14, ВС-16, ГС-4, ГС-6, ГС-7, ГС-8, ГС-9, ГС-10, ГС-11, ГС-12, МС-4, МС-6, МС-7, МС-8, МС-9. МС-11, МС-12, МС-13, МС-14, МС-16, СГС-3, СГС-4, СГС-5

Основные параметры детекторов и счетчиков гамма-излучения приводятся в табл. 1.3а. Внешний вид приборов дан на рис. 1.8.

Таблица 1.3а. Основные характеристики счетчиков и детекторов γ-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
ВС-4	Стеклянный. Катод вольфрам, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы	720–800	200	0,075	820–880	$N = (4,5–6,5)\cdot10^3$ при 0,1 Р/ч $N_{max} = 5\cdot104$ $N_ф = 130$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅21,5 × 175 [40]	1-040
ВС-6		720–800	250	0,075	950	$N = 8\cdot10^3–1,2\cdot10^5$ при 0,1 Р/ч $N_{max} = 5\cdot10^4$ $N_ф = 380$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅21,5 × 260 [65]	1-040
ВС-8		720–800	150	0,1	950	$N = (3–4)\cdot10^3$ при 0,1 Р/ч $N_{max} = 5\cdot10^4$ $N_ф = 110$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅15 × 180 [25]	1-040
ВС-9		720–800	250	0,075	900–950	$N = 0,1$ имп/мин·см^2 при 0,1 мкР/ч $N = 1,8\cdot10^4$ $N_{max} = 5\cdot10^4$ $N_ф = 380$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅31 × 360 [125]	1-040
ВС-9Т (СИ-4Г)	То же термостойкий	720–800	200	0,1	850	$N = 1,8\cdot10^4$	$1\cdot10^8$	–50...+100	∅31 × 380 [125]	1-040
ВС-11	Стеклянный. Катод вольфрам, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы	720–800	200	0,075	950	$N = (7,3–9,9)\cdot10^3$ при 0,1 Р/ч $N_{max} = 5\cdot10^4$ $N_ф = 150$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅31 × 180 [65]	1-040
ВС-13		720–800	150	0,1	950	$N = (1,5–2,5)\cdot10^3$ при 0,53 мкР/с $N_{max} = 5\cdot10^4$ $N_ф = 60$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅21 × 100 [25]	1-041
ВС-14		720–800	200	0,075	950	$N = (4,5–6,5)\cdot10^3$ при 0,53 мкР/с $N_{max} = 5\cdot10^4$ $N_ф = 130$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅21 × 160 [40]	1-041
ВС-16		720–800	200	0,075	950	$N = 8\cdot10^3–1,2\cdot10^5$ при 0,53 мкР/с $N_{max} = 5\cdot10^4$ $N_ф = 180$	$2\cdot10^8$	–40...+50	∅21,5 × 250 [70]	1-041
ГС-4	Стеклянный. Катод графит, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы	1100–1300	200	0,1	1250–1350	$N_ф = 100$	$2\cdot10^8$	–20...+50	∅21,5 × 175 [35]	1-040
ГС-6		1100–1300	200	0,1	1250–1350	$N_ф = 164$	$2\cdot10^8$	–20...+50	∅21,5 × 260 [8,5]	1-040
ГС-7		1100–1300	200	0,1	1200–1400	$N_ф = 53$	$2\cdot10^8$	–20...+50	∅15 × 140 [15]	1-040

Таблица 1.3а. (продолжение)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
ГС-8	Стеклянный. Катод графит, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы	1100–1300	200	0,1	1200–1400	$N_ф = 70$	$2 \cdot 10^8$	–20…+50	∅15 × 180 [15]	1-040
ГС-9		1100–1300	250	0,1	1350–1450	$N_ф = 300$		–20…+50	∅31 × 360	1-040
ГС-10		1100–1300	200	0,1	1350–1450	$N_ф = 100$		–20…+50	∅31 × 180	1-040
ГС-11		1100–1300	200	0,1	1350–1450	$N_ф = 148$	$2 \cdot 10^8$	–20…+50	∅15 × 180 [15]	1-040
ГС-12		1100–1300	150	0,1	1350–1450	$N_ф = 25$	$2 \cdot 10^8$	–20…+50	∅15 × 140 [15]	1-040
МС-4	Стеклянный. Катод медь, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	720–780	200	0,1	–	$N = (2{,}2–3) \cdot 10^3$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 65$	$3 \cdot 10^8$	–20…+50	∅21,5 × 175 [40]	1-040
МС-6		720–780	200	0,1	–	$N = (4{,}5–5{,}5) \cdot 10^3$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 120$	$3 \cdot 10^8$	–20…+50	∅21,5 × 260 [65]	1-040
МС-7	Стеклянный. Катод медь, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	720–780	100	0,15	–	$N = (0{,}85–1{,}3) \cdot 10^3$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 28$	$1 \cdot 10^8$	–20…+50	∅21,5 × 260 [65]	1-040
МС-8	Стеклянный. Катод медь, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	720–780	100	0,15	–	$N = (1{,}3–2{,}1) \cdot 10^3$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 55$	$1 \cdot 10^8$	–20…+50	∅25 × 180 [25]	1-040
МС-9		720–780	100	0,1	–	$N = (0{,}93–1{,}27) \cdot 10^4$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 280$	$1 \cdot 10^8$	–20…+50	∅31 × 360 [125]	1-040
МС-11		720–780	200	0,1	–	$N = (3{,}6–5) \cdot 10^3$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 105$	$1 \cdot 10^8$	–20…+50	∅31 × 180 [125]	1-040
МС-12	Стеклянный. Катод медь, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	720–780	100	0,15	–	$N = (3{,}7–5{,}7) \cdot 10^2$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 15$	$1 \cdot 10^8$	–25…+50	∅15 × 140 [20]	1-040
МС-13	Стеклянный. Катод медь, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	720–780	200	0,15	–	$N = (3{,}9–5{,}2) \cdot 10^3$ при 0,53 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 30$	$1 \cdot 10^8$	–40…+50	∅21,5 × 100 [25]	1-040
МС-14	Стеклянный. Катод медь, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	720–780	200	0,15	–	$N = (0{,}97–1{,}2) \cdot 10^4$ при 0,53 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 70$	$3 \cdot 10^8$	–40…+50	∅21,5 × 160 [40]	1-041
МС-16		720–780	200	0,15	–	$N = (1{,}7–2{,}15) \cdot 10^4$ при 0,53 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 120$	$3 \cdot 10^8$	–40…+50	∅21,5 × 250 [70]	1-041

Таблица 1.3а. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряже-ние, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СГС-3	Стеклянный. Цилиндрический. Самогасящийся	–	60	0,25	380	–	–	–20...+50	∅10 × 55	1-042
СГС-4		–			340	–	–	–20...+50	∅10 × 38	1-042
СГС-5		–	60	0,25	380	–	$1 \cdot 10^{10}$	–20...+50	∅8 × 62	1-042

1.1.3.2. Детекторы и счетчики γ-излучения СГС-6, СИ-1Г, СИ-1 ГИП, СИ-4Г, СИ-5Г, СИ-6Г, СИ-7Г, СИ-8Г, СИ-10Г, СИ-11Г, СИ-12Г, СИ-13Г, СИ-14Г, СИ-19Г, СИ-20Г, СИ-21Г, СИ-22Г, СИ-22ГУ, СИ-23Г

Основные параметры детекторов и счетчиков гамма-излучения приводятся в табл. 1.3б. Внешний вид приборов дан на рис. 1.8.

Таблица 1.3б. Основные характеристики счетчиков и детекторов γ-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СГС-6	Торцевой. Стеклянный. Катод никелевый. Режим работы токовый и импульсный	270–310	80	0,15	380–400	N = 20–30 имп/с при 1 мкР/ч $N = (5{,}9–7{,}1) \cdot 10^3$ при 1 Р/ч. N = 1,5·106 I_{max} = 65	$1 \cdot 10^8$	–40...+50	∅8 × 90 [6]	1-050
СИ-1Г	Стеклянный. Катод – трубка из нержавеющей стали	280–335	80	0,125	350–450	N = 496–744 при 0,1 мкР/с $N = 1{,}75 \cdot 10^4$ $N_{max} = 10^5$ $N_ф$ = 25 P_{max} = 50	$1 \cdot 10^9$	–50...+70	∅50 × 90 [15]	1-040
СИ-1 ГИП	Стеклянный. Катод – проводящая пленка	900–1000	–	–	1000	ε = 60	$1 \cdot 10^6$	–80...+120	∅8 × 370 [23]	1-043
СИ-4Г	Стеклянный. Катод – пленка вольфрама, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	720–800	200	0,1	910	$N = (1{,}8–2{,}5) \cdot 10^4$ имп/с при 0,1 мкР/с $N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф$ = 380	20 ч.	–40...+50	∅31×360 [125]	1-040

Таблица 1.3б. (продолжение)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-5Г	Стеклянный. Катод – пленка графита, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы	1150–1250	250	0,1	1350	$N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 1000$	$3 \cdot 10^8$	–40...+50	∅63 × 652 [63]	1-040
СИ-6Г		1150–1250	200	0,01	1350	$N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 430$	$3 \cdot 10^8$	–40...+50	∅63 × 652 [63]	1-040
СИ-7Г	Стеклянный. Катод – пленка графита, нанесенная на внутреннюю поверхность колбы. Регистрация небольших уровней излучения	1150–1250	150	0,1	1350	$N_{max} = 3 \cdot 10^4$ $N_ф = 100$	$5 \cdot 10^7$	–50...+100	∅15 × 220 [25]	1-040 1-044
СИ-8Г		1150–1250	250	0,1	1350	$N_{max} = 5 \cdot 10^4$ $N_ф = 300$	$3 \cdot 10^8$	–40...+50	∅31 × 360 [150]	1-040
СИ-10Г	Стеклянный. Катод – проводящая пленка олова	295–330	80	0,2	–	N = 24–30 имп/с при 0,1 мкР/с $P_{max} = 50$	$3 \cdot 10^8$	–50...+100	∅16 × 93,5 [25]	1-045
СИ-11Г		295–300	80	0,2	–	N = 52–65 имп/с при 0,1 мкР/с $P_{max} = 1$	$3 \cdot 10^8$	–50...+100	∅23 × 180 [15]	1-045
СИ-12Г	Стеклянный. Катод – проводящая пленка олова	295–300	80	0,25	–	N = 20–25 имп/с при 0,1 мкР/с $P_{max} = 5$	$3 \cdot 10^8$	–50...+100	∅9 × 180 [15]	1-046
СИ-13Г		290–300	80	0,25	360–440	N = 19–27 имп/с при 10 мкР/с $N_ф = 15$ $P_{max} = 20$	$1 \cdot 10^{10}$	–50...+60	∅9 × 63 [10]	1-045
СИ-14Г	Стеклянный. Катод – проводящая пленка олова	295–330	80	–	–	N = 0,9–1,1 имп/с при 0,1 мкР/с $P_{max} = 300$	$3 \cdot 10^8$	–50...+100	∅8 × 60 [10]	1-046
СИ-19Г	Металлический. Катод – нержавеющая сталь	280–320	100	0,125	360–460	$N = 500$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 2 \cdot 105$ $N_ф = 20$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅11 × 90 [10]	1-047
СИ-20Г		285–335	100	0,125	380–480	$N = 2100$ $N_{max} = 2 \cdot 105$ $N_ф = 60$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅19 × 175 [35]	1-047
СИ-21Г		285–335	100	0,125	380–480	$N = 3700$ $N_{max} = 2 \cdot 105$ $N_ф = 80$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅19 × 260 [45]	1-047
СИ-22Г СИ-22ГУ		285–335	100	0,125	380–480	$N = 3700$ $N = 540$ имп/мкР $N_{max} = 3 \cdot 10^3$ $N_ф = 75$ $P_{max} = 7$	$1 \cdot 10^{10}$	–40...+50	∅19 × 215 [40]	1-047

Таблица 1.3б. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-23Г	Стеклянный. Катод вольфрамовый	720–800	200	0,07	900	N = 0,1 имп/мин·см^2 при 0,1 мкР/с N = 200–400 имп/мкР $N_{max} = 2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^7$	до +200	∅33 × 400 [40]	1-040

1.1.3.3. Детекторы и счетчики γ-излучения СИ-24Г, СИ-25Г, СИ-31Г, СИ-33Г, СИ-34Г. СИ-37Г, СИ-38Г, СИ-39Г, СИ-40Г, ЛТС-1, СИ-1БГ, СИ-2БГ, СИ-3БГ, СИ-10БГ, СИ-11БГ, СИ-21БГ, СИ-22БГ, СТС-1, СТС-2, СТС-3, СТС-8, СГМ11, СГМ18, СГМ19

Основные параметры детекторов и счетчиков гамма-излучения приводятся в табл. 1.3в. Внешний вид приборов дан на рис. 1.8.

Таблица 1.3в. Основные характеристики счетчиков и детекторов γ-излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-24Г	Стеклянный. Катод сеточный нихромовый. Режим работы токовый и импульсный	285–335	100	–	370–410	N = 50–100 имп/мкР $P_{max} = 5$ $I_{max} = 30$	200 ч.	–40…+50	∅9 × 85 [25]	1-045
СИ-25Г	Катод спиралеобразный. Регистрация γ-излучения с мощностью дозы 200 Р/ч	285–335	100	1,5	370–410	$P_{max} = 200$ $I_{max} = 30$	200 ч.	–60…+85	∅10 × 55 [15]	1-048
СИ-31Г	Стеклянный. Термоустойчивый. Катод – порошкообразный вольфрам	720–800	200	0,07	900	N = 0,1 имп/мин·см^2 при 1 мкР/с $N_{max} = 2 \cdot 10^4$ $N_ф = 320$	$5 \cdot 10^7$	+10…+250	∅27 × 400 [92]	1-040
СИ-33Г	Стеклянный. Регистрация жесткого γ-излучения с мощностью дозы до 5 Р/ч	285–335	100	0,2	350–440	N = 18,5–22,5 имп/с при 1 мкР/с N_{max} = 7,5·105 $N_ф = 10$ $I_{max} = 36,4$	$1 \cdot 10^{10}$	–40…+85	∅8 × 90 [6]	1-048

Таблица 1.3в. (продолжение)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-34Г	Стеклянный. Регистрация жесткого γ-излучения с мощностью дозы до 500 Р/ч. Режим работы токовый и импульсный	360	80	0,3	390	N = 40–60 имп/с при 1 Р/ч N_{max} = 1,55·104 при 500 Р/ч $N_ф$ = 0,5 I_{max} = 42 P_{max} = 1000	$1·10^{10}$	–40…+50	∅8 × 55 [3,5]	1-048
СИ-37Г	Стеклянный. Регистрация жесткого γ-излучения с мощностью дозы до 10 Р/ч в импульсном режиме	285–335	100	0,25	350–450	N = 19–27 имп/с $N_ф$ = 15 P_{max} = 500	$2·10^{10}$	–55…+85	∅8 × 63 [4,5]	1-048
СИ-38Г	Стеклянный. Регистрация γ-излучения с мощностью дозы до 1000 Р/ч	285–335	100	0,3	500–600	N = 8,8–13,2 имп/с при 1 Р/ч $N_ф$ = 0,5 P_{max} = 3600	$2·10^{9}$	–50…+60	∅10 × 55 [3,5]	1-048
СИ-39Г	Стеклянный. Катод металлический. Регистрация жесткого γ-излучения с мощностью дозы до 5 Р/ч	285–335	80	0,2	395	N = 19,5–21 имп/с $N_ф$ = 0,16 P_{max} = 1000	$1·10^{10}$	–50…+75	∅8 × 90 [6]	1-049
СИ-40Г	Стеклянный. Катод стальной. Регистрация жесткого γ-излучения с мощностью дозы до 500 Р/ч	285–335	100	0,3	390	N = 45–55 имп/с P_{max} = 1000	$1·10^{10}$	–50…+60	∅10 × 55 [45]	1-048
ЛТС-1	Стеклянный. Катод вольфрамовый	285–335	200	0,05	–	N = 0,1 имп/мин·см^2 при 1 мкр/ч	$1·10^{8}$	–10…+40	–	–
СИ-1БГ	Стеклянный. Катод – сетка из никелевой проволоки. Режим работы токовый и импульсный	285–335	100	–	375–410	I = 10 при 1,5 Р/ч	100 ч.	–40…+50	∅10 × 60 [10]	1-051
СИ-2БГ		285–335	100	–	375–410	P_{max} = 150 I = 10 при 50 Р/ч	100 ч.	–40…+50	∅10 × 60 [10]	1-051
СИ-3БГ		380–460	80	0,25	290–330	N = 48–72 при 3,6 мкР/ч P = 300 P_{max} = 900	100 ч.	–40…+50	∅10 × 55 [25]	1-045
СИ-10БГ	Стеклянный. Катод – сетка из никелевой проволоки. Режим работы токовый	285–335	80	0,25	390	P = 1,5 P_{max} = 15 I = 15 при 3,6 Р/ч	150 ч.	–40…+50	∅17 × 75 [15]	1-051

Таблица 1.3в. (продолжение)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-11БГ	Стеклянный. Катод – сетка из никелевой проволоки. Режим работы токовый и импульсный	285–335	80	0,25	375–410	$P = 50$ $P_{max} = 150$ $I = 15$ при 50 Р/ч	100 ч.	–40...+50	∅17 × 75 [15]	1-041
СИ-21БГ	Стеклянный. Катод – металлический цилиндр. Регистрация γ-излучения с мощностью дозы до 50 Р/ч в токовом режиме	285–335	100		350–450	$P = 50$ $P_{max} = 1000$ $I = 0{,}4–0{,}7$ при 1 Р/ч $I_{max} = 12–20$	300 ч.	–40...+50	∅17 × 70 [15]	1-051
СИ-22БГ	Стеклянный. Катод – металлический цилиндр. Регистрация γ-излучения с мощностью дозы до 1,5 Р/ч в токовом режиме	285–335	100	–	350–450	$I = 9{,}4–15{,}6$ при 1 Р/ч $I = 12–20$ при 1,5 Р/ч $P = 50$ $P_{max} = 1000$	300 ч.	–40...+50	∅17 × 70 [15]	1-051
СТС-1	Стеклянный. Катод –трубка из нержавеющей стали.	280–320	80	0,125	360–440	$N = 496–744$ при 0,1 мкР/с $N_{max} = 10^5$ $N_ф = 25$ $P_{max} = 50$	$1 \cdot 10^9$	–50...+70	∅15,24 × 90 [15]	1-052
СТС-2	Регистрация γ-излучения с мощностью дозы до 1,5 Р/ч в токовом и импульсном режиме	285–335	80	0,25	380–460	$N = (1{,}47–2{,}22) \cdot 10^3$ при 0,1 Р/ч $N_{max} = 4 \cdot 10^4$ $N_ф = 75$	200 ч.	–55...+70	∅24 × 175 или ∅24 × 260 [40]	1-053
СТС-3	Регистрация γ-излучения с мощностью дозы до 1,5 Р/ч в токовом и импульсном режиме	285–335	80	0,25	380–460	$N = (3{,}3–4{,}9) \cdot 10^3$ при 0,1 Р/ч $N_{max} = 3 \cdot 10^4$ $N_ф = 130$	200 ч.	–55...+70	∅23 × 260 [40] или ∅23 × 215 [53]	1-053
СТС-8	Регистрация γ-излучения с мощностью дозы до 1,5 Р/ч в токовом и импульсном режиме	285–335	80	0,25	380–460	$N = (2{,}6–3{,}84) \cdot 10^3$ при 0,1 Р/ч $N_{max} = 4 \cdot 104$ $N_ф = 110$	200 ч.	–55...+70	∅23 × 215 [45]	1-053
СГМ11	Четырехсекционный счетчик	285–330	100	0,125	350–480	–	–	–40...+60	–	–

Таблица 1.3в. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, ч., не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СГМ18	Семисекционные счетчики. Для измерения мощности экспозиционной дозы и оценки энергетического спектра γ-излучения по относительному числу совпадающих импульсов на выходе счетчика	285–330	100	0,125	350–480	$1\cdot10^{-2}$–0,83 мкР/с	$7\cdot10^{10}$	–40…+60	∅16 × 140	1-047
СГМ19		285–330	100	0,1	350–480	$1\cdot10^{-2}$–0,56 мкР/с	$7\cdot10^{10}$	–40…+60	∅24 × 189	1-047

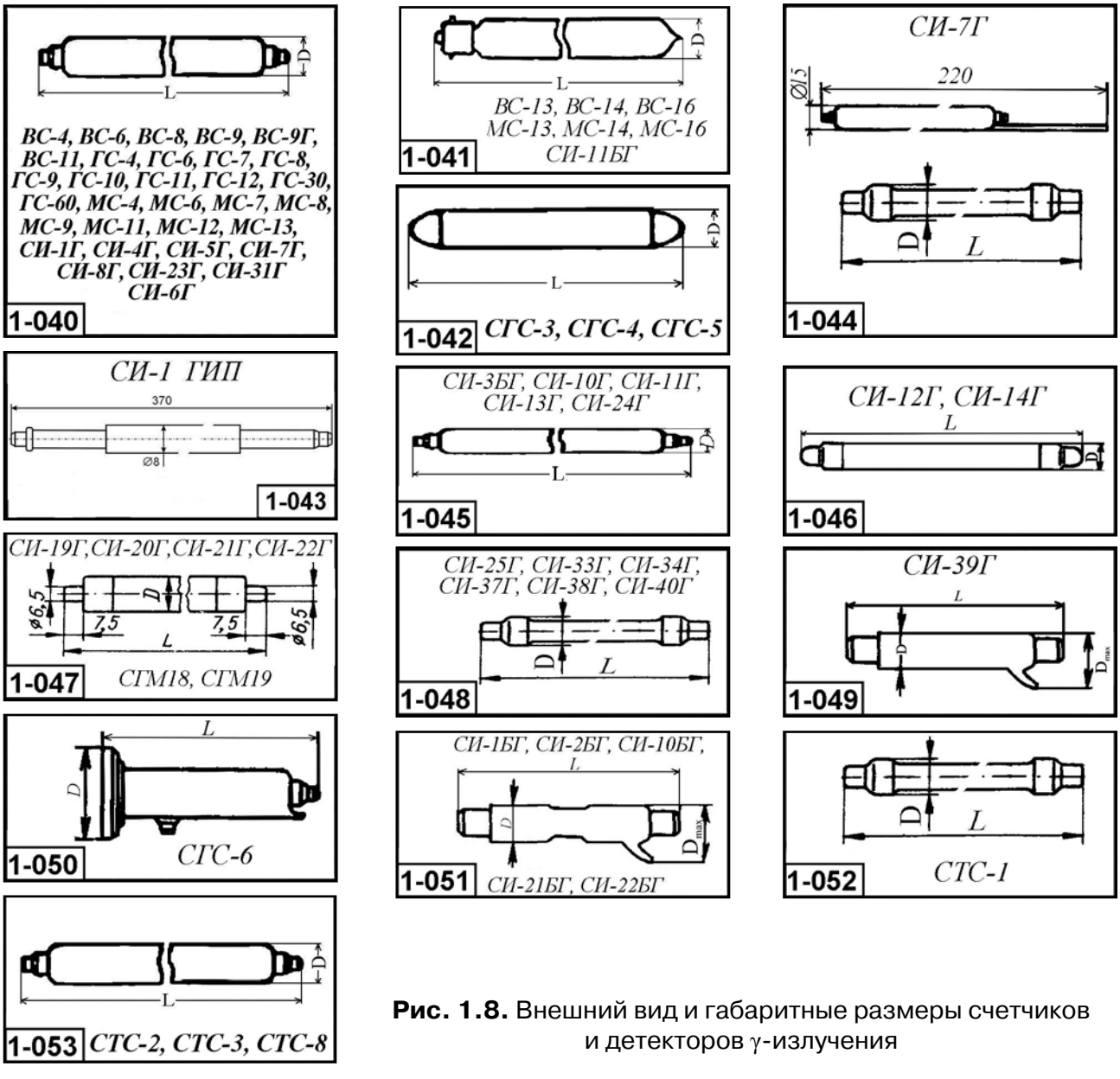


Рис. 1.8. Внешний вид и габаритные размеры счетчиков и детекторов γ-излучения

1.1.4. Детекторы нейтронов

1.1.4.1. Детекторы нейтронов СИ-10Н, СИ-13Н, СИ-19Н, СНМ-3, СНМ-5, СНМО-5, СНМ-8, СНМ-9, СНМ-10, СНМ-11, СНМ-12, СНМ-13, СНМ-14, СНМ-15, СНМ-16, СНМ-17

Основные параметры детекторов нейтронов приводятся в табл. 1.4.а. Внешний вид приборов дан на рис. 1.9.

Таблица 1.4а. Основные характеристики детекторов нейтронов при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета или (зажигания короны), В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряже-ние, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Эффективность к тепловым нейтронам, %	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СИ-10Н	Металлический. Пропорциональный. Регистрация медленных нейтронов	–	100	0,05–0,1	2850–2950	$N_ф = 5$	$1 \cdot 10^{10}$	–	–10...+120	∅18 × 270 [45]	1-055
СИ-13Н	Регистрация медленных нейтронов	(1600–1750)	800	0,02	2000–2800	$N_ф = 0,083$ имп/с	–	–	–20...+30	∅18 × 270 [45]	1-055
СИ-19Н		(1600–1750)	800	0,03	2000–2800	$N_ф = 0,1$ имп/с	–	–	–20...+30	∅33,3 × 218 [130]	1-057
СНМ-3	Металлический. Регистрация медленных нейтронов	–	100	0,05	1500	$\delta_н = 1$ $N_ф = 2$	–	–	–10...+30	∅18 × 128 [25–30]	1-055 и 1-056
СНМ-5	Металлический. Пропорциональный. Регистрация тепловых нейтронов	–	100	0,05	1300–1500	$N_ф = 2$	500 ч.	–	–20...+30	∅35 × 300 [130]	1-055
СНМО-5	Металлический. Пропорциональный. Регистрация медленных нейтронов	–	100	0,05	1700–2200	$N_ф = 2$	$1 \cdot 10^{10}$	–	–20...+30	∅35 × 300 [109,2]	1-055
СНМ-8	Металлический. Регистрация тепловых нейтронов и нейтронной компоненты космического излучения	–	150	0,05	1600–2000	$N_ф = 5$	500 ч.	–	+5...+30	∅35 × 1060 [345]	1-055 и 1-058
СНМ-9	Металлический. Коронный. Регистрация медленных нейтронов	(700)	300	0,05	1100–1500	$\delta_н = 1$ $N_ф = 1$ $N_ф = 0,45$ имп/с	500 ч.	–	0...+30 или 0...+50	∅18 × 133 [29]	1-056 и 1–059
СНМ-10	Металлический. Коронный. Регистрация тепловых нейтронов на гамма-фоне	(600–700)	1500	0,015	1500–3000	$\delta_н = 0,3$ $N_ф = 2$ $N_ф = 0,017$ имп/с	500 ч.	–	–50...+150	∅18 × 335 [50]	1-055

Таблица 1.4а. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета или (зажигания короны), В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряже-ние, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Эффективность к тепло-вым нейтронам, %	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СНМ-11	Металличес-кий. Коронный. Катод-стальной, покрыт слоем бора. Регистра-ция медленных нейтронов при сильном γ-фоне	(600–700)	1500	0,015	1500–3000	$\delta_{н=}$ 1,2 $N_ф$ = 1 $N_ф$ = 0,017 имп/с	500 ч.	15	–50...+150	∅18,5 × 336 [50]	1-055
СНМ-12	Стеклянный. Коронный. Катод-стальной, покрыт слоем бора. Регистра-ция медленных нейтронов на γ-фоне	(450)	200	0,05	500–700	$\delta_н$ = 0,8 $N_ф$ = 0,5 $N_ф$ = 0,008 имп/с	500 ч.	15	–50...+100	∅8,5×215 [16,2]	1-060
СНМ-13	Металлический. Коронный. Катод-стальной, покрыт слоем бора. Регистрация медленных нейтронов на γ-фоне	(450)	150	0,05	450–600	$\delta_н$ = 0,8 $N_ф$ = 0,05 при отсутствии γ-излуче-ния. При излучении 2000 Р/ч $N_ф$ = 2 $N_ф = 8 \cdot 10^{-5}$ имп/с	500 ч.	15	–50...+100	∅8,5 × 85 [11,5]	1-055
СНМ-14	Металличес-кий. Коронный. Катод-стальной, покрыт слоем бора. Регистра-ция медленных нейтронов на γ-фоне	(600–700)	100	0,05	450–600	$\delta_н$ = 0,5 $N_ф$ = 1 (при γ-фоне до 0,416 Р/ч) $N_ф$ = 0,017 имп/с	500 ч.	15	–50...+150	∅18,5 × 153 [24]	1-055
СНМ-15	Металлический. Пропорциональ-ный	–	300	0,03	1800–2300	$N_ф$ = 6	–	–	–30...+40	∅152 × 2132 [8500]	–
СНМ-16	Металлический. Коронный. Регистрация медленных нейтронов	(2000)	400	0,03	2000–2800	$\delta_н$ = 0,1 $N_ф$ = 5 (при γ-фо-не 50 Р/ч) $N_ф$ = 0,083 имп/с	500 ч.	80	–50...+150	∅18 × 128 [20] или ∅18,5× 158 [30]	1-061
СНМ-17		–2000	400	0,03	2000–2800	$\delta_н$ = 2,5 $N_ф$ = 5 $N_ф$ = 0,83 имп/с	1500 ч.	80	–50...+150	∅18 × 228 [20] или ∅18,5 × 251 [40]	1-055

1.1.4.2. Детекторы нейтронов СНМ-18, СНМ-18-1, СНМ-19, СНМ-20, СНМ-32, СНМ-33, СНМ-42, СНМ-50, СНМ-51, СНМ-52, СНМ-53, СНМ-55, СНМ-56, СНМ-57, СНМ-58, СНМ-59, СНМ-60, СНМ-61, СНМ-66, СНМ-66-2, СНМ-66–3, СНМ-67, СНМ-68, СНМ-72, СНМ-73, СНМ-76, СНМ-76-1, СНМ-77, СНМ-79, СНМ-80, СН-01, СН-03, СН-04

Основные параметры детекторов нейтронов приводятся в табл. 1.4б. Внешний вид приборов дан на рис. 1.9.

Таблица 1.4б. Основные характеристики детекторов нейтронов при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета или (зажигания короны), В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряже-ние, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Эффективность к тепловым нейтронам, %	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СНМ-18	Металлический. Пропорциональный. Регистрация медленных нейтронов	–	100	0,05	1275–1500	$N_ф = 3$ $N_ф = 0,05$ имп/с	1500 ч.	70	–50...+150	∅32 × 320 [180]	1-062
СНМ-18-1	Металлический. Коронный	(1450–1650)	1500	0,3	1700–3000	$N_ф = 0,83$ имп/с	–	70	–40...+150	∅32 × 320 [180]	1-062
СНМ-19	Металлический. Коронный	(1750)	–	–	2400	–	–	70	–50...+60	∅32 × 218	1-062
СНМ-20	Металлический. Пропорциональный	–	100	0,05	1700–2200	$N_ф = 3$	$1 \cdot 10^{10}$	–	–10...+100	∅18 × 270 [45]	1-055
СНМ-32	Металлический. Регистрация медленных нейтронов при сильном γ-фоне	(600–700)	1500	0,01	1500–3000	$\delta_н = 0,8$ $N_ф = 1$ $N_ф = 0,017$ имп/с	2000 ч.	15	–50...+150	∅18,5 × 323 [42]	1-063
СНМ-33	Металлический. Регистрация медленных нейтронов	–	–	–	3000	$N_ф = 12$	1500 ч.	–	–20...+50	∅32 × 524	1-055
СНМ-42	Металлический. Регистрация медленных нейтронов при γ-фоне	(600–700)	1500	0,01	1500–3000	$\delta_н = 0,8$ $N_ф = 1$ при γ-излучении 0,42 Р/ч $N_ф = 0,017$ имп/с	2000 ч.	15	–50...+150	∅18,5 × 153 [25]	1-063
СНМ-50	Металлический. Регистрация медленных нейтронов	–			1950	–	–	80	–25...+100	∅12 × 160	–
СНМ-51		–	1000	2,5	2800	$N_ф = 10$	–		–25...+100	∅32 × 148	–
СНМ-52		–			3000	–	–	90	–25...+100	∅32 × 295	–
СНМ-53		–			3300	–	–	80	–25...+100	∅32 × 550	–
СНМ-55		–	1000	3	2800	$N_ф = 5$	–	–	–25...+100	∅32 × 218	–
СНМ-56		–	500	5	2400	$N_ф = 5$	–	–	–25...+100	∅32 × 136 [140]	1-064

Таблица 1.4б. (продолжение)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета или (зажигания короны), В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряже-ние, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Эффективность к тепловым нейтронам, %	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СНМ-56	Термоустойчивый коронный, счетчики медленных нейтронов	(1340–1540)	800	0,02	1800	0,083	2000 ч.	70	–40…+200	∅32 × 140 [140]	1-064
СНМ-57	Спектрометрический счетчик нейтронов с регистрацией ядер отдачи	–	–	–	3200	–	–	80	–25…+100	∅32 × 1080	–
СНМ-58		–	–	–	2200	–	–	80	–25…+100	∅32 × 153	1-065
СНМ-59		–	–	–	1460–1840	–	–	80	–25…+100	∅32 × 153	1-062
СНМ-60		–	–	–	1800–2000	–	–	80	–25…+100	∅32 × 153	1-065
СНМ-61		–	–	–	1800–2000	–	–	80	–25…+100	∅32 × 153	1-065
СНМ-66	Металлический. Пропорциональный	–	–	–	1600	–	–	80	–25…+100	∅25,5 × 601,5	–
СНМ-66–2		–	–	–	1600	–	–	80	–25…+100	∅25,5 × 1016	–
СНМ-66–3		–	–	–	1600	–	–	80	–25…+100	∅25,5 × 1524	–
СНМ-67	Термоустойчивый коронный, счетчики медленных нейтронов	(1450)	800	0,03	1700	0,07	2000 ч.	70	–40…+250	∅32 × 276 или ∅32 × 297 [200]	1-064
СНМ-68	Металлический. Пропорциональный	–	–	–	1500–2000	–	–	70	–40…+250	∅26 × 239 [150]	–
СНМ-72	Металлический. Коронный	(1600)	–	–	1800	–	–	70	–40…+300	∅32 × 160	1-064
СНМ-73		(1600)	–	–	1800	–	–	70	–40…+300	∅32 × 340	1-064
СНМ-76	Металлический. Пропорциональный	–	–	–	1700	–	–	70	–40…+55	∅32 × 1045	1-064
СНМ-76-1	Металлический. Пропорциональный	–	–	–	1700	–	–	70	–40…+55	∅32 × 1545	1-064
СНМ-77	Металлический. Коронный	(1340 – 1450)	600	0,02	1800	–	–	–	–40…+55	∅50 × 238	1-066
СНМ-79		(1450)	600	0,02	1800	–	–	70	–40…+300	∅50 × 113	1-066
СНМ-80		(1450)	600	0,02	1800	–	–	70	–40…+300	∅50 × 323	1-066

Таблица 1.4б. (окончание)

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета или (зажигания короны), В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряже-ние, В	Дозиметрические характеристики	Срок службы, импульсов, не менее	Эффективность к тепловым нейтронам, %	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СН-01	Регистрация слабых (до 10^{-2} нейтронов/см^2/с) и средних (до 10^3 нейтронов/см^2/с) потоков тепловых нейтронов	(2000)	–	–	400	0,01 имп/с	–	50	–50...+50	∅30 × 900 [600]	1-067
СН-03		–	200	1	1200	0,01 имп/с	–	70	–50...+50	∅18 × 100 [200]	1-067
СН-04		–	200	1	400–1200	0,001 имп/с	–	60	–50...+50	∅30 × 970 [500]	1-067

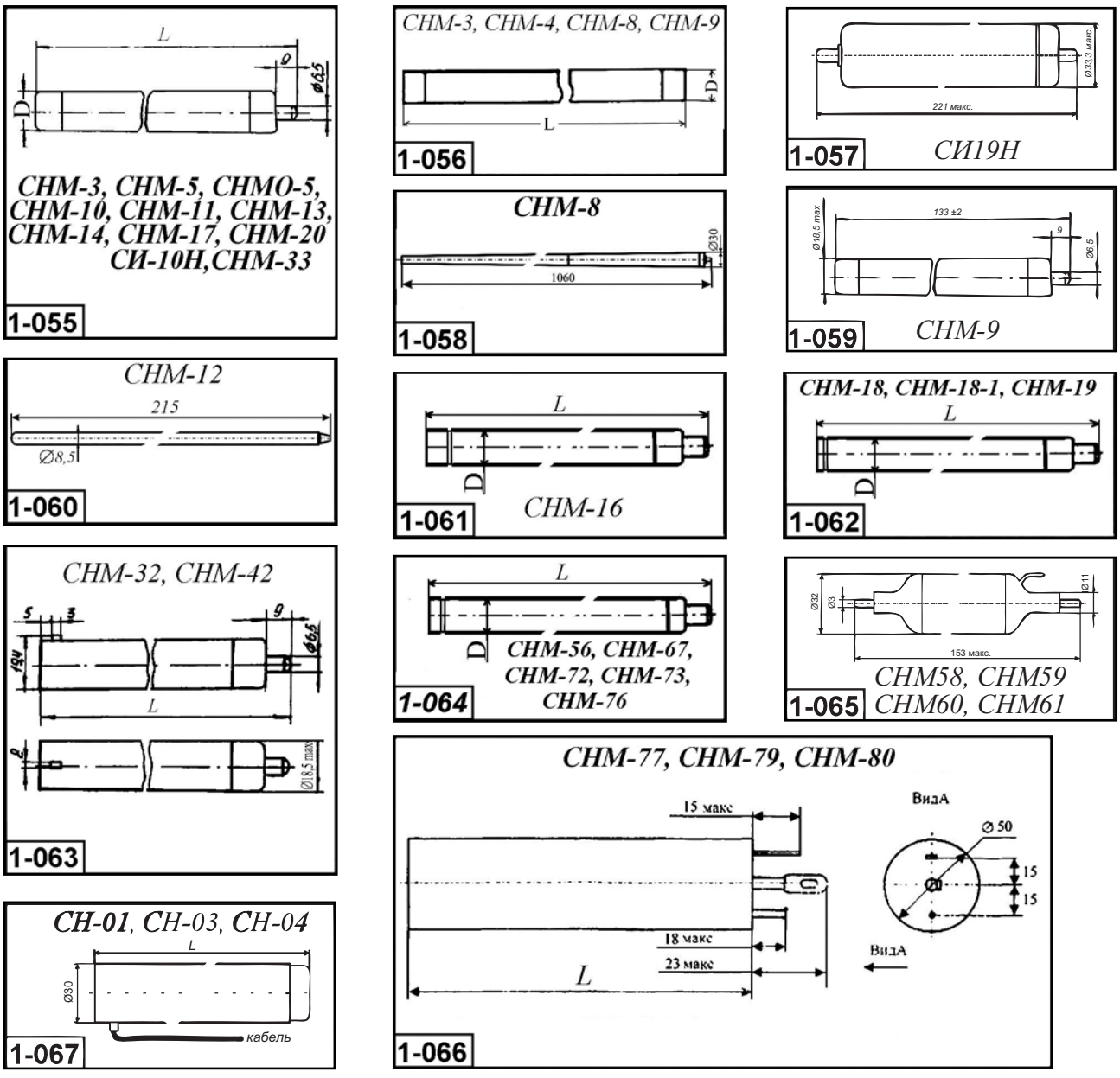


Рис. 1.9. Внешний вид и габаритные размеры детекторов нейтронов

1.1.5. Газоразрядные счетчики фотонов

1.1.5.1. Газоразрядные счетчики фотонов СИ1Ф, СИ4Ф, СФК-1

Основные параметры счетчиков фотонов приводятся в табл. 1.5. Внешний вид приборов дан на рис. 1.10.

Таблица 1.5. Основные характеристики счетчиков фотонов при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Особенности конструкции, катод, назначение	Напряжение начала счета, В	Протяженность плато счетной характеристики, В, не менее	Наклон плато счетной характеристики, %/В	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Темновой фон, имп/мин, не менее	Чувствительность счетчика, имп/мин, не менее	Срок службы, импульсов	Габаритные размеры, мм	№ рис.
СИ1Ф	Стеклянный, цилиндрический. Катод из медно-бериллиевой бронзы. Счетчик фотонов	1000	150	0,2	1150	150	15000	$1 \cdot 10^7$	∅27 × 220	1-052а
СИ4Ф		700 – 850	150	0,2	975	100	15000	$5 \cdot 10^7$	∅34 × 106	1-052а
СФК-1	Счетчик фотонов для регистрации ультрафиолетового излучения открытого пламени	700 – 950	200	0,05	1200	–	–	$5 \cdot 10^7$	∅32 × 180	–

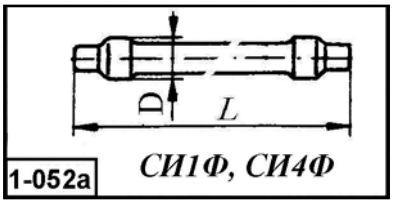


Рис. 1.10. Внешний вид и габаритные размеры счетчиков фотонов

1.1.6. Детекторы рентгеновского излучения

1.1.6.1. Детекторы рентгеновского излучения МСТР-3, МСТР-4, МСТР-5, СИ2Р, СИ3Р, СИ4Р, СИ5Р, СИ2П, СИ6Р, СРМ-1, СРТ-4, СРТ-5, СИ9Р, СИ10Р, СИ-11Р, СИ-12Р, СИ-13Р, СРМ19, СРМ20

Основные параметры детекторов рентгеновского излучения приводятся в табл. 1.6. Внешний вид приборов дан на рис. 1.11.

Таблица 1.6. Основные характеристики детекторов рентгеновского излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Конструкция, назначение	Диапазон регистрации, кэВ	Рекомендуемое рабочее напря- жение, В	Дозиметрические характерис-тики	Относительная полуширина амплитудного распределения пр Е = 5,9 кэВ, %, не более	Максимальная рабочая скорость счета, $с^{-1}$, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
МСТР-3	Стеклянный. Торцевой. Катод-медная пленка. Регистрация РИ	1,5–5,5Е	1500	$N_{мах} = 3 \cdot 10^4$	–	–	–5...+40	[20]	1-071
МСТР-4	Стеклянный. Торцевой. Катод-медный. Регистрация РИ	0,3–3Е	1500	$N_{мах} = 3 \cdot 10^4$ $N_ф = 65$	–	–	–5...+35	∅40 × 180 [50]	1-071
МСТР-5	Стеклянный. Торцевой. Катод-медная пленка. Регистрация РИ	0,5–2Е	1500	$N_{мах} = 3 \cdot 10^4$	–	–	–20...+50	[70]	1-071
СИ2Р	Стеклянный. Торцевой с бериллиевым окном. Катод-медь. Регистрация РИ	0,5–2Е	1450	$N_{мах} = 3 \cdot 10^4$ $N_ф = 90$	–	–	–20...+50	∅50 × 260 [70]	1-071
СИ3Р	Стеклянный. Торцевой с бериллиевым окном. Регистрация РИ	1,2–3Е	1650	$N_{мах} = 1 \cdot 10^5$ $N_ф = 100$	–	–	–45...+55	∅26 × 125 [40]	1-070
СИ4Р	Стеклянный. Торцевой с бериллиевым окном. Регистрация РИ	1,2–2,5Е	1650	$N_{мах} = 1 \cdot 10^5$ $N_ф = 100$	–	–	–20...+50	∅26 × 155 [50]	1-070
СИ5Р	Стеклянный. Торцевой. Регистрация РИ	0,6–2,5Е	1000–1500	$t\varepsilon = 15$ (0,7Е) $\varepsilon = 50$ (1,8Е)	–	–	–20...+50	∅26 × 120 [70]	1-070
СИ2П	Металлический. Катод-алюминиевая трубка. Регистрация РИ	0,85–2,5Е	1250–1350	$N_{мах} = 6 \cdot 10^4$	–	–	0...+55	–	–
СИ6Р	Стеклянный. Торцевой. Регистрация рентгеновского излучения в устройствах широкого применения	0–30	2000	–	–	–	–20...+50	∅37 × 182 [95]	–
СРМ-1	Регистрация РИ	5–60	1400–2000	$\varepsilon = 40$ (6,4 кэВ)	–	–	0...+55	∅64 × 270	1-072
СРТ-4	Стеклянный. Торцевой. Катод-стальной. Регистрация РИ	8–20Е	800	$\varepsilon = 10$ (10Е)	–	–	–50...+50	∅15 × 85 [16]	1-070

Таблица 1.6. (окончание)

Тип счетчика	Конструкция, назначение	Диапазон регистрации, кэВ	Рекомендуемое рабочее напря- жение, В	Дозиметрические характерис-тики	Относительная полуширина амплитудного распределения пр E = 5,9 кэВ, %, не более	Максимальная рабочая скорость счета, $с^{-1}$, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
СРТ-5	Металлический. Катод- алюминиевый. Регистрация РИ	15–20	3400–4000	–	–	–	–50...+50	∅60 × 257 [240]	1-073
СИ9Р	Стеклянный. Торцевой. Регистрация РИ	–	2000–2500	–	21	$5 \cdot 10^3$	–40...+50	∅55 × 242 [370]	–
СИ10Р	Стеклянный. Торцевой. Регистрация РИ	–	1700–2200	–	21	$5 \cdot 10^3$	–40...+50	∅55 × 242 [370]	–
СИ-11Р	Регистрация рентгеновского излучения в медицине, геофизике, ядерной физике	2–40	1700–2200	ΔE = 18; $E_{эф}$ = 90	–	$1 \cdot 10^5$	–20...+50	∅35 × 160	–
СИ-12Р		2–40	1700–2200	ΔE = 29; $E_{эф}$ = 75	–	$1 \cdot 10^5$	–20...+50	Δ23 × 95	–
СИ-13Р		2–40	1700–2200	ΔE = 18; $E_{эф}$ = 90	–	$1 \cdot 10^5$	–20...+50	∅35 × 160	–
СРМ19		–	1700–2100	–	22	$5 \cdot 10^3$	–20...+50	20 × 20 × 98 [53]	1-074
СРМ20		–	1700–2100	–	22	$5 \cdot 10^3$	–20...+50	26 × 26 × 18 [43]	1-075

Примечание: ΔE – энергетическое разрешение на линии MnKa, %; $E_{эф}$ – эффективность регистрации на линии MnKa, %.

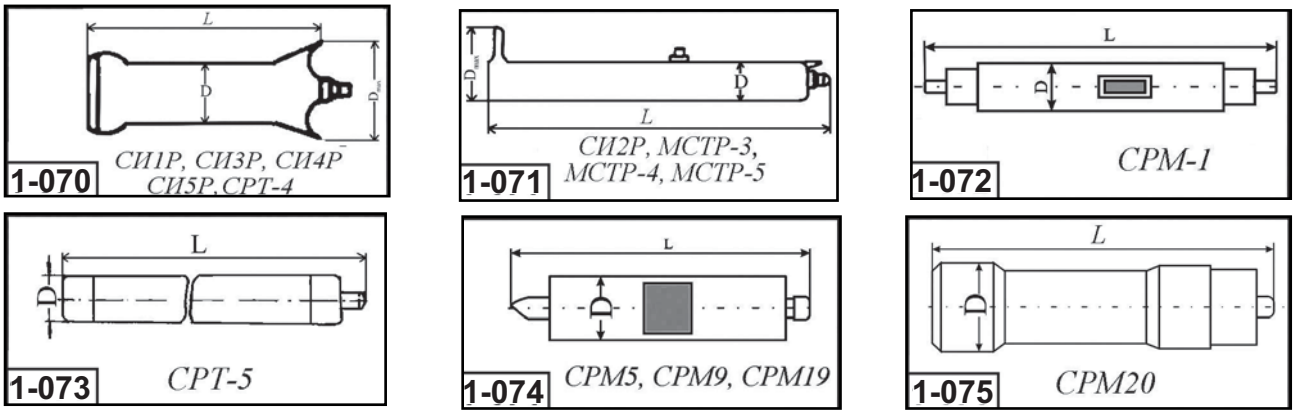


Рис. 1.11. Внешний вид и габаритные размеры рентгеновского излучения

1.1.6.2. Детекторы рентгеновского излучения АГ-1, АГ-2, АГ-3, АГ-4, АГ-5, АГ-6

Основные параметры детекторов рентгеновского излучения приводятся в табл. 1.6А. Внешний вид и энергетические характеристики детекторов даны на рис. 1.12.

Таблица 1.6А. Основные характеристики детекторов рентгеновского излучения при температуре 20±5 °С

Тип счетчика	Конструкция, назначение	Диапазон регистрации, кэВ	Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Дозиметри-ческие характеристики.	Относительная полуширина амплитудного распределения пр Е = 5,9 кэВ, %, не более	Максимальная рабочая скорость счета, $с^{-1}$, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г]	№ рис.
АГ-1	Для использования в аппаратуре рентгеновского анализа, для определения структуры и элементного состава материалов – рентгеновских дифрактометрах и спектрометров, специализированных датчиков состава вещества	3–20	1300–1700	$N_ф$ = 60	16	–	0...+55	∅35 × 160 [150]	1-076
АГ-2		1,2–15	700–900	$N_ф$ = 60	16	–	0...+55	∅10 × 75 [20]	1-077
АГ-3		3–20	1300–1650	$N_ф$ = 60	16–18	–	0...+55	22 × 22 × 88 [135]	1-078
АГ-4		1–20	1300–1600	$N_ф$ = 60	16–18	–	0...+55	22 × 42 × 81 [150]	1-079
АГ-5		1,5–15	650–900	$N_ф$ = 60	16–18	–	0...+55	22 × 22 × 82 [30]	1-080
АГ-6		3–20	1400–1700	$N_ф$ = 60	17–19	–	0...+55	53 × 69 × 441 [150]	1-081

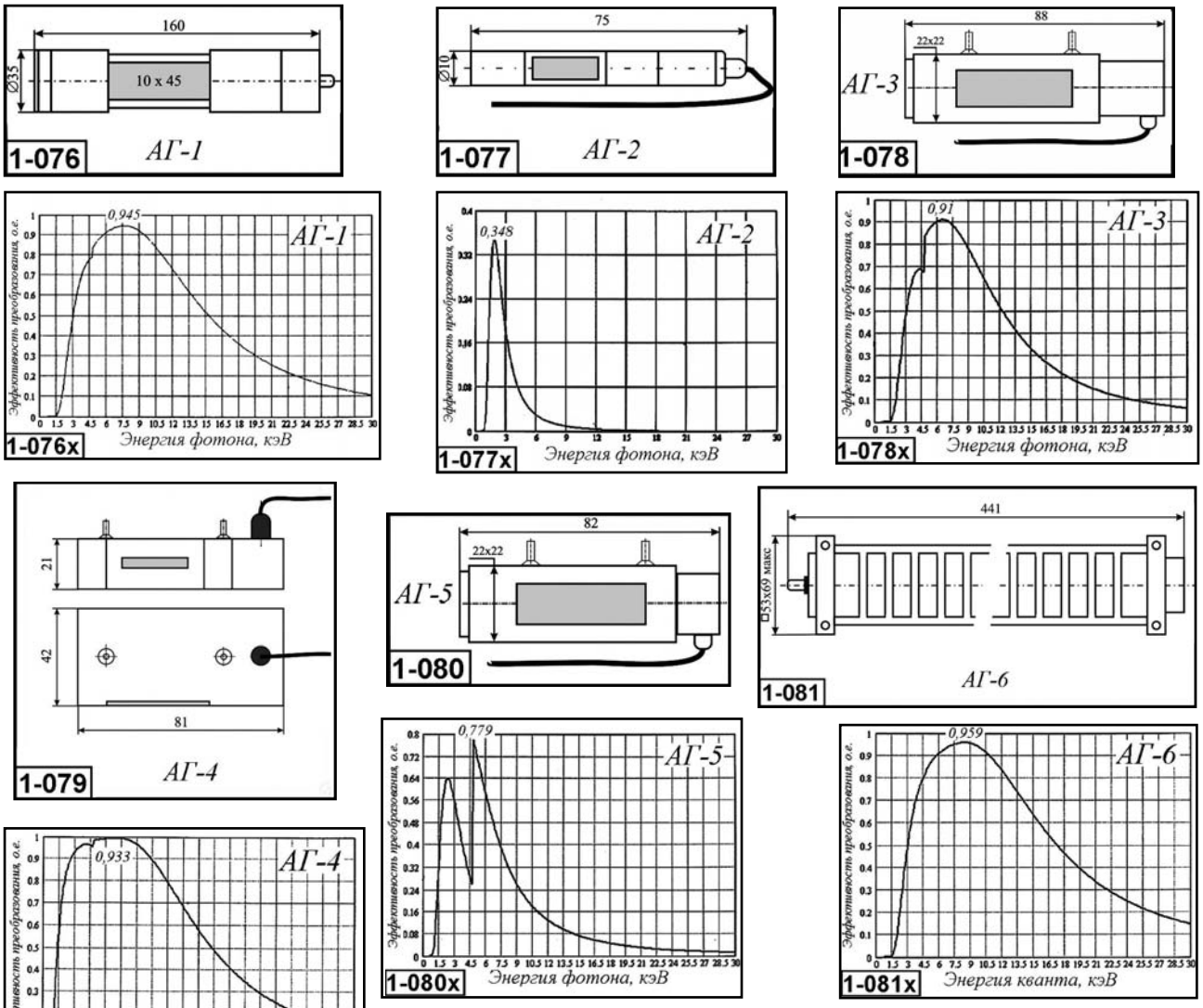


Рис. 1.12. Внешний вид, габаритные размеры и энергетические характеристики детекторов рентгеновского излучения

1.1.7. Ионизационные камеры

1.1.7.1. Ионизационные камеры КНК3, КНК4, КНК15, КНК15-1, КНК53М, КНК56, КНК56М, КНК57М

Основные параметры ионизационных камер приводятся в табл. 1.7.

Таблица 1.7. Основные параметры ионизационных камер при температуре 20±5 °С

Тип камеры	Конструкция, назначение	Абсолютная чувствительность				Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Собственный фон (ЛВС), А	Сопротивление изоляции, Ом	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г]
		к γ-излучению		к нейтронам						
		$А \cdot Р^{-1} \cdot ч$, не более	кг, не более	токовая	импульсная					
				$А \cdot см^2 \cdot с \cdot нейтр$, не менее	$см^2 \cdot нейтр^{-1}$, не менее					
КНК3	Корпус стальной. Измерение потока нейтронов с компенсацией сопутствующего γ-излучения в системах управления и защиты ядерных реакторов	$1{,}3 \cdot 10^{-12}$	$1{,}8 \cdot 10^{-5}$	$(3{,}14–3{,}46) \cdot 10^{-15}$	–	+250; –(225–275)	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{11}$	н. д.	∅51 × 164 [500]
НК4		$9 \cdot 10^{-14}$	$1{,}2 \cdot 10^{-6}$	$(0{,}95–1{,}05) \cdot 10^{-13}$	–	+500; –(100–500)	$1{,}5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{12}$	н. д.	∅50 × 455 [1700]
КНК15	Измерения плотности потока нейтронов в ядерных реакторах	$1 \cdot 10^{11}$	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$	$(1{,}57–2{,}62) \cdot 10^{-13}$	0,76–1,38	±400	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{10}$	н. д.	∅51 × 260 [780]
КНК15-1		$2 \cdot 10^{-10}$	$2{,}8 \cdot 10^{-3}$	$(2{,}47–2{,}73) \cdot 10^{-13}$	–	±350	$5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{11}$	н. д.	∅51 × 260 [850]
КНК53М	То же, что КНК3	$1{,}3 \cdot 10^{-12}$	$1{,}8 \cdot 10^{-5}$	$1{,}61 \cdot 10^{-14}$	–	±500	$1 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{11}$	н. д.	∅50 × 512 [1900]
КНК56		$1 \cdot 10^{11}$	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-13}$	–	+500; –(200–500)	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{11}$	н. д.	∅50 × 655 [1600]
КНК56М		$5 \cdot 10^{11}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-13}$	–	+500; –(200–500)	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{11}$	н. д.	∅50 × 655 [1600]
КНК57М		$1{,}3 \cdot 10^{-12}$	$1{,}8 \cdot 10^{-5}$	$0{,}31 \cdot 10^{-14}$	–	±500	$1 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{11}$	н. д.	∅50 × 31 [600]

1.1.7.2. Ионизационные камеры КНТ-7, КНТ-8, КНТ-9, КНТ-10, КНТ-31, КНТ31-1, КНТ-54, КНТ-54-1

Диапазон рабочих температур ионизационных камер от 0 до +300 °С. Основные параметры ионизационных камер приводятся в табл. 1.7А. Внешний вид и габаритные размеры камер даны на рис. 1.13.

Таблица 1.7А. Основные параметры ионизационных камер при температуре 20±5 °С

Тип камеры	Конструкция, катод, назначение	Абсолютная чувствительность				Рекомендуемое рабочее напряжение, В	Собственный фон (ЛВС), А	Сопротивление изоляции, Ом	Габаритные размеры, мм [масса, г]	№ рис.
		к γ-излучению		к нейтронам						
				токовая	импульсная					
		$А \cdot Р^{-1} \cdot ч$, не более	кг, не более	$А \cdot см^2 \cdot с \cdot нейтр$, не менее	$см^2 \cdot нейтр^{-1}$, не менее					
КНТ-7	Регистрация нейтронов с энергией выше 0,4 МэВ на фоне γ-излучения	–	–	–	$4 \cdot 10^{-6}$	400–800	–	$1 \cdot 10^{10}$	∅7,5×71 [10]	1-090
КНТ-8	Регистрация нейтронов с энергией выше 1,2 МэВ на фоне γ-излучения	–	–	–	$2 \cdot 10^{-6}$	500	–	$1 \cdot 10^{10}$	∅7,5×71 [10]	1-090
КНТ-9	Регистрация нейтронов на фоне γ-излучения	–	–	–	$5 \cdot 10^{-4}$	400–800	–	$1 \cdot 10^{10}$	∅7,5×71 [10]	1-090
КНТ-10		–	–	–	$5 \cdot 10^{-4}$	500	–	$1 \cdot 10^{10}$	∅7,5×71 [10]	1-090
КНТ-31	Стальной цилиндрический корпус. Регистрация медленных нейтронов на фоне интенсивного γ-излучения	–	–	–	0,25	400–800	–	$1 \cdot 10^{9}$	∅32×239 [390]	1-091
КНТ31-1		$3 \cdot 10^{-11}$	$4{,}2 \cdot 10^{-4}$	$(1{,}15–1{,}25) \cdot 10^{-13}$	0,3	250	$4 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{10}$	∅32×239 [390]	1-091
КНТ-54	Стальной корпус. Высокотемпературная ионизационная камера для измерения плотности потоков нейтронов в ядерных ректорах	–	–	–	0,5	500	–	$1 \cdot 10^{9}$	∅50×242 [650]	1-092
КНТ-54-1		$5 \cdot 10^{-11}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-13}$	0,5	250	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{10}$	∅50×191 [550]	1-092

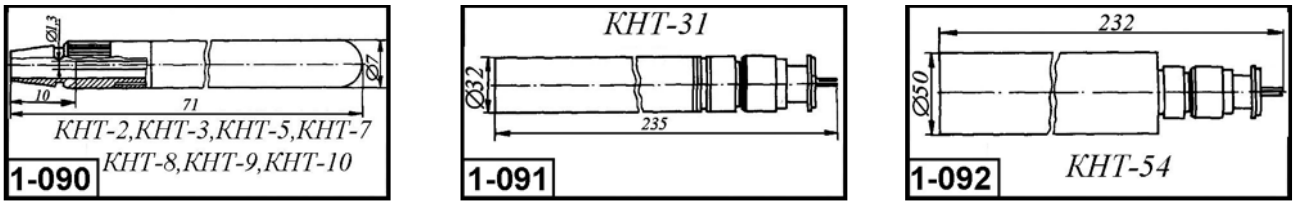


Рис. 1.13. Внешний вид и габаритные размеры ионизационных камер

1.1.8. Блоки детектирования на основе газоразрядных счетчиков

В реальной практике широкое распространение получили так называемые блоки детектирования на основе газоразрядных счетчиков, в которые, кроме детектора излучения, могут входить предварительные зарядочувствительные усилители сигналов, сцинтилляторы, вторичные источники питания и другие элементы.

Более сложные блоки детектирования, кроме указанных узлов, могут содержать схемы обработки и преобразования сигналов (например, АЦП), микроконтроллеры и устройства сопряжения, преобразующие сигнал в цифровой код (например, RS-232 или RS-485). Подобные устройства называют интеллектуальными детекторными блоками. Как правило, все эти элементы размещаются в общем защитном корпусе.

Отечественная промышленность выпускает широкую номенклатуру блоков детектирования различной конструкции и разнообразного назначения. Ниже приводятся характеристики некоторых моделей устройств данного вида.

1.1.8.1. Блоки детектирования γ-излучения БДМГ-04-00, БДМГ-04-01, БДМГ-04-02, БДМГ-04-03 и БДМГ-04-04

Блоки детектирования БДМГ-04-00, БДМГ-04-01, БДМГ-04-02, БДМГ-04-03 и БДМГ-04-04 предназначены для регистрация и преобразования энергии гамма-излучения в соответствующие по амплитуде электрические сигналы для их последующей обработки. В качестве чувствительного элемента используются счетчики Гейгера.

Блоки детектирования БДМГ-04-00, БДМГ-04-01, БДМГ-04-02, БДМГ-04-03 и БДМГ-04-04 предназначены для измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения. Блок детектирования БДМГ-04-02Б предназначен для измерения мощности поглощенной дозы гамма-излучения в воздухе.

БДМГ-04-00 содержит два измерительных канала: № 1 (со счетчиком высокой чувствительности) и № 2 (со счетчиком низкой чувствительности). БДМГ-04-01 содержит два измерительных канала: № 1 (со счетчиком средней чувствительности) и № 2 (со счетчиком низкой чувствительности). БДМГ-04-02 содержит один канал (со счетчиком высокой чувствительности). БДМГ-04-03 содержит один канал (со счетчиком низкой чувствительности). БДМГ-04-04 содержит один канал (со счетчиком средней чувствительности). БДМГ-04-02Б содержит один канал (со счетчиком высокой чувствительности), измеряет МПД гамма-излучения.

Основные параметры блоков детектирования гамма-излучения серии БДМГ-04 приведены в табл. 1.8. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 1.14.

Таблица 1.8. Основные параметры блоков детектирования γ-излучения серии БДМГ-04 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	БДМГ-04-00	БДМГ-04-01	БДМГ-04-02	БДМГ-04-03	БДМГ-04-04	БДМГ-АТ2343
Детектор	Счетчик Гейгера	счетчики Гейгера–Мюллера (6 шт.)				
Диапазон измерения мощности эквивалентной дозы, мкЗв/час	0,04 мкЗв/ч – 10 Зв/ч	1 мкЗв/ч – 10 Зв/ч	0,05 мкЗв/ч – 2 мЗв/ч	0,1 мЗв/ч – 10 Зв/ч	1 мкЗв/ч – 50 мЗв/ч	$2{,}5\cdot10^{-8}$–10, Гр/ч
Чувствительность, имп/чГр	–	–	–	–	–	9000
Энергетическая зависимость чувствительности блока детектирования относительно энергии 662 кэВ γ-излучения радионуклида ^{137}Cs в диапазоне энергий от 0,05 до 1,25 МэВ в пределах, %	±25	±25	±25	±25	±25	не более +30
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	–	–	–	–	–	50–1500 кэВ
Диапазон измерения мощности поглощенной дозы γ-излучения в воздухе, Гр/ч	–	–	–	–	–	$2{,}5\cdot10^{-8}$–10
Нестабильность показаний за время непрерывной работы 24 ч, %, не более	±5	±5	±5	±5	±5	±5
Рабочий диапазон температур, °С	–40…+70	–30…+50				
Напряжение питания, В	8–42	от 8 до 25				
Потребляемая мощность, Вт, не более	2,0	1,0				
Масса, кг	800	800	800	500	500	2700
Габаритные размеры, мм	∅50 × 420	∅50 × 320	∅50 × 360	∅50 × 200	∅50 × 230	∅127 × 503
№ рисунка	1-100	1-100	1-100	1-100	1-100	1-101

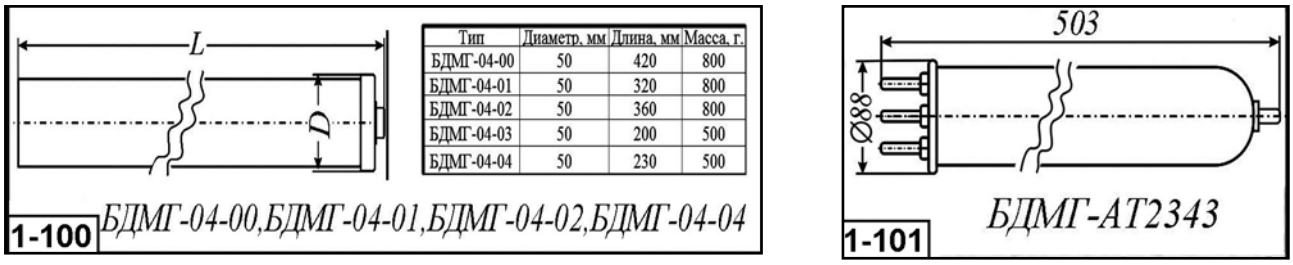


Рис. 1.14. Внешний вид и габаритные размеры блоков детектирования γ-излучения серии БДМГ-04

1.1.8.2. Блоки детектирования γ-излучения БДМГ-101, БДМГ-101М

Блоки детектирования БДМГ-101, БДМГ-101М предназначены для измерения мощности дозы гамма-излучения.

Каждый блок состоит из модуля ионизационной камеры и модуля электрометра, соединенных специальным электрометрическим кабелем.

Основные параметры детектирования БДМГ-101, БДМГ-101М приведены в табл. 1.9. Внешний вид и габаритные размеры блоков детектирования приведены на рис. 1.15.

Таблица 1.9. Основные параметры блоков детектирования БДМГ-101, БДМГ-101М при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	БДМГ-101	БДМГ-101М
Тип детектора	ионизационная камера	
Диапазон измерения мощности эквивалентной дозы мкЗв/час	10^{-4}–200 Зв/ч	10^{-3}–1000 Зв/ч
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	0,05–3,0	0,05–3,0
Чувствительность, мЗв/нКл, не менее	0,3	1,7
Энергетическая зависимость, %, не более	±25	±25
Нестабильность показаний за время непрерывной работы 8 ч, %, не более	±10	±10
Напряжение питания, В	12	12
Ток потребления, мА, не более	100	100
Диапазон рабочих температур, °С	–30...+120	–30...+60
Габаритные размеры, мм	∅85 × 190	∅45 × 137
Масса (без кабеля), г, не более	1000	300
№ рисунка	1-102	1-103

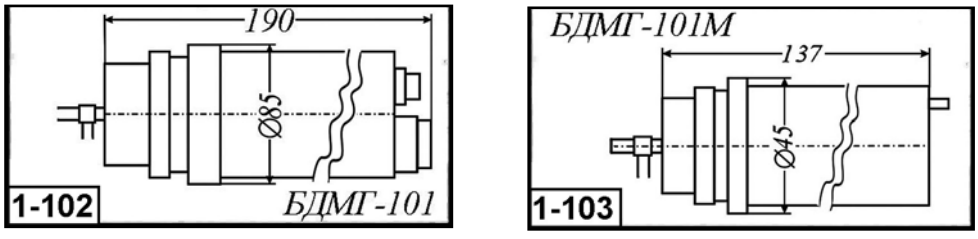


Рис. 1.15. Внешний вид и габаритные размеры блоков детектирования БДМГ-101, БДМГ-101М

1.1.8.3. Интеллектуальные блоки детектирования нейтронного излучения БДКН-04, БДКН-96, БДМН-96

Интеллектуальные блоки детектирования нейтронного излучения БДКН-04, БДКН-96 и БДМН-96 предназначены для проведения контроля радиационной обстановки на территории радиационно-опасных помещений и объектов, а также для проведения радиационного мониторинга окружающей среды. В качестве чувствительного элемента в блоках используется счетчик медленных нейтронов с гелиевым наполнением и полиэтиленовым замедлителем толщиной до 10 см.

Основные параметры блоков детектирования приведены в табл. 1.10. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 1.16 и 1.17.

Таблица 1.10. Основные параметры блоков детектирования БДКН-04, БДКН-96 и БДМН-96 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	БДКН-04	БДКН-96	БДМН-96
Диапазон измерения мощности амбиентной эквивалентной дозы нейтронного излучения, мЗв/ч	0,1–10	от 0,1 мкЗв/ч до 0,1 Зв/ч.	От 0,1 мкЗв/ч до 0,1 Зв/ч.
Диапазон измерения амбиентной эквивалентной дозы нейтронного излучения	0,1 мкЗв – 10 Зв	0,1 мкЗв – 10 Зв	0,1 мкЗв – 1 Зв
Диапазон измерения плотности потока нейтронов, нейтр/(мин·см^2)	0,1–10^4	–	–
Диапазон измерения флюенса нейтронов, см^2	(1–3)·10^6	–	–
Диапазон измерения скорости счета импульсов, с$^{-1}$	0,01–1,5·10^5	–	–
Диапазон энергии регистрируемого нейтронного излучения	0,025 эВ – 14 МэВ	0,025 эВ – 14 МэВ	0,025 эВ – 14 МэВ
Диапазон измерения плотности потока нейтронов, нейрон/(с·см^2)	–	0,1–10^4	0,1–10^4
Основная погрешность измерения,% не более	±20	±30	–
Чувствительность к нейтронному излучению от Pu-Be источников, имп·с$^{-1}$/мкЗв·ч$^{-1}$	1,5	–	–
Энергетическая зависимость блока в диапазоне энергий нейтронов типовых нейтронных спектров (по отношению к Pu-б-Be источнику), %, не более	–	±40	±40
Рабочий диапазон температур, °С	от –30 до +50	от –50 до +40	от –50 до +40
Напряжение питания, В		7	7
Габаритные размеры, мм	315 × 235 × 264	∅100 × 300	∅54 × 200
Масса, г	8000	2000	350
№ рисунка	1-105	1-104	1-104

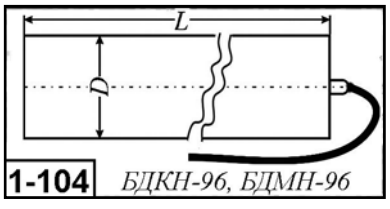


Рис. 1.16. Внешний вид и габаритные размеры блоков детектирования БДКН-96 и БДМН-96

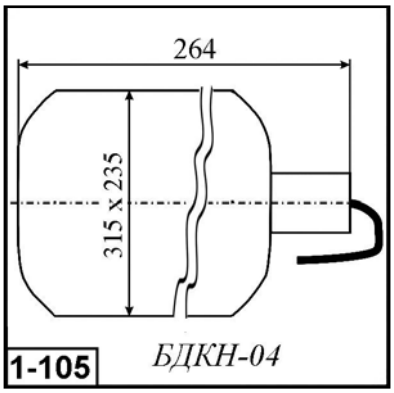


Рис. 1.17. Внешний вид и габаритные размеры блока детектирования БДКН-04

1.2. СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ И СЧЕТЧИКИ

1.2.1. Сцинтилляционные детекторы

Сцинтилляционный детектор, часто именуемый сцинтиллятор, выполнен из материала, который светится (сцинтиллирует) при воздействии на него ионизирующего излучения. Сцинтиллятор может быть изготовлен из органических (кристаллы и пластики) или неорганических (кристаллы и стекла) материалов.

Излучение сцинтиллятора представляет собой непрерывный спектр с явно выраженным максимумом. В зависимости от материала спектр излучения сцинтилляторов лежит в диапазоне от 220 до 1000 нм. Для большей части сцинтилляторов спектр испускания лежит в сине-зеленой области.

Сцилинцирующее излучение обычно регистрируется фотоприемником. В качестве которых используются как вакуумные фотоэлектронные приборы (фотоэлементы и фотоумножители), так и полупроводниковые приборы – обычно *pin*-фотодиоды.

Основные параметры некоторых материалов, используемых для изготовления сцинтилляторов, приведены в табл. 1.11.

Таблица 1.11. Основные параметры некоторых материалов, используемых для изготовления сцинтилляторов

Материал	Конверсионная эффективность, Z	Плотность, г/см^3	Время высвечивания, мкс	Длина волны в максимуме испускания, нм	Гигроскопичность	Относительная сцинтилляционная эффективность, %
NaI(Tl)	11(50–53)	3,67	0,23–0,25	410	+	100
Cs(Na)	53(55)	4,51	0,63	420	+	85
Cs(Ti)	53(54–55)	4,51	1	565	–	45–50
LiI(Eu)	3(53)	4,06	1,4	460	+	20–30
CaF_2(Eu)	9(20)	3,18	0,94	435	–	150
BaF_2	54	4,88	0,62/0,008	220	–	16/5
$Bi_4Ge_3O_{12}$(BGO)	74	7,13	0,35 – 0,36	480	–	10/15
$CdWO_4$(CWO)	8,48,74	7,9	1–20	490–530	–	20
$ZnWO_4$	8,30,74	7,33	~10	–	–	28
$CaWO_4$	8,20,74	6,06	~6	430	–	80
ZnS(Ag)	6	4,09	10	410–460		
Полистирол ПС-Н	1,6–2	1,05	0,0028	420	–	10–42
Полистирол СЦ	1,6–2	1,05	0,0018–0,005	380–490	–	44–66
Антрацен $C_{14}H_{10}$	1,5–4	1,18–1,25	0,032–0,04	390–445	–	
Стильбен $C_{14}H_{12}$	2–4	1,16	0,006–0,0064	410	–	
Нафталин $C_{10}H_8$	0,4	1,15	0,06–0,08	345	–	

Сцинтилляторы в зависимости от характеристик исходного материала и назначения могут изготавливаться различной формы и размеров. Размеры сцинтилляторов общего назначения цилиндрической формы в детекторах общего назначения имеют диаметр от 3 до 200 мм, высота – от 1 до 200 мм.

Обычно сцинтиллятор упаковывают в герметический металлический контейнер, закрываемый с одного конца плоским стеклом.

Особое внммание обращается на упаковку гигроскопичных сцинтилляторов. Так, например, наиболее часто используемый фосфор NaJ (Tl) очень гигроскопичен и при проникновении в него влаги желтеет и теряет свои сцинтилляционные свойства. Между контейнером и сцинтиллятором размещается слой материала, отражающего свет и способствующего наиболее полному его выходу. Наибольшей отражательной способностью обладают окись магния (0,96), двуокись титана (0,95), гипс (0,85–0,90), используется также алюминий (0,55–0,85).

Пластмассовые сцинтилляторы нет необходимости упаковывать в герметические контейнеры, но для увеличения светосбора испльзуют отражатели.

В месте сочленения сцинтиллятора с фотоприемником могут быть значительные потери интенсивности света сцинтилляции. Для избежания этих потерь между сцинтиллятором и приемником вводятся специальные материалы, например канадский бальзам, минеральные или силиконовые масла.

Варианты конструкций некоторых сцинтилляторов приведены на рис. 1.18.

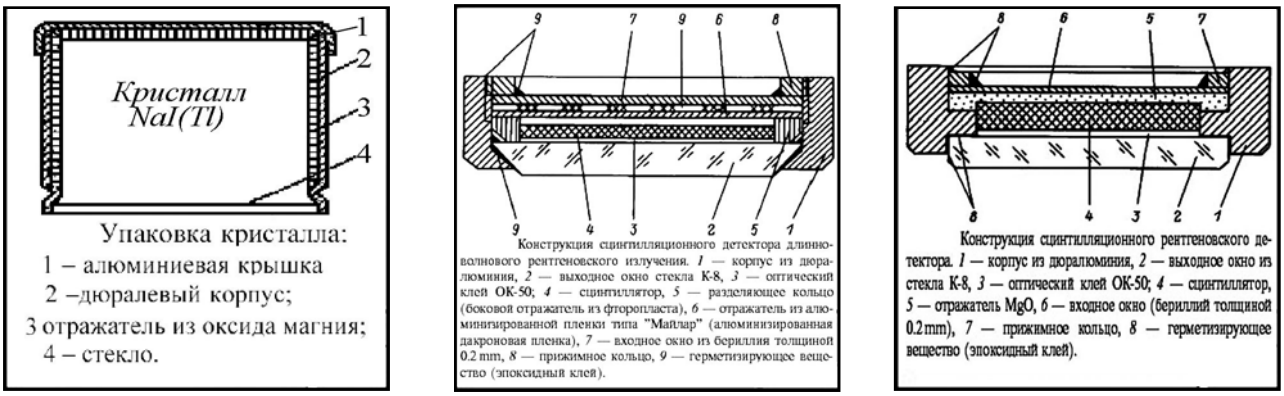


Рис. 1.18. Варианты конструкций некоторых сцинтилляторов

Сцинтилляционные детекторы и счетчики нашли широкое применение в составе аппаратуры контроля в атомной энергетике, производстве радиоактивных материалов, в системах экологического контроля и системах контроля за хранением и перемещением ядерных материалов, в металлургической, химической промышленности и в других областях науки и техники, где требуется обнаружение радионуклидов естественного и искусственного происхождения.

1.2.1.1. Детекторы ионизирующего излучения сцинтилляционные пластмассовые ПС-Н1, ПС-Н2, ПС-Н3

Детекторы ионизирующего излучения сцинтилляционные пластмассовые ПС-Н1, ПС-Н2, ПС-Н3 предназначены для регистрации потока нейтронов, бета- и гамма-излучений. Детекторы представляют собой твердый раствор люминесцирующих добавок в полистироле, плотность материала – 1,05 г/см^3. Максимум спектра люминисценции – 0,42 мкм. Длительность сцинтилляционного импульса на половине высоты – 2,8 нс.

Детекторы применяются при температуре окружающего воздуха от –30 до +40 °С и относительной влажности до 95%. Они остаются прочными и сохраняют свои парамет-

ры после воздействия температуры окружающей среды от –40 до +50 °С и относительной влажности 98%. Срок службы – не менее 10 лет.

Сцинтилляционные детекторы выпускаются в виде дисков, цилиндров и блоков. Основные параметры детекторов ионизирующего излучения ПС-Н1, ПС-Н1, ПС-Н3 приведены в табл. 1.11. Спектральная характеристика детектора приведена на рис. 1.19.

Таблица 1.12. Основные параметры детекторов ионизирующего излучения ПС-Н1, ПС-Н1, ПС-Н3

Тип сцинтиллятора/Норма параметра									
ПС-Н1			ПС-Н2			ПС-Н3			
Диаметр, мм	Высота, мм	Световой выход, УЕСВ, о.е., не менее	Диаметр, мм	Высота, мм	Световой выход, УЕСВ, о.е., не менее	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Световой выход, УЕСВ, о.е., не менее
$50,4^{-0,5}$	$50,4^{-0,5}$	0,1	$50,4^{-0,5}$	$100,4^{-0,5}$	0,42	250^{-5}	250^{-5}	120^{-3}	0,31
$63,4^{-0,5}$	$63,4^{-0,5}$		$150,4^{-0,5}$	$150,4^{-0,5}$	0,39	500^{-5}	500^{-5}	120^{-3}	0,28
$79,9^{-0,5}$	$2,0^{-0,06}$		$150,4^{-0,5}$	$400,0^{-1,0}$	0,29				
$79,9^{-0,5}$	$100,4^{-0,5}$		Параметры исходного материала: плотность – 1,05 г/см^3; максимум спектра излучения – 0,42 мкм; длительностьсцинтилляционного импульса на половине высоты – 2,8 нс						
$150,4^{-0,5}$	$150,4^{-0,5}$								

1.2.1.2. Типовые конструкции контейнеров для упаковки сцинтилляторов

В обычной практике для упаковки сцинтилляторов используют типовые конструкции контейнеров, которые рекомендуются различными нормативно-техническими документами (ГОСТами, ОСТами, ТУ и т. п.). На рис. 1.20 приводятся несколько вариантов типовых конструкций контейнеров, а в табл. 1.13. даны габаритные размеры некоторых сцинтилляторов и контейнеров к ним.

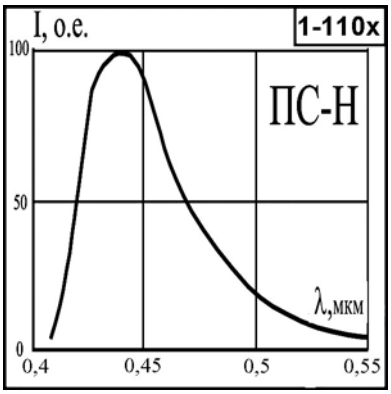


Рис. 1.19. Спектральная характеристика излучения детектора, выполненного из полистирола ПНС

Таблица 1.13. Типовые размеры некоторых сцинтилляторов и контейнеров к ним

Тип контейнера	Особенности конструкции	Материал сцинтиллятора	Размеры сцинтиллятора,мм		Размеры контейнера, мм		№ рис.
			d	*h*	*D*	*H*	
А	Корпус – дюраль, крышка алюминий толщиной 0,5 мм, окно – стекло № 23	NaJ(Tl)	30	10; 15; 20; 40	40	15; 20; 25; 45	1-111
		CsJ (Tl)	30	10; 15; 20	40	15; 20; 25	
		KJ(Tl)	30	10; 15; 20	40	15; 20; 25	
Б	Корпус – дюраль, крышка алюминий толщиной 0,8 мм, окно – стекло № 23	NaJ(Tl)	40	20; 25; 30; 40; 50	48	25; 30; 35; 45; 55	1-112
		CsJ (Tl)	40	40	48	15; 25; 35; 45	
В	Корпус – дюраль, крышка алюминий толщиной 0,5 мм, окно – стекло № 23	NaJ(Tl)	30	15; 20; 25; 30	43	22; 27; 32; 42	1-113
		NaJ(Tl)	35	25; 35	48	32; 42	
		NaJ(Tl)	40	20; 30; 40	53	27; 37; 47	

Таблица 1.13. (окончание)

Тип контейнера	Особенности конструкции	Материал сцинтиллятора	Размеры сцинтиллятора,мм		Размеры контейнера, мм		№ рис.
			d	*h*	*D*	*H*	
Г	Корпус – дюраль, крышка алюминий толщиной 0,5 мм, окно – стекло № 23	NaJ(Tl)	60	30; 40; 60	72–68	37; 47; 67	1-114
			70	35; 50; 70	82–78	42; 57; 77	
			80	40; 60; 80	92–88	47; 67; 87	
			90	45; 60; 90	102–98	47; 67; 97	
			100	50; 80	112–108	57; 87	
			120	40; 60; 90	132–128	47; 67; 97	
			150	50; 80; 100	162–158	57; 87; 107	
		CsJ (Tl)	40	20; 30	72–68	27; 37	
			70	30	82–78	37	
Д	Корпус – дюраль, крышка алюминий толщиной 1,5 мм, окно – стекло № 23	NaJ(Tl)	70	40; 50; 60; 70; 80	82,5	48,5; 58,5; 68,5; 78,7; 88,5	1-115
		Антрацен	20	5; 10; 20	40	6; 11; 21	
			40	10	60	11	
				20; 30; 40	–	11; 21; 31; 41	
Ж (с колодцем)	Корпус – дюраль, крышка алюминий толщиной 0,5 мм, окно – стекло № 23	NaJ(Tl)	80	80	68–92	87	1-116
			120	80	92–132	87	
З (с лункой)	Корпус – дюраль, крышка алюминий толщиной 0,5 мм, окно – стекло № 23	NaJ(Tl)	80	80	98	83	1-117
			70	70			
			120	80	138	73	
			150	100	168	103	
И	Корпус из стекла № 23	CsJ (Tl)	30	10; 20	37	15; 26	1-118
		Стильбен	30	10; 15; 20; 30	37	15; 20; 26; 36	
			35	15	40	20	

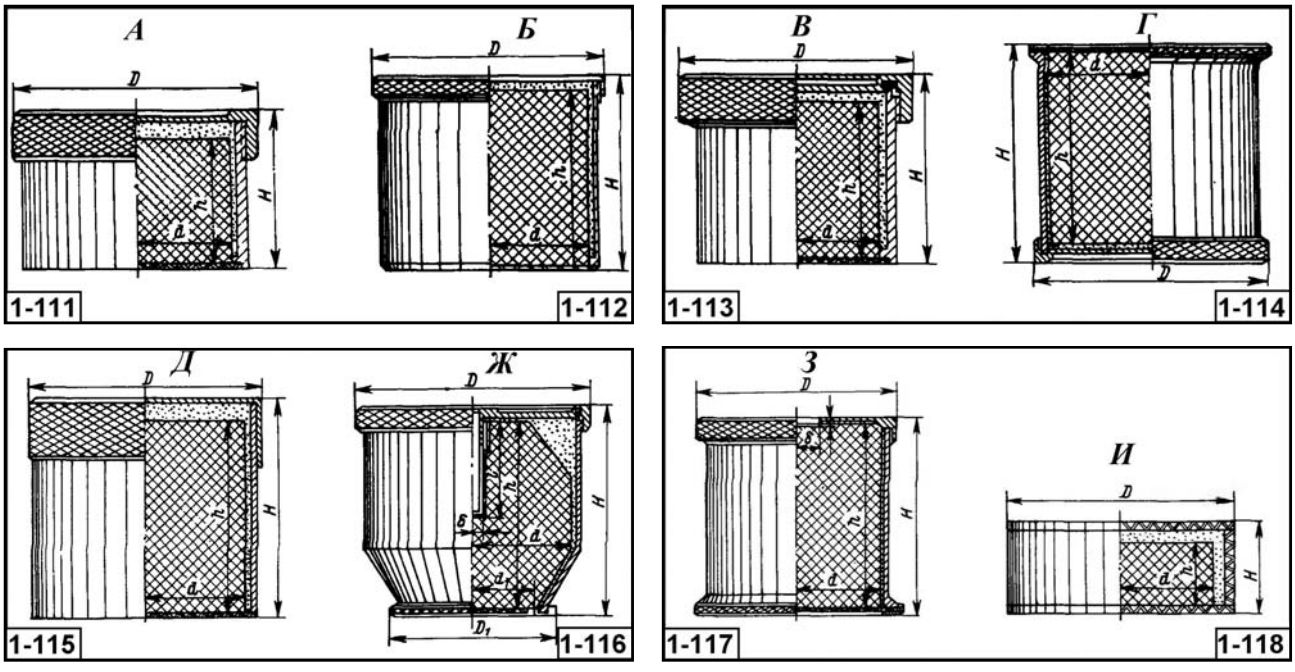


Рис. 1.20. Типы контейнеров для упаковки сцинтилляционных детекторов

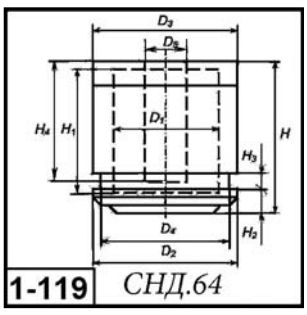
1.2.1.3. Детекторы ионизирующих излучений сцинтилляционные СДН.64, СДН.69, СДН.83

Детекторы ионизирующих излучений СДН.64, СДН.69, СДН.83 сцинтилляционные на основе кристаллов натрия йодистого, активированных таллием. Предназначены для спектрометрии и регистрации мягкого гамма-излучения в диапазоне энергий от 15 до 300 кэВ. Детекторы применяют для комплектации средств измерений ионизирующего излучения.

Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.14, а внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 1.21.

Таблица 1.14. Основные параметры детекторов СДН.64, СДН.69, СДН.83

Тип детектора	Применение	Для спектрометрии (СПС)		Для регистрации (СЧ)	Относительная сцинтилляционная эффективность регистрации γ-излучения I^{125} в диапазоне энергий от 15 до 90 кэВ, %, не менее	Собственный фон, имп/мин, не более	Номинальные габаритные размеры, мм				Диапазон рабочих температур, °С	№ рис.
		Амплитудное разрешение, R_a, %, не более	Световой выход, С, УЕСВ, не менее	Световой выход, С, УЕСВ, не менее			D_3	D_4	H_3	H		
СДН.64.30.40-17.38	Предназначены для регистрации мягкого γ-излучения в диапазоне энергий от 15 до 90 кэВ	11,5	2, 5	2,5	80	10	36	33	2,5	46,5	–50...+35	1-119
СДН.69.40.40-20.38	Предназначены для регистрации γ-излучения в диапазоне энергий от 50 до 90 кэВ	12	2,6	2,4	80	10	47	43	2,5	48,5	–50...+35	1-120
СДН.83.40.40-12,5.27	Предназначены для регистрации γ-излучения в диапазоне энергий от 50 до 3000 кэВ	11	3,5	3	–	–	47	43	2,5	48,5	–50...+35	1-120
СДН.83.40.50-12,5.37		10,5	3,5	3	–	–	47	43	2,5	58,5	–50...+35	
СДН.83.63.63-10.37		10,5	3, 5	3	–	–	72	66	2,5	71,5	–50...+35	
СДН.83.80.50-18.27		11	3,5	3	–	–	90	83	2,5	59	–50...+35	
СДН.83.80.80-18.47		11	3,5	3	–	–	90	83	2,5	89	–50...+35	
СДН.83.100.100-35.70		11	3,3	3	–	–	111	104	4	109,5	+5...+35	
СДН.83.160.160-57.100		12,5	3	2,8	–	–	172	165	4	171	+5...+35	
СДН.83.200.200-75.150		13	3	2,8	–	–	212	205	4	213	+5...+35	



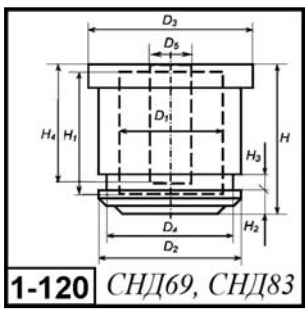


Рис. 1.21. Внешний вид и габаритные размеры отдельных типов сцинтилляционных детекторов СНД.64, СНД.68 и СНД.83, где D_1 – диаметр сцинтиллятора; D_2 – максимальный наружный диаметр корпуса (фланца); D_3 – диаметр крышки; D_4 – диаметр канавки корпуса; D_5 – диаметр колодца; H_1 – высота сцинтиллятора; H_2 – расстояние от наружной поверхности защитного стекла до канавки корпуса; H_3 – ширина канавки корпуса; H – максимальная высота контейнера; H_4 – высота колодца

1.2.2. Сцинтилляционные блоки детектирования

Сцинтилляционные блоки детектирования в общем виде представляют собой пару «сцинтиллятор-фотоприемник», заключенную в общий герметический металлический корпус. При этом диаметр сцинтиллятора, как правило, должен соответствовать диаметру фоточувствительной поверхности используемого фотоприемника (ФП), а спектр испускания – его спектральной характеристике. Устройства подобного типа сокращенно называют сцинтиблоками.

1.2.2.1. Сцинтиблоки на основе фотоэлектронных умножителей

Устройства этого типа состоят из сцинтиллятора и сочлененного с ним фотоумножителя (ФЭУ), преобразующего световую энергию в электрический импульс. В конструкцию сцинтиблока может быть встроен высоковольтный источник питания ФЭУ. Типовая конструкция сцинтиблока с использованием фотоумножителя приведена на рис. 1.22.

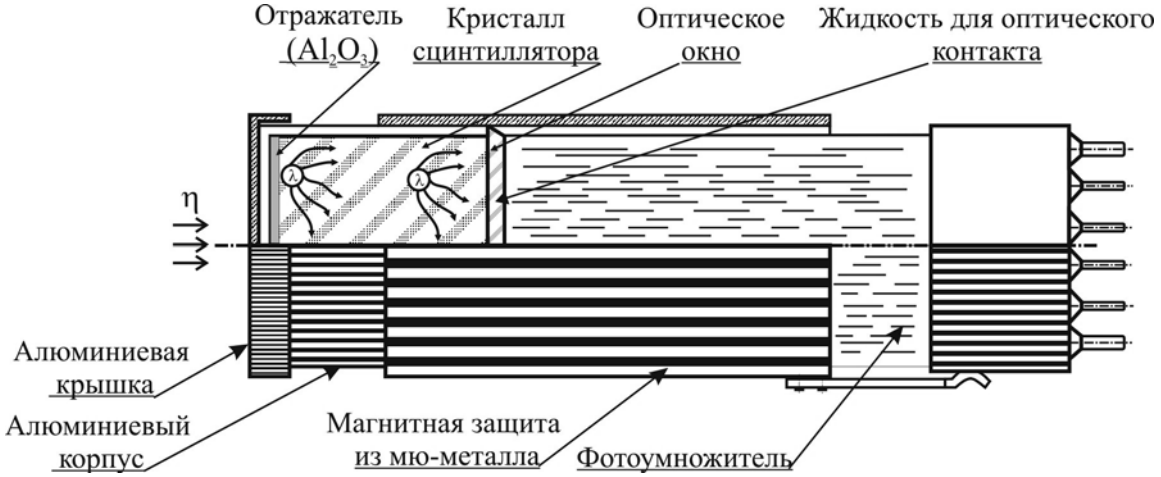


Рис. 1.22. Типовая конструкция сцинтиблока с использованием фотоумножителя

Коэффициент усиления ФЭУ составляет 10^5–10^6 (но может достигать и 10^9), что позволяет получить на выходе ФЭУ легко регистрируемый электрический импульс. Временное разрешение ФЭУ составляет 10^{-8}–10^{-9} с.

Энергетическое разрешение сцинтилляционных детекторов $\Delta E/E$ обычно равно нескольким процентам. Временное разрешение определяется главным образом длительностью световой вспышки и меняется в пределах 10^{-6}–10^{-9} с.

В сцинтиблоках используются фотоумножители следующих типов:

ФЭУ-30,ФЭУ-31, ФЭУ-35, ФЭУ-35А, ФЭУ-39А, ФЭУ-54, ФЭУ-58, ФЭУ-60, ФЭУ- 67Б, ФЭУ-70, ФЭУ-74А, ФЭУ-78, ФЭУ-81, ФЭУ-82, ФЭУ-83, ФЭУ-84, ФЭУ-85, ФЭУ-91, ФЭУ-92, ФЭУ-93, ФЭУ-97, ФЭУ-108, ФЭУ-110, ФЭУ-110, ФЭУ-112, ФЭУ-114, ФЭУ-118, ФЭУ-119, ФЭУ-125, ФЭУ-139, ФЭУ-143, ФЭУ1431, ФЭУ-148–1, ФЭУ-153, ФЭУ-158, ФЭУ-159, ФЭУ-165, ФЭУ-167, ФЭУ-172, ФЭУ-173, ФЭУ-176, ФЭУ-181, ФЭУ-183, ФЭУ-184Ст, ФЭУ-184Тд, ФЭУ-190, ФЭУ-200 и др.

Основные параметры фотоэлектронных умножителей приведены в разделе 3.2.1.

Сцинтилляционные детекторы ионизирующих излучений имеют определенное преимущество перед счетчиками Гейгера – по амплитуде и длительности вспышки можно судить о типе и энергии породившей ее частицы. Важно и то, что сцинтилляционный

счетчик имеет значительно большую эффективность, нежели счетчик Гейгера, фиксирующий обычно лишь одну-две частицы из ста в него попавших.

Сцинтилляционные детекторы с ФЭУ наряду с несомненными достоинствами обладают серьезными недостатками:

- невысокая квантовая эффективность фотокатода;
- необходимость стабильного высоковольтного (600–1200 В) питания;
- чувствительность к магнитным полям;
- относительно большие габаритные размеры.

1.2.2.2. Сцинтиблоки на основе кремниевых фотодиодов

Альтернативой ФЭУ в некоторых случаях могут служить кремниевые *pin*-фотодиоды, которые свободны от перечисленных выше недостатков ФЭУ.

Несмотря на то что максимум спектральной чувствительности кремниевых *pin*-диодов находится в красной области видимого спектра, а для большей части сцинтилляторов спектр испускания лежит в сине-зеленой области, квантовая эффективность составляет 0,4–0,6, то есть заметно выше, чем для ФЭУ. Большая, чем у ФЭУ, квантовая эффективность, создает принципиальную возможность получения лучшего энергетического разрешения.

В силу ряда причин в паре с кремниевым *pin*-фотодиодом часто используют сцинтилляционный кристалл CsI(Tl).

Вариант конструкции сцинтиблока с использованием кремниевого фотодиода приведен на рис. 1.23.

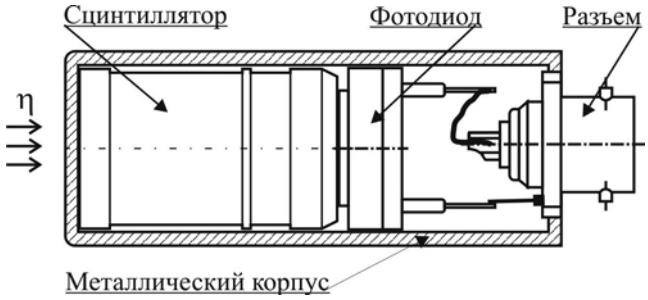


Рис. 1.23. Вариант конструкции сцинтиблока с использованием кремниевого фотодиода

Для повышения разрешающей способности аппаратуры могут использоваться многоканальные сцинтиблоки, представляющие собой конструкцию, состоящую из набора сцинтилляторов и многоэлементного кремниевого *pin*-фотодиода. Функциональная схема многоканального сцинтиблока приведена на рис. 1.24.

Основными достоинствами сцинтилляционных блоков детектирования с кремниевыми *pin*-фотодиодами относительно аналогичных блоков с ФЭУ являются: существенно меньшие габариты и вес; отсутствие высоковольтного источника напряжения; долговременная стабильность коэффициента усиления, позволяющая отказаться от периодической калибровки; нечувствительность к магнитным полям.

В то же время эти блоки детектирования существенно проигрывают по быстродействию, энергетическому диапазону регистрируемых квантов и температурной стабильности.

В качестве фотоприемников в сцинтилляционных детекторах могут использоватться кремниевые *pin*-фотодиоды, например ФД-321М, ФД-327М, ФДУК-100УВ и др.

Современными конкурентами сцинтиблоков на ФЭУ служат аналогичные устройства с использованием многоэлементных высокочувствительных кремниевых лавинных фотодиодов, которые способны регистировать отдельные фотоны. В этом случае отдельный детектор представляет собой совокупность большого числа лавинных фотодиодов (пикселей), функционирующих в гейгеровском режиме, при котором регистрация даже одного фотона дает на выходе стандартный сигнал достаточно большой амплитуды. Каждый пиксель содержит токоограничивающий резистор, в результате чего гейгеровский разряд в ячейке ограничен.

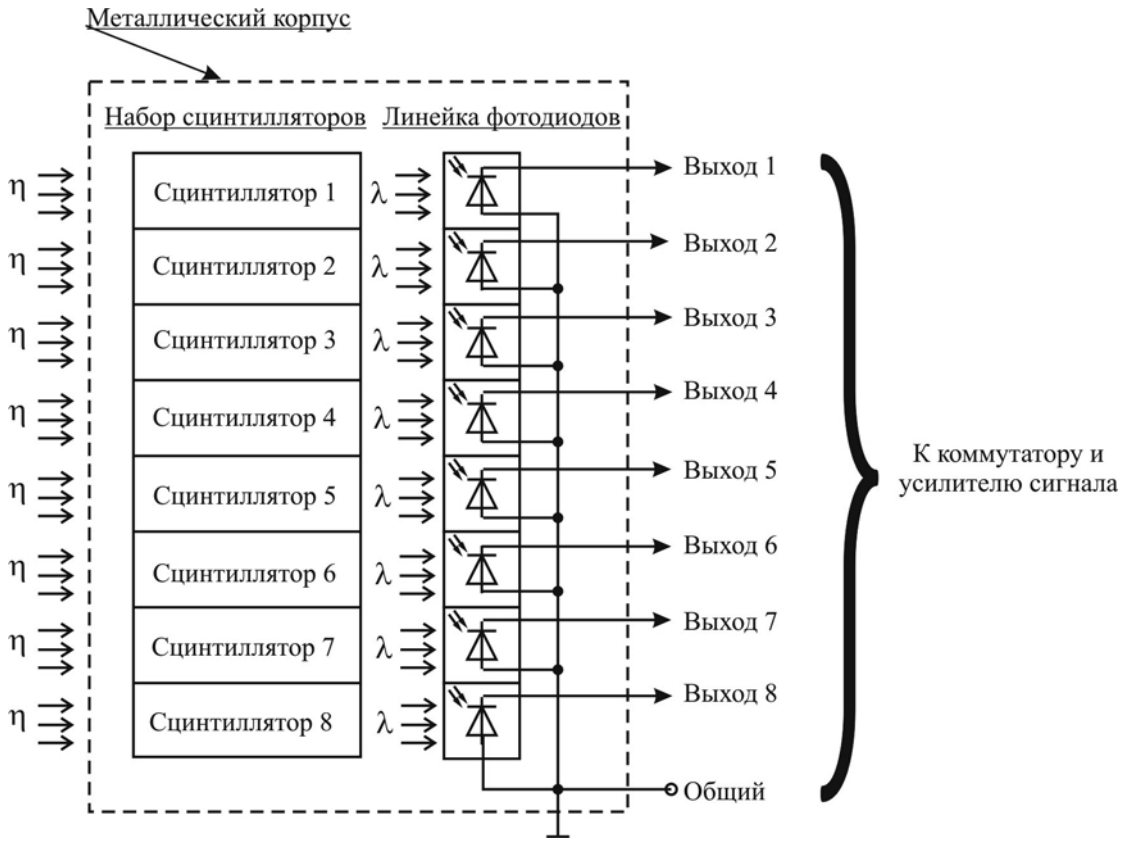


Рис. 1.24. Функциональная схема многоканального сцинтиблока с использованием многоэлементных кремниевых фотодиодов. Для подобных устройств могут использоваться 16- и 32-элементные кремниевые фотодиоды серии ФД321М

Весьма эффективным и перспективным является использование микропиксельных лавинных фотодиодов со структурой металл–резистор–полупроводник, например СРТА 140-17, СРТА 140-40, СРТА 143-30, СРТА 149b-26, СРТА 149-35, СРТА 150-50, СРТА 151-30.

1.2.3. Интегрированные сцинтилляционные блоки детектирования

Интегрированные сцинтилляционные блоки детектирования, кроме стинциллятора, детектора излучений и фотоприемника, могут содержать предварительные усилители сигналов, вторичные источники питания, схемы преобразования сигнала (например, АЦП), микроконтроллеры и устройства сопряжения, преобразующие сигнал в цифровой код (например, RS-232, RS-485). Подобные устройства называют интеллектуальными детекторными блоками.

Отечественная промышленность выпускает широкую номенклатуру сцинтилляционных блоков детектирования различной конструкции и различного назначения. Ниже приводятся характеристики некоторых моделей устройств данного вида.

1.2.3.1. Блоки детектирования α-излучения БДПА-01, БДЗА-96, БДЗА-96м, БДЗА-96с, БДЗА-96т, БДЗА-96б

Блоки детектирования БДПА-01, БДЗА-96, БДЗА-96м, БДЗА-96с, БДЗА-96т, БДЗА-96б предназначены для регистрация и преобразования энергий альфа-частиц в соответствующие по амплитуде электрические сигналы для их последующей обработки.

Высокочувствительный интеллектуальный сцинтилляционный интеллектуальный блок детектирования БДПА-01 предназначен для измерения плотности потока альфа-частиц с загрязненных поверхностей в диапазоне от 0,1 част./(мин·см^2). Блок оснащен встроенной системой светодиодной стабилизации и интерфейсом (RS-232).

Блоки детектирования альфа-излучения БДЗА-96 и БДЗА-96с используются при измерении плотности потока альфа-излучения источников с радионуклидом ^{239}Pu. БДЗА-96м используется при измерении плотности потока альфа-излучения источников с радионуклидом ^{239}Pu в стандартных условиях. БДЗА-96т применяется при измерении плотности потока альфа-излучения источников с радионуклидом ^{239}Pu, находящихся в труднодоступных местах, трубах, емкостях. БДЗА-96б используется при измерении загрязненности ладоней альфа-активными веществами.

Основные параметры блоков детектирования альфа-излучения приведены в табл. 1.15. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 1.25.

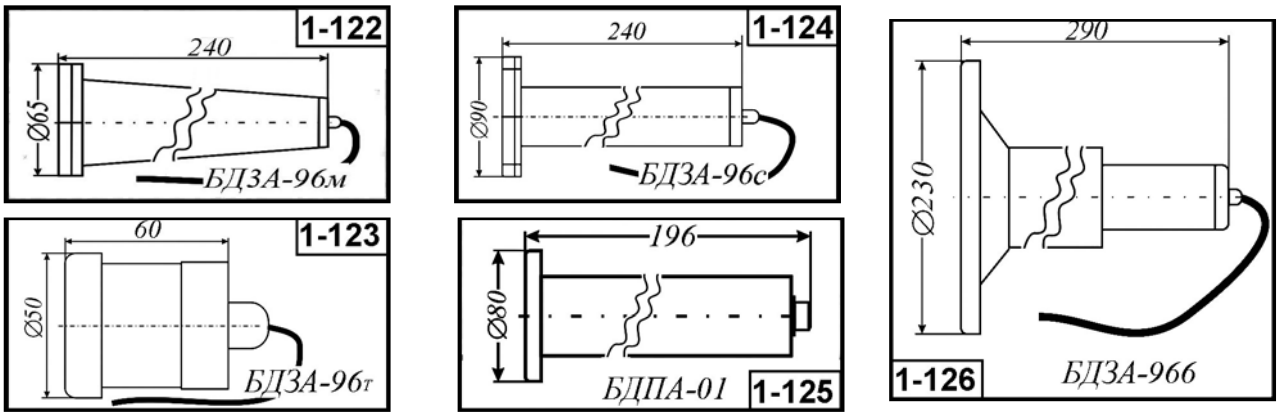


Рис. 1.25. Внешний и габаритные размеры блоков детектирования БДПА-01, БДЗА-96, БДЗА-96м, БДЗА-96с, БДЗА-96т, БДЗА-96б

Таблица 1.15. Основные параметры блоков детектирования БДПА-01, БДЗА-96, БДЗА-96м, БДЗА-96с, БДЗА-96т, БДЗА-96б

Наименование параметра. Единица измерения	БДПА-01	БДЗА-96	БДЗА-96м	БДЗА-96с	БДЗА-96т	БДЗА-96б
Тип детектора	люминофор ZnS(Ag), ∅60 мм.	сцинтиллятор, 70 мм^2	сцинтиллятор, 10 см^2	сцинтиллятор, 30 см^2	сцинтиллятор, 5 см^2	сцинтиллятор, 300 мм^2
Тип фотоприемника	Si фотодиод	ФЭУ	ФЭУ	ФЭУ	ФЭУ	ФЭУ
Диапазон измерения плотности потока α-частиц, част./(мин·см^2)	0,1–10^5	0,1–$1\cdot10^4$	0,1–$1\cdot10^5$	0,1–$5\cdot10^4$	0,1–$3\cdot10^6$	0,1–$2\cdot10^3$
Собственный фон, мин$^{-1}$·см$^{-2}$	–	0,3	1,0	0,2	0,2	0,1
Диапазон энергии регистрируемых α-частиц, МэВ	3–7	–	–	–	–	–
Диапазон измерения флюенса α-частиц ^{239}Pu, см$^{-2}$	(1–3)·10^6	–	–	–	–	–
Диапазон измерения поверхностной активности ^{239}Pu, Бк·см$^{-2}$	$3{,}4\cdot10^{-3}$–$3\cdot10^3$	–	–	–	–	–
Чувствительность по ^{239}Pu, имп·с$^{-1}$/(част/(мин·см^2))	0,15	0,5	0,1	0,2	0,05	1,0
Эффективность регистрации по ^{239}Pu, %	–	42	20	50	45	50
Напряжение питания, В	н.д.	7	7	7	7	7
Диапазон рабочих температур, ˚С	–30…+50	+10…+35	+10…+35	+10…+35	+10…+35	+10…+35

Таблица 1.15. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	БДПА-01	БДЗА-96	БДЗА-96м	БДЗА-96с	БДЗА-96т	БДЗА-96б
Габаритные размеры, мм	∅80 × 196	∅130 × 240	∅65 × 240	∅90 × 240	∅50 × 60	∅230 × 290
Масса (без кабеля), г, не более	500	1100	900	1000	150	4000
№ рисунка	1-125	1-121	1-122	1-124	1-123	1-123

1.2.3.2. Сцинтилляционные блоки детектирования β-излучения БДС-Б, БДС-Б-150

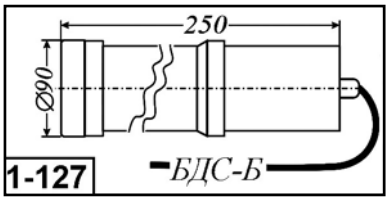
Сцинтилляционные блоки детектирования БДС-Б, БДС-Б-150 предназначены для регистрация и преобразования энергии бета-частиц в соответствующие по амплитуде электрические сигналы для их последующей обработки.

Детекторы выполнены на основе сборки «пластический сцинтиллятор – ФЭУ» и имеют в своем составе: предусилитель, усилитель-формирователь с параметрами выходных импульсов, позволяющими подавать их непосредственно на вход амплитудно-цифрового преобразователя многоканального анализатора; источник высоковольтного напряжения; систему стабилизации измерительного тракта на основе специального светодиода с функцией температурной коррекции характеристики преобразования.

Основные параметры блоков детектирования бета-излучения приведены в табл. 1.16. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 1.26.

Таблица 1.16. Основные параметры блоков детектирования серии БДС-Б

Наименование параметра. Единица измерения	БДС-Б	БДС-Б-150
Детектор	пластический сцинтиллятор, ∅70 × 7	пластический сцинтиллятор, ∅150 × 7
Фотоприемник	ФЭУ	ФЭУ
Диапазон энергии регистрируемых β-частиц, МэВ	0,2–3	0,2–3
Относительное энергетическое разрешение по линии 662 кэВ (^{137}Cs), %	15	20
Энергетический эквивалент среднеквадратичного шума выходного сигнала, кэВ, не более		1
Диапазон измерения поверхностной активности ^{239}Pu, Бк·см$^{-2}$	1	
Максимальная неискаженная амплитуда выходных спектрометрических сигналов, В, не менее	4,8	4,8
Нестабильность показаний за время непрерывной работы 24 ч, %, не более	±5	±5
Напряжение питания, В	от 6 до 15	от 6 до 15
Ток потребления, мА, не более	70	70
Диапазон рабочих температур, ˚С	+10...+35	+10...+35
Габаритные размеры, мм	∅90 × 250	∅185 × 281
Масса (без кабеля), г, не более	1300	4800
№ рисунка	1-127	1-128



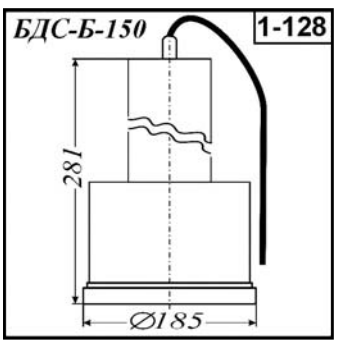


Рис. 1.26. Вненшний вид и габаритные размеры блоков детектирования БДС-Б и БДС-Б-150

1.2.3.3. Сцинтилляционные блоки детектирования γ-излучения БДС-Г, БДС-Г-100г100, БДС-Г-150г150

Сцинтилляционные блоки детектирования БДС-Г, БДС-Г-100г100, БДС-Г-150г150 предназначены преобразования энергии гамма-излучения в соответствующие по амплитуде электрические сигналы для их последующей обработки.

Блоки детектирования выполнены на основе сборки «сцинтилляционный кристалл NaI(Tl)-ФЭУ» и имеют в своем составе: предусилитель, усилитель-формирователь с параметрами выходных импульсов, позволяющими подавать их непосредственно на вход амплитудно-цифрового преобразователя (многоканального анализатора); источник высоковольтного напряжения; систему стабилизации измерительного тракта на основе специального светодиода с функцией температурной коррекции характеристики преобразования.

Основные параметры блоков детектирования гамма-излучения приведены в табл. 1.17. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 1.27.

Таблица 1.17. Основные параметры блоков детектирования серии БДС-Г

Наименование параметра. Единица измерения	Тип детектора		
	БДС-Г	**БДС-Г-100г100**	**БДС-Г-150г100**
Детектор	NaI(Tl), 63 × 63 мм	NaI(Tl), 100 × 100 мм	NaI(Tl), 150 × 100 мм
Фотоприемник	ФЭУ		
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	0,03–3		
Относительное энергетическое разрешение по линии 662 кэВ (^{137}Cs), %	8	9,5	10,5
Интегральная нелинейность,% не более	1		
Температурная нестабильность, %/°С, не более	0,1		
Временная нестабильность за 24 ч непрерывной работы, % не более	±1		
Максимальная неискаженная амплитуда выходных спектрометрических сигналов, В, не менее	4,8		
Рабочий диапазон температур, °С	от +10 до +35		
Напряжение питания, В, (ток потребления, мА, не более)	6–15 (250)		
Масса, г	1400	6500	9300
Габаритные размеры, мм	∅ 88 × 315	∅ 125 × 375	∅ 180 × 387
№ рисунка	1-129	1-130	1-131

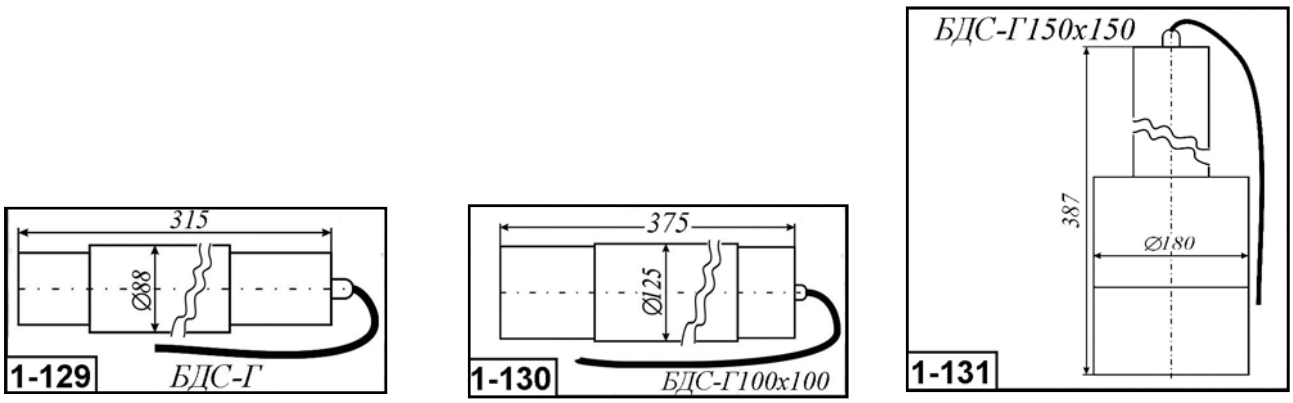


Рис. 1.27. Внешний вид и габаритные размеры блоков детектирования БДС-Г, БДС-Г-100×100, БДС-Г-150×150

1.2.3.4. Блоки детктирования импульсного нейтронного и γ-излучения типа ССДИ8М, ССДИ8М-01, ССДИ29, СЧДИ1М

Блоки детектирования импульсного нейтронного и гамма-излучения типа ССДИ8М, ССДИ8М-01, ССДИ29, СЧДИ1М предназначены для регистрации импульсных потоков излучения и преобразования их в электрический аналог – импульс тока на выходе детектора.

Основные параметры блоков детектирования ССДИ8М, ССДИ8М-01, ССДИ29, СЧДИ1М приведены в табл. 1.18.

Таблица 1.18. Основные параметры блоков детектирования ССДИ8М, ССДИ8М-01, ССДИ29, СЧДИ1М

Наименование параметра, ед. измерения	Тип блока детекторов			
	ССДИ8М	ССДИ8М-01	ССДИ29	СЧДИ1М
Тип детектора	Сцинтиллятор ПС-Н2, 50 × 100 мм	Сцинтиллятор ПС-Н2, 50 × 100 мм	Быстрый сцинтиллятор, 50 × 100 мм	Твердотельный радиатор Черенкова, 50 × 100 мм
Тип фотоприемника	ФЭУ СНФТ3	ФЭУ СНФТ5	ФЭУ СНФТ8	ФЭУ СНФТ8
Максимальная чувствительность к γ-излучению ^{60}Co (E_γ = 1,25 МэВ), А·см^2·с/квант, не менее	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1{,}7 \cdot 10^{-12}$	$7{,}7 \cdot 10^{-14}$
Максимальная чувствительность к нейтронам с энергией 14 МэВ, не менее	$4 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-11}$	–
Диапазон регулировки чувствительности, раз	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Предел линейности в импульсном режиме, А, не менее	3	3	1,3	1,3
Длительность импульсной характеристики на полувысоте, нс	10	10	3	2
Напряжение питания, В	–4000	–3300	–5000	–5000
			1800	1800
Габаритные размеры, мм	110 × 420	110 × 420	140 × 1120	140 × 1120
Масса, г	2100	2100	5000	5000

1.2.3.5. Блок детектирования рентгеновского излучения БДКР-01

Высокочувствительный сцинтилляционный интеллектуальный блок детектирования рентгеновского излучения, предназначенный для контроля дозовых нагрузок на хрусталик, слизистые оболочки и кожу.

В качестве детектора рентгеновского излучения в блоке детектирования использован сцинтиллятор NaI(Tl) с бериллиевым окном. В состав блока входят аналого-цифровой преобразователь на 256 каналов и интерфейс RS-232.

Используется метод измерения мощности направленной эквивалентной дозы, основанный на измерении аппаратурного спектра и его поинтервальном взвешивании с нормировкой на единицу мощности дозы. При этом обеспечивается корректировка энергетической зависимости, свойственной режиму счета импульсов. Основные параметры блока детектирования рентгеновского излучения БДКР-01 приведены в табл. 1.19. Внешний вид и габаритные размеры блока даны на рис. 1.28.

Таблица 1.19. Основные параметры блока детектирования рентгеновского излучения БДКР-01

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Тип детектора	NaI(Tl) ∅9 × 2 мм с бериллиевым окном
Тип фотоприемника	ФЭУ
Диапазон измерения мощности направленной эквивалентной дозы, мкЗв/ч	0,05–100
Диапазон измерения направленной эквивалентной дозы	0,05 мкЗв – 5 мЗв
Диапазон энергии, кэВ	5–160
Основная погрешность измерения, %, не более	±20
Энергетическая зависимость чувствительности, %	
– в диапазоне от 5 до 60 кэВ	±35
– в диапазоне от 60 до 160 кэВ	±30
Погрешность калибровки ^{57}Co, ^{109}Cd, ^{55}Fe, ^{241}Am, %, не более	±5
Максимальная статистическая загрузка, $с^{-1}$	$6 \cdot 10^4$
Обнаруживаемая активность ^{241}Am на расстоянии 0,5 м за время 1–2 с	1000 кБк (27 мкКи)
Чувствительность по ^{241}Am, имп·$с^{-1}$/мкЗв·$ч^{-1}$	400
Диапазон рабочих температур, °С	–20...+50
Габаритные размеры, мм	∅54 × 255
Масса, г	500
№ рисунка	1-132

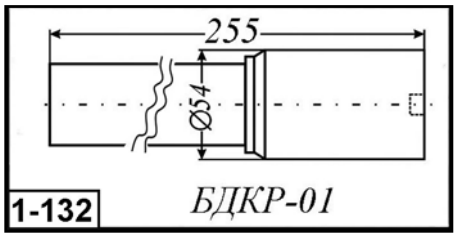


Рис. 1.28. Вненшний вид и габаритные размеры блока детектирования БДКР-01

1.2.3.6. Блок детектирования рентгеновского излучения БДС-Р5

Блок детектирования рентгеновского излучения БДС-Р5 предназначен для регистрации и определения спектрального состава рентгеновского излучения в диапазоне от 2 кэВ до 30 кэВ

В состав блока входят: сцинтилляционный детектор на основе NaI(TI), ФЭУ, усилитель сигнала, источник высокого напряжения и низковольтные преобразователи напряжения. Все элементы размещены в едином металлическом защитном корпусе.

Основные параметры блока детектирования рентгеновского излучения БДС-Р5 приведены в табл. 1.20. Внешний вид и габаритные размеры блока даны на рис. 1.29.

Таблица 1.20. Основные параметры блока детектирования рентгеновского излучения БДС-Р5

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Тип детектора	Сцинтиллятор NaI(Tl), 32 × 3
Тип фотоприемника	ФЭУ
Диапазон регистрируемых энергий, кэВ	2–30
Относительное энергетическое разрешение по линии Fe – 55, %, не более	50
Амплитуда выходного аналогового сигнала, соответствующая линии Fe – 55, В	1±0,1

Таблица 1.20. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Диаметр рабочего окна, мм	32
Толщина защитного алюминиевого покрытия сцинтиллятора, мм	0,05
Постоянная составляющая на выходе детектора, мВ, не более	10
Интегральная нелинейность характеристики преобразования, %, не более	1
Температурная нестабильность, %/°С, не более	0,1
Временная нестабильность за 24 часа непрерывной работы, %, не более	1
Дополнительная нестабильность характеристики преобразования при изменении загрузки от фоновой до 50 000 $с^{-1}$,%, не более	1
Время установления рабочего режима, мин, не более	30
Напряжение питания, В	6–16
Потребляемая мощность, ВТ, не более	1,3
Масса, кг	0,8
Габаритные размеры, мм	$76 \times 76 \times 260$
Длина соединительного кабеля, м	2
№ рисунка	1-133

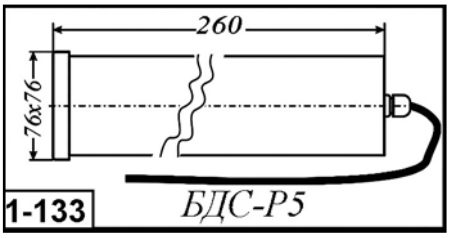


Рис. 1.29. Внешний вид и габаритные размеры блока детектирования БДС-Р5

1.3. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ИЗЛУЧЕНИЙ

Полупроводниковые детекторы (ППД) и счетчики являются альтернативой газоразрядным и сцинтилляционным приемникам ионизационного излучения.

В качестве исходного материала для изготовления чувствительных элементов датчиков ионизирующего излучения в разное время рассматривались различные полупроводниковые материалы: кремний, германий, карбид кремния, теллурид кадмия, арсенид галлия, йодид ртути, сульфид свинца, селенид кадмия и др.

Однако основными материалами для изготовления ППД являются кремний и германий, легированные определенными примесями. Как правило, это *p-n-* или *pin*-структуры.

Кремниевые детекторы, как правило, работают при комнатной температуре. Германиевые детекторы необходимо охлаждать до температуры 80 °K.

ППД имеют несомненные достоинства по отношению к прочим видам детектирующих устройств, в частности:

- позволяют регистрировать частицы в широком энергетическом диапазоне одновременно, что обеспечивает меньшее время накопления статистически достоверной информации:
- широкий диапазон размеров от 10 мм^2 до 100 см^2 и конфигураций чувствительной площади;
- возможность выполнения в виде одно- или двухкоординатных матриц, что обеспечивает позиционную чувствительность;
- высокая технологичность изготовления детекторов и сопутствующей электроники;
- компактность и малый вес.

Несмотря на перечисленные достоинства, существует ряд причин, сдерживающих их использование как анализаторов электронов низких энергий (в диапазоне кэВ), таких как:

- наличие энергетического порога регистрации, ниже которого не обеспечивается достоверность передачи спектра энергий или наблюдается полная потеря чувствительности:
- шумы детектора и регистрирующей электроники, интерферирующие со спектром электронов в области энергий ниже нескольких кэВ.

Применительно к задаче спектрометрии фотоэлектронов с энергиями в диапазоне, начинающемся от единиц эВ полупроводниковыми детекторами, отмеченные недостатки являются принципиальными, а их преодоление важно для расширения областей применения детекторов.

Основные параметры некоторых типов ППД приведены в табл. 1.21–1.45. На рис. 1.30 дана схема включения ППД.

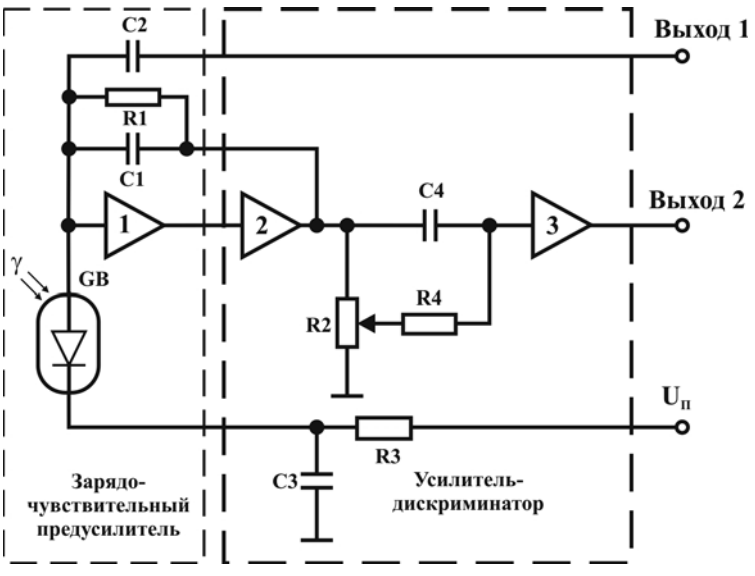


Рис. 1.30. Одна из типовых схем включения ППД

1.3.1. Кремниевые полупроводниковые детекторы

1.3.1.1. Поверхностно-барьерные детекторы ДКПс-25, ДКПс-35, ДКПс-50, ДКПс-100, ДКПс-200, ДКПс-350, ДКПс-500

Поверхностно-барьерные кремниевые детекторы серии ДКПс предназначены для спектроскопии и регистрации короткопробежных заряженных частиц.

ДКПс – круглые, квадратные и прямоугольные, без корпуса с двумя гибкими выводами, общей толщиной 5 мм, с габаритной площадью на 20–40% больше конкретной рабочей площади детектора. Приборы залиты эпоксидной смолой. Не рекомендуется использовать при температуре окружающей среды ниже –60 °С. При охлаждении детектора до температуры –60 °С энергетическое разрешение и энергетический эквивалент шума уменьшаются более чем в два раза.

В основном используются в лабораторных экспериментах.

Основные параметры детекторов серии ДКПс приведены в табл. 1.21. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 1.31.

Таблица 1.21а. Основные параметры поверхностных барьерных детекторов типа ДКПс-25–ДКПс-50 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКПс-25			ДКПс-35			ДКПс-50		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, S, мм^2	25			35			50		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	20	30	50	25	35	60	30	50	80
Диапазон рабочих напряжений, В	3–50	3–40	3–35	3–50	3–40	3–35	3–50	3–40	3–35
Толщина чувствительной области, W, мкм; А	25–200								
Толщина чувствительной области, W, мкм; Б	>200								
Емкость, C, пФ, не более	100	135	136	100	135	136	210	270	270
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	15	20	35	15	20	35	17	25	40
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Габаритные размеры, круглый корпус, мм	d = 5,6; $D8 \times 5$			d = 6,7; $D9 \times 5$			d = 8; $D11 \times 5$		
Габаритные размеры, прямоугольный корпус, мм	5×5; $7{,}5 \times 7{,}5 \times 5$			6×6; $9 \times 9 \times 5$			7×7; $10 \times 10 \times 5$		
№ рисунка	1-134; 1-135			1-134; 1-135			1-134; 1-135		

Отечественная промышленность выпускала также детекторы типа ДКПс с герметично укрепленными на приемной поверхности полиэтиленовыми радиаторами (конверторами). Такие детекторы предназначались для измерения плотности нейтронного потока быстрых нейтронов. Рекомендуемый диапазон плотности нейтронного потока составляет 10^2–10^8 нейтронов/(см^2·с).

Маркировка нейтронных детекторов состоит из обозначения ДКП-Н и индексов, соответствующих значениям площади и группы по разрешению и толщине чувствительной области, как у детекторов типа ДКПс. Например, ДКП-Н-350-2 гр.Б, что расшифровывается следующим образом: детектор кремниевый поверхностно-барьерный, смоляной конструкции с полиэтиленовым радиатором для измерения плотности потока быстрых нейтронов, площадь чувствительной поверхности 300 мм^2 и энергетическое разрешение по альфа-частицам 5,15 МэВ в пределах 55–70 кэВ, толщина чувствительной области более 200 мкм.

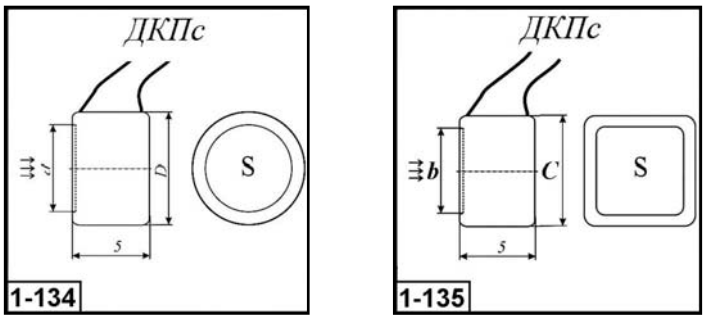
Таблица 1.21б. Основные параметры поверхностных барьерных детекторов типа ДКПс-100–ДКПс-350 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКПс-100			ДКПс-200			ДКПс-350		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, S, мм^2	100			200			350		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	30	50	80	40	60	100	55	70	100
Диапазон рабочих напряжений, В	3–45	3–30	3–20	3–35	3–30	3–25	3–35	3–30	3–25
Толщина чувствительной области, W, мкм; А	25–200								
Толщина чувствительной области, W, мкм; Б	> 200								
Емкость, C, пФ, не более	670	670	670	900	900	900	1500	1500	1500
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	20	20	50	35	40	70	45	55	85
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	2	3	4	4	5	6	5	6	7
Габаритные размеры, круглый корпус, мм	d = 11; D15 × 5			d = 16; D21 × 5			d = 21; D30 × 5		
Габаритные размеры, прямоугольный корпус, мм	7 × 14; 14 × 14 × 5			14 × 14; 20 × 20 × 5			18,7 × 18,7; 26 × 26 × 5		
№ рисунка	1-134; 1-135			1-134; 1-135			1-134; 1-135		

Таблица 1.21в. Основные параметры поверхностных барьерных детекторов типа ДКПс-500 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКПс-500		
	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, S, мм^2	500		
Энергетическое разрешение , кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	55	70	100
Диапазон рабочих напряжений, В	3–30	3–25	3–20
Толщина чувствительной области, W, мкм; А	25–200		
Толщина чувствительной области, W, мкм; Б	> 200		
Емкость, C, пФ, не более	2200	2200	
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	45	55	85
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	6	7	
Габаритные размеры, круглый корпус, мм	d = 12,5; D35 × 5		
Габаритные размеры, прямоугольный корпус, мм	22,4 × 22,4; 31 × 31 × 5		
№ рисунка	1-134; 1-135		

Примечание. Для детекторов всех типов табл. 1.21 выполняются следующие условия: 1) толщина мертвого слоя не более 30 нм; 2) фронт нарастания импульсов при рабочем напряжении не более 10^{-8} с; 3) радиационный ресурс, част/см^2: нейтронов – 10^{11}; α-частиц – 10^9, протонов – 10^{12}.



а *б*

Рис. 1.31. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа ДКПс: *а* – круглого, *б* – квадратного

1.3.1.2. Поверхностно-барьерные детекторы ДКПсд-20, ДКПсд-50, ДКПсд-125

Поверхностно-барьерные кремниевые детекторы серии ДКПсд предназначены для спектроскопии и регистрации короткопробежных заряженных частиц.

ДКПсд – круглые в металлическом корпусе с девятью штырьками под панель пальчиковой лампы с диаметром корпуса 20 мм и высотой 8 мм. Приборы залиты эпоксидной смолой. Не рекомендуется использовать при температуре окружающей среды ниже –60 °С.

Девятиштырьковое исполнение обеспечивает предельную простоту замены детекторов в аппаратуре.

Входное окно – тонкий слой золота или хрома. Реагируют на свет. Требуют защиты. При работе с альфа-излучателями детекторы вместе с источниками излучения должны находиться в вакууме 10^{-5}–10^{-1} мм рт. ст.

Основные параметры детекторов серии ДКПсд приведены в табл. 1.22. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 1.32.

Таблица 1.22. Основные параметры поверхностных барьерных детекторов типа ДКПсд при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКПсд-20			ДКПсд-50			ДКПсд-125		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, S, мм^2	20			50			125		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	20	30	50	25	35	60	30	50	80
Диапазон рабочих напряжений, В	3–50	3–40	3–35	3–50	3–40	3–35	3–45	3–30	3–20
Толщина чувствительной области, W, мкм; А	25–200								
Толщина чувствительной области, W, мкм; Б	> 200								
Емкость, C, пФ, не более	100	135	136	210	270	270	670	670	670
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	15	20	35	17	25	40	20	20	50
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	1	2	3	1	2	3	2	3	4
Габаритные размеры (без выводов), мм	d = 5; D20 × 8			d = 8; D20 × 8			d = 12,5; D20 × 8		
№ рисунка	1-136			1-136			1-136		

Примечание. Для детекторов всех типов табл. 1.22 выполняются следующие условия: 1) толщина мертвого слоя не более 30 нм; 2) фронт нарастания импульсов при рабочем напряжении не более 10^{-8} с; 3) радиационный ресурс, част/см^2: нейтронов – 10^{11}; α-частиц – 10^9, протонов – 10^{12}.

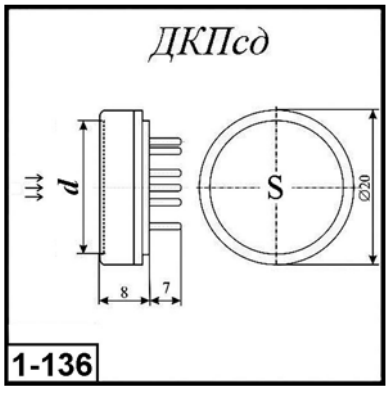


Рис. 1.32. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа ДКПсд

1.3.1.3. Детекторы кремниевые поверхностно-барьерные полностью обедненные ДКПО-dE/dx-25, ДКПО-dE/dx-50, ДКПО-dE/dx-125, ДКПО-dE/dx-200

Детекторы серии ДКПО-dE/dx относятся к группе так называемых прострельных детекторов, у которых обедненная область простирается на всю толщину полупроводникового материала, то есть от переднего до заднего контакта.

Входным окном служат с одной стороны пленка золота толщиной 12–20 мкм, с другой – пленка алюминия толщиной 40–60 нм. Потери в мертвом слое входного окна составляют 8–10 кэВ. Рабочее напряжение детекторов находится в пределах 10–150 В.

Детекторы могут работать при давлении ниже 10–2 мм рт. ст. и температуре окружающей среды от –50 до 0 °С или при давлении 2 кгс/см^2 и ниже при температуре от 0 до +50 °С. Выпускаются с защитными пленками, которые обеспечивают их работоспособность в атмосфере с относительной влажностью до 98%.

Детекторы широко используются для создания ядерных «телескопов», а также для измерения удельных ионизационных потерь dE/dx регистрируемых частиц.

Основные параметры детекторов серии ДКПО-dE/dx приведены в табл. 1.23. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 1.33.

Таблица 1.23. Основные параметры детекторов типа ДКПО-dE/dx при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКПО-dE/dx-25			ДКПО-dE/dx-50			ДКПО-dE/dx-125			ДКПО-dE/dx-200		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, S, мм^2	25			50			125			125		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	30	50	80	30	50	80	35	60	90	40	60	90
Толщина чувствительной области, W, мкм; А	20–30											
Толщина чувствительной области, W, мкм; Б	30–50											
Толщина чувствительной области, W, мкм; В	50–80											
Толщина чувствительной области, W, мкм; Г	80–130											
Толщина чувствительной области, W, мкм; Д	130–200											
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	20	25	50	20	25	50	25	35	70	30	40	70
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	0,3	0,5	0,8	0,3	0,5	0,8	0,4	0,6	1,0	0,5	0,8	1,5
Габаритные размеры (без выводов), мм	d = 5,6; ∅30 × 5			d = 8; ∅30 × 5			d = 12,5; ∅30 × 5			d = 16; ∅30 × 5		
№ рисунка	1-138			1-138			1-138			1-138		

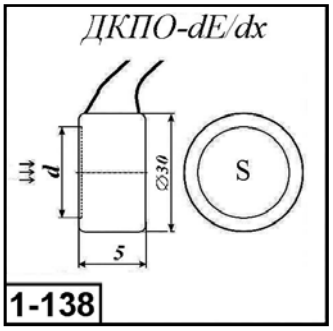


Рис. 1.33. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа ДКПО-dE/dx

1.3.1.4. Детекторы кремниевые диффузионно-дрейфовые ДКДПс-25, ДКДПс-50, ДКДПс-100, ДКДПс-125, ДКДПс-200, ДКДПс-250, ДКДПс-350, ДКДПс-500

Диффузионно-дрейфовые детекторы серий ДКДПс реализованы на основе кремния *p*-типа, легированного литием. Толщина чувствительной области, создаваемой в результате дрейфа ионов лития, может достигать 10 мм. Это позволяет использовать такие «толстые» детекторы для спектроскопии электронов с энергией до 5 МэВ, протонов с энергией до 45 МэВ, альфа-частиц с энергией до 115 МэВ, а при охлаждении до –60...–196 °С – также и гамма-квантов с энергией до 1 МэВ.

ДКДПс – круглые и квадратные, без корпуса с двумя гибкими выводами, общей толщиной 5 мм, с габаритной площадью на 20–40% больше конкретной рабочей площади детектора. Приборы залиты эпоксидной смолой.

Диффузионно-дрейфовые детекторы типа ДКДПс можно использовать в приборах автоматического контроля процессов с применением бета-активных препаратов для измерения плотности потока электронов.

Диапазон рабочих температур детекторов от –60 до +50 °С.

Конструктивное оформление детекторов аналогично приборам серии ДКПс.

Основные параметры детекторов серии ДКДПс приведены в табл. 1.24. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 1.31.

Таблица 1.24а. Основные параметры детекторов типа ДКДПс при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКДПс-25			ДКДПс-50			ДКДПс-100, 125		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, S, мм^2	25			50			100, 125		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	25	35	60	30	40	60	35	45	70
Диапазон рабочих напряжений, В	5–60	5–50	5–40	5–60	5–50	5–40	5–50	5–40	5–30
Толщина чувствительной области, W, мм; А	0,3–0,6								
Толщина чувствительной области, W, мм; Б	0,6–1,0								
Толщина чувствительной области, W, мм; В	1,0–1,5								
Толщина чувствительной области, W, мм; Г	1,5–2,0								
Емкость C, пФ (в зависимости от W)	7–40			12–70			21–125		
Энергетический эквивалент шума, $Q_{ш,}$ кэВ, не более	17	25	40	20	25	45	25	30	45
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	2	3	4	3	4	5	4	5	6
Габаритные размеры, круглый корпус, мм	d = 5,6; $D8 \times 5$			d = 8; $D11 \times 5$			d = 11; $D15 \times 5$		
Габаритные размеры, прямоугольный корпус, мм	5×5; $7{,}5 \times 7{,}5 \times 5$			7×7; $10 \times 10 \times 5$			7×14; $14 \times 14 \times 5$		
№ рисунка	1-134; 1-135			1-134; 1-135			1-134; 1-135		

Таблица 1.24б. Основные параметры детекторов типа ДКДПс при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКДПс-200, 250			ДКДПс-350			ДКДПс-500		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, S, мм^2	200, 250			350			500		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	40	60	100	55	80	120	55	80	120
Диапазон рабочих напряжений, В	5–50	4–40	3–30	2–50	4–40	4–30	5–50	4–40	30

Таблица 1.24б. Основные

Наименование параметра. Единица измерения	ДКДПс-200, 250			ДКДПс-350			ДКДПс-500		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Толщина чувствительной области, *W*, мм; А	0,3–0,6								
Толщина чувствительной области, *W*, мм; Б	0,6–1,0								
Толщина чувствительной области, *W*, мм; В	1,0–1,5								
Толщина чувствительной области, *W*, мм; Г	1,5–2,0								
Емкость *C*, пФ (в щависимости от *W*)	25–135			27–138			30–143		
Энергетический эквивалент шума, $Q_{ш,}$ кэВ, не более	30	40	80	40	60	100	40	60	100
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	5	6	7	6	7	8	7	8	–
Габаритные размеры, круглый корпус, мм	*d* = 16; *D*21 × 5			*d* = 21; *D*30 × 5			*d* = 12,5; *D*35 × 5		
Габаритные размеры, прямоугольный корпус, мм	14 × 14; 20 × 20 × 5			18,7 × 18,7; 26 × 26 × 5			22,4 × 22,4; 31 × 31 × 5		
№ рисунка	1-134; 1-135			1-134; 1-135			1-134; 1-135		

Примечание. Для детекторов всех типов табл. 1.24 выполняются следующие условия: 1) толщина мертвого слоя не более 100 нм; 2) фронт нарастания импульсов при рабочем напряжении не более 1 мкс; 3) радиационный ресурс, част/см^2, по тяжелым частицам, не менее – 10^{10}.

1.3.1.5. Детекторы кремниевые диффузионно-дрейфовые ДКДПсд-20, ДКДПсд-50, ДКДПсд-125

Диффузионно-дрейфовые детекторы серий ДКДПсд также реализованы на основе кремния *p*-типа, легированного литием. Детекторы являются корпусным аналогом приборов серии ДКДПс.

Детекторы ДКДПсд размещены в круглом металлическом корпусе с девятью штырьками под панель пальчиковой лампы с диаметром корпуса 20 мм и высотой 8 мм. Приборы залиты эпоксидной смолой.

Диапазон рабочих температур детекторов от –60 до +50 °С.

Конструктивное оформление детекторов аналогично приборам серии ДКПсд.

Основные параметры детекторов серии ДКДПсд приведены в табл. 1.25. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 1.33.

Таблица 1.25. Основные параметры детекторов типа ДКДПсд при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКДПсд-20			ДКДПсд-50			ДКДПсд-125		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III
Площадь чувствительной области, *S*, мм^2	25			50			100, 125		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	25	35	60	30	40	60	35	45	70
Диапазон рабочих напряжений, В	5–60	5–50	5–40	5–60	5–50	5–40	5–50	5–40	5–30
Толщина чувствительной области, *W*, мм; А	0,3–0,6			0,3–0,6			0,3–0,6		
Толщина чувствительной области, *W*, мм; Б	0,6–1,0			0,6–1,0			0,6–1,0		
Толщина чувствительной области, *W*, мм; В	1,0–1,5			1,0–1,5			1,0–1,5		
Толщина чувствительной области, *W*, мм; Г	1,5–2,0			1,5–2,0			1,5–2,0		
Емкость, *C*, пФ (в зависимости от *W*)	7–40			12–70			21–125		
Энергетический эквивалент шума, $Q_{ш,}$ кэВ, не более	17	25	40	20	25	45	25	30	45
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	2	3	4	3	4	5	4	5	6
Габаритные размеры (без выводов), мм	*d* = 5; *D* 20 × 8			*d* = 8; *D* 20 × 8			*d* = 12,5; *D* 20 × 8		
№ рисунка	1-138			1-138			1-138		

Примечание. Для детекторов всех типов табл. 1.25 выполняются следующие условия: 1) толщина мертвого слоя не более 100 нм; 2) фронт нарастания импульсов при рабочем напряжении не более 1 мкс; 3) радиационный ресурс, част/см^2, по тяжелым частицам, не менее – 10^{10}.

1.3.1.6. Диффузионно-дрейфовые детекторы матричного типа МДКД-П-10, МДКД-П-20, МДКД-П-30, МДКД-П-40

Диффузионно-дрейфовые поверхностные детекторы матричного типа серии МДКД-П собираются из бескорпусных детекторов типа ДКДПс с квадратным окном площадью 1,1 и 2,5 см^2. Детекторы монтируются в одном корпусе и соединяются между собой параллельно.

Мозаичные детекторы очень эффективны для определения загрязненности воздуха, поверхностей рук и других предметов радиоактивными нуклидами, излучающими альфа- и бета-частицы. Эффективность регистрации тяжелых заряженных частиц составляет 0,75–0,8.

Мозаичные детекторы приспособлены к жестким рабочим условиям, поэтому на пленку золота дополнительно наносят защитное покрытие.

Диапазон рабочих температур от –196 до +40 °С.

Основные параметры мозаичных детекторов приведены в табл. 1.26. Внешний вид детекторов дан на рис. 1.34.

Таблица 1.26. Основные параметры диффузионно-дрейфовых детекторов матричного типа МДКП-П при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	МДКД-П-10		МДКД-П-20		МДКД-П-30		МДКД-П-40	
	гр. I	гр. II	гр. I	гр. II	гр. I	гр. II	гр. I	гр. II
Площадь чувствительной области, S, см^2	10		22		30		40	
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	120	200	200	400	350	450	–	–
Диапазон рабочих напряжений, В	15–100							
Толщина чувствительной области, W, мм; А	0,8–2,0							
Емкость, C, пФ, не более	300	300	700	700	900	900	1200	1200
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	80	120	150	200	250	250	300	300
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	20	20	45	45	60	60	80	80
Габаритные размеры (без выводов), мм	40 × 40 × 32		58,6 × 58,6 × 40		788 × 58,6 × 45		788 × 58,6 × 40	
Масса, г	53		205		270		360	
№ рисунка	1-139		1-140					

Примечание. Для детекторов всех типов табл. 1.26 выполняются следующие условия: 1) толщина мертвого слоя не более 100 нм; 2) фронт нарастания импульсов при рабочем напряжении не более 1 мкс; 3) радиационный ресурс, част/см^2, по тяжелым частицам, не менее – 10^{10}.

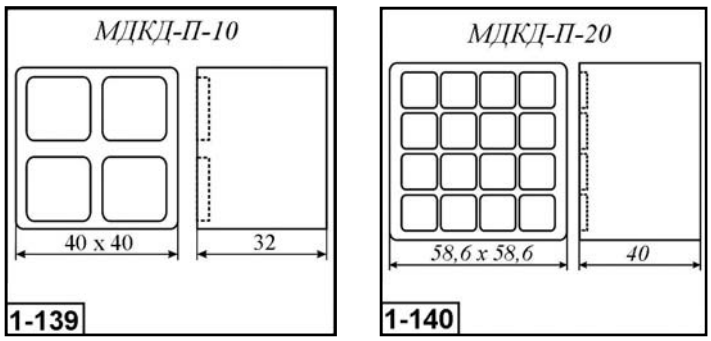


Рис. 1.34. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа МДКП-П

1.3.1.7. Диффузионно-дрейфовые полностью обедненные детекторы ДКПО-Д-0,5-50, ДКПО-Д-1,0-50, ДКПО-Д-1,5-50, ДКПО-Д-2,0-50, ДКПО-Д-0,5-100, ДКПО-Д-1,0-100, ДКПО-Д-1,5-100, ДКПО-Д-2,0-100, ДКПО-Д-0,5-200, ДКПО-Д-1,0-200, ДКПО-Д-1,5-200, ДКПО-Д-2,0-200

ДКПО-Д – детекторы кремниевые диффузионно-дрейфовые полностью обедненные изготовлены по диффузионно-дрейфовой технологии. Толщина чувствительной области детекторов лежит в пределах 0,3–2,1 мм. Площади чувствительной поверхности такие же, как и у детекторов типа ДКПО-dE/dx, круглые и равны 50, 100 и 200 мм^2.

Конструктивно детекторы типа ДКПО-Д несколько отличаются от детекторов типа ДКПО-dE/dx, однако одинаковые внешние диаметры корпусов указанных типов позволяют использовать их вместе для сборки в «телескопы».

Детекторы типа ДКПО-Д могут работать при давлении ниже 10^{-2} мм рт. ст. и температуре окружающей среды от –50 до 0 °С или при давлении 2 кгс/см^2 и ниже и температуре от 0 до +50 °С. Детекторы выпускаются с защитными пленками, которые обеспечивают их работоспособность в атмосфере с относительной влажностью 98%.

Таблица 1.27. Основные параметры диффузионно-дрейфовых детекторов типа ДКПО-Д при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ДКПО-Д-0,5-50; ДКПО-Д-1,0-50; ДКПО-Д-1,5-50; ДКПО-Д-2,0-50			ДКПО-Д-0,5-100; ДКПО-Д-1,0-100; ДКПО-Д-1,5-100; ДКПО-Д-2,0-100			ДКПО-Д-0,5-200; ДКПО-Д-1,0-200; ДКПО-Д-1,5-200; ДКПО-Д-2,0-200		
	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. III	гр. I	гр. II	гр. I
Площадь чувствительной области, S, мм^2	50			100			200		
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более (для E_a = 5,15 МэВ ^{239}Pu)	35	50	100	40	70	100	50	100	150
Рабочее напряжение, В	10–100 (устанавливается индивидуально)								
Толщина чувствительной области, W, мм в интервалах (для всех групп одинаково)	0,3–0,5; 0,8–1,0; 1,4–1,6; 1,9–2,1								
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	3	4	5	4	5	6	5	6	7
Габаритные размеры (без выводов), мм	d = 8; ∅30 × 5			d = 12,5; ∅30 × 5			d = 16; ∅30 × 5		
№ рисунка	1-138			1-138			1-138		

Примечания.

1. Цифровые индексы в наименовании типа детектора означают следующее: первое число – средняя геометрическая толщина детектора данного типа, мм; второе число – площадь рабочей поверхности детектора, мм^2. Например, ДКПО-Д-1,5-50-2 гр. означает, что детектор имеет среднюю геометрическую толщину 1,5 мм, площадь рабочей поверхности 50 мм^2 и энергетическое разрешение в пределах 35–50 кэВ.
2. Фронт нарастания импульсов при рабочем напряжении не более 10^{-7} с.

1.3.1.8. Диффузионно-дрейфовые спектрометрические детекторы ДДС-5/2, ДДС-8/2, ДДС-8/6, ДДС-12/2, ДДС-18/2, ДДС-12/10, ДДС-18/10

Диффузионно-дрейфовые спектрометрические детекторы серии ДДС предназначены для спектрометрии коротковолнового рентгеновского и гамма-излучения. Размещены в

герметичных корпусах. В конструкции данных приборов не используются эпоксидные смолы, поэтому их можно охлаждать до температуры –196 °С. Основные параметры приведены в табл. 1.28. Внешний вид – на рис. 1.35 и 1.36.

Таблица 1.28. Основные параметры спектрометрических детекторов серии ДДС при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДДС-5/2		ДДС-8/2		ДДС-8/6	ДДС-12/2		ДДС-18/2		ДДС-12/10	ДДС-18/10
	А	Б	А	Б	А	А	Б	А	Б	А	А
Диаметр чувствительной области, мм	5		8		8	12		18		12	18
Толщина чувствительной области, *W*, мм	2		2		6	2		2		10	
Энергетическое разрешение, η, кэВ, не более											
–для электронов $E_к$ = 625 кэВ (^{135}Cs)	40	80	60	80	–	70	100	80	100	–	–
–для α-частиц $E_α$ = 5,15 МэВ (^{239}Pu)	60	150	80	150	–	80	150	100	200	–	–
–для η-квантов $E_η$ = 122 кэВ (^{57}Co)	30	60	40	70	100	50	80	80	100	200	200
Диапазон рабочих напряжений, В	70–150		70–150		200–300	70 –150		70 –150		200–300	
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	30	60	40	70	100	50	80	80	100	200	250
Потери энергии в мертвом слое для α-частиц *E* = 5,15 МэВ (^{239}Pu), кэВ, не более	100	200	100	200	–	150	250	200	300	–	–
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	5	5	7	7	20	10	10	25	25	50	70
Габаритные размеры, А × ∅Б × С, мм	23,6 × 14,5 × 17,6		23,6 × 17,5 × 17,6		36,2 × ∅17,2	23,2 × 21,5 × 16,6		23,2 × 26,5 × 16,6		36,2 × ∅23,2	36,2 × ∅27,2
№ рисунка	1-142		1-142		1-141	1-142		1-142		1-141	1-141

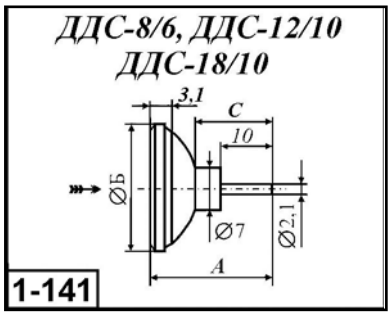


Рис. 1.35. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа ДДС-8/6, ДДС-12/10 и ДДС-18/10

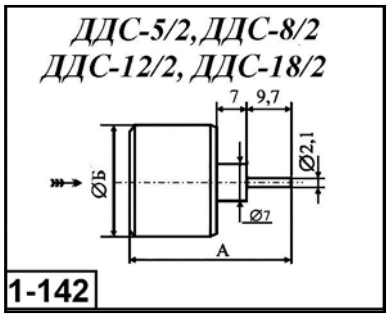


Рис. 1.36. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа ДДС-5/2, ДДС-8/2, ДДС-12/2, ДДС-18/2

1.3.1.9. Детекторы кремниевые спектрометрические α-излучения ПДПА-1К, ПДПА-1К5, ПДПА-1К1, ПДПА-1К2, ПДПА-1К4, ПДПА-1К3

Пассивированные имплантированные спектрометрические кремниевые детекторы альфа-излучения серии ПДПА-1К предназначены для работы в спектрометрах с целью качественного и количественного анализа различных проб, содержащих альфа-излучающие радионуклиды.

Диапазон измерения ионизирующих излучений от 3,5 до 9,0 МэВ. Погрешность ±20%.

Детектор размещен в герметичной капсуле с тонким входным окном. Детектор снабжен стандартным разъемом типа СР-50.

Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.29. Внешний вид и габаритные размеры детекторов даны на рис. 1.37.

Таблица 1.29а. Основные параметры спектрометрических детекторов серии ПДПА при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ПДПА-1К		ПДПА-1К5		ПДПА-1К1	
	А	В	А	В	А	В
Площадь чувствительной области, мм^2	20		150		600	
Максимальнаяглубина чувствительной области, *W*, мкм	100		100		100	
Гарантированное максимальное энергетическое разрешение для 5.15 Мэв (^{239}Pu), кэВ	12	16	20	24	28	35
Габаритные размеры, $D \times a \times b$, мм	$20 \times 51 \times 7{,}5 \times 38$		$29 \times 13{,}8 \times 7{,}5 \times 37$		$45 \times 27{,}6 \times 7{,}5 \times 37$	
№ рисунка	1-143					

Таблица 1.29б. Основные параметры спектрометрических детекторов серии ПДПА при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ПДПА-1К2		ПДПА-1К4		ПДПА-1К3	
	А	В	А	В	А	В
Площадь чувствительной области, мм^2	1000		1200		2000	
Максимальнаяглубина чувствительной области, *W*, мкм	100		100		100	
Гарантированное максимальное энергетическое разрешение для 5.15 Мэв (^{239}Pu), кэВ	35	45	40	50	55	75
Габаритные размеры, $D \times a \times b$, мм	$52{,}5 \times 35{,}7 \times 7{,}5 \times 37$		$55{,}4 \times 39{,}1 \times 7{,}5 \times 37$		$67 \times 50{,}4 \times 7{,}5 \times 37$	
№ рисунка	1-143					

Обозначения. *D – наружный диаметр капсулы детектора; d – диаметр чувствительной области; a – толщина капсулы; b – полный размер капсулы вместе с разъемом типа СР.*

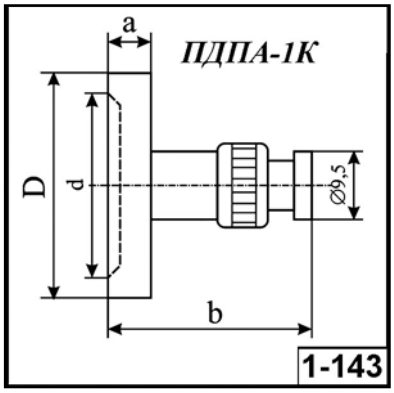


Рис. 1.37. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа ПДПА-1К

1.3.1.10. Диффузионно-дрейфовые регистрирующие детекторы ДДР-5/2, ДДР-8/2, ДДР-12/2, ДДР-18/2

Диффузионно-дрейфовые регистрирующие детекторы серии ДДР предназначены для дозиметрии коротковолнового рентгеновского и гамма-излучения. Размещены в герметичных корпусах. В конструкции данных приборов не используются эпоксидные смолы, поэтому их можно охлаждать до температуры –196 °С.

Основные параметры приведены в табл. 1.30. Внешний вид и габаритные размеры детекторов даны на рис. 1.38.

Таблица 1.30. Основные параметры диффузионно-дрейфовых регистрирующих детекторов типа ДДР при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДДР-5/2	ДДР-8/2	ДДР-12/2	ДДР-18/2
Диаметр чувствительной области, мм	2	2	2	2
Толщина чувствительной области, *W*, мм	2	2	2	2
Энергетическое разрешение η, кэВ, не более				
–для электронов $E_К$ = 625 кэВ (^{135}Cs)	120	150	150	150
–для α-частиц $E\alpha$ = 5,15 МэВ (^{239}Pu)	200	250	300	350
–для η-квантов $E\eta$ = 122 кэВ (^{57}Co)	100	100	120	150
Диапазон рабочих напряжений, В	70–150	70–150	70–150	70–150
Энергетический эквивалент шума, $Q_ш$, кэВ, не более	100	100	120	150
Потери энергии в мертвом слое для α-частиц $E_α$ = 5,15 МэВ (^{239}Pu), кэВ, не более	300	300	350	450
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	10	15	20	40
Габаритные размеры, А × ∅Б × С, мм	23,6 × 14,5 × 17,6	23,6 × 17,5 × 17,6	23,2 × 21,5 × 16,6	23,2 × 26,5 × 16,6
№ рисунка	1-144			

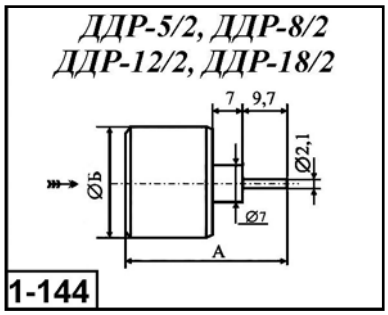


Рис. 1.38. Внешний вид и габаритные размеры детекторов типа ДДР-2/5, ДДР-8/2, ДДР-12/2 и ДДР-18/2

1.3.1.11. Диффузионно-дрейфовые детекторы ДКРС-2,5/3, ДКРС-4/3, ДКРС-6/3, ДКРС-9/3

Диффузионно-дрейфовые кремниевые детекторы типа ДКРС предназначены для спектрометрии рентгеновского и длинноволнового гамма-излучения с высокой разрешающей способностью.

Для достижения наилучших показателей энергетического разрешения в области рентгеновских энергий не только детектор, но и первый каскад предусилителя, с которым он соединяется, необходимо охлаждать до температуры не менее, чем –100 °С. Обычно систему детектор – первый каскад предусилителя охлаждают жидким азотом до температуры –196 °С.

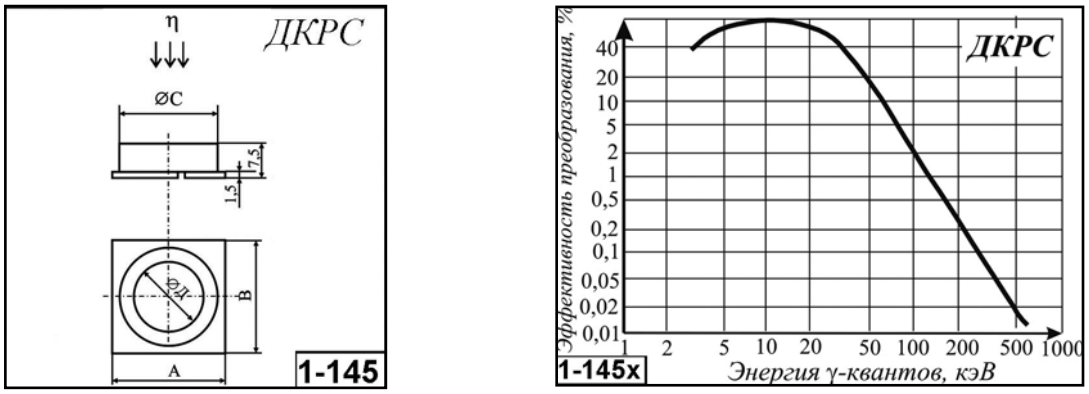
Основные параметры детекторов ДКРС приведены в табл. 1.31 Внешний вид, габаритные размеры и энергетическая характеристика детекторов даны на рис. 1.39.

Таблица 1.31. Основные параметры диффузионно-дрейфовых детекторов типа ДКРС при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДКРС-2,5/3		ДКРС-4/3		ДКРС-6/3		ДКРС-9/3	
	1	2	1	2	1	2	1	1
Радиус чувствительной области, мм	2,5	2,5	4	4	6,3	6,3	9	9
Толщина чувствительной области, *W*, мм	3	3	3	3	3	3	3	3

Таблица 1.31. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	ДКРС-2,5/3		ДКРС-4/3		ДКРС-6/3		ДКРС-9/3	
	1	2	1	2	1	2	1	1
Энергетическое разрешение η для линии 14,36 кэВ (^{57}Co) при –190 °С, кВ, не более	0,6	0,8	0,75	1,0	1,0	1,3	1,1	1,5
Диапазон рабочих напряжений, В	50–300	50–300	50–300	50–300	50–300	50–300	50–300	50–300
Энергетический эквивалент шума при температуре –190 °С, $Q_ш$, кэВ, не более	0,6	0,8	0,75	1,0	1,0	1,3	1,1	1,5
Емкость, *C*, пФ, не более	5	5	7	7	14	14	22	22
Габаритные размеры, А × Б × С × Д, мм	20 × 18 × 13 × 7		20 × 18 × 16 × 10		30 × 28 × 21 × 15		30 × 28 × 25 × 20	
№ рисунка	1-145							



а б

Рис. 1.39. Внешний вид и габаритные размеры (а) и энергетическая характеристика (б) детекторов типа ДКРС

1.3.1.12. Кремниевые детекторы Д1А, Д1В, Д4.5АМ, Д4.5А, Д4.5В, Д10А, Д10В, Д30А, Д30В

Детекторы Д1А, Д1В, Д4.5АМ, Д4.5А, Д4.5В, Д10А, Д10В, Д30А, Д30В представляют собой обратно-смещенные диоды из монокристаллического кремния, изготовленные по технологии ионной имплантации. Регистрируемое излучение альфа-, бета-частицы, осколки деления и т. п.

Выпускаются в двух вариантах конструктивного исполнения: без разъема и с разъемом типа РС (аналог LEMO).Чувствительная поверхность защищена светонепроницаемым алюминиевым слоем, что позволяет проводить дезактивацию детекторов спиртовым раствором.

Основное назначение детекторов – спектрометрия и радиометрия заряженных частиц.

Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.32. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 1.40.

Таблица 1.32. Основные параметры детекторов Д1А–Д30В при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Д1А	Д1В	Д4.5 АМ	Д4.5 А	Д4.5 В	Д10 А	Д10 В	Д30 А	Д30 В
Площадь чувствительной области, *S*, мм^2	100	100	450	450	450	1000	1000	3000	3000
Размер входного окна, мм	10 × 10	10 × 10	21,5 × 21,5	21,5 × 21,5	21,5 × 21,5	32,5 × 28,7	32,5 × 28,7	Ш62	Ш62
Толщина чувствительной области, *W*, мкм	100–350								
Толщина мертвого слоя, *A*	4000								
Энергетическое разрешение для α-излучения с энергией 5,5 МэВ при оптимальном напряжении смещения	18	25	18	25	35	35	45	50	65

Таблица 1.32. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Д1А	Д1В	Д4.5 АМ	Д4.5 А	Д4.5 В	Д10 А	Д10 В	Д30 А	Д30 В
Диапазон рабочих напряжений, В	20–120					60–200			
Емкость, *C*, пФ, не более	100	135	136	210	270	270	670	670	670
Энергетический эквивалент шума, $Q_{ш}$, кэВ, не более	6	10	14	15	25	25	35	40	55
Обратный ток, $I_{обр}$, нА, не более	1	2	3	1	2	3	2	3	4
Габаритные размеры (с разъемом), мм	∅24 × 12 (∅24 × 19)		∅39 × 12 (∅39 × 19)			∅54 × 12 (∅54 × 19)		∅90 × 12 (∅90 × 19)	
№ рисунка	1-146		1-147			1-148		1-149	

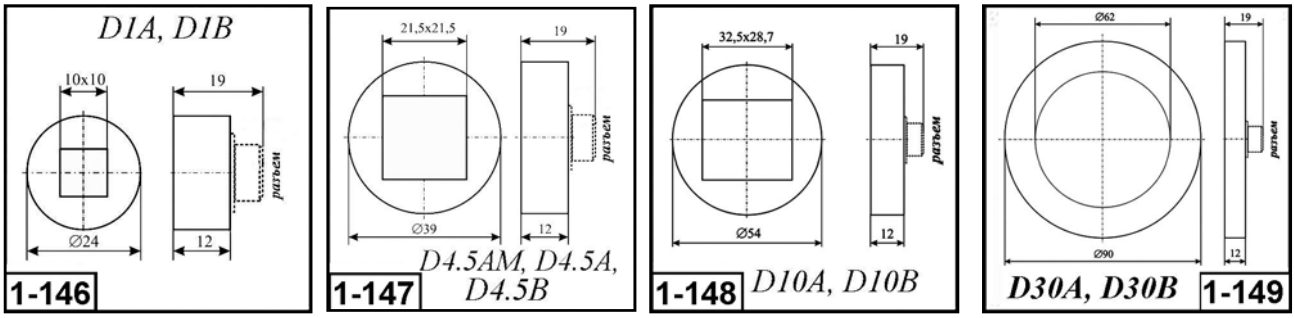


Рис. 1.40. Внешний вид и габаритные размеры детекторов Д1А, Д1В, Д4.5АМ, Д4.5А, Д4.5В, Д10А, Д10В, Д30А, Д30В

1.3.1.13. Детектор кремниевый γ-излучения типа ДКГ

Детектор кремниевый гамма-излучения ДКГ предназначен для измерения в режиме импульсного счета мощности экспозиционной дозы в диапазоне от 10^{-4} до 10^{3} Р/ч гамма-излучения с энергией от 0,08 до 7,0 МэВ.

Детектор представляет две пластины кремния с созданными в них структурами, установленные в едином герметичном металлическом корпусе.

Конструкция детектора неразборная, герметичная. Контакты p^{+} пластин соединены с корпусом детектора. Контакты n^{+} пластин соединены с изолированными выводами.

Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.33. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 1.41.

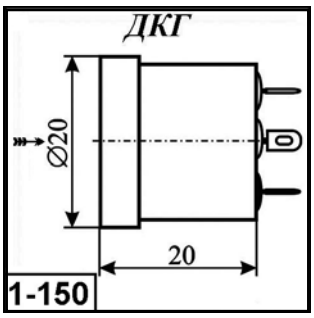


Рис. 1.41. Внешний вид и габаритные размеры детектора типа ДКГ

Таблица 1.33. Основные параметры кремниевого детектора γ-излучения ДКГ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	
	Пластина 1	Пластина 2
Размеры чувствительной области, мм	∅6,7	1,5 × 1,5
Толщина пластины, мм	3	3
Глубина чувствительной области, мм	1,5	0,5
Диапазоны измеряемых мощностей экспозиционной дозы, Р/ч	10^{-4}–10^{3}	
Диапазон регистрируемых энергий γ-излучения, МэВ	0,08–7,0	
Чувствительность к γ-излучению с энергией 0,661 МэВ изотопа ^{137}Cs, имп/мкР	22,5–35	0,4–0,7

Таблица 1.33. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	
	Пластина 1	Пластина 2
Изменение чувствительности пластин в диапазоне энергий γ-излучения от 0,08 до 1,25 МэВ относительно значения чувствительности при энергии 0,661 МэВ. %, не более	±35	
Скорость счета, обусловленная собственным шумом, при температуре 60 °С, имп/с, не более	0,1	
Энергетический эквивалент шума, *Q*ш, кэВ, не более	20	15
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	1,5	0,8
Напряжение питания, В	60 ± 3	
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+60	
Габаритные размеры, мм	∅20 × 20	
№ рисунка	1-150	

1.3.1.14. Детектор кремниевый ионно-имплантированный ДГб-0,25

Детектор кремниевый ионно-имплантированный ДГб-0,25 предназначен для спектрометрии и радиометрии рентгеновского и гамма-излучения. Чувствительный элемент детектора изготовлен из высокоомного кремния n-типа по технологии ионной имплантации в виде *pin*-структуры. «Минус» питания отмечен риской на торце корпуса детектора.

Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.34. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 1.42.

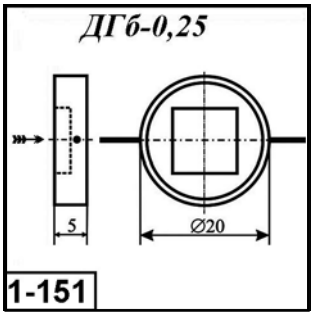


Рис. 1.42. Внешний вид и габаритные размеры детектора типа ДГб-0,25

Таблица 1.34. Основные параметры детектора ДГб-0,25 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Площадь чувствительной области, см^2	2–3
Толщина детектора, мм	3
Энергетическое разрешение по линии ^{241}Am (60 кэВ), не более, кэВ	3
Энергетическое разрешение для конверсионных электронов с энергией 975,6 кэВ изотопа ^{207}Bi, кэВ, не более	30
Энергетический эквивалент шума, кэВ, не более	25
Рабочее напряжение, В	60–150
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	2
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50
Габаритные размеры, мм	∅20 × 5
№ рисунка	1-151

1.3.1.15. Миниатюрный диффузионно-дрейфовый детектор типа ДКД-М

Детектор кремниевый диффузионно-дрейфовый миниатюрный типа ДКД-М. Детекторы имеют очень малые размеры (высота 5 мм, внешний диаметр 1,5 и 3 мм). Объем чувствительной области детекторов достигает 21 мм^3, что позволяет регистрировать бета-излучение с энергией до 2 МэВ, а также проводить измерения мощности дозы

гамма-излучения (в счетном режиме: 10^{-1}–10^{3} Р/ч и в токовом: 10–150 Р/мин). Энергетический эквивалент шума детекторов типа ДКД-М при температуре окружающей среды 40 °С – не более 50 кэВ.

Конструкция детектора бескорпусная, герметизированная эпоксидной смолой.

Благодаря малым размерам их можно применять в различных зондах для внутриполостных исследований.

Внешний вид детектора ДКД-М приведен на рис. 1.43.

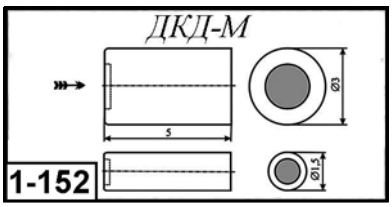


Рис. 1.43. Внешний вид и габаритные размеры детектора ДКД-М

1.3.1.16. Детектор кремниевый ДКД-Пм-2,5-3

Детектор бета- и гамма-излучений типа ДКД-Пм-2,5-3 представляет собой пластину кремния с созданной в ней *pin*-структурой, которая установлена в металлическом герметичном корпусе. Конструкция детектора неразборная.

Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.35. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 1.44.

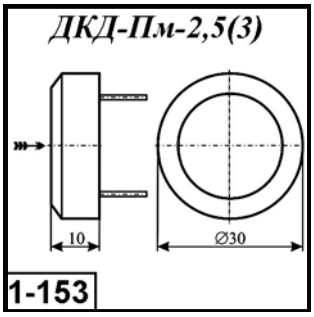


Рис. 1.44. Внешний вид и габаритные размеры детектора ДКД-Пм-2,5-3

Таблица 1.35. Основные параметры детектора ДКД-Пм-2,5-3 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ДКД-Пм-2,5	ДКД-Пм-3
Площадь чувствительной области, S, см^2	2,5	3,0
Толщина чувствительной области, W, мм	3,0	
Энергетическое разрешение для бета-частиц с энергией 975,6 кэВ изотопа ^{207}Bi, кэВ, не более	60	
Диапазон рабочих напряжений, В	150±5	
Энергетический эквивалент шума, $Q_{ш,}$ кэВ, не более	20	
Обратный ток, $I_{обр}$, мкА, не более	2	
Габаритные размеры, мм, не более	∅30 × 10	
№ рисунка	1-153	

1.3.1.17. Кремниевые дозиметры СКД1, СКД1-01, СКД1-02

Предназначены для преобразования импульсного гамма-излучения с энергией 0,06–10 МэВ в электрические аналоги мощности экспозиционной дозы. В состав дозиметров СКД1, СКД1-01, СКД1-02 входят: чувствительный элемент в виде кремниевой *pin*-структуры, наклеенной на графитовую подложку, изолятор, контакты, кабель и пылевлагонепроницаемый корпус (табл. 1.36).

Таблица 1.36. Основные параметры дозиметров серии СКД1 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	СКД1	СКД1-01	СКД1-02
Чувствительность к фотонному излучению со средней энергией 1,25 МэВ А·с/Р	$2{,}8\cdot10^{-9}$–$7{,}0\cdot10^{-9}$	$1{,}4\cdot10^{-8}$–$2{,}0\cdot10^{-8}$	$1{,}3\cdot10^{-7}$–$1{,}9\cdot10^{-7}$
Диапазоны измеряемых мощностей доз, Р/с	$1{,}1\cdot10^{6}$–$5{,}7\cdot10^{8}$	$2{,}1\cdot10^{5}$–$2{,}0\cdot10^{8}$	$2{,}3\cdot10^{4}$–$2{,}1\cdot10^{7}$
Временное разрешение, нс	1,5	3,5	5

Таблица 1.36. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	СКД1	СКД1-01	СКД1-02
Диапазоны измеряемых длительностей импульсов на половине амплитуды	6 нс – 1 мкс	15 нс – 1 мкс	20 нс – 1 мкс
Максимальный выходной линейный ток, А	4		
Напряжение питания, В	500±25	600±25	800±25
Габаритные размеры, мм [масса, г]	21 × 27 [150]		

1.3.1.18. Детекторы нейтронного и γ-излучения типа СППД1, СППД1-01, СППД3, СППД3-01, СППД5

Полупроводниковые кремниевые детекторы нейтронного и гамма-излучения типа СППД1, СППД1-01, СППД3, СППД3-01, СППД5 предназначены для преобразования импульсных потоков гамма-квантов и нейтронного излучения при работе в динамическом режиме в электрический аналог и могут быть использованы в различных системах регистрации. Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.37.

Таблица 1.37. Основные параметры детекторов нейтронного и γ-излучения серии СППД1 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	СППД1	СППД1-01	СППД3	СППД3-01	СППД5
Чувствительность к γ-излучению, ^{60}Co, Кл·см^2	$(0{,}8–2{,}5)\cdot10^{-16}$	$(0{,}7–2{,}3)\cdot10^{-17}$	$(0{,}7–2{,}3)\cdot10^{-17}$	$(0{,}7–2{,}3)\cdot10^{-17}$	$(1{,}6–6{,}0)\cdot10^{-18}$
Чувствительность к нейтронам,14 МэВ, Кл·см^2	$(0{,}7–2{,}4)\cdot10^{-15}$	$(0{,}6–2{,}2)\cdot10^{-16}$	–	$(0{,}6–2{,}2)\cdot10^{-16}$	–
Временное разрешение, нс	6	3	7	7	1,2
Сопротивление нагрузки, Ом	75	75	75	75	75
Выходной линейный ток, А, не менее	20	20	5	5	10
Напряжение питания, В	1800±20	1800±20	600±25	600±25	1500

1.3.1.19. Детектор полупроводниковый рентгеновского излучения СППД11

Детектор полупроводниковый кремниевый СППД11 предназначен для преобразования рентгеновского излучения в электрический аналог и может быть использован в различных системах регистрации. Основные параметры детекторов приведены в табл. 1.38.

Таблица 1.38. Основные параметры детекторов рентгеновского излучения серии СППД11 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	СППД11	СППД11-01	СППД11-02	СППД11- 03	СППД11- 04
Диапазон регистрируемых энергий, кэВ:	0,4–120	2–120	2–120	2–120	0,4–40
Квантовая чувствительность, 10^{18} А·с·см^2 /квант	5,2–155	46–245	46–305	46–375	0,33–12
Временное разрешение, нс	23	9	8	11	1,5
Выходной линейный ток, А, не менее	2	2	2	2	1
Напряжение питания, В	–400	–500	–700	–900	500
Диаметр входного окна, мм	10	10	10	10	2,5

1.3.1.20. Детекторы полупроводниковые рентгеновского излучения ПРД-Д-01, ПРД-Д-02, ПРД-Д-04

Детекторы полупроводниковые кремниевые селективные типа ПРД-Д-01, ПРД-Д-02, ПРД-Д-04 компенсационного типа предназначены для преобразования импульсного рентгеновского излучения в электрический аналог. Детекторы обладают селективными свойствами и предназначены для интегральной регистрации импульсных потоков рентгеновского излучения в заданном спектральном интервале, определяемом подбором краевых фильтров. Уменьшение вклада более жесткой части спектра в электрический сигнал осуществляется схемотехнически.

Основные параметры детекторов рентгеновского излучения серии ПРД-Д приведены в табл. 1.39. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 1.45.

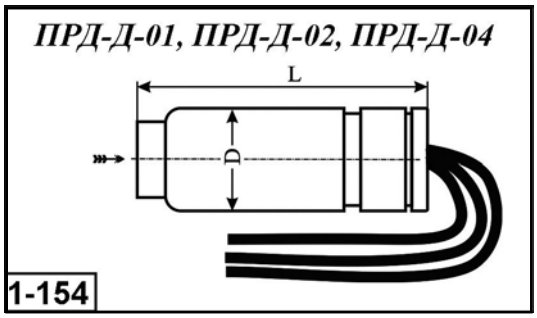


Рис. 1.45. Внешний вид и габаритные размеры детектора серии ПРД-Д

Таблица 1.39. Основные параметры детекторов рентгеновского излучения серии ПРД-Д при температуре 20±5 °С

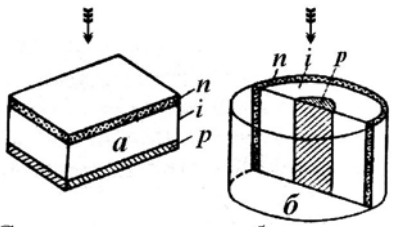
Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	ПРД-Д-01	ПРД-Д-02	ПРД-Д-04
Диапазон регистрируемых энергий, кэВ	~3–30	~3–70	~3–30
Ширина спектрального интервала, dE/E, %	~5–20	~5–20	~5–20
Максимальная спектральная чувствительность в выделенном спектральном интервале, Кл.см^2/квант	>10^{-18}	>10^{-18} (3–30 кэВ) >10–19 (50–70 кэВ)	>10^{-18}
Погрешность определения чувствительности в выделенном интервале (P = 0,95),%, не более	±12	±12	±12
Напряжение питания (положительное и отрицательное), В	300–900	300–900	300–900
Габаритные размеры корпуса, $D \times L$, мм	∅34 × 120	∅46 × 124	∅25 × 100
№ рисунка	1-154		

1.3.2. Полупроводниковые детекторы излучения на основе германия

Германиевые детекторы в основном используются для регистрации гамма-излучений. В качестве материала чувствительного элемента детектора, как правило, применяется германий, легированный литием (Ge:Li), на основе которого формируется *pin*-структура.

Наиболее широко используются два вида чувствительных структур: планарная и коаксиальная. Схематическое изображение чувствительных структур (ЧС) германиевых детекторов излучения показано на рис. 1.46.

Наилучшие временные параметры – у ЧС планарных детекторов, которые, как правило, обладают хорошей однородностью электрического поля в чувствительной



Схематическое изображение чувствительных структур ППД: а - планарная; б - коаксиальная.

Рис. 1.46. Схематическое изображение чувствительных структур германиевых детекторов

области, обеспечивающей отличные условия сбора носителей заряда. Большинство германиевых детекторов имеют рабочее напряжение от 1200 до 2500 В. Отношение пик/комптон для линии 1333 кэВ (^{60}Co) у планарных детекторов 5–10, а у коаксиальных может достигать 40 и более.

По сравнению с кремниевыми и сцинтилляционными детекторами, германиевый ППД имеет более высокую эффективность, превосходное разрешение по энергиям.

Однако реализации высоких параметров германиевого детектора, его чувствительный элемент необходимо охлаждать до температуры жидкого азота (77 °К). Для охлаждения чувствительного элемента германиевого детектора могут использоваться различные способы: заливка жидкого хладагента, многокаскадные термоэлектрические охладители (ТЭО), газовые микрокриогенные машины и т. п.

Следует отметить, что чувствительные объемы выпускаемых германиевых ППД пока уступают сцинтилляторам, а стоимость и затраты на изготовление и эксплуатацию много выше.

Использование ППД целесообразно только в тех случаях, когда требуется высокое энергетическое разрешение детекторов.

Ниже приводятся основные параметры некоторых типов германиевых детекторов отечественного производства.

1.3.2.1. Германиевые детекторы ДГД-5, ДГДК-15, ДГДК-20, ДГДК-25, ДГДК-30, ДГДК-35, ДГДК-40, ДГДК-50, ДГДК-60, ДГДК-70, ДГДК-80, ДГДК-90

Германиевые детекторы серий ДГД и ДГДК предназначены для регистрации гамма-излучений.

Детекторы типа ДГД-5 имеют планарную структуру чувствительного элемента, а остальные – коаксиальную.

Для сохранения чистоты поверхности чувствительного элемента детектора и для удобства обращения с ним ЧЭ помещают в алюминиевую капсулу, которую предварительно откачивают до давления 10^{-4} мм рт. ст. и «заваривают» методом холодной сварки.

Детекторы эксплуатируются только в охлажденном состоянии.

Германиевые детекторы ДГД и ДГДК поставляют как отдельно в капсулах, так и в криостатах типа КР1-01 или КР2-01, или аналогичных.

Основные параметры германиевых детекторов серий ДГД и ДГДК приведены в табл. 1.40.

Таблица 1.40а. Основные параметры германиевых детекторов ДГД и ДГДК при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДГД-5			ДГДК-15			ДГДК-20			ДГДК-25		
	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
Объем чувствительной области, V, мм^3	$5 < V < 15$			$15 < V < 20$			$20 < V < 25$			$25 < V < 30$		
Сечение поглощения σ для E_γ = 1333 кэВ, мм^2	$3{,}2 < \sigma < 4$			$10 < \sigma < 15$			$15 < \sigma < 20$			$20 < \sigma < 25$		
Энергетическое разрешение для E_γ = 1333 кэВ по ^{60}Co, кэВ	$3{,}2 < \eta < 4{,}0$	$< 3{,}2$	–	$2{,}5 < \eta < 3{,}2$	$2{,}0 < \eta < 2{,}5$	$< 2{,}0$	$2{,}5 < \eta < 3{,}2$	$2{,}0 < \eta < 2{,}5$	$< 2{,}0$	$2{,}5 < \eta < 3{,}2$	$2{,}0 < \eta < 2{,}5$	$< 2{,}0$
Диапазон рабочих напряжений, В	1200–2500											

Таблица 1.40б. Основные параметры германиевых детекторов ДГДК при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДГДК-30			ДГДК-35			ДГДК-40			ДГДК-50		
	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
Объем чувствительной области, V, мм^3	$30 < V < 35$			$35 < V < 40$			$40 < V < 50$			$50 < V < 60$		
Сечение поглощения σ для E_γ = 1333 кэВ, мм^2	$25 < \sigma < 30$			$30 < \sigma < 35$			$35 < \sigma < 45$			$45 < \sigma < 55$		
Энергетическое разрешение для E_γ = 1333 кэВ по ^{60}Co, кэВ	$2,5 < \eta < 3,2$	$2,0 < \eta < 2,5$	$< 2,0$	$2,5 < \eta < 3,2$	$2,0 < \eta < 2,5$	$< 2,0$	$2,5 < \eta < 3,2$	$2,0 < \eta < 2,5$	$< 2,0$	$2,5 < \eta < 3,2$	$2,0 < \eta < 2,5$	$< 2,0$
Диапазон рабочих напряжений, В	1200–2500											

Таблица 1.40в. Основные параметры германиевых детекторов ДГДК при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ДГДК-60			ДГДК-70			ДГДК-80			ДГДК-90		
	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
Объем чувствительной области, V, мм^3	$60 < V < 70$			$70 < V < 80$			$80 < V < 90$			$90 < V < 100$		
Сечение поглощения σ для E_γ = 1333 кэВ, мм^2	$55 < \sigma < 65$			$65 < \sigma < 75$			$75 < \sigma < 85$			$85 < \sigma < 95$		
Энергетическое разрешение для E_γ = 1333 кэВ по ^{60}Co, кэВ	$3,2 < \eta < 4,0$	$2,5 < \eta < 3,2$	$< 2,5$	$3,2 < \eta < 4,0$	$2,5 < \eta < 3,2$	$< 2,5$	$4,0 < \eta < 5,0$	$3,2 < \eta < 4,0$	$< 3,2$	$4,0 < \eta < 5,0$	$3,2 < \eta < 4,0$	$< 3,2$
Диапазон рабочих напряжений, В	1200–2500											

1.3.2.2. Германиевые радиационные детекторы ДГР-11, ДГР-12, ДГР-22

Германиевые радиационные детекторы ДГР-11, ДГР-12, ДГР-22 предназначены для регистрации рентгеновского и гамма-излучения с энергией 10–600 кэВ. Чувствительный элемент детектора размещается в герметичном металлическом корпусе.

Детекторы работают только в охлажденном состоянии при температуре до 77 °К. Используются совместно с криостатами типа КР1-01 или КР2-01 (или аналогичными).

Основные параметры детекторов ДГР-11, ДГР-12, ДГР-22 приведены в табл. 1.41. Внешний вид приборов дан на рис. 1.47.

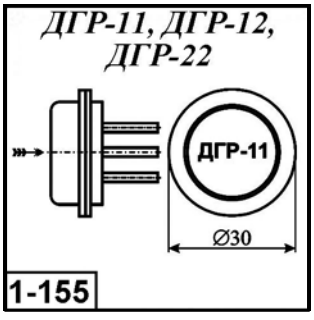


Рис. 1.47. Внешний вид германиевых детекторов ДГР-11, ДГР-12, ДГР-22

Таблица 1.41. Основные параметры германиевых детекторов ДГР-11, ДГР-12, ДГР-22

Наименование параметра. Единица измерения	Типа прибора/Норма параметра		
	ДГР-11	ДГР-12	ДГР-22
Площадь чувствительной области, S, мм^2	$2,1 < S < 2,5$	$2,1 < S < 2,5$	$2,1 < S < 2,5$
Толщина чувствительной области, W, мм	$1,0 < W < 3,5$	$0,7 < W < 1,6$	$0,7 < W < 3,5$
Чувствительность регистрации при полном поглощении, σ, для E_γ = 662 кэВ, мм^2, не менее	1,0	0,3	_
Чувствительность регистрации при полном поглощении, σ, для E_γ = 122 кэВ, мм^2, не менее	25	15	20
Энергетическое разрешение, η, для E_γ = 662 кэВ, кэВ, не более	6,6	6,6	_

Таблица 1.41. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Типа прибора/Норма параметра		
	ДГР-11	ДГР-12	ДГР-22
Энергетическое разрешение, η, для E_γ = 122 кэВ, кэВ, не более	4,0	4,0	2,5
№ рисунка	1-155		

1.3.2.3. Германиевые детекторы ДГР-3-1, ДГР-3-2, ДГР-3-3, ДГР-5-1, ДГР-5-2, ДГР-5-8

Германиевые радиационные детекторы ДГР-3-1, ДГР-3-2, ДГР-3-3, ДГР-5-1, ДГР-5-2, ДГР-5-8 предназначены для регистрации рентгеновского и гамма-излучения. Чувствительный элемент детектора размещается в герметичном металлическом корпусе.

Детекторы работают только в охлажденном состоянии, при температуре до 77 °К. Используются совместно с криостатами типа КР1-01 или КР2-01 (или аналогичными). Входным окном криостата служит бериллий толщиной 100–200 мкм.

Основные параметры детекторов ДГР-3-1, ДГР-3-2, ДГР-3-3, ДГР-5-1, ДГР-5-2, ДГР-5-8 приведены в табл. 1.42. Внешний вид приборов дан на рис. 1.44.

Таблица 1.42. Основные параметры германиевых детекторов ДГР-3-1, ДГР-3-2, ДГР-3-3, ДГР-5-1, ДГР-5-2, ДГР-5-8 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	ДГР-3-1	ДГР-3-2	ДГР-3-3	ДГР-5-1	ДГР-5-2	ДГР-5-8
Площадь чувствительной области, *S*, мм^2	150	150	150	150	150	150
Толщина чувствительной области, *W*, мм	2,5–3,0	2,5–3,0	2,5–3,0	4,0–4,8	4,0–4,8	4,0–4,8
Электрическая емкость, *C*, пФ, не более	11,5	11,5	11,5	8,2	8,2	8,2
Энергетическое разрешение ПШПВ по линии 122 кэВ (^{57}Co), γ, кэВ, не более	1,0	1,25	1,6	1,0	1,25	1,6
Энергетическое разрешение ПШПВ по линии 662 кэВ (^{57}Co), γ, кэВ, не более	3,2	4,0	6,3	3,2	4,0	6,3
Эффективность регистрации при полном поглощении по линии 14, кэВ (^{57}Co), мм^2, не менее	50	50	50	50	50	50
Чувствительность регистрации при полном поглощении, σ, для E_γ = 122 кэВ (^{57}Co), мм^2, не менее	25	25	25	35	35	35
Чувствительность регистрации при полном поглощении, σ, для E_γ = 662 кэВ (^{137}Cs), мм^2, не менее	0,3	0,3	0,3	1,2	1,2	1,2
№ рисунка	1-155					

1.3.2.4. Блоки детектирования рентгеновского излучения БДР1-20, БДР2-20, БДР1-50, БДР2-50, БДР1-125, БДР2-125, БДР1-200, БДР2-200

Блоки детектирования БДР1-20, БДР2-20, БДР1-50, БДР2-50, БДР1-125, БДР2-125, БДР1-200, БДР2-200 предназначены для регистрации рентгеновского и гамма-излучений.

Блок детектирования содержит: детектор серии ДГР-3 или ДГР-5, криостат КР1-01 (или КР2-01) и охлаждаемый предусилитель. Криостат помещают в стандартный сосуд Дьюара АСД-20, что позволяет сохранять работоспособность блоков без доливки азотом сосуда в течение 5–7 дней. Блоки работают только в охлажденном состоянии при температуре до 77 °К.

Основные параметры блоков детектирования приведены в табл. 1.43.

Таблица 1.43. Основные параметры блоков детектирования рентгеновского излучения типа БДР1 и БДР2

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра			
	БДР1-20 БДР2-20	БДР1-50 БДР2-50	БДР1-125 БДР2-125	БДР1-200 БДР2-200
Площадь чувствительной области, S, мм^2	20	50	125	200
Энергетическое разрешение для линии 8,05 кэВ (K_α Cu), γ, эВ, не более	450	560	710	800
Энергетическое разрешение по линии 59,6 кэВ (^{241}Am), γ, эВ, не более	630	710	800	900
Чувствительность регистрации по линии 14,4 кэВ (^{57}Co), σ, мм^2, не менее	10	25	60	80
Чувствительность регистрации по линии 59,6 кэВ (^{241}Am), σ, мм^2, не менее	15	40	100	140
Чувствительность регистрации по линии 122 кэВ (^{57}Co), σ, мм^2, не менее	5	12	30	40

1.3.3. Полупроводниковые детекторы излучения на основе других п/п материалов

Наряду с совершенствованием конструкци технологии производства кремнивых и германиевых ППД в стране и за ее пределами выполняются работы по использованию для изготовления чувствительных элементов ППД и иных материалов. Например, ведутся работы по созданию чувствительных элементов на основе теллурида кадмия и арсенида галлия. Но до промышленного освоения и широкого применения подобных материалов пока еще далеко.

В последнее время разработаны твердотельные детекторы гамма-излучения, работающие при комнатной температуре. В них использована комбинация кадмия (Cd), цинка (Zn) и теллура (Tl) (CZT-детектор). Они имеют хорошее энергетическое разрешение, высокую эффективность регистрации, высокую временную и температурную стабильности, высокое отношение «сигнал–шум»", высокую эффективность регистрации в диапазоне энергий до 511 кэВ, приемлемую стоимость.

Далее приводятся основные параметры и характеристики некоторых ППД на «нетрадиционных» материалах.

1.3.3.1. Датчики рентгеновского и гамма-излучений типа РГД-0, РГД-1, РГД-2 и ГД-Г1

Отечественной промышленностью выпускались гамма-датчики РГД-2 и ГД-Г1 и датчики рентгеновского излучения РГД-0 и РГД-1 (которые одновременно являются и датчиками гамма-излучений).

Чувствительный элемент датчиков изготовлен на основе поликристаллических сульфида и селенида кадмия.

Рентгеногамма-датчик РГД-0 защищен толстым слоем прозрачной для рентгеновского, гамма-излучений и видимого света эпоксидной смолы.

Рентгеногамма-датчики РГД-1 представляют собой конструкцию, в которой чувствительный элемент из сернистого кадмия помещен в пластмассовое основание, представляющее собой цоколь от восьмиштырьковой электронной лампы. На цоколь со стороны чувствительного элемента приклеивается крышка, имеющая по центру отверстие диаметром 20 мм. На поверхности чувствительного элемента РГД-1 имеется защитный слой прозрачного эпоксидного компаунда.

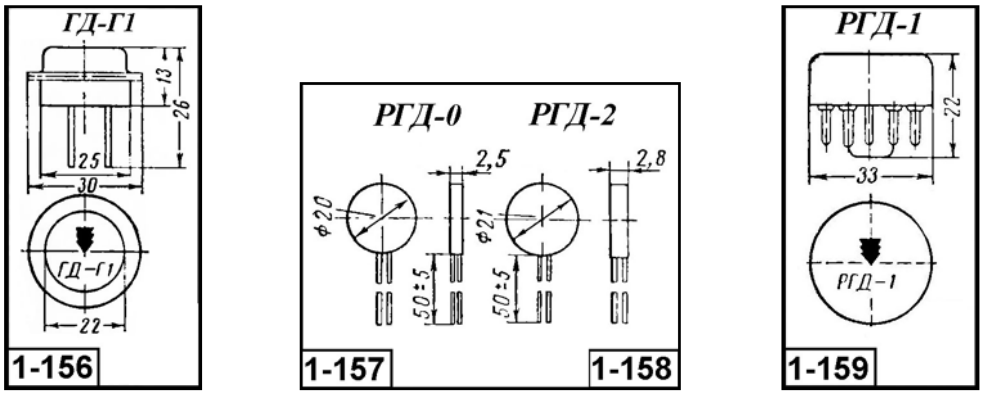
У гамма-датчика РГД-2 чувствительный элемент помещается в металлический колпачок. В колпачке полупроводниковый слой обращен внутрь. Такое расположение чувствительного слоя защищает его от попадания видимого света, а также от рентгеновского излучения.

Чувствительный элемент датчика ГД-Г1 помещен в металлический корпус круглой формы.

Основные параметры датчиков рентгеновского и гамма-излучений приведены в табл. 1.44. Внешний вид и габаритные размеры датчиков даны на рис. 1.48.

Таблица 1.44. Основные параметры датчиков рентгеновского и гамма-излучений типа РГД и ГД при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Площадь чувствительной площадки, мм²	Расстояние между электрдами, мм	Напряжение питания, В	Темновой ток, мкА, не более	γ-ток (при мощности излучения), мкА	Средняя чувствительность, мкА/Р/ч	Рентгеновский ток, мкА	Постоянная времени при 5 Р/ч, с	Предельно допустимое напряжение питания, В, не более	Допустимая мощность рассеяния, Вт	Температурный коэффициент добавочного тока, %/°С	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
РГД-0	300	1	10	10	500 (5 Р/ч)	100	900	60	50	0,05	±0,3	–25...+40	∅20 × 2,5	1-157
РГД-1	300	1	10	10	500 (5 Р/ч)	100	900	60	50	0,05	±0,3	–60...+85	∅21 × 2,8	1-159
РГД-2	300	1	10	10	500 (5 Р/ч)	100	–	60	50	0,05	±0,3	–25...+40	∅33 × 22	1-158
ГД-Г1	300	1	30	1000	4000 (3 Р/с)	–	–	20	50	0,1	±0,8	–25...+40	∅30 × 13	1-156



а б в

Рис. 1.48. Внешний вид и габаритные размеры детекторов:
а – ГД-Г1; б – РГД-0 и РГД-2; в – РГД-1

1.3.3.2. Детекторы полупроводниковые СППД12, СППД14

Детекторы полупроводниковые СППД12 и СППД14 предназначены для преобразования импульсных потоков гамма-излучения в электрический аналог в составе 50-омного или 75-омного измерительного канала.

Чувствительный элемент детектора коаксиальной формы изготовлен из **телурида кадмия (CdTe)**.

Детектор имеет лучшие технические характеристики относительно базового детектора (СППД11) на основе сборки кремниевых *pin*-диодов по чувствительности, временному разрешению и радиационной стойкости.

Основные параметры параметры детекторов СППД12 и СППД14 приведены в табл. 1.45.

Таблица 1.45. Основные параметры детекторов полупроводниковых СППД12, СППД14

Наименование параметра. Единица измерения	**СППД12**	**СППД14**
Чувствительность к γ-излучению ^{60}Co, Кл·см^2, не менее	$2{,}0\cdot10^{-19}$	
Погрешность определения чувствительности, %	±15	
Временное разрешение, нс, не более	0,3	
Выходной линейный ток, А, не менее	0,5	
Сопротивление нагрузки, Ом	50	75
Напряжение питания, В	±1200	
Габаритные размеры, мм	20×30	
Масса, г, не более	300	

1.4. ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЛМАЗА

1.4.1. Спектрометрический алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-1

Спектрометрический детектор ионизирующего излучения АДИИ-1 предназначен для измерения энергетических спектров источников альфа-частиц, протонов, ионов и используется в составе спектрометрических систем и приборов (с зарядочувствительными предусилителями и многоканальными анализаторами).

Детектор представляет собой самостоятельный прибор, включающий чувствительный элемент на основе алмаза, установленный внутри специального корпуса, выполненного в стандарте BNC-7025. В корпусе имеется входная диафрагма, размеры которой определяются площадью активной области чувствительного элемента. Детектор согласован для работы в каналах регистрации с волновым сопротивлением 50 Ом.

Основные параметры детектора АДИИ-1 приведены в табл. 1.46. Внешний вид и габаритные размеры детектора даны на рис. 1.50, а схема включения – на рис. 1.51.

Таблица 1.46. Основные параметры детектора ионизирующего излучения АДИИ-1

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	АДИИ-1.1	АДИИ-1.2	АДИИ-1.3
Площадь чувствительного элемента, мм^2	2–16	2–16	2–16
Толщина чувствительного элемента, мм	0,2–0,3	0,2–0,3	0,2–0,3
Энергетическое разрешение для α-частиц с энергией 5 МэВ, %	< 2	2–5	5–10
Ухудшение величины энергетического разрешения, %, не более	2		
Изменение положения энергетического пика, %, не более	5		
Нестабильность скорости счета за 8 часов, %, не более	2		
Время нарастания выходного импульса, нс, не более	1		
Предельно допустимая доза α-частиц, вызывающая поляризацию, частиц/см^2	10^{12}–10^{13}		
Напряжение питания, $U_{см}$, В	200–400		
Темновой ток, А, не более	$5 \cdot 10^{-13}$		
Диапазон рабочих температур, °С	+5...+30		
Габаритные размеры, мм	$\varnothing 12 \times 29$		
Масса, г, не более	15		
№ рисунка	1-160		

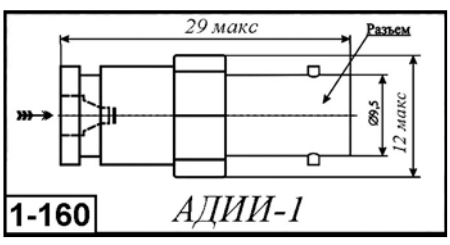


Рис. 1.50. Внешний вид и габаритные размеры детектора АДИИ-1

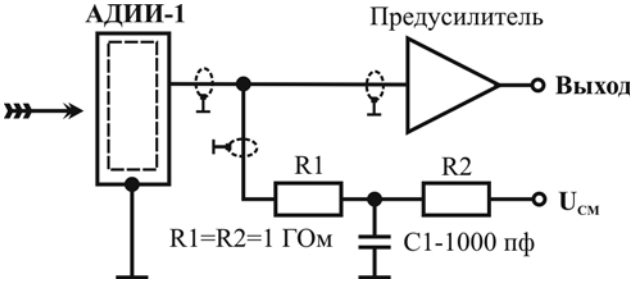


Рис. 1.51. Схема включения детектора АДИИ-1

1.4.2. Алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-2

Детектор ионизирующего излучения АДИИ-2 предназначен для измерения объемной и удельной активности радионуклидов в газах. Детектор может работать как в счетном, так и в токовом режиме и успешно применяется для дозового мониторинга фотонного и высокоэнергетичного корпускулярного излучения.

Детектор представляет собой самостоятельный прибор, включающий чувствительный элемент на основе алмаза, установленный внутри специального металлического корпуса, выполненного в стандарте BNC-7025. В корпусе имеется входная диафрагма, размеры которой определяются площадью активной области чувствительного элемента. Детектор согласован для работы в каналах регистрации с волновым сопротивлением 50 Ом.

Основные параметры детектора АДИИ-2 приведены в табл. 1.47. Внешний вид и габаритные размеры детектора даны на рис. 1.52, а схема включения – на рис. 1.53.

Таблица 1.47. Основные параметры детектора ионизирующего излучения АДИИ-2

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Площадь чувствительного элемента, мм^2	2–16
Толщина чувствительного элемента, мм	0,2–0,4
Диапазон регистрируемых энергий:	
α-частицы	4,5–7,6 МэВ
β-излучение	66 кэВ – 1 МэВ
γ- и рентгеновское излучение	2 кэВ – 3 Мэв
Чувствительность, Кл·мм^2·β-частиц$^{-1}$, не менее	$1{,}4\cdot10^{-19}$
Нестабильность скорости счета за 8 часов, %, не более	2
Время нарастания выходного импульса, нс, не более	1
Предельно допустимая доза α-частиц, вызывающая поляризацию, частиц/см^2	10^{12}–10^{13}
Напряжение питания, $U_{см}$, В	50–200
Темновой ток, А, не более	$5\cdot10^{-13}$
Диапазон рабочих температур, ˚С	+5...+30
Габаритные размеры, мм	15 × 27
Масса, г, не более	15
№ рисунка	1-161

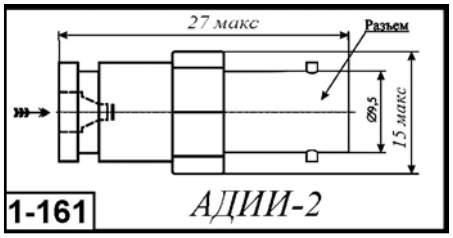


Рис. 1.52. Внешний вид и габаритные размеры детектора АДИИ-2

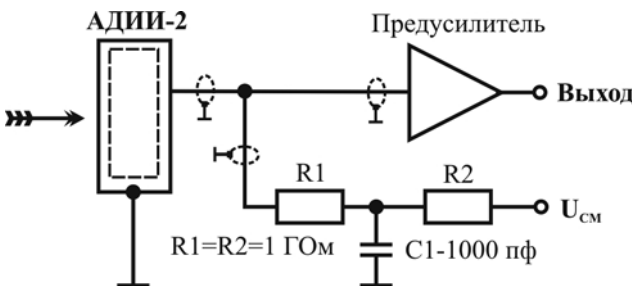


Рис. 1.53. Схема включения детектора АДИИ-2

1.4.3. Алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-3

Детектор АДИИ-3 предназначен для регистрации импульсов бета- и гамма-излучения с высоким временным разрешением и может эксплуатироваться в промышленных и лабораторных условиях.

Детектор представляет собой самостоятельный прибор, включающий чувствительный элемент на основе алмаза, установленный внутри специального корпуса, выполненного в стандарте BNC. В корпусе имеется входная диафрагма, размеры которой определяются площадью активной области чувствительного элемента. Детектор согласован для работы в каналах регистрации с волновым сопротивлением 50 Ом.

Основные параметры детектора АДИИ-3 приведены в табл. 1.48. Внешний вид и габаритные размеры детектора даны на рис. 1.54, а схема включения – на рис. 1.55.

Таблица 1.48. Основные параметры детектора ионизирующего излучения АДИИ-3

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Площадь активной области, мм^2	1–8
Толщина полупроводникового элемента, мм	0,2–1,0
Напряжение смещения, $U_{СМ}$, В	50–200
Темновой ток, А	$5 \cdot 10^{-13}$
Чувствительность регистрации γ-излучения, не менее, Кл/Гр	н/д
Чувствительность регистрации β-излучения, Кл/Гр	н/д
Диапазон линейности измеряемой мощности дозы, Гр/с	2–4
Диапазон регистрируемых энергий γ-излучения, МэВ	от 0.02 до 20
Временное разрешение не хуже, нс	н/д
Диапазон рабочих температур, ˚С	+5...+30
Габаритные размеры, мм	∅29
Масса, г, не более	15
№ рисунка	1-162

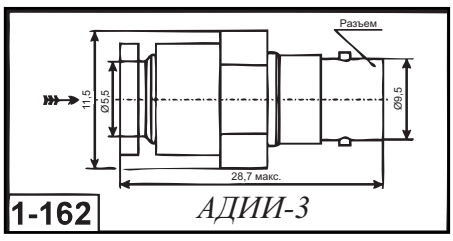


Рис. 1.54. Внешний вид и габаритные размеры детектора АДИИ-3

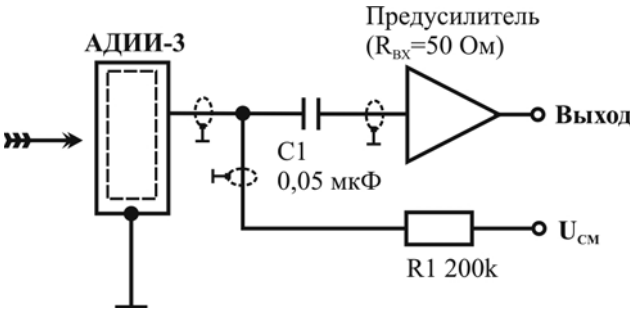


Рис. 1.55. Схема включения детектора АДИИ-3

1.4.4. Алмазные детекторы ионизирующего излучения АДИИ-3.1, АДИИ-3.2, АДИИ-3.3

Алмазные детекторы ионизирующего излучения АДИИ-3.1, АДИИ-3.2, АДИИ-3.3 предназначены для измерения доз фотонного, электронного и протонного излучений в составе дозиметрической аппаратуры.

За счет высокой чувствительности и малого активного объема применяется для измерений радиационных характеристик терапевтических пучков излучения, измерений радиационных полей и поглощенных доз в фантомах, а также прямых измерений радиационных полей и поглощенных доз на больных.

Детектор размещается в водостойком полистироловом корпусе с кабелем, который заканчивается разъемом.

Основные параметры детектора АДИИ-3 приведены в табл. 1.49. Внешний вид и габаритные размеры детектора даны на рис. 1.56.

При подключении детекторов к внешним приборам могут использоваться схемы, приведенные на рис. 1.53 и 1.55.

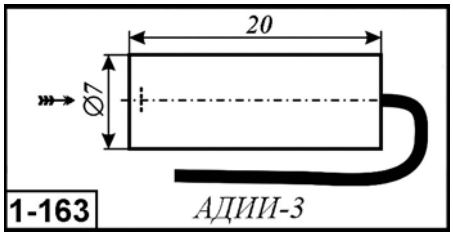


Рис. 1.56. Внешний вид и габаритные размеры детекторов АДИИ-3.1, АДИИ-3.2, АДИИ-3.3

Таблица 1.49. Основные параметры детектора ионизирующего излучения АДИИ-3

Наименование параметра. Единица измерения	АДИИ-3.1	АДИИ-3.2	АДИИ-3.3
Объем чувствительного элемента, мм^3	1–8	1–6	1–6
Толщина чувствительного элемента, мм	0,2–0,5	0,2–1,0	0,2–1,0
Чувствительность регистрации, нК/Гр	20–300	20–300	20–300
Диапазон измеряемых мощностей доз фотонного и электронного излучений, Гр/мин	0,02–3,0	0,05–3,0	0,05–3,0
Линейность к дозе при изменении дозы в 100 раз, %	< 2	2–4	2–4
Диапазон регистрируемых энергий для фотонов, МэВ	0,08–25	0,08–25	0,08–25
Напряжение питания, $U_{см}$, В	20–100	50–200	50–200
Темновой ток, А, не более	$5 \cdot 10^{-13}$		
Диапазон рабочих температур, °С	+5...+30		
Габаритные размеры, мм	$\varnothing 7 \times 20$		
Масса, г, не более	10		
№ рисунка	1-163		

1.4.5. Детектор алмазный дозиметрический ПДПС-1К

Детектор алмазный дозиметрический ПДПС-1К предназначен для работы в составе дозиметрической аппаратуры (в том числе анализаторов дозного поля медицинских радиотерапевтических установок) и обеспечивает измерения относительных распределений доз фотонного, электронного и протонного излучений. Чувствительность детектора слабо зависит от угла падения излучения.

Детектор размещен в водостойком полистироловом корпусе с кабелем, который заканчивается разъемом.

Основные параметры детектора ПДПС-1К приведены в табл. 1.50. Внешний вид и габаритные размеры детектора даны на рис. 1.57. Диаграммы завимости чувствительности детектора от угла падения потока излучения – на рис. 158.

Таблица 1.50. Основные параметры дозиметрического детектора ПДПС-1К

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Толщина чувствительного объема, мм	0,1–0,4
Объем чувствительного элемента, мм^3	1–6
Диапазон измеряемых мощностей доз фотонного и электронного излучений, Гр/мин	0,05–30
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ:	
–для фотонов	0,08–25
–для электронов	4–25
Аналоговая чувствительность регистрации, Кл/Гр	$(0{,}5–5{,}0)\cdot10^{-7}$
Нелинейность характеристики преобразования, %	2
Напряжение питания, $U_{см}$, В	100
Темновой ток, А, не более	$5\cdot10^{-13}$
Доза предварительного облучения, Гр, не более	10
Радиационный ресурс, Гр	$1\cdot10^{7}$
Габаритные размеры, мм	$\varnothing7\times20$
Масса, г, не более	10
№ рисунка	1-164

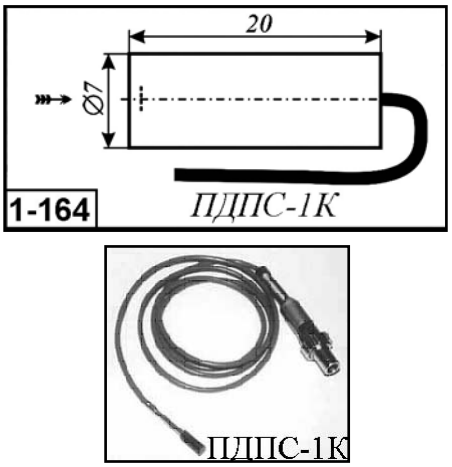


Рис. 1.57. Внешний вид и габаритные размеры детектора ПДПС-1К

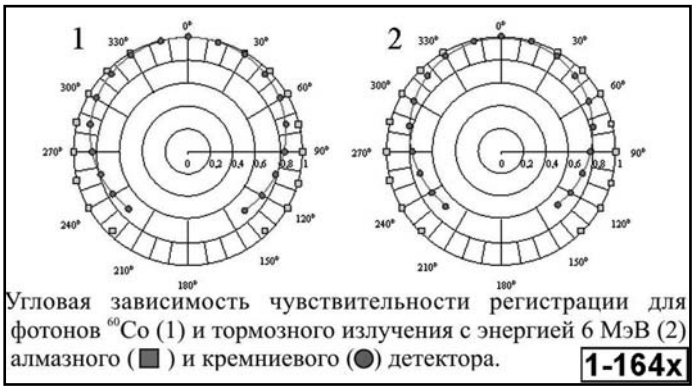


Рис. 1.58. Диаграммы зависимости чувствительности детектора ПДПС-1К от угла падения потока излучения

1.4.6. Алмазные детекторы ионизирующего излучения САД1, САД1-01

Алмазные детекторы ионизирующего излучения САД1, САД1-01 предназначены для дозиметрии импульсных фотонных ионизирующих излучений.

Разработаны два варианта детектора:

- САД1 – для работы на нагрузку 50 Ом;
- САД1-01 – для работы на нагрузку 75 Ом.

Каждый вариант имеет три сменных исполнения:

- основное – для диапазона 0,06–10 МэВ;
- с коллимирующим колпаком – 0,02–0,5 МэВ;
- с усиливающим радиатором – 0,2–30 МэВ.

Основные параметры алмазных детекторов САД1, САД1-01 приведены в табл. 1.51.

Таблица 1.51. Основные параметры алмазных детекторов САД1, САД1-01

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	САД1	САД1-01
Диапазоны чувствительности, Кл/Р		
–нижний диапазон	$(0{,}6–9)\cdot10^{-11}$	$(0{,}6–9)\cdot10^{-11}$
–верхний диапазон		$1\cdot10^{-10}–5\cdot10^{-9}$
Временное разрешение, нс		
–нижний диапазон	< 0,2	< 0,4
–верхний диапазон		< 1,8
Линейный ток, А, не менее	2	2
Напряжение питания, В	700	700
Темновой ток, А, не более	$1\cdot10^{-11}$	$1\cdot10^{-11}$
Радиационная стойкость, Гй, не менее	$1\cdot10^{5}$	$1\cdot10^{5}$
Диапазон рабочих температур, °С	+5…+30	+5…+30
Габаритные размеры, мм	22 × 34	22 × 34
Масса, г, не более	45	45

1.4.7. Детектор рентгеновского излучения на базе САД-1

Детектор рентгеновского излучения разработан с использованием алмазного детектора САД-1 и предназначен для преобразования импульсов рентгеновского излучения с энергиями 0,3–10 кэВ в их электрические аналоги.

Основные параметры детектора рентгеновского излучения на базе САД-1 приведены в табл. 1.52.

Таблица 1.52. Основные параметры детектора рентгеновского излучения на базе САД-1

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Типа детектора	САД-1
Максимум спектральной чувствительности, кэВ	1–3
Чувствительность в максимуме, $А\cdot см^2\cdot с/кэВ$	
–для «быстрых» детекторов, не более	$1\cdot10^{-21}$
–для «медленных» детекторов, не более	$1\cdot10^{-19}$
Длительность импульсной характеристики на полувысоте, нс:	
–для низкочувствительных детекторов, не более	0,2

Таблица 1.52. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
–для высокочувствительных детекторов, не более	1,5
Линейный ток, А, не менее	2
Напряжение питания, $U_{см}$, В	700
Темновой ток, А, не более	$1 \cdot 10^{-10}$
Диаметр входного окна, мм	2,5
Габаритные размеры, мм	22×34
Масса, г, не более	45

1.5. ПРИЕМНИКИ РЕНГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФОТОДИОДОВ

1.5.1. Фотодиоды ФДУК-100УВ, ФДУК-100УВZr/Sic, ФДУК-1УВСК, ФДУК-8УВСК

Pin-фотодиоды серии ФДУК-УВ предназначены для использования в спектральном диапазоне от 0,02 до 1100 нм. Диапазон энергий квантов от 1,13 до 60 000 эВ. Изготовлены по оригинальной технологии. Для регистрации мягкого рентгеновского излучения приборы комплектуются коллиматором. Основные параметры приборов приведены в табл. 1.53. Внешний вид фотодиодов дан на рис. 1.59–1.61. На рис. 1.62 указана спектральная характеристика ФДУК-100УВ.

Таблица 1.53. Основные параметры фотодиодов ФДУК-ХХ при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, А	S_λ, А/Вт (λ, нм)	Постоянная времени, τ, ($R_н$ = 25 Ом, λ = 620 нм), с, не более	Габаритные размеры, мм [Тип корпуса]	№ рис.
ФДУК-100УВ	10 × 10	0,02–1,1	0	$1\cdot10^{-9}$ (10 мВ)	0,4 (900 нм) 0,22 (10 нм) 0,024 (0,04 нм)	$5\cdot10^{-4}$ (0В)	∅20 × 4,3	1-167
ФДУК-100УВZr/Sic с фильтром для 13 нм	10 × 10	0,02–1,1	0	$1\cdot10^{-9}$(10 мВ)	0,4 (900 нм)	$5\cdot10^{-4}$ (0В)	∅20 × 4,3	–
ФДУК-1УВСК	∅1,2	–	10–50	$1\cdot10^{-7}$ (50В)	0,4 (900 нм)	$5\cdot10^{-6}$ (50В)	[SMA]	1-165
ФДУК-8УВСК	∅3,2	0,02–1,1	10–50	$5\cdot10^{-8}$ (50В)	0,4 (900 нм)	$8\cdot10^{-6}$ (50В)	[BNC]	1-166



ФДУК-1УВСК (с коллиматором, отверстие Ø1 мм х 3 мм)

Рис. 1.59



ФДУК-8УВСК (с коллиматором, отверстие Ø3 мм х 6 мм)

Рис. 1.60

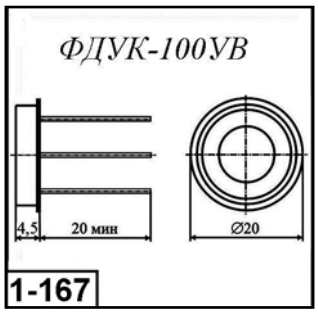


Рис. 1.61

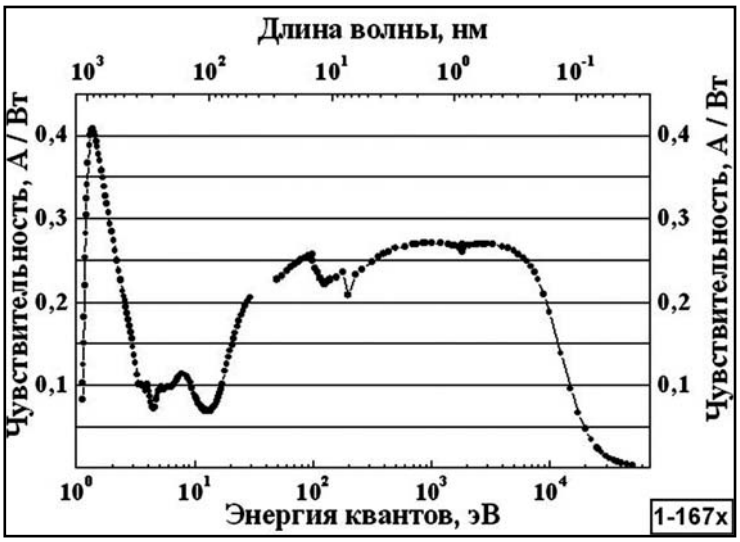


Рис. 1.62

1.5.2. Блок детектирования АВ-5

Малогабаритный маломощный блок детектирования для переносной, радиометрической и спектрометрической аппаратуры измерения поверхностных загрязнений альфа-активными веществами (ядерные производства, шахты, экология).

Состав блока: кремниевый *pin*-фотодиод, усилитель-дискриминатор с регулируемым порогом и генератор смещения ФД.

Основные параметры блока детектирования АВ-5 приведены в табл. 1.54. Внешний вид блока дан на рис 1.63. Пример альфа-спектра, зарегистрированного блоком АВ-5, приведен на рис. 1.64.

Таблица 1.54. Основные параметры блока детектирования АВ-5 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	
	Вариант 1	Вариант 2
Тип фотоприемника	Si, pin	Si, pin
Площадь фоточувствительного элемента, мм^2	5	100
Нижний порог дискриминации по энергии, кэВ	100	10
Амплитуда выходных импульсов аналогового канала, В, не более	0,7	1,0
Амплитуда выходных импульсов цифрового канала, В, не менее	4	4
Фронт нарастания выходного импульса, мкс, не более	5	2
Напряжение питания, В	6–30	6–30
Ток потребления, мА, не более	5	8
Диапазон рабочих температур, °С	–	–50…+60
Габаритные размеры, мм, не более	~30 × 30 × 10	
№ рисунка	1-168	

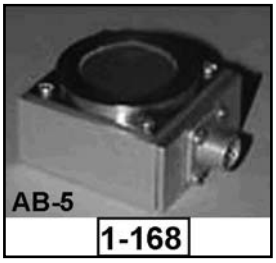


Рис. 1.63. Внешний вид блока детектирования АВ-5

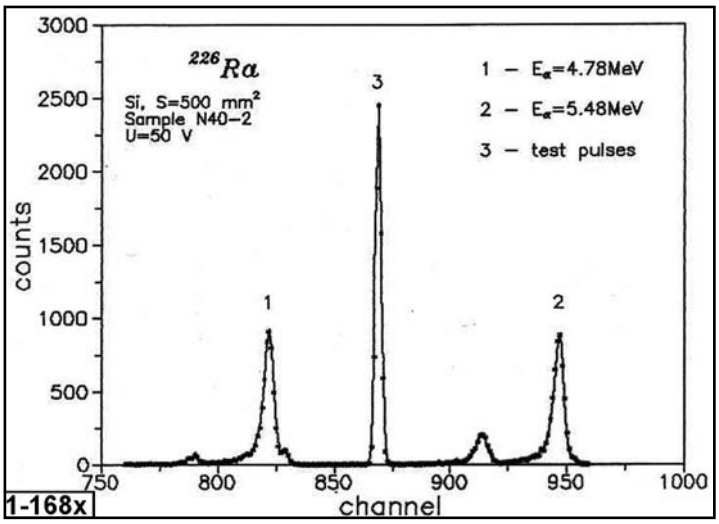


Рис. 1.64. α-спектр ^{226}Ra, зарегистрированный блоком детектирования АВ-5

Часть 2

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ И ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

2 ПРИЕМНИКИ УФ-ДИАПАЗОНА СПЕКТРА (200–400 нм)

В соответствии с ГОСТ 8552–86 вся область УФ-излучения условно делится на три диапазона: А – 315–400 нм, В – 280–315 нм, С – 200–280 нм.

Для регистрации УФ-излучения наиболее широкое распространение получили приемники, использующие способность УФ-излучения вызывать ионизацию и фотоэффект: сцинтилляционные детекторы, вакуумные фотоэлементы и фотоумножители, а также фоторезисторы с УФ-фильтрами и кремниевые фотодиоды и фотоприемники на основе алмаза и других материалов.

Основные применения приемников: контроль излучения мощных УФ-эксимерных лазеров, УФ-ламп и других источников в диапазоне 180–230 нм или выше 300 нм; контроль и управление источниками УФ-стерилизации; научные исследования; контроль фотохимических реакций; системы для контроля возгораний, детекторы пламени; «солнечно-слепые» системы контроля состояния озонового слоя; аппаратура для геофизического контроля и картографии и т. д.

2.1. ФОТОПРИЕМНИКИ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1.1. Фоторезисторы на основе сульфида кадмия типа СФ2-18 и СФ2-19 [$\Delta\lambda = 0{,}3–0{,}4$; $\lambda_{макс} = 0{,}35$ мкм]

Отечественной промышленностью на основе сульфида кадмия выпускались два типа фоторезисторов (СФ2-18 и СФ2-19), предназначенных для работы в диапазоне 0,3–0,4 мкм. В указанных фоторезисторах пленочный фоточувствительный элемент расположен в герметичном металлостеклянном корпусе и снабжен светофильтром из стекла УФС-2. Конструкция, внешний вид и относительная спектральная характеристика (ОСХ) приборов приведены на рис. 2.1.1.

Основные параметры фоторезисторов СФ2-18 и СФ2-19 даны в табл. 2.1.1.

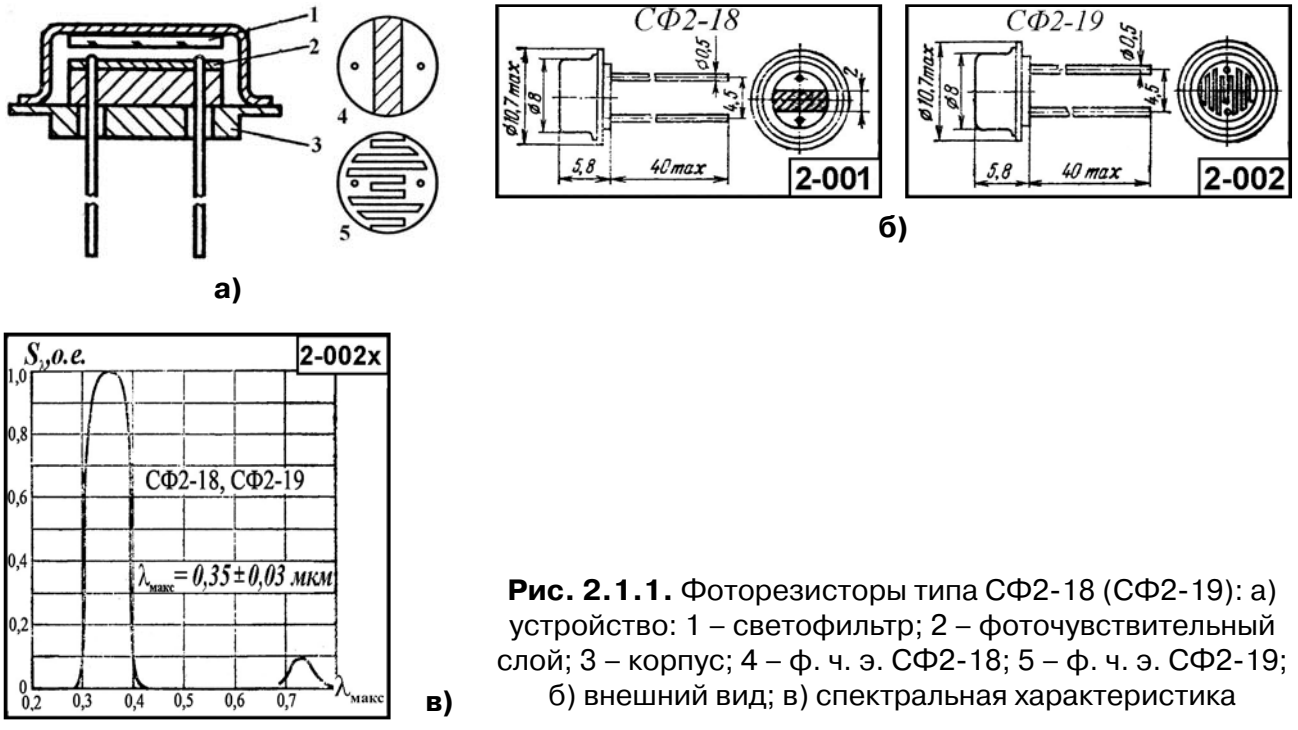


Рис. 2.1.1. Фоторезисторы типа СФ2-18 (СФ2-19): а) устройство: 1 – светофильтр; 2 – фоточувствительный слой; 3 – корпус; 4 – ф. ч. э. СФ2-18; 5 – ф. ч. э. СФ2-19; б) внешний вид; в) спектральная характеристика

Таблица 2.1.1. Основные параметры фоторезисторов типа СФ2-18 и СФ2-19 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра	
	СФ2-18	СФ2-19
Размер фоточувствительной площадки, $A_{ФЧЭ}$, мм	2 × 7	0,35 × 35
Область спектральной чувствительности, Δλ, мкм	0,3–0,4	0,3–0,4
Максимум спектральной характеристики, $\lambda_{макс,}$ мкм	0,35±0,03	0,35±0,03
Рабочее напряжение, $U_Р$, не более	100	5
Темновое сопротивление, $R_Т$, МОм, не менее	10	0,25

Таблица 2.1.1. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра	
	СФ2-18	**СФ2-19**
Общий световой ток, $I_{общ.}$ (мкВт/см^2), мА, не менее	0,5	1,0
Постоянная времени, τ, с, не более	0,01	0,01
Температурный коэффициент изменения чувствительности, T_S, %, не более	±0,2	±0,2
Допустимая мощность рассеивания, $P_{макс}$, мВт, не более	50	50
Сопротивление изоляции между корпусом и выводом, $R_{из.}$ МОм, не менее	100	100
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+70	–60...+70
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅10,7 × 5,8	∅10,7 × 5,8
Масса, г, не более	3,0	3,0
№ рисунка	2-001	2-002

Принятые сокращения и обозначения в гл. 2.1: $A_{ФЧЭ}$ – размер фоточувствительной площадки, см^2; Δλ– область спектральной чувствительности, мкм; $\lambda_{макс}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; I_T – темновой ток, мкА или нА; $S_{инт}$ – интегральная токовая чувствительность, А/Вт; τ – постоянная времени, с; ΔT – диапазон рабочих температур, °С.

2.1.2. Кремниевые фотодиоды, чувствительные в УФ-области спектра

Номенклатура отечественных фотодиодов, работающих в УФ-диапазоне, весьма ограничена. Нашли применение несколько типов кремниевых фотодиодов, которые обладают минимальной чувствительностью в левой части спектральной характеристики.

2.1.2.1 Фотодиоды кремниевые типа КДФ105А, КДФ117А1, ФД-288А, ФД-304М-01, ФД-307, ФДК-142, ФДК-142-01, ФД «Квант», ФД «Гранит», ФД-УФ1 [Δλ = 0,2–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,83 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.1.2. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ приведены на рис. 2.1.2.

Таблица 2.1.2. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град. не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	U_P, В	I_T, мкА, не более	$S_{инт}$, А/Вт, не менее	τ, с, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
КДФ105А	33 мм^2	–	0,22–1,06	0,81	0	–	0,065 λ = 0,254 мкм	$1 \cdot 10^{-7}$	–60...+50	∅16,5 × 4,5	3,5	2-003
КДФ117А1	3,19 × 3,19	95	0,3–1,0	0,89	15	0,005	0,17 λ = 0,365 мкм	$1{,}3 \cdot 10^{-8}$	–60...+85	∅9,2 × 4,3	1,5	2-004

Таблица 2.1.2. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град. не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, А/Вт, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ФД-288А	100 мм²	–	0,3–1,1	0,81	1	0,15	0,04 λ = 0,3 мкм	$1\cdot10^{-5}$	–60...+70	∅23 × 7,4	15	2-006
ФД-304М-01	0,7 × 0,7 (34)	–	0,3–1,1	–	2,5	–	0,4	$6{,}5\cdot10^{-4}$	–	25,5 × 38,3 × 2 б/к	–	2-010
ФД-307	∅0,7	–	0,25–1,05	–	0,01	0,003	0,06 λ = 0,3 мкм	–	–	16,5 × 8,6 × 2 б/к	–	2-008
ФДК-142 ФДК-142-01	∅13,7 (4) квадрантный	–	0,3–1,1	0,72–0,85	120	1,15	0,4	$8\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅30,6 × 7	–	2-005
ФД «Квант»	100 мм²	–	0,2–1,05	0,4	–	–	0,25	–	–	∅23,5 × 17,4	–	2-007
ФД «Гранит»	0,27 мм² (64)	–	0,3–1,1	0,4	0,01	–	0,15	–	–	24,2 × 64 × 2 б/к	–	2-009

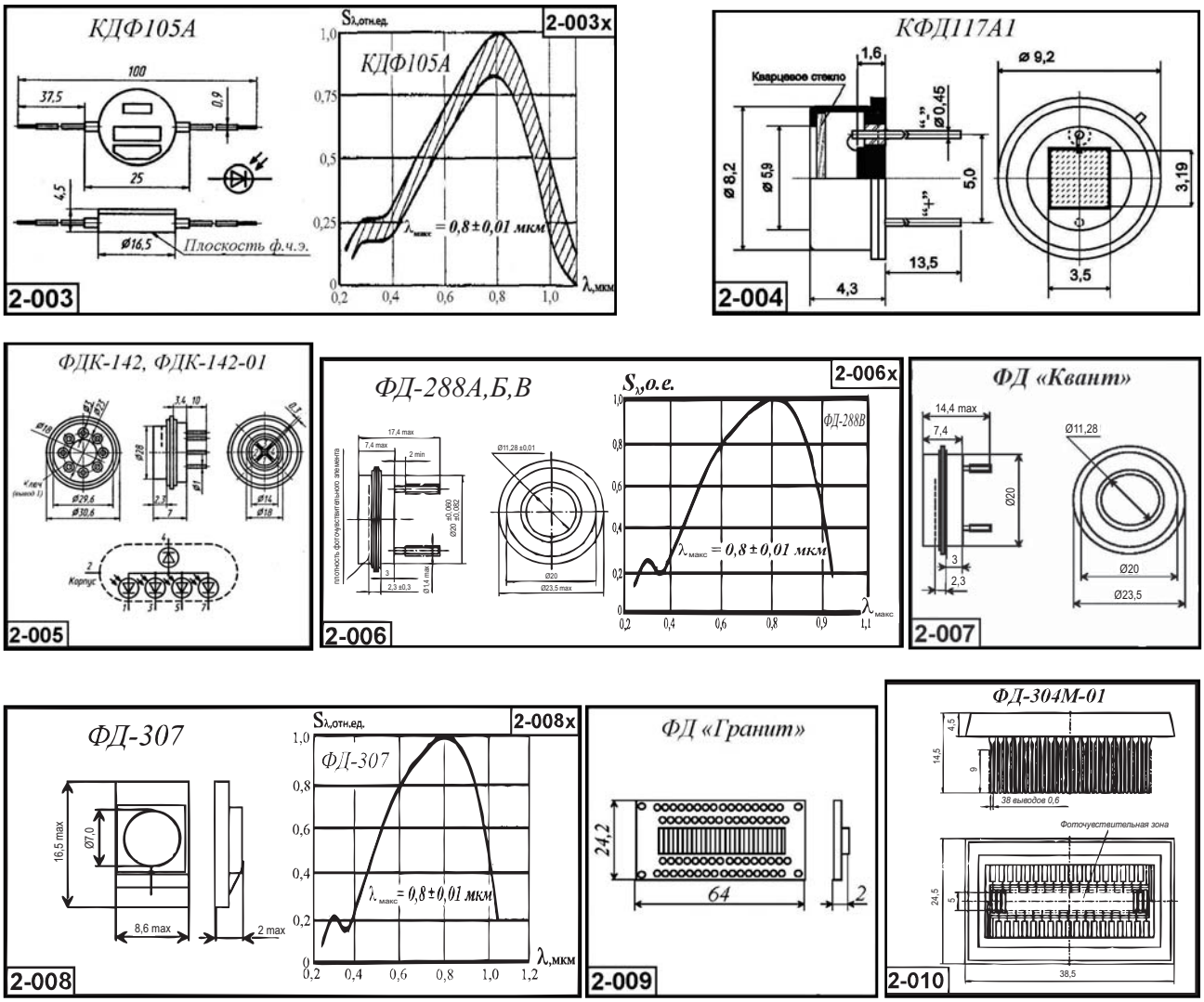


Рис. 2.1.2. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ кремниевых фотодиодов

2.1.2.2. Фотодиоды кремниевые ФДУК-100УТ, ФДУК-10УТ, ФДУК-2УТ, ФДУК-2УП, ФДУК-11УТ, ФДУК-8УС, ФДУК-5У, ФДУК-1УСТ [$\Delta\lambda$ = 0,19–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,96 мкм]

Фотодиоды серии ФДУК оптимизированы для диапазона 190–1100 нм, обладают чувствительностью в УФ-диапазоне. Используются как опорные детекторы в системах с лампами-вспышками УФ-диапазона.

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.1.3. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики – на рис. 2.1.3.

Таблица 2.1.3. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элемен-тов)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, нА, не более	$S_{I\,max}$, А/Вт, не менее	τ, мкс, не более	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
ФДУК-100УТ	∅10	0,19–1,1	0,96	50	100	0,5	12	∅20 × 4,3	2-014
ФДУК-10УТ	5 × 5 мм (2 эл.)	0,19–1,1	0,96	50	80 (одно-го фото-диода)	0,5	–	∅20 × 4,3 (четыре вывода)	2-014
ФДУК-2УТ	∅7	0,19–1,1	0,96	50	80	0,5	2	∅16,5 × 4,3	2-011
ФДУК-2УП	∅7	0,19–1,1	0,96	50	200	0,28	10	∅16,5 × 4,3	2-011
ФДУК-11УТ	5 × 5	0,19–1,1	0,96	50	50	0,5	6	∅12,5 × 4,3	2-013
ФДУК-8УС PIN	∅3,2	0,19–1,1	0,96	50	5 (50В)	0,45	0,015	∅12,5 × 4,3	2-013
ФДУК-5У	∅2,5	0,19–1,1	0,96	50	10	0,45	0,8	∅9,2 × 4,3	2-012
ФДУК-1УСТ PIN	∅1,2	0,19–1,1	0,96	50	2 (50В)	0,45	0,001	∅9,2 × 4,3	2-012

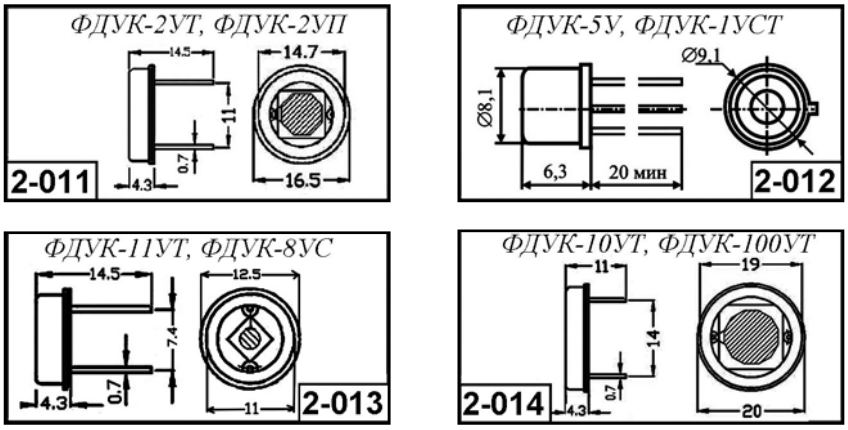


Рис. 2.1.3а. Внешний вид, габаритные размеры ФДУК-100УТ, ФДУК-10УТ, ФДУК-2УТ, ФДУК-2УП, ФДУК-11УТ, ФДУК-8УС, ФДУК-5У, ФДУК-1УСТ

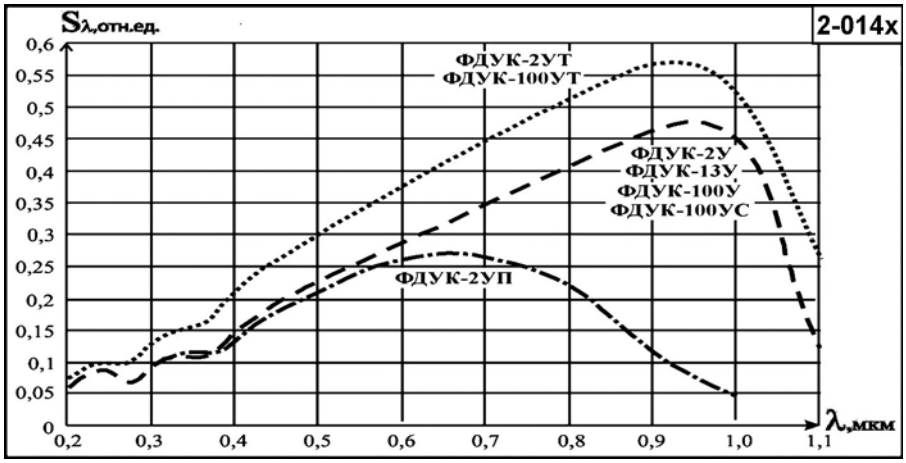


Рис. 2.1.3б. Относительная спектральная характеристика фотодиодов серии ФДУК-ХХ

2.1.2.3. Фотодиоды кремниевые ФДУК-100УВ и ФД-УФ1 [$\Delta\lambda$ = 0,02–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,45–0,9 мкм]

Фотодиод ФДУК-100УВ имеет сверхширокий спектральный диапазон. Разработан по оригинальной технологии для использования одновременно в ближнем инфракрасном, видимом, UV-, DUV-, XUV-диапазонах, а также в мягком рентгене.

Фотодиод ФД-УФ1 предназначен для регистрации излучения УФ-диапазона спектра.

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.1.4. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.1.4.

Таблица 2.1.4. Основные параметры фотодиодов типа ФДУК-100УВ и ФД-УФ1 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ФДУК-100УВ	ФД-УФ1
Эффективная фоточувствительная площадь, мм^2	100	10
Размер фоточувствительного элемента, мм	10 × 10	3,2 × 3,2
Плоский угол зрения по уровню 0,5, град	–	90
Область спектральной чувствительности, нм	0,02–1100	190–530
Диапазон энергий квантов, эВ	1,13–50000	–
Напряжение смещения, В	0	0
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 1000 нм, А/Вт	0,1	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 900 нм, А/Вт	0,4	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 470 нм, А/Вт	–	0,08
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 400 нм, А/Вт	–	0,11
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 370 нм, А/Вт	–	0,12
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 300 нм, А/Вт	–	0,074
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 200 нм, А/Вт	0,07	0,032
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 150 нм, А/Вт	0,05	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 50 нм, А/Вт	0,12	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 13 нм, А/Вт	0,25	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 10 нм, А/Вт	0,22	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 3 нм, А/Вт	0,25	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 1 нм, А/Вт	0,27	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 0,1 нм, А/Вт	0,23	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 0,05 нм, А/Вт	0,1	–
Токовая монохроматическая чувствительность при λ = 0,04 нм, А/Вт	0,024	–
Емкость при $U_{см}$ = 0, пф	8000	6000
Темновой ток, нА, не более	400	0,1 (5)
Диапазон рабочих температур, °С	–	–10...+60
Габаритные размеры	∅20 × 4,5	∅9,2 × 4,3
№ рисунка	2-015	2-016

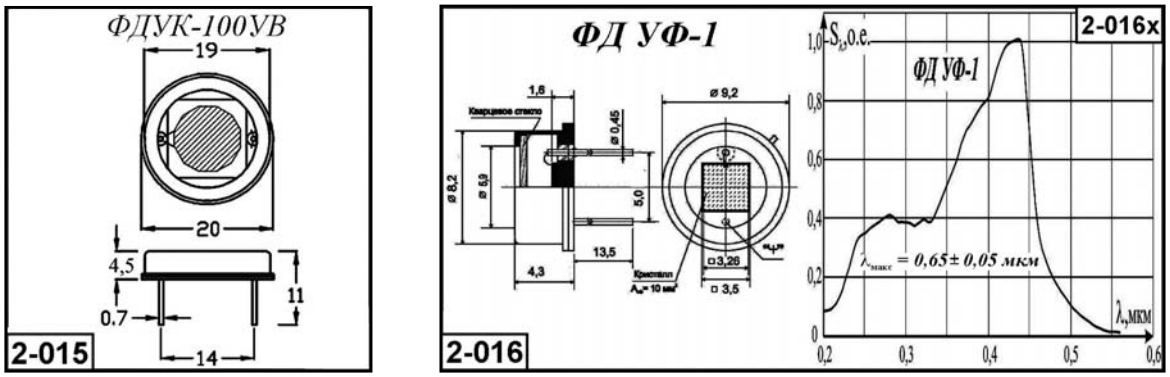


Рис. 2.1.4. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотодиодов типа ФДУК-100УВ и ФД-УФ1

2.1.2.4. Фотодиоды УДФ-01-01 и УДФ-04-16 [Δλ= 0,19–0,45; $\lambda_{макс}$ = 0,35 мкм]

Фотодиоды УДФ-01-01 и УДФ-04-16 предназначены для регистрации ультрафиолетового излучения в диапазоне 0,19–0,45 мкм. Фоточувствительный элемент изготовлен из селенида цинка (ZnSe). Приборы размещены в стандартных металлостеклянных корпусах типа ТО-5 или КТ-1.

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.1.5. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ – на рис. 2.1.5.

Таблица 2.1.5. Основные параметры фотодиодов УДФ-01-01 и УДФ-04-16 при температуре 20±5 ˚С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибор/Норма параметра	
	УДФ-01-1	УДФ-04-16
Материал фоточувствительного элемента	ZnSe	
Эффективная фоточувствительная площадь, мм^2	1,0	11,33
Размер фоточувствительного элемента, мм	1 × 1	∅3,8
Область спектральной чувствительности, мкм	0,19–0,45	
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,3–0,4	
Темновой ток при $U_{см}$ = 0,1 В, нА	0,01–1	0,1–1
Емкость при F = 1 кГц, $U_{см}$ = 0,1 В, пФ	0,12–1	4–8
Диапазон рабочих температур, ˚С	20±10	
Габариты размеры (без выводов), мм, не более	∅9,2 × 4,3	∅5,84 × 5,3
№ рисунка	2-017	2-018

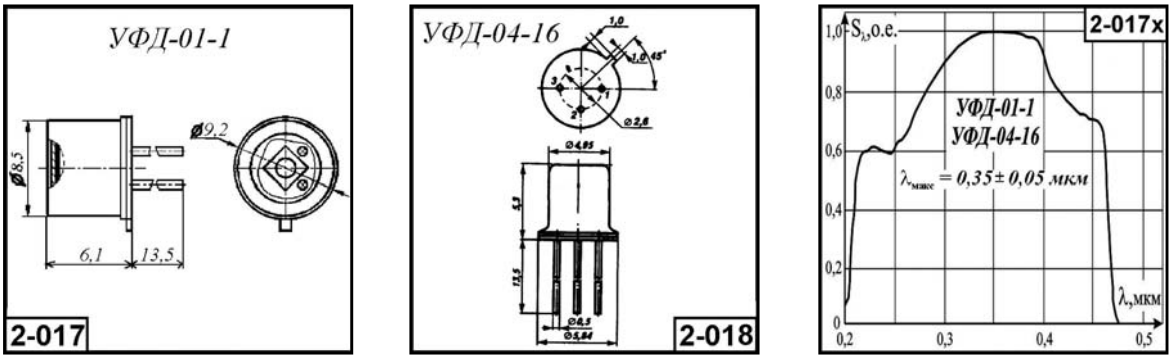


Рис. 2.1.5. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ фотодиодов УДФ-01-01 и УДФ-04-16

2.1.2.5. Фотоприемные устройства ФПУ-1, ФПУ-2, ФПУ-3, ФПУ-8, ФПУ-9, ФПУ-100 [$\Delta\lambda$ = 0,19–1,1 мкм]

Фотоприемные устройства ФПУ-1, ФПУ-2, ФПУ-3, ФПУ-8, ФПУ-9 и ФПУ-100 представляют собой устройства, объединяющие в одном корпусе фоточувствительный элемент (ФД-серии ФДУК) и операционный усилитель. Фотоприемные устройства размещаются в герметичных металлостеклянных корпусах и обладают повышенной защищенностью входных цепей от электромагнитных помех. Предусмотрена возможность установки внешнего резистора обратной связи (до 10 ГОм). Диапазон рабочих температур 25±10 °С.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.1.6. Базовая схема, внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.1.6.

Таблица 2.1.6. Основные параметры ФПУ-1, ФПУ-2, ФПУ-3, ФПУ-8, ФПУ-9 и ФПУ-100 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	ФПУ-1	ФПУ-2	ФПУ-3	ФПУ-8	ФПУ-9	ФПУ-100
Эффективная фоточувствительная площадь, мм^2	∅7	∅7	∅3,2	∅1,2	5 × 5	∅2,5
Область спектральной чувствительности, мкм	0,19–1,1					
Коэффициент усиления электронного тракта, о. е.	$1\cdot10^9$	$2\cdot10^{10}$	$1\cdot10^4$	$4\cdot10^4$	$1\cdot10^7$	$2\cdot10^3$
Полоса пропускания электронного тракта	120 Гц	5 Гц	1 МГц	1 МГц	10 кГц	100 МГц
Напряжение на выходе при отсутствии засветки, мВ	±7	±7	±30	±100	±100	±10
Напряжение на выходе при отсутствии засветки (peak-peak), мВ	20	20	100	100	10	10
Напряжение питания электронного тракта, В	±(5–12)	±(5–12)	±5	±6	±(5–12)	±5 и -50В $U_{см.фд}$
Ток потребления, мА, не более	6	6	20	10	5	30
Габаритные размеры	21,85 × 9,35 × 5,3	21,85 × 9,35 × 5,3	∅16,5 × 4,5	∅16,5 × 4,5	∅16,5 × 4,5	п/п 21 × 29 мм с разъемом SMA (50 Ом)
№ рисунка	2-019		2-020			

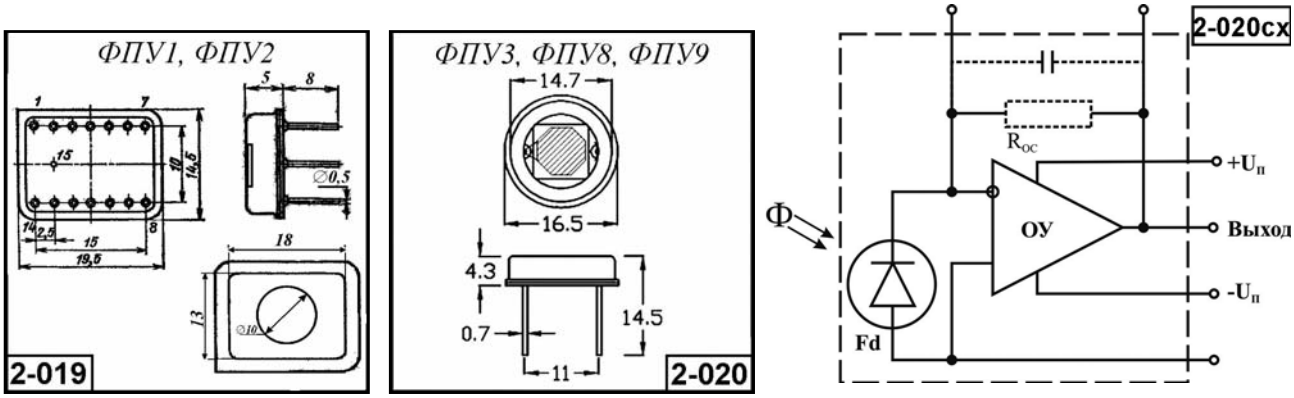


Рис. 2.1.6. Внешний вид, габаритные размеры и базовая схема ФПУ-1, ФПУ-2, ФПУ-3, ФПУ-8 и ФПУ-9

2.1.2.6. Фотоприемное устройство ФПУ ФД [$\Delta\lambda$ = 0,19–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,255 мкм]

Фотоприемное устройство ФПУ ФД предназначено для регистрации световых потоков в диапазоне от 190 до 1100 нм. Устройство содержит фотодиод и предусилитель с АЦП, преобразующим аналоговый сигнал в цифровой с частотой 40 кГц (25 мкс на один цикл АЦП), и микропроцессором с выходом на шину IIC. ФПУ размещено в нестандартном металлическом корпусе.

ФПУ ФД может использоваться для измерений при относительно высоких уровнях освещенности – когда шум, вызванный фотонами, сильнее шума встроенного усилителя. Преимущество ФПУ ФД – в том, что они могут работать с уровнями освещенности, значительно превышающими рабочие уровни освещенности ФЭУ. Устройство крепится непосредственно на выходной щели монохроматора либо на стойке, устанавливающейся на рельсе.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.1.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.1.7.

Таблица 2.1.7. Основные параметры ФПУ ФД при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,19–1,1
Рабочая длина волны, мкм	0,255
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	7
Тип выходного сигнала	цифровой
Напряжение питания, В	6–12
Диапазон рабочих температур	20±10
Габаритные размеры, мм, не более	∅70 × 50
Масса, г, не более	300
№ рисунка	2-021

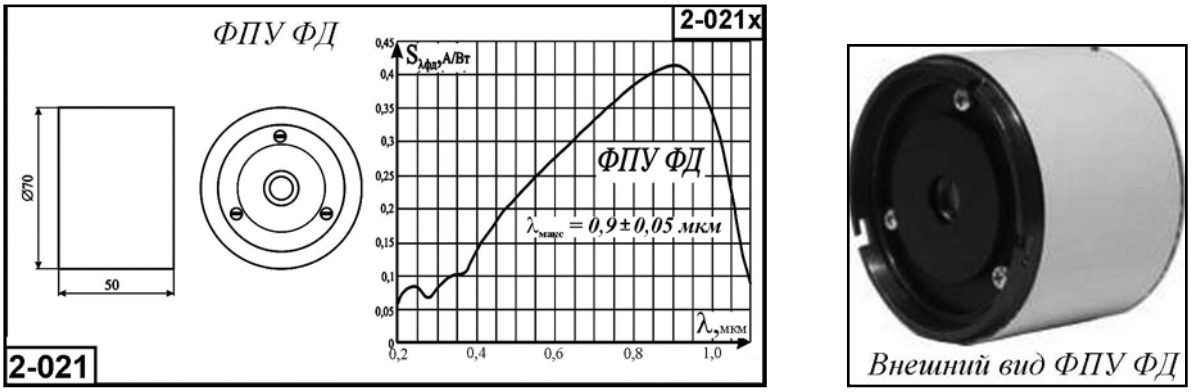


Рис. 2.1.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ ФД

2.1.2.7. Фотоприемное устройство ФУР137Л [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,42; $\lambda_{раб}$ = 0,37 мкм]

Трехканальное фотоприемное устройство на основе фотодиода с барьером Шоттки из фосфорита галлия ФУР137Л предназначено для применения в высокочувствительных малогабаритных устройствах ультрафиолетового диапазона.

Для ФПУ характерна высокая оптическая избирательность к ультрафиолетовому излучению: чувствительность к длинам волн более 0,5 мкм – не более 1%.

Основные параметры фотоприемного устройства ФУР137Л приведены в табл. 2.1.8.

Таблица 2.1.8. Основные параметры ФПУ ФУР137Л при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности	0,30–0,42
Рабочая длина волны, мкм	0,37
Размер фоточувствительного элемента, мм	0,06 × 0,15
Количество фоточувствительных элементов	3
Вольтовая чувствительность на рабочей длине волны, В/Вт, не менее	$5 \cdot 10^7$
Порог чувствительности в единичной полосе частот, Вт/Гц$^{1/2}$, не более	$2 \cdot 10^{-13}$
Разброс чувствительности между элементами, %, не более	20
Коэффициент взаимосвязи между элементами, %, не более	5
Предельная частота, кГц, не менее	1,2
Динамический диапазон, дБ, не менее	60
Тип выходного сигнала	аналоговый
Напряжение питания, В	±15
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+50
Габаритные размеры, мм, не более	∅15 × 9,7
Масса, г, не более	3,5

2.1.3. Фотоприемники УФ-диапазона на основе алмаза

Природные и синтетические алмазы обладают селективной фоточувствительностью в ультрафиолетовом диапазоне спектра. Алмазные фотоприемники в нашей стране пока еще не нашли широкого применения. Однако отечественной промышленностью освоен ограниченный выпуск нескольких типов фотоприемников на основе природного алмаза.

2.1.3.1. Фоторезисторы типа ФА-1, ФА-2, ФА-3 на основе алмаза [$\Delta\lambda$ = 0,18–0,27; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм]

Фоторезисторы ФА-1, ФА-2, ФА-3 предназначены для регистрации излучения в диапазоне 195–250 нм. Фоточувствительный элемент фоторезисторов изготовлен из природного алмаза. Фоторезисторы ФА-1, ФА-2, ФА-3 размещены в стандартных металлостеклянных или металлокерамических корпусах типа ТО-8, ТО-18 или DIP-16, снабжены входным окном из материала, прозрачного в УФ-диапазоне спектра (например, из кварцевого стекла). Могут выпускаться и без входных окон.

Основные параметры фоторезисторов типа ФА-1, ФА-2, ФА-3 приведены в табл. 2.1.9. Внешний вид фоторезисторов дан на рис. 2.1.8, а типовая спектральная характеристика – на рис. 2.1.9.

Таблица 2.1.9. Основные параметры алмазных фоторезисторов ФА-1,ФА-2, ФА-3

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	ФА-1	ФА-2	ФА-3
Размер фоточувствительной площадки, мм^2	1	1	1
Область спектральной чувствительности, мкм	0,19–0,3	0,19–0,3	0,18–0,27
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,22		
Монохроматическая токовая чувствительность, А/Вт	0,03–0,045	0,08	0,057–1,0
Темновой ток, А, не более	$2{,}8\cdot10^{-12}$	$3\cdot10^{-12}$	$5\cdot10^{-12}$
Напряжение смещения, В	30–200	30–200	30–150
Постоянная времени, с	$2{,}5\cdot10^{-4}$	–	–
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм	$\varnothing11\times5{,}8$	$\varnothing5{,}8\times5{,}3$	$6{,}5\times19\times7{,}5$
Масса, г, не более	3	1,5	1,5
№ рисунка	2-022	2-023	2-024

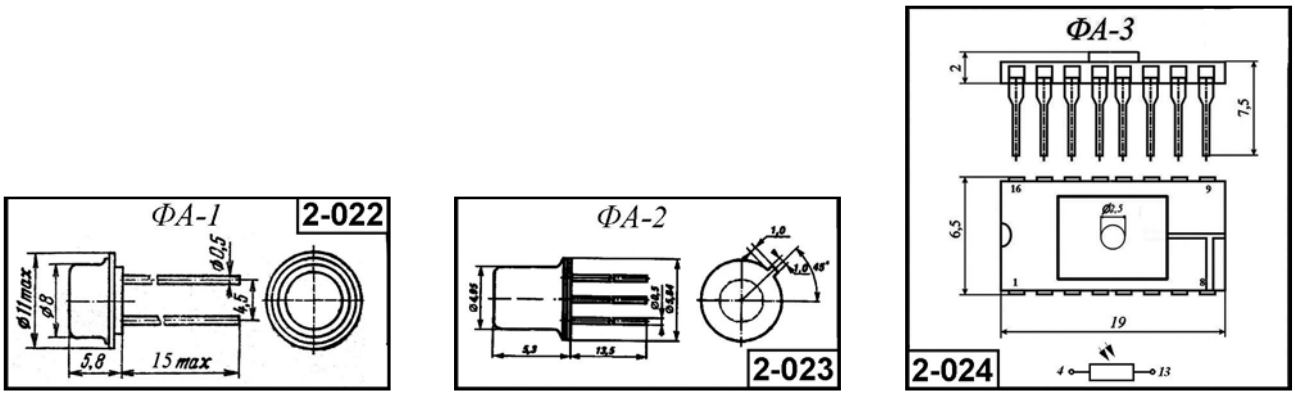


Рис. 2.1.8. Внешний вид и габаритные размеры алмазных фоторезисторов типа ФА-1, ФА-2, ФА-3

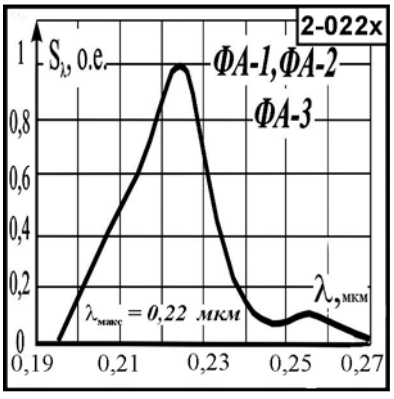


Рис. 2.1.9. Типовая спектральная характеристика алмазных фоторезисторов типа ФА-1, ФА-2, ФА-3

2.1.3.2. Фоторезисторы типа ФА-3-1, ФА-3-2 на основе алмаза [$\Delta\lambda$ = 0,19–0,3; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм]

Фоторезисторы ФА-3-1, ФА-3-2 предназначены для регистрации излучения в диапазоне 195–300 нм. Фоточувствительный элемент фоторезисторов изготовлен из природного алмаза. Фоторезисторы размещены в стандартных металлокерамических корпусах типа DIP-16, снабженных входным окном из материала, прозрачного в УФ-диапазоне спектра (например, из кварцевого стекла). Могут выпускаться и без входных окон.

Основные параметры фоторезисторов типа ФА-3-1, ФА-3-2 приведены в табл. 2.1.10. Внешний вид фоторезисторов дан на рис. 2.1.10, а типовая спектральная характеристика – на рис. 2.1.11.

Таблица 2.1.10. Основные параметры фоторезисторов ФА-3-1, ФА-3-2

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ФА-3-1	ФА-3-2
Размер фоточувствительной площадки, мм^2	2–10	
Область спектральной чувствительности, мкм	0,19–0,3	
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,22	
Монохроматическая токовая чувствительность, А/Вт	0,1	0,08
Темновой ток, А, не более	$5\cdot10^{-12}$	$4\cdot10^{-12}$
Напряжение смещения, В	30–200	30–200
Постоянная времени, с	$2{,}5\cdot10^{-4}$	
Диапазон рабочих температур, °С	–30…+45	
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм	6,5 × 19 × 7,5 (DIP-16)	
Масса, г, не более	1,5	
№ рисунка	2-025	

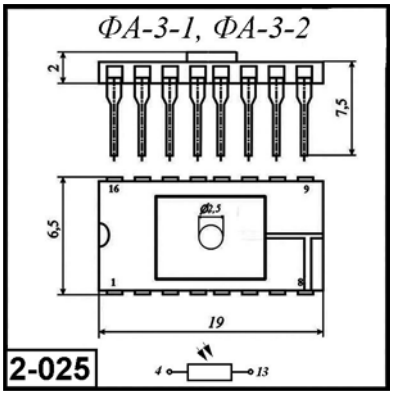


Рис. 2.1.10. Внешний вид и габаритные размеры алмазных фоторезисторов типа ФА-3-1, ФА-3-2

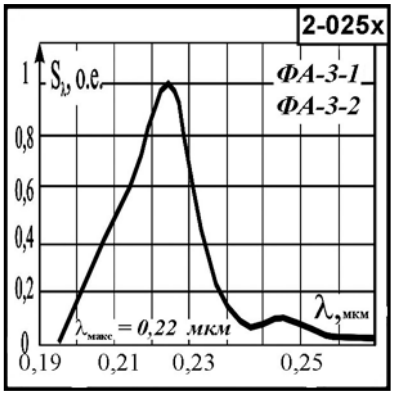


Рис. 2.1.11. Типовая спектральная характеристика алмазных фоторезисторов типа ФА-3-1, ФА-3-2

2.1.3.3. Алмазные фотовольтаические приемники ФПЯ-1-1, ФПЯ-1-2 [$\Delta\lambda$ = 0,19–0,28; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм]

Алмазные фотовольтаические приемники с потенциальной ямой ФПЯ-1-1 и ФПЯ-1-2 размещены в стандартных металлокерамических корпусах типа DIP-16, снабженных входным окном из материала, прозрачного в УФ-диапазоне спектра (например, из кварцевого стекла). Могут выпускаться и без входных окон.

Основные параметры алмазных фотовольтаических приемников с потенциальной ямой типа ФПЯ-1-1 и ФПЯ-1-2 приведены в табл. 2.1.11. Внешний вид фоторезисторов дан на рис. 2.1.12, а типовая спектральная характеристика аналогична приведенной на рис. 2.1.11. На рис. 2.1.13 дана схема включения ФПЯ.

Таблица 2.1.11. Основные параметры алмазных фотовольтаических приемников с потенциальной ямой типа ФПЯ-1-1 и ФПЯ-1-2

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Размер фоточувствительной площадки, мм^2	2–10
Область спектральной чувствительности, мкм	0,19–0, 28
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,22
Монохроматическая вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$2{,}3\cdot10^6$
Монохроматическая токовая чувствительность, А/Вт, не менее	2
Порог чувствительности, Вт/Гц$^{1/2}$	$(1–2)\cdot10^{-14}$
Напряжение смещения фотоприемника, В	5–100
Постоянная времени, с	$250\cdot10^{-6}$
Напряжение питания предусилителя, В	±12
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм	$10{,}5\times28\times2$ (DIP-22)
Масса, г, не более	5
№ рисунка	2-026

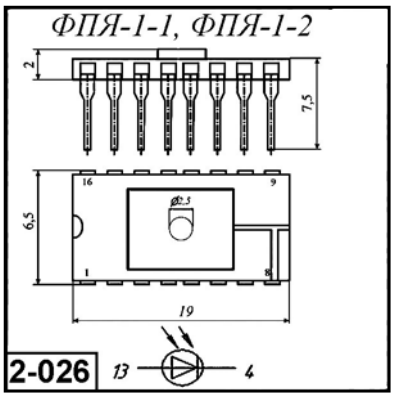


Рис. 2.1.12. Внешний вид и габаритные размеры алмазных фотовольтаических приемников с потенциальной ямой типа ФПЯ-1-1 и ФПЯ-1-2

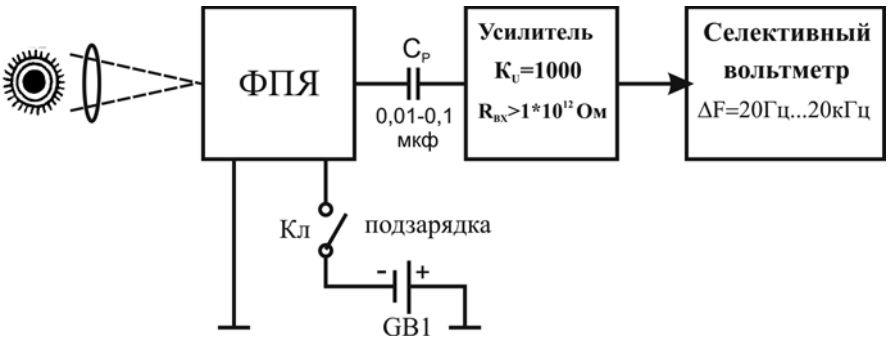


Рис. 2.1.13. Схема включения алмазных фотовольтаических приемников с потенциальной ямой типа ФПЯ-1-1 и ФПЯ-1-2

2.1.3.4. Алмазные PIN-фотодиоды ФД-1-1 и ФД-1-2 [$\Delta\lambda$ = 0,18–0,3; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм]

Фотодиоды ФД-1-1 и ФД-1-2 размещены в стандартном 16-выводном металлокерамическом корпусе типа DIP-16, снабженном входным окном из кварцевого стекла.

Основные параметры алмазных *pin*-фотодиодов типа ФД-1 приведены в табл. 2.1.12. Внешний вид фотодиодов приведен на рис. 2.1.14, а типовая спектральная характеристика – на рис. 2.1.15. Схема включения фотодиода дана на рис. 2.1.16.

Таблица 2.1.12. Основные параметры алмазных *pin*-фотодиодов типа ФД-1-1, ФД-1-2

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ФД-1-1	ФД-1-2
Размер фоточувствительной площадки, мм^2	2–10	
Область спектральной чувствительности, мкм	0,18–0,3	
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,22	
Монохроматическая вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	150	200
Монохроматическая токовая чувствительность, А/Вт, не менее	0,13	
Напряжение шума, В/Гц$^{1/2}$	$1\cdot10^{-8}$	
Порог чувствительности, Вт/Гц$^{1/2}$	$(1–2)\cdot10^{-14}$	
Удельная обнаружительная способность, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$3\cdot10^{12}$	
Темновой ток, А, не более	$1\cdot10^{-12}$	
Постоянная времени, с	$2{,}5\cdot10^{-4}$	
Напряжение смещения, В	60–100	
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм	6,5 × 19 × 2 (DIP-16)	
Масса, г, не более	1,5	
№ рисунка	2-027	

Примечание: величины токовой чувствительности и порога чувствительности, приведенные в табл. 2.1.12, вызывают некоторые сомнения, так как эти значения превышают теоретический предел.

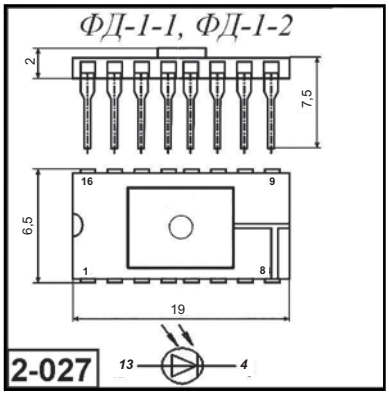


Рис. 2.1.14. Внешний вид фотодиодов ФД-1-1, ФД-1-2

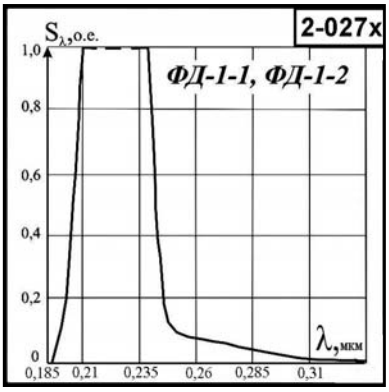


Рис. 2.1.15. Спектральная характеристика фотодиодов ФД-1-1, ФД-1-2

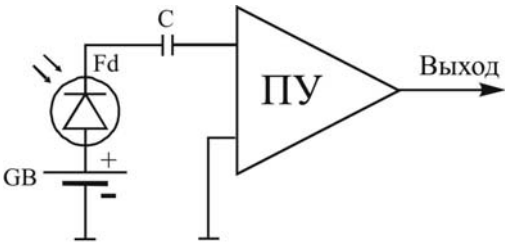


Рис. 2.1.16. Схема включения фотодиодов ФД-1-1, ФД-1-2

2.1.3.5. Алмазное фотоприемное устройство типа ФПА-1 [$\Delta\lambda$ = 0,19–0,28; $\lambda_{макс}$ = 0,22 мкм]

Фотоприемное устройство размещено в 22-выводном металлокерамическом корпусе типа DIP-22. Внутри корпуса установлены: алмазный фоточувствительный элемент, бескорпусная интегральная схема операционного усилителя типа К744УД1а-1 и пассивные компоненты. Корпус может снабжаться входным окном из материала, прозрачного для УФ-излучения (например, кварца).

Основные параметры алмазных ФПУ типа ФПА-1 приведены в табл. 2.1.13. Внешний вид ФПУ дан на рис. 2.1.17. Принципиальная электрическая схема ФПУ приведена на рис. 2.1.18, а типовые спектральные характеристики – на рис. 2.1.19.

Таблица 2.1.13. Основные параметры алмазного фотоприемного устройства типа ФПА-1

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Размер фоточувствительной площадки, мм^2	2–10
Область спектральной чувствительности, мкм	0,19–0,28
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,22
Монохроматическая вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$2{,}3\cdot10^6$
Монохроматическая токовая чувствительность, А/Вт, не менее	2
Порог чувствительности, Вт/Гц$^{1/2}$	$(1–2)\cdot10^{-14}$
Напряжение смещения фотоприемника, В	5–100
Постоянная времени, с	$250\cdot10^{-6}$
Напряжение питания предусилителя, В	±12
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм	10,5 × 28 × 2 (DIP-22)
Масса, г, не более	5
№ рисунка	2-028

Примечание: величина порога чувствительности, приведенная в табл. 2.1.13, вызывает некоторые сомнения, так как это значение превышает теоретический предел.

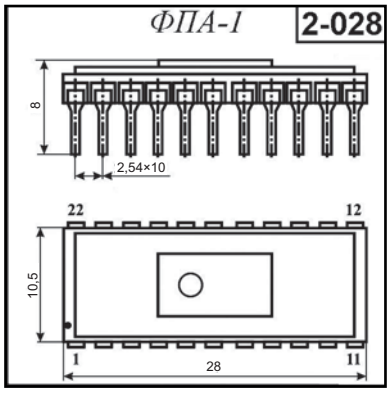


Рис. 2.1.17. Внешний вид ФПУ ФПА-1

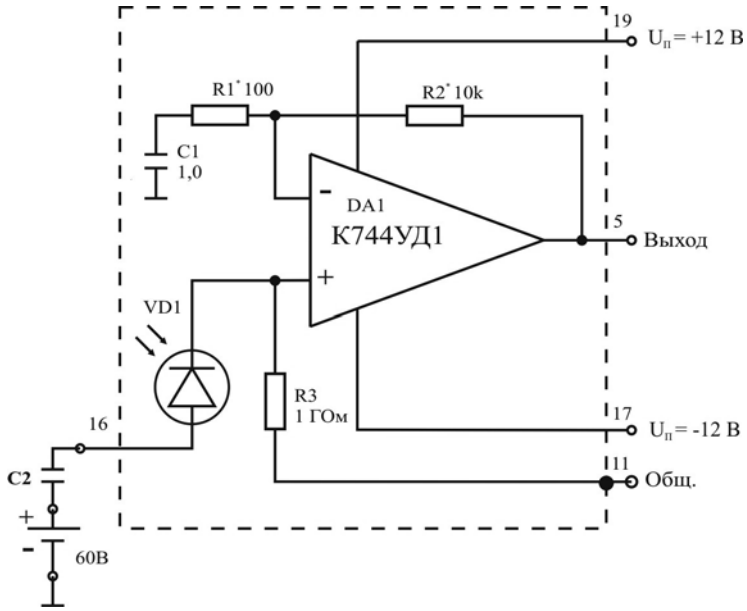


Рис. 2.1.18. Принципиальная электрическая схема ФПУ ФПА-1

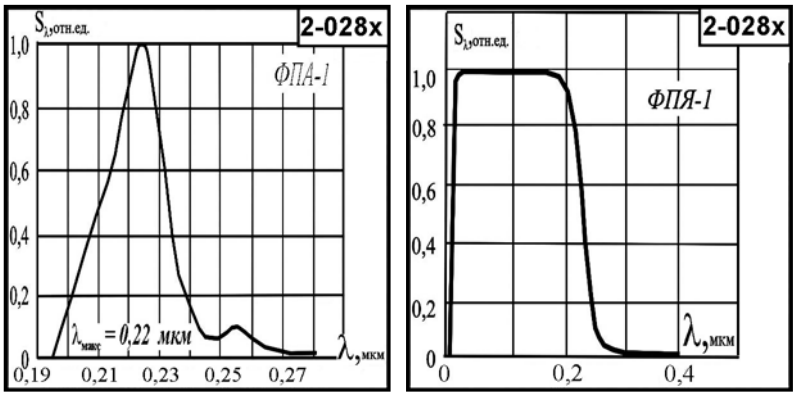


Рис. 2.1.19. Спектральная характеристика ФПУ ФПА: а) с входным окном из кварцевого стекла; б) без окна

2.1.4. Вакуумные фотоэлектронные приемники для УФ-диапазона

Для регистрации УФ-излучения также используются вакуумные фотоэлектронные приемники:

1. Вакуумные фотоэлементы, например типа:
   Ф8 ($\lambda_{макс}$ = 225 нм) и Ф29 ($\lambda_{макс}$ = 220–230 нм), Ф7($\Delta\lambda$ = 200–650 нм),
   Ф14 ($\Delta\lambda$ = 200–650 нм), Ф29 ($\Delta\lambda$ = 120–300 нм).
2. Фотоумножители, например типа:
   ФЭУ89 ($\Delta\lambda$ = 150–320 нм), ФЭУ99 ($\lambda_{макс}$ = 220–260 нм),
   ФЭУ116 ($\lambda_{макс}$ = 260–300 нм), ФЭУ133 ($\lambda_{макс}$ = 220–260 нм),
   ФЭУ142 ($\Delta\lambda$ = 112–365 нм), ФЭУ-154 ($\lambda_{макс}$ = 120–160 нм) и др.

Сведения о параметрах вакуумных фотоэлектронных приборов будут изложены в соответствующей главе третьей части книги.

2.2. ПРИЕМНИКИ «ВИДИМОГО» ДИАПАЗОНА СПЕКТРА (0,4–0,75 мкм)

Выбор полупроводниковых приемников так называемого видимого диапазона спектра относительно невелик. В настоящей главе рассматриваются вентильные фотоэлементы, а также фоторезисторы на основе сернистого кадмия (CdS) и селенистого кадмия (CdSe).

2.2.1. Вентильные фотоэлементы

Вентильными фотоэлементами по традиции называют пленочные фотогальванические элементы старого типа. По структуре они сходны с вентилями – твердыми силовыми выпрямителями. Вентильные фотоэлементы предназначены для непосредственного преобразования энергии оптического излучения в ЭДС.

Основными промышленными типами вентильных фотоэлементов являются селеновые (Se) и сернисто-серебряные (Ag_2Sb). Однако наибольшее распространение получили селеновые фотоэлементы.

Селеновые фотоэлементы, кроме УФ-101, представляют собой бескорпусные фотоэлектрические полупроводниковые приборы. Пленочный фоточувствительный элемент, представляющий собой *p-n*-переход из селена *p*-типа и селенида кадмия *n*-типа, нанесен на стальную подложку. Фоточувствительный слой защищен от внешних воздействий пленкой прозрачного лака. Прибор имеет проволочные или ленточные выводы. Фотоэлементы различаются между собой формой и размерами фоточувствительных элементов, длиной выводов и некоторыми параметрами. Фотоэлемент УФ-101 размещен в пластмассовом защитном корпусе и снабжен клеммами с отверстиями диаметром 4 мм.

Вентильные элементы работают без внешнего источника питания, а потому применяются в тех случаях, когда к конструкции оптико-электронной аппаратуры предъявляются жесткие требования к габаритно-весовым характеристикам. Вентильные элементы не рекомендуется применять при модуляции оптического излучения, превышающей десятки герц, а также при резких колебаниях температуры.

2.2.1.1. Селеновые фотоэлементы Ф-32С, Ф-33С, Ф-34С, Ф-35С, Ф-36С, Ф-37С, Ф-38С, Ф-39С, Ф-40С, Ф-41С, Ф-42С, Ф-44С, Ф-45С, Ф-50С, Ф-52С, Ф-54С, Ф-55С, ФЭ-139, УФ-101 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,7; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,6 мкм]

Селеновые фотоэлементы предназначены для регистрации оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,4 до 0,7 мкм.

Селеновые фотоэлементы предназначены для использования в качестве приемников оптического излучения в экспонометрических устройствах кино-, фотоаппаратуры, устройствах сигнализации и управления.

Основные фотоэлектрические параметры селеновых фотоэлементов при температуре приведены в табл. 2.2.1 и 2.2.2. Внешний вид и габаритные размеры селеновых фотоэлементов даны на рис. 2.2.2. Спектральная характеристика фотоэлементов – на рис. 2.2.1.

Таблица 2.2.1. Основные параметры селеновых фотоэлементов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{эф}$, см^2	Δλ, мкм	$\lambda_{мах}$, мкм	$U_{хх}$, мВ, не менее	$I_ф$, мА, не менее	Освещенность при измерении фототока, лк	$K_{с.п.}$, отн. ед	$E_{рек}$, лк	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры без выводов, мм, не более	Масса, г. не более	№ рис.
Ф-32С	4,6	0,35–0,7	0,5–0,6	60	6	105	0,93±0,12	9–100	–20...+45	36,6 × 14,3 × 1,75	4,3	2-031
Ф-33С	2,8	0,35–0,7	0,55–0,6	100	11	87	0,93±0,12	9–100	–20...+45	∅23 × 2,5	5,5	2-038
Ф-34С	2,8	0,35–0,7	0,5–0,6	100	11	87	0,93±0,12	9–100	–40...+45	∅23 × 2,5	5,3	2-038
Ф-35С	2,8	0,35–0,7	0,55–0,6	100	11	87	0,93±0,12	9–100	–20...+45	∅23 × 2,5	5,2	2-038
Ф-36С	2,8	0,35–0,7	0,55–0,6	100	8 40	64 2050	0,93±0,12	8–4100	–40...+50	41 × 9,5 1,6	5	2-032
Ф-37С	3,5	0,35–0,7	0,5–0,6	100	11	127	–	–	–20...+45	35 × 13 × 1,5	3,5	2-033
Ф-38С	6,4	0,35–0,7	0,5–0,6	100	6	22	–	–	–20...+45	56 x20 × 1,5	8	2-034
Ф-39С	5,4	0,35–0,7	0,5–0,6	100	8	47,5	–	–	–20...+45	∅46 × 2,3	5	2-035
Ф-40С	2,8	0,35–0,7	0,5–0,6	100	11	87	–	–	–20...+45	∅23 × 2,5	5,1	2-038
Ф-41С	2,8	0,35–0,7	0,55–0,6	100	11	87	0,93±0,12	9–100	–40...+50	∅23 × 2,5	5,5	2-038
Ф-42С	6,4	0,35–0,7	0,5–0,6	100	6	22	–	–	–20...+45	∅36,5 × 2	8	2-043
Ф-44С	5,4	0,35–0,7	0,5–0,6	100	6,5	16	–	–	–20...+45	∅42 × 1,4	5,9	2-038
Ф-45С	3,9	0,35–0,7	0,5–0,6	125	11 15	75 600	0,8–1,05	60–1000	–40...+50	35 × 15 × 2,3	4,8	2-037
Ф-50С	5,4	0,35–0,7	0,5–0,6	100	4 8	16 250	–	–	–40...+50	∅42 × 1,4	5,9	2-038
Ф-52С	9,6	0,35–0,7	0,5–0,6	125	2,4–4	4,3	0,8–1,05	3–300	+15...+35	∅40,2 × 2,3	16	2-040
		0,35–0,7			9–13,5	17,2						
Ф-54С	27	0,35–0,7	0,5–0,6	125	100	110	0,8–1,05	50–500	–20...+45	60 × 52 × 3,0	40	2-039
Ф-55С	25,6	0,35–0,7	0,5–0,6	125	13	10	0,8–1,05	10–100	+15...+35	∅65,5 × 3,0	41,2	2-042
		0,35–0,7			130	100						
ФЭ-139С	2,2	0,35–0,7	0,55	–	53	1000	–	–	–60...+60	25 × 14 × 1,1	2,2	2-041
УФ-101	6,3	0,4–0,7	0,5–0,6	60	6	105	–	–	–20...+45	∅60 × 14,5	70	2-044

Примечания.

1. Измерения проведены при освещении приборов от источника типа «А» по ГОСТ 7721–76.
2. При освещенности Е = 10 лк и сопротивлении внешней цепи $R_н$ = 1,5 кОм.
3. Масса указана для приборов на стальной подложке.

Принятые сокращения и обозначения в гл. 2.2.1.: $A_{ФЧЭ}$ – размер фоточувствительной площадки, см^2 ; Δλ – область спектральной чувствительности, мкм; $\lambda_{макс}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $I_ф$ – световой ток (фототок), мА; T_S – температурный коэффициент изменения чувствительности, %/°С; $R_{из}$ – сопротивление изоляции между корпусом и выводом, МОм; $U_{ХХ}$ – фото-ЭДС в режиме холостого хода, мВ; $K_{с.п.}$ – спектральный коэффициент перехода от источника «А» к источнику «В», отн. ед; $E_{рек.}$, рекомендуемые пределы освещенности, лк.

Таблица 2.2.2. Основные параметры утомляемости и потенциальной надежности селеновых фотоэлементов при температуре 20±5 °С

Наименование прибора	T_s лог. ед/ град, не более	Условия измерения T_s		Утомляемость, лог. ед.[1], не более	Условия измерения утомляемости		Ресурс работы, ч	Вероятность безотказной работы, о. е.
		E, лк	$R_н$, кОм		E, лк	$R_н$, кОм		
Ф-32С	0,03	100	4	0,15	100	4	1000	0,95
Ф-33С	0,01	100	4	0,15	100	4	3000	0,94
Ф-34С	0,01	100	4	0,15	100	4	3000	0,94
Ф-35С	0,01	100	4	0,15	100	4	3000	0,94
Ф-36С	0,01	1000	4	0,15	1000	4	3000	0,94
Ф-37С	0,01	100	4	0,15	100	4	1000	0,95
Ф-38С	0,01	100	Л	0,15	100	4	1000	0,95
Ф-39С	0,01	100	4	0,15	100	4	1000	0,95
Ф-40С	0,01	100	4	0,15	100	4	1000	0,95
Ф-41С	0,01	100	4	0,15	100	4	3000	0,94
Ф-42С	0,015	100	4	0,15	100	4	1000	0,95
Ф-44С	0,015	100	4	0,15	100	4	1000	0,95
Ф-45С	0,01	600	5	0,1	1000	5	1000	0,95
Ф-50С	0,032	100	15	0,62	8000	опт[4]	1000	0,95
Ф-52С	0,01	135	8	0,1	2200	8	1000	0,95
Ф-54С	0,001	500	0,15	23	500	0,15	1000	0,95
Ф-55С	0,004	100	0,1	0,008	100	0,1	1000	0,95
ФЭ-139С	0,53	150	опт[4]	83	1000	опт[4]	н/д	0,95
УФ-101	0,03	100	опт[4]	0,15	100	4	н/д	н/д

Примечания.

1. Лог. ед. – логарифмическая единица, представляющая собой логарифм десятичный отношения текущего значения того или иного параметра к исходному.
2. Для фотоэлемента Ф-50С вместо лог. ед. использована условная единица – ступень, оказавшаяся более удобной в проектировании экспонометрических приборов. В этом случае фиксируют ступенчатое изменение фототока, нормируемое по ТУ на изделие. Поскольку между ступенью и лог. ед. нет единой математической зависимости, характеристики приходится определять экспериментально.
3. Для Ф-54С и ФЭ-139С параметры измерены в %/град и в % соответственно.
4. При оптимальном значении сопротивления внешней цепи, соответствующем максимальному значению фототока.

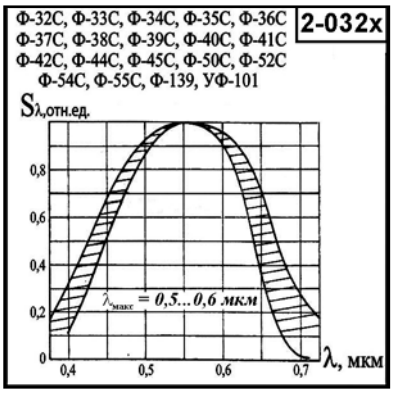
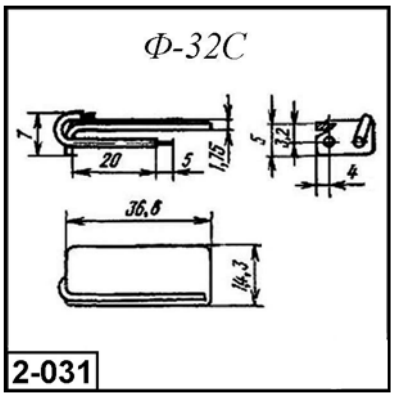
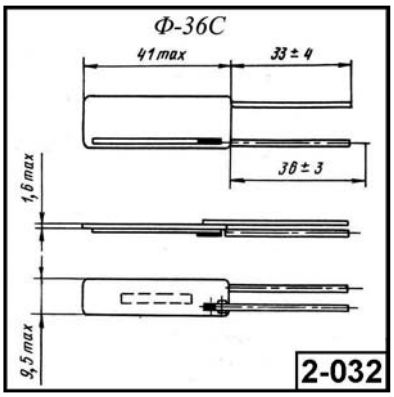
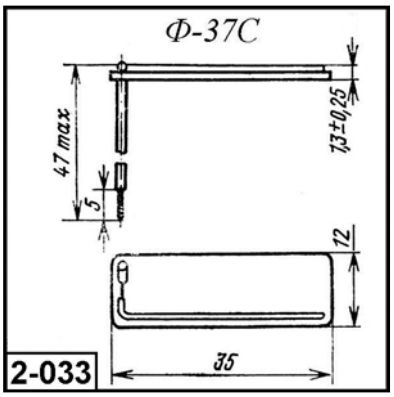
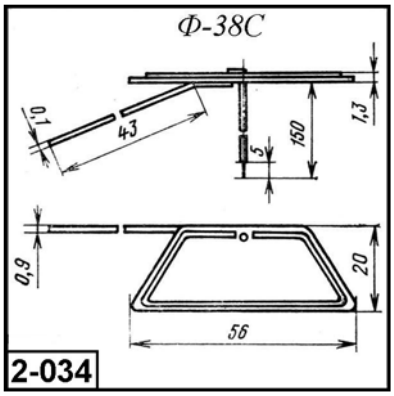


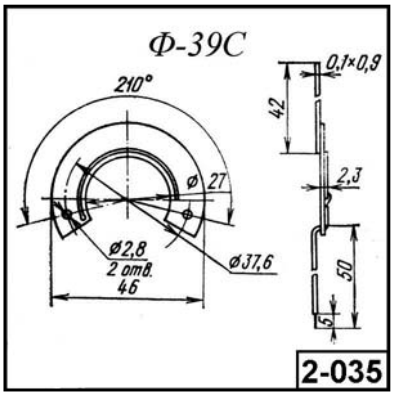
Рис. 2.2.1. Относительные спектральные характеристики селеновых фотоэлементов

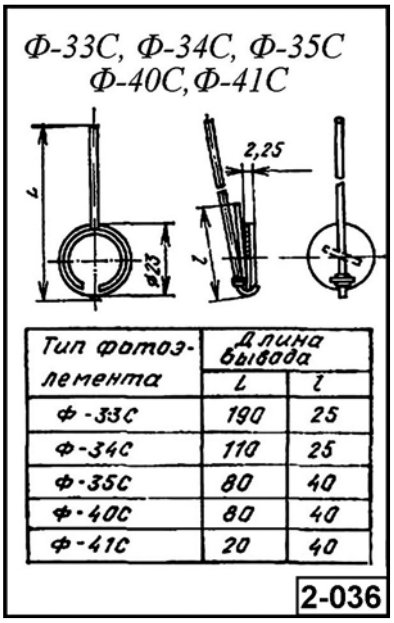


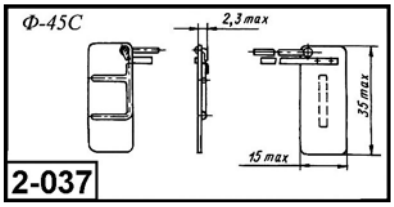


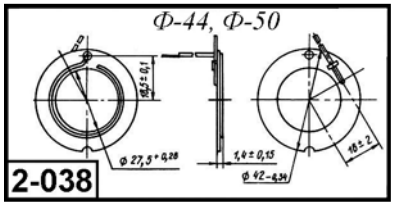


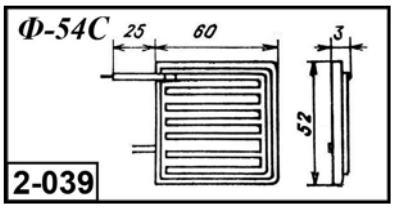


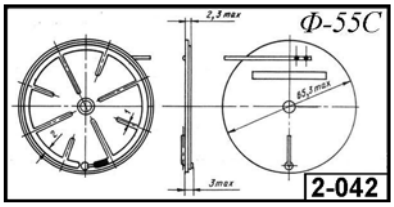


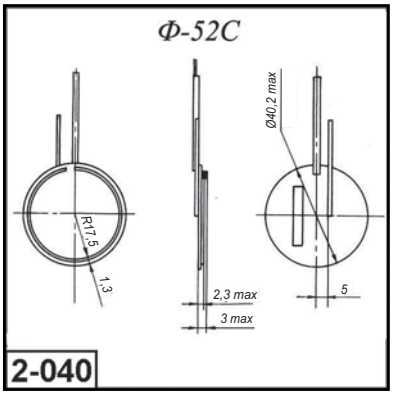


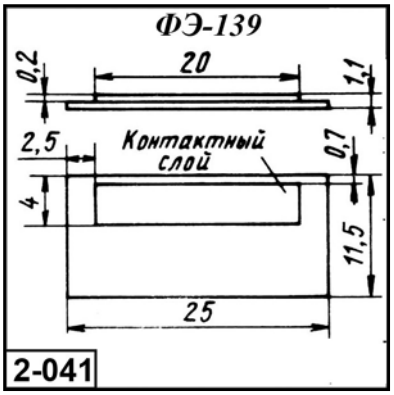












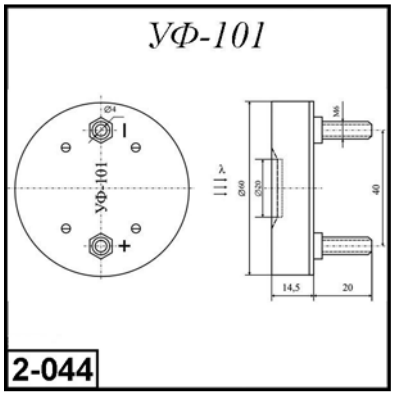


Рис. 2.2.2. Внешний вид и габаритные размеры селеновых фотоэлементов

2.2.1.2. Ранние типы фотоэлементов К-5, К-10, К-20, ФЭСС-У-2; ФЭСС-У-3; ФЭСС-У-5; ФЭСС-У-10 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,65 и 0,7–1,0 мкм]

Отечественной промышленностью, кроме селеновых ФЭ, выпускались серно-таллиевые и сернисто-серебряные фотоэлементы.

Основные параметры селеновых (К-5–К-20), серно-таллиевых и сернисто-серебряных фотоэлементов приведены табл. 2.2.3.

Внешний вид и габаритные размеры фотоэлемента ФЭСС-У даны на рис. 2.2.3. Спектральные характеристики фотоэлементов – на рис. 2.2.4.

Таблица 2.2.3. Основные параметры вентильных фотоэлементов К-5, К-10, К-20, ФЭСС-У-2, ФЭСС-У-3, ФЭСС-У-5, ФЭСС-У-10

Тип фотоэлемента	Обозначение прибора	Рабочая площадь, см²	$\lambda_{макс}$, мкм	Интегральная чувствительность, мкА/лм	$U_{хх}$, мВ, не менее	Внутреннее сопротивление, Ом	Диапазон линейности фототока от светового потока, мкА	Максимальная частота модуляции источника света, Гц	№ рис.
Селеновый	К-5	5	0,5–0,6	250–500	н/д	$1\cdot10^3$–$5\cdot10^4$	30–50	50–100	–
	К-10	10							
	К-20	20							
Сернисто-серебряный	ФЭСС-У-2	2	0,7–1,0	3500–8000	60–150	1500–3000	30–50	5–10	2-045
	ФЭСС-У-3	3			60–150	1000–2000	5–150		
	ФЭСС-У-5	5				700–1400	6–150		
	ФЭСС-У-10	10				400–800	5–150		
Серно-таллиевый	н/д	2	0,8–1,1	5000–10000	до 150	–	30–50	–	–

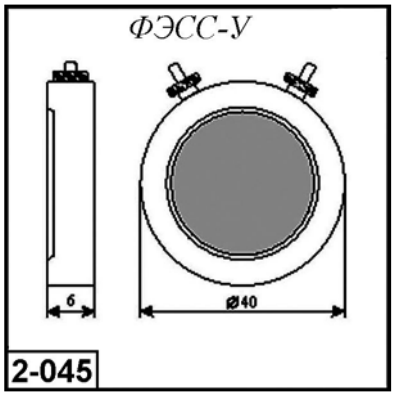


Рис. 2.2.3. Внешний вид и габаритные размеры фотоэлемента серии ФЭСС-У

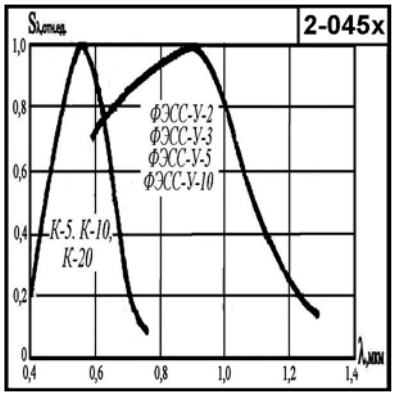


Рис. 2.2.4. Внешний вид и габаритные размеры фотоэлемента серии ФЭСС-У

2.2.2. Фоторезисторы на основе сульфида кадмия

2.2.2.1. Фоторезисторы ФСК-0, ФСК-1, ФСК1а, ФСК-16, ФСК-2, ФСК-3, ФСК-4, ФСК-4а, ФСК-5, ФСК-6, ФСК-7а, ФСК-76, ФСК-Г7а, ФСК-Г76, ФСК-Г1, ФСК-Г2, ФСК П1а, ФСК П16, ФСК-М1, ФСК-М2, СФ2-1, СФ2-2, СФ2-4, СФ2-5, СФ2-8, СФ2-9, СФ2-12, СФ2-16, ФР-765 [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9; $\lambda_{макс}$ = 0,6–0,7 мкм]

Фоторезисторы предназначены для применения в качестве приемников и датчиков оптического излучения в составе оптико-электронной аппаратуры, систем фотоэлектрической автоматики и телемеханики, счетно-измерительных и экспонометрических приборов, работающих в диапазоне длин волн от 0,3 до 0,9 мкм. Могут использоваться в цепях постоянного, переменного и импульсного токов.

Фоторезисторы ФСК-0, ФСК-1а, ФСК-5, ФСК-7а, ФСК-76 выпускаются в бескорпусном исполнении, фоточувствительный элемент защищен пленкой прозрачного лака. Конструкция ФСК-5 позволяет собирать из них многоэлементные линейки. Включение в цепь бескорпусных фоторезисторов рекомендуется производить с помощью прижимных контактов. Фоторезисторы типа ФСК-4а могут монтироваться в блоки.

Фоторезисторы ФСК-1, ФСК-16, ФСК-2, ФСК-3, ФСК-4, ФСК-4а, ФСК-6, ФСК М1, ФСК М2, ФСК П1а, ФСК П1б, СФ2-1, СФ2 -2 и ФР-765 выпускаются в пластмассовых корпусах. Фоторезисторы ФСК-П, ФСК-Г2, ФСК-Г7а, ФСКГ76, ФПФ-7А, ФПФ-7Б, ФПФ-7В, ФПФ-9-2, ФР-118, ФР-765, СФ2-4, СФ2-5, СФ2-8, СФ2-9, СФ2-12, СФ2-16 выпускаются в герметичных металлостеклянных корпусах.

Выводы фоторезисторов ФСК-1, ФСК-1б, ФСК 2, ФСК-6, ФСК-4 и ФСК-Г2 рассчитаны под включение в октальную панель с расположением штырьков РШ5-1 по ГОСТ 7842–71.

Двухэлементные фоторезисторы ФСК-7а, ФСК-76, ФСК-Г7а, ФСК-Г76 имеют по три электрода, что позволяет использовать их в качестве дифференциальных элементов электрических схем. Фоторезисторы СФ2-12 имеют три фоточувствительных элемента.

Фоточувствительный элемент ФСК-6 представляет собой плоскую шайбу с отверстием, через которое излучение поступает на отражающую поверхность, что дает возможность устанавливать прибор на близком расстоянии от контролируемого объекта.

Фоторезисторы СФ2-1 обладают высокой пороговой чувствительностью [до $(4–2)\cdot10^{-10}$ лм].

Фоторезисторы ФР-765 являются прямой заменой ФСК-1, ФСК-2, ФСК-Г1 и ФСК-Г2.

Все фоторезисторы на основе сульфида кадмия работают без охлаждения фоточувствительного элемента, то есть при температуре окружающего воздуха. Гарантированный ресурс работы фоторезисторов, в зависимости от типа, составляет от 1000 до 10 000 часов.

Основные параметры приборов приведены в табл. 2.2.4–2.2.5. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики чувствительности фоторезисторов даны на рис. 2.2.5–2.2.8.

Принятые сокращения и обозначения в гл. 2.2.2: $\mathbf{A_{ФЧЭ}}$ – размер фоточувствительной площадки, см^2; **N** – число элементов, шт.; $\mathbf{\Delta\lambda}$ – область спектральной чувствительности, мкм; $\mathbf{\lambda_{макс}}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $\mathbf{U_Р}$ – рабочее напряжение, В;

$\mathbf{R_T}$ – темновое сопротивление, Ом; $\mathbf{R_{СВ}}$ – световое сопротивление, Ом; $\mathbf{I_T}$ – темновой ток, А; $\mathbf{I_ф}$ – световой ток (фототок), А; $\mathbf{R_T/R_{СВ}}$ – отношение, отн. ед.; $\mathbf{t_{0,1–0,9}}$ – время нарастания фототока, с; $\mathbf{t_{0,9–0,1}}$ – время спада, с; $\boldsymbol{\tau}$ – постоянная времени по спаду или нарастанию фототока, с; $\mathbf{I_{ОБЩ}}$ – общий световой ток, А; $\mathbf{\Delta T}$ – диапазон рабочих температур, °С; $\mathbf{T_S}$ – температурный коэффициент изменения чувствительности, %/°С; $\mathbf{R_{из}}$ – сопротивление изоляции между корпусом и выводом, МОм; **P** – допустимая мощность рассеивания, Вт; **M** – масса, г.

Таблица 2.2.4а. Основные параметры фоторезисторов на основе сульфида кадмия при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (число элементов)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В, не более	$R_т$, МОм, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_{общ}$ (при E = 200 лк), мА, не менее	$R_т/R_{св}$, отн.ед., не менее	τ, с, не более	T_S, %/°С, не более	$P_{макс}$, мВт, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
СФ2-1	0,5 × 1,5	0,5–0,8	0,62–0,68	15	15	1,0	0,5	500	0,09	–0,3... –0,7	10	–60...+85	5 × 8 × 2,5 [0,5]	2-050
СФ2-2	6 × 12*	0,3–0,85	0,6–0,7	2	1	1,0	0,5	500	0,1	–0,3... –0,7	50	–40...+50	9 × 15 × 3,5 [1]	2-051
СФ2-4	0,15 × 1,5	0,5–0,8	0,6 ±0,06	15	10	1,0	0,2 (E = 300лк)	200	0,05	–0,5... –0,7	10	–60...+70	∅6,7 × 3,2 [2]	2-052
СФ2-5 СФ2-5А, М	∅5,8*	0,3–0,8	0,55 ±0,02	1,3	1	5	0,5	100	0,05	+0,4... –0,2	25	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-057 2-060
СФ2-6	0,5 × 6*	0,3–0,8	0,55 ±0,02	3	1,5	2,0	0,2	100	0,09	–0,3... –0,5	50	–60...+70	∅10,7 × 4,6 [2]	2-054
СФ2-6А	∅5,8*	0,3–0,8	0,55 ±0,02	3 (25)	–	2,0	0,2	200	0,08	–0,3... –0,5	50	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-054
СФ2-6Б	1,8 × 3,3	0,3–0,8	0,55 ±0,02	3 (10)	–	2,0	0,2	200	0,08	–0,3... –0,5	10	–60...+70	∅3,8 × 2,3 [1]	2-055
СФ2-8	∅5,8*	0,45–0,85	0,6 ±0,06	150	100	1	1	1000	0,05	–0,3... +0,4	125	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-053
СФ2-9	3,5 × 6	0,4–0,8	0,55–0,6	25	3,3	7,5	0,24	32	0,05	0,4	125	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-058
СФ2-12	0,3 × 1,5 или 0,75 × 1,5 (3)	0,4–0,8	0,6 ±0,06	5	15	0,3	0,2 (E = 300лк)	600	0,025	–0,8... +0,4	10	–60...+70	∅9,6 × 4,3 [2]	2-056
СФ2-16	0,25 × 1,8	0,45–0,85	0,6 ±0,04	10	3,3	3	0,3	100	0,1	+0,9... –0,9	10	–60...+70	∅3,4 × 2,3 [1]	2-059
ФСК-0	4 × 7,2	0,2–0,9	0,6–0,64	50	1,0	15	15	140	0,15	0,12–0,2	100	–60...+80	8,5 × 14,5 [1,5] б/к	2-061
ФСК-1	4 × 7,2	0,2–0,9	0,6–0,64	50	3,3	15	15	100	0,15	+0,3... –0,7	125	–60...+85	∅28 × 4,5 [4,5]	2-063
ФСК-1а	4 × 8,4	0,2–0,9	0,6–0,64	50	3,3	15	15	100	0,15	+0,3... –0,7	125	–60...+85	8,5 × 14,5 [1,2]	2-062
ФСК-1б	0,8 × 7,2	0,2–0,9	0,6–0,64	2,5	0,18	5–8 8–13	0,25–0,8 0,8–1,3 (E = 1000лк)	–	0,15	+0,3... –0,7	12,5	–60...+80	∅28 × 4,5 [4,5]	2-063
ФСК-2	4 × 7,5	0,2–0,9	0,6–0,64	50	3,3	15	0,3	20	0,14	+0,3... –0,7	125	–60...+85	∅28 × 12,5 × 4 [3,2]	2-064

Таблица 2.2.4а. (окончание)

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (число элементов)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В, не более	$R_т$, МОм, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_{общ}$ (при E = 200 лк), мА, не менее	$R_т/R_{св}$, отн.ед., не менее	τ, с, не более	T_{Si}, %/°С, не более	$P_{макс}$, мВт, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФСК-3	2 × 6	0,2–0,9	0,6–0,64	100	2,5	40	0,4	10	0,2	10–12	100	–70... +70	∅16 × 44,5 × 4 [10]	2-065
ФСК-4	4 × 6	0,3–0,9	0,6–0,64	50	3,0	20	2,0	50	0,14	+0,2... –0,3	150	–60... +80	18 × 24 × 4 [6]	2-069
ФСК-4а	2,8 × 4	0,3–0,9	0,6–0,64	50	1,6	35	0,7	50	0,14	+0,3... –0,7	100	–60... +85	9,5 × 24 × 6 или 16 × 17 × 3,5 [10]	2-070
ФСК-5	0,9 × 1,2	0,2–0,9	0,6–0,64	25	5,0	5	0,082	17	0,1	–	25	–25... +55	1 × 6 × 1 [0,03] б/к	2-072
ФСК-6	∅15 с отв. ∅5	0,2–0,9	0,6–0,64	50	3,3	15	1,5	100	0,14	+0,3... –0,7	125	–60... +85	∅28 × 6,5 [5]	2-073
ФСК-7а	17 × 7 (2)	0,5–0,85	0,62–0,64	50	0,5	100	0,35	3,5	0,2	+0,3... –0,7	350	–60... +85	∅23,4 × 2,5 [2,5] б/к	2-074
ФСК-7б	19 × 3,2 (2)	0,5–0,85	0,62–0,64	10	0,1	100	0,8	8,0	0,2	+0,3... –0,7	350	–60... +85	∅23,4 × 2,5 [2,5] б/к	2-075
ФСК-Г7а	17 × 6,5 (2)	0,4–0,9	0,6–0,64	50	5,0	10	1,0	100	0,1	+0,3... –0,7	350	–60... +85	∅31 × 19 [20]	2-076
ФСК-Г7б	17 × 6,5 (2)	0,4–0,9	0,6–0,64	50	5,0	10	1,0	100	0,1	+0,3... –0,7	350	–60... +85	∅22 × 12,5 [10]	2-077
ФСК-Г1	4 × 7,2	0,4–0,9	0,6–0,64	50	3,3	15	1,5	100	0,15	+0,3... –0,7	125	–60... +85	∅25 × 14,5 [7]	2-078
ФСК-Г2	4 × 7,2 (2)	0,4–0,9	0,6–0,64	50	1,6	30	2,5	80	0,15	+0,3... –0,7	250	–60... +85	∅33 × 34 [20]	2-079
ФСК-П1а ФСК-П1б	2 × 6	0,3–0,8	0,6–0,63	100	100	1,0	1,0	1000	0,1	–0,3... –0,5	150	–60... +85	8 × 13 × 2,8 [0,7]	2-065 2-066
ФСК-М1	1 × 2	0,3–0,54	0,5–0,52	70	10	0,01	1,0	1000	0,01	–1,2	30	–50... +60	∅28 × 4,5 [4,5]	2-067
ФСК-М2	1,1 × 1,5	0,45–0,53	0,5–0,52	70	10	1,0	0,5	500	0,09	–0,3... –0,7	10	–50... +60	∅30 × 11 [10]	2-068
ФР-612	∅5	0,4–0,8	0,6 ±0,05	50	17	3	1,5	–	0,04	–	125	–60... +85	10,5 × 3,4 [2,5]	2-080
ФР-765	∅5,8*	0,3–0,85	0,62–0,66	20	2	10	1,5	150	0,08	+0,3... –0,7	50	–60... +85	∅10,7 × 5,8 [5]	2-081
ФС2-1	7,5 мм²	0,4–0,9	0,64	15	15		1	1000	0,06 мс	–0,4	50	–25... +55	–	–
ФСК-17	9 мм²	0,4–0,9	0,64	50	0,5		2	200	–	–0,4	350	–25... +55	–	-

Примечание. * Размер прямоугольника или круга, в который вписывается фоточувствительный элемент. б/к – бескорпусное исполнение.

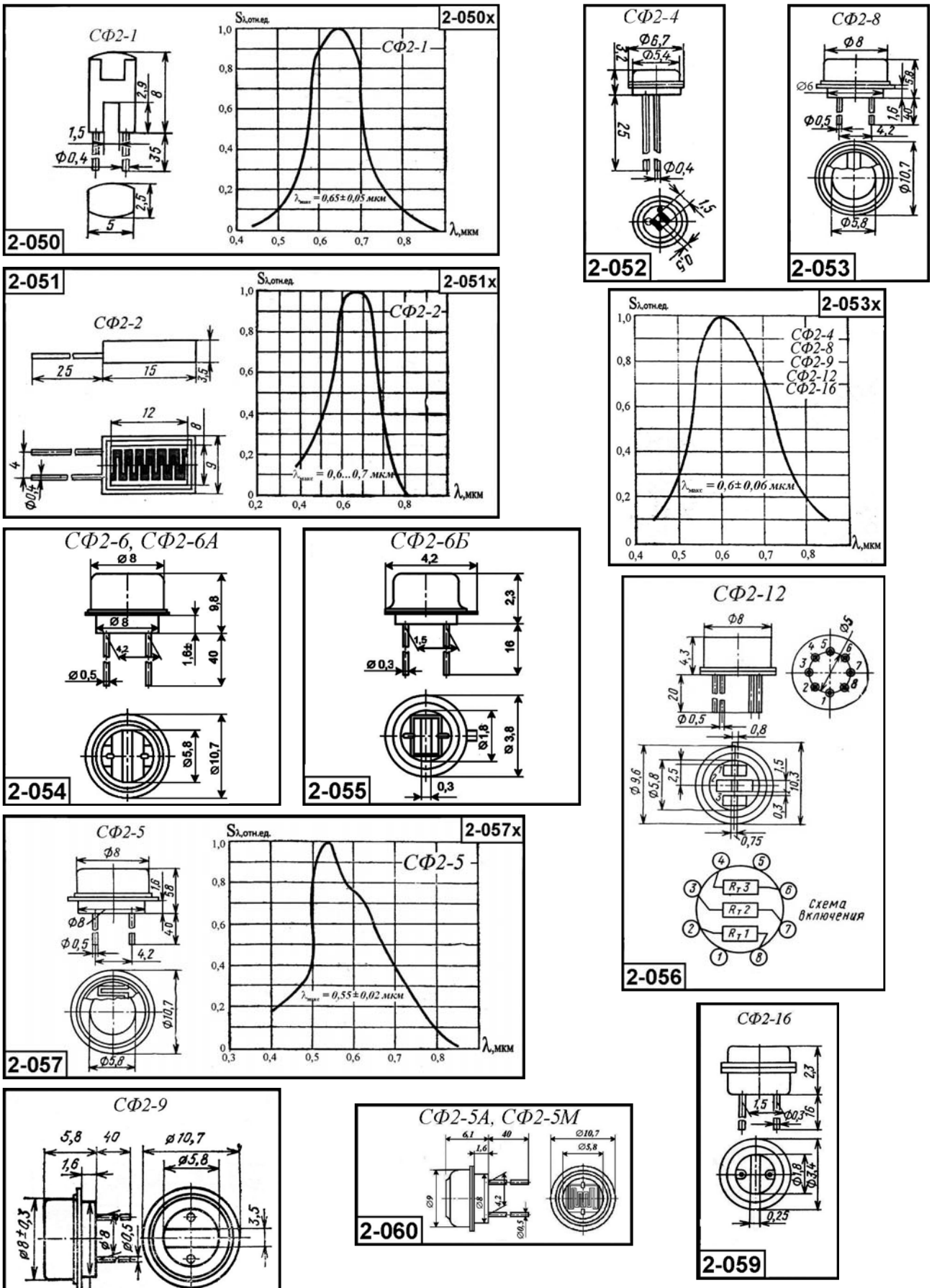


Рис. 2.2.5. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики фоторезисторов на основе сульфида кадмия

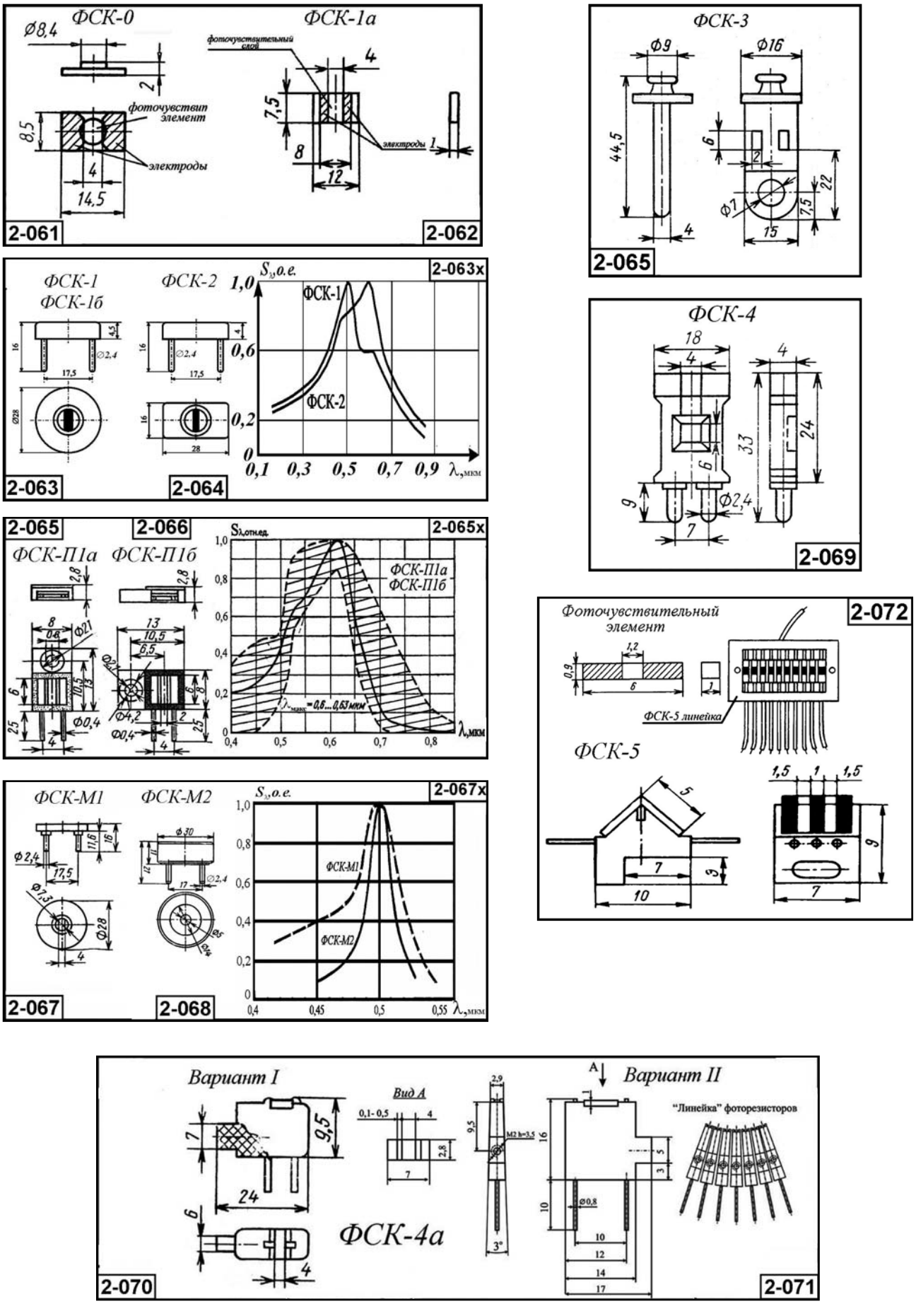


Рис. 2.2.6. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ фоторезисторов на основе CdS

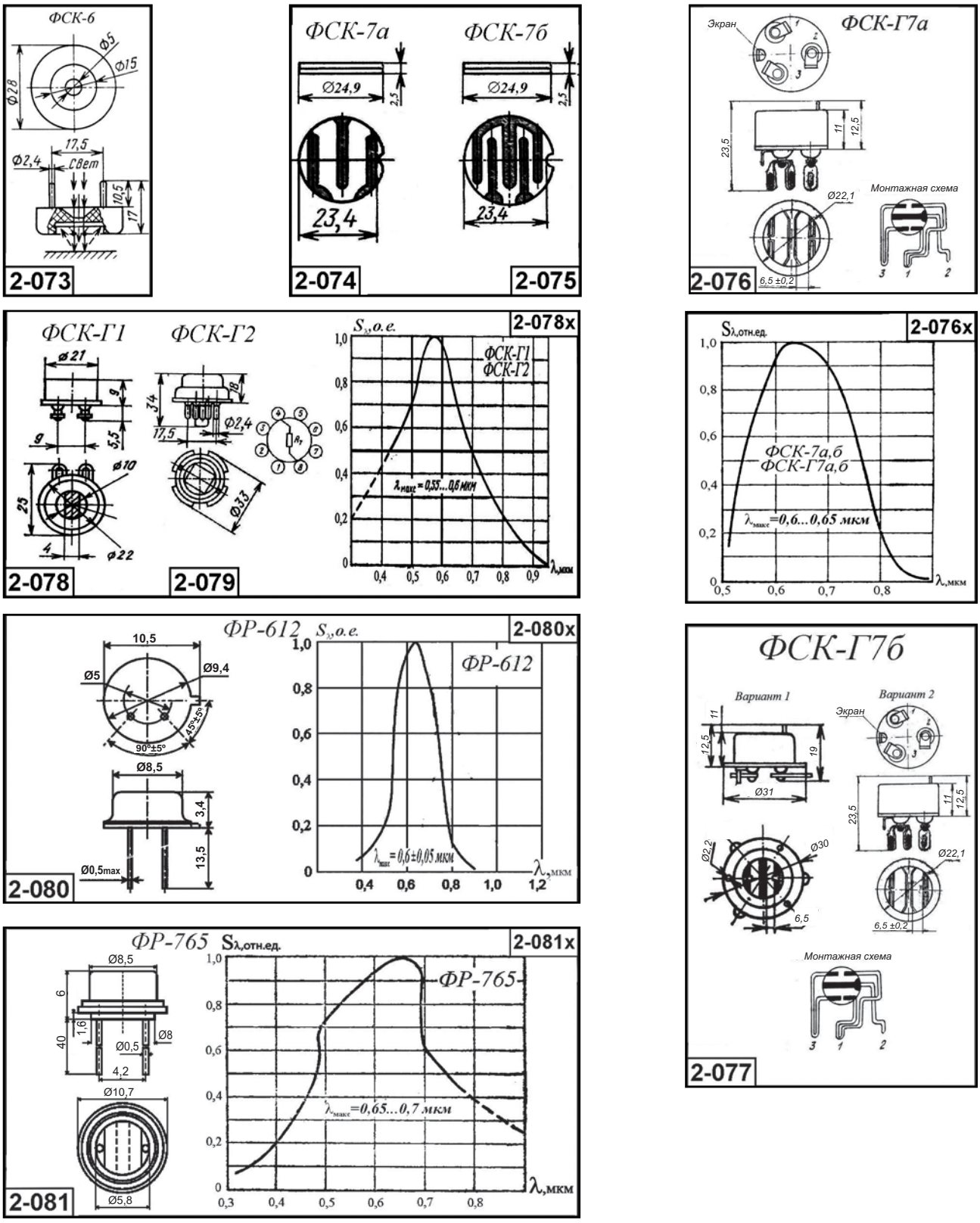


Рис. 2.2.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики фоторезисторов на основе сульфида кадмия

2.2.2.2. Фоторезисторы на основе сульфида кадмия для фотоэкспонометрической техники ФПФ-7А, ФПФ-7Б, ФПФ-7В, ФПФ-7-1, ФПФ-9-2, ФР-117, ФР-118, ФР-119, ФР-121 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,7; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,6 мкм]

Фоторезисторы типа ФР-117, ФР-118, ФР-119 и ФР-121 предназначены для работы в составе фотоэкспонометрического оборудования и приборов. Основные параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.2.5, а внешний вид приборов дан на рис. 2.2.8.

Таблица 2.2.5. Основные параметры фоторезисторов для фотоэкспонометрической техники при температуре 20±5 °С

Тип прибора	ФПФ-7А	ФПФ-7Б	ФПФ-7В	ФПФ-9-2	ФР-117	ФР-118 (ФПФ-7-2)
$A_{фчэ}$, мм (число элемен-тов)	3,7×2*	3,7×2*	3,7×2*	4,5×3,5	4 мм²	3,7×2*
$\Delta\lambda$, [λмакс], мкм	0,4–0,7 [0,55–0,7]	0,4–0,7 [0,55–0,7]	0,4–0,7 [0,55–0,7]	0,4–0,7 [0,54–0,56]	0,4–0,75 [0,54–0,57]	0,4–0,7 [0,55–0,6]
$U_{Р,}$ В	6	6	6	6	6	6
$R_т$, МОм, не более	1	1	1	1	1	0,3–2
$R_{св}$, кОм, не более	15 (Е = 10 лк)	10–25 (Е = 10 лк)	1000 (Е = 10 лк)	26–135 (Е = 0,125 лк) 3,8–20 (Е = 4 лк) 0,57–3,0 (Е = 125 лк)	45–120 (Е = 0,125 лк) 7–16 (Е = 4 лк) 1,1–2,2 (Е = 125 лк)	8–21 (Е = 10 лк)
τ, с, не более	3 (Е = 1 лк)	4 (Е = 1 лк)	20 (Е = 1 лк)	7,5 (Е до 0,5 лк)	4,8	8
Крутизна люксомической характеристики, %, не более	0,6–0,85 (Е = 1–10 лк)	0,86–1 (Е = 1–10 лк)	0,7–1,1 (Е = 1–10 лк)	0,48–0,59 (Е = 0,125 лк) 0,52–0,62 (Е = 4 лк)	0,53–0,59 (Е = 4–125 лк) 0,52–0,58 (Е = 0,125–4 лк)	0,5–0,7
Нелинейность люксомической характеристики, %, не более	2–20	20	–	10	10 (Е = 0,1–1500 лк)	10 (Е = 0,1–1500 лк)
Температурный коэффициент нестабильности фототока, %/°С, не более	0,6 (Е = 1 лк)	0,6 (Е = 1 лк)	0,6 (Е = 1 лк)	0,012 (Е = 0,5 лк) 0,008 (Е = 0,5–500 лк)	0,8 (Е = 0,5–500 лк)	0,85
Коэффициент световой нестабильности, о. е.	1–1,2	1–1,2	1–1,2	0,9–1,1	0,9–1,1	–
Спектральный коэффициент перехода, о. е.	1–1,3	1–1,3	1–1,3	1–1,3	0,9–1,1	–
$E_{макс}$, лк, не более	1500	1500	1500	1500	1500	12000
$P_{макс}$, мВт, не более	50	50	50	50	50	50
ΔТ, °С	–60...+55	–40...+50	–40...+50	–40...+55	–30...+50	–30...+50
Габарит ные размеры без выводов, мм, не более	∅7,8×3,2	∅7,8×3,2	∅7,8×3,2	∅9,25×3,5	∅7,8×4,5 ∅7,8×3,2	∅7,8×3,2
№ рис.	2-082	2-082	2-082	2-083	2-084 2-085	2-086

Таблица 2.2.5. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (число элемен-тов)	$\Delta\lambda$, [λмакс], мкм	$U_{р.}$, В	$R_т$, МОм, не более	$R_{св}$, кОм, не более	τ, с, не более	Крутизна люксомической характеристики, %, не более	Нелинейность люксомической характеристики, %, не более	Температурный коэффициент нестабильности фототока, %/°С, не более	Коэффициент световой нестабильности, о. е.	Спектральный коэффициент перехода, о. е.	$E_{макс}$, лк, не более	$P_{макс}$, мВт, не более	ΔТ, °С	Габарит ные размеры без выводов, мм, не более	№ рис.
ФР-119	⌀4(2)*	0,35–0,75 [0,5–0,6]	6	1	20–40 (Е = 10 лк)	4 (Е = 1 лк) 20 (Е = 0,1 лк)	0,95–1,1 (Е = 0,125–4 лк) 0,8–1 (Е = 4–124 лк) 1–1,3 (Е = 125–1000 лк)	–	0,6	1–1,3	1–1,3	1200	25	–30...+50	∅7,8 × 3,2	2-087
ФР-121	1,6 × 3,4*	0,4–0,75 [0,5–0,6]	6	1	20–70 (Е = 10 лк)	4	0,9–1,1 (Е = 0,125–4 лк) 0,8–1 (Е = 4–125 лк)	–	0,6	1–1,2	1–1,3	1200	20	–30...+50	∅4,2 × 1,4	2-088

Примечание. *) Размер прямоугольника или круга, в который вписывается фоточувствительный элемент. Масса всех приборов не превышает 1 г, ФР-121 – 0,5 г.

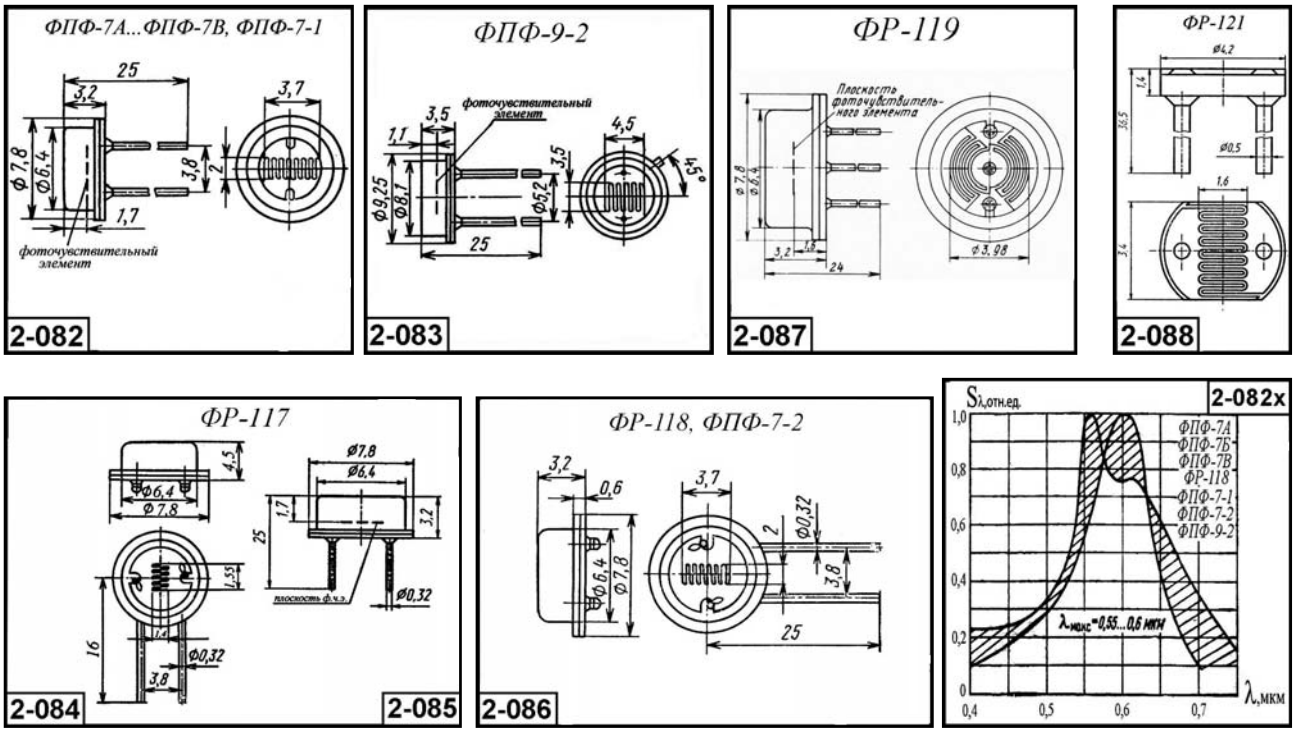


Рис. 2.2.8. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики фоторезисторов на основе CdS

2.2.2.3. Ранние типы фоторезисторов на основе сульфида кадмия ФС-КО, ФС-К1, ФС-К2, ФС-К4, ФС-К5, ФС-К6, ФС-К7а, ФС-К7б, ФС-КГ1, ФС-КГ2 [$\lambda_{макс}$ = 0,64 мкм]

Таблица 2.2.6. Основные параметры ранних типов фоторезисторов на основе сульфида кадмия при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	$\lambda_{макс}$, мкм	$\lambda_{0,9}$, мкм	$U_р$, В	$U_{Рмакс}$, В, не более	$R_т$, МОм, не менее	$S_{уд}$, мкА/лм·В, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_р$, мА	$R_т/R_{св}$ отн.ед., не менее	τ (при $E = 10^{-5}$ лм), с, не более	$P_{макс}$, Вт, не более	T_S, %/°С, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более
ФС-КО	4 × 7	0,64	0,9	220	300	3,3	6000	–	1,5	100	$2 \cdot 10^{-2}$	0,2	–0,2	–60...+85	8,5 × 14,5 × 2
ФС-К1	4 × 7	0,64	0,9	220	300	3,3	6000	15 (50В)	1,5	100	$2 \cdot 10^{-2}$	0,2	–0,12	–	∅28 × 4,5
ФС-К2	4 × 7	0,64	0,9	220	300	3,3	1200	15	0,3	60	$3 \cdot 10^{-2}$	0,15	–0,2	–	17,5 × 28 × 4,5
ФС-К4	4 × 6	0,64	0,9	220	300	2,0	6000	30	1,5	100	$2 \cdot 10^{-2}$	0,15	–0,2	–	18 × 22,5 × 4
ФС-К5	1 × 1	0,64	0,9	60	100	5,0–10,0	3000	1,0	0,2	40	–	0,05	–0,2	–25...+55	1 × 6 × 1
ФС-К6	125 мм²	0,64	0,9	220	400	3,3	3000	–	1,5	100	$2 \cdot 10^{-2}$	0,3	–0,2	–	∅28 × 5,5
ФС-К7а	200 мм²	0,64	0,9	220	400	0,5	6000	100	0,8	10	$6 \cdot 10^{-2}$	0,5	–0,2	–40...+60	∅25 × 2,5
ФС-К7б	200 мм²	0,64	0,9	50	100	0,1	6000	100	2,0	10	$6 \cdot 10^{-2}$	0,5	–0,2	–60...+85	∅25 × 2,5
ФС-КГ1	4 × 7	0,64	0,9	50	400	0,3	6000	1,5	1,5	100	$6 \cdot 10^{-2}$	0,5	–0,2	–60...+85	∅22 × 9
ФС-КГ2	4 × 16	0,64	0,9	50	400	1,6	6000	3	3	100	$6 \cdot 10^{-2}$	0,5	–0,2	–60...+85	∅33 × 32

2.2.3. Фоторезисторы на основе селенида кадмия

2.2.3.1. Фоторезисторы ФСД-1, ФСД-1а, ФСД-Г1, ФСД-Г2, ФР-764, СФЗ-1, СФЗ-2, СФЗ-2А, СФЗ-2Б, СФЗ-3, СФЗ-4А, СФЗ-4Б, СФЗ-5, СФЗ-7А, СФЗ-7Б, СФЗ-8, СФЗ-9А, СФЗ-9Б, СФЗ-9В, СФЗ-7А, СФЗ-10А, СФЗ-10Б, СФЗ-10В, СФЗ-11, СФЗ-12, СФЗ-16, СФЗ-М1, СФЗ-М2, ФР-162А, ФР-162Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,67–0,9 мкм]

Фоторезисторы предназначены для применения в качестве приемников и датчиков оптического излучения в составе оптико-электронной аппаратуры, систем фотоэлектрической автоматики и телемеханики, счетно-измерительных приборов, работающих в диапазоне длин волн от 0,35 до 1,1 мкм. Могут использоваться в цепях постоянного, переменного и импульсного токов.

ФСД-1а выпускаются в бескорпусном исполнении, фоточувствительный элемент защищен пленкой прозрачного лака, выводы отсутствуют, что обязывает потребителя де-

лать прижимные контакты к фоточувствительной площадке. Внешний вид аналогичен прибору ФСК-0.

ФСД-1, СФЗ-1, СФЗ-2 выпускаются в пластмассовых корпусах.

ФСД-П, ФСД-Г2, ФР-764, СФЗ-2А, СФЗ-2Б, СФЗ-4А, СФЗ-4Б, СФЗ-5,СФЗ-7А, СФЗ-7Б, СФЗ-8, СФЗ-9А, СФЗ-9Б и СФЗ-16 выпускаются в герметичных металлостеклянных корпусах. Выводы фоторезисторов ФСД-1 и ФСД-Г2 рассчитаны под включение в октальную панель с расположением штырьков РШ5-1 по ГОСТ 7842–71. Конструктивное исполнение фоторезисторов СФЗ-1, СФЗ-5, СФЗ-8, СФЗ-16, ФСД-1а, ФСД-П такое же, как соответственно у фоторезисторов СФ2-1, СФ2 5, СФ2-8; СФ2-16, ФСК-1а, ФСК-П.

Фоторезисторы СФЗ-1 обладают высокой пороговой чувствительностью – до $(2–5)\cdot10^{-10}$ лм.

Фоторезисторы ФР-764 являются прямой заменой ФСД-1, ФСД-Г1и ФСД-Г2.

Все фоторезисторы на основе сульфида кадмия работают без охлаждения фоточувствительного элемента, то есть при температуре окружающего воздуха. Гарантированный ресурс работы фоторезисторов, в зависимости от типа, составляет от 1000 до 10 000 часов.

Основные параметры приборов приведены в табл. 2.2.7. Габаритные размеры и относительные спектральные характеристики чувствительности фоторезисторов даны на рис. 2.2.9 и 2.2.10.

Принятые сокращения и обозначения в главах 2.2.3 и 2.2.4:

$\mathbf{A_{ФЧЭ}}$ – размер фоточувствительной площадки, см^2; **N** – число элементов, шт.; $\mathbf{\Delta\lambda}$– область спектральной чувствительности, мкм; $\mathbf{\lambda_{макс}}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $\mathbf{U_P}$ – рабочее напряжение, В; $\mathbf{R_T}$ – темновое сопротивление, Ом; $\mathbf{R_{СВ}}$ – световое сопротивление, Ом; $\mathbf{I_T}$ – темновой ток, А; $\mathbf{I_ф}$ – световой ток, А; $\mathbf{R_T/R_{СВ}}$ – отношение, отн. ед.; $\mathbf{t_{0,1–0,9}}$ – время нарастания фототока, с; $\mathbf{t_{0,9–0,1}}$ – время спада, с; $\mathbf{\tau}$– постоянная времени по спаду или нарастанию фототока, с; $\mathbf{I_{ОБЩ}}$ – общий световой ток, А; $\mathbf{\Delta T}$ – диапазон рабочих температур, °С; $\mathbf{T_S}$ – температурный коэффициент изменения чувствительности, %/°С; $\mathbf{R_{из}}$ – сопротивление изоляции между корпусом и выводом, МОм; **P** – допустимая мощность рассеивания, Вт; **M** – масса, г.

Таблица 2.2.7. Основные параметры фоторезисторов на основе селенида кадмия при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (число элементов)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В, не более	$R_т$, МОм, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_{общ}$ (при E = 200 лк), мА, не менее	$R_т/R_{св}$, отн. ед., не менее	τ, с, не более	T_S, %/°С, не более	$P_{макс}$, мВт, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
СФЗ-1	0,5×1,5	0,55–0,85	0,75–0,82	15	30	0,5	0,75	$1{,}5\cdot10^3$	0,06	+0,3... –2,6	10	–60...+85	5×2,5×8 [0,5]	2-089
СФЗ-2	6×12*	0,55–0,9	0,75–0,82	5	5	1,0	0,5	500	0,05	–	100	–60...+85	9×15×3,5 [1]	2-090
СФЗ-2А	∅5,8*	0,55–0,85	0,67–0,77	10	5	2,0	3	$1{,}5\cdot10^3$	0,02	+0,2 ... –0,9	50	–60...+70	∅10,7×5,8 [2]	2-092
СФЗ-2Б	∅5,8*	0,55–0,85	0,67–0,77	10	100	0,1	1,5	$1{,}5\cdot10^3$	0,016	–2,3... +0,5	50	–60...+70	∅10,7×5,8 [2]	2-092

Таблица 2.2.7. (продолжение)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (число элементов)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В, не более	$R_т$, МОм, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_{общ}$ (при E = 200 лк), мА, не менее	$R_т/R_{св}$, отн. ед., не менее	τ, с, не более	T_S, %/°С, не более	$P_{макс}$, мВт, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
СФ3-3	10 мм[2*]	0,4–1,1	0,76	10	10	0,3	0,3	$1{\cdot}10^3$	$(6–60){\cdot}10^{-6}$	1,5	50	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	–
СФ3-4А	∅5,8*	0,55–0,85	0,67–0,77	1,5	1	1,5	2	$1{,}3{\cdot}10^3$	0,02	+0,2... –0,9	25	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-093
СФ3-4Б	∅5,8*	0,55–0,85	0,67–0,77	1,5	15	0,1	1,2	$1{,}2{\cdot}10^4$	0,016	+0,5... –2,3	25	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-093
СФ3-5	∅5,8*	0,55–0,85	0,67–0,77	2	2	1,0	0,5	500	0,01	–1,5... +0,4	50	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-093
СФ3-7А	2,0 × 5,8 или 1 × 5,8	0,55–0,85	0,67–0,77	20	20	1,0	2	$2{\cdot}10^3$	0,02	+0,2... –0,9	50	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-094
СФ3-7Б	2,0 × 5,8 или 1 × 5,8	0,55–0,85	0,67–0,77	20	$2{\cdot}10^3$	0,01	1,2	$1{,}2{\cdot}10^5$	0,008	+0,5... –2,0	50	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-094
СФ3-8	2,0 × 5,8	0,55–0,85	0,67–0,77	20	20	1,0	0,5	500	0,015	+0,4... –1,5	25	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-094
СФ3-9А	2,0 × 5,8	0,35–1,0	0,67–0,77	50	2,5	–	3	$1{,}5{\cdot}10^4$	0,016	–1,25	100	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-094
СФ3-9Б	2,0 × 5,8	0,45–0,9	0,67–0,77	50	$5{\cdot}10^3$	–	1,5	$1{,}5{\cdot}10^6$	0,005	–1,25	100	–60...+70	∅10,7 × 5,8 [2]	2-094
СФ3-10а	5 × 0,1 (5)	0,4–0,9	0,72 ±0,04	10	–	0,5	0,7 (E = 250 лк)	–	0,012	–0,3... –0,7	25	–10...+40	14 × 21,5 × 4,5 [5]	2-096
СФ3-10б	0,1 × 0,5 (5)	0,4–0,9	0,72 ±0,04	10	–	0,5	0,7 (E = 250 лк)	–	0,012	–0,3... –0,7	25	–10...+40	14 × 21,5 × 4,5 [5]	2-096
СФ3-10в	12 × 12 ** (6)	0,4–0,9	0,72 ±0,04	10	–	–	0,7 (E = 250 лк)	–	0,012	–0,3... –0,7	25	–10...+40	18,5 × 18,5 × 4,5 [5]	2-095
СФ3-11	3,5 × 3,5	0,4–0,9	0,72 ±0,03	2	$5{\cdot}10^3$		0,02	–	0,006	–	0,5	–60...+40	∅9 × 6,1 [3]	2-097
СФ3-12	∅5,8*	0,4–1,1	0,9 ±0,05	1,5	1,5	1,0	0,15	150	0,003	–	10		∅10,7 × 5,8 [2]	2-098
СФ3-16	0,25 × 1,8	0,55–0,88	0,67–0,77	10	10	1,0	0,5	500	0,02	+0,5... –2,0	10	–60...+70	∅3,4 × 2,3 [1]	2-090

Таблица 2.2.7. (окончание)

Тип прибора	$A_{ч.э}$, мм (число элементов)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В, не более	$R_т$, МОм, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_{общ}$ (при E = 200 лк), мА, не менее	$R_т/R_{св}$, отн. ед., не менее	τ, с, не более	T_s, %/°С, не более	$P_{макс}$, мВт, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
СФ3-М1	0,3×2 (130)	0,5–0,85	0,73	10 (50)	$1\cdot10^4$	0,001	1	$1\cdot10^6$	0,005	–1,25	50	–10...+40	55×65×5 [100]	2-099
СФ3-М2	2×2 (80)	0,5–0,85	0,73	50 (100)	$5\cdot10^5$	0,0001	1	$1\cdot10^7$	0,005	–1,25	100	–10...+40	55×65×5 [100]	2-100
ФР3-11А	∅5,8*	0,4–0,9	0,72 ±0,03	2	$5\cdot10^3$	–	0,004–0,04 (E = 250 лк)	–	0,006	–	1	–60...+40	∅9×6,1 [2]	2-097
ФР3-11Б	∅5,8*	0,4–0,9	0,72 ±0,03	2	$5\cdot10^3$	–	0,04 (E = 250 лк)	–	0,006	–	1	–60...+40	∅9×6,1 [2]	2-097
ФСД-1	4×7,2	0,4–1,0	0,72–0,76	20	2	10	1,5	150	0,08	+0,3... –2,6	50	–60...+40	∅18×5,5 [3]	2-102
ФСД-1а	4×8,4	0,4–1,0	0,72–0,76	20	2	10	1,5	150	0,08	+0,3... –2,6	50	–60...+40	14,5×8×2 б/к [1,2]	2-101
ФСД-Г1	4×7,2	0,4–1,0	0,72–0,76	20	2	10	1,5	150	0,08	+0,3... –2,6	50	–60...+40	∅22×10 [7]	2-103
ФСД-Г2	4×7,2	0,4–1,0	0,72–0,76	20	2	10	1,5	150	0,08	+0,3... –2,6	50	–60...+40	∅33×18 [20]	2-104
ФР-613			0,7 ±0,05	29	20	1	1,5	–	0,02	–	50	–60...+60	10,5×3,4 [2,5]	2-105
ФР-764	∅5,8*	0,35–1,1	0,7–0,8	50	3,3	10	1,5	150	0,15	+0,3... –0,7	125	–60...+40	∅10,7×6 [5]	2-107
ФР-162А	6 мм²** (2)	0,7–1,2	0,8–1,0	10 (15)	5	–	$R_{св}$ = 10–49 кОм (при E = 10 лк)	> 100	0,1	+1,5... –1,5	50	–10...+55	∅9,6×3,6 [2]	2-106
ФР-162Б	6 мм²** (2)	0,7–1,2	0,8–1,0	10 (15)	5	–	$R_{св}$ = 41–230 кОм (при E = 10 лк)	> 100	0,1	+1,5– ...1,5	50	–10...+55	∅9,6×3,6 [2]	2-106
ФР-162В	6 мм²** (2)	0,7–1,2	0,8–1,0	10 (15)	10	–	$R_{св}$ = 19–90 кОм (при E = 10 лк)	> 100	0,1	+1,5– ...1,5	50	–10...+55	∅9,6×3,6 [2]	2-106

Примечание.

* – размер прямоугольника или круга, в который вписывается ф. ч. э;

** – общая площадь, занимаемая ф. ч. э. Фоторезисторы типа СФ3-10 предназначены для применения в оптических отсчетных системах. Фоточувствительный элемент фоторезисторов ФР-162 *реализован на основе соединения кадмий-селен-теллур.*

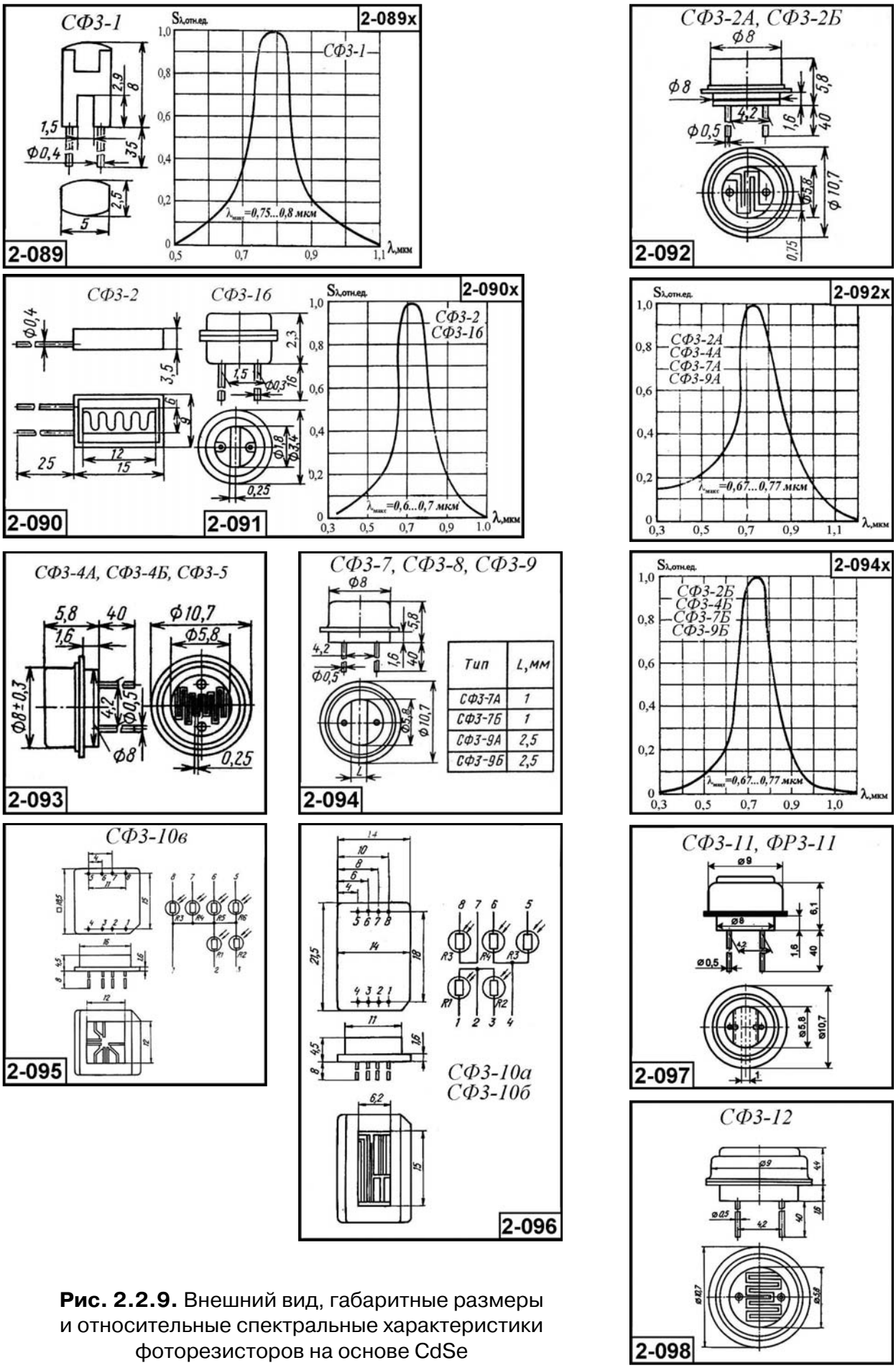


Рис. 2.2.9. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики фоторезисторов на основе CdSe

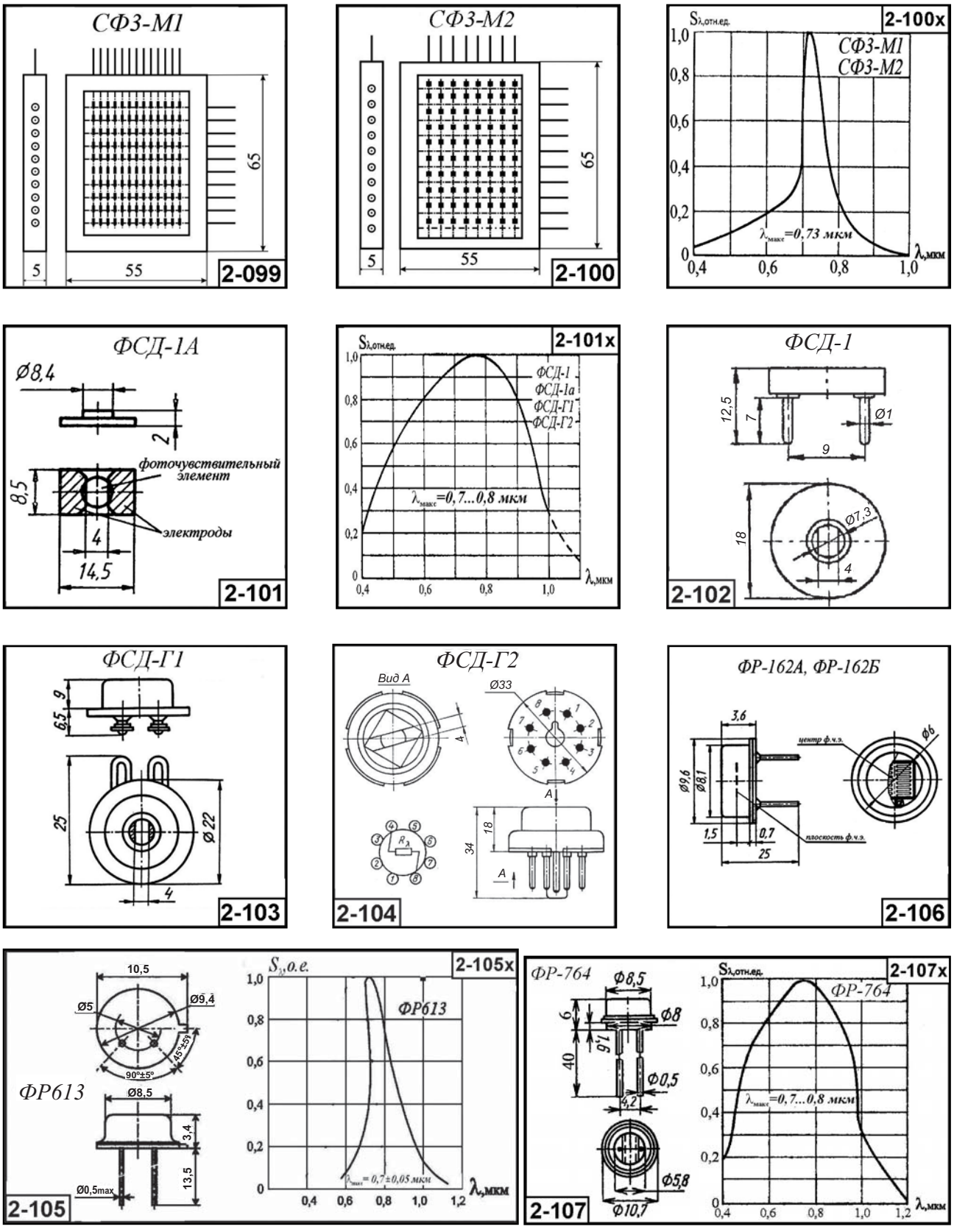


Рис. 2.2.10. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики фоторезисторов на основе CdSe

2.2.3.2. Ранние типы фоторезисторов на основе селенида кадмия ФС-ДО, ФС-ДМ, ФС-Д1, ФС-ДГ1, ФС-ДТ1

Таблица 2.2.8. Основные параметры ранних типов фоторезисторов на основе селенида кадмия при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	$\lambda_{макс}$, мкм	$\lambda_{0,9}$, мкм	$U_р$, В	$U_{Рмакс}$, В, не более	$R_т$, МОм, не менее	$S_{уд}$, мкА/лм·В, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_р$, мА	$R_т/R_{св}$, отн. ед., не менее	τ (при $E = 10^{-5}$ лм), с, не более	$P_{макс}$, Вт, не более	T_S, %/°С, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более
ФС-ДО	4 × 7	0,75	1,22	30	200	2,0	20 000	10	–	1000	$5 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,7–...2	–60...+40	2 × 8,5 × 16,5
ФС-ДМ	2,0 мм^2	0,74	1,22	100	200	100,0	20 000	10	–	1000	–	0,03	1,0	–	–
ФС-Д1	4 × 7	0,75	1,22	30	200	2,0	30 000	–	–	500	$(3–15) \cdot 10^{-3}$	0,05	0,7–...2	–60...+40	∅18 × 5
ФС-ДГ1	4 × 7	0,75	1,22	20	200	2,0	600	10		150	$5 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,7–...2	–60...+40	∅22 × 9
ФС-ДТ1	–	0,75	1,22	200	200	2,0	–	10	1,5	150	$5 \cdot 10^{-3}$	0,05	0,7–...2	–60...+40	1 × 6 x1

2.2.4. Фоторезисторы на основе сернистого висмута ФС-Б1, ФС-Б2 [$\Delta\lambda = 0,45–1$; $\lambda_{макс} = 0,6–0,7$ мкм]

Основные параметры фоторезисторов на основе сернистого висмута (BiS) приведены в табл. 2.2.9, а внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.2.11.

Таблица 2.2.9. Основные параметры фоторезисторов на основе сернистого висмута при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, не более	$R_т$, МОм, не менее	$I_т$, мкА, не более	$I_{общ}$, (при $E = 200$ лк), мА, не менее	$R_т/R_{св}$, отн. ед., не менее	τ, с, не более	T_S, %/°С, не более	$P_{макс}$, мВт, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
ФС-Б1	22 × 9	0,45–1,0	0,6±0,05	50	10	5	–	4	$1,5 \cdot 10^{-2}$	1	50	–25...+40	34 × 16 × 10,5	2-108
ФС-Б2	9 × 9	0,45–1,0	0,6±0,05	50	0,1	50	–	4	$4 \cdot 10^{-4}$	1	50	–25...+40	34 × 18 × 10,5	2-109
ФС-Б2	11 × 11	0,5–0,8	0,7	50	0,1–10	–	1000 мкА/лм·В	4	400 Гц	1	50	–25...+40	34 × 18 × 10,5	2-108

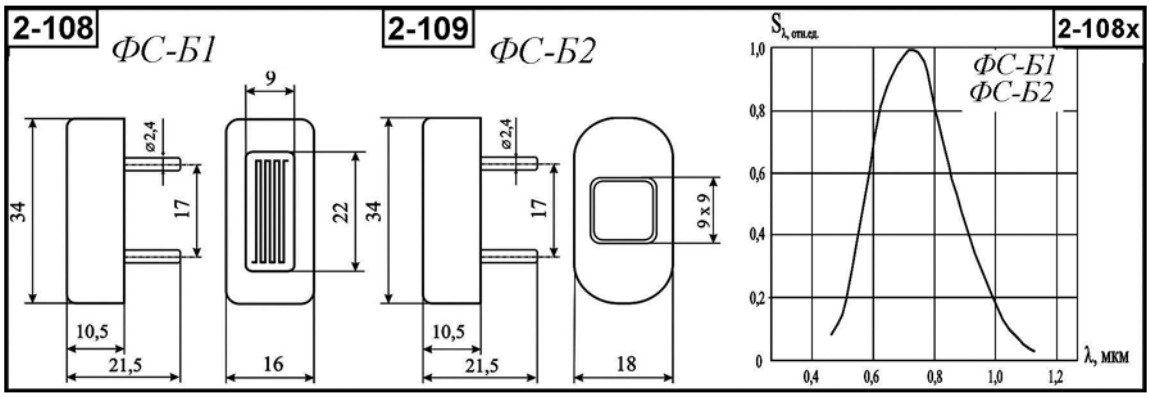


Рис. 2.2.11. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики фоторезисторов ФС-Б1 и ФС-Б2

2.2.5. Микропиксельные фотоприемники

2.2.5.1. Микропиксельные фотодиоды СРТА 140-17, СРТА 140-40, СРТА 143-30, СРТА 149b-26, СРТА 149-35, СРТА 150-50, СРТА 151-30 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,7 мкм]

Микропиксельные лавинные фотодиоды со структурой металл–резистор–полупроводник предназначены для регистрации малых сигналов в зелено-красном диапазоне спектра светового излучения. Фотодиоды работают в режиме ограниченного гейгеровского разряда.

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.2.10. Внешний вид, габаритные размеры, ОСХ и схема включения – на рис. 2.2.12.

Таблица 2.2.10. Основные параметры микропиксельных фотодиодов серии СРТА-XX при температуре 20 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	Кол-во ячеек	$\lambda_{макс}$, мкм (при $M = 2{\cdot}10^5$)	$U_р$, В	Квантовая эффективность при λ = 0,6 мкА, %	Темновой ток при $M = 4{\cdot}10^5$, мкА	Темновой счет по уровню 0,5 фотоэлектрона, МГц	Кросс-ток, %	Коэффициент лавинного умножения, М, о. е.	$C_д$, пф	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
СРТА 140-17	9 мм²	8100	0,6	14–22	40	40–80	–	–	$2{\cdot}10^5$–10^6	300	–20...+40	5×5×2	2-110
СРТА 140-40	9 мм²	8100	0,6	38–44	40	2–7	–	–	$2{\cdot}10^5$–10^6	300	–20...+40	5×5×2	2-110
СРТА 143-30	∅1,1	556	0,6	25–34	40	0,8–3	0,8–2,0	7–12	$2{\cdot}10^5$–10^6	40	–20...+40	∅5,6×8	2-111
СРТА 149b-26	4,41 мм²	1764	0,46	20–32	25	10–50	–	–	$2{\cdot}10^5$–10^6	150	–20...+40	5×5×2	2-110
СРТА 149-35	4,41 мм²	1764	0,6	26–44	40	10–50	–	–	$2{\cdot}10^5$–10^6	150	–20...+40	5×5×2	2-110
СРТА 150-50	6,25 мм²	3900	0,6	48–54	40	1–5	2,0	–	$2{\cdot}10^5$–10^6	200	–20...+40	5×5×2	2-110
СРТА 151-30	∅1,28	796	0,6	25–34	40	0,3–1,1	0,3–1,2	7–12	$2{\cdot}10^5$–10^6	40	–20...+40	∅5,6×8	2-111

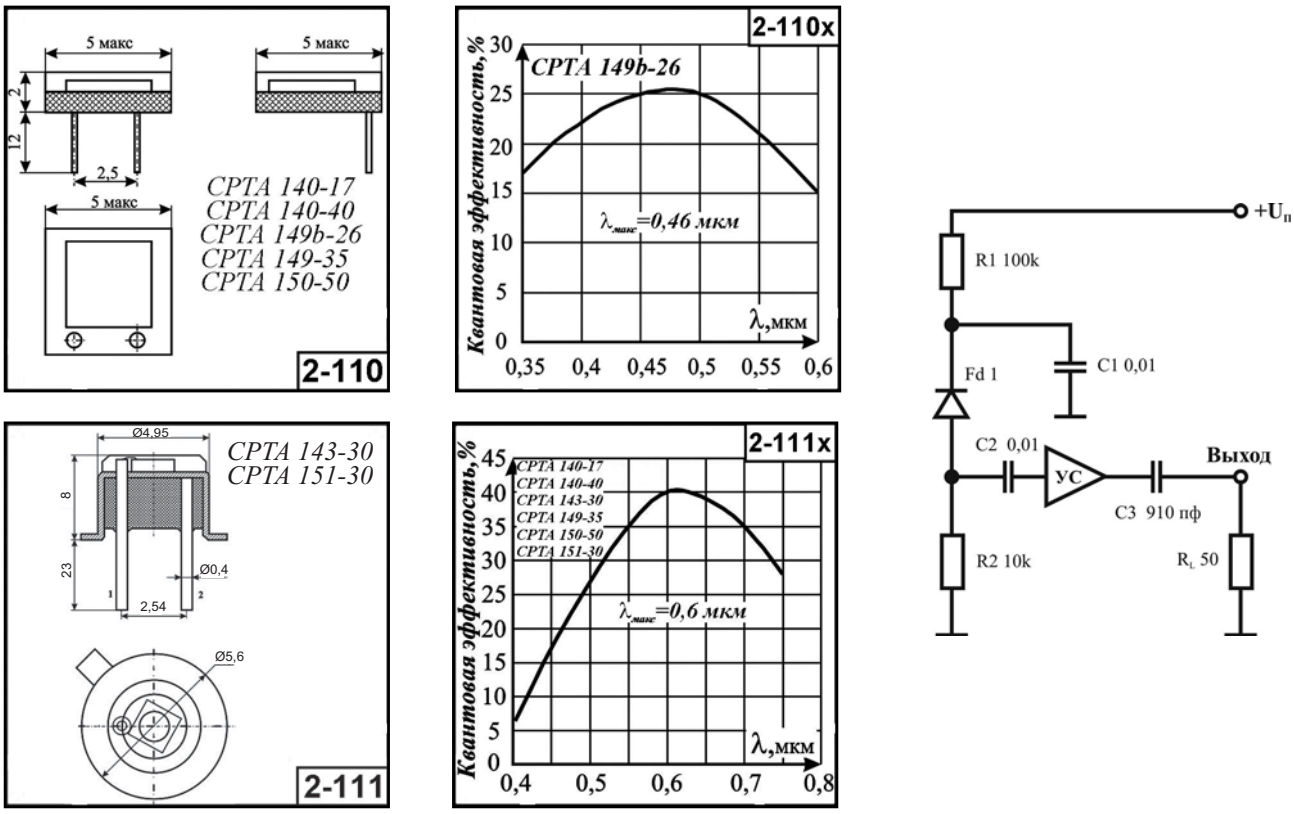


Рис. 2.2.12. Внешний вид, габаритные размеры, ОСХ и схема включения диодов серии СРТА-XX

2.2.5.2. Модули счетчика фотонов СРТА РС1, СРТА РС9, СРТА РС21

Модуль счетчика фотонов представляет собой устройство, содержащее микропиксельный фотодиод и схему усиления и обработки сигнала. Модуль способен регистрировать единичный фотон. Подобные модули являются конкурентами сцинтиблоков на ФЭУ.

Основные параметры модулей приведены в табл. 2.2.11, а внешний вид – на рис. 2.2.13.

Таблица 2.2.11. Основные параметры модулей счетчиков фотонов на основе микропиксельных фотодиодов

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	СРТА РС 1	СРТА РС 9	СРТА РС 21
Количество пикселей	1	9	21
Темновой счет, Гц	$0{,}2\cdot10^3$	$5\cdot10^3$	$1\cdot10^4$
Размер фоточувствительной площадки, мкм	30×30	120×120	∅200
Квантовая эффективность на:			
λ = 530 нм, не менее		35	35
λ = 680 нм, не менее	40	40	40
λ = 800 нм, не менее	25	25	25
Максимальное выходное напряжение (для 21 фотоэлектрона) (мВ),			500
Максимальное выходное напряжение (для 9 фотоэлектрона) (мВ),		200	
Время нарастания выходного импульса (нс), не более 2	2		

Таблица 2.2.11. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	СРТА РС 1	СРТА РС 9	СРТА РС 21
Время спада выходного импульса (нс), не более	150		
Максимальная скорость счета, Гц	$3 \cdot 10^6$		
Амплитуда одиночного (однофотонного импульса) при $R_{нагр.}$ = 50 Ом, мВ, не менее	25		
Полярность выходного импульса	Отрицательная		
Напряжение питания, В	5		
Ток потребления, мА, не более	10		
Габаритные размеры, мм, не более	$10 \times 30 \times 10$		

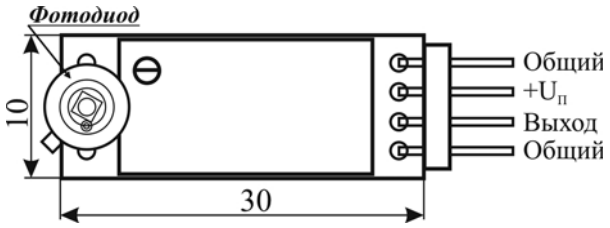


Рис. 2.2.13. Внешний вид и габаритные размеры модуля счетчика фотонов на основе микропиксельных фотодиодов

2.3. ФОТОПРИЕМНИКИ «БЛИЖНЕГО» ДИАПАЗОНА ИК-СПЕКТРА (0,4–1,1 мкм)

2.3.1. Кремниевые фотодиоды

Кремниевые фотодиоды – самый распространенный тип приемников оптического излучения. Они предназначены для применения в качестве приемников и датчиков инфракрасного излучения в составе оптико-электронной аппаратуры, систем фотоэлектрической автоматики и бесконтактного измерения температуры, вычислительной и измерительной техники, программно-управляемого оборудования и приборов, работающих в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,12 мкм.

Конструктивное оформление современных фотодиодов отличается большим разнообразием. В зависимости от назначения фотодиоды могут иметь как один, так и несколько элементов.

Фотодиоды выпускаются в герметичных металлостеклянных, металлокерамических или в пластмассовых корпусах. Некоторые типы фотодиодов выпускаются в бескорпусном исполнении.

Плюсовой вывод фотодиода маркируется точкой на корпусе или цветной меткой на проволочном выводе. При отсутствии меток плюсовым является длинный вывод фотодиода.

Приборы работают в двух режимах: фотодиодном – с внешним источником смещения (диодный режим) и в вентильном – без источника смещения. В фотодиодном режиме обеспечивается высокая амперваттная чувствительность, в вентильном – высокая обнаружительная способность.

Pin-фотодиоды обладают малой постоянной времени и работают в фотодиодном режиме при напряжении смещения от 5 до 150 В.

Гарантированный ресурс работы кремниевых фотодиодов в зависимости от типа составляет от 1000 до 10 000 часов.

Основные параметры фотодиодов приводятся в табл. 2.3.1–2.3.31.

Внешний вид, габаритные размены и относительные спектральные характеристики чувствительности кремниевых фотодиодов приведены на рис. 2.3.1–2.3.31.

Принятые сокращения и обозначения в разделе 2.3.1:

$A_{ФЧЭ}$ – размер (мм) или площадь фоточувствительной площадки, мм^2; N – число элементов, шт.; 2β – плоский угол зрения, град; Δλ – область спектральной чувствительности, мкм; $\lambda_{макс}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $U_Р$ – рабочее напряжение, В; $I_Т$ – темновой ток, мкА; τ – постоянная времени по спаду или нарастанию фототока, с; $K_{фс}$ – коэффициент фотоэлектрической связи между элементами, %; ΔТ – диапазон рабочих температур, °С; $S_{цинт}$ – интегральная чувствительность, мкА/лк, А/лм, А/Вт или В/Вт; $S_{спекр}$ – спектральная чувствительность, В/Вт или А/Вт; $Ф_{П1}$ – пороговая чувствительность, лм·Гц$^{-1/2}$; D·$\lambda_{макс}$ – обнаружительная способность, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см; б/к – бескорпусное исполнение; PIN – фотодиод со структурой *pin*.

2.3.1.1. Кремниевые фотодиоды 1690, 1690-Б, 1690-В, 1691, 2ДФ103А-5, ДПД01А, ДПД01А-2, КФДМ, КФДМ(гр.А), КФДМ(гр.Б), КОФ119А, КОФ119Б [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,96 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.1. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.1.

Таблица 2.3.1. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
1690	1,9×1,9	–	0,5–1,12	0,85–0,92	20	1	($8\cdot10^{-3}$)	–	$5\cdot10^{-6}$	–	–50...+80	∅3,87×12,5 [0,8]	2-120
1690-Б	1,9×1,9	–	0,5–1,12	0,85–0,92	20	1	($8\cdot10^{-3}$)	–	$5\cdot10^{-6}$	–	–50...+80	∅3,87×12,5 [0,8]	2-120
1690-В	1,9×1,9	–	0,5–1,12	0,85–0,92	20	3	($8\cdot10^{-3}$)	–	$5\cdot10^{-6}$	–	–50...+85	∅3,87×12,5 [0,8]	2-120
1691	1,9×1,9	–	0,5–1,12	0,85–0,92	0	3	($8\cdot10^{-3}$)	–	$5\cdot10^{-6}$	–	–50...+80	∅3,87×12,5 [0,8]	2-120
2ДФ103А5	–	–	0,5–1	0,7–0,8	10	$1\cdot10^{-3}$	0,45 А/Вт λ = 0,85 мкм	–	–	–	–60...+125	0,9×0,9×0,2 [0,002] б/к	2-126
ДПД01А	∅0,5	–	0,5–1,1	0,83–0,08	5	$1,5\cdot10^{-8}$	0,3 А/Вт λ = 0,83 мкм	–	$3\cdot10^{-9}$	–	–60...+85	∅5,8×5,3 [1,0]	2-122
ДПД01А-2	∅0,5	–	0,5–1,1	0,83–0,08	5	$1,5\cdot10^{-8}$	0,3 А/Вт λ = 0,83 мкм	–	$3\cdot10^{-9}$	–	–60...+85	1,9×1,9×0,9 [0,01] б/к	2-123
КФДМ	1,9×1,9	36	0,5–1,12	0,85–0,92	20	1	($7,5\cdot10^{-3}$)	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+75	∅3,9×12,5 [0,8]	2-121
КФДМ(гр.А)	1,9×1,9	36	0,5–1,12	0,85–0,92	0	0,1	($8\cdot10^{-3}$)	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅3,9×12,5 [0,8]	2-121
КФДМ(гр.Б)	1,9×1,9	36	0,5–1,12	0,85–0,92	20	0,1	($1,5\cdot10^{-2}$)	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅3,9×12,5 [0,8]	2-121
КОФ119А КОФ119Б	40 мм^2	–	0,71–1,12	0,87–0,96	10	0,5	0,17	–	–	–	–10...+60	10,5×9,2×3 [0,8]	2-124

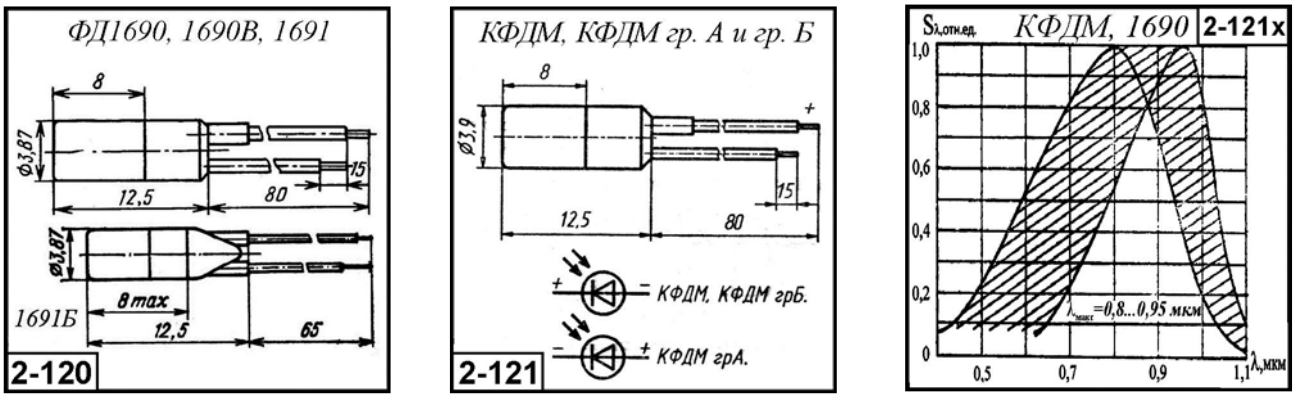


Рис. 2.3.1. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

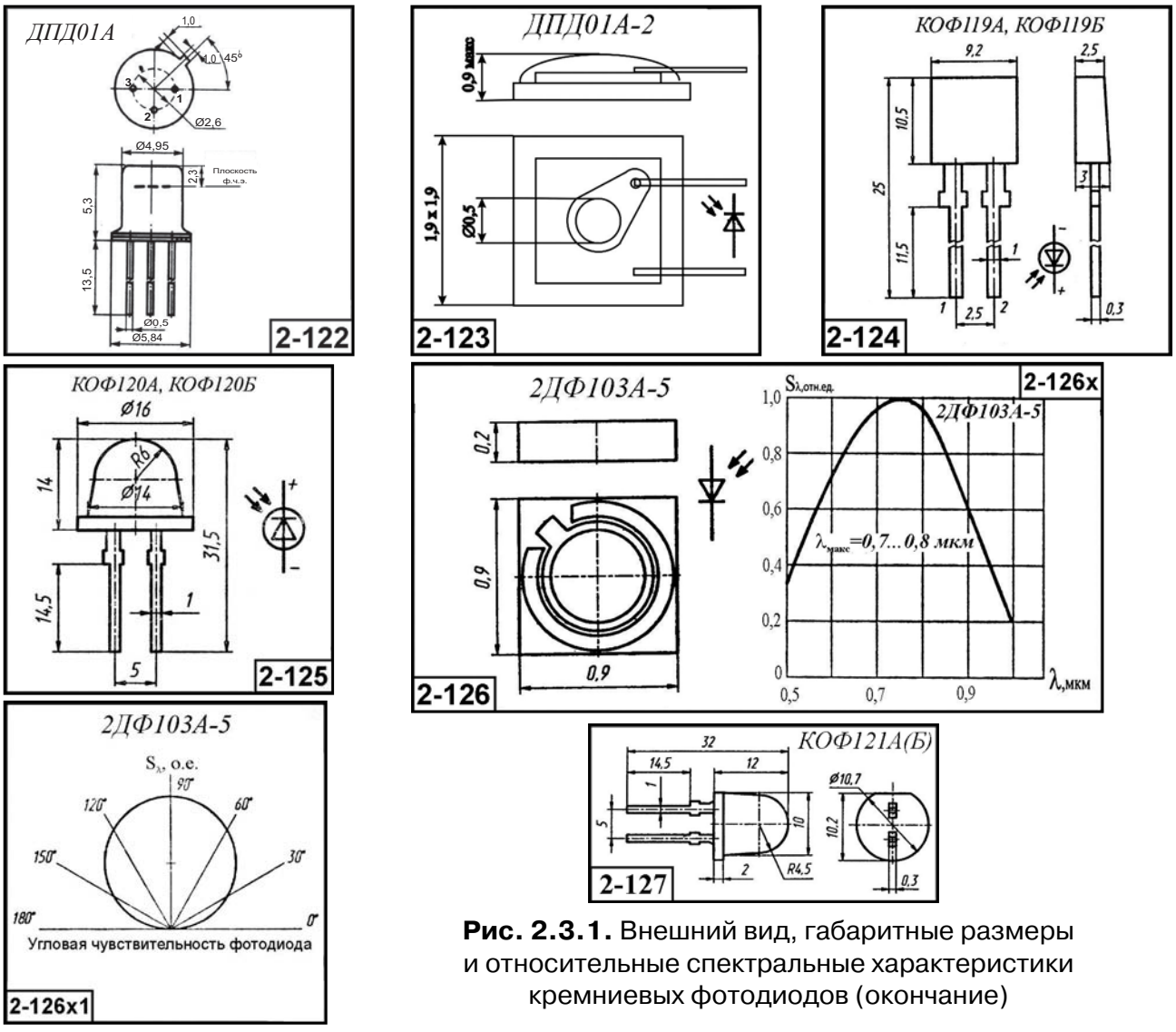


Рис. 2.3.1. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.2. Кремниевые фотодиоды КОФ120А, КОФ120Б, КОФ121А, КОФ121Б, КОФ122А, КОФ122Б, КОФ125А, КОФ129, КОФ137А, МФППФ1000 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,9 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.2. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.2.

Таблица 2.3.2. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_Р$, В	$I_Т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{П1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$К_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
КОФ120А КОФ120Б	68 мм^2	–	0,71–1,12	0,87–0,96	3	1	0,32	–	–	–	–10...+60	∅16 × 14 [3]	2-125
КОФ121А КОФ121Б	35 мм^2	–	0,71–1,12	0,87–0,96	3	0,1	0,2	–	–	–	–10...+60	∅10,7 × 12 [2,5]	2-127

Таблица 2.3.2. (окончание)

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_Р$, В	$I_Т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{П1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
КОФ122А	86 мм²	–	0,4–1,1	0,75–0,85	12	0,5	0,45	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–60...+75	∅19,6 × 6,5 [4]	2-128
КОФ122Б	86 мм²	–	0,4–1,1	0,75–0,85	12	0,5	0,3	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–60...+75		
КОФ125А	0,7 мм²	30	0,8–1,1	0,87	10	0,005	[$I_Ф$ > 40 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$1,5\cdot10^{-8}$	–	–	∅5,3 × 9 [1]	2-129
КОФ129	4 × 4	120	0,4–1,1	0,87	10	0,005	[$I_Ф$ > 30 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$1,5\cdot10^{-8}$	–	–	6 × 5 × 2 [0,5]	2-120
КОФ137А	∅5 эфф.	30	0,75–1,1	0,87	10	0,005	[$I_Ф$ > 40 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$1,5\cdot10^{-8}$	–	–60...+70	∅5 × 9 [1]	2-131
МФП ПФ1000	25 или 49 мм²	–	0,1–1,1	0,9	0,0012	$2\cdot10^{-3}$ (Up = 10 мВ)	(0,2–0,3 А/Вт при λ = 0,5 мкм) (0,08–0,12 А/Вт при λ = 0,3 мкм)	–	–	–	–5...+55	16,5 × 12 × 3 или 22 × 20 × 6,5	2-132

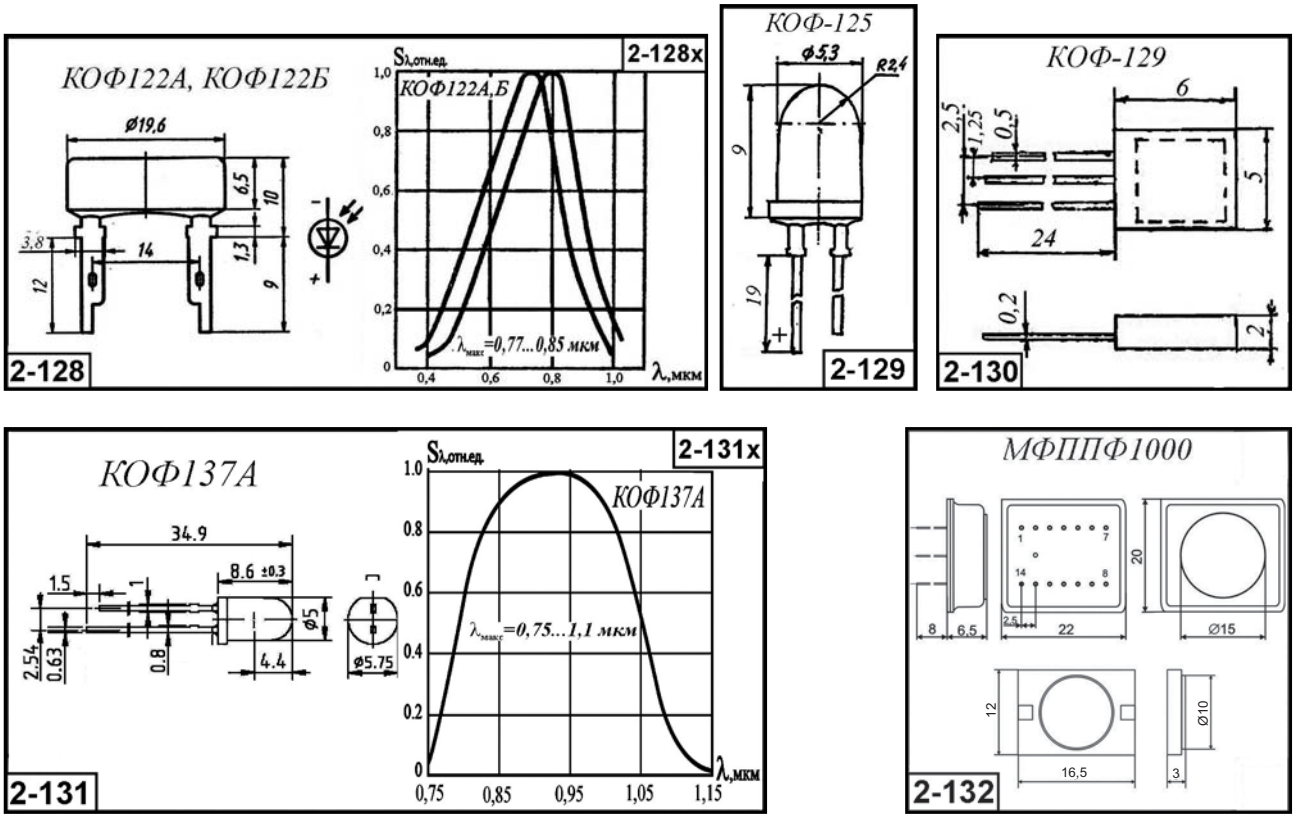


Рис. 2.3.2. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.3. Кремниевые фотодиоды У-69, У-73, У-79, У-99, У-160, У163, У-180, У-212, У-214, У-244, У-258, У-262, У-264 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,87 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.3. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.3.

Таблица 2.3.3. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
У-69	1 × 2	120	0,45–1,1	0,87	10	0,01	[$I_ф$ > 8 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$5·10^{-8}$	–	–60...+70	4,2 × 1,5 × 0,35 б/к	2-133
У-73	23,5 мм²	120	0,4–1,1	0,87	10	0,1	[$I_ф$ > 120 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$3·10^{-7}$	–	–60...+70	12 × 6 × 3	2-134
У-79	2 мм²	90	0,4–1,1	0,87	10	0,01	[$I_ф$ > 10 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$5·10^{-8}$	–	–60...+70	∅5,2 × 5,3	2-135
У-99	8,5 мм²	120	0,4–1,1	0,87	10	0,02	[$I_ф$ > 30 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$2,5·10^{-7}$	–	–60...+70	6 × 5,7 × 2	2-144
У-160	8,5 мм²	60	0,4–1,1	0,87	10	0,02	[$I_ф$ > 150мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$2,5·10^{-7}$	–	–60...+70	∅10 × 12,5	2-136
У163	0,7 мм²	30	0,4–1,1	0,87	10	0,005	[$I_ф$ > 40 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$1,5·10^{-8}$	–	–60...+70	∅5,3 × 9	2-137
У-180	0,7 мм²	60	0,4–1,1	0,87	10	0,005	[$I_ф$ > 12 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$5·10^{-8}$	–	–60...+70	4 × 2,5 × 5,6	2-138
У-212	0,7 мм²	30	0,8–1,1	0,87	10	0,005	[$I_ф$ > 40 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$1,5·10^{-8}$	–	–60...+70	∅5,3 × 9	2-139
У-214	0,7 мм²	150	0,4–1,1	0,87	10	0,005	[$I_ф$ > 3 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$1,5·10^{-8}$	–	–60...+70	∅5,3 × 5	2-140
У-244	0,7 мм²	150	0,4–1,1	0,87	10	0,005		–	$1,5·10^{-8}$	–	–60...+70	∅5 × 5,5	2-141
У-258	∅5,3 эфф.	–	0,4–1,1	0,87	10	0,002	[$I_ф$ > 40 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$5·10^{-9}$	–	–60...+70	∅5,3 × 9	2-142
У-262	8,5 мм²	110	0,4–1,1	0,87	10	0,005	[$I_ф$ > 50 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	–	$2,5·10^{-7}$	–	–60...+70	∅8,3 × 3,5 или ∅10 × 3,5	2-143
У-264	1,8 мм²	30	0,45–0,6	–	5	0,001	[$I_ф$ > 3 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,526 мкм]	–	–	–	–60...+70	∅5,3 × 9	2-142

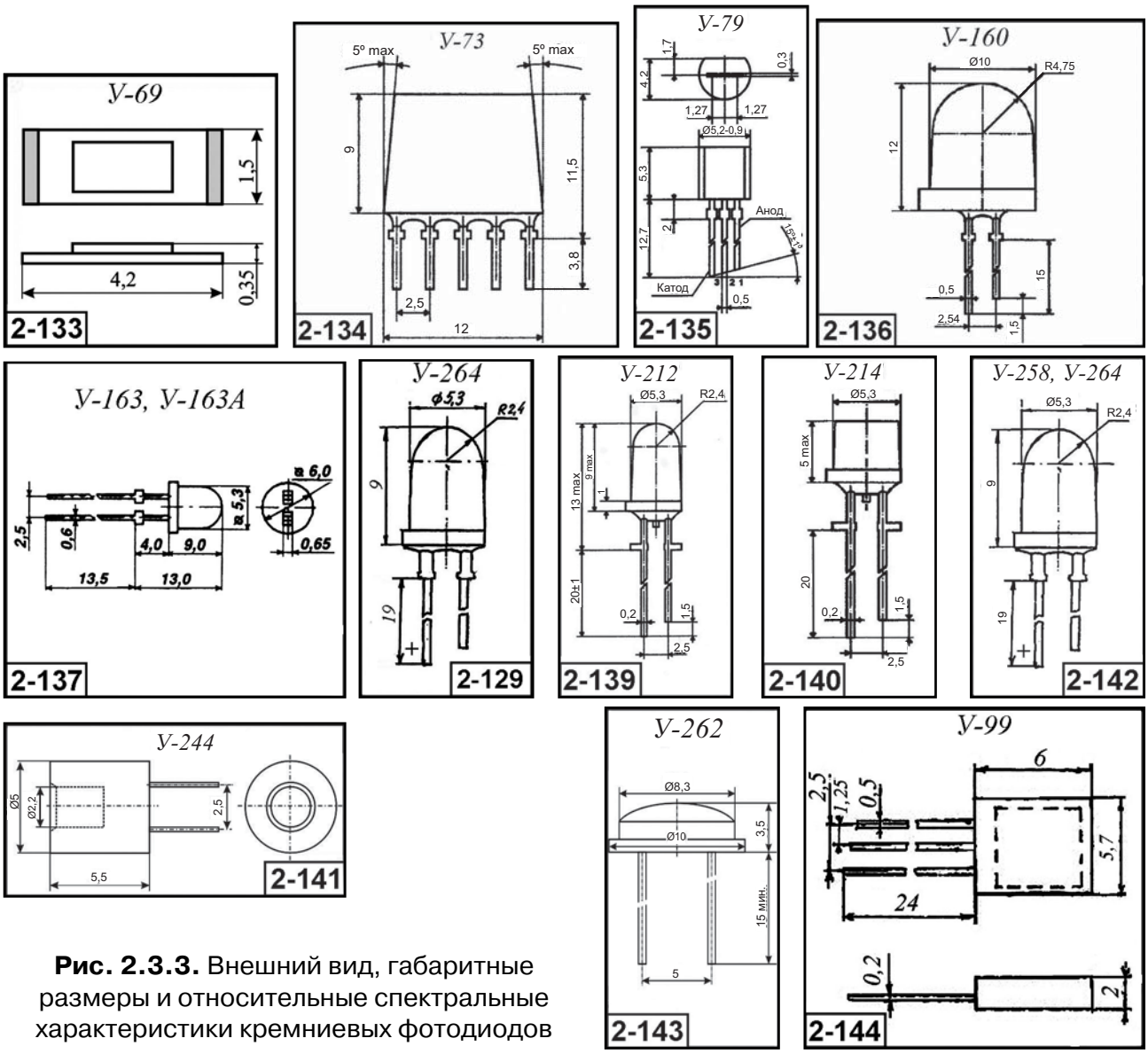


Рис. 2.3.3. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.4. Кремниевые фотодиоды УФД01, УФД02, УФД03, УФД06, УФД11, УФД12, УФД13М, УФД14М, УФД15М, УФД15М-1 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,9 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.4. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.4.

Таблица 2.3.4. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элемен- тов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
УФД01	10 × 10	–	0,4–1,1	0,7–0,9	10	0,01	(0,26 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$1{,}8\cdot10^{-4}$	–	20±5	20,7 × 14,4 × 1,4 (б/к)	2-145
УФД02 PIN	10 × 10	–	0,4–1,1	0,7–0,9	10	0,1	(0,3 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$1\cdot10^{-6}$	–	20±5	∅28 × 2,7 (б/к)	2-146

Таблица 2.3.4. (окончание)

Тип прибора	$A_{эч.э}$, мм (кол-во элемен- тов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
УФД03 PIN	10 × 10	–	0,4–1,1	0,7–0,9	10	0,15	(0,3 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$1·10^{-6}$	–	20±5	∅20 × 2,7 (б/к)	2-147
УФД06	3,14 мм^2	–	0,4–1,1	0,85	10 мВ	0,5	4,5 (0,3 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	$3,2·10^{-4}$	–	–60...+150	∅8 × 9,5	2-148
УФД11	∅4 эфф.	–	0,4–1,1	0,85	10	0,005	(0,02)	–	–	–	20±10	∅4 × 8,1	2-149
УФД12 PIN	∅14	–	0,4–1,1			7 (120В)	(0,2 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	–	20±10	∅23,2 × 8	2-150
УФД13М PIN	9 мм^2 (4 эл.)	–	0,4–1,1	0,7–0,9	135	3 ($I_{ОК}$ = 100 мкА)	(0,25 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	–	–60...+70	∅31 × 7,2	2-151
УФД14М PIN	9 мм^2 (4 эл.)	–	0,4–1,1	0,7–0,9	2	1 ($I_{ОК}$ = 50 мкА)	(0,15 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	–	–60...+70	∅31 × 7,2	2-151
УФД15М PIN	R8 48,6 мм^2 (4 эл.)	–	0,4–1,1	0,7–0,9	135	1 (135В) ($I_{ОК}$ = 150 мкА)	(0,2 А/Вт при λ = 1,1 мкм)	–	–	10	–60...+70	∅31 × 7,2	2-151
УФД15М-1 PIN	R7 37 мм^2 (4 эл.)	–	0,4–1,1	0,7–0,9	120	5 (120В)	(0,2 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	10	–60...+70	∅31 × 7,2	2-151

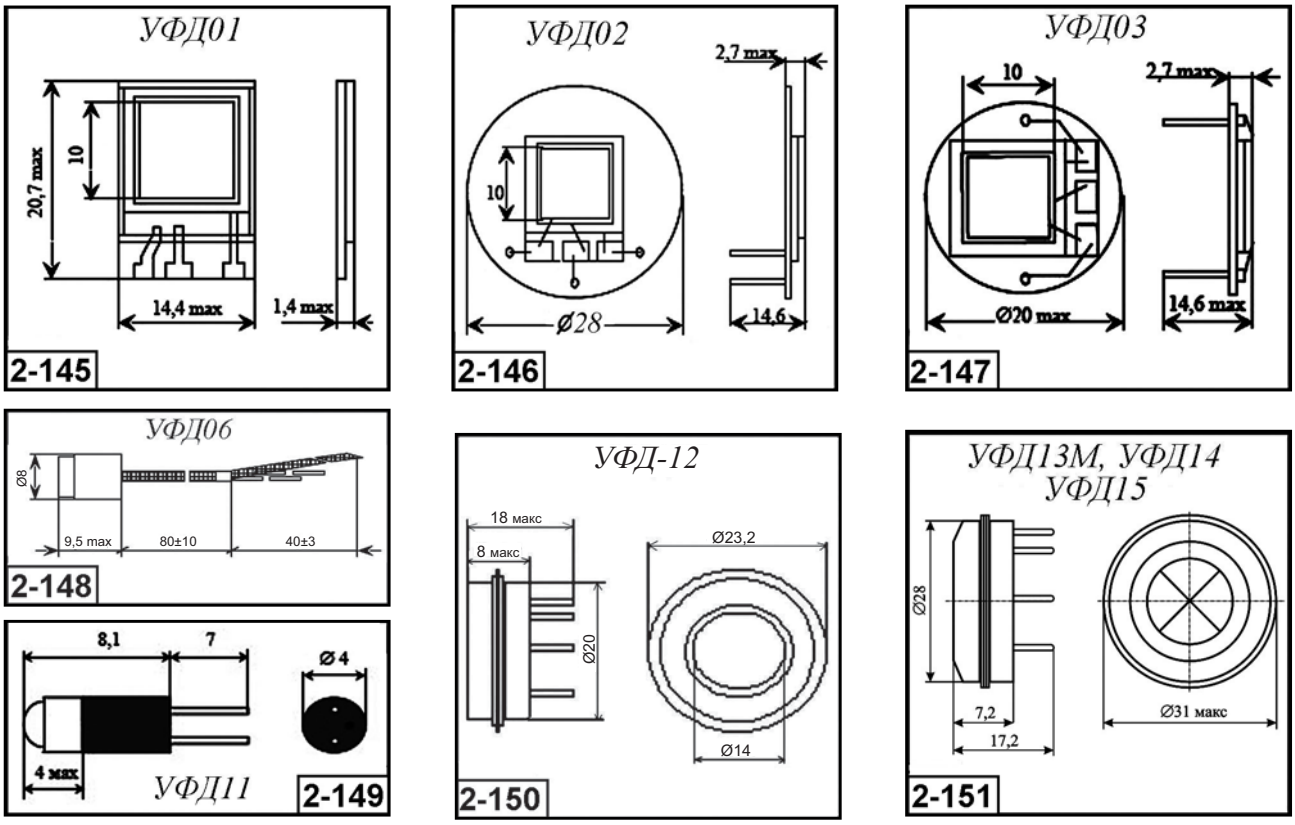


Рис. 2.3.4. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.5. Кремниевые фотодиоды УФД16, УФД20, УФД20–01, УФД21, УФД22 гр.1, УФД22 гр.2, УФД23, УФД24, УФД25М, УФД26 гр.А, УФД26 гр.Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.5. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.5.

Таблица 2.3.5. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
УФД16 PIN	86,5 мм²	–	0,4–1,1	–	2	1 (2В)	(0,15 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	–	–60...+85	∅32,2 × 8	2-152
УФД20	∅7	–	0,38–1,06	–		0,02 (27В)	7	–	–	–	–50...+65	∅17,5 × 5,3	2-153
УФД20–01	∅10	–	0,38–1,06	–		0,05 (50В)	7	–	–	–	–50...+65	∅17,5 × 5,3	2-153
УФД21	∅11,3	–	0,38–1,06	–		0,1 (27В)	7	–	–	–	–50...+65	∅22 × 5	2-154
УФД22 гр.1 PIN	100 мм²	–	0,38–1	–	0,01	0,01 (0,01В)	–	–	–	–	–10...+70	∅22 × 5	2-154
УФД22 гр.2 PIN	100 мм²	–	0,38–1,06	–	27	0,1 (27В)	6	–	–	–	–10...+70	∅22 × 5	2-154
УФД23 PIN	0,8 × 0,8	–	0,38–1,1	–	2	10(10В)	(0,3 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$1 \cdot 10^{-8}$	–	–50...+65	∅7,5 × 3,5	2-155
УФД24 PIN	0,4 × 1,1 (2 эл.) зазор 0,07	–	0,38–1,1	–	10	5(10В)	(0,3 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$1 \cdot 10^{-8}$	10	–50...+65	∅7,5 × 3,5	2-156
УФД25М	1,5 × 1,5 (2 эл.) зазор 0,2	–	0,38–1	–	0,01	0,4 (10В)	(0,38 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	–	3	–60...+105	∅7,3 × 4,9	2-157
УФД26 гр.А PIN	∅8	–	0,4–1,12	–	27	2,5 (27В)	6	–	–	–	–60...+85	∅17,5 × 6,3	2-158
УФД26 гр.Б	∅8	–	0,2–1	–	0	0,005 (0,01В)	(0,08 А/Вт при λ = 0,2 мкм)	–	–	–	–60...+85	∅17,5 × 6,3	2-158

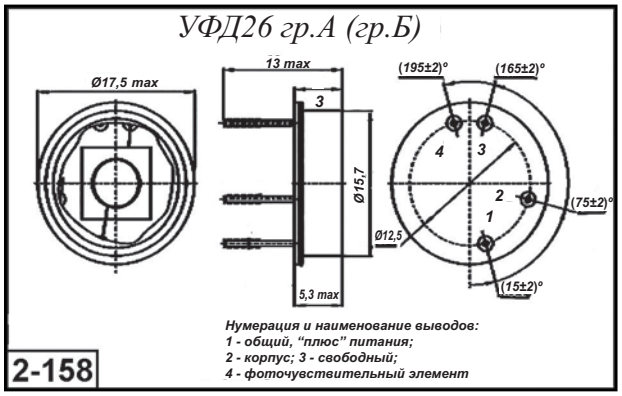


Рис. 2.3.5. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

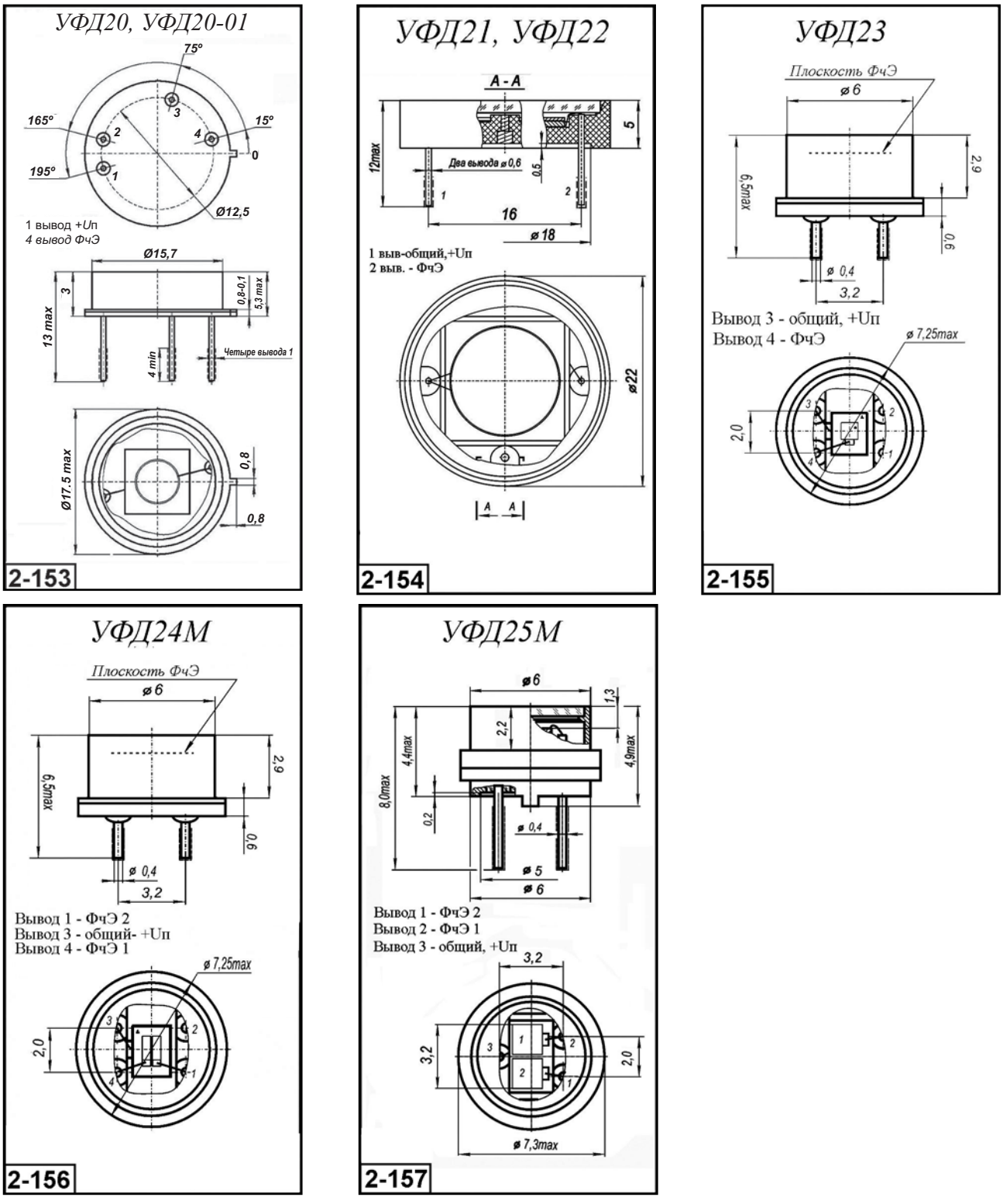


Рис. 2.3.5. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.6. Кремниевые фотодиоды ФДК-1, ФДК-1в, ФД-2М, ФД-3К, ФД-6К, ФД-7К (гр. А), ФД-7К (гр. Б), ФД-8К, ФД-8К (гр.1690), ФД-8К(гр.1691), ФД-9К, ФД-10К [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,63–0,92 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.6. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.6.

Таблица 2.3.6. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФДК-1	∅1	–	0,5–1,1	0,85	20	3	3	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–50...+80	∅3,9 × 7,2 [0,3]	2-164
ФДК-1в	∅1	–	0,5–1,1	0,85	0	3	3	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–50...+80	∅3,9 × 7,2 [0,3]	2-164
ФД2М	(6 эл-тов)			0,63±0,03	15	$1\cdot10^{-5}$	0,35 А/Вт при λ = 0,63 мкм	–		10 (5)		7,8 × 8,2 × 3 [5]	2-159
ФД-3К	∅1,13	–	0,5–1,1	0,8–0,9	15	0,5	3	–	$4\cdot10^{-6}$	–	–60...+80	11 × 5 × 1,7 [0,8]	2-166
ФД-6К	1,9 × 1,9	–	0,4–1,1	0,82–0,86	20	1	$(1,4\cdot10^{-2})$	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–50...+75	∅5,5 × 16 [1,6]	2-165
ФД-7К (гр. А)	∅10	–	0,4–1,1	0,82–0,86	27	5	6 $(4,7\cdot10^{-1})$	$U_ш$ = 0,61 мкВ·Гц$^{-1/2}$	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+75	∅19,6 × 7,5 [10]	2-160
ФД-7К (гр. Б)	∅10	–	0,4–1,1	0,82–0,86	27	5	6 $(4,7\cdot10^{-1})$	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+75	∅19,6 × 7,5 [10]	2-160
ФД-8К	2 × 2	–	0,5–1,12	0,85–0,92	20	1	$(6\cdot10^{-3})$	–	$1,2\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅3,9 × 12,5 [1]	2-162
ФД-8К (гр.1690)	2 × 2	–	0,5–1,12	0,85–0,92	20	1	$(6\cdot10^{-3})$	–	$7,7\cdot10^{-6}$	–	–60...+85	∅3,9 × 12,5 [1]	2-162
ФД-8К (гр.1691)	2 × 2	–	0,5–1,12	0,85–0,92	0	3	$(4,2\cdot10^{-3})$	–	$1,2\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅3,9 × 12,5 [1]	2-162
ФД-9К	4,4 × 4,4 или 5,6 × 5,6	–	0,5–1,12	0,85–0,92	10	10	3	–	$1,3\cdot10^{-5}$	–	–50...+50	∅11 × 9 [1,6]	2-161
ФД-10К	1,9 × 1,9	120	0,5–1,12	0,85–0,92	20	1	4,4 $(7\cdot10^{-3})$	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅5,5 × 16 [2]	2-165

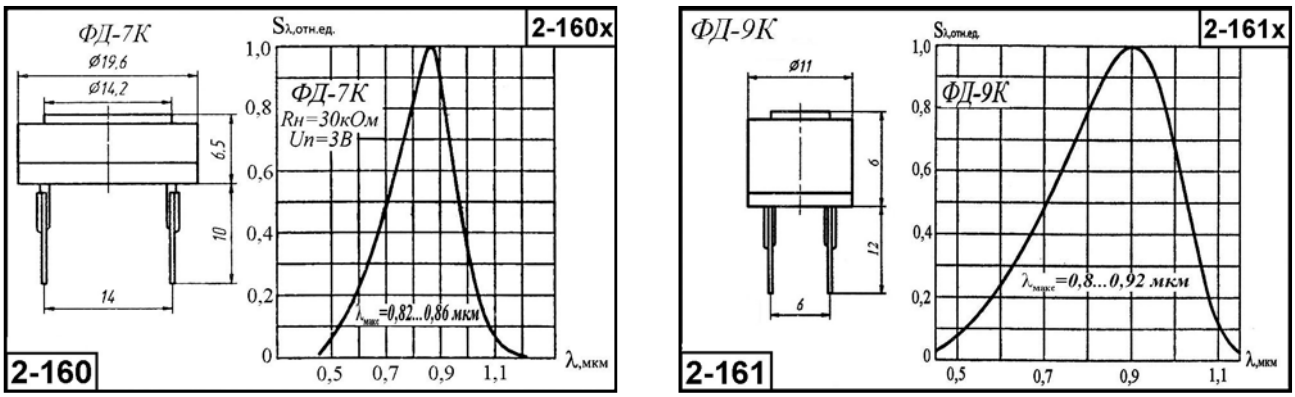


Рис. 2.3.6. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

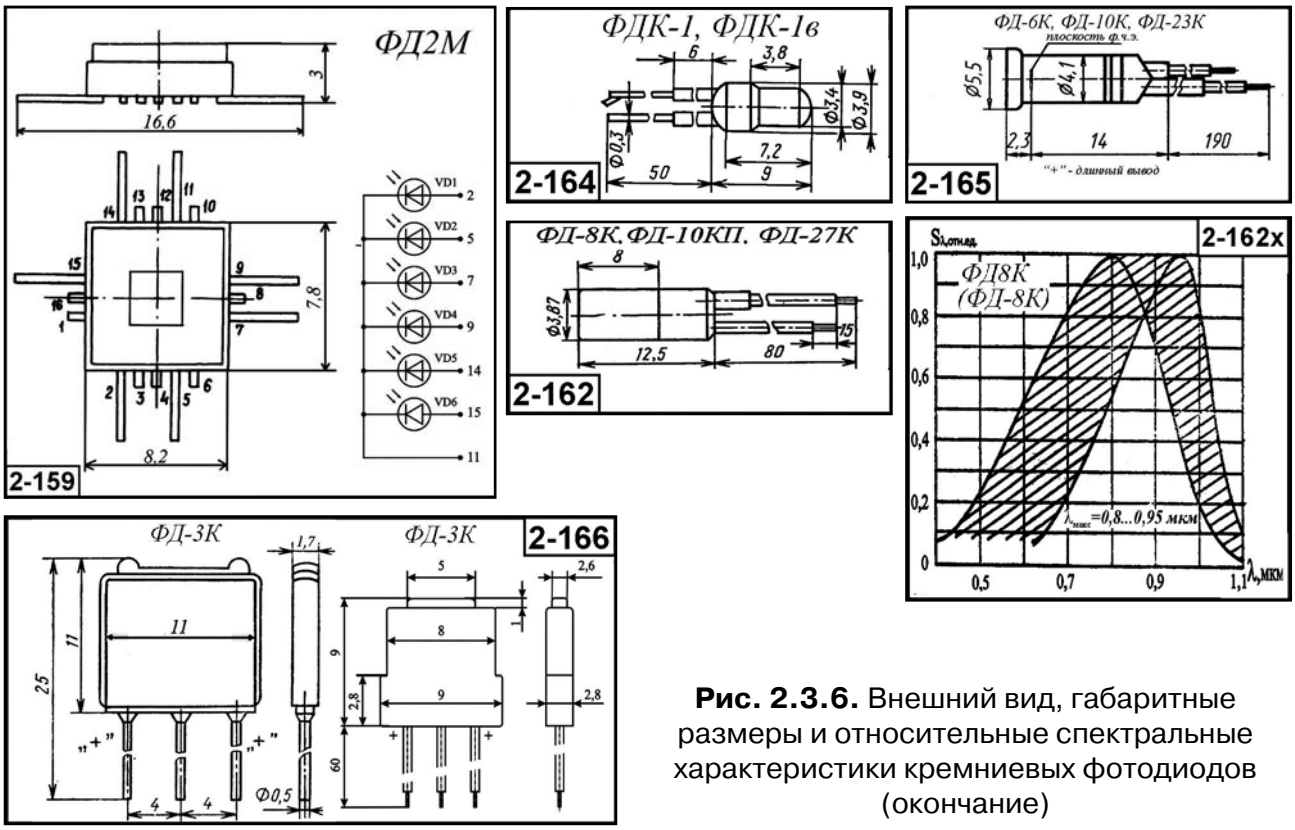


Рис. 2.3.6. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.7. Кремниевые фотодиоды ФД-10К (гр. А), ФД-10КП, ФД-11К, ФД-17К, ФД-18К, ФД-19КК гр. А, ФД-19КК гр. Б, ФД-20КП, ФД-20-30К, ФД-20-31К (гр. А), ФД-20-31К (гр. Б), ФД-20-32К [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,17; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,95 мкм]

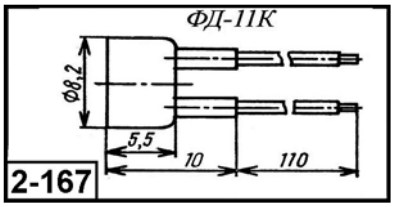
Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.6. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.6.

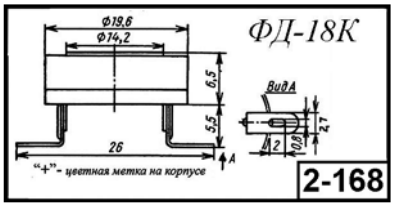
Таблица 2.3.7. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

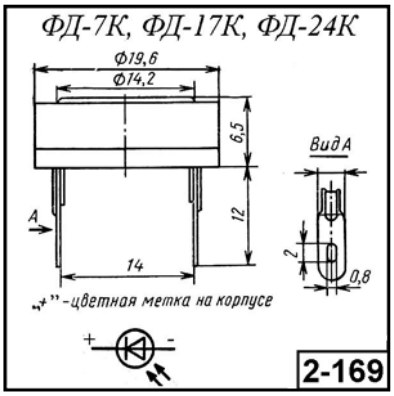
Тип прибора	$A_{ф.ч.э}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-10К (гр. А)	1,9 × 1,9	120	0,5–1,12	0,85–0,92	20	0,1	(8·10^{-3})	–	1,3·10^{-5}		–60...+85	∅5,5 × 16 [2]	2-165
ФД-10КП	∅0,5	–	0,5–1,05	0,82–0,92	10	0,005	3	–	1·10^{-5}	–	25±5	∅3,9 × 12,5 [1]	2-162
ФД-11К	∅2,5	–	0,5–1,15	0,88–0,94	10	0,2	5	3·10^{-10}	5·10^{-6}	–	–60...+60	∅8,2 × 5,5 [3]	2-167
ФД-17К	∅10	–	0,55–1,1	0,82–0,92	15	10	(4,7·10^{-1})	–	5·10^{-6}	–	–40...+75	∅19,6 × 6,5 [10]	2-169
ФД-18К	∅10	–	0,47–1,1	0,85–0,92	27	5	6	–	1·10^{-5}	–	–60...+75	∅19,6 × 6,5 [10]	2-168
ФД-19КК гр.А	1 × 1 (4 эл.) зазор 0,05	–	0,5–1,1	0,75–0,8	3–3,6	0,1	4,2	2,5·10^{-9}	3·10^{-6}	–	–60...+60	∅7,2 × 7,5 [1,2]	2-170

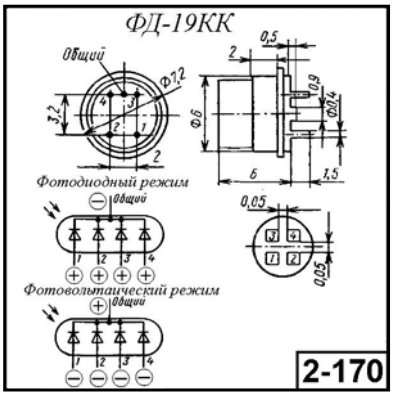
Таблица 2.3.7. (окончание)

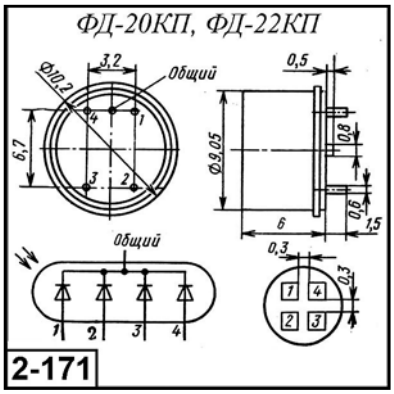
Тип прибора	$A_{фч3}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-19КК гр.Б	1 × 1 (4 эл.) зазор 0,05	–	0,5–1,1	0,75–0,8	3–3,6	0,1	3,8	–	$3·10^{-6}$	–	–60...+60	∅7,2 × 7,5 [1,2]	2-170
ФД-20КП	2 × 2 (4 эл.) зазор 0,3	–	0,5–1,1	0,85–0,92	7	0,1	4	–	$5·10^{-6}$	–	–50...+85	∅10,2 × 7,5 [4]	2-171
ФД-20-30К	1,5 × 1,5(2)	–	0,5–1,1	0,85–0,95	5	0,1	0,3 А/Вт (0,9 мкм)	–	$1,8·10^{-6}$	3	–60...+85	∅6 × 4,2 [0,7]	2-172
ФД-20-31К (гр.А)	∅1,4	60	0,47–1,17	0,78–0,82	20	0,1	4 (гр.А);	–	$1·10^{-5}$	–	–60...+85	∅6 × 5 [0,8]	2-173
ФД-20-31К (гр.Б)	∅1,4	60	0,47–1,17	0,78–0,82	0	0,1	3,8 (гр. Б)	–	$1·10^{-5}$	–	–60...+85	∅6 × 5 [0,8]	2-173
ФД-20-32К	1,35 × 2 (2 эл.) зазор 0,8 мм	–	0,45–1,06	0,78–0,92	3	0,1	4	$4·10^{-10}$	$1,6·10^{-6}$	0,5	–60...+85	12,6 × 3,9 [2]	2-174

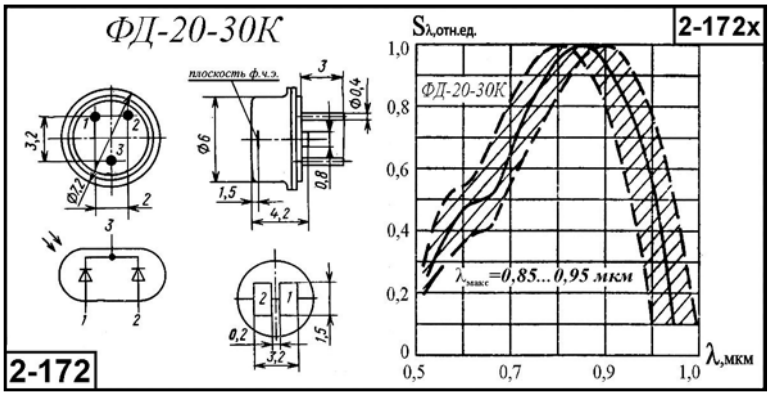












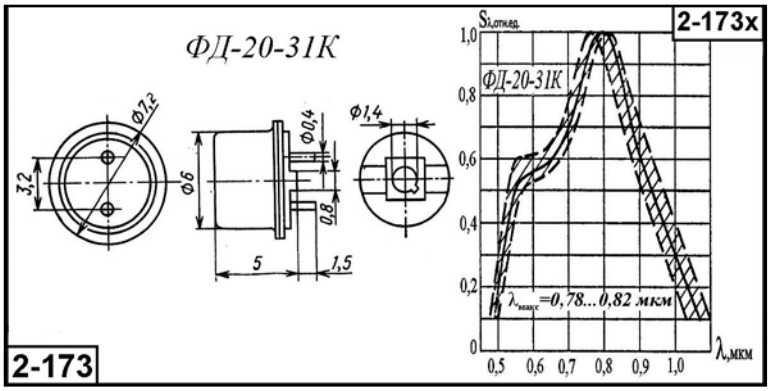


Рис. 2.3.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

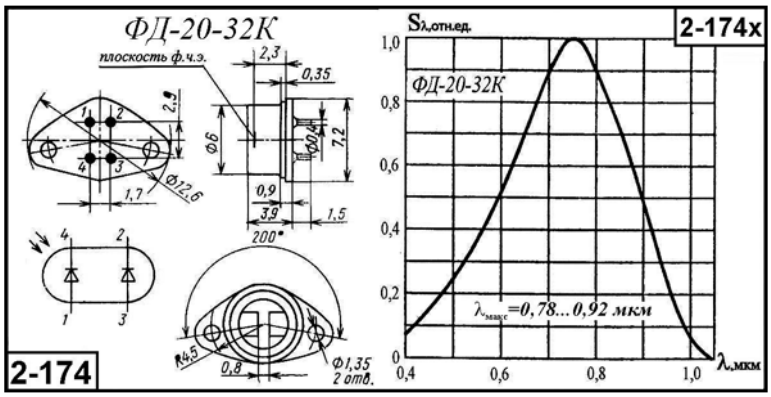


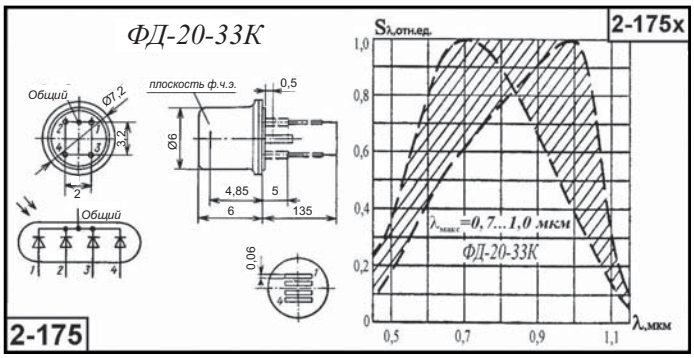
Рис. 2.3.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

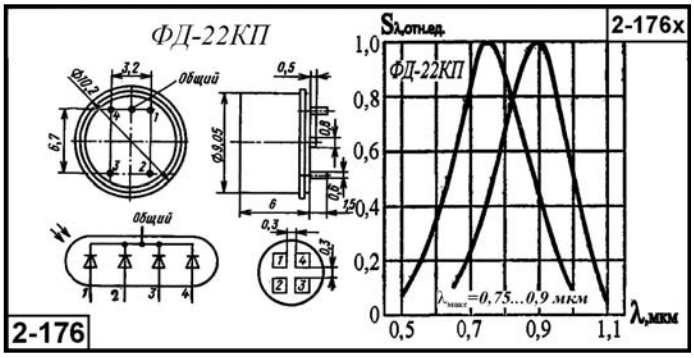
2.3.1.8. Кремниевые фотодиоды ФД-20-33К, ФД-21КП, ФД-22КП, ФД-23К, ФД-24К, ФД-24–01, ФД-25К, ФД-26К, ФД-27К, ФД-28КП, ФД-36, ФД-125К [Δλ = 0,4–1,12; $\lambda_{макс}$ = 0,72–0,9 мкм]

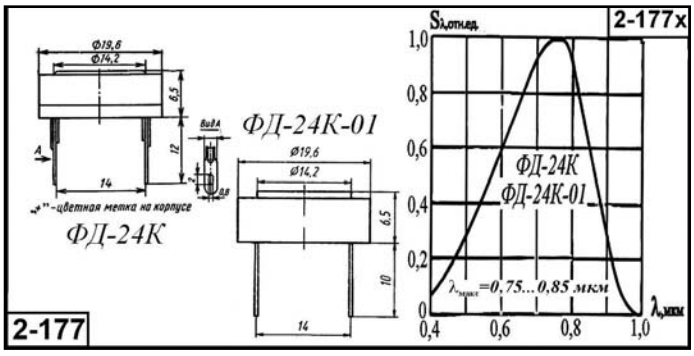
Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.8. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.8.

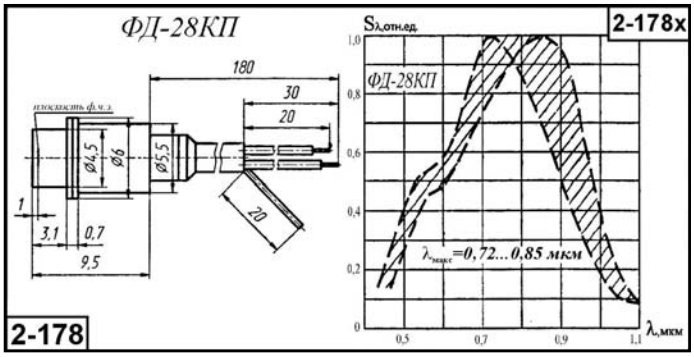
Таблица 2.3.8. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

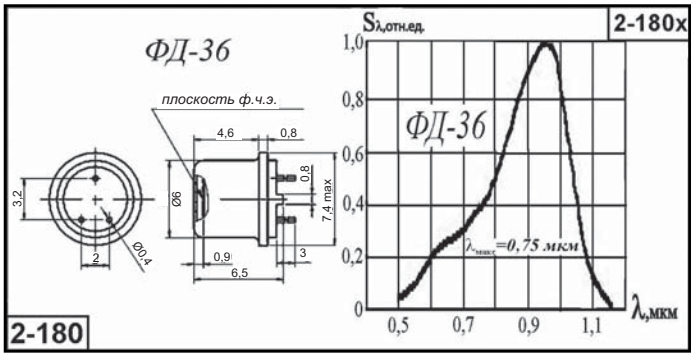
Тип прибора	$A_{ч.э}$, мм (кол-во элемен- тов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{пл}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-20-33К	0,3 × 1,4 и 0,4 × 1,4 (по 2 эл.)	–	0,45–1,06	0,72–1,0	5	0,05	4,5 (0,25 А/Вт, при λ = 0,5 мкм)	$1{,}5\cdot10^{-10}$	$1{,}2\cdot10^{-7}$	10	–60...+85	∅7,2 × 6 [2]	2-175
ФД-21КП	∅1,55	–	0,4–1,1	0,72–0,85	10	0,017	3,3	$4\cdot10^{-10}$	$6\cdot10^{-9}$	–	–60...+85	∅3,9 × 12,5 [1]	2-179
ФД-22КП	1 × 1 (4 эл.)	–	0,45–1,1	0,75–0,9	7	0,05	4,4 [$I_ф$>4,4 мкА при Е = 1000 лк]	–	$1\cdot10^{-6}$	2	–50...+85	∅7,2 × 6 [2]	2-176
ФД-23К	1,9 × 1,9	120	0,5–1,12	0,8–0,85	20	0,1	4,4 ($3\cdot10^{-3}$)	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅5,5 × 16 [2]	2-163
ФД-24К	∅10	–	0,47–1,12	0,75–0,85	27	2,5	6 ($4{,}7\cdot10^{-1}$)	$5\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+75	∅19,6 × 6,5 [10]	2-177
ФД-24-01	∅10	–	0,47–1,12	0,75–0,85	27	2,5	(4,7·10⁻1)	$5\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+75	∅19,6 × 6,5 полимер [8]	2-177
ФД-25К	1,9 × 1,9	–	0,4–1,1	0,8–0,9	20	1	($4\cdot10^{-3}$)	–	$7{,}5\cdot10^{-6}$	–	–60...+85	∅3,9 × 12,5 [1]	2-179
ФД-26К	1,9 × 1,9	–	0,4–1,1	0,8–0,95	20	3	($4\cdot10^{-3}$)	–	$1{,}2\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅3,9 × 12,5 [1]	2-179
ФД-27К	1,9 × 1,9	36	0,4–1,1	0,8–0,95	20	1	($7{,}5\cdot10^{-3}$)	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅3,9 × 12,5 [1]	2-179
ФД-28КП	1,24 × 1,24	–	0,4–1,1	0,72–0,85	4	0,02	3,5 (0,2 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	$8\cdot10^{-12}$	$1{,}6\cdot10^{-7}$	–	–60...+70	∅6 × 9,5 [5]	2-178
ФД-36 PIN	0,8 × 0,35	–	0,47–1,1	0,75	30	0,05	5,85	$8\cdot10^{-12}$	$1\cdot10^{-6}$	–	–60...+70	∅7,4 × 6,5 [2]	2-180
ФД-125К PIN	R7, 37 мм² (4 эл.)	–	0,4–1,1	–	135	1	(0,2 А/Вт при λ = 1,1 мкм)	–	$1{,}5\cdot10^{-5}$	–	–60...+75	∅31 × 7,2 [20]	2-181

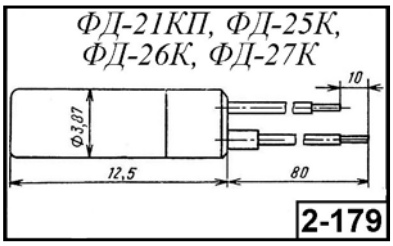












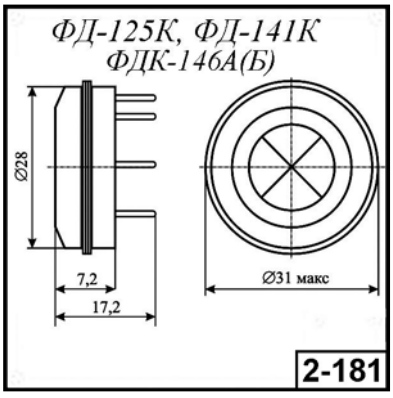


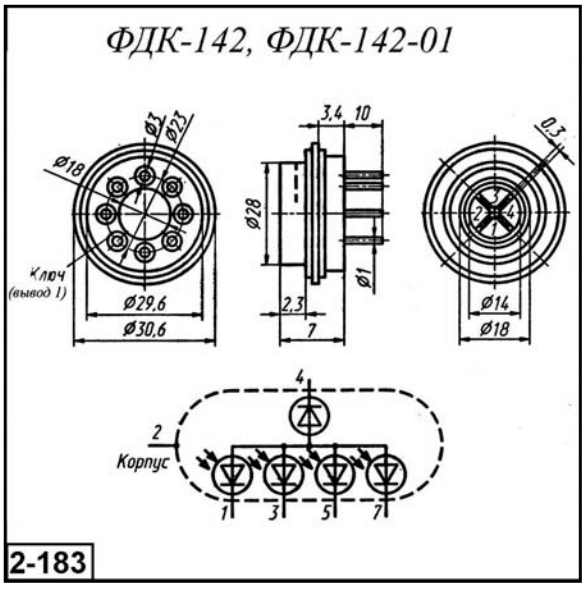
Рис. 2.3.8. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

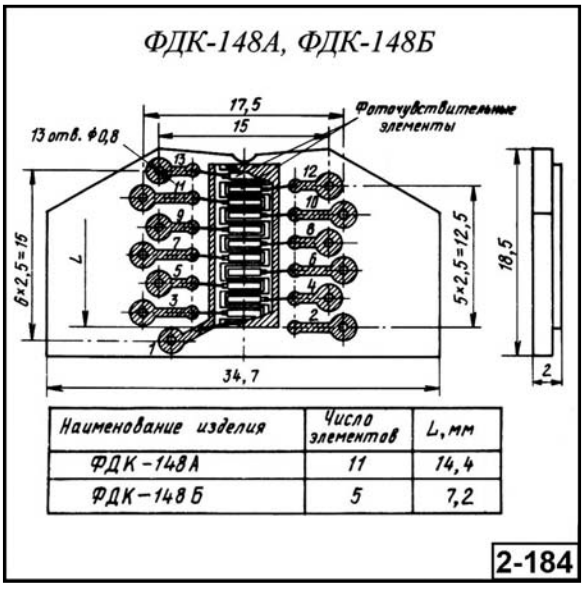
2.3.1.9. Кремниевые фотодиоды ФД-131А, ФД-131Б, ФД-131МБ, ФД-141К, ФД-К-142, ФДК-142-01, ФДК-146А,Б, ФДК-148А,Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.9. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.9.

Таблица 2.3.9. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{пп}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-131А PIN	0,15 мм^2	–	0,4–1,1	0,85	135	0,1	(0,3 А/Вт при λ = 0,65 мкм)	–	$2\cdot10^{-6}$	–	–60...+75	∅7,5 × 8 [4]	2-182
ФД-131Б PIN	0,15 мм^2	–	0,4–1,1	0,85	135	0,1	(0,4 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	$2\cdot10^{-6}$	–	–60...+75	∅7,5 × 8 [4]	2-182
ФД-131МБ PIN	0,5 мм^2	–	0,4–1,1	0,85	135	0,1	(0,4 А/Вт при λ = 0,65 мкм)	–	$2\cdot10^{-6}$	–	–60...+75	∅7,5 × 8 [4]	2-182
ФД-141К PIN	R7, 37 мм^2 (4 эл.)	–	0,4–1,1	–	120	7	(0,2 А/Вт при λ = 1,1 мкм)	–	$1,5\cdot10^{-5}$	5	–60...+75	∅31 × 7,2 [20]	2-181
ФД-К-142 PIN	∅13,7 (4 эл.) зазор 0,3 мм	–	0,3–1,1	0,9	120	1,15	10	–	$8\cdot10^{-8}$	5	–60...+85	∅30,6 × 7 [21]	2-183
ФДК-142-01 PIN	∅13,7 (4 эл.) зазор 0,3 мм	–	0,4–1,1	0,9	120	10	3	–	$8\cdot10^{-8}$	5	–60...+85	∅30,6 × 7 [21]	2-183
ФДК-146А,Б PIN	R7, 37 мм^2 (4 эл.)	–	0,4–1,1	–	120	7 (120В)	(0,2 А/Вт при λ = 1,1 мкм)	–	$1,5\cdot10^{-5}$	–	–60...+55	∅31 × 7,2 [20]	2-181
ФДК-148А, (Б)	0,9 × 3 (11 эл.) зазор 0,3 мм	–	0,4–1,1	0,8	0 или 5	0,1	6	–	$2,5\cdot10^{-6}$	–	–60...+85	34,7 × 19 × 2,2 [2] б/к	2-184





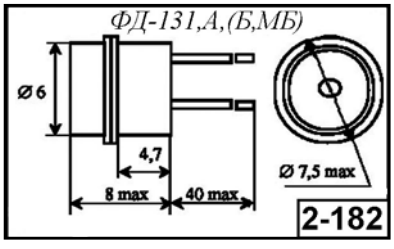


Рис. 2.3.9. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.10. Кремниевые фотодиоды ФД-149К, ФД-150, ФД-150М, ФД-К-155, ФДК-157, ФД-225А, Б, ФД-К-227, ФД-245А, ФД-245Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,88 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.10. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.10.

Таблица 2.3.10. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-149К	0,9 × 3 (5 эл.) зазор 0,3 мм	3	0,4–1,1	0,8	0 или 5	0,1	6	–	$2{,}5\cdot10^{-6}$	–	–60...+85	34,7 × 12,5 × 2,2 [1,4] б/к	2-185
ФД-150	0,9 × 3	–	0,4–1,1	0,8	0 или 5	0,1	6	–	$2{,}5\cdot10^{-6}$	–	–60...+85	25 × 8,5 × 1,7 [0,9] б/к	2-186
ФД-150М	0,9 × 3 (3 эл.) зазор 0,3 мм	–	0,4–1,1	0,8	0 или 5	0,1	6	–	$2{,}5\cdot10^{-6}$	–	–60...+85	25 × 8,5 × 1,7 [1,2] б/к	2-187
ФД-К-155	∅5	–	0,4–1,1	0,75–0,85	10	10	3,5	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–50...+50	∅11 × 5 [2]	2-188
ФДК-157 PIN	2 эл. по 0,2 мм² и 4 эл. по 0,04 мм²	–	0,4–1,1	0,78–0,88	10	0,001	(0,31 А/Вт при λ = 0,63 мкм) (0,35 А/Вт при λ = 0,78 мкм)	Uш = $1{,}6\cdot10^{-3}$ нА·Гц$^{-1/2}$	–	–	–40...+60	∅9,5 × 4,2 [5]	2-189
ФД-225А, Б	3,14 мм²	–	0,4–1,1	–	–	–	–	–	$2{,}7\cdot10^{-6}$	–	–50...+50	∅14 × 8,8	2-190
ФД-К-227	∅1,17*	40	0,4–1,1	0,78–0,88	10	0,1	3 (0,15 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	$5\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-9}$	–	–60...+80	∅3,9 × 18,5 [2]	2-192
ФД-245А	0,65 мм²	–	0,6–0,8	0,74	5	0,04	(0,5 А/Вт при 0,66 мкм) [$I_ф$ > 1 мкА при E = 1мВт/см²]	–	$2\cdot10^{-8}$	–	–50...+50	∅6 × 9 [1]	2-191
ФД-245Б	0,13 мм²	–	0,6–0,8	0,74	5	0,04		–	$2\cdot10^{-8}$	–	–50...+50	∅6 × 9 [1]	2-191

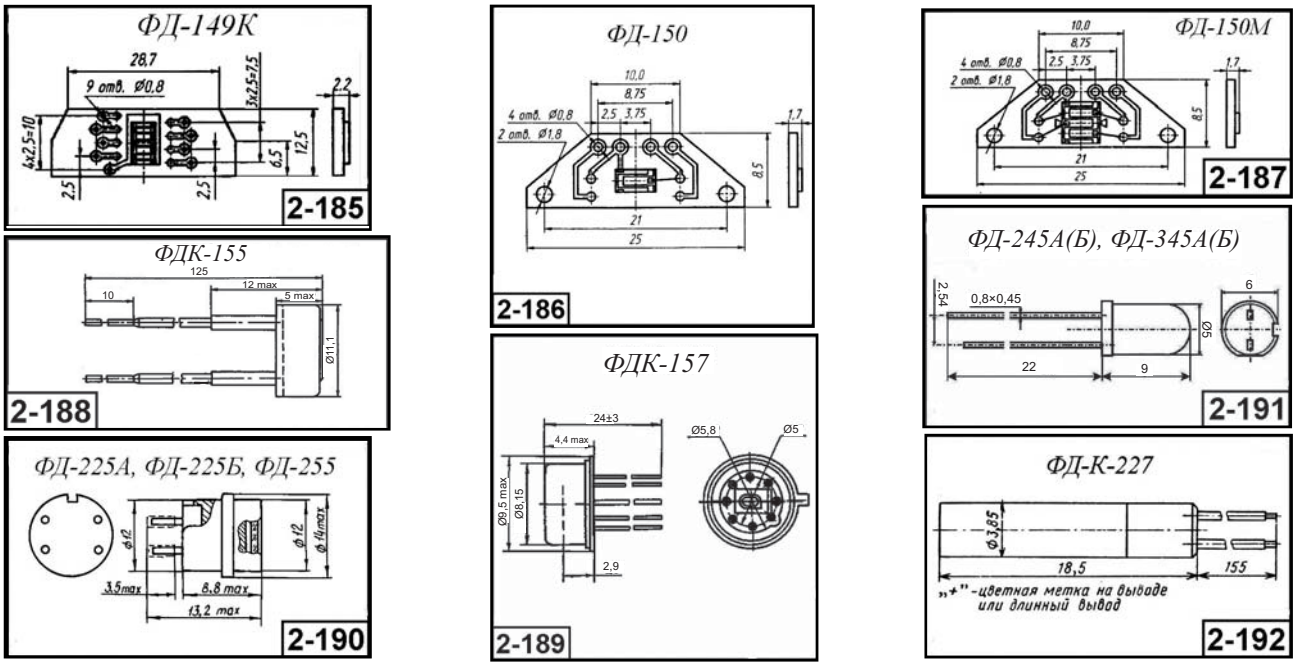


Рис. 2.3.10. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

2.3.1.11. Кремниевые фотодиоды ФД-253, ФД-254, ФД-255, ФД-256, ФД-263, ФД-263-01, ФД-265А, ФД-265Б, ФД-265-01А, ФД-265-01Б, ФД-265-02А, ФД-265-02А черн., ФД-269, ФД-271, ФД-286 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,9 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.11. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.11.

Таблица 2.3.11. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-253 PIN	0,1 × 0,15 (100 эл.)	–	0,47–1,12	–	30	0,005	(0,12–0,15А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	–	–50...+50	∅72 × 13,5	2-193
ФД-254 PIN	50,24 мм^2	–	0,4–1,1	0,9	27	0,1	0,45 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	–	–	–50...+50	∅23,2 × 8	2-194
ФД-255 PIN	3,15 мм^2	–	0,4–1,1	0,8–0,9	250	0,1	(0,4 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	–	–	–50...+50	∅14 × 8,8	2-195
ФД-256	∅1,37*	–	0,4–1,1	0,75–0,9	10	0,005	6 (0,6 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	$1·10^{-11}$	$2·10^{-9}$	–	–60...+85	∅4 × 12,5 [1]	2-196
ФД-263	9 мм^2	–	0,4–1,1	0,8–0,9	0,2	0,005	5 (0,5 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	$2·10^{-8}$	–	–50...+50	∅9,5 × 3,5 ∅9,5 × 6 [2]	2-197
ФД-263-01	9 мм^2	–	0,4–1,1		12	0,1	4	–	$2·10^{-8}$	–	–50...+60	∅11 × 6,6 [2]	2-198
ФД-265А	∅1,37*	36	0,4–1,1	0,75–0,9	4	0,1	$(7,5·10^{-3})$	–	$5·10^{-6}$	–	–60...+85	∅4 × 8 [1]	2-198
ФД-265Б	∅1,37*	36	0,4–1,1	0,75–0,9	0	1	$(6·10^{-3})$	–	$5·10^{-6}$	–	–60...+85	∅4 × 8 [1]	2-199
ФД-265–01А	1,4 × 1,4	36	0,4–1,2	0,75–0,9	5	0,005	$(2·10^{-2})$	–	$5·10^{-8}$	–	–60...+85	∅4 × 9,5 [1]	2-200
ФД-265-01Б	1,4 × 1,4	36	0,4–1,2	0,75–0,9	0	1	$(2·10^{-2})$	–	$5·10^{-8}$	–	–60...+85	∅4 × 9,5 [1]	2-200
ФД-265-02А	1,4 × 1,4	36	0,4–1,2	0,75–0,9	5	0,005	$(4·10^{-2})$	–	$5·10^{-8}$	–	–60...+85	∅4 × 8 [1]	2-200
ФД-265-02А черн.	1,4 × 1,4	36	0,4–1,2	0,75–0,9	5	0,03	$(3,5·10^{-2})$	–	$5·10^{-8}$	–	–60...+85	∅4 × 8 [1]	2-200
ФД-269	16,9 мм^2	–	0,4–1,1	0,75–0,9	12	5	5	–		–	–45...+45	∅7,5 × 8,5 [1]	2-201
ФД-271	1 мм^2	–	0,4–1,1	0,8–0,9	5	0,05	(0,4 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	1,5·10^{-7}	–	–50...+50	∅5,8 × 4,3 [1]	2-201А
ФД-286 PIN	∅0,3	–	0,4–1,1	0,75–0,9	27	0,003	(0,4 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$2·10^{-9}$	–	+10...+50	2,6 × 1,6 × 1,15 [0,3] б/к	2-202

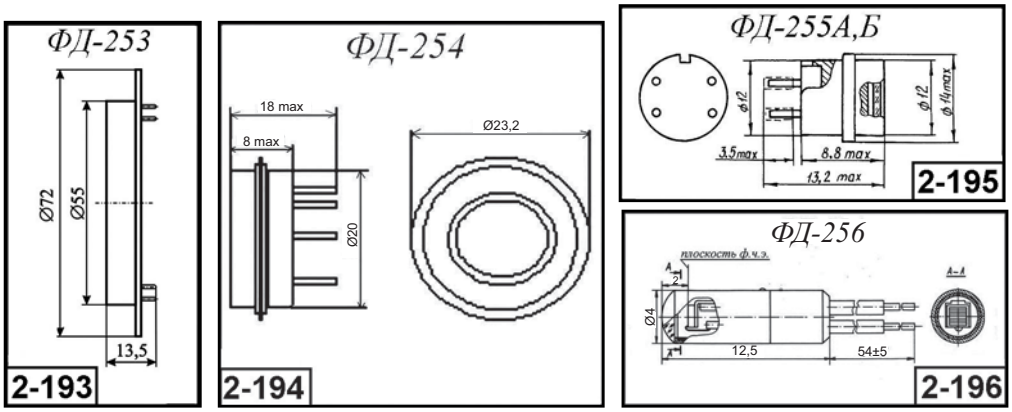


Рис. 2.3.11. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

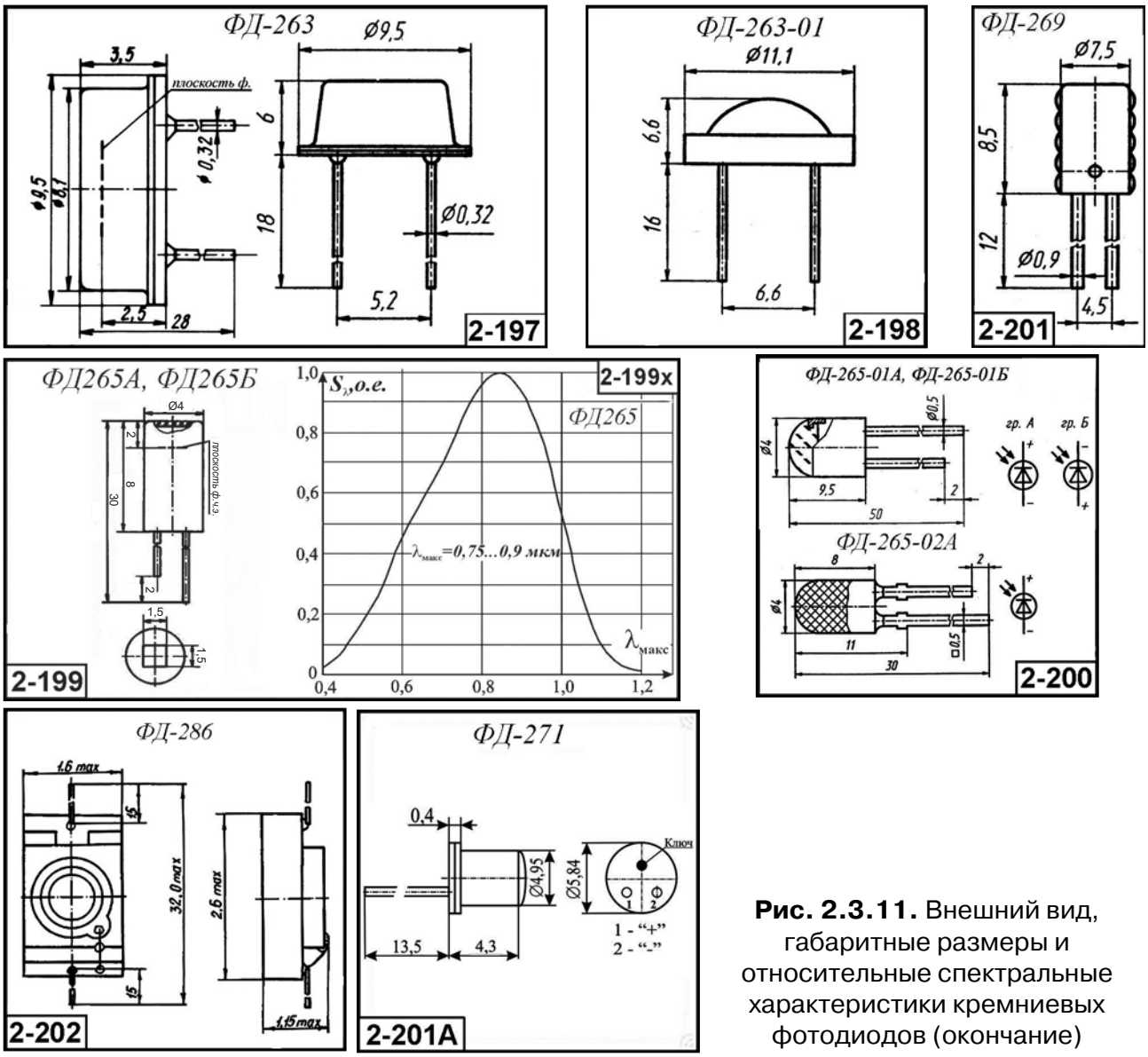


Рис. 2.3.11. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.12. Кремниевые фотодиоды ФД-288А, ФД-288Б, ФД-288В, ФД-288А-1, ФД-291, ФД-292, ФД-292А, ФД-293 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,81 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.12. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.12.

Таблица 2.3.12. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-288А	100 мм²	–	0,3–1,1	0,81	1	0,15	(0,04А/Вт при λ = 0,3 мкм, 0,24А/Вт при λ = 0,55 мкм)	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+70	∅23 × 7,4 [15]	2-203
ФД-288Б	100 мм²	–	0,3–1,1	0,81	1	0,15		–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+70		

Таблица 2.3.4. (окончание)

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-288В	100 мм^2	–	0,3–1,1	0,81	1	0,05	(0,06А/Вт при λ = 0,3 мкм, 0,27А/Вт при λ = 0,55 мкм)	–	$1·10^{-5}$	–	–60…+70	∅ 23 × 7,4 [15]	2-203
ФД-288А-1	100 мм^2	–	0,4–1,05	0,81	1	0,15 (10В)	(0,24А/Вт при λ = 0,55 мкм)	–	$1·10^{-5}$	–	+10…+50	∅ 32 × 2 б/к	2-204
ФД-291	6,09 мм^2	–	0,4–1,1	0,8	1	0,01	5 (0,5А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$7·10^{-7}$	–	–40…+50	4,9 × 2,9 × 2 [0,5]	2-205
ФД-292	0,94 × 2,29	–	0,4–1,1	0,8	0,01	0,003	0,01 (0,5А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$6·10^{-7}$	–	–40…+50	2,6 × 1,25 × 0,6 [0,01] б/к	2-206
ФД-292А	0,94 × 2,29	–	0,4–1,1	0,8	0,01	0,003	0,011 (0,5А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$6·10^{-7}$	–	–40…+50	2,6 × 1,25 × 0,6 [0,01] б/к	2-206
ФД-293	3,14 мм^2	–	0,4–1,1	0,8	0,01	0,5 (при 50°С)	(0,3А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	$3·10^{-6}$	–	–40…+50	∅ 8 × 12,3 [5]	2-207

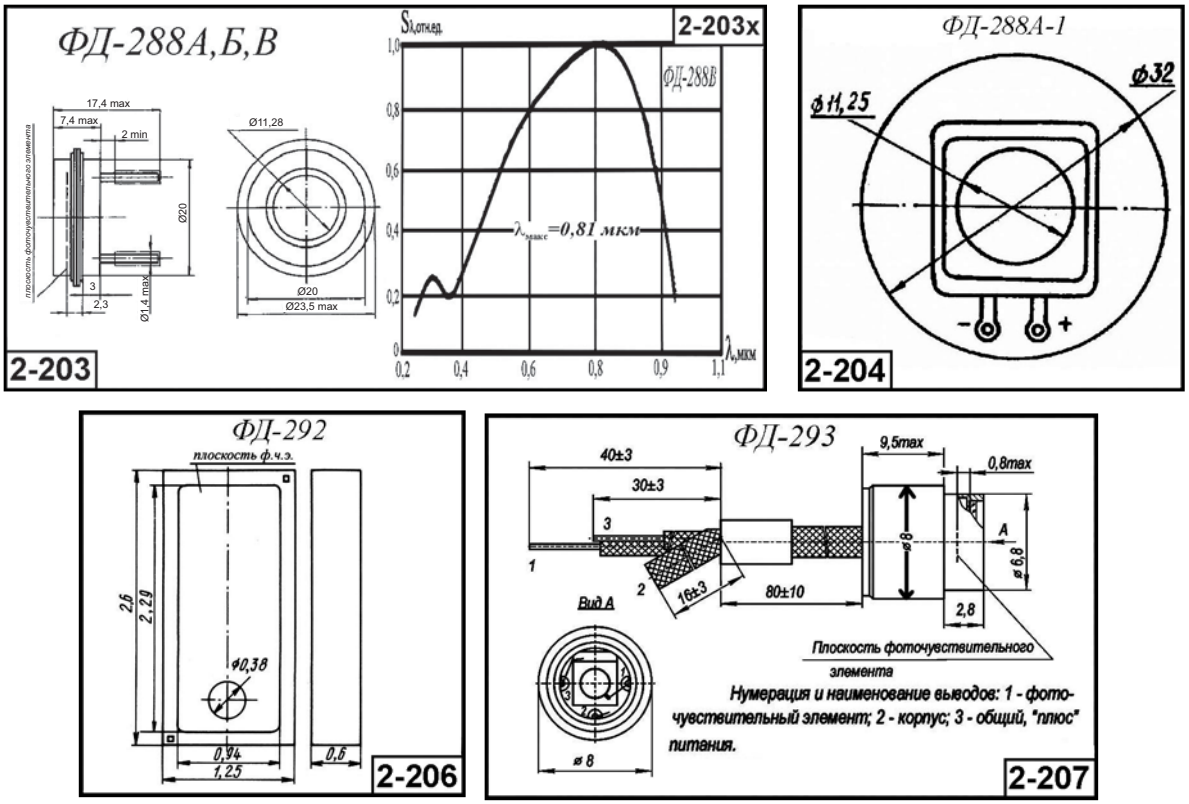


Рис. 2.3.12. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.13. Кремниевые фотодиоды ФД-295, ФД-296М, ФД-297М, ФД-299, ФД-301, ФД-302, ФД-303, ФД-304М, ФД-304М гр. А, ФД-305М [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.13. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.13.

Таблица 2.3.13. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-295	100 мм²	–	0,4–1,1	0,8	0,5–8	0,2	(0,35А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$1\cdot10^{-6}$	–	–60...+60	23 × 6 × 2,6 [1]	2-208
ФД-296М PIN	1,55 × 1,55 (2 эл.)	–	0,4–1,1	0,85	3	0,05 (3В)	4,8 (0,3 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$3\cdot10^{-6}$	–	–40...+50	∅ 7,2 × 3,7	2-209
ФД-297М PIN	1,55 × 2 (2 эл.)	–	0,4–1,0	0,8	3	0,05 (3В)	4,8 (0,31 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$3\cdot10^{-6}$	–	–40...+50	∅ 12,3 × 3,3	2-210
ФД-299	2 × 4 (4 эл.)	–	0,4–1	0,8	0	–	3,6	–	–	–	25±5	5 × 5,4 × 0,9 б/к	2-211
ФД-301	1,9 × 0,7 (2 эл.)	–	0,4–1,1	0,9	10±1	0,05 нА	0,5 А/Вт при λ = 0,9 мкм	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+60	10,8 × 1,1 × 2 [0,15] б/к	2-212
ФД-302	2,5 × 4 (2 эл.)	–	0,4–1,1	0,9	10±1	0,12 нА	0,5 А/Вт при λ = 0,9 мкм	–	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+60	9,4 × 6,1 × 2 [0,15] б/к	2-213
ФД-303	8 мм²	–	0,4–1,1	0,8	10	0,005	$(4\cdot10^{-1})$	–	$1\cdot10^{-8}$	–	–60...+75	∅ 4 × 7 [1]	2-214
ФД-304М	0,7 × 5 (34 эл.)	–	0,4–1,1	0,8	1	0,002–1,0	(0,1А/Вт при λ = 0,4 мкм)	–	$2{,}5\cdot10^{-6}$	–	+1...+60	38,5 × 24,5 × 4,5 [10] б/к	2-215
ФД-304М гр.А	0,7 × 5 (34 эл.)	–	0,4–1,1	0,8	1	0,002–1,0	(0,25А/Вт при λ = 0,55 мкм)	–	$2{,}5\cdot10^{-6}$	–	+1...+60	38,5 × 24,5 × 4,5 [10] б/к	2-215
ФД-305М	0,19 × 20 (48 эл.) зазор 0,11	–	0,4–1,1	–	0	–	(0,4 А/Вт при λ = 0,91 мкм)	$\Phi_п$ = $2{,}4\cdot10^{-13}$ Вт/Гц$^{1/2}$	–	5	–60...+70	∅ 42 × 7,7 [40]	2-216

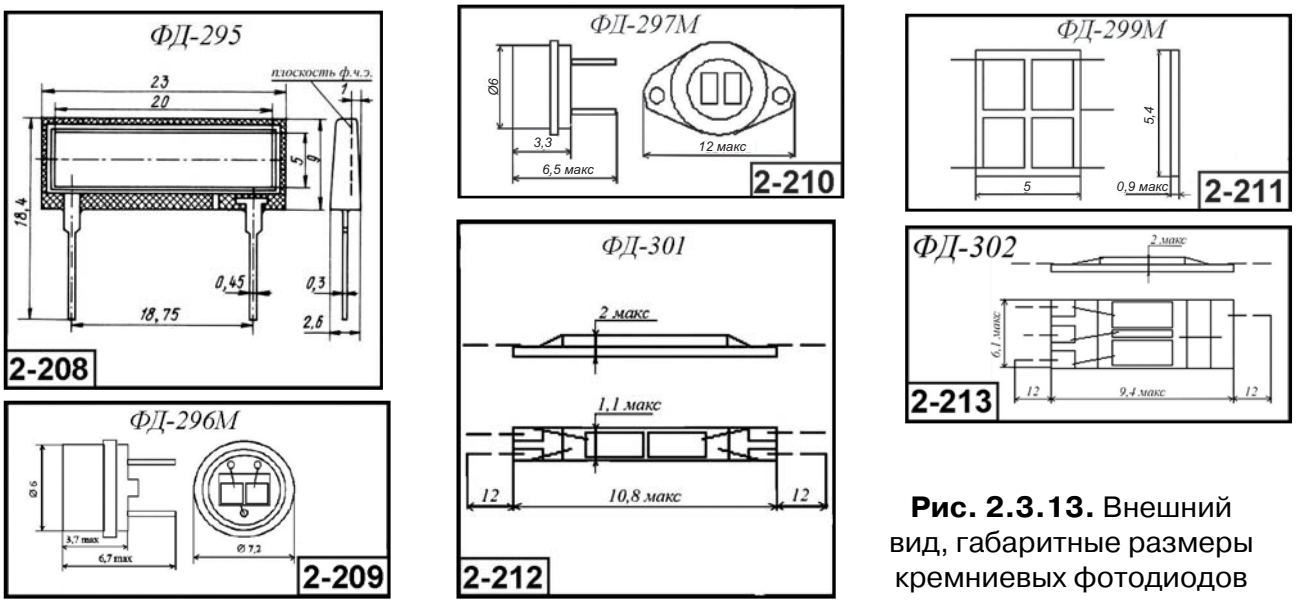


Рис. 2.3.13. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

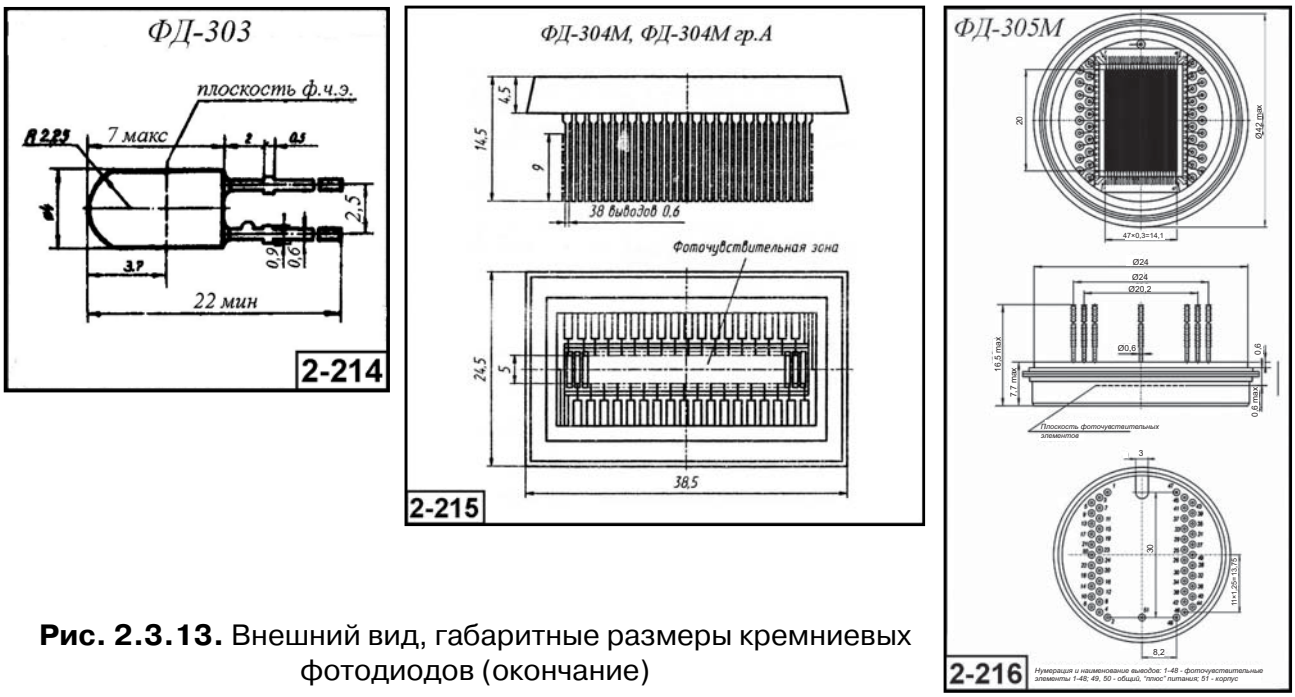


Рис. 2.3.13. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.14. Кремниевые фотодиоды ФД-306М, ФД-307, ФД309, ФД310, ФД-313М, ФД-318М, ФД-319 [Δλ = 0,34–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.14. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.14.

Таблица 2.3.14. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{П1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-306М	3,6 × 2,3 (1) и ∅ 0,8 (1)	–	0,34–0,75	0,55	2	0,001 и 0,0001	0,5	–	$1·10^{-6}$	–	–25…+55	6,2 × 5,8 × 2,2 [0,2]	2-217
ФД-307	∅ 7 38,4 мм^2	–	0,25–1,05	0,8	0,01	0,003	(0,06 при λ = 0,3 мкм 0,27 А/Вт при λ = 0,55 мкм)	–	–	–	+10…+50	16,5 × 8, 6 × 2 [1] б/к	2-218
ФД309 PIN	∅ 10,5 86,5 мм^2	–	0,4–0,7	0,95	27	3,5	(0,5А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	0,05	–	–60…+70	∅ 23,2 × 8	2-219
ФД310	1,5 × 1,5 (2 эл.)	–	0,4–1,1	$\lambda_{раб}$ 0,75 мкм	0,01	0,15	(0,35А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$7,5·10^{-5}$	–	–60…+70	∅ 7,3 × 4,4	2-220
ФД-313М	1,5 × 1,5 (2 эл.) зазор 0,8	–	0,4–1,1	$\lambda_{раб}$ 0,75 мкм		$1·10^{-4}$	5	–	$7,5·10^{-5}$	–	+10…+50	7 × 3,8 × 1,2 б/к	2-221
ФД-318М	∅ 14 (4 эл.) зазор 0,02 мм	–	0,4–1,1	0,95	120	500	(0,3А/Вт при λ = 0,9 мкм, 0,189А/Вт при λ = 1,06 мкм, $t_и$ – 5 мкс)	–	–	–	–60…+60	∅ 31 × 7,2 [21]	2-222
ФД-319	16 мм^2	–	0,575–1,1	0,8–0,95	9±0,5	0,03	(0,22 мкА/лк) 0,45 А/Вт при λ = 0,63	–	–	–	–50…+60	∅ 11,5 × 10 [1]	2-223

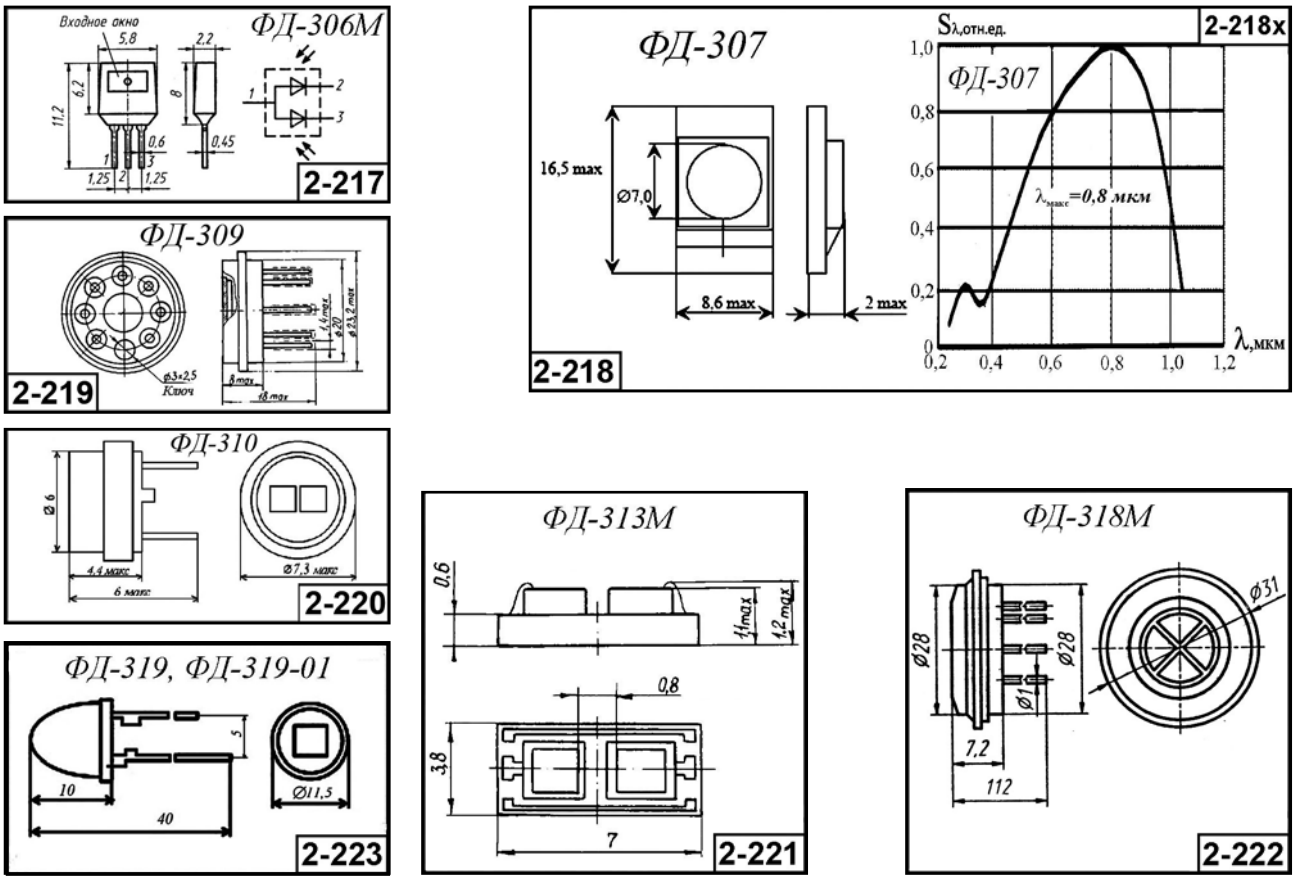


Рис. 2.3.14. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.15. Кремниевые фотодиоды ФД-319-01, ФД-320, ФД-320-01, ФД-321М-01 гр.1, ФД-321М-01 гр.2, ФД-321М-02 гр.А, ФД-321М-02 гр.Б, ФД-321М-03 [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм]

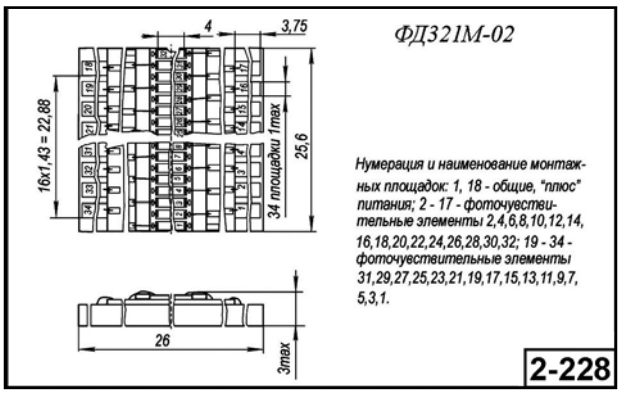
Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.15. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.15.

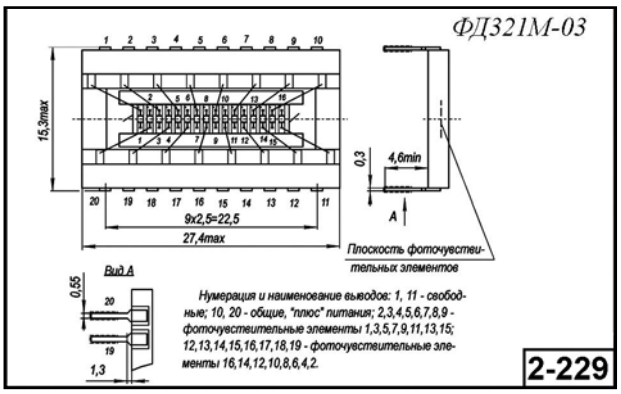
Таблица 2.3.15. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

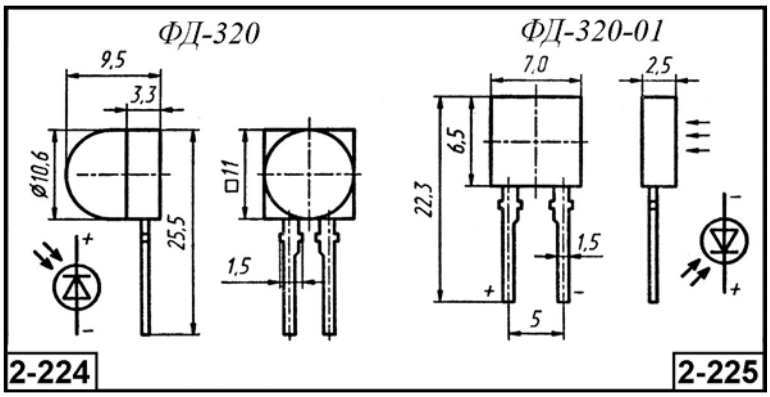
Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{П1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-319-01	16 мм²	–	0,575–1,1	0,8–0,95	9±0,5	0,03	(0,13 мкА/лк) 0,45 А/Вт при λ = 0,63	–		–	–50…+60	∅ 11,5 × 10 [1]	2-223
ФД-320	25 мм²	–	0,4–1,1	–	12	0,05	(1,5·10^{-1}) (0,4А/Вт при 0,95 мкм)	–	1·10^{-6}	–	–60…+85	11 × 11 × 9,5 [10]	2-224
ФД-320-01	25 мм²	–	0,4–1,1	–	12	0,05	(3,5·10^{-1}) (0,4А/Вт при 0,95 мкм)	–	1·10^{-6}	–	–60…+85	6,5 × 7 × 2,5 [8]	2-225

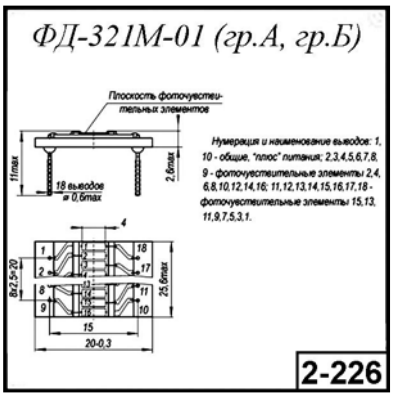
Таблица 2.3.15. (окончание)

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-321М-01 гр.1	1,3 × 4 (16 эл.) зазор 0,3	–	0,38–1,1	$\lambda_Р$ = 0,5–0,7 мкм	0	0,05нА (10 мВ)	(0,36А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$3·10^{-5}$	–	–45…+55	26 × 20 × 2,6 [10] б/к	2-226 2-227
ФД-321М-01 гр.2 PIN		–			10	0,01 (10В)		–		–			
ФД-321М-02 гр.А	0,4 × 4 (32 эл.) зазор 0,2	–	0,38–1,1	$\lambda_Р$ = 0,5–0,7 мкм	0	0,02нА (10 мВ)	(0,36А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$3·10^{-5}$	–	–45…+55	26 × 25,6 × 3 [10] б/к	2-228
ФД-321М-02 гр.Б PIN		–			10	0,01 (10В)		–		–			
ФД-321М-03 PIN	0,6 × 0,4 (16 эл.) зазор 0,4	–	0,4–1,1	0,95	12	0,003 (12В)	(0,5А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$3·10^{-5}$	–	+10…+60	24,7 × 15,3 × 3 [10] б/к	2-229









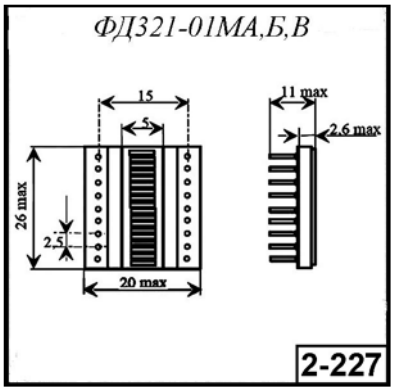


Рис. 2.3.15. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

2.3.1.16. Кремниевые фотодиоды ФД-321М-04 Гр. 1, ФД-321М-04 Гр. 2, ФД-324, ФД-325М, ФД-325М-01, ФД-325М-02, ФД-327 Гр. 1, ФД-327 Гр. 2 [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.16. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.16.

Таблица 2.3.16. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-321М-04 Гр.1	1,3 × 2 (16 эл.) зазор 0,3	–	0,38–1,1	$\lambda_р$ = 0,5–0,7 мкм	0	0,01 нА (10 мВ)	(0,36А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	$3·10^{-5}$	–	–45…+55	26 × 20 × 2,6 [10] б/к	2-230
ФД-321М-04 Гр.2 PIN		–			10	0,005 (10В)		–		–			2-230
ФД-324	∅ 0,5	–	0,4–1,1	0,8–0,95	5	0,005	(0,4 А/Вт)	–	$1·10^{-8}$	–	–60…+85	1,5 × 1,5 × 0,22 [0,5] б/к	2-231
ФД-325М PIN	0,04 мм² (2 эл.) и 0,08 мм² (6 эл.)	–	0,4–1,1	0,8–0,95	0,01	–	(0,78 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$1·10^{-5}$ и $4·10^{-6}$	–	–60…+60	–	–
ФД-325М-01 PIN	0,08 мм² (6 эл.)	–	0,4–1,1	0,8–0,95	0,01	–	(0,78 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$1·10^{-5}$ и $4·10^{-6}$	–	–60…+60	–	–
ФД-325М-02 PIN	0,02 мм² 0,18 мм² (6 эл.)	–	0,4–1,1	0,8–0,95	0,01	–	(0,78 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$5·10^{-6}$ и $2·10^{-6}$	–	–60…+60	–	–
ФД-327 Гр. 1 PIN	2,4 × 20	–	0,38–1,1	0,8–0,95	0	0,1нА (10 мВ)	(0,36 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	–	–	–45…+55	40 × 3,2 × 3,4 б/к	2-232
ФД-327 Гр. 2 PIN		–			10	0,025 (10В)		–	–	–			

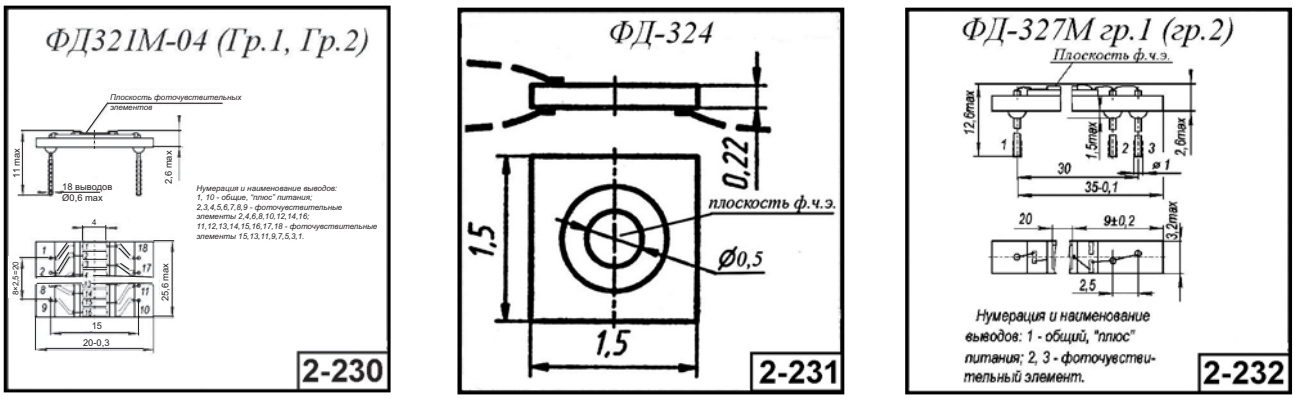


Рис. 2.3.16. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

2.3.1.17. Кремниевые фотодиоды ФД-328, ФД-330М, ФД-331, ФД-332, ФД-337А, ФД-337Б, ФД-337В, ФД-337 Гр.2, ФД-338, ФД-342 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.17. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.17.

Таблица 2.3.17. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{П1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-328	19,6 мм²	–	0,4–1,1	0,9 ±0,03	12	0,1	0,12 мкА/лк (0,45 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	–	–	–50...+60	∅ 11 × 5 [1]	2-233
ФД-330М PIN	0,17 мм² (8 эл.)	–	0,7–1,1	0,85	15	0,05	(0,4 А/Вт при λ = 0,78 мкм)	–	$1{\cdot}10^{-6}$	–	–60...+60	б/к	–
ФД-331	3 × 3 9 мм²	–	0,7–1,1	0,85	3,5±0,5; 13,5±0,5	0,03	(0,65 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	$3{,}5{\cdot}10^{-5}$	–	–50...+65	∅ 10 × 9 [2]	2-234
ФД-332	9,61 мм²	–	0,4–1,1	0,9 ±0,5	0,2	0,005	0,12 мкА/лк	–	–	–	–50...+65	∅ 9,5 × 5 [2]	2-236
ФД-337 А	10 × 10	–	0,4–1,1	0,8	10 или 10 мВ	0,01	(0,3 А/Вт при λ = 0,8 мкм)	–	$1{\cdot}10^{-6}$	–	–25...+55	12,4 × 15,2 × 1,2 [0,5] б/к	2-235
ФД-337Б	10 × 10	–	0,4–1,1	0,8	10 или 10 мВ	0,1	(0,3 А/Вт при λ = 0,8 мкм)	–	$1{\cdot}10^{-6}$	–	–25...+55	12,4 × 15,2 × 1,2 [0,5] б/к	2-235
ФД-337В	10 × 10	–	0,4–1,1	0,8	10 или 10 мВ	0,15	(0,3 А/Вт при λ = 0,8 мкм)	–	$1{\cdot}10^{-6}$		–25...+55	12,4 × 15,2 × 1,2 [0,5] б/к	2-235
ФД-337 Гр.2 PIN	10 × 10	–	0,4–1,1	0,8	10	0,15	(0,3 А/Вт при λ = 0,8 мкм)	–	$1{\cdot}10^{-6}$		–25...+55	12,4 × 15,2 × 1,2 [0,5] б/к	2-235
ФД-338	3 × 3	–	0,4–1,1	0,82–0,92	до 10	0,03	(0,6 А/Вт при λ = 0,85 мкм)	–	–		–50...+65	–	2-224
ФД-342	∅ 14	90	0,4–1,1	0,8–0,95	75±5	7	(0,2 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	5 МГц		–60...+85	∅ 31 × 7,2	2-237

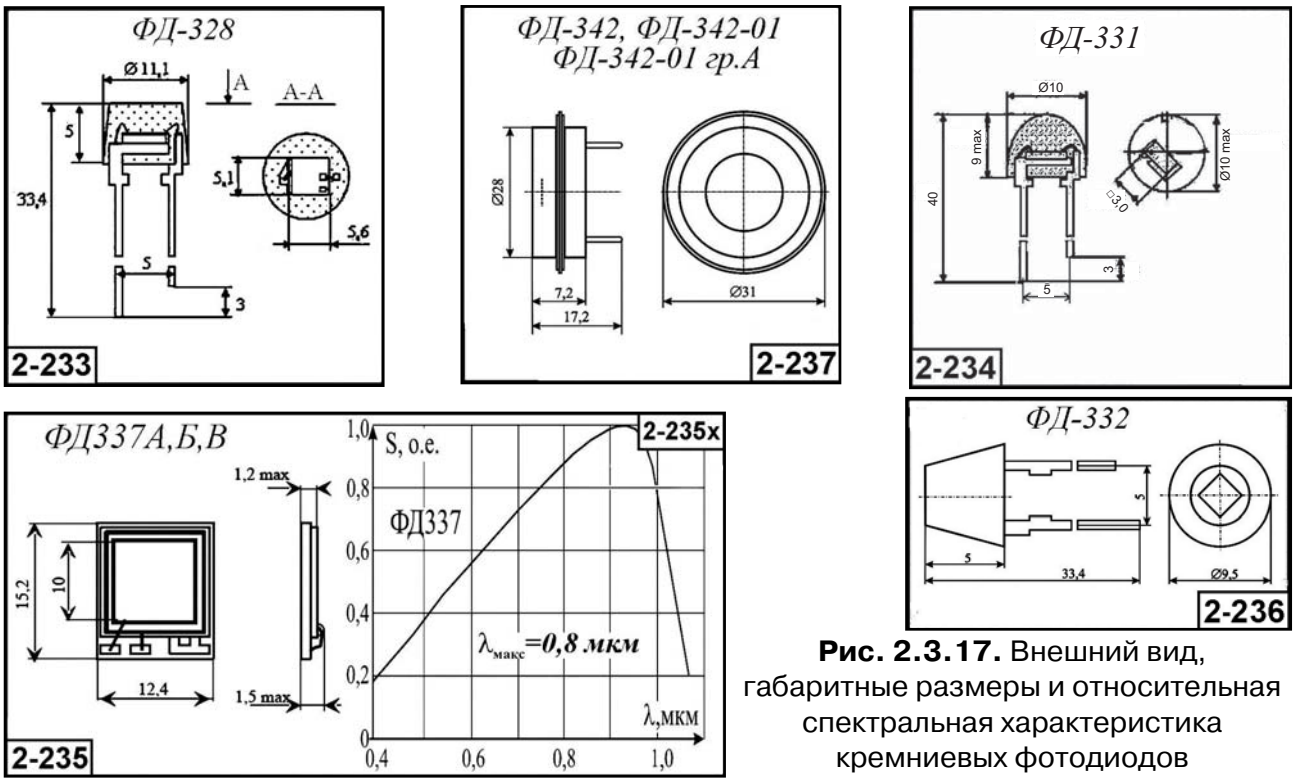


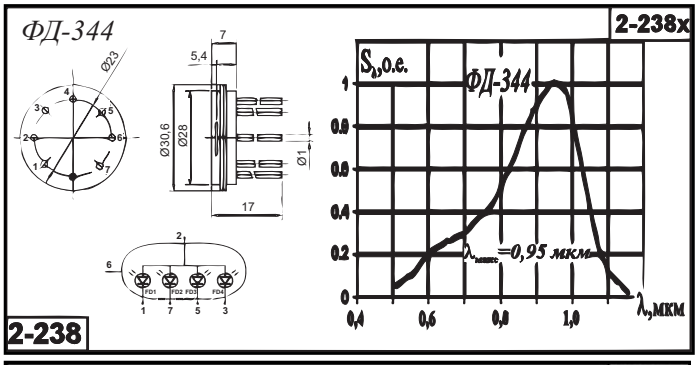
Рис. 2.3.17. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика кремниевых фотодиодов

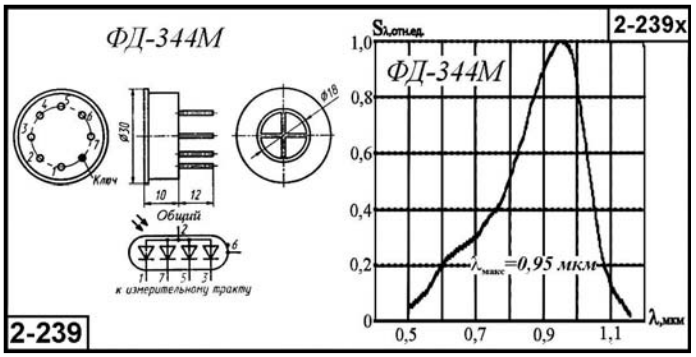
2.3.1.18. Кремниевые фотодиоды ФД-342-01, ФД-342-01(гр. А), ФД-344М, ФД-344, ФД-344-01, ФД-344-02, ФД-345А, ФД-345Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,66–0,95 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.18. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.18.

Таблица 2.3.18. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-342-01	∅ 13,4	90	0,4–1,1	0,8–0,95	75±5	7	(0,2 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	5 МГц		–60...+85	∅ 31 × 7,2	2-237
ФД-342-01 (гр.А)	∅ 13,4	90	0,4–1,1	0,8–0,95	75±5	7	(0,2 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	5 МГц	–	–60...+85	∅ 31 × 7,2	2-237
ФД-344М PIN	∅ 18 (4 эл.)	–	0,4–1,2	0,95 (1,06 раб)	200	2,5	(0,3 А/Вт при λ = 1,06 мкм, $t_и$ – 20 нс)	$U_ш$ – 50 мкВ	$5·10^{-8}$	–	–60...+85	∅ 30,6 × 7 [30]	2-239
ФД-344 PIN	∅ 14 (4 эл.)	–	0,4–1,2	0,95 (1,06 раб)	200	4,5	(0,3 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	–	–60...+85	∅ 30,6 × 7 [30]	2-238
ФД-344-01	∅14	–	0,4–1,2	0,95 (1,06 раб)	20	7	(0,35 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	–	–	–60...+85	∅ 30,6 × 7 [30]	2-238
ФД-344-02	∅14	–	0,4–1,2	0,95 (1,06 раб)	20	7	(0,45 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	–	–	–	–60...+85	∅ 30,6 × 7 [30]	2-238
ФД-345А	0,65 мм^2	–	0,62–0,7 (уровень 0,5)	0,66	10	0,2	(0,42 А/Вт при λ = 0,66 мкм)	–	$2·10^{-8}$	–	–60...+85	∅ 6 × 9 [1]	2-240
ФД-345Б	0,13 мм^2	–	0,62–0,7 (уровень 0,5)	0,66	10	0,2	(0,42 А/Вт при λ = 0,66 мкм)	–	$2·10^{-8}$	–	–60...+85	∅ 6 × 9 [1]	2-240





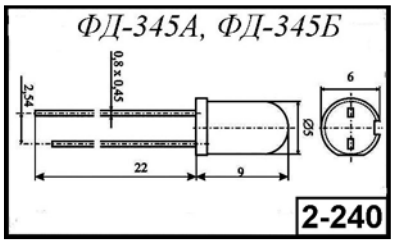


Рис. 2.3.18. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.19. Кремниевые фотодиоды ФД-349М, ФД-439, ФД-611, ФДК-КИ-2, ФДК-М [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,95 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.19. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.19.

Таблица 2.3.19. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{п1}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД-349М PIN	∅ 6 (4 эл.)	–	0,4–1,2	0,95	180	0,5	(0,25 А/Вт при λ = 1,06 мкм)	–	–	–	–60…+85	12,4 × 12,4 × 1 [1] б/к	2-241
ФД-439	1,35 × 2	–	0,4–1,1	0,8–0,92	3	0,01	7 (0,25 А/Вт при λ = 0,92 мкм)	–	–	–	–60…+85	б/к	–
ФД-611	7 мм^2	120	0,6–1,1	0,8–0,92	10	0,01	0,4 А/Вт	–	–	–	–60…+70	4 × 4,5 × 2,5 [0,5]	2-242А
ФДК-КИ-2	1 × 0,08 (2эл.) зазор 0,02	–	0,6–0,9	–	5	2	(0,4 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	–	–	–40…+55	∅ 9,1 × 6,5 [1,5]	2-242
ФДК-М	∅ 1,5	–	0,6–0,9	–	5	3	(0,4 А/Вт при λ = 0,63 мкм)	–	–	–	–40…+55	∅ 9,1 × 6,5 [1,5]	2-242

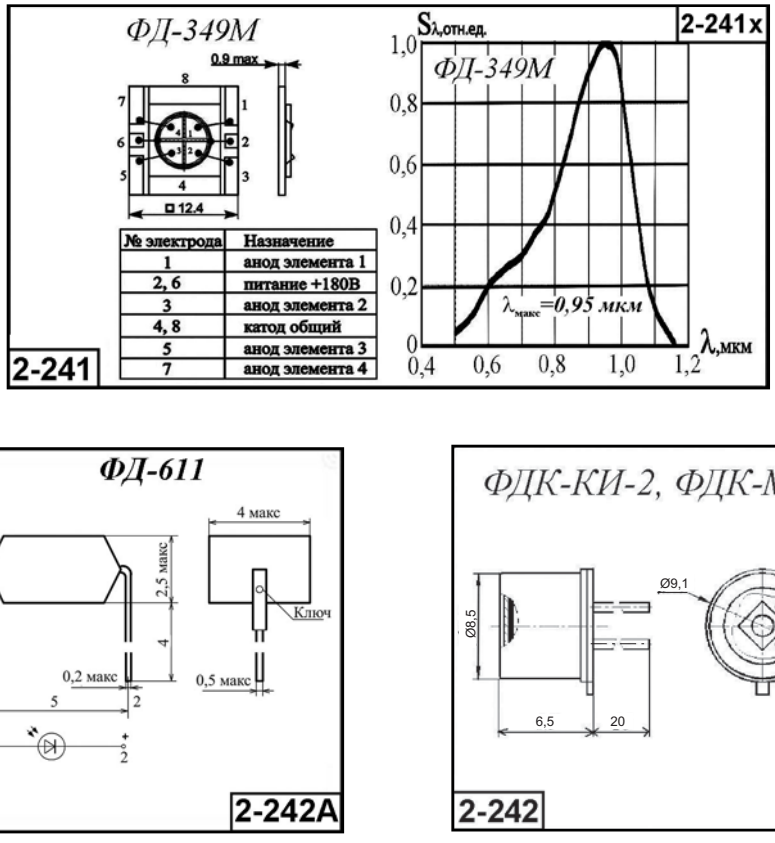


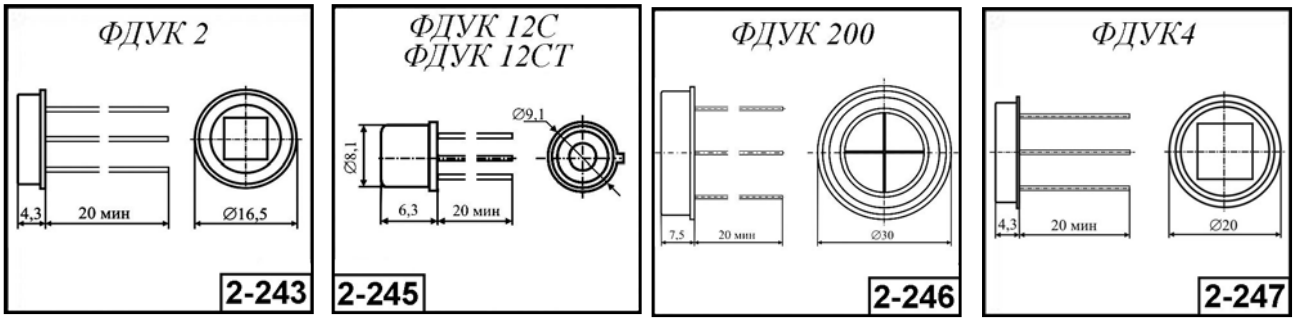
Рис. 2.3.19. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.20. Кремниевые фотодиоды ФДУК 2, ФДУК 4, ФДУК 11, ФДУК 11-1, ФДУК 11С, ФДУК 12С, ФДУК 12СТ, ФДУК 200 [$\Delta\lambda$ = 0,27–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,83–0,96 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.20. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.20.

Таблица 2.3.20. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФДУК 2	7 × 7	–	0,27–1,1	0,88	10	$2\cdot10^{-7}$	(0,4 А/Вт при λ = 0,88 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 16,5 × 4.3	2-243
ФДУК 4	10 × 10	–	0,27–1,1	0,9	10	$1\cdot10^{-7}$	(0,3 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 20 × 4.3	2-247
ФДУК 11	5 × 5	–	0,27–1,1	0,88	10	$5\cdot10^{-8}$	(0,4 А/Вт при λ = 0,88 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 12,5 × 4.3	2-244
ФДУК 11-1	5 × 5	–	0,32–1,1	0,88	10	$1,5\cdot10^{-7}$	(0,4 А/Вт при λ = 0,88 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 12,5 × 4.3	2-244
ФДУК 11С	5 × 5	–	0,27–1,1	0,9	10	$2\cdot10^{-7}$	(0,45 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 12,5 × 4.3	2-244
ФДУК 12С	∅ 3,5	–	0,27–1,1	0,9	10	$1\cdot10^{-8}$ (U = 10В)	(0,5 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 9,1 × 6.3	2-245
ФДУК 12СТ	∅ 3,5	–	0,27–1,1	0,96	10	$1\cdot10^{-8}$ (U = 10В)	(0,6 А/Вт при λ = 0,96 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 9,1 × 6.3	2-245
ФДУК 200	∅20 (4 эл.)	–	0,27–1,1	0,9	10	$1\cdot10^{-7}$	(0,3 А/Вт при λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-6}$	–	20±10	∅ 30 × 7.5	2-246



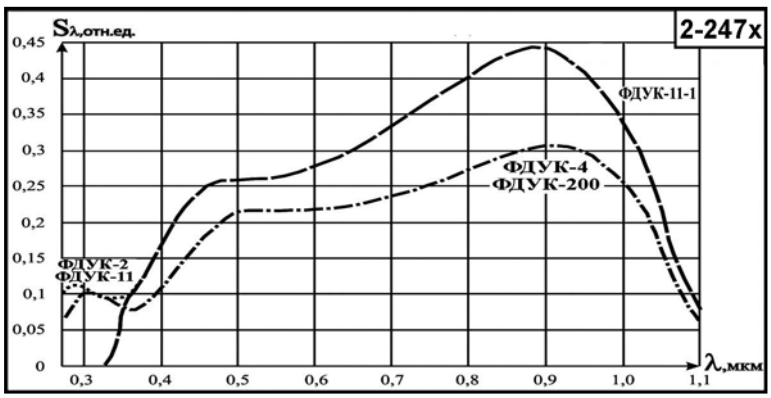


Рис. 2.3.20. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

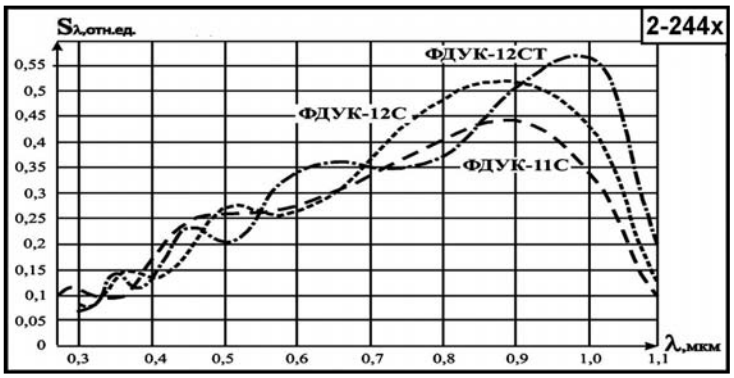


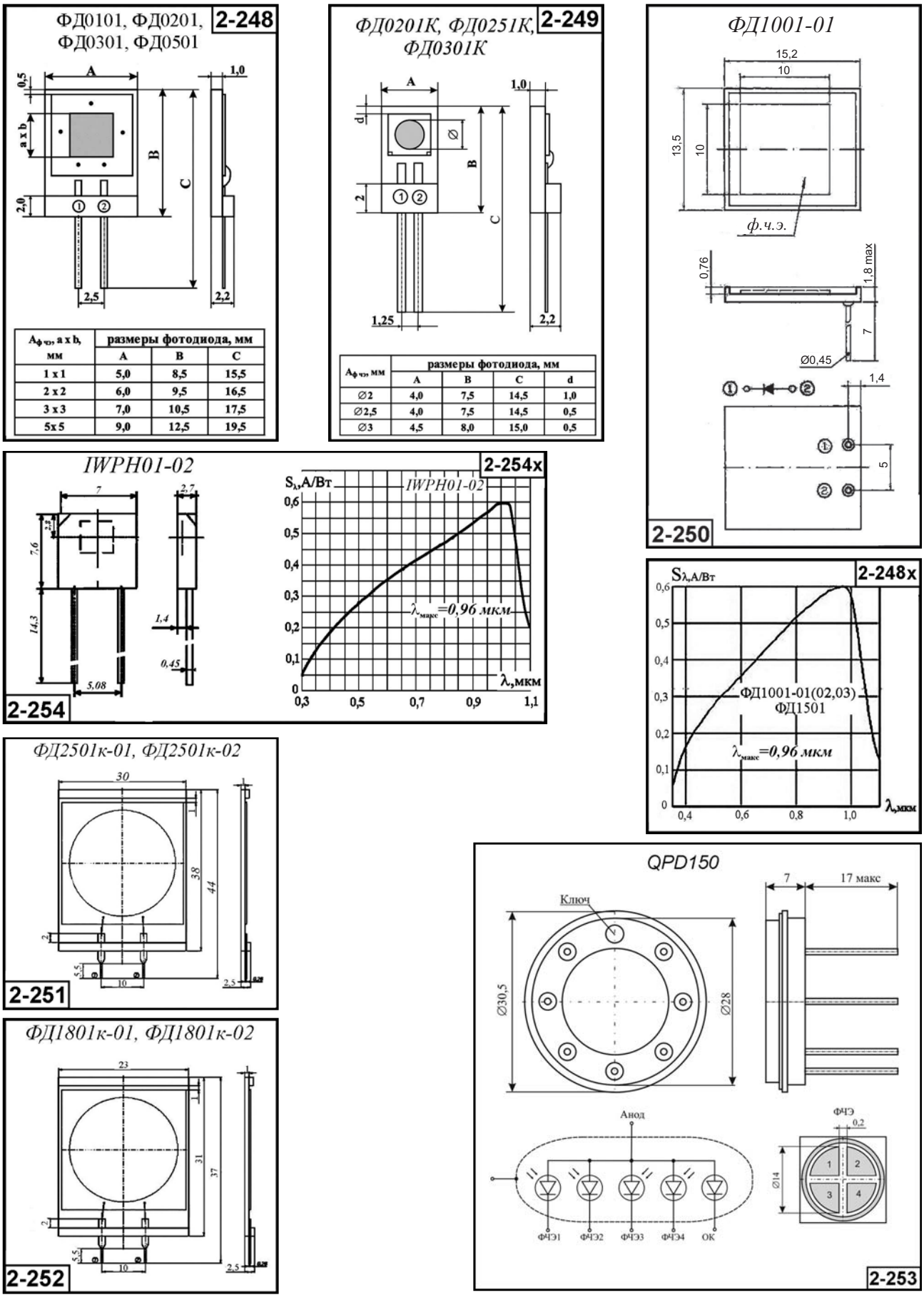
Рис. 2.3.20. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.21. Кремниевые фотодиоды ФД0101, ФД0201, ФД0201К, ФД0251К, ФД0301, ФД0301К, ФД0501, ФД1001-01, ФД1001к-01, ФД1801к-01, ФД2501к-01, QPD150, IWPH01-02 [$\Delta\lambda$ = 0,27–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,83–0,96 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.21. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.21.

Таблица 2.3.21. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$, мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{п}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	$K_{фс}$, %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
ФД0101	1×1	–	0,32–1,1	0,96	0,01–100	0,08 нА	(0,6 А/Вт при λ = 0,96)	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–50...+60	5×8,5×2,2 б/к	2-248
ФД0201	2×2	–	0,32–1,1	0,96	0,01–100	0,3 нА		–	$1\cdot10^{-7}$	–	–50...+60	6×9,5×2,2 б/к	2-248
ФД0201К	∅ 2	–	0,32–1,1	0,96	0,01–100	0,25 нА		–	$1\cdot10^{-7}$	–	–50...+60	4×7,5×2,2 б/к	2-249
ФД0251К	∅ 2,5	–	0,32–1,1	0,96	0,01–100	0,35 нА		–	$1\cdot10^{-7}$	–	–50...+60	4×7,5×2,2 б/к	2-249
ФД0301	3×3	–	0,32–1,1	0,96	0,01–100	0,7 нА	(0,6 А/Вт при λ = 0,96)	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–50...+60	7×10,5×2,2 б/к	2-248
ФД0301К	∅3	–	0,32–1,1	0,96	0,01–100	0,5 нА		–	$1\cdot10^{-7}$	–	–50...+60	4,5×8×2,2 б/к	2-249
ФД0501	5×5	–	0,32–1,1	0,96	40–60	1 нА	(0,6 А/Вт при λ = 0,96)	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–50...+60	9×12,5×2,2 б/к	2-248
ФД1001-01	10×10	–	0,32–1,1	0,96	40–60	4 нА	(0,6 А/Вт при λ = 0,96)	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–30...+60	13,5×15,5×1,8 б/к	2-250
ФД1001к-01	∅ 10	–	0,32–1,1	0,96	40–60	2,5 нА		–	$1\cdot10^{-7}$	–	–30...+60	13,5×15,5×1,8 б/к	2-250
ФД1801к-01	∅ 18	–	0,32–1,1	0,96	40–60	10 нА	(0,6 А/Вт при λ = 0,96)	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–30...+60	23×31×2,5 б/к	2-252
ФД2501к-01	∅ 25	–	0,32–1,1	0,96	40–60	20 нА	(0,6 А/Вт при λ = 0,96)	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–30...+60	30×38×2,5 б/к	2-251
QPD150 PIN	∅ 14 (16 эл.)	100	0,6–1,1	1,06 раб.	120	7 и 500 (ОК)	(0,2 А/Вт при λ = 1,06)	–	$1\cdot10^{-4}$	–	–60...+85	∅ 30,5×7 [21]	2-253
IWPH01-02	2,8×2,8	–	0,32–1,1	0,96	12–35	10 нА	(0,57 А/Вт при λ = 0,96, 0,38 А/Вт при λ = 0,66)	$\Phi_{п} = 1\cdot10^{-14}$ Вт·Гц$^{-1/2}$	–	–	–25...+85	7×7,6×2,7	2-254



$A_{ф.ч.э.}$, a x b, мм	размеры фотодиода, мм		
	A	B	C
1 x 1	5,0	8,5	15,5
2 x 2	6,0	9,5	16,5
3 x 3	7,0	10,5	17,5
5x 5	9,0	12,5	19,5

$A_{ф.ч.э.}$, мм	размеры фотодиода, мм			
	A	B	C	d
Ø2	4,0	7,5	14,5	1,0
Ø2,5	4,0	7,5	14,5	0,5
Ø3	4,5	8,0	15,0	0,5

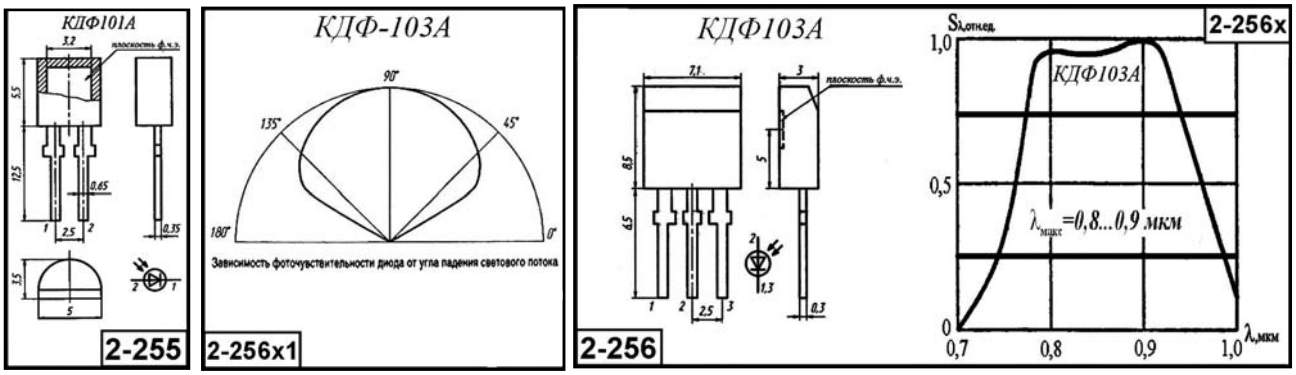
Рис. 2.3.21. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов

2.3.1.22. Кремниевые фотодиоды КДФ101А, КДФ103А, КДФ105А, КДФ110А, КДФ111А, КДФ111Б, КДФ111А1, КДФ111Б1, КДФ111В, КДФ111Б1, КДФ111В [$\Delta\lambda$ = 0,22–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,81–0,9 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.22. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.22.

Таблица 2.3.22. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_ф$, мкА], не менее				τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм				
КДФ101А	3,2 × 4	–	0,7–1,1	10	0,03	[$I_ф$ = 20 мкА при E = 0,5 мВт/см², λ = 0,87 мкм]				$3{,}5\cdot10^{-7}$	–60…+70	5,5 × 5 × 3,5 [0,25]	2-255
КДФ103А	10,24 мм²	90	0,7–1,1 [0,9]	10	0,01	(0,25 А/Вт λ = 0,9 мкм)				$1\cdot10^{-8}$	–45…+85	8,5 × 7,1 × 3 [0,5]	2-256
КДФ105А	33 мм²	–	0,22–1,06 [0,81]	0	–	(0,32 А/Вт λ = 0,8 мкм, 0,065 А/Вт λ = 0,254 мкм)				$1\cdot10^{-7}$	–60…+50	∅ 16,5 × 4,5 [3,5]	2-257
КДФ110А	–	–	0,4–1,1 [0,85]	5	0,1	(0,5 А/Вт λ = 0,93 мкм, 0,3 А/Вт λ = 0,66 мкм) [$I_ф$ = 35 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]				$2{,}5\cdot10^{-7}$	–10…+55	6,3 × 5,3 × 2,4 [0,13]	2-258
КДФ111А	3 × 3	60	0,76–0,96 [0,85]	2,5 –5	0,1	[$I_ф$ = 5 мкА при E = 100 мВт/см², λ = 0,85 мкм]				$1\cdot10^{-8}$	–25…+55	∅ 6,6 × 7,1 или ∅ 4 × 6[0,5]	2-259
КДФ111Б	3 × 3	60	0,76–0,96 [0,85]	2,5 –5	0,1	[$I_ф$ = 7 мкА при E = 100 мВт/см², λ = 0,85 мкм]				$1\cdot10^{-8}$	–60…+85	∅ 6,6 × 7,1 или ∅ 4 × 6[0,5]	2-259
КДФ111А1	3 × 3	80	[0,85]	5	0,1	(0,3 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$1\cdot10^{-8}$	–25…+55	∅ 6,6 × 7,1 [0,5]	2-259
КДФ111Б1			[0,85]	5	0,1	(0,5 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$1\cdot10^{-8}$	–25…+55	∅ 6,6 × 7,1 [0,5]	2-259
КДФ111В	3 × 3	60	0,76–0,96 [0,85]	2,5 –5	0,1	[$I_ф$ = 9 мкА при E = 100 мВт/см², λ = 0,85 мкм]				$1\cdot10^{-8}$	–60…+85	∅ 6,6 × 7,1 или ∅ 4 × 6[0,5]	2-259



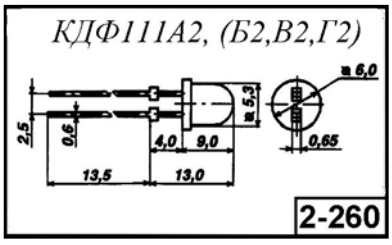
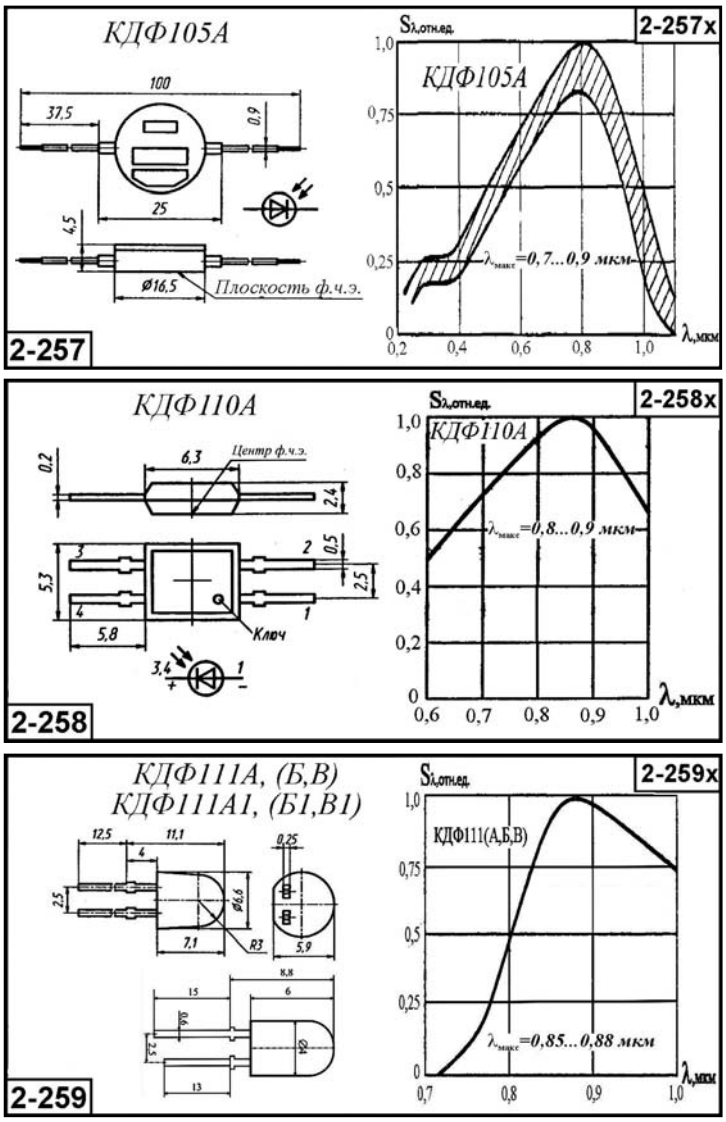
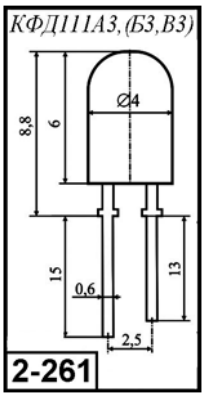


Рис. 2.3.22. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов





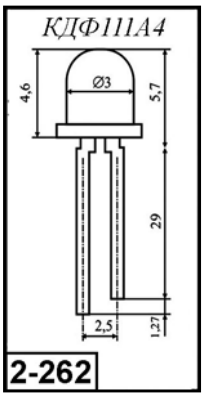


Рис. 2.3.22. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.23. Кремниевые фотодиоды КДФ111А2, КДФ111Б2, КДФ111В2, КДФ111Г2, КДФ111А3, КДФ111Б3, КДФ111В3, КДФ111А4, КДФ111А5, КДФ112А [Δλ = 0,42–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.23. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.23.

Таблица 2.3.23. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda_т$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_Ф$, мкА], не менее				τ, с, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм				
КДФ111А2	–	–	[0,85]	5	1	(0,3 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 6 × 9	2-260
КДФ111Б2	–	–	[0,85]	5	1	(0,5 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 6 × 9	2-260
КДФ111В2	–	–	[0,85]	5	1	(0,3 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 6 × 9	2-260
КДФ111Г2	–	–	[0,85]	5	1	(0,6 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 6 × 9	2-260

Таблица 2.3.23. (окончание)

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_Ф$, мкА], не менее				τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм				
КДФ111А3	–	–	[0,85]	5	1	(0,3 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 4 × 6	2-261
КДФ111Б3	–	–	[0,85]	5	1	(0,5 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 4 × 6	2-261
КДФ111В3	–	–	[0,85]	5	1	(0,6 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 4 × 6	2-261
КДФ111А4	–	–	[0,85]	5	1	(0,1 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	∅ 3 × 4,6	2-262
КДФ111А5	–	–	[0,85]	5	0,1	(0,1 А/Вт при E = 0,1 мВт/см², λ = 0,85 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	4,5 × 4,8 × 2,6	2-264
КДФ112А	3 × 3	90	0,42–0,75	2,5	0,01	(0,05А/Вт λ = 0,47 мкм, 0,15А/Вт λ = 0,555 мкм, 0,2А/Вт λ = 0,68 мкм)				$5\cdot10^{-7}$	–20...+55	8,5 × 7,1 × 3 [0,5]	2-263

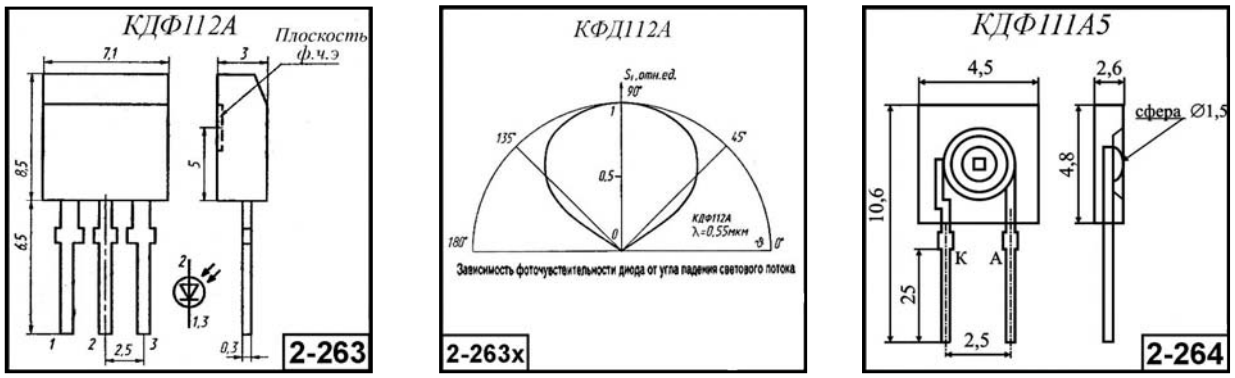


Рис. 2.3.23. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

2.3.1.24. Кремниевые фотодиоды КДФ113А1-2, КДФ113А1-3, КДФ113А2-2, КДФ113А2-3, КДФ113А3-2, КДФ113А3-3, КДФ113А4-2, КДФ113А4-3, КДФ113А5-2 [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,87 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.24. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.24.

Таблица 2.3.24. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_Ф$, мкА], не менее				$D^*_{\lambda max}$, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}$-см, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
КДФ113А1-2	0,5 мм² эфф.	100	0,4–1 [0,87]	10 (15)	0,001	0,18	0,2	0,3	0,52	$2{,}2\cdot10^{13}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 4,7	2-265
КДФ113А1-3	0,5 мм² эфф.	100	0,4–1 [0,87]	10 (15)	0,001	0,18	0,2	0,3	0,52	$2{,}2\cdot10^{13}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 4,7	2-267
КДФ113А2-2	2,75 мм² эфф.	65	0,4–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	0,18	0,2	0,3	0,52	$5\cdot10^{13}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 6,2 × 5,5	2-266
КДФ113А2-3	2,75 мм² эфф.	65	0,4–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	0,18	0,2	0,3	0,52	$5\cdot10^{13}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 6,2 × 5,5	2-268
КДФ113А3-2	2,75 мм² эфф.	65	0,7–1 [0,87]	10 (15)	0,001	–	–	–	0,5	$5\cdot10^{13}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 6,2 × 5,5	2-269

Таблица 2.3.24. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_Ф$, мкА], не менее				$D^*_{\lambda max}$, $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$, не менее	τ, с, не более	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
КДФ113А3-3	2,75 мм² эфф.	65	0,7–1 [0,87]	10 (15)	0,001	–	–	–	0,5	$5·10^{13}$	$1,1·10^{-8}$	–60...+85	∅ 6,2 × 5,5	2-270
КДФ113А4-2	0,5 мм² эфф.	100	0,7–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	–	–	–	0,5	$2·10^{13}$	$1,1·10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 4,7	2-271
КДФ113А4-3	0,5 мм² эфф.	100	0,7–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	–	–	–	0,5	$2·10^{13}$	$1,1·10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 4,7	2-272
КДФ113А5–2	3,25 мм² эфф.	25	0,4–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	0,18	0,2	0,3	0,52	$5,2·10^{13}$	$1,1·10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 6,7	2-273
КДФ113А5-3	3,25 мм² эфф.	25	0,4–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	0,18	0,2	0,3	0,52	$5,2·10^{13}$	$1,1·10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 6,7	2-274

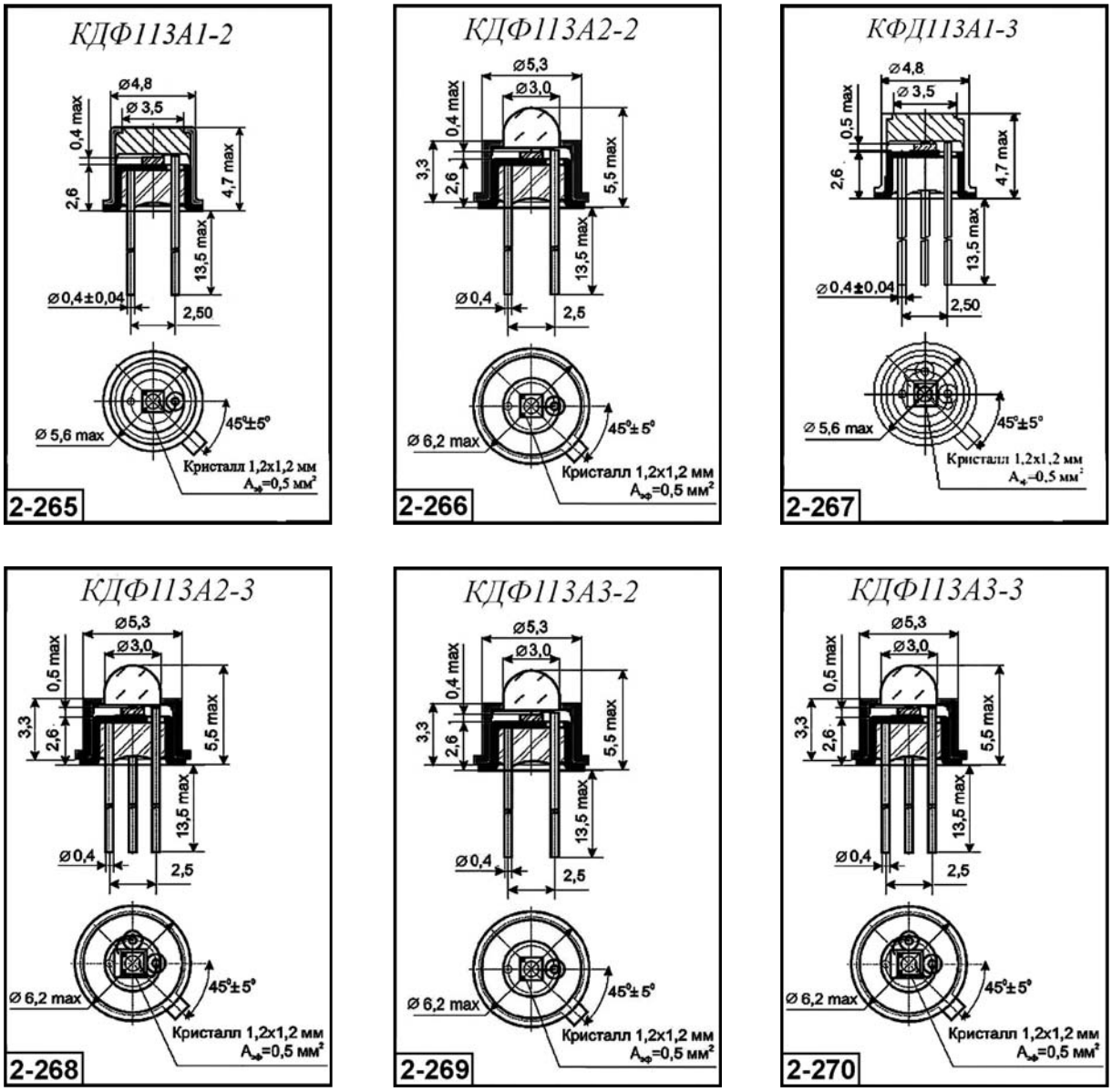


Рис. 2.3.24. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

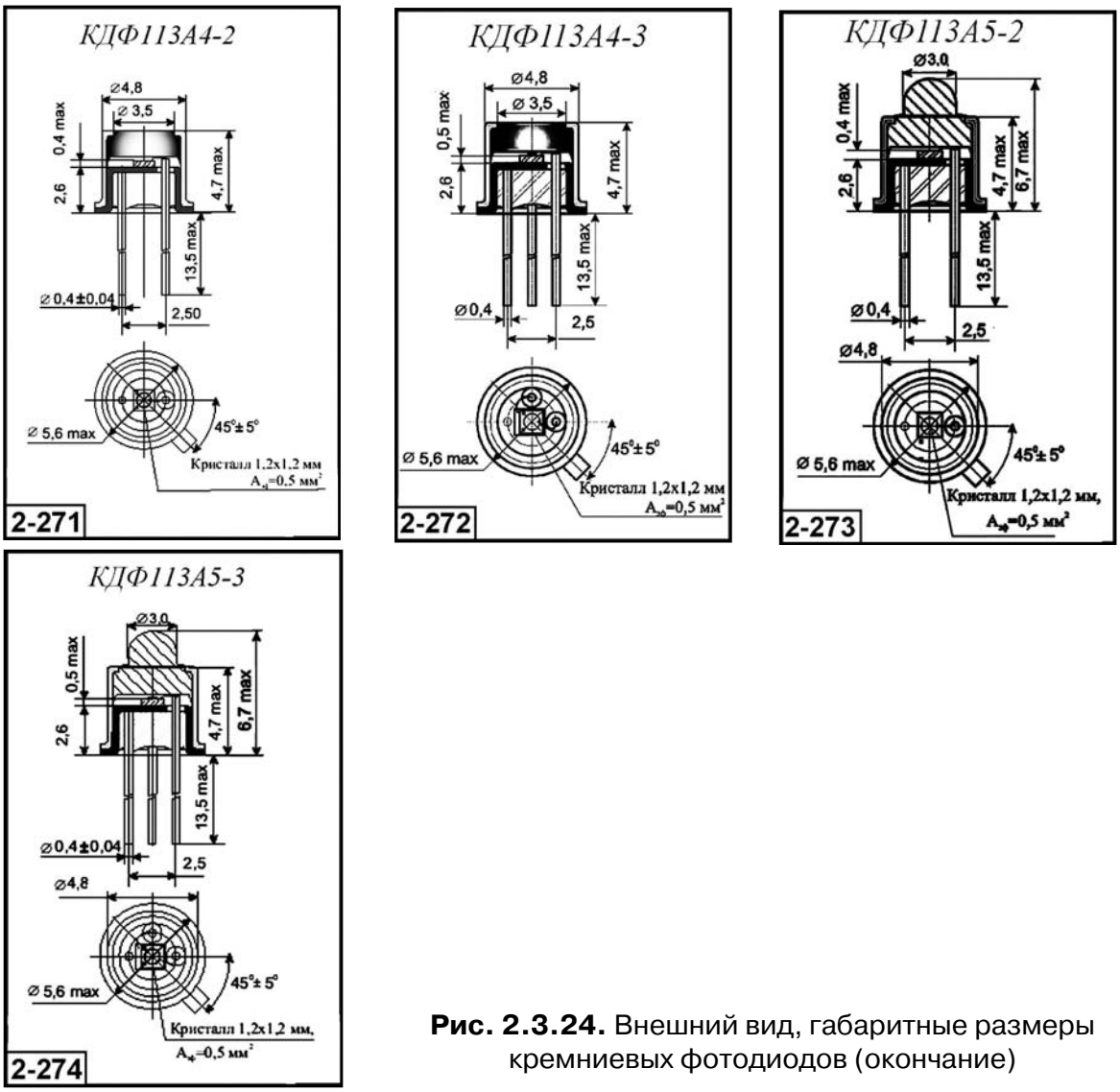


Рис. 2.3.24. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.25. Кремниевые фотодиоды КДФ113А5-3, КДФ113А6-3, КДФ113А7-2, КДФ113А8-2, КДФ115-А, КДФ115А, КДФ115А1, КДФ115-А3, КДФ115-А5, КДФ115А5, КДФ115Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,87 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.25. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.25.

Таблица 2.3.25. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda_{0,5}$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_{р}$, В	$I_{т}$, мкА, не более	S_{λ}, В/Вт [$I_{Ф}$, мкА], не менее				$D^{*}_{\lambda макс}$, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}\cdot см$, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
КДФ113А6-3	3,0 мм² эфф.	25	0,7–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	–	–	–	0,5	$5\cdot10^{13}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 6,7	2-276
КДФ113А7-2	3,25 мм² эфф.	35	0,4–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	0,18	0,2	0,3	0,52	$3\cdot10^{13}$	$1{,}2\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 4,7	2-277
КДФ113А8-2	3,25 мм² эфф.	35	0,7–1,1 [0,87]	10 (15)	0,001	–	–	–	0,5	$2\cdot10^{13}$	$1{,}2\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 5,6 × 4,7	2-278

Таблица 2.3.25. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda_{0,5}$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_ф$, мкА], не менее				$D^*_{\lambda max}$, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}\cdot см$, не менее	τ, с, не более	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
КДФ115-А	∅ 3 линза	10	0,55–1 [0,85]	5	0,01	0,03 (0,03 мА/лк)				–	$5\cdot10^{-7}$	–60…+70	∅ 3,5 × 5,3 черный [0,24]	2-279
КДФ115А	∅ 5 линза	10	0,55–1 [0,85]	5	0,01	0,03 (0,03 мА/лк)				–	$5\cdot10^{-7}$	–60…+70	∅ 6 × 9 черный [0,4]	2-281
КДФ115А1	∅ 3 линза	–	0,55–1 [0,85]	5	1	(0,03 мА/лк)				–	$5\cdot10^{-7}$	–60…+70	∅ 3,1 × 4,5 [0,3]	2-282
КДФ115-А3	–	125	0,7–1 [0,85]	5	0,1	0,03 (0,03 мА/лк)				–	$5\cdot10^{-7}$	–60…+70	8 × 5 × 2,5 черный [0,4]	2-283
КДФ115-А5	–	85	0,7–1 [0,85]	5	0,1	0,03 (0,09 мА/лк)				–	$5\cdot10^{-7}$	–60…+70	8 × 5 × 2,5 черный [0,4]	2-284
КДФ118А	–	120	0,71–1,12 [0,94]	10	0,1	[$I_ф$ > 100 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]				–	$1\cdot10^{-7}$	–60…+55	12 × 9 × 4,5 [0,8]	2-293
КДФ118Б	–	120	0,71–1,12 [0,87–0,96]	10	0,1	[$I_ф$ > 120 мкА при E = 1 мВт/см², λ = 0,87 мкм]				–	$3\cdot10^{-7}$	–60…+55	12 × 9 × 4,5 [0,8]	2-293

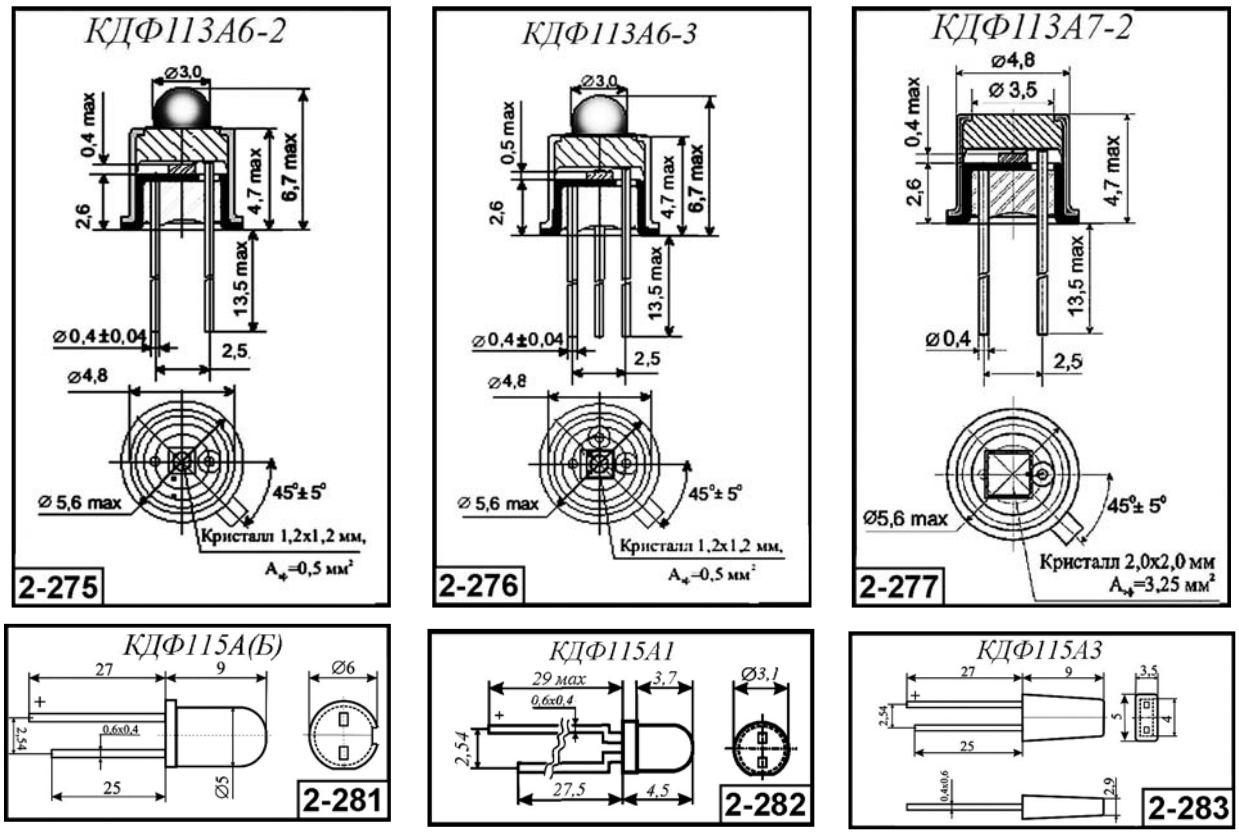
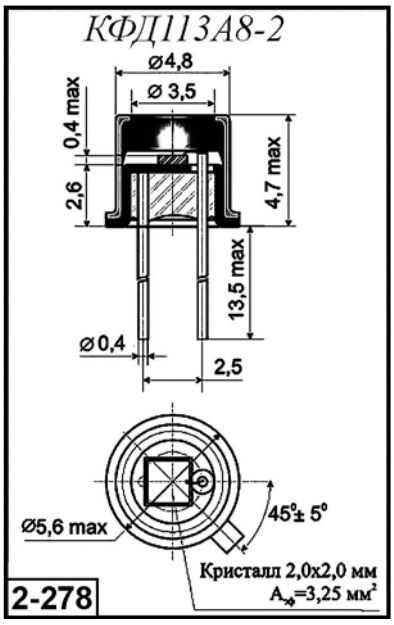
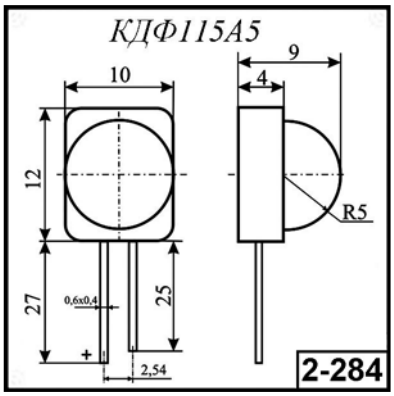
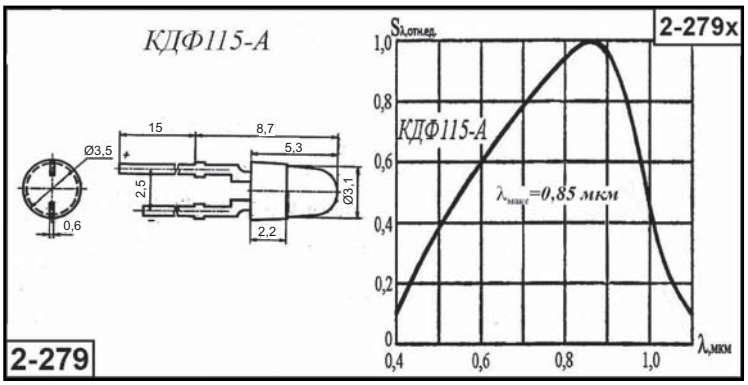


Рис. 2.3.25. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов







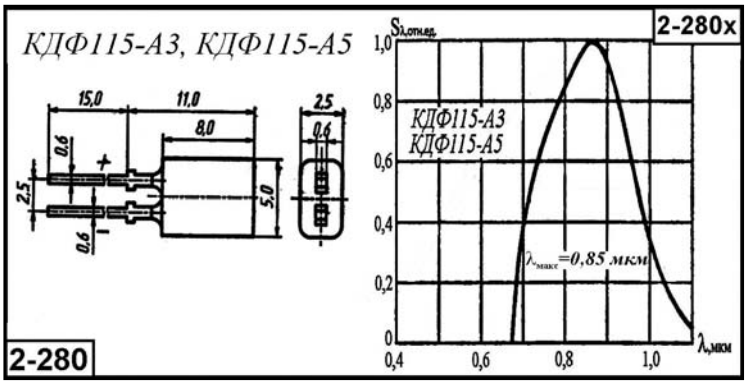


Рис. 2.3.25. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.26. Кремниевые фотодиоды КДФ117А1, КДФ117А1-2, КДФ117А1-3, КДФ117А2, КДФ117А2-2, КДФ117А2-3, КДФ117А3, КДФ117А3-2, КДФ117А3-3, КДФ117А4, КДФ117А4-2, КДФ117А5, КДФ117А5-2, КДФ118А, КДФ118Б [$\Delta\lambda$ = 0,32–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,94 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.26. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.26а, 2.3.26б.

Таблица 2.3.26. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фэ}$, мм²	2β, град., не менее	$\Delta\lambda_{0,5}$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_ф$, мкА], не менее				$D^*_{\lambda,max}$, Вт⁻¹·Гц$^{1/2}$·см, не менее	τ, с, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
КДФ115А5	R5 линза	85	0,7–1 [0,85]	5	0,1	0,03 (0,09 мА/лк)				–	$5\cdot10^{-7}$	–60...+70	10 × 12 × 9 черный [0,4]	2-284
КДФ115Б	∅ 5 линза		0,55–1 [0,85]	5	1	(0,06 мА/лк)				–	$5\cdot10^{-7}$	–60...+70	∅ 6 × 9 черный [0,4]	2-281
КДФ117А1 КДФ117А1-2	10 (эфф.)	90	0,3–1,1 [0,89]	15	0,03	0,17	0,4	0,48	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}2\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 9,2 × 4,3	2–285
КДФ117А1-3	10 (эфф.)	90	0,3–1,1 [0,89]	15	0,03	0,17	0,4	0,48	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}2\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 9,2 × 4,3	2–286

Таблица 2.3.26. (окончание)

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм²	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_ф$, мкА], не менее				$D^*_{\lambda max}$, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см, не менее	τ, с, не более	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
КДФ117А2 КДФ117А2-2	10 (эфф.)	90	0,32–1,1 [0,89]	10	0,03	0,12	0,38	0,48	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 9,2 × 4,5	2–287
КДФ117А2-3	10 (эфф.)	90	0,32–1,1 [0,89]	15	0,03	0,12	0,38	0,48	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 9,2 × 4,5	2–288
КДФ117А3 КДФ117А3-2	10 (эфф.)	90	0,7–1,1 [0,89]	10	0,03	–	–	0,4	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 9,2 × 4,5	2–289
КДФ117А3-3	10 (эфф.)	90	0,7–1,1 [0,89]	15	0,03	–	–	0,4	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 9,2 × 4,5	2–290
КДФ117А4 КДФ117А4-2	40 (эфф.)	85	0,32–1,1 [0,89]	10	0,03	0,17	0,4	–	–	$2{,}6\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–20...+85	∅ 11,5 × 8,5	2–291
КДФ117А5 КДФ117А5-2	40 (эфф.)	85	0,7–1,1 [0,89]	15	0,03	–	–	0,4	0,5	$2{,}6\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–20...+85	∅ 11,5 × 8,5	2–292

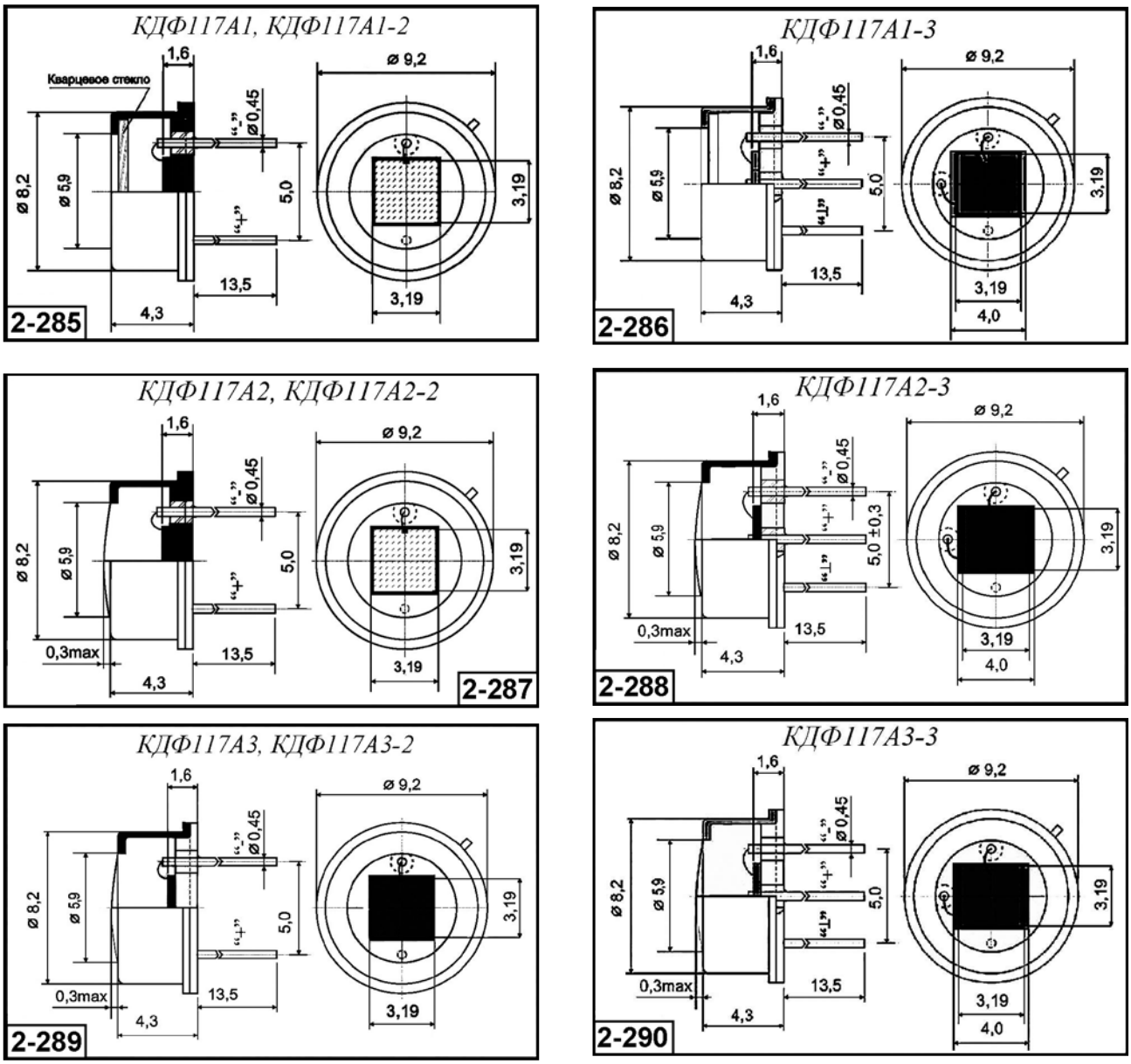


Рис. 2.3.26а. Внешний вид и габаритные размеры кремниевых фотодиодов

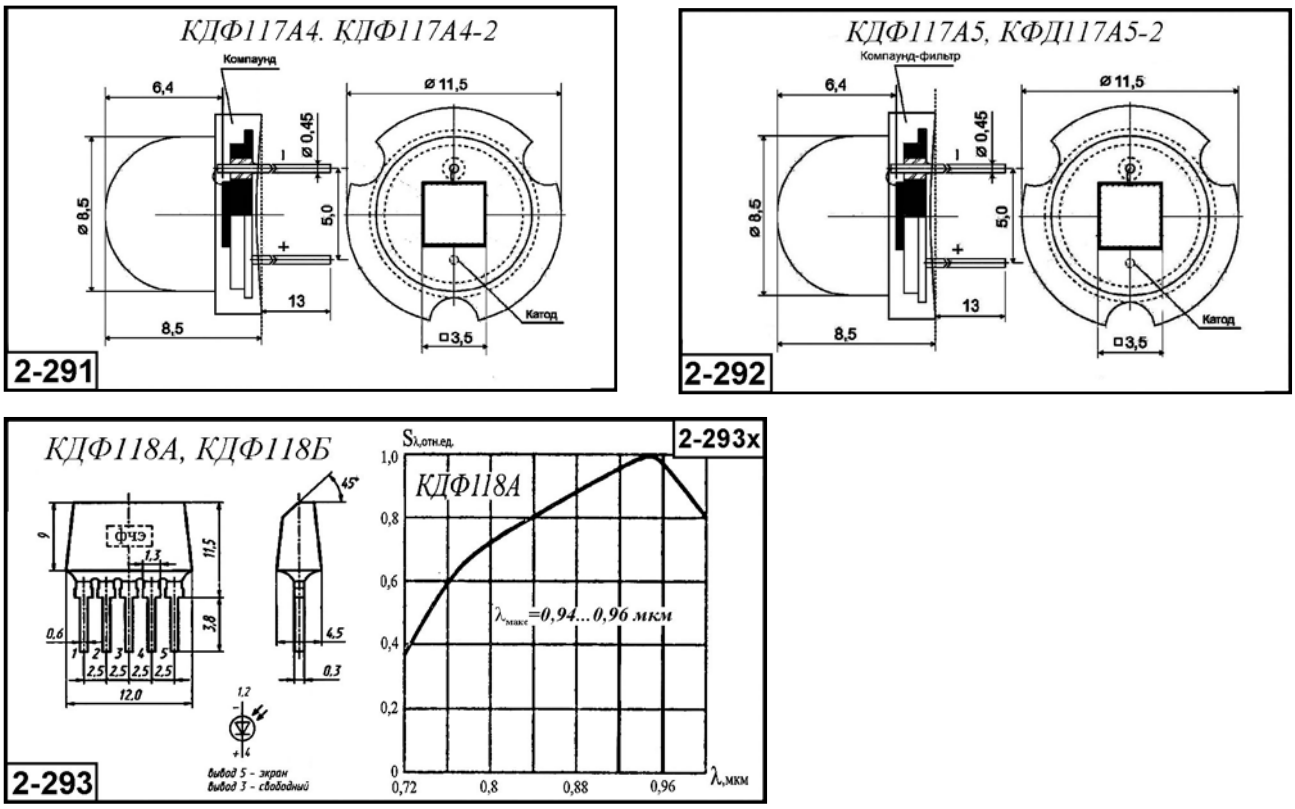


Рис. 2.3.26б. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика кремниевых фотодиодов

2.3.1.27. Кремниевые фотодиоды КДФ-6×6-ТО8-1, КДФ-6×6-ТО8-2, КДФ-6×6-ТО8-3, КДФ-6×6-ТО8-4, КДФ-6×6-ТО8-5, КДФ-12×12-ТОХ-2, КДФ-6×6-ТО8-5, КДФ-12×12-ТОХ-2 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,89 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.27. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.27.

Таблица 2.3.27. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм²	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, [$\lambda_{макс}$], мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_ф$, мкА], не менее				$D^*_{\lambda max}$, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
						λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
КДФ-6×6-ТО8-1	30	90	0,3–1,1 [0,89]	15	0,05	0,17	0,4	0,48	0,5	$4\cdot10^{13}$	$1{,}8\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 12,75 × 7,3	2-294
КДФ-6×6-ТО8-2	30	110	0,32–1,1 [0,89]	15	0,05	0,12	0,38	0,48	0,5	$3\cdot10^{13}$	$1{,}8\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 12,75 × 3,2	2-295
КДФ-6×6-ТО8-3	30	110	0,7–1,1 [0,89]	15	0,05	–	–	0,4	0,5	$2\cdot10^{13}$	$1{,}8\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 12,75 × 3,1	2-296
КДФ-6×6-ТО8-4	30	40	0,32–1,1 [0,89]	15	0,05	0,17	0,4	0,48	0,5	$5\cdot10^{13}$	$1{,}8\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 19 × 13,5	2-297
КДФ-6×6-ТО8-5	30	40	0,7–1,1 [0,89]	15	0,05	–	–	0,4	0,5	$4\cdot10^{13}$	$1{,}8\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 19 × 13,5	2-298
КДФ-12×12-ТОХ-2	110	90	0,32–1,1 [0,89]	15	0,02	0,17	0,4	0,48	0,5	$5\cdot10^{13}$	$1{,}8\cdot10^{-8}$	–60...+85	∅ 20 × 6,5	2-299

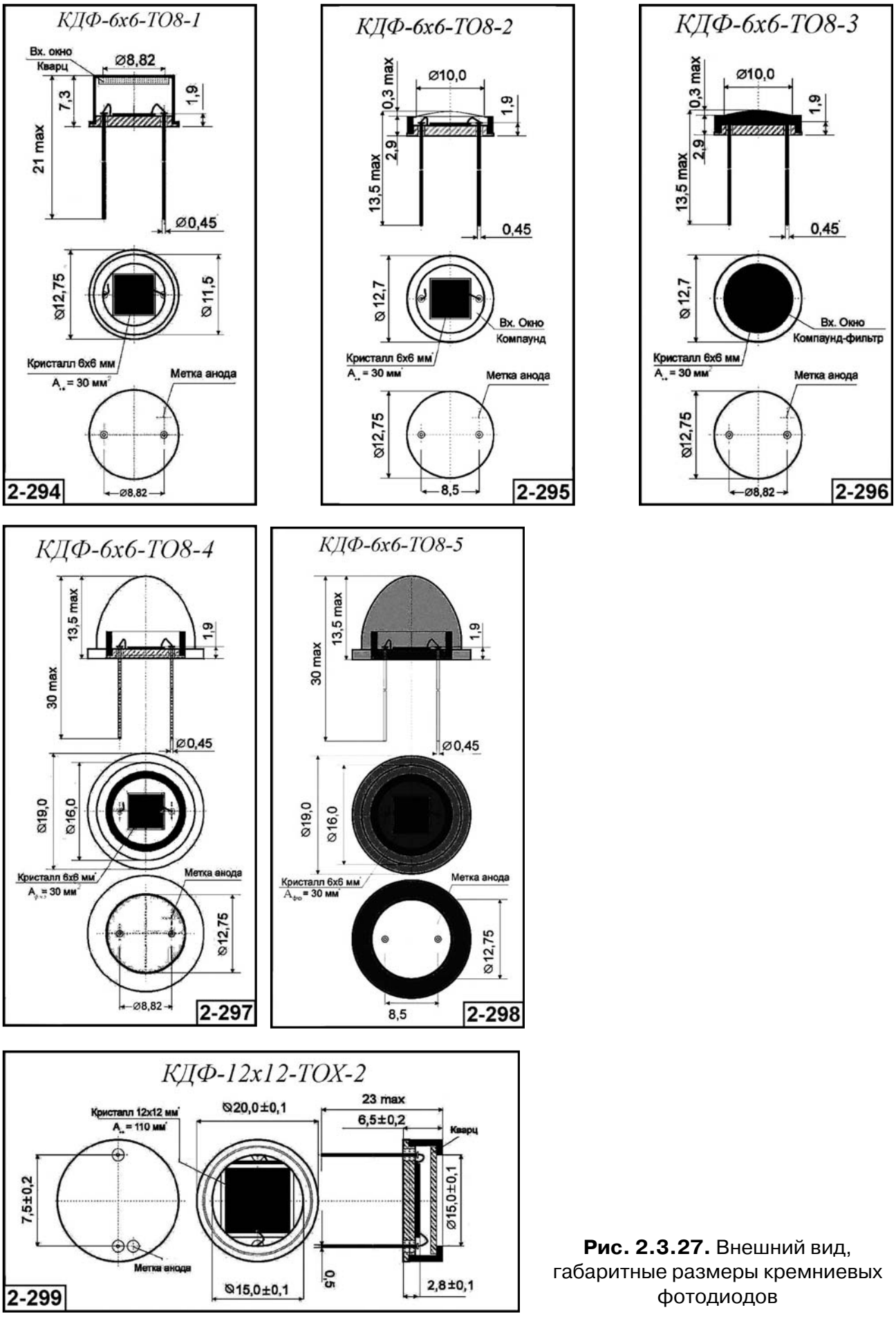


Рис. 2.3.27. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

2.3.1.28. Кремниевые фотодиоды СФД1-3535-02, СФД1-3535-03, СФД1-3535-04, СФД1-3535-05, СФД1-3535-06 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,89 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.28. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.28.

Таблица 2.3.28. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	2β, град., не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, В/Вт [$I_Ф$, мкА], не менее				$D^*_{\lambda max}$, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}\cdot см$, не менее	τ, с, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	№ рис.
							λ = 0,365 мкм	λ = 0,66 мкм	λ = 0,78 мкм	λ = 0,83 мкм					
СФД1-3535-02	3,19×3,19	120	0,7–1,1	0,89	10	0,03	–	–	0,48	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–20...+85	5×10×1.4	2-300
СФД1-3535-03	3,19×3,19	120	0,35–1,1	0,89	15	0,03	0,12	0,38	0,48	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–20...+85	6×8×1.5	2-301
СФД1-3535-04	3,19×3,19	120	0,7–1,1	0,89	15	0,03	–	–	0,4	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–20...+85	6×8×1.5	2-302
СФД1-3535-05	3,19×3,19	110	0,35–1,1	0,89	15	0,03	0,12	0,38	0,48	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–20...+85	6×8×4	2-303
СФД1-3535-06	3,19×3,19	110	0,7–1,1	0,89	15	0,03	–	–	0,4	0,5	$1{,}3\cdot10^{13}$	$1{,}3\cdot10^{-8}$	–20...+85	6×8×4	2-304

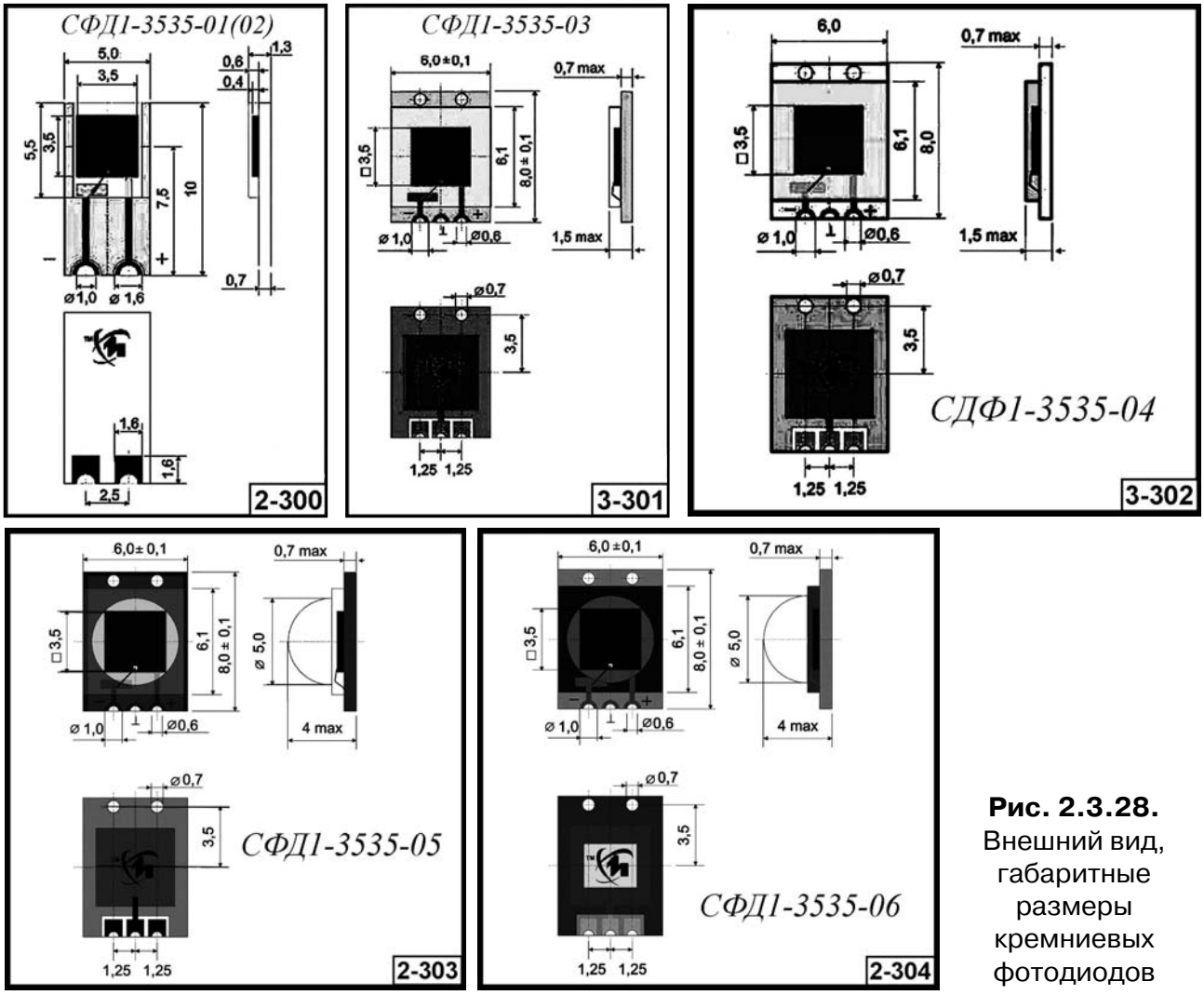


Рис. 2.3.28. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

2.3.1.29. Кремниевые фотодиоды КДФМ2-02, КДФМ4-02, КДФМ4-03, СДФ4-01, СДФ4-02, СДФ4-03, СДФ4-04 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,89 мкм]

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.29. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.29.

Таблица 2.3.29. Основные параметры кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра						
	КДФМ2-02	КДФМ4-02	КДФМ4-03	СДФ4-01	СДФ4-02	СДФ4-03	СДФ4-04
Размер фоточувствительного элемента, мм	1,2 × 3	1,7 × 1,7	1,7 × 1,7	1,7 × 1,7	1,7 × 1,7	1,8 × 1,8	1,8 × 1,8
Рабочий спектральный диапазон, $\Delta\lambda$, мкм	0,4–1,1	0,4–1,1	0,4–1,1	0,4–1,1	0,7–1,1	0,4–1,1	0,4–1,1
Максимум спектральной характеристики, $\lambda_{макс}$, мкм	–	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Плоский угол зрения, град	–	120	90	90	120	120	120
Площадь фоточувствительного элемента, мм^2	3,5	2,75	2,75	2,75	2,75	3,2	3,2
Число элементов	2	4	4	4	4	4	4
Межэлементный зазор, мм	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
Размер чипа, мм	2,8 × 3,2	3,8 × 3,8	3,8 × 3,8	3,8 × 3,8	3,8 × 3,8	2,0 × 2,0	2,0 × 2,0
Рабочее напряжение питания, В	5–10	5–10	5–10	5–10	5–10	5–10	5–10
Фототок при U = 5В, E = 0,5 мВт/см^2, мкА	9–12	7–9	7–9	7–10	4,5 –7	7 –8	7–9
Разброс значений фототока, %	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Монохроматическая чувствительность, А/Вт:							
–при λ = 365 нм	–	0,12	0,12	0,12	–	0,12	–
–при λ = 660 нм	–	0,38	0,38	0,38	–	0,38	–
–при λ = 780 нм	–	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,4
–при λ = 830 нм	–	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Темновой ток, при $U_п$ = 10 В типичный (макс), нА	1 (< 10)	1 (< 10)	1 (< 10)	1 (< 10)	1 (< 10)	1 (< 10)	1 (< 10)
Емкость элемента, при F = 1 МГц, $U_п$ = 0, пф	< 55	< 55	< 45	< 45	< 45	< 55	< 55
Время нарастания (спада) при $U_п$ = 15В, $R_н$ = 50 Ом, нс	–	25	25	25	25	25	12 (12,5)
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 9,2 × 4,3	7,4 × 7,8 × 2	∅ 9,2 × 4,3	6 × 8 × 1,4	6 × 8 × 1,4	6 × 8 × 1,4	6 × 8 × 1,4
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+85	–20...+100	–60...+85	–20...+85	–20...+85	–20...+85	–20...+85
№ рисунка	2-305	2-306	2-307	2-308	2-309	2-310	2-311

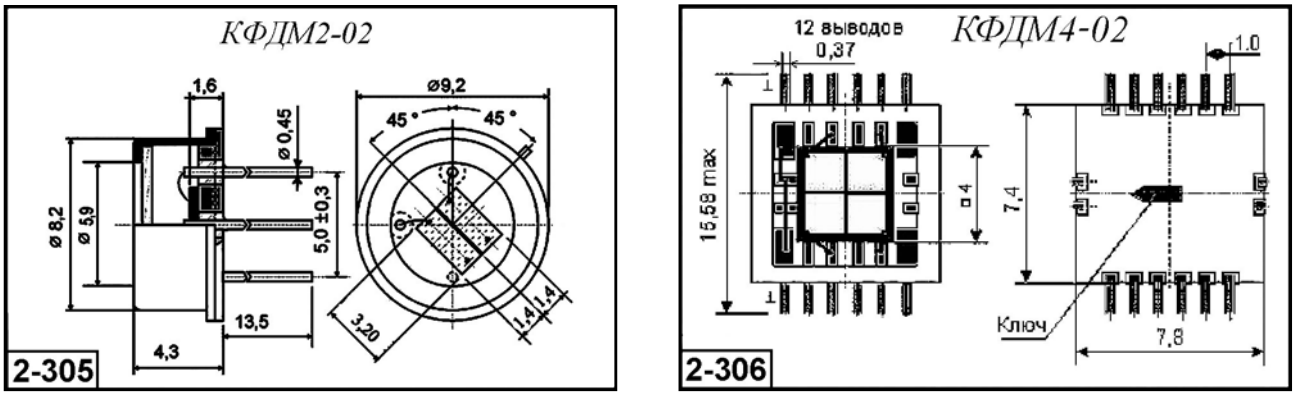


Рис. 2.3.29. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов

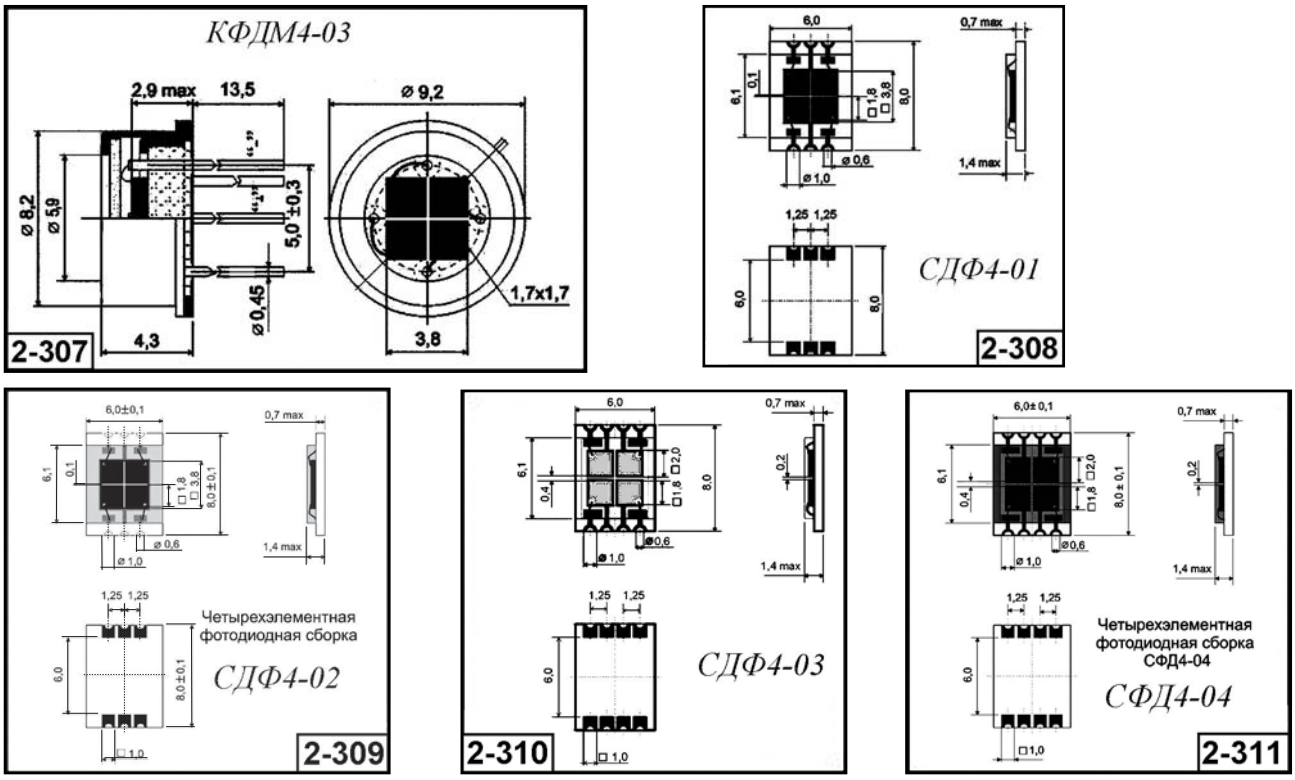


Рис. 2.3.29. Внешний вид, габаритные размеры кремниевых фотодиодов (окончание)

2.3.1.30. Многоэлементные кремниевые фотодиоды СДФ4-05, СДФ4-07, СДФ4-08, СДФ4-09, СДФ12-02, СДФ16-01, ФД-16-02, ФД-16-04, ФД-32-02, ФД-32-04, ФД-64-02, ФДЛ16, ФДЛ64, DM-36, DM-64 [Δλ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,96 мкм]

Основные параметры многоэлементных кремниевых фотодиодов приведены в табл. 2.3.30 и 2.3.30А. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.30, 2.3.30а.

Таблица 2.3.30. Основные параметры кремниевых многоэлементных фотодиодов при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	СДФ4-05	СДФ4-07	СДФ4-08	СДФ4-09	СДФ12-02	СДФ16-01
Размер фоточувствительного элемента, мм	2,2 × 0,9	0,19 × 2,0	0,19 × 2,0	–	–	–
Рабочий спектральный диапазон, Δλ, мкм	0,4–1,1	0,35–1,1	0,7–1,1	0,4–1,1	0,7–1,1	0,35–1,1
Максимум спектральной характеристики, $\lambda_{макс}$, мкм	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Плоский угол зрения, град	120	120	120	120		120
Площадь фоточувствительного элемента, мм^2	1,6	3,5	0,38	1,57	3,5	1,57
Число элементов	4	4	20	16	12	16
Межэлементный зазор, мм	0,4	0,4	0,01	0,27		0,27
Размер чипа, мм	2,4 × 1,1	4,4 × 3,2	4,4 × 3,2	2,3 × 1,05	1,4 × 3,2	2,3 × 1,05
Рабочее напряжение питания, В	5–10	5–10	5–10	5–10	5–10	5–10
Фототок при U = 5В, E = 0,5 мВт/см^2, мкА	7–10	9,5–10	5–5,5	3,5–4	8–11,5	3,5–4
Разброс значений фототока, %	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Монохроматическая чувствительность, А/Вт:						
–при λ = 365 нм	0,12	–	–	–	–	–

Таблица 2.3.30. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	СДФ4-05	СДФ4-07	СДФ4-08	СДФ4-09	СДФ12-02	СДФ16-01
–при λ = 660 нм	0,38	–	–	–	–	–
–при λ = = 780 нм	0,48	–	–	–	–	–
–при λ = 830 нм	0,5	–	–	–	–	–
Темновой ток, при $U_п$ = 10В типичный (макс), нА	1 (< 5)	1 (< 5)	1 (< 5)	1 (< 5)	1 (< 10)	1 (< 5)
Емкость элемента, при F = 1 МГц, $U_п$ = 0, пф	< 25	< 55	< 40	< 25	< 55	< 25
Время нарастания (спада) при $U_п$ = 15В, $R_Н$ = 50 Ом, нс	10 (11)	–	–	–	–	–
Габаритные размеры, мм, не более	6 × 8 × 1,4	10,5 × 25 × 2	6 × 8 × 1,4	–	6 × 21 × 1,4	12 × 25 × 2
Диапазон рабочих температур, °С	–20…+85	–20…+85	–20…+85	–20…+85	–20…+85	–20…+85
№ рисунка	2-312	2-313	2-314	–	2-315	2-316

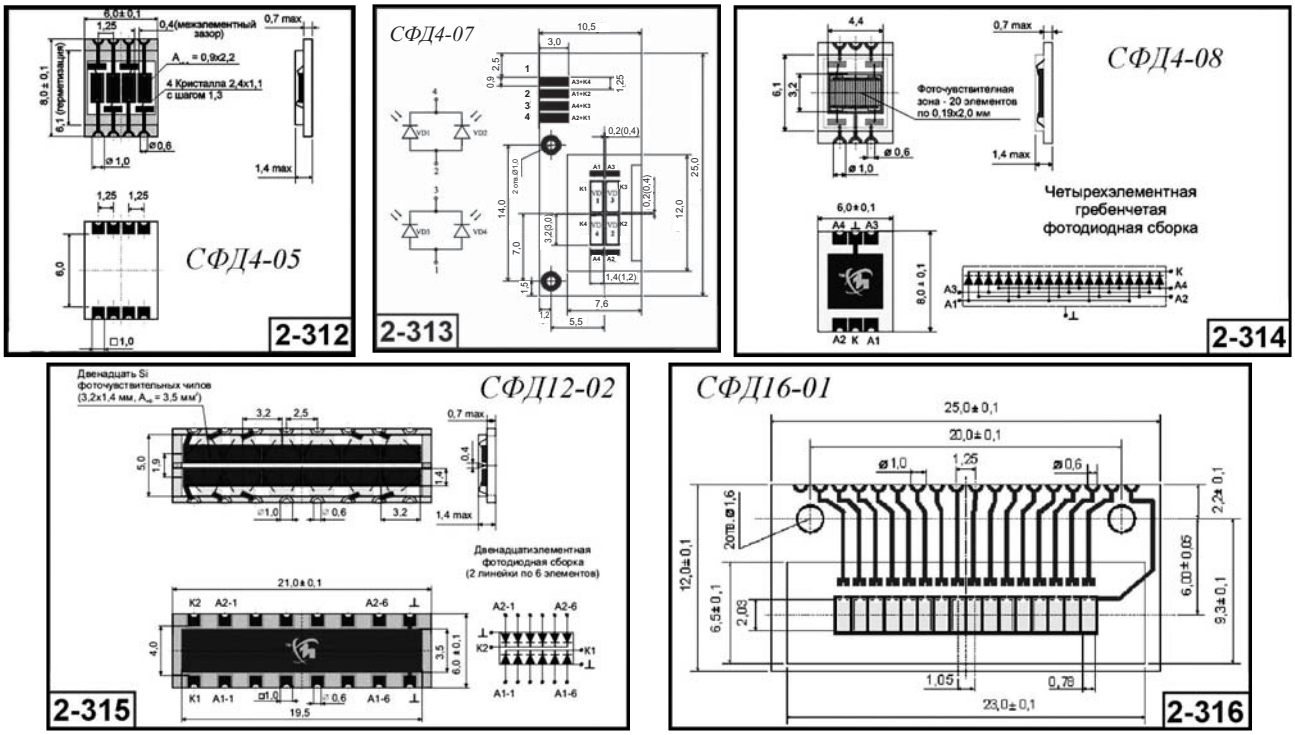


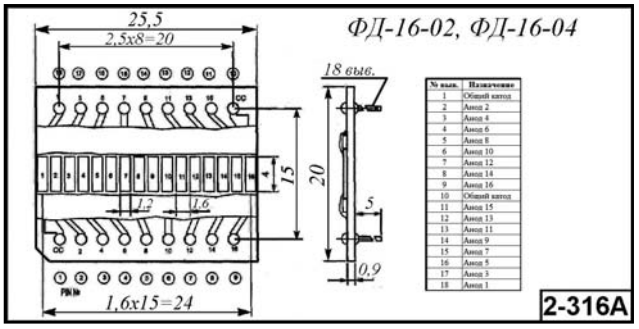
Рис. 2.3.30. Внешний вид, габаритные размеры многоэлементных кремниевых фотодиодов

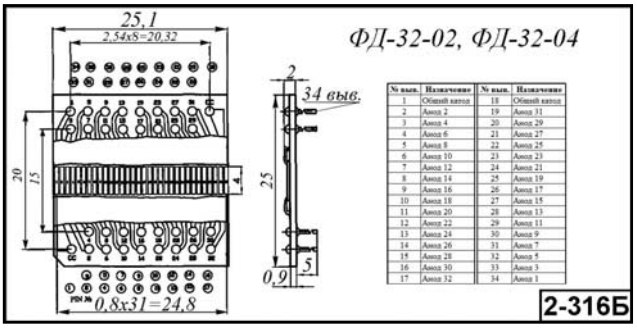
Таблица 2.3.30А. Основные параметры кремниевых многоэлементных фотодиодов при температуре 20±5 °С

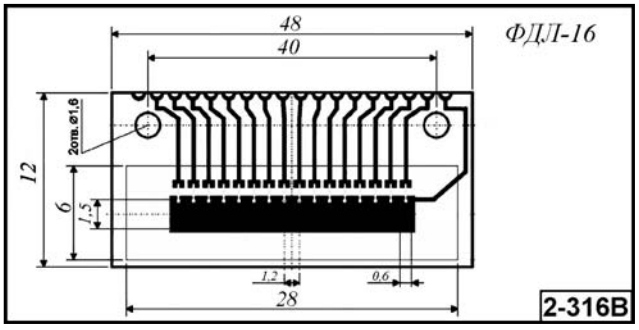
Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФД-16-02	ФД-16-04	ФД-32-02	ФД-32-04	ФД-64-02	ФДЛ16	ФДЛ64	DM36	DM64
Размер фоточувствительного элемента, мм	1,175 × 2	1,2 × 4	2 × 0.6	4 × 0.6	2 × 0.25	1 × 1	1 × 1	7,34 × 7,34	3 × 3
Рабочий спектральный диапазон, Δλ, мкм	0,32 – 1,1					0,35– 1,1		0,32 – 1,1	
Максимум спектральной характеристики, $λ_{макс}$, мкм	0,96					–		0,96	
Плоский угол зрения, град	–					120		–	
Число элементов	16	16	32	32	64	16	64	6 × 6	8 × 8
Шаг размещения элементов, мм	1,575	1,6	0,8	0,8	0,4	–		7,5 (по Х и У)	3,2 (по Х и У)

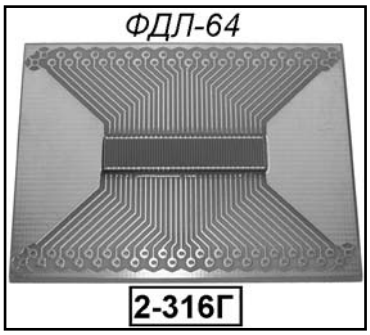
Таблица 2.3.30А. (окончание)

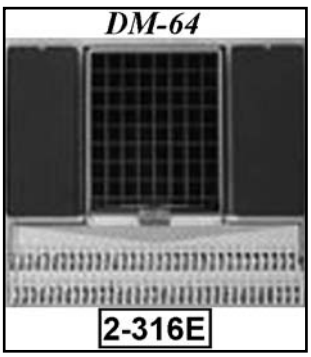
Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФД-16-02	ФД-16-04	ФД-32-02	ФД-32-04	ФД-64-02	ФДЛ16	ФДЛ64	DM36	DM64
Межэлементный зазор, мм	–					0,3	0,3	–	
Рабочее напряжение питания, В	10 (50 макс)					0	0	10 (50 макс)	
Фототок при U=0В, Е=0,5 мВт/см², мкА	–					3,5	5	–	
Разброс значений фототока (чувствительности), %, не более	10					10	10	–	
Монохроматическая чувствительность, А/Вт:									
–при λ==0, 550 мкм	0,29					–		–	
–при λ=0,63 мкм	0,35					–		–	
–при λ=0,96 мкм	0,6					–		0,4 – 0,6	
Темновой ток, при $U_п$=10В, не более, пА	5	12	3	7	1,5	1000 ($U_п$=5В)		2-4 нА/см² ($U_п$=50В)	
Емкость элемента при $U_п$=10, пф	30	60	15	30	8	10 ($U_п$=0В)	5 ($U_п$=0В)	50-70 пФ/см² ($U_п$=50В)	
Время нарастания при $U_п$=10В, мс	0,1	0,2	0,05	0,1	0,03	–		–	
Габаритные размеры, мм, не более	20 × 25,5 × 1	20 × 25,5 × 1	25 × 25,5 × 1	25 × 25,5 × 1	25 × 25,5 × 1	48 × 12 × 2	48 × 37 × 2	45 × 45 (кристалл)	28,5 × 29,5 (кристалл)
Диапазон рабочих температур, °С	–40…+60					–20…+85		–20…+85	
№ рисунка	2-316А	2-316А	2-316Б	2-316Б	–	2-316В	2-316Г	2-316Д	2-316Е











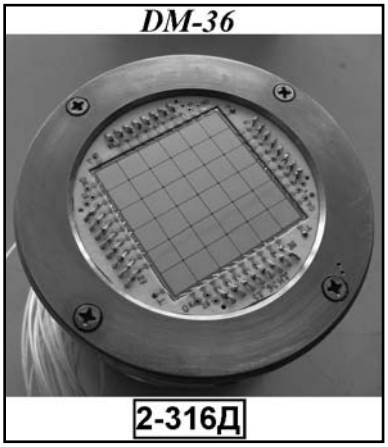


Рис. 2.3.30а. Внешний вид, габаритные размеры многоэлементных кремниевых фотодиодов

2.3.1.31. Двухспектральные фотодиоды ФДПК-1, ФДПК-2 и ФД-2Ц [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65 и 0,5 мкм] и [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,8; $\lambda_{макс}$ = 0,85 и 1,5 мкм]

Фотоприемники ФДПК-1 и ФДПК-2 представляют собой два фотодиода, расположенных на одной оптической оси и имеющих параллельные выходы от фоточувствительного элемента. Корпус металлостеклянный, герметичный.

Фотоприемник ФД-2Ц «двухцветный», реализован на основе двух фоточувствительных элементов из кремния и германия. Входное окно плоское из стекла. Корпус металлостеклянный, герметичный.

Фотоприемники используются в двухканальных системах, принимающих излучение от объекта наблюдения в различных спектральных диапазонах, датчиках пожарной охраны и высокотемпературных радиометрах и т. д.

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.31, внешний вид, габаритные размеры и ОСХ – на рис. 2.3.31.



Рис. 2.3.31. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики фотодиодов ФДПК-1, ФДПК-2 и ФД-2Ц

Таблица 2.3.31. Основные параметры фотодиодов ФДПК-1, ФДПК-2 и ФД-2Ц при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	ФДПК-1		ФДПК-2		ФД-2Ц	
	Верхний диод	Нижний диод	Верхний диод	Нижний диод	Первый канал	Второй канал
Площадь активной области, мм^2	4	7,1	7,1	7,1	0,2	0,2
Размер активной области, мм	2 × 2	∅ 3	∅ 3	∅ 3	∅ 0,5	∅ 0,5
Материал чувствительного элемента	кремний	кремний	кремний	кремний	кремний	германий
Спектральный диапазон, мкм	0,3–1,1	0,85–1,1	0,3–1,1	0,95–1,1	0,4–1,1	1,1–1,8
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,65	1,05	0,92	1,05	0,85	1,5
Интегральная чувствительность, S_I, мА/лм	–	–	–	–	4–6	5–7
Спектральная чувствительность, S_λ (λ = 0,65 мкм), А/Вт	0,33	0	0,3	0	–	–
Спектральная чувствительность, S_λ (λ = 0,9 мкм), А/Вт	0,13	0,002	0,46	0	–	–

Таблица 2.3.31. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	ФДПК-1		ФДПК-2		ФД-2Ц	
	Верхний диод	Нижний диод	Верхний диод	Нижний диод	Первый канал	Второй канал
Спектральная чувствительность, S_λ (λ = 1,04 мкм), А/Вт	0,03	0,07	0,37	0,08	–	–
Емкость, пф, не более	250	150	600	600	50	50
Напряжение питания, В	–	–	–	–	200	30
Темновой ток, нА, не более	100	100	100	100	0,001	5–10 мА
Диапазон рабочих температур, °С	–	–	–	–	–60...+60	
Габаритные размеры (без выводов), мм	∅ 16 × 4,5				∅ 9 × 4,5	
Масса, г, не более	–	–	–	–	1,0	
№ рисунка	2-317				2-318	

2.3.1.32. Негеметизированные кремниевые PIN-фотодиоды ФД «Альфа 3», ФД «Гранит», ФД «Квант», ФД «Порог», ФД «Порог 2»

Таблица 2.3.31А. Основные параметры негерметизированных кремниевых PIN-фотодиодов

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (кол-во элементов)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ А/Вт не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
ФД “Альфа 3”	20 × 2,6	0,4...1,1		10	0,1	0,4	20±10	б/к	
ФД “Гранит”	0,27 × 2 (36 эл.) или 0,6 × 1,2 (36 эл.)	0,25...1,1		0,01	5×10^{-6} (5В)	0,18 (λ=0,4 мкм)	20±10	б/к	
ФД “Квант”	100 × 2	0,2...1,05		0,01	4	0,1	20±10	б/к	
ФД “Порог”	10 × 10	0,4...1,1	0,8	10	0,001	0,3 (λ=0,63 мкм)	20±10	б/к	
ФД “Порог 2”	20 × 20	0,4...1,1	0,8	10	0,01	0,3 (λ=0,63 мкм)	20±10	б/к	

2.3.2. Кремниевые фототранзисторы

Кремниевые фототранзисторы предназначены для применения в качестве приемников и датчиков инфракрасного излучения в составе оптико-электронной аппаратуры, систем фотоэлектрической автоматики и бесконтактного измерения температуры, вычислительной и измерительной техники, программно-управляемого оборудования и приборов, работающих в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,1 мкм.

Фототранзисторы (ФТ), в отличие от фотодиодов, содержат два *p-n*-перехода, за счет чего достигается дополнительное усиление фотосигнала.

Кремниевые фототранзисторы имеют более высокую интегральную чувствительность, чем фотодиоды, и больший темновой ток, но значительно меньшую граничную частоту. Кроме того, у них выше уровень шумов и сильнее зависимость темнового тока от температуры.

Кремниевые фототранзисторы, как правило, не имеют отдельного вывода базы.

Выпускаются в герметичных металлостеклянных или пластмассовых корпусах. Плюсовой вывод фототранзистора маркируется точкой на корпусе или цветной меткой на проволочном выводе. При отсутствии меток плюсовым является длинный вывод или двойной вывод фототранзистора.

Гарантированный ресурс работы кремниевых фототранзисторов в зависимости от типа составляет от 1000 до 10 000 часов.

Основные параметры кремниевых фототранзисторов приведены в табл. 2.3.32а–2.3.32в. Внешний вид и габаритные размеры фототранзисторов даны на рис. 2.3.32–2.3.34.

Принятые сокращения и обозначения в разделе 2.3.2:

$A_{ФЧЭ}$ – размер (мм) или площадь фоточувствительной площадки, мм^2; Dl – область спектральной чувствительности, мкм; $l_{макс}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $U_{К\text{-}Э}$ – рабочее напряжение (коллектор–эмиттер), В; $I_Т$ – темновой ток, мкА; $I_ф$ – фототок или ток сигнала, А; t – постоянная времени по спаду или нарастанию фототока, с; DT – диапазон рабочих температур, °С; $S_{инт}$ – интегральная токовая чувствительность, мкА/лк или А/лм.

2.3.2.1. Фототранзисторы КОФ-224А, КОФ-224Б, КТФ102А, КТФ102А, КТФ102А1, КТФ102АМ, КТФ102А4, КТФ102ASp [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,95 мкм]

Основные параметры фототранзисторов приведены в табл. 2.3.32а. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика (ОСХ) даны на рис. 2.3.32.

Таблица 2.3.32а. Основные параметры кремниевых фототранзисторов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_{К\text{-}Э}$, В, не более	$I_Т$, мкА, не более	$S_{инт}$ мкА/лк, не менее	$S_{инт}$ А/лм не менее	$I_ф$, мкА, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
КОФ-224А	1,5×4 (эфф.)	0,4–1,1	0,95	5	1	0,7	–	–	$8\cdot10^{-7}$	–60...+55	4,5×4×2 [0,8]	2-320
КОФ-224Б	1,5×4 (эфф.)	0,4–1,1	0,95	5	0,1	0,7	–	–	$2\cdot10^{-7}$	–60...+55	4,5×4×2 [0,8]	2-320
КТФ102А	0,64 мм^2	0,73–1,05	0,87	5	1	–	–	950 [при E = 0,5 мВт/см^2]; 200 [при E = 0,1 мВт/см^2, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–10...+55	4,5×4,5×4,2 [0,2]	2-321
КТФ102А	5 мм^2 (эфф.)		0,85	5	1	–	–	200 [при E = 60 мВт/см^2, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	4,2×4,8×5,9 [0,2]	2-321
КТФ102А1	1 мм^2 (эфф.)		0,85	5	1	–	–	200 мкА [при E = 60 мВт/см^2, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	2,2×2,2×2,8 [0,2]	2-322
КТФ102АМ	0,64 мм^2	0,73–1,05	0,87	5	1	–	–	950 [при E = 0,5 мВт/см^2]; 200 [при E = 0,1 мВт/см^2, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–10...+55	2,2×2,2×2,8 [0,2]	2-325
КТФ102А4	3,5 мм^2 (эфф.)		0,85	5	1	–	–	100 [при E = 60 мВт/см^2, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–25...+55	4,5×4,8×2,6 [0,2]	2-323
КТФ102А Sp	0,64 мм^2	0,73–1,05	0,87	5	1	–	–	950 мкА [при E = 0,5 мВт/см^2]; 200 [при E = 0,1 мВт/см2, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–10...+55	∅ 5,3×7,1 [0,2]	2-326

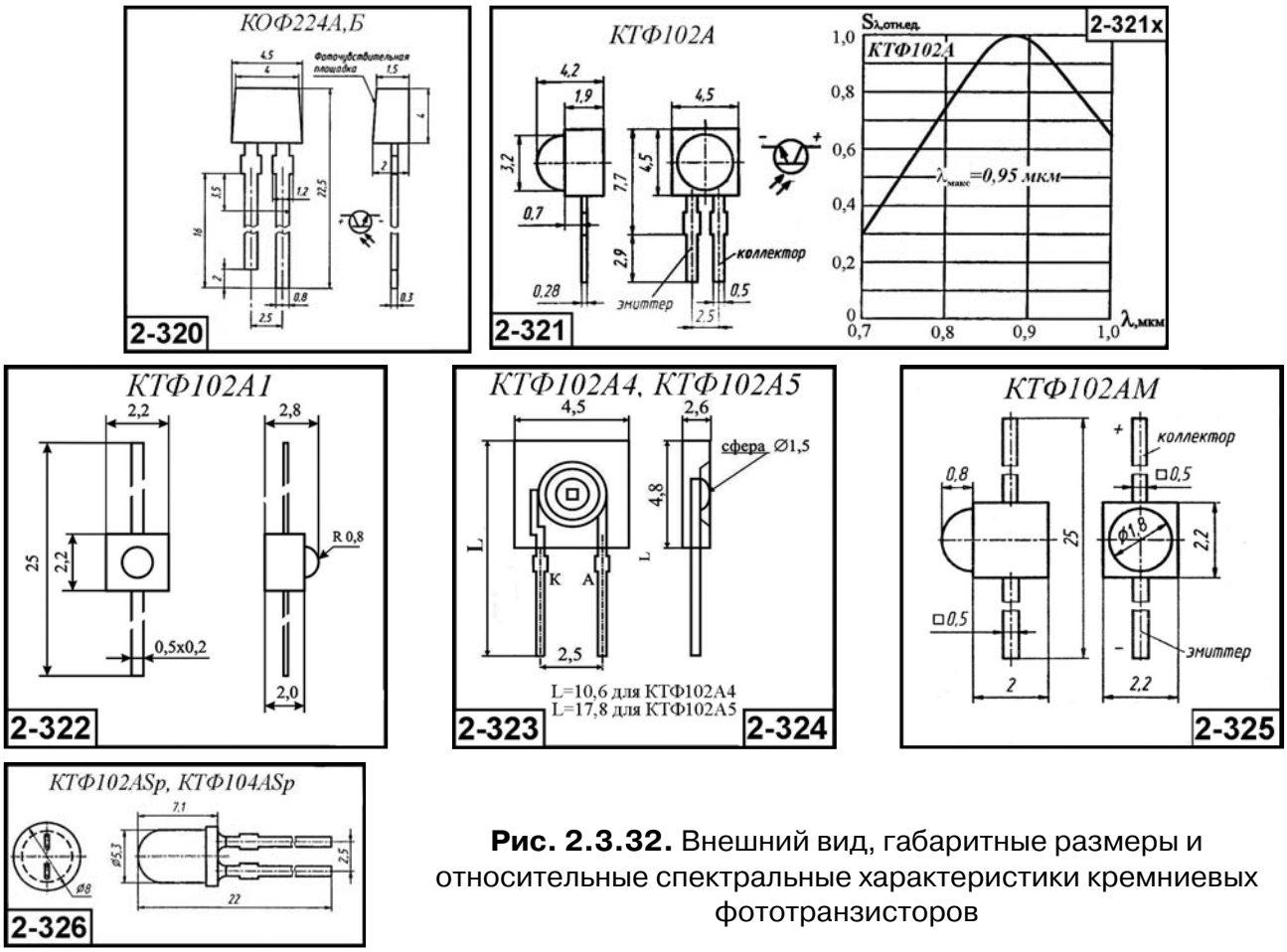


Рис. 2.3.32. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики кремниевых фототранзисторов

2.3.2.2. Фототранзисторы КТФ104А, КТФ104Б, КТФ104В, КТФ104А Sp, КТФ102А5, КТФ108А, КТФ109А, У208А, У208Б, У208В [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–1,08 мкм]

Основные параметры фототранзисторов приведены в табл. 2.3.32б. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.33.

Таблица 2.3.32б. Основные параметры кремниевых фототранзисторов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_{к\text{-}э}$, В, не более	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$ мкА/лк, не менее	$S_{инт}$ А/лм не менее	$I_ф$, мкА, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
КТФ104Б	16 мм² (эфф.)	0,4–1,1	0,85	8,5	5	–	–	100 [при E = 7 лк, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–25…+55	4,2×4,8×4,2 [0,2]	2-327
КТФ104В	16 мм² (эфф.)	0,4–1,1	0,85	8,5	5	–	–	50 [при E = 7 лк, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–25…+55	4,2×4,8×4,2 [0,2]	2-327
КТФ104А Sp	44 мм² (эфф.)	0,4–1,1	0,85	8,5	1	–	–	150 [при E = 7 лк, λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–10…+55	∅ 5,3×7,1 [0,2]	2-326
КТФ102А5	3,5 мм² (эфф.)	0,4–1,1	0,85	5	0,001	–	–	200 [при E = 60 мВт/см², λ = 0,85 мкм]	$5\cdot10^{-7}$	–25…+55	4,5×4,8×2,6 [0,2]	2-324
КТФ108А	1 мм² (эфф.)	0,76–0,96	0,8–0,9	10	0,025	–	–	400 [при E = 20 мВт/см², λ = 0,85 мкм]	–	–10…+70	4,4×3,5×3,5 [1]	2-328

Таблица 2.3.32б. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_{к\text{-}э}$, В, не более	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$ мкА/лк, не менее	$S_{инт}$ А/лм не менее	$I_ф$, мкА, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
КТФ109А	2,5 × 3 (эфф.)	0,4–1,1	1,08	5	0,5	–	–	80 [при E = 0,3 мВт/см², λ = 0,85 мкм] (S_λ = 0,25А/Вт при λ = 0,83 мкм)	$1\cdot10^{-7}$	–60...+55	4 × 2,5 × 5,6 [0,15]	2-329
У208А	∅ 5,3 (эфф.)	0,8–1,1	0,87	5–15	0,01	–	–	500 [при E = 0,5 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	$2\cdot10^{-8}$	–60...+70	∅ 5,3 × 9 [1]	2-330
У208Б	∅ 5,3 (эфф.)	0,8–1,1	0,87	5–15	0,01	–	–	1000 [при E = 0,5 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	$2\cdot10^{-8}$	–60...+70	∅ 5,3 × 9 [1]	2-330
У208В	∅ 5,3 (эфф.)	0,8–1,1	0,87	5–15	0,01	–	–	2000 [при E = 0,5 мВт/см², λ = 0,87 мкм]	$2\cdot10^{-8}$	–60...+70	∅ 5,3 × 9 [1]	2-330

Примечание. Угол обзора для фототранзисторов У-208(А,Б,В) составляет 30 град. Для остальных приборов – в документации не указывается.

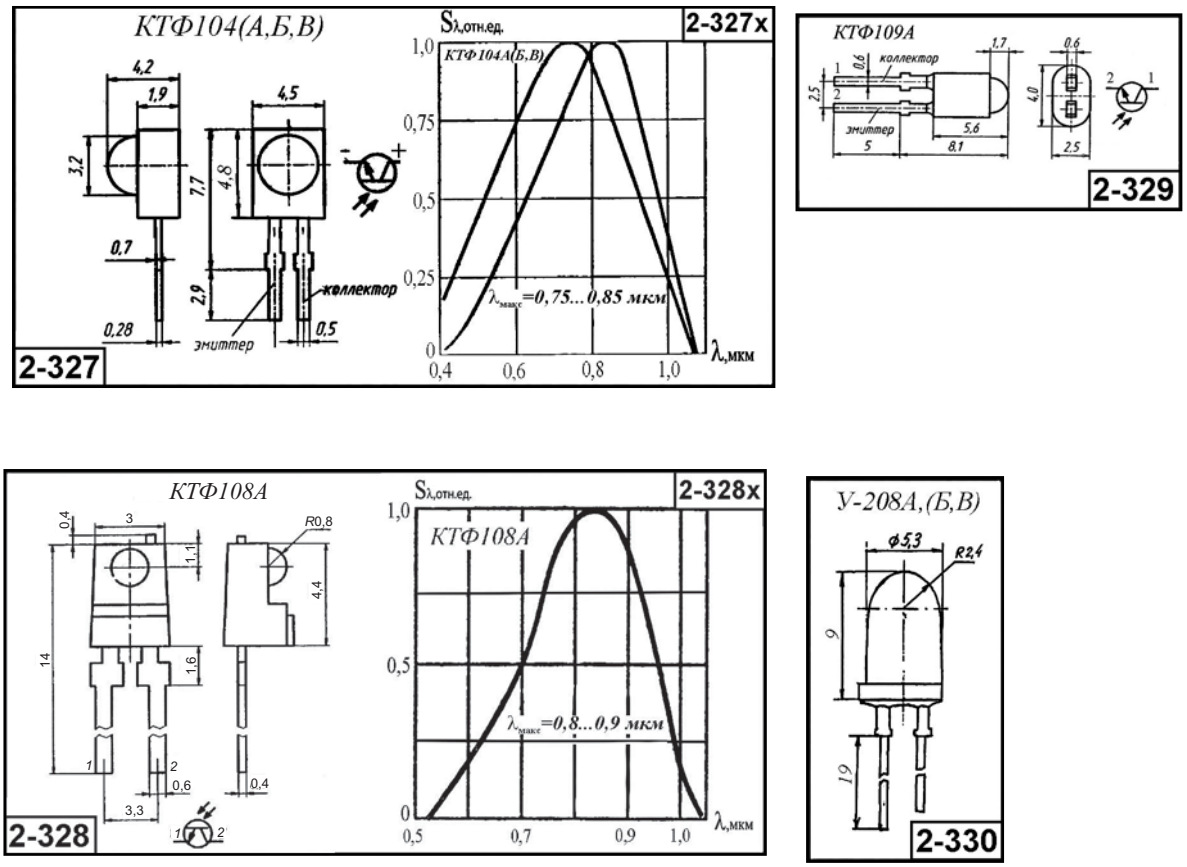


Рис. 2.3.33. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика кремниевых фототранзисторов

2.3.2.3. Фототранзисторы ФТ-1К гр.1, ФТ-1К гр.2, ФТ-1К-01, ФТ-1К-02, ФТ-2К гр.А, ФТ-2К гр.Б, ФТ-7Б, ФТ-7Б-01, ФТ-8Б [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85–0,95 мкм]

Основные параметры фототранзисторов приведены в табл. 2.3.32в. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ даны на рис. 2.3.34.

Таблица 2.3.32в. Основные параметры кремниевых фототранзисторов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_{к\text{-}э}$, В, не более	$I_т$, мкА, не более	$S_{инт}$ мкА/лк, не менее	$S_{инт}$ А/лм не менее	$I_ф$, мкА, не менее	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФТ-1К гр.А	∅ 0,8	0,5–1,1	0,85	5	3	0,4	–	–	$8\cdot10^{-5}$	–60...+75	∅ 3,9 × 14 [0,9]	2-331
ФТ-1К гр.Б	∅ 0,8	0,5–1,1	0,85	5	1	0,2	–	–	$8\cdot10^{-5}$	–60...+75	∅ 3,9 × 14 [0,9]	2-331
ФТ-1К-02	∅ 0,8	0,5–1,1	0,85	5	0,2	2	–	–	$8\cdot10^{-5}$	–60...+75	∅ 3,9 × 14 [0,9]	2-232
ФТ-2К гр.А	∅ 1,8	0,5–1,1	0,85	5	3	0,4	–	–	$8\cdot10^{-5}$	–60...+75	∅ 3,9 × 14 [0,9]	2-331
ФТ-2К гр.Б	∅ 1,8	0,5–1,1	0,85	5	1	0,2	–	–	$8\cdot10^{-5}$	–60...+75	∅ 3,9 × 14 [0,9]	2-232
ФТ-7Б	∅ 1,1	0,4–1,1	0,85	20	0,005	–	0,4	200 [при E = 1000 лк]	$1{,}5\cdot10^{-6}$	–15...+45	∅ 4 × 5 [0,5]	2-333
ФТ-7Б-01	∅ 1,1	0,4–1,1	0,85	20	0,005	–	0,35	2000 [при E = 1000 лк]	$1{,}5\cdot10^{-6}$	–15...+45	∅ 4 × 5 [0,5]	2-333
ФТ-8Б	∅ 0,5	0,5–1,1	0,9–0,95	5	0,1	2	–	–	$2\cdot10^{-5}$	–60...+75	∅ 4,05 × 7,5 [0,9]	2-334

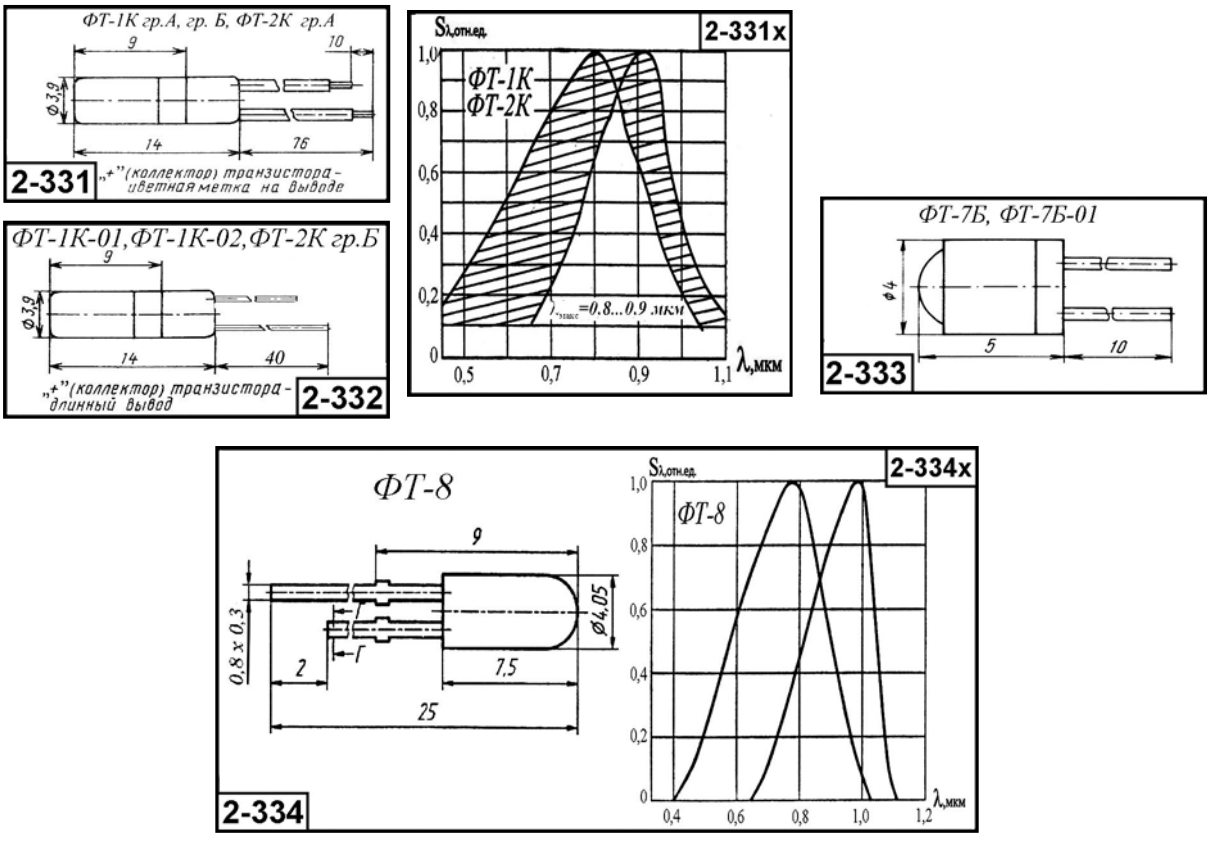


Рис. 2.3.34. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика кремниевых фототранзисторов

2.3.3. Фотоприемные устройства на основе кремниевых фотодиодов

2.3.3.1. Фотоприемные устройства для регистрации медленно изменяющихся сигналов

2.3.3.1.1. Фотоприемные устройства ФУО-125, ФУО-131А, ФУО-131Б, ФУО-132, ФУО-138А, ФУО-138Б [$\Delta\lambda$ = 0,37–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,5–0,93 мкм]

Фотоприемные устройства ФУО-125, ФУО-131А, ФУО-131Б, ФУО-132, ФУО-138А, ФУО-138Б предназначены для регистрации медленно изменяющихся сигналов в диапазоне 0,4–1 мкм. В состав ФПУ входят: кремниевый фотодиод и предварительный усилитель. ФПУ размещаются в планарных металлостеклянных корпусах, оснащенных светофильтром.

Краткая характеристика и области применения устройства приведены в табл. 2.2.33. Основные параметры ФПУ даны в табл. 2.3.34. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика – на рис. 2.3.35.

Таблица 2.3.33. Краткая характеристика и области применения ФУО-125, ФУО-131А, ФУО-131Б, ФУО-132, ФУО-138А, ФУО-138Б

Тип ФПУ	Область применения. Краткая характеристика
ФУО-125	Измерение низких уровней освещенности. ФПУ одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, термостабилизация, линейный выход. Светофильтр СЗС-22. Герметичный металлостеклянный 3-выводной корпус
ФУО-131А, ФУО-131Б	Устройства фотоэкспонометрии. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, термокомпенсация, цепь внешней балансировки, инвертирующий и неинвертирующий выходы. Герметичный стандартный 14-выводной корпус (401.14–4.04, 14), светофильтр СЗС-22 (ФУО-131А)
ФУО-132	Устройства фотоэкспонометрии. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, цепь внешней балансировки, инвертирующий и неинвертирующий выходы. Герметичный стандартный 14-выводной корпус (401.14-4.04, 14), светофильтр СЗС-22
ФУО-138А, ФУО-138Б	Устройства фотоэкспонометрии. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, 2 цепи внешней балансировки, логарифмический выход. Герметичный стандартный 16-выводной корпус (4112.16-1 или 4112.16-1.02). Светофильтр СЗС-22 (ФУО-138А)

Таблица 2.3.34. Основные параметры ФПУ ФУО-125, ФУО-131А, ФУО-131Б, ФУО-132, ФУО-138А, ФУО-138Б при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра				
	ФУО-125	**ФУО-131**	**ФУО-132**	**ФУО-138А**	**ФУО-138Б**
Размеры фоточувствительного элемента, мм	16 мм^2	10 мм^2	5 мм^2	30 мм^2	30 мм^2
Плоский угол зрения, град, не менее	120	–	–		
Размер входного окна, мм	∅ 3,18	2,5 × 4	2,5 × 2	4,8 × 6,7	4,8 × 6,7
Коротковолновая граница спектральной чувствительности, мкм	0,4–0,48	0,37–0,44	0,37–0,44	0,45	0,45
Длинноволновая граница спектральной чувствительности, мкм	0,65–0,7	0,67–0,8	0,67–0,8	0,67–0,8	1,05–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,53–0,57	0,5–0,6	0,5–0,6	0,5–0,6	0,73–0,93
Спектральный коэффициент перехода от источника излучения типа «А» и «В»	–	–	1–1,3	1–1,3	–

Таблица 2.3.34. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра				
	ФУО-125	**ФУО-131**	**ФУО-132**	**ФУО-138А**	**ФУО-138Б**
Диапазон рабочих освещенностей, лк	10^{-2}–10^{4}	10^{-4}–10^{3}	10^{-3}–10^{3}	10^{-3}–10^{3}	10^{-3}–10^{3}
Нелинейность энергетической характеристики напряжения фотосигнала в диапазоне (не более):					
0,01–0,1 лк, %	10	30	30	15–30 мВ	15–30 мВ
0,1–1000 лк, %	–	15	15		
Крутизна энергетической характеристики, мВ/ступень	50–100	17–20	17–20	–	–
Температурный коэффициент напряжения фотосигнала, % / °С, не более	1 мВ/град	1,0 (0,3 мВ/град)	1,0 (1,2–2,0 мВ/град)	–	–
Время нарастания/спада выходного сигнала (E = 10 лк), с, не более	0,02/0,01	0,1/0,00015	0,1/0,00015	0,00065/0,00015	0,00065/0,00015
Напряжение фотосигнала при освещенности 1 лк, В	–	0,88–0,98	0,88–0,98	–	–
Напряжение питания, В	4–5,6	4–6	4–6	–	–
Ток потребления, мА, не более	5	3,5	3,5	7	7
Диапазон рабочих температур, °С	–20…+45	–20…+45	–20…+45	–20…+50	–25…+50
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 9,5 × 4,4	9,4 × 11,6 × 3,8	9,4 × 11,6 × 3,8	9,4 × 11,6 × 3,8	9,4 × 11,6 × 3,8
Масса, г	2	0,6	0,4	1	
№ рисунка	2-343	2-340	2-341	2-342	

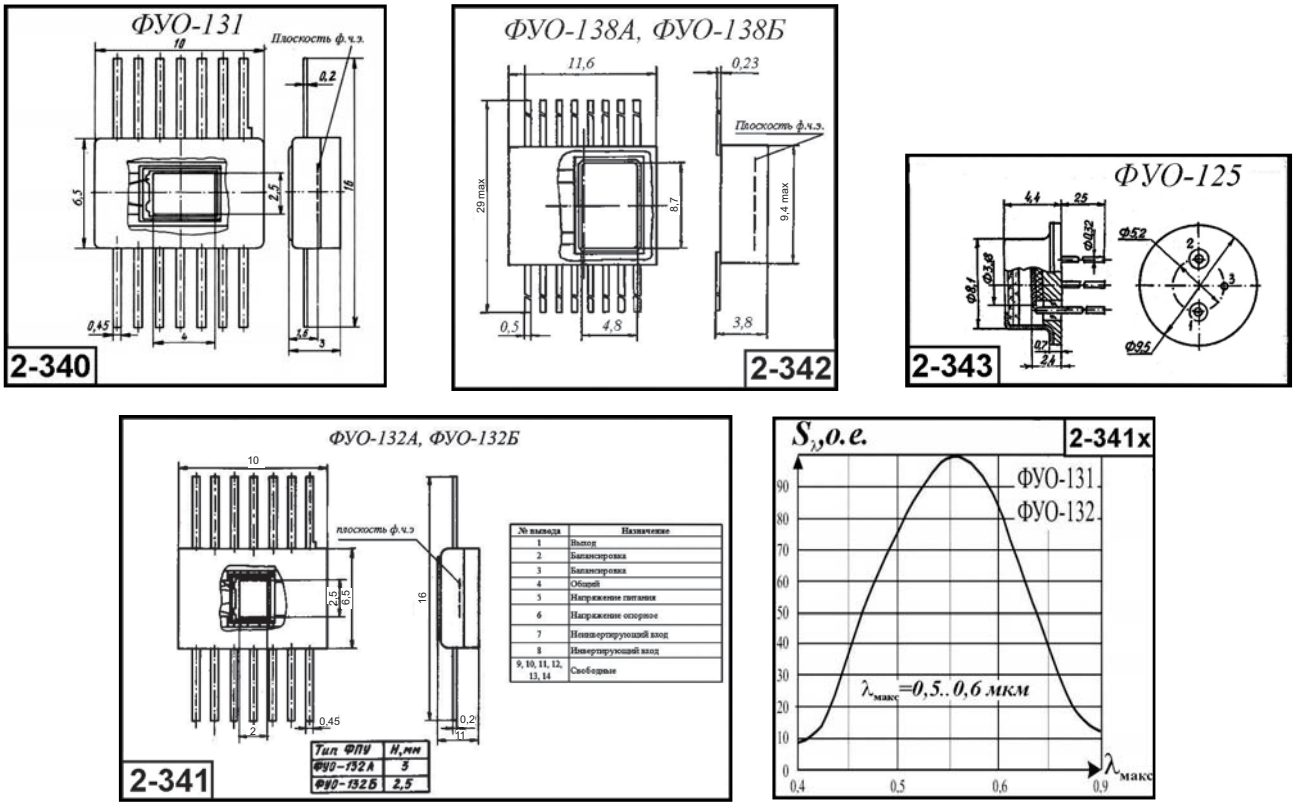


Рис. 2.3.35. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ ФПУ ФУО-125, ФУО-131А, ФУО-131Б, ФУО-132, ФУО-138А, ФУО-138Б

2.3.3.1.2. Фотоприемное устройство «Заход» [$\Delta\lambda$ = 0,45–0,75; $\lambda_{макс}$ = 0,55 мкм]

Фотоприемное устройство «Заход» предназначалось для использования в экспонометрической технике при регистрации медленно изменяющихся сигналов в диапазоне 0,45–0,75 мкм. В состав ФПУ входят: кремниевый фотодиод и предварительный усилитель. ФПУ размещается в стандартном металлокерамическом корпусе, оснащенном светофильтром из стекла СЗС-22. Материал окна – пластмасса.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.3.35, внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.36. Спектральная характеристика светофильтра из стекла СЗС-22 дана на рис. 2.3.36а.

Таблица 2.3.35. Основные параметры ФПУ «Заход» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Размеры фоточувствительного элемента, мм	30 мм²
Размер входного окна, мм	6,7 × 4,6
Область спектральной чувствительности, мкм	0,45–0,75
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,55
Диапазон рабочих освещенностей, лк	$1\cdot10^{-3}$–$1\cdot10^{3}$
Параллельный сдвиг выходных характеристик, ступ.	
–при $E = 1\cdot10^{-3}$ лк	1,5
–при $E = 3\cdot10^{-3}$ лк	1,0
–при $E > 1\cdot10^{-2}$ лк	0,5
Время нарастания выходного сигнала, с, не более	0,02
Время спада выходного сигнала, с, не более	0,01
Напряжение питания, В (ток потребления, мА)	4–6 (8)
Диапазон рабочих температур, °С	–20…+50
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	9,4 × 11,6 × 3,8
Масса, г	1
№ рисунка	2-344

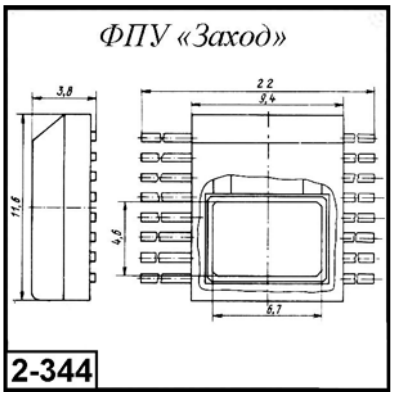


Рис. 2.3.36. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Заход»

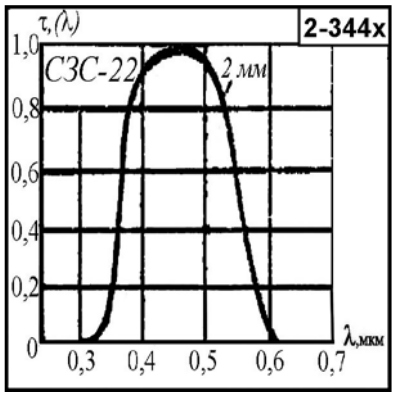


Рис. 2.3.36а. Спектральная характеристика светофильтра из стекла СЗС-22

2.3.3.1.3. Фотоприемные устройства ФУО-127, ФУО-134, ФУО-135, ФУО-139, ФУО-148, ФУО-148-01 [Δλ = 0,37–1,1мкм]

Фотоприемные устройства ФУО-127, ФУО-134, ФУО-135, ФУО-139, ФУО-148, ФУО-148-01 предназначены для использования в экспонометрической технике. Краткая характеристика и области применения ФПУ приведены в табл. 2.3.36, а некоторые параметры – в табл. 2.3.37.

Таблица 2.3.36. Краткая характеристика и области применения ФУО-127, ФУО-134, ФУО-135, ФУО-139, ФУО-148, ФУО-148-01

Тип ФПУ	Область применения. Краткая характеристика
ФУО-127	Датчик медленно изменяющейся мощности ИК-излучения. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, линейный выход. Нестандартный герметичный 6-выводной корпус
ФУО-134	Датчик медленно изменяющейся мощности ИК-излучения. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, 2 цепи балансировки, цепь установки начального уровня, линейный выход. Герметичный нестандартный 12-выводной корпус
ФУО-135	Датчик медленно изменяющейся мощности ИК-излучения. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, трансимпедансный усилитель, линейный выход. Герметичный нестандартный 6-выводной корпус
ФУО-139	Устройства фотоэкспонометрии. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, термокомпенсация, цепь внешней балансировки, инвертирующий и неинвертирующий выходы. Герметичный стандартный 14-выводной корпус. Светофильтр СЗС-22
ФУО-148, ФУО-148-01	Устройства фотоэкспонометрии. ФПУ – одноканальное, высокочувствительное, усиление медленно изменяющихся сигналов, выход термозависимого опорного напряжения, цепь внешней балансировки, линейный и логарифмический выходы. Герметичный стандартный 14-выводной корпус (401.14–4.04 или 401.14–4.01). Светофильтр СЗС-22.

Таблица 2.3.37. Некоторые параметры фотоприемных устройств ФУО-127, ФУО-134, ФУО-135, ФУО-139, ФУО-148, ФУО-148-01

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	ФУО-127	**ФУО-134**	**ФУО-135**	**ФУО-139**	**ФУО-148**	**ФУО-148-01**
Размеры фоточувствительного элемента, мм	∅ 2,3	∅ 5,98	∅ 10	2,5 × 2	2,5 × 2	2,5 × 2
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1.1	0,4–1.1	0,4–1.1	0,37–1,1	0,37–0,8	0,37–0,8
Напряжение питания, В	±15,0	±15,0	±15,0			
Ток потребления, мА, не более	10	10	10			
Диапазон рабочих температур, °С	–20...+45	–20...+45	–20...+45	–20...+45	–20...+45	–20...+45
Тип корпуса. Габаритные размеры без выводов, мм, не более	Нестандартный герметичный 6-выводной корпус	Нестандартный герметичный 12-выводной корпус	Нестандартный герметичный 6-выводной корпус	9,4 × 11,6 × 3,8 (светофильтр СЗС-22)	9,4 × 11,6 × 3,8 (светофильтр СЗС-22)	9,4 × 11,6 × 3,8 (светофильтр СЗС-22)
Масса, г	2	–	2	1	1	1

2.3.3.2. Фотоприемные устройства для регистрации импульсного лазерного излучения

2.3.3.2.1. Фотоприемные устройства ФУО-119, ФУО-119-01, ФУО119-02.01 [Δλ = 0,6–1,1; $\lambda_{раб}$ = 1,06 мкм]

Фотоприемные устройства ФУО-119, ФУО-119-01, ФУО-119-02.01 для регистрации импульсного лазерного излучения в диапазоне 0,6–1,1 мкм.

В состав ФПУ входят: кремниевый лавинный фотодиод, предварительный усилитель с элементами автоматической регулировки усиления, схема поддержания рабочей точки (ФУО-119, ФУО-119-01), элемент системы термостабилизации (ФУО-119-02.01),

пороговое устройство (выходные ТТЛ-уровни), стабилизатор низковольтного питания, фильтры питающих напряжений.

Основные параметры ФПУ ФУО-119, ФУО-119-01, ФУО-119-02.01 приведены в табл. 2.3.38, а внешний вид дан на рис. 2.3.37.

Таблица 2.3.38. Основные параметры ФПУ типа ФУО-119, ФУО-119-01, ФУО119-02.01 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	ФУО-119	ФУО-119-01	ФУО-119-02.01
Область спектральной чувствительности, мкм	0,6–1,1		
Рабочая длина волны, мкм	1,06		
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	0,5		
Рабочая длительность импульса, нс	10		
Пороговая чувствительность к импульсному излучению (t = 10 нс, при отношении $V_с/V_ш$ = 1), Дж, не более	$6 \cdot 10^{-16}$		
Тип выходного сигнала	цифровой (ТТЛ)		
Напряжение питания, В:			
–электронного тракта	12		
–фотодиода	–500		
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+50	–50...+50	–60...+60
Габаритные размеры, мм, не более	45 × 35 × 16		
Масса, г, не более	60		



Рис. 2.3.37. Внешний вид ФОУ ФУО-119

2.3.3.2.2. Фотоприемное устройство УФУР01 (ФУЛ113) [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Восьмиканальное фотоприемное устройство УФУР01 (ФУЛ113) предназначено для регистрации импульсного излучения в диапазоне 0,6–1 мкм в условиях фоновой засветки.

В состав ФПУ входят: 8-элементный Si *pin*-фотодиод с квадрантным расположением ф. ч. э., 8 предварительных усилителей и ключевая схема ВАРУ. Фоточувствительный элемент фотодиода представляет собой две концентрические окружности с диаметром 2,0 мм и 10 мм, разделенные на четыре одинаковых сектора, ширина зазора между секторами 200 мкм. ФПУ размещено в нестандартном герметичном металлостеклянном корпусе. Основные параметры ФПУ УФУР01 (ФУЛ113) приведены в табл. 2.3.39. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.38. Применение Системы ориентации, лазерной локации и дальнометрии.

Таблица 2.3.39. Основные параметры УФУР01 (ФУЛ113) при температуре 20±5 ˚С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Тип фотоприемника	Si радиально-секторный PIN-фотодиод
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9
Диаметр фоточувствительной зоны, мм	2,0 и 10,0
Количество фоточувствительных элементов	8
Площадь фоточувствительных элементов, мм^2	0,58 и 17,74
Межэлементный зазор между ФЧЭ, мм	0,2
Длительность входного импульса по уровню 0,5, нс	20±2
Длительность выходного импульса по уровню 0,5, нс	300
Тип выходного сигнала	аналоговый
Напряжение питания, В	
–усилителя	±12
–фотодиода	200±10
Ток потребления усилителя, мА, не более	5
Ток потребления фотодиода, мА, не более	0,5
Диапазон рабочих температур, ˚С	–40…+50
Габаритные размеры, мм	∅ 25 × 23
№ рисунка	2-344

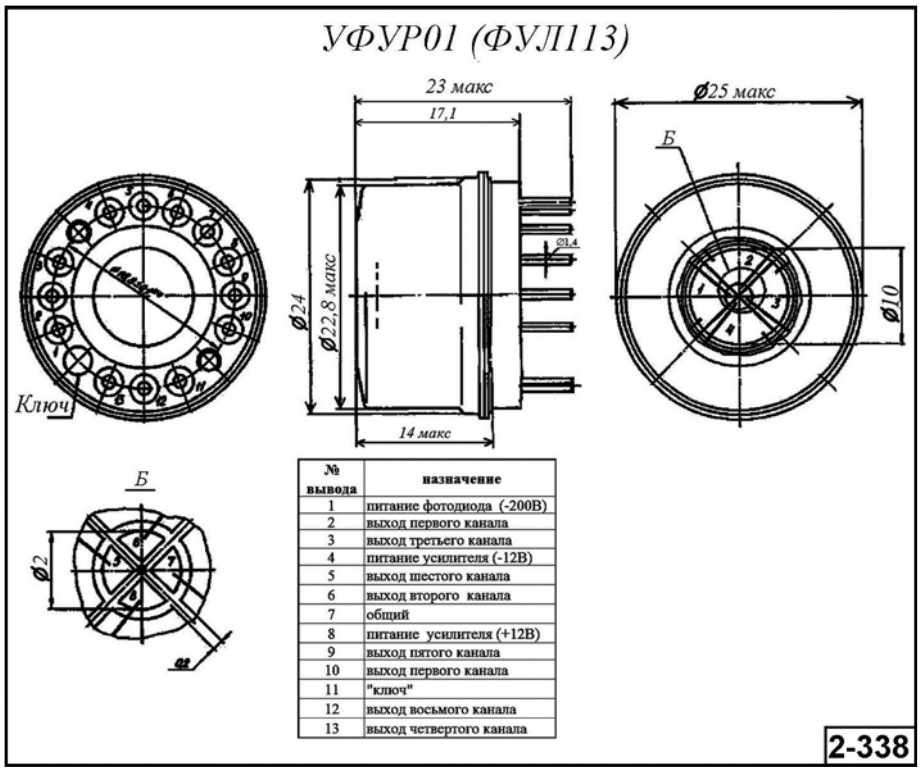


Рис. 2.3.38. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ УФУР-01 (ФУЛ113)

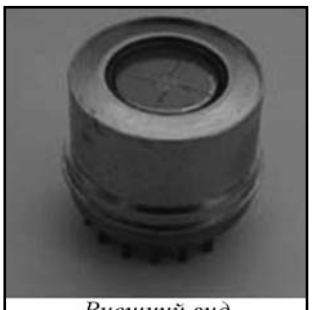
2.3.3.2.3. Фотоприемные устройства ФУР124М, ФУР124М-01, ФУР124М-02, ФУР127 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Восьмиканальные фотоприемные устройства ФУР124М, ФУР124М-01, ФУР124М-02 и ФУР127 предназначены для регистрации импульсного лазерного излучения в диапазоне 0,6–1,1 мкм в условиях фоновой засветки. В состав ФПУ входят: 8-элементный Si *pin*-фотодиод с квадрантным расположением ф. ч. э., 8 предварительных усилителей и ключевая схема ВАРУ. Фоточувствительный элемент фотодиода представляет собой две концентрические окружности с диаметром 2,0 мм и 10,0 мм, разделенные на четыре одинаковых сектора. Ширина зазора между секторами 200 мкм. ФПУ размещено в нестандартном герметичном металлостеклянном корпусе, аналогичном приведенному на рис. 2.3.38. Основные параметры ФПУ УФУР01 (ФУЛ113) приведены в табл. 2.3.40, а внешний вид – на рис. 2.3.39.

Применение. Системы ориентации, лазерной локации и дальнометрии.

Таблица 2.3.40. Основные параметры ФПУ типа ФУР124М, ФУР124М-01, ФУР124М-02, ФУР127 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	
	наружние ФЧЭ	внутренние ФЧЭ
Количество элементов	4	4
Область спектральной чувствительности, мкм	0,6–1,1	
Рабочая длина волны, мкм	1,06	
Диаметр ФЧЭ, мм	10	2
Монохроматическая вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$1{,}0\cdot10^{4}$	
Разброс вольтовой монохроматической импульсной чувствительности между площадками, %, не более	15	
Пороговая чувствительности к импульсному излучению ($t_{имп}$ = 20 нс, при отношении $V_с/V_ш$ = 1), Вт, не более	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$0{,}6\cdot10^{-7}$
Динамический диапазон выходных сигналов от уровня шума, дБ, не менее	57	70
Динамический диапазон в режиме «ослаблено»	57	100
Тип выходного сигнала	аналоговый	
Напряжение питания электронного тракта, В	±12	
Напряжение питания фотодиода, В	–200±10	
Диапазон рабочих температур, °С	–40…+50	
Габаритные размеры, мм	∅ 24 × 20 и ∅ 25 × 17 (ФУР127)	
Масса, г, не более	30	



Внешний вид ФПУ ФУР124 и ФУР127

Рис. 2.3.39. Внешний вид ФПУ ФУР124М и ФУР127

2.3.3.2.4. Фотоприемное устройство «Сектор-2В» [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Четырехканальное фотоприемное устройство «Сектор 2В» предназначено для регистрации импульсного лазерного излучения в диапазоне 0,6–1,1 мкм в условиях фоновой засветки.

В состав ФПУ входят: 4-элементный кремниевый *pin*-фотодиод с квадрантным расположением ф. ч. э., 4 предварительных усилителя и ключевая схема ВАРУ. Фоточувствительный элемент фотодиода представляет собой концентрическую окружность, разделенную на четыре одинаковых сектора. ФПУ размещено в нестандартном герметичном металлостеклянном корпусе. Основные параметры ФПУ «Сектор В» приведены в табл. 2.3.41, а внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.3.40.

Применение. Системы ориентации, лазерной локации и дальнометрии.

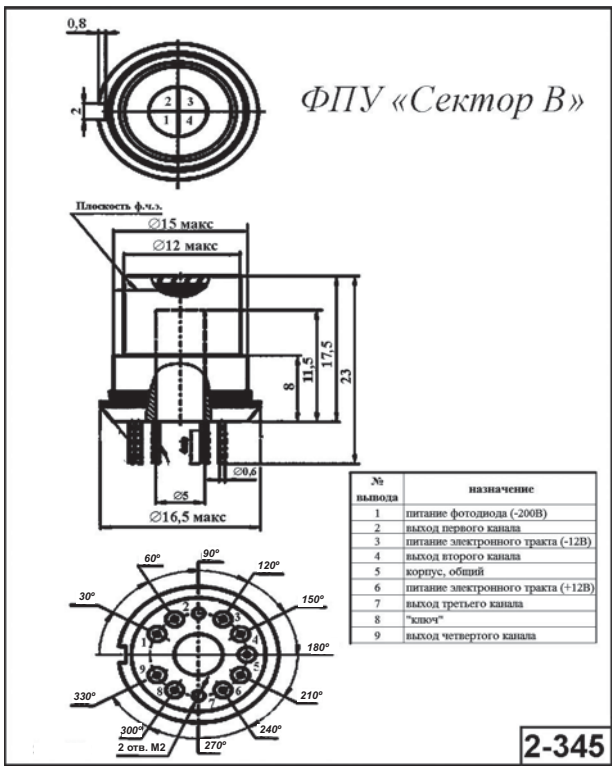


Рис. 2.3.40. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Сектор 2В»

Таблица 2.3.41. Основные параметры ФПУ «Сектор 2В» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9
Диаметр фоточувствительной зоны, мм	6,0
Количество фоточувствительных элементов	4
Межэлементный зазор между ФЧЭ, мм	0,1
Порог чувствительности, Вт, не более	$1\cdot10^{-7}$
Порог чувствительности на фоне (мощность «фон/ФЧЭ» – не более $5\cdot10^{-7}$ Вт), Вт, не менее	$1{,}8\cdot10^{-7}$
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$1\cdot10^{4}$
Параметры выходного импульса:	
–полярность	отрицательная
–длительность по уровню 0,5, мкс	1–3
–длительность переднего фронта, нс, не более	100
Коэффициент ступенчатого снижения чувствительности, %	10–25
Разброс между каналами, %, не более	4
Напряжение питания, В	усилит. ±12, фотодиод (–180)
Ток потребления, мА, не более	усилит. 3,5, фотодиод (1,0)
Диапазон рабочих температур, °С	–40…+40
Габаритные размеры, мм	∅ 16,5 × 23
№ рисунка	2-345

2.3.3.2.5. Фотоприемные устройства ФПУ-23, ФПУ-24Н [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Четырехканальные фотоприемные устройства ФПУ-23 и ФПУ-24Н предназначены для регистрации импульсного лазерного излучения в диапазоне 0,6–1,1 мкм в условиях фоновой засветки.

В состав ФПУ-23 входят: одноэлементный кремниевый *pin*-фотодиод и схема усиления и обработки сигнала.

В состав ФПУ-24Н входят: 4-элементный Si *pin*-фотодиод с квадрантным расположением ф. ч. э., 4 предварительных усилителя и ключевая схема ВАРУ.

Фотоприемные устройства размещены в нестандартных металлостеклянных корпусах.

Основные параметры ФПУ-23 и ФПУ-24Н приведены в табл. 2.3.42, а внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.3.41 и 2.3.42.

Применение. Системы ориентации, лазерной локации и дальнометрии.

Таблица 2.3.42. Основные параметры ФПУ-23 и ФПУ-24Н при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ФПУ-23	ФПУ-24Н
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,9–1,064	0,4–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9	0,8–0,9
Диаметр фоточувствительной зоны, мм	н/д	5
Количество фоточувствительных элементов	1	4
Длительность импульса засветки, нс	10 (λ = 1,06 мкм)	20
Порог чувствительности, Вт, не более	$5\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-7}$
Динамический диапазон по мощности, дБ	80	43
Амплитуда импульсов на выходе при засветке импульсным излучением, В, не менее ($R_н$ = 300 Ом)	2,4 ($P = 3{,}7\cdot10^{-9}$ Вт)	–
Временной сдвиг выходного электрического импульса, нс	6	–
Напряжение питания, В	усилит. ±6,3; фотодиод (–150...390)	усилит. 12; фотодиод (–55)
Ток потребления, мА, не более	усилит. ±30; фотодиод (0,1)	усилит. 20; фотодиод (0,25)
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+55	–60...+85
Габаритные размеры, мм, не более	60 × 33 × 12	∅ 34 × 15
Масса, г, не более	30	30
№ рисунка	2-346	2-347

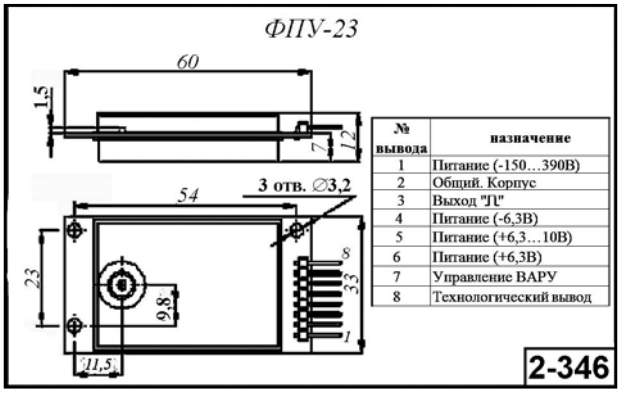


Рис. 2.3.41. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-23

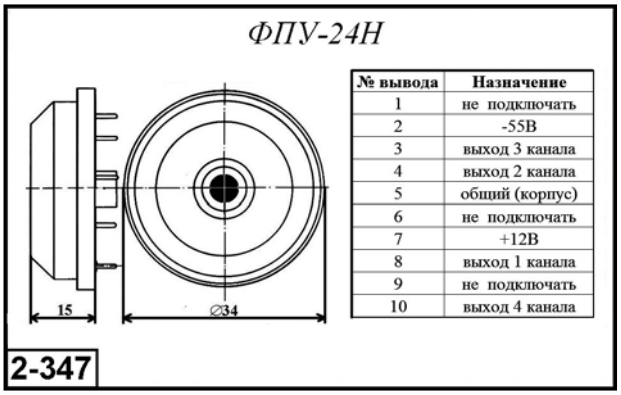


Рис. 2.3.42. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-24Н

2.3.3.2.6. Фотоприемные устройства УФУО02, УФУР-04, УФУР4, ФОН-2, ФУЛ-116, ФУЛ-117, ФУЛ-118, ФУЛ-119, ФУО-113, ФУО-136, ФУР136М, ФУО-146, ФУО-156 [Δλ = 0,4–1,1 мкм]

Фотоприемные устройства предназначены для регистрации импульсного лазерного излучения в диапазоне 0,4–1,1 мкм. Краткая характеристика и области применения ФПУ приведены в табл. 2.3.43, а некоторые параметры – в табл. 2.3.44.

Таблица 2.3.43. Краткая характеристика и области применения УФУО02, УФУР-04, УФУР4, ФОН-2, ФУЛ-116, ФУЛ-117, ФУЛ-118, ФУЛ-119, ФУО-113, ФУО-136, ФУР136М, ФУО-146, ФУО-156

Тип ФПУ	Область применения. Краткая характеристика
УФУО02	Одноканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. Термостабилизация ФД, ВАРУ, один предусилитель, линейный выход. Нестандартный 8-выводной герметичный металлостеклянный корпус
УФУР-04	Четырехканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. ВАРУ, 4 ключа, 4 предусилителя и 4 линейных выхода. Нестандартный 13-выводной герметичный металлостеклянный корпус
УФУР4	Восьмиканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. ВАРУ, 4 ключа центральных каналов, 8 предусилителей и 8 линейных выходов. Нестандартный 13-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФОН-2	Одноканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. Термостабилизация ФД, ВАРУ, один предусилитель, линейный выход. Нестандартный 8-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФУЛ-116	Четырехканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. 4 двухступенчатых ВАРУ, 4 ключа, 4 предусилителя, 4 линейных выхода. Нестандартный 24-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФУЛ-117	Пятиканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. 5 ВАРУ, 5 предусилителей, 5 линейных выходов. Нестандартный 15-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФУЛ-118	Четырехканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. По два дифференциально включенных фотодиода. Плоский угол зрения 180°. 4 предусилителя, 4 биполярных импульсных выхода. Нестандартный 10-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФУЛ-119	Четырехканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. Широкая полоса пропускания, самотестирование, синхронный детектор, 4 предусилителя, 4 линейных выхода
ФУО-113	Одноканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. Три каскада ВАРУ, один предусилитель, линейный выход. Нестандартный 10-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФУО-136	Одноканальное ФПУ для измерения мощности импульсного лазерного излучения. Один предусилитель, линейный выход. Нестандартный 4-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФУР136М	Восьмиканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. ВАРУ, 4 ключа центральных каналов, 8 предусилителей и 8 линейных выходов. Нестандартный герметичный металлостеклянный корпус
ФУО-146	Одноканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. ВАРУ, один предусилитель, линейный выход. Нестандартный 7-выводной герметичный металлостеклянный корпус
ФУО-156	Одноканальное ФПУ для регистрации импульсного лазерного излучения. Один предусилитель, один линейный выход. Нестандартный герметичный металлостеклянный корпус

Таблица 2.3.44. Основные параметры ФПУ УФУО02, УФУР-04, УФУР4, ФОН-2, ФУЛ-116, ФУЛ-117, ФУЛ-118, ФУЛ-119, ФУО-113, ФУО-136, ФУР136М, ФУО-146, ФУО-156

Тип ФПУ	Область спектральной чувствительности, Δλ, мкм	Тип фотодиода	Размеры ф. ч. э., мм	Кол-во ф. ч. э. (каналов)	Рабочее напряжение ФПУ, $U_р$, В	Ток потребления ФПУ, $I_{потр}$, мА, не более	Рабочее напряжение фотодиода, $U_{р.фд.}$, В
УФУО02	0,4–1,1	Si pin ФД	∅ 0,45 (0,16 мм^2)	1	–	–	135
УФУР-04	0,4–1,1	Si pin, радиально-секторный	R = 10 (4 мм^2)	4	±12	50	200

Таблица 2.3.44. (окончание)

Тип ФПУ	Область спектральной чувствительности, Δλ, мкм	Тип фотодиода	Размеры ф. ч. э., мм	Кол-во ф. ч. э. (каналов)	Рабочее напряжение ФПУ, $U_р$, В	Ток потребления ФПУ, $I_{потр}$, мА, не более	Рабочее напряжение фотодиода, $U_{р.фд.}$, В
УФУР-4	0,4–1,1	Si pin, радиально-секторный	R = 0,9 (0,45 мм^2) 4 (17,7 мм^2)	4	±12	50	200
ФОН-2	0,4–1,1	Si pin	∅ 0,45 (0,16 мм^2)	1	–	–	135
ФУЛ-116	0,4–1,1	Si pin, радиально-секторный	R = 5 (19,1 мм^2)	4	12,6	150	250
ФУЛ-117	0,4–1,1	Si pin, радиально-секторный	R = 1,15 (0,92 мм^2)	5	±15	–	24
ФУЛ-118	0,4–1,1	Si pin матрица	2 × 2,1 (4,2 мм^2)	8	±9	–	150
ФУО-113	0,4–1,1	Si pin	∅ 2 (3,14 мм^2)	1	12	35	250
ФУО-136	0,4–1,1	Si pin барьерный	50	1	12	3	–
ФУР136М	0,6–0,9	Si pin, радиально-секторный	∅ 2 и ∅ 10	8	±12	–	200
ФУО-146	0,4–1,1	Si pin	2,14 × 1,0 (2,14 мм^2)	1	12	24	–
ФУО-156	0,6–0,9	Si pin	∅ 5	1	6,5–10,5	7	–

2.3.3.2.7. Фотоприемное устройство ФПУ-77 [Δλ = 0,4–1,1; $λ_{макс}$ = 0,8–0,92 мкм]

Фотоприемное устройство ФПУ-77 предназначено для регистрации импульсного оптического излучения в диапазоне 0,4–1 мкм.

Состав ФПУ: кремниевый фотодиод и предварительный усилитель.ФПУ размещено в стандартном герметичном металлостеклянном корпусе типа 3101.8-8.01. Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.3.3.45. Внешний вид и габаритные размеры и схема включения ФПУ-77 даны на рис. 2.3.43 и 2.3.44.

Таблица 2.3.45. Основные параметры ФПУ-77 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,1
Рабочий диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,8–0,92
Размер фоточувствительного элемента, мм	0,8 × 1,5
Длительность входного импульса по уровню 0,5, нс	115 (ном.)
Длительность выходного импульса по уровню 0,5, нс	500
Импульсная интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$2 \cdot 10^6$
Пороговая импульсная чувствительность, Вт, не более	$3 \cdot 10^{-8}$
Напряжение питания, В	9±0,9

Таблица 2.3.45. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Ток потребления мА, не более	6
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+85
Габаритные размеры, мм	∅ 9,5 × 4,8
Масса, г, не более	2
№ рисунка	2-348

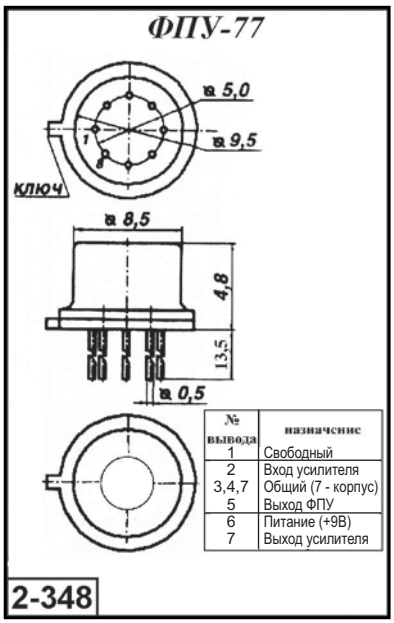


Рис. 2.3.43. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-77

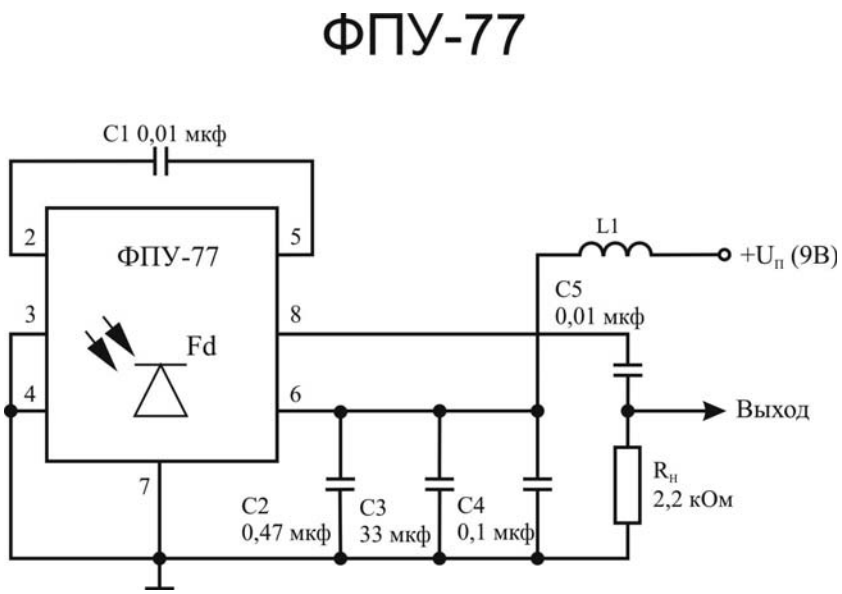


Рис. 2.3.44. Схема включения ФПУ-77

2.3.3.3. Фотоприемные устройства для регистрации модулированного потока излучения

2.3.3.3.1. Фотоприемные устройства ФПУ113У-01(02) [Δλ= 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм]

Фотоприемные устройства ФПУ113У-01 и ФПУ113У-02, именуемые изготовителем фотомикросхемами, предназначены для регистрации модулированного и немодулированного потоков излучения в диапазоне 0,4–1,1 мкм.

Оба устройства, являясь функциональными аналогами, реализованы по гибридной технологии на базе кремниевых фотодиодных структур p^+-n-n^+-типа с фоточувствительной площадью 0,5 мм^2 и 3,2 мм^2 соответственно и кристалла бескорпусного сдвоенного операционного усилителя типа LM358. ФПУ размещены в стандартном металлостеклянном корпусе типа ТО99.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.3.46. Внешний вид ФПУ и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.3.45. Принципиальная электрическая схема ФПУ – на рис. 2.3.46.

Изготовителем предлагаются несколько вариантов схем включения ФПУ с использованием внешних навесных элементов. Схемы включения ФПУ приведены на рис. 2.3.47 и 2.3.47а.

Таблица 2.3.46. Основные параметры ФПУ113У-01 и ФПУ113У-02 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ФДО113У-01	**ФДО113У-02**
Площадь фоточувствительного элемента, мм^2	0,5	3,2
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,1	
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,9	
Полоса пропускания электронного тракта, кГц	55–59	70–77
Величина сопротивления в цепи обратной связи, $R_{ос}$, МОм	1,0	
Величина емкости в цепи обратной связи, $C_{ос}$, пф	2,2	3,3
Коэффициент усиления электронного тракта с разомкнутой петлей обратной связи, дБ	88 (тип)	
Токовая монохроматическая чувствительность, А/Вт	0,54–0,6 (λ = 0,87 мкм) (для фотодиода)	
Удельная обнаружительная способность, $D{\cdot}\lambda_{max}$, см$^2{\cdot}$Гц$^{1/2}{\cdot}$Вт$^{-1}$	2,2·10^{13} (для фотодиода)	
Вольтовая монохроматическая чувствительность, В/Вт, не менее	н/д	
Максимальное выходное напряжение, В	$U_п$ – 1,3	
Напряжение питания электронного тракта		
–однополярное, В	3,2–32	
–двухполярное, В	±(1,6–16)	
Ток потребления, мА	4	
Напряжение смещения фотодиода, $U_{см}$, В:	5–40	
Диапазон рабочих температур, °С	0…+70	
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 9,2 × 4,2	
Масса, г, не более	3	
№ рисунка	2-349	

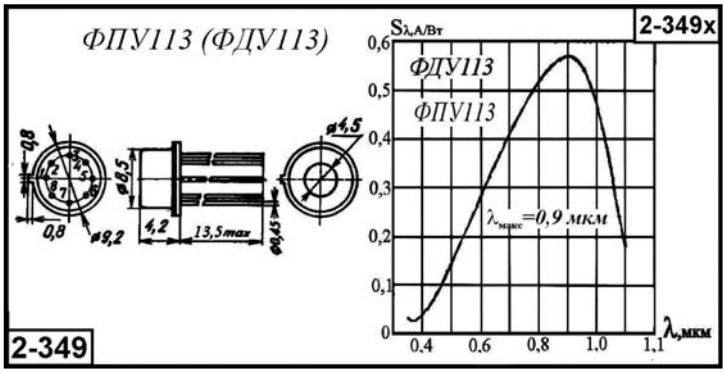
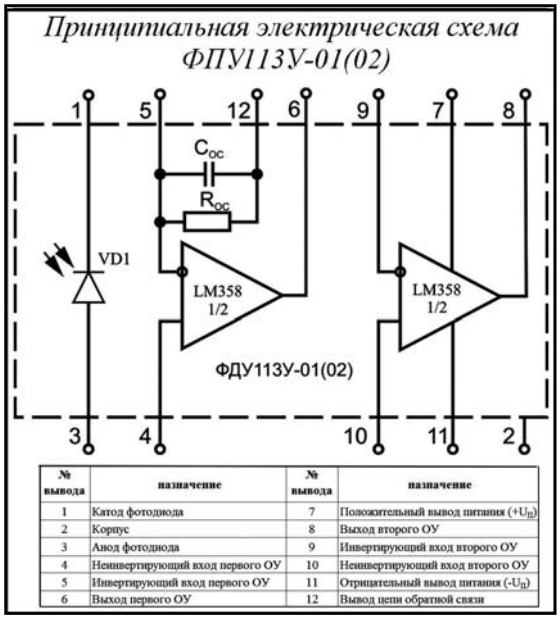


Рис. 2.3.45. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ113У-01(02)



№ вывода	назначение	№ вывода	назначение
1	Катод фотодиода	7	Положительный вывод питания (+$U_п$)
2	Корпус	8	Выход второго ОУ
3	Анод фотодиода	9	Инвертирующий вход второго ОУ
4	Неинвертирующий вход первого ОУ	10	Неинвертирующий вход второго ОУ
5	Инвертирующий вход первого ОУ	11	Отрицательный вывод питания (-$U_п$)
6	Выход первого ОУ	12	Вывод цепи обратной связи

Рис. 2.3.46. Принципиальная электрическая схема ФПУ113У-01(02)

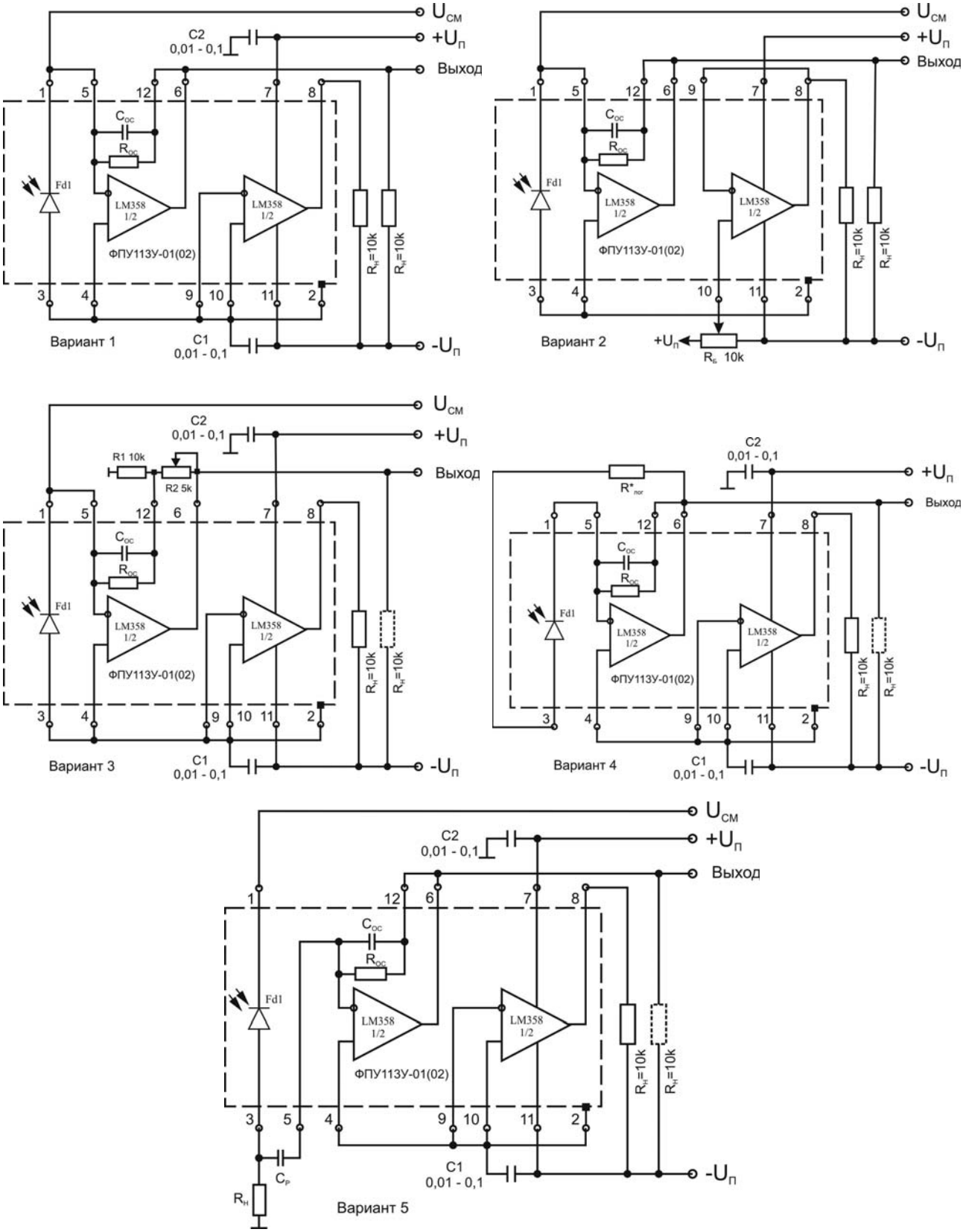


Рис. 2.3.47. Варианты включения фотоприемных устройств ФПУ113У-01 (02)
Вариант 1. Базовая схема включения ФПУ113У
Вариант 2. Схема включения ФПУ113У с компенсацией темновой ошибки
Вариант 3. Схема включения ФПУ113У с регулируемой чувствительностью
Вариант 4. Схема включения ФПУ113У с логарифмированием выходного сигнала
Вариант 5. Схема включения ФПУ113У при регистрации модулированного потока излучения

2.3.3.3.2. Двухканальные фотоприемные устройства ФПУ-КИ-2 и ФПУ-М [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,6–0,9 мкм]

Двухканальные фотоприемные устройства ФПУ-КИ-2 и ФПУ-М предназначены для регистрации модулированного потока излучения в диапазоне 0,6–0,9 мкм. ФПУ-КИ-2 и ФПУ-М имеют два идентичных канала, состоящих из независимых фоточувствительных элементов, усилителей и согласующих каскадов.

ФПУ-КИ-2 выполнено в корпусе цилиндрической формы, в торцевой части которого размещены фоточувствительные элементы.

ФПУ-М выполнено по гибридно-интегральной технологии. Усилитель размещен на стеклянной подложке, являющейся входным окном для оптического излучения.

Области применения: интерферометры, навигационные системы; датчики угловых перемещений; метрология; спектрометрия.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.3.47. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ даны на рис. 2.3.48.

Таблица 2.3.47. Основные параметры ФПУ-КИ-2 и ФПУ-М при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра	
	ФПУ-КИ-2	ФПУ-М
Размеры фоточувствительного элемента, мм	1 × 0,08	1 × 0,08
Число каналов	2	2
Рабочий спектральный диапазон, мкм	0,6–0,9	0,6–0,9
Интегральная вольтовая чувствительность (λ = 0,63 мкм), В/Вт	$2{,}5\cdot10^5$	$1\cdot10^6$
Диапазон рабочих частот модуляции излучения, Гц	$60–0{,}8\cdot10^6$	$50–2{,}5\cdot10^6$
Отношение сигнал/шум на выходе, не менее	35	15
Напряжение питания, В	12	±5
Ток потребления, мА, не более	6	±2
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+55	–60...+85
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	17 × 7,7 × 8,5	∅ 13 × 34
Масса, г	н/д	н/д
№ рисунка	2-350	2-351

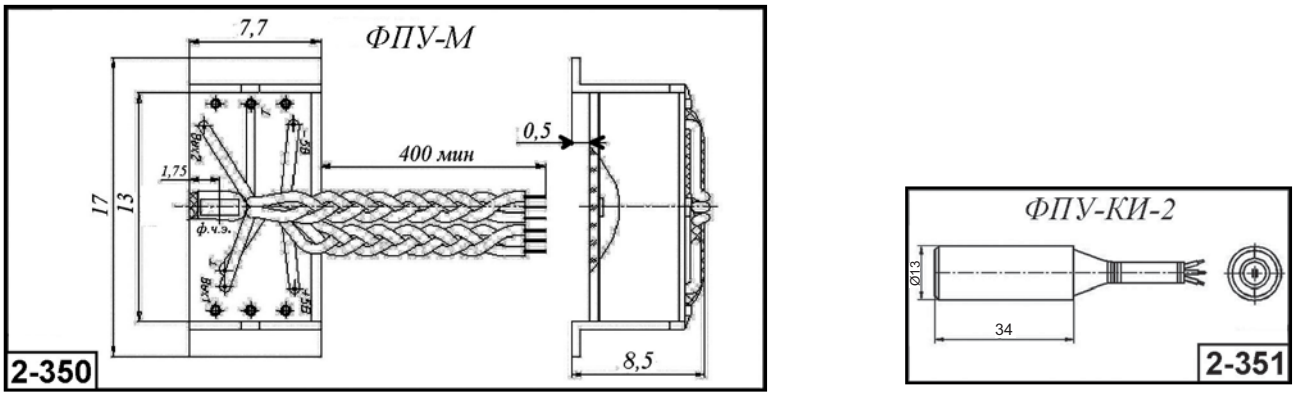


Рис. 2.3.48. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-КИ-2 и ФПУ-М

2.3.3.3.3. Фотоприемное устройство «Тень» [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,4–1,1 мкм]

Двухканальное фотоприемное устройство «Тень» предназначено для регистрации модулированного потока излучения в диапазоне 0,4–1,1 мкм.

Состав ФПУ: два кремниевых фотодиода и два широкополосных операционных усилителя, размещенных в стандартном металлостеклянном корпусе типа ТО-5 с входным окном.

В ФПУ предусмотрена регулировка полосы пропускания и коэффициента усиления, которая осуществляется четырьмя внешними резисторами, размещенными на печатной микроплате. Прибор отличается повышенной устойчивостью к механическим воздействиям – к ударам до 200g и вибрации до 30g.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.3.48. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ даны на рис. 2.3.49.

Таблица 2.3.48. Основные параметры ФПУ «Тень» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Рабочий спектральный диапазон, мкм	0,4–1,1
Количество фоточувствительных элементов	2
Полоса пропускания электронного тракта, Гц	10 Гц – 2,5 МГц
Чувствительность, S_U при $U_{пит}$ = ±15 В, $R_н$ = 2 кОм, $C_н$ = 75 пФ, В/Вт	$1{,}5 \cdot 10^7$
Коэффициент фотоэлектрической связи между каналами, %	3
Среднее квадратичное значение шумового сигнала на выходе при отсутствии засветки в полосе частот 10 Гц–2,5 мГц, мВ	1,6
Напряжение питания, В	±(3–18)
Потребляемый ток, мА, не более	15
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+95
Габаритные размеры (без микроплаты), мм, не более	∅ 9,2 × 4,8
Масса, г, не более	2,5
№ рисунка	2-352



Рис. 2.3.49. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Тень»

2.3.3.4. Фотоприемные устройства систем дистанционного управления для диапазона 0,4–1,1 мкм

2.3.3.4.1. Фотоприемное устройство ФУО-149 [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,65–1,1 мкм]

Одноканальное фотоприемное устройство ФУО-149 предназначено для регистрации ИК-излучения в системах дистанционного управления, работающих в диапазоне 0,65–1,1 мкм. ФПУ реализовано на основе кремниевого *pin*-фотодиода и предварительного усилителя – формирователя сигнала. На выходе ФПУ формируется стандартный TTL (прямой и инверсный), пригодный для дальнейшей обработки.

ФПУ размещено в оригинальном герметичном металлостеклянном корпусе. Прибор снабжен светофильтром из стекла КС-19.

Внешний вид и габаритные размеры ФПУ ФУО-149 приведены на рис. 2.3.50. Основные параметры даны в табл. 2.3.49.

Таблица 2.3.49. Основные параметры фотоприемного устройства ФРО-149 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Рабочий спектральный диапазон, мкм	0,65–1,1
Размеры фоточувствительного элемента, мм	2,5 × 2
Плоский угол зрения, град, не менее	120
Рабочий диапазон мощности оптического импульса излучения, мкВт	0,1–1000
Минимальная длительность импульса оптического излучения, мкс	10
Скважность импульсов оптического излучения, не менее	8
Выходное напряжение (ток) логического нуля, В (мА), не более	0,4 (2)
Динамический диапазон, Вт	10^{-7}–10^{-2}
Фоновая засветка входного окна, лк, не более	500
Рабочее напряжение, В	5±10%
Ток потребления, мА, не более	5
Диаметр входного окна, мм	5
Габаритные размеры, мм, не более	∅18 × 11
Масса, г, не более	4
№ рисунка	2-353

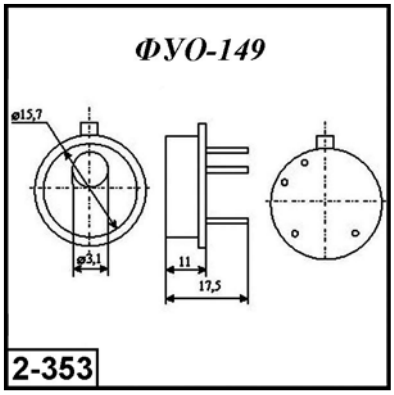


Рис. 2.3.50. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ ФУО-149

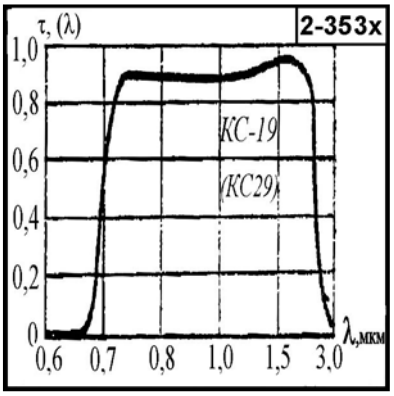


Рис. 2.3.50а. Спектральная характеристика фильтра КС-19 (КС29)

2.3.3.4.2. Фотоприемные устройства ILMS5360, ILMS5380, ILOP1836, ILOP1836SS, ILOP1838, ILOP1838SS [$\Delta\lambda_{раб}$ = 0,83–1,1 мкм]

Фотоприемные устройства ILMS5360, ILMS5380, ILOP1836 и ILOP1838 предназначены для регистрации ИК-излучения в системах дистанционного управления, работающих в диапазоне 0,83–1,1 мкм.

Состав ФПУ: кремниевый *pin*-фотодиод, предусилитель-формирователь сигнала, а также внутренний полосовой фильтр, необходимый для выделения поднесущей (PCM) частоты 36 кГц (ILMS5360, ILOP1836) или 38 кГц (ILMS5380, ILOP1838). На выходе ФПУ формируется стандартный TTL-сигнал, пригодный для дальнейшей обработки микроконтроллером.

Корпус ФПУ выполнен из черной пластмассы, представляющей собой светофильтр высокой прозрачности для ИК-излучения с длиной волны 0,95... 0,96 мкм.

Фотоприемные устройства ILMS5380 и ILMS5360 являются прямыми аналогами ФПУ типа TFMS5360 и TFMS5380 фирмы Temic, а ФПУ ILOP1836, ILOP1838 являются функциональными аналогами TSOP1836/1838, TSOP1836SS3V/1838SS3V фирмы Vishay Telefunken.

Функциональная схема ФПУ приведена на рис. 2.3.51. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ ILMS5360, ILMS5380, ILOP1836 и ILOP1838 приведены на рис. 2.3.52. Схема включения и форма сигнала на выходе ФПУ приведены на рис. 2.3.53, а «угловая» характеристика ФПУ ILMS5360, ILMS5380 – на рис. 2.3.54.

Основные параметры ФПУ ILMS5360, ILMS5380 приведены в табл. 2.3.50.

Таблица 2.3.50. Основные параметры ФПУ ILMS5360, ILMS5380 при температуре 20±5 °C

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра					
	ILMS5360	ILMS5380	ILOP1836	ILOP1838	ILOP1836SS	ILOP1838SS
Область спектральной чувствительности, мкм	0,83...1,1					
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,95		0,96 раб			
Угол обзора, град, не менее						
–по вертикали	±40		±45			
–по горизонтали	±45		±45			
Минимальная плотность излучения на входе, мВт/м^2	0,6		0,5			
Максимальная плотность излучения на входе , Вт/м^2	20		30			
Выходное напряжение низкого уровня, В, не более	0,25					
Выходное напряжение высокого уровня, В, не менее	4		4,0		2,5	
Несущая частота сигнала, кГц	36	38	36	38	36	38
Напряжение питания, В	4,5...5,5		4,5...5,5		3...6	
Ток потребления, мА, не более	1,0		1,5		1,0	
Диапазон рабочих температур, °С	–25...+85		0...+85			
Габаритные размеры, мм, не более	10,3 × 12,9× 6,1		6 × 7,1 × 5,6			
Масса, г, не более	2		1			
№ рисунка	2-354		2-354А			

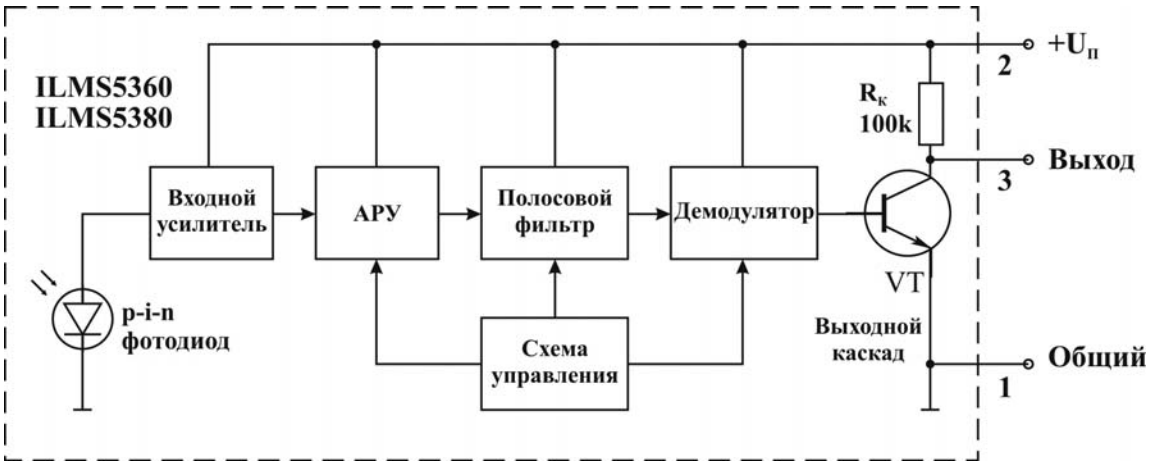
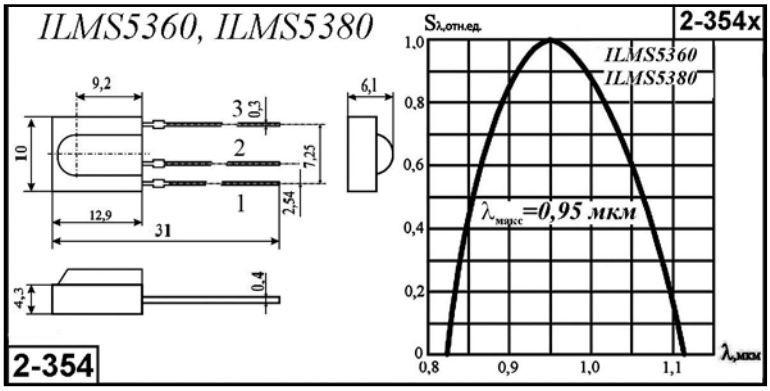


Рис. 2.3.51. Функциональная схема ФПУ ILMS5360, ILMS5380



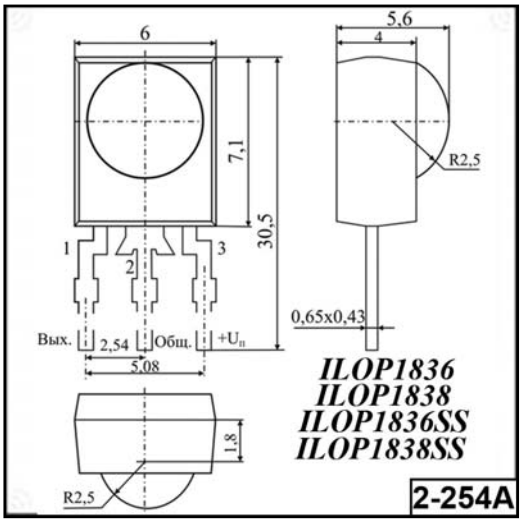
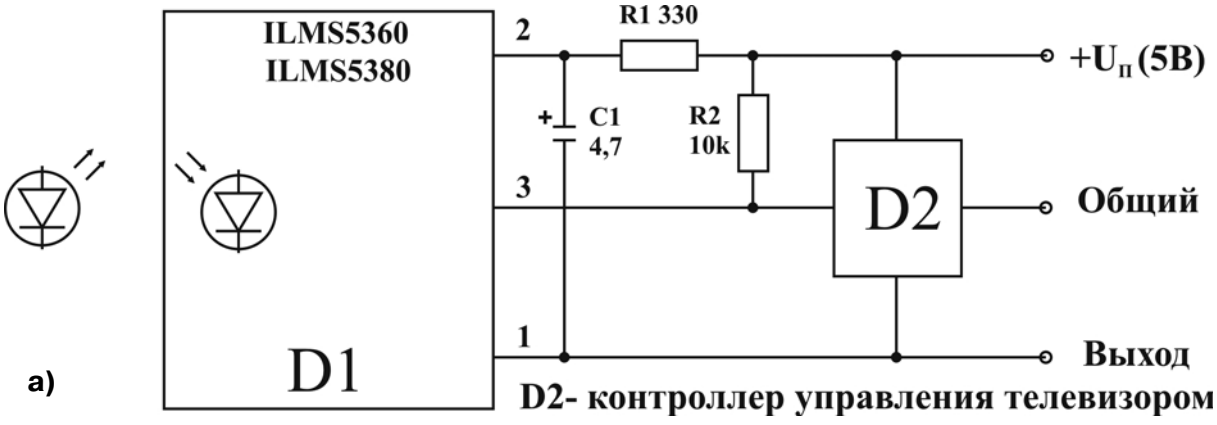


Рис. 2.3.52. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ ILMS5360, ILMS5380, ILOP1836 и ILOP1838



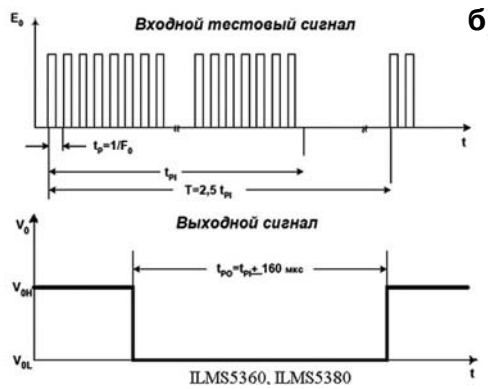


Рис. 2.3.53. Схема включения (а) и форма сигнала(б) на выходе ФПУ ILMS5360, ILMS5380

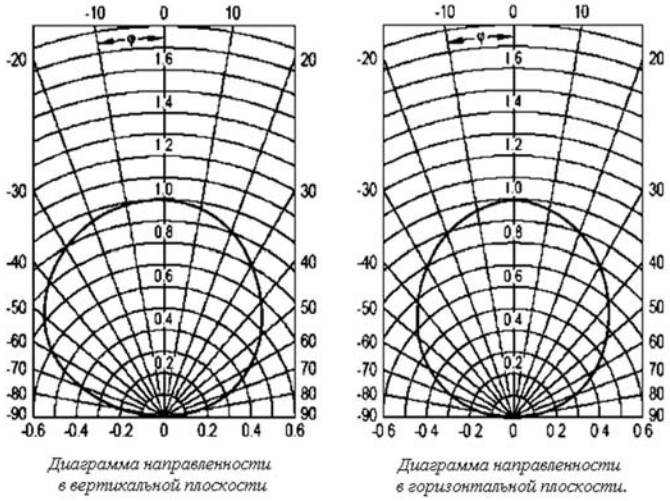


Рис. 2.3.54. Угловая чувствительность ФПУ ILMS5360, ILMS5380

2.3.3.5. Многоканальные фотоприемные устройства

2.3.3.5.1. Многоканальные фотоприемные устройства МФ-6А, МФ-6Б [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85мкм]

Многоканальные фотоэлектрические МДП-фотодиодные приемные устройства МФ-6А, МФ-6Б предназначены для преобразования оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,35 до 1,1 мкм в электрические, их усиления, хранения и считывания произвольной выборкой в составе различной оптико-электронной аппаратуры.

ФПУ выполнены в стандартном 48-выводном металлокерамическом корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Организация ФПУ. Фотоприемные устройства представляют собой матрицу 16 × 16 интегральных кремниевых фотоприемных ячеек с электронной схемой усиления и управления в каждой ячейке. Выбор информации произвольный, число разрядов 16. Информационная емкость 256 ячеек. Допускается не более двух неработающих ячеек.

Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ приведены на рис. 2.3.55. Основные параметры ФПУ – в табл. .2.3.51. Назначение выводов дано в табл. 2.3.51а. На рис. 2.3.56 приведена «цоколевка» кристалла ФПУ.

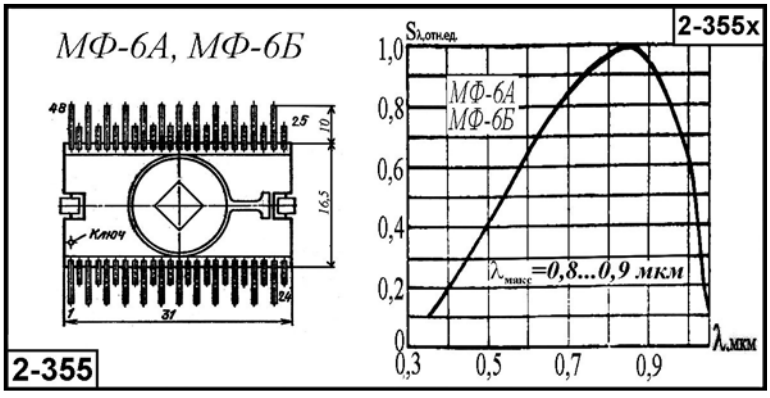
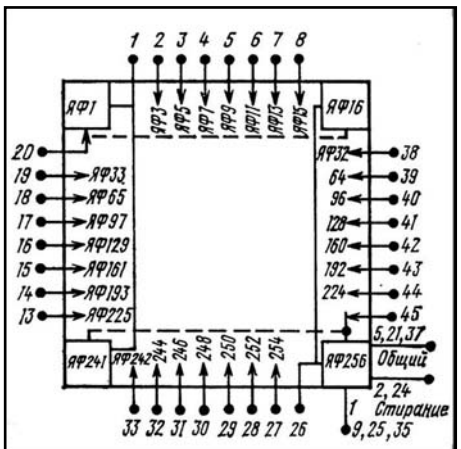


Рис. 2.3.55. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ МФ-6А, МФ-6Б



Вывод	Назначение
1, 33, 2, 32, 3, 31, 4, 30, 5, 29, 6, 28, 7, 27, 8, 26	Выходы адресные 1, 2,...15, 16
9 25 35	Минус источника питания
10, 11, 12, 22, 23, 34, 36, 46, 47, 38	Свободные
20, 38, 19, 39, 18, 40, 17, 41, 16, 42, 15, 43, 14, 44, 13, 45	Входы адресные 1, 2,...15, 16
21, 27	Общий

Рис. 2.3.56. «Цоколевка» кристалла ФПУ МФ-6А (Б)

Таблица 2.3.51. Основные параметры ФПУ МФ-6А, МФ-6Б при температуре 20±5°С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра	
	МФ-6А	МФ-6Б
Область спектральной чувствительности, мкм	0,35–1,1	
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8±0,5	
Линейные размеры фоточувствительной площадки каждой фотоприемной ячейки, мм	0,1 × 0,1	
Шаг размещения фоточувствительных элементов, мм	0,25	
Количество ячеек	16 × 16	
Токовая монохроматическая чувствительность, А/Вт, не менее	0,22	
Вольтовая монохроматическая чувствительность, В/Дж, не менее	$1 \cdot 10^{10}$	
Выходное напряжение логического нуля, мВ, не менее	150	300
Выходное напряжение логической единицы, мВ, не более	50	100
Время хранения информации, мкс, не менее	200	
Минимальная длительность импульса считывания, мкс, не более	0,2	
Длительность кадра, мкс	20–250	
Минимальная длительность импульса стирания, мкс, не более	0,2	
Напряжение источника питания, В	–6±5%	
Напряжение смещения подложки, В	5±5%	
Напряжение стирания, В	–12±5%	
Напряжение считывания, В	–12±5%	
Ток потребления, мА, не более	2	
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+80	
Габаритные размеры корпуса ФПУ (без выводов), мм, не более	31 × 16,5 × 3	
Масса, г, не более	5	
№ рисунка	2-355	

Таблица 2.3.51а. Назначение выводов ФПУ МФ-6А (Б)

№ вывода	Назначение
1, 33, 2, 32, 3, 31, 4, 30, 5, 29, 6, 28, 7, 27, 8, 26	Выходы адресные 1, 2, ..., 15, 16
9, 25, 35	Минус источника питания
10, 11, 12, 22, 23, 34, 36, 46, 47, 38	Свободные
20, 38, 19, 39, 18, 40, 17, 41, 16, 42, 15, 43, 14, 44, 13, 45	Входы адресные 1, 2, ..., 15, 16
21, 27	Общий
24	Вход генератора стирания

2.3.3.5.2. Многоканальное фотоприемное устройство МФ-14 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9мкм]

Многоканальное фотоэлектрическое МДП-фотодиодное приемное устройство МФ-14 предназначено для преобразования оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,1 мкм в электрические, их усиления, хранения и считывания произвольной выборкой в составе различной оптико-электронной аппаратуры.

Организация ФПУ. Фотоприемные устройства представляют собой матрицу 32 × 32 интегральных кремниевых фотоприемных ячеек с электронной схемой усиления и управления в каждой ячейке.

В зависимости от способа подачи обратного смещения на фотодиод режим МДП-фотодиода может быть динамическим или статическим. В режиме с динамическим сме-

щением на затвор транзистора VT0 подается напряжение от генератора импульсов, в режиме со статическим смещением на затвор транзистора VT0 подается постоянное напряжение.

Выбор информации произвольный, число разрядов – 32.

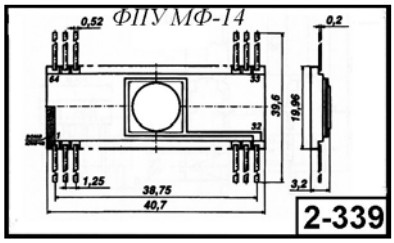
Фотоприемные устройства выпускались в стандартном 64-выводном герметичном металлокерамическом корпусе. Внешний вид ФПУ и электрическая схема одной фотоприемной ячейки приведены на рис. 2.3.57.

Основные параметры ФПУ МФ-14 даны в табл. 2.3.52.

Таблица 2.3.52. Основные параметры ФПУ МФ-14 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9
Линейные размеры фоточувствительной площадки каждой фотоприемной ячейки, мм	0,1 × 0,1
Шаг размещения фоточувствительных элементов на кристалле, мм	0,25
Информационная емкость, ячеек	1024
Токовая чувствительность, А/Дж, не менее	$9{,}6 \cdot 10^{7}$
Порог чувствительности в режиме статического смещения, Дж/яч, не более	$4 \cdot 10^{-16}$
Порог чувствительности в режиме динамического смещения, Дж/яч, не более	$(0{,}7–1{,}2) \cdot 10^{-13}$
Разброс выходных токов фоточувствительных ячеек в режиме динамического смещения, %	3–5
Энергия насыщения, Дж, не менее	$1{,}5 \cdot 10^{-12}$
Динамический диапазон в режиме динамического смещения, дБ	10–20
Время хранения информации, мкс, не менее	200
Напряжение источников питания, В	–6±5%
	–9±5%
Амплитуда напряжения тактовых и управляющих импульсов, В	–12±5%
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+80
№ рисунка	2-339

а)



б)

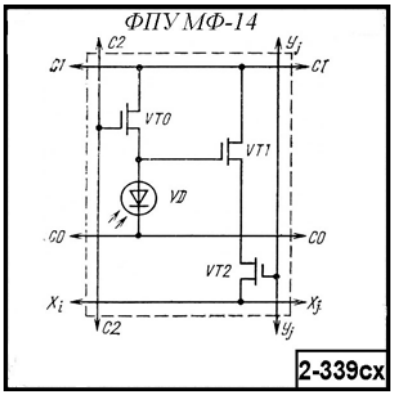


Рис. 2.3.57. Внешний вид (а) и схема ячейки (б) ФПУ МФ-14

2.3.3.5.3. Многоканальные фотоприемные устройства МФ-16А, МФ-16Б, МФ-16В [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,06; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8мкм]

Многоканальные фотоэлектрические МДП-фотодиодные приемные устройства МФ-16А (Б, В) предназначены для преобразования оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,06 мкм в электрические, их усиления, считывания произвольной выборкой и хранения в составе различной оптико-электронной аппаратуры.

Организация ФПУ. Фотоприемные устройства представляют собой матрицу 16 × 16 интегральных кремниевых фотоприемных ячеек с электронной схемой усиления и управления в каждой ячейке.

В зависимости от способа подачи напряжения обратного смещения на фотодиод (импульсного или постоянного) режим работы МДП-фотодиода может быть динамическим или статическим. Преобразование оптической информации в электрический сигнал производится в три последовательных цикла – стирание, запись (накопление) и считывание.

Выбор информации произвольный, число разрядов 16. Информационная емкость 256 ячеек.

Фотоприемные устройства выпускались в бескорпусном исполнении и предназначались для применения в аппаратуре, обеспечивающей их защиту от внешней окружающей среды. Подключение ФПУ к внешним электрическим цепям осуществляется с помощью гибкого шлейфа, имеющего 36 выводов, обозначение которых приведено в табл. 2.3.53.

Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ приведены на рис. 2.3.58. Принципиальная электрическая схема и схема фоточувствительной ячейки ФПУ даны на рис. 2.3.59. Основные параметры ФПУ – в табл. 2.3.54.

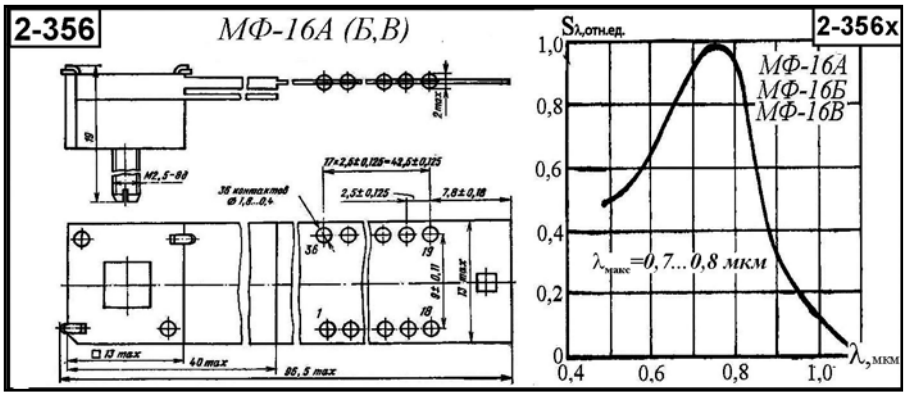
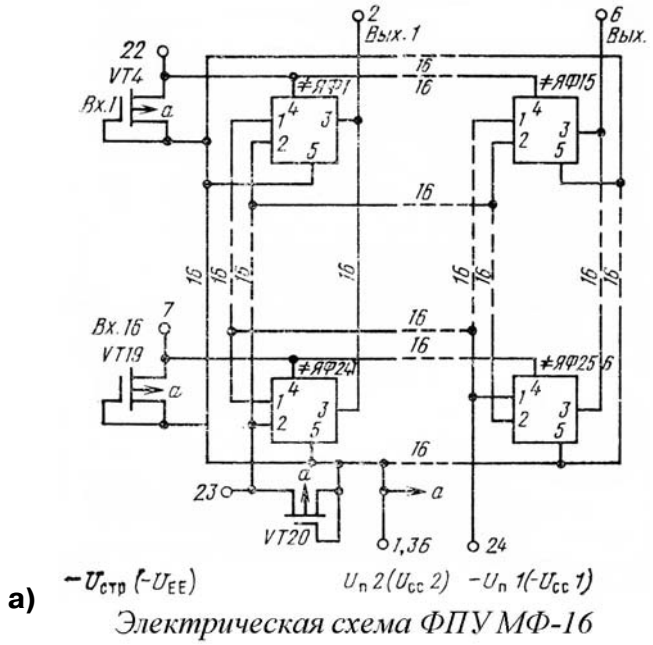
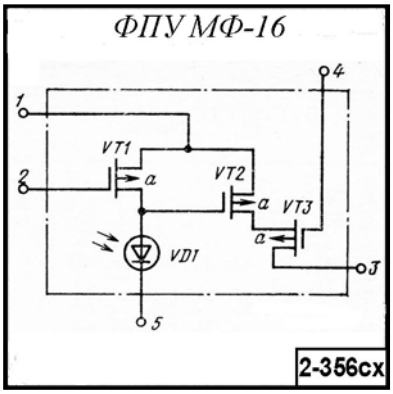


Рис. 2.3.58. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ МФ-16



а) Электрическая схема ФПУ МФ-16



б)

Рис. 2.3.59. Электрическая схема ФПУ МФ-16 (а) и схема фоточувствительной ячейки (б)

Таблица 2.3.53. Назначения выводов ФПУ МФ-16

№ вывода	Назначение	№ вывода	Назначение	№ вывода	Назначение
1	$U_{п2}(U_{СС2})$	13	Вход 10	25	Выход 15
2	Выход 1	14	Вход 9	26	Выход 14
3	Выход 5	15	Вход 8	27	Выход 12
4	Выход 9	16	Вход 7	28	Выход 11
5	Выход 13	17	Вход 6	29	Выход 10
6	Выход 16	18	Вход 5	30	Выход 8
7	Вход 16	19	Вход 4	31	Выход 7
8	Вход 15	20	Вход 3	32	Выход 6
9	Вход 14	21	Вход 2	33	Выход 4
10	Вход 13	22	Вход 1	34	Выход 2
11	Вход 12	23	$-U_{СТР}(-U_{ЕЕ})$	35	Выход 2
12	Вход 11	24	$-U_{П1}(-U_{СС1})$	36	$U_{П2}(U_{СС2})$

Таблица 2.3.54. Основные параметры ФПУ МФ-16 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра		
	МФ-16А	МФ-16Б	МФ-16В
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,06		
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,7–0,8		
Линейные размеры фоточувствительной площадки каждой фотоприемной ячейки, мм	0,1 × 0,1		
Шаг размещения фоточувствительных элементов, мм	0,25		
Количество ячеек	256		
Токовая монохроматическая чувствительность, А/Вт, не менее	$7{,}2 \cdot 10^{7}$		
Вольтовая монохроматическая чувствительность, В/Дж, не менее	$3 \cdot 10^{9}$	$6 \cdot 10^{9}$	$8 \cdot 10^{9}$
Порог чувствительности в режиме динамического смещения, Дж/яч	$(5–7) \cdot 10^{-13}$		
Порог чувствительности в режиме статического смещения, Дж/яч	$6 \cdot 10^{-16}$		
Разброс выходных токов фоточувствительных ячеек в режиме динамического смещения	40–50 мкА или 20–30% от максимального значения		
Энергия насыщения, Дж, не менее	$2{,}5 \cdot 10^{-12}$		
Динамический диапазон в режиме динамического смещения, дБ	3,6–5,0		
Время хранения информации, мкс, не менее	200		
Амплитуда напряжения тактовых и управляющих импульсов (импульсов стирания и считывания), В	–12±10%		
Напряжение смещения подложки, В	–12±5%		
Длительность сигнала считывания, мкс, не менее	0,2		
Длительность сигнала стирания, мкс, не менее	0,2		
Выходное напряжение логического нуля, мВ, не более	–80		
Выходное напряжение логической единицы (при энергии излучения $1 \cdot 10^{-11}$ Дж на длине волны 0,9 мкм), мВ, не более	–20		
Напряжение источников питания, В	–12±2% и –6±5%		
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+70		
Ток потребления, мА, не более	2,5		
Габаритные размеры корпуса ФПУ (без выводов), мм, не более	13 × 40 × 19		

Таблица 2.3.54. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра		
	МФ-16А	МФ-16Б	МФ-16В
Масса, г, не более	10		
№ рисунка	2-356		

2.3.3.5.4. Многоканальное фотоприемное устройство МИФ-15 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,05; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9мкм]

Многоканальное фотоэлектрическое МДП-фотодиодное приемное устройство МИФ-15 предназначено для преобразования оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,35 до 1,05 мкм в электрические, их усиления, хранения и считывания произвольной выборкой в составе различной оптико-электронной аппаратуры.

Организация ФПУ. Фотоприемное устройство представляет собой матрицу 32 × 32 интегральных кремниевых фотоприемных ячеек с электронной схемой усиления и управления в каждой ячейке. Электрическая схема фотоприемной ячейки приведена на рис. 2.3.59.

Количество кристаллов 4. Число фотоприемных ячеек в одном кристалле 256. Выбор информации произвольный, число разрядов 32.

Фотоприемное устройство размещено в герметичном металлостеклянном оригинальном 76-выводном корпусе, имеющем входное окно из кварцевого стекла.

Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приведены на рис. 2.3.60. Назначение выводов ФПУ – в табл. 2.3.55. Основные параметры ФПУ даны в табл. 2.3.56.

Таблица 2.3.55. Назначение выводов ФПУ МИФ-15

Вывод	Назначение
1, 76	Корпус, общий
2, 56, 3, 55, 4, 54, 5, 53, 6, 52, 7, 51, 8, 50, 9, 49, 11, 47, 12, 46, 13, 45, 14, 44, 15, 43, 17, 41, 18, 40	Выходы адресные 1, 2, ..., 31, 32
57, 58, 59, 29	Подложка
75, 21, 74, 22, 73, 23, 72, 24, 71, 25, 70, 26, 69, 27, 68, 28, 67, 30, 66, 31, 65, 32, 64, 33, 63, 34, 62, 35, 61, 36, 60, 37	Входы адресные 1, 2, ..., 31, 32
38, 39, 48	Вход генератора стирания
10, 19, 20	Источники питания U_{cc1}, U_{cc2}, U_{cc3}

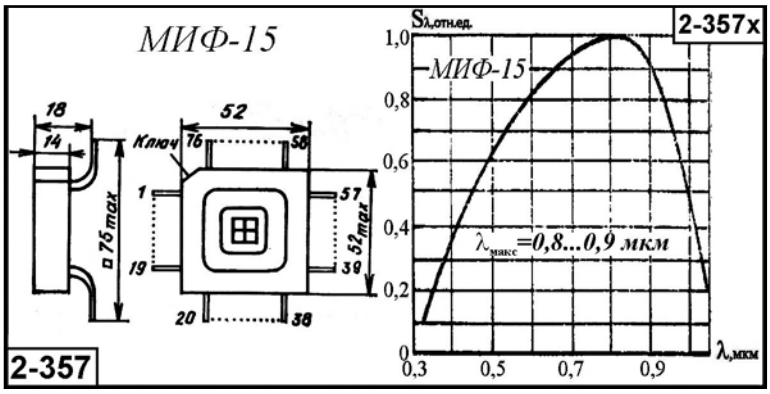


Рис. 2.3.60. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ МИФ-15

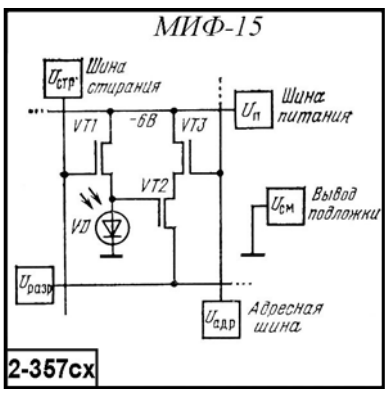


Рис. 2.3.61. Схема фоточувствительной ячейки ФПУ МИФ-15

Таблица 2.3.56. Основные параметры ФПУ МИФ-15 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,35–1,05
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9
Линейные размеры фоточувствительной площадки каждой фотоприемной ячейки, мм	0,1 × 0,1
Шаг размещения фоточувствительных элементов на кристалле, мм	0,25
Количество кристаллов	4
Шаг размещения кристаллов (по фотоокнам), мм	1,5
Количество ячеек	32 × 32
Порог чувствительности на длине волны 0,63 мкм, Дж/яч, не более	$5 \cdot 10^{-12}$
Выходное напряжение логического нуля, мВ, не менее	75
Выходное напряжение логической единицы, мВ, не более	250
Время хранения информации, мкс, не менее	200
Минимальная длительность импульса стирания, мкс	1
Минимальная длительность импульса считывания, мкс	1
Частота повторения импульсов стирания, кГц	5–50
Время считывания слова, мкс, не более	1
Напряжение смещения подложки, В	5±5%
Напряжение питания, В	–6±5%
Ток потребления, мА, не более	10
Диапазон рабочих температур, °С	–40…+40
Габаритные размеры, мм	52 × 52 × 14
Масса, г, не более	250
№ рисунка	2-357

2.3.3.5.5. Многоканальные фотоприемные устройства ФПУ-14А, ФПУ-14Б [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,5; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Многоканальные фотоэлектрические МДП-фотодиодные приемные устройства ФПУ-14А, ФПУ-14Б предназначены для преобразования оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,5 до 1,1 мкм в электрические, их усиления, хранения и считывания произвольной выборкой в составе герметичной оптико-электронной аппаратуры. Выпускались в бескорпусном исполнении.

Организация ФПУ. Фотоприемные устройства представляют собой матрицу 32 × 32 кремниевых фотоприемных ячеек с электронной схемой управления и усиления в каждой ячейке. Расположение фоточувствительных ячеек на кристалле и относительная спектральная характеристика приведены на рис. 2.3.62. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ – на рис. 2.3.63. Схема фоточувствительной ячейки дана на рис. 2.3.64, а схема соединения ячеек – на рис. 2.3.65. Назначение выводов приведено в табл. 2.3.57, а основные параметры ФПУ – в табл. 2.3.58.

Таблица 2.3.57. Назначение выводов ФПУ-14

Вывод	Назначение
1, 35, 52	Источники питания 1, 2, 3
51, 2, 50, 3, 49, 4, 48, 5, 47, 6, 46, 7, 45, 8, 44, 9, 43, 10, 42, 11, 41, 12, 40, 13, 39, 14, 38, 15, 37, 16, 36, 17	Входы адресные 1, 2, …, 31, 32

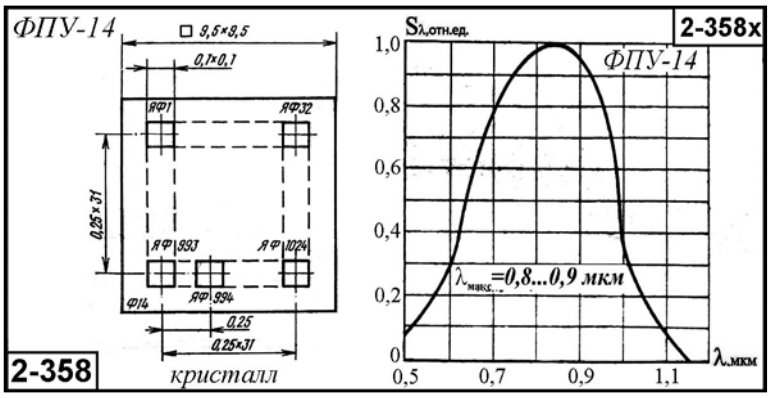


Рис. 2.3.62. Расположение фоточувствительных ячеек и относительная спектральная характеристика ФПУ-14А (Б)

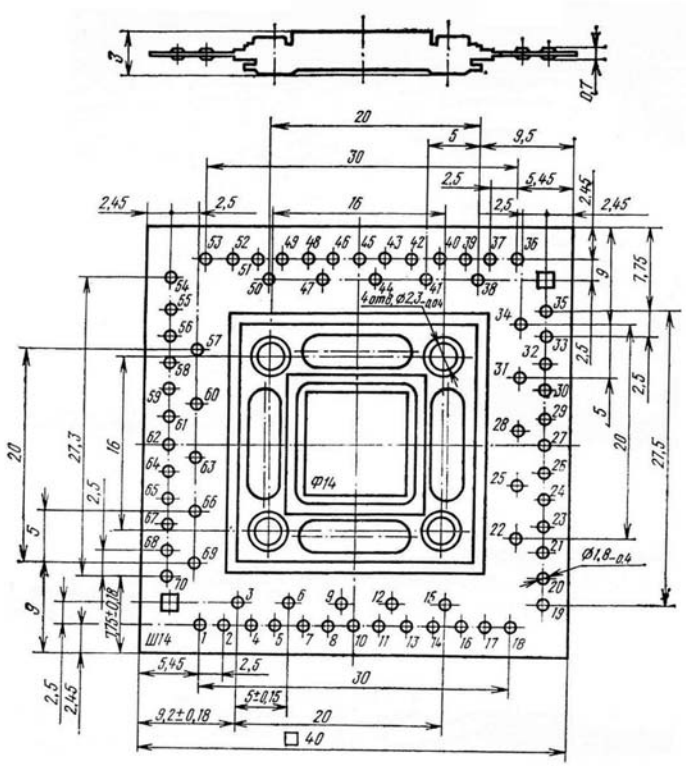


Рис. 2.3.63. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-14А (Б)

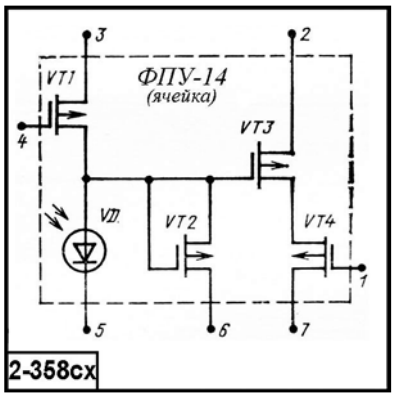


Рис. 2.3.64. Схема фоточувствительной ячейки ФПУ-14

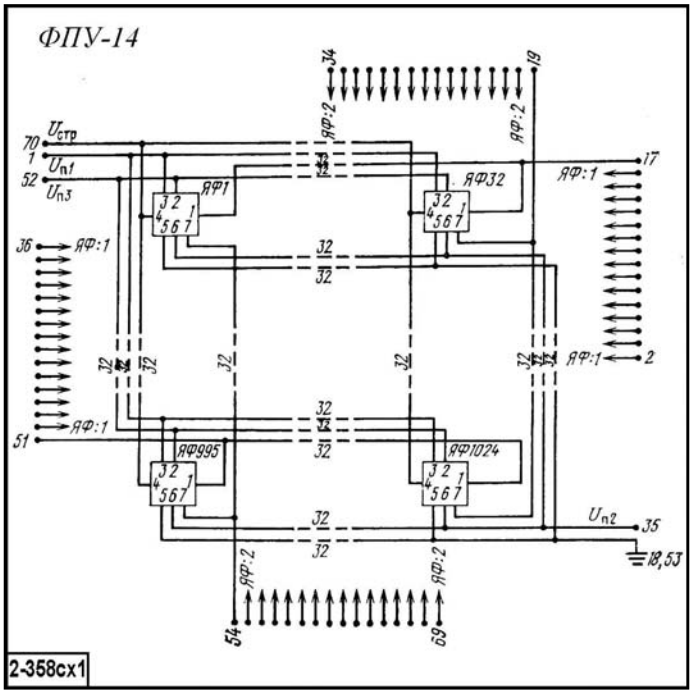


Рис. 2.3.65. Схема соединения фоточувствительных ячеек ФПУ-14

Таблица 2.3.57. (окончание)

Вывод	Назначение
54, 34, 55, 33, 56, 32, 57, 31, 58, 30, 59, 29, 60, 28, 61, 27, 62, 26, 63, 25, 64, 24, 65, 23,66, 22, 67, 21, 68, 20, 69, 19	Выходы адресные 1, 2, …, 31, 32
18, 53	Корпус
70	Вход генератора стирания

Таблица 2.3.58. Основные параметры ФПУ-14 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	
	ФПУ-14А	ФПУ-14Б
Область спектральной чувствительности, мкм	0,5–1,1	
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9	
Линейные размеры фоточувствительной площадки каждой фотоприемной ячейки, мм	$0,1 \times 0,1$	
Шаг размещения фоточувствительных элементов, мм	0,28	
Количество ячеек	32×32	
Формат центральной зоны, яч.	$14 \times 14 = 196$	
Количество неработающих ячеек	0	25 (и 2 в центральной зоне)
Выходной ток ячеек при отсутствии потока излучения в диапазоне спектральной чувствительности, мкА, не менее	150	
Разброс значений выходного тока ячеек при отсутствии потока излучения, %, не более	30	
Токовая монохроматическая чувствительность, А/Дж, не менее	$8 \cdot 10^6$	
Энергия насыщения ячеек, Дж/яч., не более	$5 \cdot 10^{-11}$	
Время хранения информации, с, не менее	$1 \cdot 10^{-4}$	
Коэффициент фотоэлектрической связи между ячейками, %, не более	5	
Минимальное время накопления информации, с, не более	$1 \cdot 10^{-4}$	
Интегральная чувствительность от источника типа «А», А/лм, не менее	$1,2 \cdot 10^3$	
Выбор информации	произвольный	
Число разрядов	32	
Максимальное напряжение сигналов считывания и стирания, В, не более	–12	
Напряжение питания, В	$U_{и.п.1}$ –9,5…–8,6	
	$U_{и.п.2}$ –6,3…–5,7	
	$U_{и.п.3}$ –9,5…–8,6	
Диапазон рабочих температур, °С	–60…+85	
Габаритные размеры, мм	$40 \times 40 \times 3$	
Масса, г	15	
№ рисунка	2-358	

Временные диаграммы управляющих сигналов при различных режимах работы ФПУ-14 приведены на рис. 2.3.66, а основные требования к временным характеристикам управляющих сигналов изложены в табл. 2.3.59.

Таблица 2.3.59. Основные требования к временным характеристикам управляющих сигналов

Параметр	Режим А	Режим Б	Режим В	Режим Г
Длительность импульса излучения, $t_{изл}$, мкс	–	–	0,2–1000	0,2–1000
Длительность периода повторения импульсов излучения, $T_{изл}$, мкс	–	–	$T_{стр}$	$T_{стр}$

Таблица 2.3.59. (окончание)

Параметр	Режим А	Режим Б	Режим В	Режим Г
Длительность импульса стирания, $t_{стр}$, мкс	0,2–5,0	0,2–5,0	0,2–5,0	0,1–5,0
Время накопления заряда, $t_{нак}$, мкс	> 1,0	$1,0+(i-1)t_{сч}$	$t_{изл}$	$t_{изл}$
Длительность импульса считывания, $t_{сч}$, мкс	0,2–10,0	0,2–10,0	0,2–10,0	0,2–10,0
Длительность периода повторения импульсов стирания, $T_{стр}$, мкс	$> t_{стр}+t_{нак}+t_{сч}$	$> t_{стр}+t_{нак}+Nt_{сч}$	$> t_{стр}+t_{изл}+Nt_{сч}$	$> t_{стр}+t_{изл}+t_{сч}$
Длительность периода повторения импульсов считывания, $T_{сч}$, мкс	$NT_{стр}$	$T_{стр}$	$T_{стр}$	$NT_{стр}$

Расшифровка режимов работы ФПУ: режимы А и Б – прием непрерывного излучения; режимы В и Г – прием импульсного излучения; режимы А и Г – режим одноадресного считывания; режимы Б и В – режим многоадресного считывания.

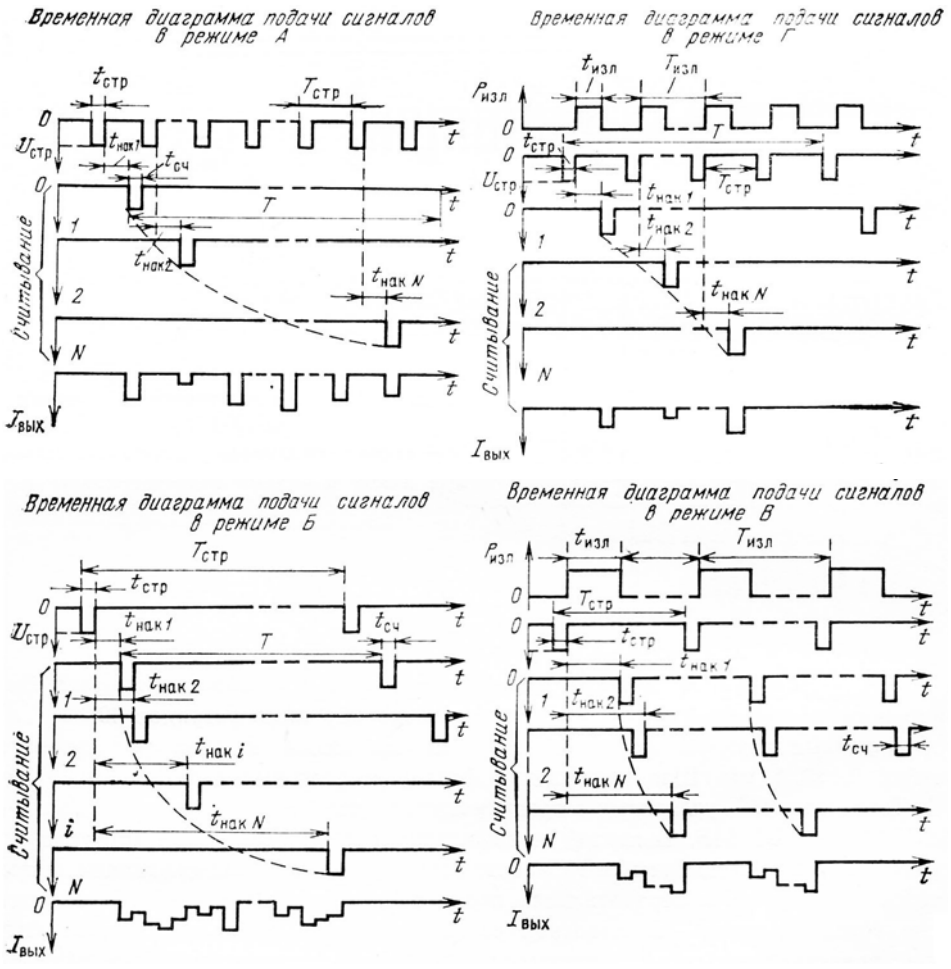


Рис. 2.3.66. Временные диаграммы управляющих сигналов при различных режимах работы ФПУ-14

2.3.3.5.6. Многоканальное фотоприемное устройство ФПУ-36 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9мкм]

Многоканальное фотоэлектрическое МДП-фотодиодное приемное устройство ФПУ-36 предназначено для преобразования оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,4 до 1 мкм в электрические и их последовательного считывания. Оно может использоваться в системах фотоэлектрической автоматики, акусто-оптико-электронных системах обработки информации, системах технического зрения промышленных роботов и в читающих автоматах.

Организация ФПУ. Фотоприемное устройство представляет собой 128-элементную линейную структуру интегральных фотоприемных ячеек с электронной схемой усиления и управления. Структурная схема ФПУ приведена на рис. 2.3.67. Электрическая схема фотоприемной ячейки дана на рис. 2.3.68. Внешний вид и относительная спектральная характеристика ФПУ-36 – на рис. 2.3.67.

По цепям управления и выходным шинам ячейки объединены в четыре независимые и раздельно управляемые секции сканирования, имеющие отдельные выходы (Вых1 – Вых4) и включающие в себя соответственно ячейки с 1 по 32, с 33 по 64, с 65 по 96, с 97 по 128. Каждая секция управляется двумя цифровыми сдвиговыми регистрами, предназначенными: один – для стирания информации, другой – для считывания информации на выход. Управление от двух регистров позволяет регулировать время накопления заряда на емкости фотодиодов путем изменения времени задержки между запуском стирающего и считывающего регистров, не меняя частоты сканирования. Секции могут использоваться как независимые 32-элементные ФПУ.

Фотоприемное устройство выпускалось в стандартном 48-выводном металлокерамическом корпусе, имеющем стеклянное входное окно. Основные параметры ФПУ-36 приведены в табл. 2.3.60.

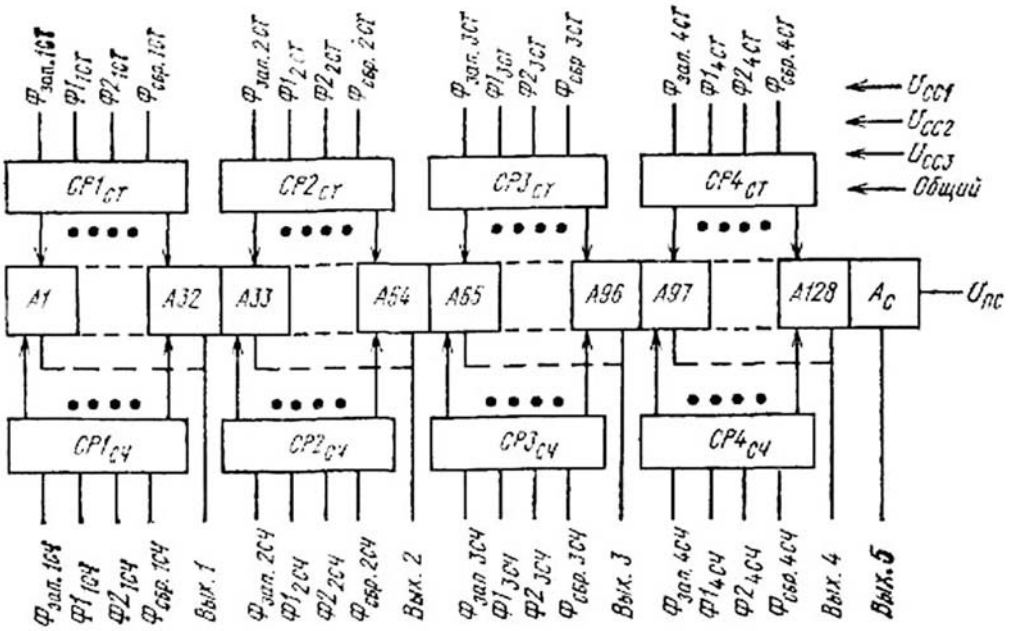


Рис. 2.3.67. Структурная схема ФПУ-36

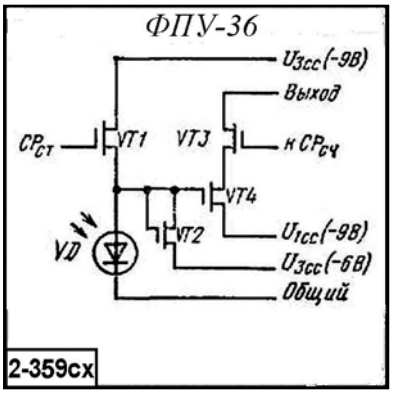


Рис. 2.3.68. Схема фоточувствительной ячейки ФПУ-36

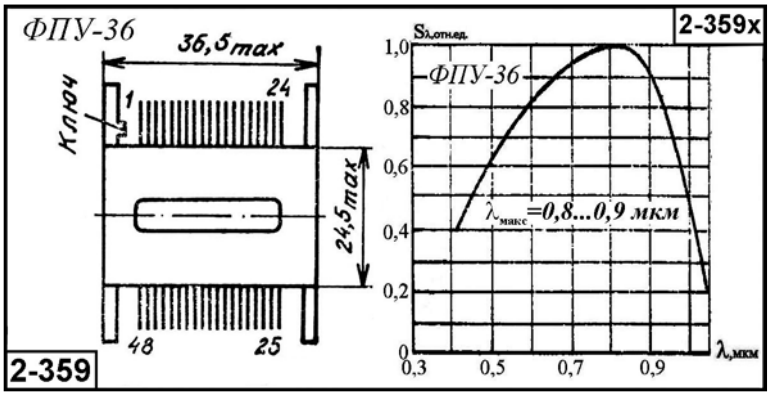


Рис. 2.3.69. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ-36

Таблица 2.3.60. Основные параметры ФПУ-36 при температуре 20±5°С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9
Линейные размеры фоточувствительной ячейки, мм	0,04 × 0,04
Шаг размещения фоточувствительных ячеек, мм	0,075
Количество ячеек	128
Токовая монохроматическая чувствительность, А/Дж, не менее	$7 \cdot 10^{7}$
Разброс значений токовой монохроматической чувствительности между ячейками, %, не более	±15
Энергия насыщения ячеек, Дж/яч., не менее	$3 \cdot 10^{-12}$
Выходной ток ячеек при отсутствии потока излучения (темновой ток), мкА	400–1000
Темновой ток синхронизирующего фотодиода, мкА, не более	0,1
Динамический диапазон по энергии, дБ, не менее	20
Диапазон частот сканирования	40 кГц–20 МГц
Амплитуда напряжения тактовых и управляющих импульсов, В	–12±5%
Напряжение источников питания, В	±9±10% и -6±10%
Напряжение смещения подложки, В	5±5%
Потребляемая мощность, мВт, не более	25
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+80
Габаритные размеры корпуса ФПУ, мм [масса, г], не более	35,5 × 23,5 × 4,5 [6]
№ рисунка	2-359

2.3.4. Фототиристоры на основе кремния

Фототиристор – это переключатель, управляемый оптическим излучением. Конструктивно фототиристоры представляют собой светочувствительный монокристалл с *p-n-p-n*-структурой из кремния, расположенный на медном основании и закрытый герметичной крышкой с прозрачным окном.

Фототиристор сочетает в себе качества тиристора (переключатель с двумя устойчивыми состояниями, имеющий большую нагрузочную способность при малой управляемой мощности и высокое быстродействие) и полупроводникового фотоприемника (высокая световая чувствительность, полная развязка по электрической цепи). Современные фототиристоры изготавливают на токи от нескольких мА до 100 А и напряжения от нескольких десятков В до 3 кВ. Мощность управляющего светового потока (при $\lambda = 0{,}9$ мкм) составляе от 1 до 100 мВт.

Фототиристоры находят применение в различных устройствах автоматического управления и защиты. Номенклатура серийно выпускаемых фототиристоров не очень обширна. Далее приводятся основные параметры некоторых наиболее известных типов фототиристоров.

2.3.4.1. Фототиристоры ТФ5, ТФ-10, ТФ-100 [Δλ = 0,7–1,1 мкм]

В табл. 2.3.61 приводятся основные параметры ранних модификаций фототиристоров типа ТФ5, ТФ-10, ТФ-100.

Таблица 2.3.61. Основные параметры фототиристоров ТФ5, ТФ-10, ТФ-100 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип фототиристора		
	ТФ-5	ТФ-10	ТФ-100
Предельный ток, А	5	10	100
Номинальный ток, А	4,5	9	90
Номинальное напряжение, В	35–240	70–560	70–1120
Повторяющееся напряжение, В	50–300	100–700	100–1400
Неповторяющееся напряжение, В	50–300	100–780	100–1570
Прямое падение напряжения (среднее значение), В, не более	0,75	0,8	0,9
Ток утечки и обратный ток, мА, не более	1	3	10
Ударный ток, А	100	150	1000
Критическая скорость нарастания прямого тока, А/мкс, не менее	100	100	75
Критическая скорость нарастания напряжения, В/мкс, не менее	1	2	1
Максимум спектральной чувствительности, мкм	0,7–1,1	0,95	0,7–1,1
Мощность управляющего потока излучения, мВт, не менее	1	1	1
Скорость охлаждающего воздуха, м/с	–	–	12
Габаритные размеры с охладителем, мм	100 × 100 × 37	–	100 × 96 × 133
Масса с охладителем, кг	0,22	0,22	1,5

2.3.4.2. Фототиристоры ТФ132-25-8, ТФ132-25-10 [Δλ = 0,9–1,1 мкм]

Фототиристоры ТФ132-25-10 и ТФ132-25-8 предназначены для управления различными устройствами при помощи потока излучения с длиной волны 0,9–1,1 мкм. Фототиристоры размещены в герметичном стандартном металлостеклянном корпусе с прозрачным окном.

Основные параметры фототиристоров ТФ132-25-10 и ТФ132-25-8 приведены в табл. 2.3.62, а внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.3.70.

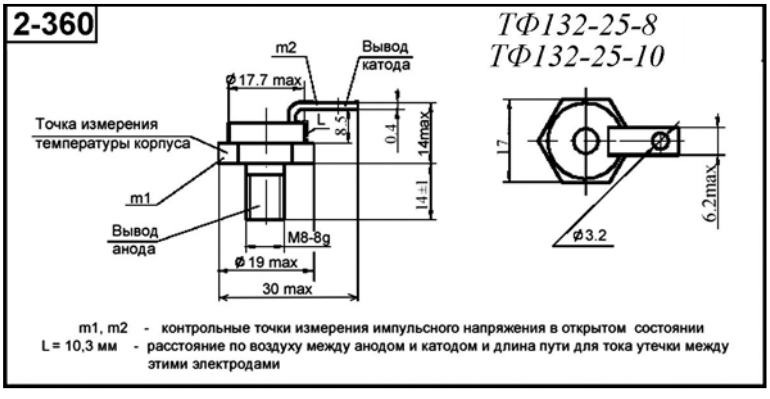


Рис. 2.3.70. Внешний вид и габаритные размеры фототиристоров ТФ132-25-8 и ТФ132-25-10

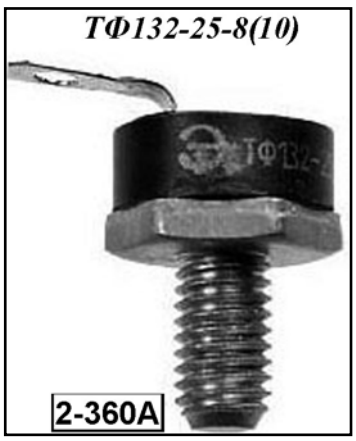


Рис. 2.3.70б. Внешний вид фототиристоров ТФ132-25-8 (10)

Таблица 2.3.62. Основные параметры фототиристоров ТФ132-25-10 и ТФ132-25-8

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора	
	ТФ132-25-10	**ТФ132-25-8**
Повторяющееся импульсное обратное напряжение (U_{rrm}) и повторяющееся имп. напряжение в закрытом состоянии (U_{drm}), В	1000	
Повторяющийся импульсный обратный ток (I_{rrm}) и повторяющийся имп. ток в закрытом состтоянии (I_{drm}), мА	6	
Макс. допустимый средний ток в открытом состоянии (I_{tav}), А	25 (при $T_{корп}$ = 70 °С)	
Макс. допустимый действующий ток в открытом состоянии, А	25,2	
Ударный ток в открытом состоянии, кА	0,2	–
при синус. однополупериодном импульсе тока, мс	20	–
Импульсное напряжение в открытом состоянии, В	1,75	2,2
Крититическая скорость нарастания тока в открытом состоянии, А/мкс	16	–
Макс. крит. скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, В/мкс	16	100
Отпирающее постоянное напряжение управления, В	1,8	–
Отпирающий постоянный ток управления, мА	250	–
Параметры управляющего оптического импульса:		
Длина волны, мкм	0,9–1,1	
Энергия импульса, Дж, не менее	200	
Расстояние до источника излучения, мм	20±10	
Тепловое сопротивление переход–корпус, С/Вт	0,75	0,6
Рабочая температура перехода, °С	–50...+100	–50...+100
Габаритные размеры, мм, [масса, г],не более	∅19 × 29 [25]	
№ рисунка	2-360	

2.3.4.3. Фототиристоры ТФ253-630, ТФ353-630, ТФ173-1000, ТФ273-1000, ТФ183-2000, ТФ193-2500 [Δλ = 0,9–1,1 мкм]

Фототиристоры ТФ253-630, ТФ353-630, ТФ173-1000, ТФ273-1000, ТФ183-2000, ТФ193-2500 предназначены для управления мощными и высоковольтными устройствами при помощи потока излучения с длиной волны 0,9–1,1 мкм.

Фототиристоры размещены в герметичном стандартном металлокерамическом корпусе с прозрачным окном. Для охлаждения приборов используется стандартный радиатор типа О153.

Основные параметры фототиристоров ТФ253-630, ТФ353-630, ТФ173-1000, ТФ273-1000, ТФ183-2000, ТФ193-2500 приведены в табл. 2.3.63, внешний вид и габаритные размеры фототиристоров и радиатора О153 даны на рис. 2.3.71.

Таблица 2.3.63. Основные параметры фототиристоров ТФ253-630, ТФ353-630, ТФ173-1000, ТФ273-1000, ТФ183-2000, ТФ193-2500 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора					
	ТФ253-630	**ТФ353-630**	**ТФ173-1000**	**ТФ273-1000**	**ТФ183-2000**	**ТФ193-2500**
Напряжение переключения, V_{BO}, В	5200–6600	6200–6600	6000–6500	6200–6600	6200–6600	7000–7800
Повторяющееся импульсное обратное напряжение, V_{RRM}, В	5000–6400	6600–7000	6600–7000	6600–7000	6600–7000	7200–8000
Повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, I_{DRM} / Повторяющийся импульсный обратный ток Tj = 125 °С, $V_D/V_R = V_{BO}/V_{RBV}$, I_{RRM}, мА	150	150	200	200	250	500

Таблица 2.3.63. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора					
	ТФ253-630	**ТФ353-630**	**ТФ173-1000**	**ТФ273-1000**	**ТФ183-2000**	**ТФ193-2500**
Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии, 50 Гц, двухстороннее охлаждение $I_{T(AV)}$ (T_CєС), А	770(70)	790(70)	1145(85)	1360(70)	2115(70)	2520(70)
Ударный ток в открытом состоянии, V_R = 0, T_j = 125 °С, t_p = 10 мс, I_{TSM}, кА	12	12	24	24	40	55
Параметры управляющего оптического импульса:						
Длина волны, мкм	0,9–1,1					
Мощность потока излучения, P_{LM}, мВт, не менее	40					
Динамическое сопротивление перехода, $r_{T,\ Мом}$	1,07	1	0,55	0,55	0,35	0,28
Тепловое сопротивление переход-корпус, $R_{th(j-c)}$, °С/Вт	0,02	0,02	0,012	0,012	0,0078	0,0078
Рабочая температура перехода, °С	–60...+125	–60...+125	–60...+125	–40...+120	–60...+120	–40...+120
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 75 × 35	∅ 75 × 35	∅ 112 × 35	∅ 112 × 35	∅ 112 × 35	∅ 145 × 40
Масса, кг, не более	0,73	0,65	1,5	1,5	2	3
№ рисунка	2-364	2-365	2-361	2-366	2-362	2-363

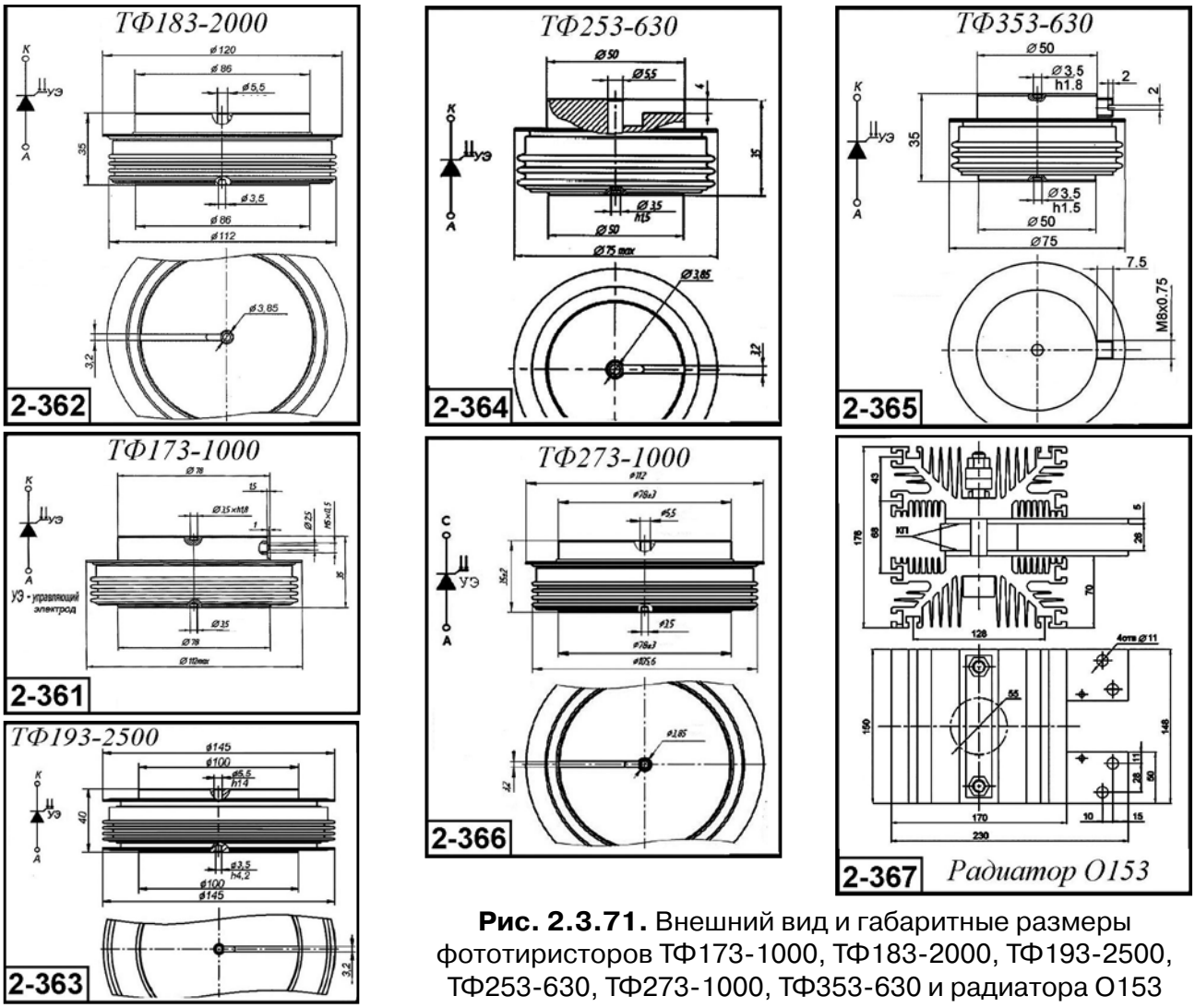


Рис. 2.3.71. Внешний вид и габаритные размеры фототиристоров ТФ173-1000, ТФ183-2000, ТФ193-2500, ТФ253-630, ТФ273-1000, ТФ353-630 и радиатора О153

2.3.5. Фотоприемники на основе германия для работы в спектральном диапазоне 0,4–1,9 мкм

2.3.5.1. Германиевые фотодиоды ФД-1, ФД-1А, ФД-2(гр.1), ФД-2(гр.2), ФД-3, ФД-3А, ФД-4Г, ФД-5Г, ФД-6Г, ФД-7Г, ФД-10Г-А, ФД-10Г-Б, 9Э-111А, 9Э-111Б, 9Э-111В, ФД-266, ФД-287, ФД-315, ФД-351, ГД-20, ГД-50, ФДГ-70, ФДГ-150, ФДГ-200, ФДГ-300, ФДГ-500, ФДГ-1000, ФДГ-1500, ФДГ-3600, ФДГ-5000 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,9; $\lambda_{макс}$ = 1,5–1,55 мкм]

Предназначены для применения в качестве приемников и датчиков инфракрасного излучения в составе оптико-электронной аппаратуры, систем фотоэлектрической автоматики и бесконтактного измерения температуры, вычислительной и измерительной техники в диапазоне длин волн от 0,5 до 1,9 мкм.

Фотодиод ФД-2 выпускается в пластмассовом корпусе, остальные приборы выпускаются в герметичных металлостеклянных корпусах В качестве входных окон у ФД-1, ФД-4Г, ФД-10Г-А, ФД-10Г-Б, 9Э111А, 9Э111Б и 9Э111В используются стеклянные линзы.

Плюсовой вывод фотодиода маркируется знаком «+», или цветной точкой на корпусе, или цветной меткой на проволочном выводе. При отсутствии меток плюсовым является длинный вывод фотодиода.

Германиевые фотодиоды работают в двух режимах: фотодиодном – с внешним источником смещения и в вентильном – без источника смещения.

В фотодиодном режиме обеспечивается высокая амперваттная чувствительность, в вентильном – высокая обнаружительная способность.

Германиевые фотодиоды ФДГ-500СТ, ФДГ-1000СТ, ФДГ-3600СТ, ФДГ-5000СТ комплектуются термоэлектрическими охладителями (ТЭО), что позволяет стабилизировать рабочий режим и приводит к повышению пороговой чувствительности приборов.

Гарантированный ресурс работы германиевых фотодиодов в зависимости от типа составляет от 500 до 10 000 часов.

Основные параметры германиевых фотодиодов приведены в табл. 2.3.64–2.3.66. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.3.72–2.3.75.

Принятые сокращения и обозначения в главе 2.3.5:

$A_{ФЧЭ}$ – размер (мм) или площадь фоточувствительной площадки, мм^2; N – число элементов, шт.; 2β – плоский угол зрения, град; Δλ – область спектральной чувствительности, мкм; $\lambda_{макс}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $U_р$ – рабочее напряжение, В; $I_т$ – темновой ток, мкА; τ – постоянная времени по спаду или нарастанию фототока, с; СД – емкость фотодиода, пФ; $K_{ФС}$ – коэффициент фотоэлектрической связи между элементами, %; ΔТ – диапазон рабочих температур, °С; $S_{цинт}$ – интегральная токовая чувствительность, мкА/лк, А/лм или А/Вт.; $Ф_{П1}$ – пороговая чувствительность, лм·Гц$^{-1/2}$; б/к – бескорпусное исполнение; PIN – фотодиод со структурой *pin*; ЛФД – лавинный фотодиод.

Таблица 2.3.64. Основные параметры германиевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фч}$, мм	2β, град, не менее	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, не более	$I_т$, мкА, не более	S_u (к источнику типа «А»), мА/лм, (мкА/лк), не менее	$Ф_{пп}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ФД-1	∅5	–	0,4–1,9	1,5	20	30	6,6	$1{,}5\cdot10^{-10}$	$2\cdot10^{-5}$	–40...+55	∅ 8,2 × 18	1	2-370
ФД-2 (гр.1)	∅ 1,3	–	0,4–1,8	1,5	30	25	6,6	$(2{,}8–1{,}4)\cdot10^{-10}$	$2\cdot10^{-5}$	–40...+50	10 × 15 × 2,2	0,8	2-371
ФД-2 (гр.2)	∅ 1,3	–	0,4–1,8	1,5	30	25	5	$(2{,}8–1{,}4)\cdot10^{-10}$	$2\cdot10^{-5}$	–40...+50			
ФД-3	∅ 2,45	–	0,4–1,8	1,5	10	10	5	$1{,}1\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-6}$	+5...+60	∅ 3,87 × 12,5	1	2-372
ФД-3А	∅ 2,45	–	0,4–1,8	1,5	10	10	6,5	$1{,}8\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-6}$	–60...+60	∅ 3,85 × 12	0,8	2-373
ФД-4Г	∅ 2,45	–	0,4–1,8	1,5–1,55	20	30	5	$1{,}5\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-5}$	–60...+60	∅ 5 × 11	1	2-374
ФД-5Г	∅ 2,5	120	0,3–1,8	1,5–1,55	15	8	7	$1{,}7\cdot10^{-9}$	$5\cdot10^{-6}$	–50...+50	∅ 9 × 16	1,6	2-375
ФД-6Г	∅ 2,45	–	0,4–1,8	1,5	10	13	7	–	$5\cdot10^{-6}$	–60...+50	∅ 3,87 × 12,5	1	2-372
ФД-7Г	∅ 2,5	120	0,3–1,8	1,5	10	8	10	$5\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-6}$	–50...+50	∅ 9 × 16	1,6	2-376
ФД-10ГА	∅ 1,13	8	0,5–1,8	1,5	10	10	17 [1,1 В/лм, $R_н = 2k$]	[$U_ш$<10 мкВ, ΔF = 3,5 МГц]	$1{,}2\cdot10^{-7}$	–50...+50	∅ 8 × 9,3	2,5	2-377
ФД-10ГБ	∅ 1,13	8	0,5–1,8	1,5	10	20	8 [0,55 В/лм, $R_н = 2k$]	[$U_ш$<20 мкВ, ΔF = 3,5 МГц]	$2\cdot10^{-7}$	–50...+50	∅ 8 × 9,3	2,5	2-377
9Э-111А	∅ 1,13	8	0,5–1,8	1,5–1,55	10	10	17	–	$1{,}2\cdot10^{-7}$	–50...+50	∅ 8,3 × 16	2,5	2-377
9Э-111Б	∅ 1,13	8	0,5–1,8	1,5–1,55	10	20	17	–	$2\cdot10^{-6}$	–50...+50	∅ 8,3 × 16	2,5	2-377
9Э-111В	∅ 1,13	8	0,5–1,8	1,5–1,55	10	25	8	–	$2\cdot10^{-6}$	–50...+50	∅ 8,3 × 16	2,5	2-377
ФД-266	∅ 4,3	–	0,5–1,7	1,5	3–3,3	70	13,5	–		–10...+40	∅ 10 × 15	4,5	2-378
ФД-287	0,96 мм^2	–	0,4–1,9	1,5	10	4	(0,7 А/Вт при λ = 1,55 мкм)	–	$1\cdot10^{-8}$	–10...+55	∅ 14 × 8,8	7	2-379
ФД-315	2,7 мм^2	–	0,9–1,75	1,5–1,55	0,01	4	(0,7 А/Вт при λ = 1,55 мкм, 0,2А/Вт при 0,9 и 1,75 мкм)	–	$2\cdot10^{-7}$	–30...+50	∅ 14 × 8,8	4,5	2-380
ГД-20	2 мм^2	–	0,4–1,9	1,55	45	10	$3\cdot10^{-5}$ мкА/лк	–	$1\cdot10^{-5}$	–30...+50	–	–	–
ГД-50	5 мм^2						$5\cdot10^{-5}$ мкА/лк	–			–	–	–
ФД-316	∅ 11,3		0,6–1,8	1,5–1,55	0,01	800	(0,6 А/Вт при λ = 1,55 мкм)	–	$2\cdot10^{-7}$	–	–	–	–
ФД-351	1 мм^2	40	0,8–1,6	1,5	10	10	(0,55 А/Вт при λ = 1,55 мкм, 0,5 А/Вт при 1,06 мкм)	$D\cdot\lambda_{мах} = 3\cdot10^{10}$ см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$	$4\cdot10^{-8}$	–	∅ 9,1 × 4,3	2	2-381
ФД-355	∅1	40	0,8–1,6	1,5–1,55	10	10	(0,5 А/Вт при λ = 1,6 мкм) (0,55 А/Вт при λ = 1,55 мкм)	$D\cdot\lambda_{мах} = 3\cdot10^{10}$ см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$	$4\cdot10^{-8}$	–		2	

Таблица 2.3.64. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	2β, град, не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, не более	$I_т$, мкА, не более	S_u (к источнику типа «А»), мА/лм, (мкА/лк), не менее	$\Phi_{пл}$, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	τ, с, не более	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ФДГ-70 PIN	∅ 0,07	–	0,5–1,6	1,5–1,55	5–10	0,05	(0,8 А/Вт при λ = 1,3 мкм)	Uш = 5·10^{-12} А·Гц$^{1/2}$	7·10^{-11}	–40...+50	∅ 5,5 × 5,2	–	2-382
ФДГ-150 PIN	∅ 0,15	–	0,5–1,6	1,5–1,55	5–10	0,1			2,2·10^{-10}	–40...+50	∅ 5,5 × 5,2	–	2-382
ФДГ-200 PIN	∅ 0,2	–	0,5–1,6	1,5–1,55	5–10	0,2			5·10^{-10}	–40...+50	∅ 5,5 × 5,2	–	2-382
ФДГ-300 PIN	∅ 0,3	–	0,5–1,6	1,5–1,55	5–10	0,3			1·10^{-9}	–40...+50	∅ 5,5 × 5,2	–	2-382
ФДГ-500 PIN	∅ 0,5	–	0,5–1,6	1,5–1,55	5–10	0,6		Uш = 5·10^{-12} А·Гц$^{1/2}$	($C_д$ = 15– 20 пф)	–40...+50	∅ 9,1 × 6,5	–	2-383
ФДГ-1000 PIN	∅1	–	0,5–1,6	1,5–1,55	3–8	1,8			($C_д$ = 50– 60 пф)	–40...+50	∅ 9,1 × 6,5	–	2-383
ФДГ-1500 PIN	∅ 1,5	–	0,5–1,6	1,5–1,55	3–8	3,5			($C_д$ = 120–150 пф)	–40...+50	∅ 9,1 × 6,5	–	2-383
ФДГ-3600 PIN	∅ 3,6	–	0,5–1,6	1,5–1,55	1–3	15		–	($C_д$ > 800 пф)	–40...+50	12 × 13 × 3,5	–	2-384
ФДГ-5000 PIN	∅ 5	–	0,5–1,6	1,5–1,55	1–3	10–20		–	($C_д$ = 500–1500 пф)	–40...+50	12 × 13 × 3,5	–	2-384

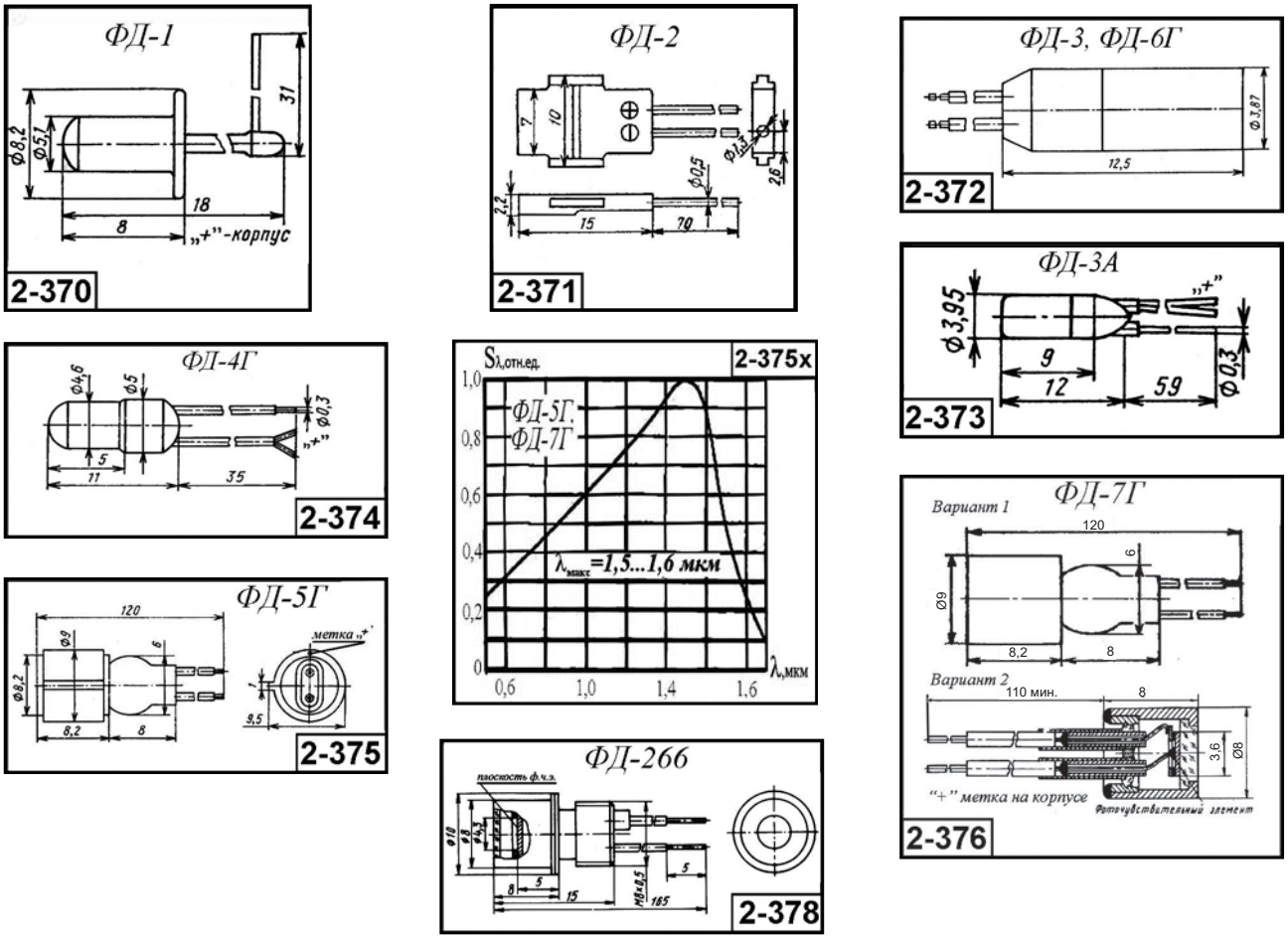
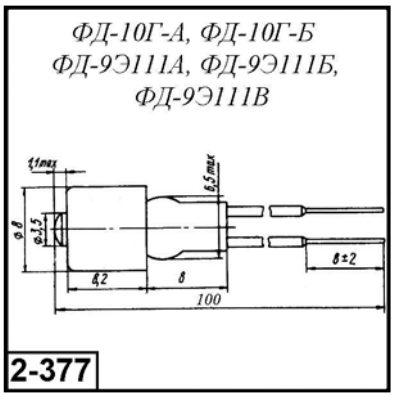
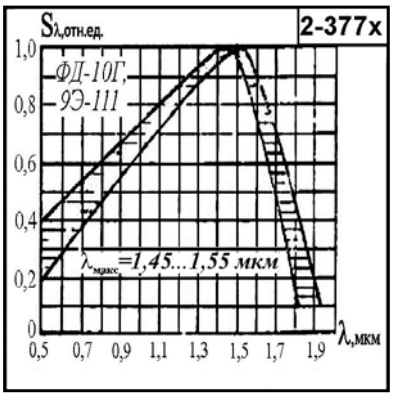
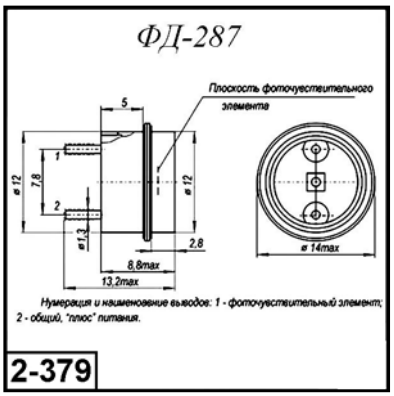
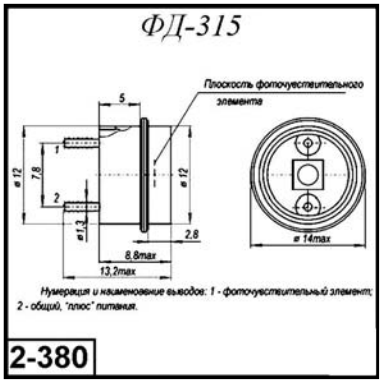


Рис. 2.3.72. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика германиевых фотодиодов









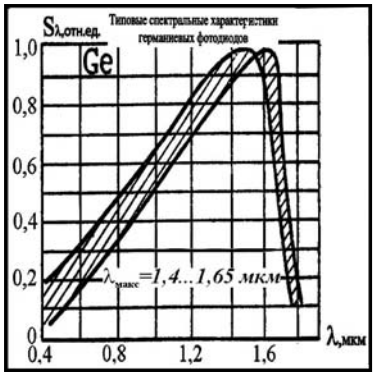
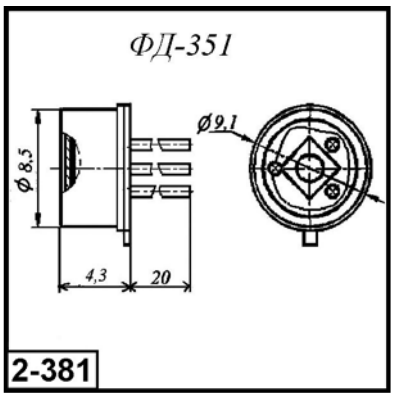
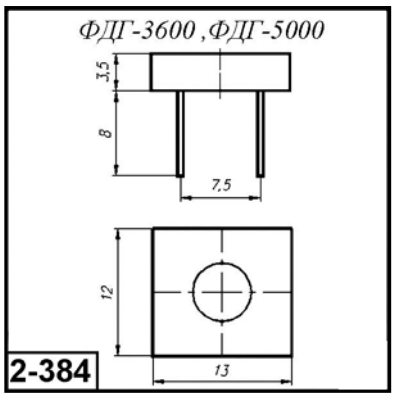
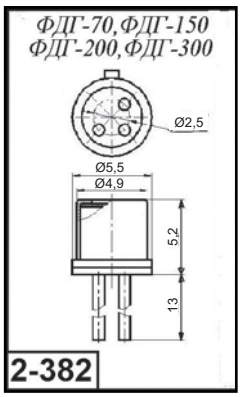


Рис. 2.3.72. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика германиевых фотодиодов (окончание)







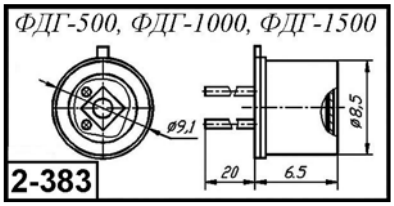


Рис. 2.3.73. Внешний вид, габаритные размеры германиевых фотодиодов

2.3.5.2. Германиевые фотодиоды на термоохладителе ФДГ-500СТ–ФДГ-5000СТ [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,6; $\lambda_{макс}$ = 1,5 мкм]

Фотодиоды ФДГ-500СТ–ФДГ-5000СТ выполнены в виде отдельного модуля. В состав модуля входят: германиевый фотодиод, термоэлектрический микроохладитель и терморезистор, необходимый для задания режима стабилизации температуры. Модуль размещен в нестандартном 8-выводном прямоугольном корпусе со стеклянным окном.

Фотодиоды предназначены для использования в спектрометрии, фотометрии для измерения параметров оптического излучения низкой интенсивности.

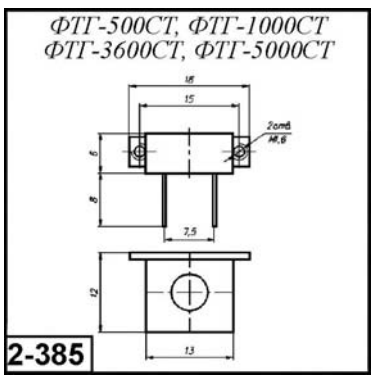


Рис. 2.3.74. Внешний вид, габаритные размеры германиевых фотодиодов ФДГ-500СТ–ФДГ-5000СТ

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.65, внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.3.74.

Таблица 2.3.65. Основные параметры германиевых фотодиодов типа ФДГ-500СТ–ФДГ-5000СТ при температуре 20±5 °С

Тип фотодиода	Диаметр фоточувствительного элемента, мм	$\Delta\lambda$, мкм	λ_{max}, мкм	$U_р$, В, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт	$I_т$, при Uфд = 5В, T = +5 °С, мкА, не более	$C_д$, пФ, не более	Параметры ТЭО					ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
								$U_{РТЭО}$, В, не более	$I_{ТЭО}$, мА	$R_т$, кОм	Перепад температуры, °С	Время выхода на режим, с			
ФДГ-500СТ	0,5	0,5–1,6	1,5	(5–10)	0,9–1,0	0,05	20	5	300	3–30	50	1,5	–40...+50	18 × 6 × 12	2-385
ФДГ-1000СТ	1,0					0,2	80								
ФДГ-3600СТ	3,6					2,5	1000								
ФДГ-5000СТ	5,0					5	2000								

2.3.5.3. Германиевые лавинные фотодиоды серий ЛФДГ-70 и ЛФДГ-150 [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,6; $\lambda_{макс}$ = 1,5 мкм]

Германиевые лавинные фотодиоды серий ЛФДГ-70 и ЛФДГ-150 предназначены для использования в фотоприемных устройствах различного назначения в качестве высокочувствительных быстродействующих приемников оптического излучения в диапазоне длин волн 0,5–1,6 мкм.

По основным характеристикам германиевые лавинные фотодиоды превосходят *pin*-фотодиоды на основе полупроводниковых соединений группы $A^{III}B^{IV}$. Преимущество лавинных фотодиодов заключается в их высокой фоточувствительности при обеспечении повышенного быстродействия.

При практическом использовании лавинных фотодиодов требуется принятие специальных мер, необходимых для поддержания рабочей точки на характеристике диода. Такие меры обеспечиваются конструкцией фододиодов, термостабилизацией *p-n*-перехода, а также определенными схемотехническими решениями. Наиболее часто на одной подложке с фотодиодом располагают стабилизатор тока.

Применение. Лазерная дальнометрия и локация, волоконно-оптические системы передачи информации, спектрометрия и метрология.

Состав серии и краткая характеристика фотодиодов:

- ЛФДГ-70Б, ЛФДГ-150Б – бескорпусные лавинные фотодиоды на ситалловой подложке.
- ЛФДГ-70БП, ЛФДГ-150БП – пары бескорпусных лавинных фотодиодов на раздельных ситалловых подложках, согласованные по температурному уходу напряжения лавинного пробоя.
- ЛФДГ-70А, ЛФДГ-150А – лавинные фотодиоды в корпусе ТО-18.
- ЛФДГ-70АП, ЛФДГ-150АП – пары лавинных фотодиодов в корпусе ТО-18, согласованные по температурному уходу напряжения лавинного пробоя.
- ЛФДГ-70ВП, ЛФДГ-150ВП – лавинные фотодиоды в корпусе ТО-5 со встроенным стабилитроном.
- ЛФДГ-150АС – лавинный фотодиод со стабилитроном на одном кристалле в корпусе ТО-18.

Основные параметры фотодиодов серий ЛФДГ-70 и ЛФДГ-150 приведены в табл. 2.3.66. Внешний вид и габаритные размеры фотодиодов даны на рис. 2.3.75.

Таблица 2.3.66. Основные параметры германиевых лавинных фотодиодов серий ЛФДГ-70 и ЛФДГ-150 при температуре 20±5 °С

Тип фотодиода	Диаметр фоточувствительного элемента, мкм	$\Delta\lambda$, мкм	$U_р$, В	$S_{\lambda макс}$, А/Вт	Спектральная плотность шумового тока, А/Гц$^{1/2}$	Умножаемый темновой ток, нА, не более	$C_д$, пФ, не более	Ток стабилитрона, мА	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
ЛФДГ-70Б	70	0,5–1,6	30–42	18–25 (λ = 1,06 мкм) 25–35 (λ = 1,3–1,55 мкм	$5\cdot10^{-12}$	10–15	0,35–0,7	–	–60...+60	2,8 × 1,4 × 0,9 б/к	2-386
ЛФДГ-150Б	150			9–12 (λ = 1,06 мкм) 13–17 (λ = 1,3–1,55 мкм		25–35	0,8–2,0	–			
ЛФДГ-70А	70	0,5–1,6	30–42	18–25 (λ = 1,06 мкм) 25–35 (λ = 1,3–1,55 мкм	$5\cdot10^{-12}$	10–15	0,35–0,7	–	–60...+60	∅ 5,5 × 5,2	2-387
ЛФДГ-150А	150			9–12 (λ = 1,06 мкм) 13–17 (λ = 1,3–1,55 мкм		25–35	0,8–2,0	–			
ЛФДГ-70БП	70 (2 эл.)	0,5–1,6	30–42	18–25 (λ = 1,06 мкм) 25–35 (λ = 1,3–1,55 мкм	$5\cdot10^{-12}$	10–15	0,35–0,7	1,0–1,5	–60...+60	3 × 3 × 0,9 б/к	2-388
ЛФДГ-150БП	150 (2 эл.)			9–12 (λ = 1,06 мкм) 13–17 (λ = 1,3–1,55 мкм		25–35	0,8–2,0	2,0–3,0			
ЛФДГ-70АП	70 (2 эл.)	0,5–1,6	30–42	18–25 (λ = 1,06 мкм) 25–35 (λ = 1,3–1,55 мкм	$5\cdot10^{-12}$	10–15	0,35–0,7	1,0–1,5	–60...+60	∅ 5,5 × 5,2	2-387
ЛФДГ-150АП	150 (2 эл.)			9–12 (λ = 1,06 мкм) 13–17 (λ = 1,3–1,55 мкм		25–35	0,8–2,0	2,0–3,0			
ЛФДГ-70ВП*	70	0,5–1,6	30–42	18–25 (λ = 1,06 мкм) 25–35 (λ = 1,3–1,55 мкм	$5\cdot10^{-12}$	10–15	0,35–0,7	1,0–1,5	–60...+60	∅ 9,5 × 4,8	2-389
ЛФДГ-150ВП*	150			9–12 (λ = 1,06 мкм) 13–17 (λ = 1,3–1,55 мкм		25–35	0,8–2,0	2,0–3,0			
ЛФДГ-150АС**	150	0,5–1,6	30–42	9–12 (λ = 1,06 мкм) 13–17 (λ = 1,3–1,55 мкм	–	25–35	0,8–2,0	2,0–3,0	–60...+60	∅ 5,5 × 5,2	2-387
ЛФД-2	200	–	8±1	0,15 (λ = 0,632 мкм) 0,5 (λ = 1,06) мкм [$M_ф$ = 10]	$3\cdot10^{-8}$ ($Ф_п$ = $5\cdot10^{-8}$ Вт)	1	6	–	+15...+25	9 × 9,7 × 4,5	2-390

Примечание: *) со встроенным стабилитроном; **) со стабилитроном на одном кристалле.

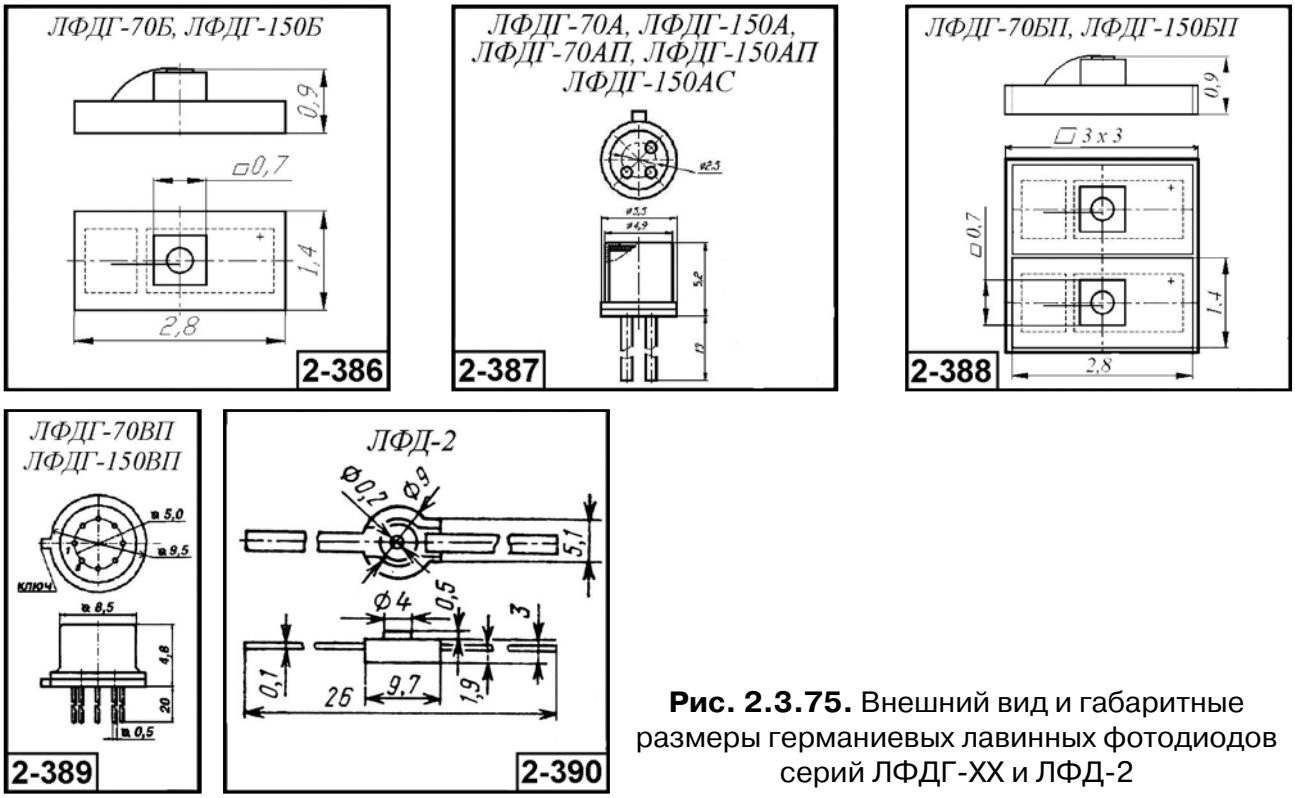


Рис. 2.3.75. Внешний вид и габаритные размеры германиевых лавинных фотодиодов серий ЛФДГ-ХХ и ЛФД-2

2.3.6. Германиевые фототранзисторы

2.3.6.1. Германиевые фототранзисторы ФТ-1Г, ФТ-2Г, ФТ-3Г, ФТГ-3, ФТГ-4, ФТГ-5, ФТГ-6 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,8; $\lambda_{макс}$ = 1,5–1,6 мкм]

Германиевые фототранзисторы предназначены для применения в качестве приемников и датчиков инфракрасного излучения в составе оптико-электронной аппаратуры, систем фотоэлектрической автоматики и бесконтактного измерения температуры, вычислительной и измерительной техники в диапазоне длин волн от 0,5 до 1,8 мкм.

Фототранзисторы (ФТ), в отличие от фотодиода, содержат два *p-n*-перехода, за счет чего достигается дополнительное усиление фотосигнала. ФТ имеют более высокую интегральную чувствительность, чем фотодиоды, и больший темновой ток, но значительно меньшую граничную частоту. Кроме того, у них выше уровень шумов и сильнее зависимость темнового тока от температуры.

Фототранзисторы ФТГ-1, ФТГ-2, ФТГ-3 и ФТ-1Г имеют отдельный вывод базы. Вывод эмиттера фототранзистора маркируется цветной точкой на корпусе или цветной меткой на проволочном выводе.

Германиевые фототранзисторы могут работать как фотодиоды (режим с плавающей базой), так и в транзисторном режиме с источником смещения в базовой цепи.

Гарантированный ресурс работы фототранзистора в зависимости от типа составляет от 500 до 10 000 часов.

Основные параметры германиевых фототранзисторов приведены в табл. 2.3.67. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФТ даны на рис. 2.3.76.

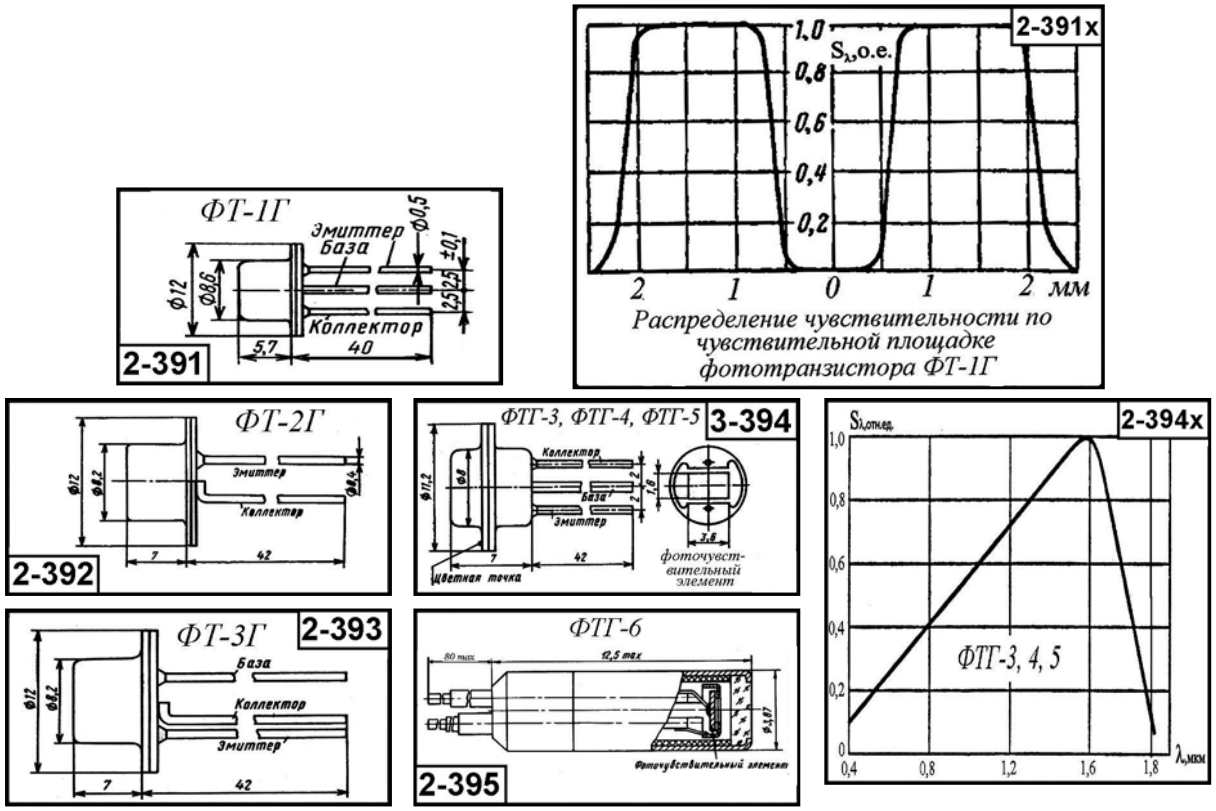


Рис. 2.3.76. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика германиевых фототранзисторов

Таблица 2.3.67. Основные параметры германиевых фототранзисторов при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра						
	ФТ-1Г	ФТ-2Г	ФТ-3Г	ФТГ-3	ФТГ-4	ФТГ-5	ФТГ-6
Размеры чувствительного элемента, мм	3 мм^2	1 мм^2	3 мм^2	3 мм^2	3 мм^2	3 мм^2	3 мм^2
Рабочий спектральный диапазон, мкм	0,4–1,8	0,4–1,8	0,4–1,8	0,4–1,8	0,4–1,8	0,4–1,8	0,8–1,8
Максимум спектральной характеристики, мкм	1,5–1,6	1,5–1,6	1,5–1,6	1,5–1,55	1,5–1,55	1,5–1,55	1,6
Угол зрения, град	90	90	90	90	90	90	90
Интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт	0,2	2,0	2–7	1,0	3,0	1,0	3,2 А/лм
Темновой ток, мкА, не более	300	500	$1\cdot10^4$	60	40	50	–
Постоянная времени, с	$2\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-4}$	$(2–10)\cdot10^{-5}$	$(2–10)\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-4}$
Порог чувствительности в единичной полосе, лм·Гц$^{-1/2}$, не более	$5\cdot10^{-7}$	$2{,}5\cdot10^{-7}$	–	$2{,}5\cdot10^{-7}$	$1\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-7}$	$4\cdot10^{-8}$
Коэффициент усиления по току, не менее	20	20	100	60	40	50	200
Рабочее напряжение коллектор–эмиттер, В	1–5	12–24	10–12	5–10	5–10	5–10	–
Предельно допустимая мощность рассеивания, мВт, не более	50	50	50	45	45	45	50
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+50	–60...+35	–60...+50	–60...+85	–60...+50	–60...+85	–60...+50
Габаритные размеры корпуса, мм, не более	∅ 12 × 5,7	∅ 12 × 7	∅ 12 × 7	∅ 11,5 × 7	∅ 11,5 × 7	∅ 11,5 × 7	∅ 3,87 × 12,5
Масса, г, не более	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	1,8	1
№ рисунка	2-391	2-392	2-393	2-394	2-394	2-394	2-395

2.3.7. Фотоприемные устройства на основе германиевых фотодиодов

2.3.7.1. Фотоприемные устройства для лазерной дальнометрии ФПУ-03М, ФПУ-15, ФПУ-16, ФПУ-19, ФПУ-20, ФПУ-21, ФПУ-22, ФПКЛД, ФПУ-ДЧ-10 [$\Delta\lambda$ = 0,6–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,54 мкм]

Фотоприемные устройства серии ФПУ предназначены для регистрации импульсного лазерного излучения в спектральном диапазоне 0,6–1,6 мкм с нормированием временного положения фронта импульса. Высокая чувствительность и быстродействие обеспечиваются использованием специальных германиевых фотодиодов.

Области применения: лазерная дальнометрия; лазерная локация; рефлектометрия; лидарные системы.

Состав серии и краткая характеристика фотодиодов:

- ФПУ-03М, ФПУ-16, ФПУ-20, ФПУ-21 – фотоприемные устройства средней точности (эквивалент 5 м);
- ФПУ-22 – фотоприемные устройства повышенной точности со встроенным вторичным источником питания (эквивалент 1 м);
- ФПУ-19 – двухканальное фотоприемное устройство повышенной точности (эквивалент 1 м);

- ФПУ-15 – трехканальное фотоприемное устройство повышенной точности (эквивалент 0,2 м);
- ФПКЛД – фотоприемный канал лазерного дальномера повышенной точности (эквивалент 1 м) со встроенным измерителем временного интервала, интерфейсом связи и вторичным источником питания;
- ФПУ-ДЧ-10 – аналоговое фотоприемное устройство для лидарных систем.

Основные параметры фотоприемных устройств серии ФПУ приведены в табл. 2.3.68. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ даны на рис. 2.3.77–2.3.78.

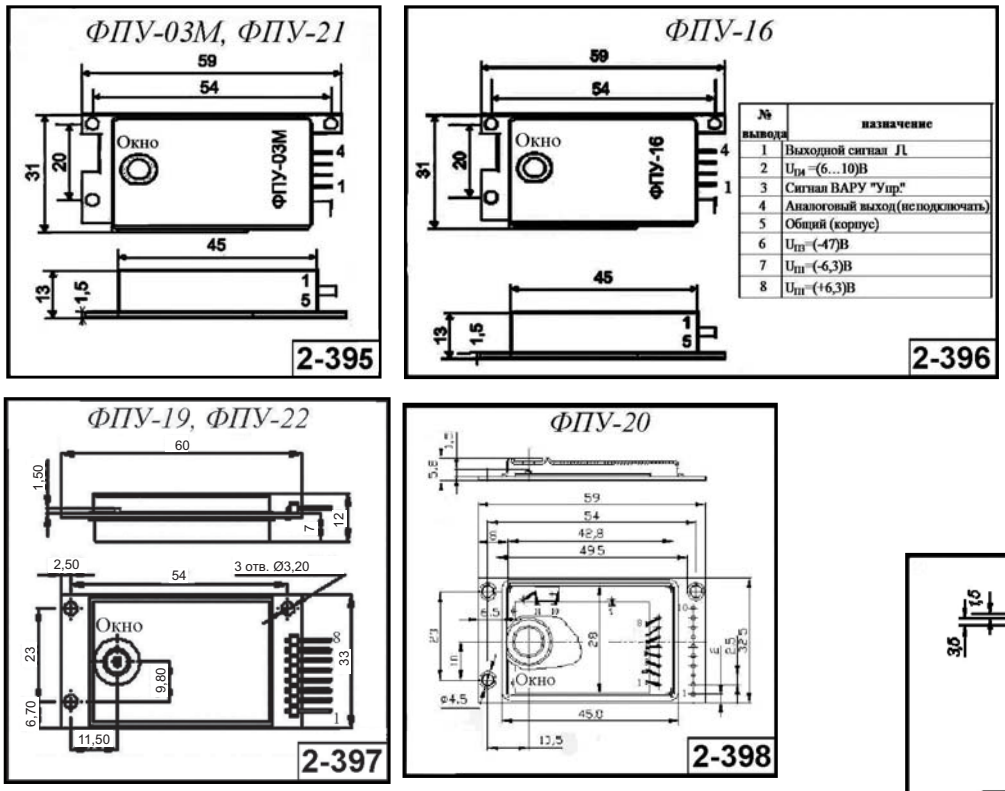


Рис. 2.3.77. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-03М, ФПУ-16, ФПУ-19, ФПУ-20, ФПУ-21, ФПУ-22

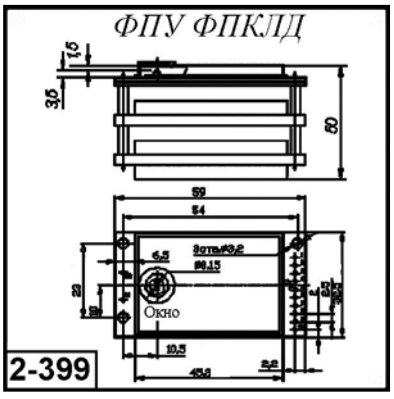


Рис. 2.3.78. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ ФПКЛД

Таблица 2.3.68. Основные параметры ФПУ для лазерной дальнометрии на основе германиевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Число ф. ч. э. или каналов	$\Delta\lambda$, мкм	Длительность импульса излучения, нс ($\lambda_{раб}$, мкм)	Порог чувствительности, Вт	Динамический диапазон по мощности, дБ	Временной сдвиг выходного электрического импульса, нс	Амплитуда импульсов на выходе при засветке импульсным излучением, В, не менее ($R_н$ = 300 Ом)	Напряжение питания электронного тракта (фотодиода), В	Ток потребления электронного тракта (фотодиода), мА	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г	№ рис.
ФПУ-Д-01	1	0,6–1,3	7–50 (1,54)	$1\cdot10^{-7}$	60	25	–	±6; +27; (–45)	–	–25...+55	–	–	–
ФПУ-Д-02	1	0,6–1,3	10–20 (1,54)	$1\cdot10^{-7}$	50	6	–	+5; –6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	–	–	–

Таблица 2.3.68. (окончание)

Тип прибора	Число ф. ч. э. или каналов	$\Delta\lambda$, мкм	Длительность импульса излучения, нс ($\lambda_{раб}$, мкм)	Порог чувствительности, Вт	Динамический диапазон по мощности, дБ	Временной сдвиг выходного электрического импульса, нс	Амплитуда импульсов на выходе при засветке импульсным излучением, В, не менее ($R_н$ = 300 Ом)	Напряжение питания электронного тракта (фотодиода), В	Ток потребления электронного тракта (фотодиода), мА	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г	№ рис.
ФПУ-Д-03	1	0,6–1,3	10–20 (1,54)	$8\cdot10^{-8}$	40	0,5	–	+5; –6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	–	–	–
ФПУ-03М	1	0,6–1,3	7–50 (1,54)	$1\cdot10^{-7}$	40	25	–	(–45)	–	–25...+55	59 × 31 × 13	40	2-395
ФПУ-Д-04	1	0,6–1,3	9–50 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	60	30	–	+5; –6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	–	–	–
ФПУ-Д-05	1	0,6–1,3	30–50 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	50	5	–	+5; –6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	–	–	–
ФПУ-Д-06	1	0,6–1,3	8–12 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	40	0,5	–	+5; –6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	–	–	–
ФПУ-15	3	0,6–1,3	10–20 (1,54)	$8\cdot10^{-8}$	60	0,5	–	+5; –6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	–	–	–
АРМ-22	1	0,6–1,3	7–50 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	60	25	–	12–32	–	–25...+55	–	–	–
ФПУ-16	1	1,06–1,57	9–50 (1,54)	$8\cdot10^{-8}$	60	30	2,4 (P = $5\cdot10^{-8}$ Вт)	±6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	59 × 31 × 13 [40]	–	2-396
ФПУ-19	2	0,6–1,3	30–50 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	50	6	–	+5; –6; (–45)	–	–25...+55	59 × 31 × 13 [30]	–	2-397
ФПУ-20	1	0,9–1,6	9–50 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	60	30	–	(–45)	–	–25...+55	59 × 32,5 × 5,8	–	2-398
ФПУ-21	1	1,06–1,57	9–50 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	60	20	2,4 (P = $5\cdot10^{-8}$ Вт)	±6; (–45)	±:30; (2,5)	–25...+55	59 × 31 × 13	40	
ФПУ-22	1	1,06–1,57	9–50 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	60	30	2,4 (P = $5\cdot10^{-8}$ Вт)	12; 6–10	100	–40...+60	59 × 31 × 13	30	2-397
ФПКЛД	1	0,9–1,6	6–10 (1,54)	$5\cdot10^{-8}$	40	±:6	–	12		–25...+55	59 × 32,5 × 50	–	–
ФПУ-ДЧ-10	1	0,9–1,6	(10–150)·10^3	$1\cdot10^{-9}$ (NEP)	30	–	–	12		–25...+55	–	–	2-399

2.3.7.2. Фотоприемные устройства ФПМ-500СТ и ФПМ-1000СТ [$\Delta\lambda$ = 0,6–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,54 мкм]

Фотоприемные устройства ФПМ-500СТ и ФПМ-1000СТ, именуемые производителем как высокочувствительные фотоприемные модули, предназначены для измерения параметров низкопорогового оптического излучения в спектральном диапазоне 0,5–1,6 мкм.

Состав ФПУ: германиевый *pin*-фотодиод на термоэлектрическом микроохладителе, преусилитель и схема управления микроохладителем.

Конструктивно ФПМ-500СТ и ФПМ-1000СТ выполнены в прямоугольном металлическом корпусе с плоским окном. Соединие с внешними цепями производится при помощи двух разъемов IDC10 и SMA.

Основные параметры приведены в табл. 2.3.69. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.3.79.

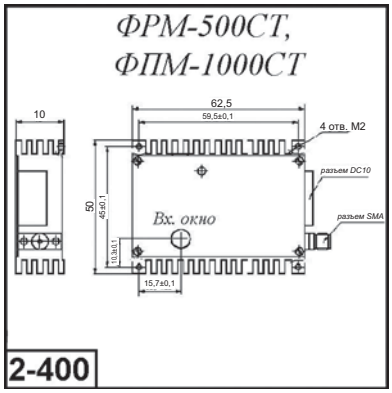


Рис. 2.3.79. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ типа ФПМ-500СТ и ФПМ-1000СТ

Таблица 2.3.69. Основные параметры ФПУ типа ФПМ-500СТ и ФПМ-1000СТ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ФПМ-500СТ	ФПМ-1000СТ
Область спектральной чувствительности	0,5–1,6	
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	0,5	1,0
Рабочий диапазон частот, Гц	0–1000	0–10000
Пороговая чувствительность, Вт, не более	$2 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-12}$
Тип выходного сигнала	аналоговый или цифровой	
Напряжение питания, В:	±5	
Ток потребления, мА, не более	400	
Время выхода на рабочий режим, с, не более	10	
Диапазон рабочих температур, °С	–60…+60	
Габаритные размеры, мм, не более	$50 \times 64{,}5 \times 10$	
Масса, г, не более	40	
№ рисунка	2-400	

2.3.8. Кремниевые и германиевые координатно-чувствительные приемники излучения

Выходной сигнал координатно-чувствительных приемников (КЧФ) излучения зависит от координаты изображения (светового пятна) на чувствительной поверхности приемника излучения. В зарубежной литературе такие приемники называются позиционно-чувствительными детекторами (PSD).

По физическому принципу работы координатно-чувствительные приемники излучения условно подразделяются на две большие группы – одноэлементные (с непрерывной структурой чувствительного слоя), в которых обычно осуществляется аналоговая обработка оптических сигналов, и многоэлементные (с дискретной структурой чувствительного слоя) с цифровой обработкой сигналов.

Позиционно-чувствительный детектор (PSD) состоит из монолитных фотодиодов с одинаковым значением сопротивления в одном или двух направлениях. Позиционно-чувствительные детекторы имеют ряд преимуществ, по сравнению с отдельными фотодиодами, например высокое пространственное разрешение и высокую скорость считывания. Координаты положения луча, сфокусированного на поверхности детектора, не зависят от размера его светового пятна.

Координатно-чувствительные приемники излучения могут применяться для бесконтактного определения расстояния, фокусирования лазерного луча и слежения за движущимся (светящимся) объектом, для управления технологическим и научным оборудованием и т. п.

Далее приводятся основные параметры некоторых типов координатно-чувствительных фотоприемников и ФПУ.

2.3.8.1. Кремниевые координатно-чувствительные фотодиоды «Веер-1», «Веер-2», КЧФ-1-29, КЧФ-1-29Р, КЧФ-2-9, КЧФ-2-18, ФДК-151, ФДК-152, PSD949, ФДК-152А [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,8–0,9 мкм]

Основные параметры аналоговых кремниевых координатно-чувствительных фотодиодов (КЧФ) «Веер-1», «Веер-2», КЧФ-1-29, КЧФ-1-29Р, КЧФ-2-9, КЧФ-2-18, ФДК-151, ФДК-152, PSD949, ФДК-152А приведены в табл. 2.3.70. Внешний вид фотодиодов дан на рис. 2.3.80, 2.3.81.

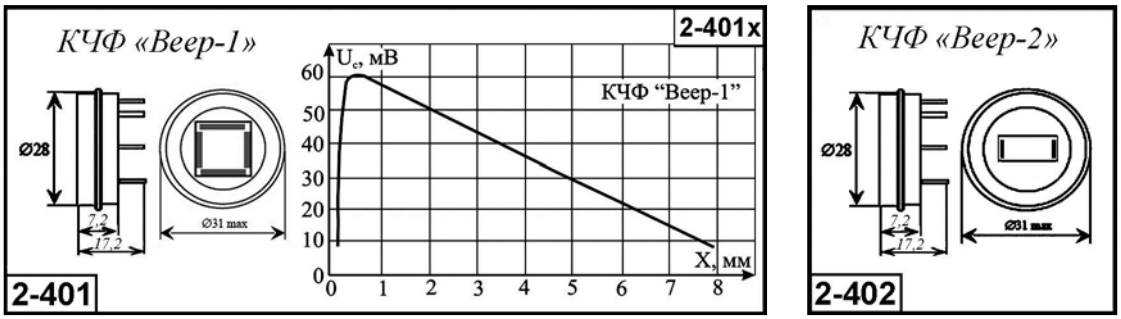


Рис. 2.3.80. Внешний вид, габаритные размеры и выходная характеристика координатно-чувствительных кремниевых фотодиодов «Веер-1» и «Веер-2»

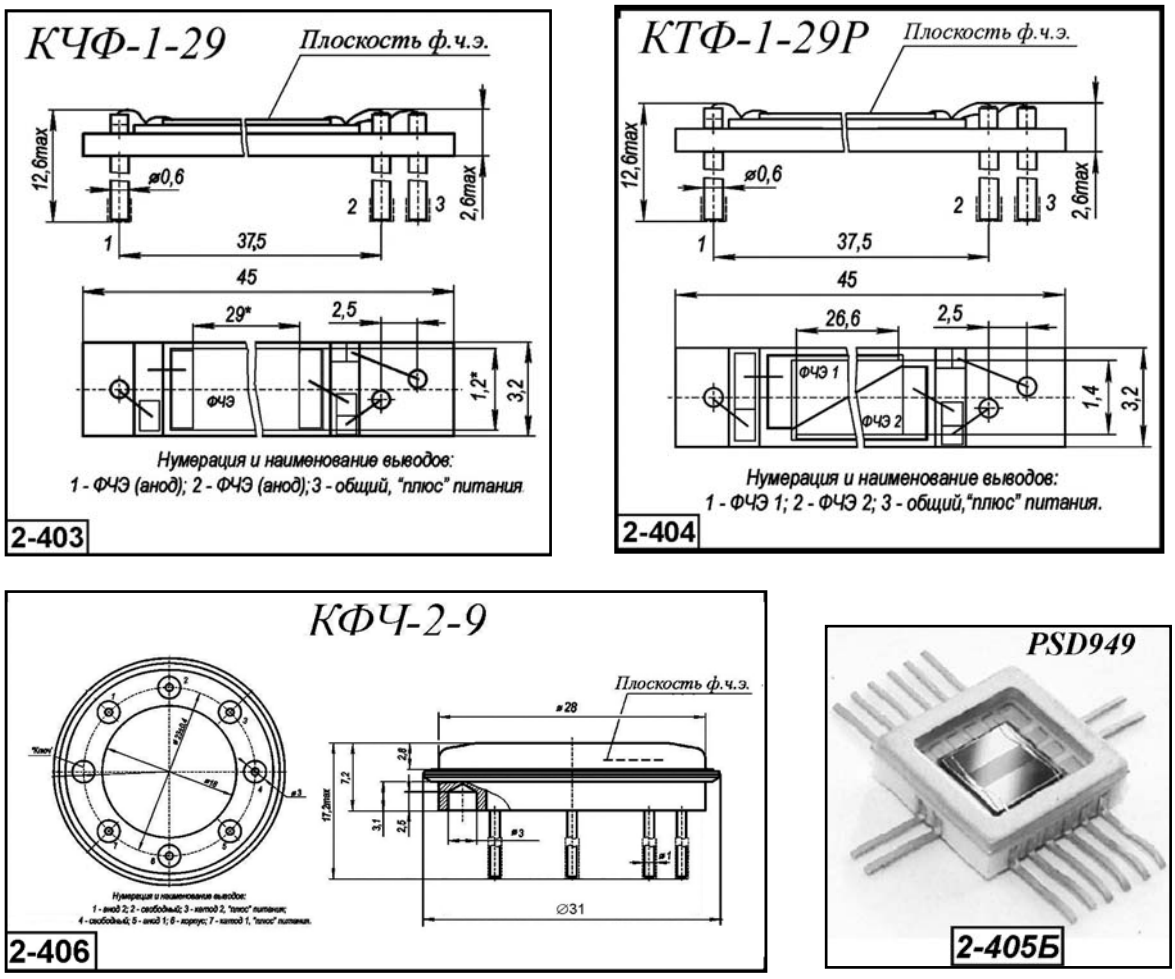
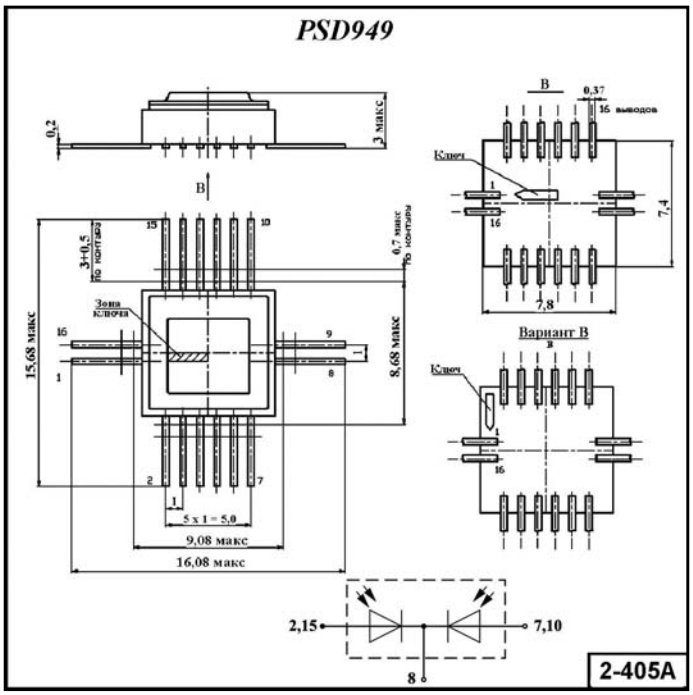
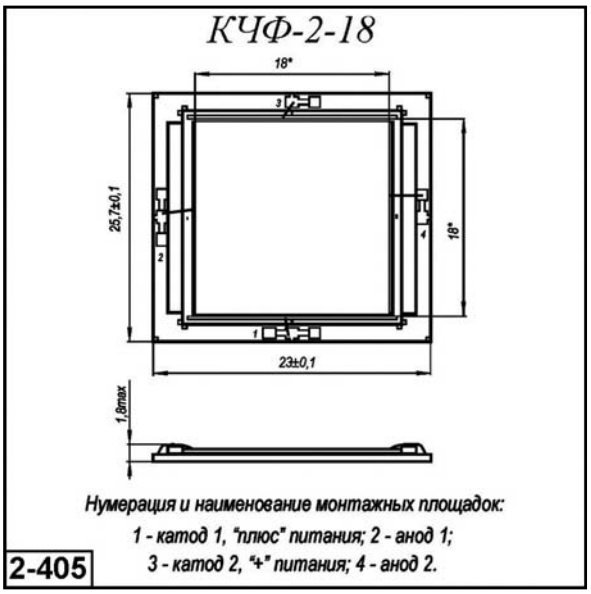


Рис. 2.3.81. Внешний вид, габаритные размеры координатно-чувствительных кремниевых фотодиодов КЧФ-1-29, КЧФ-1-29Р, КЧФ-2-18, ФД-151, ФД-152 и PSD949





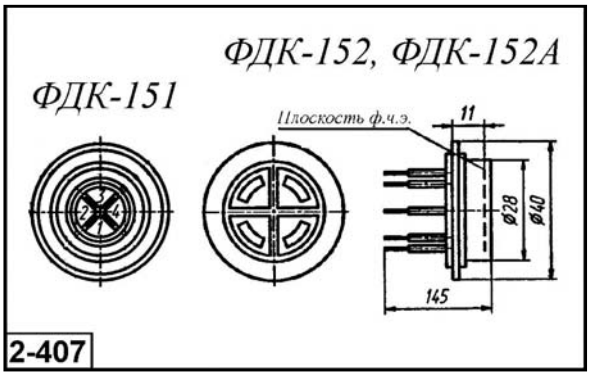


Рис. 2.3.81. Внешний вид, габаритные размеры координатно-чувствительных кремниевых фотодиодов КЧФ-1-29, КЧФ-1-29Р, КЧФ-2-18, ФД-151, ФД-152 и PSD949 (окончание)

Таблица 2.3.70. Основные параметры координатно-чувствительных кремниевых фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Количество ф. ч. э.	Размеры рабочей зоны, мм,	Количество отрабатываемых координат, шт.	Позиционная чувствительность, В/Вт·мм, не менее	$\Delta\lambda$ [$\lambda_{макс}$], мкм	S_{λ}, А/Вт (λ, мкм)	I_T, мкА, ($U_{см}$, В)	Неравномерность чувствительности по ф. ч. э., %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г. не более	№ рис.
«Веер-1»	1	34,8 мм^2	1	$5{,}5\cdot10^{-4}$ В/мм	0,4–1,1 [0,8–0,9]	0,2 (0,53) 0,45 (0,84) 0,15 (1,06)	$5\cdot10^{-3}$	–	25±10	∅ 31 × 7,2	21	2-401
«Веер-2»	2	90 мм^2	2	$6\cdot10^{-4}$ В/мм			$1\cdot10^{-2}$	–	25±10	∅ 31 × 7,2	21	2-402
КЧФ-1-29	1	29 × 1,2	1	–	0,4–1,05	0,3 (0,63 мкм)	$2\cdot10^{-4}$ (0,01 В)	±5	–45…+55	45 × 3,2 × 2,6 (б/к)	2	2-403
КЧФ-1-29Р	2 (зазор 15 мкм)	26,6 × 1,4	1	–	0,4–1,05	0,3 (0,63)	$2\cdot10^{-4}$ (0,01 В)	±5	–45…+55	45 × 3,2 × 2,6 (б/к)	2	2-404
КЧФ-2-9	1	9 × 9	2	4 (λ = 0,85 мкм, Ф = 5 мкВт)	0,4–1,05	0,3 (0,63 мкм)	0,01 (0,01 В)	±5	–60…+60	∅ 31 × 7,2	21	2-406
КЧФ-2-18	1	18 × 18	2	–	0,4–1,05	0,3 (0,63 мкм)	0,01 (0,01 В)	±5	–45…+55	25,7 × 23,1 × 1,8 (б/к)	4	2-405
ФДК-151	4	∅ 20,8 квад-рантный	2	$2\cdot10^5$ В/мм·лм	0,4–1,1 [0,8]	4 мА/лм	1,5 (5В)	10	–60…+60	∅ 40 × 13	43	2-407

Таблица 2.3.70. (окончание)

Тип прибора	Количество ф. ч. э.	Размеры рабочей зоны, мм,	Количество отрабатываемых координат, шт.	Позиционная чувствительность, В/Вт·мм, не менее	$\Delta\lambda$ [$\lambda_{макс}$], мкм	S_{λ}, А/Вт (λ, мкм)	I_T, мкА, ($U_{см}$, В)	Неравномерность чувствительности по ф. ч. э., %, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г. не более	№ рис.
ФДК-152	8	∅ 8 квадрантный	2	$2\cdot10^5$ В/мм·лм	0,4–1,1 [0,8]	4 мА/лм	0,05 (5В)	10	–60…+60	∅ 40 × 13	43	2-407
ФДК-152А	8	∅ 8 квадрантный	2	$2\cdot10^5$ В/мм·лм	0,4–1,1 [0,8]	4 мА/лм	0,05 (5В)	10	–60…+60	∅ 40 × 13	43	2-407
PSD949*	2	3 × 1	1	–	0,4–1,1	0,3 (0,94 мкм)	0,003	–	25±10	7,8 × 7,4 × 3	1	2-405А

Примечание: *) тип прибора указан условно.

2.3.8.2. Многоэлементные фотодиоды с кодом Грея ФД246А, ФД246Б, ФД246АМ, ФД246БМ [Δλ = 0,4–1,1 и 0,8–1,6 мкм]

Предназначены для обнаружения импульсного лазерного излучения и определения направления на его источник. Сигналы с выводов фотодиода можно непосредственно преобразовать в стандартный двоичный код (код Грея). Область спектральной чувствительности фотодиодов 0,4–1,1 мкм (для ФД-246А (Б) и 0,8–1,6 мкм (для ФД246АМ (БМ).

Разряды фотодиодов содержат пары дополняющих элементов, позволяющих взаимно компенсировать синфазные фоновые сигналы помех.

Основные параметры фотодиодов ФД246АМ, ФД246БМ приведены в табл. 2.3.71. Внешний вид и габаритные размеры фотодиодов приведены на рис. 2.3.82.

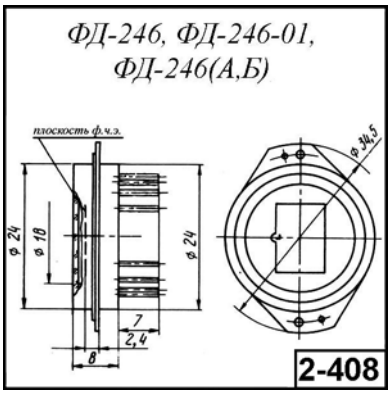


Рис. 2.3.82. Внешний вид и габаритные размеры фотодиодов ФД246А, ФД246Б, ФД246АМ, ФД246БМ

Таблица 2.3.71. Основные параметры фотодиодов ФД246АМ, ФД246БМ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра			
	ФД-246А	ФД-246Б	ФД246АМ	ФД246БМ
Количество элементов	12	6	8	4
Размер фоточувствительного элемента, мм	0,3 × 6	0,3 × 6	0,3 × 6	0,3 × 6
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,1		0,8–1,6	
Рабочая длина волны 1, мкм	1,06		1,06	
Рабочая длина волны 2, мкм			1,55	
Токовая чувствительность на рабочей длине волны 1, А/Вт, не менее	0,04	0,04	0,2	
Токовая чувствительность на рабочей длине волны 2, А/Вт, не менее			0,2	
Разброс чувствительности между элементами, %, не более	20		20	
Коэффициент взаимосвязи между элементами, %, не более	5		5	
Темновой ток элемента, мкА, не более	0,01	0,01	15	15

Таблица 2.3.71. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра			
	ФД-246А	ФД-246Б	ФД246АМ	ФД246БМ
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50		–50...+50	
Рабочее напряжение, В	0,2		0,2	
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 24 × 15		∅ 24 × 15	
Масса, г, не более	15		15	
№ рисунка	2-408		2-408	

2.3.8.3. Интегральные координатно-чувствительные приемники излучения

2.3.8.3.1. Фоточувствительный преобразователь К849ПП1 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,8–0,9 мкм]

Фоточувствительный преобразователь К849ПП1 выполняет функцию преобразования линейного или углового перемещения объекта контроля в напряжение постоянного тока.

Преобразователь К849ПП1 представляет собой гибридную микросхему, содержащую кремниевый двухэлементный дифференциальный фотодиод, два усилителя фотосигнала и светодиод. Принципиальная схема фоточувствительного преобразователя К849ПП1 приведена на рис. 2.3.83. Схема включения дана на рис. 2.3.84, в внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.3.85.

Преобразоватеь работает следующим образом. Энергия излучающего диода VD2 микросхемы отражается сферическим зеркалом, закрепленным на контролируемым объектом, на поверхность дифференциального фотодиода (VD1.1–VD1.2). Перемещение сферического зеркала приводит к перераспределению отраженного потока излучения между фоточувствительными площадками фотодиода и вызывает изменение фототока и выходного напряжения микросхемы.

Преобразователь выпускался в металлостеклянном стандартном корпусе типа 1203.15-1.01 со стеклянным выходным окном.

Основные параметры фоточувствительного преобразователя К849ПП1 приведены в табл. 2.3.72, а позиционные характеристики – на рис. 2.3.86.

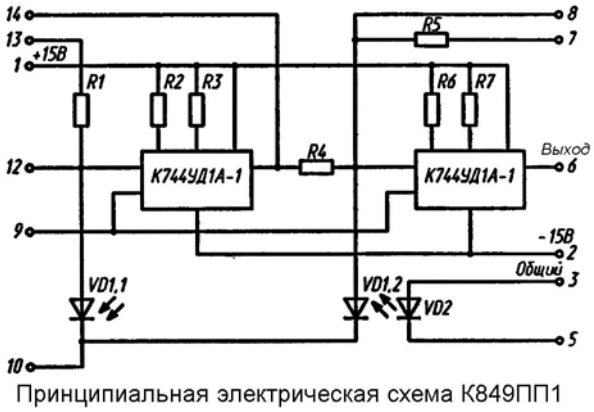
Фоточувствительный преобразователь К849ПП1 используется в устройствах высокоточного позиционирования в станкостроении, оптическом и медицинском приборостроении, робототехнике и т. п.

Таблица 2.3.72. Основные параметры фоточувствительного преобразователя К849ПП1 при температуре 25±5 °С

Наменование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1
Длина рабочей зоны, мкм	700
Позиционная чувствительность при относительном световом отверстии *D*:*F* = 1:3, мВ/мкм, не менее	15
Коэффициент нелинейности позиционной характеристики, %, не более	5
Время нарастания или спада выходного напряжения, мкс, не более	200
Выходной ток (на выводе 5), мА	10–50

Таблица 2.3.72. (окончание)

Наменование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Напряжение питания, В	±15
Диапазон рабочих температур, °С	25±10
Габаритные размеры (без выводов), мм, не более	19,3 × 14,3 × 5
Масса, г, не более	3,5
Минимальная наработка, ч	15 000
№ рисунка	2-409



Принципиальная электрическая схема К849ПП1

Рис. 2.3.83. Принципиальная электрическая схема К849ПП1

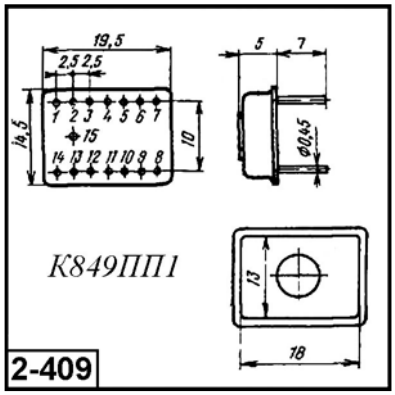
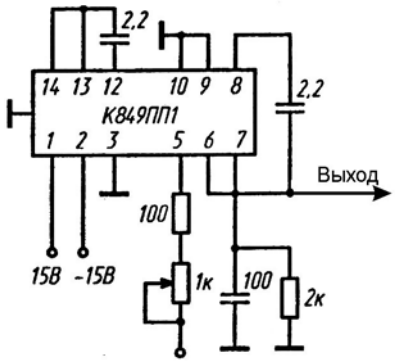
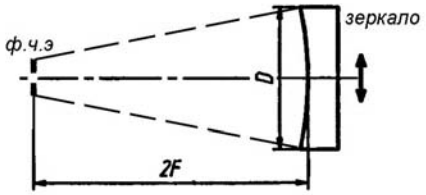


Рис. 2.3.85. Внешний вид и габаритные размеры преобразователя К849ПП1

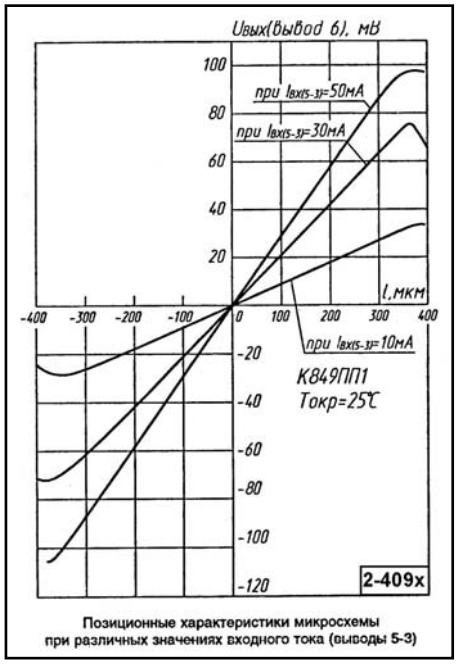


Uупр=(30 - 35)В
Схема включения К849ПП1



Положение сферического зеркала относительно ф.ч.э.

Рис. 2.3.84. Схема включения К849ПП1



Позиционные характеристики микросхемы при различных значениях входного тока (выводы 5-3)

Рис. 2.3.86. Позиционные характеристики преобразователя К849ПП1

2.3.8.3.2. Фотоприемное устройство 1ПП921 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,7 мкм]

Фотоприемное устройство 1ПП921 предназначено для преобразования импульсных оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,3 до 1,1 мкм в электрические.

По конструкции оно представляет собой кремниевую полупроводниковую микросхему. На одном кристалле размещаются два канала ФПУ, каждый из которых представляет собой соединенные по схеме Дарлингтона фототранзистор и усилительный транзис-

тор. Выпускается в стандартном металлостеклянном корпусе типа 3101.08. В крышке корпуса имеется стеклянное окно.

Фотоприемное устройство 1ПП921 использовалось в устройствах автоматики и управления РЭА различного назначения.

Основные параметры ФПУ 1ПП921 приведены в табл. 2.3.73. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ даны на рис. 2.3.87. Принципиальная схема и схема включения – на рис. 2.3.88 .

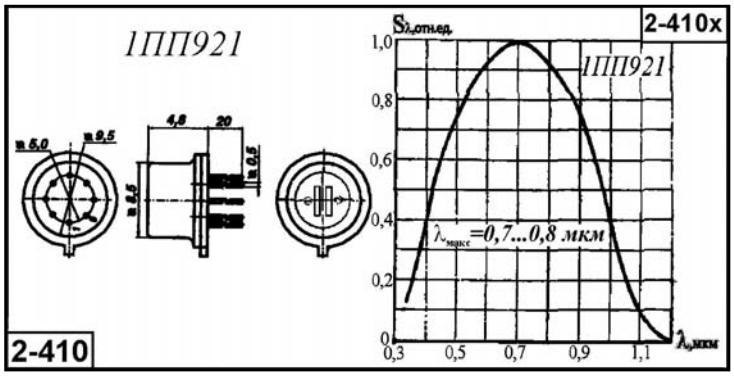
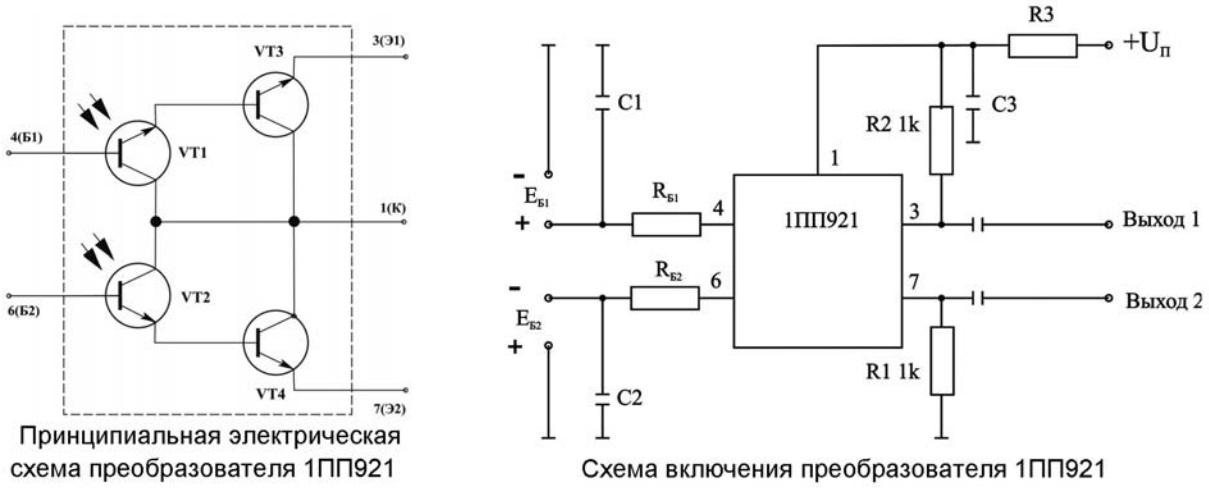


Рис. 2.3.87. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ 1ПП921



Принципиальная электрическая схема преобразователя 1ПП921

Схема включения преобразователя 1ПП921

а) **б)**

Рис. 2.3.88. Принципиальная схема (а) и схема включения (б) ФПУ 1ПП921

Таблица 2.3.73. Основные параметры ФПУ 1ПП921 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,3–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,7±0,02
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,05 × 1
Количество фоточувствительных элементов	2
Зазор между фоточувствительными элементами, мм	0,05
Интегральная токовая чувствительность от источника типа «А», А/лм, не менее	10
Импульсная чувствительность от источника с длиной волны 0,9 мкм и длительностью оптического импульса 0,1 мкс, В/Дж, не менее	$5 \cdot 10^{10}$
Пороговая чувствительность от источника с длиной волны 0,9 мм и длительностью оптического импульса 0,1 мкс, Дж, не более	$4 \cdot 10^{-15}$

Таблица 2.3.73. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Темновой ток фотоприемника при разомкнутой базе и напряжении коллектор–база 10 В, мкА, не более	0,1
Напряжение коллектор–база, В	10
Рабочий ток эмиттера, мА	0,2–0,8
Предельный ток эмиттера, мА, не более	10
Статический коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером в режиме большого сигнала при токе эмиттера 1,5 мА и напряжении коллектор–база 5 В, не менее	$2{,}5 \cdot 10^3$
Диапазон рабочих температур, °С	–60…+85
Габаритные размеры, мм, [масса, г], не более	∅ 9,5 × 4,6 [1,5]
№ рисунка	2-410

2.3.8.3.3. Фотоприемное устройство ФУР117Л [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,8 мкм]

Фотоприемное устройство ФУР117Л предназначено для преобразования импульсных оптических сигналов в диапазоне длин волн от 0,5 до 1,1 мкм в в электрические сигналы логических уровней.

По конструкции оно представляет собой кремниевую полупроводниковую микросхему. На одном кристалле размещаются два независимых канала ФПУ, каждый из которых представляет собой фотодиод, предусилитель и триггер Шмидта. Напряжение питания и выходные напряжения логического нуля позволяют стыковать прибор со схемами ТТЛ и КМОП.

Выпускается в нестандартном пластмассовом корпусе.

Фотоприемное устройство ФУР117Л предназначено для использования в составе различных оптико-механических устройств, а также в устройствах автоматики и управления различного назначения.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.3.74. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.3.89.

Таблица 2.3.74. Основные параметры ФПУ ФУР117Л при температуре 25±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,5–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,65–0,8
Размеры фоточувствительного элемента, мм	2 × 0,1
Количество фоточувствительных элементов	2
Зазор между фоточувствительными элементами, мм	0,4
Частота модуляции потока излучения, кГц, не менее	70
Выходное напряжение высокого уровня (каждого канала), В, не менее	2,4
Выходное напряжение низкого уровня (каждого канала), В, не более	0,4
Разброс пороговых энергетических освещенностей каналов ФПУ, %, не более	25
Тип выходного сигнала	цифровой ТТЛ
Емкость нагрузки выхода, пФ, не более	200
Напряжение питания, В	4,75–5,5
Потребляемая мощность, мВт, не более	10
Диапазон рабочих температур, °С	–10…+55

Таблица 2.3.74. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Габаритные размеры, мм, не более	10 × 10 × 4
Масса, г, не более	5
№ рисунка	2-411

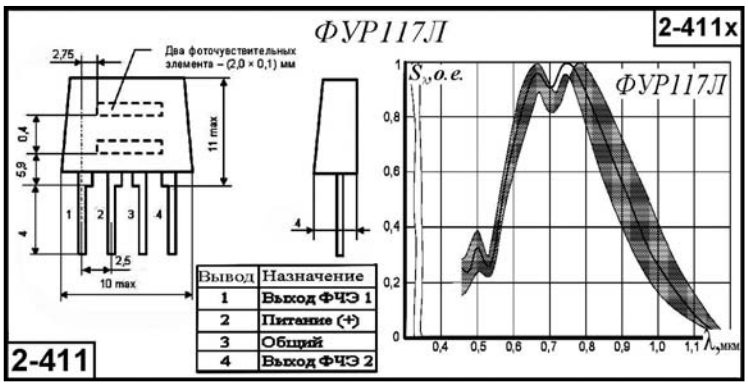


Рис. 2.3.89. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ ФУР117Л

2.3.8.3.4. Фотоприемное устройство КБ1130ПП1-3 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

По конструкции КБ1130ПП1-3 представляет собой кремниевую полупроводниковую микросхему. На одном кристалле размещаются два фототранзистора и схема усиления и формирования сигнала. Функциональная схема ФПУ приведена на рисунке.

Фототранзисторы (VT1, VT2) включены на вход дифференциального усилителя. При воздействии на фототранзистор VT1 потока излучения 2 мВт/см^2 на выходе (вывод 5) формируется высокий логический уровень, а на выходе (вывод 3) – низкий логический уровень. При возбуждении фототранзистора VT2 на выходе «5» – низкий уровень, на выходе «3» – высокий.

ФПУ КБ1130ПП1-3 выпускалось в двух вариантах конструкции: в бескорпусном варианте с шариковыми выводами и в стандартном металлостеклянном корпусе типа 3101.08 со стеклянным окном.

Фотоприемное устройство КБ1130ПП1-3 предназначено для использования в составе различных оптико-механических устройств, а также в различном технологическом и металлообрабатывающем оборудовании с программным управлением и в бесконтактных выключателях.

Основные параметры ФПУ КБ1130ПП1-3 приведены в табл. 2.3.75. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.90.



Функциональная схема преобразователя КБ1140ПП1-3

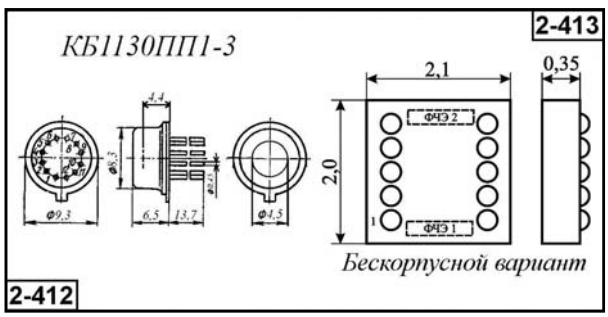


Рис. 2.3.90. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ КБ1130ПП1-3

Таблица 2.3.75. Основные параметры микросхемы ФПУ КБ1130ПП1-3

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,4–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,8–0,9
Количество фоточувствительных элементов	2
Поток излучения на входе, мВт/см^2, не менее	2
Напряжение высокого логического уровня, В, не менее	2,4
Напряжение низкого логического уровня, В, не более	0,4
Выходной ток логического уровня (вывод 3 или 5), мА, не более	12
Выходной ток линейного выхода, мкА, не более	100
Время нарастания или спада выходного логического уровня, мкс, не более	1
Частота переключений, кГц	0–200
Емкость нагрузки на каждом выходе, пФ, не более	1700
Тип выходного сигнала	цифровой
Напряжение питания, В	5±10%
Ток потребления, мА, не более	10
Габаритные размеры (бескорпусной вариант), мм, не более	$2{,}0 \times 2{,}1 \times 0{,}35$
Габаритные размеры (корпусной вариант), мм, не более	$\varnothing\, 9{,}3 \times 6{,}5$
№ рисунка	2-412 и 2-413

2.3.8.3.5. Фотоприемное устройство ФЦ202 [$\Delta\lambda$ = 0,2–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм]

Фотоприемное устройство ФЦ202 предназначено для регистрации излучения в диапазоне 0,2–1,1 мкм. Фотоприемное устройство ФЦ202 представляет собой кремниевую полупроводниковую интегральную микросхему, содержащую на одном кристалле фотодиод и схему усиления и обработки сигнала.

Конструктивно фотоприемное устройство размещено в стандартном металлостеклянном 8-выводном корпусе с прозрачным входным окном.

Фотоприемное устройство ФЦ202 использовалось в прецизионных электронно-оптических системах и в аппаратуре бытового назначения.

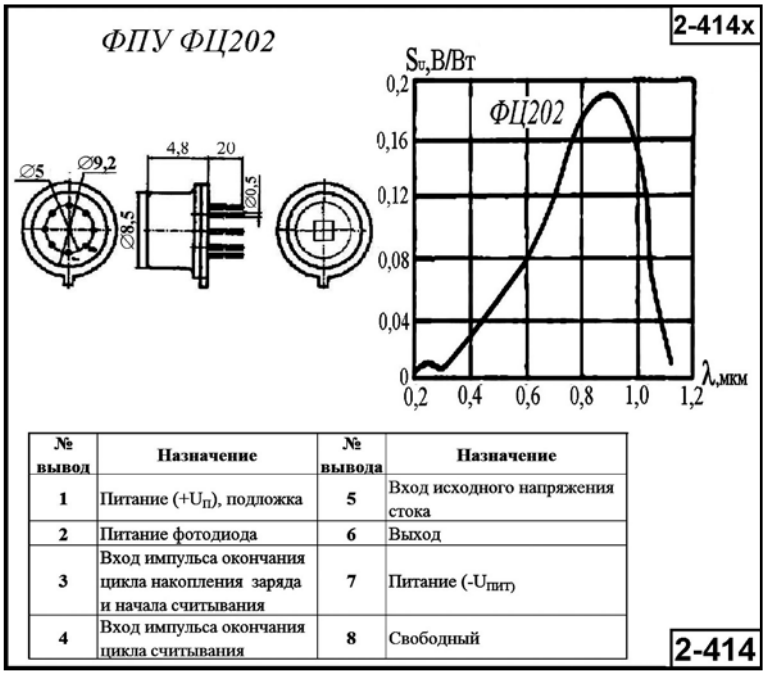
Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.3.76. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.3.91. На рис. 2.3.92 приведена форма сигналов на элементах схемы, приведеной на рис. 2.3.93, где показана схема включения ФПУ.

Таблица 2.3.76. Основные параметры ФПУ ФЦ202 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–1,1
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,9
Размеры фоточувствительного элемента, мм	2×2
Вольтовая монохроматическая чувствительность на длине волны 0,9 мкм, В/Вт, не менее	$2 \cdot 10^{11}$
Пороговая чувствительность, Вт·Гц$^{1/2}$, не более	$1 \cdot 10^{-14}$
Линейность преобразования, %, не хуже	0,1
Динамический диапазон, о. е.	$1 \cdot 10^{7}$

Таблица 2.3.76. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Температурная нестабильность чувствительности, %/град, не более (на длине волны 0,3 мкм)	0,1
Интервал времени интегрирования фотосигнала, мс	1–200
Тип выходного сигнала	цифровой ТТЛ
Напряжение питания, В	5–15
Потребляемая мощность, мВт, не более	10
Диапазон рабочих температур, °С	20±10
Габаритные размеры, не более	∅ 9,5 × 4,8
Масса, г, не более	2
№ рисунка	2-414



№ вывод	Назначение	№ вывода	Назначение
1	Питание (+$U_П$), подложка	5	Вход исходного напряжения стока
2	Питание фотодиода	6	Выход
3	Вход импульса окончания цикла накопления заряда и начала считывания	7	Питание (-$U_{пит}$)
4	Вход импульса окончания цикла считывания	8	Свободный

Рис. 2.3.91. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ ФЦ202

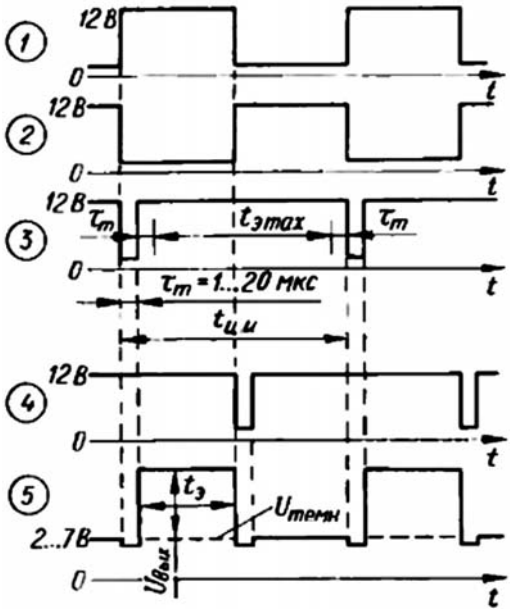


Рис. 2.3.92. Форма сигналов на элементах схемы (см. рис. 2.3.93)

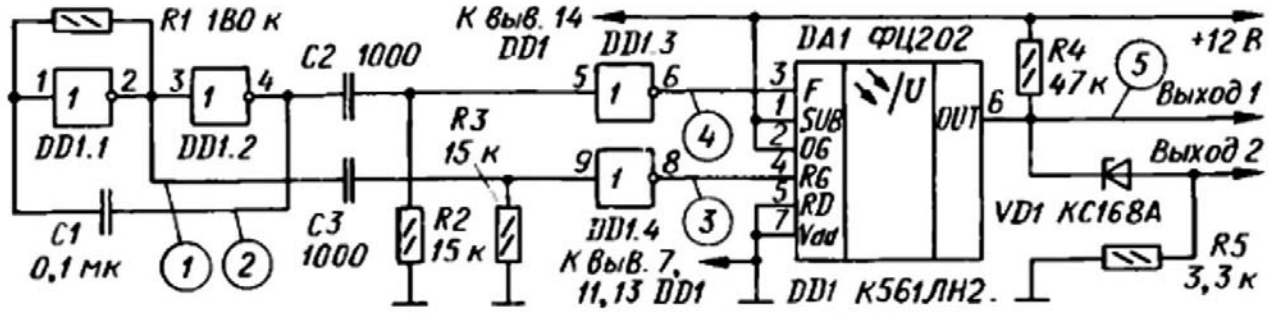


Рис. 2.3.93. Схема включения ФПУ ФЦ202

2.3.9. Фотоприемники на основе арсенида галлия для диапазона 1,0–1,6 мкм

В последние годы широкое распространение получают фотодиоды, изготовленные на основе соединений арсенида галлия InGaAs, InGaAsP и InGaAs/InP. Эти фотодиоды изготавливаются по планарно-эпитаксиальной и меза-планарной технологии в виде *pin*-структур с небольшими размерами фоточувствительной площадки – от ∅0,04 до ∅2 мм. Приборы отличаются высоким быстродействием и используются для приема высокочастотного оптического излучения с частотой до 1,5 ГГц и выше.

Фотодиоды на основе соединений арсенида галлия, предназначенные для широкого применения, реализуются в бескорпусном исполнении или в стандартных металлостеклянных корпусах с плоским прозрачным входным окном.

Для стабилизации параметров фотодиодов используют конструкции, содержащие тэрмоэлектрические микроохладители (ТЭО) и датчики температуры (терморезисторы). Такие приборы содержат в своей маркировке индекс «ТС». Например, ДФД1000ТС или ДФД2000ТС.

Фотоприемные устройства на основе фотодиодов из соединений арсенида галлия могут иметь и оригинальные конструктивные решения.

Основные параметры некоторых типов фотоприемников на основе арсенида галлия приведены в табл. 2.3.77–2.3.81. Внешний вид приборов дан на рис. 2.3.94–2.3.99.

Принятые сокращения и обозначения в главе 2.3.9:

$A_{ФЧЭ}$ – размер (мм) или площадь фоточувствительной площадки, мм^2; 2β – плоский угол зрения, град; Δλ – область спектральной чувствительности, мкм; $\lambda_{макс}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $U_Р$ – рабочее напряжение, В; $I_Т$ – темновой ток, мкА; τ – постоянная времени по спаду или нарастанию фототока, с; $C_Д$ – емкость фотодиода, пФ; $K_{ФС}$ – коэффициент фотоэлектрической связи между элементами, %; ΔT – диапазон рабочих температур, °С; $S_{а/инт}$ – интегральная токовая чувствительность, мкА/лк, А/лм или А/Вт. ; $Ф_{П1}$ – пороговая чувствительность, лм·Гц$^{-1/2}$.

2.3.9.1. Фотодиоды ДФД 40, ДФД 70, ДФД 250/Б, ДФД 500/Б, ДФД 250ТО/Б, ДФД 500ТО/Б, ДФД300Б, ДФД300С, ДФД500Б, ДФД500С, ДФД1000ТО, ДФД1000ТО-К, ДФД1000ТС, ДФД2000ТС [Δλ = 0,9–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]

Модели *pin*-фотодиодов ДФД40–ДФД500 разработаны для использования в составе волоконно-оптических лазерных излучателей для создания обратной связи. Эти фотодиоды также используются для оптических линий связи и различных ИК-датчиков. Модели ДФД1000 и ДФД2000 разработаны для использования в качестве приемников и датчиков ИК-излучения в различной оптико-электронной аппаратуре. Все модели фотодиодов серии ДФД имеют конструкцию с вводом излучения через мезаструктуру с относительно большими активными размерами фоточувствительной площадки (300, 500, 1000 и 2000 мкм соответственно).

Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.3.77, внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.3.94. Типовая спектральная характеристика фотодиодов серии ДФД дана на рис. 2.3.95.

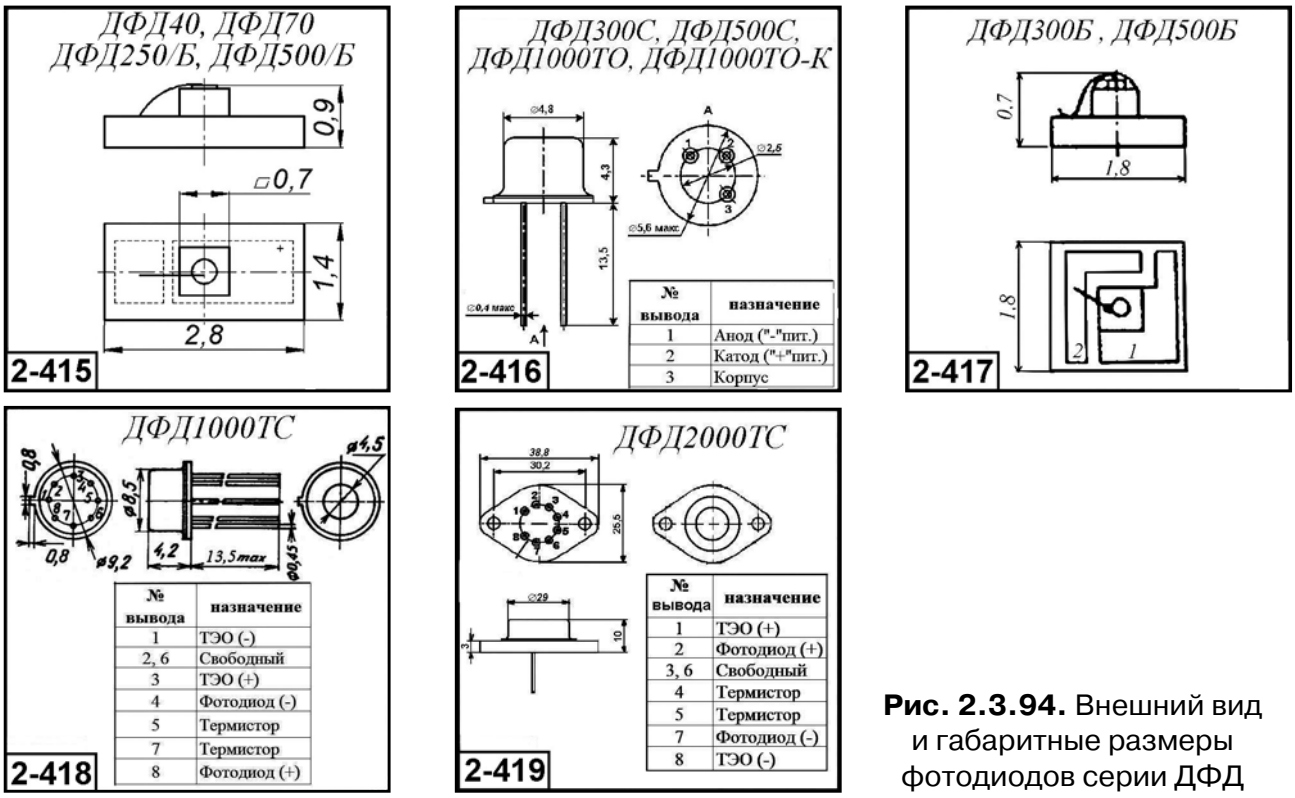


Рис. 2.3.94. Внешний вид и габаритные размеры фотодиодов серии ДФД

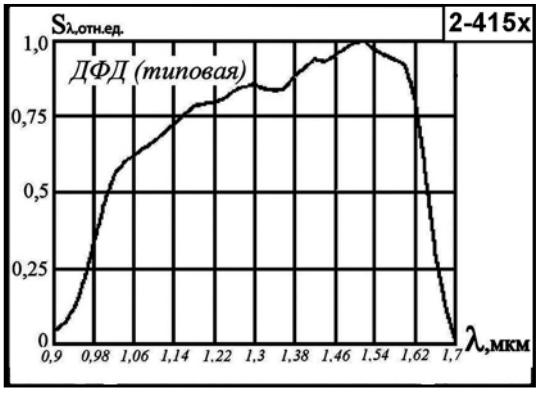


Рис. 2.3.95. Типовая относительная спектральная характеристика фотодиодов серии ДФД

Таблица 2.3.77. Основные параметры *pin*-фотодиодов серии ДФД при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{раб}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт, не менее		Время отклика, с	Полная емкость, пф	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г. не более	№ рис.
						1,3 мкм	1,55 мкм						
ДФД 40	∅ 0,04	0,9–1,6	1,3 и 1,55	–5	0,005	0,8	0,85	$6 \cdot 19^{-11}$	0,18	–60...+55	2,8 × 1,4 × 0,9 б/к	0,2	2-415
ДФД 70	∅ 0,07	0,9–1,6	1,3 и 1,55	–5	0,005	0,8	0,85	$8 \cdot 19^{-11}$	0,3	–60...+55	2,8 × 1,4 × 0,9 б/к	0,2	2-415
ДФД 250/Б	∅ 0,25	0,9–1,6	1,3 и 1,55	–5	0,02	0,75	0,8	$2 \cdot 10^{-9}$	6	–60...+55	2,8 × 1,4 × 0,9 б/к	0,2	2-415
ДФД 500/Б	∅ 0,5	0,9–1,6	1,3 и 1,55	–5	0,03	0,75	0,8	$1 \cdot 10^{-8}$	35	–60...+55	2,8 × 1,4 × 0,9 б/к	0,2	2-415
ДФД 250ТО/Б	∅ 0,25	0,9–1,6	1,3 и 1,55	–5	0,02	0,7	0,75	$2 \cdot 10^{-9}$	6	–60...+55	∅ 5,6 × 5,2	1	2-416
ДФД 500ТО/Б	∅ 0,5	0,9–1,6	1,3 и 1,55	–5	0,03	0,7	0,75	$1 \cdot 10^{-8}$	35	–60...+55	∅ 5,6 × 5,2	1	2-416

Таблица 2.3.77. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{раб}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт, не менее		Время отклика, с	Полная емкость, пФ	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г. не более	№ рис.
						1,3 мкм	1,55 мкм						
ДФД300Б	∅ 0,3	0,95–1,7	1,3 и 1,55	–5	0,02	0,75	0,8	$2\cdot10^{-9}$	10–30	–60...+55	1,8 × 1,8 × 0,7 б/к	0,1	2-417
ДФД300С	∅ 0,3	0,95–1,7	1,3 и 1,55	–5	0,02	0,75	0,8	$2\cdot10^{-9}$	10–30	–60...+55	∅ 5,6 × 4,3	1	2-416
ДФД500Б	∅ 0,5	0,95–1,7	1,3 и 1,55	–5	0,05	0,75	0,8	$1\cdot10^{-8}$	35–50	–60...+55	1,8 × 1,8 × 0,7 б/к	0,1	2-417
ДФД500С	∅ 0,5	0,95–1,7	1,3 и 1,55	–5	0,05	0,75	0,8	$1\cdot10^{-8}$	35–50	–60...+55	∅ 5,6 × 4,3	1	2-416
ДФД1000ТО	∅ 1	0,95–1,7	1,3 и 1,55	–5	0,02	0,75–0,85	0,8–0,9	$2\cdot10^{-8}$	35–40	–60...+55	∅ 5,6 × 4,3	1	2-416
ДФД1000ТО-К	∅ 1	0,85–1,7	0,85 1,3 1,55	–5	0,04	0,15–0,2 (λ = 0,85мкм) 0,75–0,85 (λ = 1,3 мкм)	0,8–0,9	$2\cdot10^{-8}$	35–40	–60...+55	∅ 5,6 × 4,3	1	2-416
ДФД1000ТС	∅ 1	0,95–1,7	1,3 и 1,55	–5	0,02–0,04	0,75–0,85	0,8–0,9	$2\cdot10^{-8}$	35–40	–60...+55	∅ 9,2 × 4,2	3	2-418
ДФД2000ТС	∅ 2	0,95–1,7	1,3 и 1,55	–5	0,12–0,2	0,65–0,75	0,75–0,85	$3\cdot10^{-8}$	370–350	–60...+55	38,8 × 25,5 × 10	5	2-419

2.3.9.2. Фотодиоды ФД-161А б/к, ФД-161А п/о, ФД-161-01А б/к, ФД-161–01А п/о, ФД-161Б б/к, ФД-161Б п/о, ФД-161-01Б б/к, ФД-161-01Б п/о, 4ДФ106А-5 [$\Delta\lambda$ = 1–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]

Модели *pin*-фотодиодов ФД-161А б/к, ФД-161А п/о, ФД-161-01А б/к, ФД-161-01А п/о, ФД-161Б б/к, ФД-161Б п/о, ФД-161-01Б б/к, ФД-161-01Б п/о и 4ДФ106А-5 изготавливаются по планарно-эпитаксиальной технологии на основе соединений арсенида галлия InGaAs и InGaAs P.

Фотодиоды реализованы в различных вариантах конструкции. Фотодиоды с индексом «б/к» выпускаются в бескорпусном исполнении, а приборы с индексом «п/о» – в герметичных металлостеклянных корпусах с плоским стеклянным окном.

Основные параметры фотодиодов серии ФД-161 приведены в табл. 2.3.78. Внешний вид и габаритные размеры фотодиодов даны на рис. 2.3.96, а спектральная характеристика – на рис. 2.3.97.

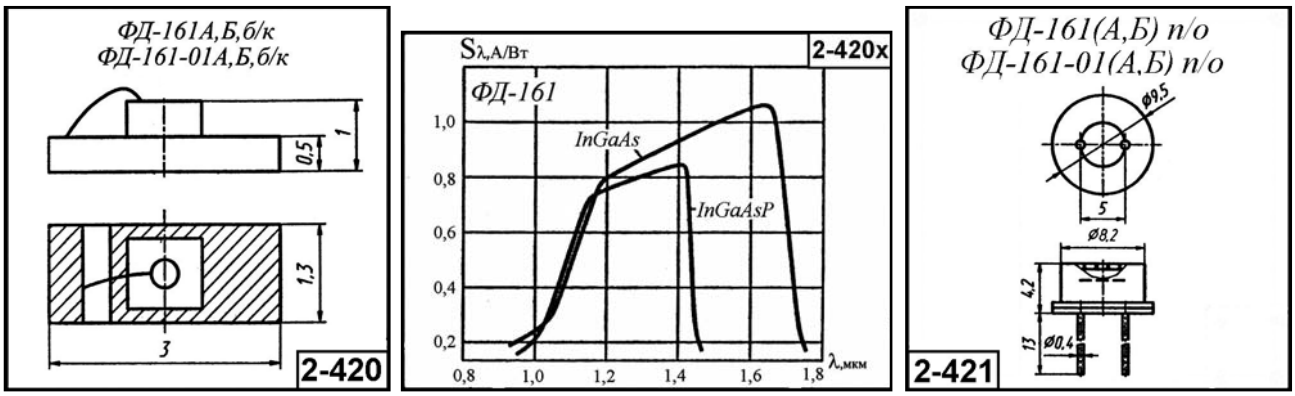


Рис. 2.3.96. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотодиодов серии ФД-161 б/к и ФД-161 п/о

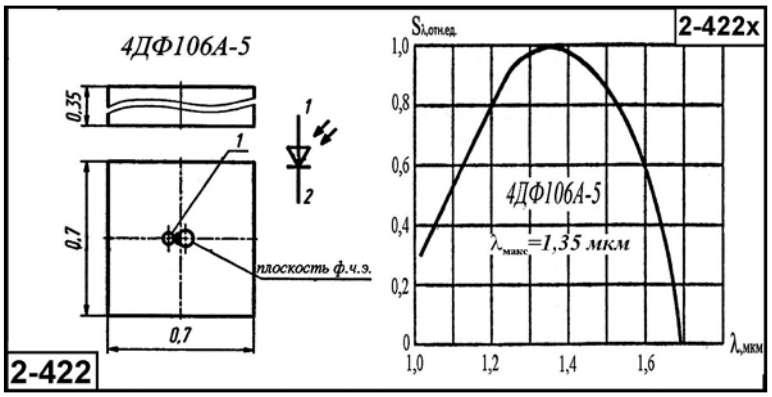


Рис. 2.3.97. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотодиода 4ФД106А-5

Таблица 2.3.78. Основные параметры *pin*-фотодиодов серии ДФД при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{раб}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{макс}$, А/Вт, не менее	Время отклика, с	Полная емкость, пф	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ФД-161А б/к	∅ 0,2	1–1,45	1,3	–10	$(1–5)\cdot10^{-3}$	0,6–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$(1,5–3)\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-420
ФД-161А п/о	∅ 0,2	1–1,45	1,3	–10	$(1–5)\cdot10^{-3}$	0,6–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$(1,5–3)\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2	1	2-421
ФД-161-01А б/к	∅ 0,08	1–1,6	1,55	–10	$(0,1–1)\cdot10^{-9}$	0,5–0,8 (λ = 1,55 мкм)	$(1–2)\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-420
ФД-161-01А п/о	∅ 0,08	1–1,6	1,55	–10	$(0,1–1)\cdot10^{-9}$	0,5–0,8 (λ = 1,55 мкм)	$(1–2)\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2	1	2-421
ФД-161Б б/к	∅ 0,2	1–1,45	1,3	–5	$(1–5)\cdot10^{-9}$	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$(1,5–3)\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-420
ФД-161Б п/о	∅ 0,2	1–1,45	1,3	–5	$(1–5)\cdot10^{-9}$	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$(1,5–3)\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2	1	2-421
ФД-161-01Б б/к	∅ 0,08	1–1,6	1,55	–5	$(0,1–1)\cdot10^{-9}$	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$(1–2)\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-420
ФД-161-01Б п/о	∅ 0,08	1–1,6	1,55	–5	$(0,1–1)\cdot10^{-9}$	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$(1–2)\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2	1	2-421
4ДФ106А-5	∅ 0,08	1,1–1,6	1,3	–5	0,08	0,4	$1\cdot10^{-9}$	3	–60...+70	0,7 × 0,7 × 0,35 б/к	0,005	2-422

2.3.9.3. Фотоприемные устройства на основе фотодиодов из арсенида галлия

2.3.9.3.1. Фотоприемное устройство ФПУ-073 [$\Delta\lambda$ = 0,95–1,65; $\lambda_{макс}$ = 1,55 мкм]

Фотоприемное устройство ФПУ-073 предназначено для приема оптических сигналов длительностью 30 нс в спектральном диапазоне 1,06–1,57 мкм и последующего формирования ТТЛ-импульсов.

Состав ФПУ: pin-фотодиод на основе InGaAs, предусилитель на малошумящих биполярных транзисторах, ключевая схема АРУ (ВАРП), пороговое устройство и стабилизатор напряжения питания.

Предусилитель имеет защиту от перегрузок при мощности импульсной засветки $>10^{-3}$ Вт и работает на канал обнаружения, порог срабатывания которого за 10 мкс после подачи сигнала ВАРП уменьшается в 250 раз. Канал обнаружения имеет парафазный ТТЛ-выход.

Подключение ФПУ к внешним цепям производится плоским шлейфом через разъем 52745-0890 фирмы MOLEX.

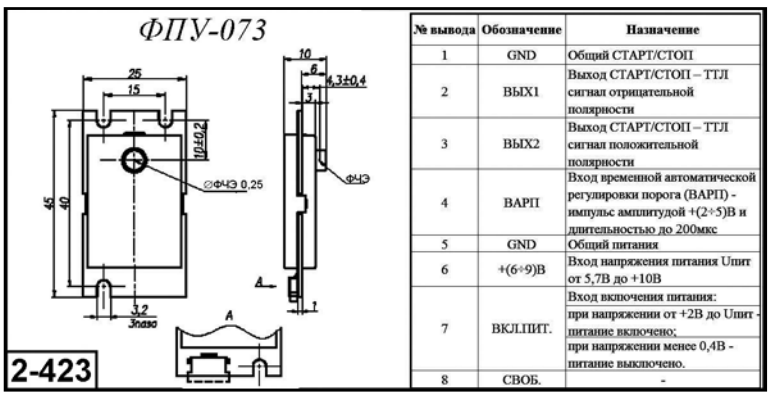
Таблица 2.3.79. (окончание)

Применение: регистрации импульсного излучения в системах лазерной дальнометрии и целеуказания.

Основные параметры ФПУ-073 приведены в табл. 2.3.79. Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов ФПУ даны на рис. 2.3.98.

Таблица 2.3.79. Основные параметры ФПУ-073 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,95–1,65
Максимум спектральной характеристики, мкм	1,55
Диаметр фоточувствительной зоны, мм	0,25
Токовая чувствительность фотодиода (λ = 1,55 мкм), А/Вт	0,9
Длительность входного импульса засветки по уровню 0,5, нс	30±3
Мощность импульсной засветки (λ = 1,54мкм), необходимая для формования выходных ТТЛ-импульсов при вероятности обнаружения β = 0,5, Вт, не более	$5 \cdot 10^{-8}$
Длительность выходного импульса по уровню 0,5 при засветке импульсным излучением мощностью до $1.0 \cdot 10^{-3}$ Вт, нс, не более	200
Время нарастания выходного импульса ФПУ от уровня 0,1 до уровня 0,9 амплитуды при мощности импульсной засветки на λ = 1,54мкм до $1 \cdot 10^{-7}$ Вт, нс, не более	10
Время выхода ФПУ на режим максимальной чувствительности с момента положительного перепада импульса ВАРП, мкс	6–10
Увеличение мощности импульсной засветки при изменении напряжения ВАРП от лог.1 до лог.0, раз, не менее	250
Изменение временного положения переднего фронта выходного импульса ФПУ при изменении мощности импульсной засветки от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ Вт, нс, не более	25
Тип выходного сигнала	цифровой ТТЛ
Ёмкость нагрузки ТТЛ выхода, пФ, не более	7
Сопротивление нагрузки ТТЛ-выхода, Ом, не менее	500
Напряжение питания ($U_п$), В	+(5,7–10)
Напряжение включения питания ФПУ, В	от +2,4 до $U_п$
Напряжение выключения питания ФПУ, В, не более	0,4
Ток потребления в рабочем режиме, мА, не более	15
Ток потребления в выключенном состоянии, мА, не более	0,005
Время, в течение которого ФПУ выходит в режим готовности к приему оптических сигналов после включения напряжения питания, мс, не более	20
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+60
Габаритные размеры, мм	45 × 25 × 10
Масса, г, не более	30
№ рисунка	2-423



№ вывода	Обозначение	Назначение
1	GND	Общий СТАРТ/СТОП
2	ВЫХ1	Выход СТАРТ/СТОП – ТТЛ сигнал отрицательной полярности
3	ВЫХ2	Выход СТАРТ/СТОП – ТТЛ сигнал положительной полярности
4	ВАРП	Вход временной автоматической регулировки порога (ВАРП) - импульс амплитудой +(2÷5)В и длительностью до 200мкс
5	GND	Общий питания
6	+(6÷9)В	Вход напряжения питания Uпит от 5,7В до +10В
7	ВКЛ.ПИТ.	Вход включения питания: при напряжении от +2В до Uпит - питание включено; при напряжении менее 0,4В - питание выключено.
8	СВОБ.	-

Рис. 2.3.98. Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов ФПУ-073

2.3.9.3.2. Фотоприемное устройство ФПУ-092 [$\Delta\lambda$ = 0,95–1,65; $\lambda_{макс}$ = 1,55 мкм]

Фотоприемное устройство ФПУ-092 предназначено для приема оптических сигналов колоколообразной формы длительностью 30 нс (по уровню 0,5) в спектральном диапазоне 1,06–1,65 мкм и последующего формирования ТТЛ-импульсов.

Состав ФПУ: pin-фотодиод на основе InGaAs, предусилитель на малошумящих биполярных транзисторах, ключевая схема АРУ (ВАРП), пороговое устройство и стабилизатор напряжения питания.

Предусилитель имеет защиту от перегрузок при мощности импульсной засветки $>10^{-3}$ Вт и работает на канал обнаружения, порог срабатывания которого за 15–20 мкс после подачи сигнала ВАРП уменьшается в 250–300 раз. Канал обнаружения имеет парафазный ТТЛ-выход.

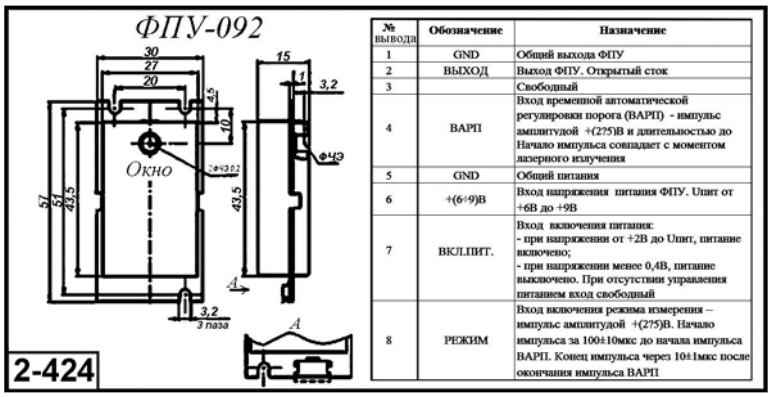
Подключение ФПУ к внешним цепям производится плоским шлейфом через разъем 52745-0890 фирмы MOLEX.

Применение: регистрации импульсного излучения в системах лазерной дальнометрии и целеуказания.

Основные параметры ФПУ-092 приведены в табл. 2.3.80. Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов ФПУ даны на рис. 2.3.99.

Таблица 2.3.80. Основные параметры ФПУ-092 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,95–1,65
Максимум спектральной характеристики, мкм	1,55
Диаметр фоточувствительной зоны, мм	0,20
Токовая чувствительность фотодиода (λ = 1,55 мкм), А/Вт	0,9
Длительность входного импульса засветки по уровню 0,5, нс	30±3
Мощность импульсной засветки (λ = 1,54мкм), необходимая для формования выходных ТТЛ-импульсов при вероятности обнаружения β = 0,5, Вт, не более	$1\cdot10^{-8}$
Вероятность ложной тревоги в интервале наблюдения до 300, мкс	$1\cdot10^{-3}$
Время выхода ФПУ на режим максимальной чувствительности с момента положительного перепада импульса ВАРП, мкс	15–20
Увеличение мощности импульсной засветки при изменении напряжения ВАРП от лог.1 до лог.0, раз	200–350
Изменение временного положения переднего фронта выходного импульса ФПУ при изменении мощности импульсной засветки от $2\cdot10^{-8}$ до $1\cdot10^{-3}$ Вт, нс, не более	±10
Тип выходного сигнала	цифровой ТТЛ
Напряжение на выходе ФПУ, В, не более	10
Ток на выходе ФПУ, мА, не более	15
Напряжение питания ($U_п$), В	5,7–10
Напряжение включения питания ФПУ, В	от +2,4 до $U_п$
Напряжение выключения питания ФПУ, В, не более	0,4
Ток потребления в рабочем режиме, мА, не более	50
Ток потребления в выключенном состоянии, мА, не более	0,005
Время, в течение которого ФПУ выходит в режим готовности к приему оптических сигналов после включения напряжения питания, мс, не более	20
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+60
Габаритные размеры, мм	57 × 30 × 15
Масса, г, не более	40
№ рисунка	2-424



№ вывода	Обозначение	Назначение
1	GND	Общий выхода ФПУ
2	ВЫХОД	Выход ФПУ. Открытый сток
3		Свободный
4	ВАРП	Вход временной автоматической регулировки порога (ВАРП) - импульс амплитудой +(2÷5)В и длительностью до Начало импульса совпадает с моментом лазерного излучения
5	GND	Общий питания
6	+(6÷9)В	Вход напряжения питания ФПУ. Uпит от +6В до +9В
7	ВКЛ.ПИТ.	Вход включения питания: - при напряжении от +2В до Uпит, питание включено; - при напряжении менее 0,4В, питание выключено. При отсутствии управления питанием вход свободный
8	РЕЖИМ	Вход включения режима измерения – импульс амплитудой +(2÷5)В. Начало импульса за 100±10мкс до начала импульса ВАРП. Конец импульса через 10±1мкс после окончания импульса ВАРП

Рис. 2.3.99. Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов ФПУ-092

2.3.9.3.3. Фотоприемные устройства ФУО-155 и ФУО-157 [$\Delta\lambda$ = 1–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,06 и 1,54 мкм]

Фотоприемные устройства ФУО-155 и ФУО-157 предназначены для регистрации импульсного излучения в спектральном диапазоне 1,0–1,6 мкм.

Состав ФПУ: pin-фотодиод на основе гетероструктур InGaAs/InP и предварительный усилитель с полевым GaAs-транзистором на входе.

Применение: регистрации импульсного излучения в системах лазерной дальнометрии, локации и целеуказания.

Основные параметры ФПУ ФУО-155 и ФУО-157 приведены в табл. 2.3.81.

Таблица 2.3.81. Основные параметры ФПУ ФУО-155 и ФУО-157 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ФУО-155	ФУО-157
Область спектральной чувствительности	1,0–1,6	
Рабочий спектральный диапазон, мкм	1,06	1,54
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	0,2	
Пороговая чувствительность к импульсному излучению (t = 5 нс, при отношении $Vc/Vш$ = 1), Вт, не более	$6\cdot10^{-8}$	–
Пороговая чувствительность к импульсному излучению (t = 20 нс, при отношении $Vc/Vш$ = 1), Вт, не более	–	$5\cdot10^{-9}$
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$4\cdot10^{4}$	$4\cdot10^{5}$
Время разрешения при P = 75 мВт, нс:		300
Время разрешения при P = 50 мВт, нс:	100	–
Время разрешения при P = 20 мВт, нс:	300	–
Время разрешения при P = 1 мВт, нс:	–	600
Время нарастания, нс	< 20	< 10
Напряжение питания, В	9±5%	12±5%
Ток потребления, мА, не более	50	50
Диапазон рабочих температур, °С	–50…+50	–60…+60
Габаритные размеры, мм, не более	30 × 20 × 6	

2.3.10. Фотоприемники для волоконно-оптических систем передачи и волоконно-оптических линий связи

Фотоприемник является основным элементом волоконно-оптических систем передачи (ВОСП) и волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), к которому предъявляются специфические требования. Фотоприемник для ВОЛС должен обладать: высокой чувствительностью на рабочей длине волны, иметь малую постоянную времени и минимальный уровень шумов в широком диапазоне рабочих температур. В настоящее время обмен информации по оптоволокну осуществляют в трех диапазонах: 0,85 мкм, 1,3 мкм, 1,55 мкм.

В качестве чувствительных элементов фотоприемников для ВОСП используются *pin*-фотодиоды, изготовленные из кремния (для диапазона 0,8–0,9 мкм), а на большие длины волн (1,2–1,6 мкм) – *pin*- и лавинные фотодиоды (ЛФД), которые изготавливаются из германия (Ge), InGaAs или InGaAP и др. ЛФД имеют высокую пороговую чувствительность и повышенное быстродействие, их предельная частота достигает нескольких гигагерц. К недостаткам этих приборов можно отнести сильную температурную зависимость коэффициента усиления, нелинейность преобразования и малую площадь рабочей поверхности (0,05 мм^2), а также необходимость жесткой температурной стабилизации коэффициента лавинного умножения.

Конструктивная особенность фотоприемников для ВОЛС заключается в том, что оптический вход этих приборов должен совмещаться с элементами ВОЛС, с тем чтобы полностью использовалась эффективная площадь фоточувствительного элемента приемника излучения. В качестве входных элементов фотоприемников наиболее широкое применение получили: плоские окна, фоконы, микрообъективы, встроенные световоды, отрезки волоконно-оптического кабеля и оптические разъемы. Фотоприемник, снабженный стандартным оптическим разъемом, получил наименование фотодиодного модуля (ФДМ). Иногда модулем называют фотодиод, снабженный отрезком волоконно-оптического кабеля.

Наиболее широкое распространение получили так называемые фотоприемные устройства (ФПУ), а также приемные оптоэлектронные модули (ПРОМ), которые подразделяются на аналоговые и цифровые.(В некоторых публикациях используется аббревиатура «ОЕМ» – оптоэлектронные приемные модули.)

В состав аналогового приемного модуля входит *pin*- или лавинный фотодиод и широкополосный предусилитель, усиливающий сигнал фотоприемника и преобразующий его в форму, пригодную для дальнейшей обработки. В состав модуля может входить демодулятор, отделяющий сигнал от несущей и воспроизводящий его первоначальную форму. Все электронные компоненты размещаются в едином защитном корпусе ПРОМ.

Аналоговые ПРОМ принимают аналоговый оптический сигнал и на выходе также выдают аналоговый электрический сигнал. К аналоговым приемникам предъявляются требования высокой линейности преобразования и усиления сигнала при минимуме вносимых шумов – в противном случае возрастают искажения сигнала.

При цифровой передаче, когда не требуется очень точная ретрансляция форм импульсов, цифровой приемный модуль, кроме указанных элементов, включает узел принятия решения или дискриминатор, имеющий установленные пороги на принятие сигналов «0» и «1», который распознает, какой сигнал пришел, устраняет шумы и восстанавливает необходимую амплитуду сигнала. Уверенное выделение нужного сигнала может происходить даже при большом уровне шумов.

Приемные модули также содержат необходимые входные оптические элементы, как правило, стандартные оптические разъемы: FC, ST, SC, FC/PC, FC/APC и др.

2.3.10.1. Кремниевые фотоприемники для ВОЛС и ВОСПИ

Кремниевые фотодиоды предназначены для применения в качестве приемников излучения в системах волоконно-оптических систем передачи (ВОСП) и волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), работающих в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,12 мкм.

В качестве чувствительных элементов фотодиодов используются *pin*- или *n-p-i-p*-структуры с лавинным умножением, которые отличаются высоким быстродействием.

Фотодиоды выпускаются в герметичных металлостеклянных корпусах или в бескорпусном исполнении, когда полупроводниковая структура размещается на ситалловой или керамической подложке. Плюсовой вывод фотодиода маркируется точкой на корпусе или чипе.

Бескорпусные элементы, как правило, используются в составе фотодиодных модулей (ФДМ), фотоприемных устройств (ФПУ) и ПРОМ.

Лавинные фотодиоды в своем наименовании содержат индекс «Л». Например, ФД-311Л.

Для соединения с волоконно-оптическими кабелями и ввода излучения используются: плоские окна, фоконы, микрообъективы, встроенные световоды, отрезки волоконно-оптического кабеля.

Фотодиоды серий ФДЛ-118, ФДЛ-119, ФД-161 и ФД-252 выпускаются в нескольких конструктивных вариантах, отмеченных соответствующими индексами: п/о – с плоским входным окном, с/в – со встроенным световодом, м/о – с двухлинзовым микрообъективом, б/к – в бескорпусном исполнении.

В качестве входных окон фотодиодов ФД-К-227 используется иммерсионный конус, у ФД-252, ФД-311 и ФД-317Л – световод.

Приборы применяются в фотодиодном режиме с внешним источником смещения. Напряжение смещения в зависимости от типа прибора составляет: для *pin*-фотодиодов – от 5 до 24, для лавинных – от 30 до 450 В.

Лавинные фотодиоды требуют стабилизации режима лавинного умножения, для чего используются специальные схемы и дополнительные элементы. Для термостабилизации режима лавинного умножения и повышения пороговой чувствительности фотодиоды снабжаются термоэлектрическими охладителями (ТЭО).

Далее приводятся основные параметры фотоприемников для ВОЛС и ВОСПИ.

Принятые сокращения и обозначения в главе 2.3.10:

$A_{ФЧЭ}$ – размер фоточувствительной площадки, см^2; $\Delta\lambda$ – область спектральной чувствительности, мкм; $\lambda_{макс}$ – максимум спектральной характеристики, мкм; $U_Р$ – рабочее напряжение, В; $I_Т$ – темновой ток, мкА; τ – постоянная времени по спаду или нарастанию фототока, с; МФ – коэффициент умножения фототока, о. е.%; $T_{UР}$ – температурный коэффициент рабочего напряжения, В/°С; $C_Д$ – емкость фотодиода, пФ; $t_{нар}$ – время нарастания фототока, с; $t_{сп}$ – время спада фототока, с; $S_{\lambda макс}$ – монохроматческая токовая чувствительность, А/Вт; $Ф_{П1}$ – порог чувствительности, Вт·Гц$^{-1/2}$; ΔT – диапазон рабочих температур, °С; б/к – бескорпусной фотодиод; п/о – вход плоское окно; с/в – вход световод; м/о – вход микрообъектив.

2.3.10.1.1. Кремниевые PIN-фотодиоды ФД-252А п/о, ФД-252А с/в, ФД-252А б/к, ФД-252Б п/о, ФД-252Б с/в, ФД-252Б б/к, ФД-252-01А п/о, ФД-252-01А с/в, ФД-252-01А м/о, ФД-252-01А б/к, ФД-252-01Б п/о, ФД-252-01Б с/в, ФД-252-01Б м/о, ФД-252-01Б б/к, ФД-252-02А п/о, ФД-252-02А б/к, ФД-252-02Б п/о, ФД-252-02Б б/к, ФД-290, ФД-290-01(гр. А), ФД-290-01(гр. Б), ФД-324,ФП1-850К, ФП-3, У-244 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,88 мкм]

Основные параметры кремниевых *pin*-фотодиодов приведены в табл. 2.3.82. Внешний вид и габаритные размеры кремниевых *pin*-фотодиодов даны на рис. 2.3.100.

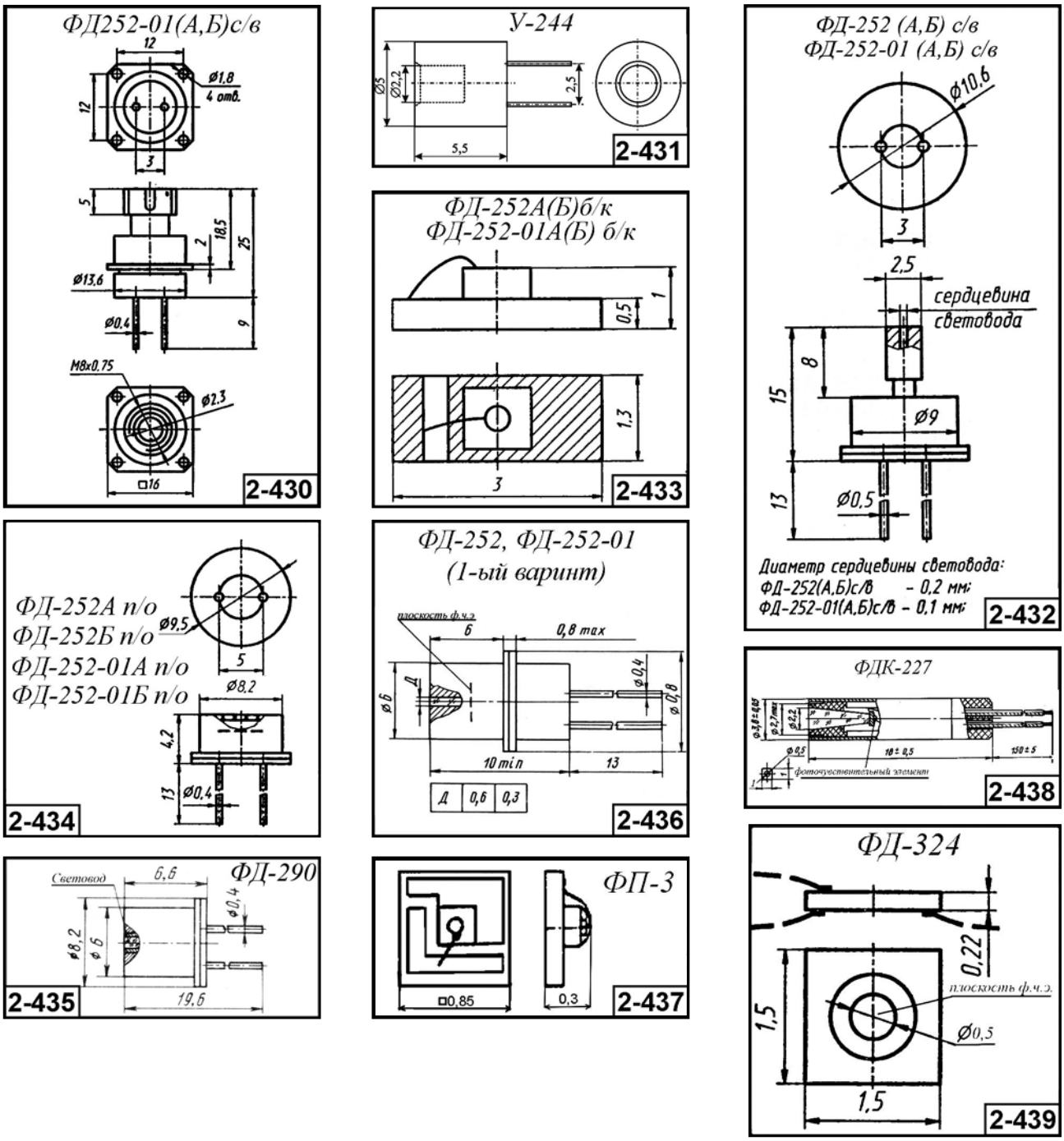


Рис. 2.3.100. Внешний вид и габаритные размеры кремниевых *pin*-фотодиодов для ВОЛС

Таблица 2.3.82. Основные параметры кремниевых *pin*-фотодиодов для ВОЛС при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, (диаметр сердцевины световода), мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт, не менее	$Ф_{П1}$, Вт·Гц$^{-1/2}$, не более	$t_{нар}$, ($t_{сп}$), с, не более	$C_д$, пФ	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ФД-К-227	∅ 0,5 (2,2)	0,4–1,1	0,7–0,88	10	0,1	3 мА/лм 0,15 А/Вт (λ = 0,63 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$ лм/Гц$^{1/2}$]	$5\cdot10^{-9}$	–	–60…+80	∅ 3,9 × 18,5	2	2-438
ФД-252Аб/к	∅ 0,5	0,4–1,1	0,88	24	0,01	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$2\cdot10^{-9}$	3	–60…+85	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-433
ФД-252Ап/о	∅ 0,5	0,4–1,1	0,88	24	0,01	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$2\cdot10^{-9}$	3	–60…+85	∅ 9,5 × 4,2	1	2-434
ФД-252Ас/в	∅ 0,5 (0,2)	0,4–1,1	0,88	24	0,01	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$2\cdot10^{-9}$	3	–60…+85	∅ 10,6 × 15	5	2-432
ФД-252Б б/к	∅ 0,5	0,4–1,1	0,88	5	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-8}$	7	–60…+85	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-433
ФД-252Б п/о	∅ 0,5	0,4–1,1	0,88	5	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-8}$	7	–60…+85	∅ 9,5 × 4,2	1	2-434
ФД-252Б с/в	∅ 0,5 (0,2)	0,4–1,1	0,88	5	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-8}$	7	–60…+85	∅ 10,6 × 15	3	2-432
ФД-252-01А б/к	∅ 0,2	0,4–1,1	0,88	24	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-433
ФД-252-01А п/о	∅ 0,2	0,4–1,1	0,88	24	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	∅ 9,5 × 4,2	1	2-434
ФД-252-01А с/в	∅ 0,2 (0,1)	0,4–1,1	0,88	24		0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	∅ 10,6 × 15	3	2-432
ФД-252-01А м/о	∅ 0,2	0,4–1,1	0,88	24	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	16 × 16 × 25	11	2-430
ФД-252-01Б б/к	∅ 0,2	0,4–1,1	0,88	5	0,002	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$5\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-433
ФД-252-01Б п/о	∅ 0,2	0,4–1,1	0,88	5	0,002	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$5\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	∅ 9,5 × 4,2	1	2-434
ФД-252-01Б с/в	∅ 0,2 (0,1)	0,4–1,1	0,88	5	0,002	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$5\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	∅ 10,6 × 15	3	2-432
ФД-252-01Б м/о	∅ 0,2	0,4–1,1	0,88	5	0,002	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$5\cdot10^{-9}$	1	–60…+85	16 × 16 × 25	11	2-430
ФД-252-02А б/к	∅ 0,8	0,4–1,1	0,88	24	0,01	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$5\cdot10^{-9}$	4	–60…+85	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-433
ФД-252-02А п/о	∅ 0,8	0,4–1,1	0,88	24	0,01	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$5\cdot10^{-9}$	4	–60…+85	∅ 9,5 × 4,2	1	2-434
ФД-252-02Б б/к	∅ 0,8	0,4–1,1	0,88	5	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-8}$	10	–60…+85	3 × 1,3 × 1 б/к	0,1	2-433
ФД-252-02Б п/о	∅ 0,8	0,4–1,1	0,88	5	0,005	0,4–0,5 (λ = 0,88 мкм)	–	$1\cdot10^{-8}$	10	–60…+85	∅ 9,5 × 4,2	1	2-434
ФД-252	∅ 0,6	0,4–1,1	0,76–0,88	24	0,01	0,35 (λ = 0,63 мкм)	–	$5\cdot10^{-9}$		–60…+85	∅ 8 × 10	3	2-436
ФД-252-01	∅ 0,3	0,4–1,1	0,76–0,88	24	0,01	0,35 (λ = 0,63 мкм)	–	$2\cdot10^{-9}$		–60…+85	∅ 8 × 10	3	2-436
ФД-290	0,63 мм^2	0,4–1,1	0,88	24	0,005	0,4 (λ = 0,85 мкм)	–	$4\cdot10^{-9}$	5	–60…+85	∅ 8,2 × 9,7 [3]	3	2-435
ФД-290-01 (гр.А)	0,63 мм^2	0,4–1,1	0,88	24	0,005	0,4 (λ = 0,85 мкм)	–	$2\cdot10^{-9}$	2	–60…+85	∅ 8,2 × 9,7	3	2-435
ФД-290-01 (гр.Б)	0,63 мм^2	0,4–1,1	0,88	5	0,005	0,4 (λ = 0,85 мкм)	–	$8\cdot10^{-9}$	10	–60…+85	∅ 8,2 × 9,7	3	2-435
ФД-324	∅ 0,5	0,4–1,1	0,85	5	–	0,4 (λ = 0,85 мкм)	–	$1\cdot10^{-8}$		–60…+85	1,5 × 1,5 × 0,22 б/к	0,03	2-439
ФП1-850К	–	0,8–0,87	0,83	5 (24)	0,005	0,3 (λ = 0,83 мкм)	–	$4\cdot10^{-9}$	5	–40…+50	ВОЛС-ввод	1	2-439а

Таблица 2.3.82. (окончание)

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, (диаметр сердцевины световода), мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт, не менее	$\Phi_{п1}$, Вт·Гц$^{-1/2}$, не более	$t_{нар}$, ($t_{сп}$), с, не более	$C_д$, пФ	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ФП-3	∅ 0,1 или ∅ 0,6	0,6–0,9	0,83	10 (20)	0,001	0,4 (λ = 0,83 мкм)	–	$4\cdot10^{-9}$	1	–20…+55	0,85 × 0,85 × 0,3 б/к	0,005	2-437
У-244	0,7 мм^2	0,4–1,1	0,87	10	0,005	[$I_ф$>3 мкА при E = 1 мВт/см^2, λ = 0,87 мкм]	–	$1{,}5\cdot10^{-8}$	–	–60…+70	∅ 5 × 5,5	0,5	2-431

2.3.10.1.2. Кремниевые лавинные фотодиоды ФДЛ-118 б/к, ФДЛ-118 п/о, ФДЛ-118 с/в, ФДЛ-118 м/о, ФДЛ-118-01 с/в, ФДЛ-118-01 б/к, ФДЛ-118-01 п/о, ФДЛ-118-01 м/о, ФДЛ-118-02 б/к, ФДЛ-118-02 п/о, ФДЛ-118-03 б/к, ФДЛ-118-03 п/о, ФДЛ-118-03 с/в, ФДЛ-118-03 м/о, ФДЛ-118-04 б/к, ФДЛ-118-04 п/о, ФД-311Л, ФДЛ-311, ФД-317Л [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,85 мкм]

Основные параметры кремниевых лавинных фотодиодов приведены в табл. 2.3.83. Внешний вид и габаритные размеры кремниевых *pin*-фотодиодов даны на рис. 2.3.101.

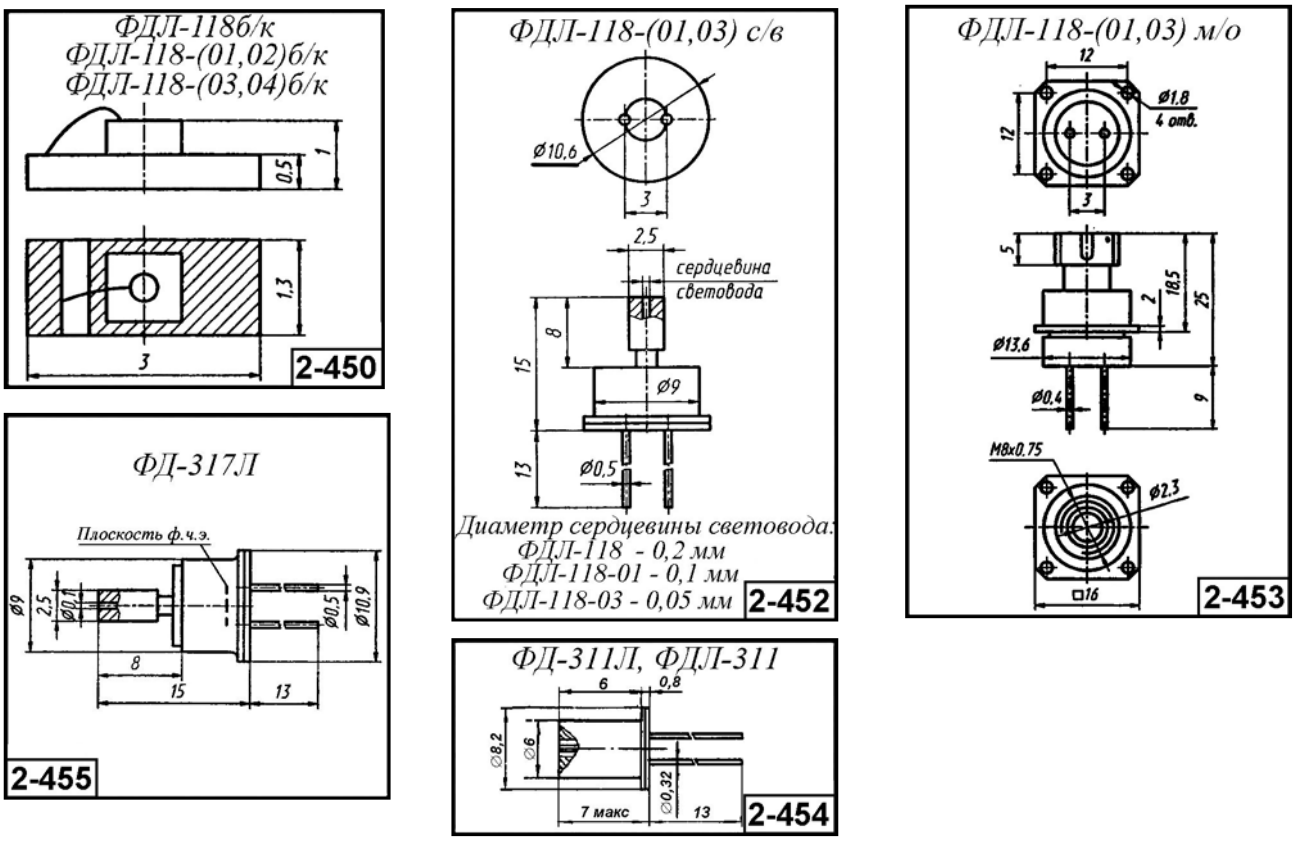


Рис. 2.3.101. Внешний вид и габаритные размеры кремниевых лавинных фотодиодов для ВОЛС

Таблица 2.3.83. Основные параметры кремниевых лавинных фотодиодов для ВОЛС при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, (диаметр сердцевины световода), мм	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт не менее	$\Phi_{П1}$, Вт·Гц$^{-1/2}$, не более	$t_{нар}$, ($t_{сп}$), с, не более	$M_ф$, о. е.	$T_{ЦР}$, В/°С	$C_д$, пФ	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
ФДЛ-118 б/к	∅ 0,5	0,6–1,06	150–400	0,01–0,02	40–60 (λ = 0,9 мкм) 12–20 (λ = 1,06 мкм)	$(1–3)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм) $(4–8)\cdot10^{-14}$ (λ = 1,06 мкм)	$(1–3)\cdot10^{-9}$	80–120	2,3–2,4	2–3	–40...+60	3 × 1,3 × 1 [0,1]	2-450
ФДЛ-118 п/о	∅ 0,5	0,6–1,06	150–400	0,01–0,02	40–60 (λ = 0,9 мкм) 12–20 (λ = 1,06 мкм)	$(1–3)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм) $(4–8)\cdot10^{-14}$ (λ = 1,06 мкм)	$(1–3)\cdot10^{-9}$	80–120	2,3–2,4	2–3	–40...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-451
ФДЛ-118 с/в	∅ 0,5 (0,2)	0,6–1,06	150–400	0,01–0,02	40–60 (λ = 0,9 мкм) 12–20 (λ = 1,06 мкм)	$(1–3)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм) $(4–8)\cdot10^{-14}$ (λ = 1,06 мкм)	$(1–3)\cdot10^{-9}$	80–120	2,3–2,4	2–3	–40...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-452
ФДЛ-118-01 б/к	∅ 0,2	0,6–1,06	70–350	$1\cdot10^{-9}$	50 (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-9}$	100	0,5–1	2	–40...+60	3 × 1,3 × 1 [0,1]	2-450
ФДЛ-118-01 п/о	∅ 0,2	0,6–1,06	70–350	$1\cdot10^{-9}$	50 (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-9}$	100	0,5–1	2	–40...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-451
ФДЛ-118-01 с/в	∅ 0,2 (0,1)	0,6–1,06	70–350	$1\cdot10^{-9}$	50 (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-9}$	100	0,5–1	2	–40...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-452
ФДЛ-118-01 м/о	∅ 0,2	0,6–1,06	70–350	$1\cdot10^{-9}$	50 (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$2\cdot10^{-9}$	100	0,5–1	2	–40...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-453
ФДЛ-118-02 б/к	∅ 0,8	0,6–1,06	280–450	0,01–0,02	30–50 (λ = 0,9 мкм) 12–20 (λ = 1,06 мкм)	$(2–3)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм) $(5–8)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$(3–4)\cdot10^{-9}$	60–100	2,3–2,4	2–3	–40...+60	3 × 1,3 × 1 [0,1]	2-450
ФДЛ-118-02 п/о	∅ 0,8	0,6–1,06	280–450	0,01–0,02	30–50 (λ = 0,9 мкм) 12–20 (λ = 1,06 мкм)	$(2–3)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм) $(5–8)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$(3–4)\cdot10^{-9}$	60–100	2,3–2,4	2–3	–40...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-451
ФДЛ-118-03 б/к	∅ 0,08	0,6–1,06	70–350	0,001	100 (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-9}$	200	0,5–1	1	–40...+60	3 × 1,3 × 1 [0,1]	2-450
ФДЛ-118-03 п/о	∅ 0,08	0,6–1,06	70–350	0,001	100 (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-9}$	200	0,5–1	1	–40...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-451
ФДЛ-118-03 с/в	∅ 0,08 (0,05)	0,6–1,06	70–350	0,001	100 (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-9}$	200	0,5–1	1	–40...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-452
ФДЛ-118-03 м/о	∅ 0,08	0,6–1,06	70–350	0,001	100 (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм)	$1\cdot10^{-9}$	200	0,5–1	1	–40...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-453
ФДЛ-118-04 б/к	∅ 2	0,6–1,06	280–450	0,04–0,05	20–25 (λ = 0,9 мкм) 8–10 (λ = 1,06 мкм)	$(4–6)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм) $(8–10)\cdot10^{-14}$ (λ = 1,06 мкм)	$(3–4)\cdot10^{-9}$	40–50	2,3–2,4	6–7	–40...+60	3 × 1,3 × 1 [0,1]	2-450
ФДЛ-118-04 п/о	∅ 2	0,6–1,06	280–450	0,04–0,05	20–25 (λ = 0,9 мкм) 8–10 (λ = 1,06 мкм)	$(4–6)\cdot10^{-14}$ (λ = 0,9 мкм) $(8–10)\cdot10^{-14}$ (λ = 1,06 мкм)	$(3–4)\cdot10^{-9}$	40–50	2,3–2,4	6–7	–40...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-451
ФД-311Л ФДЛ-311	∅ 0,5 (0,25)	0,4–1,1 [0,85±0,04]	70–400	0,005–0,01	18 ($U_р = U_{ном}$, λ = 0,85 мкм)	[$I_ш = 1\cdot10^{-9}$ А/Гц$^{1/2}$]	$3\cdot10^{-9}$	–	–	3	–60...+60	∅ 8,2 × 7 [4]	2-454

Таблица 2.3.83. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, (диаметр сердцевины световода), мм	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт не менее	$\Phi_{п1}$, Вт·Гц$^{-1/2}$, не более	$t_{нар}$, ($t_{сп}$), с, не более	$M_ф$, о. е.	T_{UP}, В/°С	$C_д$, пФ	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
ФД-317Л	∅ 0,2 (0,1)	0,4–1,1 [0,85±0,04]	70–400	–	50 (λ = 0,85 мкм)	[$I_Ш$ = 1·10^{-9} А/Гц$^{1/2}$]	2·10^{-9}	–	–	2	–40...+60	∅ 10,9 × 15 [3]	2-455

2.3.10.2. Фотоприемные устройства на основе кремниевых фотодиодов

2.3.10.2.1. Аналоговые фотоприемные модули АФПУ-01-А и ФПУ-17А [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,85 мкм]

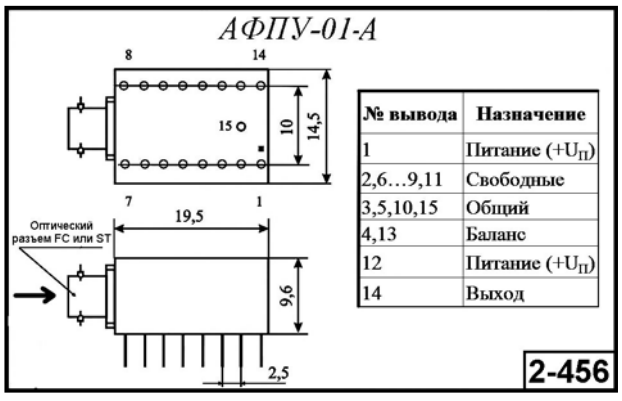
Аналоговые фотоприемные модули АФПУ-01-А и ФПУ-17А предназначены для использования в качестве приемников излучения ВОСПИ, работающих в диапазоне 0,6–0,9 мкм и на рабочей длине волны 0,85 мкм. Могут использоваться в волоконно-оптических сенсорах, медицинской технике и контрольно-измерительной аппаратуре.

В состав фотоприемных модулей АФПУ-01-А входят: кремниевый *pin*-фотодиод и трансимпедансный линейный малошумящий усилитель сигнала.

Конструктивно устройство представляет собой микромодуль, выполненный в металлостеклянном корпусе, что обеспечивает хорошую защиту от электромагнитных помех.

Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов фотоприемных модулей АФПУ-01-А приведены на рис. 2.3.102. На рис. 2.3.103 дана схема включения модуля АФПУ-01-А.

В состав фотоприемных модулей ФПУ-17А входят кремниевый лавинный фотодиод со схемой температурной стабилизации режима ЛФД и усилитель сигнала. ФПУ-17А могут комплектоваться высоковольтными преобразователями (ВИП) для питания лавинного фотодиода от источника стандартных напряжений.



№ вывода	Назначение
1	Питание (+$U_П$)
2,6…9,11	Свободные
3,5,10,15	Общий
4,13	Баланс
12	Питание (+$U_П$)
14	Выход

Рис. 2.3.102. Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов фотоприемных модулей АФПУ-01-А

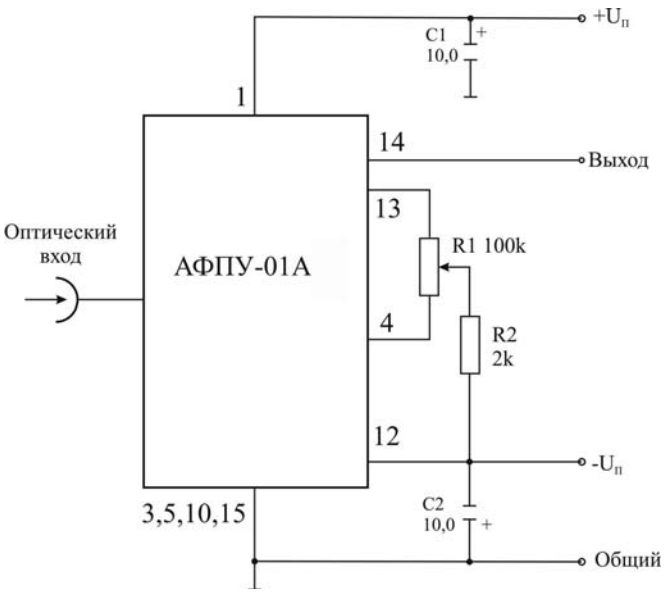


Рис. 2.3.103. Схема включения модуля АФПУ-01-А

Основные параметры фотоприемных модулей АФПУ-01-А и ФПУ-17А приведены в табл. 2.3.84.

Таблица 2.3.84. Основные параметры аналоговых фотоприемных модулей АФПУ-01-А и ФПУ-17А при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Рабочая длина волны, мкм	Монохроматическая вольтовая чувствительность, S_U, В/Вт, не менее	Пороговая чувствительность, $H_{пор}$, дБм	Полоса рабочих частот (по уровню 3 дБ), кГц	Тип оптического ввода	Динамический диапазон входных сигналов, дБ, не менее	Напряжение питания, В	Ток потребления, мА, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры без оптического разъема, мм	№ рис.
АФПУ-01-А	0,85	$4{,}5 \cdot 10^6$	–70	0–35	FC, ST	33 ($U_п$ = ±5В) 36 ($U_п$ = ±10В)	±5; ±15;	1,5	–0...+70	19,5 × 14,5 × 9,6	2-456
ФПУ-17А	0,6–0,9	$(4{,}0–4{,}8) \cdot 10^7$ (λ = 0,85 мкм)	–78...–80	0,1–2 МГц	ЛИСТ-Х	22–40	±5; 300	30(+5 В); 20(–5 В); 0,1(+300 В)	–25...+55	–	–

2.3.10.2.2. Цифровые фотоприемные модули MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A, ФПМ-70-0,85СТ, ФПУ-17Ц [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{раб}$ = 0,85 мкм]

Цифровые фотоприемные модули MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A, ФПМ-70-0,85СТ (с ТЭО), ФПУ-17Ц предназначены для использования в ВОСПИ, в аппаратуре объектовой и межобъектовой связи, телефонии, спектрометрии, фотометрии и медицинской технике, работающих в диапазоне 0,4–0,9 мкм и на рабочей длине волны 0,85 мкм.

В состав фотоприемных модулей MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A входят: кремниевый лавинный фотодиод, малошумящий трансимпедансный усилитель (ТИУ), источник опорного напряжения (ИОП) и высокочувствительное пороговое устройство (ПУ). Модули размещены в герметичном металлостеклянном корпусе. Модули имеют оптический вход в розетки FC, ST или «Лист-Х». Функциональная схема модулей приведена на рис. 2.3.104, внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.105, а схема включения – на рис. 2.3.106.

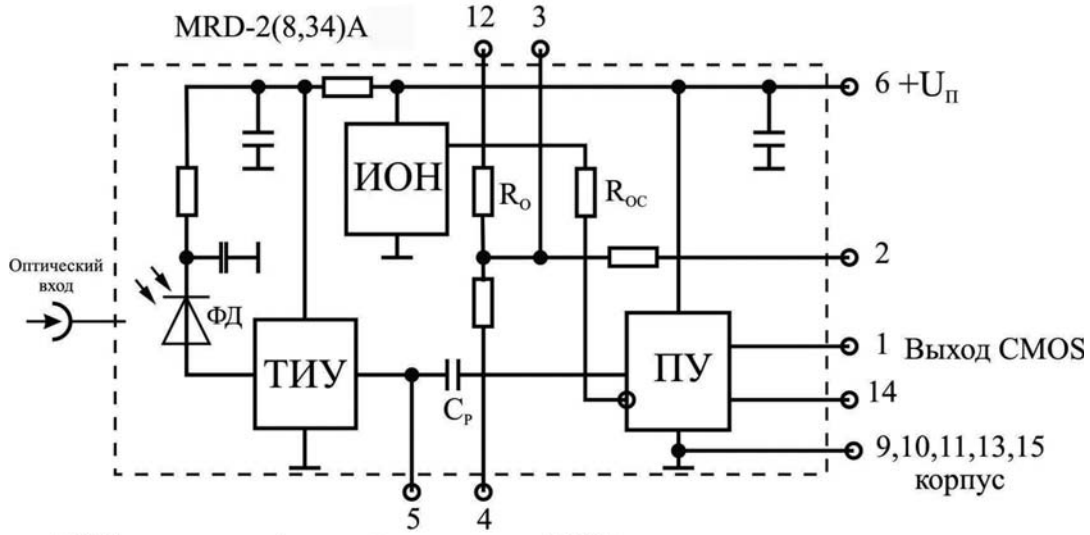
В состав фотоприемных модулей ФПМ-70-0,85СТ входят: кремниевый лавинный фотодиод, усилитель, схема цифровой обработки сигнала и вторичный источник питания (ВИП), предназначенный для питания ЛФД от источника стандартных напряжений.

Модуль снабжен устройством термостабилизации режима работы ЛФД, которое включает термоэлектрический охладитель (ТЭО) и схему управления охладителем. Ток потребления ТЭО – не более 0,4 А. Время выхода прибора на режим – 1,5 с.

Конструктивно модули выполнены в прямоугольном корпусе с кабельным волоконно-оптическим входом (FC, ST) либо с плоским окном. Внешний вид и габаритные размеры модуля приведены на рис. 2.3.107.

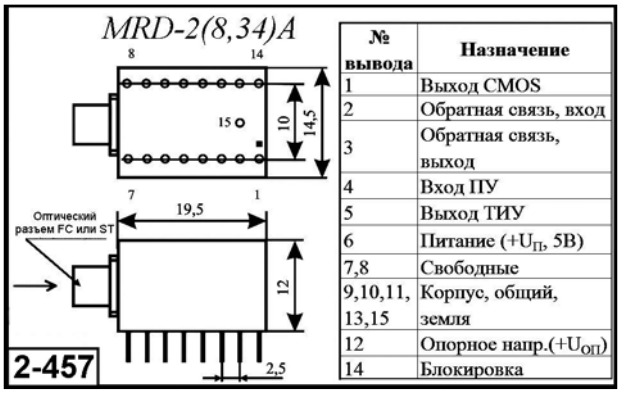
В состав фотоприемных модулей ФПУ-17Ц входят: кремниевый лавинный фотодиод со схемой температурного режима ЛФД, усилитель и схема цифровой обработки сигнала. ФПУ-17Ц могут комплектоваться высоковольтными преобразователями (ВИП) для питания лавинного фотодиода от источника стандартных напряжений. Модули имеют оптический вход в розетки типа «ЛИСТ-Х».

Основные параметры фотоприемных модулей MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A, ФПМ-70-0,85СТ (с ТЭО), ФПУ-17Ц приведены в табл. 2.3.85.



ТИУ-трансимпедансный усилитель, ИОН-источник опорного напряжения. ПУ-пороговое устройство.

Рис. 2.3.104. Функциональная схема цифровых фотоприемных модулей MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A



№ вывода	Назначение
1	Выход CMOS
2	Обратная связь, вход
3	Обратная связь, выход
4	Вход ПУ
5	Выход ТИУ
6	Питание (+$U_П$, 5В)
7,8	Свободные
9,10,11, 13,15	Корпус, общий, земля
12	Опорное напр.(+$U_{ОП}$)
14	Блокировка

Рис. 2.3.105. Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов фотоприемных модулей MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A

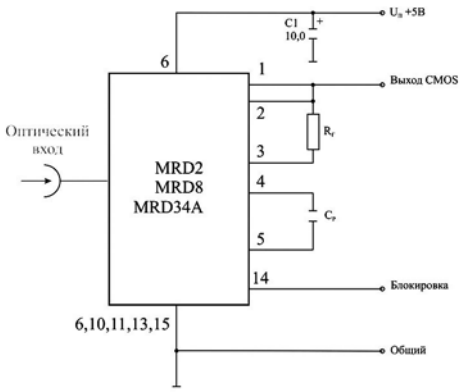


Рис. 2.3.106. Схема включения модулей MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A

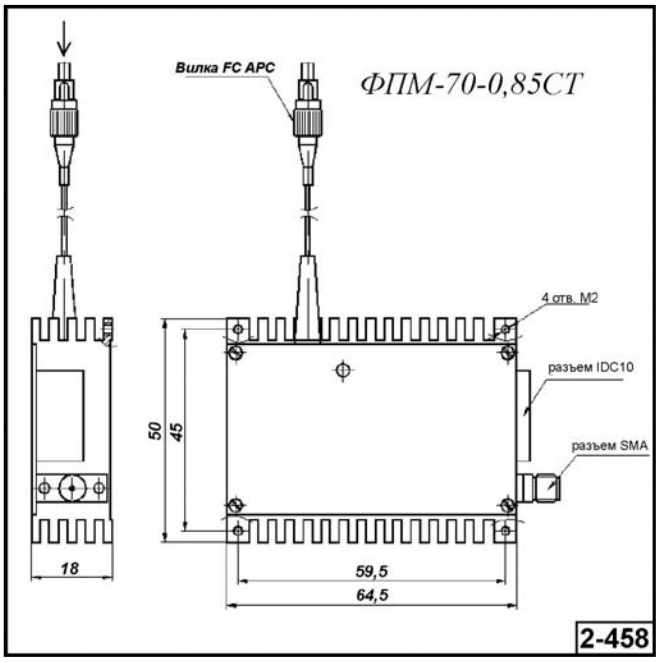


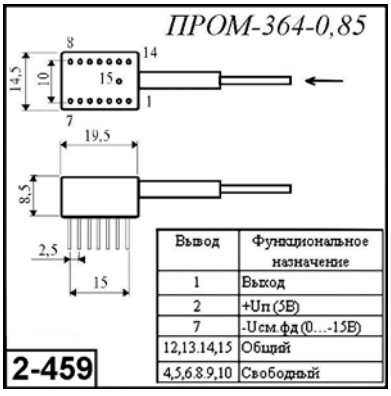
Рис. 2.3.107. Внешний вид и габаритные размеры фотодиодного модуля ФПМ-70-0,85СТ

Таблица 2.3.85. Основные параметры фотоприемных модулей MRD-2A, MRD-8A, MRD-34A, ФПМ-70-0,85СТ, ФПУ-17Ц при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Рабочая длина волны, мкм	Скорость приема данных, Мбит/с	Максимальная чувствительность, Н (БИФ, ПСП = $1+2^{23}$, BER = 10^{-9}), дБм	Тип оптического ввода	Динамический диапазон, дБ, не менее	Уровень выходного сигнала	Напряжение питания, В	Ток потребления, мА, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры без оптического разъема, мм	№ рис.
MRD-2A	0,85	2	–49	разъем FC, ST или «Лист-Х»	20	CMOS	5	12	–40...+85	19,5 × 14,5 × 12	2-457
MRD-8A	0,85	8	–42					12	–40...+85		
MRD-34A	0,85	34	–35					20	–40...+85		
ФПМ-70-0,85СТ (с ТЭО)	0,85	$F_Р$ = 70 МГц	$5\cdot10^{-10}$ Вт	разъем FC, ST	–		5	–	–60...+60	64 × 50 × 19	2-458
ФПУ-17Ц	0,85	2	–78...–80	разъем «Лист-Х»	22–40	ТТЛ	±5; 300	30 (+5 В); 20 (–5 В); 0,1 (+300 В)	–25...+50	–	–

2.3.10.2.3. Цифровые фотоприемные модули ПРОМ-364-0,85-2048, ПРОМ-364-0,85-8448, ПРОМ-364-0,85-34368 [$\Delta\lambda$ = 0,78–0,9; $\lambda_{раб}$ = 0,85 мкм]

Модули серии ПРОМ-364-0,85 предназначены для работы в спектральном диапазоне 0,78–0,9 мкм. В качестве фотоприемника используются кремниевые *pin*-фотодиоды. Серия содержит три модификации ПРОМ-364-0,85-2048; ПРОМ-364-0,85-8448; ПРОМ-364-0,85-34368, оптимизированные для приема цифровых сигналов со скоростью 2,048; 8,448 и 34,368 Мбит/с соответственно. Модуль изготавливается в металлостеклянном корпусе TL-155-15-10. Внешний вид, габаритные и присоединительные размеры модуля приведены на рис. 2.3.108. Схема включения дана на рис. 2.3.109. Основные параметры модулей серии ПРОМ-364-0,85 – в табл. 2.3.86.



Вывод	Функциональное назначение
1	Выход
2	+Uп (5В)
7	-Uсм.фд (0...-15В)
12,13.14,15	Общий
4,5,6.8.9,10	Свободный

Рис. 2.3.108. Внешний вид, габаритные размеры и таблица назначения выводов фотоприемных модулей серии ПРОМ-364-0,85

Таблица 2.3.86. Основные параметры цифровых фотоприемных модулей ПРОМ-364-0,85 при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Рабочий спектральный диапазон, мкм	Скорость приема информации, Мбит/с	$P_{мин}$, дБм, не менее	$P_{макс}$, дБм, не менее ($U_{см.фд}$)	$B_ш$, МГц (тип)	$K_п$, В/мВт	$F_ш$, Вт·Гц$^{1/2}$	Напряжение обратного смещения фотодиода, В	$U_{вых(DC)}$, В	$R_н$, Ом, не более	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
ПРОМ-364-0,85-2048	0,78–0,9	2,048	–52	–6 (–15)	2,5	200	$0,4\cdot10^{-12}$	5–15	0,5–1,8	500	4,5–5,5	30	8,5 × 14,5 × 15	2-459
ПРОМ-364-0,85-8448		8,448	–48	–6 (–15)	11	100	$0,6\cdot10^{-12}$							
ПРОМ-364-0,85-34368		34,368	–42	–6 (–15)	50	35	$1,4\cdot10^{-12}$							

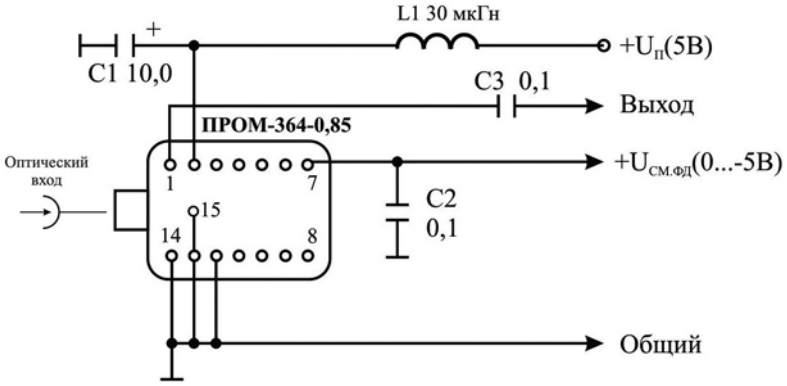


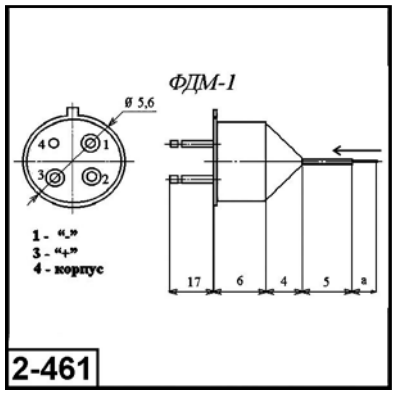
Рис. 2.3.109. Схема включения фотоприемных модулей серии ПРОМ-364-0,85

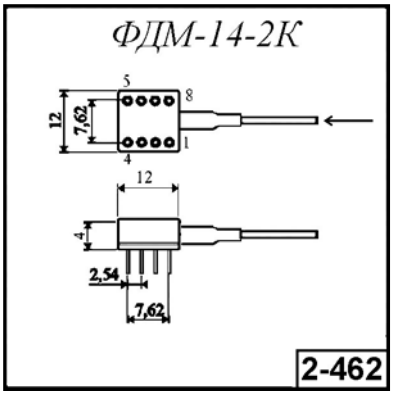
2.3.10.3. Германиевые фотоприемники для ВОСП и ВОЛС

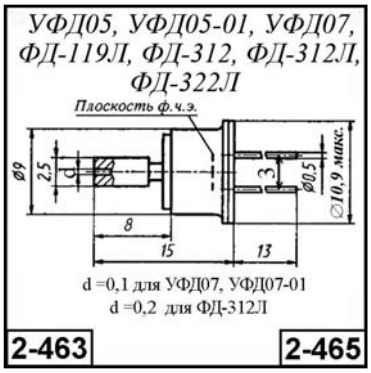
2.3.10.3.1. Германиевые фотодиоды ФД100А, ФД100Б, ФД100В, ФД-312, УФД07, УФД07-01, ФДМ-1, ФДМ-14-2к [$\Delta\lambda$ = 0,45–1,8; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Основные параметры германиевых *pin*-фотодиодов приведены в табл. 2.3.87. Внешний вид и габаритные размеры германиевых *pin*-фотодиодов даны на рис. 2.3.110.









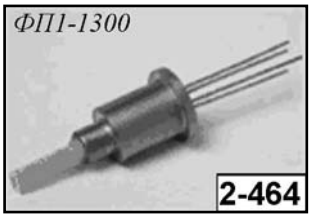


Рис. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры германиевых фотодиодов для ВОСП и ВОЛС

Таблица 2.3.87. Основные параметры германиевых *pin*-фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм, (диаметр сердцевины световода)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda_{макс}}$, А/Вт, не менее	$t_{нар}$ ($t_{сп}$), °С, не более	$C_д$, пФ, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
УФД07 УФД07-01	0,08 мм² (0,1)	0,45–1,8	1,5 и 1,3 (раб)	8	0,4	0,5А/Вт (λ = 1,3 мкм)	$3\cdot10^{-9}$	5	–60...+50	∅ 9 × 15 [3]	2-463
ФД100А	∅ 0,025	1,2–1,6	1,3 (раб.)	5	0,005	0,7 (λ = 1,3 мкм)	$2\cdot10^{-10}$	0,4	–40...+50	10 × 4 × 20	2-460
ФД100Б	∅ 0,035	1,2–1,6	1,3 (раб.)	5	0,005	0,7 (λ = 1,3 мкм)	$2\cdot10^{-10}$	0,5	–40...+50	10 × 4 × 20	2-460

Таблица 2.3.87. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм, (диаметр сердцевины световода)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda_{макс}}$, А/Вт, не менее	$t_{нар}$ ($t_{сп}$), °С, не более	$C_д$, пФ, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
ФД100В	∅ 0,075	1,2–1,6	1,3 (раб.)	5	0,005	0,7 (λ = 1,3 мкм)	$2\cdot10^{-10}$	0,8	–40...+50	10 × 4 × 20	2-460
ФД-312	∅ 0,2	0,5–1,8	1,5	40	0,4	0,5 (λ = 1,3 мкм)	$3\cdot10^{-9}$	5	–60...+60	∅ 10 × 15 [3]	2-465
ФДМ-1 (с отрезком кабеля)	–	1–1,7	1,3 (раб)	5	0,0005–0,0007	0,8–1 (λ = 1,3 мкм)	–	0,5	–50...+40	∅ 5,6 × 10	2-461
ФДМ-14-2к (с отрезком кабеля)	–	1–1,7	1,3 (раб)	5	0,001–0,002	0,8–1 (λ = 1,3 мкм)	–	0,5	–60...+75	12 × 12 × 4	2-462
ФП1-1300 (с отрезком кабеля)	–	0,95–1,62	1,3 (раб)	5	0,0005–0,005	0,7 (λ = 1,3 мкм)	$3\cdot10^{-9}$	5	–20...+55	∅ 5,6	2-464

2.3.10.3.2. Германиевые лавинные фотодиоды ФД-119Л, ФДЛ-119А б/к, ФДЛ-119А п/о, ФДЛ-119А с/в, ФДЛ-119А п/о, ФДЛ-119А м/о, ФДЛ-119Б б/к, ФДЛ-119Б п/о, ФДЛ-119Б с/в, ФДЛ-119Б м/о, ФДЛ-119В б/к, ФДЛ-119В п/о, ФДЛ-119В с/в, ФДЛ-119В м/о,ФДЛ-119Г п/о (с ТЭО), ФДЛ-119-01А б/к, ФДЛ-119-01А п/о, ФДЛ-119-01А с/в, ФДЛ-119-01А м/о, ФДЛ-119-01Б б/к, ФДЛ-119-01Б п/о, ФДЛ-119-01Б с/в, ФДЛ-119-01Б м/о, ФД-312Л, ФД-322Л, ФД-323Л, УФД05, УФД05-01 [$\Delta\lambda$ = 0,8–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Основные параметры германиевых лавинных фотодиодов приведены в табл. 2.3.88. Внешний вид и габаритные размеры и германиевых лавинных фотодиодов даны на рис. 2.3.111.

Таблица 2.3.88. Основные параметры германиевых лавинных фотодиодов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (диаметр сердцевины световода)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, А/Вт, не менее	$\Phi_{п1}$, Вт·Гц$^{-1/2}$, [$I_ш$, А/Гц$^{1/2}$], не более	$t_{нар}$ ($t_{сп}$), °С, не более	$C_д$, пФ, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
ФД-119Л	∅ 0,2	0,8–1,6	1,3 и 1,55 (раб)	35–45	–	6 (λ = 1,3 мкм)	[$1\cdot10^{-11}$]	$2\cdot10^{-9}$	2	–60...+60	∅ 10 × 15 [3]	2-465
ФДЛ-119А б/к	∅ 0,08	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	10–12 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	$1\cdot10^{-10}$ ($1{,}5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к [0,1]	2-466
ФДЛ-119А п/о	∅ 0,08	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	10–12 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	$1\cdot10^{-10}$ ($1{,}5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-467
ФДЛ-119А с/в	∅ 0,08 (0,05)	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	10–12 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	$1\cdot10^{-10}$ ($1{,}5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-469
ФДЛ-119А п/о	∅ 0,08	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	10–12 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	$1\cdot10^{-10}$ ($1{,}5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-467
ФДЛ-119А м/о	∅ 0,08	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	10–12 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	$1\cdot10^{-10}$ ($1{,}5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-470

Таблица 2.3.88. (продолжение)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (диаметр сердцевины световода)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_{λ}, А/Вт, не менее	$\Phi_{пп}$, Вт·Гц$^{-1/2}$, [$I_ш$, А/Гц$^{1/2}$], не более	$t_{нар}$ ($t_{сп}$), °С, не более	$C_д$, пФ, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
ФДЛ-119Б б/к	∅ 0,08	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	12–14 (λ = 1,5 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к [0,1]	2-466
ФДЛ-119Б п/о	∅ 0,08	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	12–14 (λ = 1,5 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-467
ФДЛ-119Б с/в	∅ 0,08 (0,05)	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	12–14 (λ = 1,5 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-469
ФДЛ-119Б м/о	∅ 0,08	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	12–14 (λ = 1,5 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-470
ФДЛ-119В б/к	∅ 0,08	0,8–1,6	1,55 (раб.)	50–100	–	6–13 (λ = 1,55 мкм)	[$(5–10)\cdot10^{-12}$]	($2\cdot10^{-10}$) ($3\cdot10^{-10}$)	0,6	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к [0,1]	2-466
ФДЛ-119В п/о	∅ 0,08	0,8–1,6	1,55 (раб.)	50–100	–	6–13 (λ = 1,55 мкм)	[$(5–10)\cdot10^{-12}$]	($2\cdot10^{-10}$) ($3\cdot10^{-10}$)	0,6	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-467
ФДЛ-119В с/в	∅ 0,08 (0,05)	0,8–1,6	1,55 (раб.)	50–100	–	6–13 (λ = 1,55 мкм)	[$(5–10)\cdot10^{-12}$]	($2\cdot10^{-10}$) ($3\cdot10^{-10}$)	0,6	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-469
ФДЛ-119В м/о	∅ 0,08	0,8–1,6	1,55 (раб.)	50–100	–	6–13 (λ = 1,55 мкм)	[$(5–10)\cdot10^{-12}$]	($2\cdot10^{-10}$) ($3\cdot10^{-10}$)	0,6	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-470
ФДЛ-119Г п/о (с ТЭО)	∅ 0,08	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	8–30 (λ = 1,3 мкм)	[$(1–5)\cdot10^{-12}$]	$1\cdot10^{-10}$ ($1{,}5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	∅ 9,5 × 7 [1,5]	2-468
ФДЛ-119Д п/о (с ТЭО)	∅ 0,08	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	8–50 (λ = 1,3 мкм)	[$(1–10)\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($5\cdot10^{-10}$)	1	–60...+60	∅ 9,5 × 7 [1,5]	2-468
ФДЛ-119-01А б/к	∅ 0,15	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	6–8 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($6\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к [0,1]	2-466
ФДЛ-119-01А п/о	∅ 0,15	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	6–8 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($6\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-467
ФДЛ-119-01А с/в	∅ 0,15 (0,1)	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	6–8 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($6\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-469
ФДЛ-119-01А м/о	∅ 0,15	0,8–1,6	1,3 (раб.)	30–50	–	6–8 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($3\cdot10^{-10}$) ($6\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-470
ФДЛ-119-01Б б/к	∅ 0,15	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	6–8 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($5\cdot10^{-10}$) ($7\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	3 × 1,3 × 1 б/к [0,1]	2-466
ФДЛ-119-01Б п/о	∅ 0,15	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	12–14 (λ = 1,5 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($5\cdot10^{-10}$) ($7\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	∅ 9,5 × 4,2 [1]	2-467
ФДЛ-119-01Б с/в	∅ 0,15 (0,1)	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	6–8 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($5\cdot10^{-10}$) ($7\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-469
ФДЛ-119-01Б м/о	∅ 0,15	0,8–1,6	1,5 (раб.)	30–50	–	6–8 (λ = 1,3 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	($5\cdot10^{-10}$) ($7\cdot10^{-10}$)	2	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-470
ФД-312Л	∅ 0,2 (0,1)	0,5–1,8	1,5	7,5–8,8	–	5 (λ = 1,3 мкм)	–	$2\cdot10^{-9}$	5	–60...+60	∅ 10 × 15 [3]	2-465
ФД-322Л	∅ 0,08 (0,05)	0,8–1,6	1,3 и 1,55 (раб)	30–50	–	10 (λ = 1,55 мкм)	[$5\cdot10^{-9}$]	($0{,}2–4$)$\cdot10^{-9}$	1	–60...+40	∅ 10 × 15 [3]	2-465
ФД-323Л	∅ 0,08 (0,05)	0,8–1,6	1,55	30–50	–	8 (λ = 1,55 мкм)	[$1\cdot10^{-12}$]	($0{,}2–4$)$\cdot10^{-9}$	1	–40...+40	16 × 16 × 28 [15]	2-472
УФД05 УФД05-01	0,08 мм^2 (0,1)	0,45–1,8	1,2–1,5 1,3 (раб)	40	–	5 (λ = 1,3 мкм)	[$1\cdot10^{-11}$]	$2\cdot10^{-9}$	3	–50...+60	∅ 9 × 15 [3]	2-465
ЛФДГ-70С (с отрезком кабеля)	∅ 0,07	0,5–1,6	1,3 (раб) 1,55 (раб.)	30–42	0,015	18–25 (λ = 1,06 мкм) 25–35 (λ = 1,3–1,55 мкм)	[$5\cdot10^{-12}$]	–	0,35–0,70	–50...+60	14 × 6 × 30	2-471

Таблица 2.3.88. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (диаметр сердцевины световода)	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	S_λ, А/Вт, не менее	$\Phi_{п1}$, Вт·Гц$^{-1/2}$, [$I_ш$, А/Гц$^{1/2}$], не более	$t_{нар}$ ($t_{сп}$), °С, не более	$C_д$, пФ, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
ЛФДГ-150С (с отрезком кабеля)	∅ 0,15	0,5–1,6	1,3 (раб) 1,55 (раб.)	30–42	0,035	9–12 (λ = 1,06 мкм) 13–17 (λ = 1,3–1,55 мкм)	[5·10^{-12}]	–	0,8–2,0	–50…+60	14 × 6 × 30	2-471
ЛФДГ-200С (с отрезком кабеля)	∅ 0,2	0,5–1,6	1,3 (раб) 1,55 (раб.)	30–42	0,07	5–7 (λ = 1,06 мкм) 8–10 (λ = 1,3–1,55 мкм)	[5·10^{-12}	–	2,2–2,8	–50…+60	14 × 6 × 30	2-471

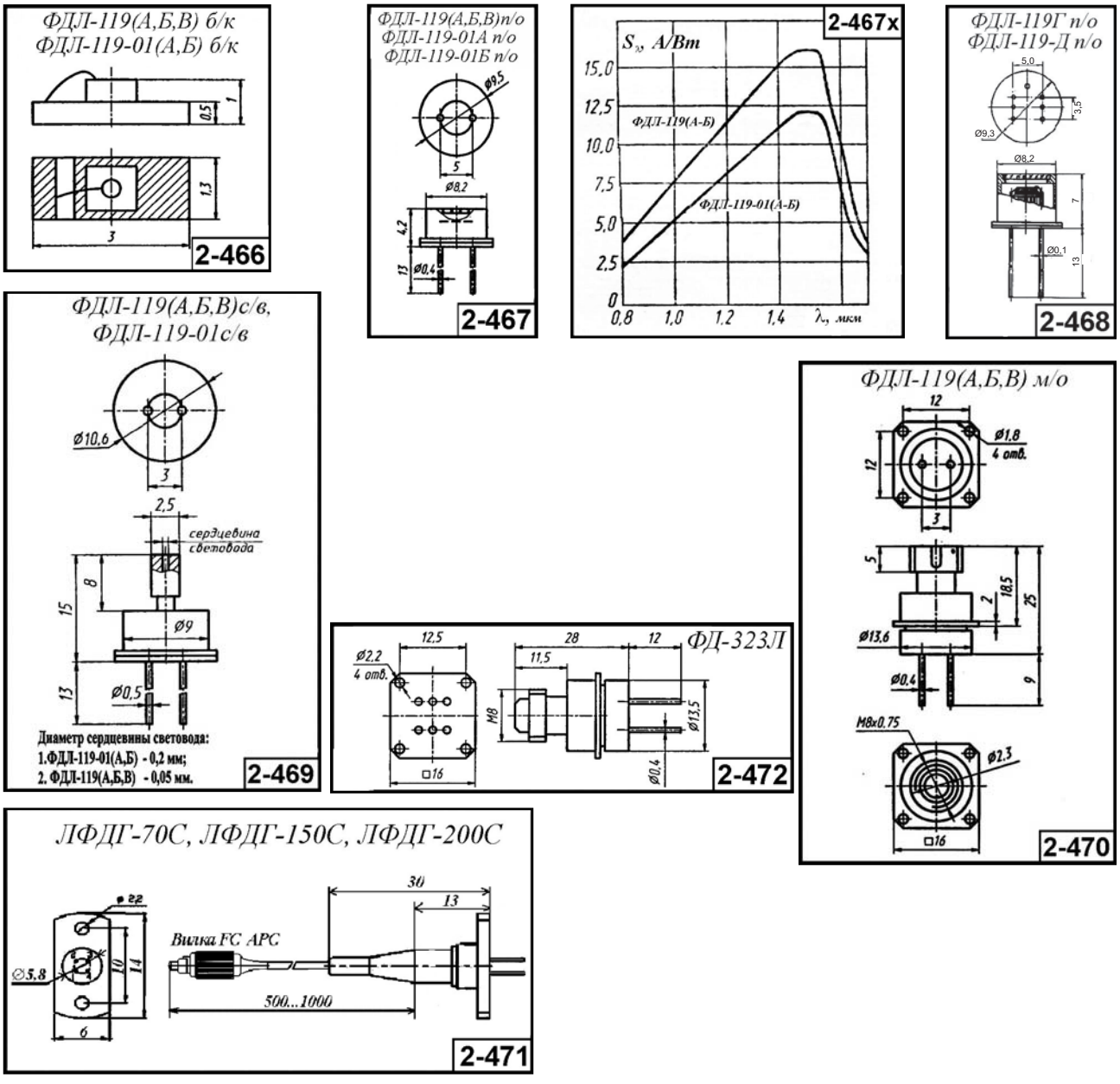


Рис. 2.3.111. Внешний вид и габаритные размеры германиевых лавинных фотодиодов для ВОСП и ВОЛС

2.3.10.3.3. Германиевый лавинный фотодиод ЛФДГ-70СТ [$\Delta\lambda$ = 0,6–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Германиевый лавинный фотодиод ЛФДГ-70СТ предназначен для регистрации ИК-излучения в диапазоне 0,6–1,6 мкм. Фотодиод выполнен в виде отдельного модуля.

В состав модуля входят: германиевый лавинный фотодиод, термоэлектрический микроохладитель и терморезистор для задания режима стабилизации температуры фотодиода.

Модуль размещен в прямоугольном герметичном 8-выводном корпусе (8-pin DIL), который может монтироваться непосредственно на печатную плату. Ввод излучения осуществляется по одномодовому или многомодовому волоконному кабелю через оптический разъем типа FC или ST.

Германиевый лавинный фотодиод ЛФДГ-70СТ предназначен для использования в ВОСПИ большой протяженности, с высокими скоростями передачи и в оптических рефлектометрах.

Основные параметры германиевого лавинного фотодиода ЛФДГ-70СТ приведены в табл. 2.3.89. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.112.

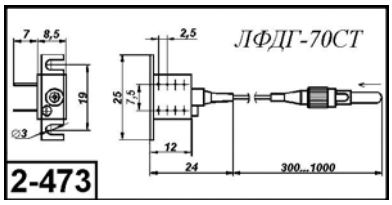


Рис. 2.3.112. Внешний вид и габаритные размеры германиевого лавинного фотодиода ЛФДГ-70СТ

Таблица 2.3.89. Основные параметры германиевого лавинного фотодиода ЛФДГ-70СТ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма
Область спектральной чувствительности, мкм	0,6–1,6
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	0,07
Монохроматическая чувствительность для λ = 1,3 мкм, А/Вт	36–46
Монохроматическая чувствительность для λ = 1,55 мкм, А/Вт	32–40
Рабочее напряжение, В	30–45
Плотность шумового тока, А·Гц$^{-1/2}$	$5\cdot10^{-12}$
Емкость фотодиода при рабочем напряжении, пФ	0,6–1,0
Рабочая частота, МГц	0–1000
Ток термоохладителя, мА	300
Сопротивление терморезистора, кОм	3–30
Время выхода на режим, с, не более	1,5
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+55
Габаридные размеры (без выводов), мм, не более	12 × 25 × 8,5
№ рисунка	2-473

2.3.10.4. Фотоприемники на основе арсенида галлия для ВОСП и ВОЛС

Фотоприемники, изготовленные на основе соединений арсенида галлия InGaAs, InGaAsP и InGaAs/InP, преднзначены для регистрции ИК-излучения в диапазоне 1–1,6 мкм. Наиболее распостраненными рабочими длинами волн являются 1,3 и 1,54 мкм.

Фотоприемники, изготовленные на основе соединений арсенида галлия, представляют собой, как правило, фотодиодные структуры. изготовленные по планарно-эпитаксиальной и меза-планарной технологии в виде *pin*-структур с небольшими размерами фоточувствительной площадки – от ∅0,04 до ∅2 мм.

Приборы отличаются высоким быстродействием и используются для приема высокочастотного оптического излучения с частотой до 1,5 ГГц и выше.

Для стабилизации параметров фотодиодов используют конструкции, содержащие тэрмоэлектрические микроохладители (ТЭО) и датчики температуры (терморезисторы). Такие приборы содержат в своей маркировке индекс «ТС». Например, ДФД1000ТС или ДФД2000ТС.

В качестве входных элементов фотоприемников, предназначенных для использования в ВОСП и ВОЛС, наиболее широкое применение получили: встроенные световоды, микрообъективы, отрезки волоконно-оптического кабеля и оптические разъемы. Фотоприемник, снабженный стандартным оптическим разъемом, получил наименование фотодиодного модуля (ФДМ). Иногда модулем называют фотодиод, снабженный отрезком волоконно-оптического кабеля.

Фотоприемные устройства и модули на основе фотодиодов из соединений арсенида галлия могут иметь оригинальные конструктивные решения.

2.3.10.4.1. Фотодиоды ФД-161А с/в, ФД-161А м/о, ФД-161Б с/в, ФД-161Б м/о, ФД-161-01А с/в, ФД-161-01А м/о, ФД-161-01Б с/в, ФД-161-01Б м/о [$\Delta\lambda$ = 1,0–1,8; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Фотодиоды сери ФД-161 предназначены для регистрации ИК-излучения в диапазоне 1–1,8 мкм. Фоточувствительные элементы фотодиодов изготовлены с использованием эпипланарной технологии на основе соединений галлий–индий–фосфор–мышьяк и галлий–индий–мышьяк. Приборы различаются типом входа – фотодиоды с индексом «с/в» имеют входной световод, обеспечивающий подключение волоконного светопровода. Приборы с индексом «м/о» оснащены двухлинзовым микрообъективом, служащим для подключения к волоконно-оптическому кабелю.

Основные параметры фотодиодов серии ФД-161 приведены в табл. 2.3.90. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотодиодов даны на рис. 2.3.113.

Таблица 2.3.90. Основные параметры фотодиодов серии ФД-161 при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм (диаметр сердцевины световода)	$\Delta\lambda_{0,5}$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$I_т$, мкА, не более	$S_{\lambda макс}$, А/Вт, не менее	$t_{нар}$ ($t_{сп}$), с, не более	$C_д$, пф	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г] не более	№ рис.
ФД-161А с/в	∅ 0,2	1,0–1,45	1,3 (раб.)	10	0,001–0,005	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$2\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-474
ФД-161А м/о	∅ 0,2	1,0–1,45	1,3 (раб.)	10	0,001–0,005	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$2\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-475
ФД-161Б с/в	∅ 0,2	1,0–1,45	1,3 (раб.)	5	0,001–0,005	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$2\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-474
ФД-161Б м/о	∅ 0,2	1,0–1,45	1,3 (раб.)	5	0,001–0,005	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$2\cdot10^{-10}$	1–3	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-475
ФД-161-01А с/в	∅ 0,08	1,4–1,8	1,55 (раб.)	10	0,0001–0,001	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$1,5\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-474
ФД-161-01А м/о	∅ 0,08	1,4–1,8	1,55 (раб.)	10	0,0001–0,001	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$1,5\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-475
ФД-161-01Б с/в	∅ 0,08	1,4–1,8	1,55 (раб.)	5	0,0001–0,001	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$1,5\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	∅ 10,6 × 15 [3]	2-474
ФД-161-01Б м/о	∅ 0,08	1,4–1,8	1,55 (раб.)	5	0,0001–0,001	0,5–0,8 (λ = 1,3 мкм)	$1,5\cdot10^{-10}$	0,5–0,8	–60...+60	16 × 16 × 25 [11]	2-475

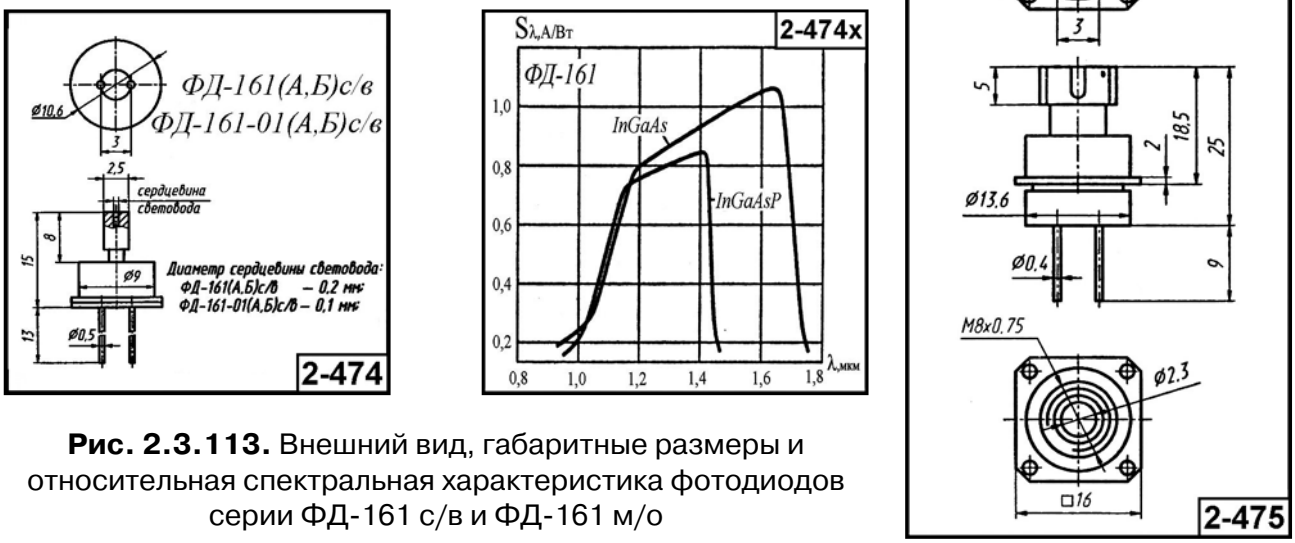
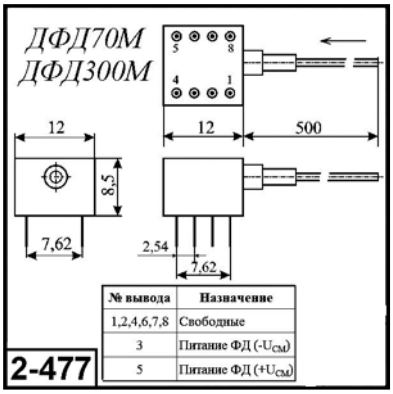


Рис. 2.3.113. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотодиодов серии ФД-161 с/в и ФД-161 м/о

2.3.10.4.2. Фотоприемники ДФД70М, ДФД300М, ДФД70-ОМ-01 [$\Delta\lambda$ = 0,98–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]

Высокоскоростные волоконно-оптические фотоприемники ДФД70М, ДФД300М, ДФД70-ОМ-01 предназначены для аналоговых до 1,5 ГГц или цифровых до 1, 2 Гбит/с волоконно-оптических линий связи рабочих диапазонов 1,3 и 1,55 мкм.

Фотоприемники ДФД70М, ДФД300М представляют собой модуль, содержащий InGaAs *pin*-фотодиод в корпусе ТО-18, оптический соединитель и отрезок волоконно-оптического кабеля. Элементы фотоприемника ДФД70-ОМ-01 размещены в 8-выводном герметичном корпусе. Основные параметры фотоприемников ДФД70М, ДФД300М, ДФД70-ОМ-01 приведены в табл. 2.3.91. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.3.114.



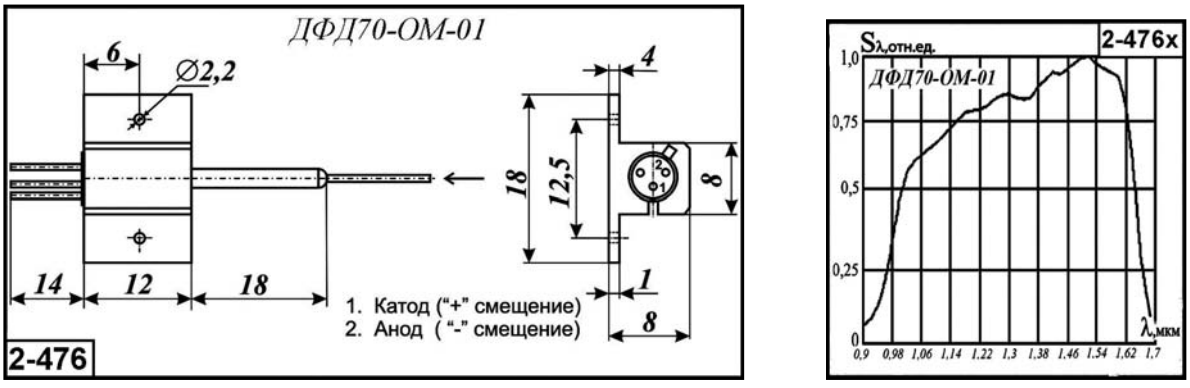


Рис. 2.3.114. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ фотоприемников ДФД70М, ДФД300М, ДФД70-ОМ-01

Таблица 2.3.91. Основные параметры фотоприемников ДФД70М, ДФД300М, ДФД70-ОМ-01 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра		
	ДФД70М	ДФД300М	ДФД70-ОМ-01
Область спектральной чувствительности, мкм	0,98–1,65	0,98–1,65	0,98–1,65
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	0,07	0,3	0,07
Монохроматическая чувствительность для λ = 1,3 мкм ($U_{см}$ = 5 В), А/Вт	0,7–0,8	0,7–0,8	0,7–0,8
Монохроматическая чувствительность для λ = 1,5 мкм ($U_{см}$ = 5 В), А/Вт	0,75–0,85	0,75–0,85	0,75–0,85
Темновой ток, мкА, не более	0,005–0,01	0,01–0,05	0,005–0,01
Рабочее напряжение, В	5–20	5–20	5–20
Емкость фотодиода при рабочем напряжении, пФ	0,8–1,0	0,8–1,0	0,8–1,0
Рабочая частота, ГГц	1,5–2	0,1–0,3	1,5–2
Диапазон рабочих температур, °С	–20...+55	–20...+55	–20...+55
Ввод излучения	Отрезок оптоволоконного кабеля		
Габаридные размеры (без выводов), мм, не более [№ рисунка]	12 × 12 × 9 [2–476]	12 × 12 × 9 [2–476]	18 × 12 × 8 [2–477]

2.3.10.4.3. Фотоприемные модули PD-1310-wp-A, PD-1310-wp-B, PD-1310-wp-C, PD-1355s-ip-A, PD-1355m-ip-A, PD-1355s-ip-B, PD-1355m-ip-B,PD-1355s-ip-C, PD-1355m-ip-C, PD-1375s-ip-A, PD-1375m-ip-A, PD-1375s-ip-B, PD-1375m-ip-B, PD-1375s-ip-C, PD-1375m-ip-C, PD-1550-wp-A, PD-1550-wp-B, PD-1550-wp-C [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм]

Высокоскоростные фотоприемные модули PD-1355-ip, PD-1375-ip предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи в диапазоне 1,1–1,65 мкм, с рабочей длиной волны 1,3 мкм.

Состав фотоприемного модуля: InGaAs *pin*-фотодиод, оптический соединитель и оптоволоконный кабель.

Фотоприемные модули PD-1355-ip изготовлены на основе InGaAs *pin*-фотодиода, с пониженной емкостью, состыкованного с одномодовым (PD-1355s-ip) или многомодовым (PD-1355m-ip) оптическим волокном.

Фотоприемные модули PD-1375-ip изготовлены на основе InGaAs/InP *pin*-фотодиода, состыкованного с одномодовым (PD-1375s-ip) либо многомодовым (PD-1375m-ip) оптическим волокном.

Фотоприемные модули PD-1310-wp и PD-1550-wp изготовлены на основе WDM *pin*-фотодиода с барьерным фильтром, состыкованного с одномодовым оптическим волокном, и предназначены для спектрального диапазона 1,48 и 1,6 мкм.

Модули выпускаются в стандартных корпусах с коллимирующей микрооптикой.

Фотоприемные модули предназначены для работы в аналоговых и цифровых (PD-1355-ip, PD-1310-wp и PD-1550-wp до 2,5 Гбит/сек) и (PD-1375-ip до 622 Мбит/сек) волоконно-оптических линиях связи, оптических тестерах, оптических телефонах и метрологических приборах.

Основные параметры фотоприемных модулей PD-1355-ip, PD-1375-ip, PD-1310-wp и PD-1550-wp приведены в табл. 2.3.92. Внешний вид и габаритные размеры модулей даны на рис. 2.3.115.

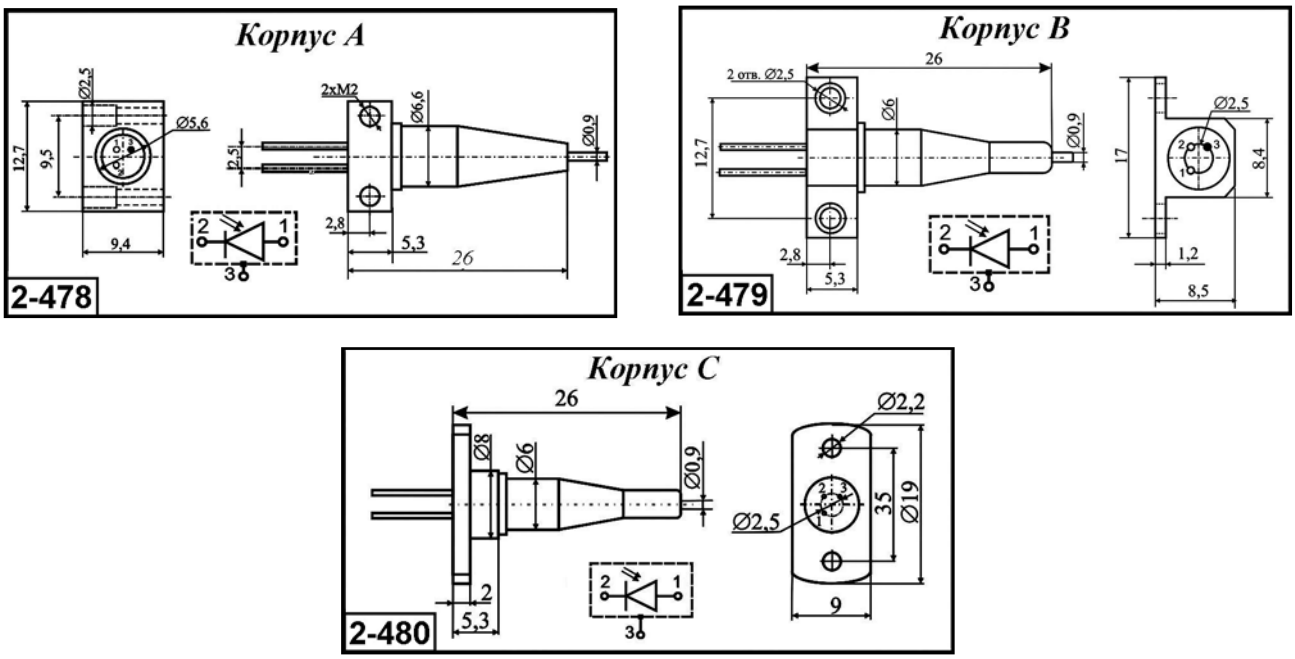


Рис. 2.3.115. Внешний вид и габаритные размеры фотоприемных модулей PD-1355-ip, PD-1375-ip, PD-1310-wp и PD-1550-wp

Таблица 2.3.92. Основные параметры фотоприемных оптических модулей PD-1355-ip, PD-1355-ip, PD-1375-ip при температуре 20±5 °C

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	$S_{\lambda,фд}$ (λ = 1,3 мкм), А/Вт	$I_т$, мкА, не более	$U_{п.фд}$, В	Полоса пропускания, ГГц	$C_{фд}$, пФ, не более	$P_о$, мВт, не более	Диаметр жилы и оболочки волокна, $D_Ж/D_{CL}$, мкм	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PD-1310-wp-A	1,1–1,38	0,8–0,85	0,0003–0,0007	5	2	0,7–0,9	2	9/125	0,3–1	–40...+70	9,4 × 12,7 × 26	2-478
PD-1310-wp-B	1,1–1,38	0,8–0,85	0,0003–0,0007	5	2	0,7–0,9	2	9/125	0,3–1	–40...+70	8,5 × 17 × 26	2-479
PD-1310-wp-C	1,1–1,38	0,8–0,85	0,0003–0,0007	5	2	0,7–0,9	2	9/125	0,3–1	–40...+70	9 × 19 × 26	2-480
PD-1355s-ip-A	1,1–1,65	0,8	0,001	5	2,5	0,7–0,9	2	9/125	0,3–1	–40...+70	9,4 × 12,7 × 26	2-478
PD-1355m-ip-A	1,1–1,65	0,8	0,001	5	2,5	0,7–0,9	2	50/125	0,3–1	–40...+70	9,4 × 12,7 × 26	2-478
PD-1355s-ip-B	1,1–1,65	0,8	0,001	5	2,5	0,7–0,9	2	9/125	0,3–1	–40...+70	8,5 × 17 × 26	2-479
PD-1355m-ip-B	1,1–1,65	0,8	0,001	5	2,5	0,7–0,9	2	50/125	0,3–1	–40...+70	8,5 × 17 × 26	2-479
PD-1355s-ip-C	1,1–1,65	0,8	0,001	5	2,5	0,7–0,9	2	9/125	0,3–1	–40...+70	9 × 19 × 26	2-480
PD-1355m-ip-C	1,1–1,65	0,8	0,001	5	2,5	0,7–0,9	2	50/125	0,3–1	–40...+70	9 × 19 × 26	2-480
PD-1375s-ip-A	1,1–1,65	0,8	0,002	5	1,5	2	2	9/125	0,3–1	–40...+55	9,4 × 12,7 × 26	2-478
PD-1375m-ip-A	1,1–1,65	0,8	0,002	5	1,5	2	2	50/125	0,3–1	–40...+55	9,4 × 12,7 × 26	2-478
PD-1375s-ip-B	1,1–1,65	0,8	0,002	5	1,5	2	2	9/125	0,3–1	–40...+55	8,5 × 17 × 26	2-479
PD-1375m-ip-B	1,1–1,65	0,8	0,002	5	1,5	2	2	50/125	0,3–1	–40...+55	8,5 × 17 × 26	2-479
PD-1375s-ip-C	1,1–1,65	0,8	0,002	5	1,5	2	2	9/125	0,3–1	–40...+55	9 × 19 × 26	2-480
PD-1375m-ip-C	1,1–1,65	0,8	0,002	5	1,5	2	2	50/125	0,3–1	–40...+55	9 × 19 × 26	2-480

2.3.10.4.4. Фотоприемные модули PD-1355-ir-A, PD-1355-ir-B, PD-1375-ir-A, PD-1375-ir-B [$\Delta\lambda$ = 1,0–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм]

Высокоскоростные фотоприемные модули PD-1355-ir, PD-1375-ir предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи в диапазоне 1,1–1,65 мкм с рабочей длиной волны 1,3 мкм.

Состав фотоприемного модуля: InGaAs *pin*-фотодиод, размещенный в корпусе типа «оптическая розетка» с металлическим центратором и встроенной коллимирующей микрооптикой.

Модули предназначены для стыковки с одномодовым или многомодовым оптическим волокном, оконцованным разъемами типа «FC/PC». Модули имеют широкий диапазон рабочих температур, высокую спектральную чувствительность и низкие темновые токи.

Фотоприемные модули предназначены для работы в аналоговых и цифровых (PD-1355-ir до 2,5 Гбит/сек) и (PD-1375-ir 1,25 Гбит/сек.) волоконно-оптических линиях связи, оптических тестерах, оптических телефонах и метрологических приборах.

Основные параметры фотоприемных модулей PD-1355-ir, PD-1375-ir приведены в табл. 2.3.93. Внешний вид и габаритные размеры модулей даны на рис. 2.3.116.

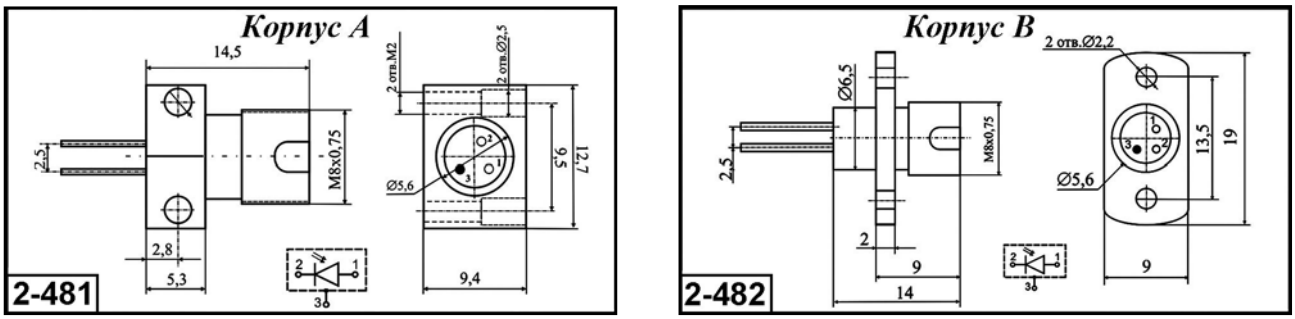


Рис. 2.3.116. Внешний вид и габаритные размеры фотоприемных модулей PD-1355-ir, PD-1375-ir

Таблица 2.3.93. Основные параметры фотоприемных оптических модулей PD-1355-ir, PD-1375-ir при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	$S_{\lambda,фд}$ (λ = 1,3 мкм), А/Вт	$I_т$, мкА, не более	$U_{п.фд}$, В	Полоса пропускания, ГГц	$C_{фд}$, пФ, не более	Тип оптического волокна	Тип оптического разъема	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PD-1355-ir-A	1,1–1,65	0,8–0,85	0,001	5	2,5	0,7–0,9	SM, MM	FC	–40...+70	9,4 × 12,7 × 14,5	2-481
PD-1355-ir-B	1,1–1,65	0,8–0,85	0,001	5	2,5	0,7–0,9	SM, MM	FC	–40...+70	9,4 × 19 × 14,5	2-482
PD-1375-ir-A	1,1–1,65	0,8–0,9	0,001–0,002	5	1,5	1,5–1,7	SM, MM	FC	–40...+70	9,4 × 12,7 × 14,5	2-481
PD-1375-ir-B	1,1–1,65	0,8–0,9	0,001–0,002	5	1,5	1,5–1,7	SM, MM	FC	–40...+70	9,4 × 19 × 14,5	2-482

2.3.10.4.5. Микроволновые InGaAs PIN-фотоприемники ДФДШМ70-05 и ДФДШМ70-06 [$\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]

Микроволновые фотоприемники предназначены для прямого преобразования оптических импульсов пикосекундного диапазона и оптических сигналов с высокочастотной модуляцией до 6 ГГц в электрический сигнал. Рабочие диапазоны фотоприемников – 1,3 и 1,55 мкм.

Фотоприемники представляют собой модуль, содержащий InGaAs *pin*-фотодиод, оптический соединитель, согласующий резистор (50 Ом) и волоконно-оптический кабель. Все элементы фотоприемника размещены в нестандартном металлическом корпусе.

Ввод сигнала осуществляется через оптический разъем FC/APC. Вывод электрического сигнала осуществляется через малогабаритный СВЧ-разъем типа СР-50. Напряжение смещения подается на фотодиод через встроенный фильтр питания.

Основные параметры фотоприемников ДФДШМ70-05 и ДФДШМ70-06 приведены в табл. 2.3.94. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема фотоприемников даны на рис. 2.3.117.

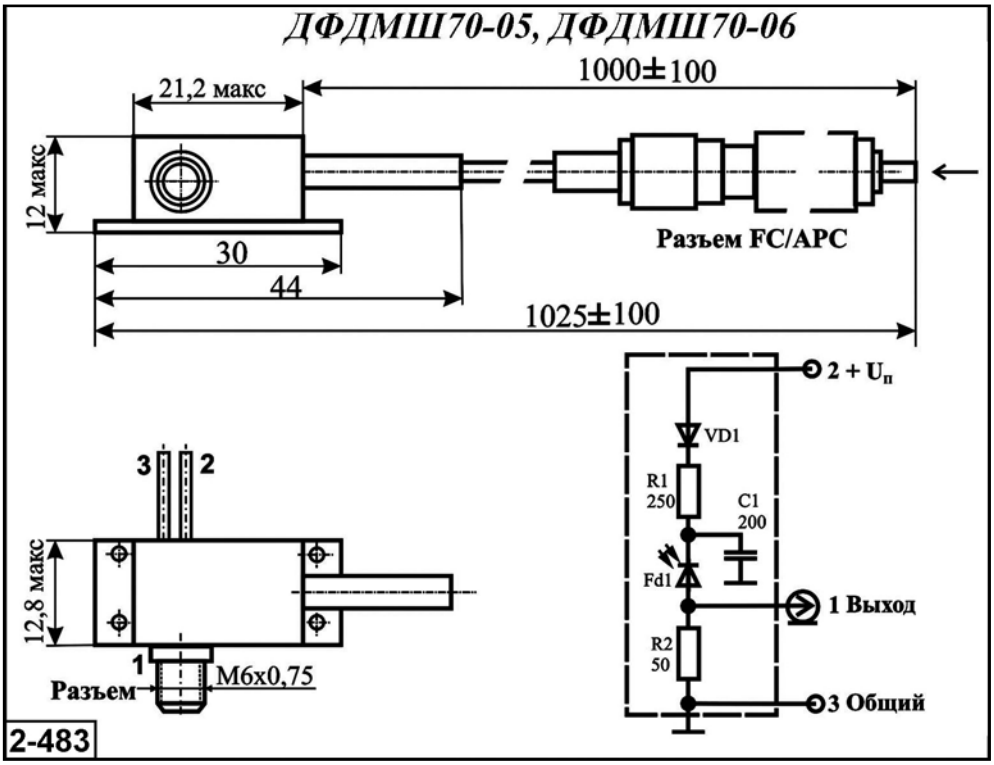


Рис. 2.3.117. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема фотоприемников типа ДФДШМ70-05 и ДФДШМ70-06

Таблица 2.3.94. Основные параметры фотоприемников типа ДФДШМ70-05, ДФДШМ70-06 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ДФДШМ70-05	ДФДШМ70-06
Область спектральной чувствительности, мкм	0,98–1,65	
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	0,07	
Монохроматическая чувствительность для λ = 1,3 мкм, А/Вт	0,3 ($U_{см}$ = 10 В)	0,3 ($U_{см}$ = 5 В)
Монохроматическая чувствительность для λ = 1,55 мкм, А/Вт	0,35 ($U_{см}$ = 10 В)	0,35 ($U_{см}$ = 5 В)
Темновой ток, мкА, не более	0,01–0,05	
Рабочее напряжение, В	5–20	
Емкость фотодиода при рабочем напряжении, пФ	0,8–1,0	
Рабочая частота, ГГц	0,01–5	0,01–6
Обратные оптические потери, дБ	не более –45	
Вход оптического сигнала	разъем типа FC/APC	

Таблица 2.3.94. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ДФДШМ70-05	ДФДШМ70-06
Выход электрического сигнала	разъем типа СР-50	
Диапазон рабочих температур, °С	–20…+55	
Габаридные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	12,8 × 30 × 12	
№ рисунка	2-483	

2.3.10.4.6. Широкополосные микроволновые фотоприемники ДФДШМ40-012 и ДФДШМ40-016 [$\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,55 мкм]

Широкополосные микроволновые фотоприемники ДФДШМ40-012 и ДФДШМ40-016 предназначены для прямого преобразования оптических импульсов пикосекундного диапазона и оптических сигналов с высокочастотной модуляцией до 16 ГГц в электрический сигнал. Рабочие диапазоны фотоприемников 1,3 и 1,55 мкм.

Фотоприемники представляют собой модуль, содержащий InGaAs *pin*-фотодиод, оптический соединитель, согласующий резистор (50 Ом) и волоконно-оптический кабель. Все элементы фотоприемника размещены в нестандартном металлическом корпусе.

Ввод сигнала осуществляется через оптический разъем FC/APC. Вывод электрического сигнала осуществляется через СВЧ-разъем типа SMA. Напряжение смещения подается на фотодиод через встроенный фильтр питания.

Основные параметры фотоприемников ДФДШМ40-012 и ДФДШМ40-016 приведены в табл. 2.3.95. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема фотоприемника даны на рис. 2.3.118.

Таблица 2.3.95. Основные параметры фотоприемников типа ДФДШМ40-012 и ДФДШМ40-016 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ДФДШМ40-012	ДФДШМ40-016
Область спектральной чувствительности, мкм	0,98–1,65	
Диаметр фоточувствительного элемента, мм	0,04	
Монохроматическая чувствительность для = 1,3 мкм, А/Вт	0,3 ($U_{см}$ = 10 В)	0,3 ($U_{см}$ = 5 В)
Монохроматическая чувствительность для = 1,55 мкм, А/Вт	0,35 ($U_{см}$ = 10 В)	0,35 ($U_{см}$ = 5 В)
Темновой ток, мкА, не более	0,01–0,05	
Рабочее напряжение, В	5–20	
Емкость фотодиода при рабочем напряжении, пФ	0,8–1,0	
Рабочая частота, ГГц	0,01–12	0,01–16
Обратные оптические потери, дБ	не более –45	
Вход оптического сигнала	разъем типа FC/APC	
Выход электрического сигнала	разъем типа SMA	
Диапазон рабочих температур, °С	–20…+55	–40…+60
Габаридные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	32,2 × 26,4 × 14	
№ рисунка	2-484	

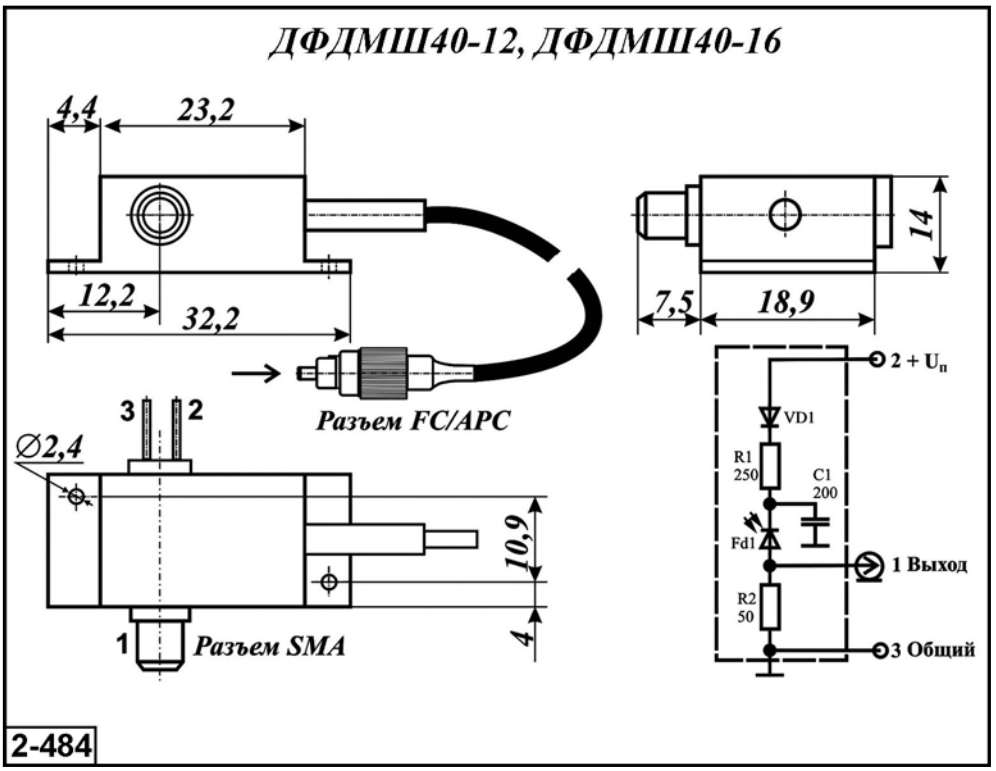


Рис. 2.3.118. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема фотоприемников типа ДФДШМ40-012 и ДФДШМ40-016

2.3.10.5. Фотоприемные устройства и модули на основе фотодиодов из арсенида галлия

2.3.10.5.1. Приемные оптические модули PD-125s-ip-A, PD-125m-ip-A, PD-125s-ip-B, PD-125m-ip-B, PD-125s-ip-C, PD-125m-ip-C, PD-155s-ip-A,PD-155m-ip-A, PD-155s-ip-B, PD-155m-ip-B, PD-155s-ip-C, PD-155m-ip-C, PD-250s-ip-A, PD-250m-ip-A, PD-250s-ip-B, PD-250m-ip-B, PD-250s-ip-C, PD-250m-ip-C, PD-622s-ip-A, PD-622m-ip-A, PD-622s-ip-B, PD-622m-ip-B, PD-622s-ip-C, PD-622m-ip-C [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм]

Приемные оптические модули серий PD-125-ip, PD-155-ip, PD-250-ip, PD-622-ip предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи в диапазоне 1,1–1,65 мкм с рабочей длиной волны 1,3 мкм и скоростью передачи информации до 2,5 Гбит/сек.

Состав модуля: InGaAs/InP *pin*-фотодиод, интегрированный с малошумящим трансимпедансным усилителем со встроенной системой АРУ и дифференциальным выходом.

Модули PD-XXX-ip выпускаются в стандартных корпусах со встроенной коллимирующей микрооптикой. Ввод излучения осуществляется через отрезок одномодового (PD-XXXs-ip) или многомодового (PD-XXXm-ip) оптического волокна.

Основные параметры модулей серий PD-125-ip, PD-155-ip, PD-250-ip, PD-622-ip приведены в табл. 2.3.96. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема модулей даны на рис. 2.3.119.

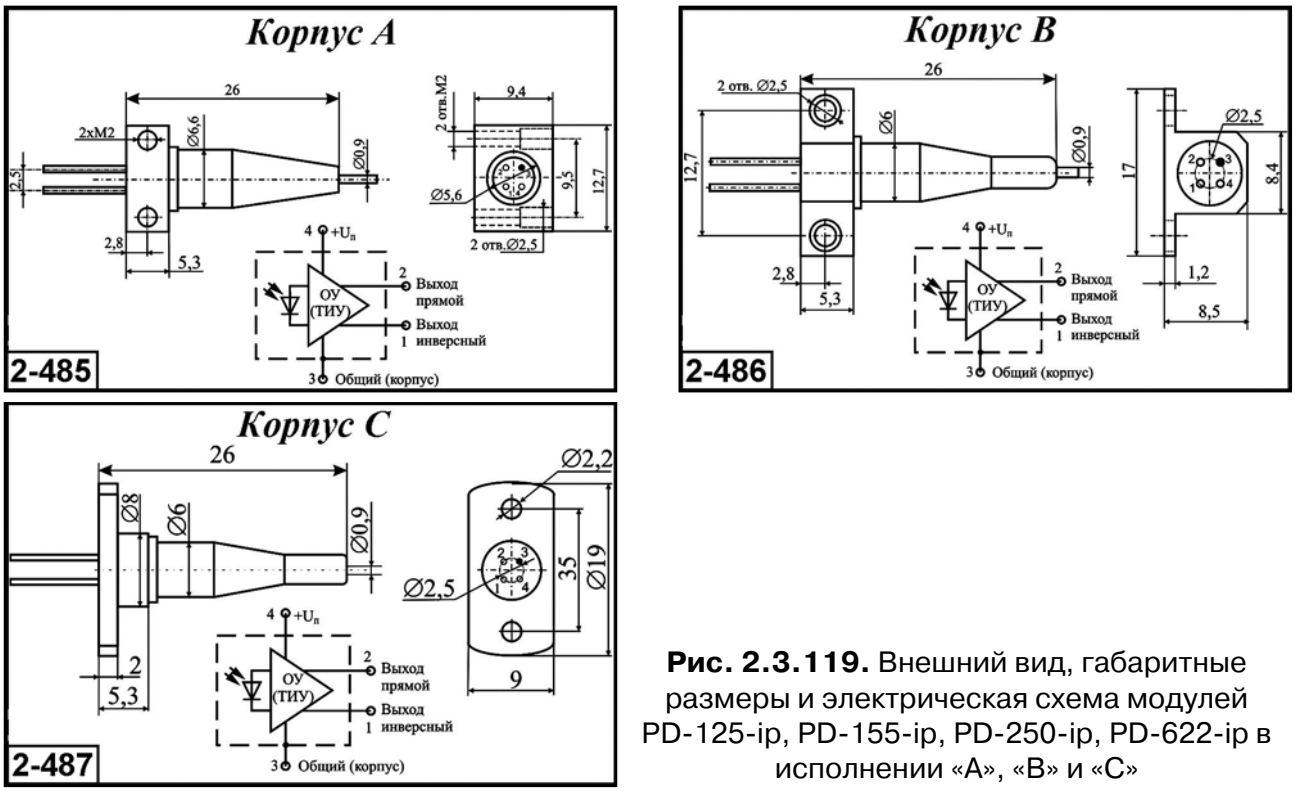


Рис. 2.3.119. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема модулей PD-125-ip, PD-155-ip, PD-250-ip, PD-622-ip в исполнении «A», «B» и «C»

Таблица 2.3.96. Основные параметры приемных оптическиих модулей серий PD-125-ip, PD-155-ip, PD-250-ip, PD-622-ip при температуре 20±5 °C

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{Cl}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Ширина полосы пропускания, BW, ГГц, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$U_{ВЫХ(DIF)}$, В, не более	$U_{ВЫХ(DC)}$, В	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$I_н$, мА, не более	$R_н$, Ом, не более	Длина отрезка входного оптоволокна, L, м	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PD-125s-ip-A	1,1–1,65	9/125	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9,4 × 12,7 × 26	2-485
PD-125m-ip-A	1,1–1,65	50/125	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9,4 × 12,7 × 26	2-485
PD-125s-ip-B	1,1–1,65	9/125	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-125m-ip-B	1,1–1,65	50/125	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-125s-ip-C	1,1–1,65	9/125	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487
PD-125m-ip-C	1,1–1,65	50/125	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487
PD-155s-ip-A	1,1–1,65	9/125	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9,4 × 12,7 × 26	2-485
PD-155m-ip-A	1,1–1,65	50/125	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9,4 × 12,7 × 26	2-485
PD-155s-ip-B	1,1–1,65	9/125	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-155m-ip-B	1,1–1,65	50/125	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-155s-ip-C	1,1–1,65	9/125	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487
PD-155m-ip-C	1,1–1,65	50/125	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487
PD-250s-ip-A	1,1–1,65	9/125	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-485

Таблица 2.3.96. (окончание)

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Ширина полосы пропускания, *BW*, ГГц, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$U_{ВЫХ(DIF)}$, В, не более	$U_{ВЫХ(DC)}$, В	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$I_н$, мА, не более	$R_н$, Ом, не более	Длина отрезка входного оптоволокна, L_1, м	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PD-250m-ip-A	1,1–1,65	50/125	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-485
PD-250s-ip-B	1,1–1,65	9/125	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-250m-ip-B	1,1–1,65	50/125	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-250s-ip-C	1,1–1,65	9/125	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487
PD-250m-ip-C	1,1–1,65	50/125	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487
PD-622s-ip-A	1,1–1,65	9/125	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9,4 × 12,7 × 26	2-485
PD-622m-ip-A	1,1–1,65	50/125	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9,4 × 12,7 × 26	2-485
PD-622s-ip-B	1,1–1,65	9/125	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-622m-ip-B	1,1–1,65	50/125	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	8,5 × 17 × 26	2-486
PD-622s-ip-C	1,1–1,65	9/125	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487
PD-622m-ip-C	1,1–1,65	50/125	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	0,3–1	9 × 19 × 26	2-487

2.3.10.5.2. Приемные оптические модули PD-125-ir-A, PD-125-ir-B, PD-155-ir-A, PD-155-ir-B, PD-250-ir-A, PD-250-ir-B, PD-622-ir-A, PD-622-ir-B [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 мкм]

Приемные оптические модули серии PD-125-ir, PD-155-ir, PD-250-ir, PD-622-ir предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи в диапазоне 1,1–1,65 мкм с рабочей длиной волны 1,3 мкм и скоростью передачи информации до 2 Гбит/сек.

Состав модуля: InGaAs/InP *pin*-фотодиод, интегрированный с малошумящим трансимпедансным усилителем со встроенной системой АРУ и дифференциальным выходом.

Модули PD-125-ir, PD-155-ir, PD-250-ir, PD-622-ir выпускаются в корпусе типа «оптическая розетка» с металлическим центратором, предназначены для стыковки с одномодовым или многомодовым оптическим волокном, оконцованным разъемами типа «FC/PC».

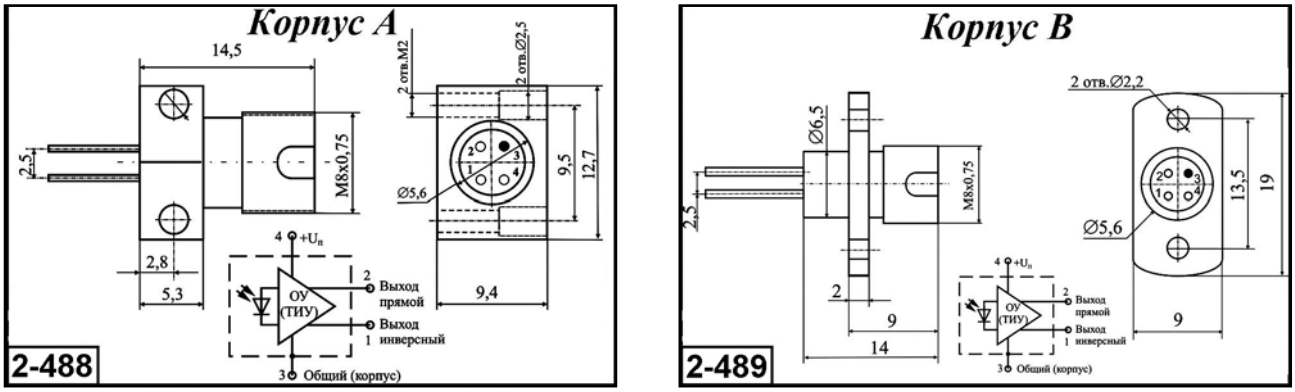


Рис. 2.3.120. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема модулей PD-125-ir, PD-155-ir, PD-250-ir, PD-622-ir в исполнении «А» и «В»

Основные параметры модулей PD-125-ir, PD-155-ir, PD-250-ir, PD-622-ir приведены в табл. 2.3.97. Внешний вид, габаритные размеры и электрическая схема модулей даны на рис. 2.3.120.

Таблица 2.3.97. Основные параметры приемных оптических модулей PD-125-ir, PD-155-ir, PD-250-ir, PD-622-ir при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Ширина полосы пропускания, *BW*, ГГц, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$U_{ВЫХ(Dif)}$, В, не более	$U_{ВЫХ(DC)}$, В	$U_{П}$, В	$I_{П}$, мА, не более	$I_{Н}$, мА, не более	$R_{Н}$, Ом, не более	Тип оптического разъема	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PD-125-ir-A	1,1–1,65	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	FC	9,4 × 12,7 × 14,5	2-488
PD-125-ir-B	1,1–1,65	–21 (1,25 Gбод)	1,1	–3 (1,25 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	FC	9 × 12 × 14,5	2-489
PD-155-ir-A	1,1–1,65	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	FC	9,4 × 12,7 × 14,5	2-488
PD-155-ir-B	1,1–1,65	–35 (155 Мбод)	0,14	0 (155 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	FC	9 × 12 × 14,5	2-489
PD-250-ir-A	1,1–1,65	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	FC	9,4 × 12,7 × 14,5	2-488
PD-250-ir-B	1,1–1,65	–18 (2,5 Gбод)	2	–3 (2,5 Gбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	45	10	50	FC	9 × 12 × 14,5	2-489
PD-622-ir-A	1,1–1,65	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	FC	9,4 × 12,7 × 14,5	2-488
PD-622-ir-B	1,1–1,65	–30 (622 Мбод)	0,45	–3 (622 Мбод)	1,2	1,5–3,5	4,75–5,25	35	10	50	FC	9 × 12 × 14,5	2-489

2.3.10.5.3. Аналоговые оптоэлектронные приемные модули OEM101-20, OEM101-50, OEM101-90, OEM101-200, OEM101-1 [Δλ = 1,2–1,6 мкм]

Аналоговые е оптоэлектронные приемные модули серии OEM101-xx предназначены для линейного преобразования оптического сигнала в электрический в в волоконно-оптических линиях связи в диапазоне 1,1–1,6 мкм.

Модуль выполнен на стандартном металлостеклянном основании по гибридно-интегральной технологии. Включает в себя InGaAs/InP *pin*-фотодиод, трансимпедансный усилитель и отрезок многомодового или одномодового оптического волокна с соединителем типа FC, SC или ST.

Основные параметры модулей OEM101-xx приведены в табл. 2.3.98. Внешний вид и габаритные размеры модулей даны на рис. 2.3.121.

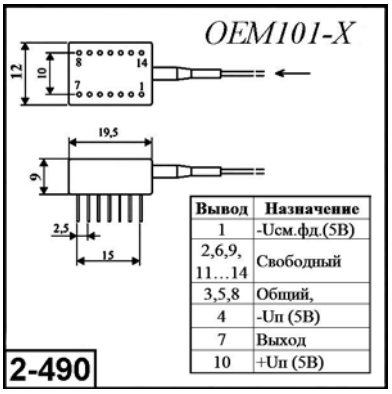


Рис. 2.3.121. Внешний вид и габаритные размеры и модулей серии OEM101-xx

Таблица 2.3.98. Основные параметры модулей серии OEM101-xx при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра				
	OEM101-1	OEM101-20	OEM101-50	OEM101-90	OEM101-200
Спектральный диапазон, мкм	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–1,6	1,2–1,6
Полоса пропускания, МГц	0–1	0–20	0–50	0–90	0–200
Минимальная чувствительность, дБм, не менее	–49	–39	–34	–32	–29
Типовая чувствительность, дБм	–52	–42	–38	–36	–33

Таблица 2.3.98. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра				
	OEM101-1	**OEM101-20**	**OEM101-50**	**OEM101-90**	**OEM101-200**
Максимальная чувствительность, дБм	–56	–46	–42	–39	–36
Динамический диапазон, дМб, не менее	23	23	23	23	23
Трансимпедансное сопротивление, кОм, не менее	1000	80	50	10	4
Выходной ток, мА, не менее	15	15	15	15	15
Напряжение питания, В	±5±0,25	±5±0,25	±5±0,25	±5±0,25	±5±0,25
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+60				
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	12 × 19,5 × 9				
№ рисунка	2-490				

2.3.10.5.4. Цифровые оптоэлектронные приемные модули OEM 210-20, OEM 210-70, OEM 210-125, OEM-211, OEM-302 [$\Delta\lambda$ = 1,2–1,6; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

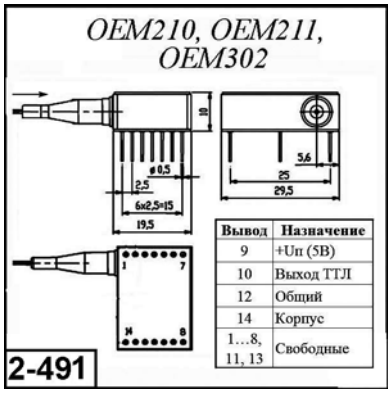


Рис. 2.3.122. Внешний вид и габаритные размеры и модулей серий OEM210-x, OEM302

Цифровые фотоприемные модули OEM 210-20, OEM 210-70, OEM 210-125, OEM-211, OEM-302 предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи с рабочей длиной волны 1,3 и 1,5 мкм.

В состав модулей входят: InGaAs *pin*-фотодиод, состыкованный с одномодовым либо многомодовым оптическим волокном, трансимпедансный усилитель (ТИУ), компаратор и детектор потери сигнала («флаг»). Приборы отличает наличие парафазного выхода.

Ввод излучения осуществляется через отрезок многомодового или одномодового волоконно-оптического кабеля с внешним диаметром 0,9 или 3,2 мм, оконцованного стандартным разъемом (FC, ST, SC).

Модули данной серии реализованы в стандартных металлостеклянных корпусах, которые могут устанавливаться на печатную плату.

Основные параметры модулей OEM210-x, OEM302 приведены в табл. 2.3.99. Внешний вид и габаритные размеры модулей даны на рис. 2.3.122.

Таблица 2.3.99. Основные параметры цифровых фотоприемных модулей серии OEM210, OEM302 при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-10}, дБм	Скорость передачи данных, Мбит/с	Динамический диапазон, дБ, не менее	Тип выходного сигнала	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	Длина входного оптоволокна, м	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
OEM 210-20	1,2–1,6	–39	20	25	ТТЛ	5±0,25	50	1±0,1	–40...+60	19,5 × 10 × 29,5	2-491
OEM 210-70	1,2–1,6	–33	70	25	ТТЛ	5±0,25	50	1±0,1	–40...+60	19,5 × 10 × 29,5	
OEM 210-125	1,2–1,6	–30	125	25	ТТЛ	5±0,25	50	1±0,1	–40...+60	19,5 × 10 × 29,5	
OEM 211	1,2–1,6	–29	156	25	ТТЛ	5±0,25	50	1±0,1	–40...+60	19,5 × 10 × 29,5	
OEM 302	1,2–1,6	–20	50–2500	20	ТТЛ	5±0,25	100	1±0,1	–40...+60	19,5 × 10 × 29,5	

2.3.10.5.5. Приемные оптические модули PROM-34s, PROM-34s-8, PROM-34s-2, PROM-34m, PROM-34m-8, PROM-34m-2 [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Цифровые приемные оптические модули серии PROM-34.x предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи в диапазоне 1,1–1,65 мкм с рабочей длиной волны 1,3 и 1,5 мкм.

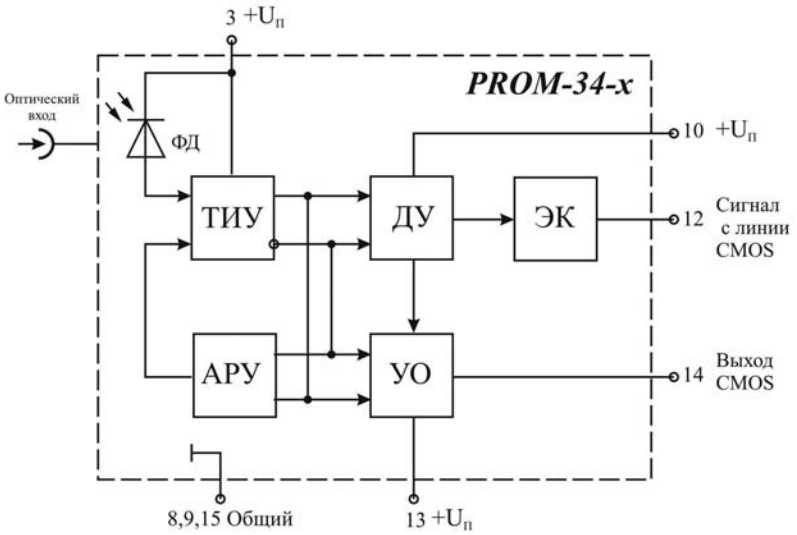
Состав модуля: InGaAs/InP *pin*-фотодиод, малошумящий трансимпедансный усилитель с системой АРУ, усилитель-ограничитель с выходом в уровнях CMOS и CMOS-выходом отсутствия сигнала в линии. Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.123.

Модули выпускаются в герметичных корпусах на основе стандартного основания серии 157.

Ввод излучения осуществляется через отрезок многомодового или одномодового волоконно-оптического кабеля, оконцованного стандартным разъемом типа FC.

Модули являются полным аналогом серии ПРОМ-367, но обладают более широким динамическим диапазоном при меньшей потребляемой мощности.

Основные параметры модулей PROM-34.x приведены в табл. 2.3.100. Внешний вид и габаритные размеры модулей даны на рис. 2.3.124.



ФД – фотодиод, ТИУ – трансимпедансный усилитель, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ДУ - детектор уровня, УО – усилитель ограничитель, ЭК - электронный ключ

Рис. 2.3.123. Функциональная схема модуля PROM-34-x

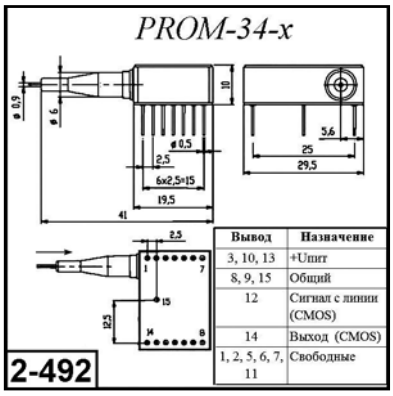


Рис. 2.3.124. Внешний вид и габаритные размеры модуля PROM-34-x

Таблица 2.3.100. Основные параметры приемных оптическиих модулей серии PROM-34-x при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$I_д$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-34s	1,1–1,65	9/125	–39 (34 Mbps)	1	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–20...+55	29,5 × 10 × 41	2-492
PROM-34s-8	1,1–1,65	9/125	–44 (8 Mbps)	1	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–20...+55	29,5 × 10 × 41	
PROM-34s-2	1,1–1,65	9/125	–47 (2 Mbps)	1	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–20...+55	29,5 × 10 × 41	
PROM-34m	1,1–1,65	50/125	–39 (34 Mbps)	1	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–20...+55	29,5 × 10 × 41	
PROM-34m-8	1,1–1,65	50/125	–44 (8 Mbps)	1	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–20...+55	29,5 × 10 × 41	
PROM-34m-2	1,1–1,65	50/125	–47 (2 Mbps)	1	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–20...+55	29,5 × 10 × 41	

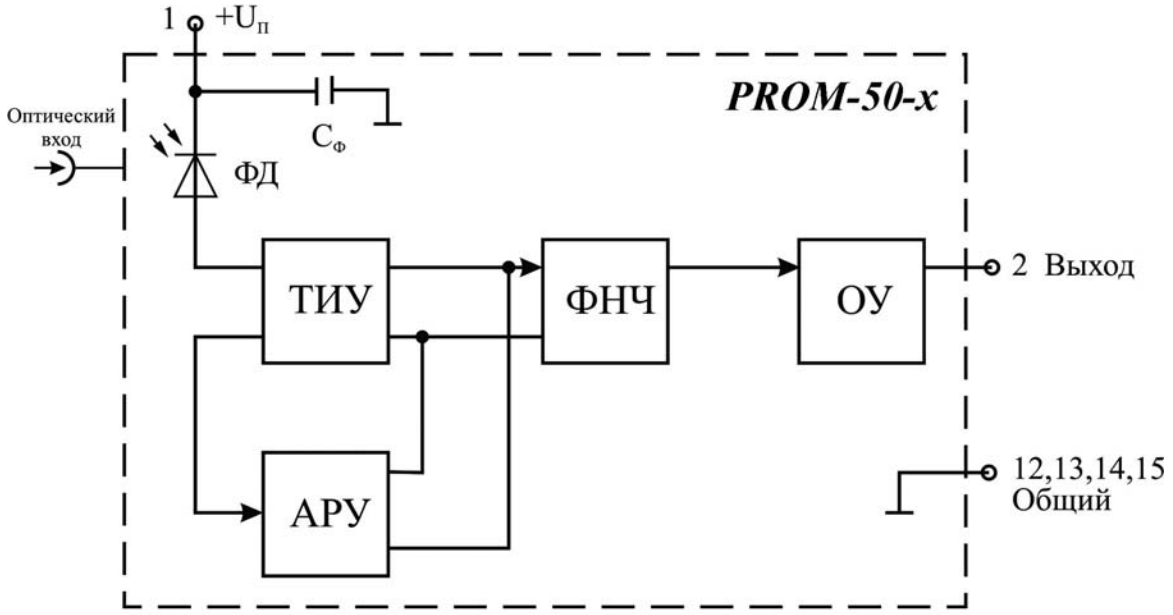
2.3.10.5.6. Приемные оптические модули PROM-50s, PROM-34s-8, PROM-34s-2, PROM-34m, PROM-34m-8, PROM-34m-2 [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Приемные оптические модули серии PROM-50-x предназначены для работы в цифровых и аналоговых волоконно-оптических линиях связи, функционирующих в спектральном диапазоне 1,1–1,65 мкм.

В состав модуля входят: InGaAs/InP *pin*-фотодиод, состыкованный с одномодовым (PROM-50.x-S) либо многомодовым (PROM-50.x-M) оптическим волокном, трансимпедансный усилитель (ТИУ) со схемой АРУ, фильтр низких частот (ФНЧ) и оконечный усилитель (ОУ). Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.125.

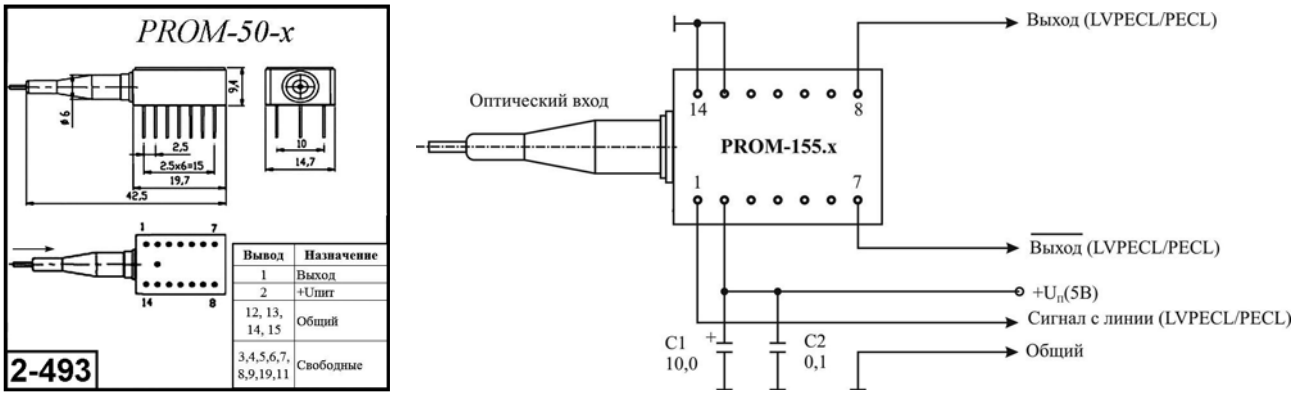
Приемные оптические модули выпускаются в металлических герметичных корпусах на основе стандартного основания типа 151-15-8.

Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.101, внешний вид, габаритные размеры и схема включения даны на рис. 2.3.126.



ФД – фотодиод, ТИУ – трансимпедансный усилитель, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ФНЧ – фильтр нижних частот, ОУ – оконечный усилитель.

Рис. 2.3.125. Функциональная схема модуля PROM-50-x



а) б)

Рис. 2.3.126. Внешний вид, габаритные размеры (а) и схема включения (б) модуля PROM-50-x

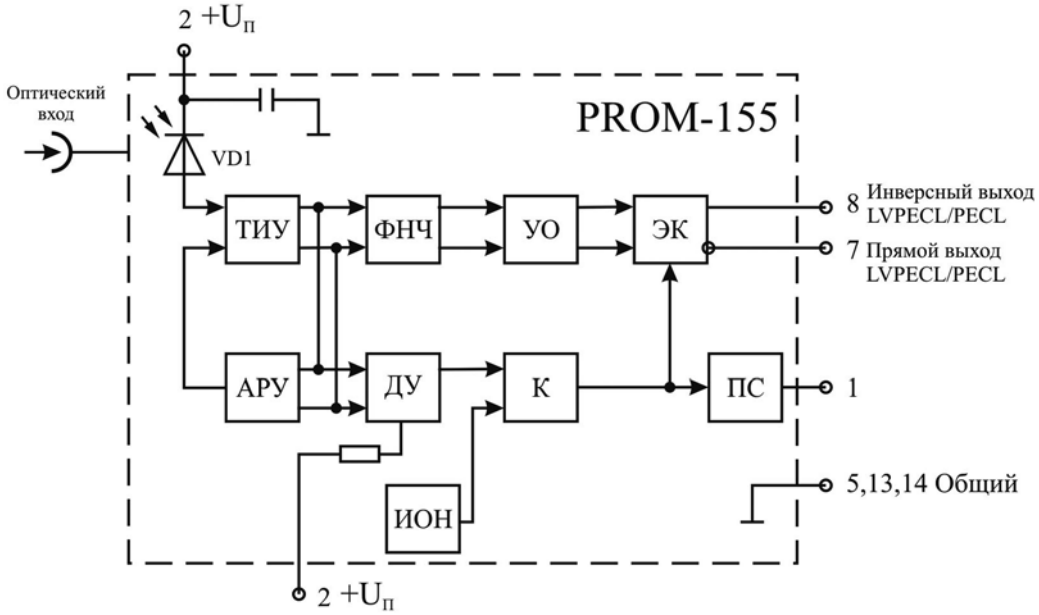
Таблица 2.3.101. Основные параметры приемных оптических модулей серии PROM-50-x при температуре 20±5 °C

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Шумовая полоса пропускания, МГц, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$R_н$, Ом, не менее	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$I_н$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-50.34-S	1,1–1,65	9/125	–43 (34 Mbps)	50 (34 Mbps)	1	500	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–40...+55	14,7×9,4×42,5	2-493
PROM-50.8-M5	1,1–1,65	50/125	–47 (8 Mbps)	11 (8 Mbps)	1	500	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–40...+55	14,7×9,4×42,5	
PROM-50.2-M6	1,1–1,65	62,5/125	–50 (2 Mbps)	2,5 (2 Mbps)	1	500	4,75–5,25	50	10	0,3–1	–40...+55	14,7×9,4×42,5	

2.3.10.5.7. Приемные оптические модули PROM-155-3.x-S, PROM-155-3.x-M5, PROM-155-3.x-M6, PROM-155-5.x-S, PROM-155-5.x-M5, PROM-155-5.x-M6 [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Приемные оптические модули серии PROM-155-* предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи, со скоростью передачи информации до 155 Мбит/сек (OC-3/STM-1), функционирующих в спектральном диапазоне 1,1–1,65 мкм.

В состав модуля входят: InGaAs/InP *pin*-фотодиод, состыкованный с одномодовым (PROM-155-*-S) либо многомодовым (PROM-155-*-M*) оптическим волокном, малошумяший трансимпедансный усилитель, усилитель-ограничитель с дифференциальным PECL/LVPECL-выходом и PECL/LVPECL-выходом отсутствия сигнала в линии. Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.127.



ФД - фотодиод, ТИУ-трансимпедансный усилитель, ФНЧ – фильтр нижних частот, УО - усилитель ограничитель, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ДУ – детектор уровня, К – компаратор, ПС – повторитель сигнала, ЭК – электронный ключ, ИОН – источник опорного напряжения.

Рис. 2.3.127. Функциональная схема модуля PROM-155-x*

Модули PROM-155-x* выпускаются в модификациях с напряжением питания 5.0 и 3.3 В и предназначены для обработки следующих форматов оптических сигналов: уравновешенных кодов, в том числе скремблированных цифровых последовательностей (ATM; FDDI; Fast Ethernet и др.).

Приемные оптические модули выпускаются в герметичных металлических корпусах типа DIL-14.

Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.102, внешний вид и габаритные даны на рис. 2.3.128. Типовые схемы включения модуля – на рис. 2.3.129 и 2.3.130.

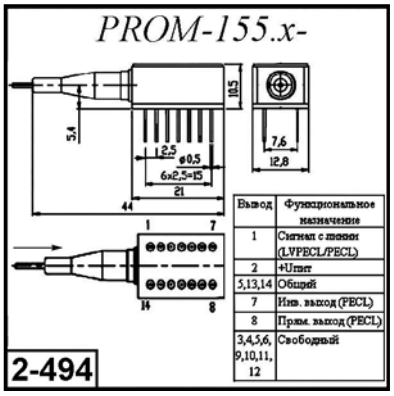


Рис. 2.3.128. Внешний вид, габаритные размеры (а) и схема включения (б) модуля PROM-155-x*

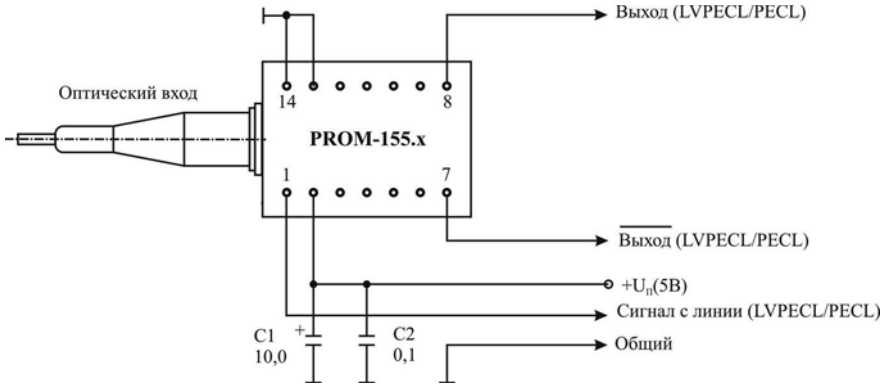


Рис. 2.3.129. Типовая схема включения модуля PROM-155-x*

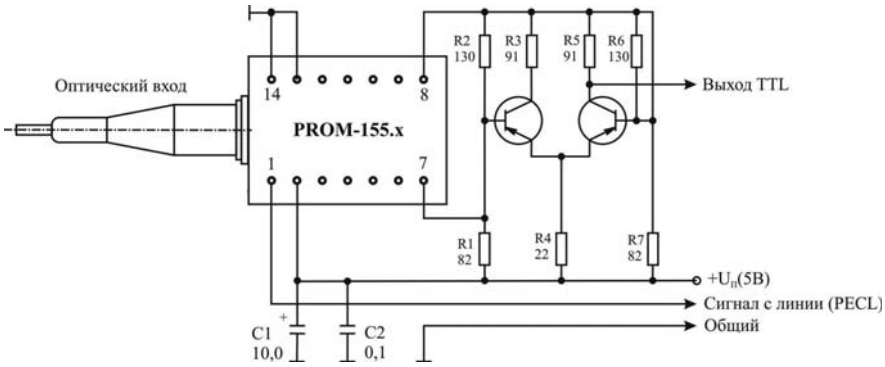


Рис. 2.3.130. Типовая схема включения модуля PROM-155-x* при работе с ТТЛ-логикой

Таблица 2.3.102. Основные параметры приемных оптическиих модулей серии PROM-155-x* при температуре 20±5 °C

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$I_н$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °C	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-155-3.x-S	1,1–1,65	9/125	–35 (–41)	1	3–3,6	80	10	0,3–1	–20...+55	12,5 × 10,5 × 44	2-494
PROM-155-3.x-M5	1,1–1,65	50/125	–35 (–41)	1	3–3,6	80	10	0,3–1	–20...+55	12,5 × 10,5 × 44	
PROM-155-3.x-M6	1,1–1,65	62,5/125	–35 (–41)	1	3–3,6	80	10	0,3–1	–20...+55	12,5 × 10,5 × 44	
PROM-155-5.x-S	1,1–1,65	9/125	–35 (–41)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–20...+55	12,5 × 10,5 × 44	
PROM-155-5.x-M5	1,1–1,65	50/125	–35 (–41)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–20...+55	12,5 × 10,5 × 44	
PROM-155-5.x-M6	1,1–1,65	62,5/125	–35 (–41)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–20...+55	12,5 × 10,5 × 44	

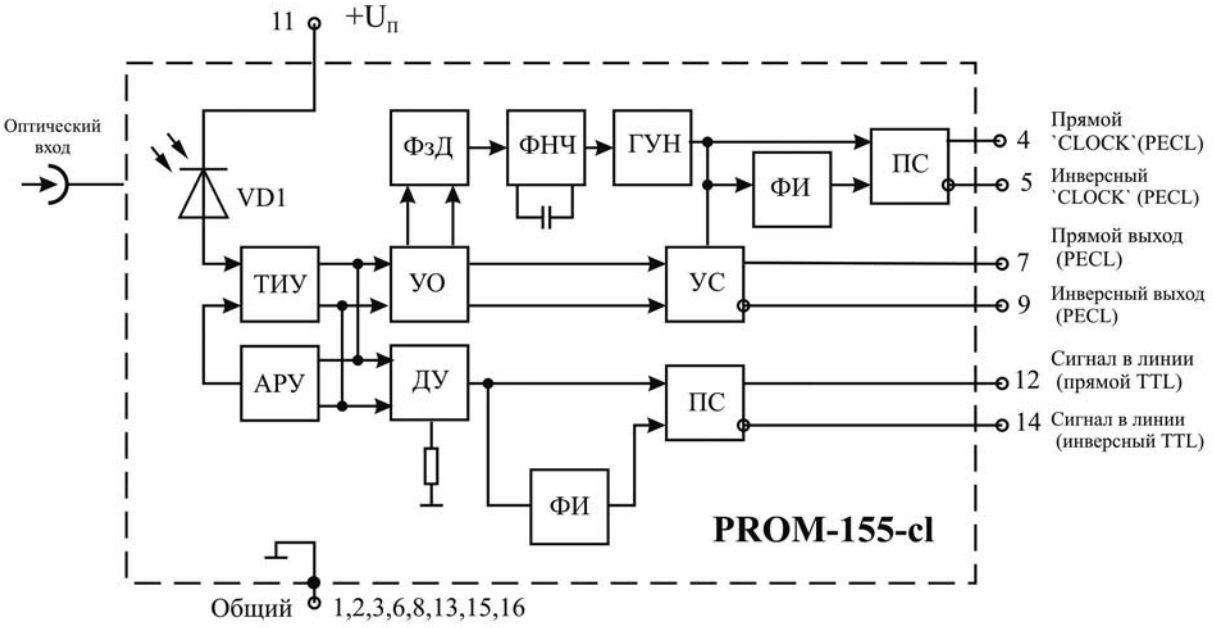
2.3.10.5.8. Приемные оптические модули PROM-155-cl-S, PROM-155-cl-M5, PROM-155-cl-M6 [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Приемные оптические модули серии PROM-155-cl предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи со скоростью передачи 155 Мбит/сек (OC-3/STM-1) и в системах цифрового кабельного телевидения, функционирующих в спектральном диапазоне 1,1–1,65 мкм.

В состав модуля входят: InGaAs/InP *pin*-фотодиод, состыкованный с одномодовым (PROM-155-cl-S) либо многомодовым (PROM-155-cl-M*) оптическим волокном, малошумяший трансимпедансный усилитель с системой АРУ, усилитель-ограничителель с TTL-выходом отсутствия сигнала в линии, схемой выделения тактовой частоты и декодером. Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.131.

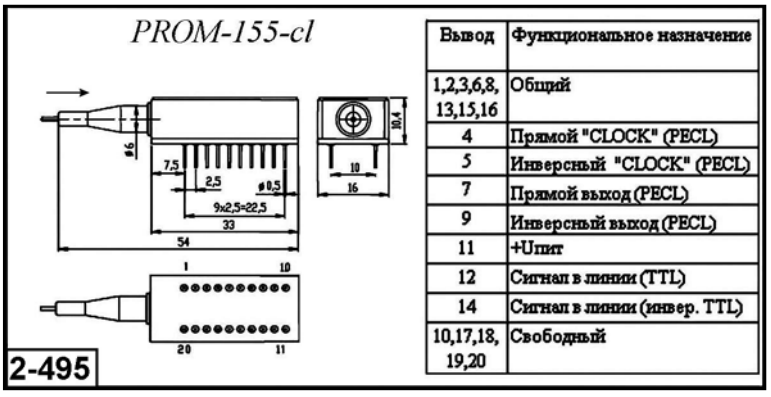
Приемные оптические модули PROM-155-cl выпускаются в герметичных металлостеклянных корпусах на основе стандартного основания типа DIL-20.

Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.103, внешний вид и габаритные даны на рис. 2.3.132.



ФД - фотодиод, ТИУ-трансимпедансный усилитель, УО - усилитель ограничитель, ФзД – фазовый детектор, ФНЧ – фильтр нижних частот, ГУН – генератор управляемый напряжением, УС – устройство синхронизации, ФИ – фазоинвертор, ФИ – фазоинвертор, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ДУ – детектор уровня, ПС – повторитель сигнала

Рис. 2.3.131. Функциональная схема модуля PROM-155-cl



Вывод	Функциональное назначение
1,2,3,6,8, 13,15,16	Общий
4	Прямой "CLOCK" (PECL)
5	Инверсный "CLOCK" (PECL)
7	Прямой выход (PECL)
9	Инверсный выход (PECL)
11	+Uпит
12	Сигнал в линии (TTL)
14	Сигнал в линии (инвер. TTL)
10,17,18, 19,20	Свободный

Рис. 2.3.132. Внешний вид и габаритные размеры модуля PROM-155-cl

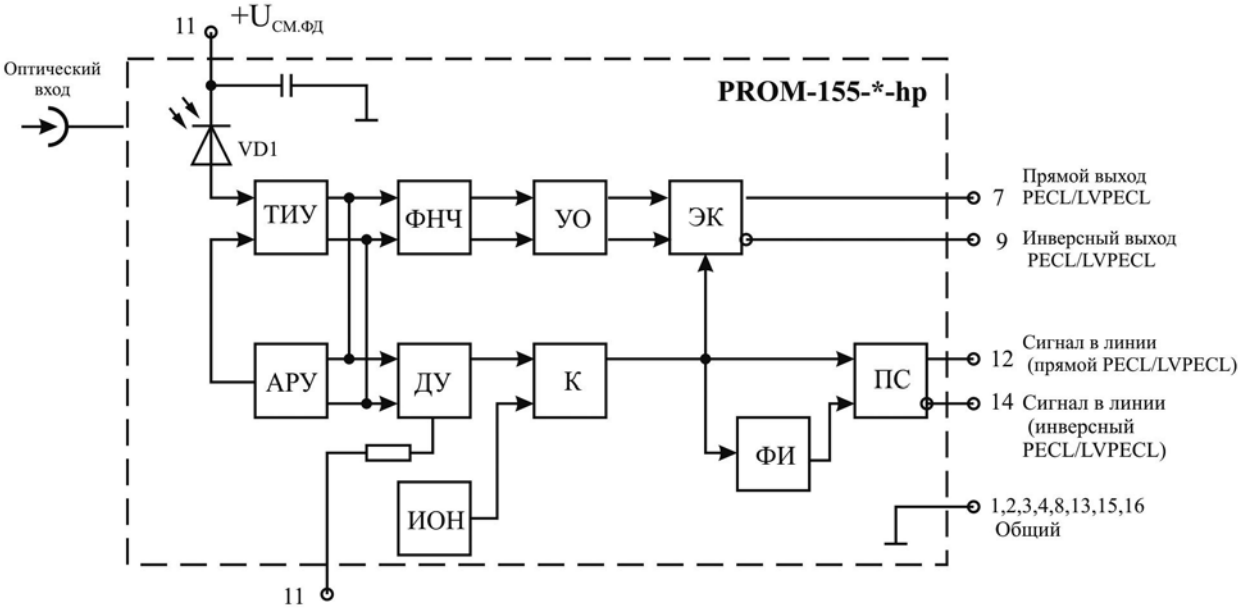
Таблица 2.3.103. Основные параметры приемных оптическиих модулей серии PROM-155-cl при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Δλ, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$I_н$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-155-cl-S	1,1–1,65	9/125	–35 (155 Мбод)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–40...+55	16 × 10,4 × 54	2-495
PROM-155-cl-M5	1,1–1,65	50/125	–35 (155 Мбод)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–40...+55	16 × 10,4 × 54	
PROM-155-cl-M6	1,1–1,65	62,5/125	–35 (155 Мбод)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–40...+55	16 × 10,4 × 54	

2.3.10.5.9. Приемные оптические модули PROM-155-hp-S, PROM-155-hp-M5, PROM-155-hp-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Приемные оптические модули серии PROM-155-cl предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи со скоростью передачи информации до 155 Мбит/сек, функционирующих в спектральном диапазоне 1,1–1,65 мкм.

В состав модулей PROM-155-hp входят: InGaAs *pin*-фотодиод (VD1), состыкованный с одномодовым (PROM-155-hp-S) либо многомодовым (PROM-155-hp-M) оптическим волокном, малошумящий трансимпедансный усилитель (ТИУ) со схемой АРУ, фильтр нижних частот (ФНЧ), усилитель-ограничитель (УО), электронный переключатель (ЭП), детектор уровня (ДУ), компаратор (К), фазоинвертор (ФИ), повторитель сигнала (ПС), источник опорного напряжения (ИОН). Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.133.



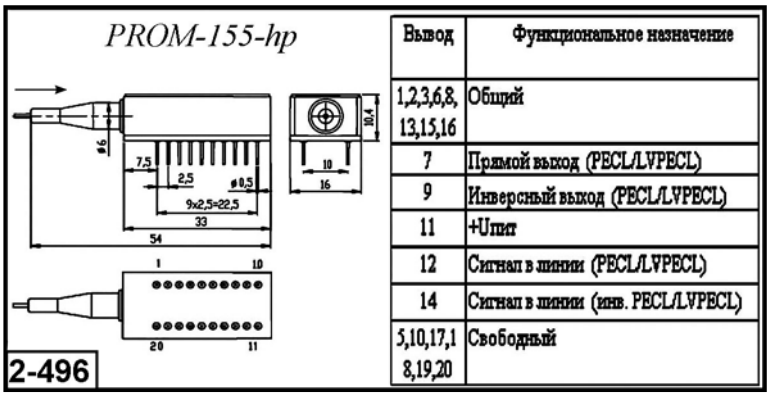
ФД - фотодиод, ТИУ-трансимпедансный усилитель, ФНЧ – фильтр нижних частот, УО - усилитель ограничитель, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ДУ – детектор уровня, К – компаратор, ФИ – фазоинвертор, ПС – повторитель сигнала, ЭК – электронный ключ, ИОН – источник опорного напряжения.

Рис. 2.3.133. Функциональная схема модуля PROM-155-hp

Модули имеют дифференциальный PECL/LVPECL-выход и PECL/LVPECL-выход отсутствия сигнала в линии.

PROM-155-*-hp выпускаются в модификациях с напряжением питания 5 и 3,3 В и предназначены для обработки следующих форматов оптических сигналов – уравновешенных кодов, в том числе скремблированных цифровых последовательностей (ATM; FDDI; Fast Ethernet и др.).

Приемные оптические модули PROM-155-hp выпускаются в герметичных металлостеклянных корпусах на основе стандартного основания типа DIL-20. Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.104, внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.134.



Вывод	Функциональное назначение
1,2,3,6,8, 13,15,16	Общий
7	Прямой выход (PECL/LVPECL)
9	Инверсный выход (PECL/LVPECL)
11	+Uпит
12	Сигнал в линии (PECL/LVPECL)
14	Сигнал в линии (инв. PECL/LVPECL)
5,10,17,1 8,19,20	Свободный

Рис. 2.3.134. Внешний вид и габаритные размеры модуля PROM-155-hp

Таблица 2.3.104. Основные параметры приемных оптическиих модулей серии PROM-155-hp при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$I_н$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-155-hp-S	1,1–1,65	9/125	–33 (–41)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–20...+55	16 × 10,4 × 54	2-496
PROM-155-hp-M5	1,1–1,65	50/125	–33 (–41)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–20...+55	16 × 10,4 × 54	
PROM-155-hp-M6	1,1–1,65	62,5/125	–33 (–41)	1	4,75–5,25	120	10	0,3–1	–20...+55	16 × 10,4 × 54	

2.3.10.5.10. Аналого-цифровые фотоприемные модули ПРОМ-364М-2048, ПРОМ-364М-8448, ПРОМ-364М-34368, ПРОМ-364М-15552 [$\Delta\lambda$ = 1,2–1,57; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Аналого-цифровые фотоприемные модули серии ПРОМ-364М предназначены для работы в аналоговых и цифровых волоконно-оптических линиях связи, функционирующих в спектральном диапазоне 1,2–1,57 мкм.

В состав модулей входят: высокоскоростной GaInAsP *pin*-фотодиод и трансимпедансный усилитель с входным каскадом на малошумящем GaAs полевом транзисторе. Усилитель имеет расширенный динамический диапазон для приема цифровых сигналов.

Ввод излучения осуществляется через отрезок многомодового или одномодового волоконно-оптического кабеля с внешним диаметром 0,9 или 3,2 мм, оконцованного стандартным разъемом (FC, ST, SC).

Серия содержит четыре модификации модулей ПРОМ-364М-2048; ПРОМ-364М-8448; ПРОМ-364М-34368 и ПРОМ-364М-15552, оптимизированных на прием цифро-

вой информации со скоростью 2,048; 8,448; 34,368 и 155,52 Мбит/с соответственно. Модули выпускаются в герметичном металлостеклянном корпусе TL-155–14-7,62.

По уровню основных параметров и расположению выводов серия ПРОМ-364М является полным аналогом приемных модулей серии PTA фирмы «Nortel». Функциональная схема модуля серии ПРОМ-364М приведена на рис. 2.3.131.

Диапазон рабочих температур для всех приборов составляет от –40 до +60 °С .

Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.105. Внешний вид и схема включения модулей даны на рис. 2.3.135–2.3.137.

Таблица 2.3.105. Основные параметры фотоприемных модулей серии ПРОМ-364М при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Ско-рость приема, Мбит/с	Детектируемая мощность, ($U_{см.фд}$)		Шумовая полоса пропускания, МГц (тип)	Коэффициент передачи, $K_п$, В/мВт	Спектральная плотность шума, $F_ш$, Вт·Гц$^{-1/2}$	$U_{вых}$, В, не более	$U_{см.фд}$, В	$U_{вых(DC)}$, В	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$R_н$, Ом, не более	Габаритные размеры, мм, не более [№ рис.]
			Мини-мальная, $P_{мин}$, дБм	Макси-мальная, $P_{макс}$, дБм										
ПРОМ-364М-2048	1,2–1,57	2,048	–55	–3 (–5)	2,5	400	$0{,}2\cdot10^{-12}$	2	0–…5	0,5–1,8	4,5–5,5	30	500	8,5 × 12,7 × 21 [2-497]
ПРОМ-364М-8448	1,2–1,57	8,448	–51	–3 (–5)	11	200	$0{,}3\cdot10^{-12}$	2	0–…5	0,5–1,8	4,5–5,5	30	500	
ПРОМ-364М-34368	1,2–1,57	34,368	–45	–3 (–5)	50	70	$0{,}7\cdot10^{-12}$	2	0–…5	0,5–1,8	4,5–5,5	30	500	
ПРОМ-364М-15552	1,2–1,57	15,552	–40	–3 (–5)	110	15	$0{,}82\cdot10^{-12}$	2	0–…5	0,5–1,8	4,5–5,5	30	500	

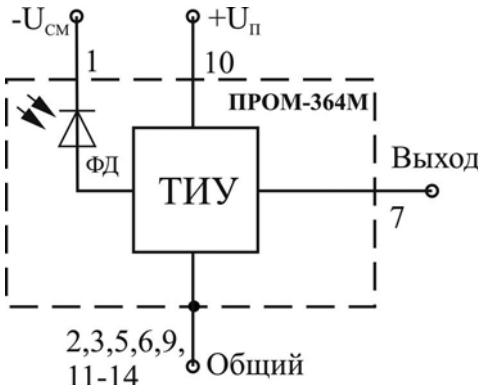


Рис. 2.3.135. Функциональная схема модуля ПРОМ-364М

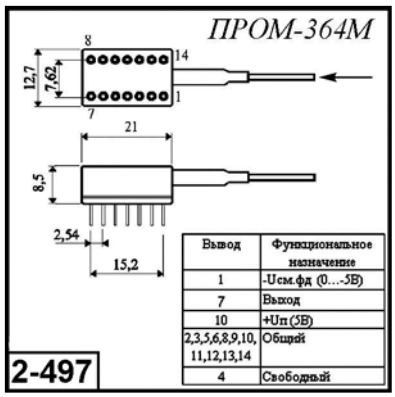


Рис. 2.3.136. Внешний вид и габаритные размеры модуля ПРОМ-364М

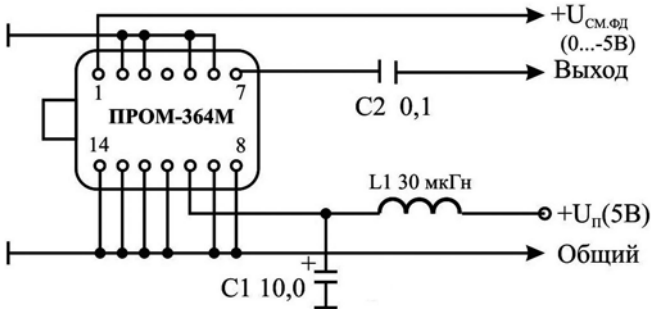


Рис. 2.3.137. Типовая схема включения модуля ПРОМ-364М

2.3.10.5.11. Цифровые фотоприемные модули ПРОМ-367-2048, ПРОМ-367-8448, ПРОМ-367-34368, ПРОМ-368-34368, ПРОМ-368-15552, ПРОМ-370, ПРОМ-371-1200, ПРОМ-371-2500, ПРОМ-373, ПРОМ-374, ПРОМ-375, ПРОМ-376, ПРОМ-377-2048, ПРОМ-377-8448, ПРОМ-377-34368 [$\Delta\lambda$ = 1,2–1,57; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Цифровые фотоприемные модули ПРОМ-367, ПРОМ-368, ПРОМ-370, ПРОМ-371, ПРОМ-373, ПРОМ-374, ПРОМ-375, ПРОМ-376, ПРОМ-377 предназначены для работы в аналоговых и цифровых волоконно-оптических линиях связи с рабочей длиной волны 1,3 и 1,5 мкм.

Модули реализованы по одной функциональной схеме и содержат: высокоскоростной GaInAsP *pin*-фотодиод, трансимпедансный усилитель (ТИУ), фильтр нижних частот и решающую схему. Решающая схема построена на основе усилителя-ограничителя (УО) и содержит пороговый детектор уровня сигнала (ДУ), имеющий выходной сигнал «Флаг» в уровнях CMOS. При отсутствии сигнала в линии выход модуля и «Флаг» установлены в состояние логического «0». При появлении входного сигнала «Флаг» устанавливается в состояние логической «1», а на выходе модуля присутствует импульсный информационный сигнал в уровнях CMOS. Обобщенная функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.138.

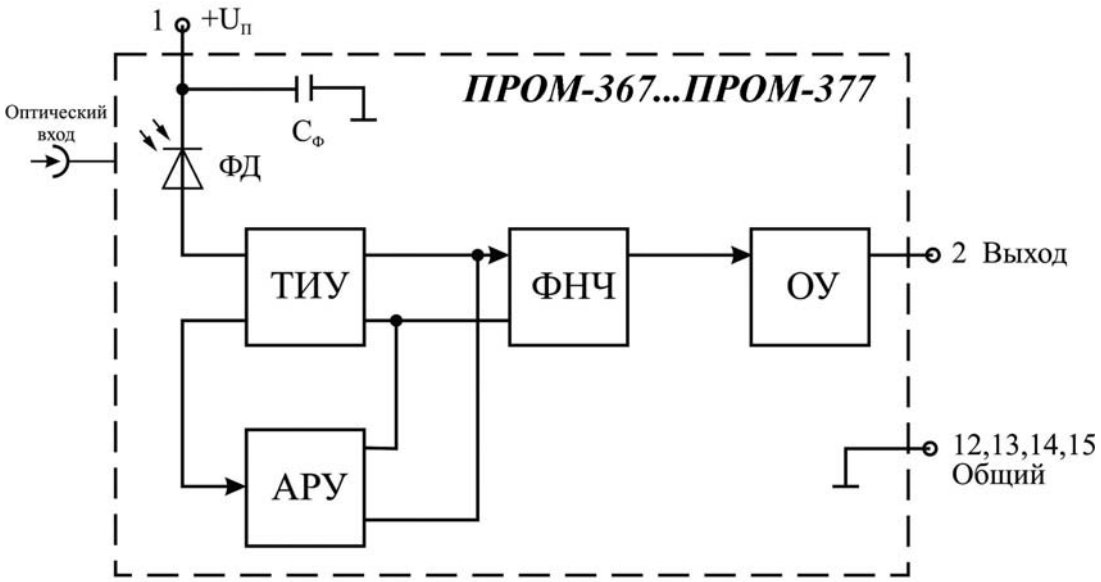


Рис. 2.3.138. Обобщенная функциональная схема модулей ПРОМ-367–ПРОМ-377

Ввод излучения осуществляется через отрезок многомодового или одномодового волоконно-оптического кабеля с внешним диаметром 0,9 или 3,2 мм, оконцованного стандартным разъемом (FC, ST, SC).

Модули данной серии выполнены в металлостеклянных корпусах, которые могут устанавливаться на печатную плату.

Модули серии ПРОМ-367 размещаются в металлостеклянном корпусе типа TL-155-15-25, а ПРОМ-368 – в металлостеклянном корпусе типа TL-155-8-7,62.

Модули серий ПРОМ-374, ПРОМ-375, ПРОМ-376, ПРОМ-377 выпускаются в металлостеклянных корпусах с вертикальным расположением электрических выводов.

Модуль ПРОМ-370 выполнен в виде гибридной схемы, размещенной на печатной плате с вертикальным расположением электрических выводов.

В модулях ПРОМ-371 выходной сигнал выводится либо через ножку корпуса, либо через ВЧ-разъем, расположенный на задней стенке корпуса.

ПРОМ-373 является полным аналогом приемного модуля MDRL II-20 фирмы «Nortel» и ПРОМ-370.

Модули серии ПРОМ-377 аналогичны модулям ПРОМ-367, однако имеют более высокую перегрузочную способность (максимальную детектируемую мощность) и имеют корпус меньшего габарита.

Диапазон рабочих температур для всех приборов составляет от –40 до +60 °С.

Основные параметры оптических приемных модулей ПРОМ-367–ПРОМ-377 приведены в табл. 2.3.106.

Внешний вид, габаритные размеры, таблицы назначения выводов и схемы включения модулей даны на рис. 2.3.139.

Схемы включения и сопряжения модулей – на рис. 2.3.140.

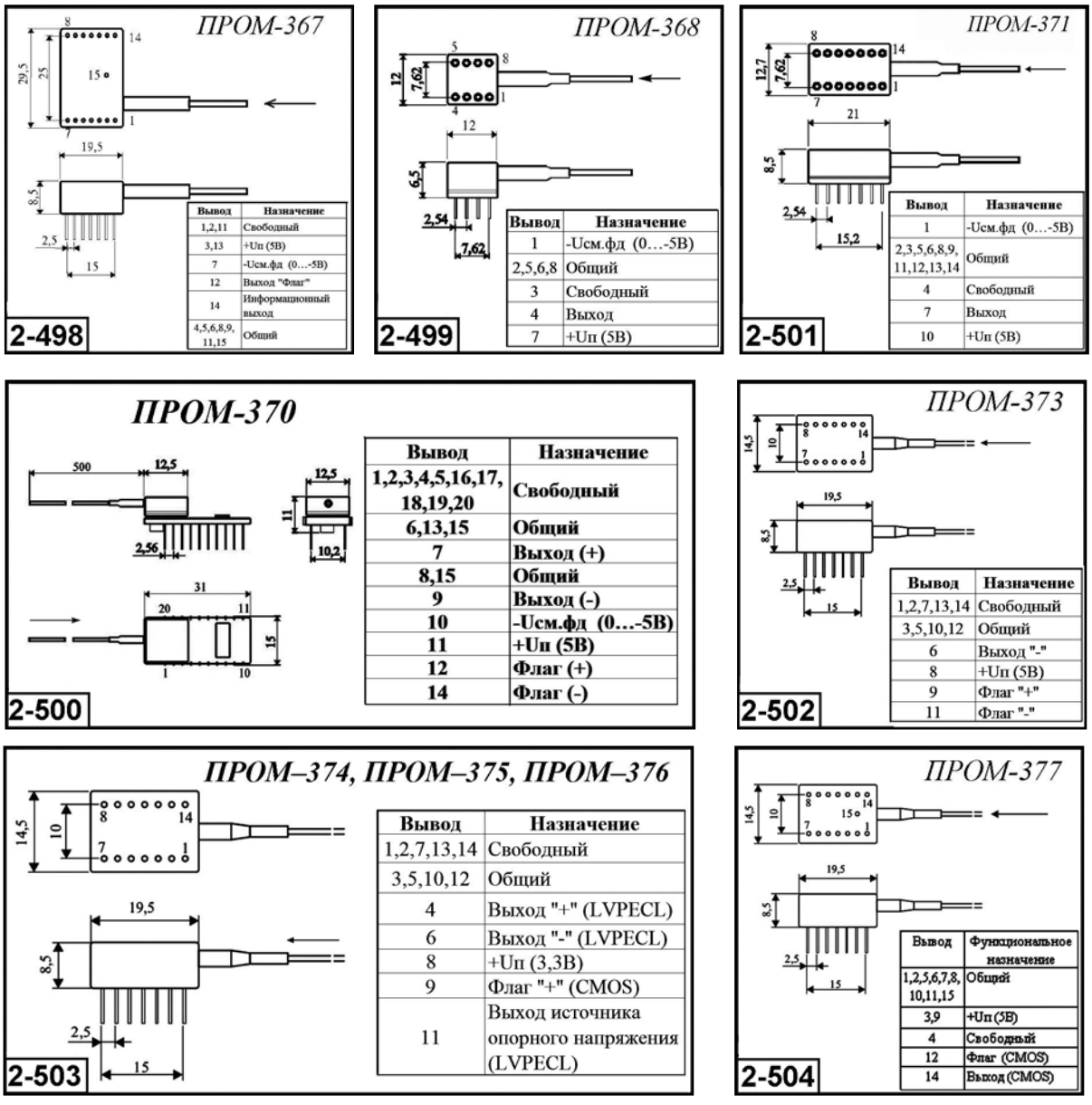


Рис. 2.3.139. Внешний вид и габаритные размеры модулей ПРОМ-367–ПРОМ-377

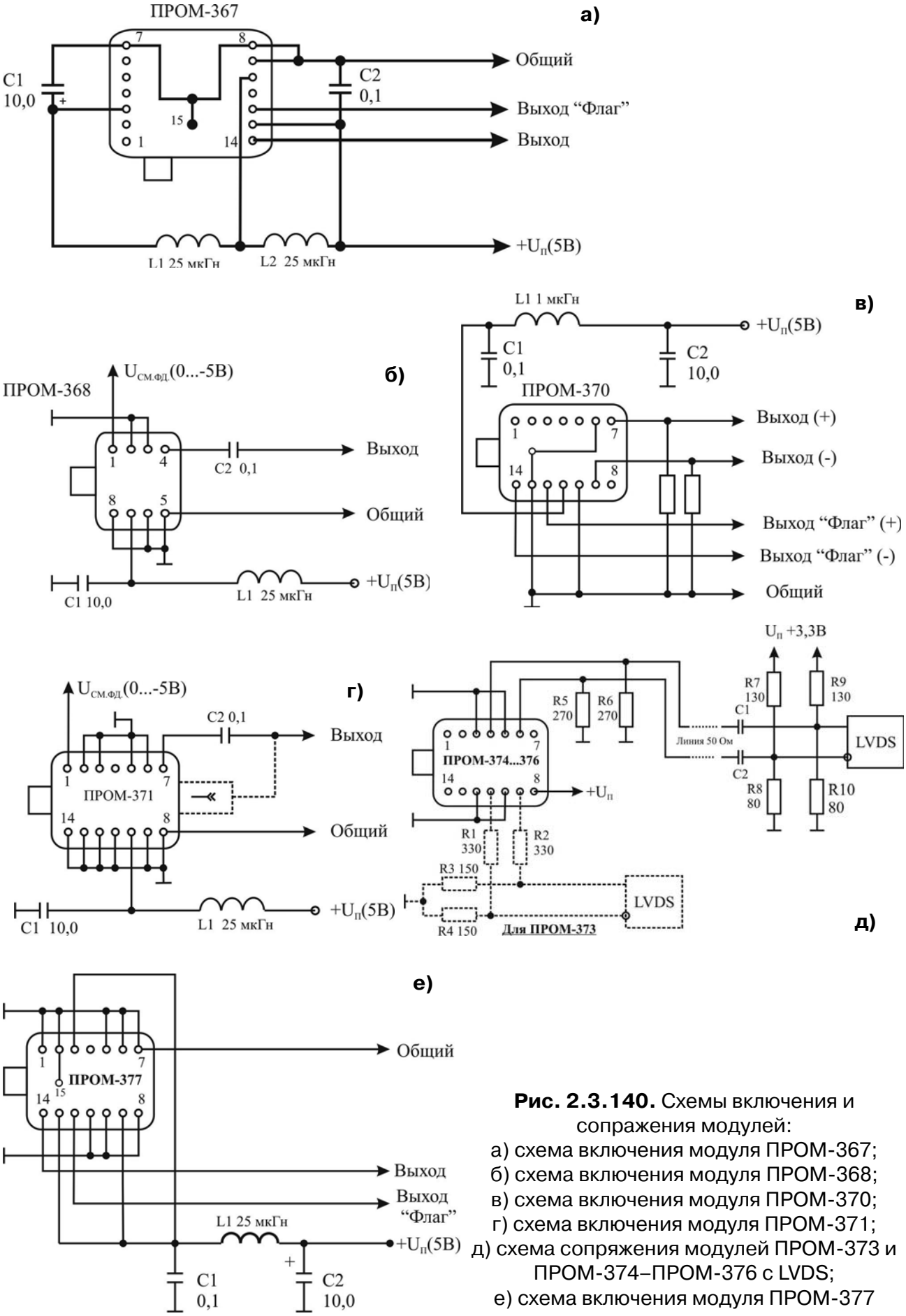


Рис. 2.3.140. Схемы включения и сопряжения модулей:
а) схема включения модуля ПРОМ-367;
б) схема включения модуля ПРОМ-368;
в) схема включения модуля ПРОМ-370;
г) схема включения модуля ПРОМ-371;
д) схема сопряжения модулей ПРОМ-373 и ПРОМ-374–ПРОМ-376 с LVDS;
е) схема включения модуля ПРОМ-377

Таблица 2.3.106. Основные параметры оптических приемных модулей ПРОМ-367–ПРОМ-377 при температуре 20+5 °С

Тип прибора	Δλ, мкм	Ско-рость приема, Мбит/с	Детектируемая мощность, ($U_{см.фд}$)		Шумовая полоса пропускания, МГц (тип)	Коэффициент передачи, $K_п$, В/мВт	Спектральная плотность шума, $F_ш$, Вт·Гц$^{-1/2}$	$U_{вых}$, В, не более	$U_{см.фд}$, В	$U_{вых(DC)}$, В	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	$R_н$, Ом, не более	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
			Мини-мальная, $P_{мин}$, дБм	Макси-мальная, $P_{макс}$, дБм											
ПРОМ-367-2048	1,3–1,57	2,048	–50	–3 (–5)	–	–	–	–	0–...5	–	4,5–5,5	100	500	8,5 × 29,5 × 19,5	2-498
ПРОМ-367-8448	1,3–1,57	8,448	–47	–3 (–5)	–	–	–	–	0–...5	–	4,5–5,5	100	500	8,5 × 29,5 × 19,5	2-498
ПРОМ-367-34368	1,3–1,57	34,368	–42	–3 (–5)	–	–	–	–	0–...5		4,5–5,5	100	500	8,5 × 29,5 × 19,5	2-498
ПРОМ-368-34368	1,2–1,57	34,368	–42	–3 (–5)	50	25	$0{,}8 \cdot 10^{-12}$	2	0–...5	0,5–1,8	4,5–5,5	30	50	6,5 × 12 × 12	2-499
ПРОМ-368-15552	1,2–1,57	15,552	–39	–3 (–5)	110	8	$0{,}9 \cdot 10^{-12}$	2	0–...5	0,5–1,8	4,5–5,5	30	50	6,5 × 12 × 12	2-499
ПРОМ-370	1,3–1,57	155,52	–38	–3 (–5)	–	–	–	–	0–...5	–	4,5–5,5	50	270	11 × 12,5 × 31	2-500
ПРОМ-371-1200	1,2–1,57	1200	–31	–3 (–5)	850	0,9	$5 \cdot 10^{-12}$	–	0–...5	–	4,5–5,5	40	50	8,5 × 12,7 × 21	2-501
ПРОМ-371-2500	1,2–1,57	2500	–28	–3 (–5)	1800	0,4	$8 \cdot 10^{-12}$	–	0–...5	–	4,5–5,5	40	50	8,5 × 12,7 × 21	2-501
ПРОМ-373	1,2–1,57	155,52	–39	–2	–	–	–	–	–	–	4,5–5,5	100	50	8,5 × 14,5 × 19,5	2-502
ПРОМ-374	1,2–1,57	155,52	–39	–2	–	–	–	–	–	–	3–3,6	100	50	8,5 × 14,5 × 19,5	2-503
ПРОМ-375	1,2–1,57	155,52	–33	–2	–	–	–	–	–	–	4,5–5,5	100	50	8,5 × 14,5 × 19,5	2-503
ПРОМ-376	1,2–1,57	622	–33	–2	–	–	–	–	–	–	3–3,6	100	50	8,5 × 14,5 × 19,5	2-503
ПРОМ-377-2048	1,2–1,57	2,048	–50	–1	–	–	–	–	–	–	4,5–5,5	80	50	8,5 × 14,5 × 19,5	2-504
ПРОМ-377-8448	1,2–1,57	8,448	–47	–1	–	–	–	–	–	–	4,5–5,5	80	50	8,5 × 14,5 × 19,5	2-504
ПРОМ-377-34368	1,2–1,57	34,368	–42	–1	–	–	–	–	–	–	4,5–5,5	80	50	8,5 × 14,5 × 19,5	2-504

2.3.10.5.12. Приемные оптические модули PROM-622-3-S*, PROM-622-3-M5, PROM-622-3-M6, PROM-622-5-S*, PROM-622-5-M5, PROM-622-5-M6 [Δλ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Приемные оптические модули серии PROM-622-* предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи со скоростью передачи информации до 622 Мбит/сек, функционирующих в спектральном диапазоне 1,1–1,65 мкм.

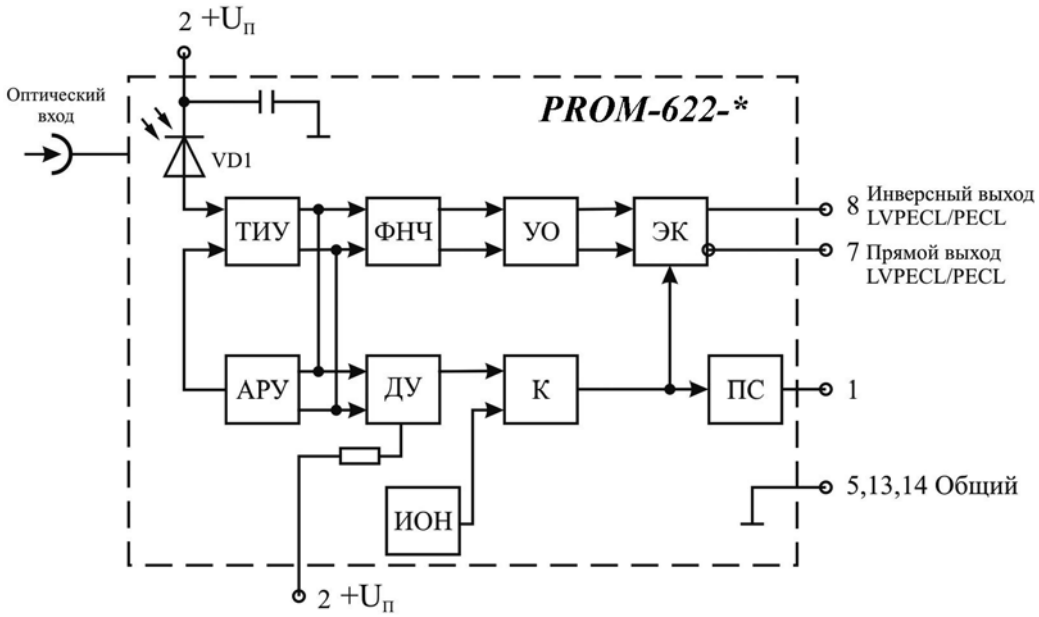
В состав модулей PROM-622-х входят: InGaAs *pin*-фотодиод (VD1), состыкованный с одномодовым (PROM-622-S) либо многомодовым (PROM-622-M) оптическим волокном, трансимпедансный усилитель (ТИУ) со схемой АРУ, фильтр нижних частот (ФНЧ), усилитель-ограничитель (УО), электронный ключ (ЭК), детектор уровня (ДУ), компаратор (К), повторитель сигнала (ПС), источник опорного напряжения (ИОН). Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.141.

Модули имеют дифференциальный PECL/LVPECL-выход и PECL/LVPECL-выход отсутствия сигнала в линии.

Приемные оптические модули PROM-622-* выпускаются в герметичных металлостеклянных корпусах на основе стандартного основания типа DIL-14. Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.107, внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.142.

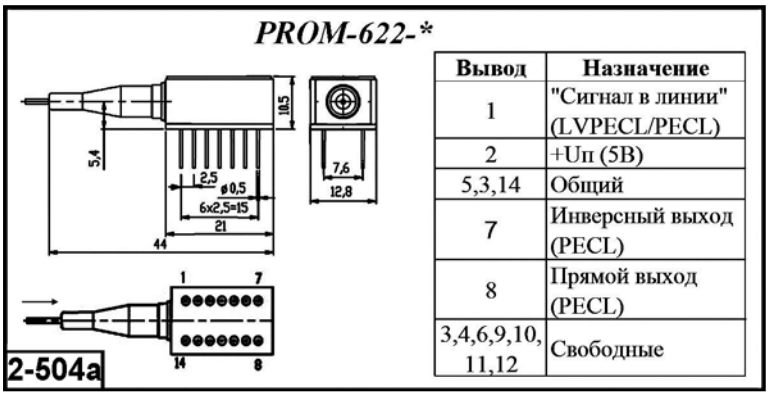
Таблица 2.3.107. Основные параметры цифровых фотоприемных модулей серии PROM-622-* при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$I_н$, мА, не более	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-622-3-S*	1,1–1,65	9/125	–30 (622 Мбод)	1 (λ = 1,31 мкм)	10	3,0–3,6	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	2-504a
PROM-622-3-M5	1,1–1,65	50/125	–30 (622 Мбод)	1 (λ = 1,31 мкм)	10	3,0–3,6	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-3-M6	1,1–1,65	60,2/125	–30 (622 Мбод)	1 (λ = 1,31 мкм)	10	3,0–3,6	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-5-S*	1,1–1,65	9/125	–30 (622 Мбод)	1 (λ = 1,31 мкм)	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-5-M5	1,1–1,65	50/125	–30 (622 Мбод)	1 (λ = 1,31 мкм)	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-5-M6	1,1–1,65	60,2/125	–30 (622 Мбод)	1 (λ = 1,31 мкм)	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	



ФД - фотодиод, ТИУ-трансимпедансный усилитель, ФНЧ – фильтр нижних частот, УО - усилитель ограничитель, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ДУ – детектор уровня, К – компаратор, ПС – повторитель сигнала, ЭК – электронный ключ, ИОН – источник опорного напряжения.

Рис. 2.3.141. Функциональная схема модуля серии PROM-622-*



Вывод	Назначение
1	"Сигнал в линии" (LVPECL/PECL)
2	+Uп (5В)
5,3,14	Общий
7	Инверсный выход (PECL)
8	Прямой выход (PECL)
3,4,6,9,10, 11,12	Свободные

Рис. 2.3.142. Внешний вид и габаритные размеры серии PROM-622-*

2.3.10.5.13. Приемные оптические модули PROM-622-3-cl-S*, PROM-622-3-cl-M5, PROM-622-3-cl-M6, PROM-622-5-cl-S*, PROM-622-5-cl-M5, PROM-622-5-cl-M6 [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Приемные оптические модули PROM-622-3-cl и PROM-622-5-cl предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи со скоростью передачи информации до 622 Мбит/сек, функционирующих в спектральном диапазоне 1,1–1,65 мкм.

В состав модулей PROM-622-3-cl и PROM-622-5-cl входят: InGaAs *pin*-фотодиод (VD1), состыкованный с одномодовым (PROM-622–x-x-S) либо многомодовым (PROM-622-x-x-M) оптическим волокном, малошумящий трансимпедансный усилитель (ТИУ) со схемой АРУ, усилитель-ограничитель (УО), фильтр нижних частот (ФНЧ), генератор, управляемый напряжением (ГУН), фазоинвертор (ФИ), детектор уровня (ДУ), фазовый детектор (ФД), устройство синхронизации (УС), повторитель сигнала (ПС). Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.144.

Модули PROM-622-3-cl выпускаются с напряжением питания 3,3 В, а PROM-622-5-cl – с напряжением питания 5 В.

Модули PROM-622-cl (PROM-622-5-cl) имеют выходные информационные сигналы и сигналы тактовой частоты LVPECL- или TTL-уровней. Дополнительно имеются два вспомогательных выхода, один из которых индицирует в LVTTL- или TTL-уровне наличие на входе оптического сигнала (устанавливается по согласованию), а второй – аналоговый выход, величина сигнала на котором пропорциональна входной оптической мощности.

Приемные оптические модули PROM-622-3-cl и PROM-622-5-cl выпускаются в металлостеклянных корпусах на основе стандартного основания типа DIL-20.

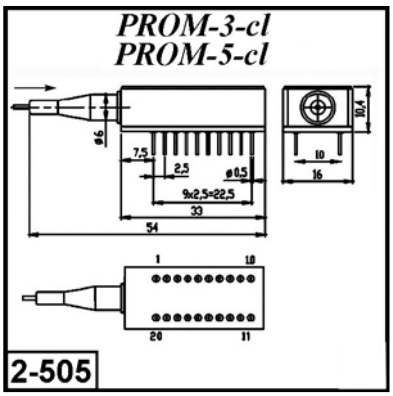
Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.108. Внешний вид, габаритные размеры и таблицы назначения выводов даны на рис. 2.3.143. Типовая схема включения модуля PROM-622-3-cl – на рис. 2.3.145.

Таблица 2.3.108. Основные параметры цифровых фотоприемных модулей серии PROM-622-cl при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{CL}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$I_н$, мА, не более	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-622-3-cl-S*	1,1–1,65	9/125	–30 (622 Мбод)	-3	10	2,97–3,63	120	0,2–1,1	–40...+55	12,8 × 10,5 × 44	2-505
PROM-622-3-cl-M5	1,1–1,65	50/125	–30 (622 Мбод)	-3	10	2,97–3,63	120	0,2–1,1	–40...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-3-cl-M6	1,1–1,65	60,2/125	–30 (622 Мбод)	-3	10	2,97–3,63	120	0,2–1,1	–40...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-5-cl-S*	1,1–1,65	9/125	–30 (622 Мбод)	1	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–40...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-5-cl-M5	1,1–1,65	50/125	–30 (622 Мбод)	1	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–40...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-5-cl-M6	1,1–1,65	60,2/125	–30 (622 Мбод)	1	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–40...+55	12,8 × 10,5 × 44	

PROM-622-3-cl

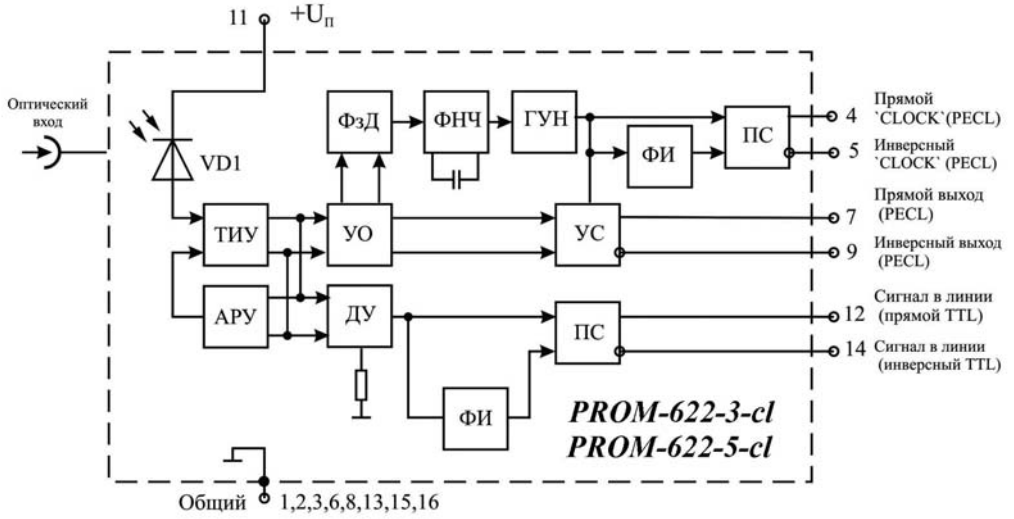
Вывод	Назначение
1,2,3,6,8,13,15,16	Общий
4	Прямой выход "CLOCK"(LVPECL)
5	Инверсный выход "CLOCK"(LVPECL)
7	Прямой выход (LVPECL)
8	Инверсный выход (LVPECL)
11	+Uп (5В)
12	Сигнал в линии (LVPECL)
14	Сигнал в линии (инверс. LVPECL)
17,18,20	Свободные
10, 19	Контрольный выход



PROM-622-5-cl

Вывод	Назначение
1,2,3,6,8,13,15,16	Общий
4	Прямой выход "CLOCK"(PECL)
5	Инверсный выход "CLOCK"(PECL)
7	Прямой выход (PECL)
8	Инверсный выход (PECL)
11	+Uп (5В)
12	Сигнал в линии (ТТЛ)
14	Сигнал в линии (инверс. ТТЛ)
10,17,18,19,20	Свободные

Рис. 2.3.143. Внешний вид, габаритные размеры и таблицы назначения выводов модулей PROM-622-3-cl и PROM-622-5-cl



ФД - фотодиод, ТИУ-трансимпедансный усилитель, УО - усилитель ограничитель, ФзД – фазовый детектор, ФНЧ – фильтр нижних частот, ГУН – генератор управляемый напряжением, УС – устройство синхронизации, ФИ – фазоинвертор, ФИ – фазоинвертор, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ДУ – детектор уровня, ПС – повторитель сигнала

Рис. 2.3.144. Функциональная схема модулей PROM-622-3-cl и PROM-622-5-cl

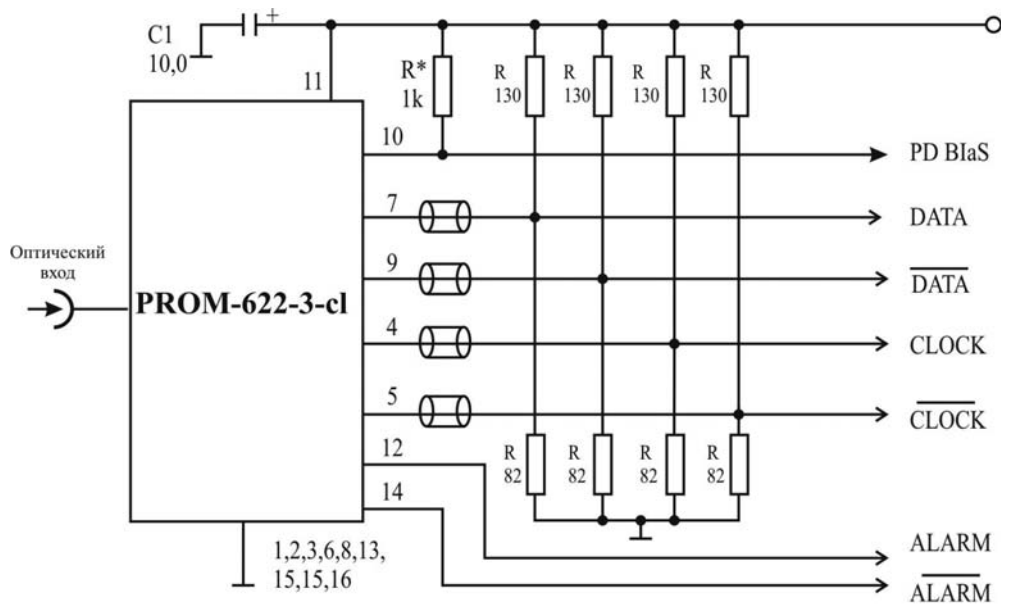


Рис. 2.3.145. Типовая схема включения модуля серии PROM-622-3-cl

2.3.10.5.14. Приемные оптические модули PROM-622-hp-S, PROM-622-hp-M5, PROM-622-hp-M6 [$\Delta\lambda$ = 1,1–1,65; $\lambda_{раб}$ = 1,3 и 1,5 мкм]

Приемные оптические модули PROM-622-3-hp предназначены для работы в цифровых волоконно-оптических линиях связи со скоростью передачи информации до 622 Мбит/сек, функционирующих в спектральном диапазоне 1,1–1,65 мкм.

В состав модулей PROM-622-hp входят: InGaAs *pin*-фотодиод (VD1), состыкованный с одномодовым (PROM-622-hp-S) либо многомодовым (PROM-622-hp-M) оптическим волокном, малошумящий трансимпедансный усилитель (ТИУ) со схемой АРУ, фильтр нижних частот (ФНЧ), усилитель-ограничитель (УО), электронный ключ (ЭК), детектор уровня (ДУ), компаратор (К), фазоинвертор (ФИ), повторитель сигнала (ПС), источник опорного напряжения (ИОН). Функциональная схема модуля приведена на рис. 2.3.146.

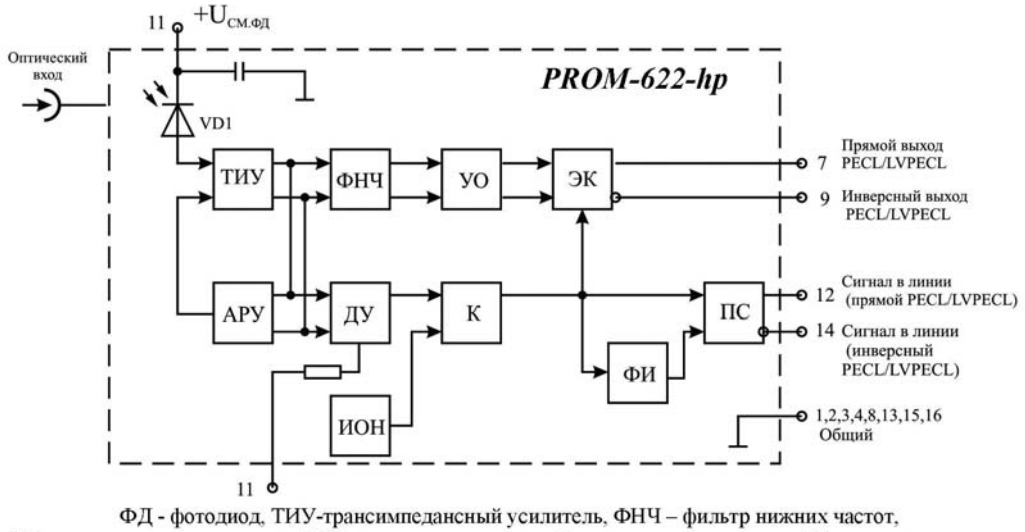
Модули имеют дифференциальный PECL-выход и PECL-выход отсутствия сигнала в линии.

Приемные оптические модули PROM-622-hp выпускаются в металлостеклянных корпусах на основе стандартного основания типа DIL-20.

Основные параметры модулей приведены в табл. 2.3.109. Внешний вид, габаритные размеры и таблицы назначения выводов даны на рис. 2.3.146а.

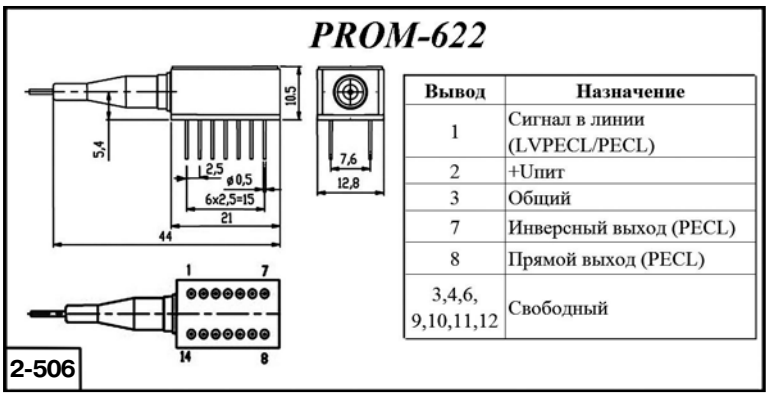
Таблица 2.3.109. Основные параметры цифровых фотоприемных модулей серии PROM-622-hp при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм	Диаметр жилы и оболочки волокна, D_C/D_{Cl}, мкм	Чувствительность при вероятности ошибки 10^{-9}, S_{SEN}, дБм, не менее	Максимальная детектируемая мощность, P_{SAT}, дБм	$I_н$, мА, не более	$U_п$, В	$I_п$, мА, не более	Длина входного отрезка оптоволокна, м	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	№ рис.
PROM-622-hp-S	1,1–1,65	9/125	–30 (–35)	1	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	2-506
PROM-622-hp-M5	1,1–1,65	50/125	–30 (–35)	1	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	
PROM-622-hp-M6	1,1–1,65	62,5/125	–30 (–35)	1	10	4,75–5,25	120	0,3–1	–20...+55	12,8 × 10,5 × 44	



ФД - фотодиод, ТИУ-трансимпедансный усилитель, ФНЧ – фильтр нижних частот, УО - усилитель ограничитель, АРУ – схема автоматической регулировки усиления, ДУ – детектор уровня, К – компаратор, ФИ – фазоинвертор, ПС – повторитель сигнала, ЭК – электронный ключ, ИОН – источник опорного напряжения.

Рис. 2.3.146. Функциональная схема модуля PROM-622-hp



Вывод	Назначение
1	Сигнал в линии (LVPECL/PECL)
2	+Uпит
3	Общий
7	Инверсный выход (PECL)
8	Прямой выход (PECL)
3,4,6, 9,10,11,12	Свободный

Рис. 2.3.146а. Внешний вид, габаритные размеры и таблицы назначения выводов модуля PROM-622-hp

2.3.11. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью

Фоточувствительный прибор с зарядовой связью является твердотельным аналогом приемной телевизионной трубки, функция которого состоит в восприятии изображения, разложении его на элементарные фрагменты, поэлементном электронном считывании и выдаче на выход видеосигналов, обеспечивающих, в конечном итоге формирование на передающем устройстве исходного изображения.

В отличие от вакуумной приемной телевизионной трубки, например видикона, также имеющего полупроводниковую светочувствительную пластину (мишень), преобразующую изображение в электрические заряды, считывание которых производится электронным лучом, в фоточувствительном приборе с зарядовой связью и преобразование света в электрические заряды, и сканирование происходят в одном полупроводниковом кристалле.

В результате фоточувствительный прибор с зарядовой связью является преобразователем изображения полностью твердотельным и имеет, по сравнению с вакуумной трубкой, множество преимуществ: малые габариты и массу, низкие рабочие напряжения, малую потребляемую мощность, точную адресацию всех элементов изображения, отсутствие инерционности в виде остаточного изображения.

Известны две наиболее распространенные разновидности ФППЗ – фоточувствительные приборы с переносом заряда (ФПЗС) и фоточувствительные приборы с зарядовой инжекцией (ФПЗИ).

В ФПЗС зарядовые пакеты передаются к выходному устройству вследствие направленного перемещения потенциальных ям в объеме полупроводника при подаче на его электроды в соответствующей последовательности тактовых импульсов.

В ФПЗИ перемещение зарядового пакета происходит только внутри фоточувствительного элемента с последующей его инжекцией в подложку или в область стока заряда.

В зависимости от расположения фоточувствительных элементов ФППЗ бывают линейные (элементы расположены в один или два ряда) и матричные (элементы организованы в матрицу по строкам и столбцам).

Фоточувствительные приборы с зарядовой связью, предназначенные для диапазона 0,4–1,1 мкм, работают без охлаждения фоточувствительного элемента. ФПЗС, предназначенные для диапазонов 3–5 и 8–14 мкм, комплектуются термоэлектрическими (ТЭО) или иными (например, дроссельными) устройствами охлаждения фоточувствительных элементов.

Отечественные ФПЗС имеют различную архитектуру и состав элементов. Они являются сложными электронными приборами, которые требуют для своего функционирования использования схем так называемого электронного обрамления: генераторов импульсов, двухполярных источников питания, фильтров, усилителей и т. п.

Напряжение питания ФПЗС находится в пределах от 5 до 30 В при максимальном токе потребления в несколько миллиампер.

Напряжение питания термоэлектрических охладителей составляет от 1 до 6 В при токе 1–2 А.

Фоточувствительные приборы с зарядовой связью разрабатывались и выпускались несколькими предприятиями СССР, а потому при всей идентичности параметров имели различные названия, а зачастую и разные системы параметров. Номенклатура приборов насчитывает несколько десятков наименований.

2.3.11.1. Линейные фоточувствительные приборы с зарядовой связью

2.3.11.1.1. Линейные фоточувствительные приборы К1200ЦЛ1, 1200ЦЛ-1, 1200ЦЛ2, К1200ЦЛ3, 1200ЦЛ-4Б, 1200ЦЛ-4В, 1200ЦЛ-4Г, 1200ЦЛ-5, 1200ЦЛ6, 1200ЦЛ-7, 1200ЦЛ-7-1

Основные параметры линейных преобразователей серии 1200ЦЛ-х приведены в табл. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.3.147–2.3.152.

Таблица 2.3.110. Основные параметры линейных преобразователей серии 1200ЦЛ-х при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, [шаг дискретизации], мкм	Длина фоточувствительной области, мм	Световая чувствительность (ист. типа «А»), мВ/лк	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В, не менее	Динамический диапазон, о. е.	Максимальная экспозиция, лк/с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции, %, не менее	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рис. }
К1200ЦЛ1	0,45–1,05 [0,7–0,75]	1024	12 × 12 [12]	15,36	2,4	3	20	0,3	500	0,25	8 [2]	40	0,05–3	29,1 × 14,7 × 3,95 [6] {2-510}
1200ЦЛ1-1	0,5–1,1	1024	12 × 12 [12]	15,36	2,4	3	20	0,4	500	0,25	8 [2]	40	0,05–3	4 × 14,7 × 29,1 [6] {2-510}
1200ЦЛ2	0,2–0,8 [0,58–0,62]	2048	12 × 10 [12]	–	8	3	20	0,5	–	0,75	12 [5]	50	0,1–3	29,1 × 14,7 × 3,95 [10] {2-511}
К1200ЦЛ3	0,4–1,1	1024	12 × 12 [12]	–	2,4	3	20	0,5	500	0,25	8 [2]	40	0,05–3	29,1 × 14,7 × 3,95 [10] {2-511}
1200ЦЛ-4Б	0,4–1,1 [0,75–0,85]	4×2048	15 × 15 [500 между линейками]	–	12	3	20	1,5	–	–	0,12 [50 мВ]	50	0,25	41,5 × 17,2 × 4 [25] {2-512}
1200ЦЛ-4В		3×2048												
1200ЦЛ-4Г		2×2048												
1200ЦЛ-5	0,4–1,1 [0,75–0,8]	1024	–	–	8	2	15–20	1,4	700	0,4 лк	20 [25]	45	10	4 × 14,7 × 32 [6] {2-513}
1200ЦЛ6	0,4–1,1 [0,75–0,85]	2048	–	–	8	2	15–20	1,4	700	0,4 лк	20 [25 мВ]	45	5	43 × 16 × 5 [13] {2-514}

Таблица 2.3.110. (окончание)

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, [шаг дискретизации], мкм	Длина фоточувствительной области, мм	Световая чувствительность (ист. типа «А»), мВ/лк	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В, не менее	Динамический диапазон, о. е.	Максимальная экспозиция, лк/с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции, %, не менее	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рис. }
1200ЦЛ-7	0,3–1,1	1024	500 × 13	–	16	2	20	–	–	–	12,5 [5]	50		32 × 14,7 × 4 [5,7] {2-515}
1200ЦЛ-7-1	0,3–1,1	1024	500 × 13	–	16	2	20	–	–	–	12,5 [5]	50		б/к [3]

Примечание. Диапазон рабочих температур всех приборов от –60 до +60 °С

2.3.11.1.1.1. Преобразователи линейные 1200ЦЛ1 и К1200ЦЛ1 [$\Delta\lambda$ = 0,45–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм]

Преобразователи линейные 1200ЦЛ1 предназначены для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,5 до 1 мкм.

Организация преобразователей. Преобразователи представляют собой фотоприемную МДП-структуру с числом элементов 1024. Линейка содержит секцию накопления, аналоговый сдвиговый регистр, входное и выходное устройства. В приборе используется специальная схема защиты от избытка накопленного заряда (антиблуминг). Схема питания линейки трехфазная.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе с оптическим окном из лейкосапфира.

Прибор снабжен пластмассовой блендой, размещенной внутри корпуса. Бленда имеет щель шириной 0,1 мм и служит для уменьшения влияния рассеянного света, попадающего на фоточувствительный элемент.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.147. Назначение выводов прибора приведено в табл. 2.3.111. Рабочие режимы работы 1200ЦЛ1 указаны в табл. 2.3.112.

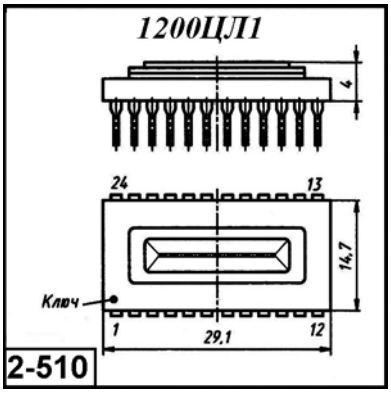


Рис. 2.3.147. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦЛ1, 1200ЦЛ2

Таблица 2.3.111. Назначение выводов 1200ЦЛ1

Вывод	Назначение
1	Питание компенсационного транзистора
2	Не подключать
3	Питание первого усилительного транзистора
4,5	Не подключать
6	Питание основного транзистора
7	Затвор нагрузочного транзистора
8	Питание антиблуминга
9, 10, 11, 12	Не подключать
13	Фотозатвор
14	Затвор антиблуминга
15	Разрешающий затвор

Таблица 2.3.111. (окончание)

Вывод	Назначение
16	Входной днод
17	Первый входной затвор
18	Второй входной затвор
19	Третий фазный электрод регистра
20	Второй фазный электрод регистра
21	Первый фазный электрод регистра
22	Выходной затвор
23	Питание транзистора сброса
24	Затвор транзистора сброса

Таблица 2.3.112. Таблица рабочих режимов 1200ЦЛ1

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра			Вывод
	минимально	типовая	максимально	
Напряжение на фотозатворе, В:				
–нижний уровень	0	–3	–10	13
–верхний уровень	0	–10	–20	13
Напряжение на разрешающем затворе, В:				
–нижний уровень	0	–3	–10	15
–верхний уровень	0	–10	–20	15
Напряжение на входном диоде, В:				
–нижний уровень	0	–5	–10	16
–верхний уровень	0	–10	–20	16
Напряжение на фазных электродах, В:				
–нижний уровень	0	–3	–10	19, 20, 21
–верхний уровень	0	–10	–20	19, 20, 21
Напряжение на затворе транзистора сброса, В:				
–нижний уровень	0	–1	–10	24
–верхний уровень	0	–20	–20	24
Напряжение питания компенсационного транзистора, В	0	–20	–20	1
Напряжение питания первого усилительного транзистора, В	0	–20	–20	3
Напряжение питания основного транзистора, В	0	–20	–20	6
Напряжение на затворе нагрузочного транзистора, В	0	–3	–10	7
Напряжение питания аитиблуминга, В	0	–10	–20	8
Напряжение на затворе антиблуминга, В	0	–3	–10	14
Напряжение на первом входном затворе, В	0	–6	–20	17
Напряжение на втором входном затворе, В	0	–7	–20	18
Напряжение на выходном затворе, В	0	–5	–10	22
Напряжение питания транзистора сброса, В	0	–10	–20	23

Примечание. Значения напряжений приведены относительно общей точки – подложки.

2.3.11.1.1.2. Преобразователи линейные 1200ЦЛ2 [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,58–0,62 мкм]

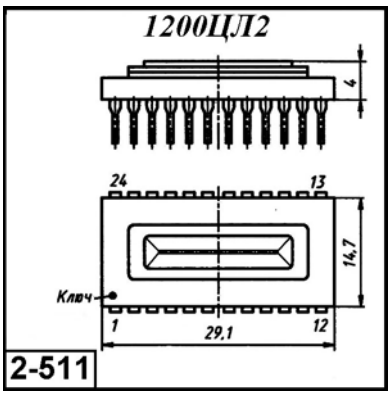


Рис. 2.3.148. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦЛ2

Преобразователи линейные 1200ЦЛ2 предназначены для использования в телевизионной и оптико-электронной аппаратуре различного назначения, работающей в диапазоне длин волн от 0,36 до 1,05 мкм.

Организация преобразователей. Преобразователи выполнены в виде фотоприемной линейки с числом элементов 2048. Линейка представляет собой сочетание в одном кристалле накопительной области с фотодиодной светочувствительной структурой и двух сдвиговых ПЗС-регистров, расположенных по разные стороны накопительной области и отделенных от нее разрешающим затвором.

Накопительная область состоит из фотодиодов, барьерного и накопительного затворов. Фоточувствительная линейка имеет 2048 фотодиодов, 48 из которых (с 2001 по 2048) закрыты алюминиевым экраном и служат для отсчета уровня «черного» в строке, то есть уровня сигнала, создаваемого темновыми токами в фотодиодных ячейках. В приборе имеется схема защиты выхода от тактовой помехи импульсного питания транзистора сброса.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе с оптическим окном из лейкосапфира.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.148. Назначение выводов прибора – в табл. 2.3.113. Рабочие режимы работы 1200ЦЛ2 указаны в табл. 2.3.114.

Таблица 2.3.113. Таблица назначения выводов 1200ЦЛ2

Вывод	Назначение
1	Затвор транзистора сброса правый
2	Затвор выходной
3, 4, 22	Не подключать
5	Затвор экранирующий правого регистра
6	Затвор разрешающий правого регистра
7	Третий фазный электрод правого регистра
8	Второй фазный электрод правого регистра
9	Первый фазный электрод правого регистра
10	Затвор входной второй правый
11	Диод входной правый
12	Затвор накопительный
13	Затвор барьерный
14	Диод входной левый
15	Затвор входной
!6	Затвор входной второй левый
17	Первый фазный электрод левого регистра
18	Втопой фазный электрод левого регистра
19	Третий фазный электрод левого регистра
20	Затвор разрешающий левого регистра
21	Затвор экранирующий левого регистра
23	Питание транзистора сброса
24	Затвор транзистора сброса левый

Таблица 2.3.114. Таблица рабочих режимов 1200ЦЛ2

Наименование параметра, единица измерения	Значение параметра			Вывод
	минимальное	типовое	максимальное	
Напряжение на затворе транзистора сброса, В:				
–нижний уровень	0	–7	– 10	1, 24
–верхний уровень	–10	– 15	–20	1, 24
Напряжение на разрешающем затворе правого регистра, В				
–нижний уровень	0	–5	– 10	6
–верхний уровень	–10	–15	–20	6
Напряжение на фазных электродах, В:				
–нижний уровень	0	–5	–10	7, 8, 9, 17, 18, 19
–верхний уровень	–10	–15	–20	7, 8, 9, 17, 18, 19
Напряжение на входном правом диоде, В:				
–нижний уровень	0	–5	–10	11
–верхний уровень	–10	–20	–20	11
Напряжение на входном левом диоде, В:				
–нижний уровень	0	–5	– 10	14
–верхний уровень	–10	–20	–20	14
Напряжение на накопительном затворе, В:				
–нижний уровень	0	–5	–10	12
–верхний уровень	–10	–15	–20	12
Напряжение на разрешающем затворе левого регистра, В				
–нижний уровень	0	–5	– 10	20
–верхний уровень	–10	–15	–20	20
Напряжение на экранирующих затворах правого и левого регистров, В	0	–13	–20	5, 21
Напряжение на правом и левом вторых входных затворах, В	0	–7	–20	10, 16
Напряжение на барьерном затворе, В	0	–7	–20	13
Напряжение на входном затворе, В	0	–6	–20	15
Напряжение питания транзистора сброса, В	0	–15	–20	23
Напряжение на выходном затворе, В	0	–10	–20	2

Примечание. Значения напряжений приведены относительно общей точки – подложки.

2.3.11.1.1.3. Преобразователи линейные 1200ЦЛ-4Б, 1200ЦЛ-4В, 1200ЦЛ-4Г [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Преобразователи линейные 1200ЦЛ-4Б, 1200ЦЛ-4В, 1200ЦЛ-4Г предназначены для использования в телевизионной и оптико-электронной аппаратуре различного назначения, работающей в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,05 мкм.

Фоточувствительная область содержит 2048 элементов в строке и имеет организацию: у 1200ЦЛ-4Б – 4 × 2048 эл., 1200ЦЛ-4В – 3 × 2048 эл., 1200ЦЛ-4Г – 2 × 2048 эл.

Преобразователи размещены в стандартном 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

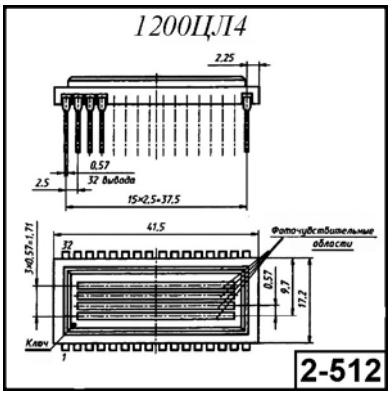


Рис. 2.3.149. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦЛ-БА(В,Г)

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.149. Рабочие режимы работы 1200ЦЛ4 указаны в табл. 2.3.115.

Таблица 2.3.115. Таблица рабочих режимов 1200ЦЛ-4Б, 1200ЦЛ-4В, 1200ЦЛ-4Г

Наименование параметра. Единица измерения	Постоянное напряжение, В	Импульсное смещение, В		Вывод
		Нижний уровень	Верхний уровень	
Напряжение на первой фазе правых регистров	–	0...–10	–10...–20	1
Напряжение на второй фазе правых регистров	–	0...–10	–10...–20	2
Напряжение на третьей фазе правых регистров	–	0...–10	–10...–20	3
Напряжение на затворах разрешающих правых	–	0...–10	–10...–20	5
Напряжение на затворах транзисторов сброса правых	–	0...–10	–10...–20	14
Напряжение на затворах накопительных	–	0...–10	–10...–20	28
Напряжение на затворах разрешающих левых	–	0...–10	–10...–20	30
Напряжение на третьей фазе левых регисторов	–	0...–10	–10...–20	30
Напряжение на второй фазе левых регисторов	–	0...–10	–10...–20	31
Напряжение на первой фазе левых регисторов	–	0...–10	–10...–20	32
Напряжение на затворах барьерных	0...–20	–	–	6
Напряжение на затворах входных правых	0...–20	–	–	7
Напряжение на диодах входных правых	0...–20	–	–	8
Напряжение питания транзисторов	0...–20	–	–	13
Напряжение на затворах экранирующих правых	0...–20	–	–	15
Напряжение на диоде разделительном	0...–20	–	–	18
Напряжение на затворах выходных	0...–20	–	–	20
Напряжение на диодах входных левых	0...–20	–	–	25
Напряжение на затворах входных	0...–20	–	–	26
Напряжение на затворах входных левых	0...–20	–	–	27

2.3.11.1.1.4. Преобразователи линейные 1200ЦЛ-5 [Δλ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Преобразователи линейные 1200ЦЛ-5 предназначены для использования в высокочувствительной, быстродействующей оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,0 мкм.

Фоточувствительная область содержит одну фоточувствительную линейку из 1024 элементов.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.3.150. Рабочие режимы работы 1200ЦЛ-5 указаны в табл. 2.3.116.

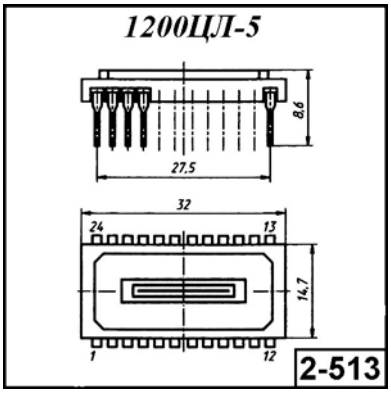


Рис. 2.3.150. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦЛ-5

Таблица 2.3.116. Таблица рабочих режимов 1200ЦЛ-5

Наименование параметра. Единица измерения	Постоянное напряжение, В	Импульсное смещение, В		Вывод
		нижний уровень	верхний уровень	
Напряжение на заворе третьем накопителя	–	0–5	12–20	24
Напряжение на фазе первой регистра первого	–	0–8	9–15	20
Напряжение на фазе первой регистра второго	–	0–8	9–15	5
Напряжение на фазе второй регистра первого	–	0–9	9–20	22
Напряжение на фазе второй регистра второго	–	0–9	9–20	4
Напряжение на затворе восстановителя потенциала первого	–	0–9	7–18	18
Напряжение на затворе восстановителя потенциала второго	–	0–9	7–18	7
Напряжение на затворе втором регистра первого	–	0–7	10–20	19
Напряжение на затворе втором регистра второго	–	0–7	10–20	6
Напряжение на стоке первом	15–20	–	–	15
Напряжение на стоке втором	15–20	–	–	10
Напряжение на затворе третьем регистра первого	5–15	–	–	17
Напряжение на затворе третьем регистра второго	5–15	–	–	8
Напряжение на диоде первом регистров	20	–	–	3
Напряжение на затворе первом регистров	0	–	–	23
Напряжение на затворе четвертом транзистора	10–18	–	–	9
Напряжение на затворе втором транзисторов	10–18	–	–	16
Напряжение на затворе первом накопителя	3–10	–	–	1
Напряжение на затворе втором накопителя	12–18	–	–	2
Напряжение на затворе транзистора первого	0	–	–	13
Напряжение на затворе транзистора третьего	0	–	–	12

2.3.11.1.1.5. Преобразователи линейные 1200ЦЛ6 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

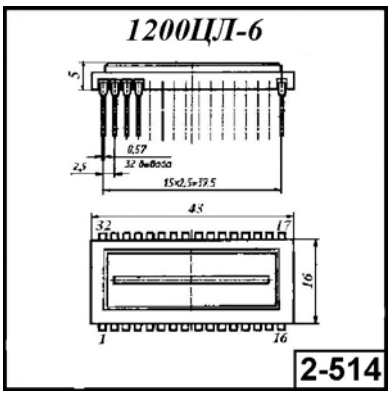


Рис. 2.3.151. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦЛ6

Преобразователи линейные 1200ЦЛ6 предназначены для использования в высокочувствительной, быстродействующей оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,1 мкм.

Организация преобразователей. Фоточувствительная секция содержит одну фоточувствительную линейку из 2048 фотодиодов, воспринимающих излучение, 8 фотодиодов, закрытых от света, необходимых для определения уровня темнового сигнала, и 8 фотодиодов, необходимых для определения нулевого уровня. Входное устройство позволяет вводить сигнал непосредственно в сдвиговый регистр и за счет этого контролировать качество переноса заряда.

Преобразователи размещены в стандартном 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.3.151. Рабочие режимы работы 1200ЦЛ-5 указаны в табл. 2.3.117.

Таблица 2.3.117. Таблица рабочих режимов 1200ЦЛ-6

Наименование параметра. Единица измерения	Постоянное напряжение, В	Импульсное смещение, В		Вывод
		нижний уровень	верхний уровень	
Напряжение на заворе третьем накопителя	–	0–5	12–20	30
Напряжение на фазе первой регистра первого	–	0–8	9–15	26
Напряжение на фазе первой регистра второго	–	0–8	9–15	7
Напряжение на фазе второй регистра первого	–	0–9	9–20	14
Напряжение на фазе второй регистра второго	–	0–9	9–20	6
Напряжение на затворе восстановителя потенциала первого	–	0–9	7–18	24
Напряжение на затворе восстановителя потенциала второго	–	0–9	7–18	9
Напряжение на затворе втором регистра первого	–	0–7	10–20	25
Напряжение на затворе втором регистра второго	–	0–7	10–20	8
Напряжение на стоке первом	15–20	–	–	15
Напряжение на стоке втором	15–20	–	–	10
Напряжение на затворе третьем регистра первого	5–15	–	–	17
Напряжение на затворе третьем регистра второго	5–15	–	–	8
Напряжение на диоде первом регистров	20	–	–	5
Напряжение на затворе первом регистров	0	–	–	29
Напряжение на затворе четвертом транзистора	10–18	–	–	11
Напряжение на затворе втором транзисторов	10–18	–	–	22
Напряжение на затворе первом накопителя	3–10	–	–	3
Напряжение на затворе втором накопителя	12–18	–	–	4
Напряжение на затворе транзистора первого	0	–	–	19
Напряжение на затворе транзистора третьего	0	–	–	14

Примечание. Все напряжения измеряются относитльно подложки (вывод 21).

2.3.11.1.1.7. Преобразователи линейные 1200ЦЛ-7, 1200ЦЛ-7-1 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Преобразователи линейные 1200ЦЛ-7, 1200ЦЛ-7-1 предназначены для использования в высокочувствительной, быстродействующей оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,4 до 1,1 мкм.

Фоточувствительная область содержит одну фоточувствительную линейку из 1024 элементов.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.110. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.3.152. Назначение выводов 1200ЦЛ-5 указано в табл. 2.3.118.

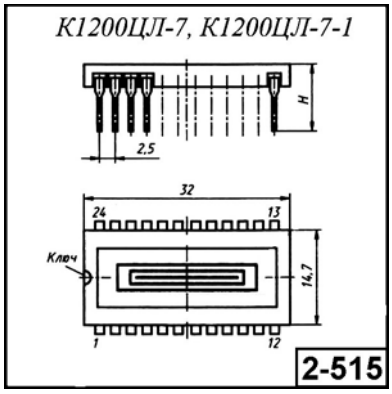


Рис. 2.3.152. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦЛ-7, 1200ЦЛ-7-1

Таблица 2.3.118. Таблица назначения выводов 1200ЦЛ-7, 1200ЦЛ-7-1

Вывод	Назначение
1	Затвор входной первый общий
2	Затвор разрешающий общий
3	Затвор входной второй регистра второго
4	Фаза вторая регистра второго
5	Фаза первая регистра второго
6	Затвор сброса регистра второго
7	Затвор третий выходной общий
8	Затвор выборки хранения регистра второго
9	Сток транзисторов регистра второго
10	Затвор транзисторов нагрузочных регистра
11	Выход регистра второго
12	Исток транзисторов общий
13	Сток транзисторов сброса общий
14	Выход регистра первого
15	Затвор транзисторов нагрузочных регистра 1
16	Сток транзисторов регистра первого
17	Затвор выборки-хранения регистра первого
18	Затвор изолирующий общий
19	Затвор сброса регистра первого
20	Фаза первая регистра первого
21	Подложка
22	Фаза вторая регистра первого
23	Затвор входной второй регистра первого
24	Диод входной общий

2.3.11.1.2. Преобразователи линейные ФПЗС1Л, ФПЗС1Л-1, ФПЗС-6Л

Основные параметры линейных преобразователей ФПЗС1Л, ФПЗС1Л-1, ФПЗС-6Л приведены в табл. 2.3.119. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики приборов даны на рис. 2.3.153–2.3.156.

Таблица 2.3.119. Основные параметры линейных преобразователей ФПЗС1Л, ФПЗС1Л-1, ФПЗС-6Л при температуре 20±5 °С

Тип	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, [шаг дискретизации], мкм	Длина фоточувствительной области, мм	Световая чувствительность (ист. типа «А»), мВ/лк	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В, не менее	Динамический диапазон	Максимальная экспозиция, лк/с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции, %, не менее	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
ФПЗС1Л	0,5–1 [0,8–0,85]	500 × 2	24 × 200 [3]	12	3	4	15–25	1,5	50 дБ	0,35	10 [10]	–	1,0	14,7 × 29,5 × 3,3 [5] {2-516}
ФПЗС1Л-1					20									
ФПЗС 6Л	0,45–1 [0,7–0,75]	264 × 2	–	–	–	3	24	2	–	–	10 [10]	–	–	15,75 × 19,5 × 3,0 [5] {2-517}

2.3.11.1.2.1. Преобразователи линейные ФПЗС1Л, ФПЗС1Л-1 [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,85 мкм]

Преобразователи линейные ФПЗС1Л предназначены для использования в измерительной оптико-электронной аппаратуре и устройствах автоматической оптической фокусировки, работающих в диапазоне длин волн от 0,5 до 1 мкм.

Преобразователи ФПЗС1Л и ФПЗС1Л-1 различаются между собой только величиной интегральной вольтовой чувствительности

Организация преобразователей. Преобразователи представляют собой линейные многоэлементные фотоприемные структуры, состоящие из двух регистров сдвига с поверхностным переносом заряда и четырехфазным управлением. Каждый регистр содержит по 500 фоточувствительных элементов, разнесенных на 20 мкм в направлении, перпендикулярном переносу заряда.

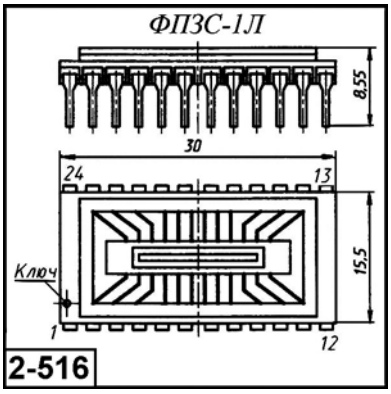


Рис. 2.3.153. Внешний вид и габаритные размеры ФПЗС1Л и ФПЗС1Л-1

Наименьший шаг пространственной дискретизации в каждом регистре составляет 3 мкм. Регистры смещены относительно друг друга на 1,5 мкм в направлении переноса. Возможны одновременное считывание сигналов двух строк изображения с мультиплексных выходов 3, 4 и параллельное считывание сигналов двух строк изображения с раздельным объемом с выходов 1 и 2. Каждый из выходов можно использовать для ввода заряда в регистр.

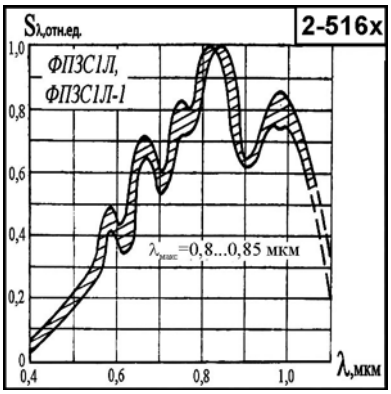


Рис. 2.3.154. Относительная спектральная характеристика ФПЗС1Л и ФПЗС1Л-1

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.119. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ приборов показаны на рис. 2.3.153 и 2.3.154. Назначение выводов дано в табл. 2.3.120. Рабочие режимы работы ФПЗС1Л указаны в табл. 2.3.121.

Таблица 2.3.120. Таблица назначения выводов ФПЗС1Л

Вывод	Назначение
1	Сток выходов 3, 4
2	Слив выхода 3
3	Разделительный электрод выходов 3, 4
4	Подложка
5	Четвертые фазные электроды
6	Третьи фазные электроды
7	Исток выходного транзистора 1
8	Сток выходного транзистора 1
9	Затвор сбросового транзистора выхода 1
10	Сток сбросового транзистора выхода 1
11	Слив выходов 1, 2
12	Сток выходов 1, 2
13	Разделительный электрод выходов 1, 2
14	Сток сбросового транзистора выхода 2

Таблица 2.3.120. (окончание)

Вывод	Назначение
15	Затвор сбросового транзистора выхода 2
16	Исток выходного транзистора 2
17	Сток выходного транзистора 2
18	Вторые фазные электроды
19	Первые фазные электроды
20	Исток выходного транзистора выходов 3, 4
21	Сток выходного транзистора выходов 3, 4
22	Затвор сбросового транзистора выходов 3, 4
23	Сток сбросового транзистора выходов 3, 4
24	Слив выхода 4

Таблица 2.3.121. Таблица рабочих режимов ФПЗС1Л

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Вывод
Постоянное напряжение на подложке, В	15–25	4
Верхний уровень импульсов регистров и электрода переноса, В	12–15	3, 5, 6, 18, 19
Нижний уровень импульсов регистров и электрода переноса, В	0, 2	3, 5, 6, 18, 19
Верхний уровень импульсов входного диода, В	15–17	1
Нижний уровень импульсов входного диода, В	0–5	1
Постоянное напряжение на разделительном электроде, В	5–15	2, 24
Постоянное напряжение на входном электроде, В	5–15	23
Верхний уровень импульсов на затворе сбросового транзистора, В	5–10	9, 15
Нижний уровень импульсов на затворе сбросового транзистора, В	–10...–5	9, 15
Постоянное напряжение на стоке сбросового транзистора и экранирующем электроде, В	0–5	10, 14
Верхний уровень импульсов на электроде слива, В	12–15	11
Нижний уровень импульсов на электроде слива, В	0–2	11
Постоянное напряжение на выходном диоде, В	0–3	12
Постоянное напряжение на затворе входного транзистора, В	–5...0	22
Постоянное напряжение на истоке (стоке) выходных транзисторов, В	0	7, 17
Постоянный ток стока (истока) выходных транзисторов, мА	0,2–1,0	8, 16
Постоянное напряжение на барьерном электроде, В	10–15	13

2.3.11.1.2.2. Преобразователи линейные ФПЗС-6Л [$\Delta\lambda$ = 0,45–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм]

Преобразователи линейные ФПЗС-6Л предназначены для использования в оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,45 до 1 мкм.

Прибор ФПЗС6Л предназначен для преобразования в электрический сигнал оптического изображения светового штриха, проецируемого на фоточувствительные поверхности двух регистров по 264 элемента в каждом.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом планарном корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.119. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приборов даны на рис. 2.3.155 и 2.3.156. Назначение выводов – в табл. 2.3.122.

Таблица 2.3.122. Таблица назначения выводов ФПЗС-6Л

Вывод	Назначение
1	Первые фазные электроды верхнего выходного регистра
2	Вторые фазные электроды верхнего выходного регистра
3	Третьи фазные электроды верхнего выходного регистра
4	Входной электрод верхнего выходного регистра
5	Вторые фазные электроды первой секции
6	Третьи фазные электроды первой секции
7	Первые фазные электроды первой секции
8, 2	Разделительные электроды
9	Сток нижнего выходного регистра
10	Затвор сбросового транзистора нижнего выходного регистра
11	Исток выходного транзистора нижнего выходного регистра
12, 24	Подложка
13	Первые фазные электроды нижнего выходного регистра
14	Вторые фазные электроды нижнего выходного регистра
15	Третьи фазные электроды нижнего выходного регистра
16	Входной электрод нижнего выходного регистра
17	Вторые фазные электроды второй секции
18	Третьи фазные электроды второй секции
19	Первые фазные электроды второй секции
21	Сток верхнего выходного регистра
22	Затвор сбросового транзистора верхнего выходного регистра
23	Исток выходного транзистора верхнего выходного регистра

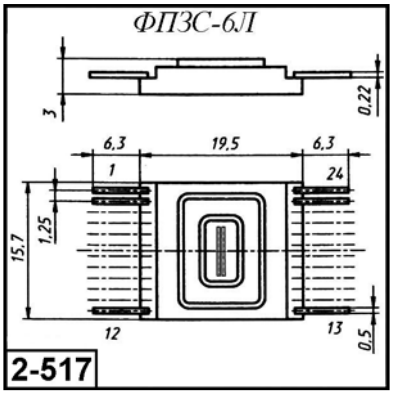


Рис. 2.3.155. Внешний вид и габаритные размеры ФПЗС-6Л

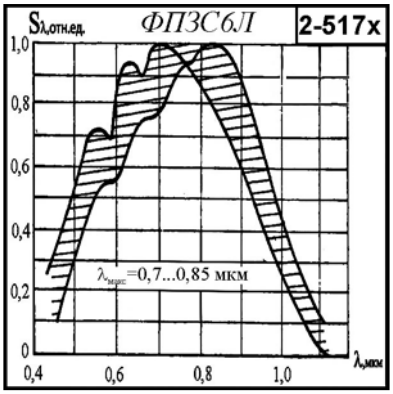


Рис. 2.3.156. Относительная спектральная характеристика ФПЗС1-6Л

2.3.11.1.3. Линейные фоточувствительные приборы ФППЗ 1Л, ФППЗ 2Л, ФППЗ 5Л, ФППЗ 6Л, ФППЗ 7Л, ФППЗ 8Л, ФППЗ 8ЛБ, ФППЗ 10Л, ФППЗ 29Л, ФППЗ 30Л, ФППЗ 37Л, ФППЗ 38Л, ФППЗ 38Л-1, ФППЗ 39Л, ФППЗ 2048Л, ФППЗ 2600Л, ФППЗ 4700Л, ЛФППЗ-12000

Основные параметры линейных преобразователей серии ФППЗ-х приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид и габаритные размеры некоторых приборов даны на рис. 2.3.154–2.3.165.

Таблица 2.3.123. Основные параметры линейных преобразователей серии ФППЗ-х

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, [шаг дискретизации], мкм	Длина фоточувствительной области, мм	Световая чувствительность, В/лк·с	Число фаз управления	Напряжение питания, В	Напряжение сигнала насыщения, В, не менее	Динамический диапазон, о. е. [кратность антиблуминга]	Максимальная экспозиция, лк/с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции, %, не менее	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
ФППЗ 1Л	0,5–1 [0,8–0,85]	500 × 2	24 × 200 [1,5]	12	20	–	15–25	1,5	1000	–	10 [10]	–	1,0	14,7 × 29,5 × 3,3 [5] {2-518}
ФППЗ 2Л	0,5–1 [0,8–0,85]	1000 × 1	12 × 12 [12]	12	1	–	25	1,5	1000	–	10 [10]	–	20,0	14,7 × 29,5 × 3,3 [5] {2-519}
ФППЗ 3Л	0,4–1	1000 × 1	12 × 12 [12]	12	1	–	–	–	60 дБ	–	10 [15 мВ]	–	–	29,4 × 14,9 × 3,7 [5]
ФППЗ 5Л	0,5–1	500 × 2	24 × 200 [1,5]	12	50	4	15–18	2	80 дБ	–	3	–	20,0	15,5 × 19,5 × 3,0 [5] {2-520}
ФППЗ 6Л	0,45–1 [0,7–0,75]	262 × 2	23 × 50 [23]	6	40	3	18	2	60 дБ	–	10 [10]	–	0,25	33,9 × 15,75 × 3,0 [5] {2-521}
ФППЗ 7Л[1,2)]	0,2–1,0	500	26 × 26 26 × 542	–	6 140	4	25	1,5	20000[3)] [100]	100	6[0,1] 0,1[0,2]	– –	2,5	26,5 × 19,5 × 3 {2-522}
ФППЗ 8Л[1,2)]	0,3–1,0 [0,7–0,8]	1000 × 2	13 × 500 [13]	13	25 (7000 В/Дж·м$^{-2}$)	4	20	1,4	6000 [100]	100	3 [0,1]	–	2,5	26 × 19,5 × 3 {2-523}
ФППЗ 8ЛБ	0,3–1,0 [0,7–0,8]	1000 × 2	13 × 500 [13]	–	25–33	4	20	2,4	6000 [100]		6 [0,3]	–	5	26 × 19,5 × 3 {2-523}
ФППЗ 10Л[1,2)]	0,2–1,0	2048 × 1	13 × 2500 [13]	26,62	30000 В/Дж·м$^{-2}$	2	25	1,5	5000	–	10	–	2,5	–
ФППЗ 10Л	0,4–1,0	2048 × 1	15 × 13	26	2	2	20	1,4	–	–	20 [1]	45	–	[70]
ФППЗ 29Л	0,4–1,0 [0,7–0,8]	1024 × 2	13 × 50 [17]	13,3	20 В/Дж·м$^{-2}$	3	24	3,6	75 дБ	–	3 [20 мВ]	–	0,15	32 × 27 × 2,7 {2-524}
ФППЗ 30Л	0,4–1,1 [0,75–0,85]	1024 × 2	13 × 150 [13]	13,3	12	4	20	2,4	6000 [100]	–	4 [0,1]	–	2,5	27 × 19,5 × 5,3 {2-525}
ФППЗ 37Л	0,4–1,1	500 × 2	–	26	100– 200	–	30	1,5	20000[3)] [100]	–	10 [3]	–	–	21,9 × 14,7 × 4 [6] {2-526}
ФППЗ 38Л	0,3–1,0	1000 × 2	13 × 500	–	7000 В/Дж·м$^{-2}$	– –	30	1,2	–	–	10	–	–	[6]
ФППЗ 38Л-1	0,3–1,0	1000 × 1												
ФППЗ 39Л	0,4–1,0	2048 × 1	–	–	100 В/Дж·м$^{-2}$	–	18	0,75	–	–	10	50	–	[5,5]
ФППЗ 2048Л	0,3–1,0 [0,7–0,8]	2048 × 1	13 × 2500 [13]	–	100	4	20	2,0	6000 [100]	–	5 [5]	–	2,5	41,6 × 17,5 × 3 {2-527}
ФППЗ 2600Л	0,4–1,1 [0,75–0,85]	2600 × 2	12 × 100 [12]	–	10	4	20	2,4	6000 [100]	–	5 [0,1]	–	2,5	41,6 × 17,5 × 3 {2-527}

Таблица 2.3.123. (окончание)

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, [шаг дискретизации], мкм	Длина фоточувствительной области, мм	Световая чувствительность, В/лк·с	Число фаз управления	Напряжение питания, В	Напряжение сигнала насыщения, В, не менее	Динамический диапазон, о. е. [кратность антиблуминга]	Максимальная экспозиция, лк/с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции, %, не менее	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
ФППЗ 4700Л	0,3–1,0 [0,7–0,8]	4700 × 1	6,5 × 6,5 [6,5]	–	0,6	2	20	0,6	2500 [100]	–	12 [0,8]	–	2,5	41,6 × 17,5 × 3 {2-527}
ФППЗ-12000Л	0,4–1,0	12000 × 1	6,5 × 6,5 [6,5]	–	2	2	–	2,5	5000 [100]	–	10 [1]	–	0,5	95 × 12,2 × 3 {2-528}
ФППЗ «Кандела»	0,4–1,0 [0,74–0,8]	2048 × 2	13 × 50	26,6	400 (100 В·см^2/мкДж)	2	–	3,6	75 дБ	–	5	–	0,15	41,3 × 17,9 × 4 {2-529}

Примечания:

[1)] прибор с волоконно-оптическим входом;
[2)] прибор с термоэлектрическим охлаждением;
[3)] динамический диапазон входного сигнала

2.3.11.1.3.1. Линейные преобразователи ФППЗ 1Л, ФППЗ 2Л [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,85 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 1Л и ФППЗ 2Л предназначены для использования в высокочувствительной оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,5 до 1,0 мкм.

Фоточувствительная область ФППЗ 1Л содержит две фоточувствительные линейки по 500 элементов в каждой, а фоточувствительная ФППЗ 2Л – одну линейку 1000 элементов.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Области применения: системы измерения координат, двумерный анализ изображения, передача факсимильных и ТВ-изображений, ввод текстовой и графической информации в компьютер и т. д.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.157 и 2.3.158.

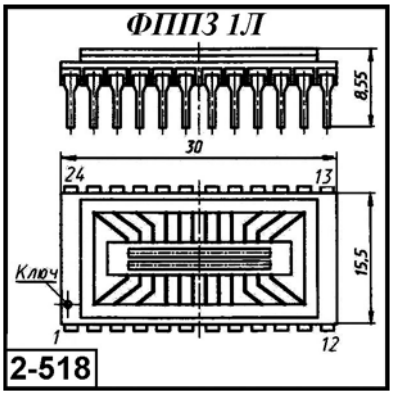


Рис. 2.3.157. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ 1Л

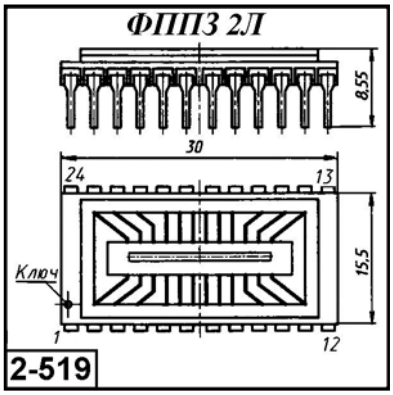


Рис. 2.3.158. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ 2Л

2.3.11.1.3.2. Линейные преобразователи ФППЗ 5Л [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,85 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 5Л предназначены для использования в высокочувствительной оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,5 до 1,0 мкм.

Фоточувствительная область содержит две фоточувствительные линейки по 500 элементов в каждой, расположенные параллельно друг другу.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Области применения: системы измерения координат, двумерный анализ изображения, передача факсимильных и ТВ-изображений, ввод текстовой и графической информации в компьютер и т. д.

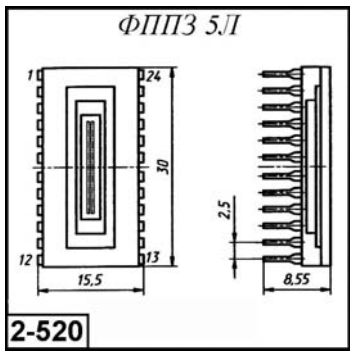


Рис. 2.3.159. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ 5Л

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид и габаритные размеры прибора даны на рис. 2.3.159.

2.3.11.1.3.3. Линейные преобразователи ФППЗ 6Л [$\Delta\lambda$ = 0,45–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 6Л предназначены для использования в высокочувствительной, быстродействующей оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,0 мкм.

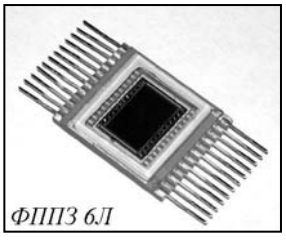
Фоточувствительный линейный прибор ФППЗ 6Л имеет два светочувствительных сдвиговых регистра по 264 элемента.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом планарном корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Прибор ФППЗ 6Л может использоваться как линейный оптикоэлектрический преобразователь в различных телевизионных системах – измерительных, обзорных, наведения и т. д.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид и габаритные размеры прибора даны на рис. 2.3.160.



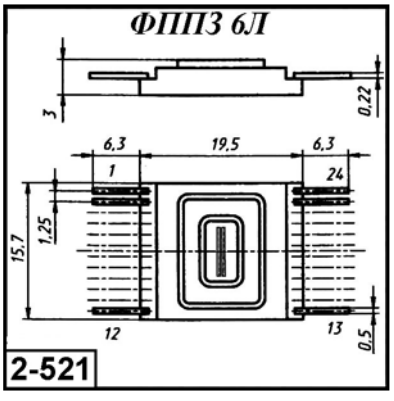


Рис. 2.3.160. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ 6Л

2.3.11.1.3.4. Преобразователи линейные ФППЗ 7Л [$\Delta\lambda$ = 0,2–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм]

Линейные фоточувствительные приборы ФППЗ 7Л предназначены для преобразования излучения дипазона 0,2–1 мкм в видеосигнал.

Преобразователь ФППЗ 7Л выполнен на основе четырехфазного ПЗС регистра и 500 фоточувствительных элементов. Каждый фоточувствительный элемент имеет возможность переключения фоточувствительной площади с 26 × 26 мкм до 26 × 500 мкм (малые и большие фотодиоды).

ФППЗ 7Л имеет линейную организацию и содержит отдельные секции для детектирования и накопления зарядовых пакетов. Устройство антиблуминга ФППЗ 7Л позволяет работать при пересветке прибора с кратностью не менее 100 раз.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Области применения: аппаратура спектрального анализа, оптоэлектронные системы пространственной ориентации, бесконтактные системы измерения размеров.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид и габаритные размеры прибора даны на рис. 2.3.161.

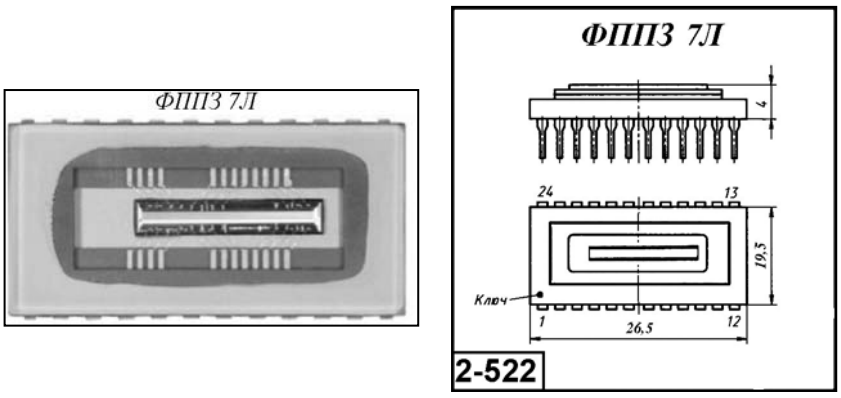


Рис. 2.3.161. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ 7Л

2.3.11.1.3.5. Преобразователи линейные ФППЗ 8Л [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Линейные фоточувствительные приборы ФППЗ 8Л предназначены для преобразования излучения дипазона 0,3–1 мкм в видеосигнал.

Линейный фоточувствительный прибор с переносом заряда ФППЗ 8Л состоит из двух идентичных линейных фоточувствительных приборов форматом 1000 элементов каждый. Приборы на кристалле ориентированы параллельно друг другу с поворотной на 180° симметрией и смещены друг относительно друга на половину шага фоточувствительных элементов (6,5 мкм).

Каждый фоточувствительный прибор имеет билинейную организацию и содержит отдельные секции для детектирования и накопления зарядовых пакетов.

Устройство антиблюминга ФППЗ 8Л позволяет работать при пересветке прибора с кратностью не менее 100 раз.

Предусмотрен также режим электронного экспонирования (от 10 мкс).

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

Области применения: аппаратура спектрального анализа; оптоэлектронные системы пространственной ориентации; бесконтактные системы измерения размеров объектов.

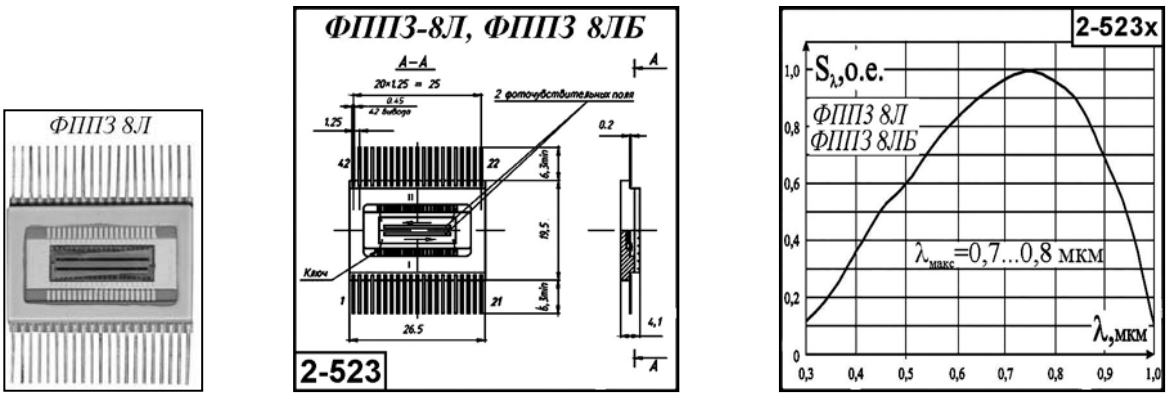


Рис. 2.3.162. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ 8Л

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.162.

2.3.11.1.3.6. Преобразователи линейные ФППЗ 8ЛБ [Δλ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Линейные фоточувствительные приборы ФППЗ 8ЛБ предназначены для преобразования излучения дипазона 0,3–1 мкм в видеосигнал.

Организация преобразователей: ФППЗ 8ЛБ содержит два линейных преобразователя (ЛФППЗ) с независимым управлением, которые ориентированы параллельно друг другу с поворотной на 180° симметрией и смещены друг относительно друга на половину шага фоточувствительных элементов (6,5 мкм). Расстояние от края одного фоточувствительного поля до края другого фоточувствительного поля – 840 мкм. Каждый ЛФППЗ содержит 1000 фоточувствительных элементов на основе фотодиодов, ячейки накопления с устройством антиблюминга, ПЗС-регистры опроса ячеек накопления с единым выходным узлом.

Фотогенерированные в фотодиоде носители заряда передаются в секцию накопления, где образуется зарядовый пакет. Образованные зарядовые пакеты всех ячеек накопления одновременно передаются в ПЗС-регистры. Введенные в ПЗС-регистры зарядовые пакеты последовательно передаются в выходной узел с образованием видеосигнала. В приборе обеспечивается электронный контроль экспозиции.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

Области применения: аппаратура спектрального анализа в области спектра 0,2–1,1 мкм, оптоэлектронные системы пространственной ориентации, бесконтактные системы измерения размеров.

Преобразователи размещены в стандартном 42-выводном металлокерамическом планарном корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.162. Назначение выводов прибора – в табл. 2.3.124. Режимы работы прибора указаны в табл. 2.3.125.

Таблица 2.3.124. Назначение выводов преобразователеля ФППЗ 8ЛБ

Вывод	Назначение
1, 22	Подложка
2, 23	Третьи фазные электроды регистров
3, 24	Первые фазные электроды регистров

Таблица 2.3.124. (окончание)

Вывод	Назначение
4, 25	Четвертые фазные электроды регистров
5, 26	Второй входной электрод регистра А
6, 27	Входной диод регистра А
7, 28	Электрод переноса
8, 29	Барьерные электроды фотодиодов
10, 31	Электроды накопления
11, 32	Вторые фазные электроды регистров
12, 33	Входной диод регистра Б
13, 34	Первый входной электрод регистров
14, 35	Второй входной электрод регистра Б
15, 36	Выходной барьерный электрод регистров
16, 37	Электрод сброса
17, 38	Опорный электрод
18, 39	Затвор нагрузочного транзистора тока выходного узла
19, 40	Сток антиблуминга
20, 41	Стоки выходных транзисторов
21, 42	Исток выходного транзистора

Таблица 2.3.125. Режимы работы преобразователя ФППЗ 8ЛБ

Вывод	Наименование параметра	Режим, В		Типовой режим, В
		не менее	не более	
1, 22	Постоянное напряжение на подложке	–	–	0
8, 29	Постоянное напряжение на барьерном электроде	3,5	4,5	4
15, 36	Постоянное напряжение на выходном барьерном электроде регистров	3,5	4,5	4,2
17, 38	Постоянное напряжение на опорном электроде	18	20	19
18, 39	Постоянное напряжение на затворе нагрузочного транзистора	0	2	0,4
19, 40	Постоянное напряжение стока антиблуминга	8	15	8
20, 41	Постоянное напряжение стока выходных транзисторов	21	22	21
2, 3, 4, 11, 23, 24, 25, 32	Верхний уровень импульсов управления регистром	10,5	11,5	11
2, 3, 4, 11, 23, 24, 25, 32	Нижний уровень импульсов управления регистром	2,5	3,5	3
16, 37	Верхний уровень импульсов сброса	10,5	11,5	11
16, 37	Нижний уровень импульсов сброса	3,5	4,5	4
9, 30	Верхний уровень импульсного напряжения затвора антиблуминга	11,5	12,5	12
9, 30	Нижний уровень импульсного напряжения затвора антиблуминга	5,5	6,5	6
7, 28	Верхний уровень импульсного напряжения на электроде переноса	10,5	11,5	11
7, 28	Нижний уровень импульсного напряжения на электроде переноса	–2	1,5	1,3
10, 31	Верхний уровень импульсного напряжения на электроде накопления	10	11,5	10,9
10, 31	Нижний уровень импульсного напряжения на электроде накопления	4	5	4,8
5, 14, 26, 35	Верхний уровень импульсного напряжения на втором входном электроде регистров	0	15	0
5, 14, 26, 35	Нижний уровень импульсного напряжения на втором входном электроде регистров	0	15	0

Таблица 2.3.125. (окончание)

Вывод	Наименование параметра	Режим, В		Типовой режим, В
		не менее	не более	
6, 12, 27, 33	Верхний уровень импульсного напряжения на входном диоде регистра	20	21	21
6, 12, 27, 33	Нижний уровень импульсного напряжения на входном диоде регистра	15	30	21
13, 34	Постоянное напряжение на первом входном электроде регистров	0	15	0

2.3.11.1.3.7. Преобразователи линейные ФППЗ 10Л [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 10Л представляют собой многоэлементные кремниевые фотоэлектрические приборы с самосканированием на принципе переноса заряда. Приборы предназначены для использования в специальных системах высокочувствительных быстродействующих оптико-электронных приборов. Рабочий спектральный диапазон – от 0,4 до 1 мкм.

Фоточувствительная область содержит одну фоточувствительную линейку из 2048 элементов размером 15 × 13 мкм. Размер фоточувствительной области 26 × 0,014 мм.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Преобразователи размещены в стандартном 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно. В корпус прибора встроено термоэлектрическое устройство охлаждения (ТЭО) фоточувствительного элемента.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123.

2.3.11.1.3.8. Преобразователи линейные ФППЗ 29Л [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Линейные фоточувствительные приборы ФППЗ 29Л предназначены для преобразования излучения дипазона 0,4–1 мкм в видеосигнал.

Прибор ФППЗ 29Л содержит два идентичных линейных ФППЗ, расположенных параллельно на одном кристалле на расстоянии 12,5мм и имеющих независимое управление.

Приборы ФППЗ 29Л размещены в стандартном 42-выводном металлокерамическом планарном корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.163.

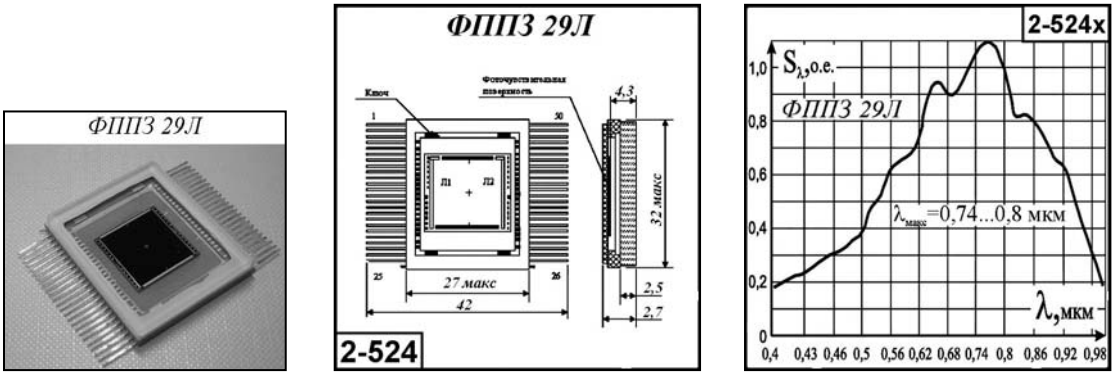


Рис. 2.3.163. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ 29Л

2.3.11.1.3.9. Преобразователи линейные ФППЗ 30Л [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Линейные фоточувствительные приборы ФППЗ 30Л предназначены для преобразования излучения дипазона 0,4–1,1 мкм в видеосигнал.

Линейный фоточувствительный прибор ФППЗ 30Л состоит из двух идентичных линейных ПЗС форматом 1024 элементов каждый. Линейки на кристалле ориентированы параллельно друг другу, каждая имеет билинейную организацию и содержит отдельные секции для детектирования и накопления зарядовых пакетов. Устройство антиблюминга ФППЗ 30Л позволяет работать при пересветке прибора с кратностью не менее 100 раз. Предусмотрен также режим электронного экспонирования (от 10 мкс).

Преобразователи размещены в стандартном 42-выводном металлокерамическом планарном корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

Области применения: аппаратура спектрального анализа, оптоэлектронные системы пространственной ориентации, бесконтактные системы измерения размеров объектов.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.164.

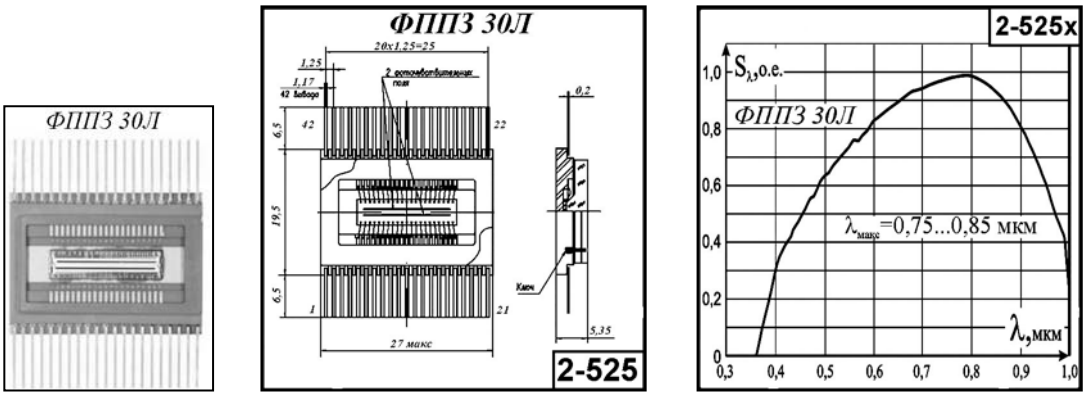


Рис. 2.3.164. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ 30Л

2.3.11.1.3.10. Преобразователи линейные ФППЗ 37Л [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 37Л предназначены для преобразования оптического изображения в дискретный поэлементный электрический сигнал и определения значения освещенности. Рабочий спктральный диапазон приборов – от 0,4 до 1,1 мкм.

Фоточувствительная область преобразователя содержит две фоточувствительные линейки по 500 элементов в каждой, секцию накопления и переноса, сдвиговый регистр и антиблуминговое устройство. Размеры фоточувствительной области: 26 × 0,5 мм для первого ряда и 26 × 0,025 мм для второго ряда.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

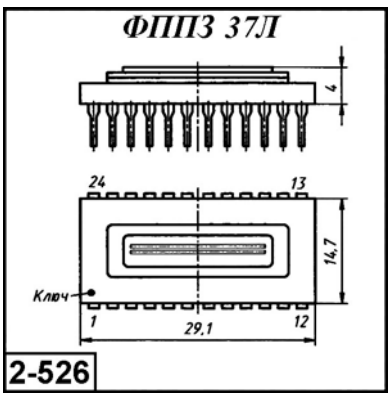


Рис. 2.3.165. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ 37Л

Дипазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Приборы используются в измерительной технике различного назначения.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид и габаритные размеры прибора даны на рис. 2.3.165.

2.3.11.1.3.11. Преобразователи линейные ФППЗ 38Л, ФППЗ 38Л-1 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ-38Л, ФППЗ-38Л-1 представляют собой многоэлементный кремниевый фотоэлектрический прибор с самосканированием на принципе переноса заряда. Приборы предназначены для использования в специальной оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне длин волн от 0,3 до 1 мкм.

Фоточувствительная область содержит две фоточувствительные линейки по 1000 элементов размером 500 × 13 мкм. Размер кристалла 15 × 5,1 мм в каждой.

У преобразователя ФППЗ-38Л задействованы обе линейки.

У преобразователя ФППЗ-38Л-1 задействована только одна линейка.

Дипазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Приборы используются в спектральной измерительной технике.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123.

2.3.11.1.3.12. Преобразователи линейные ФППЗ 39Л [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ-39Л представляют собой многоэлементный кремниевый фотоэлектрический прибор с самосканированием на принципе переноса заряда. Рабочий спектральный диапазон – от 0,4 до 1 мкм.

Фоточувствительная область содержит одну фоточувствительную линейку 2048 элементов, два считывающих регистра, два входных и выходных устройства.

Дипазон рабочих температур преобразователя – от –60 до +60 °С.

Приборы предназначены для использования в специальных системах преобразования и обработки изображения.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123.

2.3.11.1.3.13. Преобразователи линейные ФППЗ 2048 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 2048 предназначены для преобразования оптического изображения спектрального диапазона 0,3–1,1 мкм в дискретный поэлементный электрический сигнал.

Фоточувствительная область содержит одну фоточувствительную линейку 2048 элементов. Прибор имеет билинейную организацию и содержит индивидуальные секции для детектирования и накопления зарядовых пакетов. Имеется встроенный управляемый антиблуминг.

Преобразователи размещены в стандартном 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе. Входное окно выполняется из стекла КУ-1 или из стекловолокна. Прибор может быть выполнен со встроенным термоэлектрическим холодильником (ТЭО).

Диапазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

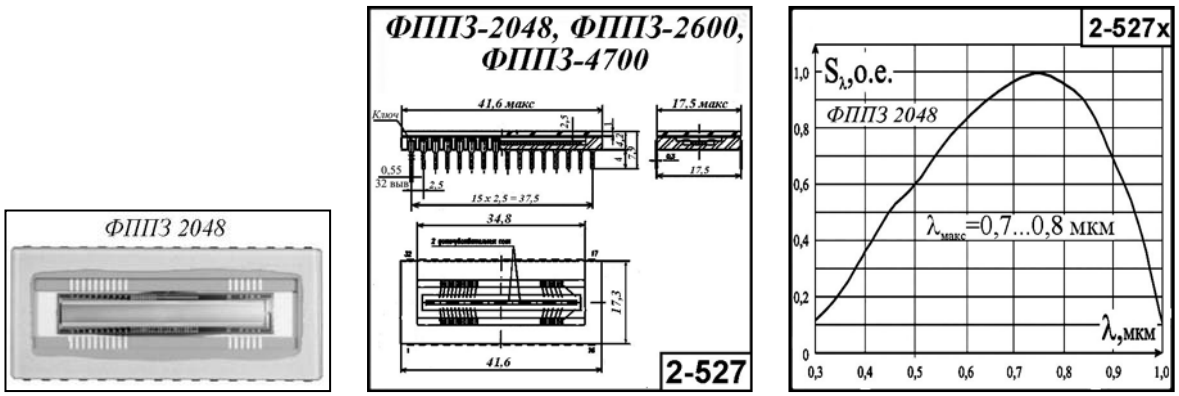


Рис. 2.3.166. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ 2048Л

Прибор ФППЗ-2048 ориентирован на применение в аппаратуре спектрального анализа.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.166.

2.3.11.1.3.14. Преобразователи линейные ФППЗ 2600 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 2600 предназначены для преобразования оптического изображения спектрального диапазона 0,4–1,1 мкм в дискретный поэлементный электрический сигнал.

Прибор ФППЗ 2600 состоит из двух идентичных линейных фоточувствительных приборов с переносом заряда с 2600 фоточувствительными элементами, имеющих осевую симметрию и независимое управление. Каждый фоточувствительный прибор имеет билинейную организацию и содержит отдельные секции для детектирования и накопления зарядовых пакетов.

Устройство антиблуминга ФППЗ-2600 позволяет работать при пересветке прибора с кратностью не менее 100 раз. Предусмотрен также режим электронного экспонирования (от 10 мкс).

Преобразователи размещены в стандартном 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе. Входное окно выполняется из стекла КУ-1 или из стекловолокна.

Дипазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

Преобразователь ФППЗ-2600 ориентирован на применение в спектроскопии, координатно-измерительных системах, системах пространственной ориентации и космическом приборостроении.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры даны на рис. 2.3.163. Относительная спектральная характеристика прибора показана на рис. 2.3.167.

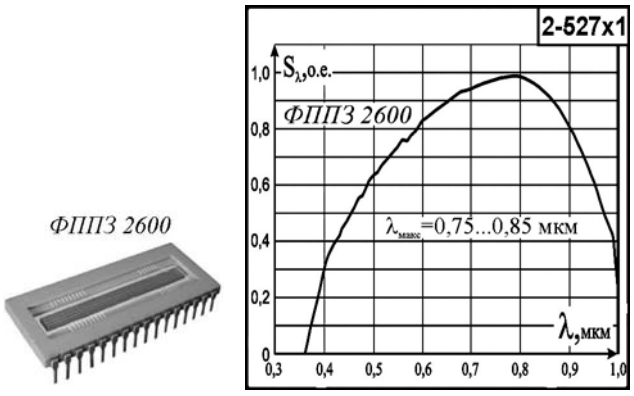


Рис. 2.3.167. Внешний вид и относительная спектральная характеристика ФППЗ 2600

2.3.11.1.3.15. Преобразователи линейные ФППЗ 4700 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 4700 предназначены для преобразования оптического изображения спектрального диапазона 0,3–1,0 мкм в дискретный поэлементный электрический сигнал.

ФППЗ-4700 – линейный фоточувствительный прибор с переносом заряда с 4700 фоточувствительными элементами, с размером элемента 6,5 × 6,5 мкм. Прибор имеет билинейную организацию и содержит индивидуальные секции для детектирования и накопления зарядовых пакетов. Имеется встроенный антиблуминг с кратностью пересветки не менее 100 раз. Предусмотрен режим электронного экспонирования от 10 мкс и более.

Преобразователи размещены в стандартном 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе. Входное окно выполняется из стекла КУ-1 или из стекловолокна.

Дипазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

ФППЗ-4700 ориентирован на применение в оптоэлектронных системах с увеличенным пространственным разрешением.

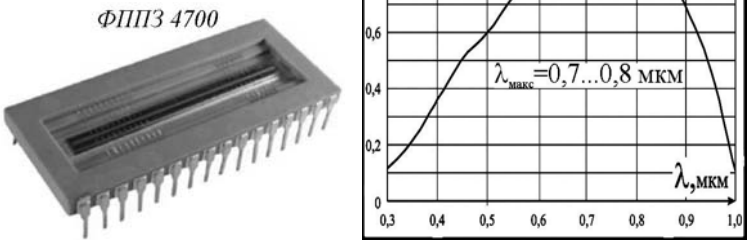


Рис. 2.3.168. Внешний вид и относительная спектральная характеристика ФППЗ 4700

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры даны на рис. 2.3.163. Относительная спектральная характеристика прибора показана на рис. 2.3.168.

2.3.11.1.3.16. Преобразователи линейные ФППЗ 12000 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователи линейные ФППЗ 12000 предназначены для преобразования оптического изображения спектрального диапазона 0,4–1,0 мкм в дискретный поэлементный электрический сигнал.

ФППЗ 12000 – линейный фоточувствительный прибор с переносом заряда с 12 000 фоточувствительных элементов размером 6,5 × 6,5 мкм. Прибор имеет билинейную организацию и содержит индивидуальные секции для детектирования и накопления зарядовых пакетов. Четыре выходных регистра, четыре выходных узла. Управление – двухфазное. Имеется встроенный антиблуминг с кратностью пересветки не менее 100 раз. Предусмотрен режим электронного экспонирования от 10 мкс и более.

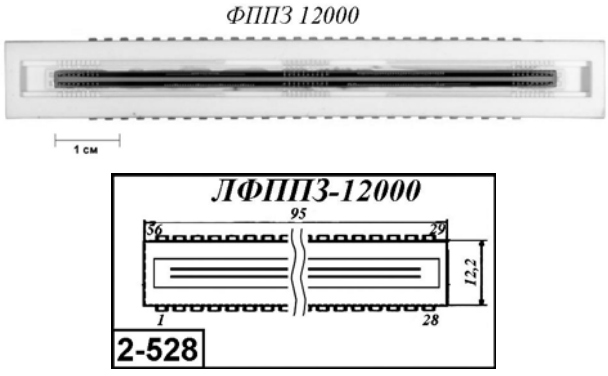


Рис. 2.3.169. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ 12000Л

Преобразователи размещены в 56-выводном металлокерамическом DIP-корпусе. Входное окно выполнено из стекла.

Дипазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

ФППЗ-12000 ориентирован на применение в оптоэлектронных системах с увеличенным пространственным разрешением.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры даны на рис. 2.3.169.

2.3.11.1.3.17. Преобразователь линейный ФППЗ «Кандела» [Δλ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователь линейный ФППЗ «Кандела» предназначен для преобразования оптического изображения спектрального диапазона 0,4–1,0 мкм в дискретный поэлементный электрический сигнал.



Линейный фоточувствительный прибор с переносом заряда содержит два идентичных прибора, расположенных параллельно друг другу на расстоянии 150 мкм и имеющих независимое управление. Количество фоточувствительных элементов в каждой линейке – 2048. Размер фоточувствительной области линейки 0,05 × 26,6 мм.

Дипазон рабочих температур преобразователя – от –50 до +50 °С.

ФППЗ «Кандела» ориентирован на применение в оптоэлектронных системах с увеличенным пространственным разрешением.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.123. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приборов даны на рис. 2.3.170.

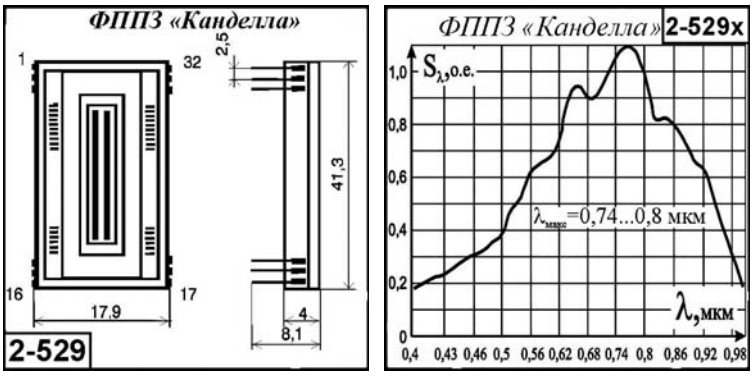


Рис. 2.3.170. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ «Кандела»

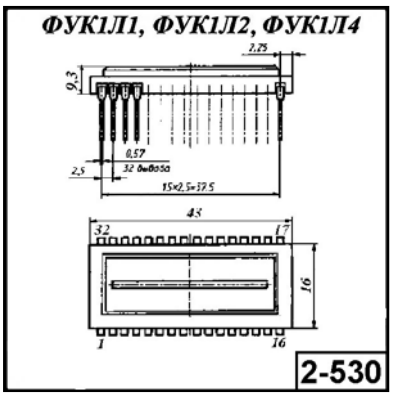
2.3.11.1.4. Фотоприемные устройства ФУК1Л1, ФУК1Л2, ФУК1ЛЗ-1, ФУК1ЛЗ-2, ФУК1ЛЗ-3, ФУК1Л4 [Δλ = 0,25–1,1 мкм]

Многоэлементные линейные фотоприемные устройства серии ФУК1Л1–ФУК1Л4 предназначены для преобразования оптического излучения в видеосигнал в спектральном диапазоне 0,25–1,1 мкм.

Фотоприемные устройства размещаются в стандартном 32-выводном герметичном металлокерамическом корпусе, снабженном стеклянным входным окном. В ФПУ ФУК1ЛЗ-1, ФУК1ЛЗ-2, ФУК1ЛЗ-3 в качестве входного окна используется кварцевое стекло.

Фотоприемные устройства серии ФУК1Л1–ФУК1Л4 применяются в устройствах автоматики и робототехники, устройствах позиционирования для измерения геометрических размеров и перемещений, для ввода оптической информации, считывания одно-, двумерных изображений, в измерительной аппаратуре.

Основные параметры фотоприемных устройств серии ФУК1Л-х приведены в табл. 2.3.126. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ даны на рис. 2.3.171 и 2.3.172. В табл. 2.3.127–2.3.129 указаны назначение выводов и рабочие режимы ФПУ.



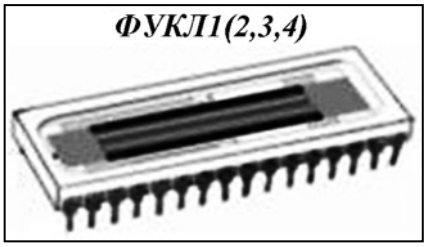


Рис. 2.3.171. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ ФУК1Л1, ФУК1Л2 и ФУК1Л4

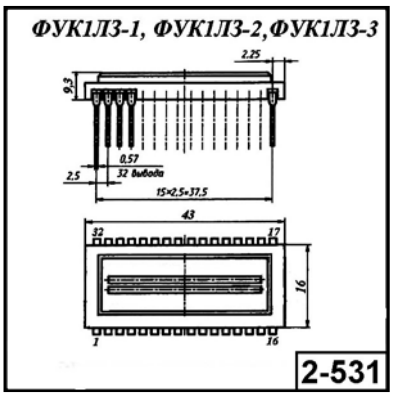


Рис. 2.3.172. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ ФУК1Л3-1, ФУК1Л3-2 и ФУК1Л3-3

Таблица 2.3.126. Основные параметры фотоприемных устройств серии ФУК1Л-х при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Рабочий спектральный диапазон, мкм	Размеры ф. ч. э., мкм	Количество ф. ч. э.	Шаг, мкм	Токовая монохроматическая чувствительность на λ = 0,38–0,53 мкм, А/Дж, не менее	Разброс чувствительности, %, не более	Среднее значение темнового тока, мА	Среднее значение энергии насыщения по всем фотоячейкам, Дж	Динамический диапазон, о. е., не менее	Максимальная частота опроса, МГц	Кол-во выходов	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, корпуса, мм, [масса, г], не более {№ рисунка}
ФУК1Л1	0,3–1,1	20 × 20	1024	25	$1 \cdot 10^7$	20	0,5–2	$2 \cdot 10^{-12}$ – $2 \cdot 10^{-11}$	1000	7	2	–45...+55	43 × 16 × 9,3 [6,5] {2-530}
ФУК1Л2		20 × 150	1024	25	$3 \cdot 10^7$								
ФУК1Л3-1	0,25–1,1	10 × 10	2560	12,5	$1 \cdot 10^8$	30	< 2		5000	10	1		43 × 16 × 9,3 [6,5] {2-531}
ФУК1Л3-2		10 × 1000	2560	12,5	$2 \cdot 10^8$	30	< 1,5		5000	10	1		
ФУК1Л3-3		6 × 6 (в два ряда)	5120	6	$1 \cdot 10^8$	30	< 2		5000	10	2		
ФУК1Л4	0,25–1,1	20 × 1000	1024	25	$1 \cdot 10^8$	30	< 2	10	5000	10	1		43 × 16 × 9,3 [6,5] {2-530}

Таблица 2.3.127. Назначение выводов и рабочие режимы ФПУ ФУК1Л1, ФУК1Л2

Вывод	Назначение	Режим
7	Напряжение смещения подложки, 0	0
8	Напряжение запуска регистра считывания, импульсное, В	+12
9	Напряжение тактового сигнала регистра считывания, импульсное, В	+12
10	Напряжение тактового сигнала регистра считывания, импульсное, В	+12
11	Общий вывод регистра считывания, В	0
12	Технологический. Выход с регистра считывания	–
13	Напряжение выходное	–
14	Напряжение выходное	–
15	Напряжение питания, В	+9
16	Напряжение питания, В	+9
19	Напряжение смещения фотодиодов, В	+6
20	Напряжение смещения фотодиодов, В	+6
21	Технологический. Выход с регистра стирания	–

Таблица 2.3.127. (окончание)

Вывод	Назначение	Режим
23	Напряжение тактового сигнала регистра стирания, импульсное, В	+12
22	Общий вывод регистра считывания	0
24	Напряжение тактового сигнала регистра стирания, импульсное, В	+12
25	Напряжение запуска регистра стирания, импульсное, В	+12
26	Напряжение смещения подложки, В	0
1–6, 17, 18, 27–32	Свободные	–

Таблица 2.3.128. Назначение выводов и рабочие режимы ФПУ ФУК1ЛЗ-1, ФУК1ЛЗ-2, ФУК1ЛЗ-3

Вывод		Назначение	Режим	
ФУК1ЛЗ-1, ФУК1ЛЗ-2			не менее	не более
ФУК1ЛЗ-3				
1	32	Напряжение управления узлом антиблюминга, постоянное, В	+10	+15
2	31	Напряжение управления затворами нечетных интеграторов, импульсное, В* верхний уровень нижний уровень	+5,0	+15
3	30	Напряжение управления затворами четных интеграторов, импульсное, В*		
		–верхний уровень	+5	+15
		–нижний уровень	0	+10
4	29	–общий	0	
5	28	Напряжение запуска регистра считывания, импульсное, В	+10	+15
6	27	Напряжение 1-фазовое регистра считывания, импульсное В	+10	+15
7	26	Напряжение 2-фазовое регистра считывания, импульсное, В	+10	+15
8	25	Контрольный выход сдвигового регистра, В ($R_н$ = 10 кОм)	–	
9	24	Напряжение стробирования, В	0	
10	23	Напряжение питания, постоянное, В	+10	+15
11	22	Выход токовый ($R_н$ = 560 Ом – 6,8 кОм)	–	
12	21	Напряжение сброса, импульсное, В	+10	+15
13	20	Напряжение смещения, импульсное, В*	+5	+15
14	19	Напряжение управления переносом заряда, импульсное, В*	+2	+15
15	18	Напряжение разрешения считывания, импульсное, В*	+0,5	+10
16	17	Напряжение питания узла антиблюминга, В	0	

Примечание: * регулируемые уровни напряжений.

Таблица 2.3.129. Назначение выводов и рабочие режимы ФПУ ФУК1Л4

Вывод	Назначение	Режим	
		не менее	не более
1	Напряжение питания узла антиблюминга, постоянное, В	0	
2	Напряжение управления затворами нечетных интеграторов, импульсное, В* (верхний уровень, нижний уровень)	+5	+25
3	Напряжение управления затворами четных интеграторов, импульсное, В* (верхний уровень, нижний уровень)	+5	+25
4	Напряжение 2-фазовое регистра считывания, импульсное, В	+10	+15
5	Напряжение 1-фазовое регистра считывания, импульсное, В	+10	+15
6	Общий	0	
7	Свободный	–	

Таблица 2.3.129. (окончание)

Вывод	Назначение	Режим	
		не менее	не более
8	Напряжение запуска регистра считывания, импульсное, В	+10	+15
9	Контрольный выход сдвигового регистра, В ($R_н$ = 10 кОм)	–	
10	Напряжение питания повторителя постоянное, В	+10	+15
11	Выход токовый ($R_н$ = 560 Ом – 6,8 кОм)	–	–
12	Напряжение смещения, В*	+5	+15
13	Напряжение сброса, импульсное, В	+10	+15
14	Напряжение управления переносом заряда четных интеграторов, импульсное, В*	+2	+10
15	Напряжение управления переносом заряда нечетных интеграторов, импульсное, В*	+2	+10
16	Напряжение разрешения считывания, импульсное, В*	+0,5	+10

Примечание: * регулируемые уровни напряжений.

2.3.11.1.5. Линейные ФПЗС типа MPL1024B, MPL1024S, MPL2048B, MPL2048S, MPL4096S, MPL4096H, MPL6144H, MPL8192H, MPL12288H [Δλ = 0,35–1,1 мкм]

Многоэлементные линейные фоточувствительные приборы с зарядовой связью серии MPL-XXXX предназначены для преобразования оптического излучения в видеосигнал в спектральном диапазоне 0,35–1,1 мкм.

Приборы серии MPL-XXXX отличаются так называемой «комбинированной» организацией, характеризующейся наличием билинейного считывания информации с единого линейного массива фоточувствительных элементов и ее мультиплексированием в зарядовой форме перед детектированием в одном выходном устройстве.

Все приборы оснащены устройством антиблуминга, способным работать в режиме электронного затвора.

Приборы размещаются в стандартных герметичных металлокерамических DIP-корпусах, снабженных стеклянным входным окном.

Многоэлементные линейные фоточувствительные приборы серии MPL-XXXX применяются в устройствах автоматики и робототехники, устройствах позиционирования для измерения геометрических размеров и перемещений, для ввода оптической информации, считывания одно-, двумерных изображений, в измерительной аппаратуре.

Основные параметры ФПЗС серии MPL-XXXX приведены в табл. 2.3.130. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ даны на рис. 2.3.173–2.3.175. Назначение выводов приборов приведено в табл. 2.3.131–2.3.133.

Таблица 2.3.130. Основные параметры ФПЗС серии MPLXXX при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра								
	MPL1024B	MPL1024S	MPL1048B	MPL1048S	MPL4096S	MPL4096H	MPL6144H	MPL8192H	MPL12288H
Область спектральной чувствительности, мкм	0,35–1,1	0,35–1,1	0,35–1,1	0,35–1,1	0,35–1,1	0,35–1,1	0,35–1,1	0,35–1,1	0,35–1,1
Число фоточувствительных элементов, шт.	1024 × 1	1024 × 1	2048 × 1	2048 × 1	4096 × 1	4096 × 1	6144 × 1	8192 × 1	12288 × 1
Размер фоточувствительного элемента, мкм	13 × 13	13 × 13	13 × 13	13 × 13	13 × 13	6,5 × 6,5	6,5 × 6,5	6,5 × 6,5	6,5 × 6,5

Таблица 2.3.130. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра								
	MPL1024B	MPL1024S	MPL1048B	MPL1048S	MPL4096S	MPL4096H	MPL6144H	MPL8192H	MPL12288H
Чувствительность, В/мкДж/см^2, не менее	4,0	7,0	4,0	7,0	7,0	7,0	10	–	–
Чувствительность, S_u, В/лк·с, не менее	–	–	–	–	–	4	4	4	4
Напряжение насыщения, В, не менее	2,4	1,0	2,4	1,0	1,0	0,7	0,7	1,0	1,0
Неравномерность темнового сигнала, мВ, не более	10	10	10	10	10	10	15	–	–
Неравномерность чувствительности, %, не более	5	5	5	5	5	15	10	–	–
Коэффициент передачи модуляции, %, не менее	–	–	–	–	–	60	60	60	60
Неравномерность выходного сигнала, %, не более	–	–	–	–	–	15	15	15	15
Неравномерность темнового сигнала (при времени накопления $t_н$ = 1мс), %, не более	–	–	–	–	–	1	1	1	1
Эффективность антиблуминга, Kа, отн. ед.	–	–	–	–	–	300	300	300	300
Максимальная тактовая частота, МГц	30 (15 × 2)	30	15	15	15	20	20	20	20
Электронный затвор	нет	есть	нет	есть	есть	есть	есть	есть	есть
Габаритные размеры (без выводов), мм, не более	32 × 14,7 × 3,5		41 × 14,7 × 3,5		62,5 × 14,7 × 3,5		–	–	–
№ рисунка	2-532		2-533		2-534		–	–	–

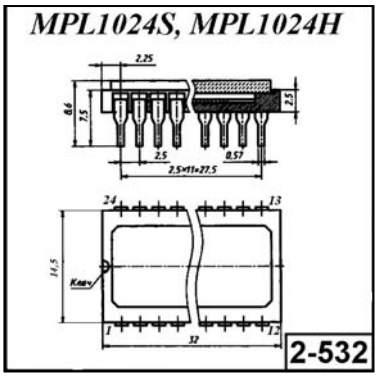


Рис. 2.3.173. Внешний вид и габаритные размеры MPL1024B, MPL1024S

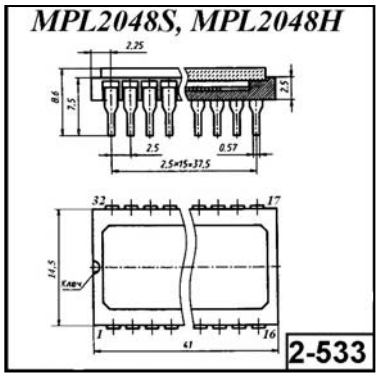


Рис. 2.3.174. Внешний вид и габаритные размеры MPL2048B, MPL2048S

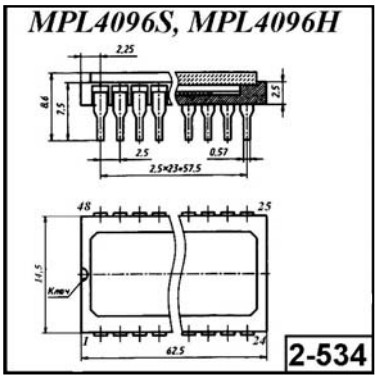


Рис. 2.3.175. Внешний вид и габаритные размеры MPL4096S, MPL4096H

Таблица 2.3.131. Назначение выводов MPL1024S(H)

Вывод	Назначение
2	Экран
7	Фотозатвор
6	Затвор антиблумигна
8	Затвор разрешающий
22	Входной диод
3	Первый входной затвор
4	Второй входной затвор

Таблица 2.3.131. (окончание)

Вывод	Назначение
17	Первая фаза
16	Вторая фаза
9	Выходной затвор
10	Затвор восстанавливающего транзистора
11	Сток восстанавливающего транзистора
23	Сток
14	Исток
15	Выход
21	Подложка
1, 5, 12, 13, 18, 19, 20, 24	Свободные

Таблица 2.3.132. Назначение выводов MPL2049S(H)

Вывод	Назначение
4	Экран
9	Фотозатвор
8	Затвор антиблумигна
10	Затвор разрешающий
28	Входной диод
5	Первый входной затвор
6	Второй входной затвор
23	Первая фаза
22	Вторая фаза
11	Выходной затвор
12	Затвор восстанавливающего транзистора
13	Сток восстанавливающего транзистора
29	Сток
20	Исток
21	Выход
27	Подложка
1, 2, 3, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 30, 31, 32	Свободные

Таблица 2.3.133. Назначение выводов MPL4096S(H)

Вывод	Назначение
8	Экран
13	Фотозатвор
12	Затвор антиблумигна
14	Затвор разрешающий
40	Входной диод
9	Первый входной затвор
10	Второй входной затвор
35	Первая фаза
34	Вторая фаза
15	Выходной затвор
16	Затвор восстанавливающего транзистора
17	Сток восстанавливающего транзистора

Таблица 2.3.133. (окончание)

Вывод	Назначение
41	Сток
32	Исток
33	Выход
39	Подложка
1–7, 11, 18–31, 36–38, 42	Свободные

2.3.11.2. Матричные фоточувствительные приборы с зарядовой связью

2.3.11.2.1. Преобразователи матричные 1200ЦМ-1, 1200ЦМ-1А, 1200ЦМ2, 1200ЦМ-2А, 1200ЦМ-2Б, 1200ЦМ-7, 1200ЦМ-7А, 1200ЦМ-7Б, 1200ЦМ-8, Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3, К1200ЦМ-15

Основные параметры матричных преобразователей серии 1200ЦМ-Х приведены в табл. 2.3.134. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 2.3.176–2.3.181. В таблицах 2.3.135–2.3.137 указаны рабочие режимы и назначение выводов некоторых типов приборов.

Таблица 2.3.134. Основные параметры преобразователей серии 1200ЦМ-Х при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [λмакс, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, [шаг дискретизации], мкм	Размер изображения, мм	Световая чувствительность (ист. типа «А»), мВ/лк	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В, не менее	Пороговая экспозиция, лк·с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции, %, не менее	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
1200ЦМ-1	0,5–1,0	288 × 232	21 × 21	н/д	3 мВ/лк	3	5–20	0,08	0,05 лк	[2 мВ]	30	–	–60…+60	14,7 × 29,2 × 5,5 [6] {2-535}
1200ЦМ-1А	0,5–1,0	288 × 230	21 × 21	н/д	20 мВ/лк	3	5–20	0,08	0,05 лк	1,2 мВ	50	–	–60…+60	14,7 × 29,2 × 5,5 [6] {2-535}
1200ЦМ2	0,5–1,0	576 × 360	19 × 18	8,6 × 12	3 мВ/лк	3	5–20	0,08	0,05 лк	12 [7]	30	11	–60…+60	24,7 × 42,5 × 5,6 [15] {2-536}
1200ЦМ-2А 1200ЦМ-2Б	0,5–1,0	576 × 360	21 × 21	8,6 × 12	10 мВ/лк	3	5–20	0,08	0,05 лк	15 [7]	35	–	–60…+60	24,7 × 42,5 × 5,6 [15] {2-536}
1200ЦМ-7	0,55–1,1	442 × 288	17 × 22	н/д	30 мВ/лк	3	5–20	0,08	$5\cdot10^{-4}$	15 [7]	–	8,5	–60…+60	14 × 43 × 5,6 {2-537}
1200ЦМ-7А 1200ЦМ-7Б	0,5–1,1	580 × 360	18 × 19	н/д	10 мВ/лк	3	5–20	0,08	–	15 [7]	–	10,5	–60…+60	
1200ЦМ-8	0,5–1,1	2 × (144 × 256)	18 × 24	н/д	0,3 В·м^2·Вт$^{-1}$	3	30	0,1	–	15 [5]	35	6	–60…+60	5 × 14 × 19,5 [6] {2-538}
Б1200ЦМ9-3 Б1200ЦМ10-3	0,4–1,1 [0,85–0,94]	256 × 128	19 × 18	н/д	40 В·м^2·Вт$^{-1}$	3	30	0,1	–	0,1 [20 мВ]	40	–	–50…+50	б/к [0,3] {2-540}
К1200ЦМ-15	0,5–1,0	580 × 442	19 × 22	н/д	15 мВ/лк	3	18	0,2	–	[20]	53	–	–40…+60	5 × 20 × 20,75 [6] {2-539}

2.3.11.2.1.1. Преобразователи матричные 1200ЦМ1 [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,0 мкм]

Преобразователи матричные 1200ЦМ1 предназначены для использования в различной телевизионной и оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,5 до 1 мкм.

Преобразователь представляет собой фотоприемную матрицу с числом элементов 288 × 232. Матрица содержит секцию накопления, секцию памяти, верхний и нижний выходные регистры. Преобразователи построены на приборах с зарядовой связью. Схема питания матрицы трехфазная.

В течение прямого хода кадровой развертки происходит накопление фотогенерированных зарядов в секции накопления, в течение обратного хода – их параллельный перенос в секцию хранения. Во время последующего цикла накопления заряды из секции хранения построчно за время хранения строчной развертки поступают в выходной регистр, который последовательно их выводит.

Выходное устройство выполнено по принципу устройства с «плавающей диффузией», что обеспечивает низкий уровень собственных шумов и высокую пороговую чувствительность. Благодаря симметричной конструкции секции накопления и памяти схему можно использовать в качестве аналогового ЗУ.

Преобразователи размещены в 24-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.134. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.176. Назначение выводов фотоприемной матрицы – в табл. 2.3.135. Рабочие режимы работы 1200ЦМ1 указаны в табл. 2.3.136.

Таблица 2.3.135. Назначение выводов 1200ЦМ1

Вывод	Назначение
1	Затвор транзистора сброса
2	Первый фазный электрод нижнего регистра
3	Второй фазный электрод нижнего регистра
4	Третий фазный электрод нижнего регистра
5	Входной диод нижнего регистра
6	Входной затвор нижнего регистра
7	Первый фазный электрод секции накопления
8	Второй фазный электрод секции накопления
9	Третий фазный электрод секции накопления
10	Второй входной затвор верхнего регистра
11	Первый входной затвор верхнего регистра
12	Входной диод верхнего регистра
13	Третий фазный электрод верхнего регистра
14	Второй фазный электрод верхнего регистра
15	Первый фазный электрод верхнего регистра
16	Первый фазный электрод секции накопления
17	Второй фазный электрод секции накопления
18	Третий фазный электрод секции накопления
19	Подложка
20	Выходной затвор
21	Выход видеосигнала основной
22	Питание усилительных транзисторов
23	Выход видеосигнала компенсационный
24	Питание транзистора сброса

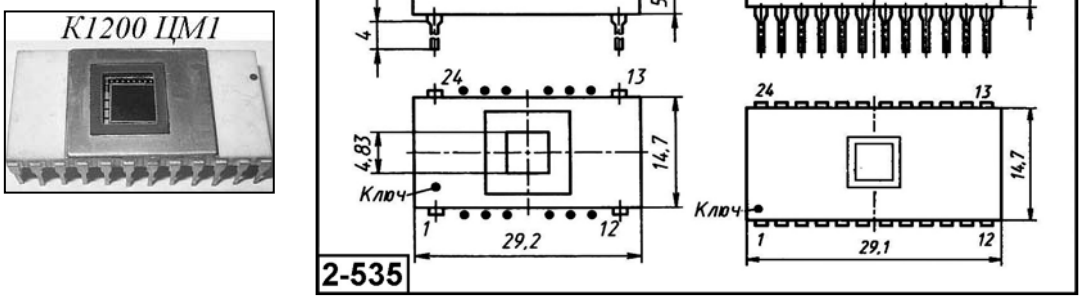


Рис. 2.3.176. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦМ1

Таблица 2.3.136. Рабочие режимы 1200ЦМ1

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Вывод
Напряжение сброса, В:		
–верхний уровень	–18...–30	1
–нижний уровень	0...–5	1
Напряжение на фазных электродах нижнего регистра, В:		
–верхний уровень	–12...–22	2, 3, 4
–нижний уровень	0...–4	2, 3, 4
Напряжение на входном диоде нижнего регистра, В	0	5
Напряжение на входном затворе нижнего регистра, В	0	6
Верхний уровень напряжения накопления и переноса, В	–12...–20	7, 8, 9
Нижний уровень напряжения переноса, В	0...–4	7, 8, 9
Напряжение обогащения, В	0...–4	7, 8, 9
Напряжение на входном затворе верхнего регистра, В	0	10
Напряжение на входном затворе нижнего регистра, В	0	11
Напряжение на входном диоде верхнего регистра, В	0	12
Напряжение на фазных электродах верхнего регистра, В	0	13, 14, 15
Верхний уровень напряжения хранения и переноса, В	–15...–25	16, 17, 18
Нижний уровень напряжения хранения, В	0...–8	16, 17, 18
Нижний уровень напряжения переноса, В	0...–4	16, 17, 18
Напряжение подложки, В	0...–5	19
Напряжение на выходном затворе нижнего регистра, В	–4...–18	21
Напряжение на стоках усилительных транзисторов, В	–14...–26	22
Напряжение на стоке транзистора сброса	–15...–28	24

2.3.11.2.1.2. Преобразователи матричные 1200ЦМ2А, 1200ЦМ2Б [Δλ = 0,5–1,0 мкм]

Преобразователи матричные 1200ЦЛ12А, 1200ЦМ2Б предназначены для использования в различной телевизионной и оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,5 до 1 мкм.

Приборы 1200ЦМ2А и 1200ЦМ2Б различаются между собой допустимым количеством дефектных элементов. Суммарное количество дефектов по полю и строкам для 1200ЦМ2А – 49 шт., а для 1200ЦМ2Б – 63 шт.

Организация преобразователей. Преобразователи представляют собой фотоприемную матрицу с числом элементов 576 × 360. Матрица содержит секцию накопления, секцию хранения и выходной регистр. Преобразователи построены на приборах с зарядовой связью. Схема питания матрицы трехфазная.

Благодаря симметричной конструкции секции накопления и секции хранения приборы могут использоваться в качестве аналогового ЗУ.

Преобразователи размещены в 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе, имеющем стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.134. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.177. Назначение выводов фотоприемной матрицы – в табл. 2.3.137. Рабочие режимы работы 1200ЦМ2 указаны в табл. 2.3.138.

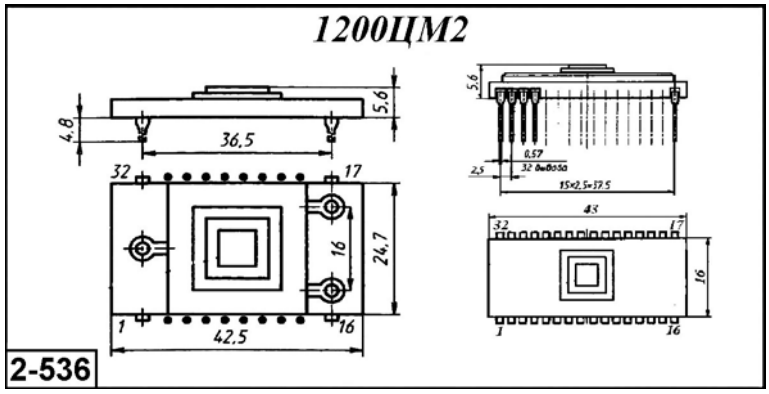


Рис. 2.3.177. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦМ2

Таблица 2.3.137. Назначение выводов 1200ЦМ2

Вывод	Назначение
1	Подложка
2, 10	Третий затвор регистра
3, 13	Затвор транзистора сброса
4	Не подключать
5	Второй фазный электрод секции накопления
6, 26	Третий фазный электрод секции накопления
7	Первый фазный электрод секции накопления
8	Сток усилительных транзисторов
9	Сток транзистора сброса
11, 12, 14	Не подключать
15	Диод антиблуминга
16, 30	Третий фазный электрод регистра
17, 32	Первый фазный электрод регистра
18, 31	Второй фазный электрод регистра
23	Третий фазный электрод секции хранения
24	Второй фазный электрод секции хранения
25	Первый фазный электрод секции хранения
19, 20, 21, 22, 27, 28, 29	Выводы используются для ввода сигнала при применении приборов в качестве запоминающих устройств

Таблица 2.3.138. Рабочихе режимы 1200ЦМ2

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Выводы
Напряжение накопления и переноса, В:		
–нижний уровень	–8…–20	5, 6, 7, 26
–верхний уровень	–10…–20	23, 24, 25
Напряжение переноса, В:		
–нижний уровень	0…–8	5, 6, 7, 26
–верхний уровень	0…–6	23, 24, 25

Таблица 2.3.138. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Выводы
Напряжение обогащения, В	–2...+2	5, 6, 7, 26
Напряжение на нехранящих фазах, В	0...–3	23, 24, 25
Напряжение на затворе транзистора сброса, В		
–верхний уровень	–8...–20	3, 13
–нижний уровень	0...–8	3, 13
Напряжение сброса, В:		
–верхний уровень	–8...–20	16, 17,18, 30, 31, 32
–нижний уровень	0...–5	16, 17,18, 30, 31, 32
Напряжение на подложке, В	0–5	1
Напряжение на стоке транзистора сброса, В	–8...–20	9
Напряжение на затворе регистра, В	–3...–15	2, 10
Напряжение на стоке усилительного транзистора, В	–7...–20	8
Напряжение на диоде антиблуминга, В	0...–10	15

Примечание. Напряжения смещения иа электродах прибора отсчитываются от общей точки генератора управляющих сигналов с нулевым потенциалом.

2.3.11.2.1.3. Преобразователи матричные 1200ЦМ-7А, 1200ЦМ-7Б [Δλ = 0,55–1,1 мкм]

Преобразователи матричные 1200ЦМ-7А, 1200ЦМ-7Б предназначены для использования в телевизионной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,55 до 1,1 мкм.

Приборы 1200ЦМ-7А, 1200ЦМ-7Б отличаются друг от друга количеством дефектных элементов в изображении.

Организация преобразователей. Преобразователи представляют собой матрицу, содержащую: фоточувствительную секцию накопления с числом элементов разложения 286 на 360 размером 18 × 19 мкм, что обеспечивает разрешающую способность в 576 строк по вертикали при чересстрочной развертке; секцию памяти с числом элементов 288 × 360 размером 18 × 19 мкм; входной регистр (регистр 2) с числом элементов 375 размером 19 × 75 мкм; выходной регистр (регистр 3) и дополнительный регистр (регистр 1), число и размеры элементов которых равны числу и размерам элементов регистра 2; три одинаковых входных и выходных устройства, по одному на каждый регистр; затвор, отделяющий регистр 3 от секции накопления; компенсационное однокаскадное выходное устройство. Схема питания прибора – трехфазная.

Преобразователи размещены в стандартном 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе с оптическим окном.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.134. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.178. Рабочие режимы и назначение выводов фотоприемной матрицы – в табл. 2.3.139.

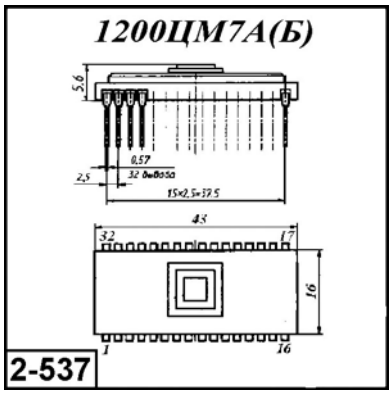


Рис. 2.3.178. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦМ7А(Б)

Таблица 2.3.139. Рабочие режимов 1200ЦМ7

Наименование параметра. Единица измерения	Импульсное смещение, В		Напряжение обогащения, В	Вывод
	нижний уровень	верхний уровень		
Импульсное напряжение на первой фазе секции накопления	–8...–20	0...–20	2...–2	7
Импульсное напряжение на второй фазе секции накопления	–8...–20	0...–20	2...–2	5
Импульсное напряжение на третьей фазе секции накопления	–8...–20	0...–20	2...–2	6, 26
Импульсное напряжение на первой фазе секции хранения	–10...–20	0...–6	0...–2	25
Импульсное напряжение на второй фазе секции хранения	–10...–20	0...–6	0...–2	24
Импульсное напряжение на третьей фазе секции хранения	–10...–20	0...–6	0...–2	23
Импульсное напряжение на затворе транзистора сброса первого и второго регистров	–8...–20	0...–8		13
Импульсное напряжение на первой фазе первого и второго регистров	–8...–20	0...–8		17
Импульсное напряжение на второй фазе первого и второго регистров	–8...–20	0...–8		18
Импульсное напряжение на третьей фазе первого и второго регистров	–8...–20	0...–8		16
Постоянное напряжение на подложке	–	–	0–5	1
Постоянное напряжение на стоке транзистора сброса первого, второго и третьего регистров	–	–	–8...–20	9
Постоянное напряжение на третьем затворе первого, второго и третьего регистров	–	–	–3...–15	2, 10
Постоянное напряжение на стоке усилительных транзисторов первого, второго и третьего регистров	–	–	–7...–20	6
Постоянное напряжение на диноде антиблуминга	–	–	0...–10	–

Примечание: напряжение смещения отсчитывается от общей точки генератора управляющих сигналов с нулевым потенциалом.

Выводы 19, 20, 21, 22, 27, 28 и 29 используются при применении приборов в запоминающих устройствах.

2.3.11.2.1.4. Преобразователи матричные 1200ЦМ8 [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,0 мкм]

Преобразователи матричные 1200ЦМ8 представляют собой многоэлементные кремниевые фотоэлектрические приборы с самосканированием на принципе переноса заряда. Приборы предназначены для использования в различной телевизионной и оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,5 до 1 мкм.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом планарном корпусе с оптическим окном.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.134. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис 2.3.179. Назначение выводов 1200ЦМ8 указано в табл. 2.3.140.

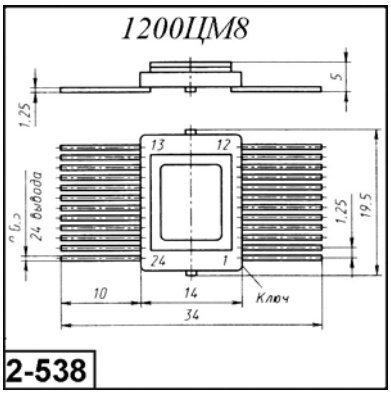


Рис. 2.3.179. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦМ8

Таблица 2.3.140. Назначение выводов 1200ЦМ8

Вывод	Назначение
1	Второй входной затвор выходного регистра
2	Первая фаза секции памяти
3	Первая фаза секции регистра

Таблица 2.3.140. (окончание)

Вывод	Назначение
4	Второй входной затвор среднего регистра
5	Входной диод
6	Первый входной затвор регистров
7	Третья фаза регистров
8	Вторая фаза регистров
9	Первая фаза секции накопления
10	Вторая фаза секции накопления
11	Третья фаза секции накопления
12	Второй входной затвор входного регистра
13	Исток сигнального транзистора входного регистра
14	Выходной затвор матрицы
15	Выходной затвор регистров
16	Исток сигнального транзистора среднего регистра
17	Сток сигнальных транзисторов
18	Сток восстанавливающих транзисторов
19	Подложка
20	Затвор восстанавливающих транзисторов
21	Входной затвор матрицы
22	Вторая фаза секции памяти
23	Третья фаза секции памяти
24	Исток сигнального транзистора выходного регистра

2.3.11.2.1.5. Преобразователи матричные К1200ЦМ-15 [Δλ = 0,5–1,0 мкм]

Преобразователи матричные К1200ЦМ-15 представляют собой многоэлементные кремниевые фотоэлектрические приборы с самосканированием на принципе переноса заряда. Приборы предназначены для использования в различной телевизионной и оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,5 до 1 мкм.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.134. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.3.180.

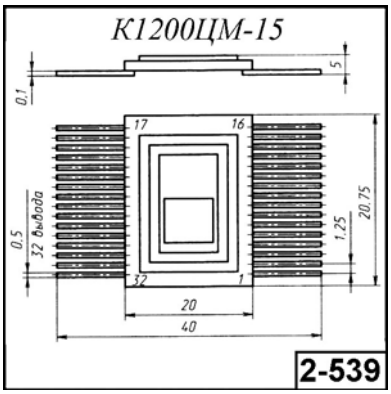


Рис. 2.3.180. Внешний вид и габаритные размеры 1200ЦМ15

2.3.11.2.1.6. Преобразователи матричные Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3 [Δλ = 0,4–1,1 мкм]

Преобразователи матричные Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3 предназначены для использования в телевизионной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,1 мкм.

Преобразователи выполнены в бескорпусном исполнении на кристаллодержателях с жесткими выводами двух типов, отличающихся расположением контактных площадок:

- со стороны выходного регистра для Б1200ЦМ9-3;
- со стороны, противоположной выходному регистру для Б1200ЦМ10-3.

Организация преобразователя. Преобразователи представляют собой матрицу, содержащую: фотоприемную матричную секцию, включающую 256 столбцов по 128 эле-

ментов; выходной затвор матрицы, выходной сдвиговый регистр, устройство вывода информации в выходной сдвиговый регистр и устройство вывода информации из выходного сдвигового регистра. Схема питания прибора – трехфазная.

Число шагов накопления в столбцах матричной секции может принимать значения 16, 32, 64, 128.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.134. Внешний вид приборов показан на рис. 2.3.181. Рабочие режимы работы Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3 указаны в табл. 2.3.141.

Таблица 2.3.141. Рабочие режимы Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3

Наименование параметра. Единица измерения	Постоянное напряжение, В	Импульсное смещение, В		Вывод
		нижний уровень	верхний уровень	
Напряжение на входном диоде	–2...–16	–	–	
Напряжение на входном затворе	–2...–7	–	–	
Напряжение на затворе нагрузочного транзистора	–3...–7	–	–	
Напряжение на выходном затворе регистра	–3...–10	–	–	
Напряжение на стоке восстанавливающего транзистора	–7...–13	–	–	
Напряжение на стоке сигнального транзистора	–7...–15	–	–	
Напряжение на первом затворе восстанавливающего транзистора	–15...–25	–	–	
Напряжение на первой фазе матрицы	–	–0,5...–5	–5...–25	
Напряжение на второй фазе матрицы	–	–0,5...–5	–5...–25	
Напряжение на третьей фазе матрицы	–	–0,5...–5	–5...–25	
Напряжение на выходном затворе матрицы	–	–0,5...–5	–5...–25	
Напряжение на первой фазе регистров	–	–0,5...–5	–5...–25	
Напряжение на второй фазе регистров	–	–0,5...–5	–5...–25	
Напряжение на третьей фазе регистров	–	–0,5...–5	–5...–25	
Напряжение на втором затворе восстанавливающего транзистора	–	–1,5...–5	–15...–25	

Примечание. Предельные значения электрических режимов: постоянный уровень напряжения – не более 30 В, импульсное смещение по верхнему уровню – не более 30В.

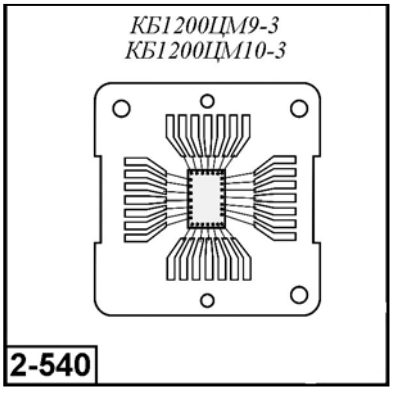


Рис. 2.3.181. Внешний вид преобразователей Б1200ЦМ9-3, Б1200ЦМ10-3, размещенных на технологическом носителе

2.3.11.2.2. Преобразователи матричные ФПЗС1М-А, ФПЗС1М-Б, ФПЗС1М-В, ФПЗС3М ФПЗС3М-1, ФПЗС4М, ФПЗС-4М, ФПЗС5М, ФПЗС5М-1, ФПЗС5М-2, ФПЗС6М, ФПЗС6М-1

Основные параметры матричных преобразователей серии ФПЗС-Х приведены в табл. 2.3.142. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ даны на рис. 2.3.182–2.3.186. В табл. 2.3.142–2.3.150 указаны рабочие режимы и назначение выводов некоторых типов приборов.

Таблица 2.3.142. Основные параметры матричных преобразователей серии ФПЗС-Х при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, [шаг дискретизации], мкм	Размер изображения, мм	Световая чувствительность (ист. типа «А»), мВ/лк	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В, не менее	Пороговая экспозиция по флуктуационному шуму, Дж/см^2	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции по горизонтали на частоте Найквиста, %	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
ФПЗС1М-А	0,48–1,0 [0,7–0,8]	512 × 576	18 × 24	9,2 × 6,9	20 мВ/лк	3	0	0,1	–	20 [20]	44	–	4,8 × 24 × 36,5 [14] {2-541}
ФПЗС1М-Б													
ФПЗС1М-В													
ФПЗС3М ФПЗС3М-1	0,4–1 [0,7–0,8]	288 × 256	24 × 30	4,3 × 5,9	30 мВ/лк		5–20	0,12	–	10 [10]	40	–	2,98 × 15,75 × 19,5 [3] {2-542}
ФПЗС4М	0,4–1 [0,8–0,9]	576 × 512	н/д	н/д	32 мВ/лк	3	10–15	0,1	–	20 [20]	45	–	4,5 × 25,7 × 42,5 [12] {2-543}
ФПЗС-4М					40 мВ/лк				–				
ФПЗС5М	0,4–1,05 [0,7–0,75]	512 × 287	н/д	н/д	1 Вт·см^2/мкДж	3	24	0,12	$2\cdot10^{-9}$	10 [5]	45	1 мкс	3 × 15,75 × 19,5 [5] {2-544}
ФПЗС5М-1									$2\cdot10^{-9}$	15 [10]	45		
ФПЗС5М-2									$3\cdot10^{-9}$	20 [15]	35		
ФПЗС6М	0,45–1,0 [0,7–0,85]	288 × 256	н/д	н/д	0,15 1,0 Вт·см^2/мкДж	3	24	0,15	–	10 [10]	–	1 мкс	3 × 15,75 × 19,5 [5] {2-545}
ФПЗС6М-1	0,5–1,0				0,24 1,0 Вт·см^2/мкДж								

2.3.11.2.2.1. Преобразователи матричные ФПЗС1М-А, ФПЗС1М Б, ФПЗС1М-В [$\Delta\lambda$ = 0,48–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,85 мкм]

Преобразователи матричные ФПЗС1М-А, ФПЗС1М-Б, ФПЗС1М-В предназначены для использования в передающей аппаратуре черно-белого телевидения, работающей в спектральном диапазоне от 0,48 до 1,0 мкм.

Преобразователи ФПЗС1М-А, ФПЗС1М-Б и ФПЗС1М-В различаются между собой числом допустимых дефектных площадок.

Организация преобразователя. Преобразователи представляют собой фотоприемную матрицу с числом элементов 512 × 576. Матрица содержит секцию накопления, секцию памяти, верхний и нижний выходные регистры. Регистры имеют свои входные устройства и устройства формирования выходного сигнала.

Схема питания матрицы трехфазная, с кадровым переносом накопленной информации. Вывод зарядов осуществляется через регистр, примыкающий к секции памяти. Верхняя и нижняя половины матрицы симметричны. Любая из половин может служить как для накопления, так и для хранения зарядов, что позволяет выбирать оптимальное положение матрицы, при котором воспроизводимое изображение получается наилучшим. При работе преобразователя в телевизионном режиме принимаемое изображение проецируют на секцию накопления.

Преобразователи размещены в стандартном 48-выводном металлостеклянном корпусе типа 421-48-3. В крыше корпуса имеется стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.142. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ приборов даны на рис. 2.3.182. Назначение выводов – в табл. 2.3.143. Характеристика допустимых дефектов приведена в табл. 2.3.144. Рабочие режимы работы указаны в табл. 2.3.145.

Таблица. 2.3.143. Назначение выводов ФПЗС1М

Вывод	Назначение
2, 27	Подложка
3, 26	Вторые выходные затворы
4, 25	Первые выходные затворы
5, 24	Сток (исток) выходного транзистора регистра
6, 23	Затвор сбросового транзистора
7, 22	Сток выходного регистра
8, 21	Исток (сток) выходного транзистора регистра
9, 4	Первые фазные электроды секции памяти
10, 39	Вторые фазные электроды секции памяти
11, 38	Третьи фазные электроды секции памяти
12, 37	Разделительный электрод
13, 36	Третьи фазные электроды секции накопления
14, 35	Первые фазные электроды секции накопления
15, 34	Вторые фазные электроды секции накопления
16, 41	Вторые входные затворы
17, 42	Первые входные затворы
18, 43	Исток выходного регистра
19, 44	Третьи фазные электроды выходного регистра
20, 45	Вторые фазные электроды выходного регистра
21, 46	Первые фазные электроды входного регистра
22, 47	Подложка

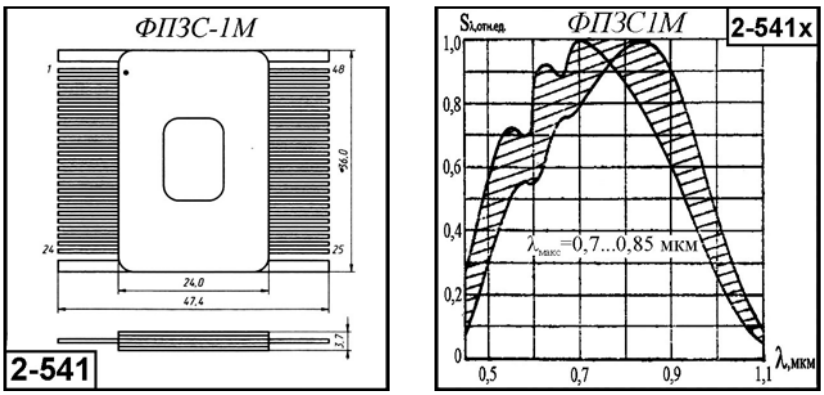


Рис. 2.3.182. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПЗС1М

Таблица 2.3.144. Характеристика допустимых дефектов ФПЗС1М-А, ФПЗС1М-Б и ФПЗС1М-В

Тип прибора	Количество допускаемых дефектов		
	зона I	зона II	зона III
ФПЗС1М-А	Нет	Нет	Не более 10 дефектов п. 2 примечаний
ФПЗС1М-Б	Не более 2 дефектов п. 2 примечаний	Не более 10 дефектов п. 2 примечаний	Суммарная площадь, занимаемая дефектами по пп. 2 и 3 примечаний, более 2% от площади зоны III
ФПЗС1М-В	Не более 20 дефектов по п. 2 примечаний. Не более 2 дефектов по п. 3 примечаний	Не более 20 дефектов по п. 2 и не более 3 дефектов по п. 3 примечаний	Суммарная площадь, занимаемая дефектами по пп. 2 и 3 примечаний, более 5% от площади зоны III

Примечания:

1. Площадь воспроизводимого изображения разбивается на три центрированные неперекрывающиеся зоны с внешними линейными размерами, соответствующими следующим частям полного размера воспроизводимого изображения: 30% – зона I, 60% – зона II, 100% – зона III.
2. Допускаемый локальный дефект на поле изображения, имеющий вид пятна, не выходит за границы участка, соответствующего по площади 6 × 6 фоточувствительным элементам.
3. Допускаемый дефект на поле изображения, имеющий вид столбца, не выходит за границы участка, соответствующего двум смежным столбцам фоточувствительных элементов прибора.

Таблица 2.3.145. Рабочие режимы ФПЗС1М-А, ФПЗС1М-Б и ФПЗС1М-В

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Выводы
Постоянное напряжение на подложке, В	0	2, 22, 27, 47
Уровень накопления, В	5–15	13, 14, 15, 34, 35, 36
Уровень обогащения, В	1–5	13, 14, 15, 34, 35, 36
Нижний уровень импульсов вертикального переноса, В	1,5–7,5	9, 10, 11, 13, 14, 15, 34, 35, 36, 45, 46, 47
Верхний уровень импульсов вертикального переноса, В	12–18	9, 10, 11, 13, 14, 15, 34, 35, 36, 45, 46, 47
Нижний уровень импульсов выходного регистра, В	1,5–7,5	19, 20, 21, 45, 46, 47
Верхний уровень импульсов выходного регистра, В	12–20	19, 20, 21, 45, 46, 47
Постоянное напряжение на стоке, В	10–19	7, 22
Постоянное напряжение фона, В	3,5–10,5	16, 17, 41, 42
Постоянное напряжение на разделительных электродах выходного регистра, В	3–9	12, 37
Рабочий ток выходного транзистора, мА	1–2	8, 21

2.3.11.2.2.2. Преобразователи матричные ФПЗСЗМ, ФПЗСЗМ-1 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,8 мкм]

Преобразователи матричные ФПЗСЗМ предназначены для использования в передающей аппаратуре цветного и черно-белого телевидения, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,0 мкм.

Преобразователи ФПЗСЗМ и ФПЗСЗМ-1 различаются между собой количеством допустимых дефектных площадок.

Организация преобразователей. Преобразователи представляют собой фотоприемную матрицу с числом элементов 288 × 256. Матрица содержит секцию накопления, секцию памяти, верхний и нижний выходные регистры. Регистры имеют свои входные устройства и устройства формирования выходного сигнала.

Преобразователи построены на приборах с зарядовой связью. Схема питания матрицы трехфазная, с кадровым переносом накопленной информации.

Преобразователи размещены в стандартном 24-выводном металлокерамическом корпусе. В крыше корпуса имеется стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.142. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ приборов даны на рис. 2.3.183. Назначение выводов – в табл. 2.3.146. Характеристика допустимых дефектов приведена в табл. 2.3.147. Рабочие режимы работы указаны в табл. 2.3.148.

Таблица. 2.3.146. Назначение выводов ФПЗСЗМ

Вывод	Назначение
1	Первые фазные электроды верхнего выходного регистра
2	Вторые фазные электроды верхнего выходного регистра
3	Третьи фазные электроды верхнего выходного регистра
4	Входной электрод верхнего выходного регистра
5	Первые фазные электроды секции накопления
6	Вторые фазные электроды секции накопления
7	Третьи фазные электроды секции накопления
8	Разделительные электроды
9	Сток нижнего выходного регистра
10	Затвор сбросового транзистора нижнего выходного регистра
11	Исток выходного транзистора нижнего выходного регистра
12, 24	Подложка
13	Первые фазные электроды нижнего выходного регистра
14	Вторые фазные электроды нижнего выходного регистра
15	Третьи фазные электроды нижнего выходного регистра
16	Входной электрод нижнего выходного регистра
17	Вторые фазные электроды секции хранения
18	Первые фазные электроды секции хранения
19	Третьи фазные электроды секции хранения
20	Исток выходного транзистора центрального электрода
21	Сток верхнего выходного регистра
22	Затвор сбросового транзистора верхнего выходного регистра
23	Исток выходного транзистора верхнего выходного регистра

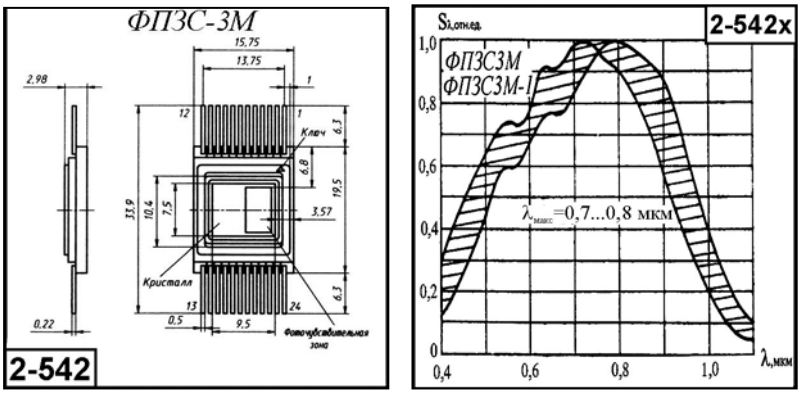


Рис. 2.3.183. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПЗСЗМ

Таблица 2.3.147. Характеристика допустимых дефектов ФПЗС3М и ФПЗС3М-1

Тип прибора	Количество допускаемых дефектов		
	зона I	зона II	зона III
ФПЗС3М	Нет	Не более 10 дефектов пп. 2 и 3 примечаний	Суммарное число дефектов не должно превышать 5% общего числа элементов разложения
ФПЗС3М-1	Не более 5 дефектов пп. 2 и 3 примечаний	Не более 50 дефектов пп. 2 и 3 примечаний	То же

Примечания:

1. Площадь воспроизводимого изображения разбивается на три центрированные неперекрывающиеся зоны с внешними линейными размерами, соответствующими следующим частям полного размера воспроизводимого изображения: 10% – зона I, 40% – зона II, 100% – зона III.
2. Допускается дефект, имеющий вид локального пятна размером не более 3 × 3 элемента разложения.
3. Допускается дефект в виде столбца шириной не более 2 элементов разложения с периодом не менее 8 эл*ементов разложения.*

Таблица 2.3.148. Рабочие режимы ФПЗС3М и ФПЗС3М-1

Наименование параметра. Единица намерения	Норма параметра	Вывод
Уровень накопления, В	5–20	5, 6, 7
Уровень обогащения, В	0–15	5, 6, 7
Нижний уровень импульсов вертикального переноса, В	0–10	5, 6, 7, 17, 18, 19
Верхний уровень импульсов вертикального переноса, В	10–20	5, 6, 7, 17, 18, 19
Нижний уровень импульсов выходного регистра, В	0–10	1, 2, 3, 13, 14, 15
Верхний уровень импульсов выходного регистра, В	10–20	1, 2, 3, 13, 14
Постоянное напряжение стока, В	10–20	9, 21
Постоянное напряжение на разделительных электродах, В	0–15	8
Постоянное напряжение на входных электродах регистра, В	0–20	4, 16
Нижний уровень импульса сброса, В	0–10	10, 22
Верхний уровень импульса сброса, В	10–20	10, 22
Рабочий ток выходных транзисторов, мА	0,5–5	11, 20, 23
Максимальное постоянное напряжение на стоке, В	30	9, 21

Примечание. Все напряжения измеряются относительно подложки; напряжение обогащения положительное, все остальные – отрицательные. Напряжение подложки составляет 20 В относительно земли.

2.3.11.2.2.3. Преобразователи матричные ФПЗС4М [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,05; $\lambda_{макс}$ = 0,8–0,9 мкм]

Преобразователь матричный ФПЗС4М предназначен для использования в передающей аппаратуре черно-белого и цветного телевидения, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,05 мкм.

Организация преобразователя. Преобразователь представляет собой фотоприемную матрицу с числом элементов 576 × 512. Матрица содержит секцию накопления, секцию памяти и выходной регистр. Преобразователь построен на приборах с зарядовой связью. Схема питания матрицы трехфазная, с кадровым выводом накопленной информации.

Преобразователь размещен в 32-выводном металлокерамическом DIP-корпусе. В крышке корпуса имеется стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.142. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приборов даны на рис. 2.3.184. Назначение выводов – в табл. 2.3.149. Рабочие режимы работы указаны в табл. 2.3.150.

Таблица. 2.3.149. Назначение выводов ФПЗС3М

Вывод	Назначение
1, 16, 17, 32	Не подключать
2, 31	Подложка
3	Первые фазные электроды выходного регистра
4	Вторые фазные электроды выходного регистра
5	Третьи фазные электроды выходного регистра
6	Исток выходного транзистора
7	Первые входные затворы
8	Вторые входные затворы
9, 24	Первые фазные электроды секции памяти
10, 23	Вторые фазные электроды секции памяти
11, 22	Третьи фазные электроды секции памяти
12, 21	Разделительный электрод
13, 20	Третьи фазные электроды секции накопления
14, 19	Вторые фазные электроды секции накопления
15, 18	Первые фазные электроды секции накопления
25	Исток (сток) выходного транзистора регистра
26	Сток выходного регистра
27	Затвор сбросового транзистора
28	Сток (исток) выходного транзистора регистра
29	Первые выходные затворы
30	Вторые выходные затворы

Таблица 2.3.150. Рабочие режимы ФПЗС4М

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Вывод
Уровень обогащения, В	0–4	13, 14, 15, 18, 19, 20
Нижний уровень импульсов вертикального переноса, В	1,5–10	9, 10–14, 15, 18, 19–23, 24
Верхний уровень импульсов вертикального переноса, В	12–$U_{подл}$	9, 10–14, 15, 18, 19–23, 24
Нижний уровень импульсов выходного регистра, В	1,5–10	3, 4, 5
Уровень накопления, В	1,5–$U_{подл}$	13, 11, 15, 18, 19, 20
Уровень памяти, В	1,5–$U_{подл}$	9, 10, 11, 22, 23, 24
Верхний уровень импульсов выходного регистра, В	$U_{подл}$	3, 4, 5
Размах импульсов выходного регистра, В	12	3, 4, 5
Постоянное напряжение на стоке, В	10–$U_{подл}$	25
Постоянное напряжение фона, В	10–$U_{подл}$	8
Постоянное напряжение на разделительных электродах выходного регистра, В	10–20	7, 29
Нижний уровень импульсов ка затворе сбросового транзистора, В	0	27
Верхний уровень импульсов на затворе сбросового транзистора, В	15–$U_{подл}$	27
Рабочий ток выходного транзистора, мА	1	25, 28

Примечания.

1. Все напряжения измеряются относительно подложки;$U_{подл}$ – постоянное напряжение на выводах 2, 31, измеренное относительно корпуса аппаратуры.
2. Напряжение уровня обогащения положительное, напряжение остальных уровней отрицательное.
3. Суммарное *напряжение ($U_{подл}$ + $U_{обог}$) не должно превышать 24 В.*

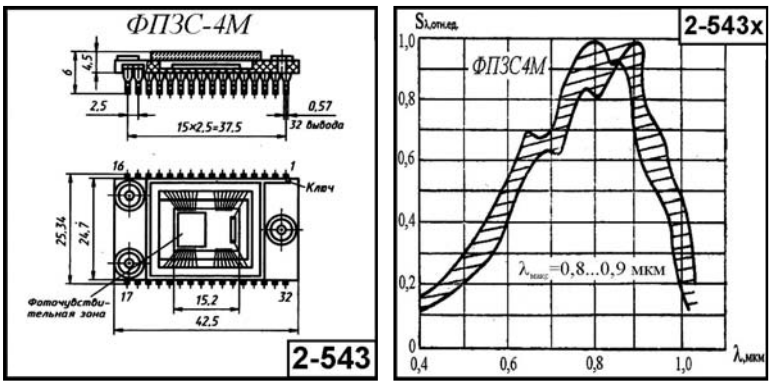


Рис. 2.3.184. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПЗС4М

2.3.11.2.2.4. Преобразователи матричные ФПЗС5М, ФПЗС5М-1, ФПЗС5М-2 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,05; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,75 мкм]

Преобразователи матричные ФПЗС5М предназначены для использования в оптико-электронной аппаратуре, работающей с импульсными источниками излучения в в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,05 мкм.

Преобразователи ФПЗС5М, ФПЗС5М-1 и ФПЗС5М-2 различаются между собой уровнем отдельных фотоэлектрических параметров и количеством дефектных площадок.

Организация преобразователей. Преобразователи представляют собой фотоприемную матрицу с числом элементов 512 × 287. Матрица содержит секцию накопления, верхний и нижний выходные регистры. Регистры имеют свои входные устройства и устройства формирования выходного сигнала. Схема питания матрицы трехфазная, с покадровым переносом накопленной информации.

Преобразователи размещены в стандартном планарном 24-выводном металлокерамическом корпусе. В крышке корпуса имеется стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.142. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ приборов даны на рис. 2.3.185. Назначение выводов – в табл. 2.3.151. Характеристика допустимых дефектов приведена в табл. 2.3.152. Рабочие режимы работы указаны в табл. 2.3.153.

Таблица. 2.3.151. Назначение выводов ФПЗС5М

Вывод	Назначение
1, 16, 17, 32, 24	Не подключать
2	Сток выходных транзисторов
3	Исток выходного транзистора нижнего регистра
4,2	Подложка
5	Первые фазные электроды нижнего выходного регистра
6	Вторые фазные электроды нижнего выходного регистра
7	Третьи фазные электроды нижнего выходного регистра
8	Вторые входные затворы нижнего регистра
9	Третьи фазные электроды секции накопления
10	Вторые фазные электроды секции накопления
11	Первые фазные электроды секции накопления
14	Первые входные затворы регистров
15	Исток верхнего выходного регистра
16	Вторые входные затворы верхнего регистра
17	Третьи фазные электроды верхнего регистра
18	Вторые фазные электроды верхнего регистра
19	Третьи фазные электроды верхнего регистра
21	Выходные затворы регистров

Таблица 2.3.151. (окончание)

Вывод	Назначение
22	Исток выходного транзистора верхнего регистра
23	Затворы сбросовых транзисторов

Таблица 2.3.152. Характеристика допустимых дефектов ФПЗС5М, ФПЗС5М-1 и ФПЗС5М-2

Тип прибора	Количество допускаемых дефектов		
	зона I	зона II	зона III
ФПЗС5М	Нет	Нет	Не более 6 дефектов п. 2 примечаний
ФПЗС5М-1	Не более 2 дефектов п. 2 примечаний	Не более 10 дефектов п. 2 примечаний	Суммарная площадь, занимаемая дефектами по пп. 2 и 3 примечаний, более 2% от площади зоны III
ФПЗС5М-2	Не более 5 дефек тов по п. 2 примечаний	Не более 20 дефектов по п. 2 и не более 3 дефектов по п. 3 примечаний	Суммарная площадь, занимаемая дефектами по пп. 2 и 3 примечаний, более 5% от площади зоны III

Примечания:

1. Площадь воспроизводимого изображения разбивается на три центрированные неперекрывающиеся зоны с внешними линейными размерами, соответствующими следующим частям полного размера воспроизводимого изображения: 30% – зона I, 60% – зона II, 100% – зона III.
2. Допускаемый локальный дефект на поле изображения, имеющий вид пятиа, не выходит за границы участка, соответствующего по площади 6 × 6 фоточувствительным элементам прибора.
3. Допускаемый дефект на поле изображения, имеющий вид светлого или темного столбца, не выходит за границы участка, соответствующего двум смежным столбцам фоточувствительных элементов. Допустимое расстояние между столбцами не менее участка строки, соответствующего 10 фоточувствительн*ым элементам прибора.*

Таблица 2.3.153. Рабочие режимы ФПЗС5М, ФПЗС5М-1 и ФПЗС5М-2

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Вывод
Постоянное напряжение на подложке, В	24	4,2
Нижний уровень импульсов регистра, В	0–15	5, 6, 7, 15, 17, 18, 19
Верхний уровень импульсов регистра, В	10–24	5, 6, 7, 15, 17, 18, 19
Постоянное напряжение на стоке, В	15–24	2
Постоянное напряжение на разделительных электродах выходного регистра, В	0–15	14, 21
Постоянное напряжение на входных электродах регистров, В	0–20	8, 16
Нижний уровень импульсов сброса, В	0–15	23
Верхний уровень импульсов сброса, В	10–24	23
Нижней уровень импульсов вертикального переноса, В	0–15	9, 10, 11
Верхний уровень импульсов вертикального переноса, В	10	9, 10, 11
Длительность входного оптического импульса, мкс	1–10	

Примечание. Все напряжения измеряется относительно подложки. Напряжение обогащения – положительное, все остальные – отрицательные. Напряжение подложки составляет 20 В относительно земли.

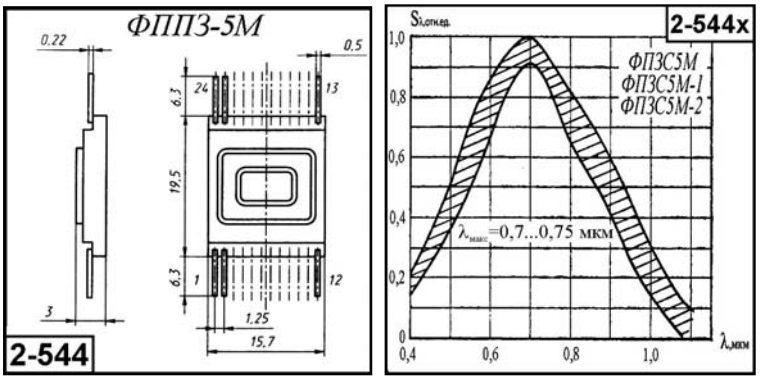


Рис. 2.3.185. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПЗС5М

2.3.11.2.2.5. Преобразователи матричные ФПЗС6М [$\Delta\lambda$ = 0,45–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,85 мкм]

Преобразователи матричные ФПЗС6М предназначены для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в режиме импульсного освещения в спектральном диапазоне от 0,45 до 1,0 мкм.

Организация преобразователей. Преобразователи представляют собой фотоприемную матрицу с числом элементов 288 × 256. Матрица состоит из основного фоточувствительного массива 288 × 256 элементов с переносом заряда и двух фоточувствительных сдвиговых регистров по 264 элемента в каждом по разные стороны основного массива. Схема питания матрицы трехфазная.

Преобразователи выполнены в стандартном планарном 24-выводном металлокерамическом корпусе. В крышке корпуса имеется стеклянное входное окно.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 2.3.142. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приборов даны на рис. 2.3.186. Назначение выводов – в табл. 2.3.154. Рабочие режимы работы указаны в табл. 2.3.155.

Таблица 2.3.154. Назначение выводов ФПЗС6М

Вывод	Назначение
1	Первые фазные электроды верхнего выходного регистра
2	Вторые фазные электроды верхнего выходного регистра
3	Третьи фазные электроды верхнего выходного регистра
4	Входной электрод верхнего выходного регистра
5	Вторые фазные электроды первой секции
6	Третьи фазные электроды первой секции
7	Первые фазные электроды первой секции
8, 2	Разделительные электроды
9	Сток нижнего выходного регистра
10	Затвор сбросового транзистора нижнего выходного регистра
11	Исток выходного транзистора нижнего выходного регистра
12, 24	Подложка
13	Первые фазные электроды нижнего выходного регистра
14	Вторые фазные электроды нижнего выходного регистра
15	Третьи фазные электроды нижнего выходного регистра
16	Входной электрод нижнего выходного регистра
17	Вторые фазные электроды второй секции
18	Третьи фазные электроды второй секции
19	Первые фазные электроды второй секции
21	Сток верхнего выходного регистра
22	Затвор сбросового транзистора верхнего выходного регистра
23	Исток выходного транзистора верхнего выходного регистра

Таблица 2.3.155. Рабочие режимы ФПЗС6М

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Вывод
Постоянное напряжение на подложке, В	24	12, 24
Нижний уровень импульсов регистра, В	0– 15	1, 2, 3, 13, 14, 15
Верхний уровень импульсов регистра, В	10...20	1, 2, 3, 13, 14, 15
Постоянное напряжение на стоке, В	10...24	9, 21
Постоянное напряжение на разделительных электродах выходного регистра, В	0–15	8, 20

Таблица 2.3.155. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	Вывод
Постоянное напряжение на входных электродах регистров, В	0…20	4, 16
Нижний уровень импульсов сброса, В	0–20	10, 22
Верхний уровень импульсов сброса, В	10–35	10, 22
Нижний уровень импульсов вертикального переноса, В	0–15	5, 6, 7, 17, 18, 19
Верхний уровень импульсов вертикального переноса, В	10–20	5, 6, 7, 17, 18, 19
Рабочий ток выходного транзистора, мА	0,5–2,0	11, 23

Примечание. Все напряжения измеряются относительно подложки; электрические режимы, приведенные в таблице, соответствуют включению ФПЗС6М.

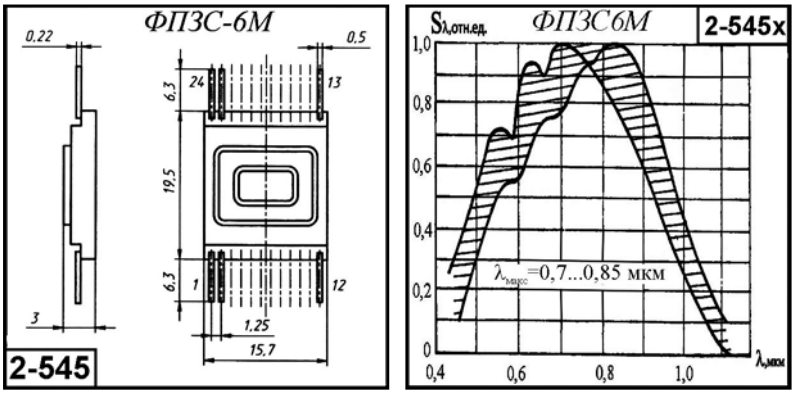


Рис. 2.3.186. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПЗС6М

2.3.11.2.3. Преобразователи матричные ФППЗ 1М, ФППЗ 2М, ФППЗ 4М, ФППЗ 5М, ФППЗ 11М, ФППЗ 12М, ФППЗ 13М, ФППЗ 14М, ФППЗ-15М, ФППЗ 16М, ФППЗ 17М, ФППЗ 18М, ФППЗ 20М, ФППЗ 21М, ФППЗ 22М, ФППЗ 23М, ФППЗ 24М, ФППЗ 25М, ФППЗ 26М, ФППЗ 28М, ФППЗ 30М, ФППЗ 31М, ФППЗ Р31, ФППЗ «Каскад», ФППЗ «Квадро», ФППЗ «Квадро-Т», ФППЗ «Лидер-1», ФППЗ «Проект»

Основные параметры матричных преобразователей серии ФППЗ-Х приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ даны на рис. 2.3.187–2.3.202. В табл. 2.3.157–2.3.161 указаны рабочие режимы и назначение выводов некоторых типов приборов.

Таблица 2.3.156. Основные параметры матричных фотоприемных устройств серии ФППЗ-Х при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, мкм	Размер изображения, мм	Световая чувствительность, мВ/лк [монохроматическая чувствительность λ = 0,67 мкм, В·см²/мкДж]	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В	Динамический диапазон, дБ	Пороговая экспозиция, лк·с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции по горизотали на частоте Найквиста, %	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
ФППЗ 1М	0,45–1,1 [0,7–0,8]	512 × 576	18 × 24	9,2 × 6,9	15–20 (2 мА/лм)	–	20	0,1–0,15	60	–	6 [10]	44–54	–	3,7 × 24 × 36 [14]
ФППЗ 2М	0,45–1,1	256 × 144	23 × 30	6,1 × 4,3	20	–	20	0.2	60	–	6 [4]	10	5	–

Таблица 2.3.156. (продолжение)

Тип прибора	$\Delta\lambda_{\text{макс}}$, мкм [$\lambda_{\text{макс}}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, мкм	Размер изображения, мм	Световая чувствительность, мВ/лк [монохроматическая чувствительность $\lambda = 0{,}67$ мкм, В·см^2/мкДж]	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В	Динамический диапазон, дБ	Пороговая экспозиция, лк·с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции по горизотали на частоте Найквиста, %	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
ФППЗ 4М	0,4–1,1	520 × 2 × 290	18 × 24	9,2 × 6,9	15	–	20	0,15	60	–	8 [4]	60		–
ФППЗ 5М	0,40–1,1	520 × 580	18 × 24	9,4 × 7,0	50	–	15	0,6	68	–	6 [2] или 2 [6]	60	10	–
ФППЗ 11М	0,5–1,0	288 × 256	н/д	н/д	1	–	–	–	–	$2{,}7\cdot10^{-4}$			0,2	–
ФППЗ 12М	0,5–1,0	256 × 72 × 2	н/д	н/д	1–2	–	–	–	–	$(4–8)\cdot10^{-5}$			0,25	–
ФППЗ 13М	0,45–1,1 [0,75–0,85]	262 × 290 или 288 × 256	24 × 32	6,3 × 4,6 или 9,33 × 6,6	100 или 30	3	0	0,80 или 0,35	66	–	4 [1] или 10 [10]	60 или 50	5	3,6 × 15,7 × 19,5 [5] {2-546}
ФППЗ 14М	0,54–1,1	800 × 800	15 × 15	9,33 × 6,6	50В/Вт·м$^{-2}$	3	3	0,1	–	$3\cdot10^{-5}$ Вт/м^2	20 мВ [20]	30	0,64	[95]
ФППЗ-15М	0,5–1,0	576 × 512	н/д	6,9 × 9,22	15	3	0	0,15			15 [8]	50		[70]
ФППЗ 16М	0,45–0,55	580 × 520	н/д	н/д	5	3	–	–	–	$4\cdot10^{-4}$	–	–	–	–
ФППЗ 17М	0,35–1,1	532 × 580	17 × 23	9,0 × 6,7	12–60	3	–	0,6–0,7	64	0,05	4 [1]	60 или 80	10	40 × 26,5 × 4,85 [6] {2-548}
ФППЗ 18М	0,4–1,1	520 × 2 × 290	17 × 23	8,8 × 6,7	80 или 12	3	0	0,8 или 0,3	66	–	4 [1] или 6 [4]	60 или 54	10 – 13	4,8 × 11,4 × 26,5 [6] {2-549}
ФППЗ 20М	0,35–1,1	580 × 520	17 × 23	6,6 × 8,8	60 или 200	3	–	–	–	–	–	–	0,5	40 × 26,5 × 4,85 [100] {2-550}
ФППЗ 21М	0,4–1,1	520 × 2 × 290	12 × 16	6,1 × 4,3	40	3	–	0,5	64	$1{,}5\cdot10^{-5}$	5 [1]	75	10	–
ФППЗ 21М	0,35–1,1	265 × 288	24 × 32	6,2 × 4,6	[10 и 15]	3	–	0,6	33	$1\cdot10^{-17}$ Дж/эл-т	4 [1]	–	–	29 × 34 × 26,5 [50] {2-551}
ФППЗ 22М	0,35–1,1	1000 × 2 × 500	15 × 15	12,9 × 9,9	100	3	–	0,5	60	–	4 [1]	90	–	–
ФППЗ 23М	0,43–1,0	1024 × 1152	9 × 9	9,0 × 5,2	20 или 60	3	–	0,30 или 0,5	54 или 60	–	5 [0,5]	54	20	–
ФППЗ 24М	0,35–1,1	760 × 580	17 × 34	12,9 × 9,9	100	3	–	0,5	60	–	4 [1]	60	15	–
ФППЗ 25М	0,43–1,1	790 × 580	11 × 22	8,7 × 6,4	60	3	–	0,5	60	–	4 [1]	60	15	–
ФППЗ 26М	0,45–1	768 × 580	13 × 26	9,98 × 7,49	–	3	–	0,5	35	$5\cdot10^{-3}$ лк	5 [2]	–	–	∅45 × 50 {2-552}
ФППЗ 28М	0,4 –1,0 [0,74–0,8]	768 × 290	17 × 34	13,06 × 9,86	–	3	–	2,5	40	$3\cdot10^{-3}$ лк	–	70–90	–	{2-553}
ФППЗ 30М	0,43–1,1	512 × 2 × 290	9 × 12	н/д	40	3	–	0,3	66	–	4 [1]	80	–	–

Таблица 2.3.156. (окончание)

Тип прибора	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число элементов изображения	Размер элемента изображения, мкм	Размер изображения, мм	Световая чувствительность, мВ/лк [монохроматическая чувствительность $\lambda = 0{,}67$ мкм, В·см²/мкДж]	Число фаз управления	Постоянное напряжение на подложке, В	Напряжение сигнала насыщения, В	Динамический диапазон, дБ	Пороговая экспозиция, лк·с	Неравномерность выходного светового и [темнового] сигнала, %	Глубина модуляции по горизотали на частоте Найквиста, %	Максимальная частота выходного сигнала, МГц	Габаритные размеры, мм [масса, г], не более {№ рисунка}
ФППЗ 31М	0,3–1,0	512 × 512	16 × 16	8,2 × 8,2	80–200 мА/Вт	3	–	1,0	38,5	–	3	–	2	∅45 × 28,6 {2-554}
ФППЗ Р31	0,43–1,1	768 × 2 × 290	9 × 12	6,1 × 4,3	40	3	–	0,3	66	–	4 [1]	90	–	–
ФППЗ «Каскад»	0,4–1,0	512 × 512	16 × 16	8,18 × 8,18	10 [5]	3	–	1,0		–	–	–	–	26,5 × 26,5 × 5 {2-555}
ФППЗ «Квадро»	0,4–1,1	4096 × 40966	11 × 11	45,056 × 45,056	[5]	3	–	1,1	39	–	2	55	до 40	66 × 66 × 5}
ФППЗ «Квадро-Т»	0,4–1,1	1536 × 1536	11 × 11	16,9 × 16,9	[5]	3	–	1,0	39	–	–	55	до 40	32 × 42 × 5 [10] {2-556}
ФППЗ «Лидер-1»	0,4–1,0	512 × 512	23 × 23	н/д	6 [7]	3	–	1,0		$2 \cdot 10^{-5}$ лк	–	–	–	37 × 23 {2-557}
ФППЗ «Проект»	0,4–1,0	768 × 290	17 × 34	13,06 × 9,79	20 [5]	3	–	1,8	38,5	–	–	–	–	27 × 31,6 × 8,5 {2-558}

2.3.11.2.3.1. Преобразователи матричные ФППЗ-13М [$\Delta\lambda$ = 0,45–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ-13М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,45 до 1,1 мкм.

Фотоэлектрический преобразователь работает по принципу зарядовой связи. Фоточувствительная матрица состоит из 288 строк и 256 столбцов, образующих две секции: накопления и хранения.

Преобразователи размещены в стандартном планарном 24-выводном металлокерамическом корпусе. В крышке корпуса имеется стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур прибора – от –60 до +60 °С.

Прибор предназначен для работы в телевизионной аппаратуре и в измерительных устройствах.

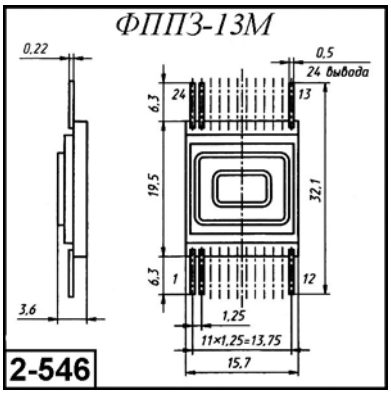


Рис. 2.3.187. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ-13М

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид и габаритные размеры прибора даны на рис 2.3.187. Назначение выводов – в табл. 2.3.157.

Таблица 2.3.157. Назначение выводов ФППЗ-13М

Вывод	Функциональное назначение
1	Третья фаза верхнего регистра
2	Вторая фаза верхнего регистра
3	Первая фаза верхнего регистра

Таблица 2.3.157. (окончание)

Вывод	Функциональное назначение
4	Третья фаза секции накопления
5	Первая фаза секции накопления
6	Вторая фаза секции накопления
7, 19	Управление схемой выборки/хранения
8, 2	Сток выходных транзисторов
9, 21	Исток выходного транзистора
10	Сток нижнего регистра
11	Экранирующий электрод нижнего регистра
12, 24	Подложка
13	Третья фаза нижнего регистра
14	Вторая фаза нижнего регистра
15	Первая фаза нижнего регистра
16	Третья фаза секции памяти
17	Вторая фаза секции памяти
18	Первая фаза секции памяти
22	Сток верхнего регистра
23	Экранирующий электрод верхнего регистра

2.3.11.2.3.2. Преобразователи матричные ФППЗ-14М [Δλ = 0,54–1,1 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ-14М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,54 до 1,1 мкм.

Работает по принципу зарядовой связи. Фоточувствительная матрица имеет 800 × 800 элементов разложения и состоит из четырех одинаковых секций по 200 × 800 элементов. Матрица, имеющая 3-фазную организацию, обрамлена двумя регистрами с 800 элементами, каждый из них имеет входное и выходное устройства. Структурная схема прибора приведена на рис. 2.3.188.

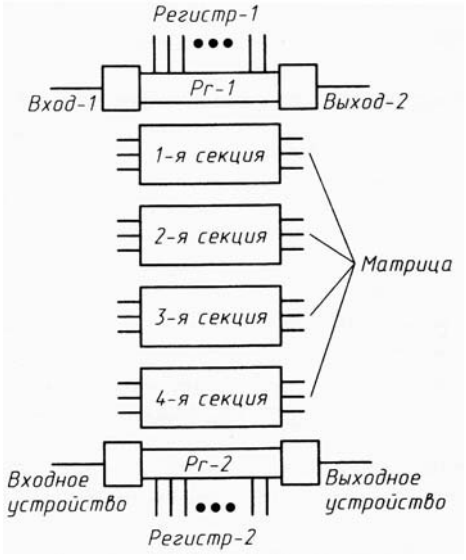


Рис. 2.3.188. Структурная схема преобразователя ФППЗ-14М

Прибор выпускается в металлостеклянном вакуумированном корпусе с оптическим окном. Корпус имеет 64 планарных вывода, расположенных с четырех сторон по 16 выводов. В корпус встроен термоэлектрический охладитель (ТЭО), предназначенный для охлаждения кристалла прибора. Ток потребления ТЭО – 1,2 А.

Диапазон рабочих температур прибора – от –60 до +60 °С.

Прибор используется в специальной телевизионной аппаратуре.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Назначение выводов дано в табл. 2.3.158.

Таблица. 2.3.158. Назначение выводов ФППЗ-14М

Вывод	Назначение
47	Первый затвор первого регистра

Таблица 2.3.158. (окончание)

Вывод	Назначение
46	Второй затвор первого регистра
45, 39	Третья фаза первого регистра
40, 44	Вторая фаза первого регистра
38	Третий затвор первого регистра
31, 51	Первая фаза первой секции
30, 51	Вторая фаза первой секции
29, 52	Третья фаза первой секции
28, 53	Первая фаза второй секции
27, 54	Вторая фаза второй секции
26, 55	Третья фаза второй секции
23, 58	Первая фаза третьей секции
22, 59	Вторая фаза третьей секции
21, 6	Третья фаза третьей секции
21, 43	Первая фаза первого регистра
20, 61	Первая фаза четвертой секции
19, 62	Вторая фаза четвертой секции
18, 63	Третья фаза четвертой секции
7	Первая подложка
24	Вторая подложка
17, 64	Второй затвор матрицы
32, 49	Первый затвор матрицы
42	Третья подложка
37	Четвертый затвор первого регистра
12	Четвертый затвор второго регистра
14	Сток сигнального транзистора второго регистра
2	Первый затвор второго регистра
35	Исток сигнального транзистора первого регистра
33	Сток восстановительного транзистора первого регистра
3	Второй затвор второгорегистра
36	Сток сигнального транзистора первого регистра
34	Затвор восстановительного транзистора первого регистра
16	Сток восстановительного транзистора второго регистра
11	Третий затвор второго регистра
13	Исток сигнального транзистора второго регистра
15	Затвор восстановительного транзистора второго регистра
57	Четвертая подложка

2.3.11.2.3.3. Преобразователи матричные ФППЗ-15М [$\Delta\lambda$ = 0,5–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ-15М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,5 до 1,0 мкм.

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый планарный матричный ФППЗ-15М работает по принципу зарядовой связи. Фоточувствительная матрица имеет 576 строк по 512 элементов в строке и состоит из секции накопления (288 × 512 элементов) и секции хранения (288 × 512 элементов). Матрица обрамлена верхним и нижним выходными регистрами по 531 элементу, каждый из них имеет входное устройство и устройство

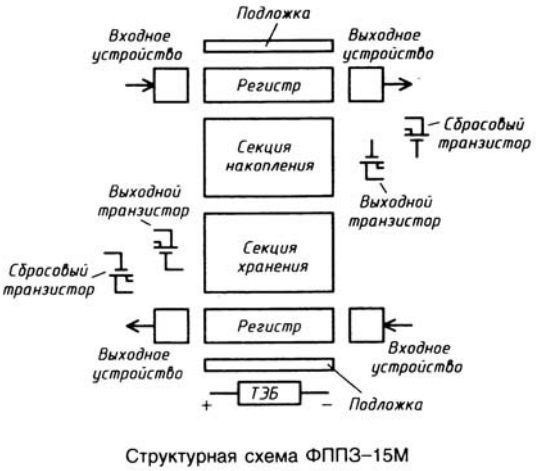
формирования выходного сигнала. Структурная схема прибора приведена на рис. 2.3.189.

Прибор выпускается в металлостеклянном газонаполненном корпусе с оптическим окном и встроенным термоэлектрическим охладителем, необходимым для охлаждения кристалла. ТЭО устанавливается на радиатор с размерами 120 × 120 мм.

При отрицательной температуре окружающей среды ТЭО отключается. Напряжение питания ТЭО 4±1 В.

Диапазон рабочих температур прибора – от –60 до +55 °С.

Прибор используется в телевизионной аппаратуре со стандартным режимом разложения, в том числе для камер промышленного телевидения.



Структурная схема ФППЗ–15М

Рис. 2.3.189. Структурная схема ФППЗ-15М

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.3.190. Назначение выводов – в табл. 2.3.159.

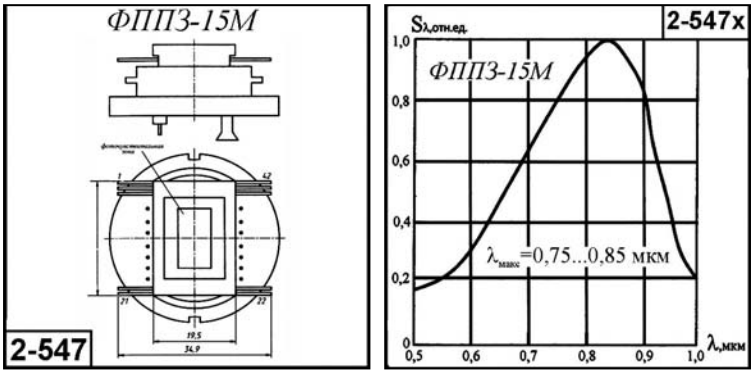


Рис. 2.3.190. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ-15М

Таблица 2.3.159. Назначение выводов ФППЗ-15М

Вывод	Назначение
47	Первый затвор первого регистра
46	Второй затвор первого регистра
45, 39	Третья фаза первого регистра
40, 44	Вторая фаза первого регистра
38	Третий затвор первого регистра
31, 51	Первая фаза первой секции
30, 51	Вторая фаза первой секции
29, 52	Третья фаза первой секции
28, 53	Первая фаза второй секции
27, 54	Вторая фаза второй секции
26, 55	Третья фаза второй секции
23, 58	Первая фаза третьей секции
22, 59	Вторая фаза третьей секции
21, 6	Третья фаза третьей секции
21, 43	Первая фаза первого регистра
20, 61	Первая фаза четвертой секции
19, 62	Вторая фаза четвертой секции
18, 63	Третья фаза четвертой секции
7	Первая подложка

Таблица 2.3.159. (окончание)

Вывод	Назначение
24	Вторая подложка
17, 64	Второй затвор матрицы
32, 49	Первый затвор матрицы
42	Третья подложка
37	Четвертый затвор первого регистра
12	Четвертый затвор второго регистра
14	Сток сигнального транзистора второго регистра
2	Первый затвор второго регистра
35	Исток сигнального транзистора первого регистра
33	Сток восстановительного транзистора первого регистра
3	Второй затвор второго регистра
36	Сток сигнального транзистора первого регистра
34	Затвор восстановительного транзистора первого регистра
16	Сток восстановительного транзистора второго регистра
11	Третий затвор второго регистра
13	Исток сигнального транзистора второго регистра
15	Затвор восстановительного транзистора второго регистра
57	Четвертая подложка

2.3.11.2.3.4. Преобразователи матричные ФППЗ 17М [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ 17М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,35 до 1,1 мкм.

Матричный фоточувствительный прибор ФППЗ 17М с кадровым переносом заряда, объемным *n*-каналом и подложкой *p*-типа. Общее число элементов в выходном регистре 545. Первые 11 и 2 последних – служебные. Каждая секция ФППЗ 17М содержит 290 строк по 532 трехфазных фоточувствительных элемента в строке.

Преобразователи размещены в стандартном планарном 42-выводном металлокерамическом корпусе. В крышке корпуса имеется стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур прибора – от –60 до +60 °С.

Прибор используется в телевизионной аппаратуре со стандартным режимом разложения, в том числе для камер промышленного телевидения.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.191.

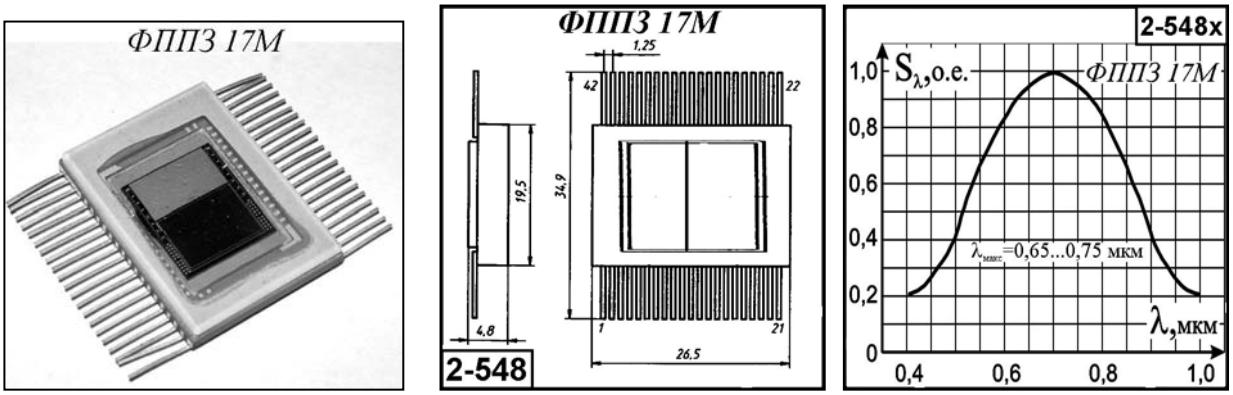


Рис. 2.3.191. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ-17М

2.3.11.2.3.5. Преобразователи матричные ФППЗ 18М [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,75–0,85 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ 18М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,1 мкм.

Число эффективных элементов разложения 520 × 580. Прибор двухсекционный, имеет две фоточувствительные секции – накопления и хранения. Секция накопления содержит 290 строк по 532 элемента, в которых фотоны принимаемого светового изображения преобразуются в носители тока, а после завершения периода накопления фотогенерированные заряды переносятся в секцию хранения.

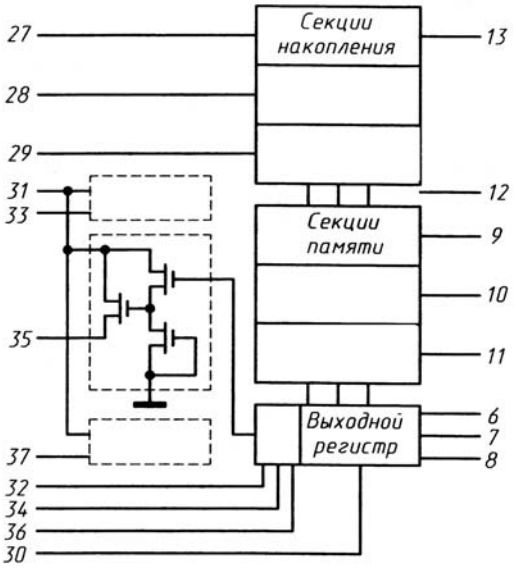


Рис. 2.3.192. Структурная схема ФППЗ-18М

Из секции хранения 532 информационных заряда, соответствующие объему информации одной строки на экране кинескопа, параллельно передаются на выходной регистр, который последовательно эти сигналы переносит к выходному устройству. Выходное устройство представляет собой двухкаскадный истоковый повторитель. Сигнал с первого каскада на второй подается через ключ на МОП-транзисторе, реализующий функцию выборки-хранения выходного сигнала. Структурная схема преобразователя приведена на рис. 2.3.192.

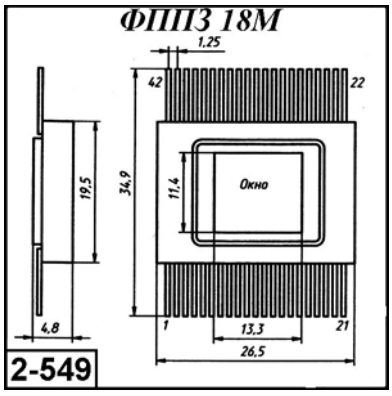


Рис. 2.3.193. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ-18М

Преобразователи размещены в стандартном планарном 42-выводном металлокерамическом корпусе. В крышке корпуса имеется стеклянное входное окно.

Диапазон рабочих температур прибора – от –60 до +50 °С. Прибор используется в телевизионной измерительной аппаратуре.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид и габаритные размеры прибора даны на рис. 2.3.193. Назначение выводов – в табл. 2.3.160.

Таблица 2.3.160. Назначение выводов ФППЗ 18М

Вывод	Назначение
28	Первая фаза секции накопления
29	Вторая фаза секции накопления
27	Третья фаза секции накопления
11	Первая фаза секции хранения
10	Вторая фаза секции хранения
9	Третья фаза секции хранения
6	Первая фаза выходного регистра
8	Вторая фаза выходного регистра
7	Третья фаза выходного регистра
37	Исток выходного транзистора 1-го канала
35	Исток выходного транзистора 2-го канала
33	Исток выходного транзистора 3-го канала

Таблица 2.3.160. (окончание)

Вывод	Назначение
31	Стоки выходных транзисторов
36	Затвор выбора 1-го канала
34	Затвор выбора 2-го канала
32	Затвор выбора 3-го канала
30	Сток транзистора сброса
12	Сток периферийного заряда
13	Сток антиблуминга
5, 38	Подложки (общие)

2.3.11.2.3.6. Преобразователи матричные ФППЗ 20М [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ 20М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,35 до 1,1 мкм.

Кремниевый матричный двухсекционный фоточувствительный прибор ФППЗ 20М с кадровым переносом заряда, объемным *n*-каналом и подложкой *p*-типа работает по принципу зарядовой связи.

Секция накопления содержит 290 строк по 532 элемента в каждой строке. 9 первых столбцов и 3 последних столбца закрыты светозащитным экраном. Секция хранения содержит 290 строк по 532 элемента. Общее число элементов в выходном регистре 545, первые 11 и 2 последних элемента – служебные.

Преобразователи размещены в стандартном планарном 42-выводном металлокерамическом корпусе. В крышке корпуса имеется стеклянное входное окно. Корпус может комплектоваться термоэлектрическим охладителем.

Диапазон рабочих температур прибора – от –60 до +60 °С, с возможностью расширения диапазона температуры до +100 °С.

ФППЗ 20М предназначен для работы в специальной телевизионной аппаратуре в стандартном и низкочастотном режимах разложения, системах преобразования и обработки изображения, а также в измерительных устройствах.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.194. Назначение выводов – в табл. 2.3.160.

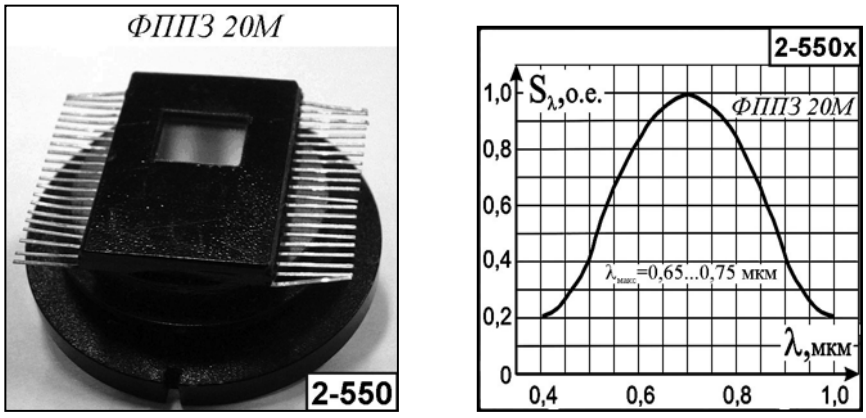


Рис. 2.3.194. Внешний вид и относительная спектральная характеристика ФППЗ 20М

2.3.11.2.3.7. Преобразователи матричные ФППЗ 21М [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ 21М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,35 до 1,1 мкм.

Фотоэлектрический преобразователь ФППЗ 21М представляет собой охлаждаемый кремниевый матричный фоточувствительный прибор с кадровым переносом заряда, объемным *n*-каналом и подложкой *p*-типа.

Фоточувствительное поле ФППЗ 21М имеет симметричные секции накопления и хранения, каждая из секций содержит 145 строк, из которых первые 144 являются информационными. Строка секции содержит 264 элемента.

Прибор выпускается в металлостеклянном газонаполненном 42-выводном корпусе с оптическим окном и встроенным термоэлектрическим охладителем, необходимым для охлаждения кристалла. ТЭО устанавливается на радиатор.

Диапазон рабочих температур прибора – от –60 до +60 °С.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.195.

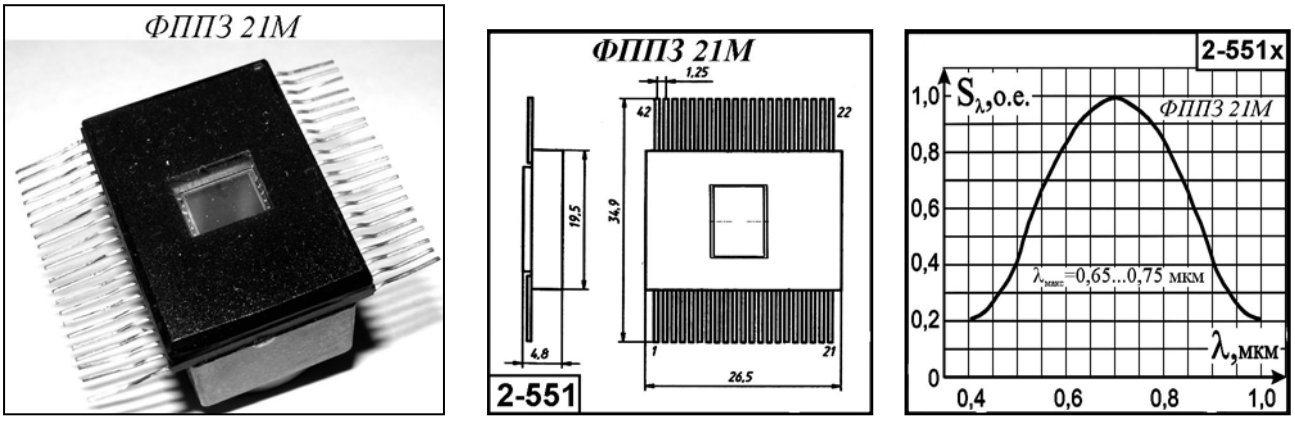


Рис. 2.3.195. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПППЗ 21М

2.3.11.2.3.8. Преобразователи матричные ФППЗ 26М [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,65–0,75 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ 26М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,35 до 1,1 мкм.

Преобразователь ФППЗ 26М представляет собой охлаждаемый фоточувствительный двухсекционный матричный прибор с переносом заряда с общим числом элементов 768 × 580, с объемным *n*-каналом переноса.

ФППЗ охлаждается посредством встроенного двухкаскадного термоэлектрического охладителя.

Конструктивное оформление: прибор имеет металлокерамический 24-выводной корпус с оптическим входным окном из стекла марки С50-5М. Предусмотрен подогрев входного окна.

Диапазон рабочих температур прибора– от –50 до +50 °С.

Основное назначение ФППЗ 26М – работа в составе телевизионных оптико-электронных систем специального, промышленного и научного назначения.

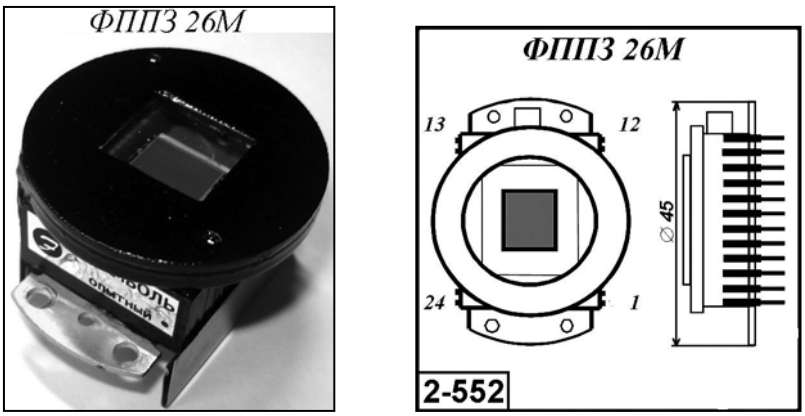


Рис. 2.3.196. Внешний вид и габаритные размеры ФПППЗ 26М

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид и габаритные размеры прибора даны на рис. 2.3.196.

2.3.11.2.3.9. Преобразователи матричные ФППЗ 28М [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,74–0,8 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ 28М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,35 до 1,1 мкм.

Преобразователь ФППЗ 28М представляет собой фоточувствительный двухсекционный матричный прибор с переносом заряда с общим числом элементов 768 × 580, с объемным *n*-каналом переноса, антиблюмингом и электронным затвором.

ФППЗ охлаждается посредством встроенного термоэлектрического охладителя типа К2-95-1/3.

Конструктивное оформление: прибор имеет металлокерамический корпус с оптическим входным окном из стекла марки К-208.

Диапазон рабочих температур – от –60 до +70 °С.

Основное назначение ФППЗ 28М – работа в составе телевизионных оптико-электронных систем специального, промышленного и научного назначения.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.197.

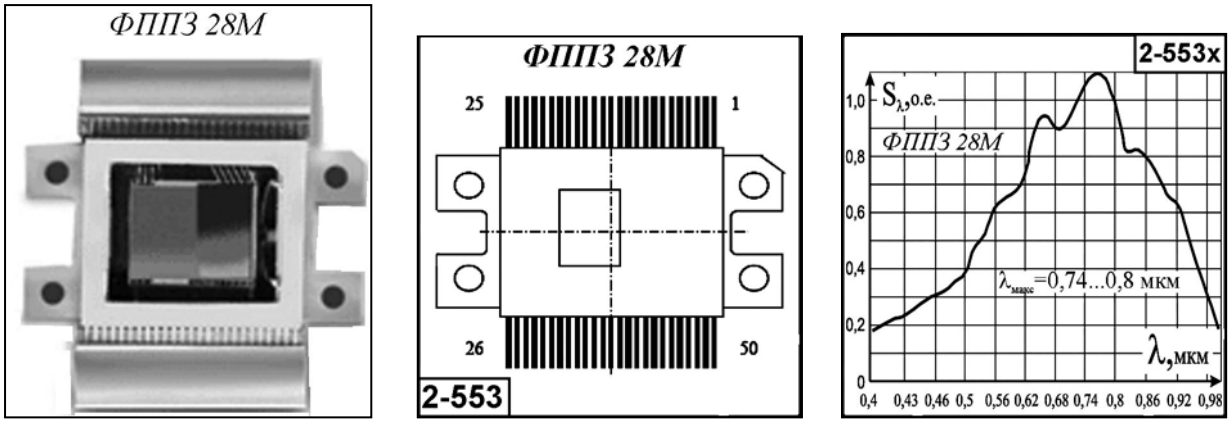


Рис. 2.3.197. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПППЗ 28М

2.3.11.2.3.10. Преобразователи матричные ФППЗ 31М [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,55–0,75 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ 31М предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,3 до 1 мкм.

Преобразователь ФППЗ 31М представляет собой охлаждаемый фоточувствительный односекционный матричный прибор с переносом заряда. ФППЗ выполнен со скрытым каналом и содержит 512 × 512 фоточувствительных элементов с двумя тактовыми электродами и «виртуальной» фазой. Регистр имеет два выходных устройства: однокаскадное («малошумящее») и двухкаскадное («широкополосное»).

ФППЗ охлаждается посредством встроенного термоэлектрического охладителя. Корпус прибора – вакуумный, газонаполненный.

Диапазон рабочих температур – от –60 до +50 °С.

Преобразователь предназначен для работы в малокадровом режиме (с частотой считывания 2 МГц и временем накопления 1–2 с). Может применяться в телевизионной аппаратуре астроизмерительных систем и систем астроориентации.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора показаны на рис. 2.3.198.

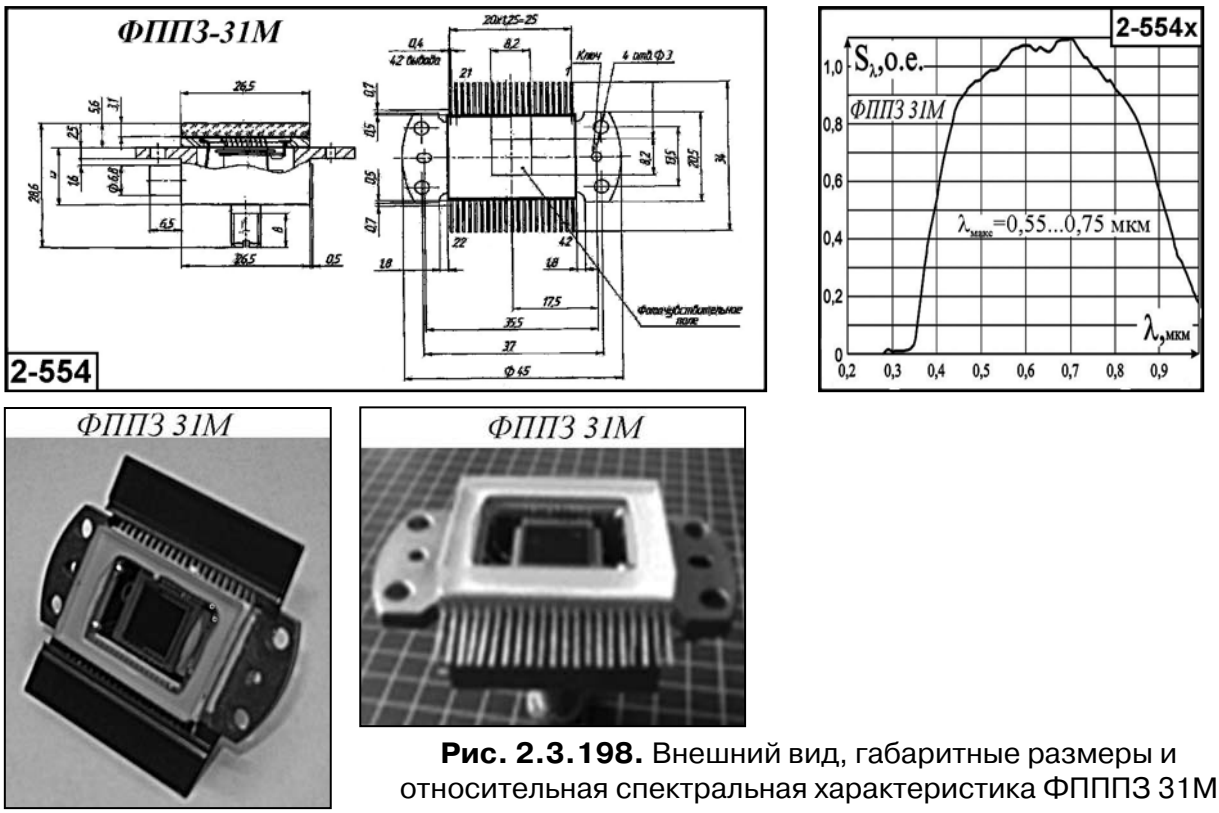


Рис. 2.3.198. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ 31М

2.3.11.2.3.11. Преобразователь матричный ФППЗ «Каскад» [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,0; $\lambda_{макс}$ = 0,74–0,8 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ «Каскад» предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1 мкм.

Преобразователь «Каскад» представляет собой фоточувствительный двухсекционный матричный прибор с числом элементов 512 × 1024 с кадровым переносом заряда, с

3-фазной организацией по горизонтали и вертикали, антиблюмингом, электронным затвором и с плавающей диффузией.

Конструктивное оформление: прибор выполнен в металлокерамическом планарном 42-выводном корпусе и может комплектоваться термоэлектрическим охладителем.

Диапазон рабочих температур – от –60 до +60 °С.

Назначение ФППЗ «Каскад» – работа в составе телевизионных оптико-электронных систем промышленного и научного назначения.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид и относительная спектральная характеристика прибора показаны на рис. 2.3.199.

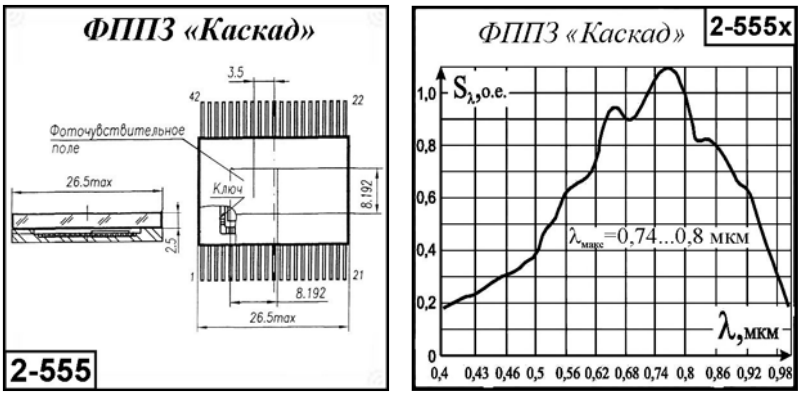


Рис. 2.3.199. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ «Каскад»

2.3.11.2.3.12. Преобразователи матричные ФППЗ «Квадро» и «Квадро-Т» [Δλ = 0,4–1,1 мкм]

Преобразователи матричные ФППЗ «Квадро» и «Квадро-Т» предназначены для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,1 мкм.

ФППЗ «Квадро» крупногабаритный матричный фоточувствительный прибор с переносом заряда с четырьмя независимыми секциями, объемным n-каналом и числом фоточувствительных элементов 4096 × 4096.

Фоточувствительное поле прибора имеет четыре независимых секции накопления, которые могут работать в режиме импульсного и непрерывного освещения. Матрица имеет центральную симметрию, два выходных регистра и четыре выходных узла.

Прибор размещен в 84-х выводном металлокерамическом корпусе со стеклянным входным окном.

Основные параметры ФППЗ «Квадро» приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ «Квадро» приведены на рис. 2.3.200.

ФППЗ «Квадро-Т» – матричный фоточувстви-тельный прибор с кадровым переносом заряда, объемным n-каналом, подложкой *p*-типа. Может выпускаться с ТЭБ и волоконно-оптическим входом.

Прибор имеет секцию накопления и секцию хранения. Общее число элементов в выходном регистре 1568. Первые 16 определяют уровень темнового сигнала. Допускается считывание элементов по регистру, как в одном, так и в другом направлении.

Каждая секция содержит 768 строк по 1536 фоточувствительных элементов в строке.

Прибор размещен в металлокерамическом планарном 50-выводном корпусе.

Основные параметры ФППЗ «Квадро» приведены в табл. 2.3.156.Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ «Квадро-Т» приведены на рис. 2.3.200а.

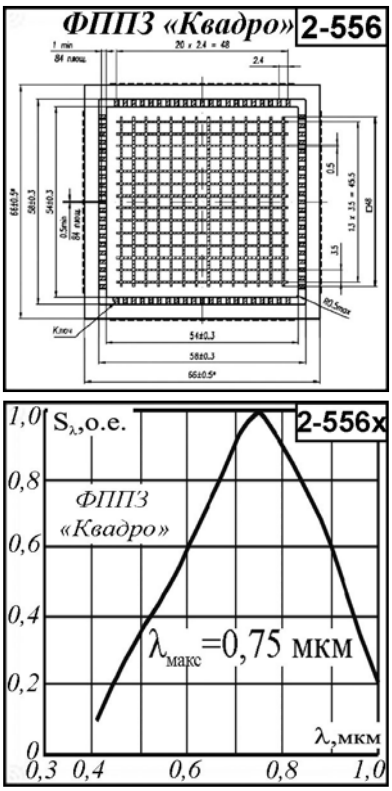


Рис. 2.3.200. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ «Квадро»

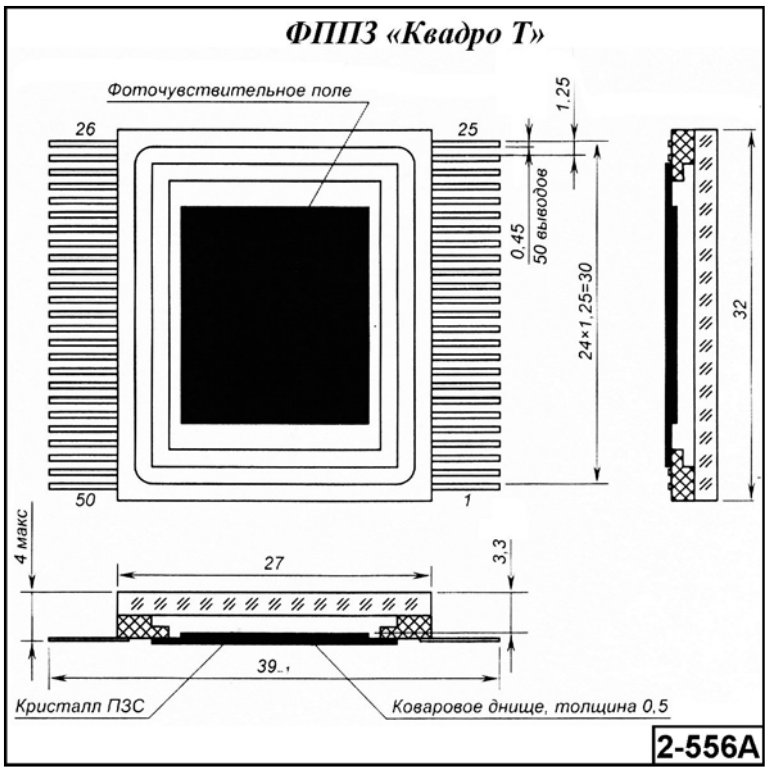


Рис. 2.3.200а. Внешний вид и габаритные размеры ФППЗ «Квадро-Т»

Диапазон рабочих температур приборов – от –60 до +60 °С.

Приборы предназначены для работы в телевизионной аппаратуре с непрерывным и импульсным освещением в системах преобразования и обработки изображения, а также в измерительных устройствах. ФППЗ могут работать как в высокочастотном режиме при частоте регистра до 40 МГц, так в низкочастотном режиме при времени накопления до 10 с.

2.3.11.2.3.13. Преобразователь матричный ФППЗ «Лидер-1» [Δλ = 0,4–1,0 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ «Лидер-1» предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,0 мкм.

Преобразователь «Лидер-1» представляет собой матричный охлаждаемый односекционный ФППЗ с объемным каналом *n*-типа и числом элементов разложения 512 × 512. Прибор имеет один выходной регистр и двухкаскадный выходной узел с «плавающей» диффузией. Регистр содержит 522 элемента. Первые 10 элементов – служебные.

ФППЗ имеет горизонтальный антиблюминг, обеспечивающий рабочие характеристики прибора в условиях значительных локальных пересветок. В приборе обеспечивается квазипроизвольный доступ к любой строке секции путем выноса сигнала из предшествующих строк в стоковую область, расположенную параллельно регистру.

ФППЗ охлаждается посредством встроенного термоэлектрического охладителя. Корпус прибора – вакуумный, газонаполненный с оптическим окном и узлом стыковки с теплоотводом аппаратуры для отведения тепла. В приборе предусмотрена возможность измерения температуры ФППЗ с помощью специального *p-n*-перехода, изготовленного на подложке ФППЗ.

Диапазон рабочих температур – от –60 до +60 °С.

Может применяться в качестве датчика в составе систем астрокоррекции.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний прибора показан на рис. 2.3.201. Назначение выводов дано в табл. 2.3.161.

Таблица 2.3.161. Назначение выводов ФППЗ «Лидер-1»

Вывод	Назначение
1	Положительный вывод термобатареи
2, 12, 23	Свободные
3	Третий фазный электрод
4	Второй фазный электрод
5	Первый фазный электрод
6	Горизонтальный сток регистра
7	Затвор ускоренного переноса
8	Датчик температуры
9	Затвор антиблуминга
10	Сток антиблуминга
11, 22	Подложка
13	Вывод корпуса
14	Первая фаза секции
15	Вторая фаза секции
16	Третья фаза секции
17	Исток выходного транзистора
18	Стоки транзисторов выходного узла
19	Сток транзистора сброса
20	Затвор транзистора сброса
21	Экранирующий электрод выходного регистра
24	Отрицательный вывод термобатареи

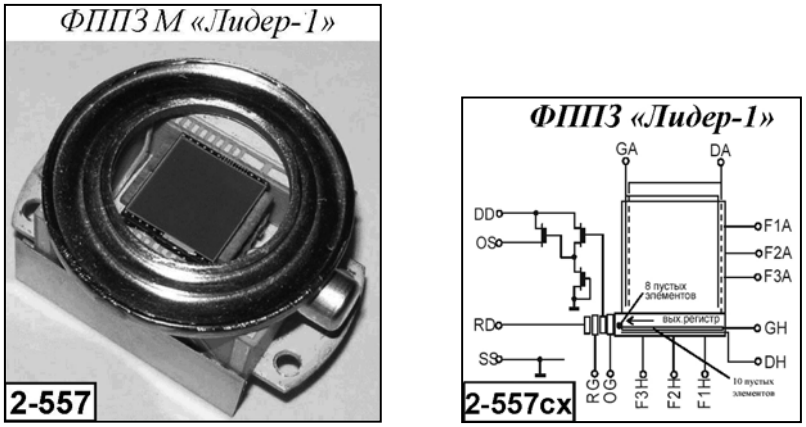


Рис. 2.3.201. Внешний вид и электрическая схема ФППЗ «Лидер-1»

2.3.11.2.3.14. Преобразователь матричный ФППЗ «Проект» [Δλ = 0,4–1,0 мкм]

Фотоэлектрический преобразователь кремниевый матричный ФППЗ «Проект» предназначен для использования в различной оптико-электронной аппаратуре, работающей в спектральном диапазоне от 0,4 до 1,0 мкм.

Преобразователь «Проект» представляет собой фоточувствительный матричный двухсекционный прибор с кадровым переносом заряда с 3-фазной организацией по го-

ризонтали и вертикали, с общим числом элементов 768 × 580, с плавающей диффузией и узлом подавления тактовой помехи («dummy»).

Преобразователи размещены в стандартном планарном 50-выводном металлокерамическом корпусе. В крышке корпуса имеется волоконно-оптическое входное окно.

Диапазон рабочих температур – от –60 до +60 °С.

Преобразователь может применяться в модульных высокочувствительных ТВ-приборах для прямого оптического сочленения с усилителями яркости (ЭОП).

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 2.3.156. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.3.202.

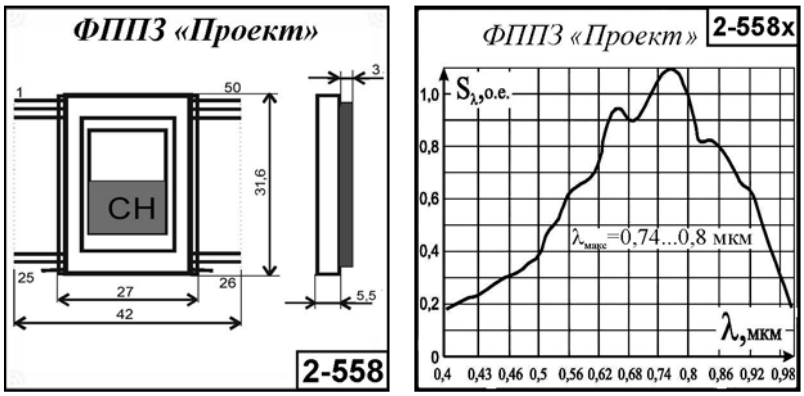


Рис. 2.3.202. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФППЗ «Проект»

2.3.11.2.4. Преобразователи матричные ISD011, ISD017, ISD029, ISD048, ISD049, ISD075 [Δλ = 0,2–0,95 мкм]

Многоэлементные матричные фотоприемные устройства серии ISD-xxx предназначены для преобразования оптического излучения в видеосигнал в спектральном диапазоне 0,2–0,95 мкм.

Многоэлементные матричные фотоприемные устройства типа ISD-077, ISD-029, ISD-048, ISD-079 и ISD-075 представляют серию матричных ФППЗ с «виртуальной фазой»: односекционные и двухсекционные с полным кадром, с кадровым переносом, антиблумингом, с числом элементов до 1040 × 1160 и размером изображения до 16,6 × 18,6 мм. Приборы отличаются высокой чувствительностью в спектральном диапазоне от УФ до ближнего ИК и высокой однородностью выходного сигнала.

Приборы предназначены: для наземной и космической астрономии, медицины, биологии, микроскопии, флюорографии, экологического мониторинга, физических экспериментов, криминалистики.

Основные параметры приборов серии ISD-xxx приведены в табл. 2.3.162. Внешний вид приборов показан на рис. 2.3.203. Относительные спектральные характеристики даны на рис. 2.3.204.

Таблица 2.3.162. Основные параметры матричных фотоприемных устройств серии ФППЗ-Х при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра					
	ISD011 ФППЗ 011	ISD017 ФППЗ 017	ISD029 ФППЗ 029	ISD048 ФППЗ 048	ISD049 ФППЗ 049	ISD075 ФППЗ 075
Число фоточувствительных элементов	512 × 512	1040 × 1160	512 × 512	386 × 290	578 × 578	1225 × 1300
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,2–0,95					

Таблица 2.3.162. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра					
	ISD011 ФППЗ 011	**ISD017 ФППЗ 017**	**ISD029 ФППЗ 029**	**ISD048 ФППЗ 048**	**ISD049 ФППЗ 049**	**ISD075 ФППЗ 075**
Организация прибора и структура ячейки	FF	SFF, VP	FF.VP	FT.VP	FT,VP	SFF.VP
Число считывающих регистров		2	1	1	1	2
Число и тип выходных узлов	2 LN, 2 HS	2 LN, 2 HS	1 LM, 1 HS	1HS	1 HS	2 LN, 2 HS
Размер ячейки, мкм	16 × 16	16 × 16	16 × 16	22 × 22	22 × 22	14 × 14
Фоточувствительная площадь, мм^2	8,2 × 8,2	16,6 × 18,6	8,2 × 8,2	8,5 × 6,4	12,7 × 12,7	18,8 × 17,2
Сигнал насыщения, В	0,5	–	–	–	–	–
Заряд насыщения, тыс. эл.	13	200	130	300	300	130
Шум считывания двухкаскадного выходного устройства (HS), эл. (скв)	10	10–15	10–15	15	15	10
Шум считывания однокаскадного выходного устройства (LN), эл.	6	7	6	–	–	6
Темновой сигнал при –35 °С, эл./яч./с	10 (–40 °С)	< 1–7	< 1–7	< 1–7	< 1–7	< 1–7
Коэффициент преобразования выходного узла, мкВ/эл.		4,5	4	6	6	4,5
Неоднородность чувствительности, %	1,5	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Средневыборочная неоднородность чувствительности по массиву 8 × 8 элементов, %	–	1	1	1	1	1
Квантовая эффективность, %:						
–на длине волны 250 нм	20	20	20	25	25	15
–на длине волны 400 нм	58	35	35	40	40	30
–на длине волны 600 нм	10	50	50	60	60	45
№ рисунка	2-559	2-560	2-561	2-562		

Обозначения элементов организации и структуры:

VP – ФПЗС с фоточувствительной ячейкой со структурой виртуальной фазы;
FF – односекционный ФПЗС:
SFF – ФПЗС с двумя симметричными секциями;
FT – ФПЗС с переносом кадра:
LN – малошумящий (однокаскадный) выходной узел;
HS – скоростной (двухкаскадный) выходной узел.





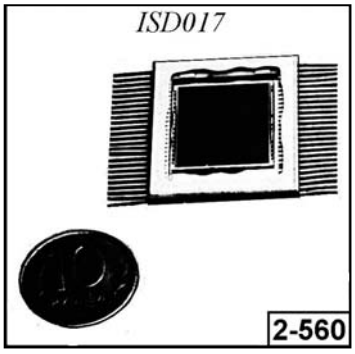




Рис. 2.3.203. Внешний вид габаритных фотоприемных устройств серии ISD-xxx

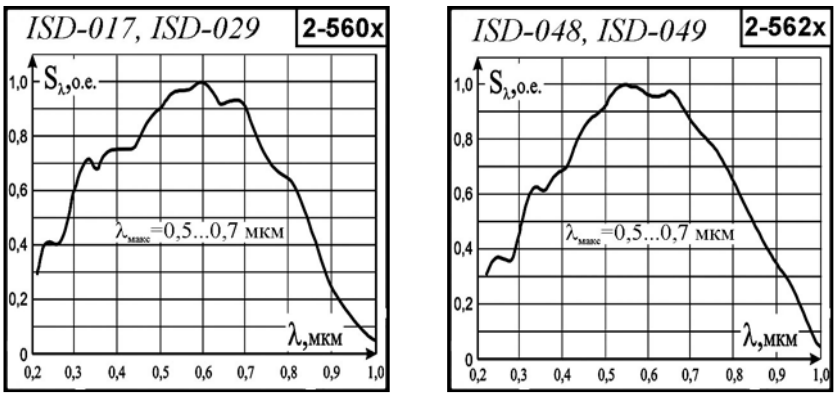


Рис. 2.3.204. Относительные спектральные характеристики фотоприемных устройств серии ISD-xxx

2.3.11.2.5. Матричные ФПЗС ELCM1075, ELCM1077, ELCM1078, ELCM1079, ELCM1085 [Δλ = 0,2–1 мкм]

Многоэлементные матричные фотоприемные устройства ELCM1075, ELCM1077, ELCM1078, ELCM1079, ELCM1085 предназначены для преобразования оптического излучения в видеосигнал в спектральном диапазоне 0,2...1,0 мкм.

Фотоприемные устройства ELCM1075, ELCM1077, ELCM1078, ELCM1079, ELCM1085 представляют серию матричных ФППЗ с «виртуальной фазой»: односекционные и двухсекционные с полным кадром, с кадровым переносом, антиблумингом, с числом элементов до 2050 × 2030 и размером изображения до 18,8 × 17,2 мм.

Приборы предназначены: для наземной и космической астрономии, медицины, биологии, микроскопии, флюорографии, экологического мониторинга, физических экспериментов, криминалистики. Основные параметры приборов серии ELCM-xxxx приведены в табл. 2.3.163.

Таблица 2.3.163. Основные параметры ФПЗС серии ELCM107x при температуре 20±5 °C

Тип прибора	ELCM 1075	ELCM 1077A ELCM 1077AP ELCM 1077APF	ELCM 1078	ELCM1079	ELCM 1085
Число элементов (H x V)	1225 × 1300	1040 × 1160	512 × 512	578 × 578	2050 × 2300
Размер ячейки, мкм	14 × 14	16 × 16	16 × 16	22 × 22	8,2 × 8,2
Фоточувствительная площадь (мм²)	18,8 × 17,2	16,6 × 18,6	8,2 × 8,2	12,7 × 12,7	18,8 × 17,2
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,2...1,0				
Квантовая эффективность, %					
–при 0, 25 мкм	20	20	20	25	15
–при 0,4 мкм	35	35	35	40	30
–при 0,6 мкм	50	50	50	60	45
Организация прибора и структура ячейки	SFF	SFF	FF	FT	SFF
Число считывающих регистров	2	2	1	1	2
Число и тип выходных узлов	2 LN	2 LN	1 LN	1 HS	2 LN
	2 HS	2 HS	1 HS		2 HS
Заряд насыщения (тыс. эл.)	140	180	180	250	45
Неоднородность чувствительности, %, не более	3	3	3	3	3
Шум считывания двухкаскадного выходного устройства (HS), эл., не более	12	10÷12	10÷15	10÷15	10÷12

Таблица 2.3.163. (окончание)

Тип прибора	ELCM 1075	ELCM 1077A ELCM 1077AP ELCM 1077APF	ELCM 1078	ELCM1079	ELCM 1085
Шум считывания однокаскадного выходного устройства (LN), эл., не более	5	6	6	–	–
Темновой сигнал при -35° С (эл./яч./с), не более	1	1	1	1	1
Габаритные размеры (без выводов), мм, не более	–	$37 \times 32 \times 3$ $(27 \times 50 \times 17)$ $(27 \times 50 \times 13{,}5)$	–	$37 \times 32 \times 3$	–
№ рисунка	–	2-562А,Б,В	–	2-562Г	–

Пояснения к таблице 2.3.163:

SFF (split full-frame): односекционный приемник изображения с фоточувствительной областью, расщепленной на две самостоятельные секции, образующие единый фоточувствительный массив. К каждой секции примыкает горизонтальный регистр считывания. Каждый регистр имеет два выходных устройства с плавающей диффузионной областью, расположенных на его противоположных концах – двухкаскадное (широкополосное) и однокаскадное (низкочастотное, малошумящее).

FF (full-frame): односекционный приемник изображения с фоточувствительной областью, к которой примыкает горизонтальный регистр считывания. Регистр имеет два выходных устройства с плавающей диффузионной областью, расположенных на его противоположных концах – двухкаскадное (широкополосное) и однокаскадное (низкочастотное, малошумящее).

FT (frame transfer): двухсекционный приемник изображения с кадровым переносом, содержащий секцию накопления, секцию памяти и горизонтальный регистр считывания с одним двухкаскадным (широкополосным) выходным устройством.

LN: малошумящий (однокаскадный) выходной узел.

HS: скоростной (двухкаскадный) выходной узел.

2.3.11.2.5.1. Матричные ФПЗС ELCM1077A, ELCM1077AP, ELCM1077APF [$\Delta\lambda$ = 0,2–1 мкм]

ФПЗС ELCM1077 представляет собой матричный прибор с зарядовой связью с виртуальной фазой.

Фоточувствительная область состоит из двух идентичных секций, образующих единый массив. Прибор предназначен для применений, требующих высокого разрешения, широкого спектрального диапазона, высокой геометрической точности и низкого шума считывания.

Кристалл ФПЗС имеет скрытый канал переноса *n*-типа и содержит фоточувствительный массив из 1160 строк по 1040 элементов размером 16 × 16 мкм, расщепленный на две секции по 580 строк. К каждой секции примыкает горизонтальный регистр считывания с 1094 элементами (1040 активных и по 27 “холостых” на концах регистра). На стыке секций сохраняется оптическая однородность массива. Стоковая имплантированная область, окружающая фоточувствительный массив, предохраняет его от попадания паразитного заряда с периферии кристалла. Электрическая схема кристалла прибора приведена на рис. 2.3.205. Назначение выводов приведено в табл. 2.3.164. Основные режимы работы ФПЗС приведены в табл. 2.3.165.

Каждый регистр считывания имеет два выходных устройства с плавающей диффузионной областью, расположенные на его противоположных концах – двухкаскадное (широкополосное) и однокаскадное (низкочастотное, малошумящее).

Прибор выпускается в трёх исполнениях – ELCM1077A, -AP, -APF. В исполнении А прибор монтируется в 50-выводный металлокерамический планарный корпус с входным окном из кварцевого стекла толщиной 2 мм или без него (для монтажа в криостаты). В исполнении АР прибор монтируется в 50-выводный газонаполненный корпус с входным окном из кварцевого стекла толщиной 2 мм, в котором размещен микрохолодильник Пельтье (термоэлектрическая батарея, ТЭБ) с кристаллом ФПЗС, укреплённым на её холодной грани. Входное окно выполняется из оптического кварцевого стекла. Исполнение APF отличается от исполнения АР стекловолоконным входным окном. В модификациях АР и APF для контроля температуры кристалла используется платиновый прецизионный терморезистор.

Относительная спектральная и апертурная характеристика ФПЗС приведены на рис. 2.3.206. Внешний вид и основные размеры ФПЗС ELCM1077A, -AP, -APF. показаны на рис. 2.3.207...2.3.209.

Таблица 2.3.164. Назначение выводов ФПЗС ELCM1077

№	Назначение	№
1, 2	См. примечание 1	26-27
3	См. примечание 2	28
4	Подложка, SS	29
5	1 фаза регистра А, PH1A	30
6	2 фаза регистра А, PH2A	31
7	Стоки вых. транзисторов регистра А, DDA	32
8	Выход однокаскадного усилителя регистра А, OS1A	33
9	Сток транзистора сброса регистра А (однокаскадный выход), RD1A	34
10	Затвор транзистора сброса регистра А (однокаскадный выход), RG1A	35
11	Разделительный электрод регистра А (однокаскадный выход), OG1A	36
12	2 фаза секции А, V2A	37
13	2 фаза секции В, V2B	38
14	Подложка, SS	39
15	Подложка, SS	40
16	Сток периферийного заряда. PDB	41
17	Разделительный электрод регистра В (двухкаскадный выход), OG2B	42
18	Затвор транзистора сброса регистра В (двухкаскадный выход). RG2B	43
19	Сток транзистора сброса регистра В (двухкаскадный выход), RD2B	44
20	Исток нагрузочного транзистора регистра В (двухкаскадный выход), LS2B	45
21	Выход двухкаскадного усилителя регистра В, OS2B	46
22	Подложка, SS	47
23	См.примечание 3	48
24, 25	См.примечание 4	49, 50

Примечания:

1. Анод термобатареи, +PT – для модификаций АР и APF, свободный – для модификации А.
2. Антистатическое покрытие, ASC – для модификации APF, подложка, SS – для модификаций А и АР.
3. Подложка, SS – для модификаций А и АР, свободный – для модификации APF;
4. Вывод термодатчика Pt-10, TS1 – для модификаций АР и APF, свободный – для модификации А;
5. Катод термобатареи, –PT – для модификаций АР и APF, свободный – для модификации А;
6. Вывод термодатчика Pt-100, TS2 – для модификаций АР и APF, свободный – для модификации А.

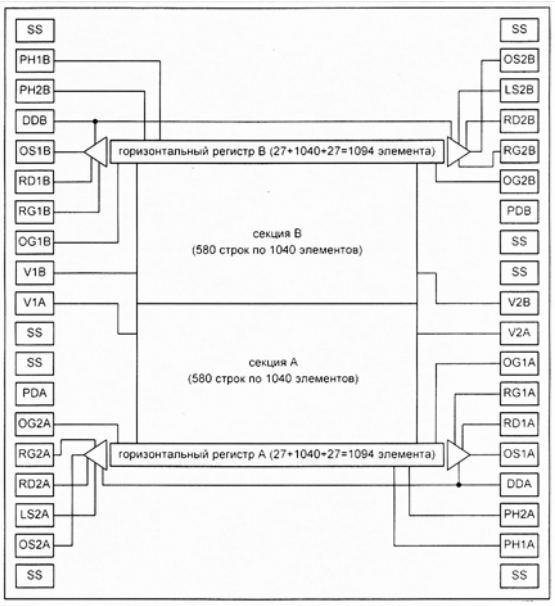


Рис. 2.3.2.3.205. Электрическая схема кристалла ФПЗС ELCM1077

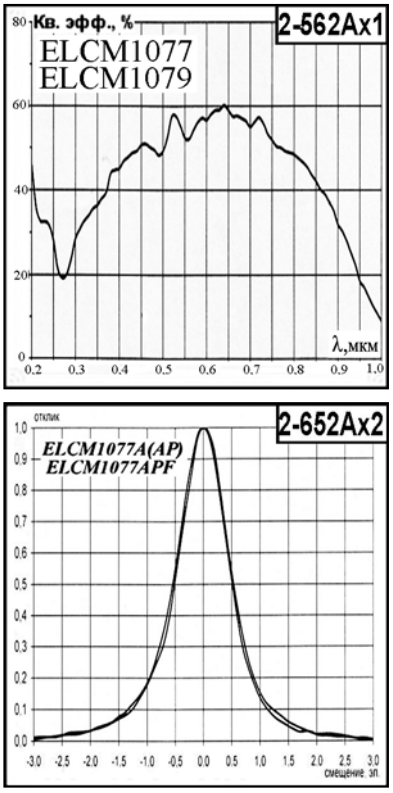


Рис. 2.3.2.3.206. Относительная спектральная (а) и апертурная (б) характеристики ФПЗС ELCM1077, ELCM1079. (Спектральные характеристики приведены для модификаций А и АР)

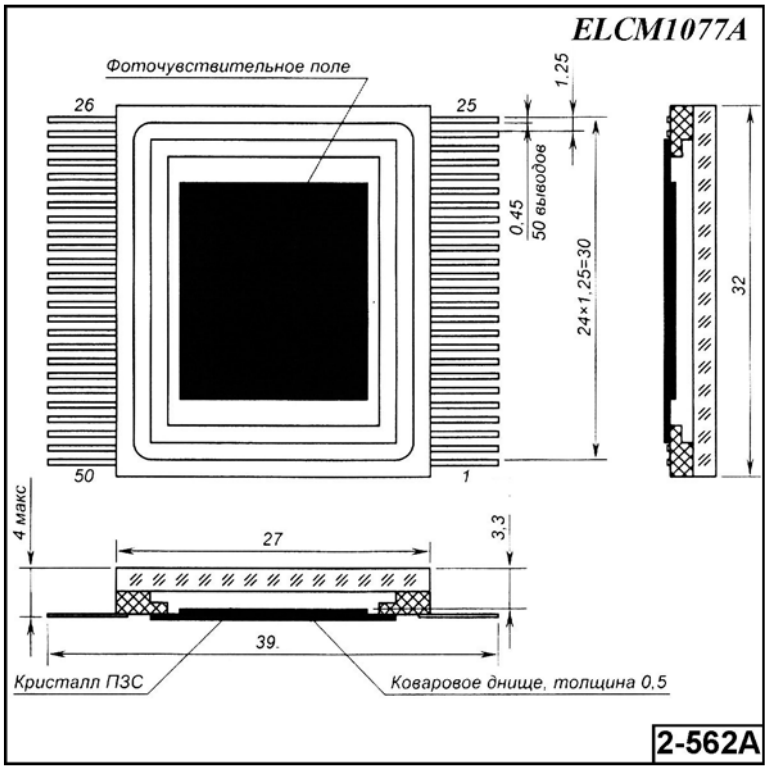


Рис. 2.3.2.3.207. Внешний вид и габаритные размеры ФПЗС ELCM1077A

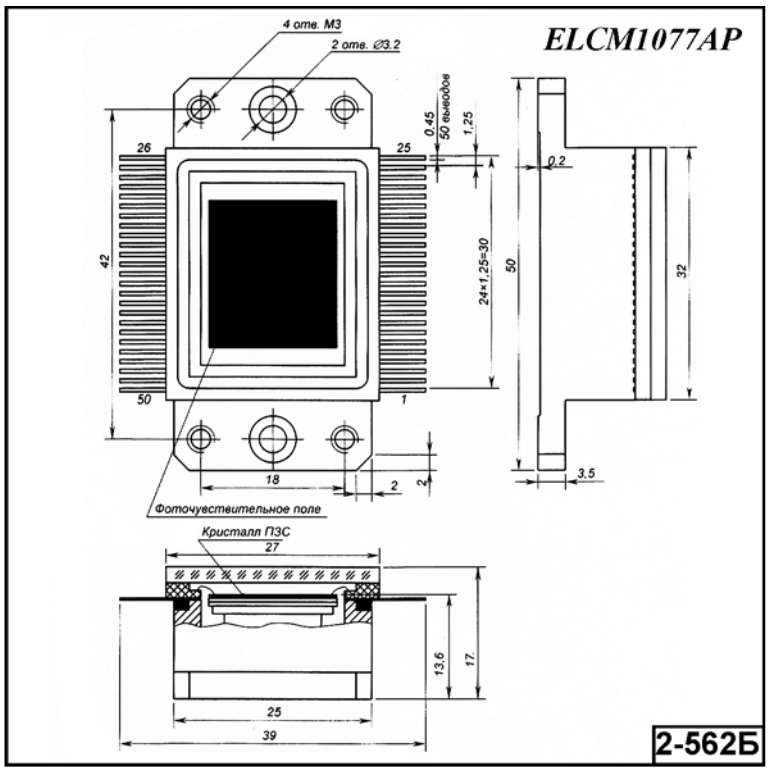


Рис. 2.3.2.3.208. Внешний вид и габаритные размеры ФПЗС ELCM1077AP

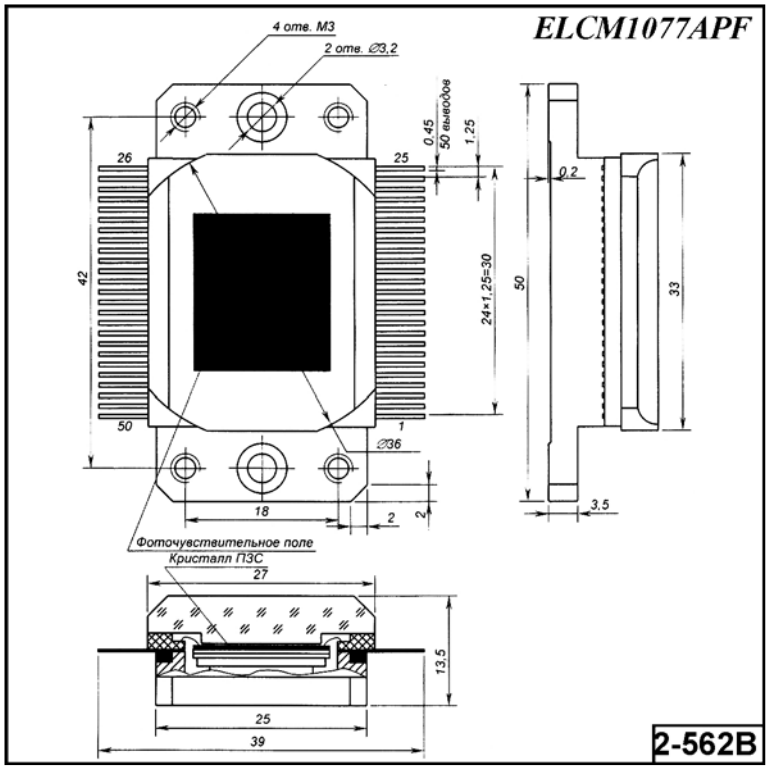


Рис. 2.3.2.3.209. Внешний вид и габаритные размеры ФПЗС ELCM1077APF

Таблица 2.3.165. Типовые режимы ФПЗС ELCM1077

Наименование параметра. Единица измерения	Обозначение	Значение		
		мин.	тип.	макс.
Верхний уровень импульсов секции, В	VSH	0	3	6
Нижний уровень импульсов секции, В	VSL	–12	–9	–4
Верхний уровень импульсов регистра, В	VHH	0	3	6
Нижний уровень импульсов регистра, В	VHL	–9	–7	–4
Верхний уровень импульсов сброса, В	RGH	0	3	6
Нижний уровень импульсов сброса, В	RGL	–6	–4	0
Напряжение стока транзистора сброса, В	VRD	8	10	15
Напряжение стока периферийного заряда, В	VPD	10	12	22
Напряжение стоков выходных транзисторов, В	VDD	16	18	22
Сопротивление нагрузки однокаскадного выходного устройства. кОм	RLosi	10	47	60
Сопротивление нагрузки двухкаскадного выходного устройства. кОм	RLOS2	1,5	3	10
Сопротивление в цепи нагрузочного транзистора, кОм	Rls	0	10	15

Примечание. Все напряжения измерены относительно подложки VSS.

2.3.11.2.5.2. Матричные ФПЗС ELCM1079 [$\Delta\lambda$ = 0,2–1 мкм]

ФПЗС ELCM1079 представляет собой матричный прибор с зарядовой связью с кадровым переносом. Прибор предназначен для применений, требующих широкого спектрального диапазона, высокой геометрической точности и низкого шума считывания.

ФПЗС имеет скрытый канал переноса *n*-типа и содержит секцию накопления (578 строк по 578 элементов размером 22 × 22 мкм) и секцию памяти (578 строк по 584 элемента), содержащей 6 дополнительных столбцов со стороны выходного устройства. К секции памяти примыкает горизонтальный регистр считывания (584 активных и 8 “холостых” со стороны выходного устройства).

Секция памяти защищена от света. Секция накопления выполнена с двумя поликремниевыми электродами и “виртуальной” фазой, секция памяти и регистр имеют трехфазное управление.

Выходное устройство с плавающей диффузионной областью имеет двухкаскадный истоковый повторитель. Встроенная нагрузка первого каскада может отключаться при работе с большим временем накопления для подавления эффектов, связанных с паразитной генерацией зарядов в стоковых областях транзисторов.

Стоковая имплантированная область, окружающая секции и регистр, предохраняет канал переноса от попадания паразитного заряда с периферии кристалла.

Прибор монтируется в 50-выводный газонаполненный корпус, в котором размещен микрохолодильник Пельтье (термоэлектрическая батарея, ТЭБ) с кристаллом ФПЗС, укреплённым на её холодной грани. Входное окно выполняется из оптического кварцевого стекла толщиной 2 мм с показателем преломления 1,486. Для контроля температуры кристалла используется платиновый прецизионный 8терморезистор.

Электрическая схема кристалла прибора приведена на рис. 2.3.210. Назначение выводов приведено в табл. 2.3.166. Основные режимы работы ФПЗС приведены в табл. 2.3.167. Относительная спектральная характеристика ФПЗС приведена на рис 2.3.206а. Внешний вид и основные размеры ФПЗС ELCM1079 показаны на рис. 2.3.211.

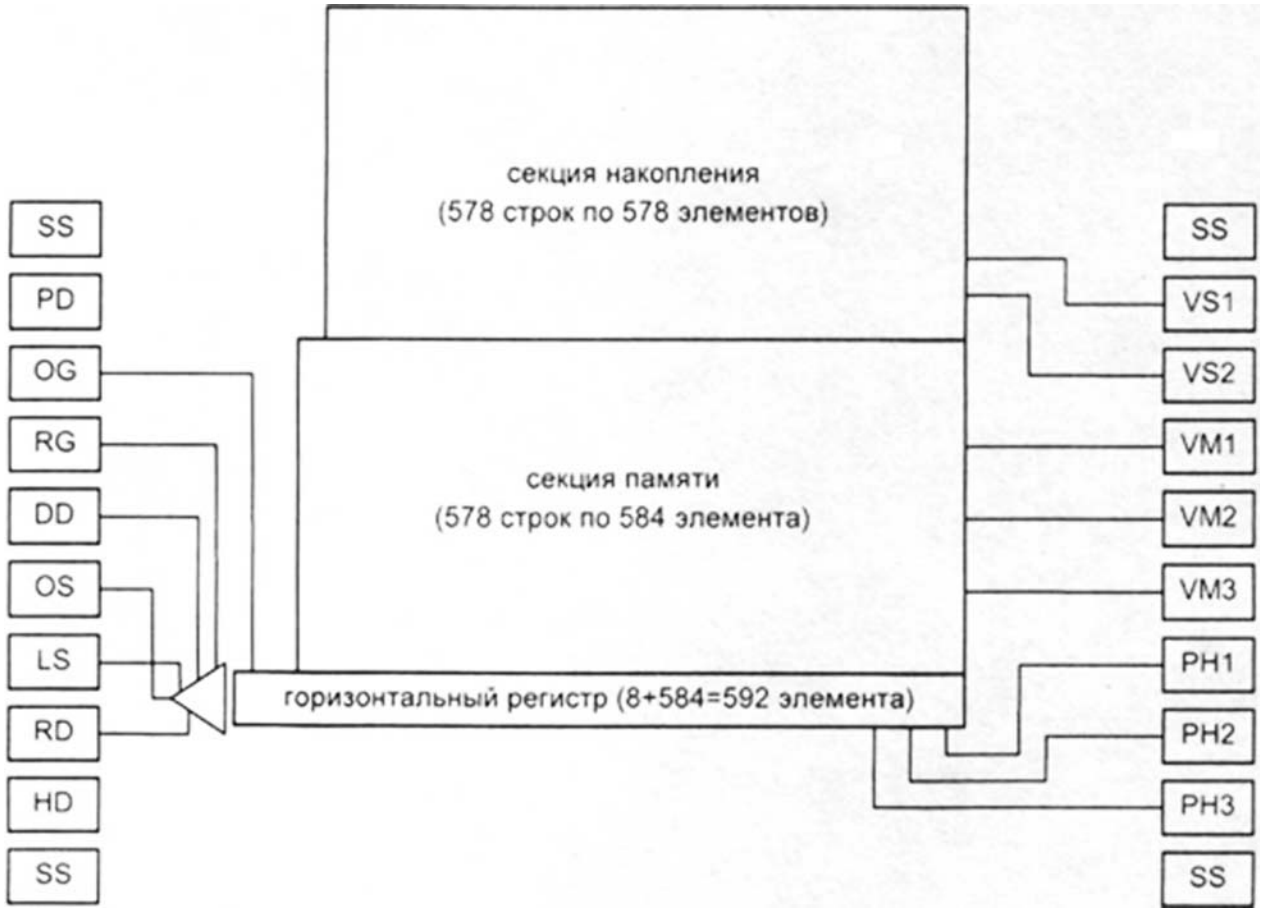


Рис. 2.3.210. Электрическая схема кристалла ФПЗС ELCM1079

Таблица 2.3.166. Назначение выводов ФПЗС ELCM1079

№	Назначение	№	Назначение
1, 2	Анод термобатареи, +PT	26, 27	
3, 4, 6	Свободный	28	Свободный
5, 7	Подложка, SS	29	Подложка, SS
8, 9, 10	Свободный	30	3 фаза регистра, PH3
11, 12	Подложка, SS	31	2 фаза регистра, PH2
13	Периферийный сток секций, PD	32	1 фаза регистра, PH1
14	Стоки транзисторов вых. устройства, DD	33	Свободный
15	Исток выходного транзистора, OS	34	3 фаза секции памяти, VM3
16	Исток нагрузочного транзистора, LS	35	2 фаза секции памяти. VM2
17	Сток транзистора сброса, RD	36	1 фаза секции памяти, VM1
18	Свободный	37	2 фаза секции накопления, VS2
19	Затвор транзистора сброса, RG	38	1 фаза секции накопления, VS1
20	Разделительный электрод регистра, OG	39, 40	Подложка, SS
21	Периферийный сток регистра. HD	41-43, 45	Свободный
22	Подложка, SS	44, 46	Подложка, SS
23	Свободный	47, 48	Свободный
24, 25	Вывод термодатчика Pt-100. TS1	49, 50	Катод термобатареи, -PT

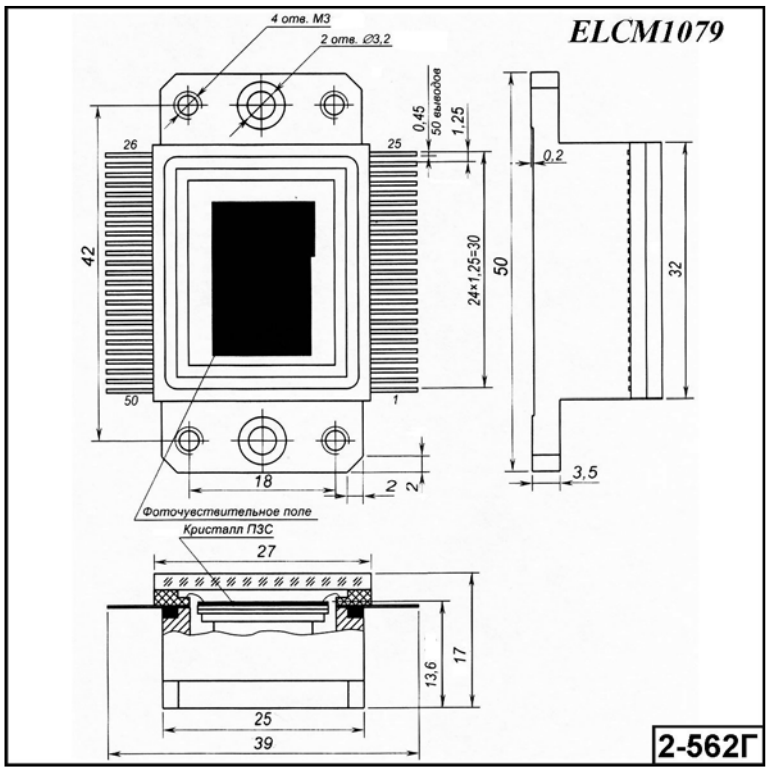


Рис. 2.3.211. Внешний вид и габаритные размеры ФПЗС ELCM1079

Таблица 2.3.167. Типовые режимы ФПЗС ELCM1079

Наименование параметра. Единица измерения	Обозначение	Значение		
		мин.	тип.	макс.
Верхний уровень импульсов секции накопления, В	VSH	0	3	6
Нижний уровень импульсов секции накопления, В	VSL	–12	–9	–5
Верхний уровень импульсов секции памяти, В	VMH	3	5	7
Нижний уровень импульсов секции памяти, В	VML	–12	–9	–7
Верхний уровень импульсов регистра, В	VHH	3	5	7
Нижний уровень импульсов регистра, В	VHL	–9	–7	–5
Верхний уровень импульсов сброса, В	RGH	3	5	7
Нижний уровень импульсов сброса, В	RGL	-9	-6	-5
Напряжение стока транзистора сброса, В	VRD	9	11	15
Напряжение стока периферийного заряда, В	VPD	10	12	22
Напряжение стоков выходных транзисторов, В	VDD	16	18	22
Сопротивление нагрузки выходного устройства, кОм	RLos	1,5	3	10
Сопротивление в цепи нагрузочного транзистора, кОм	Rls	0	10	15

Примечание. Все напряжения измерены относительно подложки VSS.

Общие предупреждения и рекомендаци при эксплуатации ФПЗС ELCM1077 и ELCM1079:

1. В приборах не предусмотрены средства защиты от статического электричества; при работе необходимо принимать меры антистатической защиты.
2. Запрещается подавать какие-либо напряжения на выводы прибора, не используемые согласно принципиальной схеме.

Рекомедации:

1. Для уменьшения эмиссии паразитного заряда рекомендуется отключать исток нагрузочного транзистора LS используемого выходного устройства во время экспозиции.
2. Неиспользуемые выводы OS и LS необходимо оставлять свободными.
3. Остальные неиспользуемые выводы должны быть подключены к VRD.
4. Режим питания микрохолодильника для модификаций AP и APF должен соответствовать, параметрам, приводимом в паспорте прибора.

2.3.11.2.6. Матричные ФППЗ ФППЗ 30М, ФППЗ 31М, ФППЗ 32МД, ФППЗ 33МД, ФППЗ 34МД, ФППЗ 35МД, ФППЗ 36МД, ФППЗ 37МД, ФППЗ 38МД, ФППЗ 39МД, ФППЗ 40МД [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,0 мкм]

ФПЗС 30М–ФПЗС 40МД представляют собой серию матричных преобразователей с кадровым переносом и служат для преобразования двумерного оптического изображения в электрический сигнал в спектральном диапазоне 0,3–1 мкм.

Особенности: жесткий геометрический растр, обработка изображения непосредственно на кристалле, устойчивость к сильным магнитным полям, малые габариты и потребляемая мощность.

Применение: промышленное, научное, медицинское и военное телевидение (табл. 2.3.168).

Таблица 2.3.168. Основные параметры матричных фотоприемных устройств серии ФППЗ 30М–ФПЗС 40МД при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Число элементов изображения (Г × В)	Размер элемента изображения, мкм	Размер изображения, мм	Диапазон спектральной чувствительности, мкм	Напряжение сигнала насыщения, В	Световая чувствительность, мВ/лк	Монохроматическая чувствительность (на длине волны, мкм), В*см²/мкДж	Динамический диапазон, дБ	Горизонтальная МТФ на частоте Найквиста, %	Неравномерность темнового сигнала, В	Неравномерность выходного сигнала, %	Частота выходного сигнала, МГц
ФППЗ с кадровым переносом и термоэлектрическим охладителем (Пельтье)												
ФППЗ 32МД	768 × 580	27 × 27	20,7 × 15,6	0,38...1,0	2,0	70	8(0,67–0,69)	85	60	$5\cdot10^{-5}$	5	15
ФППЗ 37МД	1024 × 1152	13 × 13	13,3 × 7,5	0,43...1,0	1,6	40	5(0,67–0,69)	80	60	$5\cdot10^{-5}$	5	20
ФППЗ 38МД	1024 × 1152	9 × 9	9,2 × 5,2		0,4	20	2,5(0,67–0,69)	75	60	$5\cdot10^{-5}$	4	20
ФППЗ 39МД	768 × 580	9 × 18	6,9 × 9,2		0,5	40	5,0(0,67–0,69)	65	60		4	15
Односекционные ФППЗ												
ФППЗ 33МД	256 × 145	9 × 12	2,3 × 1,7	0,43...1,0	0,3		2(0,67) 1,5(0,94)	65	60	10^{-3}	5	5
ФППЗ 36МД	512 × 290	9 × 12	4,6 × 3,5		0,3		2(0,67) 1,5(0,94)	65	60	10^{-3}	5	10
ФППЗ 30М	512 × 580	9 × 12	4,6 × 3,5		0,3	40	2,5(0,67)	66	60	10^{-1}	4	10
ФППЗ 31М	768 × 580	9 × 18	6,9 × 5,2		0,3	60	5(0,67)	70	60		4	15
ФППЗ с электронным затвором и горизонтальным антиблюмингом												
ФППЗ 34МД	512 × 580	13 × 17	6,7 × 5,0	0,43...1,0	0,3	20	2,0(0,67)	65	90	10^{-3}	5	10
ФППЗ 35МД	768 × 580	13 × 26	10,0 × 7,5		0,5	30	3,0(0,67)	65	90	10^{-3}	6	15
ФППЗ с волоконнооптическим входным окном для сочленения с усилителем яркости изображения												
ФППЗ 40МД	768 × 580	17 × 34	13,0 × 9,8	0,3...1,0	1,8	400	20(0,67...0,69)	86	65	10^{-3}	4	15

Таблица 2.3.169. Матричные ФПЗС с трехфазной структурой и поликремниевыми затворами

Тип прибора	Число элементов изображения (Г × В)	Архитектура прибора[1]	Число регистров считывания	Тип и число выходных усилителей	Размер элемента изображения, мкм	Размер изображения, мм	Заряд накопления, 10^3 е	Шум считывания ШПУ[1)2)], е rms	Коэффициент преобразования ШПУ, мкм*В/е	Неоднородность чувствительности, %	Средневыборочная неравномерность сигнала[4], %	Квантовая эффективность (λ=0,6 мкм), %
ФППЗ-069	1024 × 1024	ДПК ЗП	2	2 ШПУ	15 × 15	15,4 × 15,4	350	15	4	3	2	45
ФППЗ-1070	512 × 512	КП ЗП	1	1ШПУ	22 × 22	11,3 × 11,3	550	15	4	3	2	45

2.4. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ФОТОПРИЕМНИКИ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СРЕДНЕВОЛНОВОГО И ДЛИННОВОЛНОВОГО ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ 1,5–15 мкм

Предприятиями СССР и СНГ выпускалась и выпускается широкая номенклатура фотоприемников, предназначенных для регистрации ИК-излучения в диапазоне 1,5–15 мкм.

Для изготовления фоточувствительных элементов в основном используются такие полупроводниковые материалы, как сульфид (PbS) и селенид (PbSe) свинца, антимонид индия (InSb), особо чистые и стехиометрические соединения материалов группы $A^{IV}B^{VI}$, твердые растворы типа «свинец–олово–теллур» и «кадмий–ртуть–теллур», легированные германий и кремний.

Основную массу фоточувствительных элементов приемников ИК-излучения составляют фоторезисторы, фотодиоды и так называемые фотогальванические приемники (ФГП), которые являются разновидностью фотодиодов. Фотогальванические приемники не требуют напряжения смещения.

Большинство фоточувствительных элементов неохлаждаемых приемников размещаются в пластмассовых или металлостеклянных герметичных корпусах. Входные окна приборов могут изготавливаться из оптического стекла и просветленных германия или кремния.

Определенная часть фотоприемников выпускается в бескорпусном исполнении. В этом случае фоточувствительный элемент защищается пленкой лака. Выводы отсутствуют, что обязывает потребителя использовать прижимные контакты к фоточувствительной площадке. Из бескорпусных ф. ч. э. можно формировать линейные и матричные структуры.

Фоточувствительные элементы приемников для специального применения, например ФСА-6, представляют собой плоскую шайбу с отверстием, через которое излучение поступает на отражающую поверхность, что дает возможность устанавливать прибор на близком расстоянии от контролируемого объекта.

Особую группу современных фотоприемников представляют так называемые фотоприемные устройства (ФПУ).

Фотоприемное устройство состоит из одного или множества фоточувствительных элементов и схем предварительной обработки фотосигнала (например, схем сопряжения, усиления, коммутации, стабилизации рабочей точки и др.), объединенных в едином корпусе. В комплект ФПУ входят также устройства охлаждения фоточувствительного элемента.

Более сложным современным фотоприемником является так называемый фотоэлектронный модуль (ФЭМ).

В состав фотоэлектронного модуля могут входить: охлаждаемая многоэлементная структура, охлаждаемый мультиплексор и предусилитель, вторичные источники питания, а также микрокриогенная система охлаждения ф. ч. э., например на газовой криогенной машине типа интегральный Стирлинг и электронный блок сопряжения и др.

2.4.1. Неохлаждаемые фотоприемники

2.4.1.1. Неохлаждаемые фоторезисторы ФСА-0, ФСА-1, ФСА-1а, ФСА-4, ФСА-6, ФСА-Г1, ФСА-Г2, ФР1-3, ФР1-4, ФР1-1/13, ФР-СС-138, ФР-183, ФР-193А, ФР-193Б, ФР-193В, ФР-193Г, ФР-193Д, ФР-202, ФР-202.1, ФР-203, ФР-220, ФР-220-1, ФР-220-2, ФР-220-3, ФР-220-4, ФР-220-5, ФР-220-6, ФР226, ФР226-01, ФР226-02, ФР226-03, ФСВ-16АН, ФСВ-17АН, УФУР02 [$\Delta\lambda$ = 0,4–3,3 мкм; $\lambda_{макс}$ = 1,5–2,3 мкм]

Неохлаждаемые фоторезисторы данной серии реализованы на основе фоточувствительных элементов из сернистого свинца и предназначены для регистрации излучения в диапазоне 0,4–3,3 мкм.

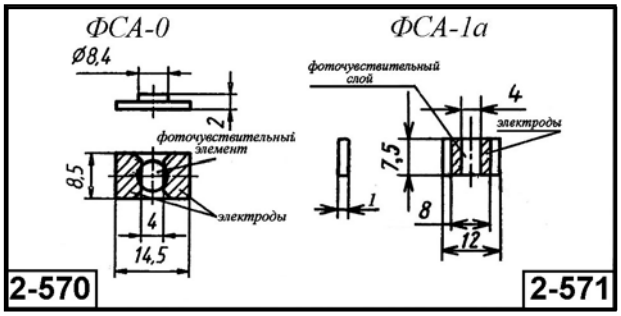
Основные параметры неохлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца приведены в табл. 2.4.1. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.4.1–2.4.4.

Таблица 2.4.1. Основные параметры неохлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{чэ}$, мм	2β, град, не менее	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	$U_р$, В [$P_{макс}$, мВт, не более]	$R_т$, МОм	$R_т/R_{св}$, отн. ед., не менее	τ, с, не более	$S_{инт}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	$\Phi_п$, Вт, не более [$D^*\lambda_{max}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее]	T_s, %/°С, не более	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФСА-0	4×7	–	0,4–2,7 [2,1]	4–40 [10]	0,04–0,4	1,2	$4\cdot10^{-5}$	–	–	–1,5	–60...+60	8,5×14×2 [4,5]	2-570
ФСА-1	4×7,5	–	0,3–3 [2–2,2]	2–50 [10]	0,022–1,0	1,2	$4\cdot10^{-4}$	1500	$1\cdot10^{-7}$	+1,8–...1,8	–60...+70	15×28×6,4 [4,5]	2-572
ФСА-1а	4×7,5	–	0,3–3 [2–2,2]	2–50 [10]	0,022–1,0	1,2	$4\cdot10^{-4}$	1500	$1\cdot10^{-7}$	+1,8–...1,8	–60...+70	7,5×8×1 [1,2]	2-571
ФСА-4	4×6	–	0,3–3 [2–2,2]	4–40 [10]	0,04	1,2	$4\cdot10^{-5}$	–	$5\cdot10^{-6}$	+1,8–...1,8	–60...+60	18×24×4 [5]	2-575
ФСА-6	∅14 с отв. ∅5	60	0,3–3 [2–2,2]	5–30 [10]	0,047–0,33	1,1	$4\cdot10^{-4}$	1500	$1\cdot10^{-7}$	+1,8–...1,8	–60...+70	∅28×6,5 [5]	2-576
ФСА-Г1	4×10	–	0,4–3 [2–2,2]	4–40 [10]	0,022–1,0	1,2	$4\cdot10^{-4}$	1500	$1\cdot10^{-7}$	+1,8–...1,8	–60...+70	∅22×9 [7]	2-573
ФСА-Г2	8×12	–	0,4–3 [2–2,2]	4–40 [10]	0,047–0,47	1,2	$4\cdot10^{-4}$	1500	$1\cdot10^{-7}$	+1,8–...1,8	–60...+70	∅33×34 [20]	2-571
ФР1-3	1,0×5,8	–	1–3,2 [1,5–2,2]	15 [6]	0,047–0,35	–	$4\cdot10^{-4}$	240	[$1{,}7\cdot10^{8}$] (573 °К)	–4–...5	–60...+60	∅10,7×6 [5]	2-577
ФР1-4	3,0×5,8	–	1–3,2 [1,5–2,2]	25 [8]	0,22–1,0	–	$4\cdot10^{-4}$	82	[$0{,}9\cdot10^{8}$] (573 °К)	–4–...5	–60...+60	∅10,7×6 [5]	2-577
ФР1-1/13	1,3×1,3	90	0,4–3,3 [2,3–2,5]	12	0,05–0,2	–	$(4{,}5–7{,}5)\cdot10^{-5}$	$(0{,}6–1{,}2)10^{3}$	$(3–7)\cdot10^{4}$	–	–60...+60	∅7,4×3 [1]	2-578
ФР1-1/13 с фильтром	1,3×1,3	90	1,1–3,3 [2,3–2,5]	12	0,05–0,2	–	$(4{,}5–7{,}5)\cdot10^{-5}$	$(0{,}6–1{,}2)10^{3}$	$(3–7)\cdot10^{4}$	–	–60...+60	∅7,4×3 [1,4]	2-578
ФР-СС-138 с фильтром	3×3	120	1,8–3,2 [2–2,2]	22,5 [0,4]	1,5	–	$2{,}3\cdot10^{-4}$	$1{,}7\cdot10^{3}$	$7{,}7\cdot10^{8}$ (573 °К)	–5	–60...+60	∅12,6×14,2 [3]	2-579
ФР-183 с фильтром	∅0,15	–	1,8–2,5	–	0,04–0,12	–	$1\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{4}$	$5\cdot10^{10}$	–	–30...+30	∅23×18 [10]	2-580

Таблица 2.4.1. (окончание)

Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	2β, град, не менее	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	$U_р$, В [$P_{макс}$, мВт, не более]	$R_т$, МОм	$R_т/R_{св}$, отн. ед., не менее	τ, с, не более	$S_{инт}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	$Ф_п$, Вт, не более [$D^*\lambda_{max}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее]	T_s, %/°С, не более	ΔТ, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР-183	0,15×0,6		1,7–2,4	–	0,02–0,15		$1\cdot10^{-4}$	$8{,}4\cdot10^{3}$	$5\cdot10^{10}$	–	–30...+30	∅ 23×18 [1]	2-580
ФР-193А	1,3×1,3	–	0,8–3,3 [2,5]	10 [0,4]	1,2–2	–	$3\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{3}$	$2\cdot10^{9}$	–	–60...+50	∅ 8×9,5	2-581
ФР-193Б	0,7×0,7	–	0,8–3,3 [2,5]	10 [0,4]	1,2–2	–	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{3}$	$2\cdot10^{9}$	–	–60...+50	∅ 8×9,5	2-581
ФР-193В	0,5×0,5	–	0,8–3,3 [2,5]	10 [0,4]	1,2–2	–	$3\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{3}$	$2\cdot10^{9}$	–	–60...+50	∅ 8×9,5	2-581
ФР-193Г	0,35×0,35	–	0,8–3,3 [2,5]	3 [0,4]	1,2–2	–	$3\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{4}$	$2\cdot10^{9}$	–	–60...+50	∅ 8×9,5	2-581
ФР-193Д	0,18×0,18	–	0,8–3,3 [2,5]	3 [0,4]	1,2–2	–	$3\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{4}$	$2\cdot10^{9}$	–	–60...+50	∅ 8×9,5	2-581
ФР-202.1	1,7×1,7	–	0,5–3,0 [2–2,3]	15	0,04–0,12	–	$4\cdot10^{-4}$	600	$5\cdot10^{10}$	–	–60...+60	∅ 6×3 [2]	2-582
ФР-203	4×4		0,5–3,0	–	0,04–0,12	–	$4\cdot10^{-4}$	600	$5\cdot10^{10}$	–	–	∅ 10,7×6	2-583
ФР-220	10×10	–	0,5–3,0 [2–2,3]	100	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	$2{,}1\cdot10^{4}$	$7\cdot10^{10}$	–	–	10×10×2 б/к	2-584
ФР-220-1	8×8	–	0,5–3,0 [2–2,3]	100	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	$3{,}1\cdot10^{4}$	$7\cdot10^{10}$	–	–	8×8×2 б/к [0,5]	2-584
ФР-220-2	6×6	–	0,5–3,0 [2–2,3]	100	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	$5{,}6\cdot10^{4}$	$7\cdot10^{10}$	–	–	6×6×2 б/к [0,5]	2-584
ФР-220-3	4×4	–	0,5–3,0 [2–2,3]	100	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{5}$	$7\cdot10^{10}$	–	–	4×4×2 б/к [0,5]	2-584
ФР-220-4	3×3		0,5–3,0 [2–2,3]	80	0,05–1,5		$3\cdot10^{-4}$	$1{,}1\cdot10^{5}$	$7\cdot10^{10}$	–	–	б/к [0,5]	2-584
ФР-220-5	2×2		0,5–3,0 [2–2,3]	50	0,05–1,5		$3\cdot10^{-4}$	$2{,}5\cdot10^{5}$	$7\cdot10^{10}$	–		б/к [0,5]	2-584
ФР-220-6	1×1		0,5–3,0 [2–2,3]	30	0,05–1,5		$3\cdot10^{-4}$	$9{,}8\cdot10^{5}$	$7\cdot10^{10}$	–	–	б/к [0,5]	2-584
ФР226	3×3		0,5–3,0 [2–2,3]	80	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	–	$7\cdot10^{10}$	–	–	б/к [0,5]	–
ФР226-01	2×2		0,5–3,0 [2–2,3]	60	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	–	$7\cdot10^{10}$	–	–	[0,5]	–
ФР226-02	1×1		0,5–3,0 [2–2,3]	40	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	–	$7\cdot10^{10}$	–	–	[0,5]	–
ФР226-03	0,5×0,5		0,5–3,0 [2–2,3]	20	0,05–1,5	–	$3\cdot10^{-4}$	–	$7\cdot10^{10}$	–	–	[0,5]	–
ФСВ-16АН с фильтром	4×4	70	1–3,2 [2–2,5]	20 [1]	5	–	$5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{3}$	$4{,}9\cdot10^{8}$ (573 °К)	–5	–50...+50	∅ 45×45 [55]	2-585
ФСВ-17АН с фильтром	6×2	70	1–3,2 [2–2,5]	20 [1]	5	–	$5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{3}$	$4{,}2\cdot10^{8}$ (573 °К)	–5	–50...+50	∅ 45×45 [55]	2-585



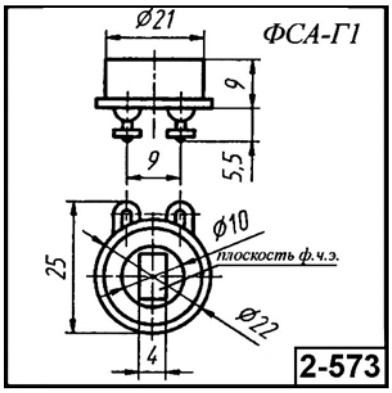
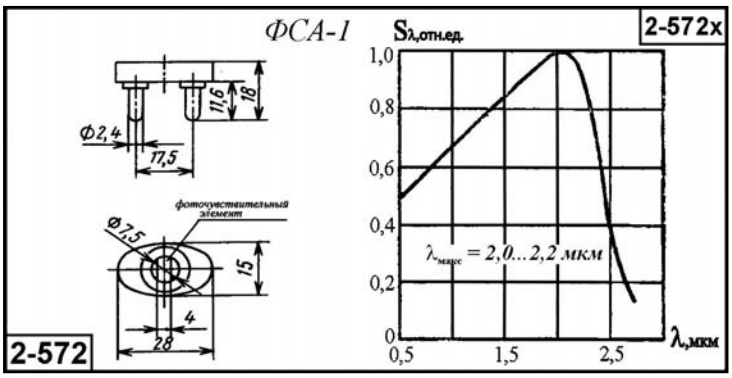
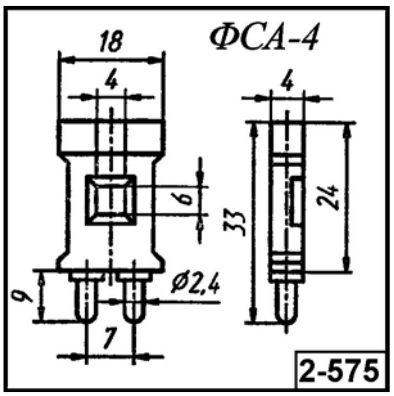
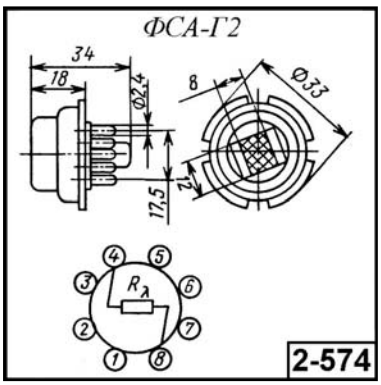
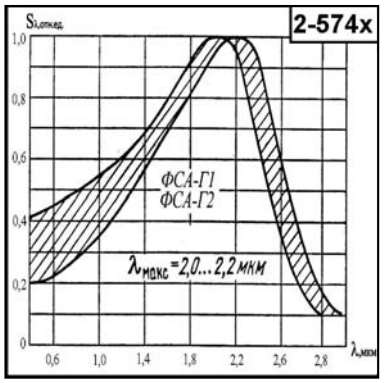


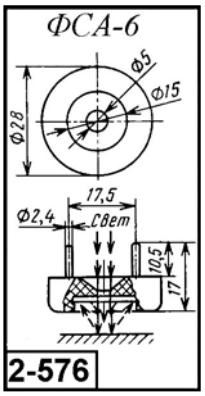
Рис. 2.4.1. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ неохлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца











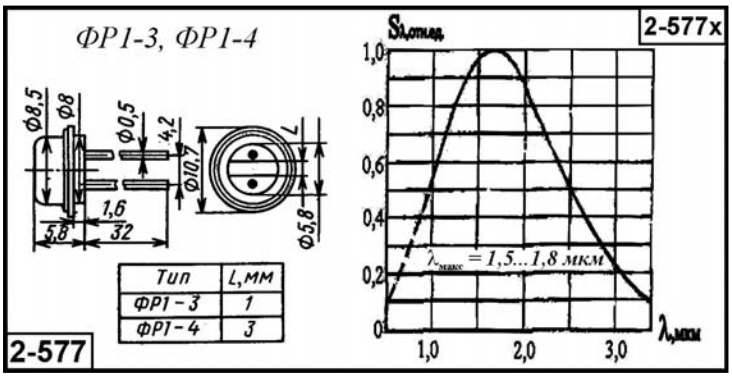
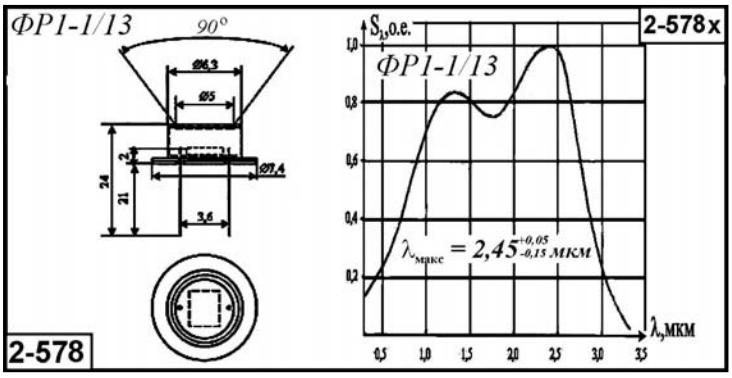
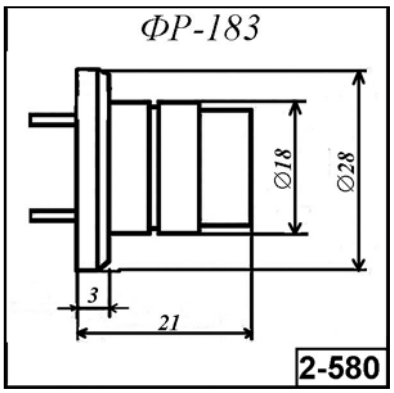


Рис. 2.4.1. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ неохлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца (окончание)





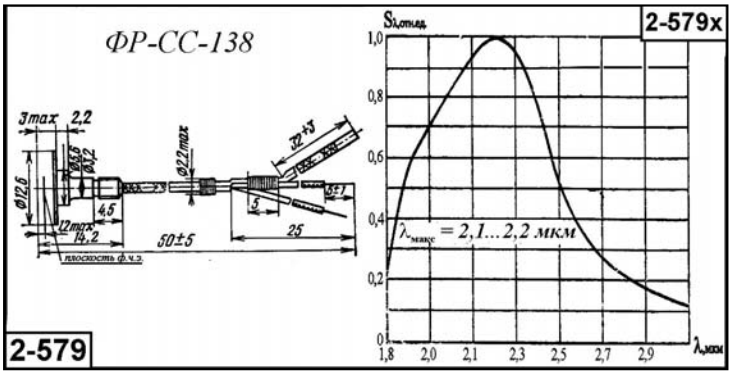
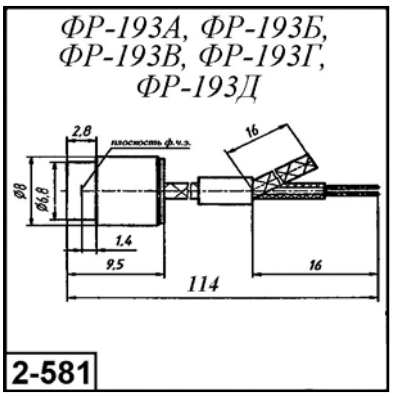
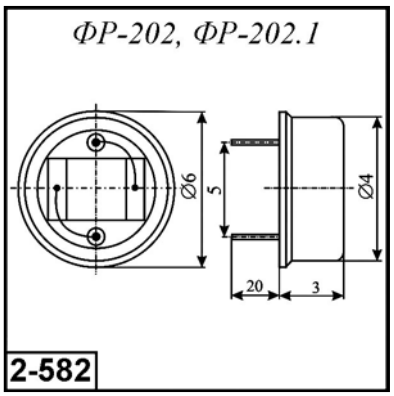
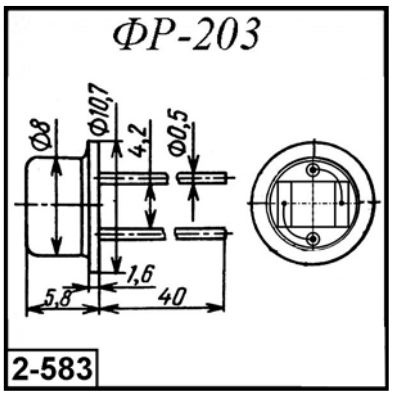
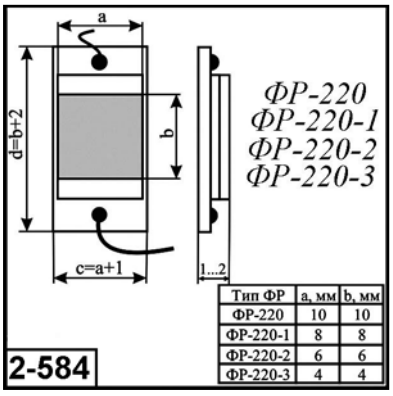


Рис. 2.4.2. Внешний вид и габаритные размеры неохлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца









Тип ФР	a, мм	b, мм
ФР-220	10	10
ФР-220-1	8	8
ФР-220-2	6	6
ФР-220-3	4	4

Рис. 2.4.2. Внешний вид и габаритные размеры неохлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца (окончание)

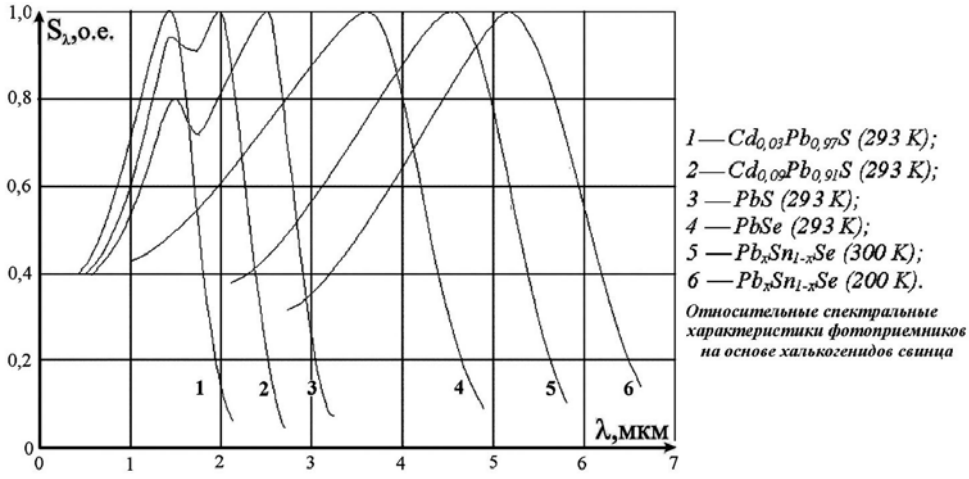
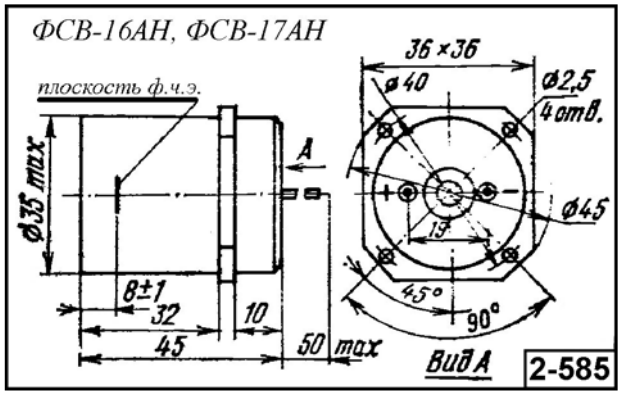


Рис. 2.4.3. Сравнительные спектральные характеристики фоточувствительных элементов на основе халькогенидов свинца



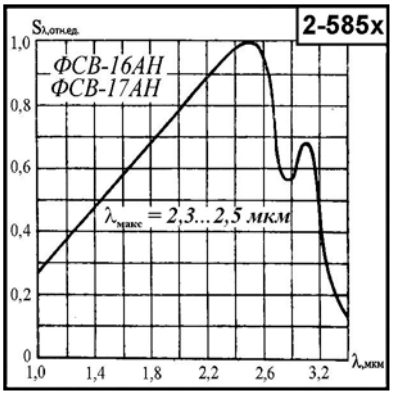


Рис. 2.4.4. Внешний вид и габаритные размеры неохлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца

2.4.1.2. Неохлаждаемые фоторезисторы ФР622-0,1, ФР622-0,5, ФР622-1, ФР622-2, ФР622-3, ФР623-0,1, ФР623-0,5, ФР623-1, ФР623-2, ФР623-3, ФР624-0,1, ФР624-0,5, ФР624-1, ФР624-2, ФР624-3 [$\Delta\lambda$ = 1,6–3,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8–3,6 мкм]

Фоторезисторы серий ФР622–ФР624 на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$ и их твердых растворов выполнены в стандартном герметичном металлостеклянном корпусе с прозрачным входным окном.

Основные параметры фоторезисторов серий ФР622–ФР624 приведены в табл. 2.4.2. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.4.5.

Таблица 2.4.2. Основные параметры неохлаждаемых фоторезисторов серий ФР622–ФР624 при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{фнз}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$R_т$, МОм	τ, с, не более	$S_{инт}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	$D^*\lambda_{max}$, см·Гц$^{1/2}$Вт$^{-1}$, не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ФР622-0,1	0,1×0,1	1,6–3,5	2,8±0,2	0,5±0,1	0,07–0,8	$3\cdot10^{-5}$	$1{,}2\cdot10^{4}$	$1\cdot10^{10}$				
ФР622-0,5	0,5×0,5	1,6–3,5	2,8±0,2	1±0,2	0,07–0,8	$3\cdot10^{-5}$	$2{,}4\cdot10^{4}$	$1\cdot10^{10}$				
ФР622-1	1×1	1,6–3,5	2,8±0,2	5±0,1	0,07–0,8	$3\cdot10^{-5}$	$1{,}2\cdot10^{3}$	$1\cdot10^{10}$				
ФР622-2	2×2	1,6–3,5	2,8±0,2	5±0,1	0,07–0,8	$3\cdot10^{-5}$	600	$1\cdot10^{10}$				
ФР622-3	3×3	1,6–3,5	2,8±0,2	5±0,1	0,07–0,8	$3\cdot10^{-5}$	400	$1\cdot10^{10}$				
ФР623-0,1	0,1×0,1	1,6–4,7	3,2±0,2	0,5±0,1	0,02–0,3	$1{,}5\cdot10^{-5}$	$1{,}2\cdot10^{4}$	$0{,}8\cdot10^{10}$				
ФР623-0,5	0,5×0,5	1,6–4,7	3,2±0,2	1±0,2	0,02–0,3	$1{,}5\cdot10^{-5}$	$2{,}4\cdot10^{4}$	$0{,}8\cdot10^{10}$				
ФР623-1	1×1	1,6–4,7	3,2±0,2	5±0,1	0,02–0,3	$1{,}5\cdot10^{-5}$	$1{,}2\cdot10^{3}$	$0{,}8\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,2×4,6	1,0	2-586
ФР623-2	2×2	2,6–4,7	3,2±0,2	5±0,1	0,02–0,3	$1{,}5\cdot10^{-5}$	600	$0{,}8\cdot10^{10}$				
ФР623-3	3×3	1,6–4,7	3,2±0,2	5±0,1	0,02–0,3	$1{,}5\cdot10^{-5}$	400	$0{,}8\cdot10^{10}$				
ФР624-0,1	0,1×0,1	1,6–4,7	3,6±0,2	0,5±0,1	0,01–0,1	$5\cdot10^{-6}$	$8\cdot10^{3}$	$0{,}6\cdot10^{10}$				
ФР624-0,5	0,5×0,5	1,6–4,7	3,6±0,2	1±0,2	0,01–0,1	$5\cdot10^{-6}$	$1{,}6\cdot10^{3}$	$0{,}6\cdot10^{10}$				
ФР624-1	1×1	1,6–4,7	3,6±0,2	5±0,1	0,01–0,1	$5\cdot10^{-6}$	800	$0{,}6\cdot10^{10}$				
ФР624-2	2×2	2,6–4,7	3,6±0,2	5±0,1	0,01–0,1	$5\cdot10^{-6}$	400	$0{,}6\cdot10^{10}$				
ФР624-3	3×3	1,6–4,7	3,6±0,2	5±0,1	0,01–0,1	$5\cdot10^{-6}$	250	$0{,}6\cdot10^{10}$				

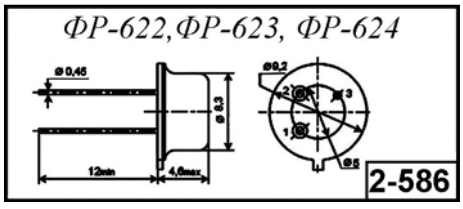


Рис. 2.4.5. Внешний вид и габаритные размеры фоторезисторов ФР-622,ФР-623, ФР-624

2.4.1.3. Неохлаждаемые фоторезисторы ФР1-28-1-1,5×1,15, ФР1-28-1-2×2, ФР1-28-1-3×3 [$\Delta\lambda$ = 1–3,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8 мкм]

Неохлаждаемые фоторезисторы серии ФР1-28-XX изготовлены на основе тонких пленок соединений A^4B^6 и их твердых растворов. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов приведены в табл. 2.4.3. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики приборов показаны на рис. 2.4.6.

Таблица 2.4.3. Основные параметры неохлаждаемых фоторезисторов серии ФР1-28-XX при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	$\Delta\lambda_0$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$R_т$, МОм	τ, с, не более	$S_{имп}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	D^*, $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$, не менее	$D^*\lambda_{макс}$, $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$, не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР1-28-1-1,5×1,15	1,5×1,5	1,0–3,5	2,8±0,2	3	0,05–0,5	$(4–7)·10^{-5}$	$(3–6,5)·10^4$	$(1–1,8)·10^9$	$(2,2–4)·10^{10}$	–40...+50	∅ 5,6×4,3	2-587
ФР1-28-1-2×2	2×2			5								
ФР1-28-1-3×3	3×3			8								

2.4.1.4. Неохлаждаемые фоторезисторы ФР1-34-1-1,5×1,15, ФР1-34-1-2×2, ФР1-34-1-3×3, ФР1-38-1-1,5×1,15, ФР1-38-1-2×2, ФР1-38-1-3×3 [$\Delta\lambda$= 1–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,4–3,8 мкм]

Неохлаждаемые фоторезисторы серии ФР1-34-XX и ФР1-38-XX изготовлены на основе тонких пленок соединений A^4B^6 и их твердых растворов. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов приведены в табл. 2.4.4. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики приборов показаны на рис. 2.4.7.

Таблица 2.4.4. Основные параметры неохлаждаемых фоторезисторов серии ФР1-34-XX и ФР1-38-XX при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	$\Delta\lambda_0$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$R_т$, МОм	τ, с, не более	$S_{\lambda макс}$, В/Вт, не менее	D^*, $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$, не менее	$D^*\lambda_{макс}$, $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$, не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР1-34-1-1,5×1,15	1,5×1,5	1,0–4,0	3,4±0,2	3	0,02–0,3	$(2–5)·10^{-5}$	$(1,5–3,5)·10^4$	$(0,8–1,8)·10^9$	$(0,8–2,1)·10^{10}$	–55...+55	∅ 8,4×4	2-588
ФР1-34-1-2×2	2×2			5								
ФР1-34-1-3×3	3×3			8								
ФР1-38-1-1,5×1,15	1,5×1,5	1,0–4,5	3,8±0,2	3	0,02–0,25	$(2–10)·10^{-6}$	$(0,8–1,5)·10^4$	$(0,7–1,5)·10^9$	$(3,5–5)·10^9$	–55...+55	∅ 8,4×4	2-588
ФР1-38-1-2×2	2×2			5								
ФР1-38-1-3×3	3×3			8								

2.4.1.5. Неохлаждаемые фотодиоды ФД1-28, ФД1-34, ФД1-38 [$\Delta\lambda$ = 1–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8–3,8 мкм]

Неохлаждаемые фотодиоды серии ФД1-28, ФД1-34, ФД1-38 изготовлены на основе тонких пленок соединений A^4B^6 и их твердых растворов.Диапазон рабочих температур фотодиодов – от –50 до +50 °С. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов приведены в табл. 2.4.5. Внешний вид, габаритные размеры приборов даны на рис. 2.4.6 и 2.4.7.

Таблица 2.4.5. Основные параметры неохлаждаемых фотодиодов ФД1-28, ФД1-34, ФД1-38 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФД1-28			ФД1-34			ФД1-38		
	мин.	макс.	тип	мин.	макс.	тип	мин.	макс.	тип
Рабочий спектральный диапазон, мкм	1 –3,5			1 –4			1 –4,5		
Максимум спектральной чувствительности, мкм	2,8±0,2			3,4±0,2			3,8±0,1		
Размеры фоточувствительного элемента	1 × 1,5 мм; 1 × 2 мм; 2 × 2 мм; 3 × 3 мм; 3 × 1,5 мм; 4,5 × 2 мм.								
Динамическое сопротивление при нулевом смещении, кОм	0,4	1,2	4,0	0,3	0,8	2,5	0,2	0,5	1,0
Постоянная времени, мкс	1,25	2,5	5,0	1,2	2	5	1,2	1,8	3
Токовая монохроматическая чувствительность, $S_{\lambda макс}$, А/Вт	0,4	0,55	–	0,2	0,35	–	0,07	0,11	–
Удельная обнаружительная способность, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$	$8\cdot10^8$	$1{,}2\cdot10^9$	–	$6\cdot10^8$	$1\cdot10^9$	–	$4{,}5\cdot10^8$	$8\cdot10^8$	–
Обнаружительная способность в максимуме спектральной чувствительности, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$	$1{,}2\cdot10^{10}$	$2{,}1\cdot10^{10}$	–	$7{,}2\cdot10^9$	$1{,}2\cdot10^{10}$	–	$2{,}2\cdot10^9$	$4\cdot10^{10}$	–
Габаритные размеры, мм	∅ 5,6 × 4,3			∅ 8,4 × 4			∅ 8,4 × 4		
№ рисунка	2-587			2-588			2-588		

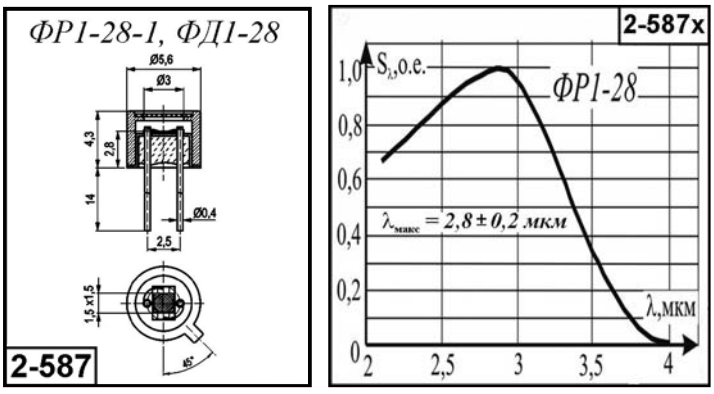


Рис. 2.4.6. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФР1-28-1

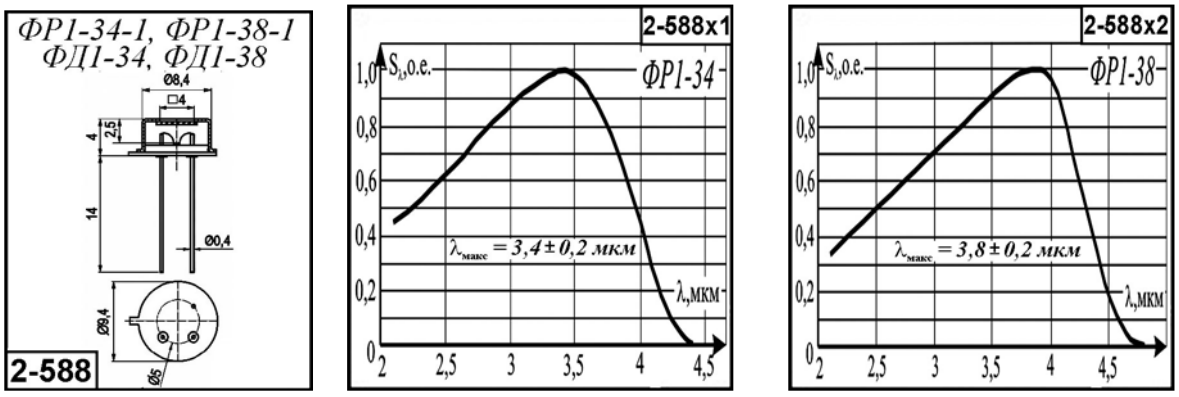


Рис. 2.4.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФР1-34-1 и ФР1-38-1

2.4.1.6. Неохлаждаемые фоторезисторы СФ4-1, СФ4-1А, СФ4-2А, СФ4-3А, СФ4-1Б, СФ4-2Б, СФ4-3Б, СФ4-1В, СФ4-2В, СФ4-3В, СФ4-1Д, СФ4-2Д, СФ4-3Д, ФР-188А, ФР-188Б, ФР-188В, ФР-188Г, ФР-188Д, ФР-611, ФР 3-1/20 [$\Delta\lambda$ = 1–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2–4,3 мкм]

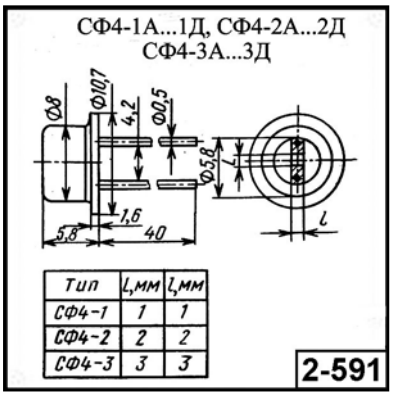
Основные параметры неохлаждаемых фоторезисторов на основе ф. ч. э. из селенида свинца приведены в табл. 2.4.6. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.4.8.

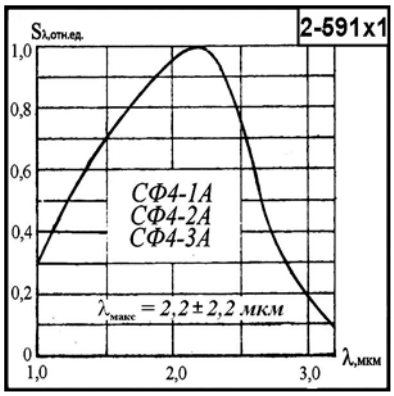
Таблица 2.4.6. Основные параметры неохлаждаемых фоторезисторов на основе селенида свинца при температуре 20±5 °С

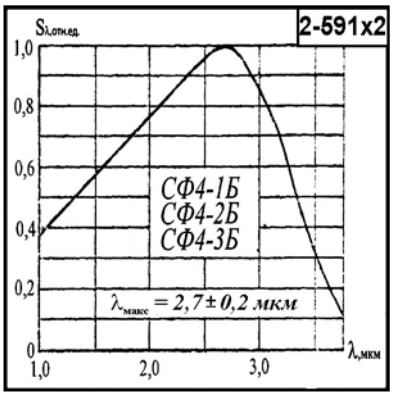
Тип прибора	$A_{ФЧЭ}$, мм	2β, град, не менее	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	$U_р$, В ($U_{пред}$, В)	$R_т$, МОм	τ, с, не более	$S_{шмп}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	$D^*\lambda_{max}$, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}$-см, не менее	D^*, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}$-см (573 °К, 1200 Гц), не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
СФ4-1	2 × 2 или ∅ 4	–	1–4,8 [3–3,5]	15–20	до 1	$(3–5)\cdot10^{-7}$	$(0,1–1)\cdot10^3$	–	$2\cdot10^7$	–55...+40	17 × 11 × 3,5 [4] или ∅ 4 × 6,5 [1]	2-589 2-590
СФ4-1А	1,0 × 1,0	90	0,5–3,2 [2–2,2]	2,5–10	1	$7\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^3$	$5\cdot10^{10}$	$5\cdot10^8$	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-2А	2,0 × 2,0	90	0,5–3,2 [2–2,2]	2,5–10	1	$7\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^3$	$5\cdot10^{10}$	$5\cdot10^8$	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-3А	3,0 × 3,0	90	0,5–3,2 [2–2,2]	2,5–10	1	$7\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^3$	$5\cdot10^{10}$	$6\cdot10^8$	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-1Б	1,0 × 1,0	90	0,5–3,6 [2,5–2,7]	2,5–5,0	0,6	$5\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^3$	$2\cdot10^{10}$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-2Б	2,0 × 2,0	90	0,5–3,6 [2,5–2,7]	2,5–5,0	0,6	$5\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^3$	$2\cdot10^{10}$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-3Б	3,0 × 3,0	90	0,5–3,6 [2,5–2,7]	2,5–5,0	0,6	$5\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^3$	$2\cdot10^{10}$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-1В	1,0 × 1,0	90	0,5–4,2 [3,0–3,2]	2,5–10	0,4	$2\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^3$	$1\cdot10^{10}$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-2В	2,0 × 2,0	90	0,5–4,2 [3,0–3,2]	2,5–10	0,4	$2\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^3$	$1\cdot10^{10}$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-3В	3,0 × 3,0	90	0,5–4,2 [3,0–3,2]	2,5–10	0,4	$2\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^3$	$1\cdot10^{10}$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4-1Д	1,0 × 1,0	90	0,5–4,6 [3,5–3,7]	2,5–5,0	0,2	$1\cdot10^{-5}$	750	$4\cdot10^9$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4–2Д	2,0 × 2,0	90	0,5–4,6 [3,5–3,7]	2,5–5,0	0,2	$1\cdot10^{-5}$	750	$4\cdot10^9$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
СФ4–3Д	3,0 × 3,0	90	0,5–4,6 [3,5–3,7]	2,5–5,0	0,2	$1\cdot10^{-5}$	750	$4\cdot10^9$	–	–60...+40	∅ 10,7 × 5,8 [5]	2-591
ФР-188А	1,3 × 1,3	–	1,8–4,4 [3,7]	10 (12)	1	$1,5\cdot10^{-5}$	600	–	$4\cdot10^8$	–50...+50	∅ 8 × 9,5 [4]	2-593
ФР-188Б	0,7 × 0,7	–	1,8–4,4 [3,7]	10 (12)	1	$1,5\cdot10^{-5}$	$2,4\cdot10^3$	–	$4\cdot10^8$	–50...+50	∅ 8 × 9,5 [4]	2-593
ФР-188В	0,5 × 0,5	–	1,8–4,4 [3,7]	10 (12)	1	$1,5\cdot10^{-5}$	$2,4\cdot10^3$	–	$4\cdot10^8$	–50...+50	∅ 8 × 9,5 [4]	2-593
ФР-188Г	0,35 × 0,35	–	1,8–4,4 [3,7]	3 (5)	1	$1,5\cdot10^{-5}$	$2,4\cdot10^3$	–	$4\cdot10^8$	–50...+50	∅ 8 × 9,5 [4]	2-593
ФР-188Д	0,18 × 0,18	–	1,8–4,4 [3,7]	3 (5)	1	$1,5\cdot10^{-5}$	$6\cdot10^3$	–	$4\cdot10^8$	–50...+50	∅ 8 × 9,5 [4]	2-593
ФР-611	1 × 1	90	2,7–4,2 [3,6]	3 (5)	0,08–0,3	$2,5\cdot10^{-5}$	$(0,7–1,5)\cdot10^3$	$(0,8–2)\cdot10^{10}$	–	–60...+55	∅ 7,8 × 11 [4]	2-595

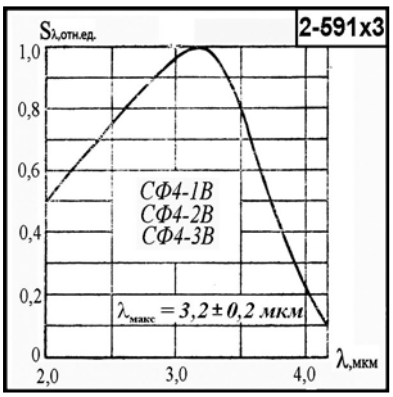
Таблица 2.4.6. (окончание)

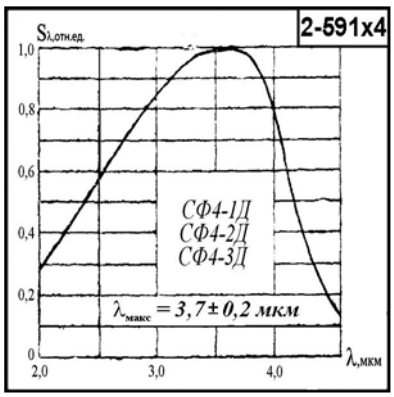
Тип прибора	$A_{чэ}$, мм	2β, град, не менее	$\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	$U_р$, В ($U_{пред}$, В)	$R_т$, МОм	τ, с, не более	$S_{инт}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	$D^*_{\lambda max}$, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}$-см, не менее	D^*, $Вт^{-1}\cdot Гц^{1/2}$-см (573 °К, 1200 Гц), не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР 3-1/20	2×2	–	1–5,5 [4,3±0,2]	12	0,06–0,3	$(2–4)\cdot10^{-6}$	$(0,6–1,2)\cdot10^{3}$	$(2–5)\cdot10^{8}$	–	–60...+60	∅ 7,4×3 [1]	2-594
ФР-219	3×3	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–60...+60	∅ 6×3 [1]	2-592
ФР-221	3×3	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–50...+50	12×11×2 [0,5] б/к	2-596
ФР-219–01	2×2	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–60...+60	∅ 6×3 [1]	2-592
ФР-221-01	2×2	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–50...+50	10×9×2 [0,5] б/к	2-596
ФР-219-02	1×1	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–60...+60	∅ 6×3 [1]	2-592
ФР-221-02	1×1	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–50...+50	8×7×1,5 б/к [0,5]	2-596
ФР-219-03	0,5×0,5	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–60...+60	∅ 6×3 [1]	2-592
ФР-221-03	0,5×0,5	–	2–5	–	0,2–1	$3\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{4}$	–	$5\cdot10^{9}$	–50...+50	6×5×1 [0,5] б/к	2-596

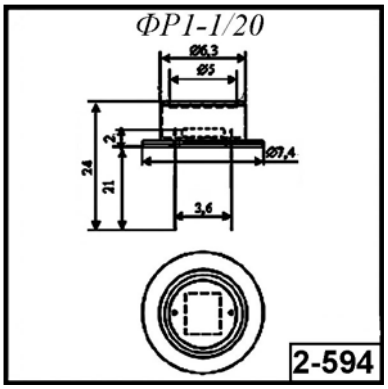


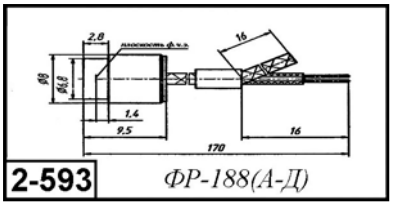












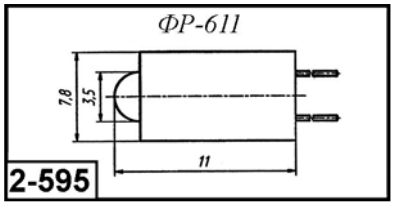


Рис. 2.4.8. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристикии неохлаждаемых фоторезисторов на основе селенида свинца

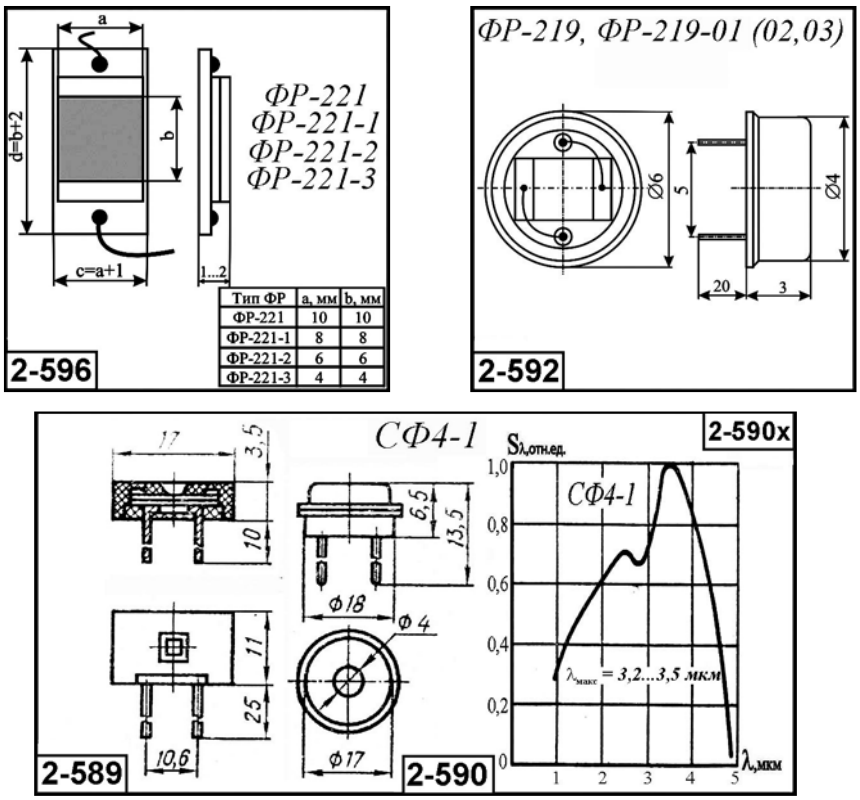


Рис. 2.4.8. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристикии неохлаждаемых фоторезисторов на основе селенида свинца (окончание)

2.4.1.7. Неохлаждаемые гальванические элементы ФЭ722-1А,ФЭ722-1Б, ФЭ722-1В, ФЭ722-1Г, ФЭ722-1Д, ФЭ722-2А, ФЭ722-2Б, ФЭ722-2В, ФЭ722-2Г, ФЭ722-2Д [Δλ = 1–3,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,6 мкм]

Неохлаждаемые фотогальванические элементы (ФГП) серии ФЭ722 изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$ и их твердых растворов. Выпускаются в стандартном, герметичном, металлостеклянном корпусе типа КТ-1 (∅9,2 × 4,6; масса 1,4 г). Диапазон рабочих температур – от –45 до +65 °С. Все приборы работают только в гальваническом режиме, то есть не требуют источников питания.

Основные фотоэлектрические параметры гальванических элементов серии ФЭ722 приведены в табл. 2.4.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.4.9.

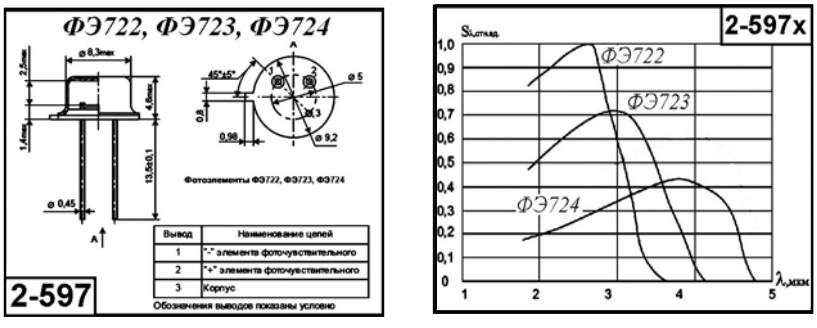


Рис. 2.4.9. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики гальванических элементов серий ФЭ722, ФЭ723, ФЭ724

Таблица 2.4.7. Основные параметры неохлаждаемых гальванических элементов серии ФЭ722 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра									
	ФЭ722-1А	ФЭ722-1Б	ФЭ722-1В	ФЭ722-1Г	ФЭ722-1Д	ФЭ722-2А	ФЭ722-2Б	ФЭ722-2В	ФЭ722-2Г	ФЭ722-2Д
Эффективная площадь ф. ч. э., мм^2	1					2				
Область спектральной чувствительности, мкм	1–3,5					1–3,5				
Максимум спектральной характеристики, мкм	2,6±0,2					2,6±0,2				
Динамическое сопротивление ф. ч. э., кОм	<1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7	<1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7
Постоянная времени, с, не более	$3\cdot10^{-5}$					$3\cdot10^{-5}$				
Ток короткого замыкания ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мкА, не менее	–	70	60	–	25	–	50	60	45	25
Напряжение холостого хода ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мВ, не менее	–	35	55	–	25	–	35	75	80	35
№ рисунка	2-597					2-597				

2.4.1.8. Неохлаждаемые гальванические элементы ФЭ723-1А,ФЭ723-1Б, ФЭ723-1В, ФЭ723-1Г, ФЭ723-1Д, ФЭ723-2А, ФЭ723-2Б, ФЭ723-2В, ФЭ723-2Г, ФЭ723-2Д [$\Delta\lambda$ = 1–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,2 мкм]

Неохлаждаемые гальванические элементы серии ФЭ723 изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$ и их твердых растворов. Выпускаются в стандартном, герметичном, металлостеклянном корпусе типа КТ-1 (∅9,2 × 4,6; масса 1,4 г). Диапазон рабочих температур – от –45 до +65 °С.

Все приборы работают только в гальваническом режиме, то есть не требуют источников питания.

Основные фотоэлектрические параметры гальванических элементов серии ФЭ723 приведены в табл. 2.4.8. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.4.9.

Таблица 2.4.8. Основные параметры неохлаждаемых гальванических элементов серии ФЭ723 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра									
	ФЭ723-1А	ФЭ723-1Б	ФЭ723-1В	ФЭ723-1Г	ФЭ723-1Д	ФЭ723-2А	ФЭ723-2Б	ФЭ723-2В	ФЭ723-2Г	ФЭ723-2Д
Эффективная площадь ф. ч. э., мм^2	1					2				
Область спектральной чувствительности, мкм	1–4,2					1–4,2				
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,2±0,2					3,2±0,2				
Динамическое сопротивление ф. ч. э., кОм	<1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7	<1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7
Постоянная времени, с, не более	$1{,}5\cdot10^{-5}$					$1{,}5\cdot10^{-5}$				
Ток короткого замыкания ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мкА, не менее	60	50	40	–	20	60	50	40	30	20
Напряжение холостого хода ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мВ, не менее	20	25	34	–	20	30	40	50	60	30
№ рисунка	2-597					2-597				

2.4.1.9. Неохлаждаемые гальванические элементы ФЭ724-1А,ФЭ724-1Б, ФЭ724-1В, ФЭ724-1Г, ФЭ724-1Д, ФЭ724-2А, ФЭ724-2Б, ФЭ724-2В, ФЭ724-2Г, ФЭ724-2Д [$\Delta\lambda$ = 1–4,7 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,7 мкм]

Неохлаждаемые гальванические элементы серии ФЭ724 изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$ и их твердых растворов. Выпускаются в стандартном, герметичном, металлостеклянном корпусе типа КТ-1 (∅ 9,2 × 4,6; масса 1,4 г.). Диапазон рабочих температур – от –45 до +65 °С.

Все приборы работают только в гальваническом режиме, то есть не требуют источников питания.

Основные фотоэлектрические параметры гальванических элементов серии ФЭ722 приведены в табл. 2.4.9. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.4.9.

Таблица 2.4.9. Основные параметры неохлаждаемых гальванических элементов серии ФЭ724 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра									
	ФЭ724-1А	ФЭ724-1Б	ФЭ724-1В	ФЭ724-1Г	ФЭ724-1Д	ФЭ724-2А	ФЭ724-2Б	ФЭ724-2В	ФЭ724-2Г	ФЭ724-2Д
Эффективная площадь ф. ч. э., мм^2	1					2				
Область спектральной чувствительности, мкм	1–4,7					1–4,7				
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,7±0,2					3,7±0,2				
Динамическое сопротивление ф. ч. э., кОм	<1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7	<1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7
Постоянная времени, с, не более	$5\cdot10^{-6}$					$5\cdot10^{-6}$				
Ток короткого замыкания ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мкА, не менее	40	35	25	–	15	25	35	25	–	15
Напряжение холостого хода ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мВ, не менее	13	18	25	–	15	20	26	35	–	25
№ рисунка	2-597					2-597				

2.4.2. Охлаждаемые фотоприемники

Способы охлаждения фоточувствительных элементов

Конструкция охлаждаемых фотоприемников определяется способом охлаждения фоточувствительного элемента. Наибольшее распространение для приборов широкого применения получили три способа охлаждения ф. ч. э.:

1) при помощи термоэлектрического микроохладителя (ТЭО), в качестве которого используется элемент Пельтье;
2) при помощи жидких хладагентов, в качестве которых используются сжиженные газы (азот, кислород, гелий и др.);
3) при помощи сжатых газов (фреон, азот, кислород, водород, гелий) или их смесей.

Малоформатные фотоприемники (содержащие от 1 до 4 ф. ч. э.), охлаждаемые при помощи термоэлектрических охладителей, как правило, размещаются в стандартных металлостеклянных корпусах. При этом фоточувствительный элемент размещается непосредственно на «холодной» плоскости ТЭО.

Термоэлектрические охладители способны снизить температуру фоточувствительного элемента на 30–40 °К относительно температуры окружающей среды. Рабочий ток ТЭО в зависимости от конструкции и количества каскадов составляет от 50 до 1000 мА при напряжении от 3 до 6 В. Время выхода на рабочий режим – от 1 до 10 мин. ТЭО не допускают переполюсовки питания.

Многоэлементные фотоприемники, как правило, используют многокаскадные ТЭО и размещаются в корпусах специальной конструкции.

При использовании термоэлектрических устройств для охлаждения ф. ч. э. необходимо обеспечить теплоотвод от «горячей» плоскости ТЭО.

Фотоприемники, охлаждаемые жидким хладагентом, имеют специальный объем для его размещения. Температура ф. ч. э. определяется видом хладагента. Наиболее часто в качестве хладагента используется жидкий азот с температурой кипения 77 °К. Время выхода на режим таких приборов составляет не более 30 мин, время непрерывной работы при однократной заливке хладагентом может достигать 4 ч. Как правило, включение приборов в электрическую схему без охлаждения ф. ч. э. не допускается.

Конструкция фотоприемника, охлаждаемого газообразным хладагентом, имеют специальный объем для размещения дроссельного микрохолодильника (микротеплообменника). Температура ф. ч. э. определяется видом используемого газа. Наиболее часто в качестве хладагента используется жидкий азот с температурой кипения 77 °К. Время выхода на режим таких приборов составляет от 1 до 10 мин, время непрерывной работы определяется способом подачи газа. Включение приборов в электрическую схему без охлаждения ф. ч. э. не допускается.

Охлаждаемые фотоприемники могут снабжаться датчиками температуры фоточувствительного элемента.

Входные окна охлаждаемых фотоприемников, как правило, изготавливаются из просветленных германия, кремния или оптической керамики.

При выборе вариантов конструкции фотоприемников необходимо учитывать, что при охлаждении ф. ч. э. их спектральная характеристика сдвигается вправо.

В табл. 2.4.10–2.4.12 приводятся характеристики систем охлаждения приемников ИК-излучения. Внешний вид некоторых устройств, используемых для охлаждения фоточувствительных элементов, приводится на рис. 2.4.10 и 2.4.11.

Таблица 2.4.10. Сравнительные характеристики систем охлаждения ф. ч. э. приемников излучения

Тип	Вид	Температура ф. ч. э., °К	Холодопроизводительность, Вт	Потребляемая эл. мощность, Вт	Время выхода на режим, мин	Достоинства	Недостатки
Расходные	Жидкостные совмещенные			Не потребляет	0–15	Высокая надежность, малые масса и объем, низкое давление	Малое время работы, ограниченное объемом хладагента. Время в дежурном режиме ограничено скоростью испарения
	Жидкостные дистанционные	4,2–77	0,05–10		0,05–15	Высокая надежность, дистанционное охлаждение, малые масса и объем, простота теплоизоляции, низкое давление	
	Твердотельные	10–200	0,1–10		1–5	Высокая надежность, малые масса и объем.	

Таблица 2.4.10. (окончание)

Тип	Вид	Температура ф. ч. э., °К	Холодопроизводительность, Вт	Потребляемая эл. мощность, Вт	Время выхода на режим, мин	Достоинства	Недостатки
Расходные	Дроссельные однокаскадные	20–80	0,01–5	Не потребляет	0,03–5	Дистанционное охлаждение, малые масса и объем собственно охладителя, простота теплоизоляции	Легко засоряются, высокие давление и скорости потока; малое время работы, ограниченное емкостью баллона. Используется только часть емкости из-за падения давления
	Дроссельные многокаскадные	4,2–27	5–20	20–100	5–20	Возможность получения низких температур, дистанционное охлаждение, малые масса и объем охладителя, простота теплоизоляции	
С замкнутым циклом	Дроссельные однокаскадные и многокаскадные	4,2–77	1–30	250–1000	1–30	Постоянная готовность, большое время работы, получение низких температур, малые объем и масса охладителя, простота теплоизоляции	Требуют высоконагруженных компрессоров высокого давления; малые ресурс и надежность, легко засоряются
	Поршневые регенеративные расширительные машины	30–300	0,01–1,0	400–800	3–10	Постоянная готовность, большое время работы, низкое давление	Требуют надежных компрессоров, большой износ и постоянное трение в расширителе, большие утечки через клапаны, низкая эффективность регенерации, микрофонный эффект
	Расширтельные регенеративные машины с вытеснителем	30–300	1–10	200–3000	5–10	Отсутствие клапанов, постоянная готовность, большое время работы, низкое давление	Большой износ и постоянное трение между поршнем, вытеснителем и цилиндром, малое сжатие, низкая эффективность регенерации, микрофонный эффект
	Турбодетандеры	30–300	1,5–5	400–600	5–10		Большие скорости потока, жесткие требования к конструкции и технологии из-за высоких скоростей вращения
Радиационные	Пассивные радиаторы	70–180	0,1–10	Не потребляет		Высокая надежность, возможность непрерывной работы	Большие размеры, длительное время выхода на режим
Термоэлектрические	Однокаскадные	230–300	0,1–1	0,5–5	0,2–5	Высокая надежность, возможность непрерывной работы, малые масса и объем	Сравнительно высокие температуры
	Многокаскадные	130–250	0,01–0,2	1–100			Сравнительно высокие температуры, малая холодопроизводительность

Таблица 2.4.11. Основные параметры дроссельных микротеплообменников (МТО)

Наименование	Посадочные размеры: $D \times L$, мм	Компенсируемая тепловая нагрузка Q, Вт
Микротеплообменники для замкнутых дроссельных систем с дросселем постоянного сечения		
КВО.1732.000	$6{,}15 \times 53$	до 1,2
КВО.1753.000	10×100	до 2
КВО.1770.000	$12{,}2 \times 99$	до 3

Таблица 2.4.11. (окончание)

Наименование	Посадочные размеры: $D \times L$, мм	Компенсируемая тепловая нагрузка Q, Вт
Микротеплообменники с регулятором постоянного давления для замкнутых дроссельных систем		
КВО.1796.000	6,3 × 53	до 1,0
КВО.7810.000	9,07 × 68	до 1,8
КВО.1799.000	12,2 × 99	до 3
Микротеплообменники саморегулирующиеся для разомкнутых дроссельных систем		
КВО.1789.000	6,0 × 53	до 1,0
КВО.7812.000	6,1 × 70	до 2,0
КВО.7813.000	6,0 × 80	до 2,5
КВО.7813.000–0,1	6,0 × 100	
КВО.3103.000	20 × 200,2	до 25

Таблица 2.4.12. Основные параметры многокаскадных термоохладителей

Номер модели	Горячая сторона T_h = 25 °С				Холодная сторона, мм		Горячая сторона, мм		Высота, H, мм
	I_{max}, А	U_{max}, В	Q_{max}, Вт	ΔT_{max}, °С	A	B	C	E	
2ОТТ-10-1.1-1.3	1,3	0,8	0,36	87	3	3	3,9	3,9	3,8
2ОТТ-9-1.1-1.6	1,6	0,86	0,3	92	3	3	3,9	3,9	3,8
2ОТТ-21-1.4-1.4	1,4	1,8	0,6	97	3,9	3,9	6,6	6,6	4,3
2ОТТ-24-1.3-1.45	1,45	1,95	0,95	86	4,1	4,1	6,1	6,1	4,3
2ОТТ-65-1.3-1.1	1,1	5	2,1	87	8,8	6,6	11	9,9	4,2
2ОТТ-46-1.6-2.1	2,1	3,5	2,9	87	11,2	9,2	14,4	14,4	6,8
2ОТТ-102-1.6-4.6	4,6	7,8	13,4	86	19,6	19,6	30	30	7,5
2ОТТ-132-1.6-8.6	8,6	10,8	28,9	90	24	20	40	40	8,3
3ОТТ-26-1.1-1.35	1,35	1,95	0,34	109	2,5	2,5	6,6	6,6	5,5
3ОТТ-46-1.3-1.35	1,35	3,45	0,63	109	4,1	4,4	8,8	8,8	6
3ОТТ-94-1.3-0.9	0,9	7,5	0,9	111	4,6	4,6	11,6	11,3	6
6ОТТ-163-2.0-2.6	2,6	10,8	0,5	140	6	6	30	30	24

Сокращения:

I_{max} – ток ТЭ охладителя, при котором достигается ΔT_{max};

U_{max} – напряжение ТЭ охладителя при ΔT_{max};

ΔT_{max} – максимально достижимый перепад температур ТЭ охладителя;

Q_{max} – максимальная холодопроизводительность ТЭ охладителя при ($I = I_{max}$, $\Delta T = 0$).

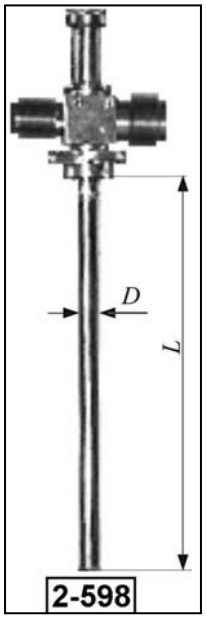


Рис 2.4.10. Внешний вид дроссельного микротеплообменника

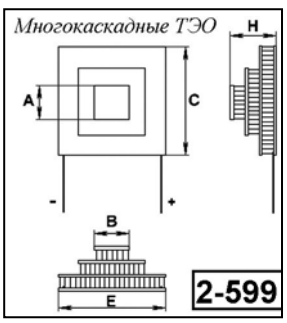


Рис 2.4.11. Внешний вид многокаскадного термоохладителя

2.4.2.1. Охлаждаемые фоторезисторы ФР1-1/13, ФР225, ФР225-01, ФР225-02, ФР225-03, ФР622-0,1-Т, ФР622-0,5-Т, ФР622-1-Т, ФР622-2-Т, ФР622-3-Т, ФР623-0,1-Т, ФР623-0,5-Т, ФР623-1-Т, ФР623-2-Т, ФР623-3-Т, ФР624-0,1-Т, ФР624-0,5-Т, ФР624-1-Т, ФР624-2-Т, ФР624-3-Т, ФСВ-18АА, ФСВ-19АА, УФУР02, ФР-199 [$\Delta\lambda$ = 0,4–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,2–3,9 мкм]

Фоточувствительные элементы фоторезисторов изготовлены на основе сульфида свинца и тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$. Для охлаждения ф. ч. э. используются термоэлектрические охладители (ТЭО).

Фоторезисторы ФСВ-18АА, ФСВ-19АА и ФР-199 охлаждаются жидким азотом. Время выхода на режим – не более 30 мин, время непрерывной работы при однократной заливке хладагентом – до 2 ч. Фоторезистор ФР-199 имеет до 10 элементов. Фоторезисторы ФР1-1/13 и УФУР02 снабжены датчиком температуры.

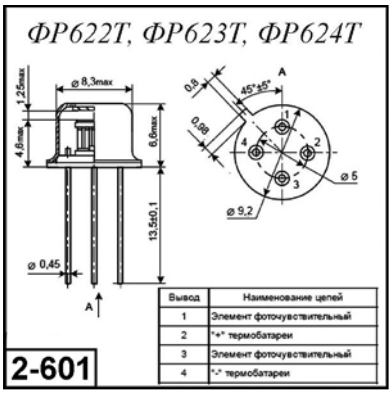
Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца приведены в табл. 2.4.13. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.4.12.

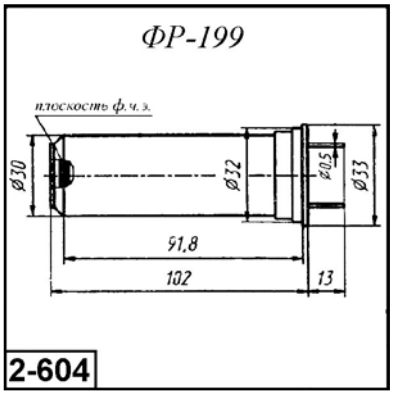
Таблица 2.4.13. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца при температуре 20±5 °С

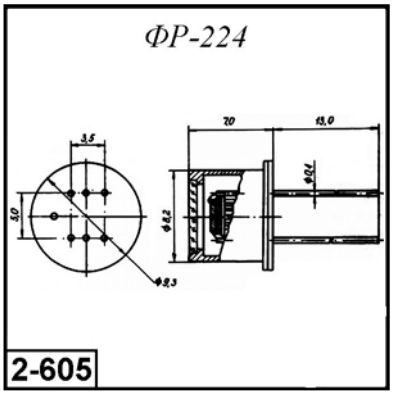
Тип прибора	$A_{ф.ч.э}$, мм	2β, град, не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$R_т$, МОм	τ, с, не более	$S_{инт}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	$D^*_{\lambda max}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР1-1/13	1,3×1,3	–	0,4–3,6	2,65	12	0,13–0,65	$(2,5–3,5)\cdot10^{-4}$	$(2,0–6,0)10^4$	$(4–9)\times10^5$	–60...+60	∅ 40×23,5	2-600
ФР1-1/13 с фильтром	1,3×1,3	–	1,1–3,6	2,65	12	0,13–0,65	$(2,5–3,5)\cdot10^{-4}$	$(2,0–6,0)10^4$	$(4–9)\times10^5$	–60...+60	∅ 40×23,5	2-600
ФР224	3×3	–	0,7–3,2	2,2–2,5	50	3	$1\cdot10^{-3}$	$1,5\cdot10^5$	$1\cdot10^{11}$	–60...+60	∅ 9,3×7 [3]	2-605
ФР224-01	2×2	–	0,7–3,2	2,2–2,5	50	3	$1\cdot10^{-3}$	$2,5\cdot10^5$	$1\cdot10^{11}$	–60...+60	∅ 9,3×7 [3]	2-605
ФР224-02	1×1	–	0,7–3,2	2,2–2,5	50	3	$1\cdot10^{-3}$	$6,7\cdot10^5$	$1\cdot10^{11}$	–60...+60	∅ 9,3×7 [3]	2-605
ФР224-03	0,5×0,5	–	0,7–3,2	2,2–2,5	50	3	$1\cdot10^{-3}$	$1,3\cdot10^6$	$1\cdot10^{11}$	–60...+60	∅ 9,3×7 [3]	2-605
ФР622-0,1-Т	0,1×0,1	–	1,6–3,7	3±0,2	0,5±0,1	0,1–0,75	$5\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^5$	$4\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601
ФР622-0,5-Т	0,5×0,5	–	1,6–3,7	3±0,2	1±0,2	0,1–0,75	$5\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^4$	$4\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601
ФР622-1-Т	1×1	–	1,6–3,7	3±0,2	5±0,1	0,1–0,75	$5\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^4$	$4\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601
ФР622-2-Т	2×2	–	1,6–3,7	3±0,2	5±0,1	0,1–0,75	$5\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^3$	$4\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601
ФР622-3-Т	3×3	–	1,6–3,7	3±0,2	5±0,1	0,1–0,75	$5\cdot10^{-5}$	$3\cdot10^3$	$4\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601
ФР623-0,1-Т	0,1×0,1	–	2,6–4,5	3,5±0,2	0,5±0,1	0,04–0,5	$3\cdot10^{-5}$	$7\cdot10^4$	$3\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601
ФР623-0,5-Т	0,5×0,5	–	2,6–4,5	3,5±0,2	1±0,2	0,04–0,5	$3\cdot10^{-5}$	$1,5\cdot10^4$	$3\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601
ФР623-1-Т	1×1	–	2,6–4,5	3,5±0,2	5±0,1	0,04–0,5	$3\cdot10^{-5}$	$7\cdot10^3$	$3\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5×6,6 [1,4]	2-601

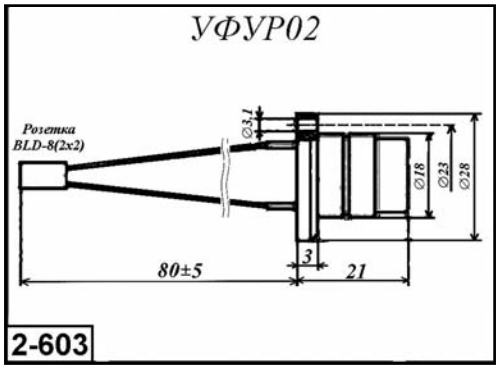
Таблица 2.4.13. (окончание)

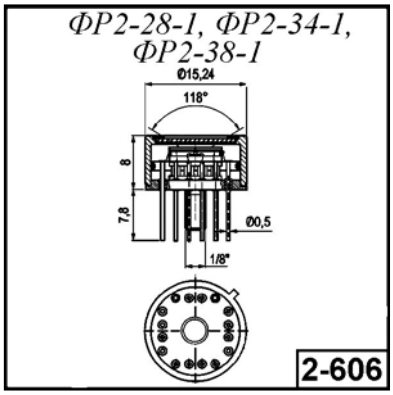
Тип прибора	$A_{фчэ}$, мм	2β, град, не менее	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$R_т$, МОм	τ, с, не более	$S_{имп}$, В/Вт, (573 °К, 400 Гц) не менее	$D^*\lambda_{max}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР623-2-Т	2 × 2	–	2,6–4,5	3,5±0,2	5±0,1	0,05–0,2	$3\cdot10^{-5}$	$3{,}5\cdot10^{3}$	$3\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5 × 6,6 [1,4]	2-601
ФР623-3-Т	3 × 3	–	2,6–4,5	3,5±0,2	5±0,1	0,04–0,5	$3\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{3}$	$3\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5 × 6,6 [1,4]	2-601
ФР624-0,1-Т	0,1 × 0,1	–	2,6–4,9	3,9±0,2	0,5±0,1	0,02–0,4	$1\cdot10^{-5}$	$6\cdot10^{4}$	$2\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5 × 6,6 [1,4]	2-601
ФР624-0,5-Т	0,5 × 0,5	–	2,6–4,9	3,9±0,2	1±0,2	0,02–0,4	$1\cdot10^{-5}$	$1{,}1\cdot10^{4}$	$2\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5 × 6,6 [1,4]	2-601
ФР624-1-Т	1 × 1	–	2,6–4,9	3,9±0,2	5±0,1	0,02–0,4	$1\cdot10^{-5}$	$5{,}5\cdot10^{3}$	$2\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5 × 6,6 [1,4]	2-601
ФР624-2-Т	2 × 2	–	2,6–4,9	3,9±0,2	5±0,1	0,03–0,12	$1\cdot10^{-5}$	$2{,}7\cdot10^{3}$	$2\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5 × 6,6 [1,4]	2-601
ФР624-3-Т	3 × 3	–	2,6–4,9	3,9±0,2	5±0,1	0,02–0,4	$1\cdot10^{-5}$	$1{,}8\cdot10^{3}$	$2\cdot10^{10}$	–45...+45	∅ 9,5 × 6,6 [1,4]	2-601
ФСВ-18АА	4 × 4	70	1–3,6	2,8–3,0	25 [1]	до 15	$5\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{3}$	$2{,}4\cdot10^{8}$ (573 °К)	–50...+50	∅ 95 × 220 [500]	2-602
ФСВ-19АА	6 × 2	70	1–3,6	2,8–3,0	25 [1]	до 25	$5\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{3}$	$2{,}1\cdot10^{8}$ (573 °К)	–50...+50	∅ 95 × 220 [500]	2-602
УФУР02	1 × 1	–	0,8–3	30	–	–	$5\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{4}$	$3\cdot10^{10}$	–	∅ 28 × 21	2-603
ФР-199	0,5 × 0,5 до 10 эл.	–	1–3,6	2,5–2,8	до 100	0,5–30	$(1–5)\cdot10^{-5}$	$4\cdot10^{4}$	$2\cdot10^{10}$	–80...+50	∅ 33 × 102 [60]	2-604











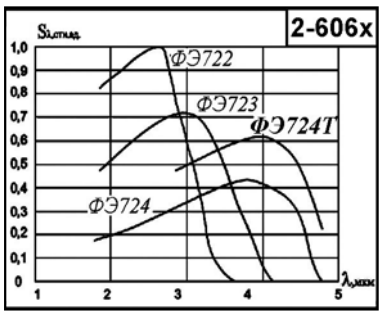


Рис. 2.4.12. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца

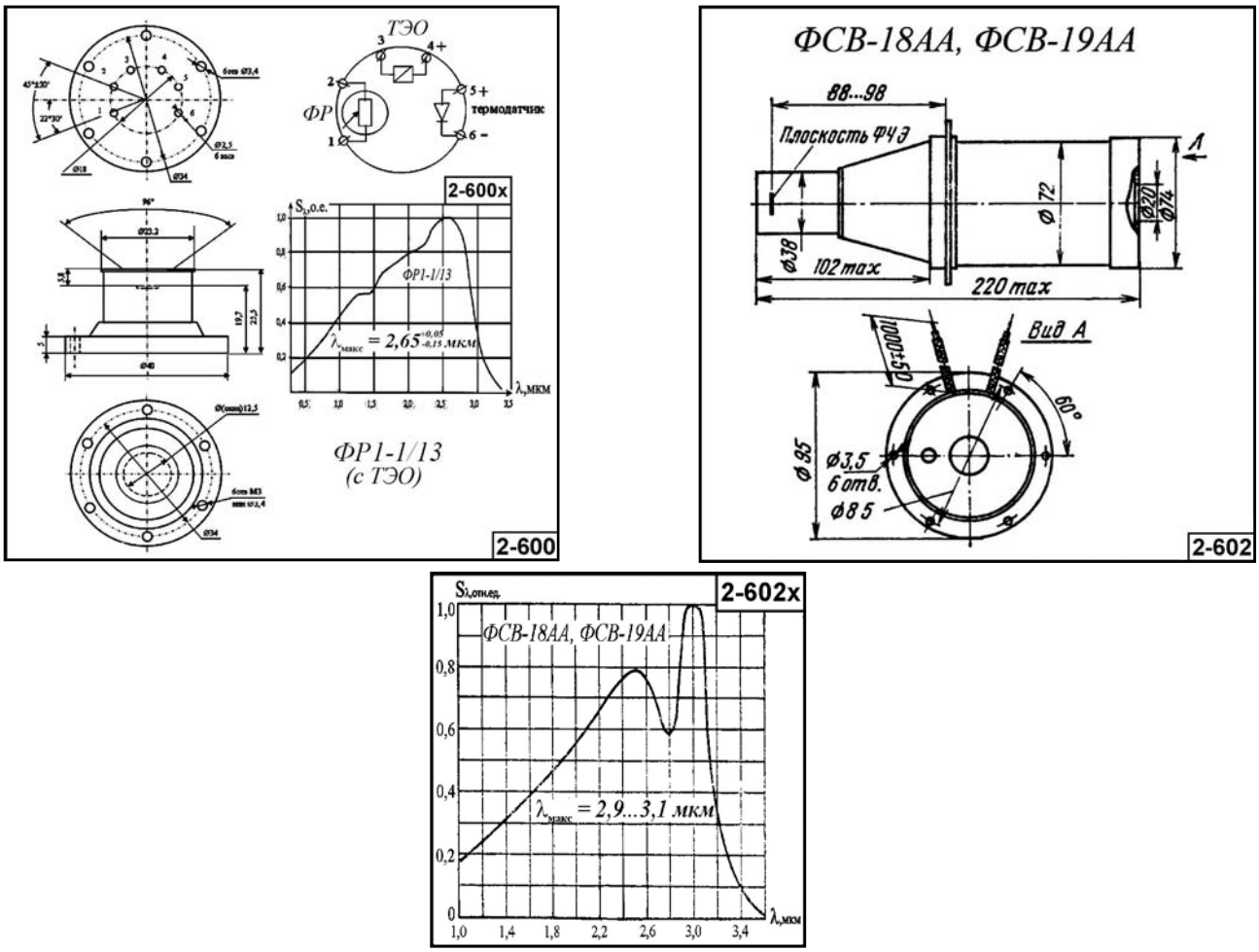


Рис. 2.4.12. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемых фоторезисторов на основе сульфида свинца (окончание)

2.4.2.2. Охлаждаемые фоторезисторы ФР2-28-1-1,5×1,15, ФР2-28-1-2×2, ФР2-28-1-3×3 [Δλ = 1–3,8 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,0 мкм]

Фоточувствительные элементы серии ФР2-28-Х изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$. Для охлаждения ф. ч. э. используются термоэлектрические охладители (ТЭО). Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов серии ФР2-28-Х приведены в табл. 2.4.14. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.4.12.

Таблица 2.4.14. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов серии ФР2-28-Х при температуре 20±°5С

Тип прибора	$A_{ф.ч.э}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$R_т$, МОм, не менее	τ, с, не более	$S_{\lambda макс}$, В/Вт, не менее	D^*, $Вт^{-1}·Гц^{1/2}$·см, не менее	$D^*_{\lambda макс}$, $Вт^{-1}·Гц^{1/2}$·см, не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР2-28-1-1,5×1,15	1,5×1,5	1,0–3,8	3,0±0,2	3	0,05–1,0	$(1–3)·10^{-4}$	$(0,6–1,3)·10^5$	$(2,5–4)·10^9$	$(5–8)·10^{10}$	–50...+60	∅ 15,2×8	2-606
ФР2-28-1-2×2	2×2			5								
ФР2-28-1-3×3	3×3			8								

2.4.2.3. Охлаждаемые фоторезисторы ФР2-34-1-1,5×1,15, ФР2-34-1-2×2, ФР2-34-1-3×3, ФР2-38-1-1,5×1,15, ФР2-38-1-2×2, ФР2-38-1-3×3 [$\Delta\lambda$ = 1–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,6 мкм]

Фоточувствительные элементы серий ФР2-28-Х и ФР2-38-Х изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$. Для охлаждения ф. ч. э. используются термоэлектрические охладители (ТЭО). Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов серий ФР2-28-Х и ФР2-38-Х приведены в табл. 2.4.15. Внешний вид и габаритные размеры приборов показаны на рис. 2.4.12.

Таблица 2.4.15. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов серии ФР2-28-Х при температуре 20±5 °С

Тип прибора	$A_{ф.ч.э.}$, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	$U_р$, В	$R_т$, МОм, не менее	τ, с, не более	$S_{\lambda макс}$, В/Вт, не менее	D^*, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см, не менее	$D^*_{\lambda макс}$, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см, не менее	ΔT, °С	Габаритные размеры, мм, [масса, г] не более	№ рис.
ФР2-34-1-1,5×1,15	1,5×1,5	1,0–4,2	3,6±0,2	3	0,03–0,4	$(6–10)\cdot10^{-5}$	$(4–8)\cdot10^{4}$	$(2,5–4)\cdot10^{9}$	$(0,3–4,8)\cdot10^{10}$	–40...+55	∅ 15,2×8	2-606
ФР2-34-1-2×2	2×2			5								
ФР2-34-1-3×3	3×3			8								
ФР2-38-1-1,5×1,15	1,5×1,5	1,0–4,2	3,6±0,2	3	0,03–0,3	$(2,5–8)\cdot10^{-5}$	$(1,5–5,5)\cdot10^{4}$	$(2–3)\cdot10^{9}$	$(1–1,5)\cdot10^{10}$	–40...+55	∅ 15,2×8	2-606
ФР2-38-1-2×2	2×2			5								
ФР2-38-1-3×3	3×3			8								

2.4.2.4. Охлаждаемые фотоприемники ФЭ722-Т1А, ФЭ722-Т1Б, ФЭ722-Т1В, ФЭ722-Т1Г, ФЭ722-Т1Д, ФЭ722-Т2А, ФЭ722-Т2Б, ФЭ722-Т2В, ФЭ722-Т2Г, ФЭ722-Т2Д [$\Delta\lambda$ = 1–3,7 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,8 мкм]

Охлаждаемые гальванические элементы серии ФЭ722Т-Х изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$ и их твердых растворов. Снабжены однокаскадными термоэлектрическими охладителями. Напряжение питания ТЭО до 1,2 В при токе охладителя 0,4±0,08 А. Все приборы работают только в гальваническом режиме, то есть не требуют источников питания.

Фотоприемники выполнены в стандартном герметичном металлостеклянном корпусе (КТ-1, ∅9,5 × 6,6 мм) с прозрачным входным окном. Масса прибора – не более 3 г. Диапазон рабочих температур – от –45 до +65 °С.

Основные фотоэлектрические параметры фотоэлементов приведены в табл. 2.4.16. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.4.13.

Таблица 2.4.16. Основные параметры охлаждаемых фотоприемников ФЭ722-Т1 и ФЭ722-Т2 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра									
	ФЭ722-Т1А	ФЭ722-Т1Б	ФЭ722-Т1В	ФЭ722-Т1Г	ФЭ722-Т1Д	ФЭ722-Т2А	ФЭ722-Т2Б	ФЭ722-Т2В	ФЭ722-Т2Г	ФЭ722-Т2Д
Эффективная площвдь ф. ч. э., мм^2	1,0					2,0				

Таблица 2.4.16. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра									
	ФЭ722-Т1А	ФЭ722-Т1Б	ФЭ722-Т1В	ФЭ722-Т1Г	ФЭ722-Т1Д	ФЭ722-Т2А	ФЭ722-Т2Б	ФЭ722-Т2В	ФЭ722-Т2Г	ФЭ722-Т2Д
Область спектральной чувствительности, мкм	1–3,7					1–3,7				
Максимум спектральной характеристики, мкм	2,8±0,2					2,8±0,2				
Динамическое сопротивление ф. ч. э., кОм	< 1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7	< 1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7
Постоянная времени, с, не более	$5 \cdot 10^{-5}$					$5 \cdot 10^{-5}$				
Ток короткого замыкания ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К), мкА, не менее	–	–	90	70	35	–	–	90	70	35
Напряжение холостого хода ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К), мВ, не менее	–	–	150	170	75	–	–	220	250	100
№ рисунка	2-597А					2–597А				

2.4.2.5. Охлаждаемые фотоприемники ФЭ723-Т1А, ФЭ723-Т1Б, ФЭ723-Т1В, ФЭ723-Т1Г, ФЭ723-Т1Д, ФЭ723-Т2А, ФЭ723-Т2Б, ФЭ723-Т2В, ФЭ723-Т2Г, ФЭ723-Т2Д [$\Delta\lambda$ = 1–4,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,5 мкм]

Охлаждаемые гальванические элементы серии ФЭ723Т-Х изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$ и их твердых растворов. Снабжены однокаскадными термоэлектрическими охладителями. Ток питания термоэлектрического охладителя – 0,4±0,08 А. Напряжение питания ТЭО – до 1,2 В. Все приборы работают только в гальваническом режиме, то есть не требуют источников питания.

Фотоприемники выполнены в стандартном герметичном металлостеклянном корпусе (КТ-1, ∅9,5 × 6,6 мм) с прозрачным входным окном. Масса прибора – не более 3 г. Диапазон рабочих температур – от –45 до +65 °С.

Основные фотоэлектрические параметры фотоэлементов приведены в табл. 2.4.17. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.4.13.

Таблица 2.4.17. Основные параметры охлаждаемых фотоприемников ФЭ723-Т1 и ФЭ723-Т2 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра									
	ФЭ723-Т1А	ФЭ723-Т1Б	ФЭ723-Т1В	ФЭ723-Т1Г	ФЭ723-Т1Д	ФЭ723-Т2А	ФЭ723-Т2Б	ФЭ723-Т2В	ФЭ723-Т2Г	ФЭ723-Т2Д
Эффективная площадь ф. ч. э., мм^2	1					2				
Область спектральной чувствительности, мкм	1–4,5					1–4,5				
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,5±0,2					3,5±0,2				
Динамическое сопротивление ф. ч. э., кОм	< 1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7	< 1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7
Постоянная времени, с, не более	$3 \cdot 10^{-5}$					$3 \cdot 10^{-5}$				
Ток короткого замыкания ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мкА, не менее	–	75	60	45	30	–	75	60	45	30
Напряжение холостого хода ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мВ, не менее	–	75	100	120	60	–	120	150	180	90
№ рисунка	2-597А					2-597А				

2.4.2.6. Охлаждаемые фотоприемники ФЭ724-Т1А, ФЭ724-Т1Б, ФЭ724-Т1В, ФЭ724-Т1Г, ФЭ724-Т1Д, ФЭ724-Т2А, ФЭ724-Т2Б, ФЭ724-Т2В, ФЭ724-Т2Г, ФЭ724-Т2Д [$\Delta\lambda$ = 1–4,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,9 мкм]

Охлаждаемые гальванические элементы серии ФЭ724Т-Х изготовлены на основе тонких пленок соединений $A^{IV}B^{VI}$ и их твердых растворов. Снабжены однокаскадными термоэлектрическими охладителями. Ток питания термоэлектрического охладителя – 0,4±0,08 А. Напряжение питания ТЭО – до 1,2 В. Все приборы работают только в гальваническом режиме, то есть не требуют источников питания.

Фотоприемники выполнены в стандартном герметичном металлостеклянном корпусе (КТ-1, ∅9,5 × 6,6 мм) с прозрачным входным окном. Масса прибора – не более 3 г. Диапазон рабочих температур – от –45 до +65 °С.

Основные фотоэлектрические параметры фотоэлементов приведены в табл. 2.4.18. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.4.13.

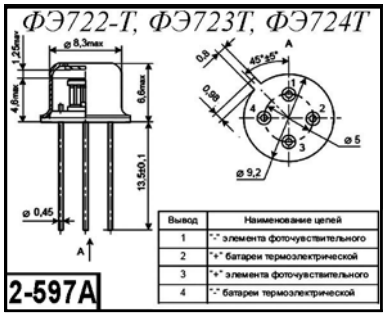


Рис. 2.4.13. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика гальванических элементов серий ФЭ722Т, ФЭ723Т, ФЭ724Т

Таблица 2.4.18. Основные параметры охлаждаемых фотоприемников ФЭ724-Т1 и ФЭ724-Т2 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра									
	ФЭ724-Т1А	ФЭ724-Т1Б	ФЭ724-Т1В	ФЭ724-Т1Г	ФЭ724-Т1Д	ФЭ724-Т2А	ФЭ724-Т2Б	ФЭ724-2В	ФЭ724-Т2Г	ФЭ724-Т2Д
Эффективная площадь ф. ч. э., мм^2	1					2				
Область спектральной чувствительности, мкм	1–4,9					1–4,9				
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,9±0,2					3,9±0,2				
Динамическое сопротивление ф. ч. э., кОм	< 1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7	< 1	1–1,5	1,5–3	3–7	0,5–7
Постоянная времени, с, не более	$1\cdot10^{-5}$					$1\cdot10^{-5}$				
Ток короткого замыкания ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мкА, не менее	–	50	40	30	27	60	50	40	30	27
Напряжение холостого хода ($T_{АЧТ}$ = 1273 °К, Ф = 0,04 Вт/см^2), мВ, не менее	–	55	75	80	45	60	75	100	120	75
№ рисунка	2-597А					2-597А				

2.4.2.7. Охлаждаемые фоторезисторы ФР194-01, ФР194-11, ФР194-15, ФР194-17, ФР194-19, ФР195-01, ФР195-11, ФР195-15, ФР195-17,ФР195-19 [$\Delta\lambda$ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4 мкм]

Охлаждаемые фоторезисторы серий ФР194-Х и ФР195-Х реализованы с использованием фоточувствительных элементов из соединения кадмий–ртуть–теллур. Рабочий спектральный диапазон – 3–5 мкм при $\lambda_{макс}$ = 4 мкм.

Фоточувствительные элементы приборов размещены внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. Сосуды имеют специальную полость для жидкого азота и помещены в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К

осуществляется заливкой жидкого азота. Время выхода на режим – не более 1 мин. Время работы прибора при однократной заливке составляет не менее 2 часов. Диапазон рабочих температур – от –45 до +40 °С. Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения (80 °К) не допускается.

Основные фотоэлектрические параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.19. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.4.14 и 2.4.15.

Таблица 2.4.19. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов серий ФР194-Х и ФР195-Х при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра									
	ФР194-01	ФР194-11	ФР194-15	ФР194-17	ФР194-19	ФР195-01	ФР195-11	ФР195-15	ФР195-17	ФР195-19
Размеры фоточувствительного элемента, мм	5×5	0,3×0,15	0,1×0,1	0,1×0,05	0,075×0,075	5×5	0,3×0,15	0,1×0,1	0,1×0,05	0,075×0,075
Число элементов, шт.	1									
Темновое сопротивление, Ом, не менее	80									
Рабочее напряжение, В	0,1 –1,5									
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$3\cdot10^2$	$1\cdot10^4$	$2\cdot10^4$	$2\cdot10^4$	$5\cdot10^4$	$3\cdot10^2$	$1\cdot10^4$	$2\cdot10^4$	$2\cdot10^4$	$5\cdot10^4$
Постоянная времени, с, не более	$3\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$3\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 80 × 134					∅ 80 × 127				
№ рисунка	2-607					2-608				

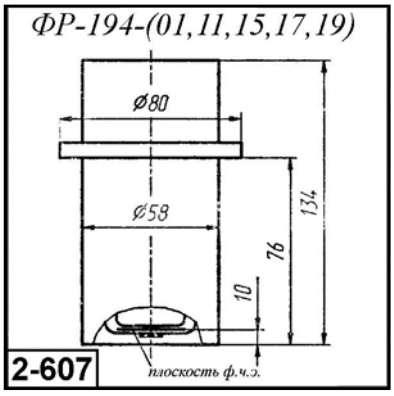


Рис. 2.4.14. Внешний вид и габаритные размеры фоторезисторов серии ФР194-Х

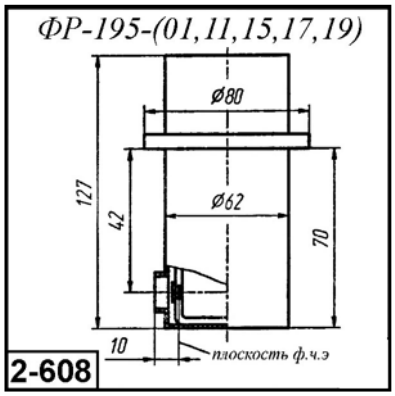


Рис. 2.4.15. Внешний вид и габаритные размеры фоторезисторов серии ФР195-Х

2.4.2.8. Охлаждаемые фоторезисторы ФР194М-03, ФР194М-05, ФР194М-07, ФР194М-09, ФР194М-13, ФР195М-03, ФР195М-05, ФР195М-07, ФР195М-09, ФР195М-13 [Δλ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4 мкм]

Охлаждаемые фоторезисторы серий ФР194М-Х и ФР195М-Х реализованы с использованием фоточувствительных элементов из соединения кадмий–ртуть–теллур. Рабочий спектральный диапазон 3–5 мкм при $\lambda_{макс}$ = 4 мкм.

Фоточувствительные элементы приборов размещены внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. Сосуды имеют специальную полость для жидкого азота и помещены в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется заливкой жидкого азота. Время выхода на режим – не более 1 мин.

Время работы прибора при однократной заливке составляет не менее 2 ч. Диапазон рабочих температур – от –45 до +40 °С. Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения (80 °К) не допускается.

Основные фотоэлектрические параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.20. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.4.16. и 2.4.17.

Таблица 2.4.20. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов серий ФР194М-Х и ФР195М-Х при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора									
	ФР194М-03	ФР194М-05	ФР194М-07	ФР194М-09	ФР194М-13	ФР195М-03	ФР195М-05	ФР195М-07	ФР195М-09	ФР195М-13
Размеры фоточувствительного элемента, мм	от 0,1 × 0,1 до 5 × 5 мм									
Число элементов, шт.	2	3	4	2 × 2	5	2	3	4	2 × 2	5
Темновое сопротивление, Ом, не менее	80									
Рабочее напряжение, В	0,1 –1,5									
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$5\cdot10^2$	$1\cdot10^3$	$5\cdot10^3$	$5\cdot10^3$	$1\cdot10^4$	$5\cdot10^2$	$1\cdot10^3$	$5\cdot10^3$	$5\cdot10^3$	$1\cdot10^4$
Постоянная времени, с, не более	$3\cdot10^{-6}$	$3\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$3\cdot10^{-6}$	$3\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 80 × 134					∅ 80 × 127				
№ рисунка	2-609					2-610				

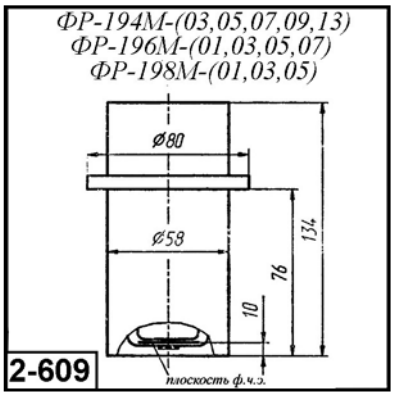


Рис. 2.4.16. Внешний вид и габаритные размеры фоторезисторов серий ФР194М-Х, ФР196М-Х, ФР198М-Х

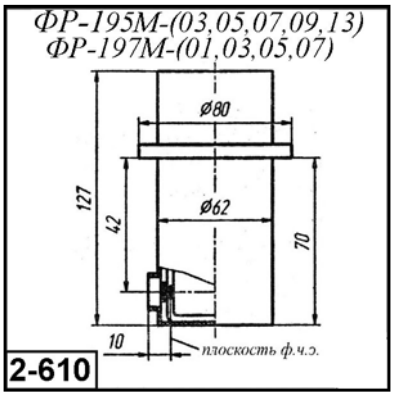


Рис. 2.4.17. Внешний вид и габаритные размеры фоторезисторов серий ФР195М-Х, ФР197М-Х

2.4.2.9. Охлаждаемые фоторезисторы ФР196М-01, ФР196М-03, ФР196М-05, ФР196М-07, ФР197М-01, ФР197М-03, ФР197М-05, ФР197М-07, ФР198М-01, ФР198М-03, ФР198М-05 [Δλ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4 мкм]

Охлаждаемые фоторезисторы серий ФР196М-Х, ФР197М-Х и ФР198М-Х реализованы с использованием фоточувствительных элементов из соединения кадмий–ртуть–теллур. Рабочий спектральный диапазон – 3–5 мкм при $\lambda_{макс}$ = 4 мкм.

Фоточувствительные элементы приборов размещены внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. Сосуды имеют специальную полость для жидкого азота и помещены в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется заливкой жидкого азота. Время выхода на режим – не более 1 мин. Время работы прибора при однократной заливке составляет не менее 2 ч. Диапазон рабочих температур – от –45 до +40 °С.

Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения (80 °К) не допускается.

Основные фотоэлектрические параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.21. Внешний вид и габаритные размеры – на рис. 2.4.16. и 2.4.17.

Таблица 2.4.21. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов серий ФР196М-Х, ФР197М-Х и ФР198М-Х при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора										
	ФР196М-01	ФР196М-03	ФР196М-05	ФР196М-07	ФР197М-01	ФР197М-03	ФР197М-05	ФР197М-07	ФР198М-01	ФР198М-03	ФР198М-05
Размеры фоточувствительного элемента, мм	от 0,1 × 0,1 до 5 × 5 мм										
Число элементов, шт.	6	10	5	10	6	10	5	10	32	32	2 × 16
Рабочее напряжение, В	0,1–1,5										
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
Постоянная времени, с, не более	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 80 × 134				∅ 80 × 127				∅ 80 × 134		
№ рисунка	2-609				2-610				2-609		

2.4.2.10. Охлаждаемые фоторезисторы ФРО-41, ФРО-146, ФРО-148, ФС-17ДА [$\Delta\lambda$ = 2,2–5,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 5,1–5,4 мкм]

Охлаждаемые фоторезисторы ФРО-41, ФРО-146, ФРО-148, ФС-17ДА изотовлены с использованием фоточувствительных элементов из антимонида индия. Рабочий спектральный диапазон 2,2–5,9 мкм.

Фоточувствительные элементы приборов размещены внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного лейкосапфира. Сосуды имеют специальную полость для жидкого азота и помещены в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется заливкой жидкого азота. Время выхода на режим – не более 20 мин. Время работы прибора при однократной заливке составляет до 1,5 ч.

Фоторезисторы ФРО-41 и ФРО-146 имеют по два фоточувствительных элемента. Фоторезистор ФС-17ДА снабжен встроенным термодатчиком, используемым в качестве датчика уровня жидкого азота. Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения (80 °К) не допускается.

Основные параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.22. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.18–2.4.22.

Таблица 2.4.22. Основные параметры фоторезисторов ФРО-41, ФРО-146, ФРО-148, ФС-17ДА при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра			
	ФРО-41	ФРО-146	ФРО-148	ФС-17ДА
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,6 × 0,6	0,6 × 0,6	0,3 × 0,3	0,1 × 0,1
Число элементов, шт.	2	2	1	1
Угол зрения, град, не менее	60	60	60	45
Область спектральной чувствительности, мкм	4,8–5,9	2,2–5,9	2,2–5,9	2,2–5,9

Таблица 2.4.22. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра			
	ФРО-41	**ФРО-146**	**ФРО-148**	**ФС-17ДА**
Максимум спектральной характеристики, мкм	5,2–5,4	5,1–5,4	5,1–5,4	5,1–5,4
Рабочее напряжение, В	1–3	1–3	1–3	0,1–0,6
Темновое сопротивление, кОм	2–20	2–20	20	1–100
Вольтовая чувствительность (температура источника излучения), В/Вт, не менее	2000 (500 °K)	2000 (500 °K)	8000 (373 °K)	50000 (373 °K)
Обнаружительная способность, (температура источника излучения), $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$	$5·10^9$ (500 °K)	$5·10^9$ (500 °K)	$5·10^9$ (373 °K)	$5·10^9$ (373 °K)
Коэффициент фотоэлектрической связи, %, не более	100	100	–	–
Постоянная времени, с, не более	$1,5·10^{-5}$	$1,5·10^{-5}$	$5·10^{-5}$	$2·10^{-6}$
Диапазон рабочих температур, °С	25±5	25±5	–50...+50	–50...+50
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 56 × 180	∅ 56 × 190	∅ 56 × 190	∅ 62 × 104
Масса, г, не более	400	400	400	400
№ рисунка	2-611	2-612	2-613	2-614

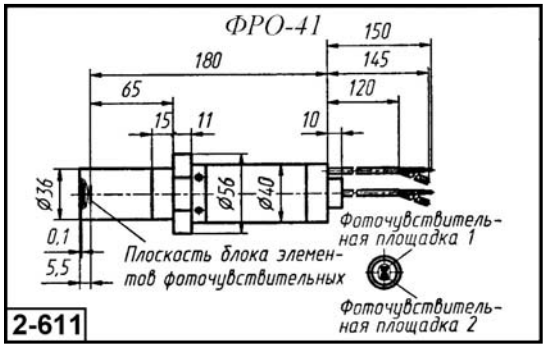


Рис. 2.4.18. Внешний вид и габаритные размеры фоторезистора ФРО-41

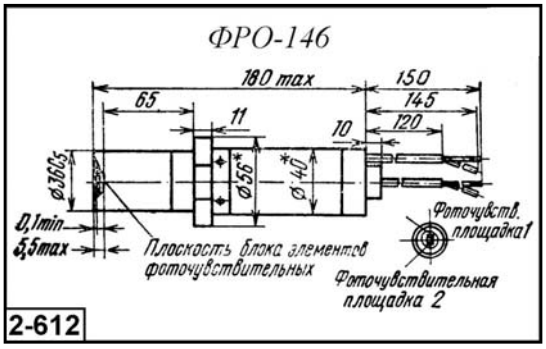


Рис. 2.4.19. Внешний вид и габаритные размеры фоторезистора ФРО-146

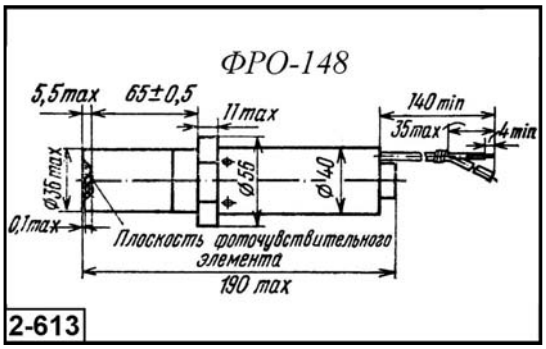


Рис. 2.4.20. Внешний вид и габаритные размеры фоторезистора ФРО-149

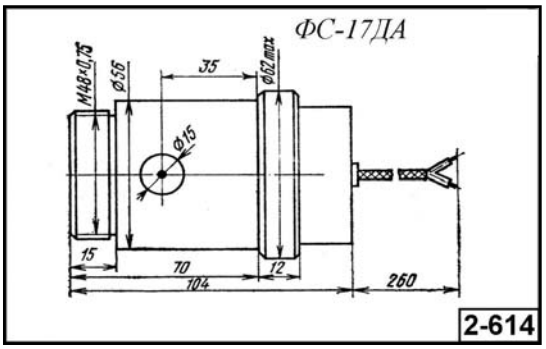


Рис. 2.4.21. Внешний вид и габаритные размеры фоторезистора ФС-17ДА

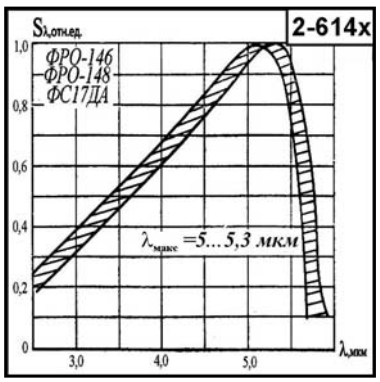


Рис. 2.4.22. Относительные спектральные характеристики фоторезисторов ФРО-146, ФРО-148, ФС-17ДА

2.4.2.11. Охлаждаемые фотодиоды ФДО-117, ФДО-119, ФДО-257, ФД-268, ФД-294, ФД-511 [$\Delta\lambda$ = 2–5,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,5–5,4 мкм]

Охлаждаемые фотодиоды ФДО-117, ФДО-119, ФДО-257, ФД-268, ФД-294, ФД-511 изготовлены с использованием фоточувствительных элементов из антимонида индия. Рабочий спектральный диапазон 2–5,6 мкм.

Фоточувствительные элементы приборов размещены внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного лейкосапфира. Сосуды имеют специальную полость для жидкого азота и помещены в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется заливкой жидкого азота. Время выхода на режим – не более 20 мин. Время работы прибора при однократной заливке составляет до 4 ч.

Фотодиод ФД-268 имеет 11 фоточувствительных элементов и снабжен встроенным термодатчиком, используемым в качестве датчика уровня жидкого азота. Фотодиоды ФДО-117, ФДО-119, ФДО-257 и ФД-268 работают в вентильном режиме при напряжении смещения ±2 мВ. Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не допускается. Основные параметры фотодиодов приведены в табл. 2.4.23. Внешний вид и габаритные размеры приведены на рис. 2.4.23–2.4.28.

Таблица 2.4.23. Основные параметры ФДО-117, ФДО-119, ФДО-257, ФД-268, ФД-294, ФД-511 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра					
	ФДО-117	ФДО-119	ФДО-257 (ФД-257)	ФД-268	ФД-294	ФД-511
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,15 × 0,15	0,7 × 0,4	От 0,13 × 0,13 до 0,17 × 0,17	0,15 × 0,15	0,3 × 0,3	0,3 × 0,3
Число элементов, шт.	1	1	1	11 ($K_{фс}$ = 5%)	1	1
Угол зрения, град, не менее	65	50	70	60	60	60
Область спектральной чувствительности, мкм	от 3,5–4,5 до 5,2–5,5 (уровень 0,5)	от 3,5–4,5 до 5,2–5,5 (уровень 0,5)	3,9–5,6	4,1–5,2 (уровень 0,5)	2–5,6	2–5,6
Максимум спектральной характеристики, мкм	4,5–5,2	4,5–5,2	4,5–5,8	4,5–5,2	5,1–5,4	5,1–5,4
Рабочее напряжение, В	±0,002	±0,002	±0,002	±0,002	–	–
Динамическое сопротивление, кОм	10	10	50	500	60	60
Вольтовая чувствительность ($T_{АЧТ}$ = 373 °К), В/Вт, не менее	–	–	20000	–	–	10000
Токовая чувствительность ($T_{АЧТ}$ = 373 °К), А/Вт, не менее	0,01	0,02	–	0,08	0,2	–
Обнаружительная способность ($T_{АЧТ}$ = 373 °К), $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$	$5·10^9$	$7·10^9$	$5·10^9$	$9·10^9$	$1,3·10^9$	$1·10^9$
Постоянная времени, с, не более	$5·10^{-6}$	$5·10^{-6}$	$5·10^{-6}$	$5·10^{-6}$	$5·10^{-5}$	$5·10^{-5}$
Время непрерывной работы при однократной заливке хладагента, ч	3	1,5	1,5	2	4	4
Диапазон рабочих температур, °С	10–35	–60...+50	–60...+50	–50– +50	20±5	20±5
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 72 × 140	60 × 60 × 132	∅ 60 × 110	∅ 72 × 142	52 × 58 × 140	60 × 60 × 132
Масса, г, не более	800	800	800	1000	370	450
№ рисунка	2-615	2-616	2-617	2-617А	2-618	2-619

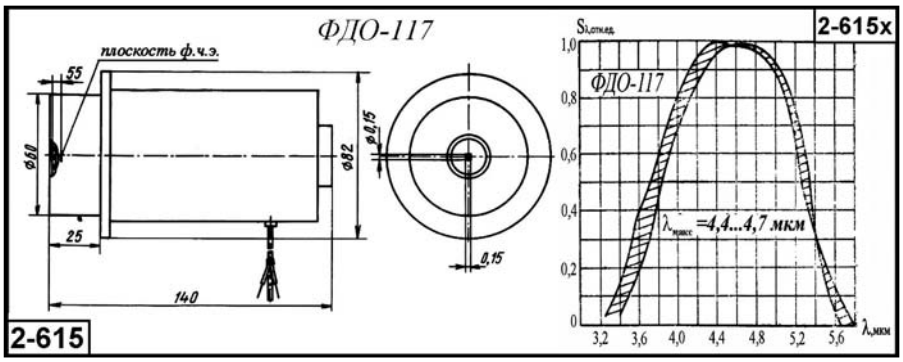


Рис. 2.4.23. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемого фотодиода ФДО-117

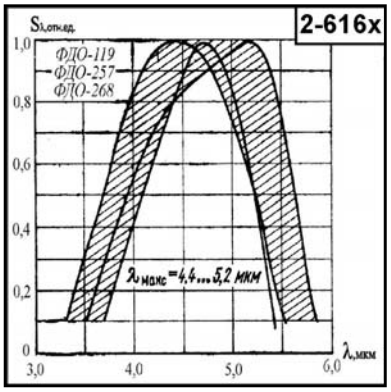


Рис. 2.4.24. Относительные спектральные характистики охлаждаемого фотодиода ФДО-117

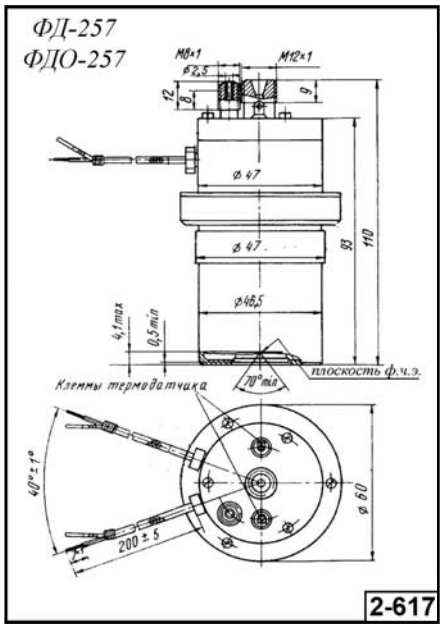


Рис. 2.4.26. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемых фотодиодов ФД-257 и ФДО-257

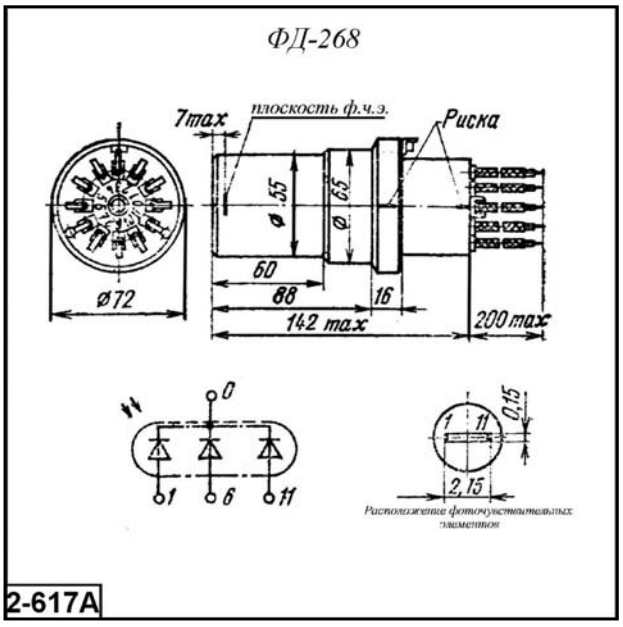


Рис. 2.4.27. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемого фотодиода ФДО-268

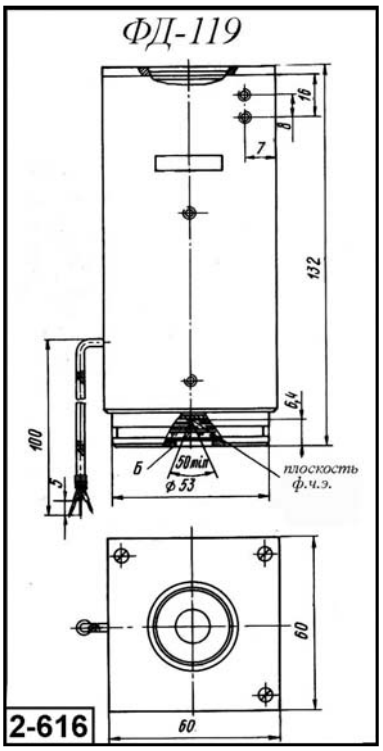
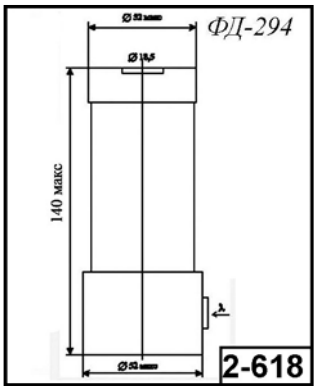


Рис. 2.4.25. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемого фотодиода ФДО-119



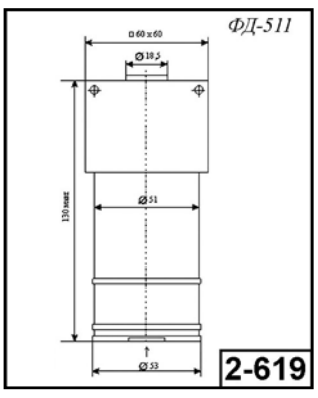


Рис. 2.4.28. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемых фотодиодов ФДО-294 и ФД-511

2.4.2.12. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы АП-РЛ-407, АП-РЛ-413 и АП-РЛ-417 [$\Delta\lambda$ = 1,5–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8–4,2 мкм]

Многоэлементные (48, 64, 96 эл.) охлаждаемые фоторезисторы серии АП-РЛ-ХХ изготовлены с использованием фоточувствительных элементов из селенида свинца. Рабочий спектральный диапазон – 1,5–5 мкм.

Фотоприемники размещены в оригинальных герметичных металлокерамических корпусах с прозрачным входным окном. Охлаждение ф. ч. э. до 195 °К осуществляется при помощи 4-каскадного термоэлектрического охладителя (ТЭО). В зоне ф. ч. э. располагается датчик температуры (СТ3-25А). Время выхода на режим – не более 2,5 мин.

Основные параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.24. Внешний вид дан на рис. 2.4.29 и 2.4.30.

Таблица 2.4.24. Основные параметры фоторезисторов АП-РЛ-407, АП-РЛ-413, АП-РЛ-417 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра		
	АП-РЛ-407	АП-РЛ-413	АП-РЛ-417
Область спектральной чувствительности, мкм	1,5–5		
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,8–4,2		
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,125 × 0,14	0,09 × 0,1	0,055 × 0,055
Зазор между фоточувствительными элементами, мм	0,01±0,003	0,01±0,003	0,01±0,003
Количество фоточувствительных элементов, шт	48	64	96
Длина линейки фоточувствительных элементов, шт.	7,19±0,02	6,39±0,02	6,23±0,02
Темновое сопротивление ф.ч.э., МОм	0,1–10		
Постоянная времени, мкс	50		
Рабочее напряжение питания, В	до 5	до 3	до 2
Среднее значение обнаружительной способности в максимуме спектральной характеристики для всех ф. ч. э., см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$3 \cdot 10^{10}$		
Обнаружительная способность одного ф. ч. э. в максимуме спектральной характеристики, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$2 \cdot 10^{10}$	$2{,}5 \cdot 10^{10}$	$2{,}5 \cdot 10^{10}$
Среднее значение вольтовой чувствительности для всех ф. ч. э., В/Вт, не менее	$7 \cdot 10^{5}$		
Среднее значение вольтовой чувствительности для одного ф. ч. э., В/Вт, не менее	$6 \cdot 10^{5}$		
Напряжение питания ТЭО, В (при токе потребления, А), не более	до 6,0 (1 А)		
Потребляемая мощность ТЭО, Вт, не более	6		
Диапазон рабочих температур, °С	от минус (60±3) до плюс (50±2)		
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 53 × 46	∅ 44 × 46	50,5 × 50,5 × 46
Масса, г, не более	125	146	155
№ рисунка	2-620	2-620	2-621



Рис. 2.4.29. Внешний вид многоэлементных охлаждаемых фоторезисторов АП-РЛ-407, АП-РЛ-413



Рис. 2.4.30. Внешний вид многоэлементного охлаждаемого фоторезистора АП-РЛ-417

2.4.2.13. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы ФР-164 и ФР-189 [$\Delta\lambda$ = 1,5–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8–4,2 мкм]

Многоэлементные (48 и 64 эл.) охлаждаемые фоторезисторы ФР-164 и ФР-189 реализованы с использованием фоточувствительных элементов из селенида свинца. Рабочий спектральный диапазон – 1–5 мкм.

Фоторезисторы размещены в оригинальных герметичных металлокерамических корпусах с прозрачным входным окном. Охлаждение ф. ч. э. до 195 °К осуществляется при помощи 4-каскадного термоэлектрического охладителя (ТЭО). В зоне ф. ч. э. располагается датчик температуры (СТ3-25А).

В фоторезисторах ФР-164 и ФР-189 может быть осуществлен режим термостабилизации, позволяющий устранить зависимость параметров от температуры окружающей среды.

Основные параметры фоторезисторов ФР-164 и ФР-189 приведены в табл. 2.4.25. Внешний вид дан на рис. 2.4.31.

Таблица 2.4.25. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов ФР-164 и ФР-189 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра	
	ФР-164	ФР-189М
Область спектральной чувствительности, мкм	1–5,0	
Количество фоточувствительных элементов, шт.	24 × 2	32 × 2
Темновое сопротивление, МОм	1–10	
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$8 \cdot 10^4$	
Постоянная времени, мкс	50	
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$3{,}5 \cdot 10^{10}$	
Рабочее напряжение питания, В	5	2,5–3,5
Рабочая температура ф. ч. э., °К	196	
Устройство охлаждения ф. ч. э.	4-каскадный ТЭО	
Холодопроизводительность ТЭО, Вт, не менее	0,1	
Напряжение питания ТЭО, В	5,4–6,0	
Потребляемая мощность ТЭО, Вт, не более	6	
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более		
Масса, г, не более	130	200
№ рисунка	2-622	



Рис. 2.4.31. Внешний вид фоторезисторов ФР-164 и ФР-189

2.4.2.14. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы «Арык» и «Арык 2» [$\Delta\lambda$ = 1–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,2 мкм]

Многоэлементные (48 и 64 эл.) охлаждаемые фоторезисторы «Арык» и «Арык 2» реализованы с использованием фоточувствительных элементов из селенида свинца. Рабочий спектральный диапазон – 1–5,5 мкм при $\lambda_{макс}$ = 4,2 мкм.

Фотоприемники размещены в оригинальных герметичных металлокерамических корпусах с прозрачным входным окном. Охлаждение ф. ч. э. до 195 °К осуществляется при помощи 4-каскадного термоэлектрического охладителя (ТЭО). В зоне ф. ч. э. располагается датчик температуры (СТ3-25А).

Основные параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.26. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.32.

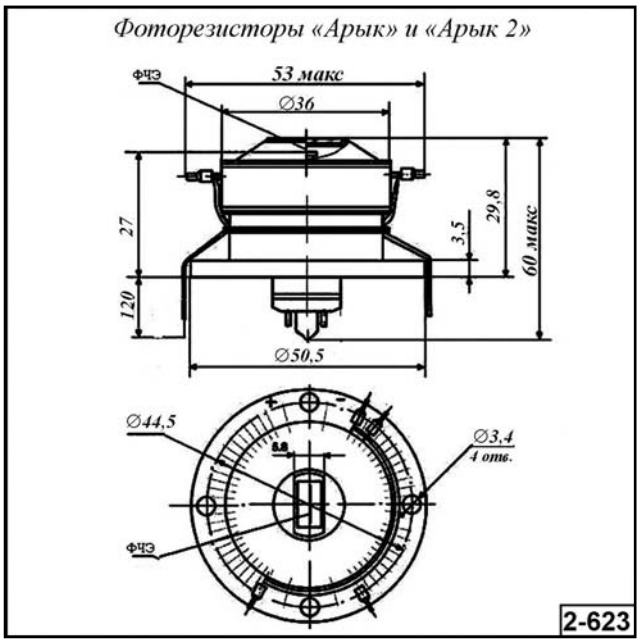


Рис. 2.4.32. Внешний вид и габаритные размеры фоторезисторов «Арык» и «Арык 2»

Таблица 2.4.26. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов «Арык» и «Арык 2» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра	
	ФР «Арык»	ФР «Арык 2»
Область спектральной чувствительности, мкм	1–5,5	
Максимум спектральной характеристики, мкм	4,2	
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,125 × 0,14	0,05 × 0,05
Количество фоточувствительных элементов, шт.	48	64
Темновое сопротивление, МОм	1–15	
Постоянная времени, мкс	25–50	25–50
Обнаружительная способность (500 К, 400 Гц), см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	(3–4,5)·10^{10}	(3–4,5)·10^{10}
Рабочее напряжение питания, В	5,4–6	5,4–6
Рабочая температура ф. ч. э., °К	195	
Устройство охлаждения ф.ч.э.	4-каскадный ТЭО	
Холодопроизводительность ТЭО, Вт, не менее	0,1	
Напряжение питания ТЭО, В	5,4–6,0	

Таблица 2.4.26. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора / Норма параметра	
	ФР «Арык»	ФР «Арык 2»
Потребляемая мощность ТЭО, Вт, не более	6	
Время выхода на режим, мин, не более	2	
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 55 × 60	
№ рисунка	2-623	

2.4.2.15. Охлаждаемые фоторезисторы ФСГ-22-3А1, ФСГ-22-3А2, ФСГ-23-3А1, ФСГ-23-3А2, ФСГ-22-3А1, ФСГ-22-3А2, ФСГ-23-3А1, ФСГ-23-3А2 [$\Delta\lambda$ = 1–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,2 мкм]

Охлаждаемые фоторезисторы ФСГ-22-3А1, ФСГ-22-3А2, ФСГ-23-3А1, ФСГ-23-3А2 реализованы с использованием фоточувствительных элементов из германия, легированного золотом. Рабочий спектральный диапазон – 1,8–8,5 мкм при $\lambda_{макс}$ = 5,6–6,2 мкм.

Фоточувствительные элементы размещены в стеклянном сосуде Дьюара с входным окном из просветленного германия или кремния. В сосуде имеется полость для заливки жидкого азота. Приборы не имеют защитного корпуса.

Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется заливкой жидкого азота. Время выхода на режим – 10–13 мин. Время работы прибора при однократной заливке составляет до 2 ч. Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не рекомендуется.

Основные параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.27. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приборов даны на рис. 2.4.33–2.4.35.

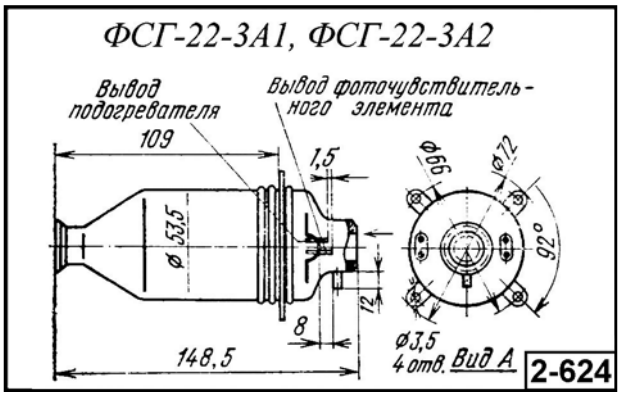


Рис. 2.4.33. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемых фоторезисторов ФСГ-22-3А1, ФСГ-22-3А2

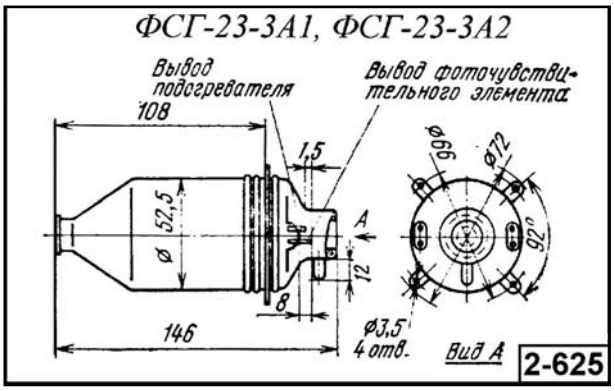


Рис. 2.4.34. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемых фоторезисторов ФСГ-23-3А1, ФСГ-23-3А2

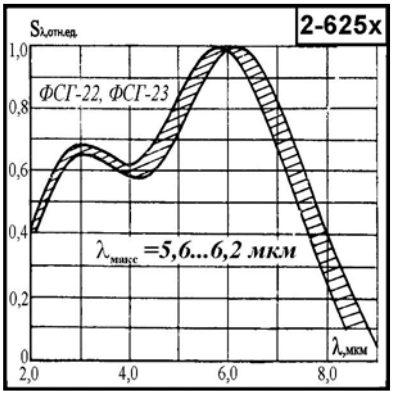


Рис. 2.4.35. Относительные спектральные характеристики охлаждаемых фоторезисторов ФСГ-22, ФСГ-23

Таблица 2.4.27. Основные параметры охлаждаемых фоторезисторов ФСГ-22-3А1, ФСГ-22-3А2, ФСГ-23-3А1, ФСГ-23-3А2 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора			
	ФСГ-22-3А1	ФСГ-22-3А2	ФСГ-23-3А1	ФСГ-23-3А2
Область спектральной чувствительности, мкм	1,8–8,5	1,8–8,5	1,8–8,5	1,8–8,5
Максимум спектральной характеристики, мкм	5,6–6,2	5,6–6,2	5,6–6,2	5,6–6,2
Материал входного окна	Ge	Ge	Si	Si
Размеры фоточувствительного элемента, мм	2×2	3×3	2×2	3×3
Число элементов, шт.	1	1	1	1
Угол зрения, град, не менее	70	70	70	70
Рабочее напряжение, В	5–30	5–30	5–30	5–30
Темновое сопротивление, МОм	0,03–1,5	0,03–1,5	0,03–1,5	0,03–1,5
Вольтовая чувствительность ($T_{АЧТ}$-373 °К), В/Вт, не менее	1000	500	1000	500
Обнаружительная способность ($T_{АЧТ}$-373 °К), $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$	$6{,}6·10^8$	$7{,}5·10^8$	$6{,}6·10^8$	$7{,}5·10^8$
Постоянная времени, с, не более	$5·10^{-6}$	$5·10^{-6}$	$5·10^{-6}$	$5·10^{-6}$
Рабочая температура фоточувствительного элемента, °К	80	80	80	80
Время выхода на рабочий режим, мин, не более	13	13	13	13
Время непрерывной работы при однократной заливке хладагента, ч	2	2	2	2
Интервал рабочих температур, °С	20±5	20±5	20±5	20±5
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 72 × 148,5	∅ 72 × 148,5	∅ 72 × 146	∅ 72 × 146
Масса, г, не более	160	160	160	160
№ рисунка	2-624		2-625	

2.4.2.16. Охлаждаемый фотодиод ФД-511-1 [Δλ = 5–13,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 9,5–11 мкм]

Охлаждаемый фотодиод ФД-511–1 реализован с использованием фоточувствительного элемента из соединения «свинец–олово–теллур». Рабочий спектральный диапазон – 5–13,5 мкм.

Фоточувствительный элементы прибора размещен внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. Сосуд имеет специальную полость для жидкого азота и помещен в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется заливкой жидкого азота. Время выхода на режим – не более 20 мин. Время работы прибора при однократной заливке составляет до 2 ч.

Включение прибора в электрическую цепь без охлаждения не допускается.

Основные параметры фотодиода приведены в табл. 2.4.28. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.4.36.

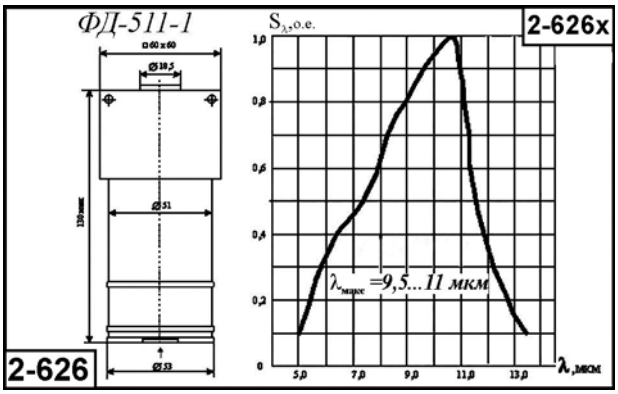


Рис. 2.4.36. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика охлаждаемого фотодиода ФД-511-1

Таблица 2.4.28. Основные параметры охлаждаемого фотодиода ФД-511-1 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	5–13,5
Длина волны максимума спектральной чувствительности, мкм	9,5–11
Размеры фоточувствительного элемента, мкм	0,3 × 0,3
Угол обзора, град, не менее	60
Количество фоточувствительных элементов в каждой линейке	1
Динамическое сопротивление, Ом	$(7–10)\cdot10^3$
Постоянная времени, мкс, не более	1–5
Рабочее напряжение, В	0–2 мВ (до 45 мВ)
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$1\cdot10^4$
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $см\cdot Вт^{-1}\cdot см\cdot Гц^{1/2}$, не менее	$1\cdot10^{10}$
Температура ф. ч. э., °К	80
Время выхода на режим, мин., не более	20
Диапазон рабочих температур, °С	20±5
Габаритные размеры изделия, мм	60 × 60 × 130
Масса, г, не более	30
№ рисунка	2-626

2.4.2.17. Охлаждаемый фоторезистор ФРО-Х1-142 [Δλ = 2–16 мкм; $\lambda_{макс}$ = 10–13 мкм]

Охлаждаемый фоторезистор ФРО-XI-142 реализован с использованием фоточувствительного элемента из соединения кадмий–ртуть–теллур. Рабочий спектральный диапазон – 2–16 мкм.

Фоточувствительный элемент прибора размещен внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. Сосуд имеет специальную полость для жидкого азота и помещен в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется путем подачи жидкого азота по хладопроводу через входной штуцер прибора. Время выхода на режим – 10–15 мин.

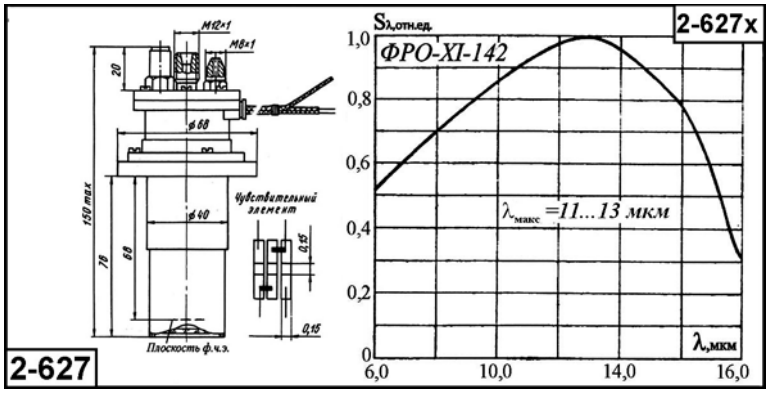


Рис. 2.4.37. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика охлаждаемого фоторезистора ФРО-XI-142

Включение прибора в электрическую цепь без охлаждения не допускается.

Основные параметры фоторезистора приведены в табл. 2.4.29. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.4.37.

Таблица 2.4.29. Основные параметры охлаждаемого фоторезистора ФРО-Х1-142 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	2–16
Длина волны максимума спектральной чувствительности, мкм	10–13
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,15 × 0,15
Угол обзора, град, не менее	60
Количество фоточувствительных элементов в каждой линейке	1
Темновое сопротивление, Ом	50–2000
Постоянная времени, мкс, не более	2
Рабочее напряжение, В	1,5
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$(2–15)\cdot10^3$
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, см·Вт$^{-1}$·см·Гц$^{1/2}$, не менее	$(0,8–2)\cdot10^{10}$
Температура ф. ч. э., °К	80
Время выхода на режим, мин., не более	20
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+55
Габаритные размеры изделия, мм	∅ 68 × 150
Масса, г, не более	500
№ рисунка	2-627

2.4.2.18. Охлаждаемый фоторезистор ФСГ-28РТА [Δλ = 2,5–14 мкм; $\lambda_{макс}$ = 10–12 мкм]

Охлаждаемый фоторезистор ФСГ-28РТА реализован с использованием фоточувствительных элементов из германия, легированного ртутью. Рабочий спектральный диапазон – 2,5–14 мкм.

Фоточувствительный элемент прибора размещен внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. В сосуде имеются две полости для жидкого хладагента. Сосуд помещен в металлический защитный корпус. Охлаждение фоточувствительного элемента прибора осуществляется заливкой в обе полости сосуда Дьюара жидкого азота с откачкой паров азота из средней полости.

Время выхода на режим – не более 30 мин. Время работы прибора при однократной заливке составляет до 1 ч.

Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не допускается.

Основные параметры фоторезистора приведены в табл. 2.4.30. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика прибора даны на рис. 2.4.38 и 2.4.39.

Таблица 2.4.30. Основные параметры фоторезистора ФСГ-28РТА при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	2,5–14
Максимум спектральной характеристики, мкм	10–12
Материал входного окна	Ge:Hg
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,5 × 2
Число элементов, шт.	1

Таблица 2.4.30. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Угол зрения, град, не менее	45
Рабочее напряжение, В	5–30
Темновое сопротивление, МОм	1
Вольтовая чувствительность (температура источника излучения), В/Вт, не менее	500 (373 °К)
Обнаружительная способность, (температура источника излучения), $Вт^{-1}·Гц^{1/2}·см$	$4·10^8$ (373 °К)
Постоянная времени, с, не более	$1·10^{-7}$
Рабочая температура фоточувствительного элемента, °К	55
Время выхода на рабочий режим, мин, не более	30
Интервал рабочих температур, °С	20±5
Габаритные размеры без выводов, мм, не более	∅ 82 × 220
Масса, г, не более	800
№ рисунка	2-628

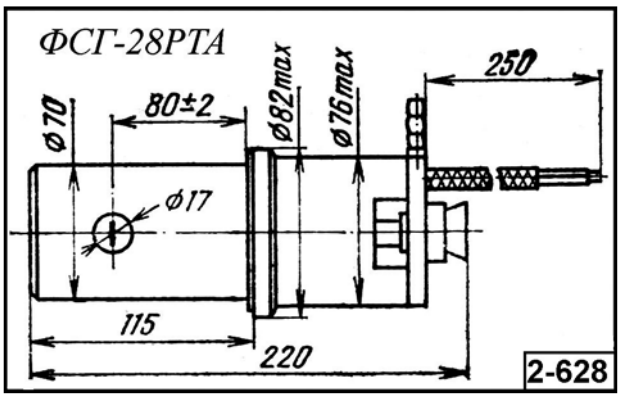


Рис. 2.4.38. Внешний вид и габаритные размеры охлаждаемого фоторезистора ФСГ-28РТА

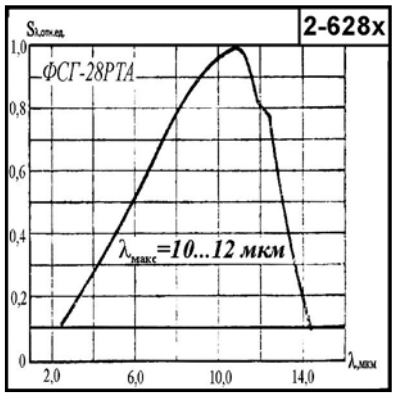


Рис. 2.4.39. Относительная спектральная характеристика фоторезистора ФСГ-28РТА

2.4.2.19. Многоэлементные охлаждаемые фоторезисторы АП-РЛ-402 и ФР-204М [$\Delta\lambda$ = 8–12 мкм; $\lambda_{макс}$ = 10–12 мкм]

Многоэлементные (20 и 32 эл.) охлаждаемые фоторезисторы реализованы с использованием фоточувствительных элементов из соединения кадмий–ртуть–теллур. Рабочий спектральный диапазон – 8–12 мкм.

Фоточувствительные элементы прибора размещены внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. Сосуд имеет специальную полость для установки дроссельного микротеплообменника (МТО) и помещен в защитный металлический корпус. Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется путем подачи в МТО газообразного азота по трубопроводу через входной штуцер прибора.

Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не допускается.

Основные параметры фоторезисторов приведены в табл. 2.4.31. Внешний вид приборов дан на рис. 2.4.40 и 2.4.41.

Таблица 2.4.31. Основные параметры АП-РЛ-402 и ФР-204М при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра	
	АП-РЛ-402	ФР-204М
Область спектральной чувствительности, мкм	8–12	8–12
Длина волны максимума спектральной чувствительности, мкм	10–12	10–12
Размеры фоточувствительного элемента, мкм	(50±10) × (50±10)	(50±10) × (50±10)
Количество линеек фоточувствительных элементов	2	2
Количество фоточувствительных элементов в каждой линейке	10	16
Шаг линеек фоточувствительных элементов, мкм	150	150
Шаг фоточувствительного элемента в каждой линейке, мкм	100	100
Рабочее напряжение, В	1–1,5	1–1,5
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
Разброс вольтовой чувствительности относительно среднего значения, %, не более	20	20
Коэффициент фотоэлектрической связи расположенных рядом фоточувствительных элементов, %, не более	5	5
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $см \cdot Вт^{-1} \cdot см \cdot Гц^{1/2}$, не менее	$4 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$
Время выхода на режим, мин., не более	1	1
Габаритные размеры изделия, мм	∅ 23 × 88	∅ 40 × 85
Масса, г, не более	150	200
№ рисунка	2-629	2-630

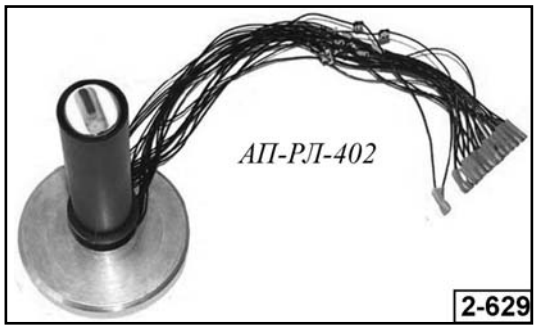


Рис. 2.4.40. Внешний вид охлаждаемого фоторезистора АП-РЛ-402

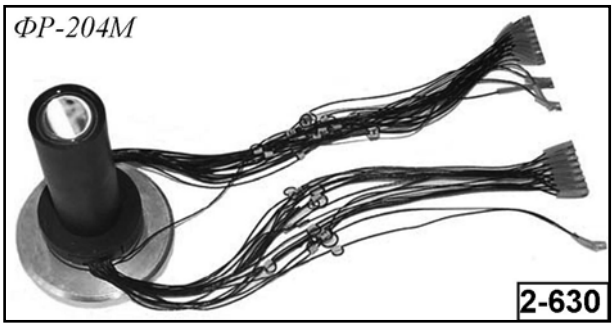


Рис. 2.4.41. Внешний вид охлаждаемого фоторезистора ФР-204М

2.4.2.20. Двухспектральный фотоприемник ФМ-611 [Δλ = 0,5–1 мкм; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм] и [Δλ = 1,6–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,3 мкм]

Двухспектральный двухканальный фотоэлектрический полупроводниковый приемник излучения ФМ-611 предназначен для регистрации излучения диапазонах 0,5–1,0 и 1,6–4,2 мкм.

Фотоприемник ФМ-611 состоит из средневолнового фотогальванического приемника (ФГП) ИК-излучения и кремниевого фотодиода (КФД), которые ращмещены в стандартном герметичном металлостеклянном корпусе (ТО-5) с прозрачным входным окном.

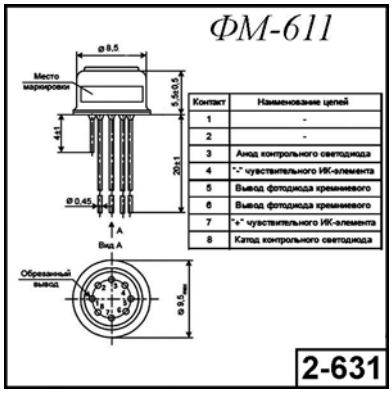


Рис. 2.4.42. Внешний вид и габаритные размеры фотоприемника ФМ-611

Фотоприемник ФМ-611 имеет систему внутреннего контроля работоспособности при помощи встроенного светодиода.

Основные параметры фотоприемника ФМ-611 приведены в табл. 2.4.32. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.42.

Таблица 2.4.32. Основные параметры фотоприемника ФМ-611 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Канал 1	Канал 2
Область спектральной чувствительности, мкм	0,5–1	1,6–4,2
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,9	3,3
Тип фотоприемника	Si-фотодиод	гальванический
Размеры фоточуствительного элемента, мм	1 × 1	1 × 1 или 2 × 2
Угол обзора, град, не менее	90	
Токовая чувствительность в режиме короткого замыкания, А/Вт, не менее	0,45 (λ_{max})	0,15 (1000 °К)
Вольтовая чувствительность в режиме холостого хода, В/Вт, не менее	–	70 (1000 °К)
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	–	$8 \cdot 10^9$
Постоянная времени, мкс, не более	2	10
Общий ток через выводы 4–7 ИК-фоточувствительного элемента без внешнего источника напряжения при облученности 0,0425 Вт/см^2 от абсолютно черного тела с температурой полости T = 1000±15 °С, мкА, не менее	–	15
Темновой ток через выводы 4–7 без внешнего источника напряжения, не более	–	10% от общего тока
Импульсный общий ток через выводы 4–7 при пропускании через выводы 3–8 импульсного тока (100±5) мА длительностью импульса не более 50 мс, мкА, не менее	–	10
Постоянное напряжение на выводах 5–6 при освещенности 500 лк от источника с цветовой температурой $T_{цв}$ = 2856±100 °К по ГОСТ 8.023–83 при сопротивлении нагрузки, равном 1 МОм, и напряжении питания 15±1 В, В, не более	12	–
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 9,5 × 6	
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+60	
Масса, г, не более	3	
№ рисунка	2-631	

2.4.3. Фотоприемные устройства

2.4.3.1. Двухканальное фотоприемное устройство «Тень» [Δλ = 0,3–3 мкм]

Фотоприемное устройство «Тень» предназначено для регистрации модулированного излучения в диапазоне 0,3–3 мкм.

Состав ФПУ: два фотодиода и два широкополосных операционных усилителя, размещенных в стандартном металлостеклянном корпусе типа ТО-5 с входным окном.

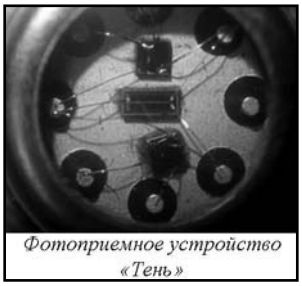
В ФПУ предусмотрена регулировка полосы пропускания и коэффициента усиления, которая осуществляется четырьмя внешними резисторами, размещенными на печатной микроплате. Прибор отличается повышенной устойчивостью к механическим воздействиям – к ударам до 200 g и вибрации до 30 g.

Основные параметры ФПУ «Тень» приведены в табл. 2.4.33. Внешний вид приборов дан на рис. 2.4.43.

Таблица 2.4.33. Основные параметры ФПУ «Тень» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,3–3
Количество фоточувствительных элементов, шт.	2
Полоса пропускания	10 Гц – 2,50 МГц
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$1{,}5 \cdot 10^7$
Выходное сопротивление, кОм, не более	5
Среднее квадратичное значение шумового сигнала на выходе при отсутствии засветки в полосе частот 10 Гц – 2,5 мГц, мВ, не более	1,6
Напряжение питания, В	±5
Ток потребления, мА, не более	15
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+95
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 10,7 × 5,8
Масса, г, не более	2,5
№ рисунка	2-632





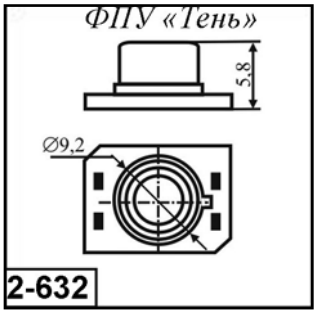


Рис. 2.4.43. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Тень»

2.4.3.2. Фотоприемные устройства СФ4-10, СФ4-11 [Δλ= 0,6–4,6 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3–3,5 мкм]

Фотоприемные устройства предназначены для работы в качестве приемников инфракрасного излучения в составе оптико-электронной аппаратуры и систем фотоэлектрической автоматики, работающих в диапазоне длин волн от 0,5 до 4,6 мкм.

Фотоприемные устройства представляют собой селенисто-свинцовые фоторезисторы с встроенным усилителем фотосигнала. Фотоприемные устройства выполнены в стандартном герметичном металлостеклянном корпусе с прозрачным входным окном. Фотоприемные устройства СФ4-10, СФ4-11 различаются между собой размерами фоточувствительной площадки. Принципиальная электрическая схема ФПУ приведена на рис. 2.4.10.

Основные параметры ФПУ даны в табл. 2.4.34. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика указаны на рис. 2.4.44. Принципиальная схема ФПУ – на рис. 2.4.45.

Таблица 2.4.34. Основные фотоэлектрические параметры фотоприемных устройств СФ-4-10 и СФ4-11 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра	
	СФ4-10	СФ-11
Область спектральной чувствительности, мкм	0,6–4,6	
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,0–3,5	
Размеры фоточувствительного элемента, мм	3 × 3	5 × 1

Таблица 2.4.34. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра	
	СФ4-10	СФ-11
Количество фоточувствительных элементов, шт.	1	
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	1200	1000
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$8\cdot10^8$	$5\cdot10^8$
Постоянная времени, мкс	5	
Рабочее напряжение питания, В	15	
Выходное сопротивление, кОм, не более	5	
Диапазон рабочих температур, °С	25±5	
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 10,7 × 5,8	
Масса, г, не более	2	
№ рисунка	2-633	

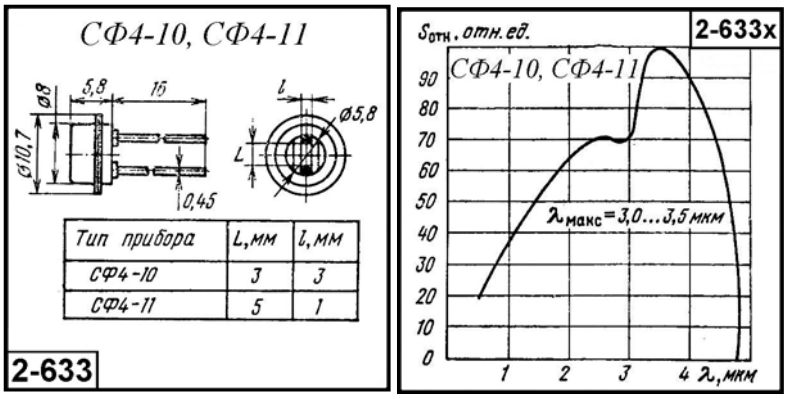


Рис. 2.4.44. Внешний вид, габаритные размеры и ОСХ ФПУ СФ-4-10 и СФ4-11

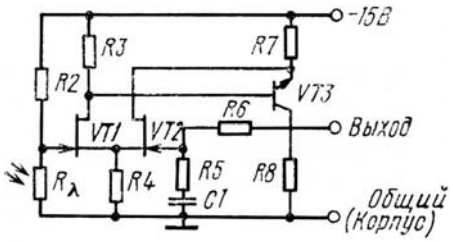


Рис. 2.4.45. Принципиальная электрическая схема ФПУ СФ-4-10 и СФ4-11

2.4.3.3. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-611, ФУО-612, ФУО-613, ФУО-614 [Δλ = 1–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2–3,8 мкм]

Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-611, ФУО-612, ФУО-613, ФУО-614 предназначены для приема и регистрации инфракрасного излучения в диапазоне длин волн от 1 до 5,2 мкм.

Фотоприемные устройства представляют собой изделия, содержащие фоторезистор на основе халькогенидов свинца с термо-электрическим охладителем (до 220 °К) и усилитель фотосигнала, размещенные в едином герметичном металлостеклянном корпусе. Каждый тип фотоприемного устройства имеет девять модификаций, отличающихся друг от друга размерами фоточувствительной площадки.

Электрические и эксплуатационные параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.35. Фотоэлектрические параметры фотоприемных устройств даны в табл. 2.4.36–2.4.39. Назначение выводов ФПУ ФУО-611–ФУО-614 указано в табл. 2.4.40.

Внешний вид, габаритные размеры и схема включения ФПУ даны на рис. 2.4.46 и 2.4.47.

Относительные спектральные характеристики чувствительности приведены на рис. 2.4.48–2.4.51.

Фотоприемные устройства применяются в радиометрах, тепловизорах, оптических спектрометрах, анализаторах газовых и жидких сред, а также в системах фотоэлектрической автоматики.

Таблица 2.4.35. Основные электрические и эксплуатационные параметры ФУО-611, ФУО-612, ФУО-613, ФУО-614

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Напряжение питания ФПУ, В	18±3
Ток потребления ФПУ, мА, не более	30
Напряжение питания термоэлектрического охладителя, В	2
Ток потребления термоэлектрического охладителя, А, не более	3
Выходное сопротивление усилителя фотосигнала, Ом, не более	1000
Сопротивление изоляции между выводами и корпусом ФПУ, МОм, менее	100
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+60
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 45 × 45
Масса, г, не более	150
№ рисунка	2-634 и 2-635

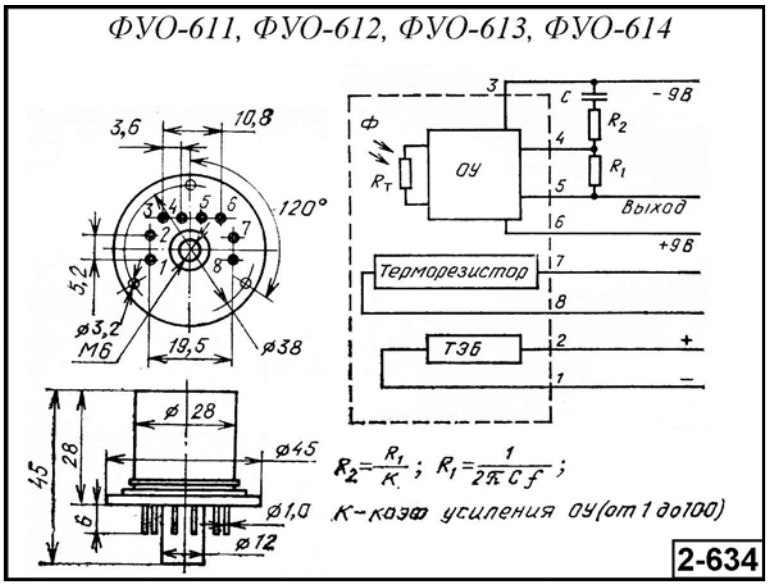


Рис. 2.4.46. Внешний вид, габаритные размеры и схема включения ФПУ ФУО-611–ФУО-614

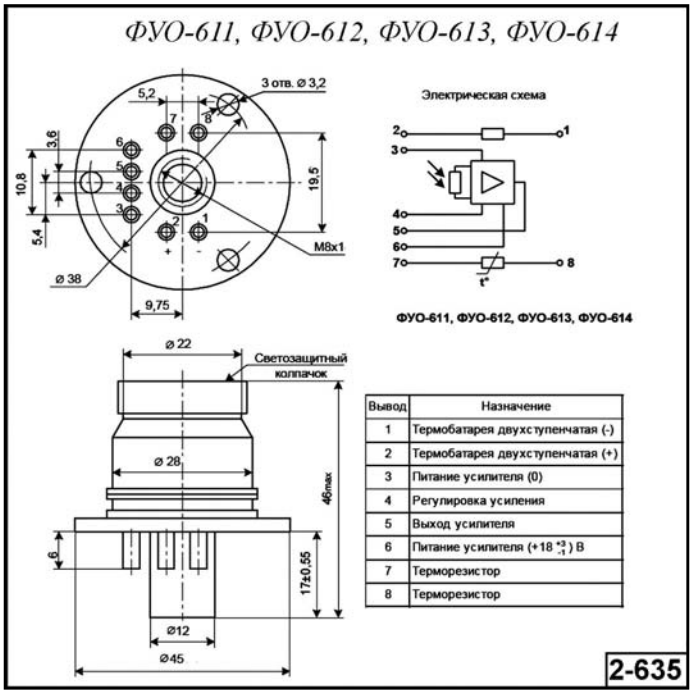


Рис. 2.4.47. Внешний вид, габаритные размеры и схема включения ФПУ ФУО-611–ФУО-614. Модифицированный вариант

2.4.3.3.1. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-611-1, ФУО-611-2, ФУО-611-3, ФУО-611-4, ФУО-611-5, ФУО-611-6, ФУО-611-7, ФУО-611-8, ФУО-611-9 [$\Delta\lambda$ = 1–3,1 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2 мкм]

Таблица 2.4.36. Фотоэлектрические параметры ФПУ ФУО-611 при температуре 20±5 °С

Тип ФПУ	Размеры ф. ч. э, мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	S_U, В/Вт, не менее	D^*, Вт-1·Гц1/2·см, не менее	τ, с, не более
ФУО-611-1	0,1 × 0,1	1,0–3,1	2,0±0,2	$5\cdot10^5$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-2	0,2 × 0,2	1,0–3,1	2,0±0,2	$3\cdot10^5$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-3	0,3 × 0,3	1,0–3,1	2,0±0,2	$1\cdot10^5$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-4	0,5 × 0,5	1,0–3,1	2,0±0,2	$8\cdot10^6$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-5	1,0 × 1,0	1,0–3,1	2,0±0,2	$5\cdot10^4$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-6	2,0 × 2,0	1,0–3,1	2,0±0,2	$3\cdot10^4$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-7	3,0 × 3,0	1,0–3,1	2,0±0,2	$2\cdot10^4$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-8	5,0 × 5,0	1,0–3,1	2,0±0,2	$1\cdot10^4$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
ФУО-611-9	0,5 × 3,0	1,0–3,1	2,0±0,2	$2\cdot10^4$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$

2.4.3.3.2. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-612-1, ФУО-612-2, ФУО-612-3, ФУО-612-4, ФУО-612-5, ФУО-612-6, ФУО-612-7, ФУО-612-8, ФУО-612-9 [$\Delta\lambda$ = 1–3,6 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,7 мкм]

Таблица 2.4.37. Фотоэлектрические параметры ПУ ФУО-612 при температуре 20±5 °С

Тип ФПУ	Размеры ф. ч. э., мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	S_U, В/Вт, не менее	D^*, Вт-1·Гц1/2·см, не менее	τ, с, не более
ФУО-612-1	0,1 × 0,1	1,0–3,6	2,7±0,2	$1\cdot10^6$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-2	0,2 × 0,2	1,0–3,6	2,7±0,2	$8\cdot10^5$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-3	0,3 × 0,3	1,0–3,6	2,7±0,2	$6\cdot10^5$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-4	0,5 × 0,5	1,0–3,6	2,7±0,2	$4\cdot10^5$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-5	1,0 × 1,0	1,0–3,6	2,7±0,2	$2\cdot10^5$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-6	2,0 × 2,0	1,0.-.3,6	2,7±0,2	$5\cdot10^4$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-7	3,0 × 3,0	1,0–3,6	2,7±0,2	$2\cdot10^4$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-8	5,0 × 5,0	1,0–3,6	2,7±0,2	$1\cdot10^4$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$
ФУО-612-9	0,5 × 3,0	1,0–3,6	2,7±0,2	$1\cdot10^5$	$3\cdot10^9$	$5\cdot10^{-4}$

2.4.3.3.3. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-613-1, ФУО-613-2, ФУО-613-3, ФУО-613-4, ФУО-613-5, ФУО-613-6, ФУО-613-7, ФУО-613-8, ФУО-613-9 [$\Delta\lambda$ = 1–4,4 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,3 мкм]

Таблица 2.4.38. Фотоэлектрические параметры ФПУ ФУО-613 при температуре 20±5 °С

Тип ФПУ	Размеры ф. ч. э., мм	$\Delta\lambda$, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	S_U, В/Вт, не менее	D^*, Вт-1·Гц1/2·см, не менее	τ, с, не более
ФУО-613-1	0,1 × 0,1	1,0–4,4	3,3±0,2	$1\cdot10^6$	$4\cdot10^9$	$2\cdot10^{-4}$
ФУО-613-2	0,2 × 0,2	1,0–4,4	3,3±0,2	$8\cdot10^5$	$4\cdot10^9$	$2\cdot10^{-4}$
ФУО-613-3	0,3 × 0,3	1,0–4,4	3,3±0,2	$6\cdot10^5$	$4\cdot10^9$	$2\cdot10^{-4}$
ФУО-613-4	0,5 × 0,5	1,0–4,4	3,3±0,2	$4\cdot10^5$	$4\cdot10^9$	$2\cdot10^{-4}$
ФУО-613-5	1,0 × 1,0	1,0–4,4	3,3±0,2	$2\cdot10^5$	$4\cdot10^9$	$2\cdot10^{-4}$

Таблица 2.4.38. (окончание)

Тип ФПУ	Размеры ф. ч. э., мм	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	S_U, В/Вт, не менее	D^*, Вт-1·Гц1/2·см, не менее	τ, с, не более
ФУО-613-6	2,0 × 2,0	1,0–4,4	3,3±0,2	$5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{-4}$
ФУО-613-7	0,3 × 0,3	1,0–4,4	3,3±0,2	$2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{-4}$
ФУО-613-8	5,0 × 5,0	1,0–4,4	3,3±0,2	$1 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{-4}$
ФУО-613-9	0,5 × 0,3	1,0–4,4	3,3±0,2	$1 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{-4}$

2.4.3.3.4. Охлаждаемые фотоприемные устройства ФУО-614-1, ФУО-614-2, ФУО-614-3, ФУО-614-4, ФУО-614-5, ФУО-614-6, ФУ0-614-7, ФУО-614-8, ФУО-614-9 [Δλ = 1–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8 мкм]

Таблица 2.4.39. Фотоэлектрические параметры ФПУ ФУО-614 при температуре 20±5 °С

Тип ФПУ	Размеры ф. ч. э., мм	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	S_U, В/Вт, не менее	D^*, Вт-1·Гц1/2·см, не менее	τ, с, не более
ФУО-614-1	0,1 × 0,1	1,0–5,2	3,8±0,2	$1 \cdot 10^6$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУО-614-2	0,2 × 0,2	1,0–5,2	3,8±0,2	$5 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУО-614-3	0,3 × 0,3	1,0–5,2	3,8±0,2	$2 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУО-614-4	0,5 × 0,5	1,0–5,2	3,8±0,2	$1 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУО-614-5	1, 0 × 1,0	1,0–5,2	3,8±0,2	$1 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУО-614-6	2,0 × 2,0	1,0–5,2	3,8±0,2	$3 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУ0–614-7	3,0 × 3,0	1,0–5,2	3,8±0,2	$1 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУО-614-8	5,0 × 5,0	1,0–5,2	3,8±0,2	$1 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$
ФУО-614-9	0,5 × 0,3	1,0–5,2	3,8±0,2	$3 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-5}$

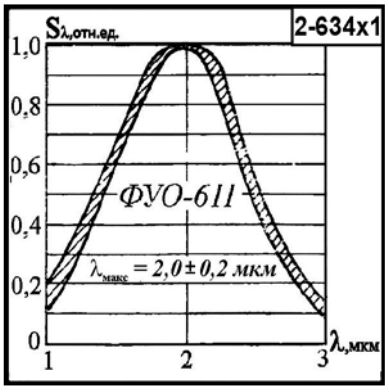


Рис. 2.4.48. Относительная спектральная характеристика ФПУ ФУО-611

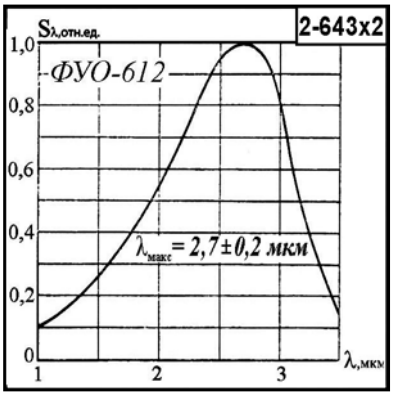


Рис. 2.4.49. Относительная спектральная характеристика ФПУ ФУО-612

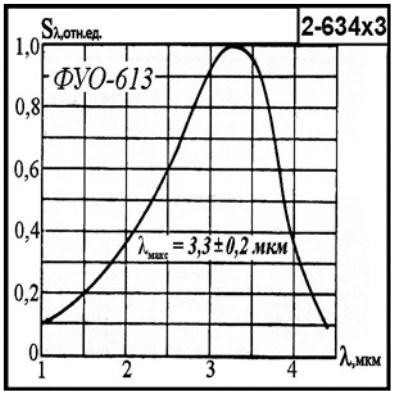


Рис. 2.4.50. Относительная спектральная характеристика ФПУ ФУО-613

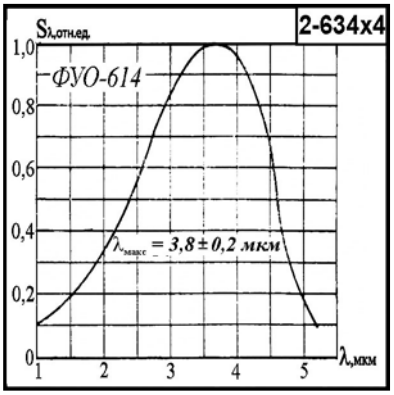


Рис. 2.4.51. Относительная спектральная характеристика ФПУ ФУО-614

Таблица 2.4.40. Назначение выводов ФПУ ФУО-611–ФУО-614

Вывод	Назначение
1	Минус термоэлектрического охладителя
2	Плюс термоэлектрического охладителя
3	Ноль питания I канала электронного тракта ФПУ
4	Инвертирующий вход операционного усилителя (регулировка усиления)
5	Выход лектронного тракта ФПУ
6	Плюс питания электронного тракта ФПУ
7, 8	Терморезистор
Корпус	Минус питания электронного тракта ФПУ

2.4.3.4. Двухканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУЛ-611, ФУМ-611 [$\Delta\lambda$ = 1–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2–3,8 мкм]

Двухканальные охлаждаемые герметичные ФПУ предназначены для регистрации излучения в диапазоне длин волн от 1 до 5,2 мкм. Фотоприемные устройства состоят из двухэлементного фоторезистора с термоэлектрическим охлаждением и двухканального усилителя фотосигнала, размещенных в едином герметичном металлостеклянном корпусе.

Фотоприемное устройство ФУЛ-611 имеет два фоточувствительных элемента, работающих в диапазоне длин волн от 1 до 4,5 мкм.

Фотоприемное устройство ФУМ-611 имеет два фоточувствительных элемента, работающих в различных спектральных диапазонах: первый – в диапазоне от 1 до 3,1 мкм, второй – в диапазоне от 1 до 5,2 мкм.

Основные электрические и эксплуатационные параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.41. Основные фотоэлектрические параметры – в табл. 2.4.42. Назначение выводов ФПУ дано в табл. 2.4.43. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики приборов указаны на рис. 2.4.52–2.4.55.

Таблица 2.4.41. Основные электрические и эксплуатационные параметры ФУЛ-611, ФУМ-611

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Напряжение питания ФПУ, В	18±3
Ток потребления электронного тракта ФПУ, мА, не более	30
Напряжение питания термоэлектрического охладителя, В	2
Ток потребления термоэлектрического охладителя, А, не более	3
Выходное сопротивление усилителя фотосигнала, Ом, не более	1000
Сопротивление изоляции между выводами и корпусом ФПУ, МОм, менее	100
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+60
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 45 × 45
Масса, г, не более	150
№ рисунка	2-636 и 2-637

Таблица 2.4.42. Основные фотоэлектрические параметры ФУЛ-611, ФУМ-611

Тип ФПУ	Номер канала	Размеры ф. ч. э., мм	Δλ, мкм	$\lambda_{макс}$, мкм	S_U, В/Вт, не менее	D^*, Вт-1·Гц1/2·см, не менее	τ, с, не более
ФУЛ-611-11		0,7×1,7 (2)	1,0–4,5	3,5±0,2	$1\cdot10^4$	$4\cdot10^9$	$0{,}2\cdot10^{-3}$
ФУЛ-611-12		0,7×4,5 (2)	1,0–4,5	3,5±0,2	$5\cdot10^3$	$4\cdot10^9$	$0{,}2\cdot10^{-3}$
ФУМ-611-4 (двухканальное)	1	0,5×0,5 (2)	1,0–3,1	2,0±0,2	$8\cdot10^5$	$5\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$
	2		1,0–5,2	3,8±0,2	$6\cdot10^4$	$1{,}6\cdot10^9$	$5\cdot10^{-5}$

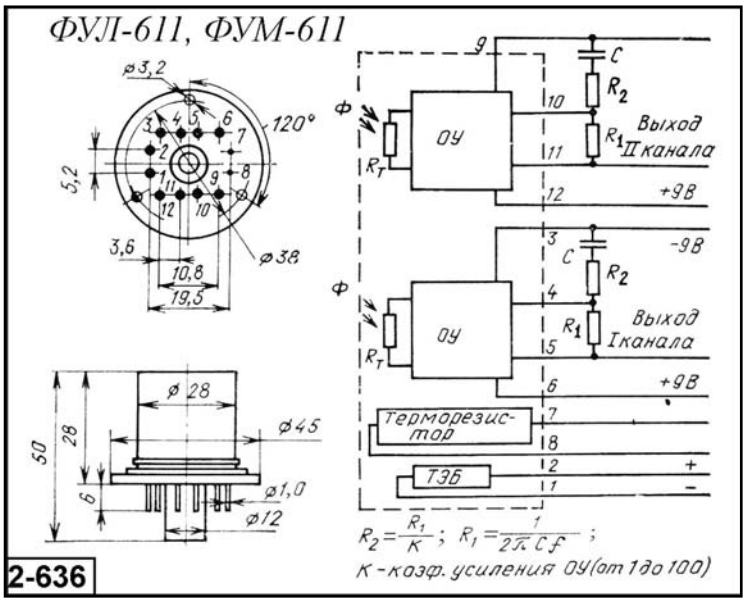


Рис. 2.4.52. Внешний вид, габаритные размеры и схема включения ФПУ ФУЛ-611 и ФУМ-611

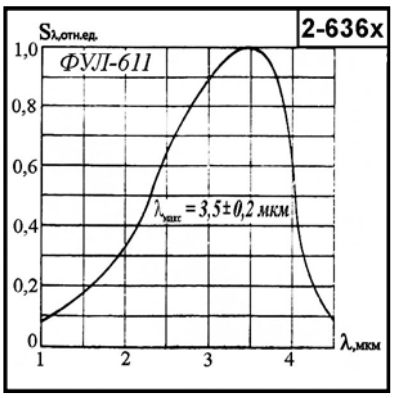


Рис. 2.4.53. Относительная спектральная характеристика ФПУ ФУЛ-611

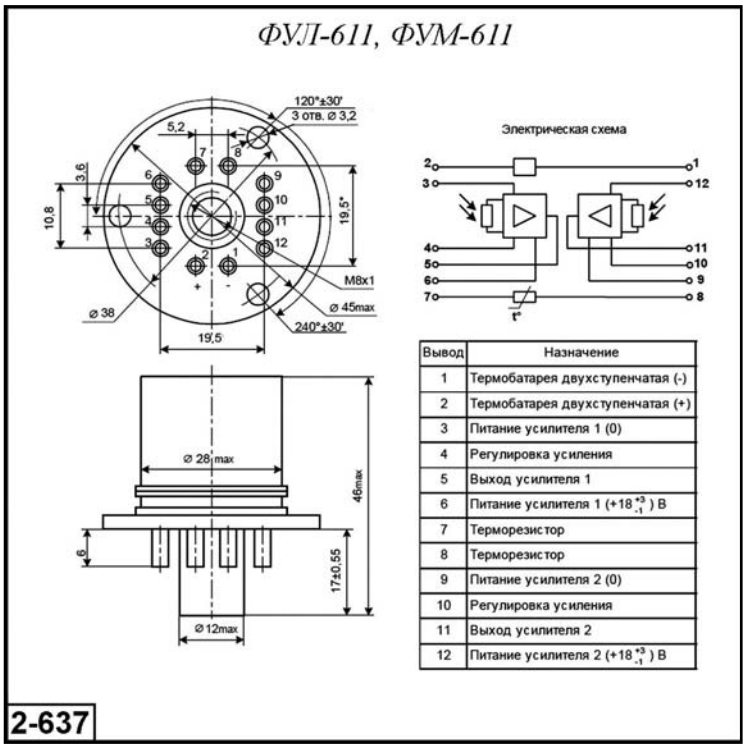


Рис. 2.4.54. Внешний вид, габаритные размеры и схема включения ФПУ ФУЛ-611 и ФУМ-611. Модифицированный вариант

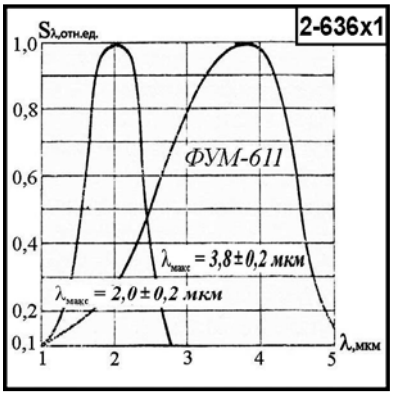


Рис. 2.4.55. Относительная спектральная характеристика ФПУ ФУМ-611

Таблица 2.4.43. Назначение выводов ФПУ ФУО-611–ФУО-614

Вывод	Назначение
1	Минус термоэлектрического охладителя
2	Плюс термоэлектрического охладителя
3	Ноль питания I канала электронного тракта ФПУ
4	Инвертирующий вход операционного усилителя (регулировка усиления I канала ФПУ)
5	Выход I канала электронного тракта ФПУ
6	Плюс питания I канала электронного тракта ФПУ
7, 8	Терморезистор
9	Ноль питания II канала электронного тракта ФПУ
10	Инвертирующий вход операционного усилителя (регулировка усиления II канала ФПУ)
11	Выход II канала электронного тракта ФПУ
12	Плюс питания II канала электронного тракта ФПУ
Корпус	Минус питания электронного тракта ФПУ

2.4.3.5. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР662, ФУР663, ФУР664 [$\Delta\lambda$ = 1,6–5,2 мкм]

Многоканальные фотоприемные устройства ФУР662, ФУР663, ФУР664 предназначены для эксплуатации в оптико-электронной аппаратуре, работающей в диапазоне 1,6–5,2 мкм.

Фотоприемные устройства включают в себя многоэлементную фоточувствительную структуру и многоканальный усилитель фотосигнала. Основным элементом для изготовления фоточувствительного элемента является селенид свинца, легированный примесями элементов пятой группы. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи 4-каскадного термоэлектрического охладителя (ТЭО).

ФПУ размещены в оригинальном, герметичном металлостеклянном корпусе. Вывод сигнала осуществляется при помощи двух многопроводных кабелей с разъемами на концах.

Основные электрические, эксплуатационные параметры приведены в табл. 2.4.44, фотоэлектрические параметры – в табл. 2.4.46–2.4.48. Назначение выводов дано в табл. 2.4.45. Внешний вид и габаритные размеры указаны на рис. 2.4.56–2.4.58.

Таблица 2.4.44. Основные электрические и эксплуатационные параметры ФПУ ФУР662, ФУР663, ФУР664

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Напряжение питания предусилителей, В	±10
Коэффициент усиления предусилителя	500
Полоса пропускания предусилителей, Гц	10–15000
Напряжение питания термобатареи, В	7
Время выхода на рабочий режим, с	80
Диапазон рабочих температур, °С	–60…+60
Масса, г, не более	300

Таблица 2.4.45. Назначение выводов ФПУ ФУР662, ФУР663, ФУР664

Номер контакта	Разъем X1	Разъем X2	Разъем X3	Разъем X4
	назначение контактов	назначение контактов	назначение контактов	назначение контактов
1	+ 10 В	Выход 1 канала	Выход 17 канала	Выход 33 канала
2	–10 В	Выход 2 канала	Выход 18 канала	Выход 34 канала
3	+7 В ТЭБ	Выход 3 канала	Выход 19 канала	Выход 35 канала
4	Общий	Выход 4 канала	Выход 20 канала	Выход 36 канала
5	ОТЭБ	Выход 5 канала	Выход 21 канала	Выход 37 канала
6	+7 В ТЭБ	Выход 6 канала	Выход 22 канала	Выход 38 канала
7	Общий	Выход 7 канала	Выход 23 канала	Выход 39 канала
8	ОТЭБ	Выход 8 канала	Выход 24 канала	Выход 40 канала
9	Терморезистор	Выход 9 канала	Выход 25 канала	Выход 41 канала
10	Терморезистор	Выход 10 канала	Выход 26 канала	Выход 42 канала
11	Свободный	Выход 11 канала	Выход 27 канала	Выход 43 канала
12	Свободный	Выход 12 канала	Выход 28 канала	Выход 44 канала
13	Свободный	Выход 13 канала	Выход 29 канала	Выход 45 канала
14	Свободный	Выход 14 канала	Выход 30 канала	Выход 46 канала
15	Свободный	Выход 15 канала	Выход 31 канала	Выход 47канала
1С	Свободный	Выход 16 канала	Выход 32 канала	Выход 48 канала
17	Свободный	Общий	Общий	Общий
18	Свободный	Общий	Общий	Общий
19	Свободный	Корпус	Корпус	Корпус

2.4.3.5.1. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР662А, ФУР662Б, ФУР662В [$\Delta\lambda$ = 1,6–4 мкм; $\lambda_{макс}$ = 2,7 мкм]

Фотоприемные устройства ФУР662А, ФУР662Б, ФУР662В предназначены для регистрации излучения в диапазоне 1,6–4 мкм.

Основные параметры фотоприемных устройств приведены в табл. 2.4.46. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.56–2.4.58.

Таблица 2.4.46. Основные фотоэлектрические параметры ФУР662А, ФУР662Б, ФУР662В при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФУР662А			ФУР662Б			ФУР662В		
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,05×0,05	0,1×0,1	0,15×0,15	0,05×0,05	0,1×0,1	0,15×0,15	0,05×0,05	0,1×0,1	0,14×0,14
Количество ф. ч. э. (расположение ф. ч. э.)	16 (линейка)			32 (линейка)			48 (линейка или матрица)		
Область спектральной чувствительности, мкм	1,6–4,0			1,6–4,0			1,6–4,0		
Максимум спектральной характеристики, мкм	2,7±0,2			2,7±0,2			2,7±0,2		
Вольтовая чувствительность, S_U, В/Вт, не менее	$1{,}5\cdot10^8$	$1\cdot10^8$	$4\cdot10^7$	$1{,}5\cdot10^8$	$1\cdot10^8$	$4\cdot10^7$	$1{,}5\cdot10^8$	$1\cdot10^8$	$4\cdot10^7$
Монохроматическая вольтовая чувствительность, $S_U\lambda_{max}$, В/Вт, не менее	$5{,}2\cdot10^9$	$5{,}2\cdot10^9$	$1{,}4\cdot10^9$	$5{,}2\cdot10^9$	$5{,}2\cdot10^9$	$1{,}4\cdot10^9$	$5{,}2\cdot10^9$	$5{,}2\cdot10^9$	$1{,}4\cdot10^9$
Удельная обнаружительная способность, D^*,см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$3{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$6\cdot10^9$	$3{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$6\cdot10^9$	$3{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$6\cdot10^9$

Таблица 2.4.46. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФУР662А			**ФУР662Б**			ФУР662В		
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D\cdot\lambda_{max}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	1,2·10^{10}	1,7·10^{10}	2,1·10^{10}	1,2·10^{10}	1,7·10^{10}	2,1·10^{10}	1,2·10^{10}	1,7·10^{10}	2,1·10^{10}
Постоянная времени, мкс, не более	300								
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 100 × 30			∅ 100 × 41			∅ 100 × 54		
Масса, г, не более	300								
№ рисунка	2-638			2-639			2-640		

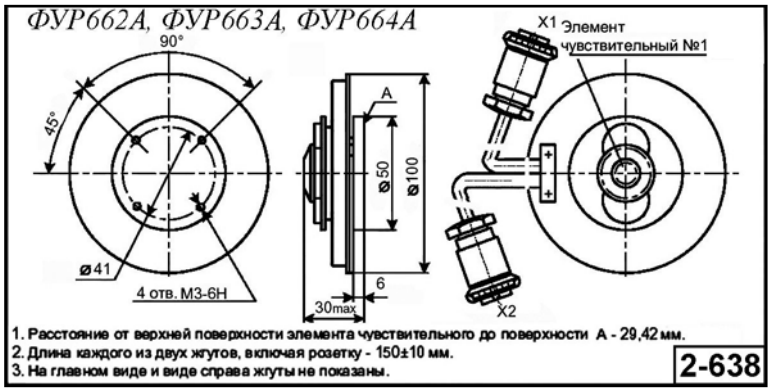


Рис. 2.4.56. Внешний вид и габаритные размеры ФУР662А, ФУР663А, ФУР664А

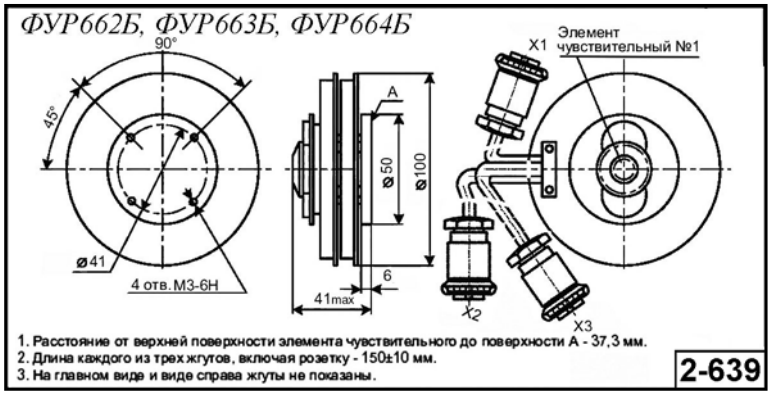


Рис. 2.4.57. Внешний вид и габаритные размеры ФУР662Б, ФУР663Б, ФУР664Б

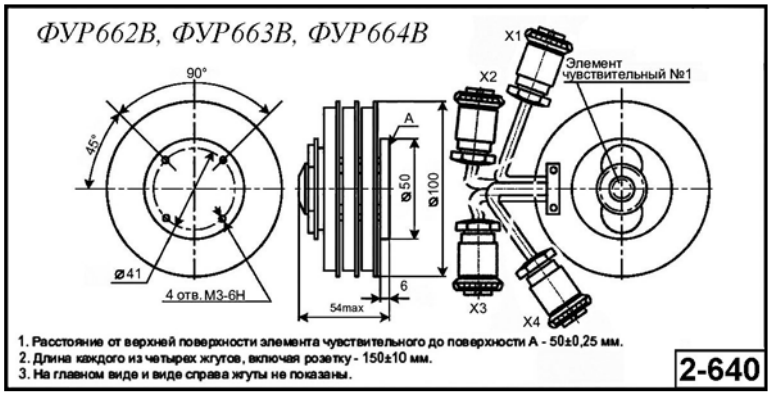


Рис. 2.4.58. Внешний вид и габаритные размеры ФУР662В, ФУР663В, ФУР66В

2.4.3.5.2. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР663А, ФУР663Б, ФУР663В [$\Delta\lambda$ = 1,6–4,9 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,4 мкм]

Фотоприемные устройства ФУР663А, ФУР663Б, ФУР663В предназначены для регистрации излучения в диапазоне 1,6–4,9 мкм.

Основные параметры фотоприемных устройств приведены в табл. 2.4.47. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.56–2.4.58.

Таблица 2.4.47. Основные фотоэлектрические параметры ФУР663А, ФУР663Б, ФУР663В при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФУР663А			ФУР663Б			ФУР663В		
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,05×0,05	0,1×0,1	0,15×0,15	0,05×0,05	0,1×0,1	0,15×0,15	0,05×0,05	0,1×0,1	0,14×0,14
Количество ф. ч. э. (расположение ф. ч. э.)	16 (линейка)			32 (линейка)			48 (линейка или матрица)		
Область спектральной чувствительности, мкм	1,6–4,9			1,6–4,9			1,6–4,9		
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,4±0,2			3,4±0,2			3,4±0,2		
Вольтовая чувствительность, S_U, В/Вт, не менее	$1\cdot10^8$	$7\cdot10^7$	$4{,}5\cdot10^7$	$1\cdot10^8$	$7\cdot10^7$	$4{,}5\cdot10^7$	$1\cdot10^8$	$7\cdot10^7$	$4{,}5\cdot10^7$
Монохроматическая вольтовая чувствительность, $S_U\lambda_{max}$, В/Вт, не менее	$1{,}5\cdot10^9$	$1{,}1\cdot10^9$	$6{,}7\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^9$	$1{,}1\cdot10^9$	$6{,}7\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^9$	$1{,}1\cdot10^9$	$6{,}7\cdot10^8$
Удельная обнаружительная способность, D^*,см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$4{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$4{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$4{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D\cdot\lambda_{max}$,см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$6{,}7\cdot10^{10}$	$7{,}5\cdot10^{10}$	$7{,}5\cdot10^{10}$	$6{,}7\cdot10^{10}$	$7{,}5\cdot10^{10}$	$7{,}5\cdot10^{10}$	$6{,}7\cdot10^{10}$	$7{,}5\cdot10^{10}$	$7{,}5\cdot10^{10}$
Постоянная времени, мкс, не более	50								
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 100×30			∅ 100×41			∅ 100×54		
Масса, г, не более	300								
№ рисунка	2-638			2-639			2-640		

2.4.3.5.3. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР664А, ФУР664Б, ФУР664В [$\Delta\lambda$ = 1,6–5,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8 мкм]

Фотоприемные устройства ФУР664А, ФУР664Б, ФУР664В предназначены для регистрации излучения в диапазоне 1,6–5,2 мкм.

Основные параметры фотоприемных устройств приведены в табл. 2.4.48. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.56–2.4.58.

Таблица 2.4.48. Основные фотоэлектрические параметры ФУР664А, ФУР664Б, ФУР664В при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФУР664А			ФУР664Б			ФУР664В		
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,05×0,05	0,1×0,1	0,15×0,15	0,05×0,05	0,1×0,1	0,15×0,15	0,05×0,05	0,1×0,1	0,14×0,14

Таблица 2.4.48. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра								
	ФУР664А			ФУР664Б			ФУР664В		
Количество ф. ч. э. (расположение ф. ч. э.)	16 (линейка)			32 (линейка или матрица)			48 (линейка)		
Область спектральной чувствительности, мкм	1,6–5,2			1,6–5,2			1,6–5,2		
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,8±0,2			3,8±0,2			3,8±0,2		
Вольтовая чувствительность, S_U, В/Вт, не менее	$3{,}5\cdot10^7$	$6\cdot10^7$	$1{,}5\cdot10^7$	$3{,}5\cdot10^7$	$6\cdot10^7$	$1{,}5\cdot10^7$	$3{,}5\cdot10^7$	$6\cdot10^7$	$1{,}5\cdot10^7$
Монохроматическая вольтовая чувствительность, $S_U\lambda_{max}$, В/Вт, не менее	$4{,}2\cdot10^9$	$7{,}2\cdot10^8$	$1{,}8\cdot10^8$	$4{,}2\cdot10^9$	$7{,}2\cdot10^8$	$1{,}8\cdot10^8$	$4{,}2\cdot10^9$	$7{,}2\cdot10^8$	$1{,}8\cdot10^8$
Удельная обнаружительная способность, D^*,см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$4{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$4{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$4{,}5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$	$5\cdot10^9$
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D\cdot\lambda_{max}$,см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$4{,}8\cdot10^{10}$	$6\cdot10^{10}$	$4{,}8\cdot10^{10}$	$4{,}8\cdot10^{10}$	$6\cdot10^{10}$	$4{,}8\cdot10^{10}$	$4{,}8\cdot10^{10}$	$6\cdot10^{10}$	$4{,}8\cdot10^{10}$
Постоянная времени, мкс, не более	15								
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅100 × 30			∅100 × 41			∅100 × 54		
Масса, г, не более	300								
№ рисунка	2-638			2-639			2-640		

2.4.3.6. Охлаждаемые фотоприемные устройства «Спектр», «Стяг-Ч», «Планета» [Δλ = 1–4,7 мкм]

Охлаждаемые фотоприемные устройства «Спектр», «Стяг-Ч», «Планета» реализованы с использованием ф. ч. э. из селенида свинца и предназначены для регистрации излучения в диапазоне 1–4,8 мкм.

Многоканальное фотоприемное устройство «Стяг-Ч» содержит фоточувствительную матричную структуру (16 × 4 эл.) и многоканальный усилитель фотосигнала. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи 2-каскадного ТЭО. Корпус ФПУ оригинальный, герметичный с 72-контактным разъемом.

ФПУ «Спектр» содержит один фоточувствительный элемент и линейный усилитель сигнала. Корпус ФПУ оригинальный, герметичный. Вывод сигнала – 3-проводной кабель. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи 2-каскадного ТЭО.

Многоканальное фотоприемное устройство «Планета» содержит фоточувствительную линейную структуру (128 эл.) и мультиплексор. Корпус ФПУ оригинальный, герметичный. Вывод сигнала – многопроводный (4 × 16) кабель. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи радиатора, соединенного с космическим пространством.

Назначение фотоприемных устройств – использование в научном и экологическом оборудовании и приборах.

Основные параметры фотоприемных устройств приведены в табл. 2.4.49. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.59–2.4.61.

Таблица 2.4.49. Основные параметры ФПУ «Планета», «Спектр» и «Стяг-Ч» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра		
	ФПУ «Планета»	ФПУ «Спектр»	ФПУ «Стяг-Ч»
Область спектральной чувствительности, мкм	1,8–4,7	1–4,8	1–4,7
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,1 × 0,1	0,7 × 0,7	0,5 × 0,5

Таблица 2.4.49. (окончание)

Количество фоточувствительных элементов, шт.	128	1	64 (16 × 4)
Шаг, мм	0,12	–	0,7
Вольтовая чувствительность, В/Вт	–	–	$1 \cdot 10^5$
Коэффициент вариации вольтовой чувствительности работающих каналов	0,1–0,2	–	–
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$1 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$
Постоянная времени, мкс	50	50	50
Рабочее напряжение питания, В	15	10–15	
Сопротивление нагрузки, кОм, не менее	10		
Количество параллельных сигнальных каналов, шт.	16	–	–
Рабочая температура ф. ч. э., °К	240	293	240
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅58 × 70	∅8 × 11,5	∅58 × 60
№ рисунка	2-641	2-643	2-642

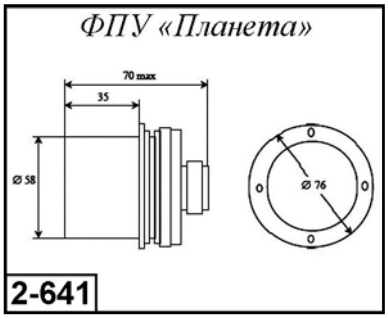


Рис. 2.4.59. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Планета»

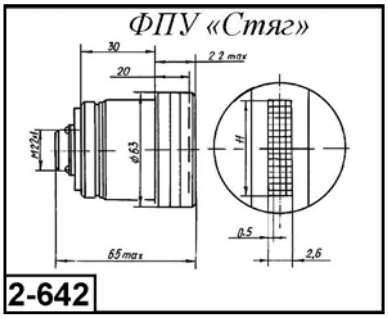


Рис. 2.4.61. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Стяг»

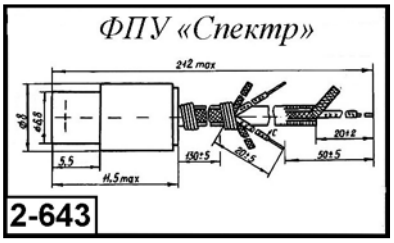


Рис. 2.4.60. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Спектр»

2.4.3.7. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР129Л, ФУР129Л-01, ФУР139Л, ФУР-142 [Δλ = 1–5 мкмф; $\lambda_{макс}$ = 3,7–4,1 мкм]

Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФУР129Л, ФУР129Л-01, ФУР139Л, ФУР-142 реализованы с использованием фоточувствительных элементов из селенида свинца и предназначены для регистрации излучения в диапазоне 1–5,0 мкм.

Многоканальное фотоприемное устройство ФУР129 выпускается двух вариантов в зависимости от топологии фоточувствительных площадок: ФУР129Л содержит две 32-элементных линейки с шахматным расположением ф. ч. э.; ФУР129Л-01 содержит одну 64-элементную линейку ф. ч. э. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи 2-каскадного ТЭО. В состав ФПУ входит малошумящий 64-канальный усилитель фотосигнала. ФПУ размещены в оригинальном, герметичном металлостеклянном корпусе.

Многоканальное фотоприемное устройство ФУР139Л представляет собой изделие, содержащее 2-рядную (128 × 2) фоторезисторную структуру и два 128-канальных мультиплексора. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи 2-каскадного ТЭО. ФПУ размещены в оригинальном, герметичном металлостеклянном корпусе. Количество выводов – 2.

Многоканальное фотоприемное устройство ФУР142 включает в себя 14-элементную фоточувствительную структуру и 14-канальное малошумящее устройство предварительного усиления, которые размещены в едином металлостеклянном корпусе ФПУ.

Назначение фотоприемных устройств: аппаратура для обнаружения лесных пожаров, при проведении поисковых и спасательных работ, для диагностики в медицине, при мониторинге в ИК-диапазоне, в системах охраны, поиска и слежения.

Основные параметры фотоприемных устройств приведены в табл. 2.4.50. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.62–2.4.64.

Таблица 2.4.50. Основные параметры фотоприемных устройств ФУР129Л, ФУР129Л-01, ФУР139Л, ФУР-142 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра			
	ФУР129Л	ФУР129Л-01	ФУР-142	ФУР139Л
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	3,0–5,0	3,0–5,0	3,0–5,0	1,5–5,0
Максимум спектральной характеристики, мкм	3,7–4,1	3,7–4,1	–	–
Размеры фоточувствительного элемента, мм	0,1 × 0,1	0,1 × 0,09	0,48 × 0,1	0,48 × 0,1
Количество фоточувствительных элементов, шт.	2 × 32	1 × 64	14	2 × 128
Длина линейки ф. ч. э. (подложки), мм	(8,8)	(8,8)	(8,8)	
Вольтовая чувствительность, В/Вт	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	–	$1 \cdot 10^7$
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$
Постоянная времени, мкс	25	25	–	0,03
Рабочее напряжение питания, $U_{\text{ФчЭ}}/U_{\text{ТЭО}}$, В	6/3	6/3		
Потребляемая мощность, Вт, не более	2,7	2,7	–	8
Рабочая температура ф. ч. э., °К	223	223	223	223
Диапазон рабочих температур, °С	65		65	
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	62 × 48 × 34	62 × 48 × 34	∅ 38 × 73,2	110 × 90 × 25
Масса, г, не более	180	180	200	–
№ рисунка	2-644		2-646	2-645

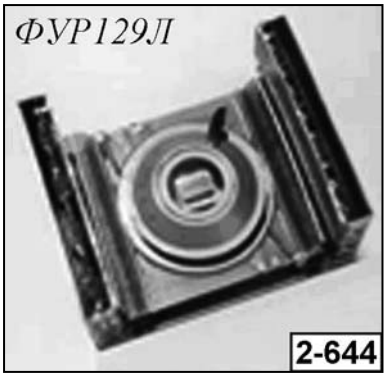


Рис. 2.4.62. Внешний вид ФПУ ФУР129Л и ФУР129Л-01



Рис. 2.4.63. Внешний вид ФПУ ФУР-139

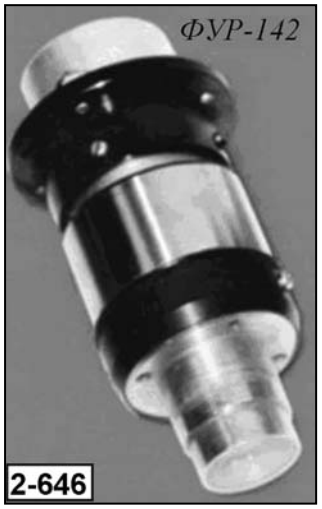


Рис. 2.4.64. Внешний вид ФПУ ФУР-142

2.4.3.8. Многоканальное охлаждаемое фотоприемное устройство ФУР138Л [Δλ = 0,5–3 мкм]

Многоканальное охлаждаемые фотоприемное устройство ФУР138Л реализовано с использованием фоточувствительных элементов из сернистого свинца и предназначено для регистрации излучения в диапазоне 0,5–3 мкм.

Фотоприемное устройство представляет собой изделие, содержащее двухрядную (128 × 2) фоторезисторную структуру и два 128-канальных мультиплексора. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи 2-каскадного термоэлектрического охладителя. ТЭО ФПУ размещены в оригинальном, герметичном металлостеклянном корпусе. Количество выводов – 2.

Область применения: тепловизионная и спектрометрическая аппаратура различного назначения, системы управления техпроцессами, охранные устройства и т. п.

Таблица 2.4.51. Основные параметры фотоприемного устройства ФУР138Л при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	0,5–3
Размер фоточувствительной площадки, мм	40 × 40
Число элементов, шт.	2 × 128
Длина линейки, мм	11,5
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	до 4·10^{11}
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	3·10^{8}
Доля работоспособных элементов, %, не менее	95
Период опроса линейки элементов, мс	1
Потребляемая мощность ТЭО, Вт	8
Габаритные размеры, мм	110 × 90 × 25
№ рисунка	2-647

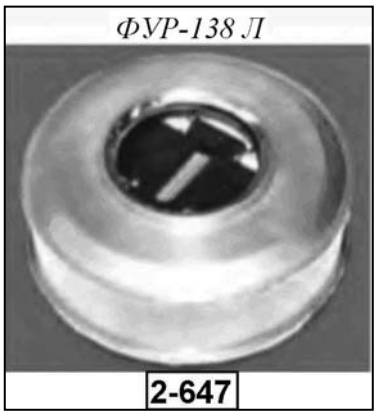


Рис. 2.4.65. Внешний вид ФПУ ФУР138Л

2.4.3.9. Многоканальное охлаждаемое фотоприемное устройство АПУ-РЛМ-411 [$\Delta\lambda$ = 3–5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,5 мкм]

Многоканальное фотоприемное устройство АПУ-РЛМ-411 реализовано с использованием ф. ч. э. из селенида свинца и предназначено для регистрации излучения в диапазоне 3–5,0 мкм.

Фотоприемное устройство АПУ-РЛМ-411 представляет собой изделие, содержащее линейную (128 эл.) фоторезисторную структуру и многоканальный блок усиления и обработки фотосигнала. Охлаждение ф. ч. э. осуществляется при помощи 4-каскадного термоэлектрического охладителя. ФПУ размещено в оригинальном металлическом корпусе.

Основные фотоэлектрические параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.52. Внешний вид – на рис. 2.4.66.

ФПУ предназначено для применения в носимых тепловизионных приборах для экологического, промышленного и технологического контроля.

Таблица 2.4.52. Основные параметры фотоприемного устройства АПУ-РЛМ-411 при температуре 20±5 ˚С

Наимевание параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	3–5
Длина волны максимума спектральной чувствительности, мкм	4,5±0,2
Размер фоточувствительного элемента, мкм	(25±5) × (35±5)
Количество линеек фоточувствительных элементов	1
Количество фоточувствительных элементов в линейке	128
Шаг линейки фоточувствительных элементов, мкм	35
Общая длина линейки фоточувствительных элементов, мм	4,47
Количество каналов	128
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D{\cdot}\lambda_{макс}$, $Вт^{-1}$ см $Гц^{0,5}$, не менее	$2{,}5{\cdot}10^{10}$
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В $Вт^{-1}$, не менее	$1{,}0{\cdot}10^{7}$
Разброс вольтовой чувствительности относительно среднего значения, %, не более	22
Рабочая полоса пропускания:	
–нижняя граница, Гц, не более	5
–верхняя граница, кГц, не менее	6
Напряжение питания фотоприемного устройства, В	12
Потребляемая мощность, Вт, не более	11
Время выхода на режим, мин., не более	1
Масса, г, не более	900
Габаритные размеры изделия, мм [№ рисунка]	260 × 130 × 178 [2-648]



Рис. 2.4.66. Внешний вид ФПУ АПУ-РЛМ-411

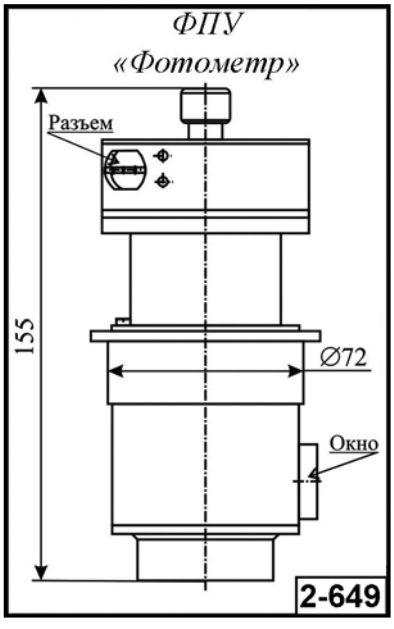
2.4.3.10. Охлаждаемое фотоприемное устройство «Фотометр» [Δλ= 2,2–5,5 мкм; $\lambda_{макс}$ = 4,6–5,4 мкм]

Охлаждаемое фотоприемное устройство «Фотометр» предназначено для применения в спектрофотометрической аппаратуре высокого разрешения, работающей в области спектра 3–5 мкм. ФПУ состоит из охлаждаемого фоторезистора на основе антимонида индия и усилителя фотосигнала, размещенных в едином защитном металлическом корпусе. Для охлаждения фоторезистора используется жидкий азот.

Основные фотоэлектрические параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.53. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.4.67. Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не допускается.

Таблица 2.4.53. Основные параметры фотоприемного устройства «Фотометр» при температуре 20±5 °С

Наимевание параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	2,2–5,5
Длина волны максимума спектральной чувствительности, мкм	4,6–5,4
Размер фоточувствительного элемента, мкм	0,4 × 0,4 или 0,1 × 0,4
Количество фоточувствительных элементов в линейке	1
Зазор между элементами, мм	0,006
Количество каналов	1
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D{\cdot}\lambda_{макс}$, $Вт^{-1}{\cdot}см{\cdot}Гц^{0,5}$, не менее:	
–для чувствительного элемента 0,4 × 0, 4 мм	$(1,5–5){\cdot}10^{10}$
–для чувствительного элемента 0,1 × 0, 4 мм	$(2–5){\cdot}10^{10}$
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее:	
для чувствительного элемента 0,4 × 0, 4 мм	$(1–3,5){\cdot}10^{5}$
для чувствительного элемента 0,1 × 0, 4 мм	$(0,6–2,2){\cdot}10^{6}$
Рабочая полоса пропускания:	5
–нижняя граница, Гц, не более	3,5
–верхняя граница, кГц, не менее	600
Напряжение питания фотоприемного устройства, В	12±10%
Ток потребления, мА, не более	15
Время выхода на режим, мин., не более	5
Время автономной работы, ч, не менее	2
Диапазон рабочих температур, °С	25±5
Габаритные размеры изделия, мм [№ рисунка]	∅ 70 × 155 [2-649]
Масса, г, не более	400



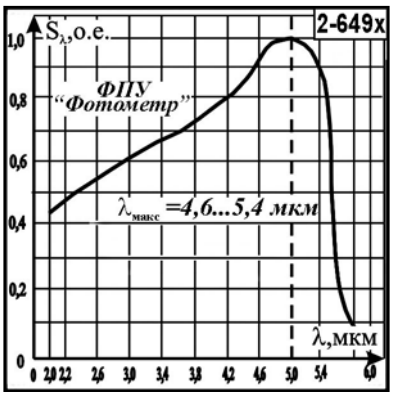


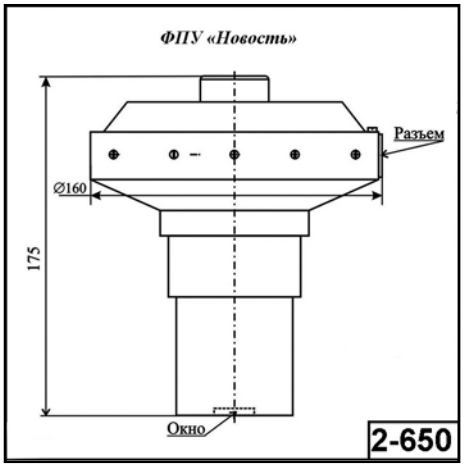
Рис. 2.4.67. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ «Фотометр»

2.4.3.11. Многоканальное охлаждаемое фотоприемное устройство «Новость» [$\Delta\lambda$ = 3,4–5,4 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,8–4,8 мкм]

Многоканальное охлаждаемое фотоприемное устройство «Новость» предназначено для применения в медицинском цветном тепловизоре, работающем в диапазоне 3,4–5,4 мкм.

Фотоприемное устройство состоит из 11-элементного охлаждаемого фотодиода на основе антимонида индия и 11-канального блока усилителей фотосигнала, размещенных в едином защитном металлическом корпусе. Для охлаждения фотодиода используется жидкий азот. Блок усилителей имеет встроенную регулировку чувствительности для выравнивания сигнала по каналам ФПУ.

Основные фотоэлектрические параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.54. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 2.4.68. Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не допускается.



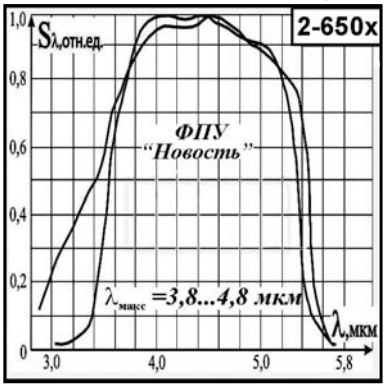


Рис. 2.4.68. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика ФПУ «Новость»

Таблица 2.4.54. Основные параметры фотоприемного устройства «Новость» при температуре 20±5 °С

Наимевание параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	3,4–5,4
Длина волны максимума спектральной чувствительности, мкм	3,8–4,8
Размер фоточувствительного элемента, мкм	0,15 × 0,15
Количество фоточувствительных элементов в линейке	11
Зазор между элементами, мм	0,006
Угол зрения, град, не менее	60
Количество каналов	11
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D{\cdot}\lambda_{макс}$, $Вт^{-1}{\cdot}см{\cdot}Гц^{0,5}$, не менее	$6{\cdot}10^{10}$
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$3{\cdot}10^{5}$
Разброс вольтовой чувствительности относительно среднего значения, %, не более	22
Рабочая полоса пропускания:	5
–нижняя граница, Гц, не более	3
–верхняя граница, кГц, не менее	35
Напряжение питания фотоприемного устройства, В	±15
Ток потребления, мА, не более	±15
Время выхода на режим, мин., не более	5
Время автономной работы, ч, не менее	3

Таблица 2.4.54. (окончание)

Наимевание параметра. Единица измерения	Норма параметра
Диапазон рабочих температур, °С	25±5
Габаритные размеры изделия, мм [№ рисунка]	∅ 155 × 150 [2-650]
Масса, кг, не более	1,0

2.4.3.12. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства ФПУ-30, ФПУ-31, ФПУ-32, ФПУ-34 [Δλ = 3–5 мкм]

Многоканальные фотоэлектрические МДП-фотоприемные устройства ФПУ-30, ФПУ-31, ФПУ-32 и ФПУ-34 предназначены для преобразования оптических сигналов в электрические и их последовательного считывания в составе оптико-электронной аппаратуры, работающей в диапазоне длин волн от 3 до 5 мкм.

Организация ФПУ. Фотоприемные устройства ФПУ-30, ФПУ-31, ФПУ-32 и ФПУ-34 представляют собой интегральную линейную структуру МДП-фотоприемников из антимонида индия, работающих на принципе инжекции заряда (ПЗИ), совмещенную с кремниевым МДП-коммутатором. Коммутатор имеет выходной истоковый повторитель. Фотоприемные устройства работают в двух режимах: режиме непрерывного накопления и режиме последовательного накопления. Структурные схемы приборов приведены на рис. 2.4.69 и 2.4.70.

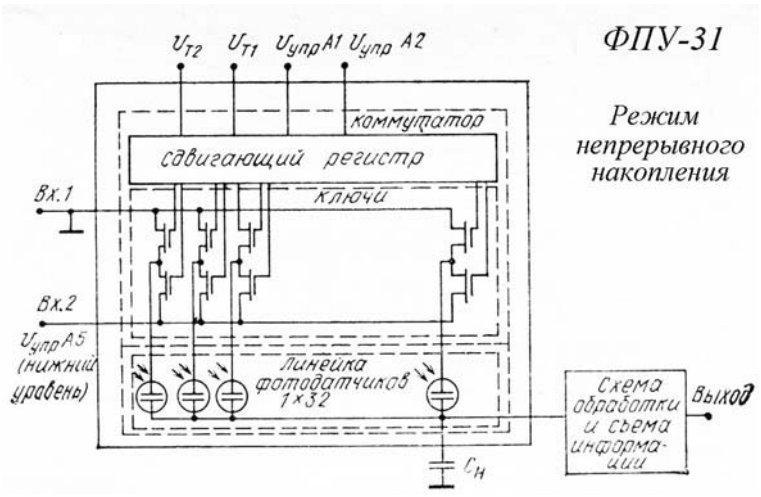


Рис. 2.4.69. Структурная схема ФПУ-31 в режиме непрерывного накопления

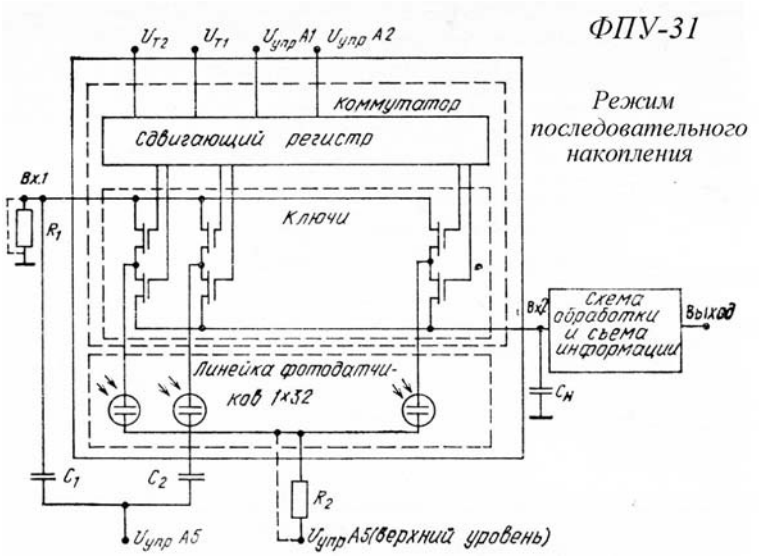


Рис. 2.4.70. Структурная схема ФПУ-31 в режиме последовательного накопления

Информационный сигнал обрабатывается специальным блоком обработки и выделения сигнала методом двойной коррелированной выработки. Блок обработки не входит в комплект ФПУ.

Фотоприемные устройства ФПУ-30, ФПУ-31, ФПУ-32 и ФПУ-34 различаются между собой конструкцией корпуса и количеством фоточувствительных элементов. Фотоприемпые устройства ФПУ-31, ФПУ-32 и ФПУ-34 выпускались в стеклянном корпусе-криостате. ФПУ снабжены охлаждаемым фильтром, формирующим спектральную характеристику приборов. Для присоединения прибора к внешним электрическим цепям он имеет разъем типа РС-32.

Охлаждение фоточувствительных элементов ФПУ-31, ФПУ-32 и ФПУ-34 осуществляется заливкой в полость корпуса-криостата жидкого азота (77 °К). Фотоприемпое устройство ФПУ-32 может охлаждаться с помощью микротеплообменника Джоуля–Томпсона.

Фотоприемное устройство ФПУ-30 выпускалось в стандартном 48-выводном металлостеклянном корпусе типа 421.48-3, имеющем лейкосапфировое входное окно. Фотоприемное устройство должно размещаться в специальном корпусе-криостате.

Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не допускается.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.55. Внешний вид и габаритные размеры приборов даны на рис. 2.4.71–2.4.73.

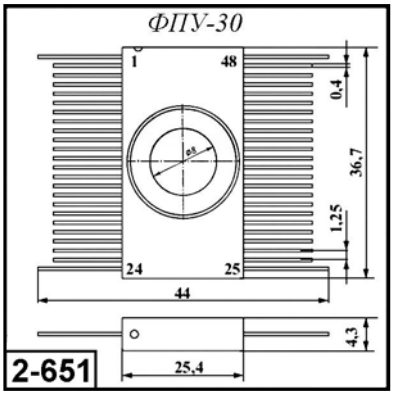
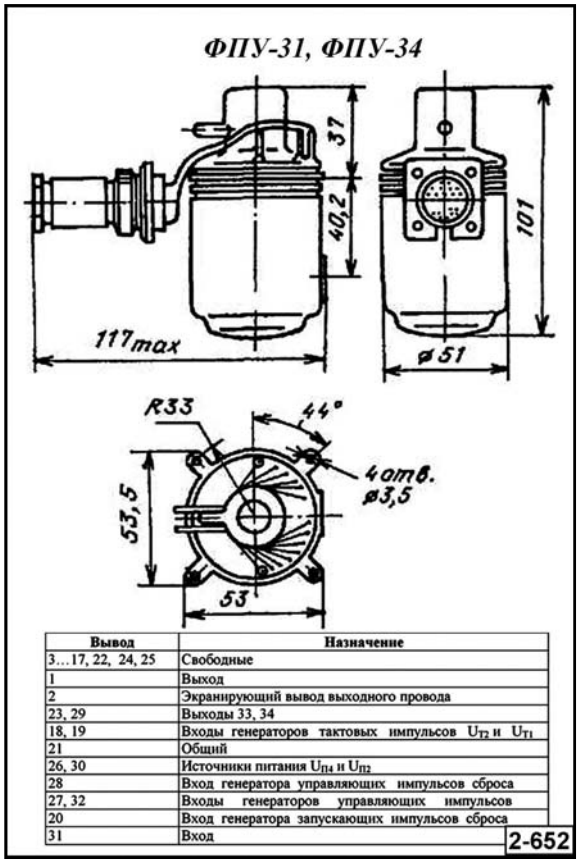
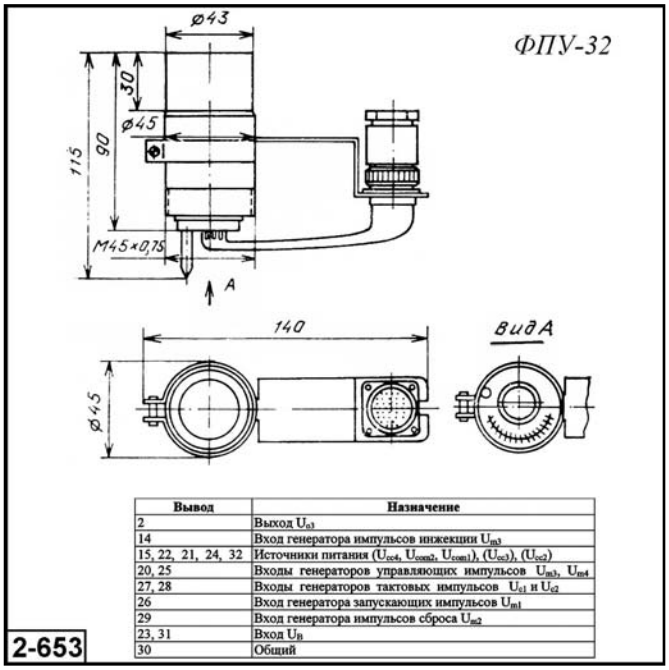


Рис. 2.4.71. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-30



Вывод	Назначение
3...17, 22, 24, 25	Свободные
1	Выход
2	Экранирующий вывод выходного провода
23, 29	Выходы 33, 34
18, 19	Входы генераторов тактовых импульсов $U_{т2}$ и $U_{т1}$
21	Общий
26, 30	Источники питания $U_{п4}$ и $U_{п2}$
28	Вход генератора управляющих импульсов сброса
27, 32	Входы генераторов управляющих импульсов
20	Вход генератора запускающих импульсов сброса
31	Вход

Рис. 2.4.72. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-31 и ФПУ-34



Вывод	Назначение
2	Выход $U_{п3}$
14	Вход генератора импульсов инжекции $U_{т3}$
15, 22, 21, 24, 32	Источники питания ($U_{п4}$, $U_{пом2}$, $U_{пом1}$), ($U_{п3}$), ($U_{п2}$)
20, 25	Входы генераторов управляющих импульсов $U_{т3}$, $U_{т4}$
27, 28	Входы генераторов тактовых импульсов $U_{т1}$ и $U_{т2}$
26	Вход генератора запускающих импульсов $U_{т1}$
29	Вход генератора импульсов сброса $U_{т2}$
23, 31	Вход $U_{в}$
30	Общий

Рис. 2.4.73. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-32

Таблица 2.4.55. Основные параметры ФПУ-30, ФПУ-31, ФПУ-32 и ФПУ-34 при температуре 20±5 °С

Наимевание параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра			
	ФПУ-30	ФПУ-31	ФПУ-32	ФПУ-34
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	3–5			
Количество фоточувствительных элементов	64	32	64	64
Угол зрения, град, не менее	40			
Коэффициент фотоэлектрической связи, %, не более	10			
Рабочая температура фоточувствительного элемента, °К	78			
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$1 \cdot 10^6$–$1 \cdot 10^7$			
Пороговый поток, Вт, не более	$5 \cdot 10^{-12}$			
Напряжение питания фотоприемного устройства, В	–12; –(13,5–16,5); –(3–11)			
Диапазон рабочих температур, °С	25±5			
Габаритные размеры, мм, не более	36 × 24 × 4,2	53 × 101 × 117	43 × 115 × 140	53 × 101 × 117
№ рисунка	2-651	2-652	2-653	2-652

2.4.3.13. Матричные многоканальные фотоприемные устройства ФУК9М и ФУК11М [Δλ = 3–5 мкм]

Матричные многоканальные фотоприемные устройства ФУК9М и ФУК11М предназначены для регистрации излучения в спектральном диапазоне 3–5 мкм.

ФПУ состоят из охлаждаемых матричных фоточувствительных структур на основе антимонида индия и многоканального блока усиления и обработки фотосигнала, размещенных в едином защитном металлическом корпусе.

Охлаждение фоточувствительного элемента ФПУ ФУК9М до рабочей температуры 80 °К осуществляется дроссельным микротеплообменником, охлаждение ф. ч. э. ФПУ ФУК11М до рабочей температуры 80 °К происходит при помощи микрокриогенной системы (МКС) на газовой криогенной машине типа интегральный Стирлинг.

Матричные фотоприемные устройства на основе антимонида индия ФУК9М и ФУК11М предназначены для использования в высокочувствительных тепловизорах смотрящего типа с повышенным разрешением для медицины, геологоразведки, метеорологического и экологического мониторинга, сельского хозяйства. Матричные ФПУ не требуют оптико-механических сканирующих устройств, поэтому тепловизионную технику на их основе отличают малые габариты и энергопотребление.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.56.

Таблица 2.4.56. Основные параметры фотоприемных устройств ФУК9М и ФУК11М при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра	
	ФУК9М	ФУК11М
Формат	128 × 128	256 × 256
Шаг матрицы, мкм	35	35
Область спектральной чувствительности, мкм	3–5	3–5
Удельная обнаружительная способность, $D \cdot \lambda_{макс}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$1{,}3 \cdot 10^{11}$	$1{,}3 \cdot 10^{11}$
Частота кадров, Гц	1000	800
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$

Таблица 2.4.56. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра	
	ФУК9М	ФУК11М
Время накопления, мс	0–2	0–2
Режим работы	Режим накопления	Режим фотографии; кадровый
Количество выходов	4	4 или 8
Максимальная тактовая частота, МГц		8
Динамический диапазон выходных сигналов, дБ, не менее	60	60
Масса, г, не более	700	600
Охлаждение	Дроссельный микротеплообменник	МКС интегральный Стирлинг

2.4.3.14. Охлаждаемое фотоприемное устройство «Зима» [$\Delta\lambda$ = 8–12 мкм]

Охлаждаемое фотоприемное устройство «Зима» предназначено для регистрации излучения в спектральном диапазоне 8–12 мкм.

ФПУ состоит из охлаждаемого фоторезистора на основе соединения кадмий–ртуть–теллур и малошумящего широкополосного усилителя фотосигнала, размещенных в едином защитном металлическом корпусе.

Фоточувствительный элемент прибора размещен внутри сосуда Дьюара с входным окном из просветленного германия. В сосуде имеется полость для размещения дроссельного микротеплообменника (МТО). Охлаждение ф. ч. э. до 80 °К осуществляется путем подачи в МТО газообразного азота по трубопроводу через входной штуцер прибора.

Включение приборов в электрическую цепь без охлаждения не допускается.

Основные фотоэлектрические параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.57. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.4.74.

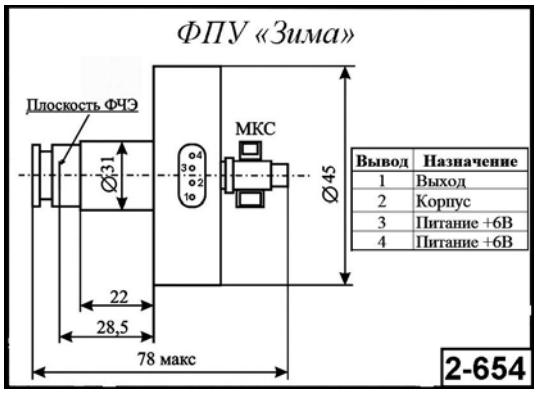


Рис. 2.4.74. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ «Зима»

Таблица 2.4.57. Основные параметры фотоприемного устройства «Зима» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Область спектральной чувствительности, мкм	8–12
Максимум спектральной характеристики, мкм	9–13
Угол обзора, град	60
Размеры фоточувствительного элемента, мкм	300 × 300
Количество фоточувствительных элементов, шт.	1
Количество каналов ФПУ	1
Удельная обнаружительная способность, D^*, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$8 \cdot 10^9$
Рабочая полоса пропускания электронного тракта:	
–нижняя граница, Гц, не более 8	4
–верхняя граница (по уровню 0,5), кГц	900

Таблица 2.4.57. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Выходное сопротивление каналов, Ом, не более	1500
Напряжение питания ФПУ, В	6±10%
Ток потребления электронного тракта, А, не более	0,03
Температура криостатирования, °К	80
Время выхода на режим, мин., не более	5
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 45 × 78
Масса, кг, не более	0,3
№ рисунка	2-654

2.4.3.15. Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства АПУ-РЛ-406 и АПУ-РЛ-412 [Δλ = 8–12 мкм]

Многоканальные охлаждаемые фотоприемные устройства АПУ-РЛ-406 и АПУ-РЛ-412 преобразуют ИК-излучение в области спектра 8–12 мкм в электрические сигналы и осуществляют их предварительное усиление.

ФПУ состоят из охлаждаемых многоэлементных фоторезисторов на основе соединения кадмий–ртуть–теллур и многоканального блока усиления и обработки фотосигнала, размещенных в едином защитном металлическом корпусе.

Охлаждение фоточувствительных элементов ФПУ осуществляется при помощи микрокриогенной системы (МКС) типа Сплит-Стирлинг.

Основные фотоэлектрические параметры АПУ-РЛ-406 и АПУ-РЛ-412 приведены в табл. 2.4.58. Внешний вид и габаритные размеры фотоприемных устройств указаны на рис. 2.4.75 и 2.4.76.

Данные микрокриогенных систем помещены далее.

Таблица 2.4.58. Основные фотоэлектрические параметры фотоприемных устройств АПУ-РЛ-406, АПУ-РЛ-412 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра	
	АПУ-РЛ-406	АПУ-РЛ-412
Область спектральной чувствительности, мкм	8–12	8–12
Максимум спектральной характеристики, мкм	10–11	10–11,5
Размеры фоточувствительного элемента, мкм	35 × 35	(30±5) × (30±5)
Количество фоточувствительных элементов, шт.	16	32 × 2
Расположение ф. ч. э.	линейка	2 линейки
Шаг, мкм	50	–
Количество линеек	1	2
Количество элементов в каждой линейке	16	32
Шаг линеек, мкм		100±10
Расположение ф. ч. э. в линейке	шахматное	шахматное
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$1 \cdot 10^8$	$1{,}5 \cdot 10^7$
Разброс вольтовой чувствительности относительно среднего значения, %, не более	–	10
Коэффициент фотоэлектрической связи каналов для расположенных рядом, %, не более	5	3

Таблица 2.4.58. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра	
	АПУ-РЛ-406	**АПУ-РЛ-412**
Количество каналов ФПУ	16	64
Удельная обнаружительная способность, $D{\cdot}\lambda_{макс}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$4{\cdot}10^{10}$	$4{\cdot}10^{10}$
Рабочая полоса пропускания электронного тракта:		
–нижняя граница, Гц, не более 8	8	25
–верхняя граница (по уровню 0,5), кГц	250	150
Выходное сопротивление каналов, Ом, не более	200	200
Напряжение питания ФПУ, В	15±0,5	15±0,5
Ток потребления электронного тракта, А, не более	0,5	0,5
Тип микрокриогенной системы (МКС) охлаждения ф. ч. э.	АМС-491	АМС-490
Напряжение питания МКС, В	22–29	22–29
Потребляемая мощность МКС:		–
–в пусковом режиме, Вт, не более	40	50
–в рабочем режиме, Вт, не более	30	35
Температура криостатирования, °К	80	80
Время выхода на режим, мин., не более	5	5
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	255 × 175 × 95	360 × 255 × 150
Масса, кг, не более	1,5	4
№ рисунка	2-655	2-656

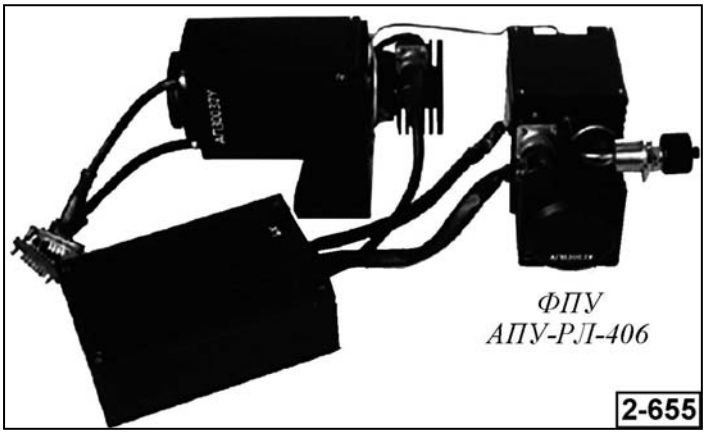


Рис. 2.4.75. Внешний вид ФПУ АПУ-РЛ-406



Рис. 2.4.76. Внешний вид ФПУ АПУ-РЛ-412

2.4.3.15.1. Система микрокриогенная АМС-490

Микрокриогенная система АМС-490 предназначена для криостатирования фоточувствительных элементов фотоприемных устройств на температурном уровне 80±3 °К при эксплуатации в составе оптико-электронной аппаратуры и приборов.

Система АМС-490 работает по обратному замкнутому регенеративному циклу Стирлинга в исполнении Сплит-Стирлинг с постоянным количеством хладагента. В состав системы входит машина газовая криогенная, содержащая холодную головку (микротеплообменник) с датчиком температуры и компрессор, соединенные трубопроводом, а также блок питания и управления и соединительный кабель.

Охлаждение системы комбинированное: естественная конвекция и теплопроводность конструкции с обеспечением отвода тепла в окружающую среду. Основные параметры МКС АМС-490 приведены в табл. 2.4.59. Внешний МКС вид дан на рис. 2.4.77.

Таблица 2.4.59. Основные параметры МКС типа АМС-490

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Температура криостатирования в установившемся режиме, К	80±3
Время выхода на рабочий режим при теплопритоке не более 0,5 Вт и охлаждаемой массе не более 5 г в медном эквиваленте (режим соответствует достижению температуры криостатирования 130±10 °К), мин., не более	5
Время выхода на установившийся режим при теплопритоке не более 0,5 Вт и охлаждаемой массе не более 5 г в медном эквиваленте (режим соответствует достижению температуры криостатирования 80±3 °К и стабилизации параметров ф. ч. э.), мин., не более	10
Хладопроизводительность при температуре криостатирования 80±3 °К, Вт, не менее	0,5
Потребляемая мощность от источника постоянного тока напряжением 27^{+2}–5 В, Вт: ***уточнить цифры!***	
–в период выхода на установившийся режим, не более	50
–в установившемся режиме, не более	35
Электропитание системы осуществляется от сети постоянного тока с напряжением, В	27^{+2}_{-5}
Назначенный ресурс, ч, не менее	2500
Масса системы, кг, не более	3
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50
№ рисунка	2-657

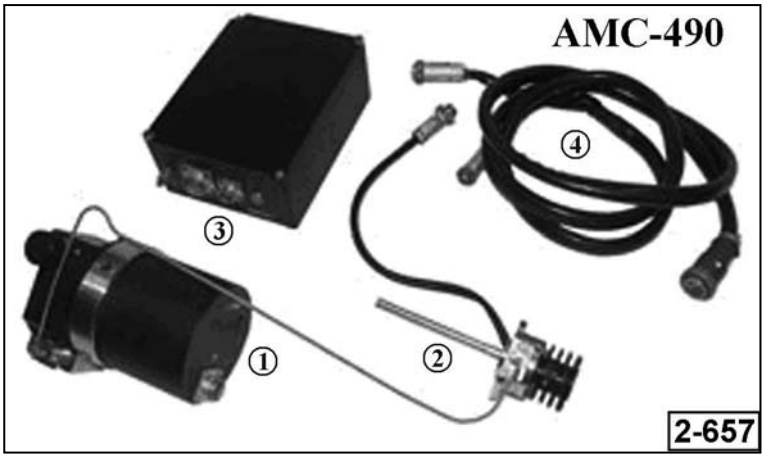


Рис. 2.4.77. Внешний вид микрокриогенной системы АМС-90:
1 – компрессор, 2 – микротеплообменник, 3 – блок питания и управления,
4 – соединительный кабель

2.4.3.15.2. Система микрокриогенная АМС-491

Микрокриогенная система АМС-491 предназначена для криостатирования фоточувствительных элементов фотоприемных устройств на температурном уровне 80±2 °К при эксплуатации в составе оптико-электронной аппаратуры и приборов.

Система АМС-490 работает по обратному замкнутому регенеративному циклу Стирлинга в исполнении Сплит-Стирлинг с постоянным количеством хладагента. В состав системы входит машина газовая криогенная, содержащая холодную головку (микротеплообменник) с датчиком температуры и компрессор, соединенные трубопроводом, а также блок питания и управления и соединительный кабель.

Охлаждение системы комбинированное: естественная конвекция и теплопроводность конструкции с обеспечением отвода тепла в окружающую среду.

Основные параметры МКС АМС-491 приведены в табл. 2.4.60. Внешний вид МКС дан на рис. 2.4.78.

Таблица 2.4.60. Основные параметры МКС типа АМС-491

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Температура криостатирования в установившемся режиме, °К	80±2
Время выхода на рабочий режим при теплопритоке не более 0,3 Вт и охлаждаемой массе не более 1,5 г в медном эквиваленте (режим соответствует достижению температуры криостатирования 130±10 °К), мин., не более	5
Время выхода на установившийся режим при теплопритоке не более 0,3 Вт и охлаждаемой массе не более 1,5 г в медном эквиваленте (режим соответствует достижению температуры криостатирования 80±2 °К и стабилизации параметров ф. ч. э.), мин., не более	10
Хладопроизводительность при температуре криостатирования 80±2 °К, Вт, не менее	0,4
Потребляемая мощность от источника постоянного тока напряжением (27^{+2}–5) В, Вт: ***уточнить цифры!***	
–в период выхода на установившийся режим, не более	40
–в установившемся режиме, не более	35
Электропитание системы осуществляется от сети постоянного тока с напряжением, В	27^{+2}_{-5}
Назначенный ресурс, ч, не менее	2500
Масса системы, кг, не более	1,5
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+50
№ рисунка	2-658

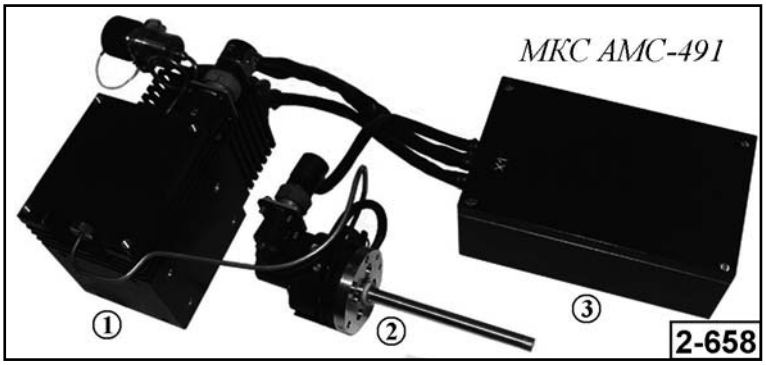


Рис. 2.4.78. Внешний вид микрокриогенной системы АМС-91:
1 – компрессор, 2 – микротеплообменник, 3 – блок питания и управления

2.4.3.16. Матричные фотоприемные устройства ФОТМ-128×128, ФОТМ-384×288, ФОТМ-768×576 [$\Delta\lambda$ = 8–14мкм]

Матричные фотоприемные устройства предназначены для регистрации излучения в спектральном диапазоне 8–14 мкм.

ФПУ состоят из охлаждаемых матричных фоточувствительных структур на основе соединения кадмий–ртуть–теллур и многоканального блока усиления и обработки фотосигнала, размещенных в едином защитном металлическом корпусе. Охлаждение фоточувствительных элементов ФПУ до рабочей температуры 80 °К осуществляется микрокриогенной системой на газовой криогенной машине типа интегральный Стирлинг.

ФПУ предназначены для использования в высокочувствительных тепловизорах смотрящего типа.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.61. Внешний вид фоточувствительных элементов и ФПУ дан на рис. 4.4.79–2.4.81.

Таблица 2.4.61. Основные параметры ФПУ ФОТМ-128×128, ФОТМ-384×288, ФОТМ-768×576

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра		
	ФОТМ-1280×128	ФОТМ-384×384	ФОТМ-768×576
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	8–10,5	8–10,5	7,5–11
Максимум спектральной характеристики, мкм	9–10	9–10	
Угол обзора, град	–	–	40
Размеры фоточувствительного элемента, мкм	35 × 35	35 × 35	25 × 25
Количество фоточувствительных элементов, шт.	16 384	147 456	442 368
Расположение ф. ч. э.	матрица	матрица	матрица
Шаг, мкм	35	35	30
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	–	–	30
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D{\cdot}\lambda_{макс}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$4{\cdot}10^{10}$	$4{\cdot}10^{10}$	$\Phi_п > 3{\cdot}10^{-6}$ Вт·см$^{-2}$
Рабочая полоса пропускания: верхняя граница (по уровню 0,5)	77 кГц (такт.)	77 кГц (такт.)	4 МГц



Рис. 2.4.80. Внешний вид фоточувствительного элемента ФПУ ФОТМ-128×128



Рис. 2.4.79. Внешний вид фоточувствительного элемента ФПУ ФОТМ-384×288



Рис. 2.4.81. Внешний вид ФПУ ФОТМ-128×128, ФОТМ-384×288, ФОТМ-768×576

2.4.3.17. Многоэлементные фотоприемные устройства ФУК2М, ФУК4М, ФУК5М, ФУК10М [$\Delta\lambda$ = 8–14 мкм]

Многоэлементные фотоприемные устройства ФУК2М, ФУК4М, ФУК5М, ФУК10М предназначены для регистрации излучения в спектральном диапазоне 8–14 мкм.

ФПУ состоят из охлаждаемых многоэлементных фоточувствительных структур на основе соединения кадмий–ртуть–теллур и многоканального блока усиления и обработки фотосигнала, размещенных в едином защитном металлическом корпусе.

Охлаждение фоточувствительных элементов ФПУ до рабочей температуры 80 °К осуществляется микрокриогенной системой на газовой криогенной машине типа интегральный Стирлинг.

Фотоприемные устройства предназначены для комплектации сканирующих тепловизионных систем, используемых в различных отраслях промышленности для нужд геологии, медицины, пожарной охраны, экологического контроля и контроля утечек тепла.

Основные параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.62. Внешний вид фоточувствительных элементов и ФПУ дан на рис. 2.4.82.

Таблица 2.4.62. Основные параметры ФПУ ФУК2М, ФУК4М, ФУК5М, ФУК10М при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора /Норма параметра			
	ФУК-2М	ФУК-4М	ФУК-5М	ФУК-10М
Область спектральной чувствительности, мкм	8–10,5	8–10,5	7,5–11	7,5–11
Максимум спектральной характеристики, мкм	9–10	9–10	–	9–10
Угол обзора, град	40	40	–	–
Размеры фоточувствительного элемента, мкм	35 × 35	35 × 35	30 × 30	35 × 35
Количество фоточувствительных элементов, шт.	2 × 96	2 × 256	4 × 288	256 × 256
Расположение ф. ч. э.	линейка	линейка	линейка	матрица
Шаг, мкм	–	–	–	30
Количество линеек	2	2	4	–
Количество элементов в каждой линейке	96	256	288	–
Время накопления, мкс				2
Динамический диапазон, дБ	60	60	60	60
Вольтовая чувствительность в максимуме спектральной характеристики, В/Вт, не менее	$2\cdot10^7$	$2\cdot10^7$	$4\cdot10^7$	$1\cdot10^7$
Коэффициент фотоэлектрической связи каналов для расположенных рядом, %, не более	5	5	–	–
Удельная обнаружительная способность в максимуме спектральной характеристики, $D^*_{макс}$, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$(5–6)\cdot10^{10}$	$(4–5)\cdot10^{10}$	$1\cdot10^{11}$	$4\cdot10^{10}$
Рабочая полоса пропускания: верхняя граница (по уровню 0,5)	7,5 МГц	7,5 МГц	4 МГц	4 МГц (такт.)
Масса, г	–	–	–	600

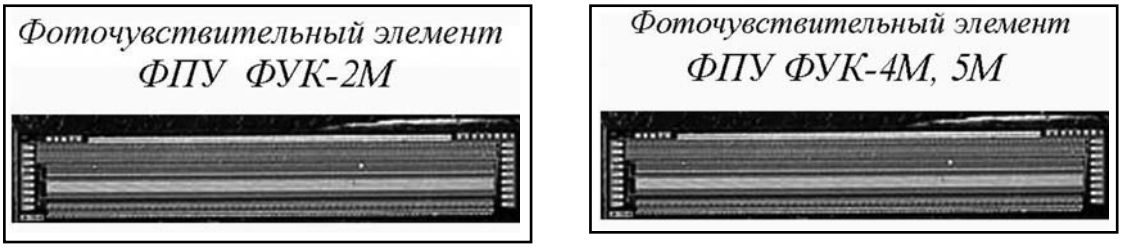


Рис. 2.4.82. Внешний вид фоточувствительного элемента ФПУ ФУК2М, ФУК4М, ФУК5М

2.4.3.18. Фотоэлектронные модули ФЭМ2М, ФЭМ6М, ФЭМ10М [$\Delta\lambda$ = 8–14 мкм]

Фотоэлектронные модули ФЭМ2М, ФЭМ6М, ФЭМ10М предназначенны для формирования видеосигнала в диапазоне спектра 7,5–11 мкм.

В состав фотоэлектронного модуля входят: многоэлементная охлаждаемая фотодиодная структура на соединении кадмий–ртуть–теллур, охлаждаемый мультиплексор, микрокриогенная система на газовой криогенной машине типа интегральный Стирлинг и электронный блок сопряжения. Рабочая температура ф. ч. э. – 80 °К.

Фотоэлектронный модуль обеспечивает детектирование ИК-излучения, режим временной задержки и накопления сигнала, усиление и мультиплексирование сигнала. Использование режима временной задержки и накопления сигналов существенно повышает температурную чувствительность и пространственное разрешение контрольно-измерительной аппаратуры.

Модуль предназначен для комплектации сканирующих тепловизионных систем, используемых в различных отраслях промышленности для нужд геологии, медицины, пожарной охраны, экологического контроля и контроля утечек тепла.

Основные параметры фотоэлектронных модулей ФЭМ2М, ФЭМ6М, ФЭМ10М приведены в табл. 2.4.63.

Таблица 2.4.63. Основные параметры фотоэлектронных модулей ФЭМ2М, ФЭМ6М, ФЭМ10М при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра		
	ФЭМ2М	ФЭМ6М	ФЭМ10М
Формат	384 × 288	256 × 256	4 × 288
Шаг матрицы, мкм	28	30	28 – поперек; 42 – вдоль линии сканирования
Область спектральной чувствительности, мкм	7,5–11	7,5–11	7,5–11
Удельная обнаружительная способность, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	$4\cdot10^{10}$	–	$1\cdot10^{11}$
Частота кадров, Гц	50	50	50
Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	$1\cdot10^{7}$	–	$4\cdot10^{7}$
Время накопления, мкс	0–64	0–64	0–25
Тип выходного сигнала		по ГОСТ 7845–92	
Количество выходов	2	–	8
Максимальная тактовая частота, МГц	4	–	8
Динамический диапазон выходных сигналов, дБ, не менее	60	60	60
Температура криостатирования ф. ч. э., °К	80	80	80
Система охлаждения фоточувствительного элемента	МКС типа Сплит–Стирлинг		
Масса, г, не более	3500	1200	1300

2.4.3.19. Формирователь видеосигнала ФПЗС-200М [$\Delta\lambda$ = 1–5,5 мкм]

ФПЗС-200М представляет собой монолитный прибор с зарядовой связью, предназначенный для формирования видеосигнала в диапазоне спектра 1–5,1 мкм.

Фоточувствительная секция прибора выполнена на основе диодов с барьером Шотки из силицида платины.

Считывание информации с фоточувствительного массива осуществляется с помощью вертикальных и горизонтального ПЗС-регистров. Регистры обоих типов имеют 4-фазную организацию и выполнены по технологии ПЗС со скрытым каналом. Выходной узел выполнен на основе усилителя с плавающей диффузией.

ФПЗС-200М при использовании в аппаратуре, как правило, встраивается в корпус, состыкованный с микрокриогенной системой, обеспечивающей охлаждение фоточувствительной структуры до температуры порядка 80 °К.

Основные параметры ФПЗС-200М приведены в табл. 2.4.64. Внешний вид ФПЗС-200М приведен на рис. 2.4.83. Относительная спектральная характеристика – на рис. 2.4.84.



Рис. 2.4.83. Внешний вид ФПЗС-200М

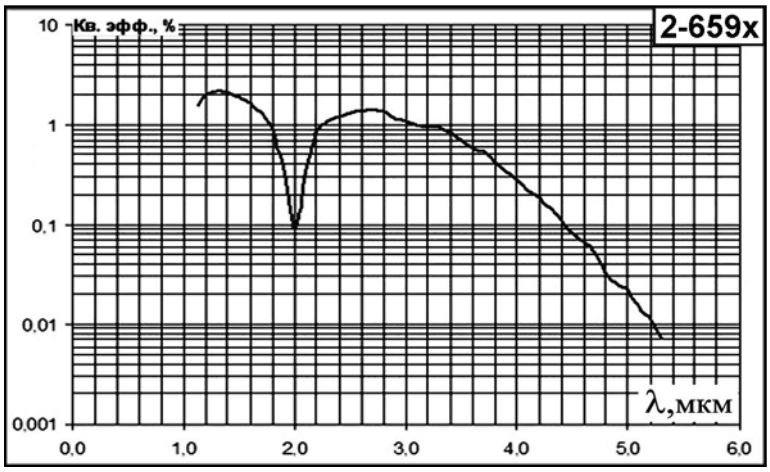


Рис. 2.4.84. Относительная спектральная характеристика ФПЗС-200М

Таблица 2.4.64. Основные параметры ФПЗС-200М при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Рабочий спектральный диапазон, мкм	1–5,5
Размер фоточувствительного элемента, мкм	50 (гор.) × 33 (верт.)
Количество фоточувствительных элементов	256 (гор.) × 290 (верт.)
Размер фоточувствительного поля, мм	12,8 (гор.) × 9,57 (верт.)
Коэффициент заполнения, %	43–45%
Порог чувствительности, Вт/элемент	$3 \cdot 10^{-13}$
Чувствительность выходного узла, мкВ/электрон	5
Сигнал насыщения, электронов	$7 \cdot 10^{5}$
Динамический диапазон, дБ	60
Число выходов видеосигнала	1
Максимальная частота считывания, МГц	5
Рабочая температура ф. ч. э., К	80
№ рисунка	2-659

2.4.3.20. Базовый фотоприемный модуль МФПУ ОМ1

Базовый инфракрасный оптико-электронный модуль МФПУ ОМ1 предназначен для работы в диапазоне 3–5 мкм. В качестве приемника излучения в модуле используется матричный ИК ПЗС типа ФППЗ БШ-22М. Организация матрицы ФППЗ БШ – с межстрочным переносом. Вывод информации построчный.

Таблица 2.4.65. (окончание)

ФППЗ БШ-22М устанавливается на хладопроводе гильзы, расположенного в вакуумированной полости корпуса криостата (КК), апертурной охлаждаемой диафрагмы, охлаждаемого оптического фильтра. КК имеет фланец, обеспечивающий стыковку хладопровода гильзы с узлом охлаждения (МКТ) газовой криогенной машины типа МСМГ-5А-1,3/80.

В состав инфракрасного оптико-электронного модуля (ИК ОЭМ) входит вакуумированное криостатирующее устройство (КУ). ИК ПЗС типа ФППЗ БШ-22М, устанавливается внутри КУ на гильзе хладопровода.

КУ снабжено входным окном и установленным внутри КУ типовым охлаждаемым полосовым фильтром диапазона 3–5 мкм (возможна установка других полосовых фильтров в пределах диапазона чувствительности матрицы 1,2–5,5 мкм). Для длительного сохранения вакуума в течение всего срока службы в КУ встроен геттерный насос, обеспечивающий восстановление вакуума при проведении профилактики. Задний фланец КУ стыкуется с фланцем охладителя микрокриогенной системы (МКС) Стирлинга типа МСМГ-5А-1,3/80. Конструкция этого узла позволяет заменять МКС или КУ без развакуумирования.

Основные параметры модуля МФПУ ОМ1 приведены в табл. 2.4.65. Габаритные размеры и внешний вид модуля МФПУ ОМ1 приведены на рис. 2.4.85.

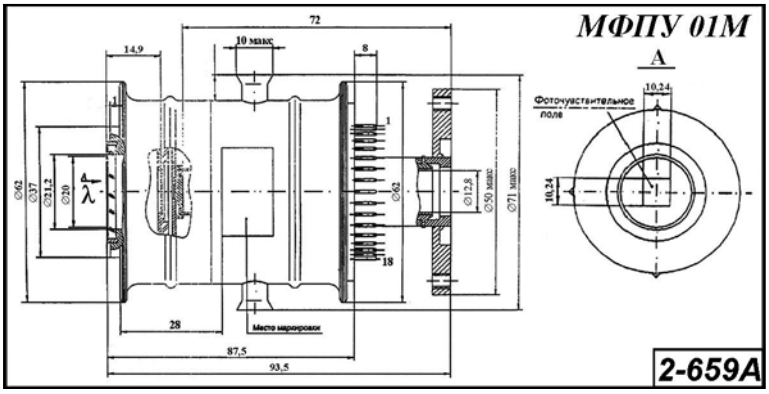


Рис. 2.4.85. Внешний вид и габаритные размеры модуля МФПУ ОМ1

Таблица 2.4.65. Основные параметры модуля МФПУ ОМ1 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Норма параметра
Рабочий спектральный диапазон, мкм	3,2...5,0 (без фильтра) 1,2...5,5 (с фильтром)
Размер фоточувствительного элемента, мкм	18(гор.) × 30(верт.)
Количество фоточувствительных элементов	256(гор.) × 256(верт.)
Шаг элементов матрицы (ГхВ), мкм	40 × 40
Интегральная чувствительность в области спектральной чувствительности 3,0 - 5, мкм, В/Вт, не менее	$1{,}5 \cdot 10^{9}$
Пороговая экспозиция на элемент в области спектральной чувствительности 3,0 - 5,0 мкм при уровне фона не более 3 • 10-6 Вт/см2, Вт/элем, не более	$1 \cdot 10^{-12}$
Среднеквадратичная неравномерность сигнала на соседних элементах, %, не более	5
Среднеквадратичная неравномерность сигнала по полю матрицы, %, не более	5
Коэффициент фотоэлектрической взаимосвязи соседних элементов, %, не более	3
Время считывания всего массива (в режиме чересстрочной развертки), мс, не более	40
Динамический диапазон, дБ, не менее	50
Рабочая температура ф.ч.э., К	79
Охлаждаемая масса, г	8
Тепловыделение при тактовой частоте 5 МГц, мВт	130
Габаритные размеры, мм	∅71 × 93,5
№ рисунка	2-659А

2.4.3.20.1. Система микрокриогенная МСМГ-5А-1,3/80

Микрокриогенная система на базе газовой криогенной машины Сплит-Стирлинга с линейным приводом МСМГ-5А-1,3/80 предназначена для криостатирования фоточувствительных элементов фотоприемных устройств на температурном уровне 80 °К при эксплуатации в составе оптико-электронной аппаратуры и приборов. Система МСМГ-5А-1,3/80 работает по обратному замкнутому регенеративному циклу Стирлинга с постоянным количеством хладоагента.

Микрокриогенная система (МКС) состоит из блока управления (БУ) и газовой криогенной машины (ГКМ), имеющей компрессор с двумя оппозитными поршнями и вынесенный охладитель (МКТ). В комплект поставки входит демпфирующее устройство и датчик температуры.

Охлаждение системы комбинированное: естественная конвекция и теплопроводность конструкции с обеспечением отвода тепла в окружающую среду. Основные параметры МКС МСМГ-5А-1,3/80 приведены в таблице 2.4.66. Внешний МКС вид приведен на рис. 2.4.86.

Таблица 2.4.66. Основные параметры МКС типа МСМГ-5А-1,3/80

Наименование параметра. Единица измерения.	Норма параметра
Температура криостатирования в установившемся режиме, °К	80 ± 3*
Время выхода на рабочий режим при теплопритоке не более 1,3 Вт и охлаждаемой массе не более 10 г в медном эквиваленте, (режим соответствует достижению температуры криостатирования (80 ± 3) °К), мин., не более	7
Хладопроизводительность при температуре криостатирования (80 ± 3)К, Вт, не менее	0,8...2*
Потребляемая мощность от источника постоянного тока напряжением (27^{+2}_{-5}) В, Вт:	
–в период выхода на установившийся режим, не более	70
–в установившемся режиме, не более	120
Электропитание системы осуществляется от сети постоянного тока с напряжением, В	27^{+2}_{-5}
Назначенный ресурс, часов, не менее	10000
Масса системы, кг, не более	3,7
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50
№ рисунка	2-659Б

Примечание. * – Температура криостатирования может перестраиваться по желанию потребителя в диапазоне 60...100 °К

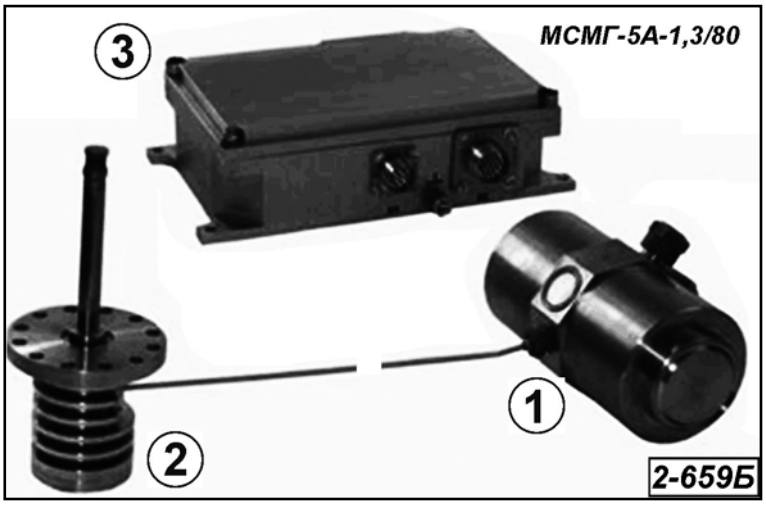


Рис. 2.4.86. Внешний вид микрокриогенной системы МСМГ-5А-1,3/80: 1– компрессор с линейным приводом, 2 – охладитель (МКТ), 3 – блок питания и управления

2.4.3.21. Двухканальное фотоприемное устройство ДР-93 [$\Delta\lambda$ = 0,5–1 мкм; $\lambda_{макс}$ = 0,9 мкм] и [$\Delta\lambda$ = 1,6–4,2 мкм; $\lambda_{макс}$ = 3,3 мкм]

Неохлаждаемое двухканальное фотоприемное устройство ДР-93 предназначено для приема и регистрации инфракрасного излучения в диапазоне длин волн 0,5–1 и 1,6–4,2 мкм.

Фотоприемное устройство представляет собой изделие, содержащее фоторезистор на основе сернистого свинца, кремниевый фотодиод (ФД) и усилитель фотосигнала ФД, размещенные в едином корпусе. Фоторезистор снабжен иммерсионной линзой.

Области применения: пирометрия, автоматизированные системы пожаротушения.

Основные фотоэлектрические параметры ФПУ приведены в табл. 2.4.67, внешний вид – на рис. 2.4.87, а электрическая схема – на рис. 2.4.88.

Таблица 2.4.67. Основные фотоэлектрические параметры ФПУ ДР-93 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Номер канала/Норма параметра	
	канал 1	канал 2
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,5–1	1,6–4,2
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,9	3,3
Тип фотоприемника	*Si*-фотодиод	*PbS*-фоторезистор
Размеры фоточуствительного элемента, мм	∅ 1	1,1 × 1,1
Темновое сопротивление, МОм	–	0,1–1,0
Размеры иммерсионной линзы, мм	∅ 2,5	–
Вольтовая чувствительность (источник А, 2850 °С) В/лм, не менее	1000	–
Вольтовая чувствительность ($T_{АЧТ}$ = 573 °К, $F_м$ = 1200 Гц), В/Вт, не менее	–	2000
Пороговая чувствительность, лм/Гц$^{1/2}$	$<1{,}5\cdot10^{-10}$	15
Удельная пороговая чувствительность, Вт/см/Гц$^{1/2}$	–	$<1{,}3\cdot10^{-9}$
Постоянная времени, мкс, не более		400
Напряжение питания предусилителя, В	±9	
Габаритные размеры корпуса (без выводов), мм, не более	∅ 9 × 10	
№ рисунка	2-650	

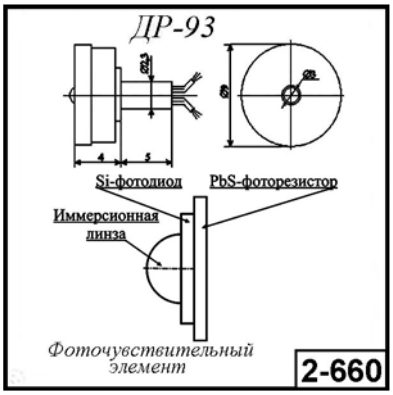


Рис. 2.4.87. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ ДР-93

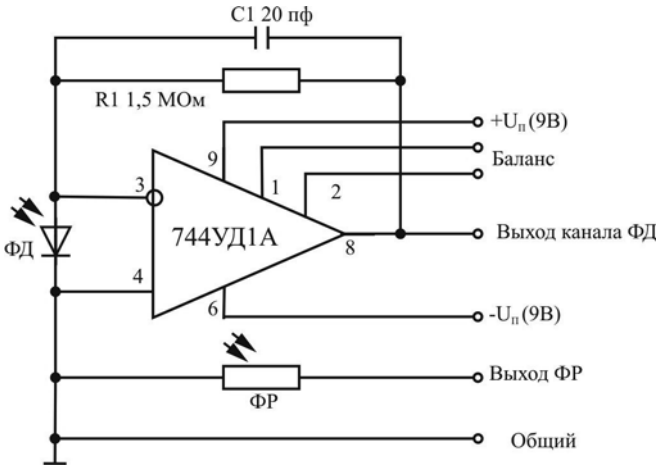


Рис. 2.4.88. Электрическая схема ФПУ ДР-93

2.5. ТЕПЛОВЫЕ ПРИЕМНИКИ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДЛИННОВОЛНОВОГО ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ до 100 мкм

Принцип действия тепловых приемников (ТП) излучения (ТП или ТПИ) основан на использовании термического эффекта. Падающее на чувствительный элемент оптическое излучение приводит к повышению его температуры и появлению термо-ЭДС или к изменению параметра чувствительного элемента (сопротивления, емкости и др.), что фиксируется измерительной схемой, в которую включается чувствительный элемент.

Тепловые приемники излучения используются в основном для детектирования инфракрасного излучения средней и дальней области спектра, то есть в диапазоне длин волн от 1,5 до 20 мкм и более. Подавляющее большинство тепловых приемников работает при комнатной температуре чувствительного элемента, то есть не требует специального охлаждения. Спектральная чувствительность тепловых приемников излучения постоянна в широком спектральном интервале.

Среди различных классов серийно выпускаемых тепловых приемников излучения наибольшее применение имеют болометры, термоэлементы и пироэлектрические приемники излучения, а также тепловые приемные устройства (ТПУ), реализованные с ипользованием указанных приемников.

Тепловые приемники излучения применяют в радиометрах для дистанционного измерения температуры в черной и цветной металлургии, в коксохимической промышленности, при варке и прокате стекла, в текстильном производстве, в электро- и теплоэнергетике, в системах контроля перегрева букс железнодорожных вагонов.

Их используют при измерении мощности лазерного излучения, температуры плазмы и газовых струй ракет и авиадвигателей, для обнаружения утечки в теплоизоляции, в специальной спектрометрии, охранно-пожарной сигнализации и для зондирования температуры земной атмосферы и т. д.

Различными предприятиями и НИИ отечественной промышленности выпускалась достаточно широкая номенклатура тепловых приемников излучения. Ниже приводятся характеристики ТП, получивших наибольшую известность.

2.5.1. Болометры

Действие болометра основано на изменении его комплексного сопротивления при повышении температуры чувствительного элемента, происходящего из-за поглощения им оптического излучения. Применяются в системах бесконтактного дистанционного измерения температуры, радиометрах и лабораторных спектрометрических приборах, работающих в диапазоне длин воли от 2 до 1000 мкм. Выпускаются, как правило, в герметичном металлическом корпусе.

В зависимости от материала чувствительного элемента болометры бывают металлические (никелевые, висмутовые, золотые, платиновые), полупроводниковые (германиевые, кремниевые, оксидные на основе никеля, кобальта и марганца), диэлектрические (Г – германий, О – оксиды, К – кремний); третья буква – материал подложки (Ц – целлулоидная пленка, С – стекло, М – слюда «Мусковит»), обозначения в маркировке болометров: Б – болометр; вторая буква – материал чувствительного слоя (В – висмут,

Н – никель, Г-К – кварц, Г – газонаполненный). Материалом чувствительного слоя болометров типа БКМ является смесь окислов кобальта и марганца.

Постоянная времени полупроводниковых болометров составляет единицы миллисекунд, а металлических болометров – десятки миллисекунд.

2.5.1.1. Болометры металлические БМК-3, БМЦ-3, БМИ-1, БМИ-2, БМ6-К1, БМ6-Ф1, БМ6-Ц1, БМ6-К2, БМ6-Ф2, БМ6-Ц2, БМ7, НБГ-1, НБГ-2, БН-1, ФМ-А, ФМ-Б, ФМ-В, ФМ6 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1000 мкм]

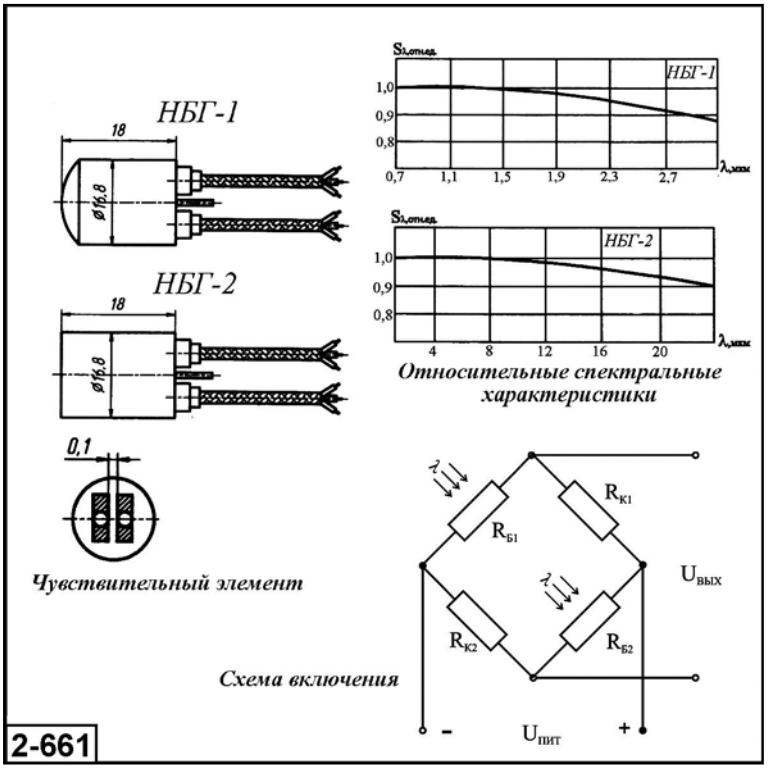
Основные параметры металлических болометров приведены в табл. 2.5.1. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приборов даны на рис. 2.5.1.

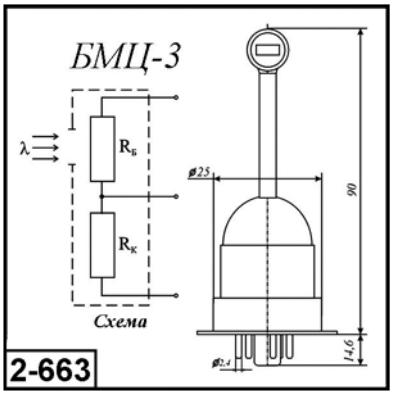
Таблица 2.5.1. Основные параметры металлических болометров при температуре 20±5 °С

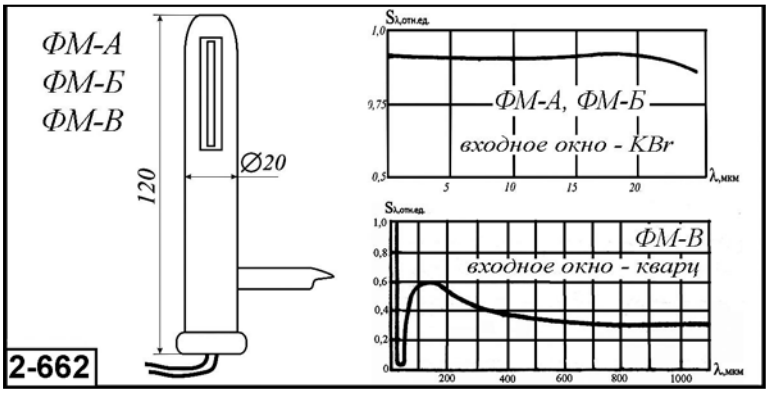
Тип болометра	Размеры чувствительного элемента, мм (число элементов)	Область спектральной чувствительности, мкм	Материал входного окна	Сопротивление чувствительного и компенсирующего элементов, Ом	Интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт	Постоянная времени, с	Порог чувствительности в единичной полосе, Вт·Гц$^{-1/2}$	Обнаружительная способность, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см	Габаритные размеры корпуса, мм, не более [масса, г, не более]	№ рис.
Никелевый газонаполненный НБГ-1	1,8 × 1,2 (2)	0,7–3	Кварц	6–8	1,5 (373 °К, 9 Гц) 0,5 (373 °К, 80 Гц) [$I_Р$ = 30 мА]	$5\cdot10^{-2}$	$5\cdot10^{-10}$ (373 °К, 9 Гц) $1\cdot10^{-9}$ (373 °К, 80 Гц)	$1\cdot10^{8}$	∅ 16,8 × 18 [26]	2-661
Никелевый газонаполненный НБГ-2		0,7–25	KRS-5							2-661
Болометр никелевый БН-1	1 × 0,3	0,17–25	KBr	150–200	200 (373 °К, 0 Гц)	0,1	$2{,}5\cdot10^{-9}$	$2\cdot10^{8}$	∅ 24 × 105	–
Висмутовый вакуумный ФМ-А	0,3 × 3,3	0,2–38	KBr	300	25 (373 °К, 9 Гц) [$I_Р$ = 2 мА]	$2\cdot10^{-2}$	$6{,}4\cdot10^{-11}$	$1{,}5\cdot10^{9}$	∅ 20 × 120 [50]	2-662
Висмутовый вакуумный ФМ-Б	0,3 × 3,3	0,2–38	KBr	390	10 (373 °К, 9 Гц) [$I_Р$ = 5 мА]	$5\cdot10^{-3}$	$1{,}6\cdot10^{-10}$	$6{,}5\cdot10^{8}$	∅ 20 × 120 [50]	2-662
Висмутовый вакуумный ФМ-В	2 × 10	50–1000	кварц	150	1,0 (373 °К, 9 Гц) [$I_Р$ = 7 мА]	$3{,}5\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-9}$	$3{,}8\cdot10^{8}$	∅ 20 × 120 [50]	2-662
Висмутовый вакуумный ФМ6	2 × 10	50–1000	кварц	150	1,0 (373 °К, 9 Гц)	$3{,}5\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-9}$	$4{,}5\cdot10^{8}$	н/д	2-662
	3 × 0,3	0,2–38	KBr	300	0,25 (373 °К, 250 Гц)	$3{,}5\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{7}$	н/д	2-662
Вакуумный БМК-3	1,9 × 0,4	0,3–25	KBr	120–300	11 (373 °К, 9 Гц)	$2{,}2\cdot10^{-2}$	$(0{,}4–2)\cdot10^{-10}$	$1\cdot10^{9}$	∅ 28 × 94 [50]	2-664
Вакуумный БМЦ-3	1,9 × 0,6	0,3–50	CeI	100–200	11 (373 °К, 9 Гц)	$2{,}2\cdot10^{-2}$	$(0{,}4–2)\cdot10^{-10}$	$1\cdot10^{9}$	∅28 × 90 [50]	2-663
БМИ-1	1,9 × 0,4	0,3–25	KBr	120–300	–	$1\cdot10^{-2}$	$2\cdot10^{-10}$ ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМИ-2	1,9 × 0,4	0,3–25	KBr	140–250	–	$(2–3)\cdot10^{-2}$	$1{,}5\cdot10^{-8}$ ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМ6-К1	1,9 × 0,4	0,3–25	KBr	90–400	–	$(1–2)\cdot10^{-2}$	$(0{,}5–1)\cdot10^{-10}$ ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМ6-Ф1	1,9 × 0,4	0,2–8	Ge	90–400	–	$(1–2)\cdot10^{-2}$	$(0{,}5–1)\cdot10^{-10}$ ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМ6-Ц1	1,9 × 0,6	0,3–50	CeI	90–400	–	$(1–2)\cdot10^{-2}$	$(0{,}5–1)\cdot10^{-10}$ ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМ6-К2	1,9 × 0,4	0,3–25	KBr	90–400	–	$(1–2)\cdot10^{-2}$	$(1{,}1–2)\cdot10^{-10}$ ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–

Таблица 2.5.1. (окончание)

Тип болометра	Размеры чувствительного элемента, мм (число элементов)	Область спектральной чувствительности, мкм	Материал входного окна	Сопротивление чувствительного и компенсирующего элементов, Ом	Интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт	Постоянная времени, с	Порог чувствительности в единичной полосе, Вт·Гц$^{-1/2}$	Обнаружительная способность, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см	Габаритные размеры корпуса, мм, не более [масса, г, не более]	№ рис.
БМ6-Ф2	1,9 × 0,4	0,2–8	Ge	90–400	–	(1–2)·10^{-2}	(1,1–2)·10^{-10} ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМ6-Ц2	1,9 × 0,6	0,3–50	CeI	90–400	–	(1–2)·10^{-2}	(1,1–2)·10^{-10} ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМ7 кл. 1	1,4 × 0,2 или 1,8 × 0,4	0,13–50	CeI	100–500	–	(2–3)·10^{-2}	< 5·10^{-11} ($F_м$ = 9 Гц)	–	н/д	–
БМ7 кл. 2							< 1·10^{-10} ($F_м$ = 9 Гц)		н/д	–
БМ7 кл. 3							< 2·10^{-10} ($F_м$ = 9 Гц)		н/д	–







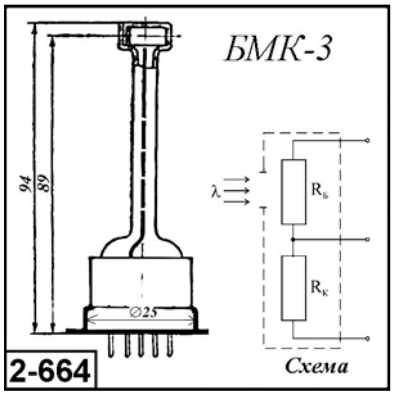


Рис. 2.5.1. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика металлических болометров:
а – НБГ-1 и НБГ-2; б – ФМ-А (Б, В); в – БМК-3; г – БМЦ-3

2.5.1.2. Болометры полупроводниковые БКМ-1, БКМ-2, БКМ-4, БКМ-5а, БКМ-5б, БП1-2, БП1-4, БП-5А, БП-5Б, БГС-2 [$\Delta\lambda$ = 1–30 мкм]

Основные параметры полупроводниковых болометров приведены в табл. 2.5.2. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приборов даны на рис. 2.5.2.

Таблица 2.5.2. Основные параметры полупроводниковых болометров при температуре 20±5 °С

Тип болометра	Размеры чувствительного элемента, мм, (число элементов)	Область спектральной чувствительности, мкм	Угол обзора, град [материал входного окна]	Сопротивление чувствительного и компенсирующего элементов, Ом	Интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт	Постоянная времени, с	Порог чувствительности в единичной полосе, $Вт \cdot Гц^{-1/2}$	Обнаружительная способность, $Вт^{-1} \cdot Гц^{1/2} \cdot см$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, не более [масса, г, не более]	№ рис.
Оксидный кобальто-марганцевый БКМ-1	2,5 × 0,4 (2)	2–15	[KBr]	$(2–3) \cdot 10^6$	200–300 (373 °К, 10 Гц) [I_p = 0,2 мА]	$(0,9–1,5) \cdot 10^{-4}$	$(8,6–12) \cdot 10^{-10}$ (10 Гц)	–	20±5	∅ 25 × 120 [30]	2-665
Оксидный кобальто-марганцевый БКМ-2	2,5 × 1 (2)	2–15	[KBr]	$(0,7–2,5) \cdot 10^6$	70–350 (373 °К, 10 Гц) [I_p = 0,2 мА]	$(2–3) \cdot 10^{-3}$	$(7,5–20) \cdot 10^{-10}$ (10 Гц)	$1 \cdot 10^8$ (373 °К, 10 Гц)	20±5	∅ 25 × 104 [30]	2-666
Оксидный кобальто-марганцевый БКМ-4	2,2 × 1 (2)	2–15	[KBr]	$(0,6–2,2) \cdot 10^6$	35–350 (373 °К, 10 Гц) [I_p = 0,15 мА]	$(4–7) \cdot 10^{-3}$	$(8–43) \cdot 10^{-10}$ (10 Гц)	$8 \cdot 10^7$ (373 °К, 10 Гц)	20±5	∅ 16 × 22 [20]	2-667
Оксидный кобальто-марганцевый БКМ-5а	1 × 1 (2)	1–20	[KBr]	$1 \cdot 10^6$	75 (573 °К, 10 Гц) [U_p = ±100 В]	$4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-9}$ (10 Гц)	–	–10...+50	∅ 16 × 13,5 [20]	2-668
Оксидный кобальто-марганцевый БКМ-5б	1 × 1 (2)				50 (573 °К, 10 Гц) [U_p = ±100 В]						2-668
Оксидный кобальто-марганцевый БП1–2 (терморезисторный)	1,54 мм² (2)	1–20	5 [Ge линза]	$2,5 \cdot 10^6$	80 (573 °К, 20 Гц) [U_p = ±100 В]	$5 \cdot 10^{-3}$	–	$1 \cdot 10^8$ (373 °К, 20 Гц)	+1...+50	∅ 17,6 × 28,5	2-669
Оксидный кобальто-марганцевый БП1-4 (терморезисторный)	1,13 мм² (2)	1–20	64 [Ge линза]	$1,5 \cdot 10^7$	150 (573 °К, 20 Гц) [U_p = ±100 В]	$1 \cdot 10^{-2}$	–	$1 \cdot 10^7$ (373 °К, 20 Гц)	–60...+40	∅ 36 × 41	–
Оксидный кобальто-марганцевый БП-5А (терморезисторный)	1 × 1	2–15	110 [Ge]	$1,5 \cdot 10^5$	10 (573 °К, 20 Гц) [U_p = ±5 В]	–	$4 \cdot 10^{-9}$ (10 Гц)	–	–10...+55	∅ 9,5 × 5,5	2-670
Оксидный кобальто-марганцевый БП-5Б (терморезисторный)	1 × 1 (2)										
Болометр германиевый БГС-2	2,5 × 0,5	1–30	[KRS-5]	$(1,7–2) \cdot 10^6$	500–3000 [I_p = 20 мкА]	$2 \cdot 10^{-2}$	$(2–8) \cdot 10^{-10}$	–	20±5	–	–

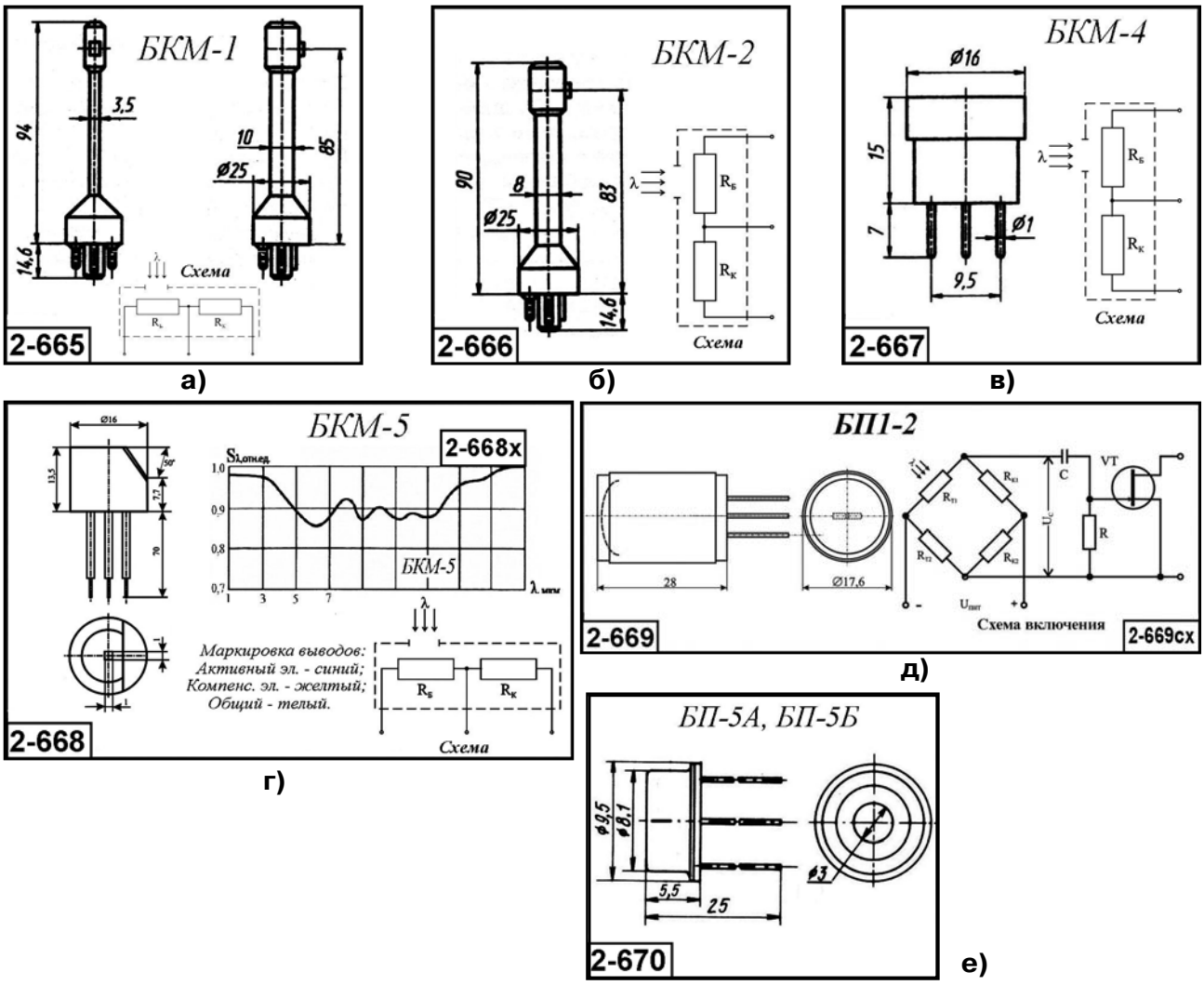


Рис. 2.5.2. Внешний вид и габаритные размеры ОСХ полупроводниковых болометров: а – БКМ-1; б – БКМ-2; в – БКМ-4; г – БКМ-5; БП-5А, БП-5Б; д – БП1–2; е – БП-5А (Б)

2.5.2. Термоэлектрические приемники излучения

Принцип работы термоэлектрических приемников излучения или термоэлементов основан на использовании термоэлектрического эффекта (так называемого эффекта Зеебека), который заключается в появлении электродвижущей силы (термо-ЭДС) в цепи, состоящей из двух разнородных по составу проводников при условии, что между двумя их спаями имеется разность температур, то есть контактные разности потенциалов на каждом спае различны.

В качестве материалов для металлических термоэлементов используют сурьмяно-висмутовые спаи, серебро, железо, теллур, константан, хромель и различные сплавы этих веществ, а для полупроводниковых – сурьму, кремний, теллур, селен.

Обычно сопротивление термоэлемента очень мало (не выше десятков омов), что обусловливает необходимость применения трансформаторного входа в качестве согласующего звена между ПИ и усилителем, а это усложняет конструкцию прибора. К недостаткам термоэлементов следует также отнести их большую инерционность (постоянная времени составляет десятки и сотни миллисекунд).

Для работы термоэлементов не требуется источника питания.

2.5.2.1. Термоэлементы ТД-505 и ТЭМ-5 [$\Delta\lambda$ = 0,2–14 мкм]

Основные параметры термоэлементов ТД-505 и ТЭМ-5 приведены в табл. 2.5.3. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.5.3.

Таблица 2.5.3. Основные параметры термоэлементов ТД-505 и ТЭМ-5 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/ Норма параметра	
	ТД-505	ТЭМ-5
Область спектральной чувствительности, мкм	8–14	0,2–4
Размеры чувствительного элемента, мм	∅ 0,7	∅ 5
Материал чувствительного элемента	гетероструктура на основе узкозонных п/п	структура на основе твердых растворов халькогенидов висмута и сурьмы
Материал входного окна	BaF_2	без окна
Сопротивление элемента, Ом	–	1500
Интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт	60–80	–
Чувствительность, мВ·м^2/кВт, не менее	–	10
Постоянная времени, с	0,1	1
Габаритные размеры, мм	∅ 9,2 × 6,1	∅ 22 × 5
№ рисунка	2-671	2-672

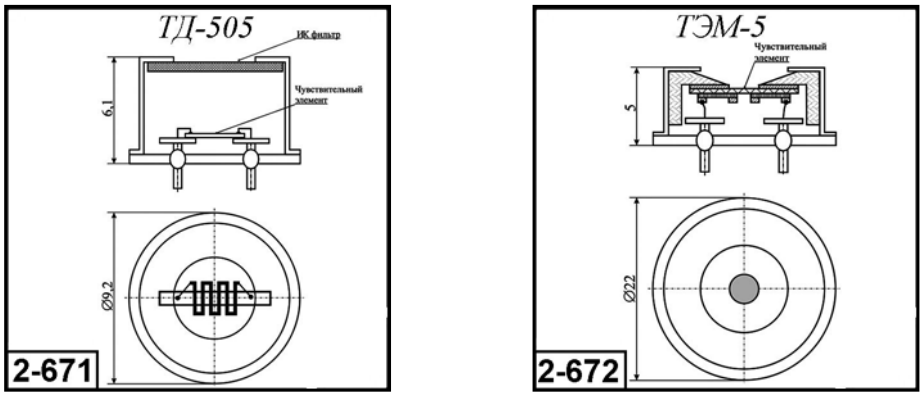


Рис. 2.5.3. Внешний вид и габаритные размеры термоэлементов ТД-505 и ТЭМ-5

2.5.2.2. Компенсированные термоэлементы ТК-1×1,5 и ТК-3×1,5 [$\Delta\lambda$ = 0,5–50 мкм]

Компенсированные термоэлементы ТК-1 × 1,5 и ТК-3 × 1,5 представляют собой конструкцию, содержащую по два одинаковых термоэлемента (спая), включенных навстречу друг другу. При этом один из термоэлементов помещен в непрозрачный экран. Оба спая помещены в стеклянный вакуумированный баллон, защищенный металлическим корпусом. На торцевой стороне корпуса против чувствительной площадки активного спая сделано отверстие (окно), закрытое материалом, прозрачным для излучения, – оптической керамикой KRS-5.

Точность работы компенсированных термоэлементов слабо зависит от температуры окружающей среды.

Основные параметры термоэлементов ТК-3×1,5 и ТК-1×1,5 приведены в табл. 2.5.4. Внешний вид, габаритные размеры даны на рис. 2.5.4. Схема включения компенсированного термоэлемента указана на рис. 2.5.5.

Таблица 2.5.4. Основные параметры термоэлементов ТК-1 × 1,5 и ТК-3 × 1,5 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора	
	ТК-1×1,5	ТК-3×1,5
Размеры чувствительного элемента, мм	1 × 1,5	3 × 1,5
Область спектральной чувствительности, мкм	0,5–50	
Материал входного окна	Оптическая керамика KRS-5 толщ. 2 мм	
Сопротивление элемента, Ом	4–20	4–20
Интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт	1–4	3–10
Постоянная времени, с	0,25	0,07
Пороговый поток, Вт	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-10}$
Габаритные размеры, мм	∅ 25 × 131	∅ 50 × 152
№ рисунка	2-673	2-674

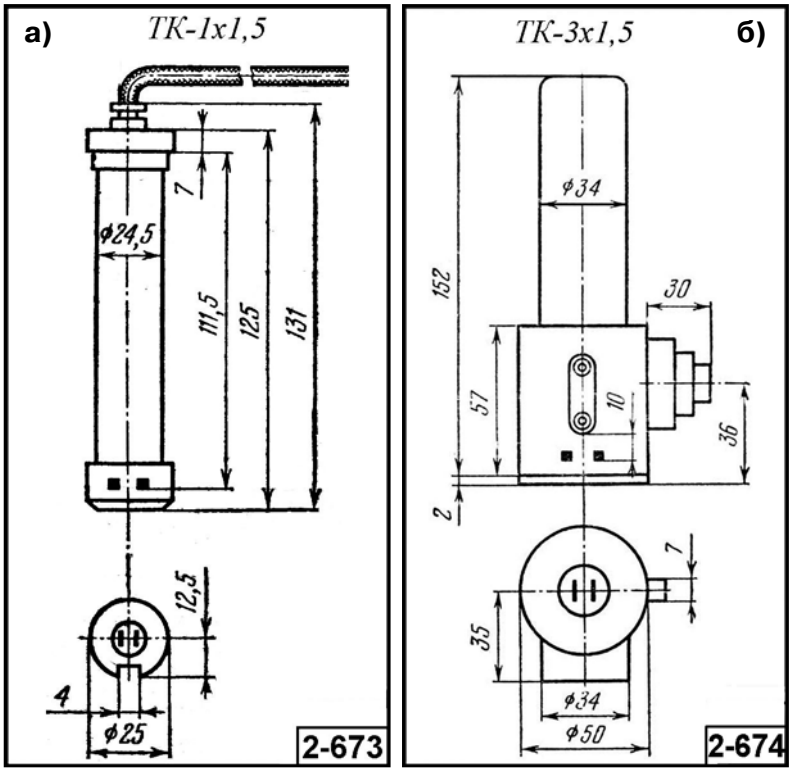


Рис. 2.5.4. Внешний вид и габаритные размеры термоэлементов ТК-1 × 1,5 (а) и ТК-3 × 1,5 (б)

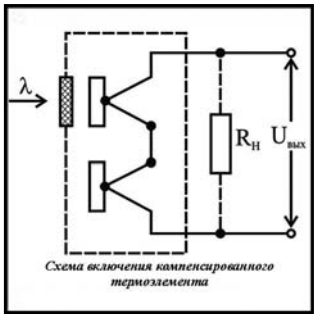


Рис. 2.5.5. Схема включения компенсированного термоэлемента

2.5.2.3 Радиационные термоэлементы РТН-1, РТН-2, РТН-3, РТН-10, РТН-11, РТН-12, РТН-20, РТН-30 [Δλ = 0,17–25 мкм]

Радиационные тонкопленочные термоэлементы РТН-1, РТН-2, РТН-3, РТН-10, РТН-11, РТН-12, РТН-20, РТН-30 предназначены для регистрации излучения в диапазоне от 0,4 до 25 мкм.

Чувствительными элементами приборов являются тонкопленочные висмут-сурьмовые термопары, которые размещены в герметичных стеклянных корпусах.

Приборы предназначены для использования в качестве измерительных преобразователей потока излучения в электрический сигнал в рабочем спектральном диапазоне, в условиях работы в сухих отапливаемых помещениях.

Основные параметры термоэлементов приведены в табл. 2.5.5.

Таблица 2.5.5. Основные параметры радиационных термоэлементов РТН-1, РТН-2, РТН-3, РТН-10, РТН-11, РТН-12, РТН-20, РТН-30 при температуре 20±5 °С

Тип термоэлемента	Размеры приемной площадки, мм, (число термспаев)	Область спектральной чувствительности, мкм	Сопротивление элемента, Ом, не более	Частота модуляции излучения, Гц	Вольтовая чувствительность, В/Вт (573 °К, 9 Гц)	Порог чувствительности в единичной полосе, $Вт/Гц^{1/2}$	Обнаружительная способность, $Вт\text{-}Гц^{1/2}/См$	Постоянная времени, с	Диапазон регистрируемых мощностей, Вт	Максимально допустимая энергетическая освещенность, $Вт/мм^2$	Габаритные размеры, мм, не более
РТН-1	3 × 1,5 (1)	0,17–5,5 0,25–2,5 1,8–25	20		0,5–1	$5\cdot10^{-10}$	$0{,}4\cdot10^{9}$	0,1	$5\cdot10^{-10}$–$1{,}35\cdot10^{-3}$	$0{,}3\cdot10^{-3}$	∅ 24 × 105
РТН-2	12 × 1,5 (4)		100		0,5–1	$8\cdot10^{-10}$	$0{,}5\cdot10^{9}$	0,2	$8\cdot10^{-10}$–$5{,}4\cdot10^{-3}$	$0{,}3\cdot10^{-3}$	∅ 32 × 110
РТН-3	4,5 × 1,5 (3)		100		0,5–1	$8\cdot10^{-10}$	$0{,}46\cdot10^{9}$	0,2	$8\cdot10^{-10}$–$4{,}5\cdot10^{-3}$	$0{,}3\cdot10^{-3}$	∅ 32 × 110
РТН-10	1,5 × 3 (1)	0,4–6* или 1,8–15**	20		0,5–2	$5\cdot10^{-10}$	–	0,2	–	$0{,}3\cdot10^{-3}$	–
РТН-11	3 × 3 (6)		300		2–8	$3{,}5\cdot10^{-10}$	–	0,15	–	$0{,}3\cdot10^{-3}$	–
РТН-12	1,5 × 12 (25)		1500		6–20	$2{,}5\cdot10^{-10}$	–	0,15	–	$0{,}3\cdot10^{-3}$	–
РТН-20	1,5 × 12 (4)		100		0,5–2	$6\cdot10^{-10}$	–	0,2	–	$0{,}3\cdot10^{-3}$	–
РТН-30	3 × 3 (6)		300		2–8	$5\cdot10^{-10}$	–	0,2	–	$0{,}3\cdot10^{-3}$	–
ТП 0,2 × 2	0,2 × 2		9	0	8	–	$1\cdot10^{9}$	0,04	–	–	–
ТП 0,3 × 3	3 × 0,3	до 30–50	36	0	90–150	–	$1\cdot10^{9}$	0,06	–	–	–
			36	3–5	18	$4{,}4\cdot10^{-9}$	$2{,}4\cdot10^{9}$	0,04	–	–	–

Примечание. * для приборов с интексом «С», с сапфировым входным окном;
** для приборов с индексом «Г», с германиевым входным окном.

2.5.2.4 Термоэлектрические приемники излучения ТПИ-1-5, ТПИ-2-5, ТПИ-5, ТПИ-8, ТПИ-10, ТПИ-14 [$\Delta\lambda$ = 0,5–11 мкм]

Термоэлектрические приемники излучения ТПИ-1-5, ТПИ-2-5, ТПИ-5, ТПИ-8, ТПИ-10, ТПИ-14 являются калориметрическими измерителями мощности и энергии непрерывного и импульсного излучения в спектральном диапазоне 0,5–11 мкм.

В приборах применены плоские коллекторы и хромель-копелевые термобатареи. В основу работы приборов положен метод замещения. Обмотки замещения уложены в специальные пазы коллекторов. Материал коллекторов – графит РГ-ВК или сплав Д16; для повышения коэффициента поглощения на приемные поверхности нанесены концентрические канавки треугольного профиля. Приборы обладают малой зависимостью чувствительности от отклонения (до 30°) пучка излучения от нормали, малой зависимостью от уровня измеряемой энергии и хорошей зонной характеристикой.

Приборы ТПИ-1-5, ТПИ-2-5 предназначены для измерения энергии однократных импульсов излучения ОКГ, работающих в режиме свободной генерации, а также других источников одиночных импульсов; ТПИ (модификаций 5; 8; 10; 14) – для измерения мощности излучения ОКГ, работающих в непрерывном режиме, а также непрерывных слабо меняющихся потоков других источников излучения.

Основные параметры приемников излучения ТПИ-1-5, ТПИ-2-5, ТПИ-5, ТПИ-8, ТПИ-10, ТПИ-14 приведены в табл. 2.5.6.

Таблица 2.5.6. Основные параметры приемников излучения ТПИ-1-5, ТПИ-2-5, ТПИ-5, ТПИ-8, ТПИ-10, ТПИ-14 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	ТПИ-1-5	ТПИ-2-5	ТПИ-5	ТПИ-8	ТПИ-10	ТПИ-14
Область спектральной чувствительности, мкм	0,5–11					
Диаметр приемной площадки, мм	30	–	50	50	200	60
Количество термопар	30	–	–	–	–	–
Диаметр пучка, мм	4–25	6–45	5–45	30–45	50–190	40–55
Пределы измерений мощности или энергии	до $1\cdot10^5$ Вт/см^2	0,5–30 Дж	1–50 Вт	50–500 Вт	50–500 Вт	100–1500 Вт
Пределы длительности импульса, с	10^{-5}–10^{-1}	10^{-6}–10^{-1}	_	_	_	10^{-6}–10^{-1}
Интегральная вольтовая чувствительность, мкВ/Вт	250 мкВ/Дж	130	100	15	25	35
Постоянная времени, с	–	–	70	50	100	70
Максимальная плотность мощности, Вт/см2	$1\cdot10^3$	$5\cdot10^4$	50	50	50	75
Основная относительная погрешность, %	15	15	12	15	15	15
Габаритные размеры, мм, не более	$60\times290\times60$	$\varnothing\,85\times72$	$105\times105\times335$	$140\times140\times125$	$240\times240\times140$	$160\times160\times140$
Масса, кг, не более	2,7	1	5	5	15	15

2.5.3. Пироэлектрические приемники излучения

Пироэлектрические приемники излучения – приборы, в основу работы которых положен пироэлектрический эффект кристаллов. Его сущность заключается в изменении поляризации пироактивного кристалла в процессе изменения температуры на его гранях. Поляризация кристалла – это пространственное разделение зарядов, сопровождающееся возникновением на одной из граней кристалла положительного заряда, а на другой – отрицательного. Пироэлектрический эффект проявляется только при наличии изменения температуры кристалла во времени, то есть при регистрации модулированного или импульсного излучения.

Пироэлектрическим эффектом обладают монокристаллы триглицинсульфата (ТГС), ниобата лития, керамики типа титаната цирконата свинца, сульфата лития, стронций-барий ниобата и др.

В отличие от болометра, пироэлектрические приемники излучения обладают более высоким быстродействием.

Особенностью пироэлектрических приемников излучения является то, что для их работы не требуется источника питания, так как они сами являются генераторами ЭДС.

2.5.3.1. Пироэлектрические приемники излучения БП2-1, БП2-3А, БП2-3Б, БП2-3В, БП2-3Г, БП2-3Д, ЛПП-1 [$\Delta\lambda$ = 1–20 мкм]

Прироэлектрические приемники излучения БП2-1, БП2-3А, БП2-3Б, БП2-3В, БП2-3Г, БП2-3Д, ЛПП-1 предназначены для преобразоввания энергии теплового излучения в диапазоне от 1 до 20 мкм в электрический сигнал. Выпускаются в металлическом корпусе без окна или с входным окном из германия.

Основные параметры приемников излучения приведены в табл. 2.5.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительные спектральные характеристики даны на рис. 2.5.7.

Таблица 2.5.7. Основные параметры пироэлектрических приемников излучения при температуре 20±5 °С

Тип болометра	Размеры чувствительного элемента, мм, (число элементов)	Область спектральной чувствительности, мкм [материал входного окна]	Интегральная вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	Емкость чувствительного элемента, пФ, не более	Постоянная времени, с	Порог чувствительности в единичной полосе, $Вт \cdot Гц^{-1/2}$, не более	Обнаружительная способность, $Вт^{-1} \cdot Гц^{1/2} \cdot см$, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
Пироэлектрический приемник излучения БП2-1	∅ 1	1,8–15 [Ge]	50 (573 °К, 20 Гц)	300	–	–	$4{,}5 \cdot 10^6$ (573 °К, 10 Гц)	–60...+60	∅ 10,7 × 5	2	2-674А
Пироэлектрический приемник излучения БП2-3А	∅ 1	1–20 [без окна]	10 (573 °К, 20 Гц)	60	$6 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-8}$	$1{,}5 \cdot 10^6$ (10 Гц)	–60...+60	∅ 10 × 5	2	2-675
Пироэлектрический приемник излучения БП2-3Б	0,33 × 3	1–20 [без окна]	10 (573 °К, 20 Гц)	60	$6 \cdot 10^{-4}$	$6{,}6 \cdot 10^{-8}$	$1{,}5 \cdot 10^6$ (10 Гц)	–60...+60	∅ 10 × 5	2	2-675
Пироэлектрический приемник излучения БП2-3В	1 × 1 (2) зазор – 0,5 мм		8,5–10 (573 °К, 20 Гц)			$6{,}6 \cdot 10^{-8}$					2-676
Пироэлектрический приемник излучения БП2-3Г	∅ 1	1–20	1 мкА/Вт (573 °К, 20 Гц)	50	–	–	–	–60...+85	∅ 10 × 5	2	2-675
Пироэлектрический приемник излучения БП2-3Д	∅ 1	1–20	1,7 мкА/Вт (573 °К, 20 Гц)	–	–	–	–	–60...+85	∅ 10 × 5	2	2-675
Пироэлектрический приемник излучения ЛПП-1	2 $мм^2$	0,4–20	10 (573 °К, 1кГц); 1,0 (573 °К, 10 кГц)	–	–	$1 \cdot 10^{-7}$ (1кГц); $2 \cdot 10^{-7}$ (10 кГц);	$1{,}4 \cdot 10^6$ (1кГц); $7 \cdot 10^5$ (10 кГц)	–0...+40	н/д	н/д	–

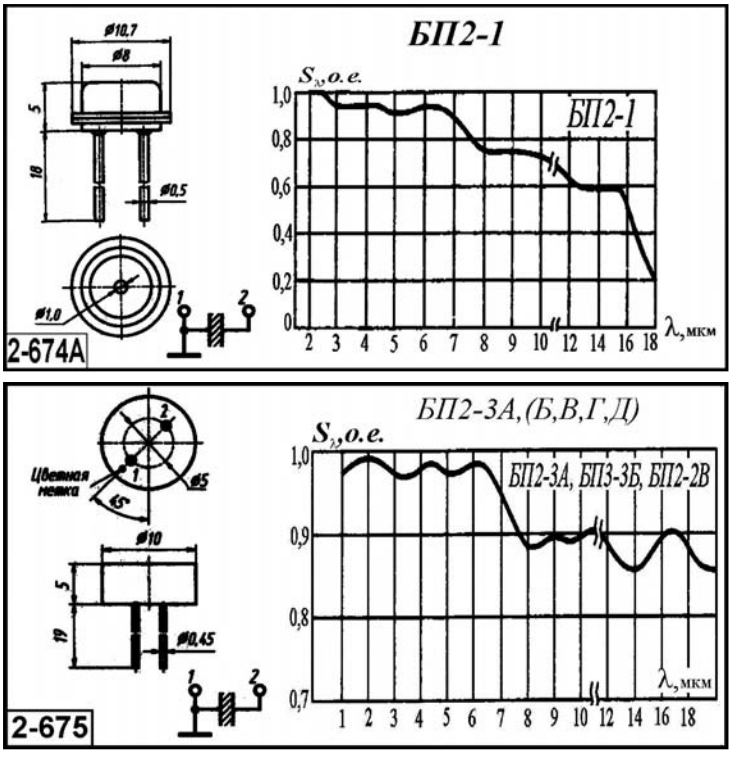


Рис. 2.5.7. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика приемников излучения БП2-1 и БП2-3

2.5.4. Тепловые приемные устройства (ТПУ)

Тепловые приемные устройства (ТПУ) – приборы, чувствительные к длинноволновому ИК-излучению и состоящие из чувствительного элемента (болометра, терморезистора, пироэлектрического приемника излучения или термоэлемента) и схемы предварительного согласования, усиления и обработки электрического сигнала, размещенных в едином корпусе.

По своей функциональной структуре они являются приборами, подобными ФПУ. Различие состоит лишь в том, что в ФПУ в качестве чувствительных элементов используют полупроводниковые фотоэлектрические приемники излучения, а в ТПУ – тепловые приемники. Поэтому ФПУ обладают селективной чувствительностью, а ТПУ – неселективной. Система параметров тепловых приемников излучения такая же, как и у фотоэлектрических приемников излучения и ФПУ.

2.5.4.1. Пироэлектрические приемные устройства ПП-04, ПП-04 ТК, ПП-07, ИНПФ [$\Delta\lambda$ = 4–300 мкм]

Пироэлектрические приемные устройства ПП-04, ПП-04 ТК, ПП-07, ИНПФ предназначены для регистрации излучения в диапазоне от 4 до 300 мкм.

Состав приемных устройств: чувствительный элемент, изготовленный из танталата лития ($LiTaO_3$), и согласующий каскад на полевом транзисторе КП202, рамещенные в едином металлостеклянном корпусе с окном, прозрачным в рабочем диапазоне спектра.

Основные параметры приемных устройств приведены в табл. 2.5.8. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.5.8.

Таблица 2.5.8. Основные параметры приемных устройств при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра			
	ПП-04	ПП-04 ТК	ПП-07	ИНПФ
Область спектральной чувствительности, мкм	4–300	7–14	7–14	2,5–20
Угол зрения, град	100	100	100	100
Размеры одиночной приемной площадки, мм (кол-во чувст. эл.)	∅1,5	2 × 1 (2)	2 × 1 (2)	1 × 2 (2)
Расстояние между приемными площадками, мм		1	1	1
Напряжение питания, В	2–15	2–15	2–15	2–15
Интегральная вольтовая чувствительность (373 °К), В/Вт, не менее	500 (10 Гц)	1500 (2 Гц)	1500 (2 Гц)	3800 (1 Гц)
Пороговая чувствительность, (373 °К,2 Гц), Вт·Гц$^{-1/2}$, не более	$5\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-10}$	$7{,}5\cdot10^{-10}$
Диапазон рабочих температур	–60...+60	–60...+60	–60...+60	–40...+85
Габаритные размеры (без выводов), не более	∅ 9,2 × 4,6	∅ 9,2 × 4,6	∅ 9,2 × 4,6	∅ 9,2 × 4,6
№ рисунка	2-677	2-678		

Приемники ПП-04 ТК, ПП-07 и ИНПФ обладают повышенной помехоустойчивостью в условиях быстрого изменения температуры окружающей среды, что достигается за счет компенсации помехи с рабочей площадки сигналом со второй компенсационной, дифференциально включенной по отношению к рабочей. К ИК-излучению от объекта компенсационная площадка затемнена.

Приемники выпускаются с различным размером чувствительной площадки, варианты: ∅1 мм, ∅1,5 мм, 2 × 1,5 мм^2, 3 × 2 мм^2. Диапазон спектральной чувствительности определяется пропусканием входного окна, варианты: кварц, лейкосапфир, кремний, германий и др.

Применение: в ИК-спектроскопии, для бесконтактного измерения температуры объектов, для измерения энергии излучения лазера, в системах автоматического пожаротушения и системах охраны.

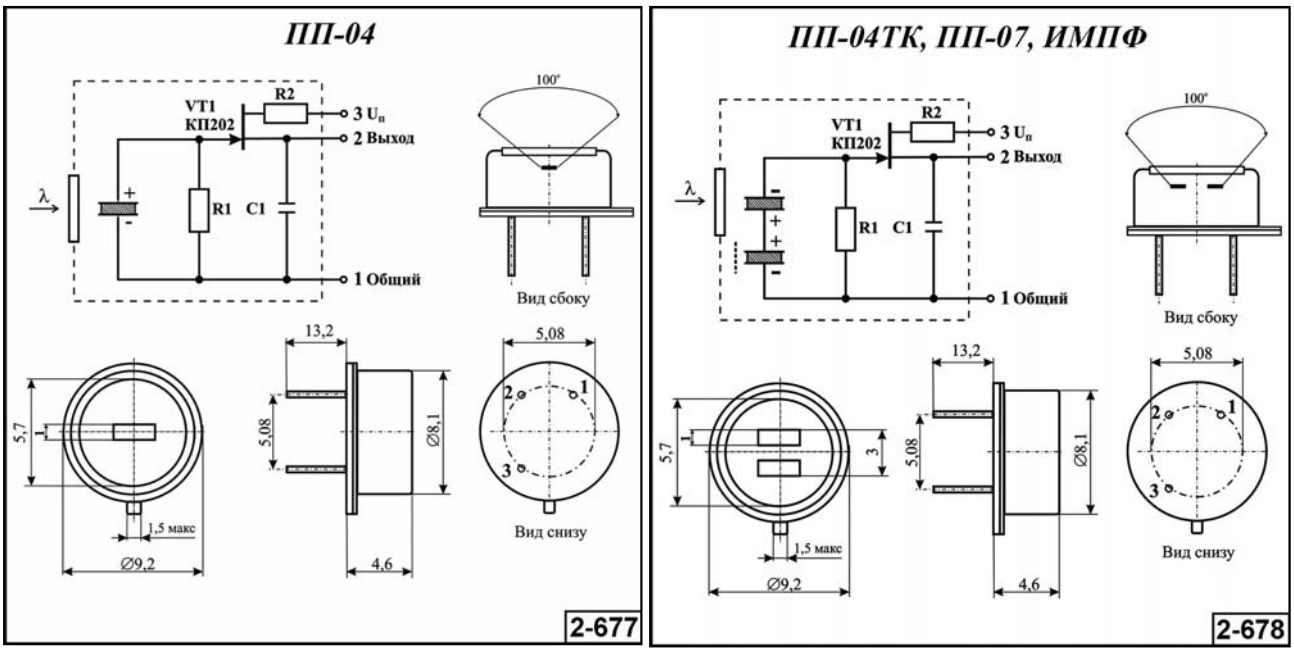


Рис. 2.5.8. Внешний вид и габаритные размеры приемных устройств ПП-04, ПП-04 ТК, ПП-07, ИНПФ

2.5.4.2. Иммерсионные терморезисторные болометры БП-2, БП-2А, БП-2М, БП-2АМ, БП-2МС [Δλ = 2–15 мкм]

Иммерсионные терморезисторные болометры БП-2, БП-2А, БП-2М, БП-2АМ, БП-2МС предназначены для регистрации ИК-излучения в диапазоне 2–15 мкм. Терморезисторные болометры серии БП-2-ХХ представляют собой тепловое приемное устройство (ТПУ).

Состав приемных устройств: чувствительный элемент – сдвоенный терморезистор и дифференциальный усилитель на основе ОУ (типа 544УД или AD706), размещенные в едином металлостеклянном корпусе. В качестве входного окна используется иммерсионная германиевая линза.

Сфера применения: радиометры, приборы для измерения температур в промышленности, аппаратура газового анализа, датчик горизонта на космических аппаратах, системы детектирования перегрева букс железнодорожных вагонов, бесконтактное измерение температуры различных объектов.

Основные параметры тепловых приемных устройств серии БП-2-ХХ приведены в табл. 2.5.7. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.5.9. На рис. 2.5.10 – типовая структурная схема устройства, а на рис. 2.5.11 – угловая характеристика ТПУ.

Таблица 2.5.9. Основные параметры тепловых приемных устройств серии БП-2-ХХ при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Размеры чувствительного элемента, мм (число элементов)	Область спектральной чувствительности, мкм (материал входного окна)	Угол поля зрения, град	Напряжение питания встроенного предусилителя, В, (ток потребления, мА)	Напряжение питания измерительного моста, В	Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	Обнаружительная способность, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	Постоянная времени, с, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более [масса,г, не более]	№ рис.
БП-2	0,12 × 0,12	2–15* (Ge линза)	3	±(15±0,5) $I_п$ = 6 мА)	±15	$2{,}5\cdot10^3$	$4\cdot10^8$	$2{,}3\cdot10^{-3}$	–10...+55	∅ 17,5 × 23,5 [30 г]	2-679
БП-2А	0,12 × 0,12	2–15* (Ge линза)	3	±(15±0,5) $I_п$ = 6 мА)	±15	$4\cdot10^3$	$7\cdot10^8$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	–10...+60	∅ 17,5 × 20,5 [30 г]	2-681

Таблица 2.5.9. (окончание)

Тип прибора	Размеры чувствительного элемента, мм (число элементов)	Область спектральной чувствительности, мкм (материал входного окна)	Угол поля зрения, град	Напряжение питания встроенного предусилителя, В, (ток потребления, мА)	Напряжение питания измерительного моста, В	Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	Обнаружительная способность, см·Гц$^{1/2}$·Вт$^{-1}$, не менее	Постоянная времени, с, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более [масса,г, не более]	№ рис.
БП-2АМ	0,12 × 0,12	2–15* (Ge линза)	3	±(15±0,5) $I_п$ = 6 мА)	±15	$4·10^3$	$7·10^8$	$1,5·10^{-3}$	–10...+60	∅ 17,5 × 20,5 [35 г]	2-682
БП-2М-Э	0,12 × 0,12	2–15* (Ge линза)	3	±(15±0,5) $I_п$ = 6 мА)	±15	$4·10^3$	$7·10^8$	$1,5·10^{-3}$	–10...+60	∅ 17,5 × 28 [40 г]	2-680
БП-2М	0,12 × 0,12	2–15* (Ge линза)	3	±(15±0,5)		$4·10^3$	$7·10^8$	$2,3·10^{-3}$	–10...+55	∅ 17,5 × 23,5 [30 г]	2-679
БП-2МП				±(6–18)	±(7,5±0,5)	$4·10^3$	$8,0·10^8$	$2,3·10^{-3}$	–10...+55		
БП-2МС				±(15±0,5)		$7·10^3$	$8·10^8$	$1,2·10^{-3}$	–10...+55		

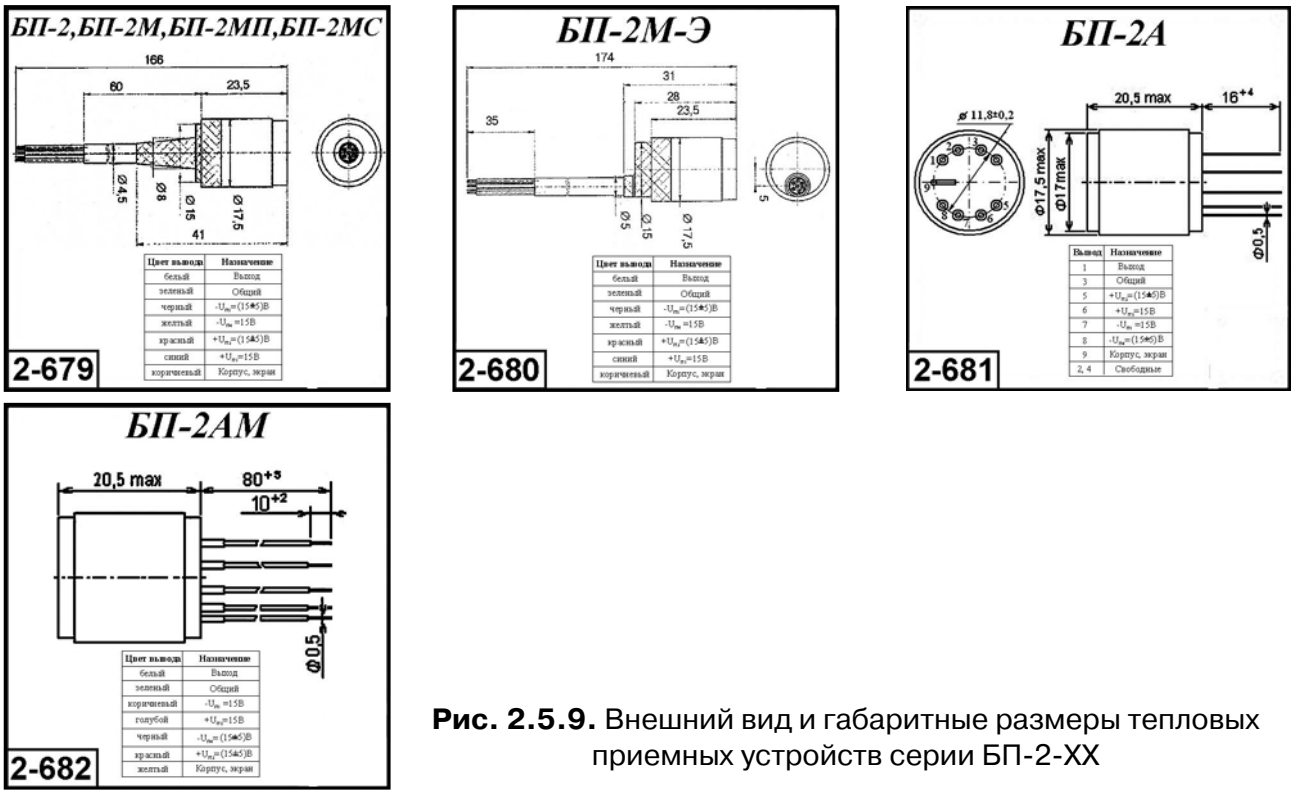


Рис. 2.5.9. Внешний вид и габаритные размеры тепловых приемных устройств серии БП-2-ХХ

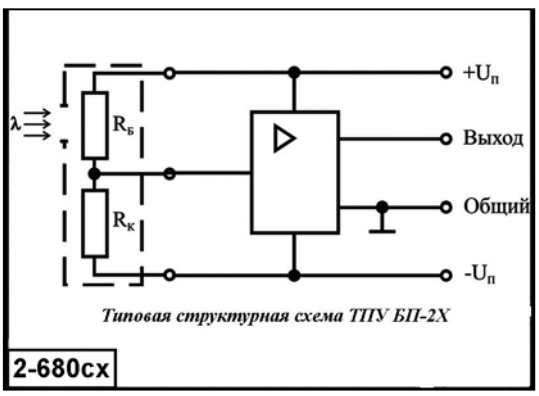


Рис. 2.5.10. Типовая структурная схема ТПУ БП-2-ХХ

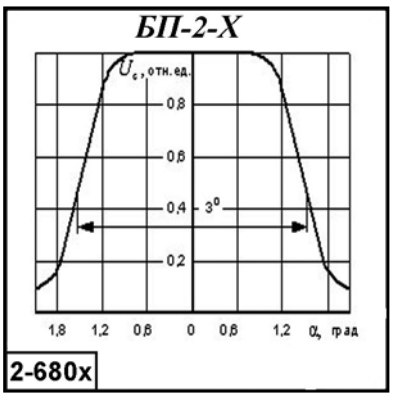


Рис. 2.5.11. Угловая характеристика ТПУ БП-2-ХХ

2.5.4.3. Пироэлектрические приемники БП2-2, БП2-6, БП-7, БП-8, БП-9, БП-9М, БП-10 [$\Delta\lambda$ = 0,5–20 мкм]

Пироэлектрические приемники БП2-2, БП2-6, БП-7, БП-8, БП-9, БП-9М, БП-10 предназначены для регистрации излучения в диапазоне от 0,5 до 50 мкм. Представляют собой тепловые приемные устройства (ТПУ), содержащие один или несколько чувствительных элементов, реализованные на основе титаната-цирконата бария или титаната-цирконата свинца, и предварительный усилитель сигнала на основе полевых транзисторов или операционных усилителей. Все элементы ТПУ располагаются в едином защитном корпусе.

Краткая характеристика ТПУ данной серии.

БП-7 – четырехэлементные (2 × 2) приемники выполнены в виде отдельных модулей, конструкция которых позволяет формировать большие приемные поверхности заданного размера и конфигурации. Встроенные предусилители обеспечивают согласование с аппаратурой и повышают ее помехоустойчивость.

ТПУ БП-7 предназначены для измерения энергетических и пространственно-временных характеристик импульсно-периодического излучения и могут применяться для регистрации, обнаружения и управления параметрами мощного лазерного излучения ИК-диапазона в спектральном диапазоне от 0,5 до 50 мкм.

БП-8 – десятиэлементные линейные приемники также выполнены в виде отдельных модулей, конструкция которых позволяет формировать большие приемные поверхности заданного размера и конфигурации. Встроенные предусилители обеспечивают согласование с аппаратурой и повышают ее помехоустойчивость.

ТПУ БП-8 предназначены для измерения энергетических и пространственно-временных характеристик импульсно-периодического излучения и могут применяться для регистрации, обнаружения и управления параметрами мощного лазерного излучения ИК-диапазона в спектральном диапазоне от 0,5 до 50 мкм.

БП-9 и БП-9М одноэлементные приемники с встроенным 2-каскадным предварительным усилителем позволяют реализовать различные варианты включения и в широких пределах варьировать частотный диапазон и величину коэффициента преобразования излучения. Приемники обладают высокой пороговой чувствительностью и рассчитаны на работу в широком диапазоне рабочих температур.

ТПУ БП-9 и БП-9М могут использоваться для решения самых разнообразных задач, связанных с измерением ИК-излучения среднего и дальнего диапазонов (0,5–20 мкм).

БП-10 имеет чувствительный элемент поперечного типа без поглощающего покрытия с малой герметической емкостью и встроенным усилителем тока, обеспечивающим быстродействие приемника 10–8 с. Конструктивное исполнение предусматривает также работу приемника без усилителя с постоянной времени на согласованной нагрузке, 50 Ом – 10–10 с.

ТПУ БП-10 предназначен для измерения мощности и воспроизведения формы импульсов излучения среднего и дальнего ИК-диапазонов (0,5–20 мкм).

Приемники указанной серии могут изготавливаться в различных исполнениях: с различными размерами чувствительного элемента и материала входного окна. В качестве материала входного окна могут быть использованы: германий, сапфир, кремний, селенид цинка, кварц и т. д.

Основные параметры ТПУ серий БП-7–БП-10 приведены в табл. 2.5.10. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.5.12. На рис. 2.5.13 – электрические схемы БП-9 и БП-10.

Таблица 2.5.10. Основные параметры тепловых приемных устройств серии БП-2–БП-10 при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Размеры чувствительного элемента, мм (число элементов); [тип мат. ЧЭ]	Область спектральной чувствительности, мкм (материал входного окна) [угол поля зрения]	Uнапряжение питания, В	Выходное сопротивление, Ом, не более	Вольтовая чувствительность, В/Вт, не менее	Обнаружительная способность, см·Гц$^{1/2}$Вт$^{-1}$, не менее	Порог чувствительности в единичной полосе, Вт·Гц$^{-1/2}$, не более	Постоянная времени, с, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более [масса, г, не более]	№ рис.
БП2-2	∅ 1 [ТЦБ]	1,8–20 (Ge)	15±1	$1\cdot10^4$	300 В/Вт (573 °К, 20 Гц);	$5\cdot10^8$ (573 °К, 20 Гц);	–	$1{,}5\cdot10^{-2}$	–10...+55	∅ 9,9 × 15,5 [5 г]	2-683
БП2-6	∅ 0,3 [ТЦБ]	1,8–20 (Ge линза) [3°]	15±1	$1\cdot10^4$	750 В/Вт (573 °К, 10 Гц)	$5\cdot10^7$ (573 °К, 20 Гц);	–	$1\cdot10^{-2}$	–60...+60	∅ 17 × 34 [10 г]	2-684
БП-7	4 × 4 (2 × 2 эл.) зазор – 0,4 мм [ТЦС]	0,5–20 или 0,5–50 [без окна]	±(15±0,5)	–	250 В/Вт (573 °К, 20 Гц); 0,4 мкА/Вт	–	10^{-8} Дж	$(0{,}1–1)\cdot10^{-3}$	–1...+55	14 × 14 × 27	2-685
БП-8	4 × 4 (10 × 1 эл.) зазор – 0,4 мм [ТЦС]	0,5–20 или 0,5–50 [без окна]	±(15±0,5)	–	250 В/Вт (573 °К, 20 Гц); 0,4 мкА/Вт	–	10^{-8} Дж	$(0{,}1–1)\cdot10^{-3}$	–1...+55	44 × 30 × 5	2-686
БП-9	∅ 3 [ТЦС]	0,5–20 (ZnSe)	±(15±0,5)	–	900 В/Вт (573 °К, 20 Гц); 0,55 мкА/Вт	–	$5\cdot10^{-8}$ Вт/Гц$^{1/2}$; 10^{-8} Дж	$2\cdot10^{-2}$	–45...+55	∅ 14,5 × 19,5 × 10	2-687
БП-9М	∅ 3 [ТЦС]	0,5–20 (ZnSe)	±(15±0,5)	–	100 В/Вт (573 °К, 20 Гц);	–	$5\cdot10^{-8}$ Вт/Гц$^{1/2}$; 10^{-8} Дж	0,12	–45...+55	∅ 14,5 × 19,5 × 10	2-687
БП-10	4 × 4 [ТЦС]	0,5–20 (ZnSe)	6±1	–	$5\cdot10^{-4}$ В/Вт; 0,024 мкА/Вт	–	–	$1\cdot10^{-10}$	–45...+55	∅ 14,5 × 19,5 × 10	2-687

Примечание: ТЦБ – элемент из титаната-цирконата бария; ТЦС – элемент из титаната-цирконата свинца.

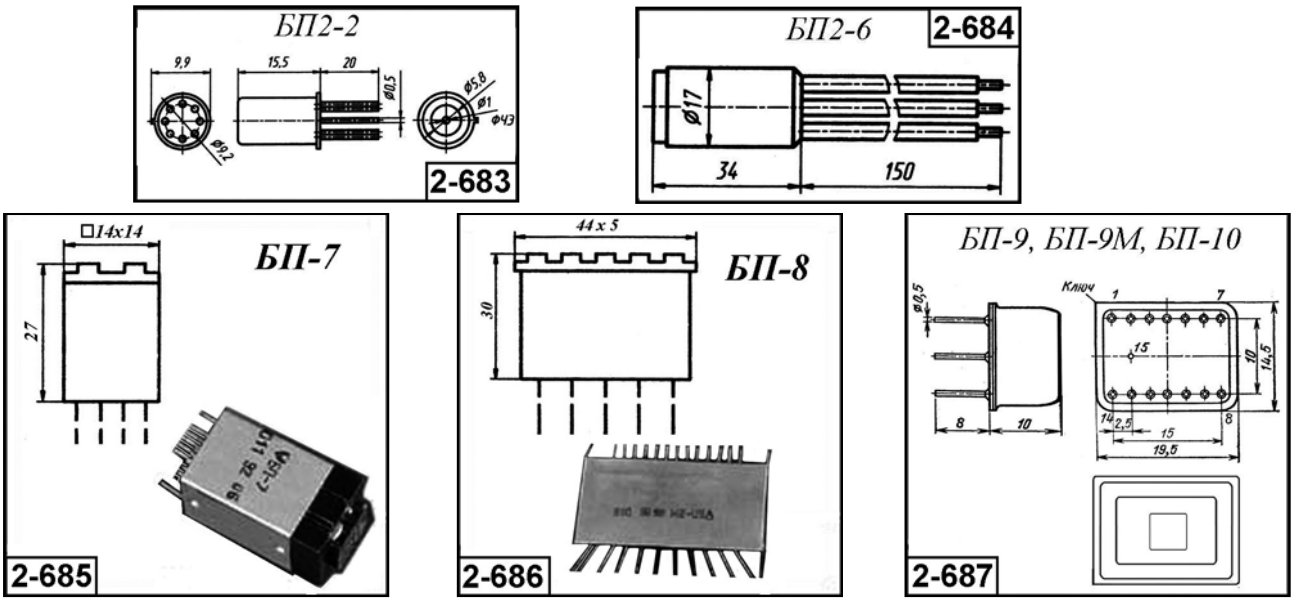


Рис. 2.5.12. Внешний вид и габаритные размеры ТПУ:
БП2-2, БП2-6, БП-7, БП-8, БП-9 и БП-10

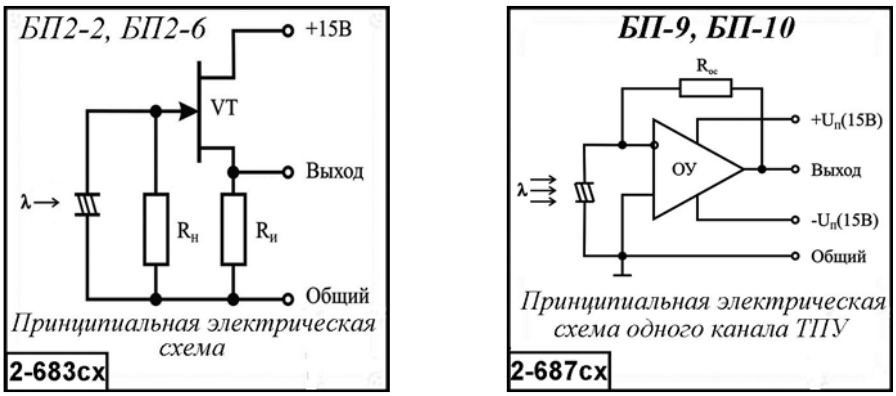


Рис. 2.5.13. Электрические схемы ТПУ: БП2-2 и БП2-6; БП-9 и БП-10

2.5.4.4. Тепловые приемные устройства МГ-30А (Б,В), МГ-32, МГ-32А, МГ-33, МГ-33-01, МГ-33-02, МГ-33-03 [$\Delta\lambda$ = 2–20 мкм]

Приемные устройства МГ-30А (Б, В), МГ-32, МГ-33, МГ-33-01, МГ-33-02, МГ-33-03 предназначены для регистрации излучения в диапазоне от 2 до 20 мкм. Приемные устройства представляют собой тепловые приемные устройства (ТПУ), содержащие чувствительный элемент, реализованный на основе титаната-цирконата бария, и предварительный усилитель сигнала. ТПУ размещаются в герметичных стандартных металлостеклянных корпусах с входным окном из просветленнного германия или кремния.

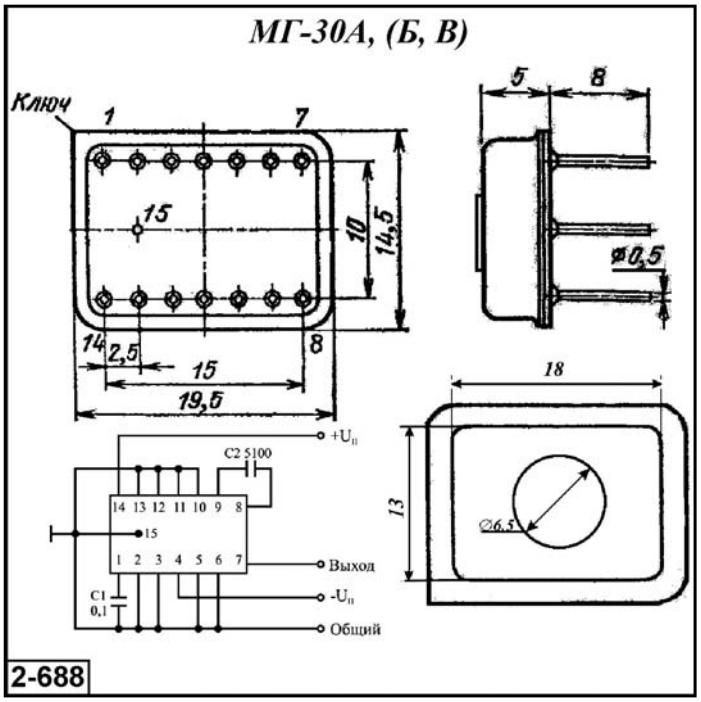
Основные параметры тепловых приемных устройств серии МГ-30-XX приведены в табл. 2.5.11. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.5.14. На рис. 2.5.15 указаны относительнвые спектральные характеристики ТПУ.

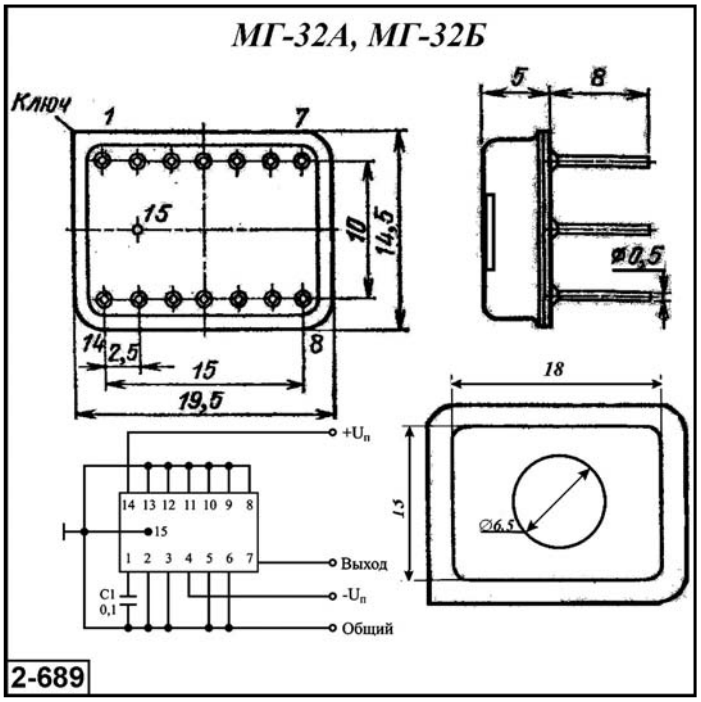
Таблица 2.5.11. Основные параметры тепловых приемных устройств МГ-30, МГ-32, МГ-33, МГ-33-01, МГ-33-02, МГ-33-03

Параметр, единица измерения	Тип прибора / Норма параметра								
	МГ-30А	МГ-30Б	МГ-30В	МГ-32	МГ-32А	МГ-33	МГ-33-01	МГ-33-02	МГ-33-03
Размер чувствительной площадки, мм	1 × 1			1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1
Область спектральной чувствительности, мкм (материал входного окна)	2–20 (Ge)			8–14 (Ge просв)	8–14 (Ge просв)	2–20 (Ge)	4.28±0.5 (Si фильтр)	3.36±0.5 (Si фильтр)	3.85±0.5 (Si фильтр)
Угол зрения, град, не более	90					60			
Вольтовая чувствительность (573, 125, 1), В/Вт, не менее	$1{\cdot}10^3$ (573,250,1)			$(4–12){\cdot}10^3$	$(4–12){\cdot}10^3$	$1{\cdot}10^5$	$1{\cdot}10^5$	$1{\cdot}10^5$	$9{\cdot}10^4$
Порог в единичной полосе частот, Вт·Гц$^{1/2}$, не более	$2{\cdot}10^{-9}$	$5{\cdot}10^{-9}$	$7{\cdot}10^{-9}$	$7{\cdot}10^{-9}$	$5{\cdot}10^{-10}$	$1{,}5{\cdot}10^{-9}$	–	–	–
Обнаружительная способность, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см, не менее	–			–	–	–	$2{\cdot}10^8$	$1{,}6{\cdot}10^8$	$1{,}6{\cdot}10^8$
Постоянная времени, с	$(3–5){\cdot}10^{-4}$								
Полоса пропускания, Гц, не менее	50–500 Гц			50–500 Гц	50–500 Гц	200	200	150	150
Максимальное выходное напряжение, В, не менее	–			–	–	3,0	3,0	3,0	3,0
Выходное сопротивление, Ом, не более	50			50	50	–	–	–	–
Напряжение питания, В	±12 (или 4,75–5,5)			±12	±12	±(1,5–5)	±(1,5–5)	±(1,5–5)	±(1,5–5)

Таблица 2.5.11. (окончание)

Параметр, единица измерения	Тип прибора / Норма параметра								
	МГ-30А	МГ-30Б	МГ-30В	МГ-32	МГ-32А	МГ-33	МГ-33-01	МГ-33-02	МГ-33-03
Потребляемая мощность, Вт, не более	0,15			0,15	0,15	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Диапазон рабочих температур, °С	–45 ...+ 55			–45 ...+ 55	–60 ...+ 55	–40...+ 55	–40...+ 55	–40...+ 55	–40...+ 55
Габаритные размеры корпуса, мм, не более	14,5 × 19,5 × 5			14,5 × 19,5 × 5	14,5 × 19,5 × 5	∅ 9,6 × 6,6	∅ 9,6 × 6,6	∅ 9,6 × 6,6	∅ 9,6 × 6,6
Масса, г, не более	4,5			4,5	4,5	2,2	2,2	2,2	2,2
№ рисунка	2-688			2-689			2-690		





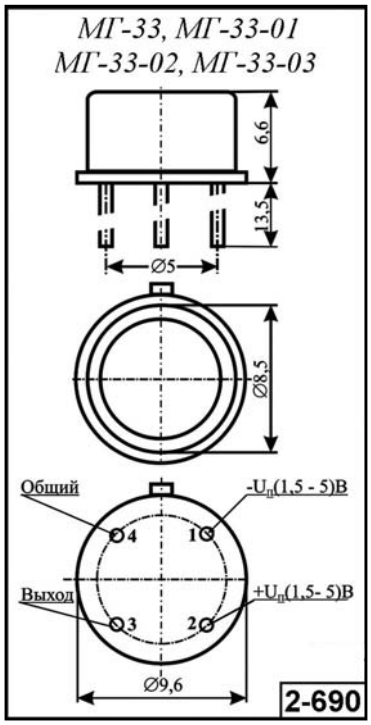


Рис. 2.5.14. Внешний вид и габаритные размеры ТПУ: МГ-30, МГ-32 и МГ-33

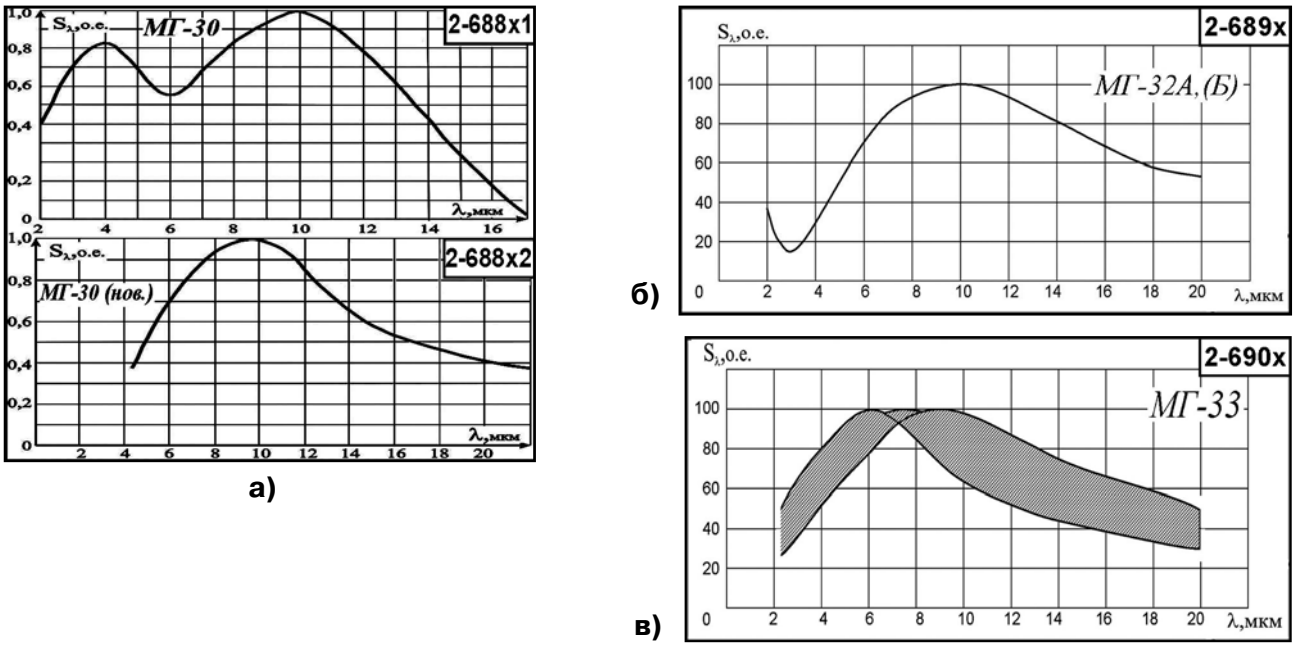


Рис. 2.5.15. Относительные спектральные характеристики ТПУ:
а – МГ-30; б – МГ-32; в – МГ-33

2.5.4.5. Тепловые приемные устройства ФПУ-74, ФПУ-74-01, ФПУ-76-01, ФПУ-76-02, ФПУ-76-03 [Δλ = 3,3–20 мкм]

Приемные устройства ФПУ-74, ФПУ-74–01, ФПУ-76-01, ФПУ-76-02, ФПУ-76-03 предназначены для регистрации излучения в диапазоне от 2 до 20 мкм.

Приемные устройства представляют собой тепловые приемные устройства (ТПУ), содержащие чувствительный элемент, реализованные на основе титаната-цирконата бария, и предварительный усилитель сигнала. ТПУ размещаются в герметичных стандартных металлостеклянных корпусах типа КТ-3 и КТ-2-23. В крышке корпуса имеется германиевое окно с просветляющим покрытием, обеспечивающее максимум пропускания в рабочем диапазоне длин волн.

Приемные устройства ФПУ-76-01, ФПУ-76-02, ФПУ-76-03 являются двухканальными двухспектральными приемниками излучения.

Основные параметры тепловых приемных устройств серий ФПУ-74–ФПУ-76 приведены в табл. 2.5.12. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 2.5.16 и 2.5.17.

Таблица 2.5.12. Основные параметры тепловых приемных устройств ФПУ-74, ФПУ-74-01, ФПУ-76-01, ФПУ-76-02, ФПУ-76-03

Параметр, единица измерения	Тип прибора							
	ФПУ-74	ФПУ-74-01	ФПУ-76-01		ФПУ-76-02		ФПУ-76-03	
			канал А	канал Б	канал А	канал Б	канал А	канал Б
Размер чувствительной площадки, мм	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1	1 × 1
Область спектральной чувствительности, мкм	8–20	14,2–16,2	4,25±0,5	3,85±0,5	3,36±0,5	3,63±0,5	3,31±0,5	3,63±0,5
Вольтовая чувствительность (573 К, 125, 1), В/Вт, не менее	$4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$		$9 \cdot 10^4$		$9 \cdot 10^4$	
Порог в единичной полосе частот, Вт·Гц$^{1/2}$, не более	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-10}$	–		–		–	
Обнаружительная способность, Вт$^{-1}$·Гц$^{1/2}$·см, не менее	–	–	$1{,}6 \cdot 10^8$		$1{,}6 \cdot 10^8$		$1{,}6 \cdot 10^8$	

Таблица 2.5.12. (окончание)

Параметр, единица измерения	Тип прибора							
	ФПУ-74	ФПУ-74-01	ФПУ-76-01		ФПУ-76-02		ФПУ-76-03	
			канал А	канал Б	канал А	канал Б	канал А	канал Б
Полоса пропускания, Гц, не менее	200	200	120		120		120	
Максимальное выходное напряжение, В, не менее	3,0	3,0	3,0		3,0		3,0	
Выходное сопротивление, Ом, не более	50	50	50		50		50	
Напряжение питания, В	±(1,5–5)		±(3–5)		±(3–5)		±(3–5)	
Потребляемая мощность, Вт, не более	0,05	0,05	0,0025		0,0025		0,0025	
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50	–50...+50	–45...+55		–40...+55		–40...+55	
Габаритные размеры корпуса, мм, не более	∅ 9,6 × 6,6	∅ 9,6 × 6,6	∅ 9,6 × 6,6		∅ 9,6 × 6,6		∅ 9,6 × 6,6	
Масса, г, не более	2,0		2,2		2,2		2,2	
№ рисунка	2-691		2-692					

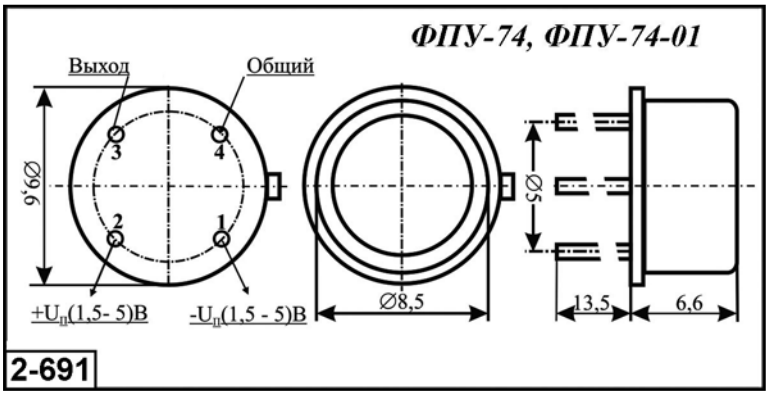


Рис. 2.5.16. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-74

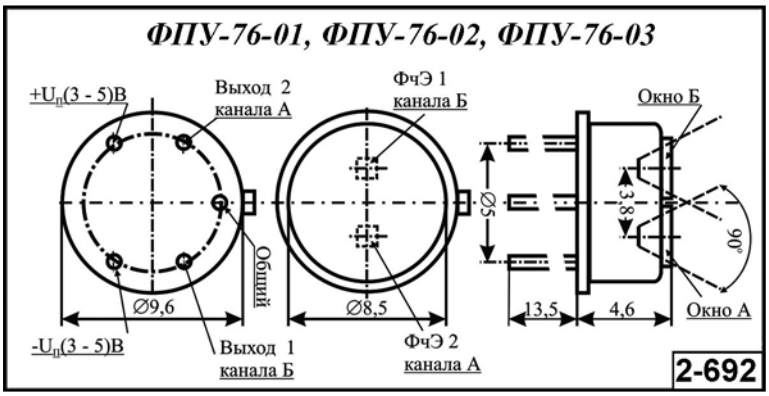


Рис. 2.5.17. Внешний вид и габаритные размеры ФПУ-76

2.5.4.6. Матричные пироэлектрические приемники излучения МПЭПИ-25, МПЭПИ-100 [Δλ = 0,4–25 мкм]

Матричные пироэлектрические приемники излучения МПЭПИ-25 и МПЭПИ-100 предназначены для исследования энергетических и временных характеристик по профилю пучков лазеров в импульсном и непрерывном режимах в диапазоне длин волн от 0,4 до 25 мкм.

Приемники представляют собой многоканальные тепловые приемные устройства (ТПУ). Каждый канал ТПУ состоит из пироэлектрического приемника излучения поперечного типа с чувствительным элементом в виде полого клина и согласующего каскада, выполненного по схеме истокового повторителя на полевом транзисторе.

Основные параметры тепловых приемных устройств серий МПЭПИ-25 и МПЭПИ-100 приведены в табл. 2.5.13. Основные типы конструкций матриц пироприемников показаны на рис. 2.5.18. На рис. 2.5.19 дана типовая электрическая схема одного канала матрицы.

Таблица 2.5.13. Основные параметры матричных пироэлектрических приемников излучения МЭПИ-25 и МПЭПИ при температуре 20±5 °С

Тип приемника	Площадь чувствительного элемента, мм²	Суммарная площадь чувствительного элемента, мм²	Число элементов	Коэффициент преобразования, В/Дж	Постоянная времени, с	Коэффициент связи,%	Коэффициент заполнения, %	Пороговый поток, Дж·Гц$^{-1/2}$
МПЭПИ-25	10 × 10	50 × 50	25	10	$1 \cdot 10^{-8}$	3	65	$5 \cdot 10^{-6}$
МПЭПИ-100	10 × 10	100 × 100	100	8	$1 \cdot 10^{-8}$	3	65	$6 \cdot 10^{-6}$

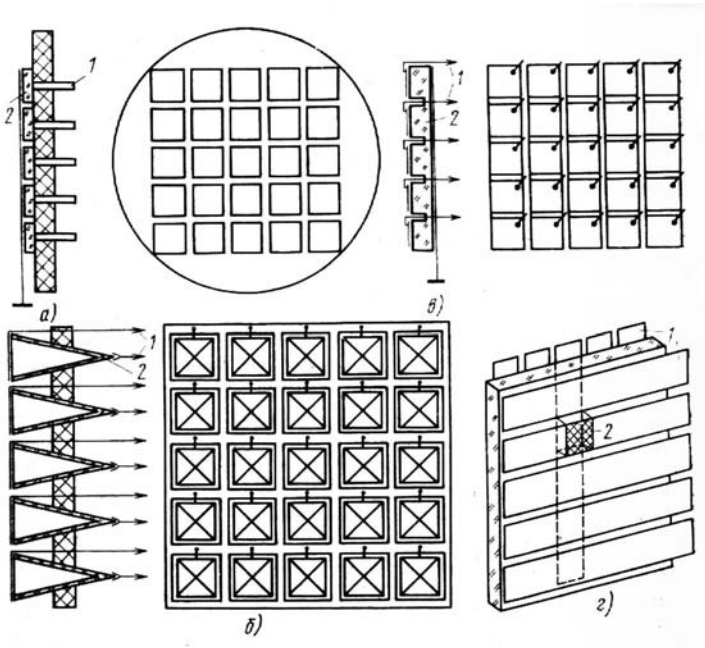


Рис. 2.5.18. Основные типы конструкций матриц пироприемников: а – набор плоских, одиночных приемников; б – набор клинообразных, одиночных примников типа АЧТ; в – набор линеек приемников; г – кросс-матрица; 1 – электроды; 2 – приемный элемент

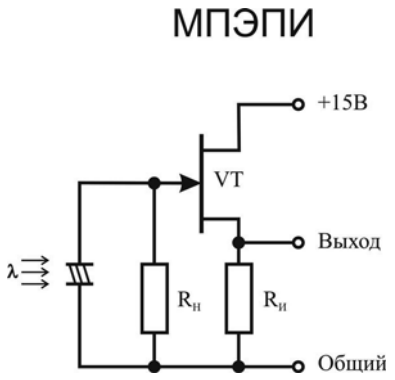


Рис. 2.5.19. Типовая электрическая схема одного канала матрицы

2.5.4.7. Матричные термоэлектрические приемники излучения КТМ-10/25, КТМ-16/25, КТМ-50/19, КТМ-100/25, КТМЛ -20/30 [$\Delta\lambda$ = 4–300 мкм]

Многоэлементные мозаичные приемники КТМ-10/25, КТМ-16/25, КТМ-50/19, КТМ-100/25, КТМЛ-20/30 предназначены для исследования пространственного и спектрального распределений излучения импульсных ОКГ.

Каждая ячейка мозаики содержит приемную площадку с термопарой или батареей термопар. При достаточно большой площади используются термобатареи из хромеля и копеля.

Холодные концы монтируются на медном цилиндре, который установлен на массивном металлическом корпусе. При размерах приемной площадки менее 3 × 3 мм ис-

пользуется одна термопара. Ветви термопары крепятся на медных полуцилиндрических штырьках, расположенных в диэлектрической плате. Штырьки необходимо размещать на площади, меньшей приемной площадки, во избежание их засветки измеряемым излучением. Кольцевые и секторные приемные площадки предназначены для исследования энергетической расходимости пучков излучения. Линейное расположение чувствительных элементов используется при исследовании спектрального состава излучения.

При ширине приемной площадки менее 1 мм элементы монтируются на специальной печатной плате. Разброс чувствительности мозаичных элементов не превосходит 25%. В КМТ-100/25 и КМТ-50/19 для выравнивания чувствительности применяются тепловые шунты; разброс чувствительности не превышает 4%. Приемники характеризуются коэффициентом заполнения, равным отношению общей площади мозаики к суммарной площади приемных площадок без учета зазоров между ними. При близком расположении соседних приемных площадок наблюдается теплообмен, влияющий на работу ячеек.

Основные параметры мозаичных приемников приведены в табл. 2.5.14.

Таблица 2.5.14. Основные параметры матричных термоэлектрических приемников излучения КТМ-10/25, КТМ-16/25, КТМ-50/19, КТМ-100/25, КТМЛ-20/30 при температуре 20±5 °С

Тип термоэлемента	Площадь чувствительного элемента, мм²	Суммарная площадь чувствительного элемента, мм²	Число элементов	Коэффициент преобразования, В/Дж	Постоянная времени, с	Коэффициент связи,%	Коэффициент заполнения,%
КТМ-10/25	1 × 1	10 × 10	25	0,9	0,9	3	30
КТМ-16/25	2 × 2	16 × 16	25	0,4	0,7	3	40
КТМ-50/19	65	∅ 50	19	0,1	4,3	3	90
КТМ-100/25	17 × 17	100 × 100	25	0,046	5	3	70
КТМЛ-20/30	8 × 0,5	8 × 22	30	0,8	0,8	3	70

Часть 3

ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

3.1. ФОТОЭЛЕМЕНТЫ ВАКУУМНЫЕ

Принцип действия вакуумных фотоэлектронных приборов основан на так называемом внешнем фотоэффекте. К таким приборам относятся: вакуумные фотоэлементы и фотоумножители.

Спектральная характеристика вакуумного фотоэлектронного прибора определяется типом фотокатода, его толщиной, материалом подложки и окна (баллона) прибора. Наиболее часто встречающиеся типы фотокатодов приведены в табл. 3.1.1, а их относительные спектральные характеристики – на рис. 3.1.1.

Таблица 3.1.1. Характеристика наиболее распространенных типов фотокатодов

Обозначение спектральной характеристики	Область спектральной чувствительности, мкм	Максимум спектральной характеристики, мкм	Тип фотокатода
С-1	0,4–1,2	0,75±0,1	Серебряно-кислородно-цезиевый (AgOCs)
С-2	0,35–0,7	0,45±0,05	Сурьмяно-цезиевый (SbCs) массивный
С-3	0,2–0,65	0,38±0,05	Сурьмяно-цезиевый (SbCs) с увиолевым окном
С-4	0,32–0,65	0,44±0,04	Сурьмяно-цезиевый (SbCs) полупрозрачный
С-5	0,32–0,75	0,49±0,05	Висмуто-серебряно-цезиевый (BiAgCs)
С-6	0,32–0,62	0,39±0,05	Сурьмяно-цезиевый (SbCs) на металлической подложке
С-7	0,3–0,8	0,5±0,05	Висмуто-серебряно-цезиевый (BiAgCs)
С-8	0,3–0,8	0,44±0,04	Многощелочной (SbKNaCs)
С-9	0,160–0,650	0,34±0,05	Сурьмяно-кислородно-цезиевый [SbCs (O)] с кварцевым окном
С-10	0,16–0,65	0,225±0,01	Магниевый (Mg) с увиолевым окном
С-11	0,3–0,85	0,43±0,05	Многощелочной (SbKNaCs) полупрозрачный
С-12	0,2–0,65	0,42±0,05	Сурьмяно-кислородно-цезиевый [SbCs (O)]
С-13	0,2–0,85	0,4±0,05	Многощелочной (SbKNaCs) с увиолевым окном
С-14	0,2–0,34	0,285±0,025	Теллурид-цезиевый ($TeCs_2$)
С-15	0,16–0,65	0,39±0,05	Сурьмяно-цезиевый (SbCs) на кварцевой подложке

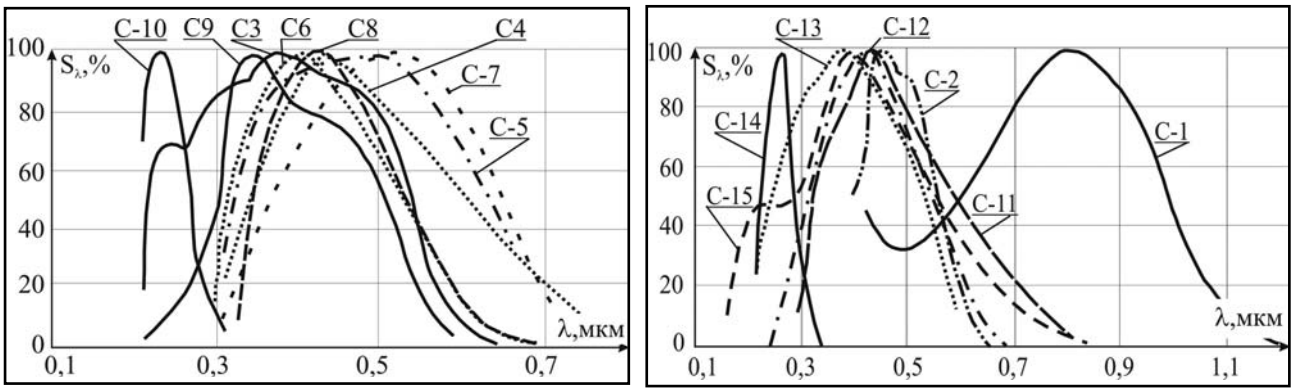


Рис. 3.1.1. «Стандартные» характеристики спектральной чувствительности фотокатодов

3.1.1. Фотоэлементы вакуумные для регистрации излучения в диапазоне 0,12–1,1 мкм

Основными областями применения вакуумных фотоэлементов являются фотометрические, спектрометрические и колориметрические устройства для измерения излучения ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов спектра в различных системах автоматики, а также в звуковоспроизводящей и контрольно-измерительной аппаратуре. Такие области применения фотоэлементов обусловлены линейностью их световой и частотной характеристик в широком диапазоне изменения освещенностей и длительностей оптических сигналов.

Последнее свойство фотоэлементов позволило их применять для регистрации коротких световых сигналов в квантовой электронике, ядерной физике, импульсной фотометрии и нелинейной оптике.

Стабильность выходных сигналов в процессе длительной работы позволяет использовать их в измерительных устройствах, не требующих частых градуировок. Наибольшее применение для этих задач находят фотоэлементы Ф-9, Ф-10, Ф-13, Ф-15 и др. Для измерения импульсных оптических сигналов используются следующие типы фотоэлементов: Ф-16, Ф-18, Ф-21, Ф-22, Ф-32 и др.

Фотоэлемент Ф-29 предназначен для регистрации ультрафиолетового излучения (диапазон спектральной чувствительности 0,12–0,3 мкм). Фотоэлемент Ф-23, имеющий кислородно-серебряно-цезиевый фотокатод, может работать как в видимой, так и в ближней инфракрасной (до 1,1 мкм) области спектра.

Фотоэлементы типа СЦВ-3, СЦВ-4, СЦВ-51, ЦГ-1, ЦГ-3, ЦГ-4 использовались в киноаппаратуре.

Для регистрации модулированных высокими частотами оптических сигналов необходимо, чтобы выходной ток фотоэлементов был достаточно большой. Эта задача решается путем использования сильноточных (пиковое значение тока в импульсе может достигать десятков ампер), высокочастотных фотоэлементов с коаксиальным выходом. Особенностями этих элементов являются высокое рабочее напряжение (до 1000 В) и специальное конструктивное исполнение (высокочастотный электрический соединитель, изоляционные диэлектрические прокладки между корпусом и вкладышем).

Основные параметры обычных фотоэлементов приведены в табл. 3.1.2 и 3.1.3, а фотоэлементов с коаксиальным выходом, предназначенных для регистрации коротких световых импульсов, – в табл. 3.1.4 и 3.1.5. Габаритные размеры и относительные спектральные характеристики чувствительности фоторезисторов приведены на рис. 3.1.2–3.1.7.

3.1.1.1. Вакуумные фотоэлементы СЦВ-3, СЦВ-4, СЦВ-6, СЦВ-51, СЦГ-51, ЦГ-1, ЦГ-3, ЦГ-4, ЦВ-1, ЦВ-3, ЦВ-4, ЦВ-6 [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,7–0,9 мкм]

Основные параметры фотоэлементов приведены в табл. 3.1.2, внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 3.1.2.

Таблица 3.1.2. Основные параметры вакуумных фотоэлементов серий СЦВ и ЦГ при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Размер фотокатода, мм	Расположение входного окна	Тип спектральной характеристики	Чувствительность, S_i, (при потоке), мкА/лм	Темновой ток, I_t, А, не более	Напряжение питания, $U_{пит}$ В, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
СЦВ-3	∅26	боковое	С-2	80 (0,05 лм)	$1\cdot10^{-8}$	240 (300)	–10...+40	∅26 × 62	12	3-001
СЦВ-4	∅38	боковое	С-2	80 (0,02–0,05 лм)	$1\cdot10^{-7}$	240 (300)	–10...+40	∅38,5 × 125	60	3-004
СЦВ-6	прямоугольник	боковое	С-2	80	$5\cdot10^{-11}$	30	+10...+30	∅20 × 120	–	3-003
СЦВ-51	∅30	боковое	С-2	80 (0,02–0,05 лм)	$1\cdot10^{-8}$	240 (300)	–10...+40	∅30 × 63	14	3-002
СЦГ-51	∅30	боковое	С-6	150	–	180	+10...+30	∅30 × 63	14	3-002
ЦГ-1	∅45	боковое	С-1	75	$1\cdot10^{-7}$	240 (300)	–10...+40	66 × 131	55	3-005
ЦГ-3	∅26	боковое	С-1	100	$1\cdot10^{-7}$	240 (300)	–10...+40	∅30 × 62	15	3-001
ЦГ-4	∅38	боковое	С-1	100	$1\cdot10^{-7}$	240 (300)	–10...+40	∅39,5 × 129	48	3-004
ЦВ-1	∅45	боковое	С-1	20	–	–	+10...+30	∅55 × 125	–	3-005
ЦВ-3	∅26	боковое	С-1	20	$1\cdot10^{-7}$	240	+10...+30	∅26 × 62	12	3-001
ЦВ-4	∅38	боковое	С-1	20	$1\cdot10^{-7}$	240	+10...+30	∅38,5 × 125	60	3-004
ЦВ-6	прямоугольник	боковое	С-1	н/д	$5\cdot10^{-11}$	30	+10...+30	∅20 × 120	–	3-003

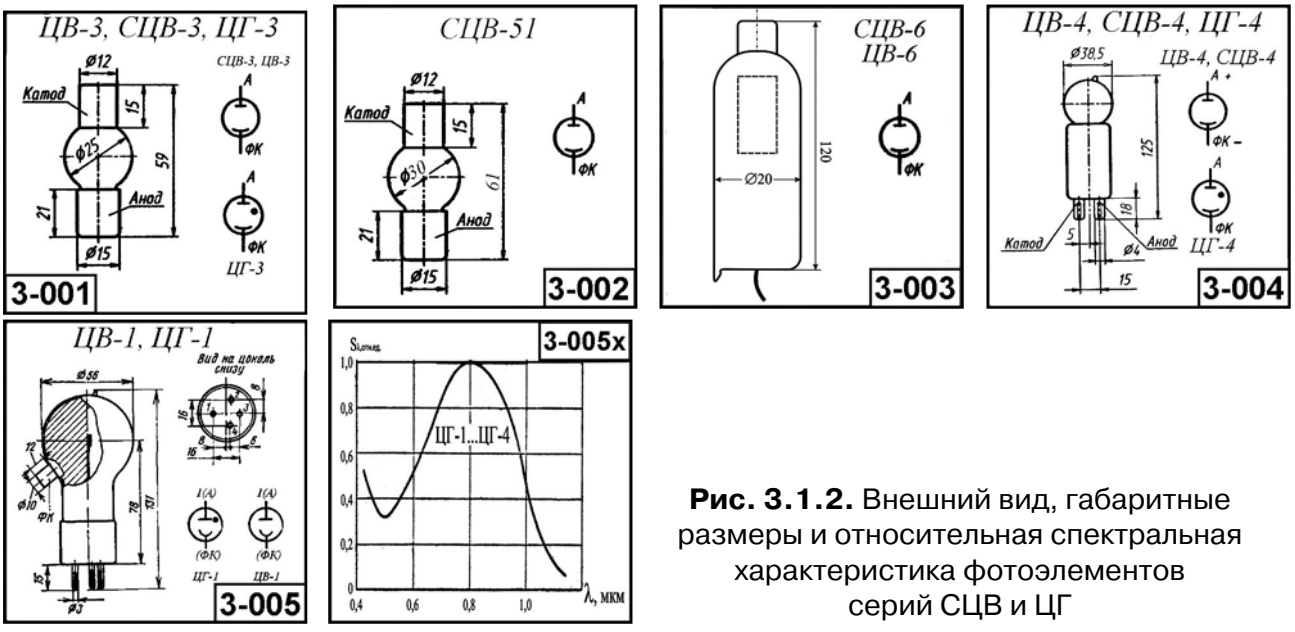


Рис. 3.1.2. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотоэлементов серий СЦВ и ЦГ

3.1.2. Вакуумные фотоэлементы Ф-1, Ф-2, Ф-3, Ф-4, Ф-5, Ф-6, Ф-7, Ф-8, Ф-9, Ф-10, Ф-13, Ф-15, Ф-16, Ф-17, Ф-18, Ф-19, Ф-21, Ф-22, Ф-23, Ф-25, Ф-26, Ф-27, Ф-28, Ф-29, Ф-30, Ф-31, Ф-32, Ф-36 [$\Delta\lambda = 0{,}35–0{,}6$; $\lambda_{макс} = 0{,}38–0{,}8$ мкм]

Основные параметры фотоэлементов приведены в табл. 3.1.3, внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика даны на рис. 3.1.3–31.5.

Таблица 3.1.3. Основные параметры вакуумных фотоэлементов серии Ф-XX при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Размер фотокатода, мм	Расположение входного окна	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм)	$\lambda_{макс}$, мкм	Чувствительность, S_a (при потоке), мкА/лм	Спектральная чувствительность, $S_{(\lambda)a}$ (на длине волны) мкА/Вт, не менее	Темновой ток, $I_т$, А, не более	Напряжение питания, $U_{пит}$ (предельное) В, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис
Ф-1	10 × 25	боковое	С-3 (0,2–0,65)	0,38±0,05	70	39,8 (λ = 0,4 мкм) 3,46 (λ = 0,6 мкм)	$1\cdot10^{-14}$	100 (300)	–10...+40	40 × 103	20	3-006
Ф-2	20 × 12	боковое	С-6 (0,32–0,62)	0,39±0,05	20	–	$1\cdot10^{-8}$ (при 2В)	100 (150)	–10...+55	∅20 × 67	16	3-007
Ф-3	90 мм²	боковое	С-7 (0,3–0,8)	0,5±0,05	100	11 (λ = 0,4 мкм) 0,95 (λ = 0,75 мкм)	$1\cdot10^{-9}$	100 (300)	–10...+40	∅90 × 162	52	3-007а
Ф-4	∅28	боковое	С-3 (0,2–0,65)	0,38±0,05	–	39,8 (λ = 0,4 мкм) 3,46 (λ = 0,6 мкм) при 100В	$5\cdot10^{-11}$	30 (300)	–10...+40	40 × 91	20	3-006
Ф-5	∅25	боковое	С-1 (0,4–1,2)	0,75±0,1	8	0,62 (λ = 0,6 мкм) 0,0124 (λ = 1,1 мкм)	$5\cdot10^{-11}$ (при 30В)	100 (300)	–10...+40	42 × 104	30	3-008
Ф-6	∅25	боковое	С-7 (0,3–0,8)	0,5±0,05	40	8 (λ = 0,4 мкм) 10 (λ = 0,55 мкм) 1,5 (λ = 0,7 мкм)	$1\cdot10^{-11}$ (при 30В)	100 (300)	–15...+35	∅33 × 76	20	3-009
Ф-7	∅28,5	боковое	С-9 (0,16–0,65)	0,34±0,05	–	0,1 (λ = 0,2537 мкм)	$1\cdot10^{-11}$	100 (300)	–10...+40	∅44 × 97	45	3-010
Ф-8	∅26	боковое	С-10 (0,16–0,65)	0,225±0,01	80 (0,05 лм)	–	$1\cdot10^{-8}$	150 (300)	–25...+55	∅26 × 53	25	3-011
Ф-9	∅39	торцевое	С-11 (0,3–0,85)	0,43±0,05	100	5 (λ = 0,75 мкм)	$5\cdot10^{-13}$ (при 60В)	120 (300)	–25...+55	∅40 × 88	25	3-012
Ф-10	∅60	торцевое	С-11 (0,3–0,85)	0,43±0,05	100	30 (λ = 0,4 мкм) 5 (λ = 0,75 мкм)	$1\cdot10^{-12}$	100 (300)	–25...+55	82 × 100	80	3-013
Ф-13	∅27	торцевое	С-11 (0,3–0,85)	0,43±0,05	70	29 (λ = 0,6 мкм) 3,5 (λ = 0,7 мкм)	$1\cdot10^{-13}$	300 (300)	–45...+75	52 × 50	35	3-014
Ф-14	∅25	торцевое	С-9 (0,160–0,65)	0,34±0,05	80	–	$5\cdot10^{-8}$	-150	–10...+55	∅19 × 54,5	10	3-018
Ф-15	9 см²	боковое	С-11 (0,3–0,85)	0,43±0,05	145 (0,02 лм)	35 (λ = 0,4 мкм) 27 (λ = 0,6 мкм) 8 (λ = 0,75 мкм)	$1\cdot10^{-12}$	100 (300)	–10...+55	∅38,5 × 88	25	3-015
Ф-16	∅25	торцевое	С-11 (0,3–0,85)	0,43±0,05	100 (0,05 лм)	5 (λ = 0,75 мкм)	$1\cdot10^{-3}$ (при 20В)	100 (300)	–10...+40	55 × 65	50	3-016
Ф-17	2,5 см²	торцевое	0,16–0,65	–	70	15 (λ = 0,215 мкм) 4 (λ = 0,6 мкм) 40 (λ = 0,4 мкм)	$1\cdot10^{-13}$	100 (300)	–10...+50	55 × 80	50	3-017
Ф-18	∅20	торцевое	0,3–0,65	0,4–0,5	–	Изменение чувствительности с синим фильтром 25% (при E = 10 000 лк)	$1\cdot10^{-8}$	100	–60...+80	38 × 26	20	3-019

Таблица 3.1.3. (окончание)

Тип прибора	Размер фотокатода, мм	Расположение входного окна	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм)	$\lambda_{макс}$, мкм	Чувствительность, S_a (при потоке), мкА/лм	Спектральная чувствительность, $S_{(\lambda}$ (на длине волны) мкА/Вт, не менее	Темновой ток, $I_т$, А, не более	Напряжение питания, $U_{пит}$ (предельное) В, не более	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис
Ф-19	∅20	торцевое	0,2–0,6	0,32–0,42	65	40 (λ = 0,4 мкм) 8 (λ = 0,6 мкм)	$1\cdot10^{-12}$	40 (50)	–10...+50	∅67 × 32	40	3-019а
Ф-21	∅25	торцевое	С-1 (0,4–1,2)	0,75±0,1	8	0,6 (λ = 0,55 мкм) 0,9 (λ = 0,75 мкм) 0,05 (λ = 1,1 мкм)	$3\cdot10^{-10}$	100 (300)	–40...+50	58 × 33	40	3-020
Ф-22	∅25	торцевое	С-11 (0,3–0,85)	0,43±0,05	50	18% (λ = 0,6 мкм) 1% (λ = 0,7 мкм)	$1\cdot10^{-13}$	100 (300)	–40...+70	42 × 37	40	3-021
Ф-23	∅24	торцевое	С-1 (0,4–1,2)	0,75±0,1	10	0,62 (λ = 0,6 мкм) 0,05–0,08 (λ = 1,1 мкм)	$5\cdot10^{-11}$ (при 30В)	100 (300)	–40...+50	42 × 48	50	3-022
Ф-25	3 см²	торцевое	0,3–0,85	–	250	16 мА/Вт (λ = 0,75 мкм)	$8\cdot10^{-13}$	25 (1000)	–40...+50	40 × 50	–	–
Ф-26	10 см²	торцевое	0,21–0,65	–	140	70 мА/Вт (λ = 0,21 мкм)	$2\cdot10^{-13}$	30 (300)	–40...+50	40 × 104	–	–
Ф-27	5,3 см²	торцевое	0,24–0,4	–	–	1,5 мА/Вт (λ = 0,29 мкм)	$2\cdot10^{-12}$	100	–40...+70	32 × 77	–	–
Ф-28	4,9 см²	торцевое	0,4–1,2	–	20	50 (λ = 1,1 мкм)	$3\cdot10^{-13}$	500 (2000)	–40...+70	40 × 35	–	3-023
Ф-29	∅20	торцевое	0,185–0,33	0,22–0,23	–	10 (λ = 0,2375 мкм)	$1\cdot10^{-12}$	–300	–60...+70	36 × 35	30	3-024
Ф-30	∅25	торцевое	С-9 (0,160–0,65)	0,34±0,05	70	60 (λ = 0,42 мкм)	$5\cdot10^{-14}$	100 (300)	–10...+55	40 × 50	30	3-025
Ф-31	∅16	торцевое	С-11 (0,3–0,85)	0,43±0,05	112–160	40 (λ = 0,44 мкм) 17 (λ = 0,65 мкм)	$5\cdot10^{-12}$	–100	–60...+70	24 × 32	16	3-026
Ф-32	3 см²	торцевое	0,215–1,2	0,8	10	120 (λ = 0,53 мкм) 200 (λ = 0,7 мкм) 20 (λ = 1,1 мкм)	$1\cdot10^{-9}$	100 (2000 имп)	–40...+50	35 × 20	16	3-027
Ф-36	3 см²	торцевое	0,3–0,7	0,30–0,46	100	40 (λ = 0,34 мкм)	$5\cdot10^{-14}$	300	–40...+50	∅30 × 32	30	3-028

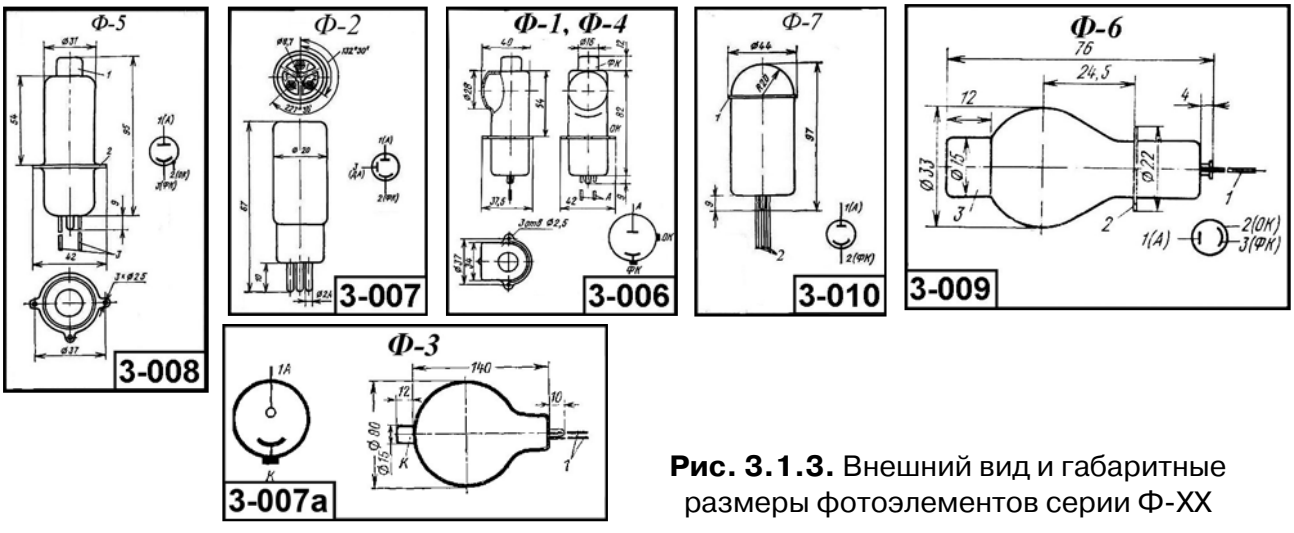


Рис. 3.1.3. Внешний вид и габаритные размеры фотоэлементов серии Ф-ХХ

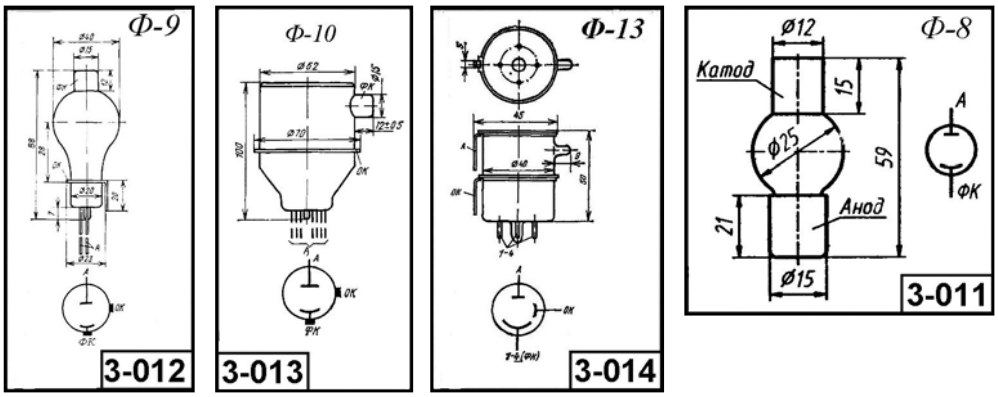
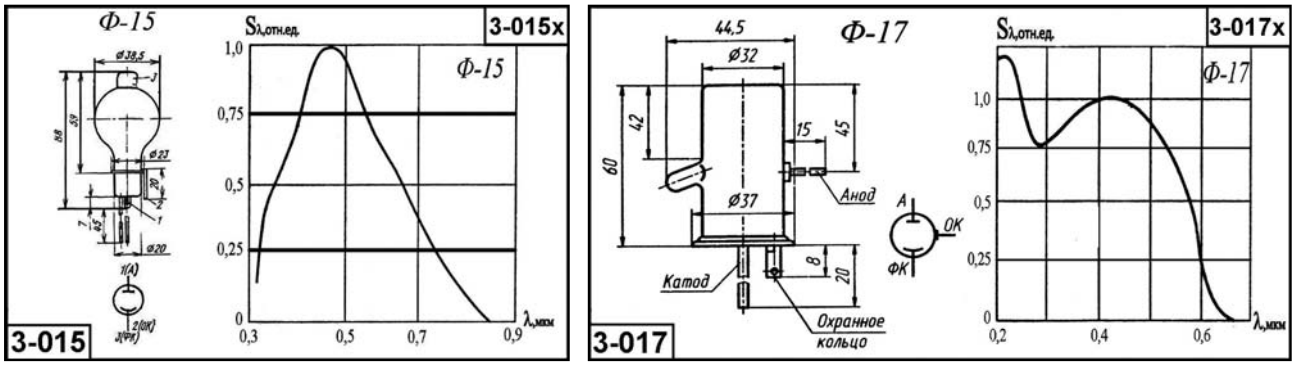


Рис. 3.1.3. Внешний вид и габаритные размеры фотоэлементов серии Ф-XX (окончание)



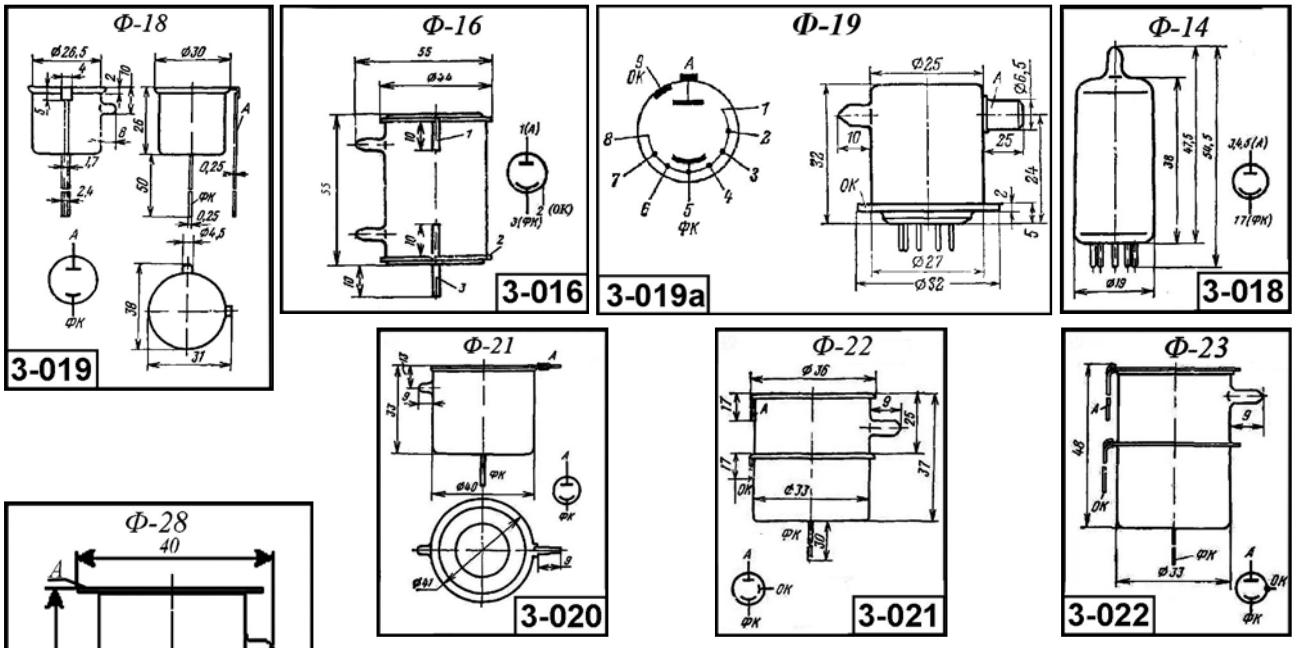


Рис. 3.1.4. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотоэлементов серии Ф-XX



Рис. 3.1.5. Внешний вид, габаритные размеры и относительная спектральная характеристика фотоэлементов серии Ф-XX

3.1.3. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов

Для регистрации коротких световых импульсов (до 10^{-9} с и короче), как правило, применяются фотоэлементы специально разработанной конструкции. В подобных конструкциях расстояние между катодом и анодом уменьшают до нескольких миллиметров, а анодное напряжение увеличивают до 2–2 кВ.

Приборы имеют коаксиальный выход, малую межэлектродную емкость и низкую индуктивность вводов; выходной ток может достигать в импульсе большой величины порядка долей ампера.

Серию сильноточных фотоэлементов с коаксиальным выводом катода и анода обозначают ФЭК.

Устройство нескольких таких фотоэлементов, предназначенных для регистрации лазерного излучения, приведено на рис. 3.1.6. Анод выполняют в виде кольца (рис. 3.1.6а) или плоской сетки (рис. 3.1.6б), баллон металлостеклянный (рис. 3.1.6в), вывод коаксиальный (рис. 3.1.6г).

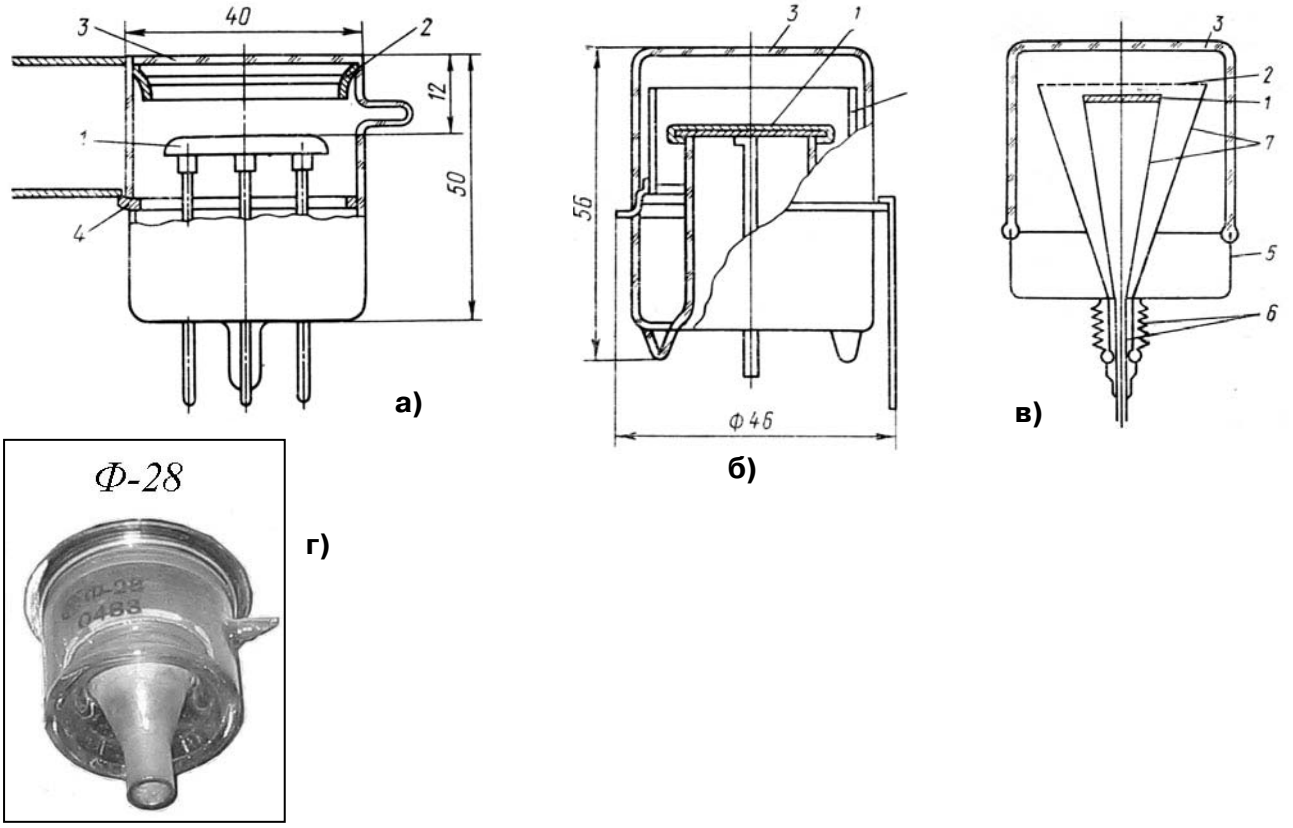


Рис. 3.1.6. Пример конструкции сильноточных импульсных фотоэлементов:
1 – фотокатод; 2 – анод; 3 – входное окно; 4 – охранное кольцо; 5 – металлический корпус; 6 – коаксиальный разъем; 7 – согласующий переход равного волнового сопротивления

3.1.3.1. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов ФЭК-1, ФЭК-II, ФЭК-III, ФЭК-IV, ФЭК-V [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,2 мкм]

Основные параметры фотоэлементов серии ФЭК приведены в табл. 3.1.4А. Внешний вид приборов приведены на рис. 3.1.6А.

Таблица 3.1.4А. Основные параметры фотоэлементов ФЭК-1, ФЭК-II, ФЭК-III, ФЭК-IY, ФЭК-Y при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Площадь фотокатода, см²	Область спектральной чувствительности, мкм	$S_{\lambda max}$, мА/Вт, не менее	$U_р$, В	Длительность фронта импульса, $t_{нар}$, с	Предел линейности световой характеристики, А	Основная погрешность, %, не более	Габаритные размеры, мм [Масса, г]	№ рис.
ФЭК-1	0,2	0,38…1,2 или 0,38…0,65	40 (λ=0,53 мк) 1,5 (λ=0,69 мк) 0,2 (λ=1,06 мк)	1000 (1 режим или 2000 (2 режим)	$3*10^{-11}$	3 (1 режим) 5 (2 режим)	20	∅62 x 85 [300]	3-029А
ФЭК-II	1,35				$5*10^{-11}$	3 (1 режим) 8 (2 режим)		∅85 x 145 [500]	3-029Б
ФЭК-III	12,6				$3*10^{-10}$	7 (1 режим) 18 (2 режим)		∅85 x 145 [500]	3-029Б
ФЭК-IV	24,6				$8*10^{-10}$	8 (1 режим) 20 (2 режим)		∅100 x 145 [800]	3-029В
ФЭК-V	17,6				$5*10^{-9}$	15 (1 режим) 30 (2 режим)		∅210 x 165 [2500]	3-029Г

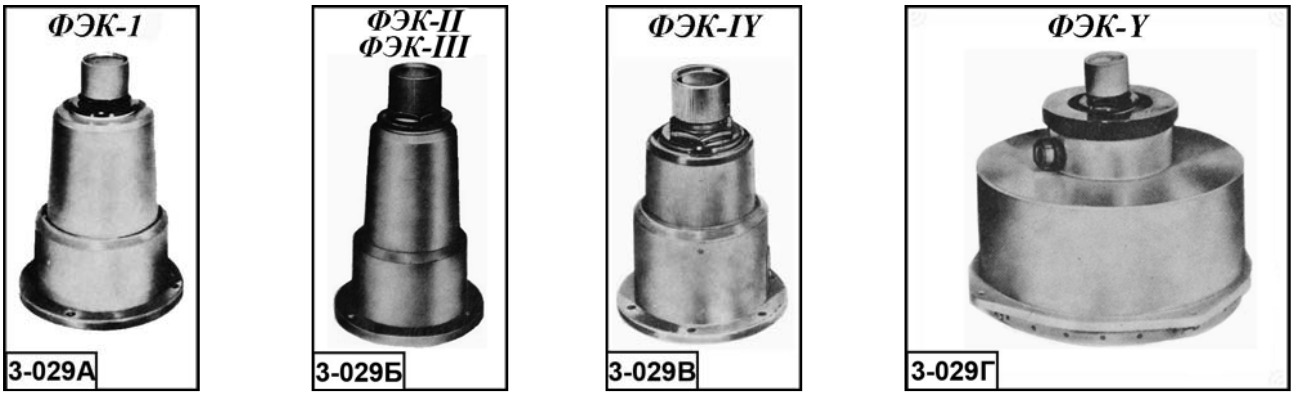


Рис. 3.1.6А. Внешний вид фотоэлементов серии ФЭК

3.1.3.2. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов ФЭК-08, ФЭК-09, ФЭК-11СП, ФЭК-12, ФЭК-13, ФЭК-14, ФЭК-15КМ, ФЭК-16СМ, ФЭК-17КМ, ФЭК-22СПУ, ФЭК-31КМ, ФК-15, ФК-19, ФК-20 [$\Delta\lambda$ = 0,38–1,3 мкм]

Вакуумные фотоэлементы с коаксиальным выходом предназначены для преобразования коротких оптических импульсов в электрические аналоги в диапазоне 0,38–1,3 мкм.

Основные параметры фотоэлементов приведены в табл. 3.1.4.

Таблица 3.1.4. Параметры фотоэлементов с коаксиальным выходом, предназначенных для регистрации коротких световых импульсов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Площадь фотокатода, см²	Область спектральной чувствительности, мкм	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_{max}, мА/Вт, не менее	$U_р$, В	Амплитудное значение фототока в импульсе (пиковое значение), А	Длительность фронта импульса, $t_{нар}$, с	Полоса пропускания, ГГц	Предел линейности световой характеристики, А
ФЭК-08	17,6	0,38–0,65	40–400	10 (λ = 0,53 мк)	1000	50	$5\cdot10^{-9}$	0,07	30
ФЭК-09	12,6	0,38–1,2	30	1,5 (λ = 0,69 мк) 0,2 (λ = 1,06 мк)	100	20 10	$3\cdot10^{-10}$	1	8
ФЭК-11СП	12,6	–	30–80	–	1000	20	$3\cdot10^{-10}$	–	18
ФЭК-12	24,6	0,38–0,65	40–400	10 (λ = 0,53 мк)	1000	25	$8\cdot10^{-10}$	0,44	10

Таблица 3.1.4. (окончание)

Тип прибора	Площадь фотокатода, см²	Область спектральной чувствительности, мкм	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_{max}, мА/Вт, не менее	$U_р$, В	Амплитудное значение фототока в импульсе (пиковое значение), А	Длительность фронта импульса, $t_{нар}$, с	Полоса пропускания, ГГц	Предел линейности световой характеристики, А
ФЭК-13	1,35	0,38–0,65	40–400	10 (λ = 0,53 мк)	1000	–	$5{\cdot}10^{-11}$	7	5
ФЭК-14	24,6	0,38–1,2	30	1,5 (λ = 0,69 мк) 0,2 (λ = 1,06 мк)	1000	25	$8{\cdot}10^{-10}$	0,44	16
ФЭК-15КМ	1,35	0,38–1,2	30	1,5 (λ = 0,69 мк) 0,2 (λ = 1,06 мк)	–	–	$5{\cdot}10^{-11}$	7	2,2
ФЭК-16СМ	0,2	0,38–0,65	30	–	1000	4	$3{\cdot}10^{-11}$	–	3
ФЭК-17КМ	0,2	0,38–1,2	10	1,5 (λ = 0,69 мк) 0,2 (λ = 1,06 мк)	1000	4	$3{\cdot}10^{-10}$	1,1	3
ФЭК-22СПУ	12,6	0,22–0,65	30	–	1000	20	$5{\cdot}10^{-10}$	–	18
ФЭК-31КМ	24,6	0,38–1,3	10	5 (λ = 0,69 мк) 1 (λ = 1,06 мк)	1000	25	$8{\cdot}10^{-10}$	0,44	20
ФК-15	1,3	0,38–1,2	–	0,35 (λ = 0,53 мк) 0,55 (λ = 0,69 мк) 0,04 (λ = 1,06 мк)	–	–	$5{\cdot}10^{-10}$	0,7	1,5
ФК-19	12	0,38–1,2			–	–	$7{\cdot}10^{-10}$	0,5	2,5
ФК-20	14	0,38–1,2			–	–	$8{\cdot}10^{-10}$	0,44	3

3.1.3.3. Фотоэлементы для регистрации коротких световых импульсов СДФ14, СДФ15, СДФ16, СДФ17, СДФ20, СДФ21 [Δλ = 0,35–0,6 мкм]

Вакуумные фотоэлементы СДФ14, СДФ15, СДФ16 и СДФ17 предназначены для преобразования коротких оптических импульсов в электрические аналоги в диапазоне 0,35–0,6 мкм.

Основные параметры фотоэлементов приведены в табл. 3.1.5. Внешний вид фотоэлементов дан на рис. 3.1.7.

Таблица 3.1.5. Основные параметры вакуумных фотоэлементов СДФ14–СДФ21 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора					
	СДФ14	СДФ15 СДФ15М	СДФ16	СДФ17	СДФ20	СДФ21
Область спектральной чувствительности, мкм	0,35–0,6					
Тип фотокатода	Sb – Cs					
Размер фотокатода, мм	∅12	∅ 25	48 × 12	28 × 17	∅ 5 0	∅12
Световая чувствительность фотокатода, мкА/лм	15	25	25	23	20	20
Темновой ток, А, не более	–	$1{\cdot}10^{-10}$	–	–	$1{\cdot}10^{-10}$	$5{\cdot}10^{-11}$
Длительность импульсной характеристики на полувысоте, с	$1{\cdot}10^{-10}$	$5{\cdot}10^{-10}$	$3{\cdot}10^{-10}$	$8{,}5{\cdot}10^{-10}$	$1{\cdot}10^{-9}$	$1{\cdot}10^{-10}$
Предел линейности световой характеристики, А	2,5	11	10	9	8	2,5
Напряжение питания, кВ	1,5	1,8	1,8	1,75	1,8	1,5
Габаритные размеры, мм, не более	∅30 × 27	∅40 × 40	∅30 × 110	∅30 × 80	∅92 × 85	∅30 × 30
№ рисунка	2-029	2-030	2-031	–	2-032	2-033

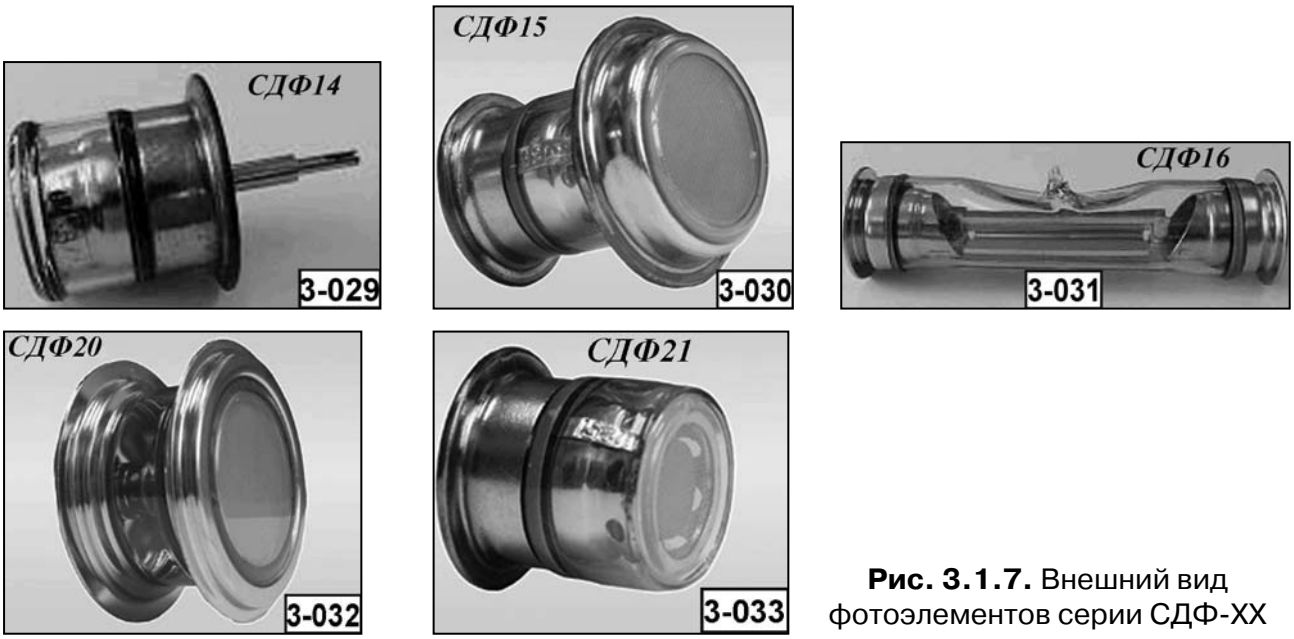


Рис. 3.1.7. Внешний вид фотоэлементов серии СДФ-ХХ

3.2. ФОТОУМНОЖИТЕЛИ И ВТОРИЧНО-ЭЛЕКТРОННЫЕ УМНОЖИТЕЛИ

3.2.1. Фотоэлектронные умножители

Фотоумножитель – электровакуумный прибор, преобразующий оптическое излучение (ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное) в электрический сигнал с последующим его усилением и состоящий из фотокатода, диодной умножительной системы и анода. Преобразование оптического излучения в электрический сигнал осуществляется фотокатодом в результате эмиссии электронов с поверхности некоторых полупроводниковых материалов, находящихся в вакууме, при облучении их оптическим излучением (внешняя фотоэмиссия или внешний фотоэффект).

Широкая номенклатура ФЭУ предопределила многообразие областей их применения, главными из которых являются инфракрасная спектрометрия, регистрация слабых оптических сигналов, сцинтилляционная и дозиметрическая аппаратура, регистрация коротких световых импульсов в аппаратуре квантовой электроники, спектрозональная аппаратура, телевидение и фототелеграфия.

По характеру решаемых в оптико-электронной аппаратуре задач всю совокупность фотоумножителей можно классифицировать на четыре группы: общего применения; сцинтилляционные; быстродействующие; с одноэлектронным разрешением.

К приборам, предназначенным для регистрации слабых оптических сигналов, следует отнести ФЭУ-17А, ФЭУ-18А, ФЭУ-20, ФЭУ-51, ФЭУ-62, ФЭУ-67А,ФЭУ-69, ФЭУ-86, ФЭУ-100, ФЭУ-106, ФЭУ-111, ФЭУ-112, ФЭУ-114, ФЭУ-115 и др.

В телевизионных системах и фототелеграфии нашли применение ФЭУ-84 и ФЭУ-114. Регистрация коротких световых импульсов осуществляется с помощью ФЭУ-77, ФЭУ-84, ФЭУ-87, ФЭУ-91, ФЭУ-104, ФЭУ-112, ФЭУ-113, ФЭУ-114, ФЭУ-117, ФЭУ-121, ФЭУ-126, ФЭУ-128, ФЭУ-135.

В инфракрасной спектрометрии находят применение ФЭУ-22, ФЭУ-28, ФЭУ-62, ФЭУ-83, ФЭУ-84, ФЭУ-112, ФЭУ-113, ФЭУ-114. В аппаратуре для спектрозональных исследований в ультрафиолетовой области спектра находят применение ФЭУ-97, ФЭУ-99 и ФЭУ-116. Фотоумножитель ФЭУ-115МСС солнечнослепой с входным окном MgF_2.

В сцинтилляционной аппаратуре используется большое число типов приборов, среди которых можно назвать: ФЭУ-30,ФЭУ-31, ФЭУ-35, ФЭУ-35А, ФЭУ-39А, ФЭУ-54, ФЭУ-58, ФЭУ-60, ФЭУ-67Б, ФЭУ-70, ФЭУ-74А, ФЭУ-78, ФЭУ-81, ФЭУ-82, ФЭУ-83, ФЭУ-84, ФЭУ-85, ФЭУ-91, ФЭУ-92, ФЭУ-93, ФЭУ-97, ФЭУ-108, ФЭУ-110, ФЭУ-110, ФЭУ-112, ФЭУ-114, ФЭУ-118, ФЭУ-119, ФЭУ-125, ФЭУ-139, ФЭУ-143, ФЭУ-1431, ФЭУ-148-1, ФЭУ-153, ФЭУ-158, ФЭУ-159, ФЭУ-165, ФЭУ-167, ФЭУ-172, ФЭУ-173, ФЭУ-176, ФЭУ-181, ФЭУ-183, ФЭУ-184Ст, ФЭУ-184Тд, ФЭУ-190, ФЭУ-200 и др.

Фотоумножители ФЭУ-74А, ФЭУ-102, ФЭУ-151, ФЭУ-184 используются в сцинтилляционных детекторах, применяемых для поиска нефти и газа при температуре до 150 °С.

Фотоумножители ФЭУ-200 предназначены для регистрации слабых световых потоков в диапазоне, начиная с уровня одного фотоэлектрона, в аппаратуре, применяемой для фундаментальных и прикладных исследований в физике космических лучей и астрофизике.

Фотоумножители ФЭУ-127, ФЭУ-141, ФЭУ-166 и ФЭУ-190 оснащены встроенными делителями. К числу наиболее универсальных по возможным областям применения относятся ФЭУ-84, ФЭУ-112 и ФЭУ-114.

Срок службы фотоумножителей составляет от 500 до 10 000 часов.

Основные параметры и электрические режимы работы фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.1–3.2.1.31. Габаритные размеры, внешний вид, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и спектральные характеристики приборов даны на рис. 3.2.1.1–3.2.1.31.

На рис. 3.2.1.1–3.2.1.31 приняты следующие условные обозначения: ФК – фотокатод; А – анод; М – модулятор.

В табл. 3.2.1.1–3.2.1.31 приняты следующие обозначения:

S_{phk} – световая чувствительность фотокатода, мкА/лм; $S_а$ – световая анодная чувствительность (при $U_р$, В), А/лм; $S_{(\lambda)phk}$ – спектральная чувствительность, А/Вт; $U_{пит}$ – предельное рабочее напряжение питания, В; $I_Т$, – темновой ток фотоумножителя, А (при $S_а$, А/лм); $I_а$ – анодный ток, А; F_s – световой энергетический эквивалент темнового тока (порог чувствительности), лм/Гц$^{1/2}$; $S_{(\lambda)а}$ – спектральная анодная чувствительность А/лм.

3.2.1.1. Фотоумножители ФЭУ-1, ФЭУ-2, ФЭУ-4, ФЭУ-5, ФЭУ-6, ФЭУ-11, А (Б), ФЭУ-12А (Б), ФЭУ-13А (Б), ФЭУ-14А (Б), ФЭУ-15А [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,83; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,51 мкм]

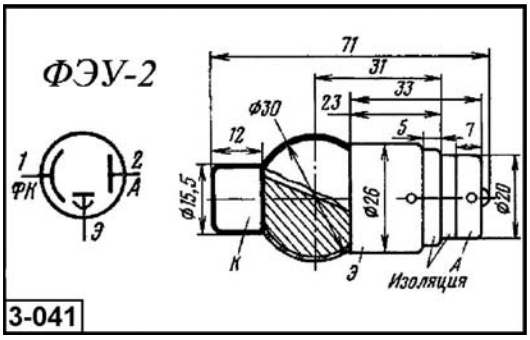
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.1 Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.1.

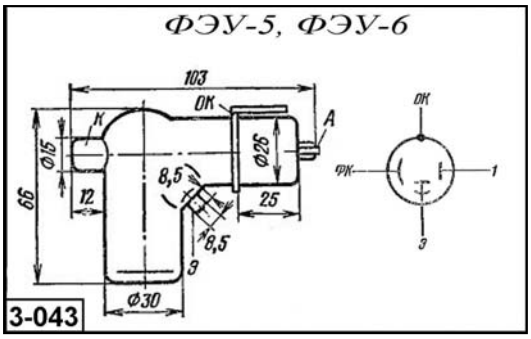
Таблица 3.2.1.1. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

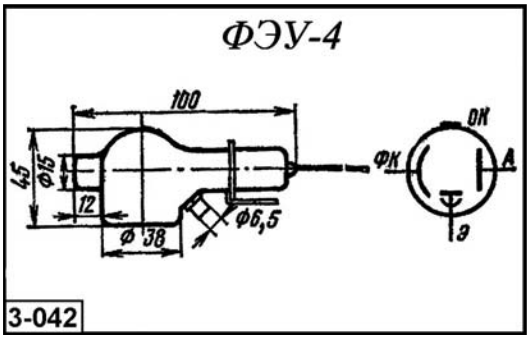
Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	$S_а$, (при $U_р$, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)а}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_Т$, А, не более (при $S_а$, А/лм)	$I_а$, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-1	боковое [жесткие]	∅30 (сфер.)	С–2	1	–	0,4	–	–	220	$1\cdot10^{-7}$	–	–	–20...+40	42 × 124 [50]	3-040
ФЭУ-2	боковое [цоколь]	∅30 (сфер.)	С–2	1	–	0,4	–	–	220	$1\cdot10^{-7}$	–	–	–20...+40	∅30 × 71 [50]	3-041
ФЭУ-4	боковое [цоколь]	10 × 25	С–11 (0,215–0,83)	1	600	–	0,2 (λ = 0,4 мкм)		240	$1\cdot10^{-14}$	–	–	–20...+40	45 × 110 [18]	3-042
ФЭУ-5	боковое [цоколь]	∅25	0,16–0,65 [0,4]	1	160	–	0,15 (λ = 0,4 мкм)	–	240	–	$1\cdot10^{-10}$	–	–20...+40	66 × 103 × 30 [70]	3-043
ФЭУ-6	боковое [цоколь]	∅25	0,16–0,65 [0,4]	1	–	–	0,2 (λ = 0,4 мкм)	–	240	–	–	–	–20...+40	66 × 103 × 30 [70]	3-043
ФЭУ-11	торцевое [жесткие]	∅45	С–4 [0,41–0,47]	12	–	5 (1700 В)	–	–	2200	$8\cdot10^{-7}$ (5)	$2{,}5\cdot10^{-2}$	–	–20...+45	∅52 × 179	3-044
ФЭУ-11А					50										
ФЭУ-11Б					20										

Таблица 3.2.1.1. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ_r, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_t, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-12А	торцевое [жесткие]	∅45	С5 [0,47–0,51]	12	50	5 (1700В)	–	–	2200	$8\cdot10^{-7}$ (5)	$2{,}5\cdot10^{-2}$	–	–20...+45	∅52 × 179 [200]	3-044
ФЭУ-12Б					20										
ФЭУ-13А	торцевое [жесткие]	∅40	С–4 [0,4–0,47]	12	50	6	–	–	2200	$4\cdot10^{-7}$ (6)	$5\cdot10^{-3}$	–	–20...+45	∅52 × 179 [120]	3-044
ФЭУ-13Б					20	20 (1700)									
ФЭУ-14А	торцевое [жесткие]	∅45	С–5 [0,47–0,51]	12	60	6 (1700)	–	–	2200	$4\cdot10^{-7}$ (6)	$5\cdot10^{-3}$	–	–20...+45	∅52 × 179 [120]	3-044
ФЭУ-14Б					30	–									
ФЭУ-15А	торцевое [жесткие]	∅30	С–5 [0,47–0,51]	12	40	30	–	–	2200	$1\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-2}$	–	–60...+70	∅36 × 113 [80]	3-044







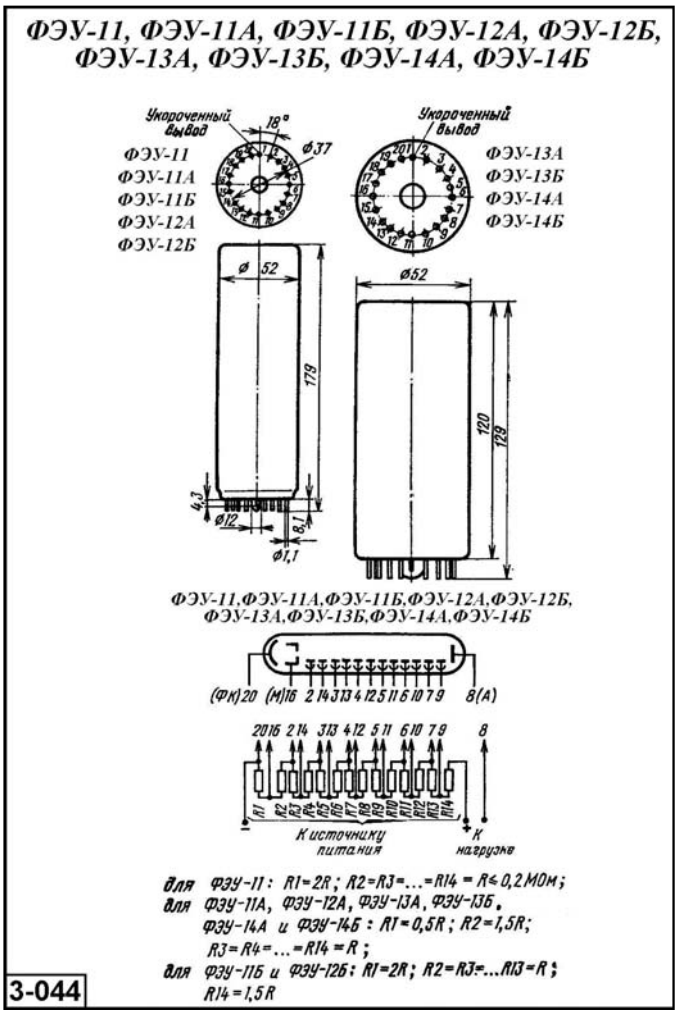
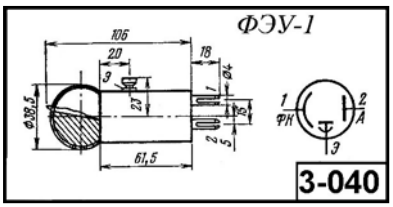
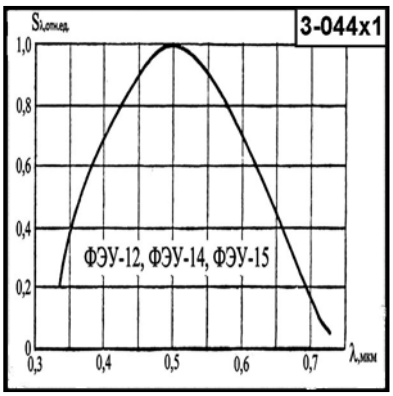


Рис. 3.2.1.1. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей





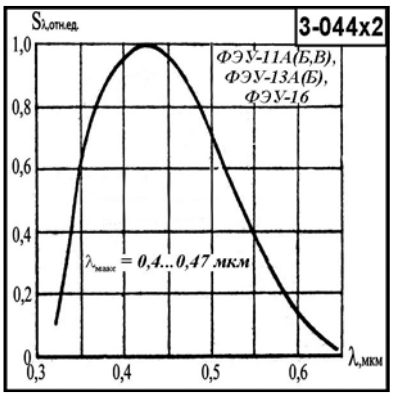


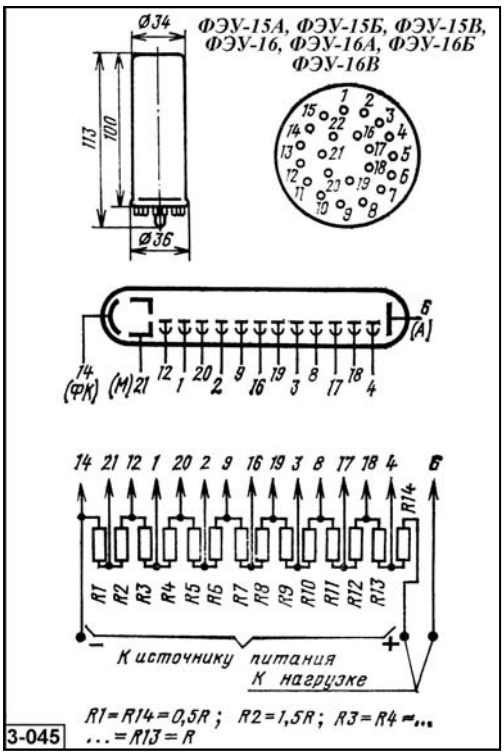
Рис. 3.2.1.1. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей (окончание)

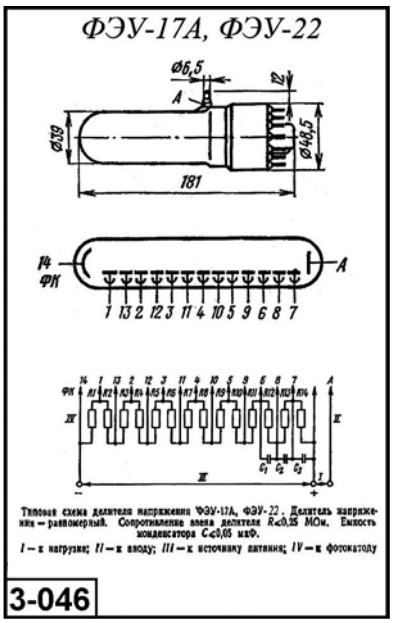
3.2.1.2. Фотоумножители ФЭУ-15Б, ФЭУ-15В, ФЭУ-16(А, Б, В), ФЭУ-17А, ФЭУ-18А [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,65; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,5 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.2. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.2.

Таблица 3.2.1.2. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-15Б	торцевое [жесткие]	∅30	С-5 [0,47–0,51]	12	20	5	–	–	1300	$4\cdot10^{-7}$	–	–	–60...+70	∅36 × 113 [80]	3-045
ФЭУ-15В						30–150			1700	$7\cdot10^{-8}$					
ФЭУ-16	торцевое [жесткие] (РШ38)	∅25	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,48]	12	20	5 (1700)	–	–	2000	$1\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-3}$	–	–60...+70	∅34 × 113 [80]	3-045
ФЭУ-16А			(0,3–0,65) [0,41–0,47]		40	30 (1700)				$1\cdot10^{-7}$			–60...+50		
ФЭУ-16Б			(0,3–0,65) [0,38–0,5]		20	5 (1700)				$4\cdot10^{-7}$					
ФЭУ-16В			(0,3–0,65) [0,4–0,47]		20	30 (1700)				$6\cdot10^{-8}$					
ФЭУ-17А	торцевое [цоколь] (РШ32)	16 × 15	С-6 [0,38–0,4]	13	40	10 (900) 1000 (1400)	$2\cdot10^{-5}$ А/лм (40–100В)	–	1400	$2\cdot10^{-10}$ (10) $2\cdot10^{-8}$ (1000)	$1\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-12}$	–60...+50	60,5 × 181 [130]	3-046
ФЭУ-18А	боковое [цоколь] (РШ32)	16 × 15	С-3 [0,38–0,4]	13	40	10 (700) 1000 (1100)	$2\cdot10^{-5}$ А/лм (40–100В)	–	1100	$2\cdot10^{-10}$ (10) $2\cdot10^{-8}$ (1000)	$1\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-13}$	–50...+50	59 × 181 [130]	3-047





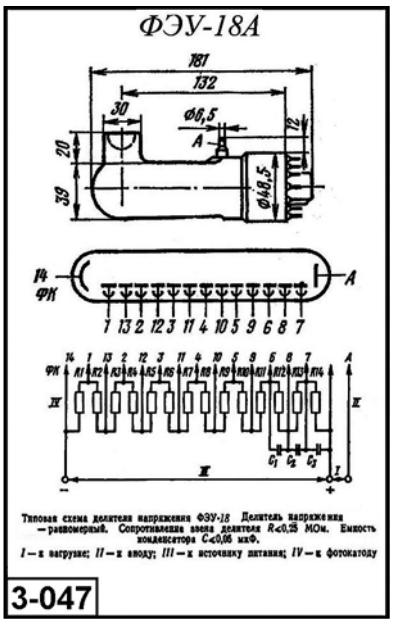


Рис. 3.2.1.2. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей

3.2.1.3. Фотоумножители ФЭУ-19А, ФЭУ-19М, ФЭУ-20, ФЭУ-22, ФЭУ-24, ФЭУ-26 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,6; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,42 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.3. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.3.

Таблица 3.2.1.3. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pik}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)pik}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-19А	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅34	С-6 [0,38–0,42]	13	15	100 (1100) 1000 (1400)	$2\cdot10^{-2}$ (0,4 мкм)	–	1600	$5\cdot10^{-8}$ (100) $5\cdot10^{-7}$ (1000)	$2\cdot10^{-4}$	–	–50...+50	30,5 × 200 [150]	3-048
ФЭУ-19М					20	1 (1100) 10 (1400) 100 (1900) 1000 (2600)				$6\cdot10^{-9}$ (1100) $6\cdot10^{-8}$ (1400) $6\cdot10^{-7}$ (1900) $1{,}2\cdot10^{-4}$ (2600)		7 кэВ			
ФЭУ-20	торцевое [цоколь]	10 × 5	С-6 [0,38–0,4]	8	45	1 (700)	$5{,}4\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	5,5 (0,41 мкм)	1300	$1\cdot10^{-9}$ (1)	$1\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-12}$	–60...+50	∅34 × 95 [50]	3-049
ФЭУ-22	торцевое [цоколь] (РШ32)	16 × 5	С-1 [0,76–0,8]	13	50	1 (1100)	$3\cdot10^{-2}$ (0,8 мкм)	–	2000	$9\cdot10^{-9}$ (1)	$3\cdot10^{-4}$	–	–45...+50	36 × 173 [120]	3-045

Таблица 3.2.1.3. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики (λ, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-24	торцевое [цоколь]	∅34	С-6 [0,4–0,42]	13	25	10 (1600) 100 (2000)	$2\cdot10^{-2}$ (0,4 мкм)	–	1700	$3\cdot10^{-7}$ (1600)	$2\cdot10^{-4}$	9 кэВ	–50...+60	∅80 × 236 [250]	3-051
ФЭУ-26	торцевое [цоколь] (РШ8)	4 × 4	С-6 [0,38–0,42]	7	20–40	1 (850)	–	1,0 (0,41 мкм)	850	$5\cdot10^{-10}$ (1)	$7{,}5\cdot10^{-4}$	$2{,}5\cdot10^{-12}$	–60...+50	∅22,5 × 65 [25]	3-050

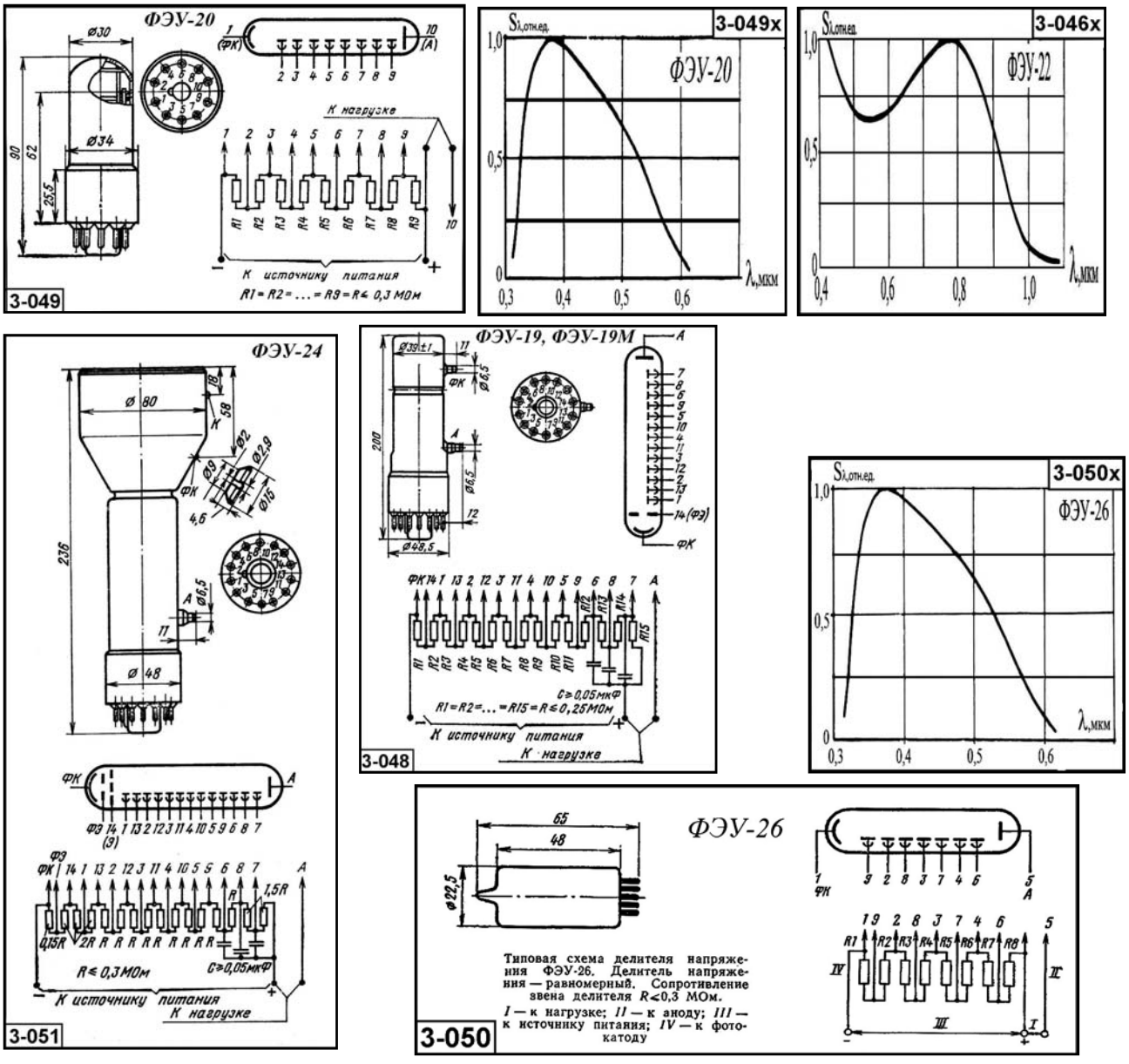


Рис. 3.2.1.3. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

3.2.1.4. Фотоумножители ФЭУ-27, ФЭУ-28, ФЭУ 29, ФЭУ-30, ФЭУ-31, ФЭУ-31А [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,36–0,82 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.4. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.4.

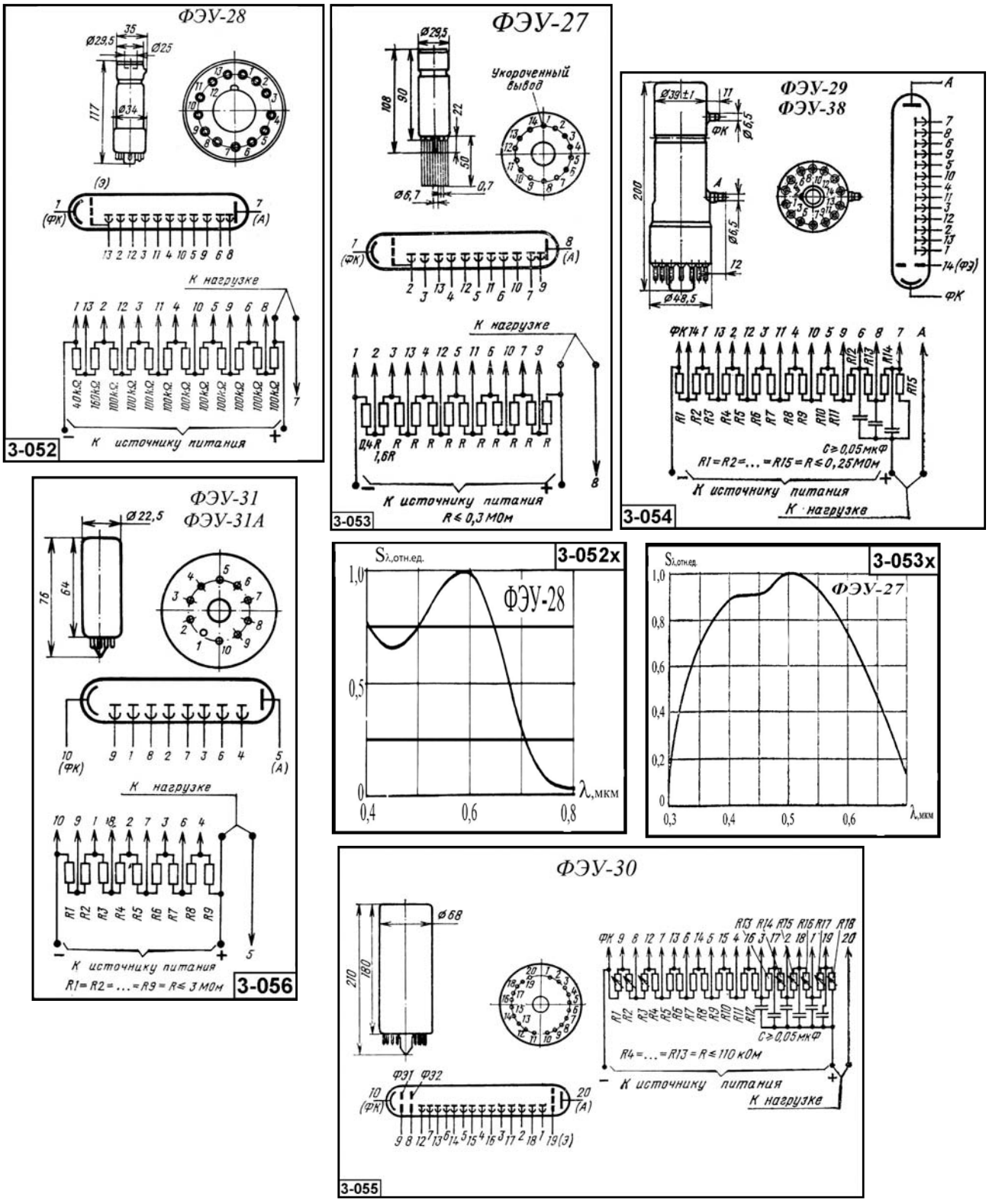


Рис. 3.2.1.4. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

Таблица 3.2.1.4. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	$F_э$, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-27	торцевое [гибкие] (РШ30)	∅25	С-7 [0,48–0,52]	11	65	1 (930) 10 (1200) 30 (1330)	–	–	2000	$1\cdot10^{-10}$ (1)	$2\cdot10^{-4}$	$6{,}75\cdot10^{-12}$	–60...+50	∅29,5 × 108 [40]	3-053
ФЭУ-28	торцевое [цоколь] (РШ30)	∅25	С-1 [0,76–0,82]	11	40	1 (1100)	–	–	1300	$2\cdot10^{-7}$ (1)	$1\cdot10^{-4}$	$3{,}5\cdot10^{-11}$	–60...+50	35 × 117 [60]	3-052
ФЭУ 29	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅34	С-6 [0,32–0,4]	13	90	10 (900) 100 (1100) 100 (1300)	$6{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	–	$3\cdot10^{-9}$ (10)	$2\cdot10^{-4}$	–	–60...+50	30,5 × 195 [150]	3-054
ФЭУ-30	торцевое [жесткие] (РШ35)	∅50	С-6 [0,36–0,44]	14	40	1000 (2500) 5000 (3200)	–	–	3500	$8\cdot10^{-6}$ (2500)	$4\cdot10^{-4}$	–	–50...+50	∅68 × 210 [350]	3-055
ФЭУ-31	торцевое [жесткие] (РШ23)	∅18	С-6 [0,36–0,44]	8	70	1 (600) 10 (950)	$5{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1400	$2\cdot10^{-8}$ (1)	$5\cdot10^{-5}$	2 кэВ	–60...+50	∅22,5 × 76 [30]	3-056
ФЭУ-31А						1 (600) 10 (950)						$1{,}7\cdot10^{-12}$			

3.2.1.5. Фотоумножители ФЭУ-35, ФЭУ-35А, ФЭУ-36, ФЭУ-37, ФЭУ-38, ФЭУ-39 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,34–0,44 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.5. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.5.

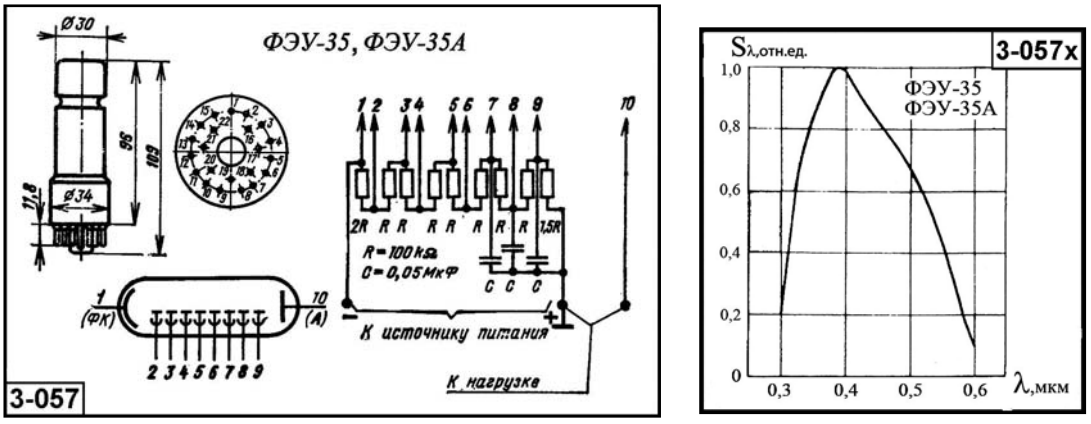


Рис. 3.2.1.5. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

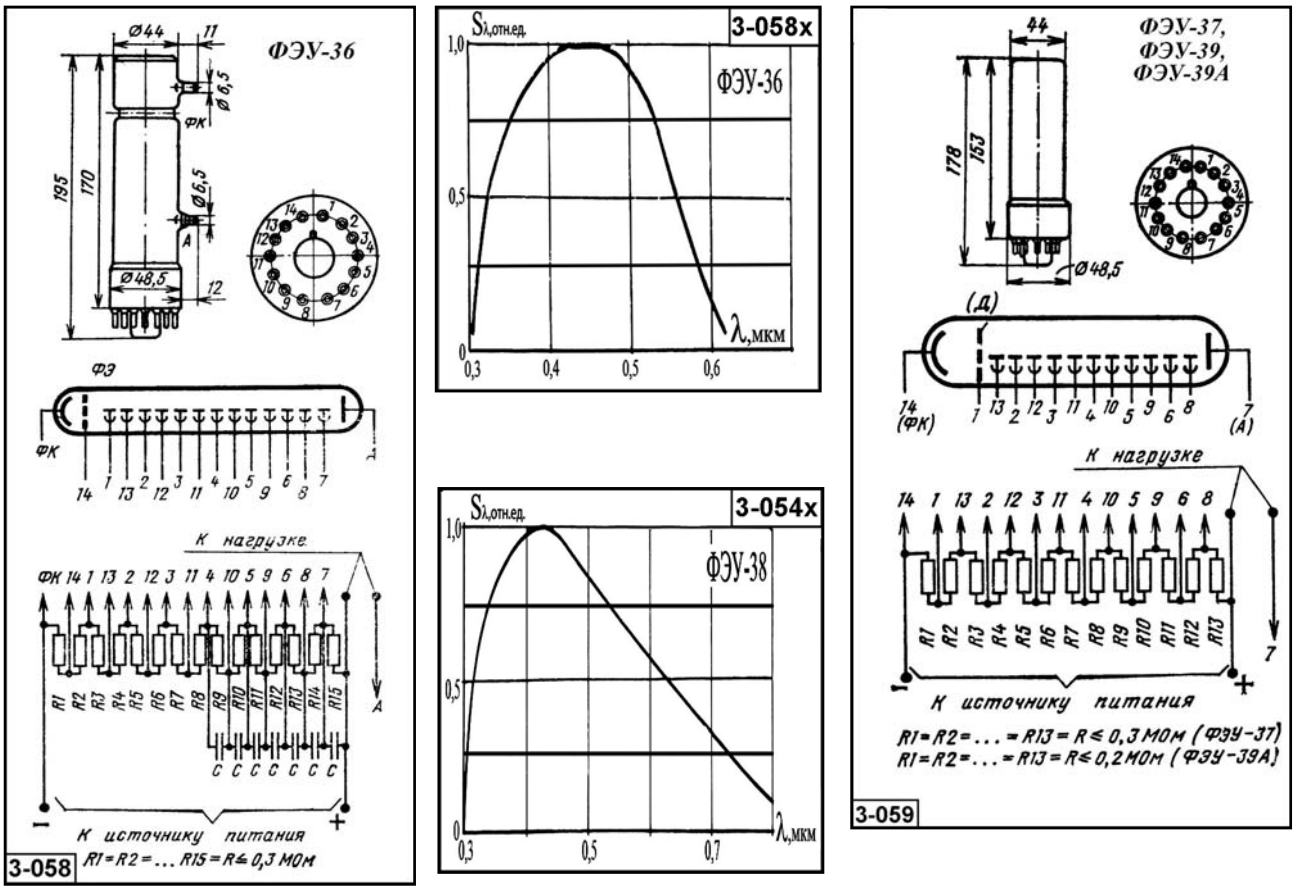


Рис. 3.2.1.5. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей (окончание)

Таблица 3.2.1.5. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_{т.}$ А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-35	торцевое [цоколь]	∅25	С-6 (0,3–0,6) [0,38–0,42]	8	40	1 (700–900) 10 (1050) 30 (1250–1750)	$2\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1750	$2\cdot10^{-8}$ (10)	$5\cdot10^{-5}$	1,8 кэВ	–60...+50	∅30 × 109 [50]	3-057
ФЭУ-35А					45	10 (1200) 30 (1600)			1600	$1\cdot10^{-8}$ (10)		1,75 кэВ			
ФЭУ-36	торцевое [цоколь] (РШ22)	∅34 (сфер.)	С-6 [0,34–0,44]	13	90	100 (1150) 1000 (1450)	$5{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2900	$2\cdot10^{-7}$ (1000)	$2\cdot10^{-4}$	–	–60...+50	34 × 200 [180]	3-058

Таблица 3.2.1.5. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pik}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)pik}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-37	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅34	С-6 [0,38–0,42]	11	90	10 (750) 100 (950) 1000 (1200)	$5{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	$6\cdot10^{-2}$	–	$1\cdot10^{-9}$ (10) $1\cdot10^{-7}$ (1000)	$2\cdot10^{-4}$	0,6 кэВ (1300 В)	–60...+50	∅48 × 178 [160]	3-059
ФЭУ-38	[торцевое] цоколь (РШ32)	∅34	С-11 [0,4–0,44]	13	130	100 (1720)	–	–	2900	$2\cdot10^{-7}$ (100)	$4\cdot10^{-4}$	5 кэВ	–50...+50	30,5 × 200 [160]	3-054
ФЭУ-39	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅34	С-15 [0,38–0,42]	11	25	10 (1200) 100 (1500)	–	–	–	$3\cdot10^{-9}$ (1200)	$1\cdot10^{-4}$	–	–60...+50	∅44 × 178 [150]	3-059

3.2.1.6. Фотоумножители ФЭУ-39А, ФЭУ-49, ФЭУ-49Б, ФЭУ-50, ФЭУ-51, ФЭУ-52, ФЭУ-54 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,9; $\lambda_{макс}$ = 0,37–0,48 мкм]

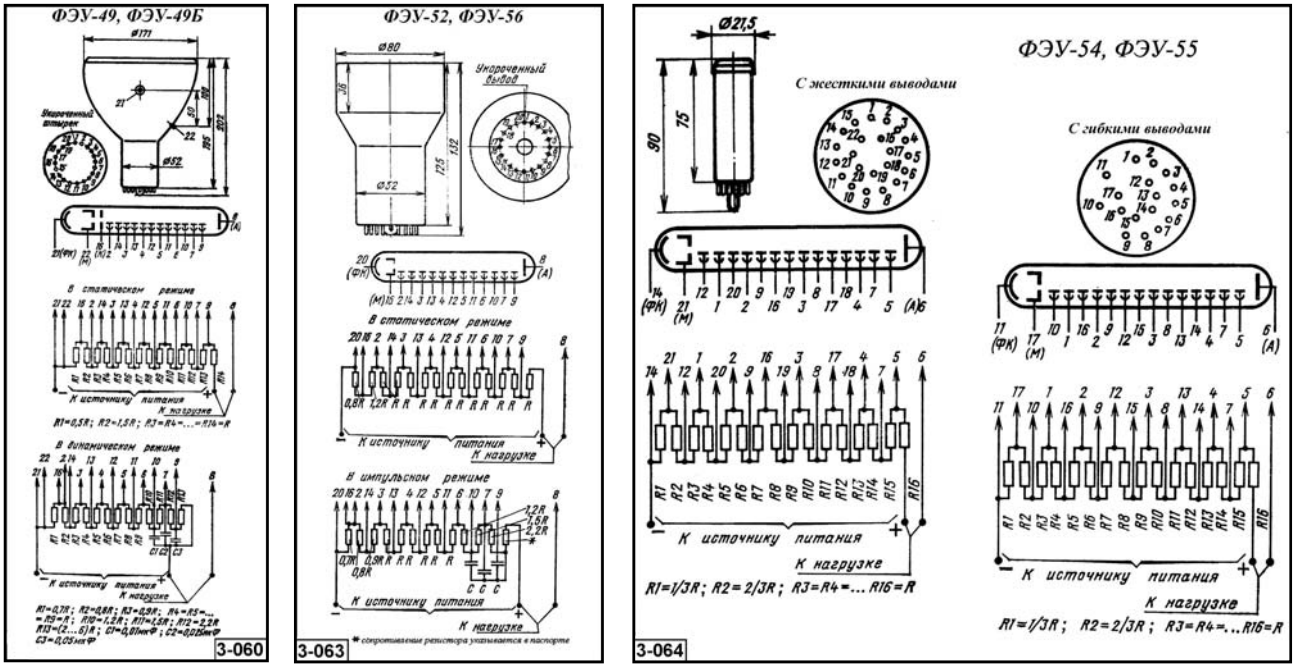
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.6. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.6.

Таблица 3.2.1.6. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pik}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)pik}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-39А	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅34	С-15 [0,38–0,42]	11	25	1000 (1800)	–	–	–	$3\cdot10^{-9}$ (1200) $1\cdot10^{-6}$ (1800)	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+50	∅44 × 178 [150]	3-059
ФЭУ-49	торцевое [жесткие] (РШ34)	∅150	С-8 (0,3–0,85) [0,37–0,5]	12	50	10 (1650)	–	–	2500	$3\cdot10^{-7}$–$4\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-2}$	12–14 кэВ	–60...+70	∅171 × 202 [1000]	3-060
ФЭУ-49Б					70	100 (2200)									
ФЭУ-50	боковое [жесткие]	15 × 150	С-6 [0,38–0,42]	11	30	100 (1500) 1000 (2000)	–	–	2000	$5\cdot10^{-5}$ (1000)	$2\cdot10^{-5}$	–	–60...+50	∅91 × 302 [750]	3-061
ФЭУ-51	торцевое [цоколь]	∅25	С-11 [0,38–0,48]	11	110	100 (1600)	–	–	2300	$1\cdot10^{-8}$ (100)	$1\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-13}$	–60...+50	∅30,5 × 105 [50]	3-062
ФЭУ-52	торцевое [жесткие]	∅60	С-8 [0,38–0,48]	12	80	10 (1650) 100 (2200)	–	–	2500	$6\cdot10^{-8}$ (1650) $8\cdot10^{-7}$ (2200)	$1\cdot10^{-2}$	5 кэВ	–60...+70	∅80 × 132 [200]	3-063

Таблица 3.2.1.6. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pik}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)pik}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-54	торцевое [жесткие, гибкие]	∅12	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,48]	14	20	10 (1550) 100 (1900)	–	–	2000	$4\cdot10^{-8}$–$4\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-4}$	–	–60...+70	∅21,5 × 90 [25] [40 (гиб.)]	3-064



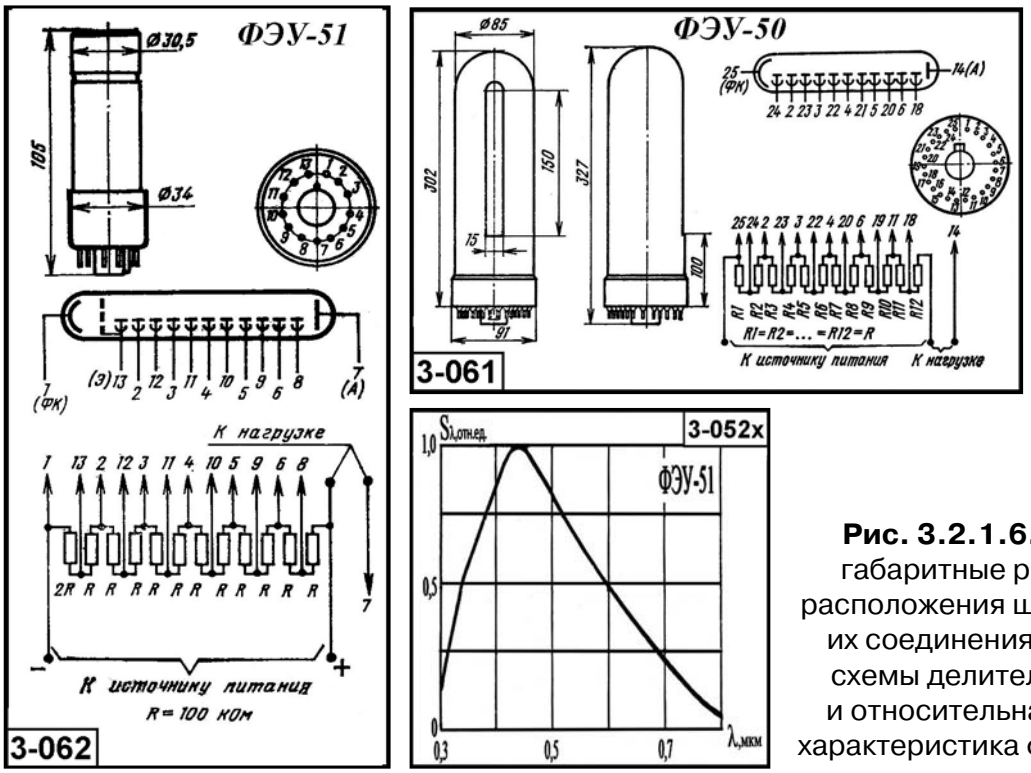


Рис. 3.2.1.6. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей

3.2.1.7. Фотоумножители ФЭУ-55, ФЭУ-56, ФЭУ-58, ФЭУ-60, ФЭУ-62, ФЭУ-63 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,82 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.7. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.7.

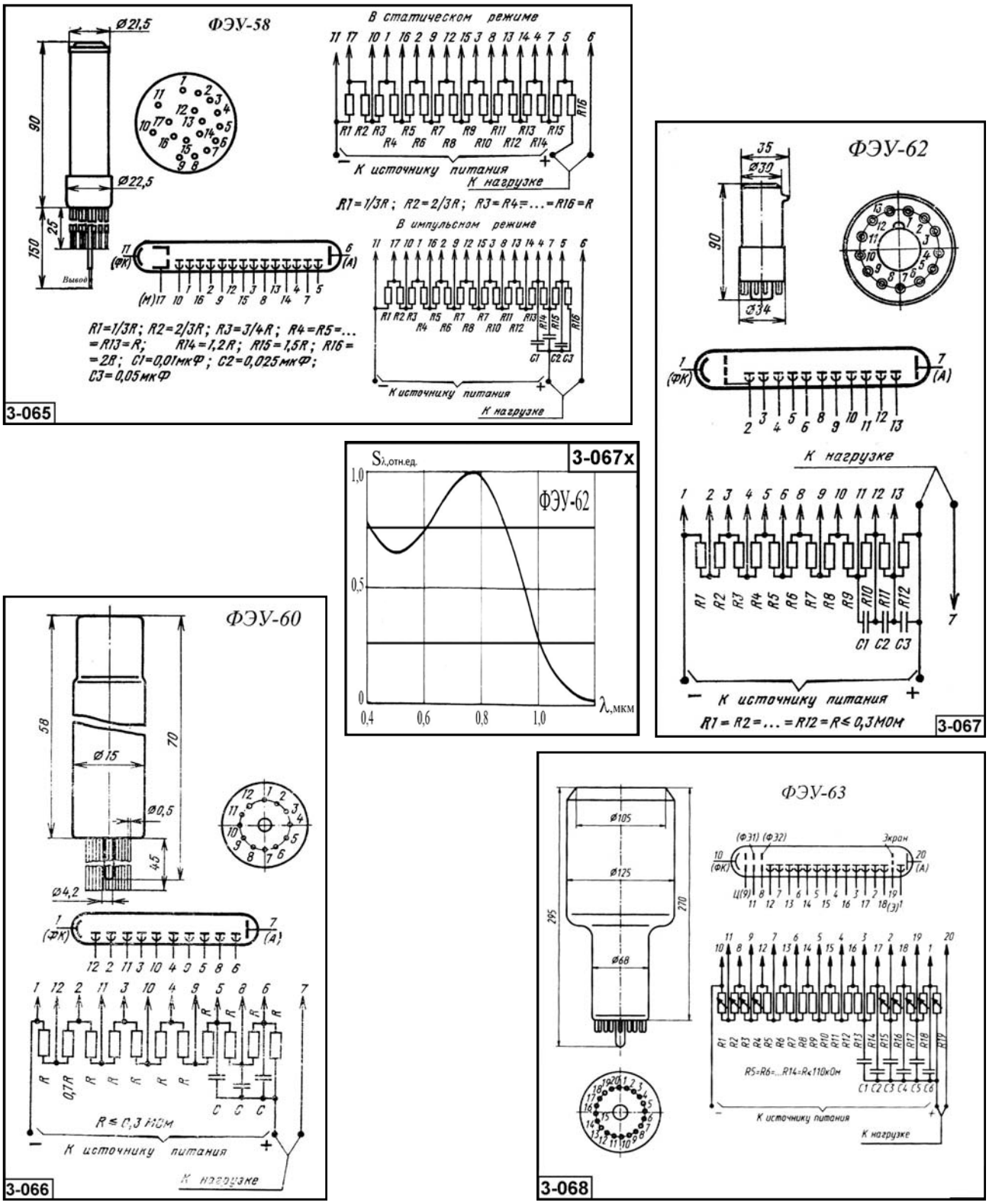


Рис. 3.2.1.7. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей

Таблица 3.2.1.7. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-55	торцевое [жесткие, гибкие]	∅12	С-5 (0,31–0,77) [0,45–0,55]	14	20	10 (1500) 100 (1900)	–	–	2000	$6\cdot10^{-8}$–$6\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-4}$	–	–60...+70	∅21,5 × 90 [25] [40 (гиб.)]	3-064
ФЭУ-56	торцевое [жесткие]	∅60	С-4 [0,38–0,48]	12	25	10 (1500) 100 (2200)	–	–	2500	$8\cdot10^{-8}$ (1700) 1·10-6 (2200)	$1\cdot10^{-2}$	9 кэВ	–60...+70	∅80 × 132 [200]	3-063
ФЭУ-58	торцевое [гибкие]	∅12	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,48]	14	15	30 (2000)	–	–	2150	$2\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-4}$	–	–60...+70	∅21,5 × 90 [40]	3-065
ФЭУ-60	торцевое [гибкие]	∅10	С-6 [0,38–0,42]	10	20	10 (1400) 30 (1600)	–	–	–	$3\cdot10^{-8}$ (1600)	$5\cdot10^{-5}$	–	–60...+55	∅15 × 70 [12]	3-066
ФЭУ-62	торцевое [цоколь] (РШ30)	∅10	С-1 [0,76–0,82]	11	30	1 (1000) 10 (1330)	$2\cdot10^{-1}$ (1,1 мкм)	–	–	$5\cdot10^{-8}$ (1) $5\cdot10^{-7}$ (10)	$1\cdot10^{-4}$	1,12·10^{-10} 3·10^{-11} (1,1 мкм)	–50...+50	∅35 × 90 [55]	3-067
ФЭУ-63	торцевое [жесткие] (РШ35)	∅100	С-6 [0,38–0,42]	14	20	100 (2700) 1000 (3500)	–	–	3500	$6\cdot10^{-5}$ (3500)	$4\cdot10^{-4}$	–	+15...+35	∅125 × 295 [1100]	3-068

3.2.1.8. Фотоумножители ФЭУ-64, ФЭУ-65, ФЭУ-67, ФЭУ-67А, ФЭУ-67Б, ФЭУ-68 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,44 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.8. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.8.

Таблица 3.2.1.8. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-64	торцевое [цоколь]	∅5	С-6 [0,38–0,42]	11	20	10 (900) 100 (1200) 1000 (1500)	–	–	–	$5\cdot10^{-8}$ (1600)	$1\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-13}$	–50...+50	∅48,5 × 175 [150]	3-070

Таблица 3.2.1.8. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики (λ, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(i)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(i)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-65	торцевое [жесткие] (РШ35)	∅150	С-6 [0,38–0,42]	14	20	100 (2900) 1000 (3500)	–	–	3500	$2\cdot10^{-4}$ (3500)	$1\cdot10^{-3}$	–	+15...+35	∅185 × 380 [2500]	3-062
ФЭУ-67	торцевое [гибкие]	∅10	С-6 [0,34–0,44]	8	20	10 (1350)	–	–	–	$1{,}5\cdot10^{-8}$ (1350)	$3\cdot10^{-5}$	$1{,}1\cdot10^{-12}$	–60...+55	∅22,5 × 79 [20]	3-071
ФЭУ-67А					90	1 (850) 10 (1100)			3500	$2{,}5\cdot10^{-9}$ (3000)		$6\cdot10^{-13}$	–50...+50		
ФЭУ-67Б					40	10 (1350)			1200	$3\cdot10^{-8}$		6 кэВ	–60...+55		
ФЭУ-68	торцевое [гибкие]	∅10	С-11 (0,3–0,85) [0,4–0,42]	10	100	0,1 (700) 1 (950)	$1{,}1\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1400	$2{,}5\cdot10^{-9}$ (1)	$5\cdot10^{-5}$	$7\cdot10^{-11}$ ($\Phi_\Phi = 10^{-6}$ лм)	–50...+50	∅15 × 75 [20]	3-069

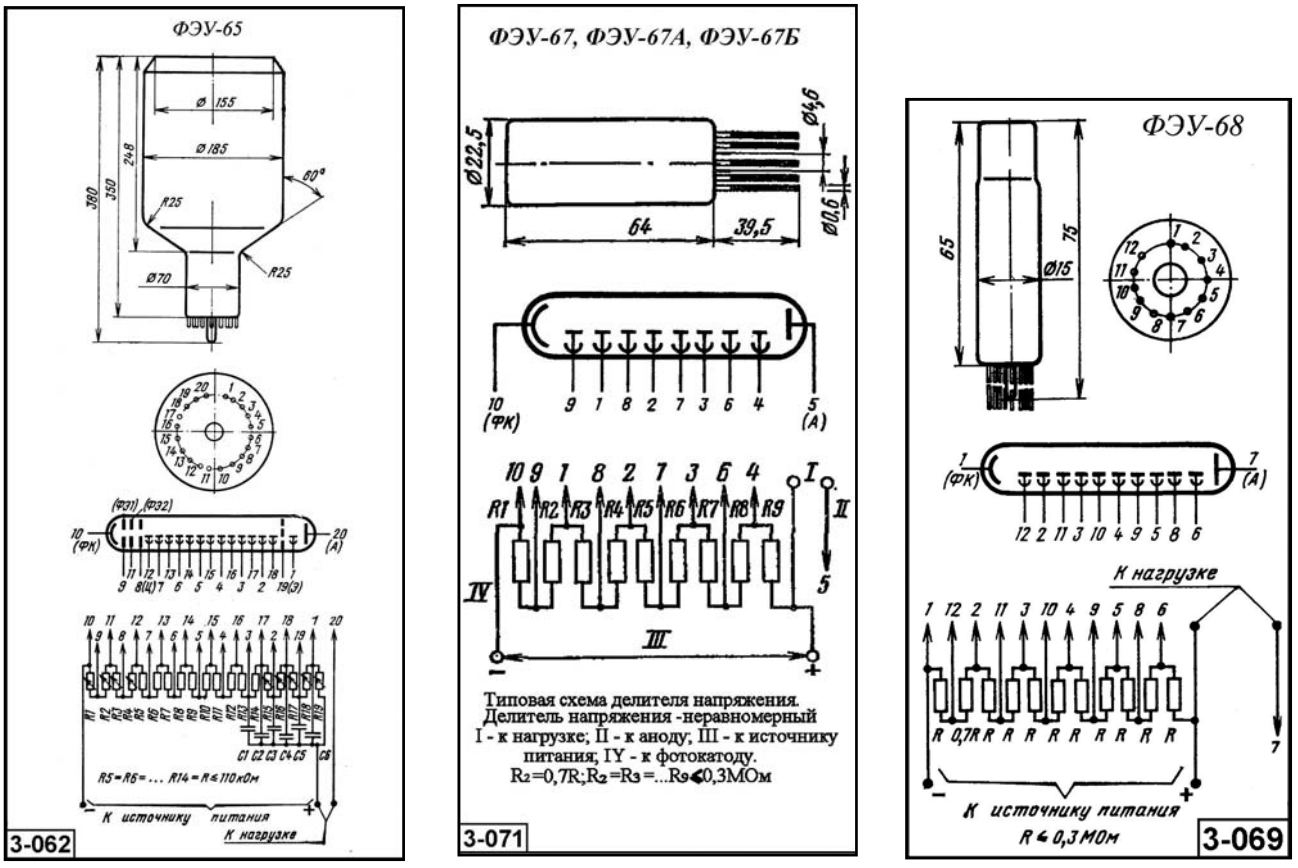
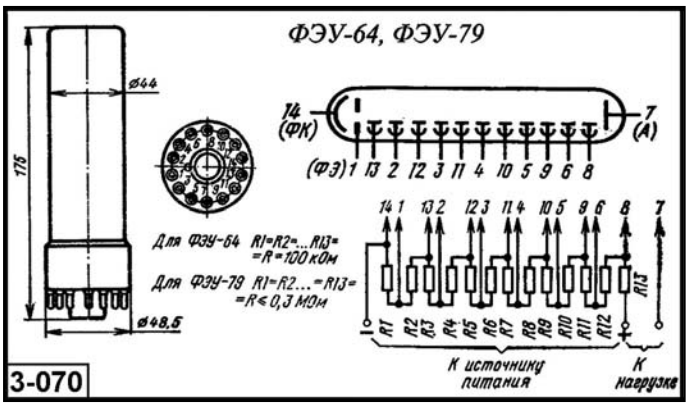


Рис. 3.2.1.8. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей



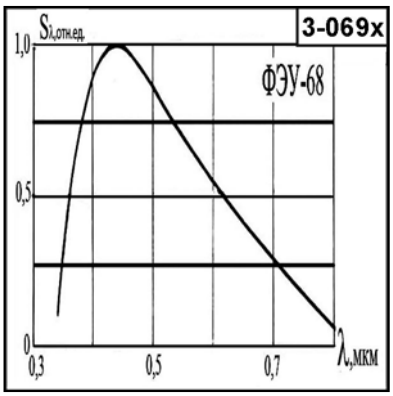


Рис. 3.2.1.8. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей (окончание)

3.2.1.9. Фотоумножители ФЭУ-69, ФЭУ-69А, ФЭУ-69Б, ФЭУ-70, ФЭУ-71, ФЭУ-74 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,48 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.9. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.9.

Таблица 3.2.1.9. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(i)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(i)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-69	торцевое [гибкие]	∅10	С-11 [0,4–0,44]	10	130	10 (1250)	–	–	1600	$1\cdot10^{-9}$ (10)	$5\cdot10^{-5}$	$3\cdot10^{-13}$ $1\cdot10^{-12}$ ($\Phi_ф$ = $3,4\cdot10^{-10}$ лм)	–60…+50	∅22,5 × 90 [30]	3-073
ФЭУ-69А					–	10 (1550)				–		$1,8\cdot10^{-12}$			
ФЭУ-69Б					120	10 (1230)			1550	$1\cdot10^{-9}$ (10)		$3\cdot10^{-13}$ $1\cdot10^{-12}$ ($\Phi_ф$ = $3,4\cdot10^{-10}$ лм)	–50…+50		
ФЭУ-70	торцевое [гибкие]	∅25	С-4 (0,3–0,65)	12	15	30 (1700)	–	–	2100	$2\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-3}$	–	–45…+55	∅34,5 × 119 [100]	3-074
ФЭУ-71	торцевое [жесткие] (РШ31)	∅16	С-15 [0,38–0,48]	11	30	10 (800) 100 (1000) 1000 (1300)	–	–	–	$1\cdot10^{-8}$ (100) $5\cdot10^{-7}$ (1000)	$5\cdot10^{-5}$	$8,3\cdot10^{-13}$	–60…+50	∅30 × 107 [55]	3-075
ФЭУ-74	торцевое [гибкие]	∅25	(0,3–0,65) [0,35–0,45]	11	50	1 (1200) 10 (1450) 30 (1700)	$3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1900	$1\cdot10^{-9}$ (10)	$3\cdot10^{-5}$	1 кэВ	–50…+125	∅29,5 × 118 [30]	3-076

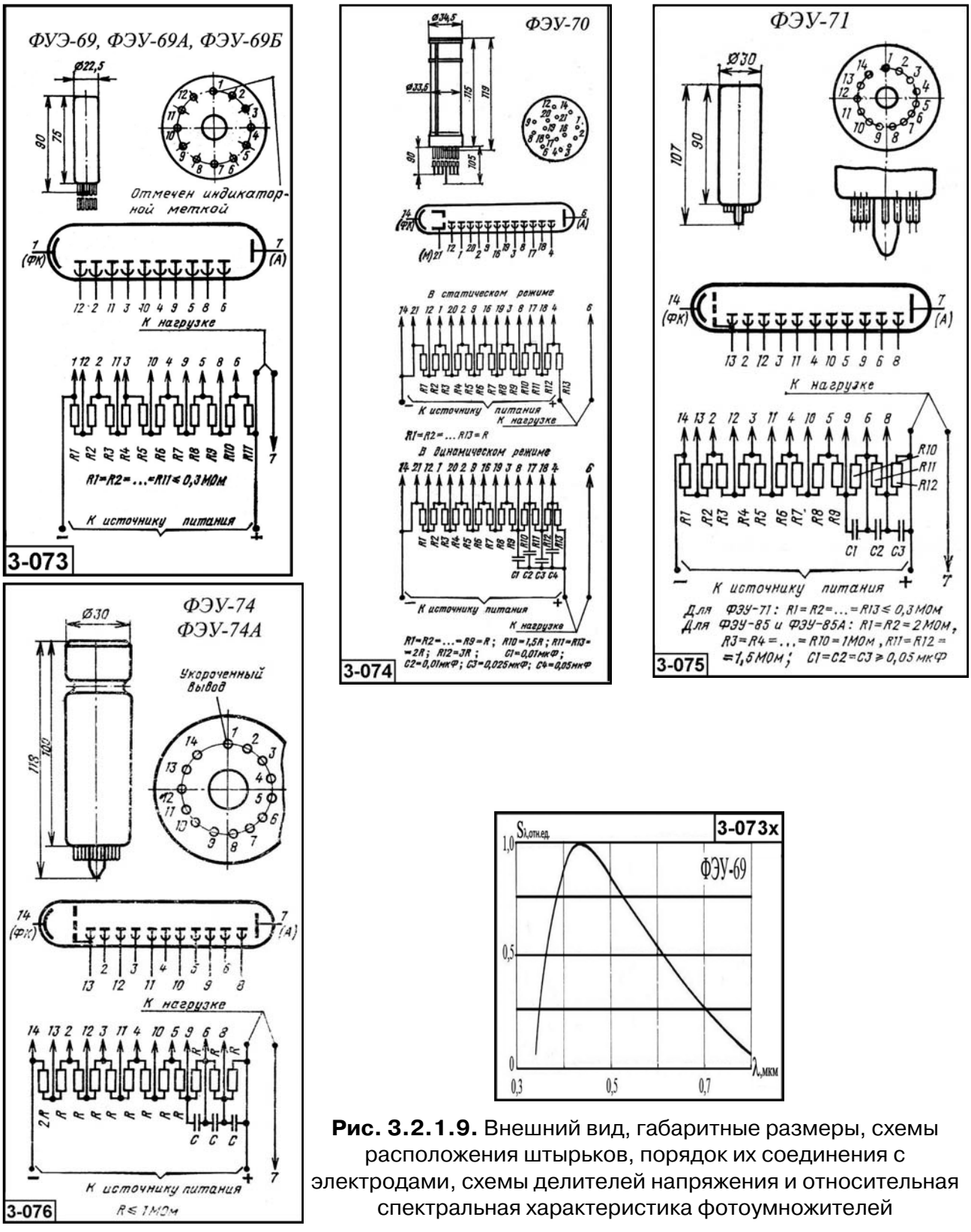
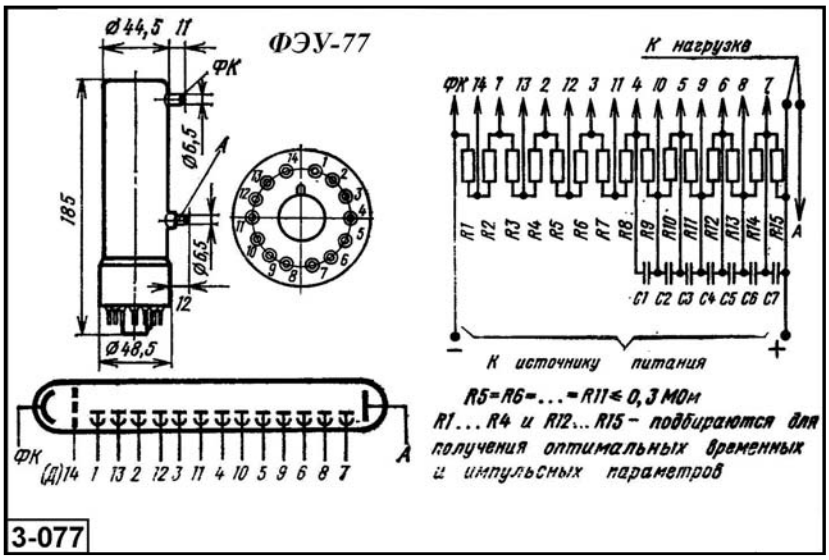
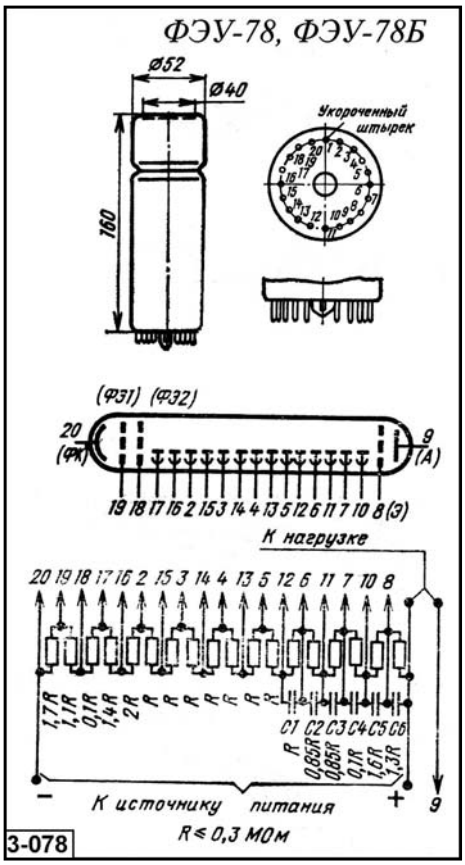


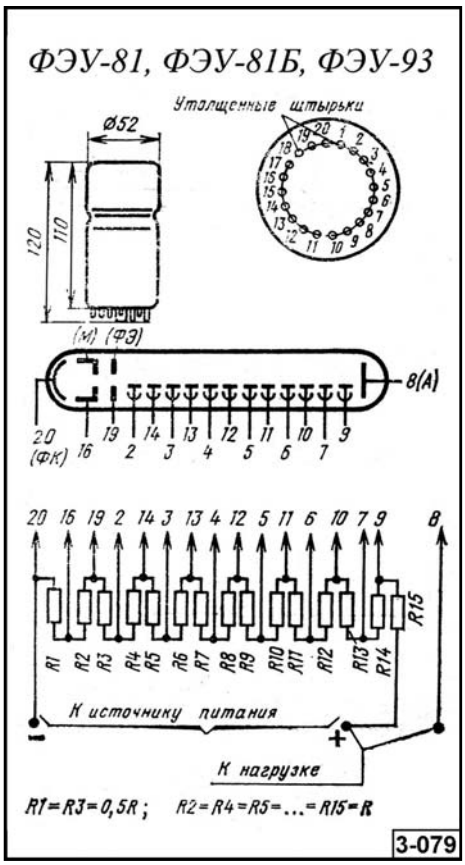
Рис. 3.2.1.9. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей

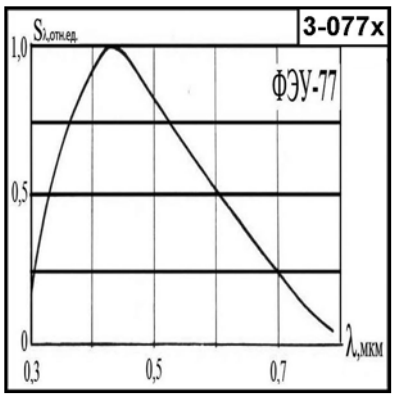
3.2.1.10. Фотоумножители ФЭУ-74А, ФЭУ-77, ФЭУ-78, ФЭУ-78Б, ФЭУ-79, ФЭУ-81, ФЭУ-81Б [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,35–0,55 мкм]

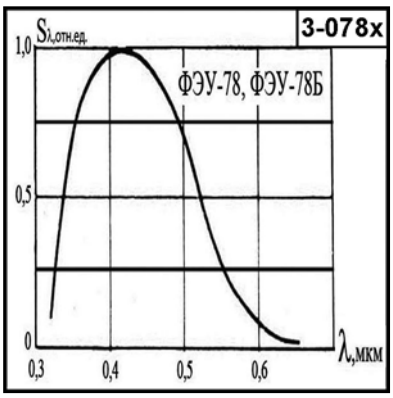
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.10. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.10.

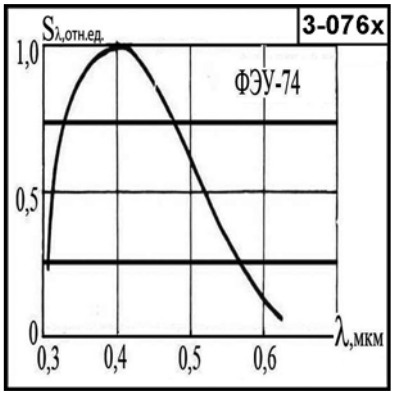












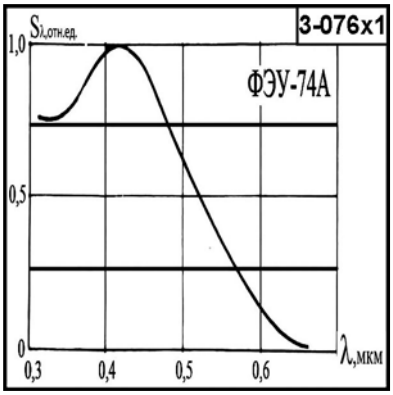


Рис. 3.2.1.10. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

Таблица 3.2.1.10. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-74А	торцевое [гибкие]	∅25	(0,3–0,65) [0,35–0,45]	11	50	1 (1200) 10 (1550)	$3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1750	$1\cdot10^{-9}$ (10)	$3\cdot10^{-5}$	1 кэВ	–50...+150	∅29,5 × 118 [30]	3-076
ФЭУ-77	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅5	(0,3–0,8) [0,41]	13	60	100 (2300) 30 (2600)	$4\cdot10^{-3}$ (0,41 мкм)	–	–	$5\cdot10^{-9}$ (100) $3\cdot10^{-8}$ (300)	$2\cdot10^{-4}$	$2{,}2\cdot10^{-13}$	–60...+50	35 × 185 [150]	3-077
ФЭУ-78	торцевое [жесткие] (РШ34)	∅40	(0,3–0,65) [0,38–0,46]	14	40	100 (1700)	$5\cdot10^{-3}$ (0,41 мкм)	–	2200	$2\cdot10^{-9}$ (100)	$3\cdot10^{-4}$	–	–60...+50	∅52 × 160 [200]	3-078
ФЭУ-78Б	торцевое [жесткие]	∅40	(0,3–0,65) [0,38–0,46]	14	45	10 (1550)	–	–	1800	$2\cdot10^{-9}$ (10)	$3\cdot10^{-4}$	2 кэВ	–40...+150	∅52 × 160 [200]	3-078
ФЭУ-79	торцевое [гибкие] цоколь (РШ32)	∅10	С-8 [0,42–0,55]	11	150	100 (1850) 1000 (2400)	–	–	2400	$4\cdot10^{-8}$ (2500)	$1\cdot10^{-4}$	–	–50...+50	∅48,5 × 175 [150]	3-070
ФЭУ-81	торцевое [жесткие]	∅40	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,48]	12	40	10 (600) 100 (2000)	–	–	2500	$5\cdot10^{-8}$ (1600) $8\cdot10^{-7}$ (2000)	$1\cdot10^{-2}$	3,5 кэВ	–190...+70	∅52 × 120 [140]	3-079
ФЭУ-81Б	торцевое [жесткие]				25		–	–				10 кэВ	–60...+70	∅52 × 120 [140]	

3.2.1.11. Фотоумножители ФЭУ-82, ФЭУ-82А, ФЭУ-83, ФЭУ-84, ФЭУ-84-1, ФЭУ-84-2, ФЭУ-84-3, ФЭУ-84-4, ФЭУ-84-5, ФЭУ-85 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,34–0,85 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.11. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.11.

Таблица 3.2.1.11. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-82	торцевое [жесткие]	∅60	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,48]	12	30	10 (600) 100 (2000)	–	–	2500	$8\cdot10^{-8}$ – $1\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-2}$	5 кэВ	–60...+70	∅80 × 150 [220]	3-080
ФЭУ-82А					25	10 (1600)				$8\cdot10^{-8}$ (1600)		15 кэВ			

Таблица 3.2.1.11. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	$S_{рнк}$, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)рнк}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ_1, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-83	торцевое [жесткие] (РШ38)	∅25	С-1 (0,4–1,2) [0,65–0,85]	12	20	1 (1400) 10 (1700) 100 (2000)	–	–	2200	$9\cdot10^{-8}$ (1) $9\cdot10^{-6}$ (100)	$3\cdot10^{-3}$	–	–60...+55	∅34 × 113 [80]	3-081
ФЭУ-84	торцевое [жесткие]	∅25	С-8 (0,3–0,8) [0,42–0,48]	12		100 (1700)	$3\cdot10^{-3}$ (0,694 мкм)	–	1900	$2\cdot10^{-7}$	$5\cdot10^{-3}$	$1,7\cdot10^{-12}$	–60...+70	∅34 × 118 [75]	3-082
ФЭУ-84-1															
ФЭУ-84-2	торцевое [жесткие]	∅25	С-8 (0,3–0,8) [0,42–0,55]	12	80	100 (1450–1700)	–	–	1900	$5\cdot10^{-8}$ (100)	$5\cdot10^{-3}$	3,5 кэВ	–60...+70	∅34 × 118 [80]	3-082
ФЭУ-84-3															
ФЭУ 84-4															
ФЭУ-84-5															
ФЭУ-85	[торцевое] жесткие (РШ31)	∅25	С-6 [0,34–0,44]	11	30	10 (900) 100 (1250)	$3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1350	$1\cdot10^{-8}$ (900) $1\cdot10^{-7}$ (1250)	$5\cdot10^{-5}$	3 кэВ	–60...+60	∅30 × 107 [50]	3-084

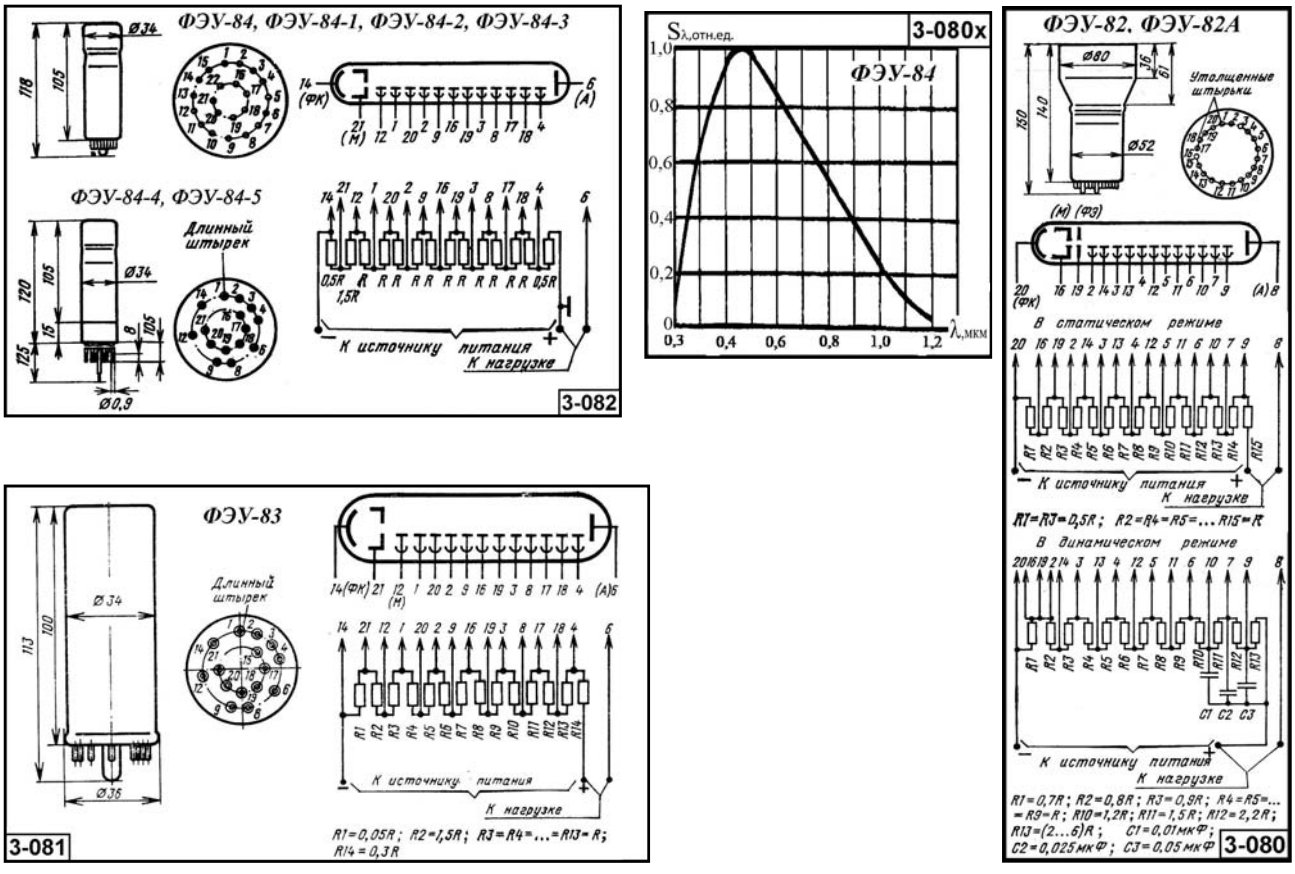


Рис. 3.2.1.11. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей

3.2.1.12. Фотоумножители ФЭУ-85А, ФЭУ-86, ФЭУ-86И, ФЭУ-86И-1 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,6; $\lambda_{макс}$ = 0,34–0,49 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.12. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.12.

Таблица 3.2.1.12. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda_з$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	$S_{рнк}$, мкА/лм, не менее	$S_а$, (при $U_р$, В), А/лм	$S_{(\lambda)рнк}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)а}$, А/Вт, не менее (на $\lambda_з$, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при $S_а$, А/лм)	$I_а$, А, не более	$F_з$, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-85А	[торцевое] жесткие (РШ31)	∅25	С-6 [0,34–0,44]	11	30	10 (800) 100 (1000)	$7{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1350	$2\cdot10^{-9}$ (10) $2\cdot10^{-8}$ (100)	$5\cdot10^{-5}$	1 кэВ	–60…+60	∅30 × 107 [50]	3-084
ФЭУ-86	торцевое [гибкие]	∅10	С-6 [0,38–0,49]	10	90	100 (900)	$2{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1350	$2\cdot10^{-9}$ (10) $2\cdot10^{-8}$ (100)	$5\cdot10^{-5}$	1 кэВ	–50…+50	∅30 × 72 [30]	3-083
ФЭУ-86И	торцевое [гибкие]	∅10	С-6 [0,38–0,49]	10	60	100 (1600)	$2\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1600	–	$5\cdot10^{-6}$	$1{,}8\cdot10^{-12}$; $9\cdot10^{-12}$ (при фоне $2\cdot10^{-9}$ лм)	–50…+50	∅30 × 72 [30]	3-083
ФЭУ-86И-1	торцевое [гибкие]	∅10	С-6 [0,38–0,49]	10		100 (1600)	–	–	1600	–	$5\cdot10^{-6}$	$1{,}8\cdot10^{-12}$; $9\cdot10^{-12}$ (при фоне $2\cdot10^{-9}$ лм)	–50…+50	40 × 98 [152]	3-085

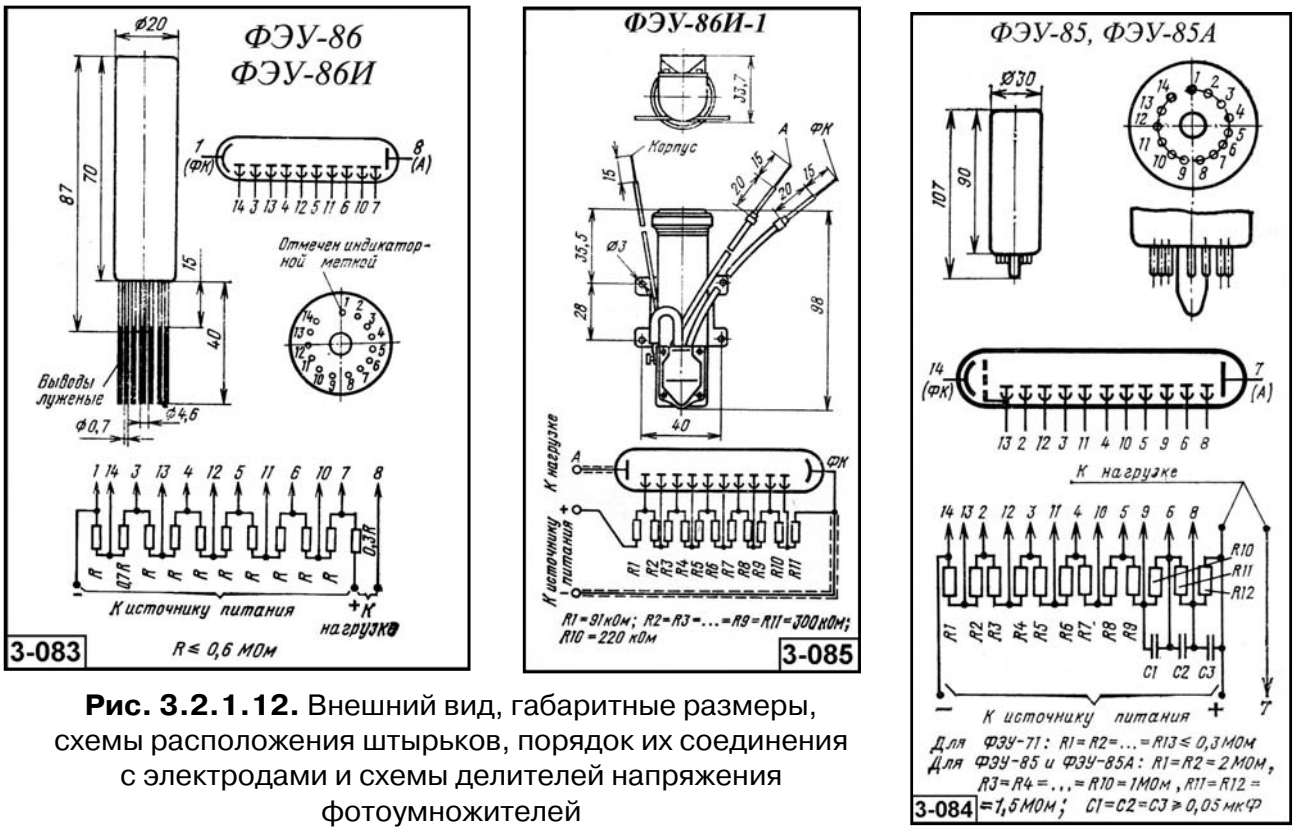


Рис. 3.2.1.12. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей

3.2.1.13. Фотоумножители ФЭУ-87, ФЭУ-88, ФЭУ-91, ФЭУ-92, ФЭУ-93 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,32–0,55 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.13. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.13.

Таблица 3.2.1.13. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$), мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pnk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(i)pnk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-87	торцевое [жесткие] (РШ31)	∅20	С-9 [0,32–0,38]	11	50	100 (1400) 1000 (1800) 3000 (2100)	–	–	2100	$8\cdot10^{-9}$ (100) $8\cdot10^{-8}$ (1000) $5\cdot10^{-7}$ (3000)	$5\cdot10^{-5}$	–	–50...+50	∅30 × 110 [60]	3-086
ФЭУ-88	торцевое [жесткие]	∅8	С-8 [0,42–0,55]	11	80	10	–	–	2000	–	$2\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-12}$; $1{,}6\cdot10^{-10}$ (при фоне $1\cdot10^{-6}$ лм)	–60...+50	∅29,5 × 101 [40]	3-087
ФЭУ-91	торцевое [гибкие]	∅25	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,49]	12	20	30 (1700)	–	–	2500	$5\cdot10^{-8}$	$2\cdot10^{-3}$	5 кэВ	–60...+55	∅40 × 180 [150]	3-089
ФЭУ-92	торцевое [гибкие]	∅25	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,49]	12	20	30 (1700) 100 (2000)	–	–	2500	$5\cdot10^{-9}$ (100)	$2\cdot10^{-3}$	2 кэВ	–60...+55	∅40 × 170 [150]	3-089
ФЭУ-93	торцевое [жесткие] (РШ34)	∅40	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,49]	12	30	10 (1600) 100 (2100)	–	–	2500	$5\cdot10^{-8}$–$8\cdot10^{-7}$	$1\cdot10^{-2}$	3,5 кэВ	–60...+70	∅52 × 120 [140]	3-079

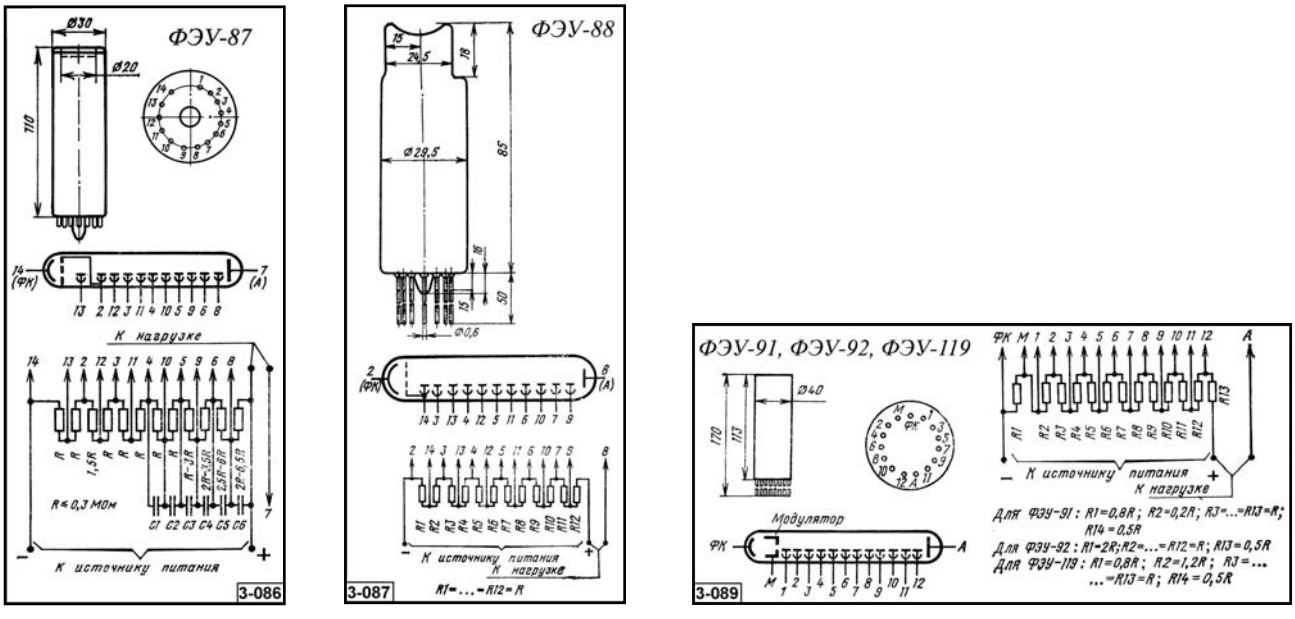


Рис. 3.2.1.13. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей

3.2.1.14. Фотоумножители ФЭУ-94, ФЭУ-95, ФЭУ-96, ФЭУ-97, ФЭУ-98, ФЭУ-99, ФЭУ-100 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,22–0,55 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.14. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.14.

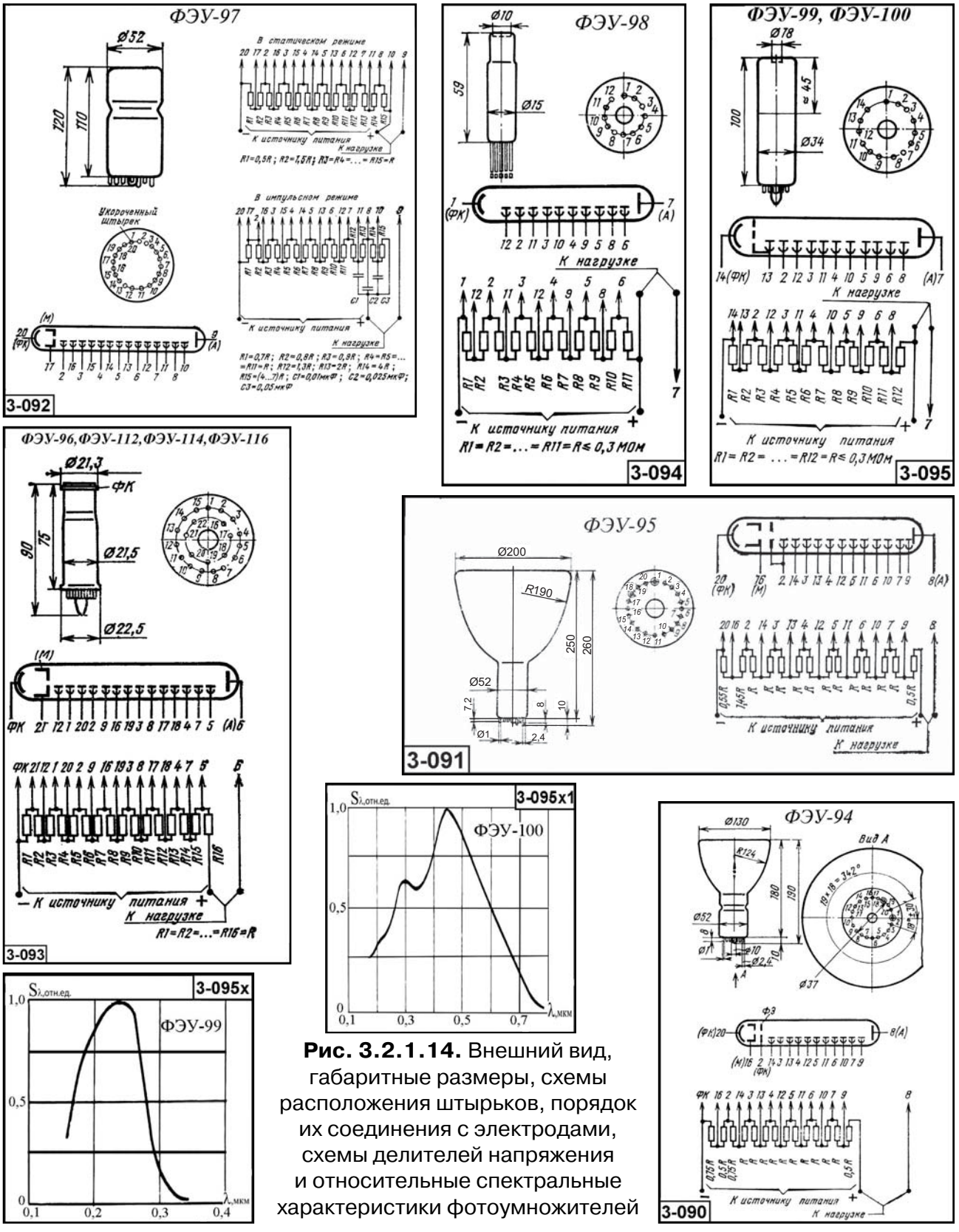


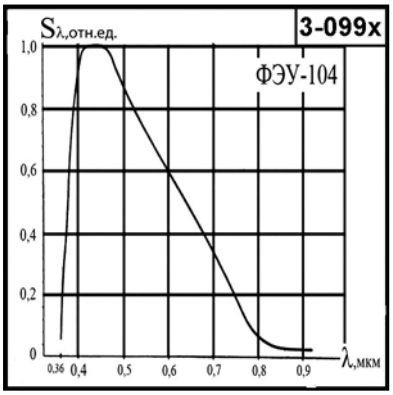
Рис. 3.2.1.14. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

Таблица 3.2.1.14. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pik}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)pik}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-94	торцевое [жесткие] (РШ34)	∅100	С-8 [0,42–0,55]	11	80	10	–	–	1500	$6\cdot10^{-8}$ (1500)	$1\cdot10^{-5}$	6 кэВ	–60...+70	∅130 × 190 [500]	3-090
ФЭУ-95	торцевое [жесткие]	∅160	С-8 [0,42–0,55]	12	80	10	–	–	1500	$3\cdot10^{-7}$ (1500)	$1\cdot10^{-5}$	9 кэВ	–60...+70	∅200 × 260 [1400]	3-091
ФЭУ-96	торцевое [жесткие]	∅3	С-9 [0,32–0,36]	14	25	30 (1800)	15%	–	2000	$5\cdot10^{-10}$ (1800)	$5\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-13}$	–60...+70	∅21,5 × 90 [25]	3-093
ФЭУ-97	торцевое [жесткие] (РШ34)	∅40	С4 (0,25– 0,65) [0,38–0,49]	14	35	30 (1700) 1000 (2500)	15%	–	2500	$6\cdot10^{-8}$_ $5\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-2}$	2,5 кэВ	–60...+70	∅52 × 120 [140]	3-092
ФЭУ-98	торцевое [гибкие]	∅10	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,42]	10	70	10 (900) 30 (1100)	$5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1600	$1\cdot10^{-9}$ (30)	$5\cdot10^{-5}$	–	–60...+50	∅15 × 59 [12]	3-094
ФЭУ-99	торцевое [жесткие]	∅16	(0,15–0,32) [0,22–0,26]	11	–	–	$9\cdot10^{-3}$ (0,2537 мкм)	100 (1200В, 0,2537 мкм)	2000	–	$5\cdot10^{-5}$	$8\cdot10^{-14}$ (0,2537 мкм, экв. темнового тока)	–60...+55	∅34 × 107 [80]	3-095
ФЭУ-100	жесткие (РШ31)	∅18	(0,17–0,83) [0,42–0,46]	11	90	100 (1900)	$2\cdot10^{-2}$ (0,4 мкм) $1\cdot10^{-4}$ (0,9 мкм)	–	2700	$2\cdot10^{-9}$ (100)	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-13}$	–50...+50	∅34 × 117 [80]	3-095

3.2.1.15. Фотоумножители ФЭУ-101, ФЭУ-102, ФЭУ-103, ФЭУ-104, ФЭУ-105 [$\Delta\lambda$ = 0,16–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,32–0,44 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.15. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.15.



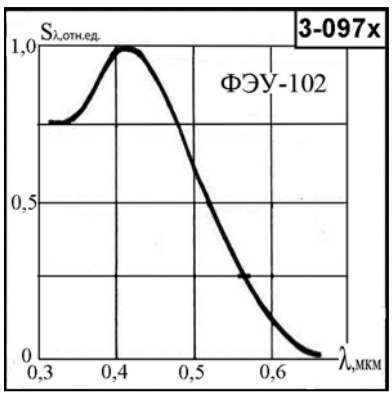


Рис. 3.2.1.15. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

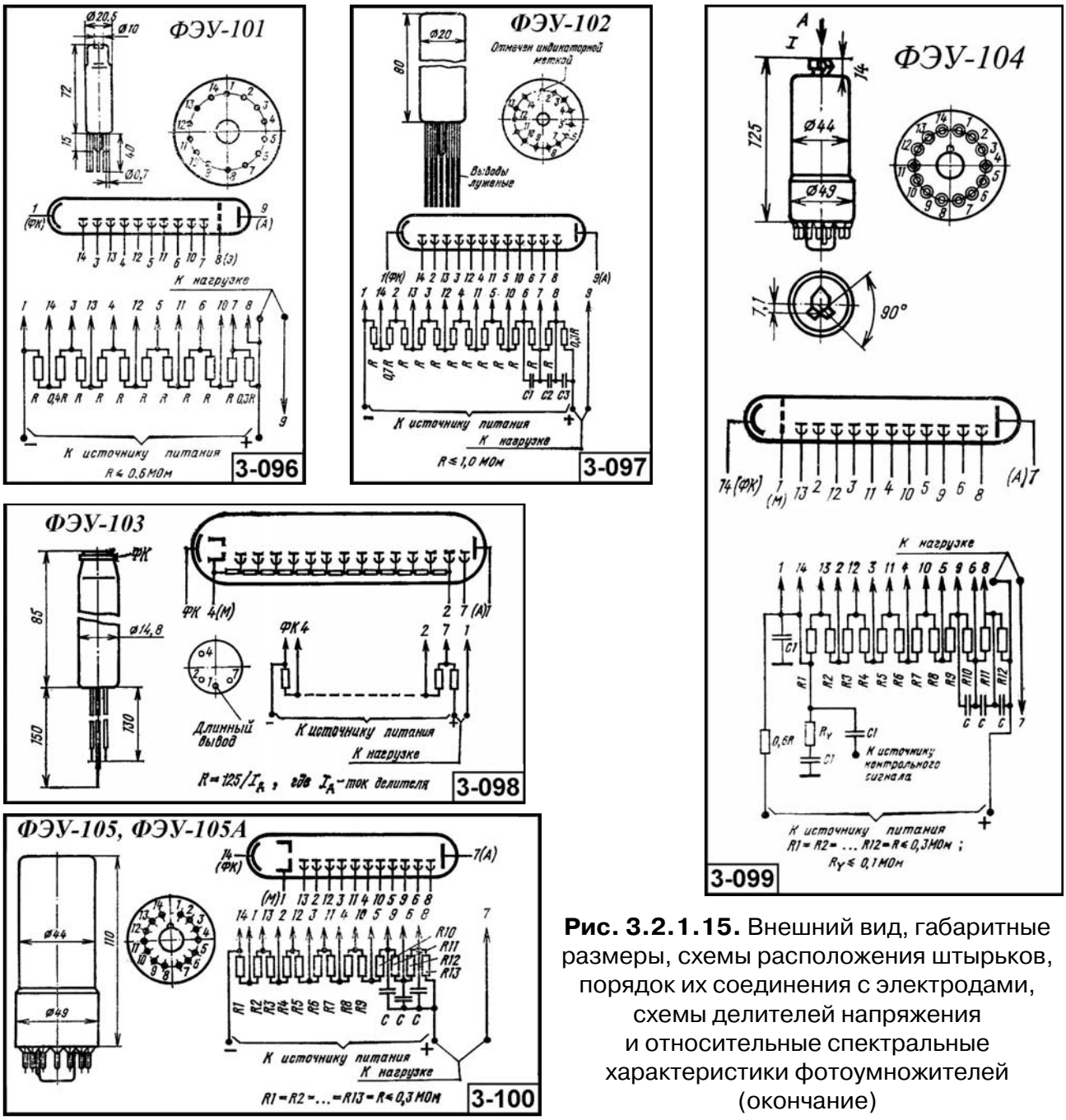


Рис. 3.2.1.15. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей (окончание)

Таблица 3.2.1.15. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	$F_э$, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-101	торцевое [гибкие]	∅10	С-4 (0,3–0,65) [0,38–0,42]	10	90	100 (1100)	$6\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2000	$5\cdot10^{-9}$ (100)	$5\cdot10^{-6}$	$3\cdot10^{-13}$ и $4{,}4\cdot10^{-12}$ (при фоне $1\cdot10^{-9}$ лм)	–50…+50	∅20,5 × 72 [30]	3-096

Таблица 3.2.1.15. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(i)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(i)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-102	торцевое [гибкие]	∅16	С-4 (0,18–0,65) [0,4–0,43]	12	40	10 (1500)	$4{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2000	$1\cdot10^{-9}$ (10)	$3\cdot10^{-5}$	3 кэВ	–40...+150	∅20 × 80	3-097
ФЭУ-103	торцевое [гибкие]	∅3	С-9 [0,32–0,36]	14	15	30 (1800)	–	–	2000	$5\cdot10^{-9}$ (1800)	$(2–10)\cdot10^{-6}$	$5\cdot10^{-12}$	–50...+50	∅14,8 × 85	3-098
ФЭУ-104	цоколь (РШ32)	∅5	С-8 [0,4–0,44]	11	390	100 (1540) 300 (1740)	–	–	2000	$5\cdot10^{-8}$ (при 300 А/лм)	$2{,}5\cdot10^{-4}$	–	–60...+60	∅49 × 125 [140]	3-099
ФЭУ-105	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅6	С-8 [0,4–0,44]	11	120	100 (2200) 300 (2500)	10%	–	2500	$5\cdot10^{-8}$ (2200)	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-12}$ Вт/Гц$^{1/2}$ (при фоне $1\cdot10^{-9}$ Вт, 1200 В)	–60...+60	∅49 × 120 [130]	3-100

3.2.1.16. Фотоумножители ФЭУ-105А, ФЭУ-106, ФЭУ-107, ФЭУ 108, ФЭУ-110, ФЭУ-111 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,38–0,44 мкм]

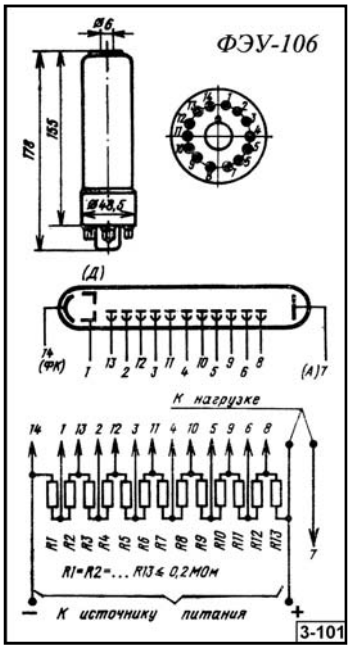
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.16. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.16.

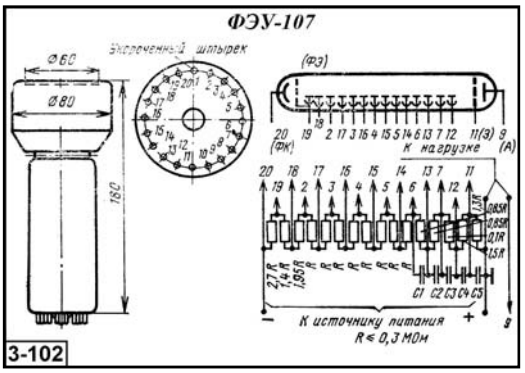
Таблица 3.2.1.16. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

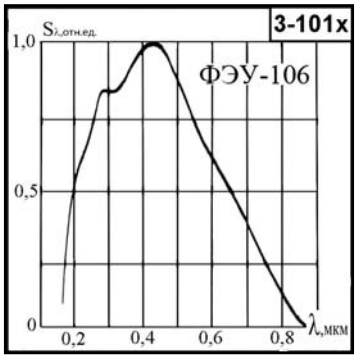
Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(i)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(i)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-105А	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅6	С-8 [0,4–0,44]	11	120	100 (2200) 300 (2500)	15%	–	2400	$5\cdot10^{-8}$ (2200)	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$1{,}7\cdot10^{-13}$ (при фоне $1\cdot10^{-9}$ Вт, 1200 В)	–50...+50	∅49 × 120 [130]	3-100
ФЭУ-106	торцевое цоколь (РШ32)	∅6	(0,15–0,9) [0,4–0,44]	11	200	1000 (1950)	–	–	2500	$2{,}5\cdot10^{-8}$ (1000)	$1\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-13}$	–50...+50	∅48,5 × 160 [150]	3-101
ФЭУ-107	торцевое [жесткие]	∅60	(0,3–0,65) [0,38–0,42]	14	35	30 (1700)	$4{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2200	$5\cdot10^{-9}$ (30)	$3\cdot10^{-4}$	10 кэВ	–50...+125	∅80 × 180 [250]	3-102
ФЭУ 108	торцевое [жесткие] (РШ32)	∅16	(0,3–0,65) [0,38–0,42]	8	80	1 (650) 10 (950)	$5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1200	$1{,}5\cdot10^{-9}$ (1) $8\cdot10^{-10}$ (10)	$1\cdot10^{-5}$	0,7 кэВ	–60...+60	∅20 × 65 [30]	3-103

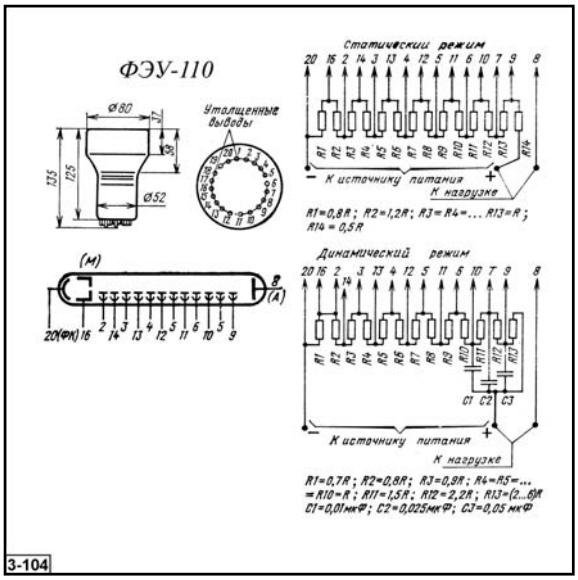
Таблица 3.2.1.16. (окончание)

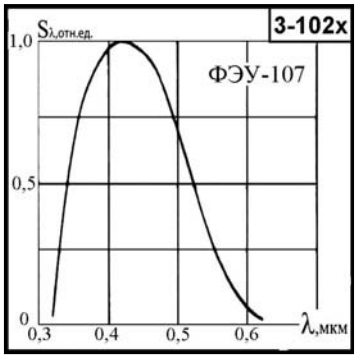
Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ_2, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-110	торцевое [жесткие] (РШ34)	∅60 сферический	С-8 (0,3–0,9) [0,4–0,44]	12	80	10 (1550) 100 (2000)	–	–	2700	$6\cdot10^{-9}$– $8\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-2}$	3 кэВ	–60...+70	∅80 × 135 [200]	3-104
ФЭУ-111	торцевое [гибкие с делителем]	∅7	(0,3–0,65) [0,38–0,42]	10	-	100 (1500)	–	–	1500	$4,5\cdot10^{-13}$ (100)	$5\cdot10^{-6}$	$4\cdot10^{-12}$ (при $\Phi_ф$ = $3\cdot10^{-9}$ лм)	–50...+50	34,5 × 96,8 [120]	3-104

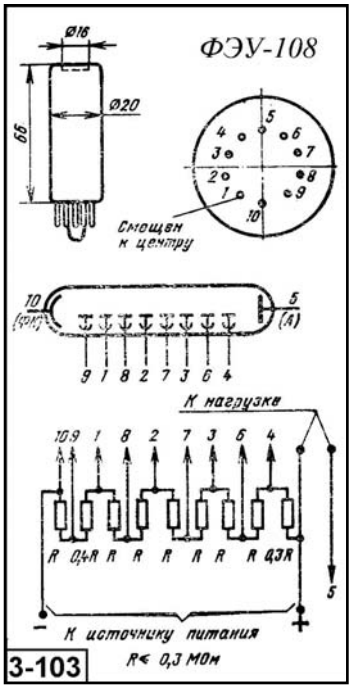












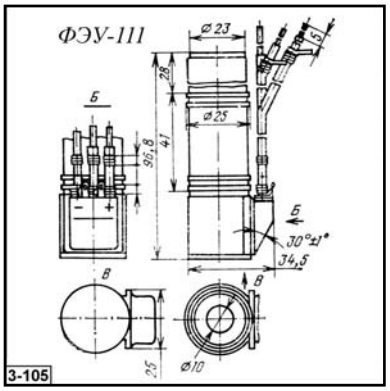


Рис. 3.2.1.16. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

3.2.1.17. Фотоумножители ФЭУ-112, ФЭУ-113, ФЭУ-114, ФЭУ-115, ФЭУ-115М, ФЭУ-115МУ, ФЭУ-115МСУ [$\Delta\lambda$ = 0,25–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,8 мкм]

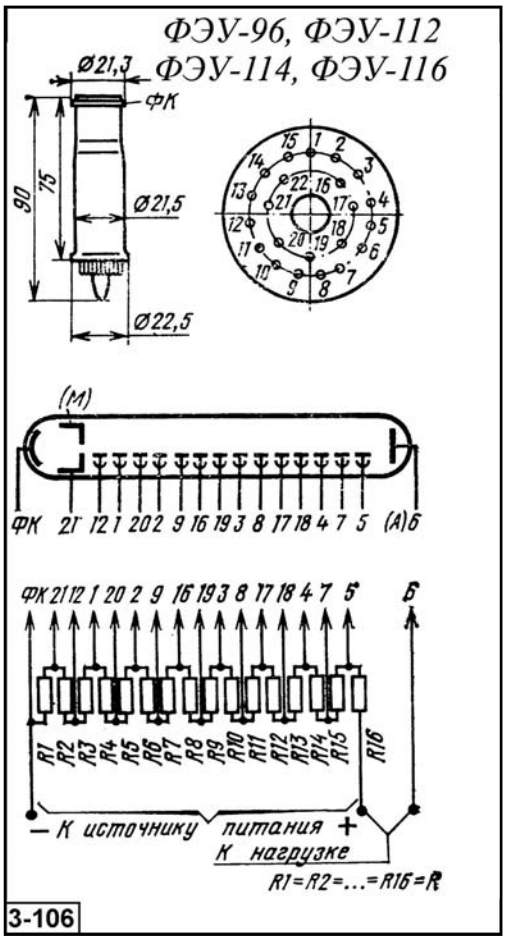
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.17. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.17.

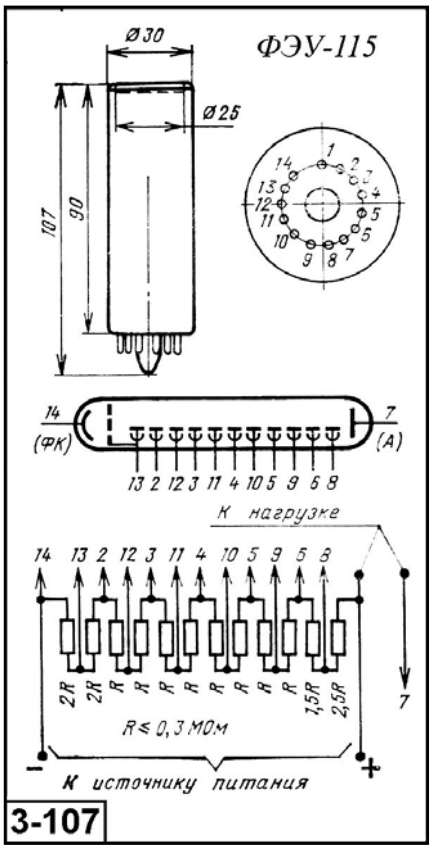
Таблица 3.2.1.17. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

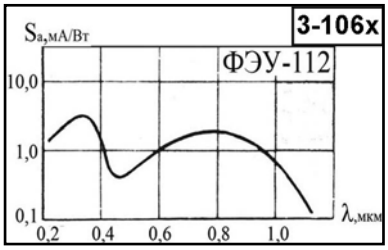
Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-112	торцевое [жесткие] (РШ40)	∅5	С-1 (0,25–1,1) [0,65–0,85]	14	15	10 (1800)	$2{,}09\cdot10^{-4}$ (1,06 мкм)	100 (1,06 мкм)	2000	$3\cdot10^{-7}$	$1\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-11}$	–60...+55	∅22,5 × 90 [25]	3-093 и 3-106
ФЭУ-113	торцевое [жесткие] (РШ38)	∅25	С-1 (0,3–1,1) [0,65–0,8]	12	20	–	$4\cdot10^{-3}$ (1,06 мкм) $3\cdot10^{-2}$ (0,91 мкм)	300 (1800 В, 1,06 мкм) 30 (1600 В, 0,91 мкм)	1900	–	$5\cdot10^{-4}$	–	–60...+55	∅34 × 118 [75]	3-108
ФЭУ-114	торцевое [жесткие] (РШ40)	∅10	С-8 (0,25–0,85) [0,4–0,44]	14	60	30 (1900)	$1{,}02\cdot10^{-2}$ (0,694 мкм)	$4\cdot10^{-3}$ (0,694 мкм)	2000	$5\cdot10^{-9}$	$5\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-12}$	–60...+70	∅22,5 × 90 [25]	3-093 и 3-106
ФЭУ-115	торцевое [жесткие] (РШ31)	∅25	С-8 [0,4–0,44]	11	120	10 (1330)	$6\cdot10^{-5}$ (0,42 мкм)	–	1750	$3\cdot10^{-10}$ (10)	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-13}$ $1{,}4\cdot10^{-19}$ (при $\Phi_ф = 10^{-6}$ лм)	–60...+50	∅30 × 107 [50]	3-107
ФЭУ-115М	торцевое [жесткие]	∅25	(0,3–0,85) [0,42]	12	60	80 (2000)	$6\cdot10^{-5}$ (0,42 мкм)	–	2250	$1\cdot10^{-11}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	–	–60...+55	∅30 × 107	3-107
ФЭУ-115МУ	торцевое [жесткие]	∅25	(0,185–0,85) [0,42]	12	50	70 (2000)	$5\cdot10^{-5}$ (0,42 мкм)	–	2250	$1\cdot10^{-11}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	–	–60...+55	∅30 × 107	3-107
ФЭУ-115МСУ	торцевое [жесткие]	∅25	(0,115–0,85) [0,42]	12	50	70 (2000)	$4\cdot10^{-5}$ (0,42 мкм)	–	2250	$1\cdot10^{-11}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	–	–60...+55	∅30 × 107	3-107

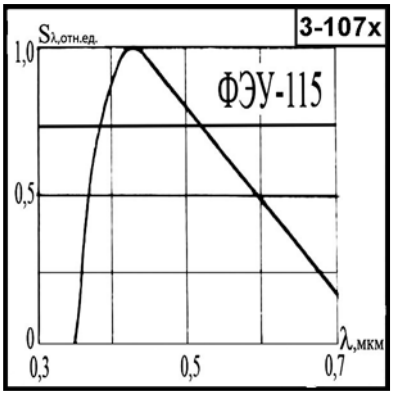
3.2.1.18. Фотоумножители ФЭУ-115МСС, ФЭУ-116, ФЭУ-117, ФЭУ-118, ФЭУ-119, ФЭУ-120, ФЭУ-121 [$\Delta\lambda$ = 0,112–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,25–0,46 мкм]

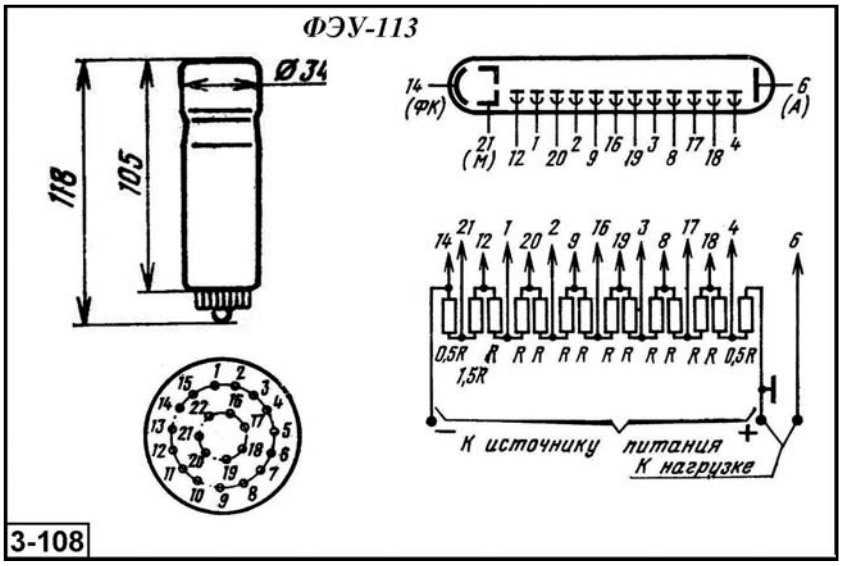
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.18. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.18.











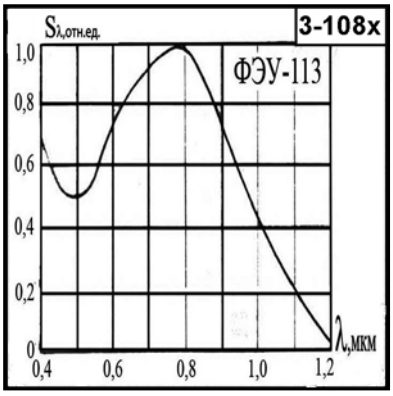


Рис. 3.2.1.17. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

Таблица 3.2.1.18. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	Fs, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-115МСС	торцевое [жесткие]	∅25	(0,112–0,35) [0,25]	12	50	70 (2000)	$6\cdot10^{-6}$ (0,25 мкм)	–	2500	$2\cdot10^{-12}$	$2{,}5\cdot10^{-4}$	–	–60...+55	∅30 × 107	3-107
ФЭУ-116	торцевое [жесткие] (РШ40)	∅10	(0,2–0,365) [0,26–0,3]	14	–	–	$4\cdot10^{-3}$ (в макс.)	300 (1900В) (0,253мкм)	2200	$2\cdot10^{-10}$	$1\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-13}$	–60...+70	∅22,5 × 90 [25]	3-109
ФЭУ-117	торцевое [гибкие]	∅25	С-8 [0,4–0,44]	11	–	30 (1660)	$2{,}3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2350	$2\cdot10^{-9}$ (30)	$3\cdot10^{-4}$	–	–60...+60	∅37 × 90 [50]	3-110
ФЭУ-118	торцевое [жесткие] (РШ34а)	∅40	С-8 [0,4–0,44]	12	100	10 (1400)	$4\cdot10^{-2}$ (0,5 мкм)	–	2000	$5\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-2}$	3 кэВ	–60...+70	∅52 × 120,5 [140]	3-111
ФЭУ-119	гибкие	∅25	С-8 [0,4–0,44]	12	80	10 (1500) 100 (2000) 1000 (2600)	$9\cdot10^{-3}$ (0,63 мкм)	–	2600	$3\cdot10^{-10}$ (1500) $2\cdot10^{-9}$ (2000) $3\cdot10^{-8}$ (2600)	$3\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-13}$ (при 1,5 кэВ)	–60...+85	∅40 × 170 [180]	3-112
ФЭУ-120	торцевое [гибкие]	∅20	С-9 [0,38–0,46]	11	30	100 (1950) 1000 (2200)	$3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2530	$1\cdot10^{-6}$ (1000)	$3\cdot10^{-5}$	8 кэВ	–60...+85	∅30 × 110 [60]	3-113
ФЭУ-121	торцевое [жесткие]	∅16	С-9 [0,38–0,46]	11	30	100 (1900) 1000 (2300)	$3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2640	$1\cdot10^{-6}$ (2300)	$5\cdot10^{-5}$	6 кэВ	–60...+85	∅30 × 110 [60]	3-114

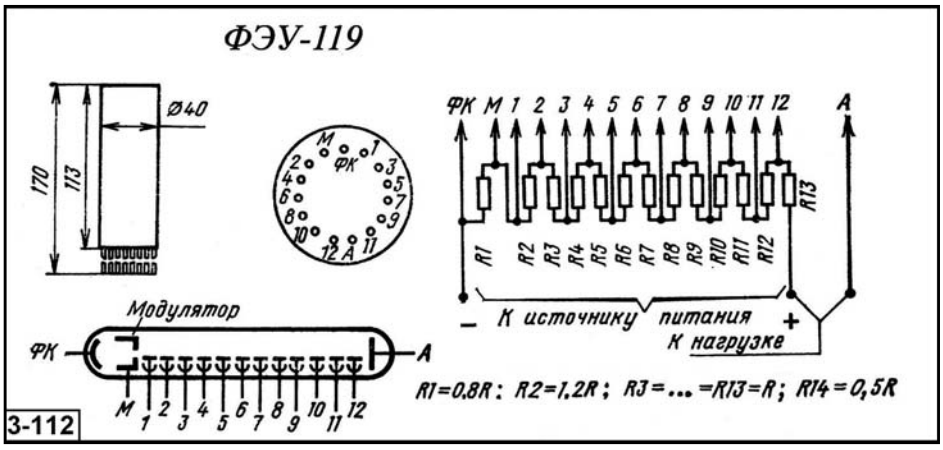


Рис. 3.2.1.18. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

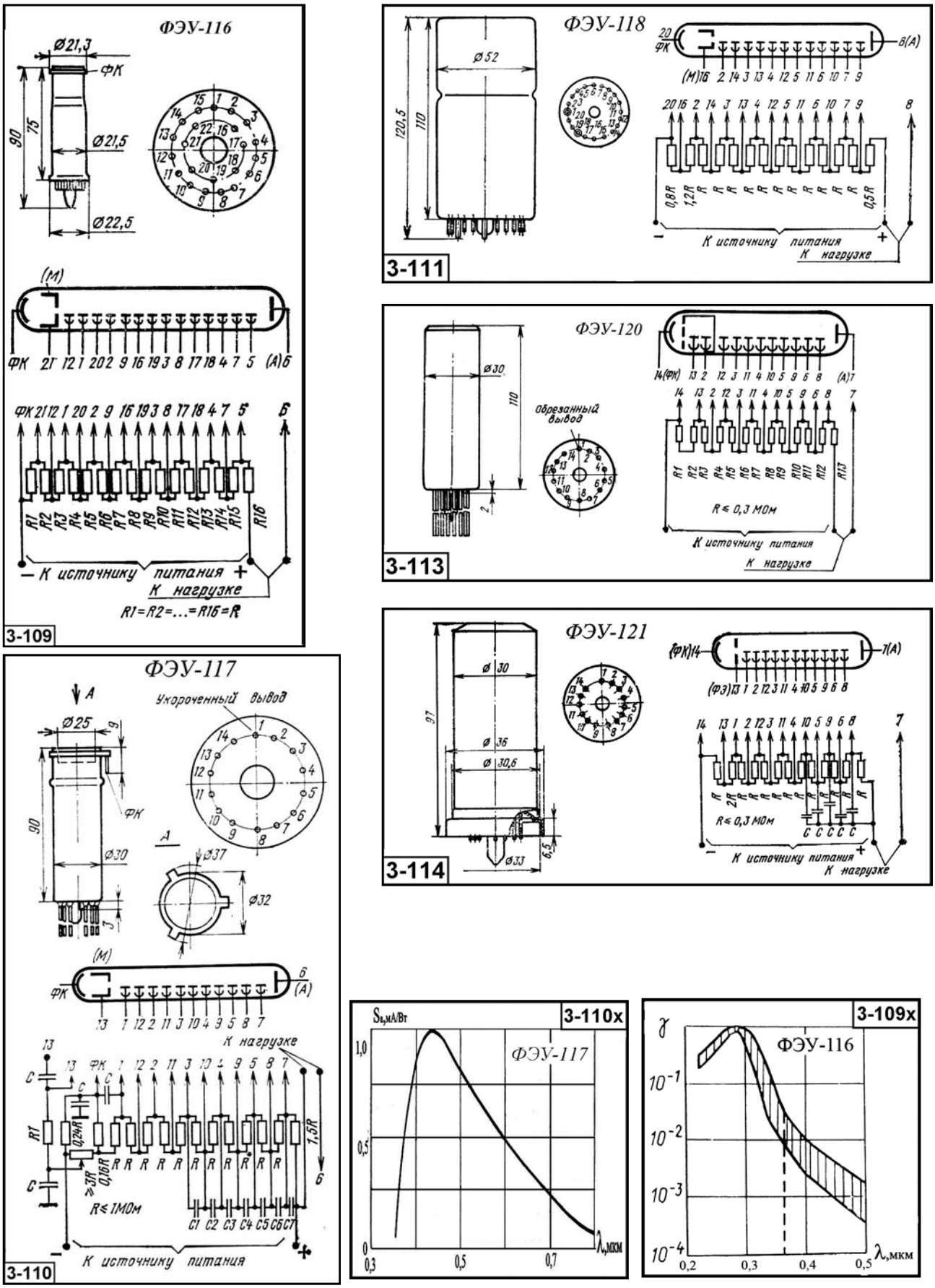


Рис. 3.2.1.18. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей (окончание)

3.2.1.19. Фотоумножители ФЭУ-122, ФЭУ-123, ФЭУ-124, ФЭУ-125 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,25–0,44 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.19. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.19.

Таблица 3.2.1.19. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda_з$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	$S_а$, (при $U_р$, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на $\lambda_з$, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при $S_а$, А/лм)	$I_а$, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-122	торцевое [гибкие]	∅25	С-2 [0,4–0,5]	14	30	30 (1700)	$3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2000	$1\cdot10^{-7}$ (1700)	$5\cdot10^{-4}$	–	–60…+85	∅33 × 94 [50]	3-118
ФЭУ-123	торцевое [гибкие с делителем]	∅5	С-8 [0,36–0,44]	11	250	100 (2000) 300 (2200)	$2\cdot10^{4}$ А/Вт (0,694 мкм) $2{,}2\cdot10^{4}$ А/Вт (0,53 мкм)	–	2300	$3\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-15}$ Вт·Гц$^{-1/2}$ (0,694 мкм) $2\cdot10^{-13}$ Вт·Гц$^{-1/2}$ (0,69 мкм, $\Phi_ф = 5\cdot10^{-10}$ Вт)	–60…+55	∅52 × 150 [400]	3-115
ФЭУ-124	торцевое [жесткие] (РШ28а)	∅10	(0,25–0,4)	5	–	–	$4{,}2\cdot10^{-3}$ А/Вт (0,2537 мкм)	1	1000	$1\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-5}$	–	–60…+70	∅22,5 × 60 [25]	3-116
ФЭУ-125	торцевое [жесткие] (РШ34а)	∅150	С-8 [0,36–0,44]	12	80	10 (1650) 100 (2200)	–	–	2200	$5\cdot10^{-8}$ (1650) $5\cdot10^{-5}$ (2200)	$5\cdot10^{-3}$	7 кэВ	–60…+55	∅170 × 200,5 [1000]	3-117

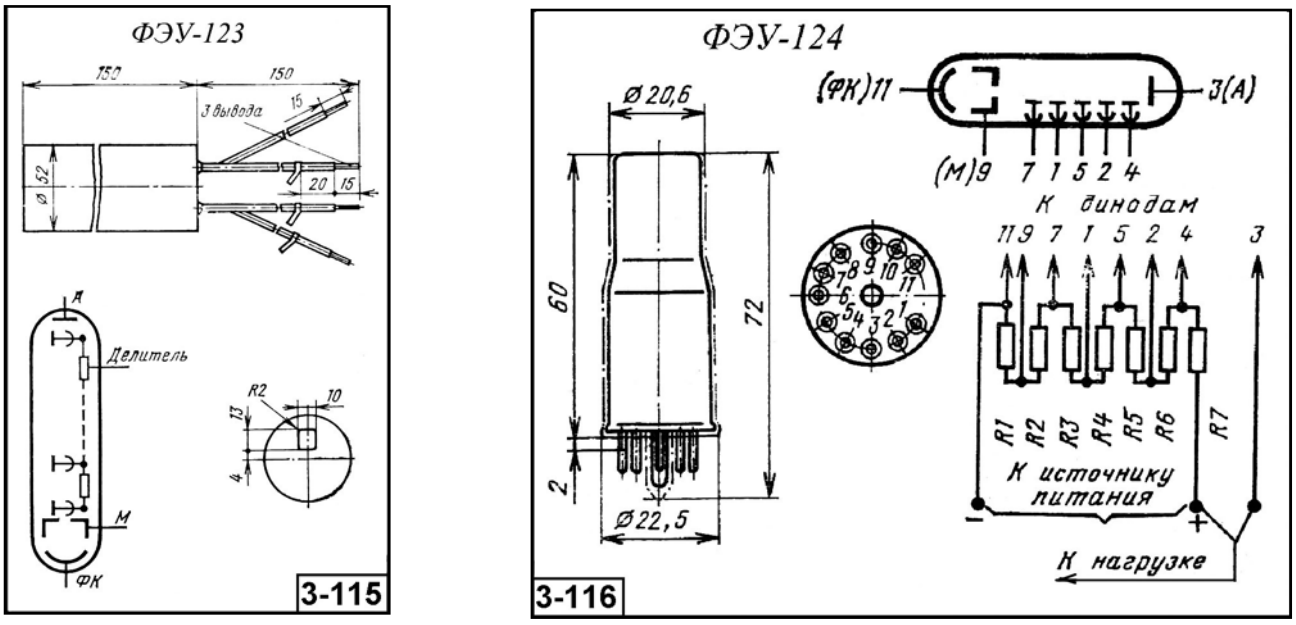


Рис. 3.2.1.19. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей

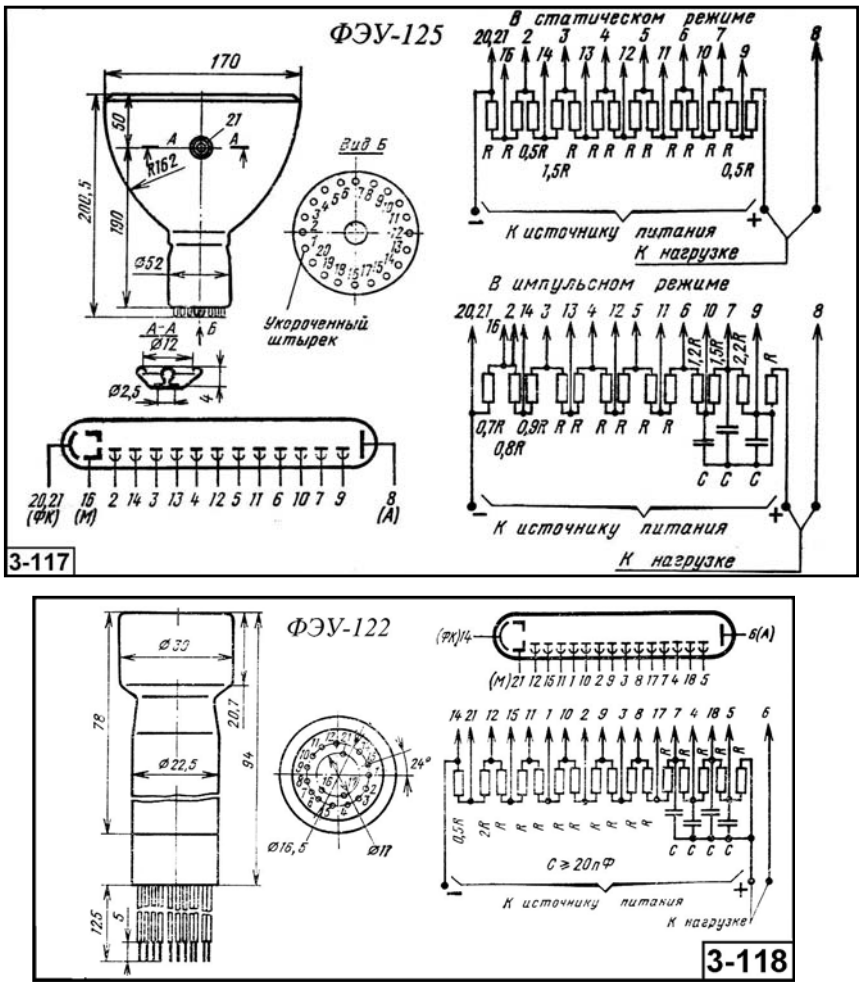


Рис. 3.2.1.19. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей (окончание)

3.2.1.20. Фотоумножители ФЭУ-126, ФЭУ-127, ФЭУ-127-1, ФЭУ-127С [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,5 мкм]

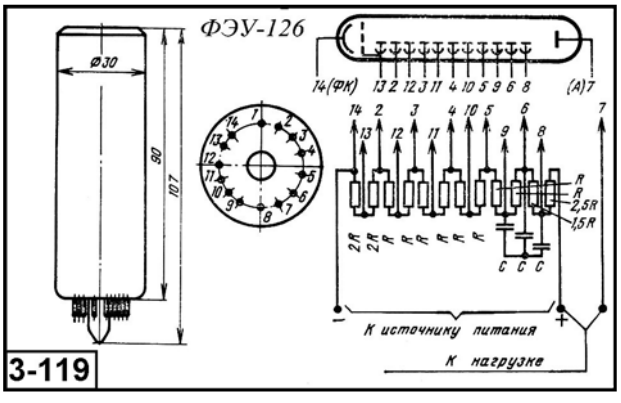
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.20. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.20.

Таблица 3.2.1.20. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики (λ, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-126	жесткие (РШ31)	∅25	С-2 [0,4–0,5]	11	60	100 (1150) 300 (1300)	$4\cdot10^{-2}$ А/Вт (0,5 мкм)	–	1430	$1\cdot10^{-7}$ (1150)	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-12}$ (при 0,5 мкм) $1{,}2\cdot10^{-3}$ Вт/Гц$^{-1/2}$ (при $\Phi_ф = 1\cdot10^{-9}$ Вт)	–60…+60	∅30 × 107 [50]	3-119

Таблица 3.2.1.20. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-127	торцевое [гибкие с делителем]	∅6	С-2 [0,4–0,5]	10	–	100 (1400)	–	–	1400	$1\cdot10^{-11}$	$5\cdot10^{-6}$	$4\cdot10^{-13}$ $2\cdot10^{-13}$ Вт/Гц$^{-1/2}$ (при $\Phi_ф = 1\cdot10^{-9}$ лм)	–50…+50	∅28 × 97 [125]	3-120
ФЭУ-127-1										$1\cdot10^{-8}$ (1400)		$4\cdot10^{-13}$ $5\cdot10^{-13}$ Вт/Гц$^{-1/2}$ (при $\Phi_ф = 1\cdot10^{-9}$ лм)	–60…+55		
ФЭУ-127С	торцевое [гибкие]	∅10 (Sb-Cs)	С-11 (0,3–0,65) [0,44]	10		80 (1000)	$4{,}7\cdot10^{-5}$	–	1600	100 имп/с	$5\cdot10^{-2}$	–	–45…+55	∅20 × 70	–



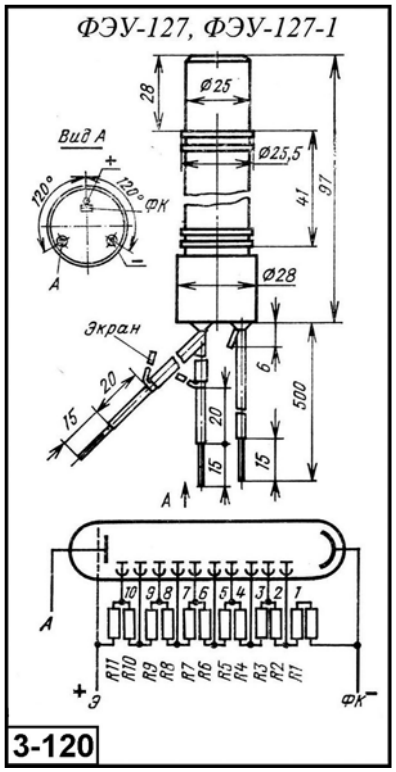
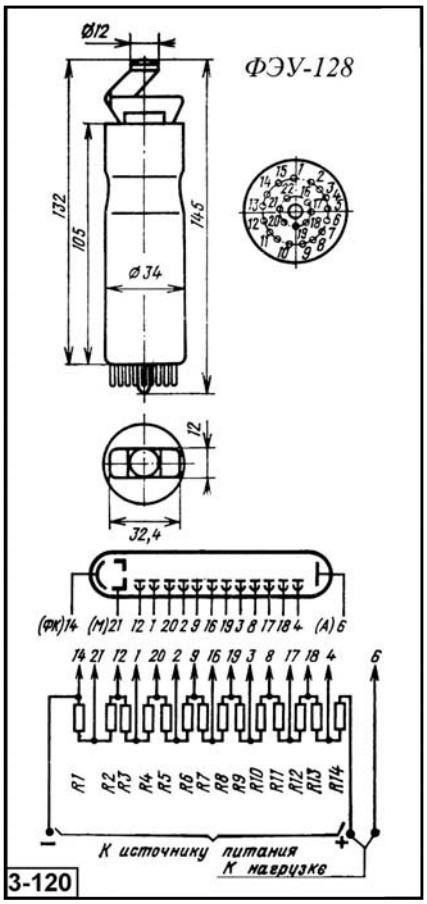
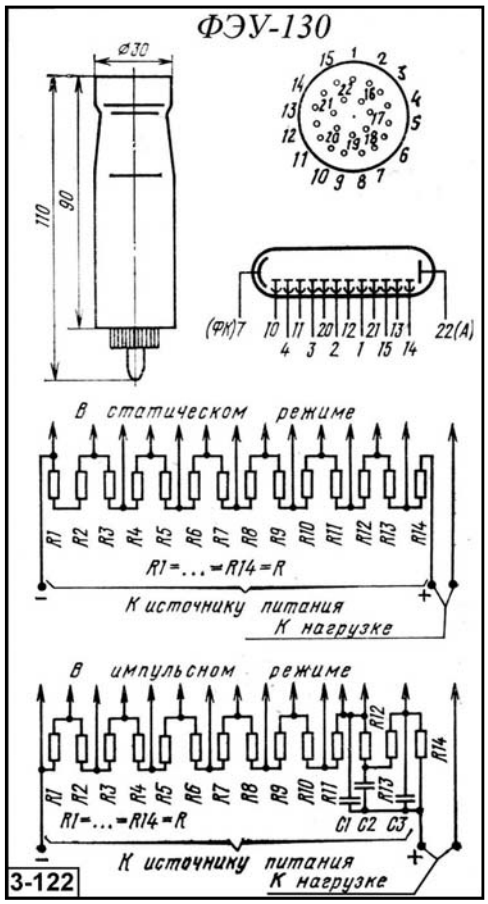


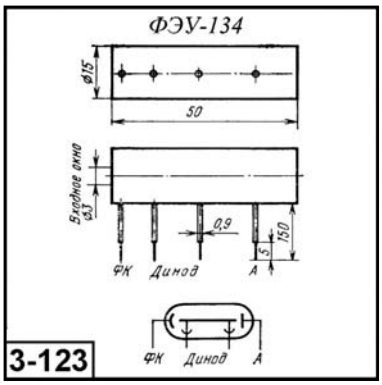
Рис. 3.2.1.20. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей

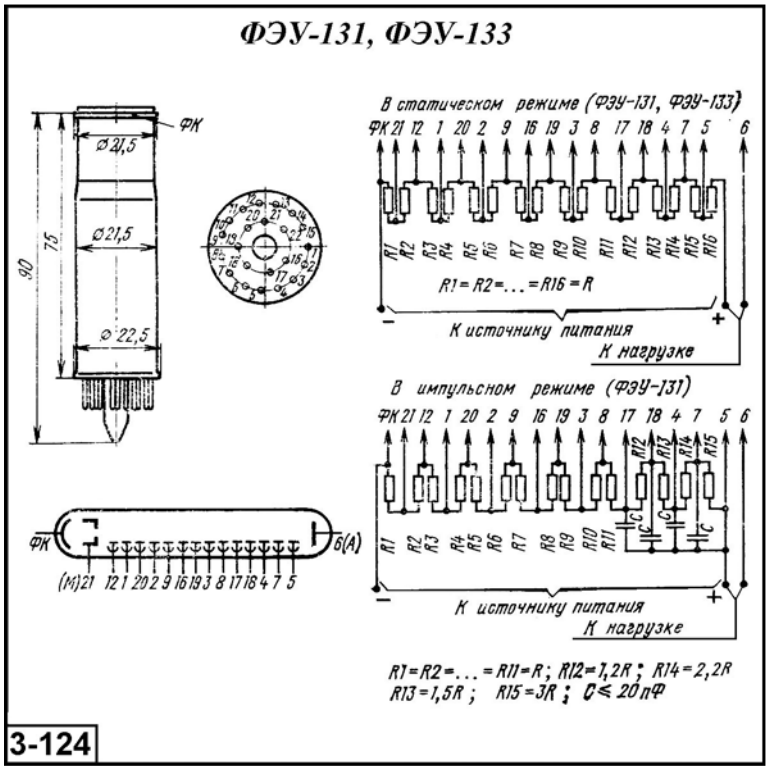
3.2.1.21. Фотоумножители ФЭУ-128, ФЭУ-129, ФЭУ-130, ФЭУ-131, ФЭУ-133, ФЭУ-134 [$\Delta\lambda$ = 0,3–1,2; $\lambda_{макс}$ = 0,22–0,85 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.21. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.21.









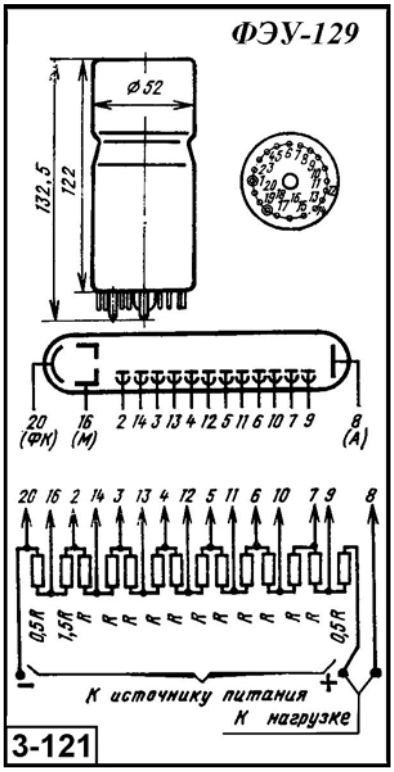


Рис. 3.2.1.21. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей

Таблица 3.2.1.21. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-128	боковое призма (К-108) [жесткие]	∅25	С-8 [[0,36–0,44]	12	28 мА/Вт	$1\cdot10^4$ А/Вт	–	–	1900	$5\cdot10^{-8}$ (1900)	$5\cdot10^{-3}$	$\Phi_{пор} = 1\cdot10^{-9}$ Вт	–60...+70	∅34 × 145 [100]	3-120
ФЭУ-129	торцевое [жесткие] (РШ34а)	∅40	С-5 [0,45–0,55]	12	45	10 (1500) 100 (1900)	–	–	2500	$5\cdot10^{-8}$ (1500) $5\cdot10^{-7}$ (1900)	$1\cdot10^{-2}$	–	–60...+70	∅52 × 132,5 [130]	3-121
ФЭУ-130	торцевое [жесткие]	∅25	С-5 [0,45–0,55]	12	40	100	$3\cdot10^{-2}$	–	2200	80 имп/см^3·с (в одноэлектронном пике)	$2\cdot10^{-5}$	–	–45...+55	∅30 × 110 [50]	3-122
ФЭУ-131	торцевое [жесткие] (РШ40)	∅5	С-1 [0,65–0,85]	14	15	–	$1\cdot10^{-4}$ А/Вт (1,06 мкм)	–	1900	$3\cdot10^{-7}$ (1700)	–	–	–60...+55	∅21,5 × 90 [25]	3-124
ФЭУ-133	торцевое [жесткие] (РШ40)	∅5	0,145–0,365 [0,22–0,26]	14	–	$3\cdot10^3$ А/Вт (1900)	$6\cdot10^{-3}$	–	2300	$8\cdot10^{-11}$	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+85	∅21,5 × 90 [30]	3-124
ФЭУ-134 (канало-вый)	боковое [гибкие]	∅3	С-8	1	60	–	–	–	3500	$1\cdot10^{-9}$ (3000)	$1\cdot10^{-7}$	$1\cdot10^{-9}$	–60...+70	∅15 × 50 [30]	3-123

3.2.1.22. Фотоумножители ФЭУ-135, ФЭУ-136, ФЭУ-138, ФЭУ-141, ФЭУ-141-1, ФЭУ-142, ФЭУ-143 [$\Delta\lambda$ = 0,112–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,36–0,65 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.22. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.22.

Таблица 3.2.1.22. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-135	боковое [жесткие] (РШ31в)	∅5	С-8 [0,4–0,44]	11	–	300 (2600)	$6{,}5\cdot10^{-2}$ (0,5 мкм)	$3\cdot10^4$ (0,5 мкм)	2730	$5\cdot10^{-8}$	$2\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-15}$ Вт/Гц$^{-1/2}$ (0,5 мкм)	–60...+55	∅44 × 185 [90]	3-125

Таблица 3.2.1.22. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	$S_{рнк}$, мкА/лм, не менее	$S_а$, (при $U_р$, В), А/лм	$S_{(\lambda)рнк}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)а}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при $S_а$, А/лм)	$I_а$, А, не более	$F_э$, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-136	торцевое [цоколь] (РШ32)	∅6	С-8 [0,4–0,44]	11	160	100 (1700) 300 (1900)	–	$4\cdot10^4$ (0,53 мкм) $2\cdot10^4$ (0,694 мкм)	1900	$1{,}5\cdot10^{-8}$ (1900)	$1\cdot10^{-4}$	–	–60…+55	∅48,5 × 179 [150]	3-126
ФЭУ-138	торцевое [жесткие] (РШ40)	∅4	С-8 [0,4–0,44]	11	200	–	$8\cdot10^{-13}$ (0,4 мкм)	–	1900	$3\cdot10^{-8}$ (1900)	$1\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-12}$ $2{,}5\cdot10^{-14}$ (0,84 мкм)	–60…+70	∅27 × 80 [30]	3-127
ФЭУ-141 ФЭУ-141-1	боковое [гибкие с делителем]	∅25	С-8 [0,4–0,44]	13	80	30	$3\cdot10^{-9}$ (1700)	–	2500	$3\cdot10^{-9}$	–	1,5 кэВ	–60…+85	∅38 × 70 [120]	3-128
ФЭУ-142	торцевое [жесткие]	∅10	(0,112–0,365) [0,4–0,44]	14	–	–	$8\cdot10^{-3}$ (0,254 мкм)	$1\cdot10^4$ (0,254 мкм)	2400	$8\cdot10^{-11}$ (2200)	$1{,}5\cdot10^{-3}$	–	–60…+70	∅22 × 95 [30]	3-129
ФЭУ-143	торцевое [жесткие]	∅40	(0,36–0,65)	12	60	100 (1600) 1000 (2000)	$6{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)		2000	$2\cdot10^{-9}$	–	–	–60…+70	∅52 × 135 [145]	3-130

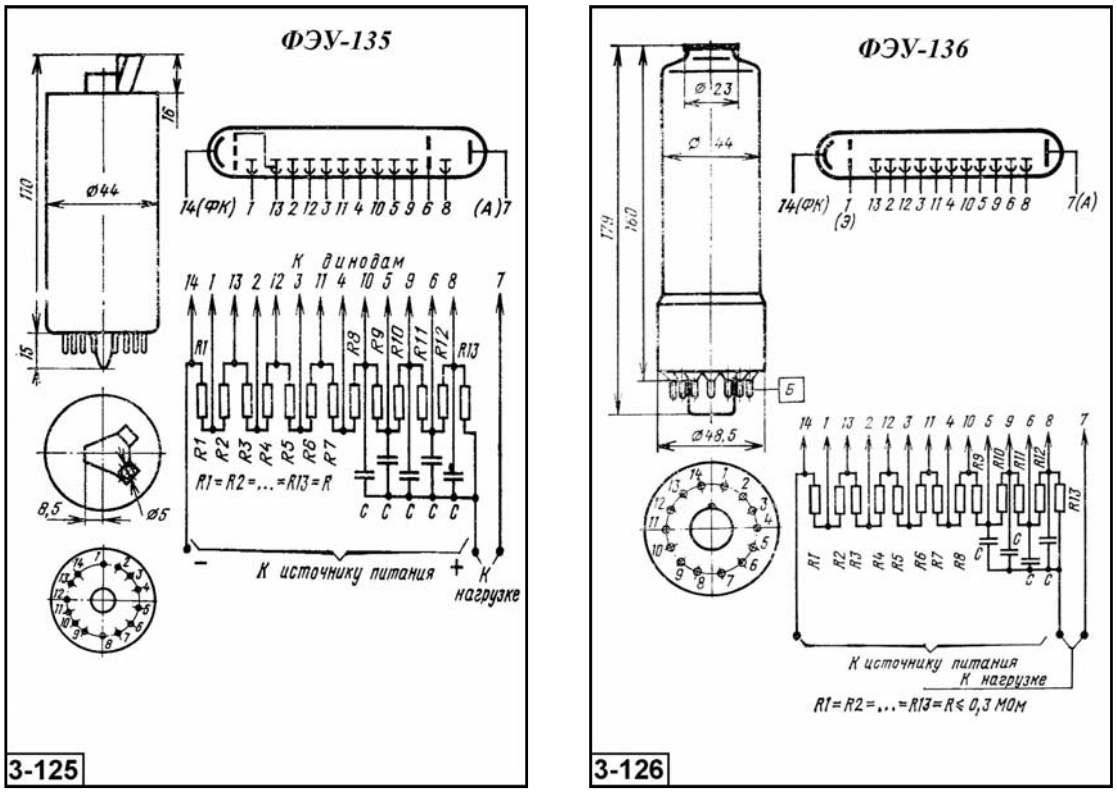
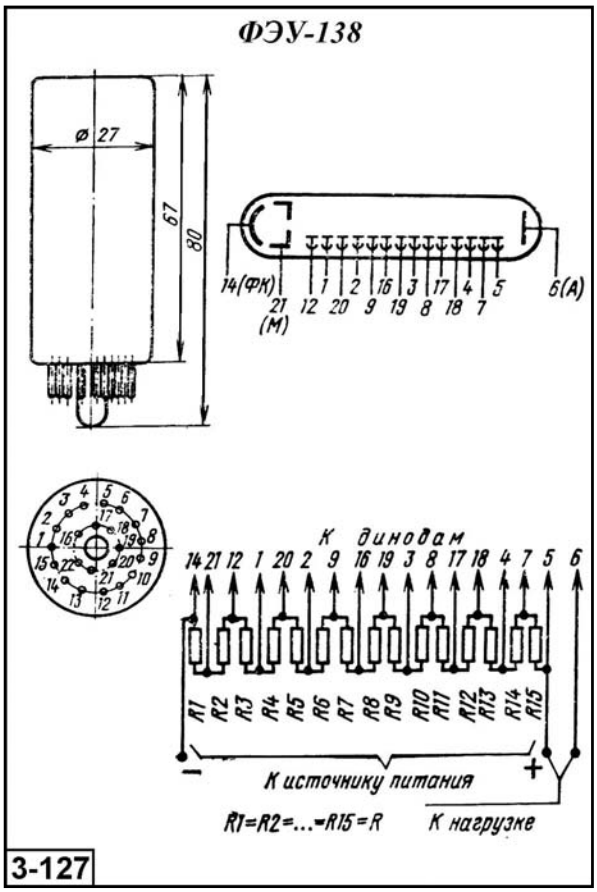
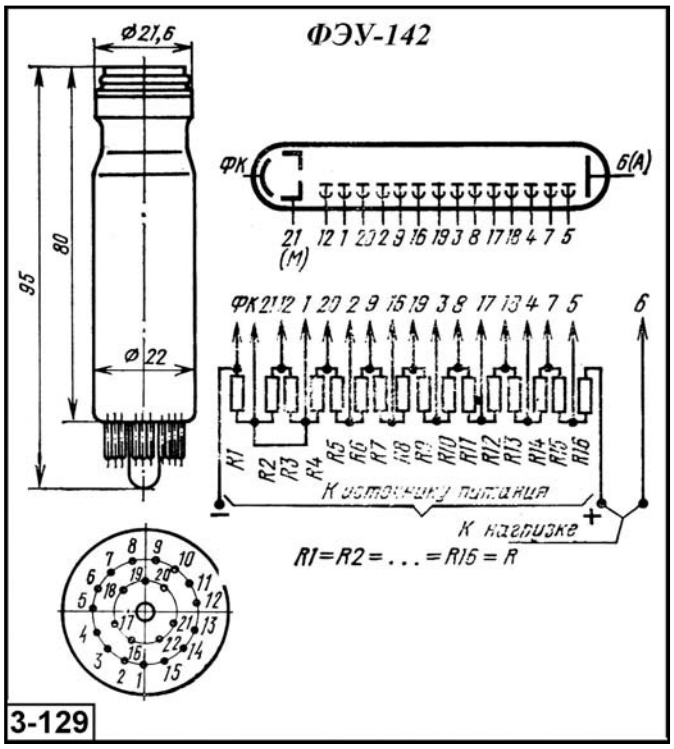
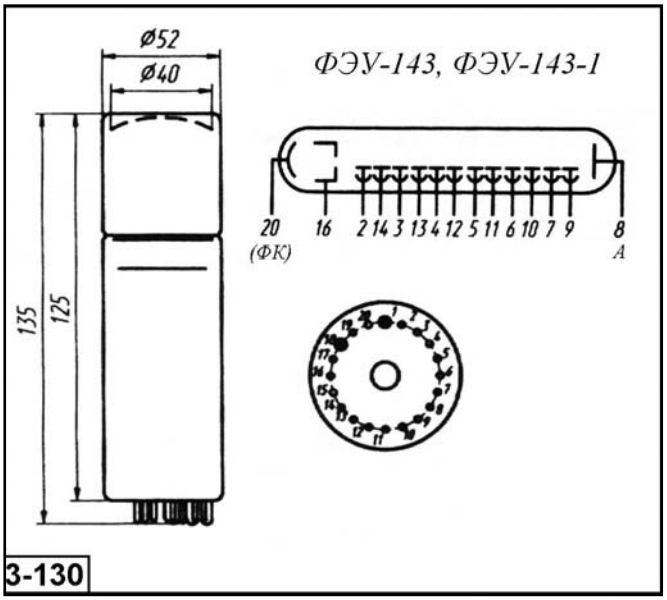
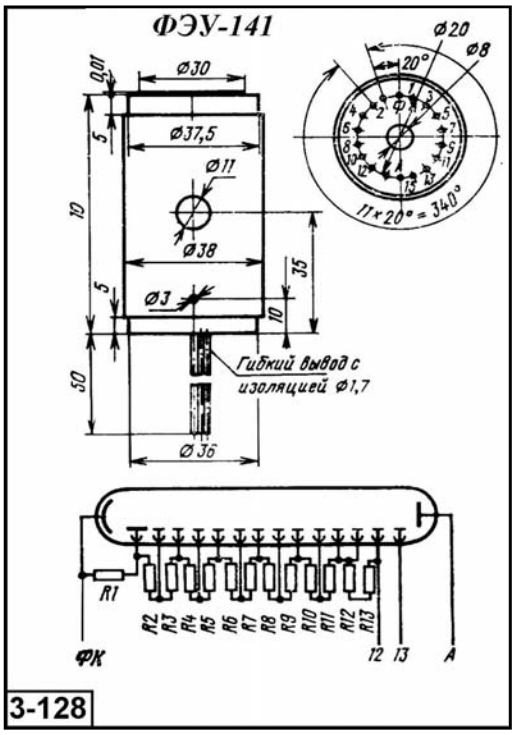


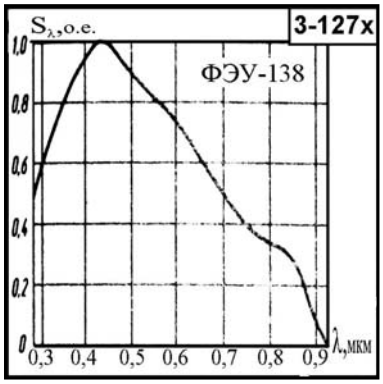
Рис. 3.2.1.22. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей











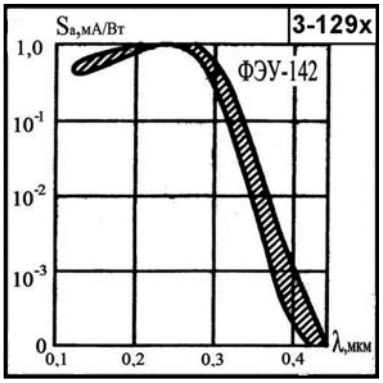


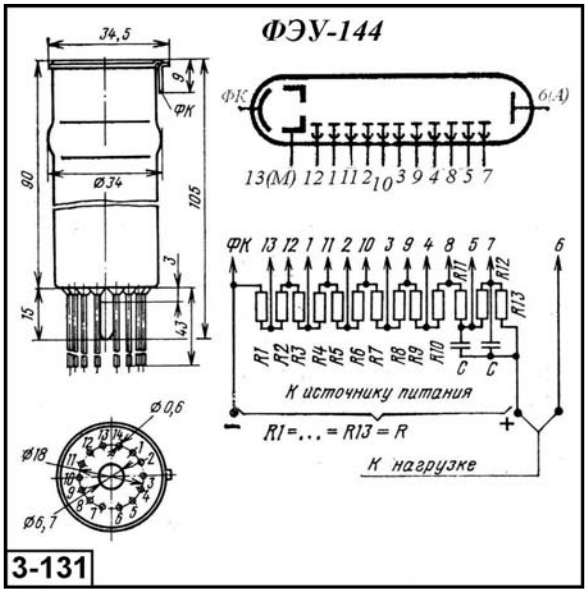
Рис. 3.2.1.22. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей (окончание)

3.2.1.23. Фотоумножители ФЭУ-143-1, ФЭУ-144, ФЭУ-145, ФЭУ-146, ФЭУ-147 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,65 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.23. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.23.

Таблица 3.2.1.23. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda_{0,5}$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-143-1	торцевое [жесткие]	∅40	(0,36–0,65)	12	52	100 (1600) 1000 (2000)	$5{,}7\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2000	$2\cdot10^{-9}$	–	–	–60…+70	∅52 × 135 [145]	3-130
ФЭУ-144	торцевое [гибкие]	∅16	С-8 [0,4–0,44]	11	30	–	$4\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм)	$1\cdot10^{4}$ (0,53 мкм)	2200	$5\cdot10^{-9}$ (2000)	$2{,}5\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-13}$ Вт/Гц$^{-1/2}$ ($Ф_ф$ = $6\cdot10^{-9}$ Вт)	–60…+70	∅34 × 105 [50]	3-131
ФЭУ-145	торцевое [жесткие]	∅25	С-8 [0,4–0,44]	13	–	–	$3\cdot10^{-2}$ (0,532 мкм)	$1\cdot10^{5}$ (0,532 мкм)	2500	$1\cdot10^{-6}$ (2200)	$1\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-9}$ Вт (имп. режим)	–40…+70	∅34 × 118 [100]	3-132
ФЭУ-146	боковое призма (К-108) [жесткие]	∅5	С-8 [0,4–0,44]	11	300	–	$4\cdot10^{-2}$ (0,69 мкм)	$1\cdot10^{4}$ (0,69 мкм)	2860	$1\cdot10^{-8}$ (2600)	$2\cdot10^{-4}$	$8\cdot10^{-17}$ Дж (имп. режим)	–60…+55	∅43 × 135 [90]	3-133
ФЭУ-147	торцевое [гибкие]	∅10	С-8 [0,4–0,44]	12	90	–	$4{,}3\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм)	$1\cdot10^{4}$ (0,53 мкм, 1900 В) $1\cdot10^{5}$ (0,53 мкм, 2500В)	2800	$3\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-15}$ Вт/Гц$^{-1/2}$ (0,53 мкм);	–60…+70	24 × 95 [50]	3-134



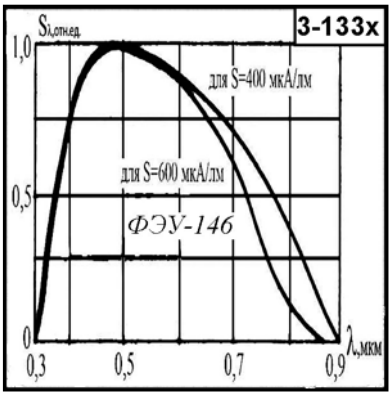
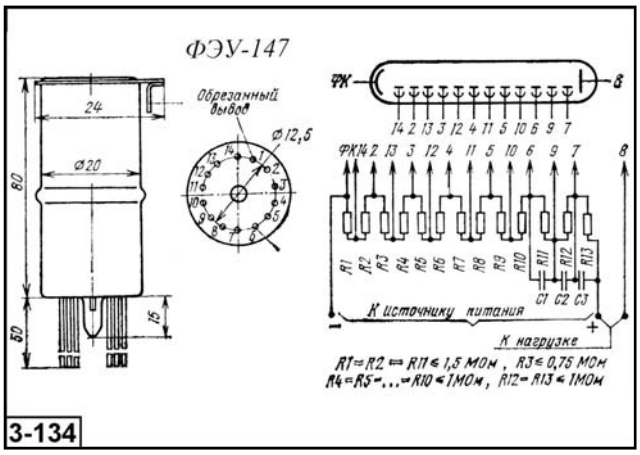
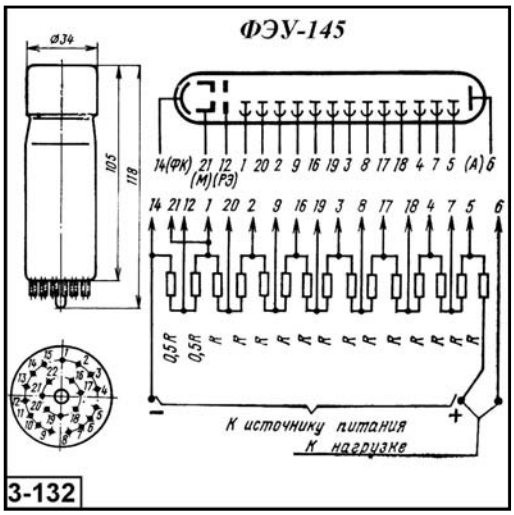


Рис. 3.2.1.23. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей





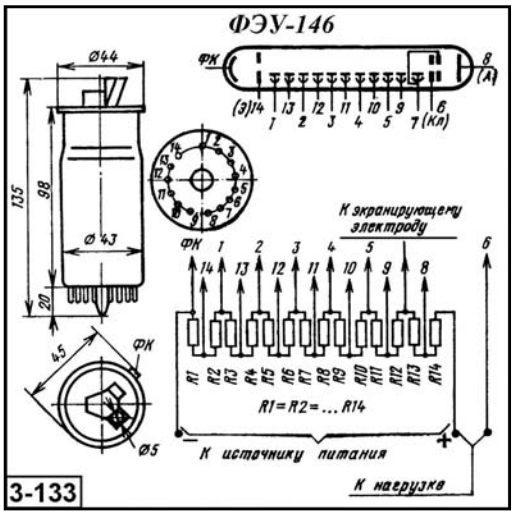


Рис. 3.2.1.23. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительная спектральная характеристика фотоумножителей (окончание)

3.2.1.24. Фотоумножители ФЭУ-147-2, ФЭУ-147-3, ФЭУ-148-3И, ФЭУ-148-1, ФЭУ-151 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,375–0,45 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.24. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.24.

Таблица 3.2.1.24. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pnk}, мкА/лм, не менее	S_a (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)pnk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_t, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-147-2	торцевое [гибкие]	∅10	(0,4–0,45)	12	120	–	$4{,}0\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм)	$1\cdot10^2$ (0,53 мкм, 1900 В) $3\cdot10^2$ (0,53 мкм, 2200 В)	2800	$1\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-13}$ Вт/Гц$^{-1/2}$ ($Ф_ф$ = $4\cdot10^{-9}$ Вт, 0,53 мкм)	–60...+70	24 × 95 [50]	3-134
ФЭУ- 147-3	торцевое [гибкие]	∅10	(0,4–0,45)	12	120	–	$4{,}0\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм)	$1\cdot10^2$ (0,53 мкм, 1900 В) 3·102 (0,53 мкм, 2200 В)	2800	$1\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-4}$	–	–60...+70	24 × 95 [50]	3-134

Таблица 3.2.1.24. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ_*, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-148-3И	торцевое [жесткие с делителем]	∅25	С-8 [0,4–0,42]		50 (0,41 мкм)	10 (3000)	$4\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	3000	$5\cdot10^{-10}$ (100 А/лм)	$5\cdot10^{-6}$	$2\cdot10^{-13}$	–60...+70	∅40 × 110 [140]	–
ФЭУ-148-1		∅25	(0,3–0,65) [0,38–0,44]	–	50	30 (2100)	$4\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	3000	$5\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-6}$	–	–	∅40 × 110 []	–
ФЭУ-151	торцевое [гибкие]	∅40	(0,3–0,65) [0,375]	12	40	10 (1400) 100 (1800В)	$5\cdot10^{-5}$	–	1900	$5\cdot10^{-10}$	$3\cdot10^{-5}$	1 кэВ	–60...+55	∅52 × 160 [200]	3-135

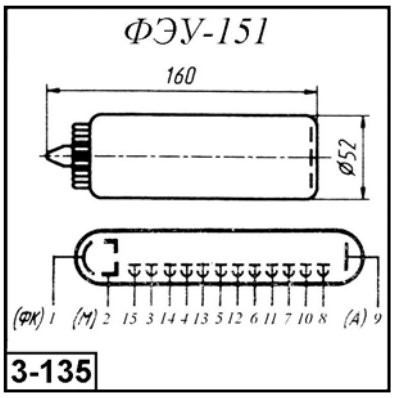


Рис. 3.2.1.24. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами фотоумножителя ФЭУ-151

3.2.1.25. Фотоумножители ФЭУ-153, ФЭУ-154, ФЭУ-155, ФЭУ-155-1, ФЭУ-155-2 [$\Delta\lambda$ = 0,11–0,9; $\lambda_{макс}$ = 0,12–0,8 мкм]

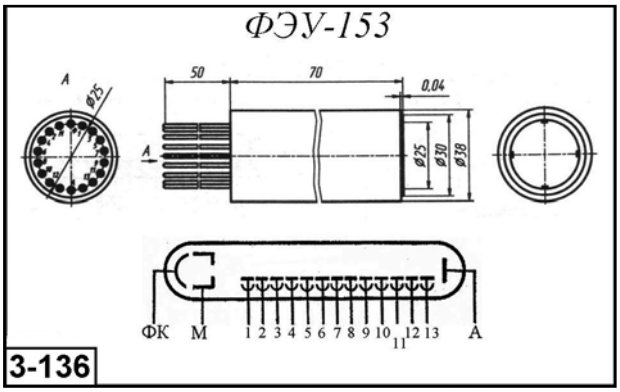
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.25. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.25.

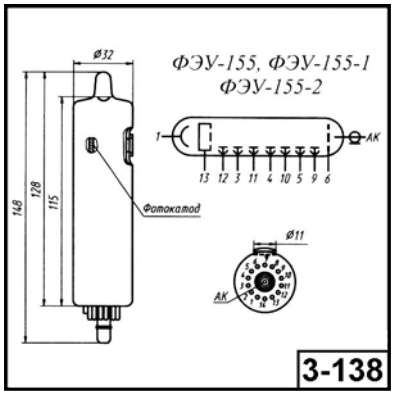
Таблица 3.2.1.25. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

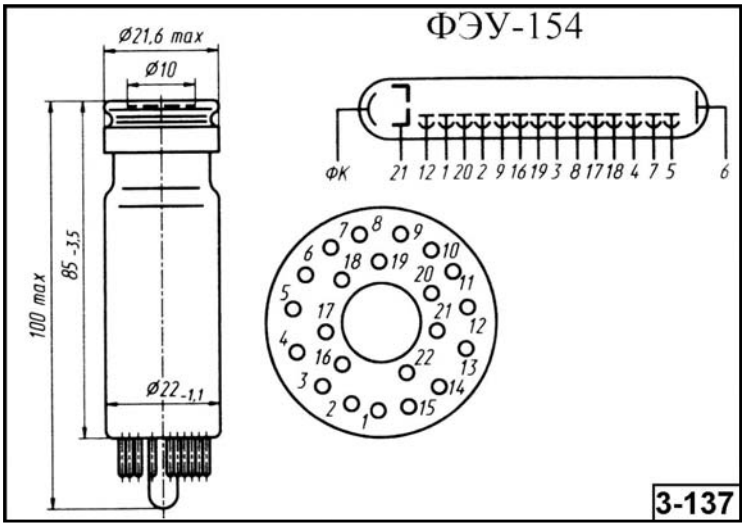
Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ_*, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-153	торцевое [гибкие]	∅25	[0,4–0,49]	13	80	30 (2100)	–	–	2100	$2\cdot10^{-11}$		1,5 кэВ	–60...+85	∅38 × 70 [100]	3-136

Таблица 3.2.1.25. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	$I_т$, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-154	торцевое [жесткие]	∅10	(0,11–0,21) [0,12–0,16]	14	–	–	$1\cdot10^{-2}$ (0,14 мкм) $1\cdot10^{-2}$ (0,14 мкм)	–	2200	$0{,}05\cdot10^{-9}$	–	–	–60...+70	∅21,6 × 100 [30]	3-137
ФЭУ-155	боковое [жесткие]	∅1 или ∅2	(0,3–0,9) [0,8]	7	1000	–	$8\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $9\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$8\cdot10^{3}$ А/Вт (0,69 мкм)	3000	$0{,}1\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-7}$	–	–60...+55	∅32 × 148 [60]	3-138
ФЭУ-155-1	боковое [жесткие]	∅1 или ∅2	(0,3–0,9) [0,8]	7	800	–	$6{,}5\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $7{,}5\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$8\cdot10^{3}$ А/Вт (0,69 мкм)	3000	$0{,}1\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-7}$	–	–60...+55	∅32 × 148 [60]	3-138
ФЭУ-155-2	боковое [жесткие]	∅1 или ∅2	(0,3–0,9) [0,8]	7	600	–	$4\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $5\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$8\cdot10^{3}$ А/Вт (0,69 мкм)	3000	$0{,}1\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-7}$	–	–60...+55	∅32 × 148 [60]	3-138







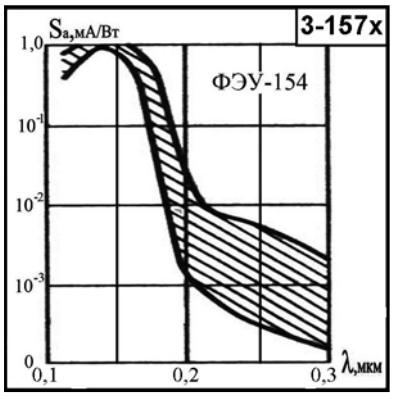


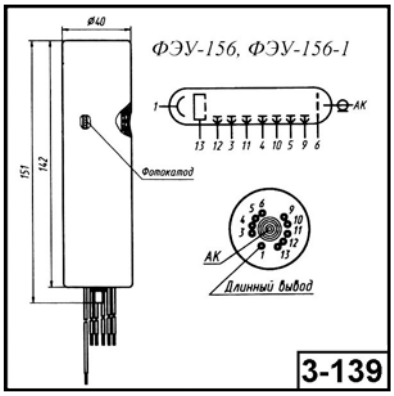
Рис. 3.2.1.25. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и относительная спектральная характеристика фотоумножителей

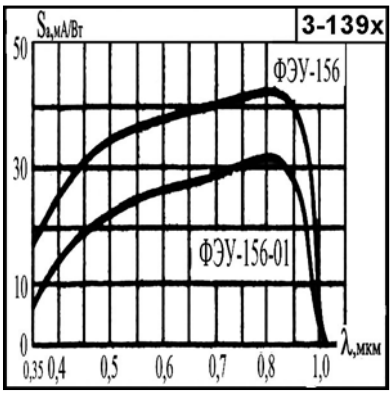
3.2.1.26. Фотоумножители ФЭУ-156, ФЭУ-156-1, ФЭУ-157, ФЭУ-157-1 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,92; $\lambda_{макс}$ = 0,3–0,9 мкм]

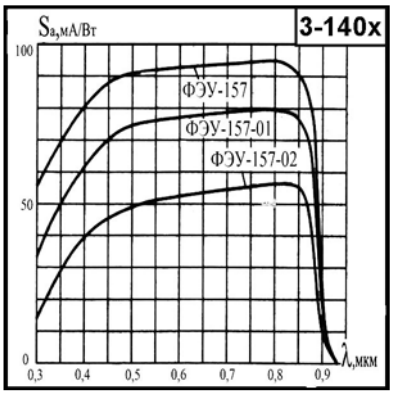
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.26. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.26.

Таблица 3.2.1.26. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(i)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(i)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-156	боковое [гибкие]	∅5	(0,35–0,92) [0,8–0,84]	7	–	–	$3{,}2\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $3{,}3\cdot10^{-2}$ (0,69 мкм) $3\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$1\cdot10^{4}$ А/Вт (0,69 мкм)	2500	$5\cdot10^{-8}$	–	–	–60…+60	∅40 × 151 [200]	3-139
ФЭУ-156-1	боковое [гибкие]	∅5	(0,35–0,92) [0,8–0,84]	7	–	–	$2\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $2{,}5\cdot10^{-2}$ (0,69 мкм) $2\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$1\cdot10^{4}$ А/Вт (0,69 мкм)	2500	$2\cdot10^{-7}$	–	–	–60…+60	∅40 × 151 [200]	3-139
ФЭУ-157	боковое [жесткие]	∅2	(0,3–0,9)	7	1000	–	$8\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $9\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$8\cdot10^{3}$ А/Вт (0,69 мкм)	2500	$3\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-7}$	–	–40…+55	∅32 × 143 [58]	3-140
ФЭУ-157-1	боковое [жесткие]	∅2	(0,3–0,9)	7	800	–	$6{,}5\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $7{,}5\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$8\cdot10^{3}$ А/Вт (0,69 мкм)	2500	$3\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-7}$	–	–40…+55	∅32 × 143 [58]	3-140







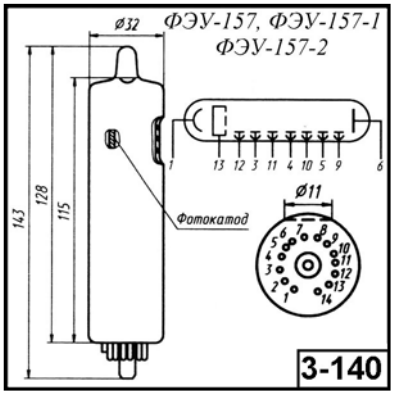
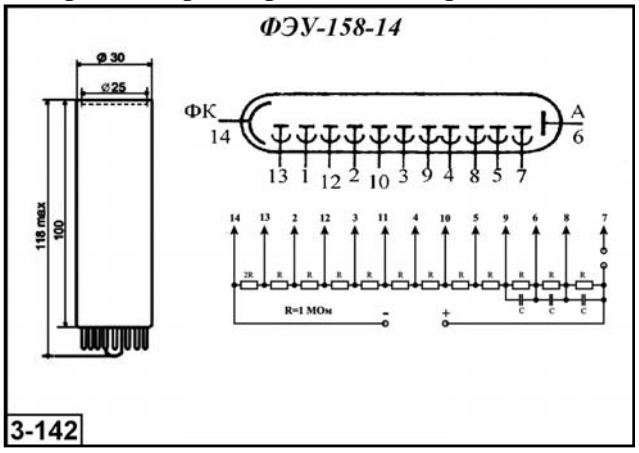
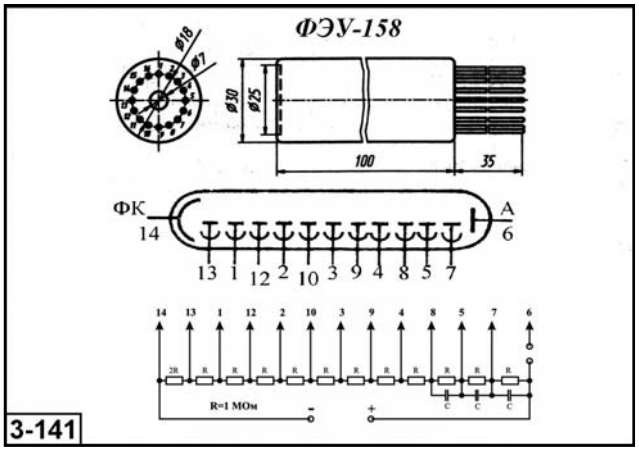


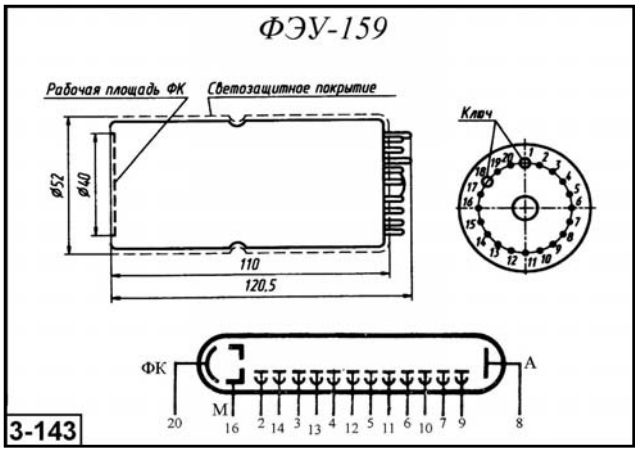
Рис. 3.2.1.26. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

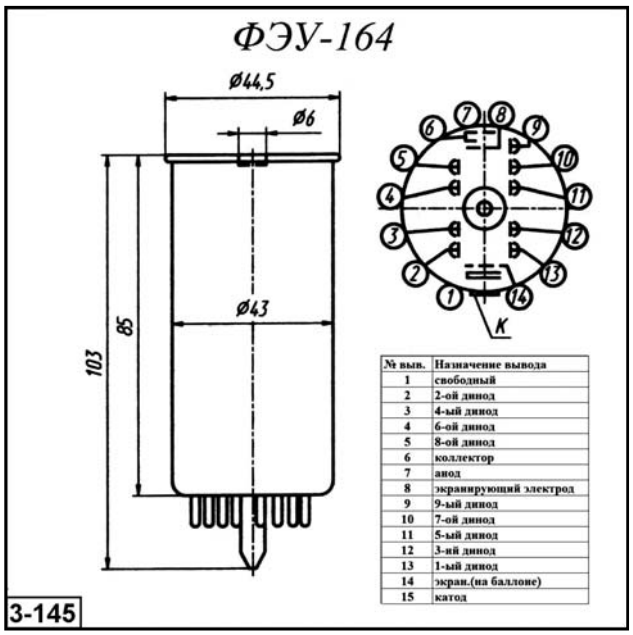
3.2.1.27. Фотоумножители ФЭУ-157-2, ФЭУ-158, ФЭУ-159, ФЭУ-161, ФЭУ-164, ФЭУ-165, ФЭУ-165-1 [$\Delta\lambda$ = 0,26–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,41–0,55 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.27. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.27.

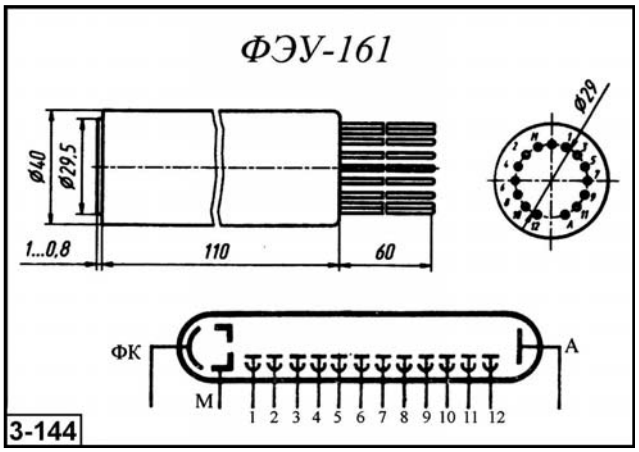


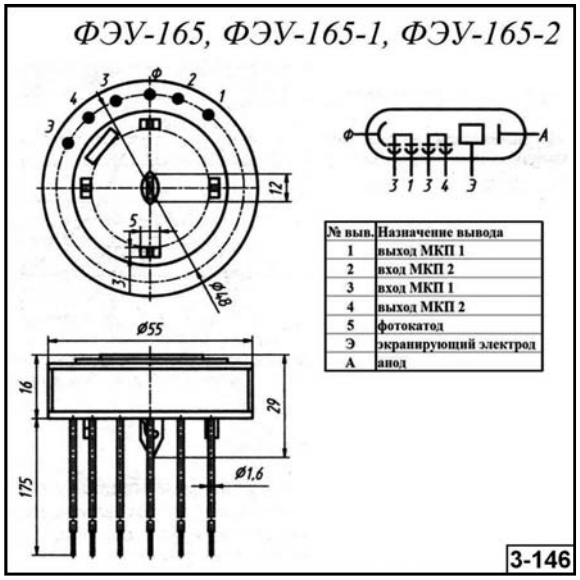






№ выв.	Назначение вывода
1	свободный
2	2-ой динод
3	4-ый динод
4	6-ой динод
5	8-ой динод
6	коллектор
7	анод
8	экранирующий электрод
9	9-ый динод
10	7-ой динод
11	5-ый динод
12	3-ий динод
13	1-ый динод
14	экран.(на баллоне)
15	катод





№ выв.	Назначение вывода
1	выход МКП 1
2	вход МКП 2
3	вход МКП 1
4	выход МКП 2
5	фотокатод
Э	экранирующий электрод
А	анод

Рис. 3.2.1.27. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей

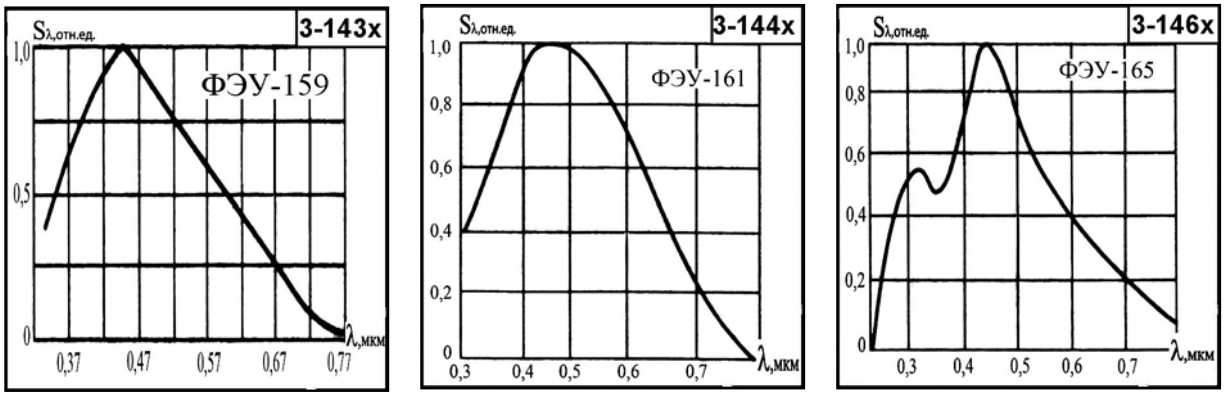


Рис. 3.2.1.27. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и относительные спектральные характеристики фотоумножителей (окончание)

Таблица 3.2.1.27. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

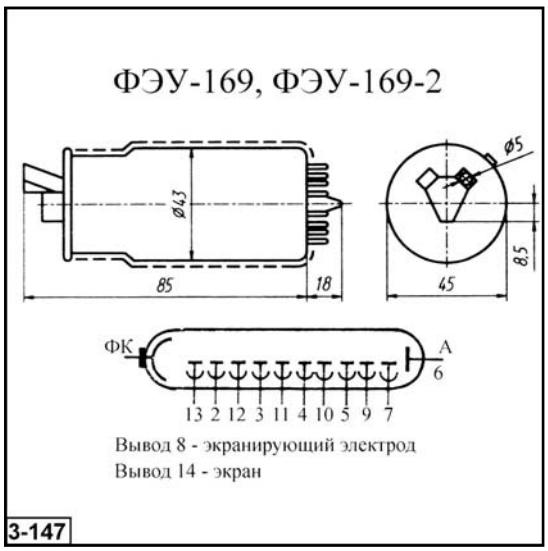
Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-157-2	боковое [жесткие]	∅2	(0,3–0,9)	7	600	–	$4\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм) $75\cdot10^{-2}$ (0,84 мкм)	$8\cdot10^3$ А/Вт (0,69 мкм)	2500	$3\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-7}$	–	–40...+55	∅32 × 143 [58]	3-140
ФЭУ-158	торцевое [гибкие]	∅25	(0,3–0,6)	11	33,5	10 (1400)	–	–	1800	–	$3\cdot10^{-5}$	3 кэВ	–40...+200	∅30 × 100 [45]	3-141
ФЭУ-158-14	торцевое [жесткие]	∅25	(0,3–0,6)	11	40	10 (1400)	–	–	1800	–	$3\cdot10^{-5}$	2,5 кэВ	–40...+180	∅30 × 118 [50]	3-142
ФЭУ-159	торцевое [жесткие]	∅40	(0,3–0,6)	12	7	3	–	–	2000	$5\cdot10^{-9}$	$5\cdot10^{-4}$	1 кэВ	–60...+60	∅52 × 120	3-143
ФЭУ-161	торцевое [гибкие]	∅25	(0,3–0,8) [0,41–0,55]	12	–	–	$3{,}7\cdot10^{-2}$ (0,5 мкм)	$1\cdot10^4$ А/Вт (0,5 мкм)	2800	$8\cdot10^{-10}$	$4\cdot10^{-4}$	$9\cdot10^{-16}$ Вт/Гц$^{1/2}$	–60...+85	∅40 × 110	3-144
ФЭУ-164	торцевое [жесткие]	∅6	(0,3–0,85)	10	–	–	$4\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм)	$1\cdot10^5$ А/Вт (0,35 мкм)	2500	$3\cdot10^{-8}$	$2\cdot10^{-3}$	–	–60...+85	∅44,5 × 103 [65]	3-145
ФЭУ-165 микроканальный	торцевое [гибкие]	∅25	(0,26–0,74) [0,42–0,45]	–	40	300	–	–	2400	$1\cdot10^{-8}$	–	3 кэВ	–60...+55	∅55 × 29 [100]	3-146
ФЭУ-165-1 микроканальный	торцевое [гибкие]	∅25	(0,26–0,74) [0,42–0,45]	–	40	100	–	–	2400	$2\cdot10^{-8}$	–	3 кэВ	–60...+55	∅55 × 29 [100]	3-146

3.2.1.28. Фотоумножители ФЭУ-165-2, ФЭУ-166, ФЭУ-169, ФЭУ-169-2, ФЭУ-170, ФЭУ-171, ФЭУ-172 [$\Delta\lambda$ = 0,26–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,5 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.28. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.28.

Таблица 3.2.1.28. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_t, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-165-2 микроканальный	торцевое [гибкие]	∅25	(0,26–0,74) [0,42–0,45]	–	40	100	–	–	2400	$2\cdot10^{-8}$	–	3 кэВ	–60...+55	∅55 × 29 [100]	3-146
ФЭУ-166	торцевое [гибкие]	∅7	(0,3–0,6)	10	–	100	–	–	1000	–	$5{,}3\cdot10^{-7}$	$2\cdot10^{-13}$ лм/Гц$^{1/2}$	–60...+70	∅27,7 × 97 [125]	3-149
ФЭУ-169	торцевое призма [жесткие]	∅5	(0,3–0,6)	10	300	–	$8\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм)	$3\cdot10^5$ А/Вт (0,53 мкм)	2400	$8\cdot10^{-8}$	–	–	–60...+55	∅45 × 85 [70]	3-147
ФЭУ-169-2	торцевое призма [жесткие]	∅5	(0,3–0,6)	10	250	–	$7\cdot10^{-2}$ (0,53 мкм)	$3\cdot10^5$ А/Вт (0,53 мкм)	2400	$1\cdot10^{-7}$	–	–	–60...+55	∅45 × 85 [70]	3-147
ФЭУ-170	торцевое [жесткие]	∅25	(0,3–0,6)	11	–	–	$6\cdot10^{-3}$ (0,25 мкм)	$1\cdot10^3$ А/Вт (0,25 мкм)	10000	$5\cdot10^{-10}$	$1\cdot10^{-4}$	–	–60...+85	∅43 × 107 [150]	3-148
ФЭУ-171	торцевое [жесткие]	∅16	[0,4–0,5]	11	80	300 (2400)	$2\cdot10^{-2}$ (0,42 мкм)	–	2400	$6\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-5}$	–	–60...+55	∅43 × 102 [150]	3-150
ФЭУ-172	торцевое [жесткие]	∅150	(0,3–0,85)	12	30	10 (1500)	$5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	2400	$3\cdot10^{-8}$	$2\cdot10^{-7}$	–	–60...+55	∅170 × 160	3-151



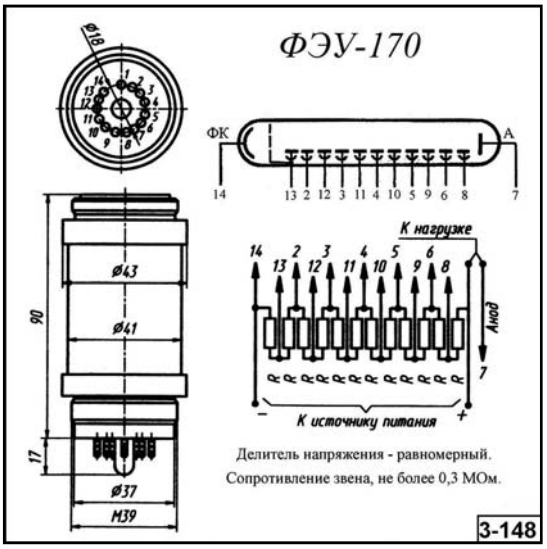
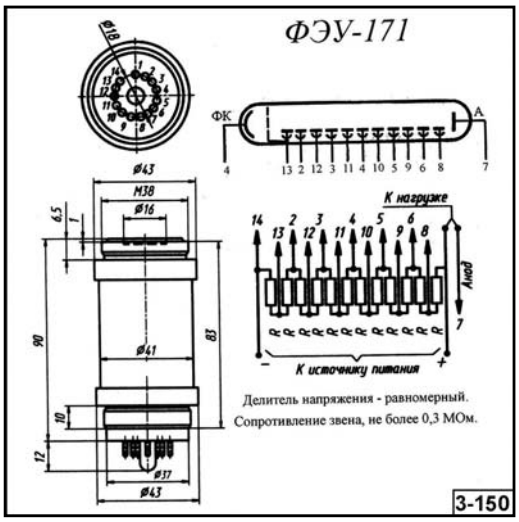
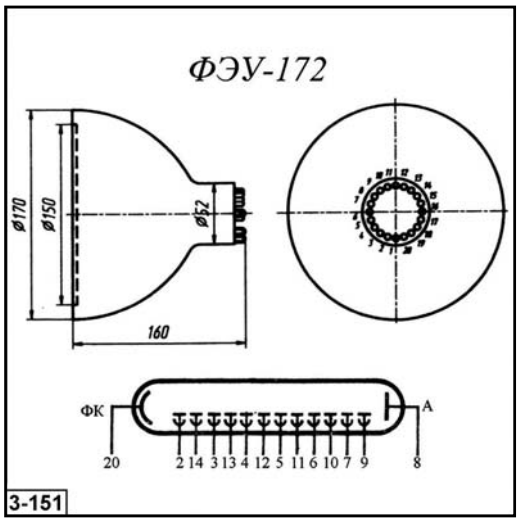


Рис. 3.2.1.28. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей





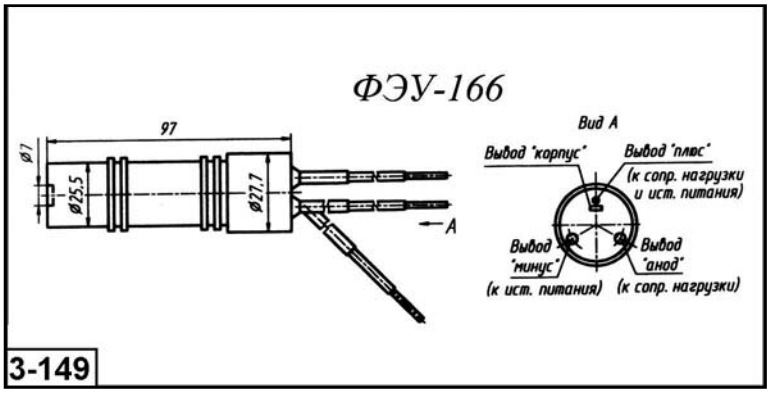


Рис. 3.2.1.28. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схемы делителей напряжения фотоумножителей (окончание)

3.2.1.29. Фотоумножители ФЭУ-174, ФЭУ-174-1, ФЭУ-174-2, ФЭУ-175, ФЭУ-175-1, ФЭУ-176, ФЭУ-178, ФЭУ-181, ФЭУ-183, ФЭУ-184, ФЭУ-184-1 [$\Delta\lambda$ = 0,112–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,45 мкм]

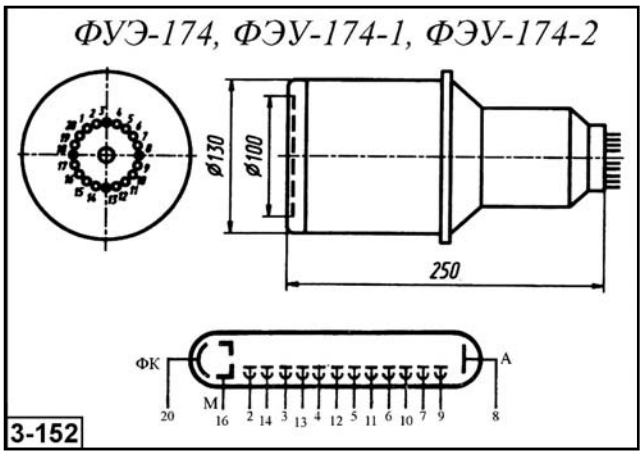
Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.29. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.29.

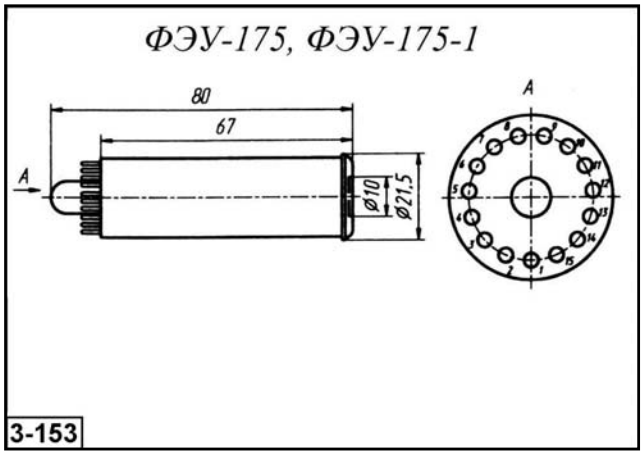
Таблица 3.2.1.29. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_t, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-174	торцевое [жесткие]	∅100	(0,3–0,65)	12	55	300 (1950) 3000 (2800)	–	–	2000	$4\cdot10^{-8}$	I	–	–60...+70	∅130 × 250 [1100]	3-152
ФЭУ-174-1	торцевое [жесткие]	∅100	(0,3–0,65)	12	55		–	–	2500	$4\cdot10^{-7}$	I	–	–60...+70	∅130 × 250 [1100]	3-152
ФЭУ-174-2	торцевое [жесткие]	∅100	(0,3–0,65)	12	55		–	–	2500	$4\cdot10^{-8}$	I	–	–60...+70	∅130 × 250 [1100]	3-152

Таблица 3.2.1.29. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda_{0,5}$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-175	торцевое [жесткие]	∅10	(0,25–0,65)	14	50	100	–	–	2300	$8\cdot10^{-9}$	$2\cdot10^{-6}$	–	–60...+55	∅21,5 × 80 [25]	3-153
ФЭУ-175-1	торцевое [жесткие]	∅10	(0,25–0,65)	14	40	100	–	–	2300	$8\cdot10^{-9}$	$2\cdot10^{-6}$	–	–60...+55	∅21,5 × 80 [25]	3-153
ФЭУ-176	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,85) [0,42]	12	100	10 (1450)	$5{,}2\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1500	$8\cdot10^{-9}$	–	–	–60...+70	∅52 × 120 [15]	–
ФЭУ-178	торцевое [гибкие]	∅10	(0,4–0,45)	12		100 (1850)	$4{,}3\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1850	$3\cdot10^{-9}$	$5\cdot10^{-6}$	–	–60...+55	24 × 80 [35]	3-154
ФЭУ-181	торцевое MgF [жесткие]	∅25	(0,112–0,83)	11	$8\cdot10^{-5}$	300 (2400)	$2\cdot10^{-2}$ (0,41 мк)	–	2800	$6\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-4}$	–	–50...+70	∅30 × 107	3-155
ФЭУ-183	торцевое [жесткие]	∅72	(0,3–0,85) [0,47–0,43]	12	130	10 (1250)	$7\cdot10^{-2}$ (0,4 мкм)	–	1250	$5\cdot10^{-9}$	–	–	–60...+70	∅80 × 107 [220]	–
ФЭУ-184	торцевое С52-1 [жесткие]	∅46	(0,3–0,65) [0,41]	10	–	10 (800)	–	–	800	–	–	–	–60...+70 (до +150)	∅52 × 110	3-156
ФЭУ-184-1	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,65) [0,42]	10	–	90 (1350)	$9\cdot10^{-5}$	–	1350	$2\cdot10^{-9}$	$1\cdot10^{-7}$	0,5 кэВ	–60...+55	∅52 × 125	3-156





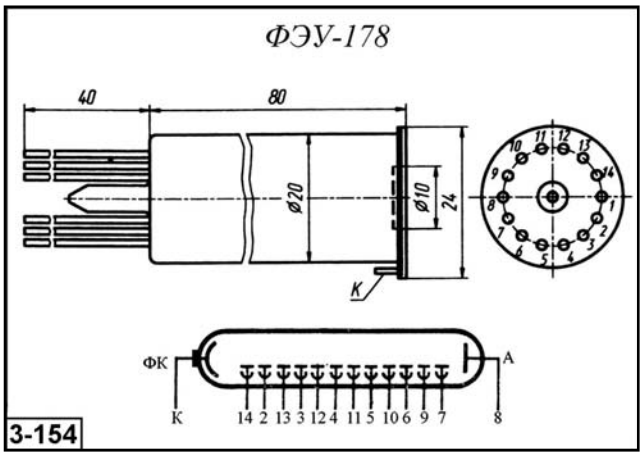
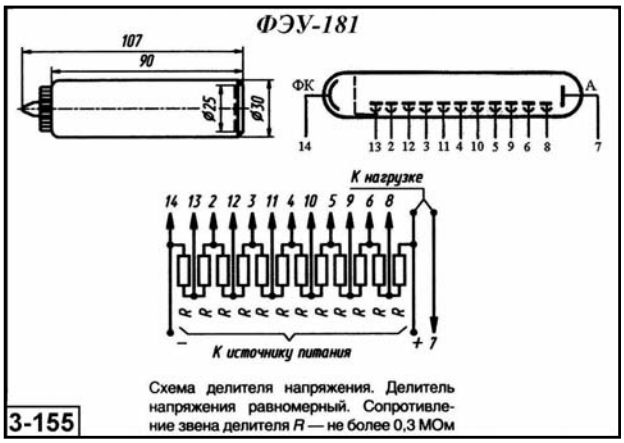
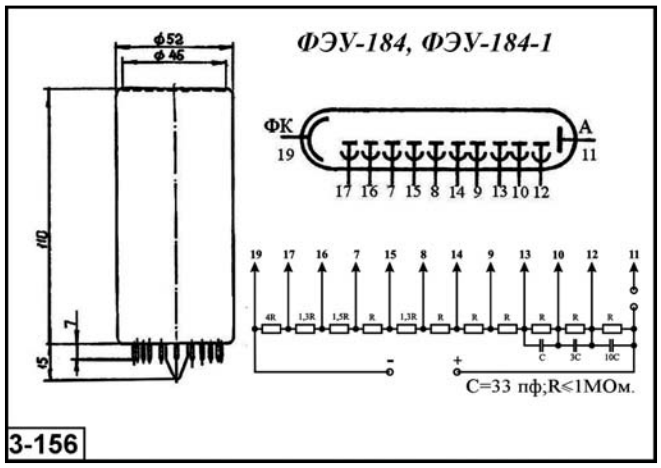


Рис. 3.2.1.29. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схема делителя напряжения фотоумножителей





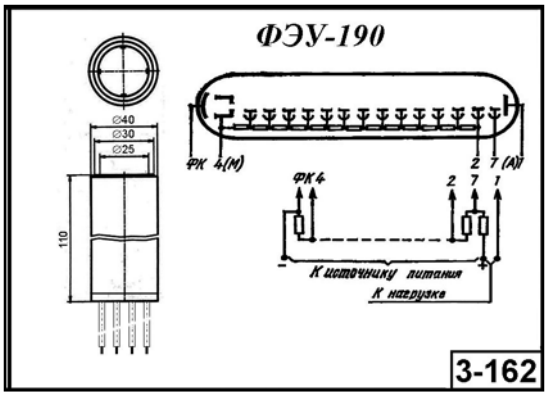


Рис. 3.2.1.29. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами и схема делителя напряжения фотоумножителей (окончание)

3.2.1.30. Фотоумножители ФЭУ-184G, ФЭУ-184Tl, ФЭУ-184Тд, ФЭУ-184Ст, ФЭУ-184Ш, ФЭУ-185, ФЭУ-190, ФЭУ-200, ФЭУ-202, ФЭУ-527 [$\Delta\lambda$ = 0,25–0,85; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,44 мкм]

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.30. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.2.1.30.

Таблица 3.2.1.30. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{pik}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)pik}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ_2, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-184G	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,65) [0,41]	10	–	10 (800В)	–	–	800	–	–	–	–60...+70	∅67 × 110	3-157
ФЭУ-184Tl	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,65) [0,41]	10	–	10 (800В)	–	–	800	–	–	–	–60...+70	∅76 × 125	3-156
ФЭУ-184Тд	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,65) [0,42]	7	90	90 (800)	–	–	1350	$2 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$	–	–60...+150	∅52 × 125	3-160
ФЭУ-184Н	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,65) [0,42]	7	90	90 (800)	–	–	1350	$2 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$	–	–60...+150	68,3 × 90	3-159

Таблица 3.2.1.30. (окончание)

Тип прибора	Расположение входного окна [выводы]	Размер фотокатода, мм	Тип спектральной характеристики ($\Delta\lambda$, мкм) [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число динодов (каскадов усиления)	S_{phk}, мкА/лм, не менее	S_a, (при U_p, В), А/лм	$S_{(\lambda)phk}$, А/Вт, не менее	$S_{(\lambda)a}$, А/Вт, не менее (на λ_p, мкм)	$U_{пит}$, В, не более	I_T, А, не более (при S_a, А/лм)	I_a, А, не более	F_s, лм/Гц$^{1/2}$	Диапазон рабочих температур, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ФЭУ-184Ст	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,65) [0,42]	7	–	10 (1350В)	–	–	1350	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–60...+55	∅76 × 140	3-156
ФЭУ-184Ш	торцевое [жесткие]	∅55	(0,3–0,65) [0,42]	7	–	10 (1350В)	–	–	1350	–	$1\cdot10^{-7}$	–	–60...+55	∅61 × 105	3-156
ФЭУ-185	торцевое [жесткие]	∅46	(0,3–0,85) [0,39–0,41]	–	180	10 (1250В)	$7{,}7\cdot10^{-5}$ (0,4 мкм)	–	1250	$1\cdot10^{-9}$	–	–	–60...+70	∅52 × 110 [25]	–
ФЭУ-190	торцевое [гибкие]	∅25	(0,3–0,65) [0,4–0,44]	12	–	10 (1700В)	$3{,}5\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1700	$1{,}5\cdot10^{-9}$	–	3 кэВ	–40...+125	∅40 × 110 [140]	3-162
ФЭУ-200	торцевое [жесткие]	∅150	(0,3–0,65) [0,41–0,43]	12	–	10 (1850В)	$4{,}6\cdot10^{-2}$ (0,41 мкм)	–	1850	$3\cdot10^{-7}$	–	–	–60...+70	∅170 × 190 [1000]	3-161
ФЭУ-202	торцевое [жесткие]	∅43	(0,25–0,6)	14	300	300 (2200)	–	–	2400	$5\cdot10^{-7}$	–	–	–10...+40	∅52 × 120 [25]	3-158
ФЭУ-527	торцевое [жесткие]	∅20	[0,41]	15	60	100 (2000В)	$6{,}6\cdot10^{-2}$	–	2000	$5\cdot10^{-8}$	–	–	–50...+70	∅30 × 65	3-163

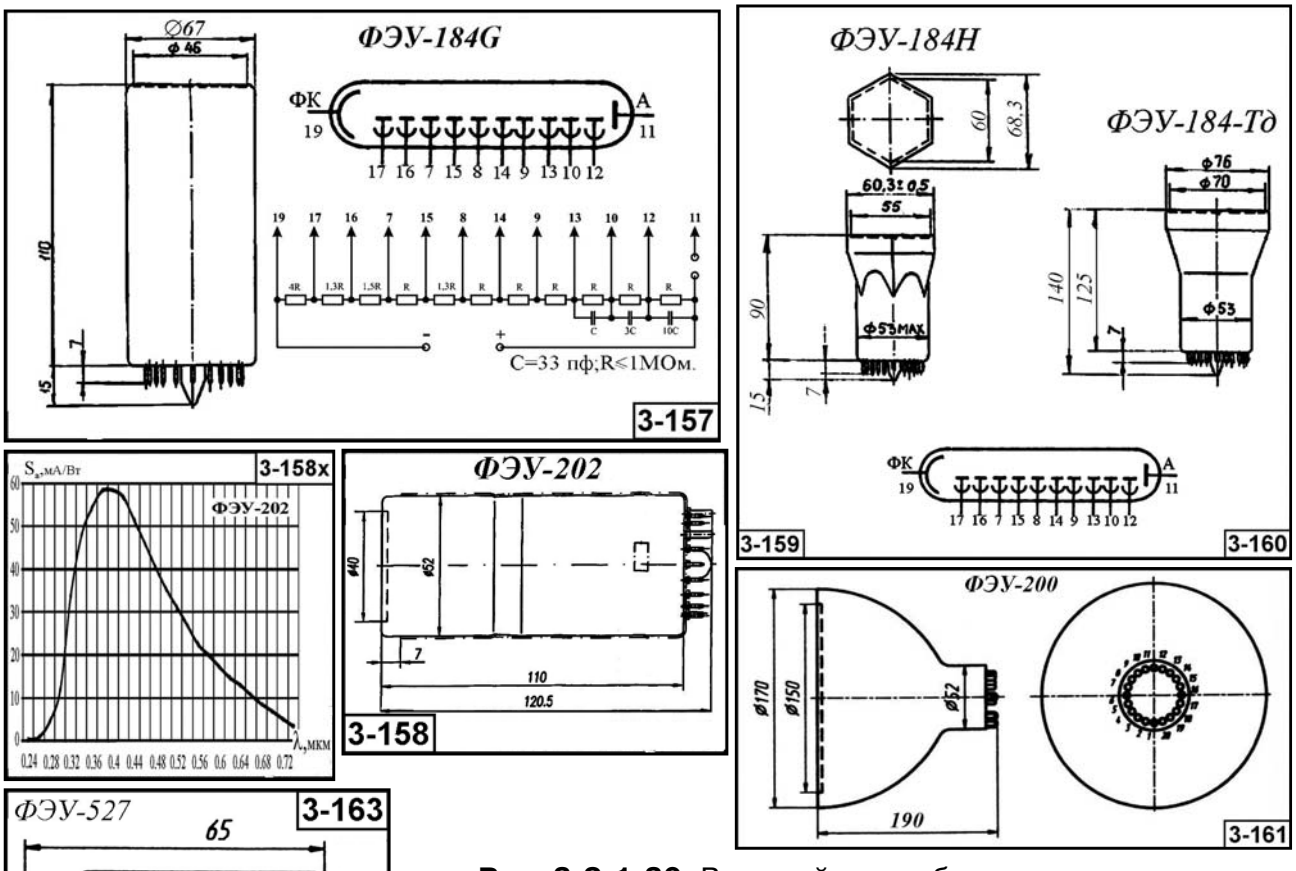


Рис. 3.2.1.30. Внешний вид, габаритные размеры, схемы расположения штырьков, порядок их соединения с электродами, схемы делителей напряжения и абсолютная спектральная характеристика фотоумножителей

3.2.1.31. Фотоумножители СНФТ3, СНФТ5, СНФТ18М, СНФТ20, СНФТ21, СНФТ22 [$\Delta\lambda$ = 0,3–0,8 мкм]

Фотоэлектронные умножители СНФТ3, СНФТ5, СНФТ18М, СНФТ20, СНФТ21, СНФТ22 предназначены для регистрации слабых импульсных потоков излучения в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном спектре в диапазоне 0,3–0,8 мкм, с усилением в диапазоне 10^2–10^7, с выходным импульсным линейным током 0,15–2,5 А и высоким временным разрешением 0,5–5 нс.

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.1.31. Внешний вид фотоумножителей приведен на рис. 3.2.1.31.

Таблица 3.2.1.31. Основные фотоэлектрические параметры фотоумножителей серии СНФТ-ХХ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора/Норма параметра					
	СНФТ3	**СНФТ5**	**СНФТ18М**	**СНФТ20**	**СНФТ21**	**СНФТ22**
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,35–0,65	0,35–0,65	0,3–0,65	0,35–0,65	0,3–0,8	0,35–0,65
Тип фотокатода	Sb-Cs	Sb-Cs	Sb-Cs	Sb-Cs	Sb-K-Na-Cs	Sb-Cs
Диаметр фотокатода, мм	50	50	50	50	50	50
Чувствительность фотокатода, мкА/лм	20	20	25	20	120	20
Световая анодная чувствительность, А/лм	50–400	0,5–10	4–160	не менее 30	не менее 5	0,005–0,020
Предел линейности выходного тока, А, не менее	2,5	2,5	0,5	0,15	1,5	1,5
Темновой ток, мкА, не более	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,05
Длительность импульсной характеристики, нс	5	5	1	0,5	1,7	5
Напряжение питания, кВ	4	3,4	6,8	6,8	6,8	4
Габаритные размеры, мм, не более	∅91 × 177	∅91 × 157	∅91 × 200	∅91 × 200	∅91 × 200	∅91 × 140
№ рисунка	3-164	3-164	3-165	3-166	–	3-167

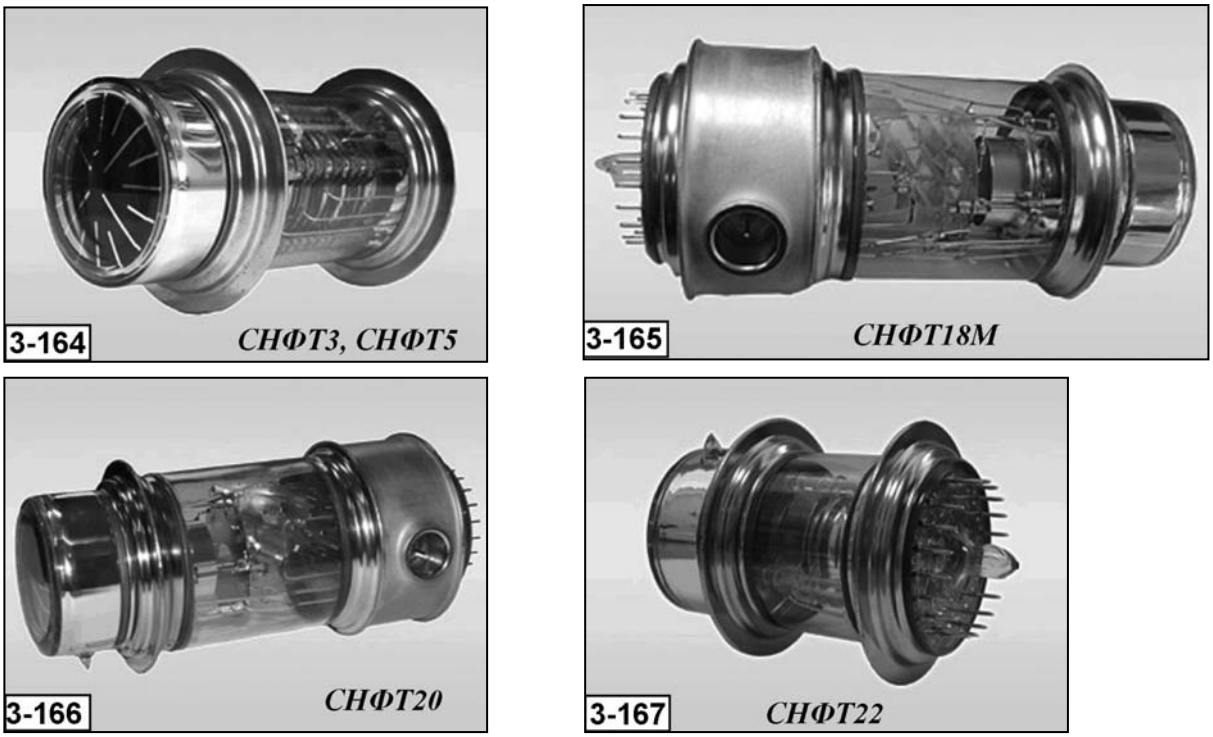


Рис. 3.2.1.31. Внешний вид фотоумножителей серии СНФТ-ХХ

3.2.2. Вторично-электронные умножители (ВЭУ)

Вторично-электронные умножители (ВЭУ) предназначены для регистрации заряженных частиц малых энергий, а также жесткого ультрафиолетового и мягкого рентгеновских излучений. Эти излучения сильно поглощаются элементами конструкции, поэтому ВЭУ, в отличие от ФЭУ, не имеют фотокатода и изготавливаются с открытым входом, то есть без входного окна. Они являются основными детекторами масс-спектрометров.

Вторично-электронные умножители находят широкое применение в ядерной физике, космических исследованиях, метрологии и др.

3.2.2.1. Вторично-электронные умножители ВЭУ-1А, ВЭУ-1Б, ВЭУ-2А, ВЭУ-2Б, ВЭУ-2В, ВЭУ-3, ВЭУ-4, ВЭУ-5, ВЭУ-6, ВЭУ-6М, ВЭУ-6С, ВЭУ-7М

ВЭУ-1А, ВЭУ-1Б, ВЭУ-2А, ВЭУ-2Б, ВЭУ-2В – вторично-электронные умножители жалюзийного типа с электростатической фокусировкой электронов и открытым входом предназначены для регистрации заряженных частиц в масс-спектрометрической аппаратуре. Катод – первый динод. Вход – торцевой открытый. Форма входного окна – круглая. Делитель напряжения – встроенный. Оформление безбаллонное.

ВЭУ-3. Вторично-электронный умножитель жалюзийного типа с электростатической фокусировкой электронов и открытым входом предназначен для регистрации и усиления ионных токов в индикаторных узлах электровакуумных приборов. Вход – торцевой открытый. Форма входного окна – круглая. Катод – первый динод. Оформление – стеклянный баллон и стеклянный цоколь.

ВЭУ-4. Вторично-электронный умножитель каналового типа с электростатической фокусировкой электронов и открытым входом для регистрации заряженных частиц малых энергий, ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучений, а также для регистрации нейтральных частиц. Вход – открытый. Форма входного окна – прямоугольная.

ВЭУ-5 Вторично-электронный умножитель для регистрации и усиления ионных токов в индикаторных узлах электровакуумных приборов. Вход – открытый. Форма входного окна – круглая. Катод – первый динод. Оформление безбаллонное, с керамической ножкой.

ВЭУ-6 (ВЭУ-6М, ВЭУ-6С). Вторично-электронный умножитель каналового типа с электростатической фокусировкой электронов и открытым входом для регистрации заряженных частиц малых энергий ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучений, а также для регистрации нейтральных частиц. Вход – открытый. Форма входного окна – круглая.

ВЭУ-7М состоит из двух микроканальных пластин; соединение – типа шеврон. Корпус изделия металлокерамический паяный. МКП разделены зазором.

Непосредственными приемниками исследуемого излучения для жалюзийных ВЭУ (ВЭУ-1; ВЭУ-2, ВЭУ-3, ВЭУ-5) является первый динод, а для каналовых (ВЭУ-4; ВЭУ-6) – катод.

В приборах ВЭУ-4 и ВЭУ-6 функции делителя напряжения выполняют собственно каналовые эмиттеры.

Все приборы предназначены для эксплуатации в диапазоне рабочих температур 20±10 °С. ВЭУ ВЭУ-6М должен быть работоспособен после прогрева в вакууме с ос-

таточным давлением не более $1{,}33 \cdot 10^{-3}$ Па ($1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.) при температуре плюс 200 °С в течение 5 ч.

Гарантированный ресурс работы составляет от 300 до 1000 ч.

Основные параметры ВЭУ приведены в табл. 3.2.2.1. Габаритные размеры и схемы включения даны на рис. 3.2.2.1, 3.2.2.2.

Таблица 3.2.2.1. Основные параметры вторично-электронных умножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Размеры входного окна, мм	Рабочий размер катода, мм (материал)	Число динодов (каскадов усиления)	Темновой ток, приведенный ко входу, мкА, не более	Коэффициент усиления, о. е.	Ток встроенного делителя напряжения, мА	Ток анода, мкА	Ток канала, мкА	Рабочее напряжение питания, В	Напряжение между источником электронов и первым динодом, В	Напряжение между управляющим электродом и первым динодом, В	Габаритные размеры, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
ВЭУ-1А	∅19	16 × 16 (Al)	25	$5 \cdot 10^{-19}$	$1 \cdot 10^5$	50–150	–	–	$4{,}5 \cdot 10^3$	200–600	20±10	∅46 × 125	92	3-170
ВЭУ-1Б				$1 \cdot 10^{-17}$										
ВЭУ-1В				$1 \cdot 10^{-17}$										
ВЭУ-2А	∅19	16 × 16 (Al)	25	$5 \cdot 10^{-19}$	$1 \cdot 10^6$	50–150	–	–	$4{,}5 \cdot 10^3$	200–600	20±10	∅46 × 125	92	3-170
ВЭУ-2Б				$2 \cdot 10^{-18}$										
ВЭУ-2В				$1 \cdot 10^{-17}$										
ВЭУ-3	∅16	(Cu-Al-Mg)	19	$3 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^5$	–	–	–	$(1{,}5–2{,}5) \cdot 10^3$	–	–	∅39 × 115	188	3-171
ВЭУ-4	2 × 4 или 2 × 6	–	1	1 имп/с (темновой фон)	$1 \cdot 10^7$	–	0,5	4–20	$(3{,}5–4{,}5) \cdot 10^3$	200–600	–	60 × 31 × 15	34	3-172
ВЭУ-5	6,5 × 6,5	6,5 × 6,5 (Cu-Al-Mg)	10	$2 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^4$	–	50		$(1{,}5–3) \cdot 10^3$	200–400	20–150 (между модулятом и первым динодом)	∅29 × 45	15	3-173
ВЭУ-6	∅8	–	1	1 имп/с (темновой фон)	$1 \cdot 10^8$	–	5–20	5–20	$(3{,}5–4) \cdot 10^3$	200–600		35 × 35 × 20	28	3-174
ВЭУ-6М												36 × 36 × 21	30	3-175
ВЭУ-6С														
ВЭУ-7М	5 см²	–	1	3 имп/с (темновой фон)	$1 \cdot 10^7$	–	–	25 ток МКП	$2{,}8 \cdot 10^3$	–	–	∅50 × 10	25	3-176

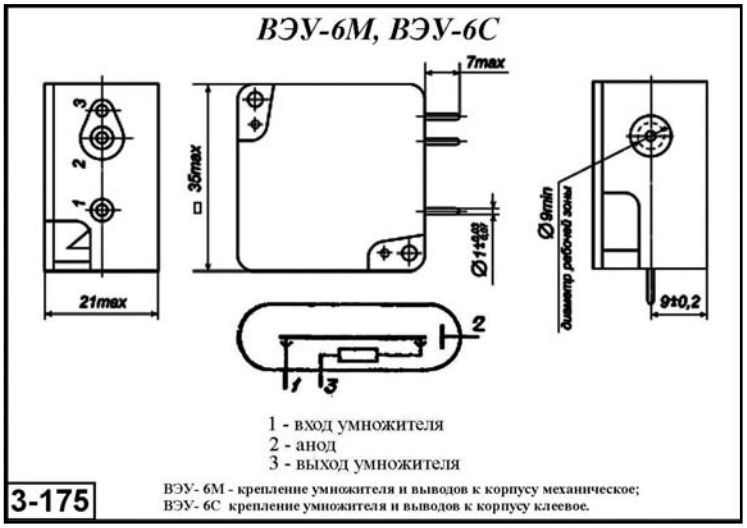
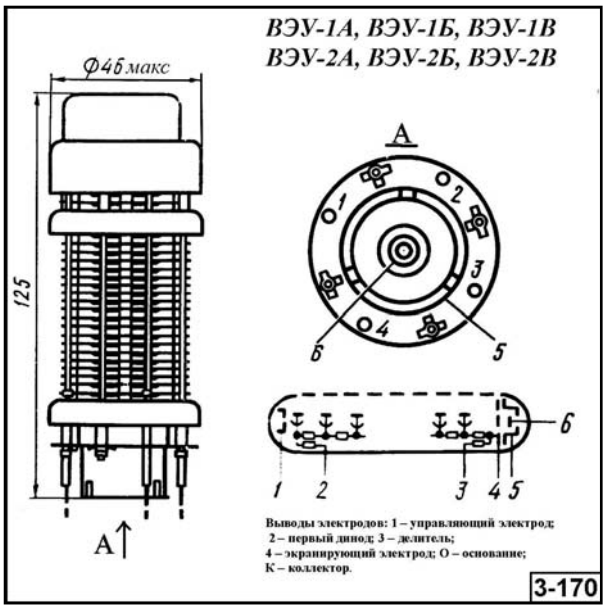
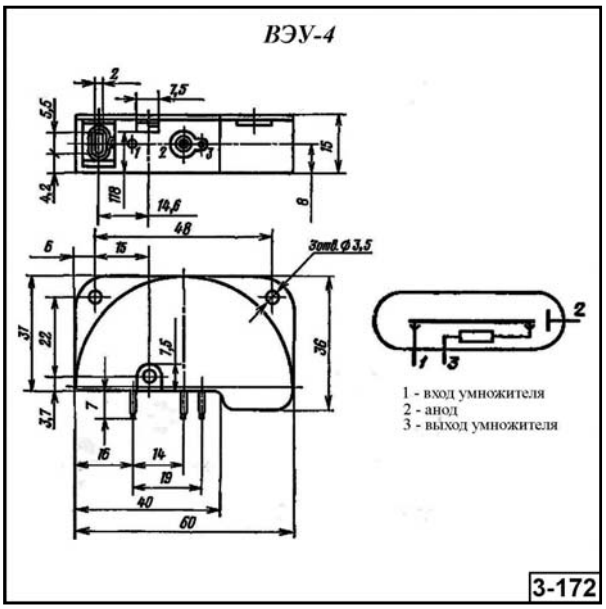
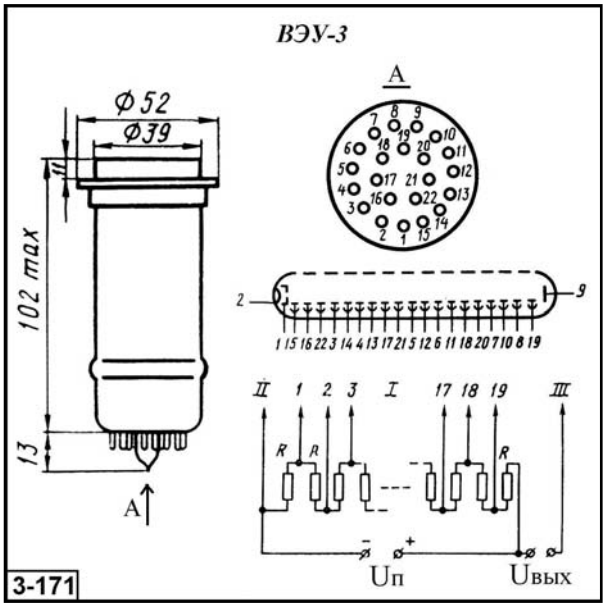
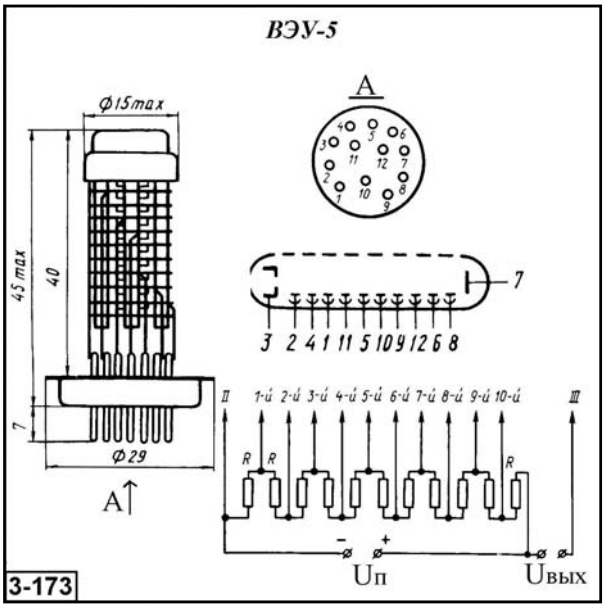


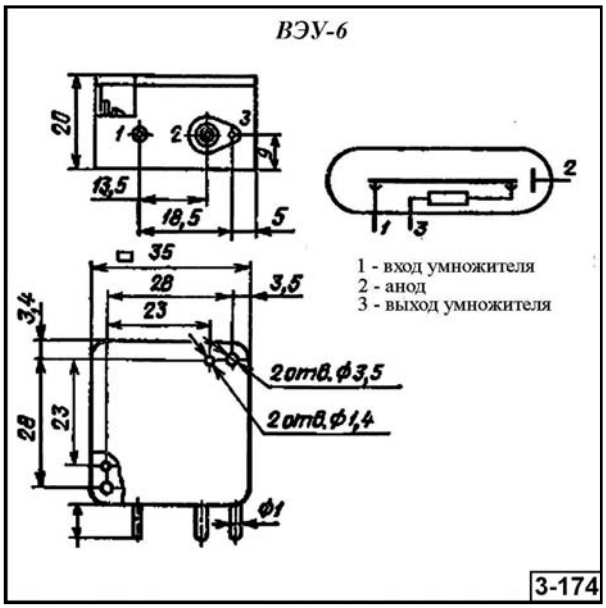
Рис. 3.2.2.1. Габаритные размеры и схемы включения вторично-электронных умножителей











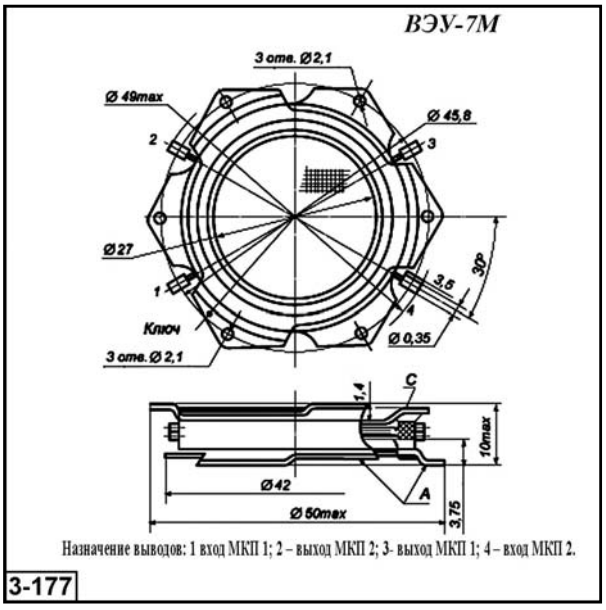


Рис. 3.2.2.1. Габаритные размеры и схемы включения вторично-электронных умножителей (окончание)

ВЭУ-7 существует в восьми модификациях:

с МКП 25-10 Ф:

1) с сеткой в управляющем электроде и металлическим анодом;
2) с управляющим электродом и металлическим анодом;
3) с сеткой в управляющем электроде (без анода);
4) с управляющим электродом (без анода);

с МКП 25-12 Ф:

5) с сеткой в управляющем электроде и металлическим анодом;
6) с управляющим электродом и металлическим анодом;
7) с сеткой в управляющем электроде (без анода);
8) с управляющим электродом (без анода).

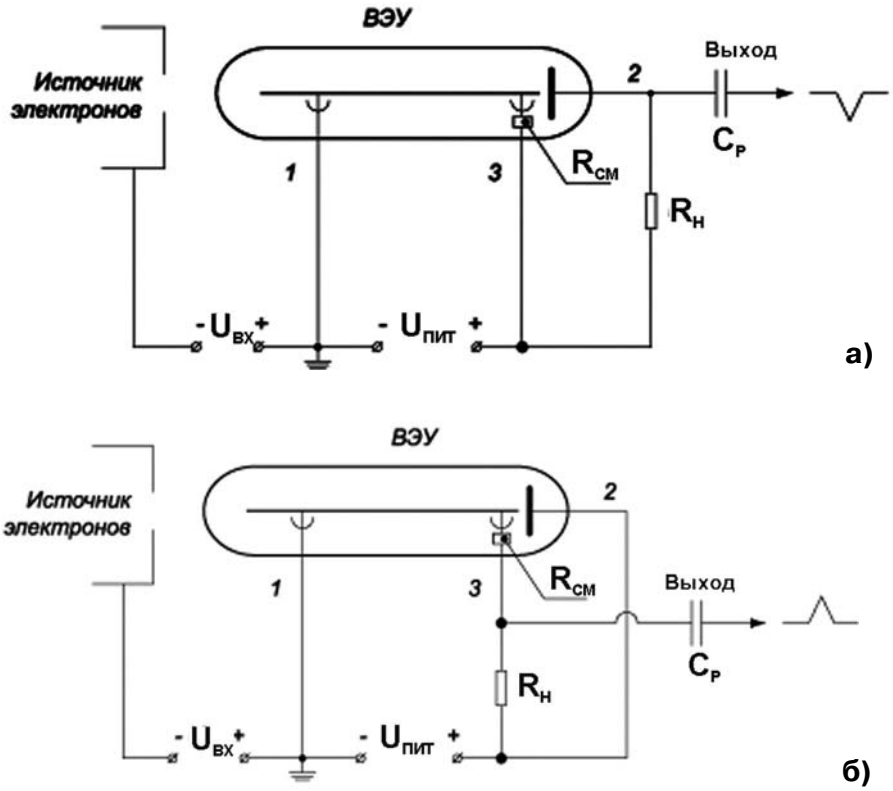


Рис. 3.2.2.2. Схема включения ВЭУ-6 при использовании измерительного усилителя, работающего: а – с отрицательными импульсами; б – с положительными импульсами

3.2.3. Фотоумножители уникальных типов

Ниже приводятся сведения о фотоэлектронных приборах, изготовленных ограниченными партиями и, в основном, использовавшихся в научных исследованиях.

3.2.3.1. Фотоэлектронные умножители 14ЭЛУ-Ф, 14ЭЛУ-ФС, 17ЭЛУ-Ф13, 18ЭЛУ-ФС, 18ЭЛУ-М, 18ЭЛУ-ФК, 25ЭЛУ-Ф12 [$\Delta\lambda$ = 0,105–1,1 мкм]

Фотоэлектронные умножители предназначались для преобразования мгновенной мощности импульсов излучения оптического диапазона в мгновенное значение импуль-

сов тока, а также для преобразования потока непрерывного излучения в электрический ток. Принцип действия приборов основан на использовании явлений внешнего фотоэффекта и вторично-электронной эмиссии.

Конструктивной особенностью фотоумножителя 14ЭЛУ-Ф является наличие двух каналов усиления, работающих от одного фотокатода на один общий коллектор, выполненный в виде широкополосной системы типа ленточной линии, переходящей в коаксиальный вывод. Фотоумножители могут быть выполнены с 7 и 9 каскадами усиления.

Фотоумножитель 17ЭЛУ-Ф13 имеет один канал усиления с числом каскадов 13 и эмиттеры корытообразного типа специального сплава. Коллектор выполнен в виде сетки и для снижения темновых токов отделен системой охранных колец от остальных эмиттеров и выводов умножителя.

Фотокатод умножителя 18ЭЛУ-ХХ, сформированный на слюдяной пластине размером 5 × 50 мм, закрепленной в металлической рамке, располагается в торцовой части прибора. Два канала усиления, работающих от одного фотокатода на общий коллектор, выполнены в виде широкополосной ленточной линии, переходящей в коаксиальный вывод. Фотоумножитель имеет 9 каскадов усиления.

Умножитель 25ЭЛУ-Ф12 имеет следующие конструктивные особенности.

В качестве подложки фотокатода использован первый эмиттер. Излучение проникает на фотокатод через входное окно и щель шириной 0,2 мм в диафрагме, расположенной между входным окном и фотокатодом. Умножитель имеет один канал усиления с числом каскадов 12 и эмиттеры корытообразного типа из сплава БрБ-2. Коллектор выполнен в виде сетки, и для снижения темновых токов отделен системой охранных колец от остальных эмиттеров и выводов умножителя.

Фотоумножители использовались в качестве первичных измерительных преобразователей в измерительных цепях с осциллографическими регистраторами при исследовании быстропротекающих процессов в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Приборы работают в диапазоне температур от –50 до +50 °С.

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.3.1, внешний вид приборов показан на рис. 3.2.3.1.

Таблица 3.2.3.1. Основные параметры фотоумножителей при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Рабочий спектральный диапазон мкм	Размеры сечения входного пучка, мм	Нижний предел значений измеряемого потока, Вт [Коэффициент преобразования, А/Вт]			Динамический диапазон	Временное разрешение, с	Линейный ток, А	Основная погрешность, %, не более	Напряжение питания, В		Габаритные размеры, мм [масса, г] (№ рис.)
			λ=0,53 мкм	λ=0,69 мкм	λ=1,06 мкм					на делителе	на коллекторе	
14ЭЛУ-ФС	0,22...0,65	25 × 50	$1\cdot10^{-12}$ [$2\cdot10^{6}$]	–	–	$5\cdot10^{6}$	$7\cdot10^{-10}$	5	10	3000... 5000	500... 1500	∅80×115 [350] (3-178)
14ЭЛУ-ФК	0,38...1,1		–	[$7\cdot10^{2}$]	$1\cdot10^{-8}$ [$1\cdot10^{2}$]	$1\cdot10^{6}$						
17ЭЛУ-Ф13	0,38...0,85	∅15	–	[$2\cdot10^{4}$]	$5\cdot10^{-14}$ λ=0,12 мкм	$2\cdot10^{8}$	$3\cdot10^{-9}$	$I_{вых.макс}$= 0,2 А $I_T=1\cdot10^{-9}$	10	2000		∅34×140 [66] (3-178А)
18ЭЛУ-ФС	0,38...0,65	5 × 50	$2\cdot10^{-13}$ [$2\cdot10^{7}$]	–	–	$2{,}5\cdot10^{6}$	$(6...7)\cdot10^{-10}$	10 $I_T=1\cdot10^{-6}$	10	1000... 1500	–(3000... 5000)	∅80×135 [350] (3-178Б)
18ЭЛУ-ФМ	0,38...0,85		$1{,}5\cdot10^{-12}$ [$2\cdot10^{6}$]	–	–	$3{,}3\cdot10^{6}$		10 $I_T=3\cdot10^{-6}$				
18ЭЛУ-ФК	0,38...1,1		–	[$2\cdot10^{4}$]	$2\cdot10^{-9}$ [$1\cdot10^{4}$]	$5\cdot10^{5}$		10 $I_T=2\cdot10^{-5}$				
25ЭЛУ-Ф12	0,105...0,2	15 × 0,2	$5\cdot10^{-18}$ [$2\cdot10^{4}$] λ=0,12 мкм	–	–	$2\cdot10^{12}$	$3\cdot10^{-9}$	$I_{вых.макс}$=0,2 А $I_T=1\cdot10^{-13}$	10	2600		∅50×125 [80] (3-178В)

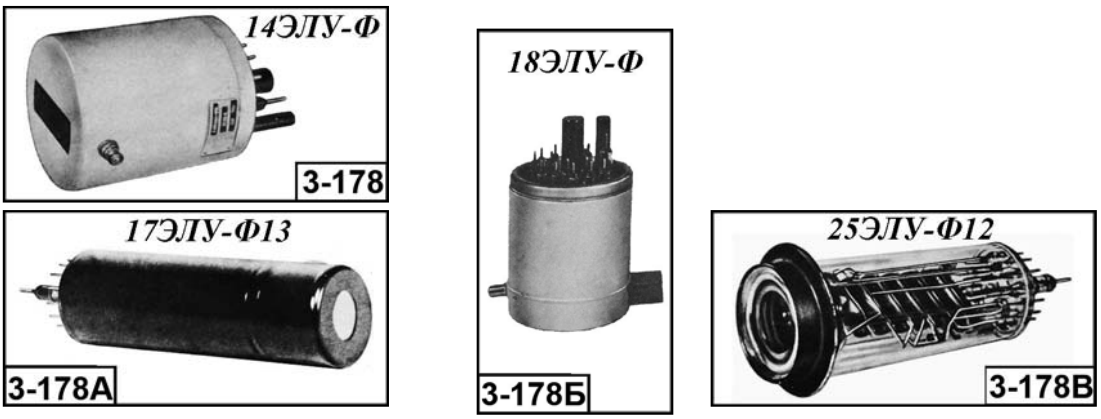


Рис. 3.2.3.1. Внешний вид фотоумножителей

3.2.3.2. Авторегулируемые фотоэлектрические преобразователи ЭЛУ-ФЛ-01 и ЭЛУ-ФЛ-03 [$\Delta\lambda$=0,38–1,1 мкм]

Преобразователи ЭЛУ-ФЛ-01, ЭЛУ-ФЛ-03состоят из металлического корпуса, вакуумной стеклянной колбы, сурьмяно-цезиевого (ЭЛУ-ФЛ-01), мультишелочного (ЭЛУ-ФЛ-01М, ЭЛУ-ФЛ-03) или кислородно-серебряно-цезиевого (ЭЛУ-ФЛ-01К) фотокатода размером 5 × 50 мм, расположенного в торцовой части колбы, вторично-электронного умножителя, устройства для преобразования электронных потоков, позволяющего получить логарифмическую градировочную характеристику, коллектора в виде широкополосной ленточной линии, переходящей в коаксиальный выход, и устройства для формирования режимов питания эмиттеров.

В основу устройства преобразователей положено использование эффекта саморегулирования предварительно ускоренных электронных потоков полем собственного пространственного заряда. Этот эффект позволяет получить градировочную характеристику, близкую к логарифмической, что существенно расширяет динамический диапазон с сохранением высокого временного разрешения и увеличивает информационную емкость преобразователя.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 3.2.3.2. Внешний вид приборов показан на рис. 3.2.3.2.

Таблица 3.2.3.2. Основные параметры фотоэлектрических преобразователей ЭЛУ-ФЛ-01 и ЭЛУ-ФЛ-03 при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Рабочий спектральный диапазон, мкм	Нижний предел значений измеряемого потока, Вт			Динамический диапазон	Максимальная длительность импульса излучения, с	Временное разрешение, с	Пределы значений тока выходного сигнала, А	Основная погрешность, %, не более	Согласованная нагрузка выхода, Ом	Напряжение питания, В		Габаритные размеры, мм [масса, г] (№ рис.)
		λ=0,33 мкм	λ=0,53 мкм	λ=1,06 мкм							на делителе	на коллекторе	
ЭЛУ-ФЛ-01С	0,38...0,65	–	$1\cdot10^{-9}$	–	$1\cdot10^{8}$	$2\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-9}$	0,03...0,33	10	75	–6000	30	∅130×88 [2500] (3-178Г)
ЭЛУ-ФЛ-01М	0,38...0,85	$1\cdot10^{-10}$	–	–									
ЭЛУ-ФЛ-01 К	0,38...1,1	–	–	$1\cdot10^{-6}$									
ЭЛУ-ФЛ-03	0,38...0,85		$1\cdot10^{-10}$		$1\cdot10^{7}$	$1\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-8}$	0,013...0,13	15	75	2200		∅100×235 [1600] (3-178Д)

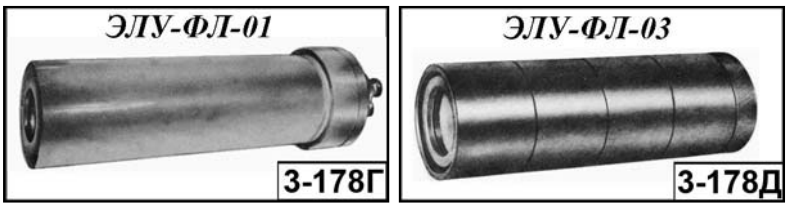


Рис. 3.2.3.2. Внешний вид фотоэлектрических преобразователей ЭЛУ-ФЛ-01 и ЭЛУ-ФЛ-03

3.2.3.3. Электронный умножитель 24ЭЛУ-11 [ΔE = 0,1–3 МэВ]

Электронный умножитель 24ЭЛУ-11 предназначен для преобразования мгновенной мощности однократного импульса фотонного излучения в мгновенное значение импульса тока.

Электронный умножитель представляет собой электровакуумный прибор в металлостеклянной оболочке. Он состоит из двух гамма-катодов, двухканальной умножительной системы, коллектора, выполненного в виде отрезка линии полоскового типа и широкополосного коаксиального выхода. Коаксиальный кабель подключается посредством специального разъема, установленного на армированном выводе коллектора.

Одинаковая конфигурация и размеры катода и эмиттеров дают возможность изменять число работающих каскадов усиления (при соединении гамма-катодов с последующими эмиттерами) от 11 до 1.

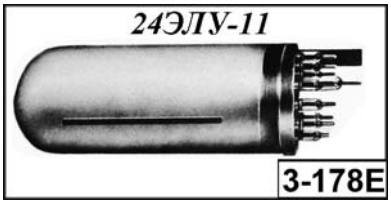


Рис. 3.2.3.3. Внешний вид фотоэлектрических преобразователей ЭЛУ-ФЛ-01 и ЭЛУ-ФЛ-03

Умножитель использовался в качестве первичного измерительного преобразователя в измерительных цепях с осциллографическими регистраторами при исследовании быстропротекающих процессов, сопровождающихся фотонным излучением с диапазоном энергий от 0,1 до 3 МэВ.

Основные параметры фотоумножителей приведены в табл. 3.2.3.3, внешний вид приборов показан на рис. 3.2.3.3.

Таблица 3.2.3.3. Основные параметры умножителя 24ЭЛУ-11 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра
Энергетический спектр преобразуемого излучения, МэВ	0,1...3,0
Площадь рабочей поверхности фотокатода, $см^2$	7,50
Пределы измерений плотности потока излучения, фотон/см·с:	
–при полном числе работающих каскадов и коэффициенте –преобразования, равном $1 \cdot 10^{-14}$ Ас·$см^2$/фотон	$1{,}5 \cdot 10^{-13} ... 5 \cdot 10^{20}$
–при полном числе работающих каскадов и коэффициенте преобразования, равном $1 \cdot 10^{-11}$ Ас·$см^2$/фотон	$1{,}5 \cdot 10^{-10} ... 5 \cdot 10^{20}$
Пределы значений коэффициента преобразования при 1,25 МэВ (при полном числе работающих каскадов), Ас*$см^2$/фотон	$1 \cdot 10^{-14} ... 1 \cdot 10^{-11}$
Временное разрешение, с	$1 \cdot 10^{-9}$
Максимальный выходной ток, А, не более	7
Линейный ток, А, не более	5
Основная погрешность, %, не более	13
Волновое сопротивление выхода, Ом	75
Напряжение питания общее на делителе, В	–6500
Напряжение питания на коллекторе, В	1500
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50
Габаритные размеры, мм	∅62 × 180
Масса, г, не более	200
№ рисунка	3-178Е

3.3. ВИДИКОНЫ

Видикон – это передающая телевизионная трубка с фотопроводящей мишенью.

Видиконы применяются для создания передающих телевизионных камер как со стандартным разложением (625 строк, 25 кадров/с) в аппаратуре вещательного и прикладного телевидения, так и с нестандартным разложением. Они изготавливаются главным образом четырех типоразмеров – диаметрами: 13,6; 26,7; 30,4 и 38,4 мм.

Ряд приборов выпускается в нескольких модификациях, что отражается введением в условное обозначение прибора дополнительного элемента (1, 2 или 3). Главное отличие этих модификаций состоит в различном уровне требований, предъявляемых к ним по чистоте фона изображения (допустимому числу пятен и месту их расположения на растре). Модификации приборов с меньшим порядковым номером имеют лучшую чистоту фона (модификация 1 имеет меньше пятен, чем 2 и 3).

Отклонение электронного луча (развертка) у большинства видиконов осуществляется электромагнитным полем отклоняющей катушки. Однако у некоторых имеет место электростатическое отклонение луча. Электростатическое и смешанное (электростатическое и электромагнитное) управление лучом позволяет снизить массу, габаритные размеры и энергопотребление телевизионной аппаратуры. Наиболее часто используются фокусирующие и отклоняющие системы следующих типов: ФСС-34, ОС-1, ОС-14, ЖВЧ, ФОС-30В-1, ФОС-34, ФОС-45, ФОС-81, ФОС-107.

Наиболее широкое применение в аппаратуре вещательного телевидения нашли видиконы ЛИ415-1, ЛИ415-2, ЛИ415М, ЛИ418, ЛИ421-1, ЛИ421.2, ЛИ422-1, ЛИ422-2, ЛИ422М (черно-белое телевидение), ЛИ432я, ЛИ432с, ЛИ432з, ЛИ442я, ЛИ442к (цветное телевидение). Для прикладного телевидения используются прежде всего видиконы ЛИ426, ЛИ428, ЛИ430, ЛИ437, ЛИ441, ЛИ445, ЛИ448. Имеется ряд приборов, которые в одинаковой степени могут применяться в телевизионных системах самого разнообразного назначения. К ним относятся видиконы ЛИ426, ЛИ435, ЛИ437, ЛИ438, ЛИ441, ЛИ448.

В аппаратуре специального и прикладного телевидения используются видиконы ЛИ414 и ЛИ429, обеспечивающие длительное хранение изображения и считывание его в нужный момент времени. Так, например, после разовой экспозиции с видикона ЛИ414 удается производить считывание в течение 5–10 мин. (до 20 тыс. раз) без заметного ухудшения четкости и контраста передаваемого изображения.

Видиконы ЛИ439 (мишень на основе селенида кадмия) и ЛИ446 (диодно-мозаичная кремниевая мишень) отличаются повышенной чувствительностью и сниженной инерционностью, однако имеют малый динамический диапазон по входной освещенности, что требует применения в аппаратуре объективов с автоматической регулировкой диафрагмы.

Идентичность конструктивного исполнения и электрических режимов работы обеспечивает взаимозаменяемость ряда приборов. Например, взаимозаменяемы между собой следующие приборы: ЛИ407 и ЛИ424; ЛИ409 и ЛИ425; ЛИ414 и ЛИ429; ЛИ419 и ЛИ426; ЛИ420 и ЛИ428, ЛИ422; ЛИ415 и ЛИ421.

Для работы в условиях минимальной освещенности (порядка $5 \cdot 10^{-3}$ лк) используются супервидиконы типа ЛИ702, ЛИ705 (герметизированный вариант ЛИ702) и ЛИ706, обладающие повышенной чувствительностью.

Видиконы ЛИ-417, ЛИ-423 и ЛИ444 с мишенью из аморфного селена обладают чувствительностью в рентгеновской области, в диапазоне 20–110 кэВ. Пировидиконы ЛИ492, ЛИ492С, ЛИ513 и ЛИ514, чувствительные в диапазоне 8–14 мкм, могут использоваться в системах тепловидения.

Срок службы видиконов составляет от 300 до 1200 ч.

К недостаткам видиконов следует отнести повышенную инерционность, проявляющуюся в появлении тянущегося следа за движущимся изображением, в размытии контуров изображения, а следовательно, в снижении четкости и контраста изображения на видеоконтрольном устройстве.

Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.1–3.3.11. Габаритные и присоединительные размеры приборов, схемы расположения штырьков (выводов) и схемы соединения их с электродами даны на рис. 3.3.1–3.3.11.

Принятые сокращения и обозначения в главе 3.3 (рис. 3.3.1–3.3.12): А1 и А2 – аноды, ДЭ – дополнительный электрод, К – катод, Кл – ключ (укороченный электрод), М – модулятор; ОП – отклоняющая пластина, ПД – положение диафрагмы, С – сетка, СП – сигнальная пластина (кольцевой вывод), С – сетка, ФЭ – фокусирующий электрод. Тип корпуса обозначен условными индексами: Ж – корпус с жесткими выводами, Г – корпус с гибкими выводами.

3.3.1. Видиконы ЛИ23, ЛИ407, ЛИ408, ЛИ409, ЛИ410, ЛИ412В, ЛИ413, ЛИ414, ЛИ415-2, ЛИ415М [$\Delta\lambda = 0{,}4–0{,}85$; $\lambda_{макс} = 0{,}4–0{,}66$ мкм]

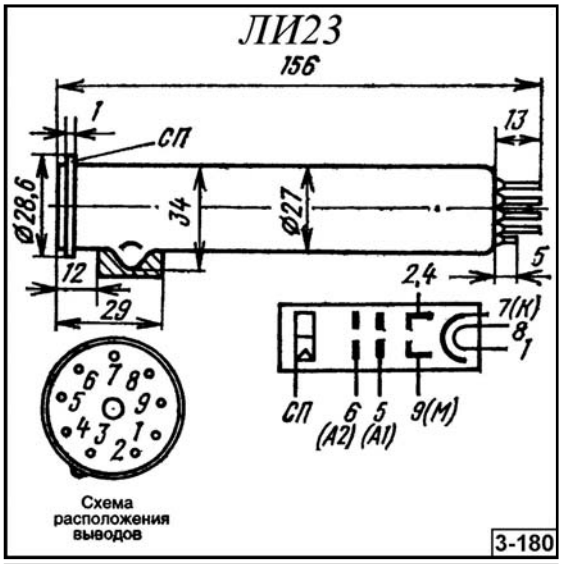
Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.1. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.1.

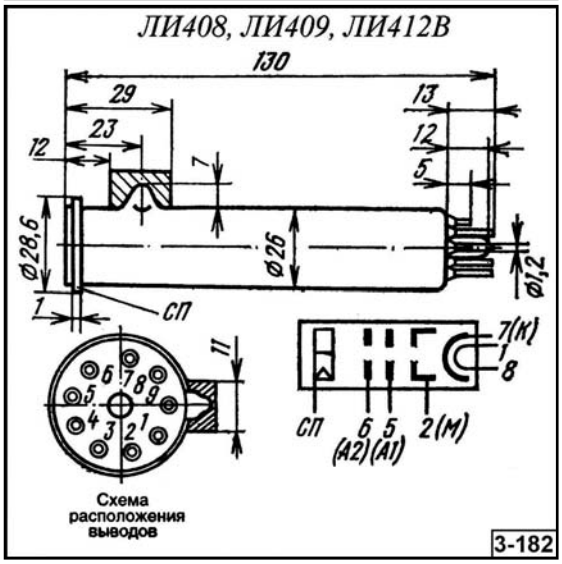
Таблица 3.3.1. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{СП}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ23	Ж	0,42–0,78	9,5 × 12,7	М;М	0,05 (10–30)	–	550 (но) 300 (по)	3	0,3	300	0–125	< 125	45	–60...+85	34 × 156 [60]	3-180
ЛИ407	Ж	0,35–0,8 [0,5–0,65]	4,5 × 6	М;М	0,05 (15)	–	350 (но) 200 (по)	4	0,08–0,1	300	5–100	0...–60	45	–60...+100	23 × 112 [20]	3-181
ЛИ408	Ж	[0,5–0,64]	11 × 11	М;М	0,003 (10)	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$	600	4	0,08–0,1	300	30	–(5–80)	4 кадра	–60...+85	33 × 130 [100]	3-182
ЛИ409	Ж	0,38–0,7 [0,4–0,53]	1,5 × 11,5	М;М	0,05 (10)	–	550 (но) 300 (по)	3	0,08–0,1	300	10–90	0...–85	45	–60...+85	33 × 130 [60]	3-182
ЛИ410	Ц	[0,45–0,6]	18 × 18	М;М	0,16 (8)	–	800 (но) 450 (по)	3	0,63	700	10–120	0...–120	120	–60...+85	47,5 × 218,5 [140]	3-183
ЛИ412В	Ж	[0,6–0,7]	11,5 × 11,5	М;М	0,1 (1)	–	550 (но) 250 (по)	3	0,08–0,1	300	5–60	–(5–60)	45	–20...+60	33 × 130 [60]	3-182

Таблица 3.3.1. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda_3$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{СП}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ413	Ж	0,4–0,8 [0,58–0,66]	4,5×6	М;М	–	–	400 (но) 200 (по)	–	0,08–0,1	300	5–50	0…–60	–	–40…+85	18,1×112	3-184
ЛИ414		0,35–0,75 [0,5–0,56]	9,5×12,7	М;М	0,15 (1)	–	600	3	0,08–0,1	300–350	6–14	–(20–100)	30	–	[50]	–
ЛИ415-2	Ж	0,4–0,85 [0,55–0,65]	9,5×12,7	М;М	0,15 (10)		600	2	0,57–0,72	300	100–125	0…–100	80	–40…+60	∅28,6×165 [60]	3-185
ЛИ415М	Ж	0,4–0,85 [0,55–0,65]	9,5×12,7	М;М	0,3 (30)	–	600	2	0,085–0,105	300	100–125	0…–100	45	+25…+35	∅28,6×165 [60]	3-185





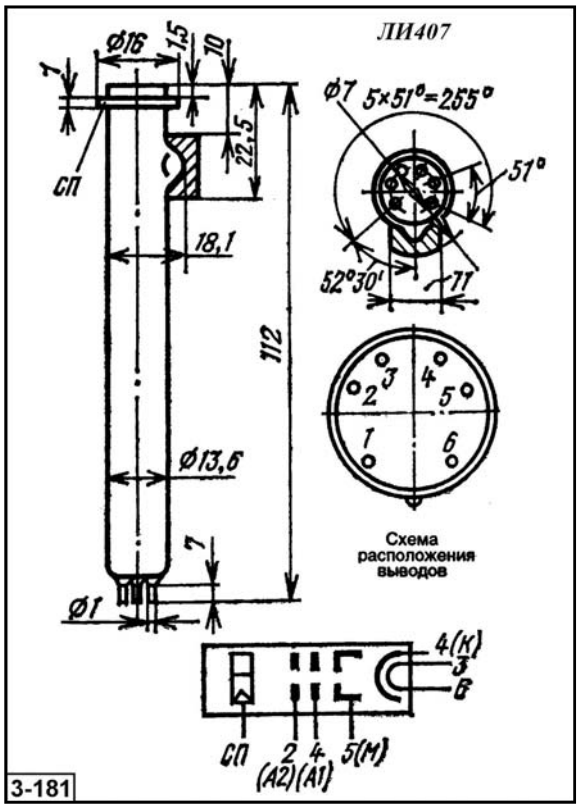


Рис. 3.3.1. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика видиконов

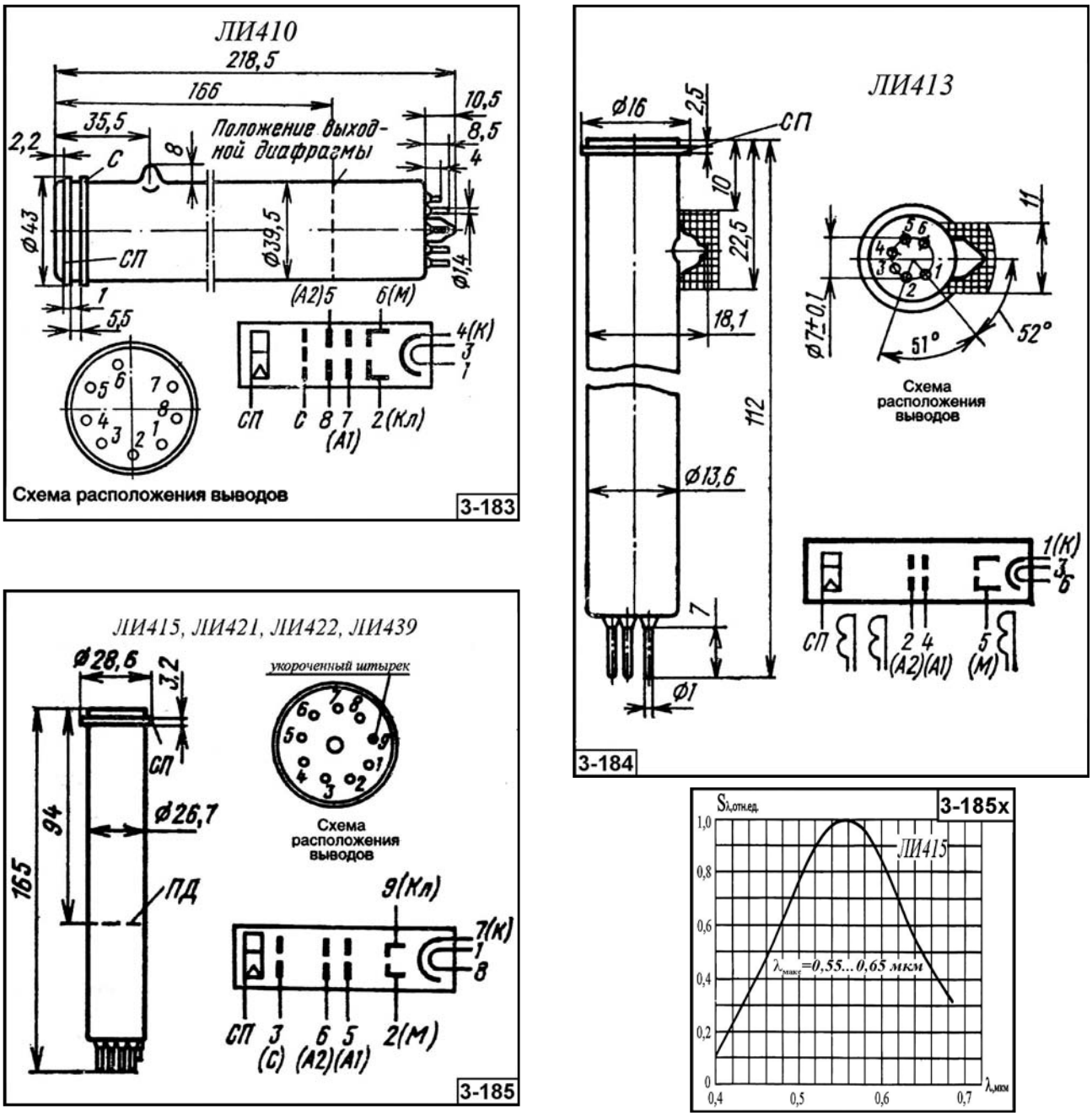


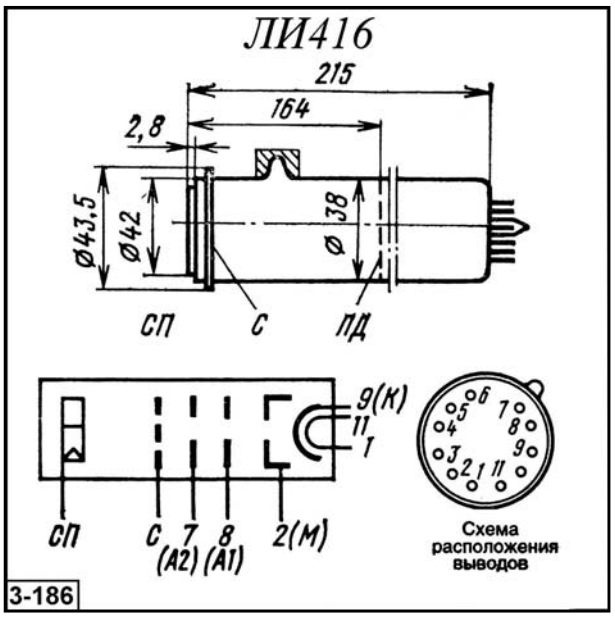
Рис. 3.3.1. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика видиконов (окончание)

3.3.2. Видиконы ЛИ416, ЛИ418, ЛИ419-1, ЛИ419-2, ЛИ420-1 ЛИ420-2, ЛИ421-1, ЛИ421-2, ЛИ421М, ЛИ422-1, ЛИ422-2, ЛИ422-М, ЛИ424 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,8; $\lambda_{макс}$ = 0,42–0,65 мкм]

Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.2. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.2.

Таблица 3.3.2. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda_{\text{э}}$, мкм [$\lambda_{\text{макс}}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_{\text{с}}$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_{\text{т}}$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_{\text{г}}$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{\text{нак}}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{\text{А1}}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{\text{СП}}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_{\text{М}}$, В				
ЛИ416	Ж	0,42–0,78 [0,55–0,65]	∅(20±1)	М;М	0,25	–	800	3	0,8	700	–	0...–50	300	–60...+70	46 × 215 [170]	3-186
ЛИ418	Ж	0,4–0,7 [0,48–0,56]	15 × 20	М;М	0,4 (70)	0,02	600	2	0,09–0,1	300	10–125	–(10–150)	30	–40...+75	∅40,6 × 203 [130]	3-187
ЛИ419-1 ЛИ419-2	Ж	0,35–0,73 [0,42–0,57]	9,5 × 12,7	Э; М	0,1 (10)	–	600	2	0,08–0,1	300	10–95	0...–60	30	–40...+60	∅28,6 × 164 [80]	3-188
ЛИ420-1 ЛИ420-2	Ж	0,38–0,76 [0,48–0,65]	9,5 × 12,7	Э; Э	0,1 (5)	–	500	3	0,08–0,1	300	10–90	–(10–90)	30	–20...+60	∅28,6 × 164 [80]	3-189
ЛИ421-1	Ж	0,36–0,78 [0,55–0,61]	9,5 × 12,7	М;М	0,1 (1)	–	600	2	0,54–0,66	300	10–125	0...–100	80	–40...+60	∅28,6 × 165 [60]	3-190
ЛИ421-2 ЛИ421М	Ж	0,36–0,78 [0,55–0,61]	9,5 × 12,7	М;М	0,3 (10)	–	600	2	0,54–0,66	300	10–125	0...–100	80	–40...+60	∅28,6 × 165 [60]	3-190
ЛИ422-1 ЛИ422-2	Ж	0,4–0,8 [0,55–0,65]	9,5 × 12,7	М;М	0,1 (2)	–	600	2	0,57–0,72	300	10–125	0...–100	45	–40...+60	∅28,6 × 165 [60]	3-190
ЛИ422-М	Ж	0,4–0,8 [0,55–0,65]	9,5 × 12,7	М;М	0,1 (2)	–	600	2	0,08–0,1	300	10–125	0...–100	45	–40...+60	∅28,6 × 165 [60]	3-190
ЛИ424	Ж	0,4–0,73 [0,47–0,62]	4,5 × 6	М;М	0,05 (5)	0,15	350	–	0,08–0,1	300	5–30	0...–60	45	–20...+80	18 × 112 [20]	3-192



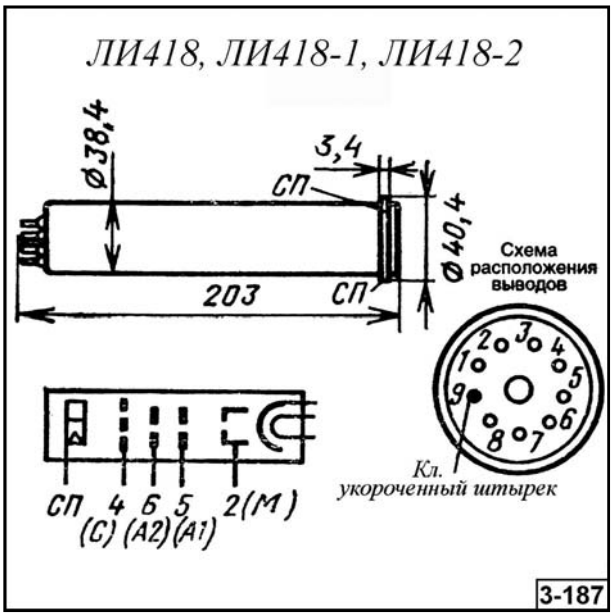
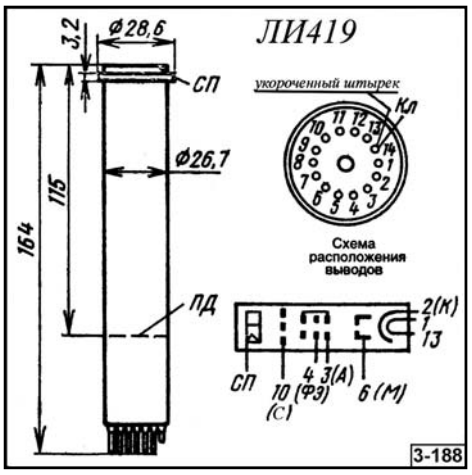
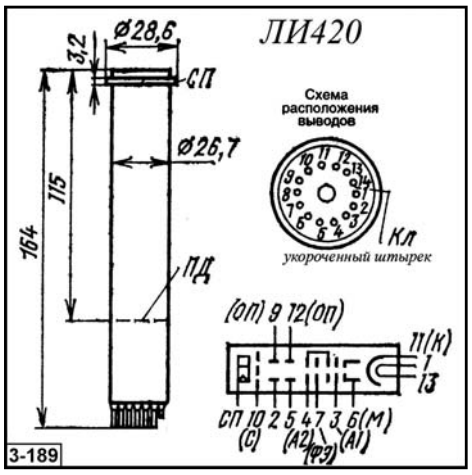
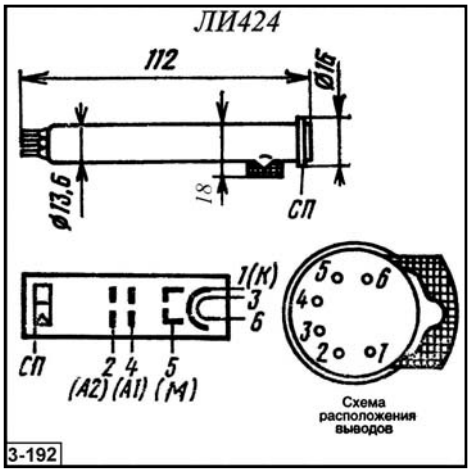
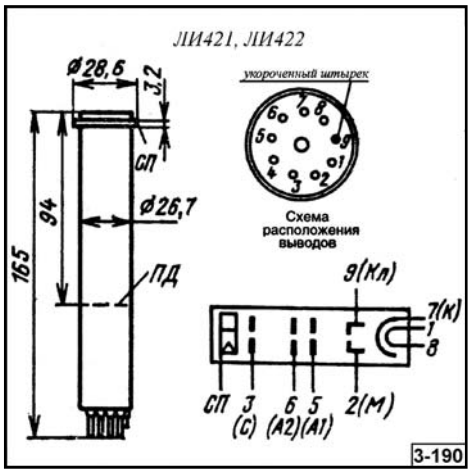


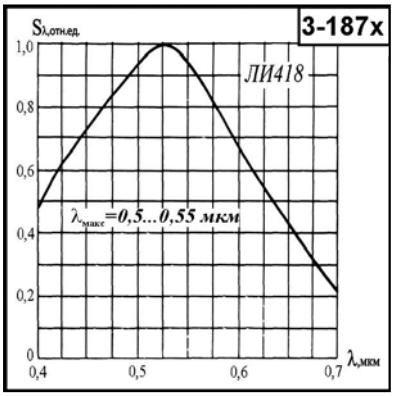
Рис. 3.3.2. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов

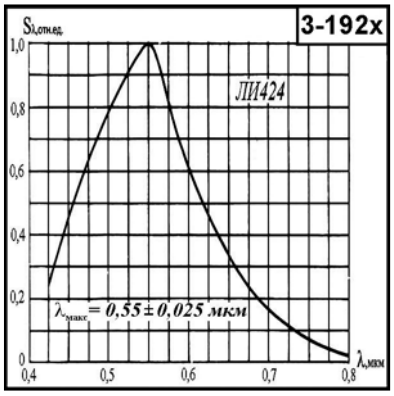


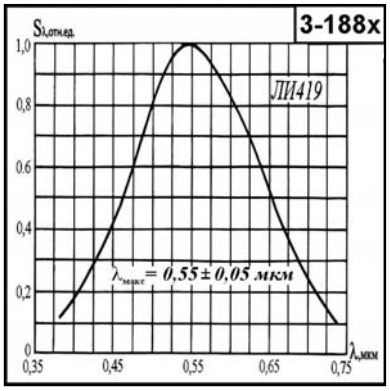


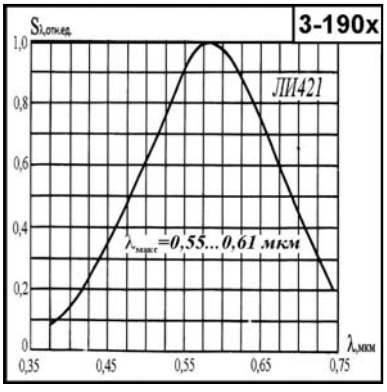












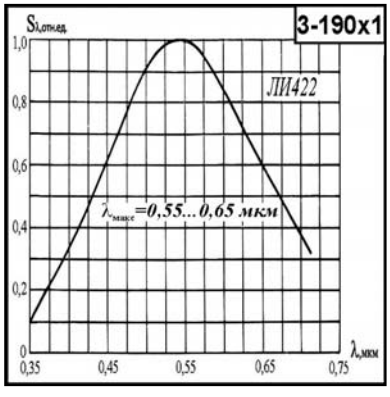


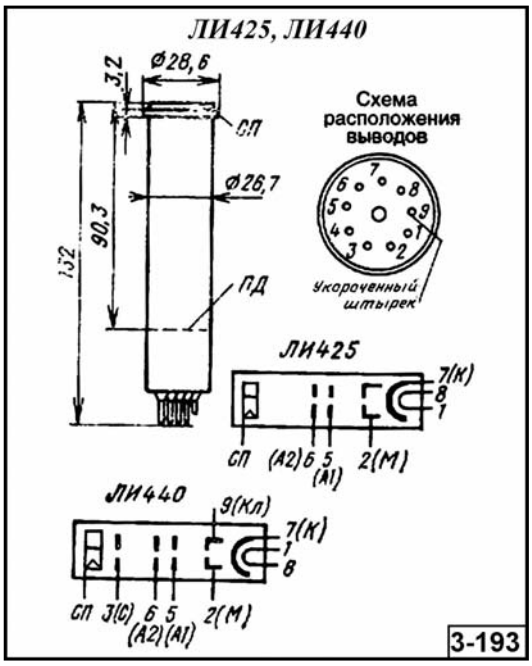
Рис. 3.3.2. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов (окончание)

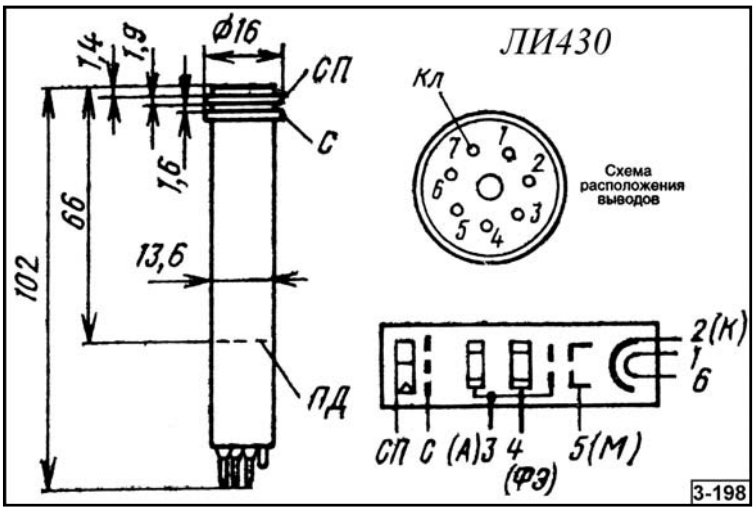
3.3.3. Видиконы ЛИ425, ЛИ425-1, ЛИ426, ЛИ426-1, ЛИ427, ЛИ428, ЛИ429, ЛИ430, ЛИ431, ЛИ432з, ЛИ432с [$\Delta\lambda = 0{,}38–0{,}86$; $\lambda_{макс} = 0{,}46–0{,}7$ мкм]

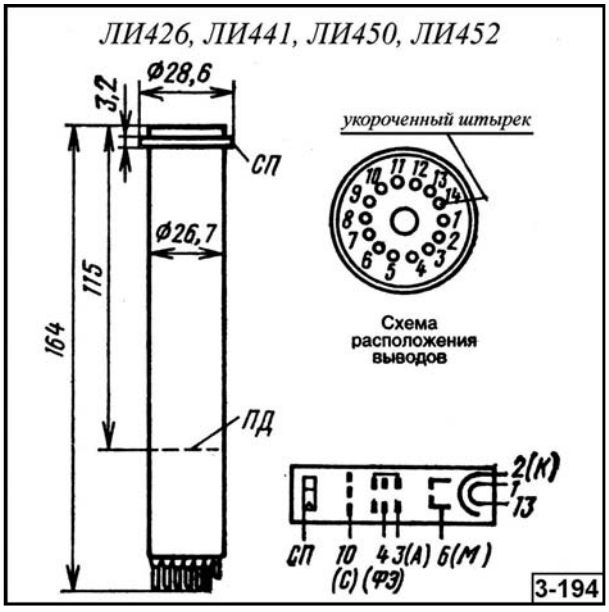
Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.3. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.3.

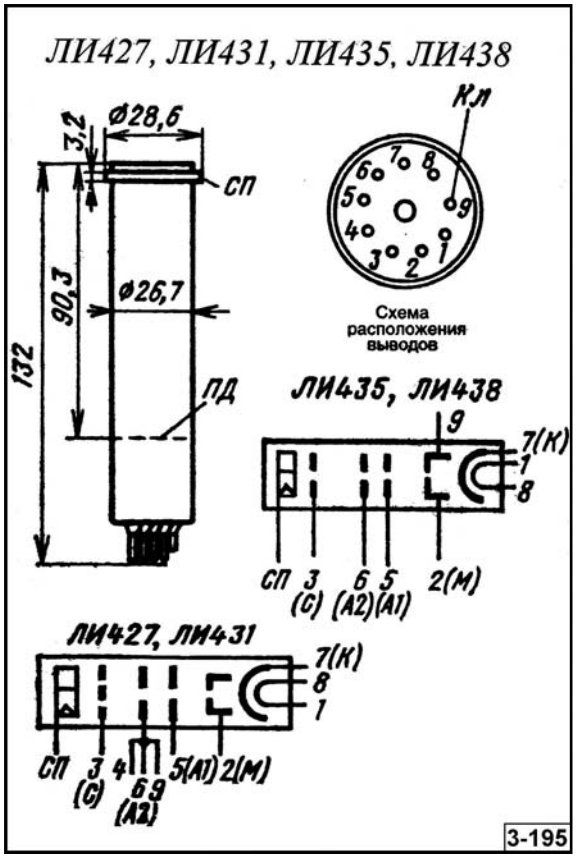
Таблица 3.3.3. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

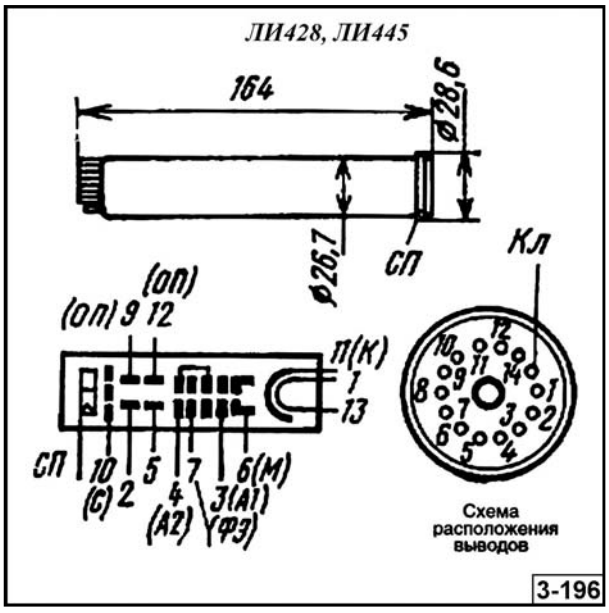
Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda_{макс}$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, I_C, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_м$, В				
ЛИ425 ЛИ425-1	Ж	0,38–0,86 [0,6–0,7]	11,5×11,5 или 9,5×12,7	М;М	0,05 (1)	0,15	550	3	0,08–0,1	300	10–60	0...–85	45	–40...+60	∅28,6×132 [60]	3-193
ЛИ426 ЛИ426-1	Ж	0,38–0,76 [0,48–0,62]	9,5×12,7	Э; М	0,1 (1)	0,1	600	–	0,08–0,1	300	10–95	0...–60	30	–40...+60	∅28,6×164 [80]	3-194
ЛИ427	Ж	[0,4–0,45]	11×11	Э; М	0,0012	0,002	600	3	0,08–0,1	300	5–30	–(10–90)	30	–50...+50	∅28,6×132 [100]	3-195
ЛИ428	Ж	[0,48–0,62]	9,5×12,7	Э; Э	0,1 (1)	–	500	2,5	0,08–0,1	300	10–30	0...–60	30	–5...+45	∅28,6×164 [80]	3-196
ЛИ429	Ц РШ22	0,38–0,65 [0,5–0,56]	9,5×12,7	М;М	0,16 (80)	–	600	3	0,08–0,1	300	5–30	0...–60	30	–5...+45	∅28,6×132 [60]	3-197
ЛИ430	Ц РШ42	0,38–0,75 [0,48–0,62]	4,5×6 (4,9×6,5)	Э; М	0,1 (5)	0,1	450	3	0,08–0,1	300	10–95	0...–60	30	–20...+60	∅16×102 [20]	3-198
ЛИ431	Ж	–	9,5×12,7	М;М	0,1 (2)	0,15	600	3	0,08–0,1	300	5–100	–(5–80)	31	–20...+60	∅28,6×132 [100]	3-195
ЛИ432з	Ц	–	12,8×17,1	М;М	125 мкА/лм	0,003	600	1	0,3	300	20–60	–(5–100)	60	–30...+50	∅35×220 [100]	3-199
ЛИ432с	Ц	–	12,8×17,1	М;М	35 мкА/лм	0,003	600	1	0,3	300	20–60	–(5–100)	60	–30...+50	∅35×220 [100]	3-199











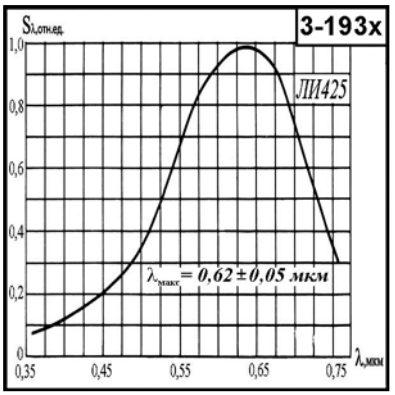


Рис. 3.3.3. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов

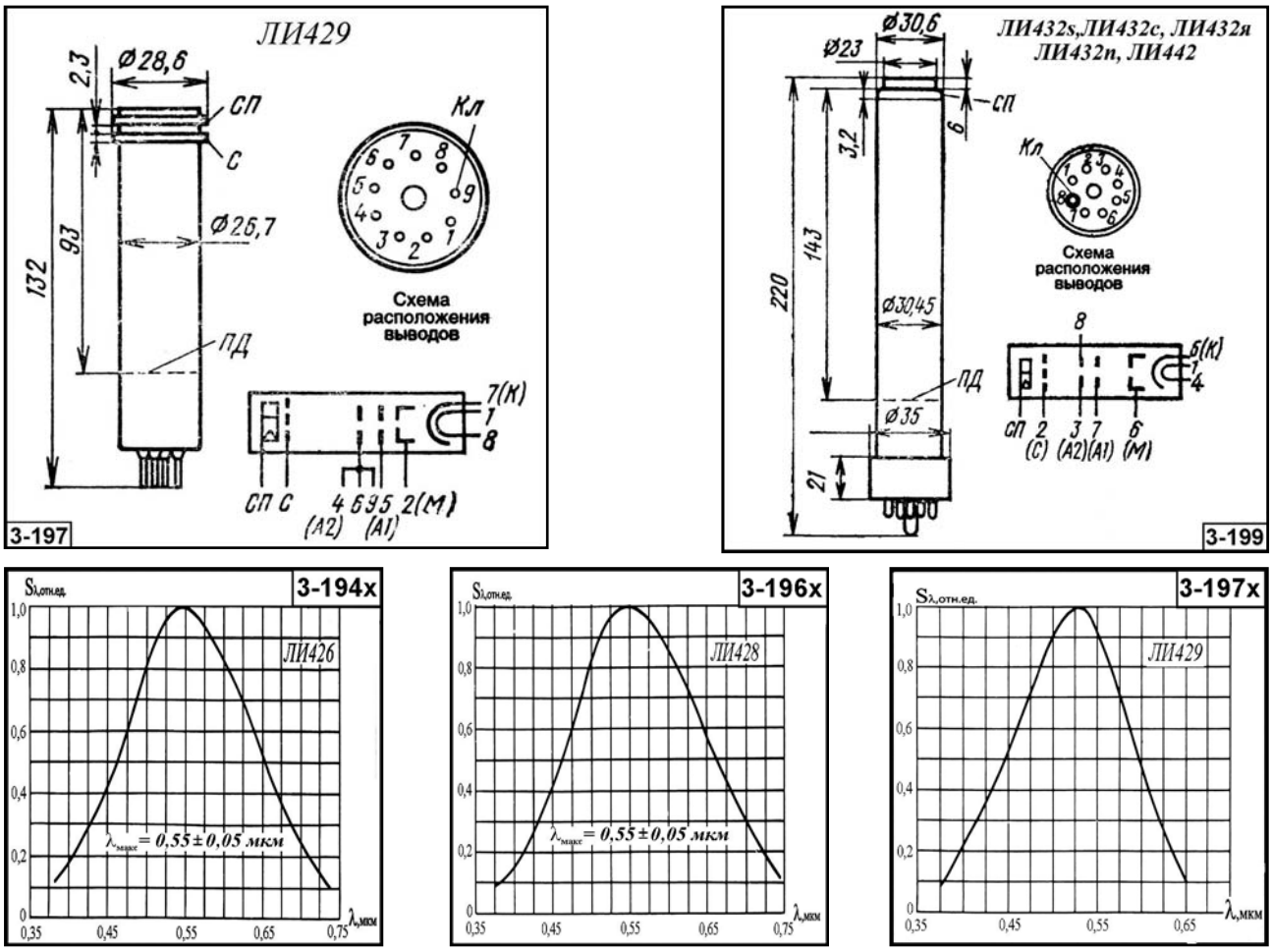


Рис. 3.3.3. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов (окончание)

3.3.4. Видиконы ЛИ432п, ЛИ435, ЛИ437, ЛИ438, ЛИ439, ЛИ440, ЛИ441, ЛИ442к, ЛИ442п, ЛИ445 [$\Delta\lambda = 0{,}4–0{,}75$; $\lambda_{макс} = 0{,}46–0{,}68$ мкм]

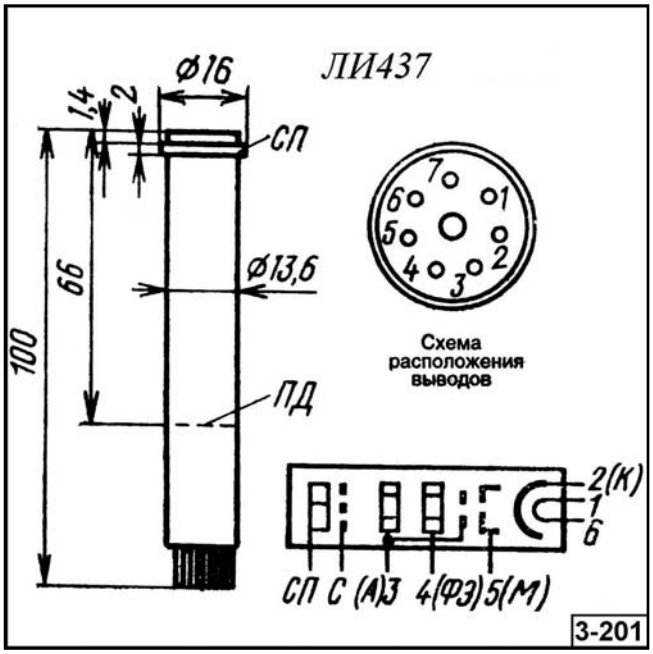
Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.4. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.4.

Таблица 3.3.4. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_м$, В				
ЛИ432п	Ц	0,4–0,65 [0,46–0,53]	12,8 × 17,1	М;М	250 мкА/лм	0,005	550	2	0,3	300	20–60	–(5–100)	60	–30...+50	∅35 × 220 [100]	3-199

Таблица 3.3.4. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы: Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Рабочие режимы: Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Рабочие режимы: Напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	Рабочие режимы: Напряжение на модуляторе, $U_м$, В	Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
ЛИ435	Ц	[0,58–0,68]	9,5 × 12,7	М;М	0,1 (2); 0,3 (10); 0,18 (10)	0,2	600	2	0,085–0,105	300	5–125	–(5–100)	45	–45...+60	∅28,6 × 132 [60]	3-200
ЛИ437	Ж	0,4–0,75 [0,48–0,62]	4,9 × 6,5	Э; М	0,1 (5)	0,1	450	3	0,08–0,1	300	5–90	–(5–80)	30	–20...+60	∅16 × 100 [20]	3-201
ЛИ438	Ж	–	9,5 × 12,7	М;М	0,2 (5)	–	600	2	0,085–0,105	300	10–100	–(10–100)	30	–40...+60	∅28,6 × 132 [60]	3-200
ЛИ439	Ц	0,42–0,72 [0,47–0,62]	9,5 × 12,7	М;М	0,2 (0,5)	0,15	600	2	0,08–0,1	300	5–60	0...–100	30	–40...+60	∅28,7 × 165 [60]	3-202
ЛИ440	Ж	0,42–0,72 [0,47–0,62]	9,5 × 12,7	М;М	0,1 (0,5)	0,15	600	2	0,08–0,105	300	10–60	–(10–85)	30	–40...+60	∅28,6 × 132 [60]	3-203
ЛИ441	Ж	0,4–0,75 [0,48–0,62]	9,5 × 12,7	Э; М	0,1 (1)	0,15	600	2	0,3–0,4	300	10–95	–(5–60)	3	–40...+60	∅28,6 × 164 [80]	3-204
ЛИ442к	Ц	–	12,8 × 17,1	М; М	160 мкА/лм	0,003	600	1	0,3	300	20–60	–(5–100)	60	–30...+50	∅35 × 220 [100]	3-199
ЛИ442п	Ц	–	12,8 × 17,1	М; М	400 мкА/лм	0,003	600	2	0,3	300	20–60	–(5–100)	60	–30...+50	∅35 × 220 [100]	3-199
ЛИ445	Ж	0,4–0,75 [0,48–0,62]	9,5 × 12,7	Э; Э	0,1 (1)	0,1	400 [450]	2,5	0,08–0,1	300	10–90	0...–60)	30	–30...+50	∅28,6 × 164 [85]	3-196



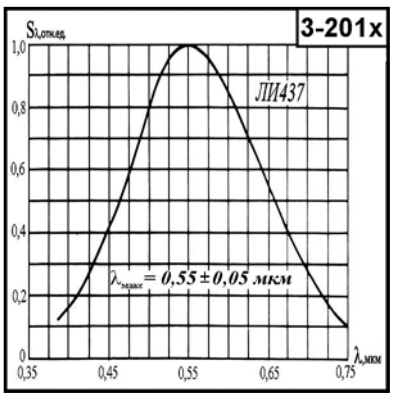


Рис. 3.3.4. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов

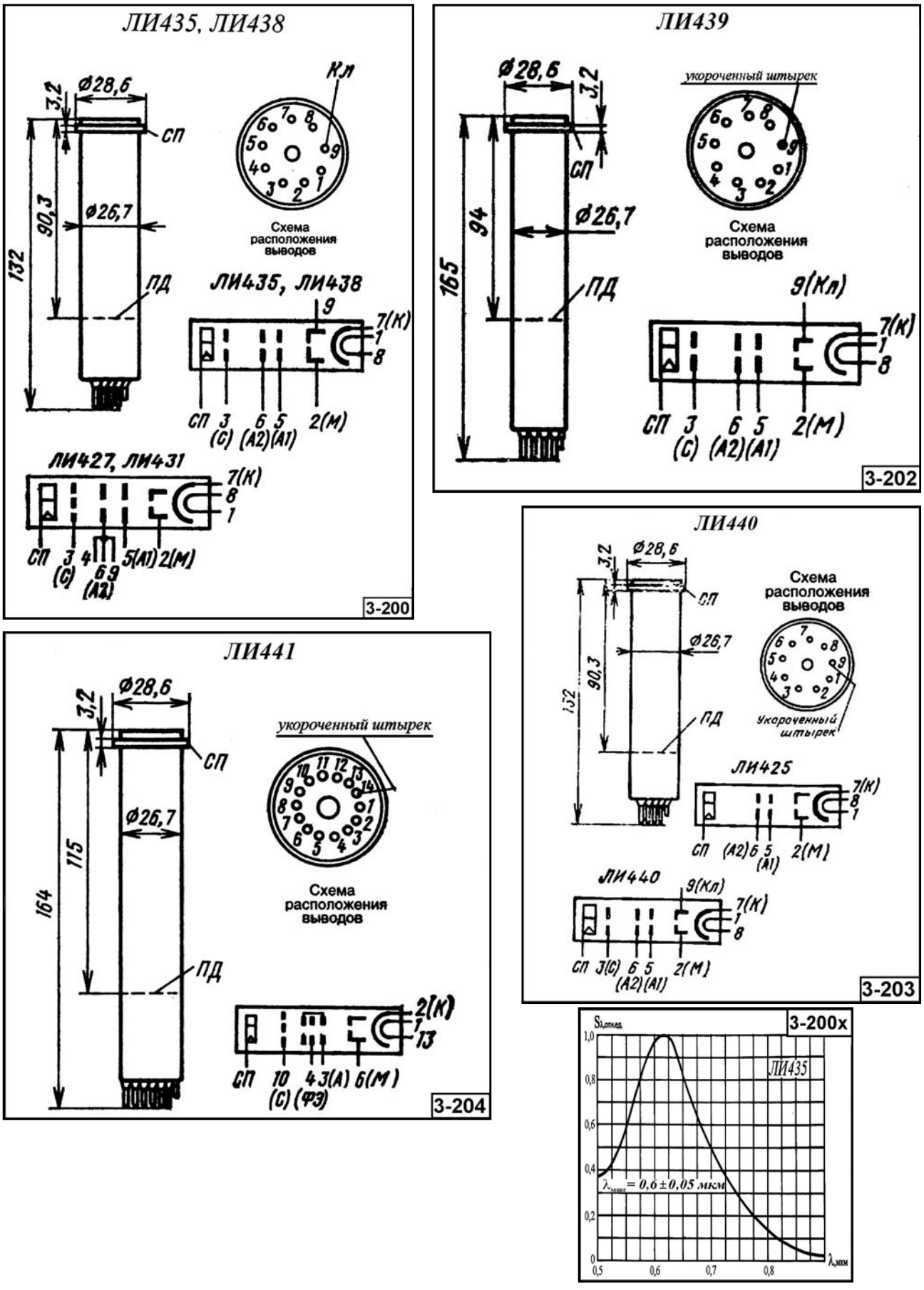
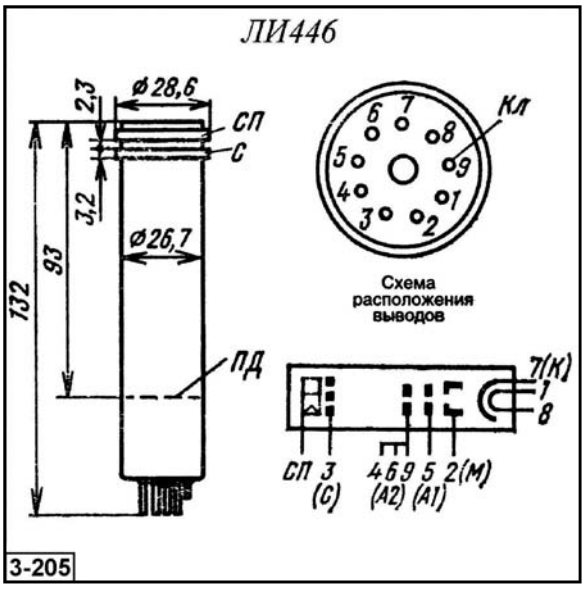
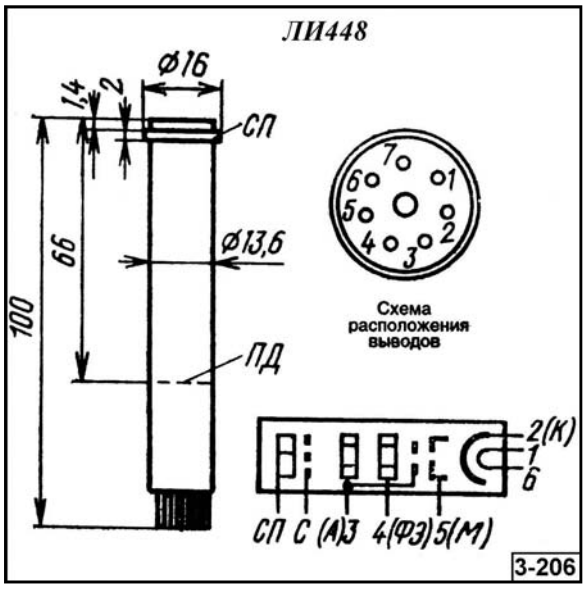


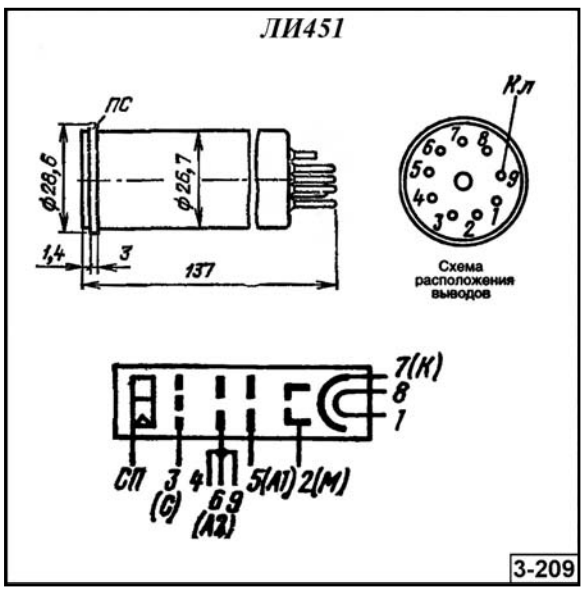
Рис. 3.3.4. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов (окончание)

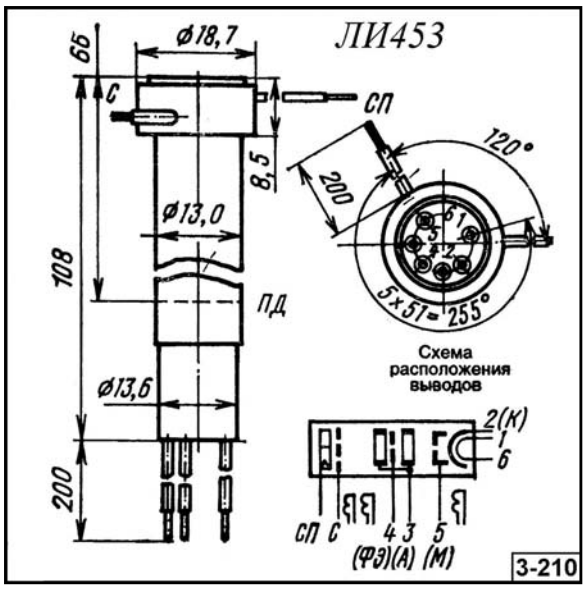
3.3.5. Видиконы ЛИ446, ЛИ448, ЛИ449, ЛИ449кз, ЛИ449с, ЛИ450, ЛИ451, ЛИ452-2, ЛИ453 [$\Delta\lambda = 0{,}37–1{,}1$; $\lambda_{макс} = 0{,}48–0{,}8$ мкм]

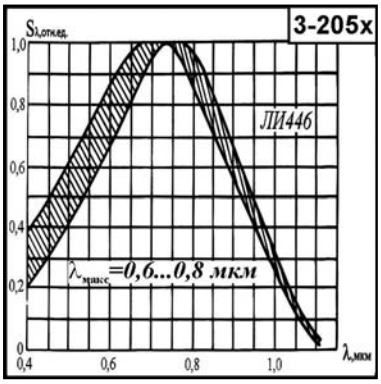
Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.5. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.5.











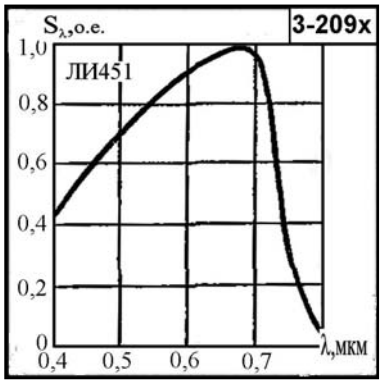
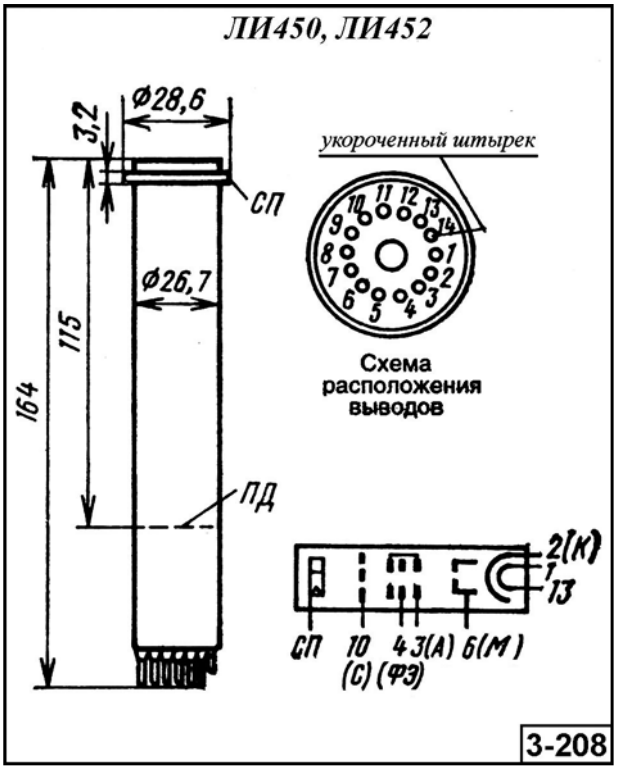


Рис. 3.3.5. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов



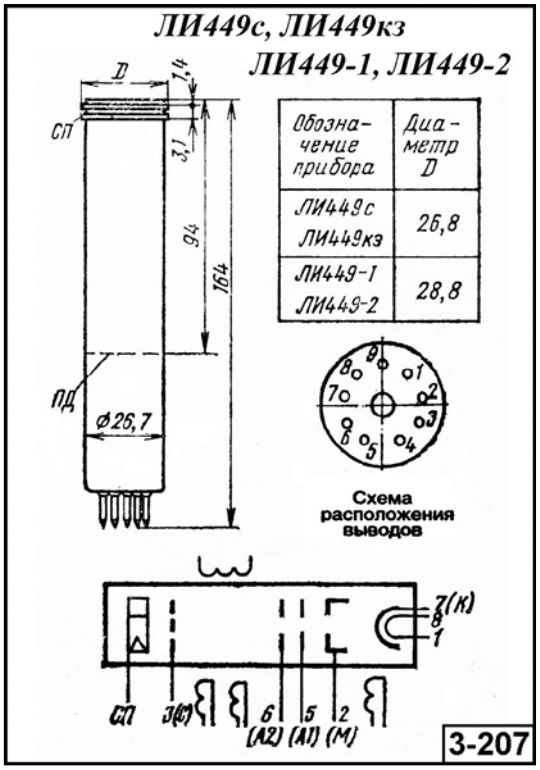


Рис. 3.3.5. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов (окончание)

Таблица 3.3.5. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_м$, В				
ЛИ446	Ж	0,4–1,1 [0,6–0,8]	9,5 × 12,7	М; М	0,25 (0,5)	0,02	600	2	0,08–0,1	300	5–15	0...–60	90	–60...+70	∅26,7 × 132 [60]	3-205
ЛИ448	Ж	0,4–0,7 [0,6–0,68]	4,9 × 6,5	Э; М	0,1 (1)	0,005	450	3	0,08–0,1	300	10–60	–(5–80)	30	–60...+60	∅16 × 100 [20]	3-206
ЛИ449	Ж	0,4–0,72 [0,68–0,72]	9,5 × 12,7	М; М	0,3 (0,5)	0,002	600	2	0,08–0,1	300	10–60	–(5–60)	30	–60...+60	∅28,6 × 164 [65]	3-207
ЛИ449кз	Ж	0,4–0,72 [0,68–0,72]	9,5 × 12,7	М; М	0,3 (0,5)	–	600	2	0,08–0,1	300	10–60	–(5–60)	30	–60...+60	∅26,8 × 164 [65]	3-207
ЛИ449с	Ж	–	9,5 × 12,7	М; М	0,3 (0,5)	0,02	600	2	0,08–0,1	300	10–60	–(5–60)	30	–60...+60	∅26,8 × 164 [65]	3-207
ЛИ450	Ж	[0,4–0,72]	9,5 × 12,7	Э; М	0,05 (0,15) 0,5 (2)	0,005	600	2	0,08–0,1	300	10–30	–(5–60)	3	–60...+60	∅28,6 × 164 [80]	3-208
ЛИ451	Ж	[0,68–0,72]	9,5 × 12,7	М; М	0,16 (0,5)	0,003	600	2	0,08–0,1	300–350	10–60	–(5–125)	30	–60...+60	∅28,8 × 137 [60]	3-209

Таблица 3.3.5. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_м$, В				
ЛИ452-2	Ж	0,37–0,75 [0,48–0,62]	11,3 хх 11,3	Э; М	0,1	0,1	600	2	0,08–0,1	300–350	10–60	–(5–125)	30	–60...+60	∅28,6 × 164 [80]	3-208
ЛИ453	Г	0,37–0,75 [0,48–0,62]	4,9 × 6,5	Э; М	0,07 (2); 0,05 (1)	0,07	500	3	0,08–0,1	300	10–60	–(5–100)	30	–60...+60	∅18,7 × 108 [25]	3-210

3.3.6. Видиконы ЛИ454, ЛИ456, ЛИ457з, ЛИ457к, ЛИ457с, ЛИ458к, ЛИ458я, ЛИ459, ЛИ460-З, ЛИ460-С, ЛИ460-К [$\Delta\lambda$ = 0,38–0,78; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,72 мкм]

Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.6. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.6.

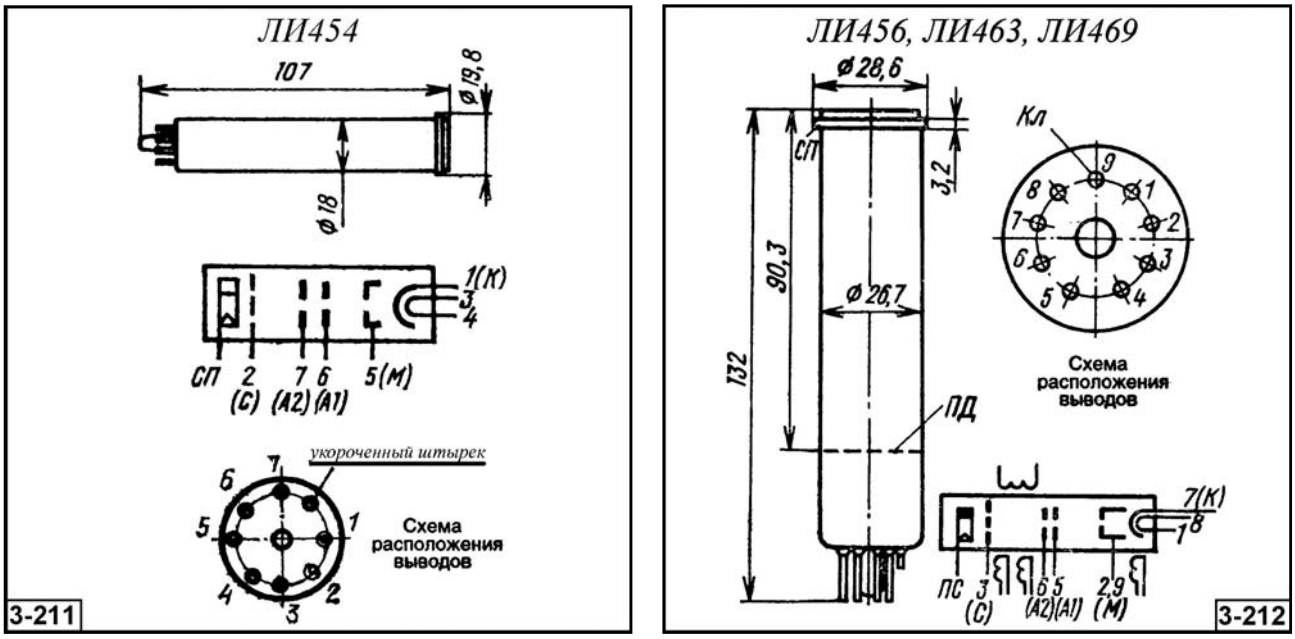


Рис. 3.3.6. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика видиконов

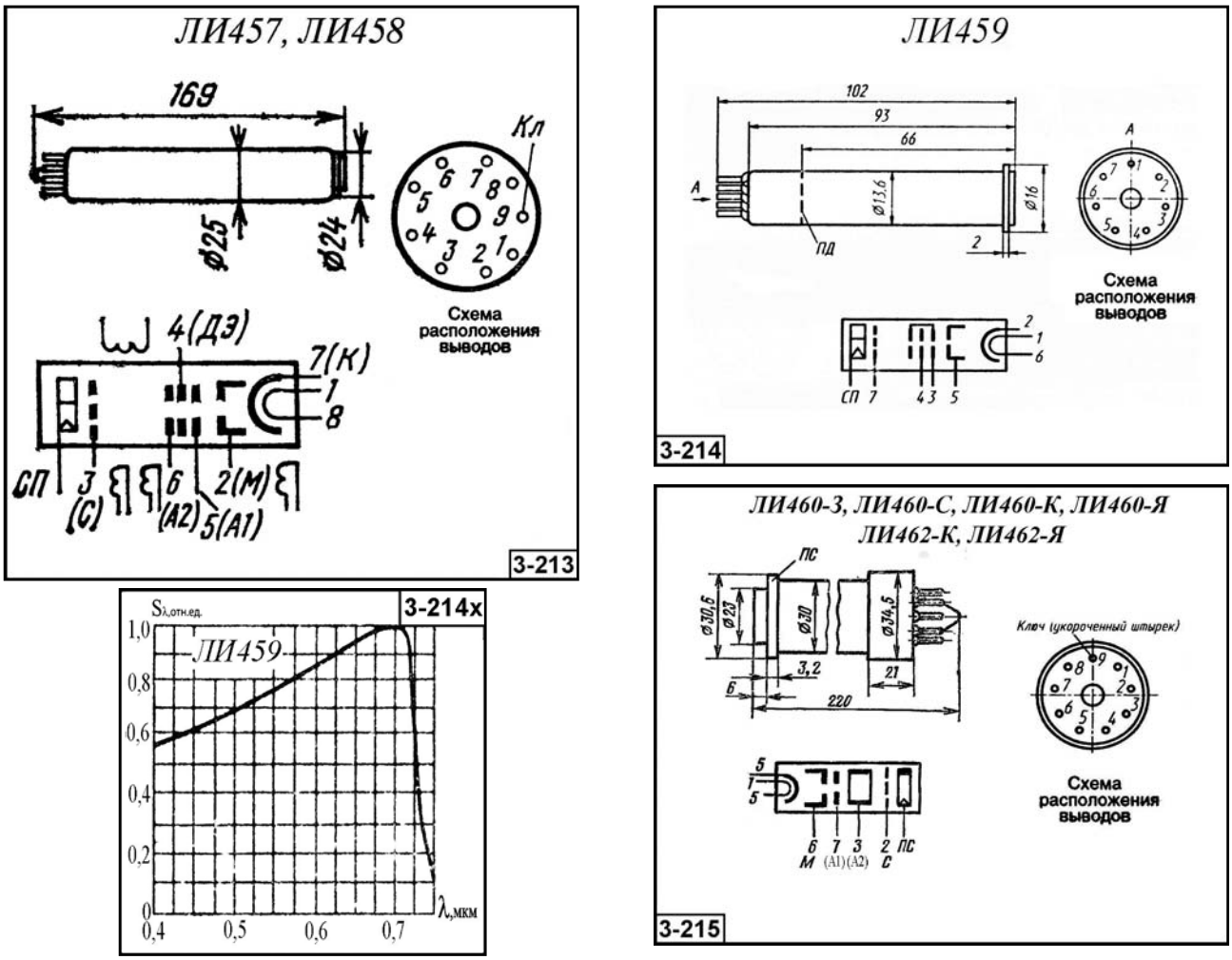


Рис. 3.3.6. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика видиконов (окончание)

Таблица 3.3.6. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{СП}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ454	Ж	[0,5–0,62]	6,6×8,8	М; М	0,15 (5)	0,05	600	–	0,08–0,1	300	5–100	–(5–100)	–	–45...+55	∅19,8×107 [26]	3-211
ЛИ456	Ж	0,38–0,78 [0,48–0,62]	9,5×12,7	М; М	0,1 (1); 0,3 (10)	0,3	600	2	0,08–0,1	300	10–125	0...–100	45	–60...+60	∅28,6×132 [60]	3-212
ЛИ457з ЛИ457к ЛИ457с	Ж	–	9,5×12,7	М; М	0,2 (130 мкА/лм)	0,003	–	1	0,08–0,1	300	45–50	–(10–100)	60	–30...+50	∅25×169 [100]	3-213
ЛИ458к	Ж	–	9,5×12,7	М; М	0,02 (115 мкА/лм)	0,003	600	1	0,08–0,1	300	45	–(10–100)	60	–30...+50	∅25×169 [100]	3-213

Таблица 3.3.6. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_м$, В				
ЛИ 458я	Ж	[0,4–0,7]	9,5 × 12,7	М; М	0,04 (400 мкА/лм)	0,003	550	1	0,08–0,1	300	45	–(10–100)	60	–30...+50	∅25 × 169 [100]	3-213
ЛИ 459	Ж	[0,68–0,72]	4,9 × 6,5	Э; М	0,1 (1 лк)	–	500	–	0,09	300	10–80	–(5–80)	–	–40...+60	∅16 × 102 [25]	3-214
ЛИ 460-З	Ц	–	12,8 × 17,1	–	0,14 мкА/лм	0,003	600 [450]	1	0,3	300	45	–(10–100)	60	–30...+50	∅34,5 × 220 [120]	3-215
ЛИ 460-С		–		–	0,037 мкА/лм											
ЛИ 460-К		–		–	0,1 мкА/лм											

3.3.7. Видиконы ЛИ460-Я, ЛИ462-К, ЛИ462-Я, ЛИ463, ЛИ465, ЛИ468, ЛИ469 [$\Delta\lambda$ = 0,4–0,75; $\lambda_{макс}$ = 0,68–0,72 мкм]

Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.7. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.7.

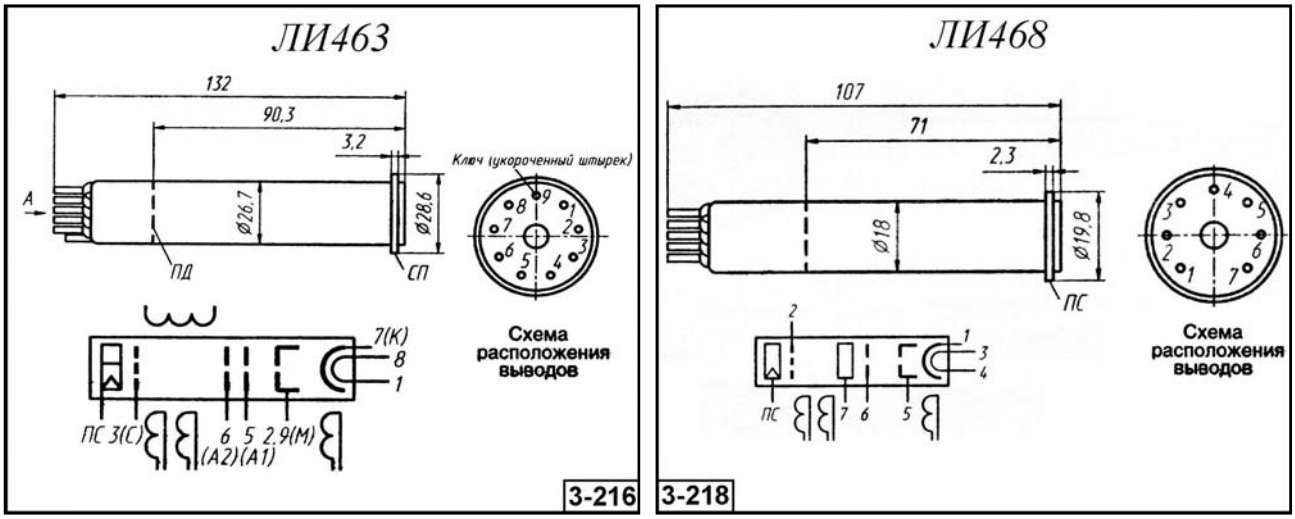
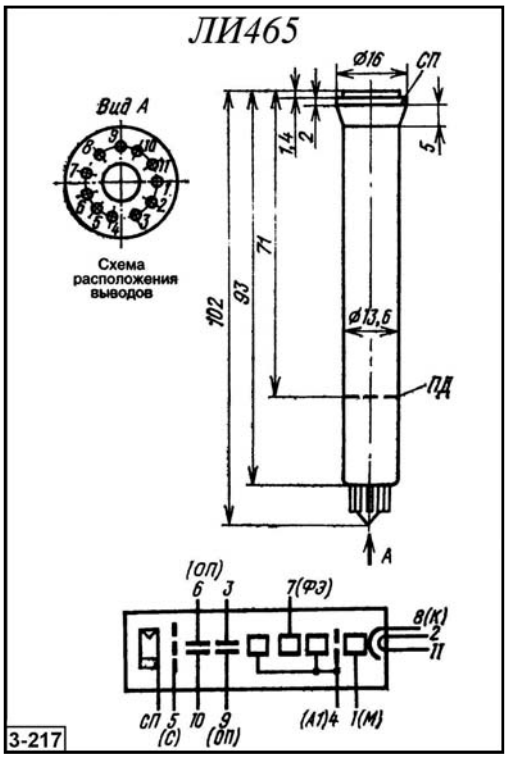


Рис. 3.3.7. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика видиконов



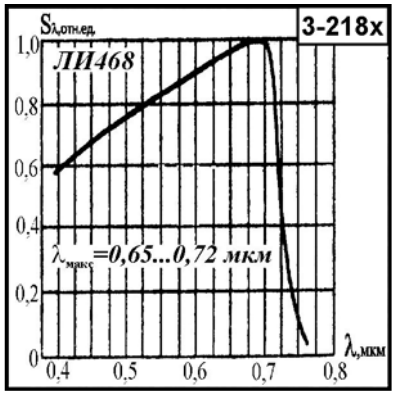


Рис. 3.3.7. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика видиконов (окончание)

Таблица 3.3.7. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda_з$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ 460-Я	Ж	–	12,8×17,1	–	0,36 мкА/лм	0,003	600 [450]	1	0,3	300	45	–(10–100)	60	–30...+50	∅34,5×220 [120]	3-215
ЛИ 462-К	Ж	–	12,8×17,1	–	0,3 мкА/лм	–	600 [450]	1	0,3	300	45	–(10–100)	60	–30...+50	∅34,5×220 [120]	3-215
ЛИ 462-Я		–		–	0,15 мкА/лм	–		1								
ЛИ463 (с памятью)	Ж	[0,68–0,72]	11×11	М; М	0,003 (1 кадр) при 12,5 лк; 0,0021 (через 10 мин)	0,008 (1 кадр); 0,024 (через 10 мин)	–	–	0,06–0,1	300	5–30	–	90	–40...+60	∅28,6×132 [60]	3-216
ЛИ465	Ж	0,4–0,75 [0,68–0,72]	4,9×6,5	М; М	0,08 (1); 0,05 (2);	0,005	450	2	0,08–0,1	300	10–60	–(10–90)	30	–60...+60	∅16×102 [25]	3-217
ЛИ468	Ж	0,4–0,75 [0,7±0,14]	6,8×8,8	М; М	0,16 (1 лк)	–	600	2	0,08–0,1	300	–	–(10–90)	–	–40...+60	∅19,8×107 [30]	3-218
ЛИ469	Ж	[0,68–0,72]	9,5×12,7	М; М	0,1 (0,25)	0,025	600	–	0,085–0,105	300	10–60	–(10–35)	20	–40...+70	∅28,6×132 [60]	3-212

3.3.8. Видиконы ЛИ471, ЛИ471-1, ЛИ471-2, ЛИ471-3, ЛИ471-4, ЛИ472, ЛИ474, ЛИ475 [$\Delta\lambda = 0{,}42–0{,}72$; $\lambda_{макс} = 0{,}5–0{,}62$ мкм]

Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.8. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.8.

Таблица 3.3.8. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, I_C, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{СП}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ471	Ж	0,42–0,72	–	Э; М	0,11	–	600	–	0,085–0,105	300	10–50	–	–	–45...+55	∅16 × 102 [45]	3-219
ЛИ471-1	Ж	0,42–0,72	–	Э; М	0,11	–	600	–	0,085–0,105	300	10–50	–	–	–45...+55	∅16 × 102 [45]	3-219
ЛИ471-2	Ж	0,42–0,72	–	Э; М	0,11	–	600	–	0,085–0,105	300	10–50	–	–	–45...+55	∅16 × 102 [45]	3-219
ЛИ471-3	Ж	0,42–0,72	–	Э; М	0,11	–	600	–	0,085–0,105	300	10–50	–	–	–45...+55	∅16 × 102 [15]	3-220
ЛИ471-4	Ж	0,42–0,72	–	Э; М	0,11	–	600	–	0,085–0,1	300	10–50	–	–	–45...+55	∅16 × 102 [15]	3-220
ЛИ472	Ж	0,42–0,72	4,9 × 6,2	Э; Э	0,07 (E = 1,5 лк)	–	600	–	0,085–0,105	300	10–60	–	30	–40...+60	∅16 × 106 [27]	3-221
ЛИ474	–	0,4–2,0	–	М;М	0,15 (с фильтром ИКС-3 при E = 4 лк)	$1 \cdot 10^{-7}$	600	2	–	–	–	–	–	–40...+60	∅26,7 × 132 [60]	–
ЛИ475	Ж	[0,5–0,62]	6,6 × 8,8	Э; М	0,08 (2)	0,1	550	2	0,085–0,105	300	10–100	–	30	–40...+60	∅19,8 × 107 [30]	3-222

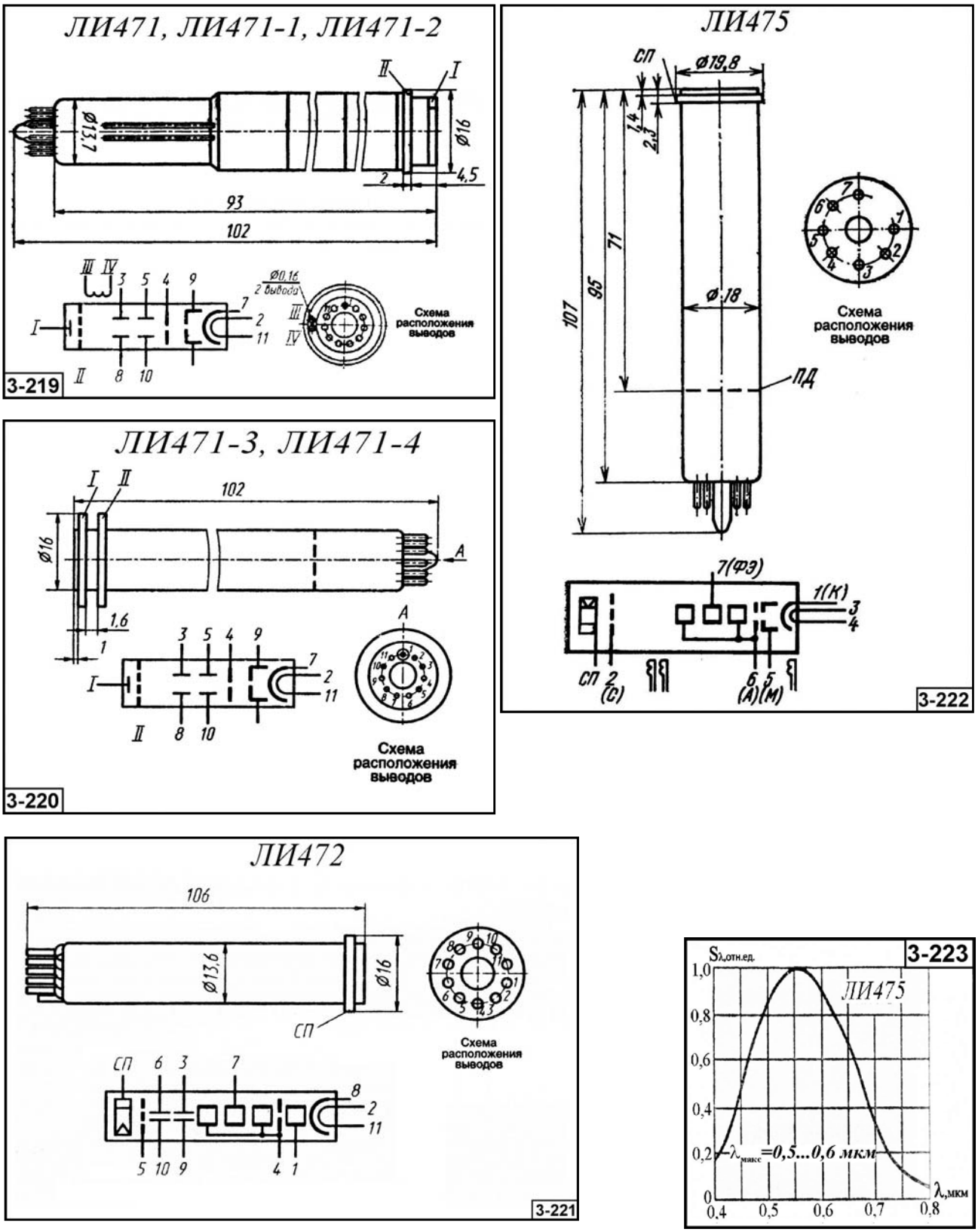


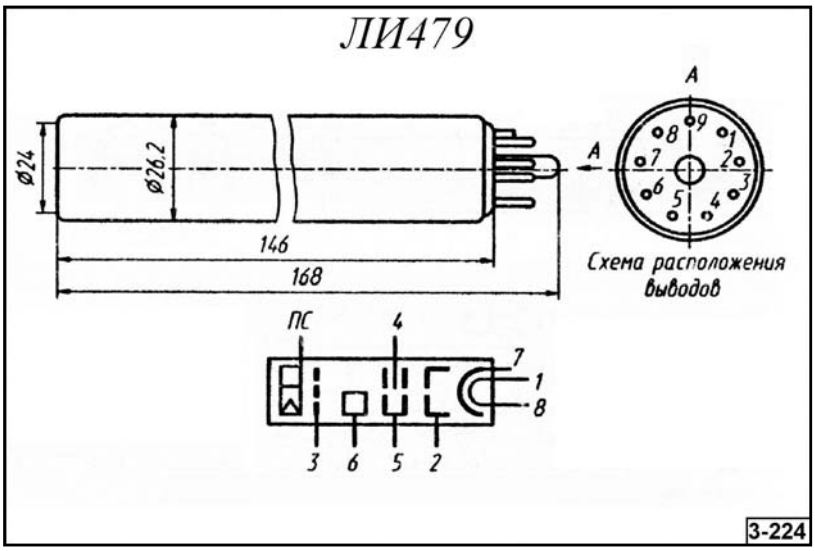
Рис. 3.3.8. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика видиконов

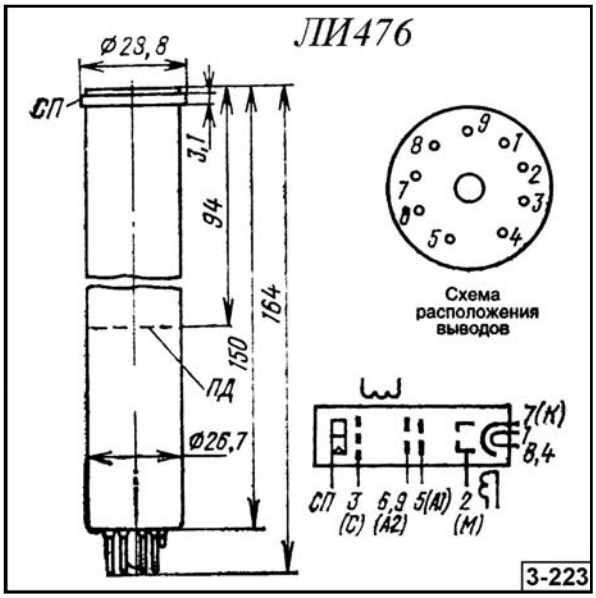
3.3.9. Видиконы ЛИ476, ЛИ479, ЛИ479-1, ЛИ481, ЛИ482, ЛИ482-1, ЛИ484с, ЛИ484я, ЛИ484с-1, ЛИ484я-1 [$\Delta\lambda = 0{,}46–14$; $\lambda_{макс} = 0{,}4–10$ мкм]

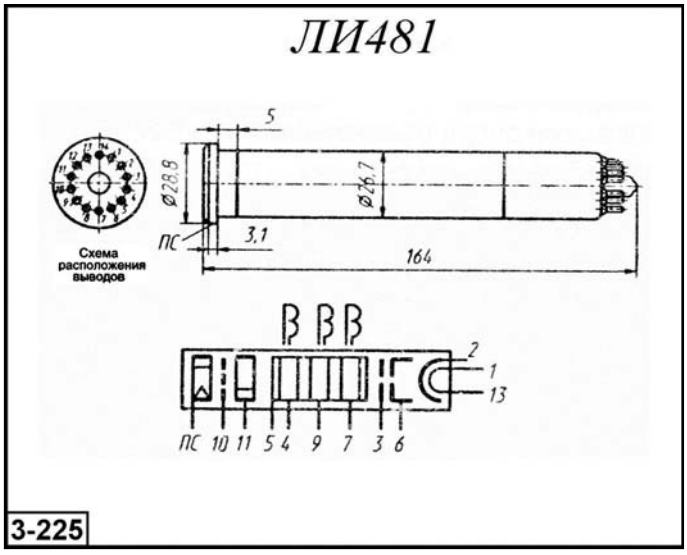
Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.9. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.9.

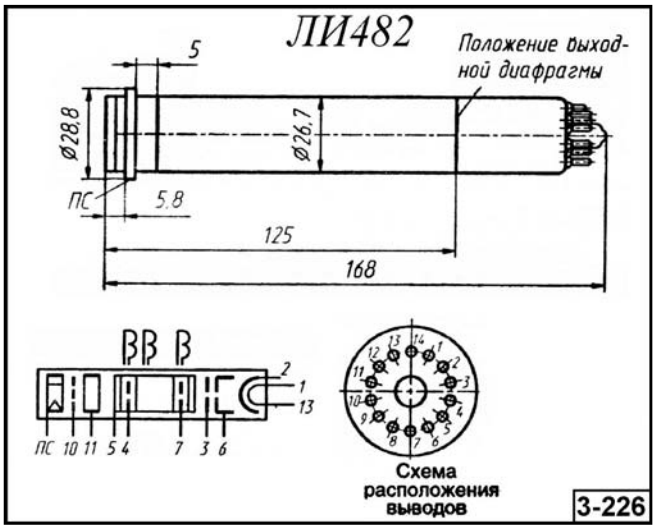
Таблица 3.3.9. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	напряжение на модуляторе, $U_м$, В				
ЛИ476	Ж	2–14	16,8	Э; Э;	$5{,}2\cdot10^4$ ($4\cdot10^{-2}$ Вт/см^2); 3 мкА/Вт	–	–	–	0,25– 0,3	230–320	0…–27	<40	–	–40…+60	∅28,8 × 164 [75]	3-223
ЛИ479 ЛИ479-1	Ж	0,4–1,1	–	М;М	0,3 (0,5)	$1\cdot10^{-8}$	600	2	0,09	300	10–95	до 90	–	–40…+60	∅26,2 × 168 [80]	3-224
ЛИ481	Ж	[0,68–0,72]	–	Э; М	0,17 (0,5 лк)	–	600	1	0,08– 0,1	350	10–95	до 60	–	–10…+55	∅28,9 × 164 [85]	3-225
ЛИ482 ЛИ482-1	Ж	0,68–0,72	–	Э; М	0,17 (2 лк)	–	–	–	0,08– 0,1	300	10–95	–	–	–10…+55	∅26,7 × 168 [90]	3-226
ЛИ484с	Ж	[0,46–0,5]	–	М;М	–	–	50	–	0,08– 0,1	300	40–50	<10	–	–30…+50	∅26,2 × 168 [70]	3-227
ЛИ484я	Ж	[0,46–0,5]	–	М;М	–	–	400	–	0,08– 0,1	300	40–50	<10	–	–30…+50	∅26,2 × 168 [75]	3-227
ЛИ484с-1	Ж	[0,46–0,5]	–	М;М	–	–	400	–	0,08– 0,1	300	40–50	<10	–	–30…+50	∅26,2 × 168 [75]	3-227
ЛИ484я-1	Ж	[0,46–0,5]	–	М;М	–	–	400	–	0,08– 0,1	300	40–50	<10	–	–30…+50	∅26,2 × 168 [75]	3-227









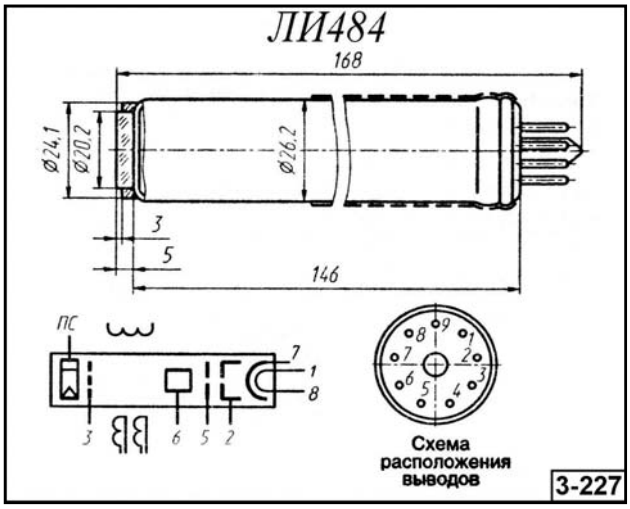


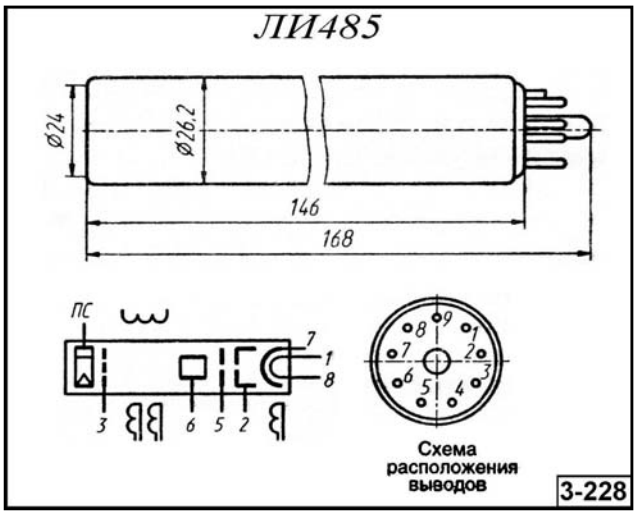
Рис. 3.3.9. Внешний вид, геометрические размеры и назначение выводов видиконов

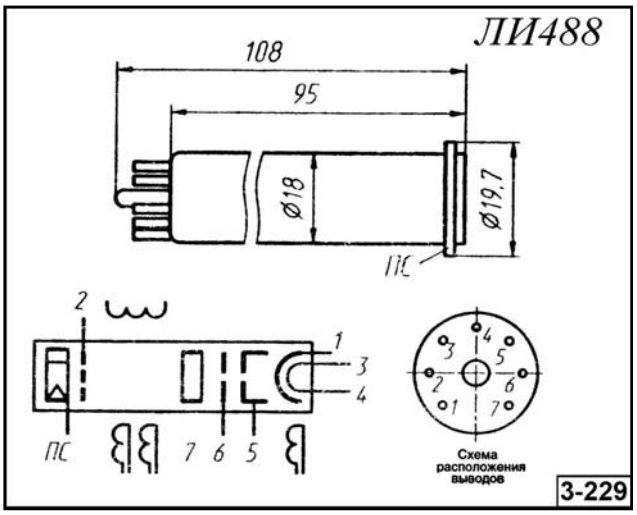
3.3.10. Видиконы ЛИ485к, ЛИ488з, ЛИ488с, ЛИ488к, ЛИ491, ЛИ491-1, ЛИ495з, ЛИ495с, ЛИ495к [$\Delta\lambda = 0{,}45–14$; $\lambda_{макс} = 0{,}45–10$ мкм]

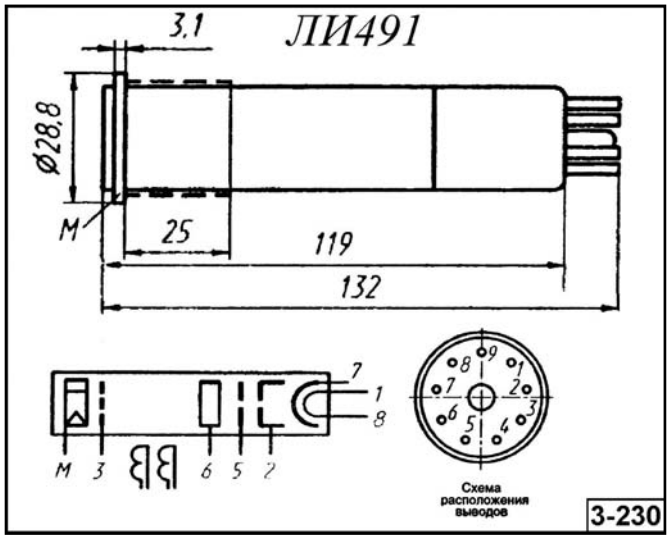
Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.10. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.10.

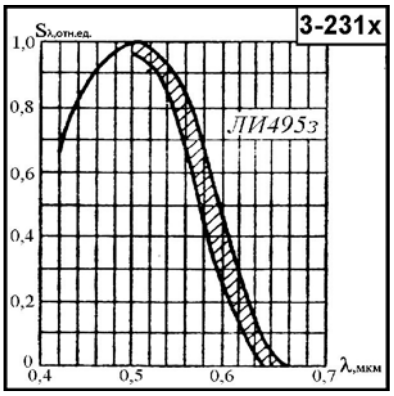
Таблица 3.3.10. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

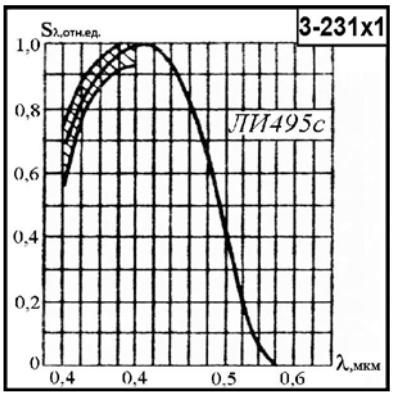
Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{СП}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ485к	Ж	[0,46–0,5]	–	М;М	105 мкА/лм	–	500	–	0,08– 0,1	300	45	0–10	–	–30...+60	∅26,2 × 168 [75]	3-228
ЛИ488з	Ж	[0,45–0,5]	6,6 × 8,8	М;М	140 мкА/лм	–	450	–	0,08– 0,1	300	45–50	15	–	–	∅19,7 × 108 [26]	3-229
ЛИ488с	Ж	[0,45–0,5]	6,6 × 8,8	М;М	42 мкА/лм	–	450	–	0,08– 0,1	300	45–50	15	–	–	∅19,7 × 108 [26]	3-229
ЛИ488к	Ж	[0,45–0,5]	6,6 × 8,8	М;М	105 мкА/лм	–	450	–	0,08– 0,1	300	45–50	15	–	–	∅19,7 × 108 [26]	3-229
ЛИ491 ЛИ491-1	Ж	0,8–1,1	9,5 × 12,7	М;М	0,4 (0,5)	–	600	2	0,08– 0,1	300	5–15	–	–	–30...+55	∅28,8 × 132 [50]	3-230
ЛИ495з	Ж	0,4–0,7	6,6 × 8,8	М;Э	100 мкА/лм	–	550	1	0,09	200	45–50	12	–	–30...+50	∅19,7 × 87,5 [18]	3-231
ЛИ495с	Ж	0,4–0,7	6,6 × 8,8	М;Э	42 мкА/лм	–	550	1	0,09	200	45–50	12	–	–30...+50	∅19,7 × 87,5 [18]	3-231
ЛИ495к	Ж	0,4–0,7	6,6 × 8,8	М;Э	88 мкА/лм	–	550	1	0,09	200	45–50	12	–	–30...+50	∅19,7 × 87,5 [18]	3-231

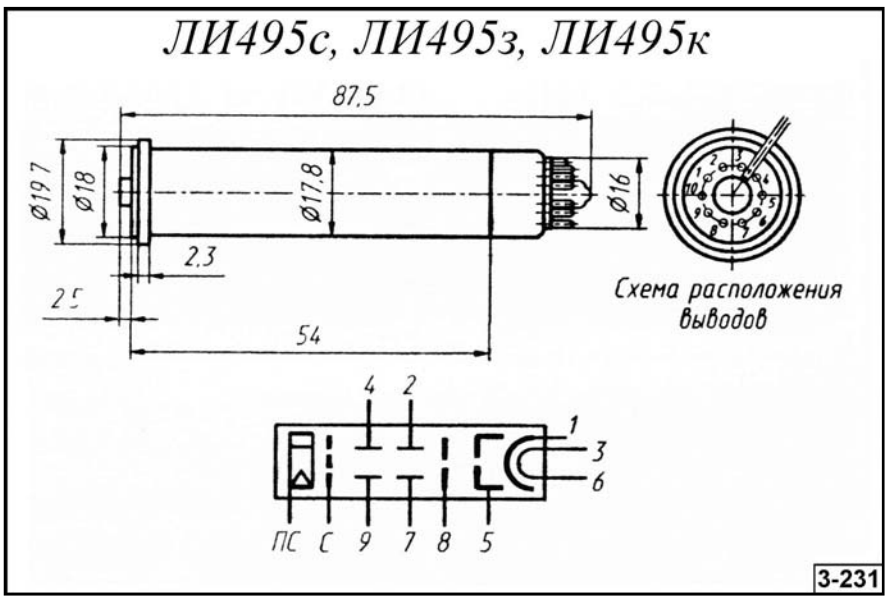












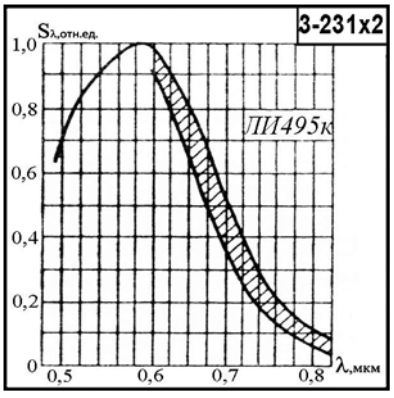


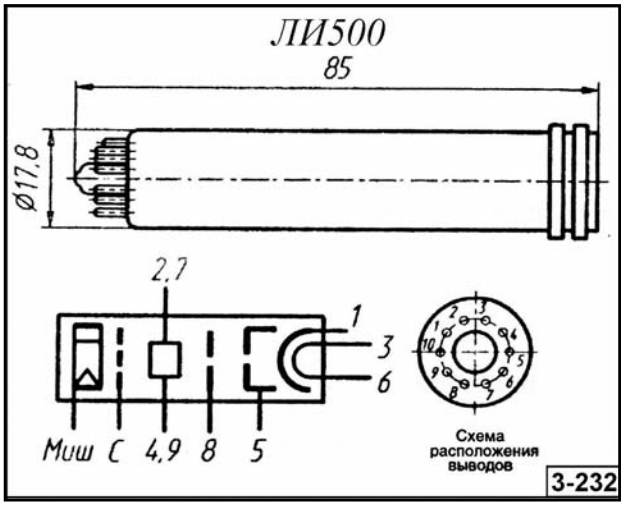
Рис. 3.3.10. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительные спектральные характеристики видиконов

3.3.11. Видиконы ЛИ500, ЛИ501, ЛИ503, ЛИ504, ЛИ702, ЛИ703, ЛИ704, ЛИ705, ЛИ706 [$\Delta\lambda = 0{,}4–0{,}84$; $\lambda_{макс} = 0{,}5–0{,}7$ мкм]

Основные параметры видиконов приведены в табл. 3.3.11. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов даны на рис. 3.3.11.

Таблица 3.3.11. Основные параметры видиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	напряжение на сигнальной пластине, $U_{СП}$, В	напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ500	Ц	0,4–0,75 [0,5–0,62]	6,6 × 8,8	М;Э	0,08	$1{\cdot}10^{-7}$	600	2	0,09	200	–	–	–	–60...+60	∅17,8 × 85 [18]	3-232
ЛИ501	Ж	0,4–0,75	–	М;Э	2650 мкА/лм	$3{\cdot}10^{-9}$	–	1	0,09	200	–	–	–	–60...+60	∅17,8 × 90	3-235
ЛИ503	Ж	[0,7]	–	–	0,16	$2{\cdot}10^{-9}$	1200	–	–	–	–	–	–	–45...+55	∅27 × 105 [42]	3-233
ЛИ504	Ж	–	∅90	ММ	0,8	–	7 пар лин/мм	–	0,33	400	80	–	–	–1...+35	∅300 × 278 [450]	3-234
ЛИ702	Ж	0,4–0,84	–	Э; М	0,35 ($5{\cdot}10^{-3}$)	$1{\cdot}10^{-8}$	600	–	–	–	–	–	–	–	∅25,4 × 218	–
ЛИ705	Ж	0,4–0,84		Э; М	0,35 ($5{\cdot}10^{-3}$)	$1{\cdot}10^{-8}$	600	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛИ706	Ж	0,4–0,78	–	Э; М	0,3 ($1{\cdot}10^{-2}$)	$1{,}5{\cdot}10^{-8}$	600	–	–	–	–	–	–	–	∅16 × 210	–



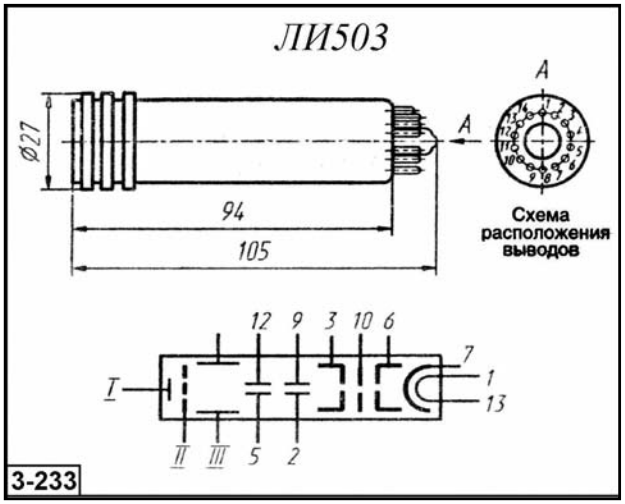


Рис. 3.3.11. Внешний вид, геометрические размеры и назначение выводов видиконов

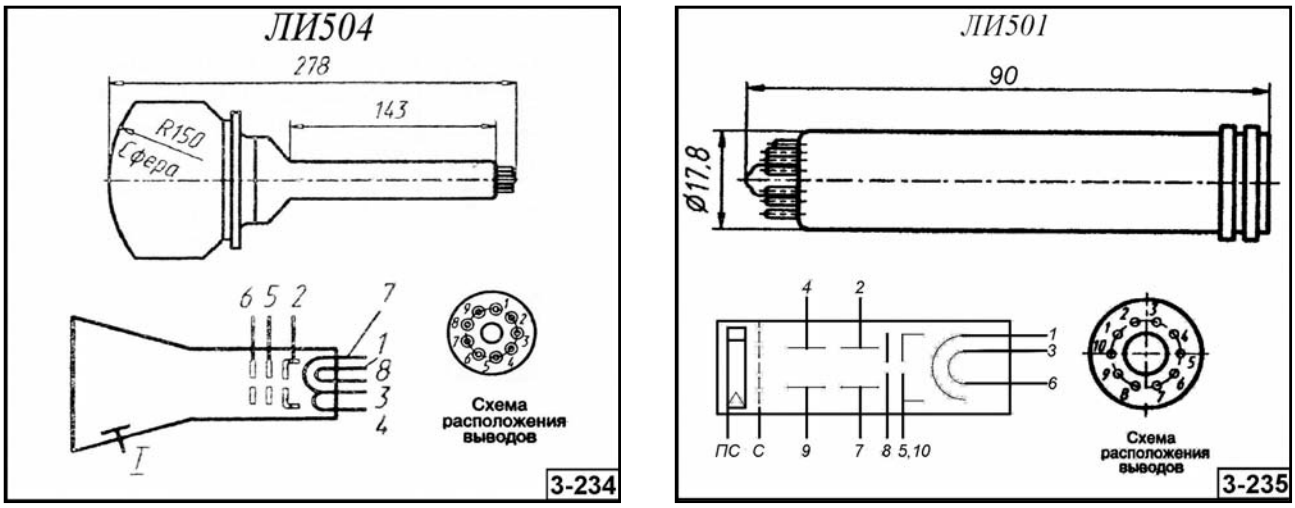


Рис. 3.3.11. Внешний вид, геометрические размеры и назначение выводов видиконов (окончание)

3.3.12. Рентгеновидиконы ЛИ417, ЛИ423 и ЛИ444 [ΔE = 20–110 кэВ]

Основные параметры рентгеновидиконов приведены в табл. 3.3.12. Внешний вид, геометрические размеры, относительные спектральные характеристики и назначение выводов приборов приведены на рис. 3.3.12.

Таблица 3.3.12. Основные параметры рентгеновидиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda_3$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, мкА, не более	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
									Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	напряжение на сигнальной пластине, $U_{СП}$, В	напряжение на модуляторе, $U_М$, В				
ЛИ417	Ц	0,4–0,75 [0,5–0,62]	6,6 × 8,8	М;Э	0,08	$1 \cdot 10^{-7}$	600	2	0,09	200	–	–	–	–60...+60	∅17,8 × 85 [18]	3-191А
ЛИ423	Ж	0,4–0,75	–	М;Э	2650 мкА/лм	$3 \cdot 10^{-9}$		1	0,09	200	–	–	–	–60...+60	∅17,8 × 90 [120]	3-191
ЛИ444	Ж	[0,7]	–	–	0,16	$2 \cdot 10^{-9}$	1200	–	–	–	–	–	–	–45...+55	∅27 × 105 [42]	3-191А

3.3.13. Пировидиконы ЛИ-492, ЛИ-492С, ЛИ513 и ЛИ514 [λ = 8–14 мкм]

Пировидиконы ЛИ-492, ЛИ-492С, ЛИ513 и ЛИ514 предназначены дляпреобразование теплового изображения объектов в электрический сигнал в диапазоне 8–14 мкм. В качестве пироэлектрического материала мишени используется сегнетоэлектрик ДТГС. Приборы, не требуют охлаждения.

Применение: дистанционный контроль тепловых полей в энергетике, микроэлектронике; обнаружение возгораний в ранней стадии; медицинская диагностика и т. п.

Основные параметры пировидиконов приведены в табл. 3.3.13.

Таблица 3.3.13. Основные параметры пировидиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности, $\Delta\lambda$, мкм	Размеры мишени, мм	Тип ФС или ОС	Чувствительность в режиме панорамирования, мкА/Вт, не менее	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Глубина модуляции не отметке 200, $T_{вп}$/растр, %, не менее	Рабочие режимы				Время готовности, $T_г$, с, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, [масса, г.], не более	№ рис.
								Ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3В)	Напряжение на первом аноде, $U_{А1}$, В	Напряжение на сигнальной пластине, $U_{сп}$, В	Напряжение на модуляторе, $U_м$, В				
ЛИ492 ЛИ492С	Ж	8...14	18 × 24	М; М	7	300	30	–	–	–	–	–	–10...+50	∅26,5 × 164 [75]	–
ЛИ513	Ж	8...14	18 × 24	М; М	35	350	50							–	–
ЛИ514	Ж	8...14	18 × 24	Э; М	50	350	50							–	–

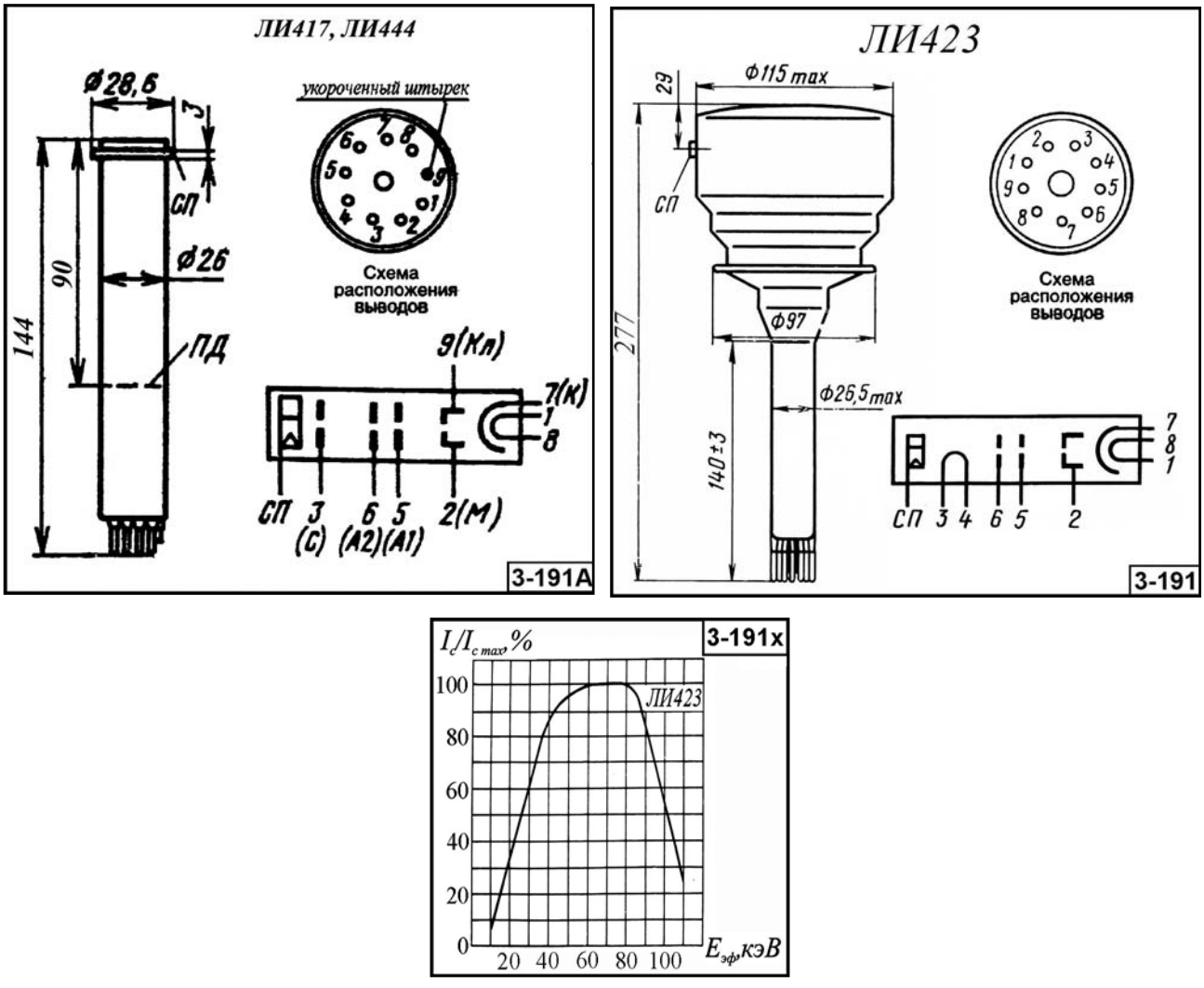


Рис. 3.3.12. Внешний вид, геометрические размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика рентгеновидиконов

3.4. ДИССЕКТОРЫ

Диссектор – передающая телевизионная трубка, в которой электронное изображение, образуемое вылетающим из фотокатода потоком электронов, развертывается относительно неподвижного отверстия (щели).

Световые характеристики диссекторов линейны в большом диапазоне изменения освещенностей (на три–пять порядков). Диссекторы обеспечивают хорошее воспроизведение градаций яркости, имеют абсолютный уровень «черного». Чувствительность оптико-электронной системы с использованием диссектора в узкой полосе сравнима с чувствительностью систем на основе передающих телевизионных трубок с накоплением сигнала (видикон, суперортикон). Благодаря низкому уровню термоэмиссии фотокатода и совершенной конструкции вторично-электронного умножителя диссекторы имеют ярко выраженный одноэлектронный пик в спектре выходных импульсов. Это позволяет использовать их в устройствах без развертки в качестве порогового ФЭУ (с малым размером рабочей зоны фотокатода), не уступающих по пороговой чувствительности лучшим ФЭУ.

Диссекторы применяются в телевизионных системах автоматического контроля и управления производственными процессами, автоматического слежения за слабыми светящимися точечными объектами (телескопы, сканирующие фотометры), а также в устройствах чтения графиков, микрофильмов. Они обладают высоким быстродействием, малым временем готовности (после подачи на электроды напряжений прибор готов к выполнению своих функций), возможностью применения любого алгоритма сканирования, более высоким (по сравнению с другими типами передающих телевизионных трубок) сроком службы, высокой надежностью и простотой эксплуатации.

В частности, диссектор ЛИ605-3 применяется в системах контроля линейных размеров обрабатываемых деталей. Диссекторы ЛИ604К, ЛИ604К-1, ЛИ607, ЛИ608, ЛИ609, ЛИ610 и ЛИ612 используются при регистрации излучения точечных объектов в астрономии. В системах обработки графической информации, работающих в растровом режиме, рекомендуется применять диссекторы ЛИ605-1 и ЛИ611. Для регистрации слабых световых потоков в режиме счета отдельных фотонов могут быть использованы диссекторы ЛИ604К, ЛИ604К-1, ЛИ607, ЛИ610 и ЛИ612.

Наличие в конструкции диссекторов ЛИ611 и ЛИ612 прифотокатодной сетки обеспечивает им возможность работы при больших уровнях освещенностей и высокую разрешающую способность.

Минимальная долговечность диссекторов составляет от 600 до 15 000 ч.

Совместно с диссекторами обычно используются фокусирующие и отклоняющие системы типа ФОС-120 и ФОС-121.

Диссектор относится к передающим телевизионным трубкам так называемого мгновенного действия, величина выходного сигнала у которых по истечении времени, превышающего постоянную времени прибора, при неизменном уровне освещенности на фотокатоде остается постоянной. Это является одним из самых серьезных недостатков диссекторов (низкий уровень выходного сигнала), ограничивающих области их применения.

Справочные данные по основным параметрам и электрическим режимам диссекторов представлены в табл. 3.4.1–3.4.3. Так как диссекторы ЛИ610, ЛИ612 и ЛИ616 имеют, кроме общих для всех диссекторов, целый ряд специфических параметров, то эти параметры выделены в табл. 3.4.4.

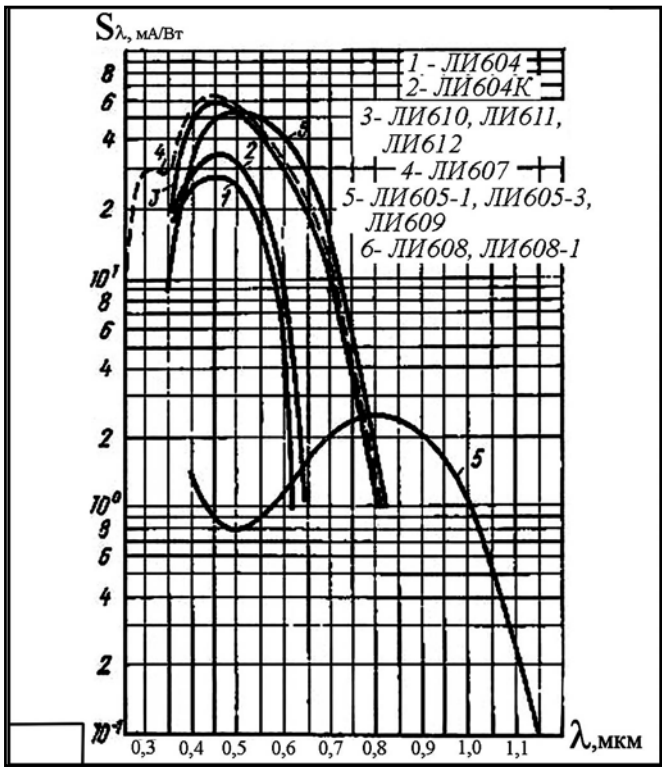


Рис. 3.4.1. Типовые характеристики абсолютной спектральной чувствительности диссекторов: 1 – ЛИ601; 2 – ЛИ604К-1; 3 – ЛИ610, ЛИ611, ЛИ612; 4 – ЛИ607; 5 – ЛИ605-1, ЛИ605-3, ЛИ609; 6 – ЛИ608, ЛИ608-1

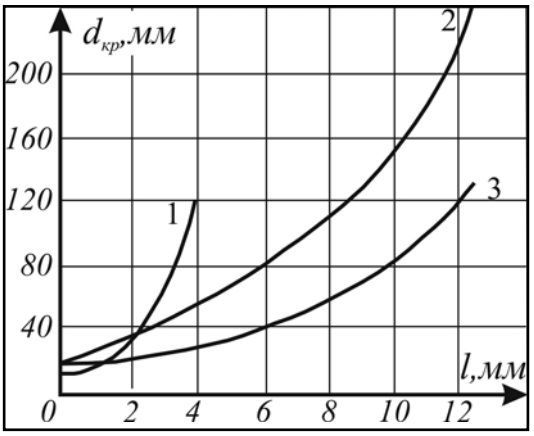


Рис. 3.4.2. Зависимость диаметра электронно-оптического кружка размытия от расстояния до центра фотокатода: 1 – ЛИ607; 2 – ЛИ604, ЛИ604К-1, ЛИ608, ЛИ608-1, ЛИ609, ЛИ610 (ФОС-120); 3 – ЛИ604К, ЛИ604К-1,ЛИ609, ЛИ610 (ФОС-АЖ-1-792-004)

На рис. 3.4.3–3.4.5 приведены габаритные и присоединительные размеры, схемы расположения штырьков (выводов) и схемы соединения их с электродами.

Типовые характеристики абсолютной спектральной чувствительности диссекторов приведены на рис. 3.4.1, характер разрешения по полю диссекторов показан на рис. 3.4.2.

Принятые сокращения и обозначения в главе 3.4:

В табл. 3.4.1–3.4.3 тип корпуса обозначен условными индексами: Ж – корпус с жесткими выводами, Г – корпус гибкими выводами.

На рис. 3.4.3–3.4.5 приняты следующие условные обозначения: А – анод, ФК – фотокатод, М – модулятор, С – сетка, ФЭ – фокусирующий электрод, ОП – отклоняющие пластины, Д – диафрагма, УЭ – ускоряющий электрод.

3.4.1. Диссекторы ЛИ601, ЛИ602, ЛИ603, ЛИ604К, ЛИ604К-1, ЛИ605-1, ЛИ605-3, ЛИ606, ЛИ607 [$\Delta\lambda = 0{,}2–0{,}8$; $\lambda_{макс} = 0{,}4–0{,}82$ мкм]

Основные параметры диссекторов приведены в табл. 3.4.1. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов приборов даны на рис. 3.4.3.

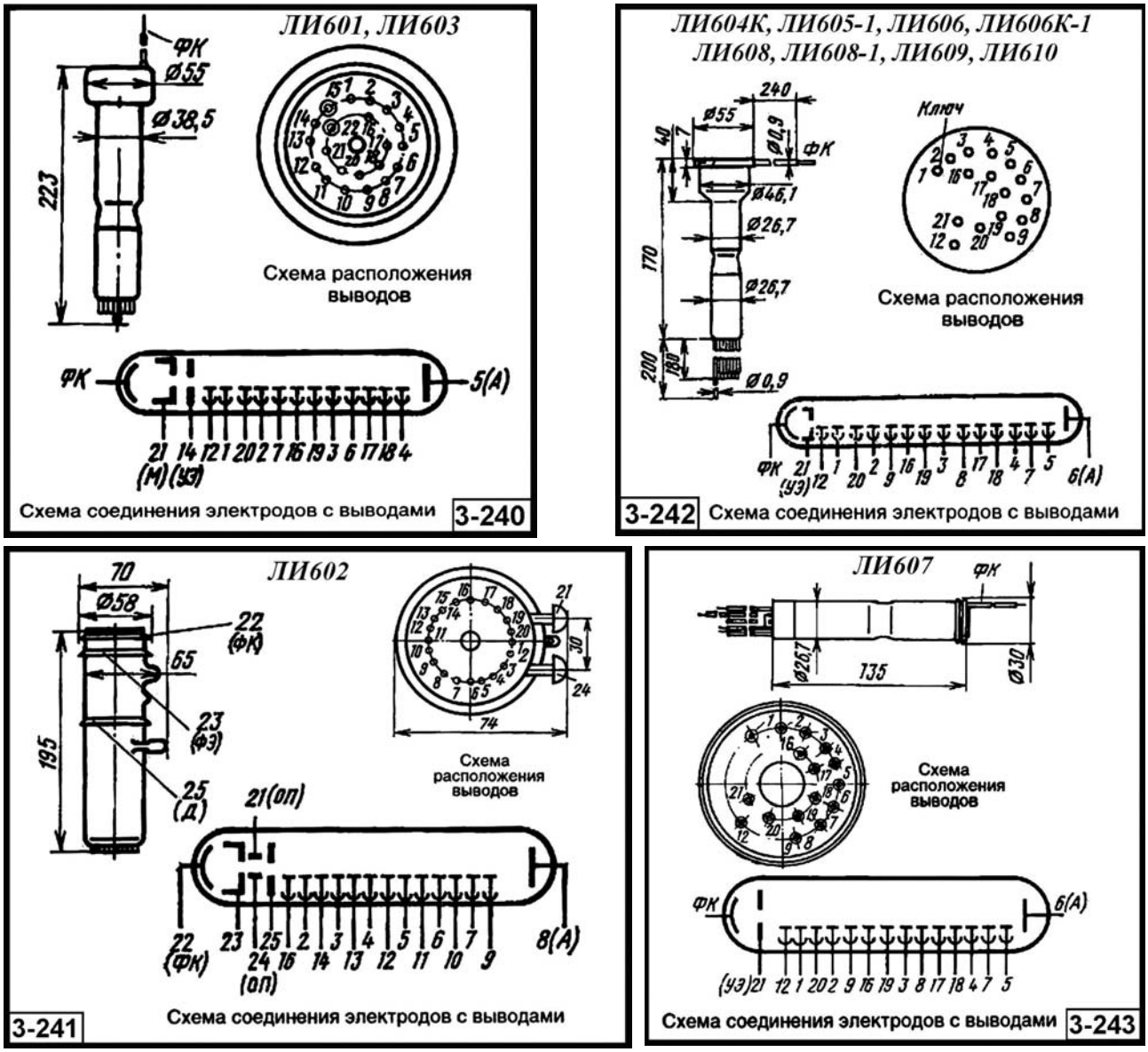


Рис. 3.4.3. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов диссекторов

Таблица 3.4.1. Основные фотоэлектрические параметры диссекторов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Размер рабочей зоны фотокатода, мм [размер вырезающего отверстия, мм]	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число каскадов усиления	Разрешающая способность, N, в центре [на краях], линий, не менее	Ток сигнала, I_C, А, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, I_T, А, не более	Световая чувствительность, $S_{инт}$, мкА/лм, не менее	Основные рабочие режимы			Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
									напряжение питания, $U_п$, В, (I_C, мкА)	напряжение на ускоренном электроде, $U_{уэ}$, В	напряжение на первом диноде, $U_{д1}$, В				
ЛИ601	Ж	24 × 24 [∅0,4]	0,35–0,7 [0,44–0,58]	12	–	$3\cdot10^{-4}$ (60)	–	–	2000–2100	550	390	–60...+70	∅55 × 223	200	3-240
ЛИ602	Ж	25 × 15 [12×0,04]	0,2–0,8 [0,42–0,47]	13	–	$1\cdot10^{-4}$ (10)	$1\cdot10^{-7}$	130	6000–13000	–	–	–60...+85	70 × 195	250	3-241
ЛИ603	Ж	10 × 32 [0,05 × 6]	0,35–0,85 [0,65–0,82]	12	–	$1\cdot10^{-4}$ (230)	$5\cdot10^{-7}$	–	1300–23000	550	390	–30...+50	∅55 × 223	200	3-240

Таблица 3.4.1. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Размер рабочей зоны фотокатода, мм [размер вырезающего отверстия, мм]	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число каскадов усиления	Разрешающая способность, N, в центре [на краях], линий, не менее	Ток сигнала, I_c, А, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, А, не более	Световая чувствительность, S_{phk}, мкА/лм, не менее	Основные рабочие режимы			Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
									напряжение питания, $U_п$, В, (I_c, мкА)	напряжение на ускоренном электроде, $U_{уэ}$, В	напряжение на первом диноде, $U_{д1}$, В				
ЛИ 604К	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,35–0,7 [0,4–0,5]	14	125 [100]	$3\cdot10^{-5}$ (1,5)	$5\cdot10^{-8}$	25	2200 (100)	500	400	–60...+70	∅55 × 170	120	3-242
ЛИ 604К-1	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,35–0,7 [0,4–0,5]	14	125 [100]	$3\cdot10^{-5}$ (1,5)	$1\cdot10^{-7}$	40	2200 (100)	500	400	–60...+70	∅55 × 170	120	3-242
ЛИ 605-1	Г	∅25 [∅0,1]	0,35–0,8 [0,42–0,55]	14	300	$1\cdot10^{-5}$ (10)	$5\cdot10^{-7}$	90	2200 (200)	500	400	–60...+70	∅55 × 170	120	3-242
ЛИ 605-3	Г	∅25	0,35–0,8 [0,42–0,55]	14	300 [250]	$3\cdot10^{-5}$ (1,5)	$5\cdot10^{-7}$	90	2200 (100)	500	400	+15...+35	∅55 × 170	120	3-242
ЛИ606	Г	9 × 18 [0,2×0,2]	0,35–0,8 [0,4–0,475]	14	250 [200]	$1\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-7}$	120	2300 (100)	500	400	–60...+60	∅55 × 170	120	3-242
ЛИ607	Г	6 × 6 [0,2×0,2]	0,35–0,8 [0,4–0,5]	14	250 [200]	$6\cdot10^{-5}$ (6)	$5\cdot10^{-8}$	120	2300 (1000)	300–500	300–500	–60...+70	∅30 × 135	100	3-243

3.4.2. Диссекторы ЛИ608, ЛИ608-1, ЛИ609, ЛИ610, ЛИ610-1, ЛИ610-2, ЛИ611, ЛИ612, ЛИ613 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,1; $\lambda_{макс}$ = 0,4–0,55 мкм]

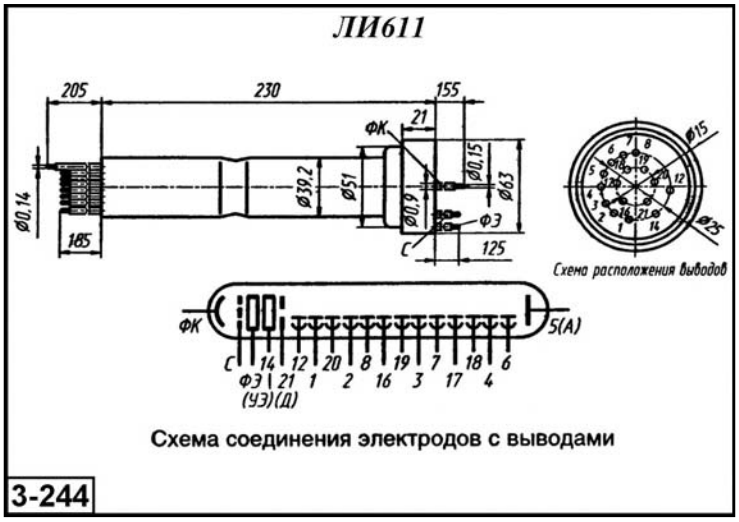
Основные параметры диссекторов приведены в табл. 3.4.2. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов приборов даны на рис. 3.4.4.

Таблица 3.4.2. Основные фотоэлектрические параметры диссекторов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Размер рабочей зоны фотокатода, мм [размер вырезающего отверстия, мм]	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число каскадов усиления	Разрешающая способность, N, в центре [на краях], линий, не менее	Ток сигнала, I_c, А, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, А, не более	Световая чувствительность, S_{phk}, мкА/лм, не менее	Основные рабочие режимы			Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
									напряжение питания, $U_п$, В, (I_c, мкА)	напряжение на ускоренном электроде, $U_{уэ}$, В	напряжение на первом диноде, $U_{д1}$, В				
ЛИ608	Г	∅25 [∅0,2]	0,35–1,1 [0,8]	14	150 [100]	$5\cdot10^{-5}$ (50)	$5\cdot10^{-7}$	20	1700–2000 (50)	500	400	–60...+60	∅55 × 170	120	3-242
ЛИ 608-1	Г	∅25 [∅0,2]	0,35–1,1 [0,8]	14	150 [100]	$2\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-7}$	20	1700–2000 (200)	500	400	–60...+60	∅55 × 170	120	3-242
ЛИ609	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,35–0,8 [0,42–0,55]	14	125 [100]	$4\cdot10^{-5}$ (10)	$1\cdot10^{-6}$	80	2200 (100)	500	400	–60...+70	∅55 × 170	120	3-242

Таблица 3.4.2. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Размер рабочей зоны фотокатода, мм [размер вырезающего отверстия, мм]	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число каскадов усиления	Разрешающая способность, N, в центре [на краях], линий, не менее	Ток сигнала, I_c, А, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, А, не более	Световая чувствительность, $S_{рлк}$, мкА/лм, не менее	Основные рабочие режимы			Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
									напряжение питания, $U_п$, В, (I_c, мкА)	напряжение на ускоренном электроде, $U_{уэ}$, В	напряжение на первом диноде, $U_{д1}$, В				
ЛИ610	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,32–0,8 [0,4–0,48]	14	–	$5\cdot10^{-6}$	–	100	2200 (100)	350–1000	400	–60...+55	∅55 × 170	125	3-242
ЛИ 610-1	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,32–0,8 [0,4–0,5]	14	–	$2,5\cdot10^{-5}$	–	100	2200 (100)	350–1000	–	–60...+70	∅55 × 170	125	3-242
ЛИ 610-2	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,32–0,8 [0,4–0,5]	14	–	$2,5\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^{-9}$	100	2200 (100)	350–1000	–	–60...+70	∅55 × 170	125	3-242
ЛИ611	Г	34 × 2 [∅0,02]	0,35–0,8 [0,42–0,55]	13	–	$4\cdot10^{-6}$ (100)	$4\cdot10^{-8}$	100	2200 (100)	–	–	–60...+70	∅63 × 230	300	3-244
ЛИ612	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,35–0,8 [0,44–0,52]	14	–	–	–	120	2200 (100)	350–1000	400	–60...+70	∅55 × 170	170	3-245
ЛИ613	Г	∅34 [0,1×1,5]	0,35–0,8 [0,4–0,5]	13	–	–	$1\cdot10^{-7}$	$K_{ус}$ = $1\cdot10^6$	2200 (100)	500	–	–60...+60	∅63 × 230	300	3-246



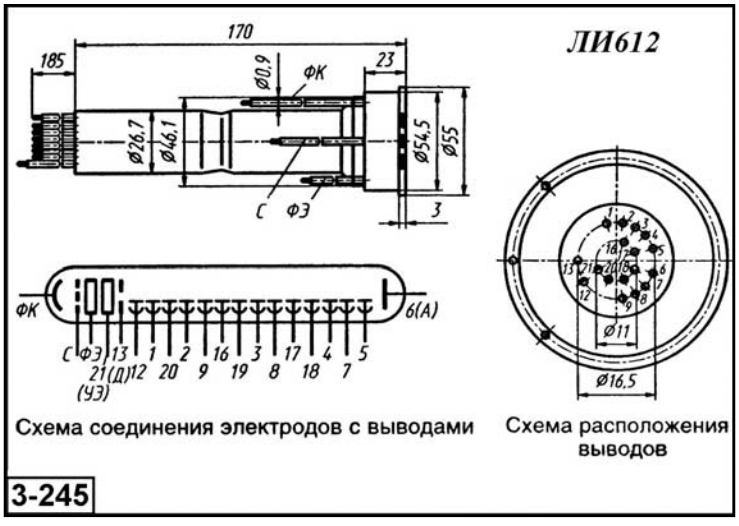


Рис. 3.4.4. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов диссекторов

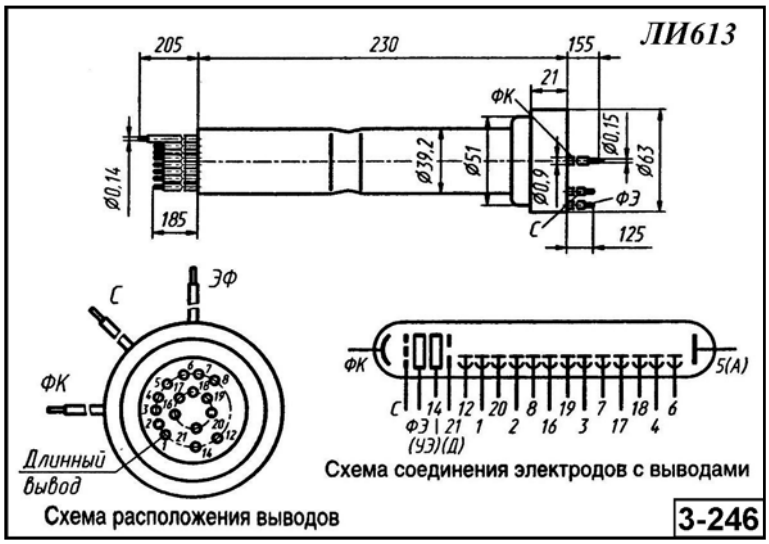


Рис. 3.4.4. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов диссекторов

3.4.3. Диссекторы ЛИ614, ЛИ615, ЛИ615-2, ЛИ616, ЛИ618, ЛИ619, ЛИ619-1 [$\Delta\lambda = 0{,}115–0{,}8$; $\lambda_{макс} = 0{,}4–0{,}5$ мкм]

Основные параметры диссекторов приведены в табл. 3.4.3. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов приборов даны на рис. 3.4.5.

Таблица 3.4.3. Основные фотоэлектрические параметры диссекторов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Размер рабочей зоны фотокатода, мм [размер вырезающего отверстия, мм]	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Число каскадов усиления	Разрешающая способность, N, в центре [на краях], линий, не менее	Ток сигнала, $I_С$, А, не менее (при освещенности, лк)	Темновой ток, $I_т$, А, не более	Световая чувствительность, $S_{инт}$, мкА/лм, не менее	Основные рабочие режимы			Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, не более	Масса, г, не более	№ рис.
									напряжение питания, $U_п$, В, ($I_С$, мкА)	напряжение на ускоренном электроде, $U_{уэ}$, В	напряжение на первом диноде, $U_{д1}$, В				
ЛИ614	Г	∅76 [0,2×0,2]	0,35–0,8 [0,42–0,52]	14	100	–	$4{\cdot}10^{-8}$	100	2700–3100	2000	–	–60...+55	∅125 × 370	1000	3-247
ЛИ615	Г	∅40 [0,01×0,1]	0,115–0,8 [0,4–0,5]	13	115	–	–	–	2200	500	–	–60...+60	∅63 × 230	300	3-248
ЛИ 615-2	Г	∅40 [0,01×0,1]	0,115–0,8 [0,4–0,5]	13	140	–	–	–	2200	2000	–	–60...+60	∅63 × 230	300	3-248
ЛИ616	Г	∅25 [0,2×0,2]	0,35–0,8 [0,4–0,5]	14	–	–	–	120	2100	500	300	–60...+70	∅30 × 155	75	3-249
ЛИ618	Г	∅20	0,35–0,8 [0,4–0,5]	14	–	$1{,}5{\cdot}10^{-5}$	$2{\cdot}10^{-8}$	–	2200–2300 (25)	500	400	–60...+70	∅55 × 170	170	3-250
ЛИ619	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,35–0,8 [0,44–0,5]	14	–	–	$5{\cdot}10^{-9}$	90	2300 (5)	550	500	–60...+70	∅55 × 170	170	3-251
ЛИ 619-1	Г	∅25 [0,4×0,4]	0,35–0,8 [0,44–0,5]	14	–	–	$5{\cdot}10^{-9}$	90	2300 (25)	550	500	–60...+70	∅55 × 170	170	3-251

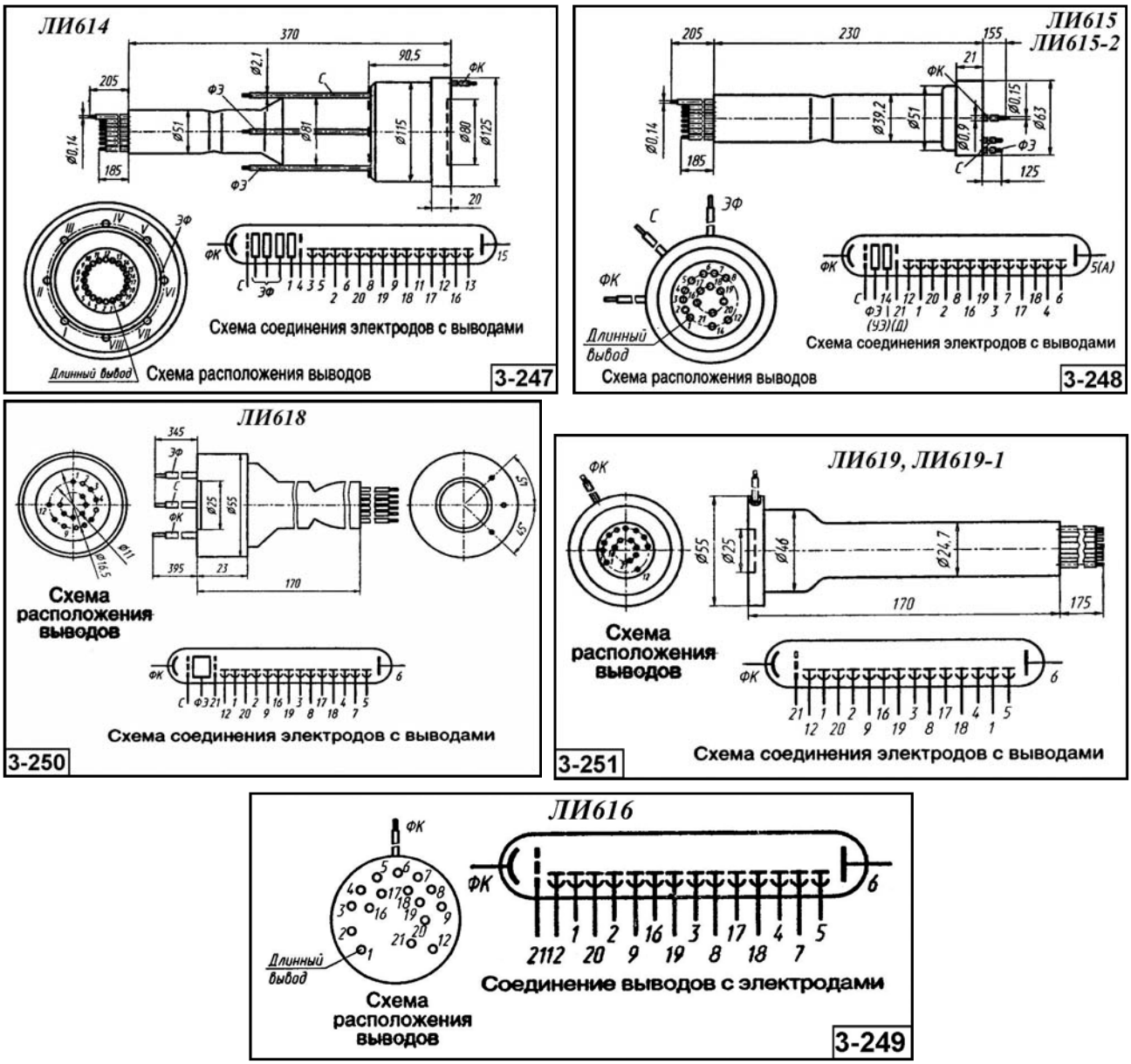


Рис. 3.4.5. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов диссекторов

Таблица 3.4.4. Дополнительные фотоэлектрические параметры диссекторов ЛИ610 и ЛИ612 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора		
	ЛИ610	ЛИ612	ЛИ616
Скорость счета сигнальных импульсов при засветке от точечного источника света диаметром 30 мкм и мощностью 10^{-10} лм, имп/с, не менее	$6 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^4$	–
Скорость счета темновых импульсов, имп/с, не более	100	80 (20 °С),	120
Коэффициент усиления ВЭУ, отн. ед., не менее	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$–$1 \cdot 10^8$
Интегральная чувствительность фотокатода, мкА/лм, не менее	90	90	120
Спектральная чувствительность фотокатода в максимуме спектральной характеристики, А/Вт, не менее	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	50 мА/лм
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны 0,55 мкм, А/Вт, не менее	$2 \cdot 10^{-2}$	10% (0,7 мкм)	–
Наклон плато счетной характеристики, %, не более	±10	10	–

Таблица 3.4.4. (окончание)

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора		
	ЛИ610	ЛИ612	ЛИ616
Световой эквивалент скорости счета темновых импульсов, лм	$2{,}5 \cdot 10^{-14}$	–	–
Амплитудное разрешение одноэлектронного пика, %, не более	180	–	–
Эффективность регистрации фотоэлектронов, %, не менее	80	–	–
Неравномерность скорости счета в пределах рабочей зоны фотокатода, %, не более	25	–	15
Кружок размытия электронно-оптической системы, мкм, не более:			
–в центре	25	40	–
–на краях	130	70	–
Структура прифотокатодной сетки, лин/мм	–	30	–
Эквивалентная полоса, МГц	–	15	–
Клиновидность входного окна, угл. мин	–	5	–
Неплоскостность внутренней поверхности входного окна, мкм	–	1	–
№ рисунка	3-242	3-245	3-249

3.4.4. Диссекторы ДИ-04, ДИ-05, ДИ-07

В основу работы диссекторов положено преобразование пространственного распределения мощности излучения в аналоговый электрический сигнал: для ДИ-04 – методом однострочного считывания электронного изображения исследуемого распределения мощности излучения на входе, ДИ-04 и ДИ-07 для – ДИ-05 методом строчно-кадрового считывания этого распределения. Амплитуда и длительность выходного токового сигнала соответственно пропорциональны энергии и геометрическому размеру исследуемого распределения мощности излучения.

Диссекторы состоят из камеры переноса изображения и камеры усиления фототока, заключенных в общий металлостеклянный отпаянный корпус. Выводы электродов каморы переноса расположены на боковой поверхности корпуса, а штыревые выводы вторично-электронного умножителя – на торце.

Камера переноса представляет собой электронно-оптический преобразователь с плоским полированным входным окном, полупрозрачным фотокатодом и прозрачной проводящей подложкой.

Системы фокусировки и отклонения электронного пучка электростатические.

В камере усиления фототока помещен двух канальный девятикаскадный электронный умножитель с общим коллектором, выполненным в виде широкополосной коаксиальной ленточной линии.

Диссекторы ДИ-04, ДИ-05 и ДИ-07 предназначены для работы в качестве первичных измерительных преобразователей в измерительных приборах, установках и системах при определении пространственного распределения мощности излучений быстропротекаюшихпроцессов.Основные параметры диссекторов приведены в табл. 3.4.5. Внешний вид приборов приведен на рис. 3.4.6.

Таблица 3.4.5. Основные параметры диссекторов ДИ-04, ДИ-05, ДИ-07 при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Диапазон спектральной чувствительности, $\Delta\lambda$, мкм	Диаметр считывающего отверстия, мм	Размеры считывающей щели, мм	Чувствительность, А/Вт, не менее	Временное разрешение, с, не более	Основная погрешность, %, не более	Пределы потоков излучений на входе, Вт	Рабочие режимы			Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм, [масса, г.], не более	№ рис.
									Напряжение камеры переноса, кВ	Напряжение системы фокусировки, В	Напряжение каскада умножителя, В			
ДИ-04	Ж	0,22...0,8	–	0,075 × 12	1000 (при λ=0,44 мкм)	$2\cdot10^{-9}$	20	$5\cdot10^{-11}$...$5\cdot10^{-9}$ (при λ=0,44 мкм)	–10	400	±150	–10...+50	∅70 × 420 [550]	3-250
ДИ-05	Ж	0,22...0,8	0,5	–										
ДИ-07	Ж	0,125...0,225	–	0,2 × 4	1000 (при λ=0,125 мкм)			$5\cdot10^{-10}$...$5\cdot10^{-8}$ (при λ=0,125 мкм)	–4	–2000	–300		∅55× 230 [3500]	3-251



Рис. 3.4.6. Внешний вид диссекторов ДИ-04, ДИ-05, ДИ-07

3.5. СУПЕРОРТИКОНЫ

Суперортикон – передающая телевизионная трубка с переносом изображения и его разверткой пучком медленных электронов, в которой электронное изображение накапливается и считывается на противоположных сторонах накопительной мишени.

Среди передающих телевизионных трубок суперортиконы обладают наиболее высокой чувствительностью и обеспечивают высокое качество телевизионного изображения. Они используются в аппаратуре со стандартным (625 строк, 25 кадров/с) и нестандартным режимами разложения. Большое разнообразие применяемых фотокатодов позволяет применять суперортиконы в различных диапазонах спектра. Суперортиконы, сочлененные с ЭОП (например с ЛИ217), обладают наиболее высокой чувствительностью и позволяют осуществлять внестудийные передачи даже в темное ночное время.

В вещательном телевидении используются следующие типы суперортиконов: ЛИ201, ЛИ204, ЛИ213, ЛИ218. ЛИ21Э, ЛИ219-1, ЛИ215, ЛИ216, ЛИ221, ЛИ222, ЛИ227, ЛИ233, ЛИ234. Приборы ЛИ217, ЛИ228, ЛИ233, ЛИ234 пригодны для ведения внестудийных вещательных передач.

Задачи прикладного телевидения решаются с использованием суперортиконов ЛИ204, ЛИ207, ЛИ212М, ЛИ214, ЛИ225, ЛИ226-1, ЛИ233, ЛИ234. Применение в суперортиконах ЛИ207, ЛИ227, ЛИ228, ЛИ231, ЛИ233, ЛИ234 мишеней из стекла с электронной проводимостью позволяет длительное время проецировать на их фотокатод неподвижные изображения, не опасаясь «выжигания». Это обеспечивает высокую стабильность параметров в процессе эксплуатации трубок и более высокую долговечность.

Суперортиконы ЛИ204 рекомендуется применять в передающих телевизионных камерах с малыми скоростями развертки, ЛИ207 – в телевизионных камерах для подводного наблюдения, так как эти приборы обладают повышенной контрастной чувствительностью и улучшенной равномерностью фона изображения. Суперортиконы ЛИ212 целесообразно применять, когда необходимо создать специальную малогабаритную передающую телевизионную камеру, работающую в режиме непрерывного и кратковременного накопления в стандартном режиме разложения.

Поскольку суперортиконы обладают высокой чувствительностью, то они могут применяться для создания телевизионных передающих камер, работающих при низком уровне освещенности (при лунном и даже звездном освещении).

Повышение чувствительности суперортиконов достигнуто за счет изоконного считывания, получаемого при использовании в секции коммутации разделительного устройства, обеспечивающего сбор рассеянных электронов (ЛИ801, ЛИ802, ЛИ804).

Одним из недостатков суперортикона является то, что он имеет высокий уровень шумов выходного сигнала из-за большого уровня постоянной составляющей тока луча, а также невыгодного, с точки зрения их восприятия, распределения шумов. Поскольку в суперортиконе максимальный сигнал соответствует уровню темного («электрический негатив»), то и шумы имеют максимальное значение тогда, когда передается слабое световое изображение. Естественно, что наблюдение слабого оптического изображения на фоне больших шумов будет затруднительно.

Этот недостаток устраняется в суперортиконах, работающих в режиме изоконного считывания (*изокон*), у которых видеосигнал создается не за счет обратного электронного луча, а за счет рассеянных электронов, образующихся у мишени в момент коммутации.

Срок службы суперрортиконов составляет от 300 до 1500 ч.

Справочные данные по основным параметрам и электрическим режимам работы суперортиконов представлены в табл. 3.5.1–3.5.4. На рис. 3.1.1–3.5.4 приведены габарит-

ные и присоединительные размеры, схемы расположения штырьков (выводов) и схемы соединения их с электродами.

Принятые сокращения и обозначения в главе 3.5:

В табл. 3.5.1–3.5.4 тип корпуса обозначен условными индексами: Ж – корпус с жесткими выводами; Г – корпус с гибкими выводами; Ц – цоколь.

На рис. 3.5.1–3.5.5 приняты следующие условные обозначения: УЭ – ускоряющий электрод, ТЭ – тормозящий электрод; Ц – цилиндр умножителя; М – модулятор; МШ – мишень; ФК – фотокатод; ФЭ – фокусирующий электрод; К – коллектор; ЗК – защитное кольцо; С – сетка выравнивающая; ВФК – входной фотокатод; УПФ – управляющая пластина с фокусирующим электродом; УП – управляющая пластина; ДЭ – дополнительный электрод; РЭ – разделительный электрод. Диноды нумеруются в направлении от фотокатода к аноду.

3.5.1. Суперортиконы ЛИ17, ЛИ201, ЛИ204, ЛИ207, ЛИ211, ЛИ212, ЛИ212М, ЛИ214, ЛИ214-1 [$\Delta\lambda = 0{,}4–0{,}75$; $\lambda_{макс} = 0{,}4–0{,}58$ мкм]

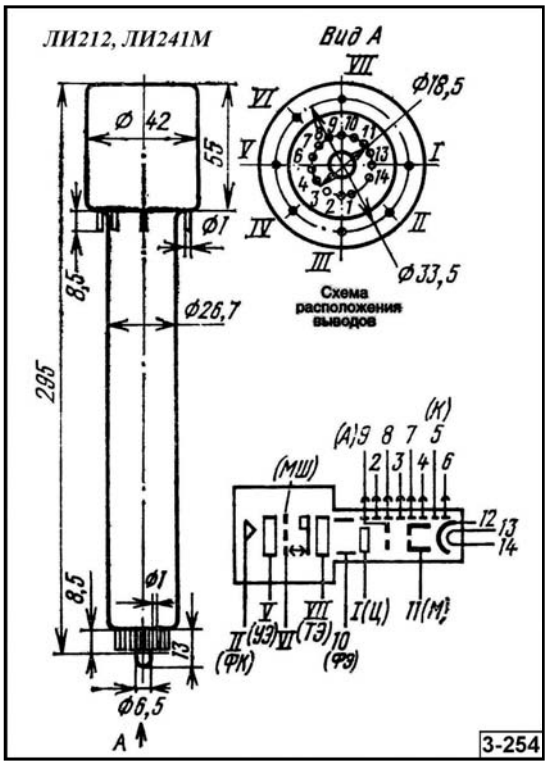
Основные параметры суперрортиконов приведены в табл. 3.5.1. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов приборов даны на рис. 3.5.1–3.5.1А.

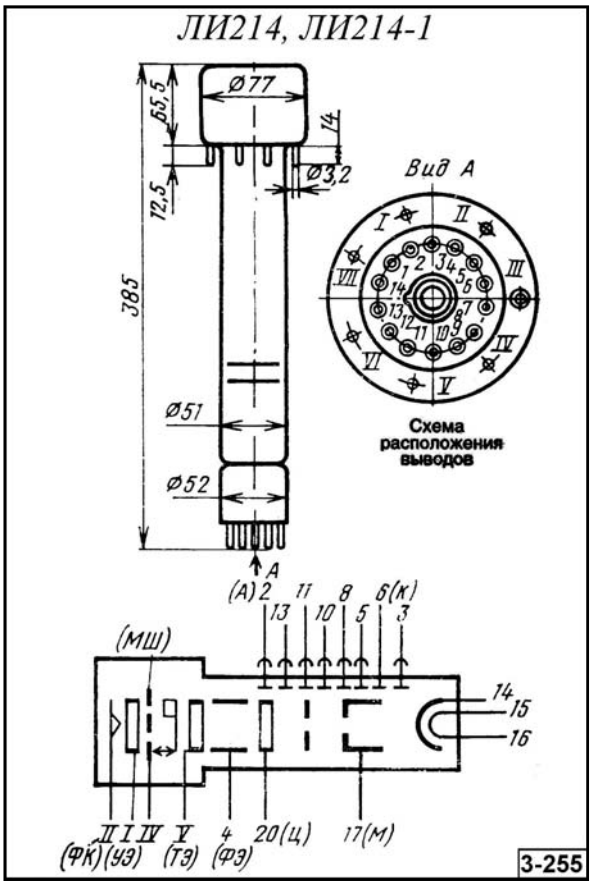
Таблица 3.5.1. Основные параметры суперротиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{фк}$, В	мин. напряжение на аноде, $U_А$, В	напря жение на модуляторе, $U_м$, В	напряжение на мишене, $U_{миш}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{цу}$, В				
ЛИ17	Ж	24×32	0,4–0,7 [0,45–0,58]	8–40 (1,3)	625 [550]	3	0,54–0,66	–(240–400)	280	–(5–90)	–3...+5	200–300	3	+35...+60	∅77×389 [400]	3-252
ЛИ201	Ж	24×32	0,4–0,7 [0,45–0,58]	10–80 (1,3)	625	3	0,51–0,63	–(240–400)	280	–130–0	–3...+5	200–280	3	+35...+60	∅77×389 [400]	3-252
ЛИ204	Ц	24×32	0,4–0,7 [0,4–0,55]	4–20 (5)	800	3	0,08–0,1	–(300–450)	280	–(5–90)	–3...+5	200–280	7	+35...+60	∅77×389 [450]	3-252
ЛИ207	Ж	28×28	0,4–0,7 [0,47–0,57]	10 (0,5) 1,8 (0,5) при засветке 2,5 лк	625	3	0,54–0,66	–(240–450)	280	–(5–90)	–3...+5	200–280	30	+35...+60	∅77×389 [400]	3-252
ЛИ211	Ж	24×32 или 28×28	0,4–0,7 [0,44–0,55]	1 ($5\cdot10^{-4}$) 200 (5)	400 [200] 625 [625]	3	0,54–0,63	–(280–300)	280	0–150	–3...+5	200–280	3	+20...+30	∅77×388 [400]	3-253
ЛИ 212 ЛИ212М	Ж	12×16	0,4–0,7 [0,4–0,5]	3–30 (0,5)	600 [400]	6	0,08–0,1	–(200–400)	280	–(5–100)	–5...+5	200–300	20	+30...+60	∅42×295 [120]	3-254

Таблица 3.5.1. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{фк}$, В	мин. напряжение на аноде, $U_а$, В	напря жение на модуляторе, $U_м$, В	напряжение на мишене, $U_{миш}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{цу}$, В				
ЛИ214	Ж	24 × 32 или 28 × 28	0,4–0,75 [0,45–0,55]	1 ($5\cdot10^{-4}$) 200 (5)	300 [150] 550 [300] 1000 [600]	3	0,54–0,66	–(500–800)	280	0...–150	–5...+5	200–300	5	+20...+30	∅77 × 385 [500]	3-255
ЛИ214-1	Ж	24 × 32 или 28 × 28	0,4–0,75 [0,45–0,55]	1 ($5\cdot10^{-4}$) 200(5)	625	3	0,54–0,66	–(500–800)	280	0...–150	–5...+5	200–300	5	+20...+30	∅77 × 385 [500]	3-255





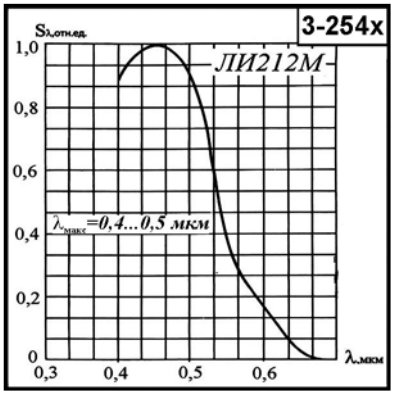
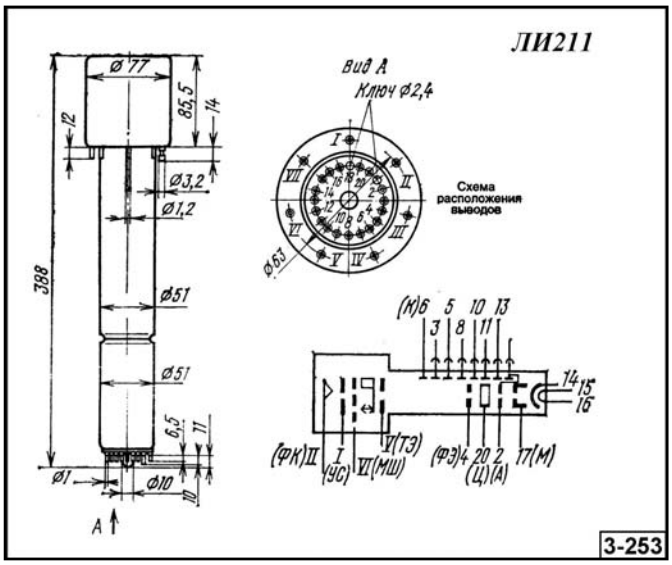
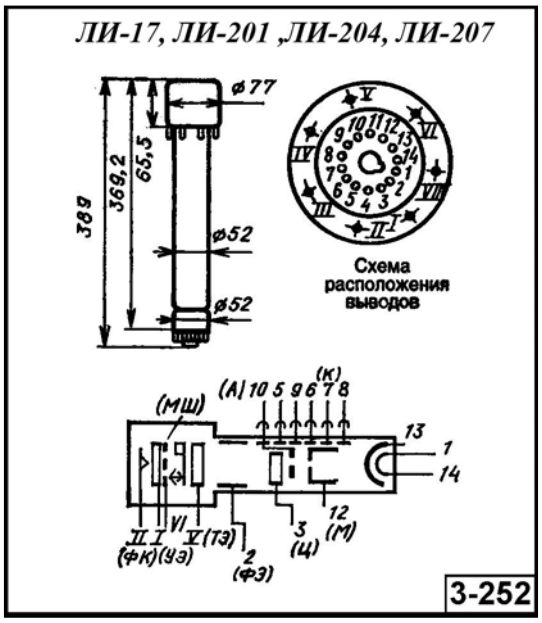


Рис. 3.5.1. Внешний вид, габаритные размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика суперортиконов





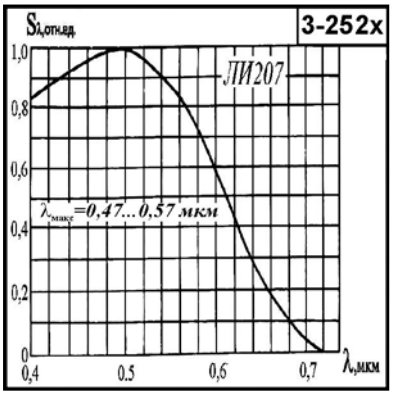


Рис. 3.5.1. Внешний вид, габаритные размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика суперортиконов (окончание)

3.5.2. Суперортиконы ЛИ217, ЛИ218, ЛИ221, ЛИ222, ЛИ223, ЛИ224, ЛИ225, ЛИ226-1, ЛИ227, ЛИ228 [$\Delta\lambda = 0{,}4–0{,}7$; $\lambda_{макс} = 0{,}4–0{,}525$ мкм]

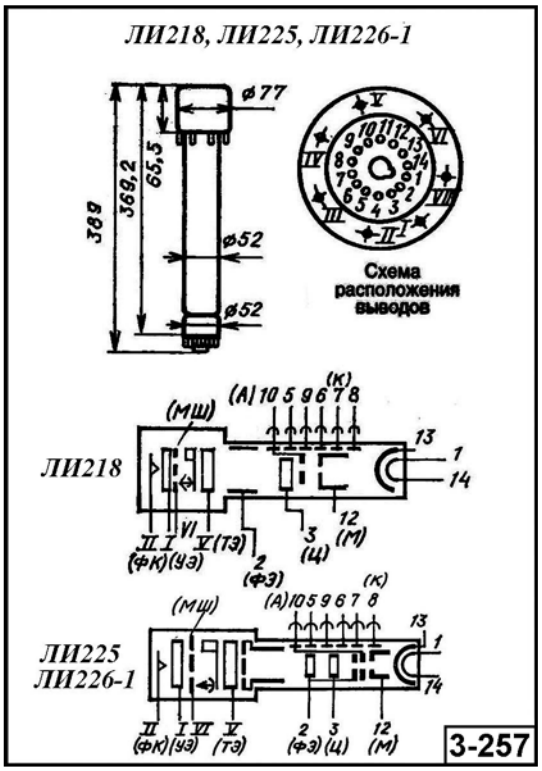
Основные параметры суперрортиконов приведены в табл. 3.5.2. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов приборов даны на рис. 3.5.2.

Таблица 3.5.2. Основные параметры суперротиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{фк}$, В	мин. напряжение на аноде, $U_А$, В	напря жение на модуляторе, $U_М$, В	напряжение на мишене, $U_{миш}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{цу}$, В				
ЛИ217	Ж	24 × 32 или 28 × 28	[0,4–0,5]	150 (0,01)	600	7	0,08–0,1	–(600–1000)	285	0...–150	–3...+5	200–300	–	+35...+35	Ø77 × 485 [500]	3-256
ЛИ218	Ж	24 × 32	[0,44–0,52]	20–50 (0,3)	625 [600]	2	0,08–0,1	–(240–450)	280	–(25–90)	–3...+5	200–350	20	+35...+60	Ø77 × 389 [500]	3-257

Таблица 3.5.2. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{фк}$, В	мин. напряжение на аноде, $U_А$, В	напря жение на модуляторе, $U_м$, В	напряжение на мишене, $U_{миш}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{цу}$, В				
ЛИ221	Ц	24 × 32	[0,44–0,5]	20–100 (1,8)	–	2	0,08–0,1	–(500–600)	280	–(5–80)	2,5	250–300	30	+35...+60	∅115 × 483 [1100]	3-258
ЛИ222	Ц	24 × 32	[0,44–0,5]	10–60 (0,9)	–	2	0,08–0,1	–(500–600)	280	–(5–80)	2,5	250–300	30	+35...+60	∅115 × 483 [1100]	3-258
ЛИ223	Ц	24 × 32	[0,44–0,5]	30–100 (1,8)	–	2	0,08–0,1	–(500–600)	280	–(5–80)	2,5	250–300	–	+35...+60	∅115 × 483 [1100]	3-258
ЛИ224	Ц	24 × 32	[0,44–0,5]	20–100 (0,9)	–	2	0,08–0,1	–(500–600)	280	–(5–80)	2,5	250–300	–	+35...+60	∅115 × 483 [1100]	3-258
ЛИ225	Ц	24 × 32	0,4–0,7 [0,45–0,525]	20–100 (0,3)	–	2	0,08–0,1	–(240–450)	280	–(5–130)	–3...+5	200–300	30	+35...+60	∅77 × 389 [500]	3-257
ЛИ226-1	Ц	24 × 32	0,4–0,7 [0,45–0,525]	10–40 (0,1)	–	2	0,08–0,1	–(240–450)	280	–(5–130)	–3...+5	200–300	30	+35...+60	∅77 × 389 [500]	3-257
ЛИ227	Ц	24 × 32	0,4–0,7 [0,44–0,5]	40–100 (1,2)	625 [625]	2	0,08–0,1	–(500–600)	280	–(5–80)	3	250–300	5	+35...+60	∅115 × 483 [1100]	3-258
ЛИ228	Ц	24 × 32	0,4–0,7 [0,44–0,5]	40–100 (0,6)	625 [625]	2	0,08–0,1	–(500–600)	280	–(5–80)	3	250–300	5	+35...+60	∅115 × 483 [1100]	3-258



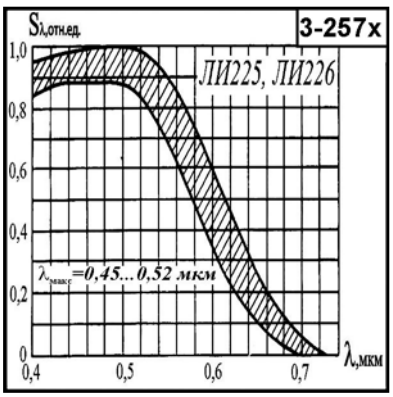


Рис. 3.5.2. Внешний вид, габаритные размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика суперортиконов

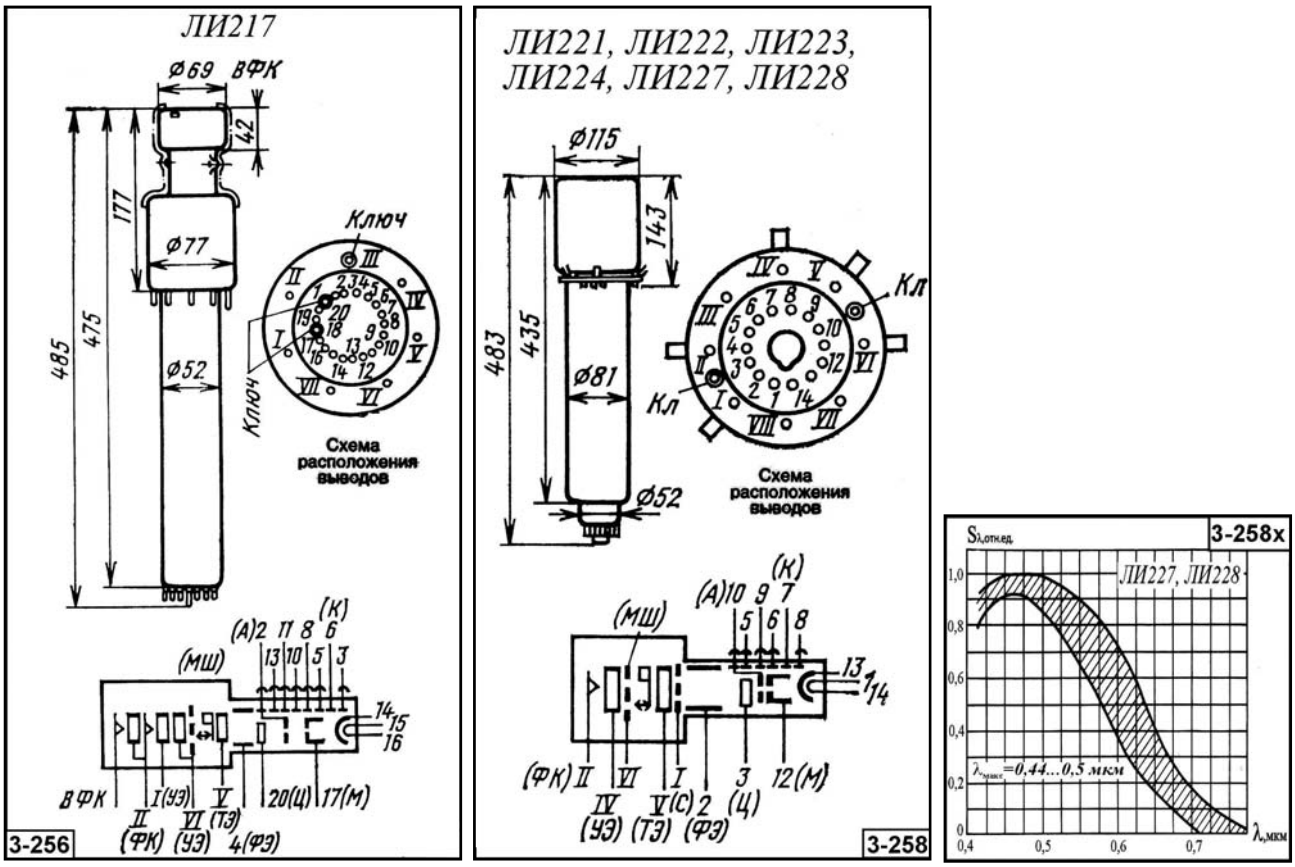


Рис. 3.5.2. Внешний вид, габаритные размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика суперортиконов (окончание)

3.5.3. Суперортиконы ЛИ230, ЛИ231, ЛИ232, ЛИ232-1, ЛИ234, ЛИ235, ЛИ235-1, ЛИ236 [$\Delta\lambda = 0{,}4–0{,}7$; $\lambda_{макс} = 0{,}44–0{,}56$ мкм]

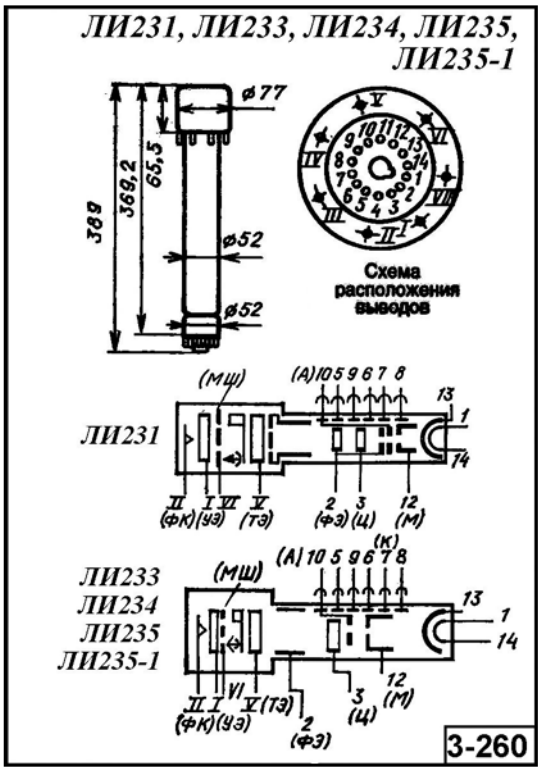
Основные параметры суперрортиконов приведены в табл. 3.5.3. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов приборов даны на рис. 3.5.3.

Таблица 3.5.3. Основные параметры суперротиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{фк}$, В	мин. напряжение на аноде, $U_А$, В	напря жение на модуляторе, $U_м$, В	напряжение на мишени, $U_{миш}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{цу}$, В				
ЛИ230	Ж	62 × 62	[0,44–0,5]	2 ($1 \cdot 10^{-3}$)	500 [200]	5	0,08–0,1	–(600–1000)	280	0...–150	–3...+5	200–300	5	+25...+35	∅125 × 570 [1000]	3-259
ЛИ231	Ц	24 × 32 или 28 × 28	[0,44–0,52]	20–80 (0,2)	450	3	0,08–0,1	–(240–450)	280	–(5–90)	2–3	200–300	5	+35...+60	∅77 × 389 [500]	3-260

Таблица 3.5.3. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda_c$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, I_C, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{ФК}$, В	мин. напряжение на аноде, U_A, В	напря жение на модуляторе, $U_м$, В	напряжение на мишени, $U_{МИШ}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{ЦУ}$, В				
ЛИ232	Ц	28 × 28	[0,44–0,52]	10–50 (0,5)	900 [900]	3	0,08–0,1	–(300–450)	280	–(5–90)	–3...+5	200–300	20	+30...+60	∅77 × 395 [550]	3-261
ЛИ232-1	Ц	24 × 32	[0,44–0,52]	10–50 (0,5)	900		0,08–0,1	–(300–450)	280	–(5–90)	–3...+5	200–300	20	+30...+60	∅77 × 395 [550]	3-261
ЛИ233	Ц	24 × 32	0,4–0,7 [0,44–0,52]	30–80 (0,7)	625	3	0,08–0,1	–(200–400)	285	–(25–90)	–3...+5	200–350	–	–	∅77 × 389 [550]	3-260
ЛИ234	Ц	24 × 32	0,4–0,7 [0,44–0,52]	30 (0,1)	625 [575]	2	0,08–0,1	–(200–400)	280	–(25–90)	–5...+5	200–350	30	–	∅77 × 389 [500]	3-260
ЛИ235	Ц	24 × 32	–	30–80 (0,2)	625	3	0,08–0,1	–(200–400)	280	–(25–90)	–5...+5	200–350	30	–	∅77 × 389	3-260
ЛИ235-1	Ц	24 × 32	–	–0,01	450		0,08–0,1	–(200–400)	280	–(25–90)	–5...+5	200–350		–	∅77 × 389	3-260
ЛИ236	Ц	15 × 45	[0,45–0,56]	10–30 (5–40)	500	–	0,08–0,1	–(300–450)	280	–(15–100)	–3...+3	200–300	3	–	∅77 × 365 [450]	3-262



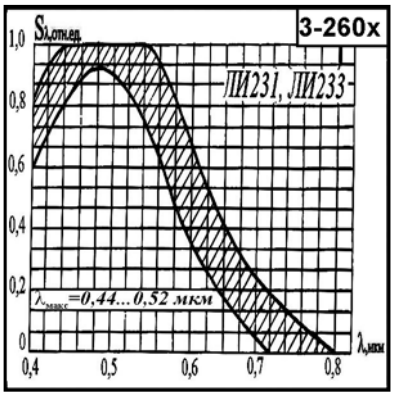


Рис. 3.5.3. Внешний вид, габаритные размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика суперортиконов

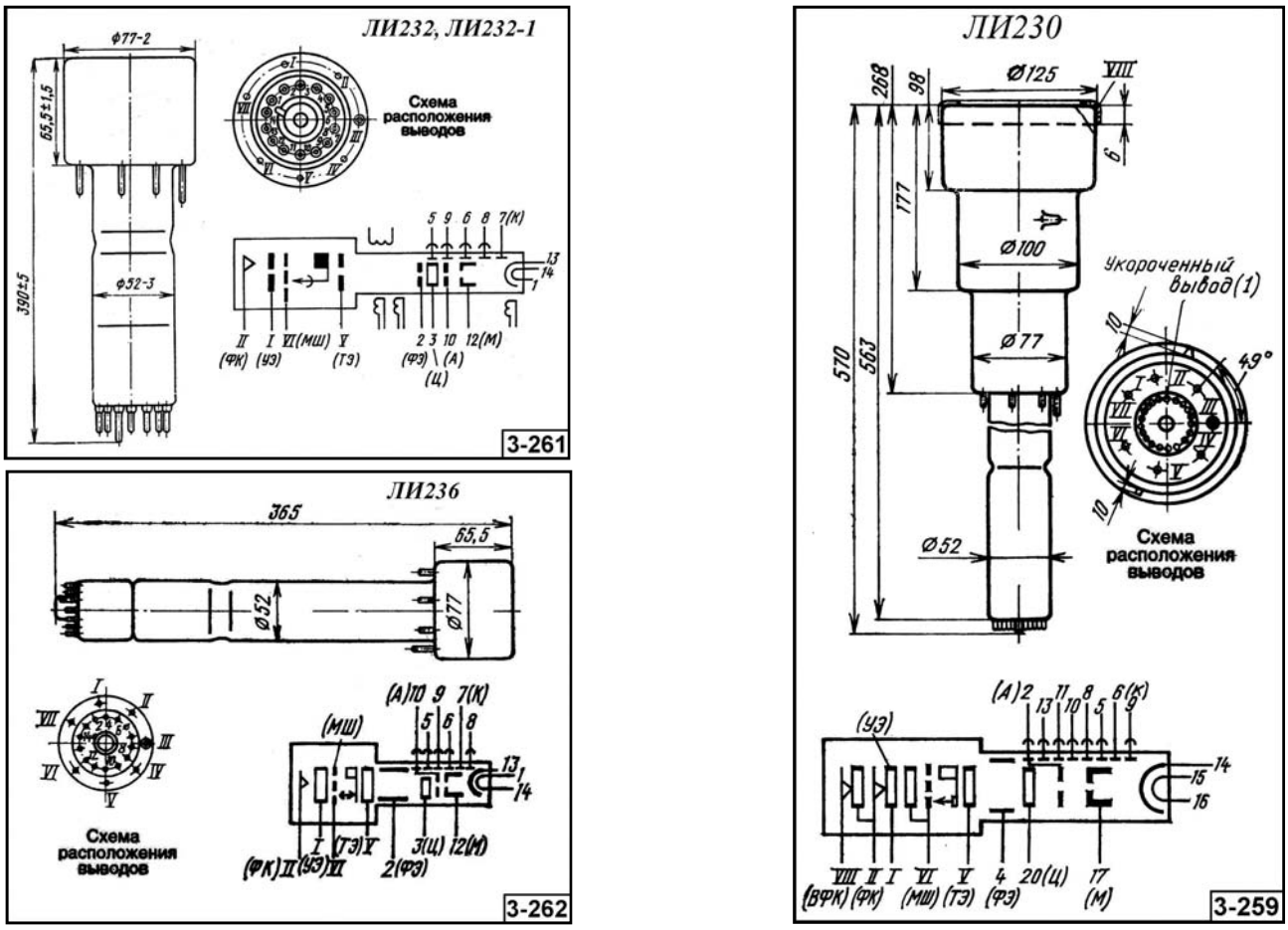


Рис. 3.5.3. Внешний вид, габаритные размеры, назначение выводов и относительная спектральная характеристика суперортиконов (окончание)

3.5.4. Суперортиконы ЛИ-237, ЛИ-237-1, ЛИ-237-2, ЛИ-238, ЛИ-239, ЛИ240, ЛИ801, ЛИ802, ЛИ804 [$\Delta\lambda = 0{,}4–0{,}7$; $\lambda_{макс} = 0{,}4–0{,}525$ мкм]

Основные параметры суперртиконов приведены в табл. 3.5.4. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов приборов даны на рис. 3.5.4.

Таблица 3.5.4. Основные параметры суперротиконов при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, $I_С$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{фк}$, В	мин. напряжение на аноде, $U_А$, В	напря жение на модуляторе, $U_м$, В	напряжение на мишени, $U_{миш}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{цу}$, В				
ЛИ237 ЛИ237-1 ЛИ237-2	Ц	24 × 32	0,4–0,7 [0,4–0,52]	20–50 ($1\cdot10^{-3}$ – $7\cdot10^{-2}$)	625 [550]	2	0,08–0,1	–(240–450)	280	–(25–100)	–3...+5	200–300	3	–	∅77 × 365 [450]	3-263

Таблица 3.5.4. (окончание)

Тип прибора	Тип вывода	Размер фотокатода, мм	Область спектральной чувствительности фотокатода, $\Delta\lambda$, мкм [$\lambda_{макс}$, мкм]	Ток сигнала, $I_с$, мкА, не менее (при освещенности, лк)	Разрешающая способность, N, в центре [в углах], линий, не менее	Геометрические искажения, Г, %, не более	Основные рабочие режимы						Геометрические искажения, $T_г$, %, не более	Диапазон рабочих температур, ΔT, °С	Габаритные размеры корпуса, мм [масса, г], не более	№ рис.
							ток накала, $I_{нак}$, А (при напряжении 6,3 В)	напряжение на фотокатоде, $U_{фК}$, В	мин. напряжение на аноде, $U_А$, В	напря жение на модуляторе, $U_м$, В	напряжение на мишени, $U_{миш}$, В	напряжение на цилиндре умножителя, $U_{цу}$, В				
ЛИ238	Ж	5 × 22	[0,45–0,5]	50–30 (5–50)	–	–	0,08–0,1	–(200–350)	280	–(10–100)	–5...+5	200–300	3	–	∅42 × 227 [120]	3-264
ЛИ239	Ц	24 × 32	[0,45–0,5]	35–100 (0,5)	625	3	0,08–0,1	–(200–350)	280	–(10–100)	–5...+5	200–300	–	–	∅77 × 389 [120]	3-265
ЛИ240	Ц	24 × 32	[0,45–0,5]	20–50	625	3	0,08–0,1	–(200–350)	280	–(10–100)	–5...+5	200–300	–		∅77 × 392 [450]	3-263
ЛИ801	Ж	24 × 32 или 28 × 28	[0,45–0,55]	30 ($1 \cdot 10^{-2}$)	625 [450]	3	0,08–0,1	–(200–450)	250	–(4–130)	–5...+5	200–350	5	+35...+45	∅77 × 360 [500]	3-266
ЛИ802	Ж	24 × 32	[0,475–0,525]	20–50 ($1 \cdot 10^{-2}$)	600 [450]	3	0,08–0,1	–(200–450)	250	–(4–150)	–5...+5	215–300	–	–	∅77 × 360 [500]	3-266
ЛИ804	Ж	28 × 28	[0,45–0,53]	10 ($5 \cdot 10^{-6}$) 30 ($5 \cdot 10^{-4}$)	500 [250] 600 [400]	5	0,08–0,1	–(600–1000)	30–280	40	–	215–300	3	–	∅72 × 390 [600]	3-267

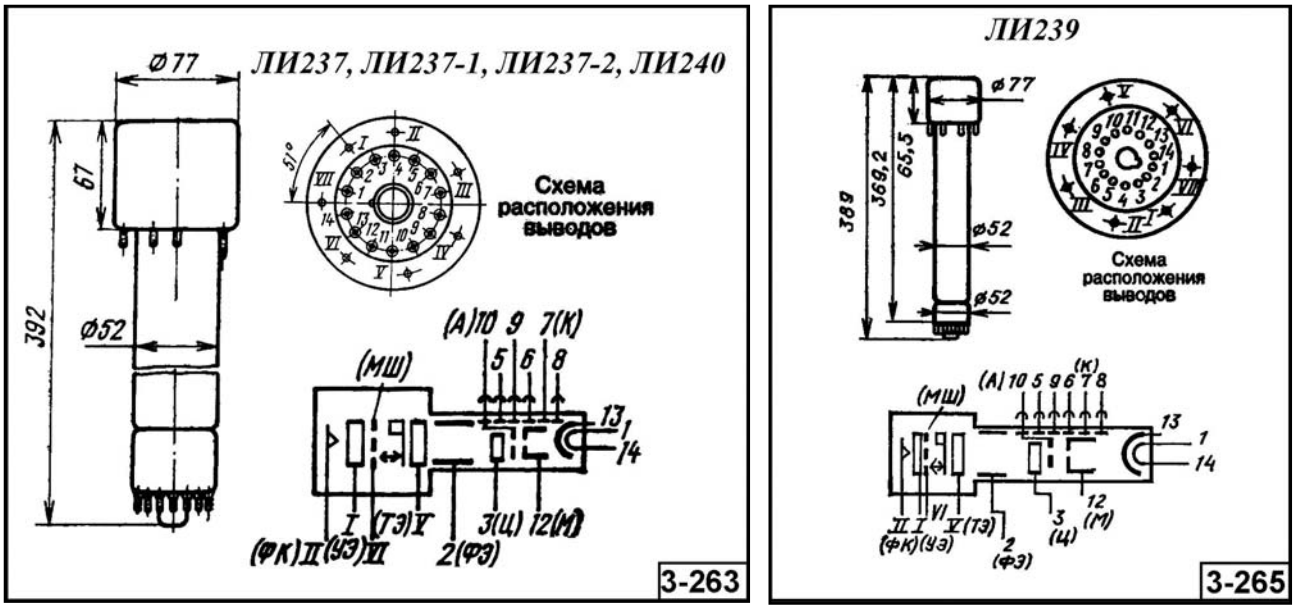


Рис. 3.5.4. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов суперортиконов

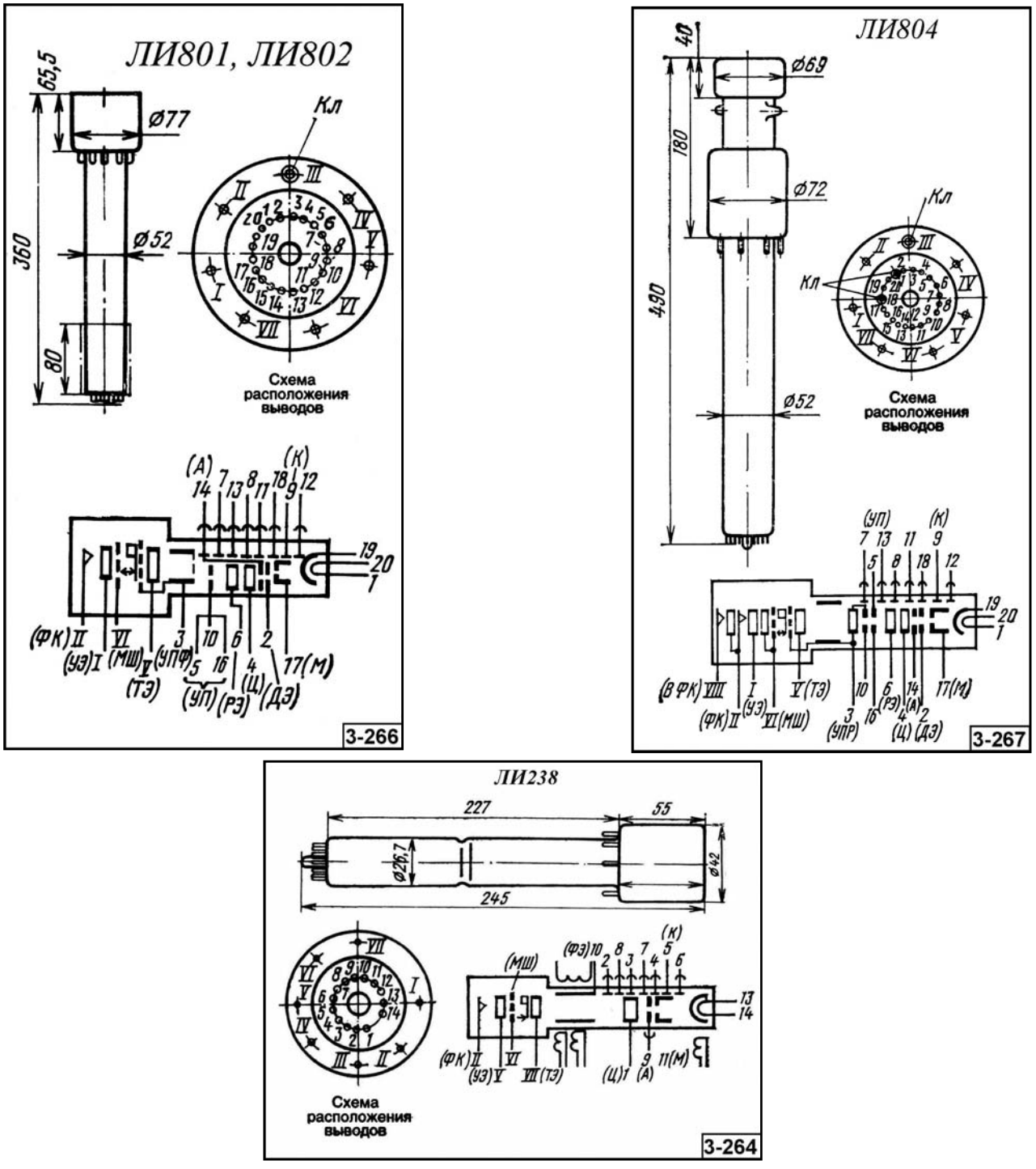


Рис. 3.5.4. Внешний вид, габаритные размеры и назначение выводов суперортиконов (окончание)

3.6. ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Электронно-оптический преобразователь (ЭОП) – электровакуумный прибор, предназначенный для усиления яркости оптического изображения, создаваемого оптической системой, и для преобразования спектрального состава излучения (например, инфракрасного, ультрафиолетового или рентгеновского изображения) в видимое. Спектральный диапазон работы большинства типов ЭОПов находится в пределах от 0,3 до 1,5 мкм.

Основными частями простейшего ЭОП являются: полупрозрачный фотокатод, электронно-оптическая система фокусировки электронов и люминисцентный экран. Схематически принцип работы однокамерного ЭОП показан на рис. 3.6.1.

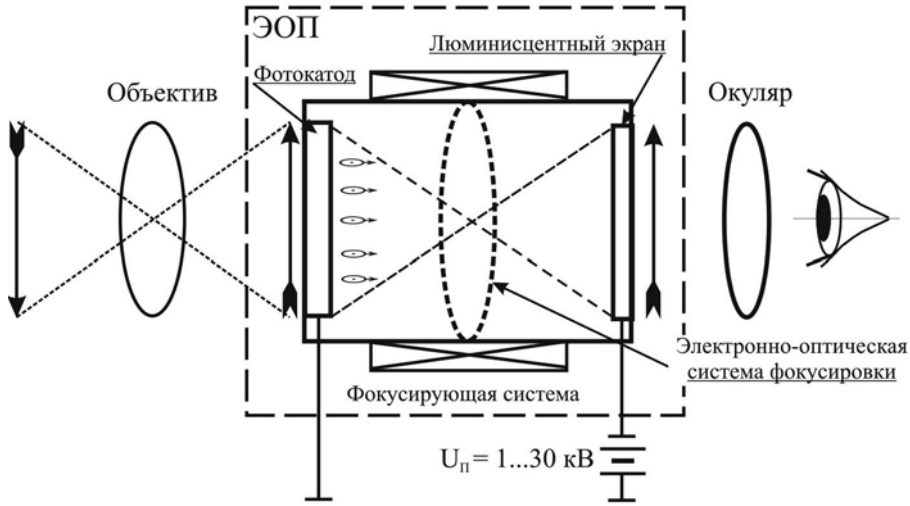


Рис. 3.6.1. Принцип работы ЭОПа

Изображение наблюдаемого объекта с помощью объектива проецируется на фотокатод. При освещении фотокатода за счет фотоэлектронной эмиссии создается электронное изображение, в котором плотность распределения электронов соответствует распределению света и теней в самом оптическом изображении. Под воздействием ускоряющего поля электронное изображение переносится в плоскость люминесцентного экрана и возбуждает его, причем степень возбуждения экрана или соответственно яркость свечения отдельных его элементов будет также определяться распределением света и теней в изображении наблюдаемого объекта.

Фокусировка изображения в ЭОП осуществляется с помощью сильного ускоряющего поля. Для фокусировки изображения применяются как электростатические, так и магнитные системы фокусировки.

По принятой терминологии ЭОП классифицируются на четыре поколения – «0», «I», «II» и (с некоторыми промежуточными ступенями «I+», «II+») и «III».

Простейший однокамерный ЭОП (поколения «0») состоит из фотокатода, системы формирования электронного изображения (электронно-фокусирующей системы) и люминесцентного экрана. Для фокусирования изображений в ЭОП данного поколения используются электростатическая, электромагнитная или две вместе электростатическая и электромагнитная фокусирующие системы. Корпус приборов «0» и «1-го» поколений, как правило, стеклянный. Гарантируемый ресурс работы составляет до 500 часов.

В последующих поколениях ЭОП для усиления изображения используется вторично-эмиссионный усилитель или микроканальная пластина (МКП), устанавливаемая между

фотокатодом и экраном. МКП позволяет получить усиление в десятки тысяч раз, а в некоторых ЭОП специального назначения – до 10^7 раз, что достаточно для регистрации единичных фотонов.

Входное и выходное окна ЭОП выполняются на плоском стекле или на волоконно-оптической пластине (ВОП). Для оборота изображения на 180° в качестве выходной ВОП используется волоконно-оптический оборачивающий элемент (ВОЭ). В более сложных конструкциях для оборота изображения используется бинокулярный окуляр или дополнительный линзовый оборачивающий элемент.

Электронно-оптические преобразователи 2-го и 3-го поколений размещаются в оригинальных металлокерамических корпусах. В этих приборах, как правило, используется электростатическая система фокусировки. Гарантируемый ресурс работы составляет от 1000 до 10 000 часов.

Коэффициент усиления света для различных типов ЭОП составляет от сотен до десятков тысяч раз, что позволяет использовать их при освещенности объекта 10^{-3}–10^{-4} лк. Разрешающая способность в центре поля зрения – от 20 до 60 штр./мм.

Питание традиционных электронно-оптических преобразователей (поколения «0») осуществляется от высоковольтных источников, с напряжением от единиц до десятков киловольт. В конструкциях современных ЭОП предусмотрены встроенные умножители напряжения и вторичные источники питания, что позволяет использовать такие приборы при напряжении питания от 3 до 9 В при токе потребления до 20 мА.

Основные фотоэлектрические параметры ЭОПов определяются типом фотокатода и люминесцентного экрана. Чаще всего используются кислородно-серебряно-цезиевые и многощелочные фотокатоды. Последние состоят из соединений Sb с Cs и Sb с K и Na. В современных приборах все более широкое применение находят многощелочные фотокатоды и катоды из соединений арсенида галлия. Параметры наиболее известных типов фотокатодов, используемых для изготовления ЭОП, приведены в табл. 3.6.1. Спектральные характеристики наиболее известных фотокатодов, используемых для изготовления ЭОП, приведены на рис. 3.6.2.

Таблица 3.6.1. Параметры наиболее известных типов фотокатодов, используемых для изготовления ЭОП

Тип фотокатода	Диапазон спектральной чувствительности, $\Delta\lambda_{макс}$, мкм	Максимум спектральной характеристики, $\lambda_{макс}$, мкм	Чувствительность, $S_А$, мкА/лм		Спектральная чувствительность, $S_{\lambda макс}$, мА/Вт	Плотность термотока при комнатной температуре, А/см²
			средняя	макс.		
Сурьмяно-цезиевый (SbCs)	620–700	420–460	40–80	120	50–60	$1\cdot10^{-15}$
Сурьмяно-цезиевый сенсибилизованный (Cs3Sb)	750	440–490	80–100	180	65–85	$1\cdot10^{-14}$
Висмуто-серебряно-цезиевый (BiAgCs)	780–800	450–500	30–60	110	20–40	$1\cdot10^{-14}$
Серебряно-кислородно-цезиевый (O-AgCs)	1200–1500	800–850	20–40	70	3–4,6	$1\cdot10^{-13}$
Двухщелочные фотокатоды:						
–(K_2Cs)Sb	650–700	380–450	55–65	200	50–100	$1\cdot10^{-17}$
–(Rb_2Cs)Sb	680–750	430–500	60	130	100	–
–(Na_2K)Sb	670	370–420	30–40	60	60	–
Многощелочные (Na_2K) Sb-Cs	850–930	420–550	150–200	400	70–80	$1\cdot10^{-16}$

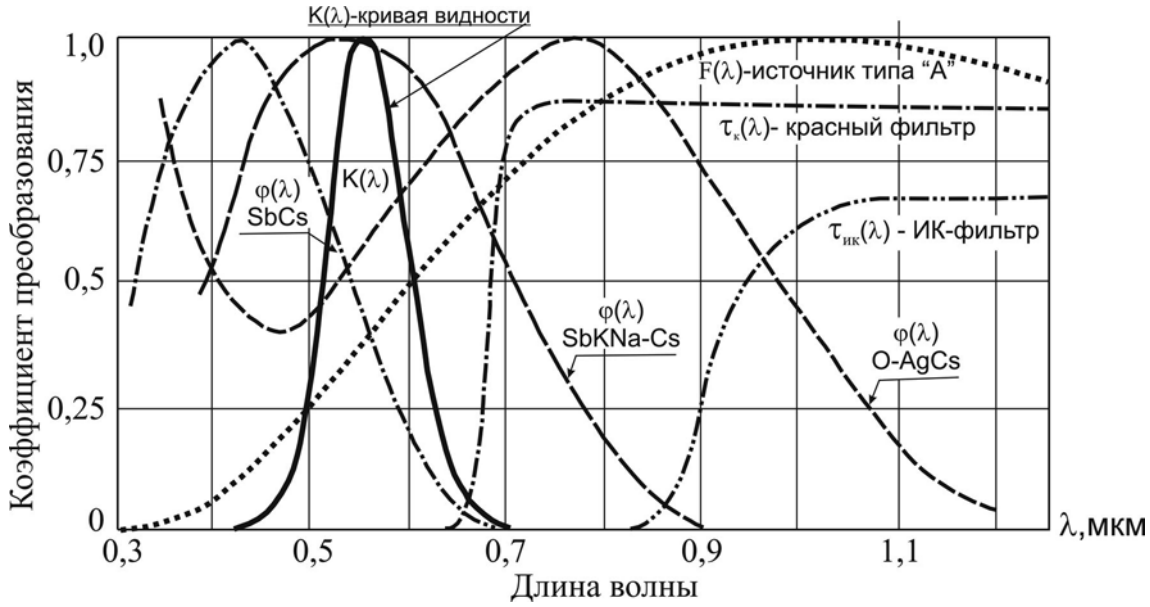


Рис. 3.6.2. Спектральные характеристики наиболее известных фотокатодов, используемых для изготовления ЭОП

Спектральная характеристика ЭОПов может корректироваться специальными оптическими фильтрами, устанавливаемыми в приборе. Наибольшее распространение получили стандартизованные фильтры КС-14 и КС-17 (КС-27). Спектральные характеристики фильтров КС-14 и КС-17 (КС-27) приводятся на рис. 3.6.3.

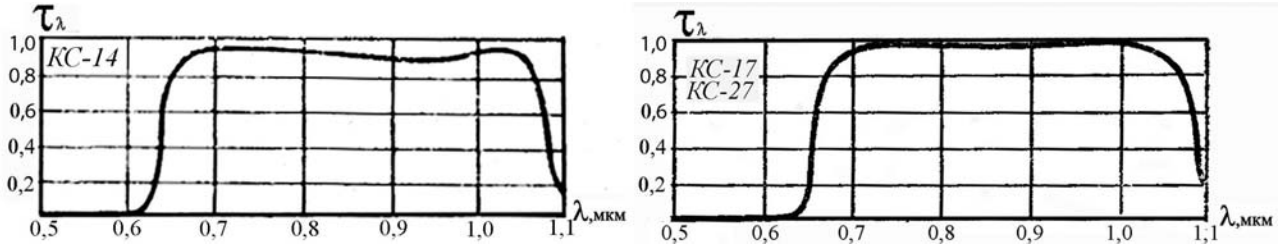


Рис. 3.6.3. Спектральные характеристики фильтров КС-14 и КС-17 (КС-27)

Цвет изображения на люминесцентном экране определяется типом используемого люминофора. Основные параметры наиболее известных люминофоров, используемых для изготовления экранов ЭОП, приведены в табл. 3.6.2, а их спектральные характеристики – на рис 3.6.4.

Таблица 3.6.2. Характеристики наиболее известных люминофоров

Марка люминофора	Цвет свечения	Состав люминофора	Длина волны в максимуме спектральной характеристики, мкм	Светоотдача, св/Вт	Время послесвечения, при спаде яркости, с	
					до 5%	до 1%
ФС-1	Фиолетово-синий	ZnS:Ag	0,45	30*	$5\cdot10^{-2}$	–
К-72	Фиолетово-синий	ZnS:Ag(Ni)	0,45	30*	$(3–4)\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-2}$
К-40	Желто-зеленый	ZnS-ZnSe:Cu	0,55	13**	$5\cdot10^{-2}$	–
ЖЗ-2	Желто-зеленый	ZnS-ZnSe:Ag	0,55	12**	$(3–4)\cdot10^{-3}$	–
К-67	Желто-зеленый	ZnS:CdSe:Ag	0,55	15**	$7\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-2}$

Примечание.

* для экранов синего свечения дается светоотдача, измеренная с помощью фотоприемника сурьмяно-цезиевым фотокатодом;

** для экранов желто-зеленого свечения светоотдача измеряется с помощью фотоприемника, корригированного под кривую видности глаза.

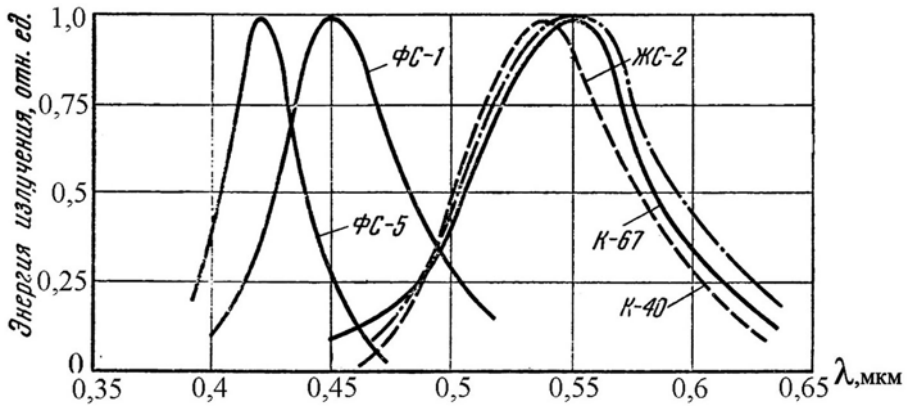


Рис. 3.6.4. Спектральные характеристики наиболее известных люминофоров

Наиболее широкое применение электронно-оптические преобразователи получили при изготовлении так называемых приборов ночного видения (ПНВ). Электронно-оптические преобразователи применяются также в криминалистике для выявления подделки документов и ценных бумаг. Широкое место эти приборы находят в медицине, микробиологии, ядерной физике, спектроскопии и всех видах использования инфракрасной техники. Значительное место ЭОП занимают в научных исследованиях. Так, в частности, в астрономии они применяются главным образом для фотографирования невидимых глазом звезд и туманностей и их спектров. Особое место принадлежит им в исследовании быстро протекающих (длительностью 10^{-9}–10^{-13} с) процессов в различных областях физики. Эта задача решается с помощью специальных ЭОП, имеющих встроенные электронные затворы и системы развертки изображения на экране ЭОП. К ним относятся ЭОП серий: УМИ, ПИМ, ЗИС, «Пикохрон» и др.

Отечественной промышленностью разработаны и освоены сотни типов ЭОПов, которые различаются конструкцией и параметрами. В табл. 3.6.3–3.6.28 приводятся основные параметры наиболее известных типов электронно-оптических преобразователей.

В табл. 3.6.3–3.6.28 приняты следующие сокращения и обозначения:

1. Обозначения материала фотокатодов: КЦ – кислородно-цезиевый, СЦ – сурьмяно-цезиевый, МЩ – многощелочной.
2. Обозначение типов фокусирующих систем: Э – электростатическая; М – электромагнитная; Э, М – электростатическая и электромагнитная фокусировка.
3. Режим работы: * – статический; ** – динамический.
4. Тип выхода: ВОЭ – волоконно-оптический элемент; ИН – инвертор, ПЛ – плоский; ВОГ – вогнутый; ПР – прямой.
5. Тип контактов: ПЛВ – пластинчатые выводы; ГВ – гибкие выводы.

3.6.1. Электронно-оптические преобразователи поколения «0»

3.6.1.1. Электронно-оптические преобразователи ПИМ-3Ш, УМИ-93Ш, УМИ-95Ш, УМИ-92ШВ, «Пикохрон», М-9Ш, М-9В, М-9Щ, ЭПИ-1, УМ-9ШВ, ЗИМ-1, ЗИМ-2, ЗИС-1, ЭП-15, ЭП-15-1 [$\Delta\lambda$ = 0,25–1,2 мкм]

Основные параметры электронно-оптических преобразователей ранних моделей (поколения «0») приведены в табл. 3.6.3А и 3.6.3Б. Внешний вид приборов приведен на рис. 3.6.5А и 3.6.5Б.

Таблица 3.6.3А. Основные параметры электронно-оптических преобразователей 0-го поколения при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Параметры фотокатода				Пределы регистрируемого излучения на входе		Разрешение		Электронно-оптическое увеличение	Коэффициент преобразования	Число камер	Рабочий диаметр экрана, мм (цвет свечения экрана)	Рабочее напряжение питания, кВ	Система фокусировки	Габаритные размеры, мм [масса,г] (№ рис)
	Тип (материал)	Рабочий размер, мм	Область спектральной чувствительности, мкм	Интегральная чувствительность, мкА/лм	Вт/см²	Дж/см²	временное, с	пространственное в центре экрана, штр./мм							
Импульсные ЭОП для исследования быстропротекающих процессов с затвором и системой развертки изображения															
ПИМ-3Ш	КЦ	6×12	0,38–1,2	30	–	10^{-7}–10^{-5}	10^{-9} (пк) $5\cdot10^{-12}$ (нр)	40	2±0,1	10–50	1	40 (син. или ж-з)	15	Э	∅110×310 [800] (3-265)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
УМИ-92Ш (с ВОП на входе)	КЦ	6×12	0,38–1,2	30	–	10^{-10}–10^{-8}	$5\cdot10^{-12}$–$5\cdot10^{-13}$	30	2±0,1	$1\cdot10^4$–$5\cdot10^4$	3	40 (син. или ж-з)	26–45	Э, М	∅120×515 [700] (3-265А)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
УМИ-93Ш	КЦ	6×12	0,38–1,2	30	–	10^{-11}–10^{-9}	$5\cdot10^{-12}$	25	2±0,1	$2\cdot10^4$–$1\cdot10^5$	4	40 (син. или ж-з)	35–45	Э, М	∅120×615 [700 (3-265Б)
	См-Ц		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
УМИ-95Ш	КЦ	6×12	0,38–1,2	30	–	10^{-13}–10^{-11}	$5\cdot10^{-12}$	8–10	2±0,1	$1\cdot10^7$–$1\cdot10^8$	6	40 (син. или ж-з)	37–50	Э, М	∅120×815 [900] (3-265Б)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
«Пикохрон-1»	КЦ	∅3	0,38–1,2	30	–	10^{-13}–10^{-11}	$5\cdot10^{-13}$	5	–	$1\cdot10^7$– $1\cdot10^8$	6	40 (син.)	40–60	Э, М	∅120×930 [1100] (3-265В)
	СЦ		0,25–0,65	50	–										
	МЩ		0,25–0,85	100	–										
ЗИС-1	МЩ	∅25	0,38–0,85	–	–	–	–	25	1,1–1,6	10–50	1	47 (син.)	16	Э	–



Рис. 3.6.5А. Внешний вид некоторых типов ЭОП поколения «0»

Таблица 3.6.3Б. Основные параметры ЭОПов поколения «0» при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Параметры фотокатода				Пределы регистрируемого излучения на входе		Разрешение		Электронно-оптическое увеличение	Коэффициент преобразования	Число камер	Рабочий диаметр экрана, мм (цвет свечения экрана)	Рабочее напряжение питания, кВ	Система фокусировки	Габаритные размеры, мм [масса,г] (№ рис)
	Тип (материал)	Рабочий размер, мм	Область спектральной чувствительности, мкм	Интегральная чувствительность, мкА/лм	Вт/см^2	Дж/см^2	временное, с	пространственное в центре экрана, штр./мм							
ЭОП, пригодные для работы в статическом и динамическом (импульсном) режимах															
ЗИМ-1	СЦ	∅16	0,4–0,65	30	–	–	$1\cdot10^{-9}$	10	–	20	1	(син.)	16 (с.р) 20–30 (имп.р)	Э	–
ЗИМ-2	МЩ	∅16	0,38–0,85	80	–	–	$1\cdot10^{-9}$	10	–	25	1	(син.)	16 (с.р) 20–60 (имп.р)	Э	–
УМ-92ШВ (с ВОП на выходе)	КЦ	∅40	0,38–1,2	30	$1\cdot10^{-7}$–$1\cdot10^{-5}$	–	–	25	1	$1\cdot10^{4}$– $5\cdot10^{4}$	3	40 (син.)	24–36	М	∅120×315 [700] (3-265Б)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
М9-В (с ВОП на выходе)	КЦ	∅40	0,38–1,2	30	$1\cdot10^{-7}$–$1\cdot10^{-5}$	–	–	30	–	5–30	1	40 (син. или ж-з)	15	М	∅120×120 [300] (3-266)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
М9-Ш	КЦ	40 ×5	0,38–1,2	30	$1\cdot10^{-7}$–$1\cdot10^{-5}$	–	–	50	–	10–80	1	40 (син. или ж-з)	15	М	∅55×230 [3500] (3-266А)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
ЭП-15	МЩ	∅25	0,4–0,65	0,18 А/Вт	–	–	–	50	0,9–1,0	50	1	ж-з	10	Э	–
ЭП-15-1	МЩ	∅25	0,4–0,65	0,18 А/Вт	–	–	–	50	0,9–1,0	15	1	син.	10	Э	–
ЭОП, пригодные для работы в статическом режиме															
МФ-1	КЦ	∅40	0,38–1,2	30	$1\cdot10^{-7}$–$1\cdot10^{-5}$	–	–	40	–	10–80	1	40 (син. или ж-з)	10–15	М	∅120×150 [200] (3-266Б)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,85	100											
ЭПИ-1	КЦ	2× 30	0,38–1,2	30	$1\cdot10^{-13}$– $1\cdot10^{-11}$	–	–	60	–	–	1	2,5 ×40 (син. или ж-з)	40–50	М	∅130×320 [600] (3-266В)
	СЦ		0,25–0,65	50											
	МЩ		0,25–0,65	100											

Примечание. 1). Обозначения материала фотокатодов: КЦ – кислородно-цезиевый, СЦ – сурьмяно-цезиевый, МЩ – многощелочной. 2). Обозначение типов фокусирующих систем: Э – электростатическая; М – электромагнитная; Э, М – электростатическая и электромагнитная фокусировка; 3). ВОП – волоконно-оптическая пластина.



Рис. 3.6.5Б. Внешний вид некоторых типов ЭОП поколения «0»

3.6.1.2. Электронно-оптические преобразователи «Мини-1», «Мини-2», «Мини-3», «Затвор», ЭПВ-41В, ЭВП-41Г-М, ЭПМ-61Г, ЭПМ-63Г [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,9 мкм]

Основные параметры электронно-оптических преобразователей «Мини-1», «Мини-2», «Мини-3», «Затвор», ЭВП-41Г-М, ЭПМ-61Г, ЭПВ-63Г приведены в табл. 3.6.4. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.5–3.6.11.

Таблица 3.6.4. Основные параметры ЭОПов ранних моделей при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра							
	Мини-1	Мини-2	Мини-3	Затвор	ЭПВ-41В	ЭПВ-41Г-М	ЭПМ-61Г	ЭПМ-63Г
Область спектральной чувствительности, мкм	0,350 –0,9							
Максимум спектральной характеристики, мкм	0,84	0,84	0,84	0,84	0,8–0,85			
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	14	14	14	18	18	18	25	16
Интегральная чувствительность фотокатода, мкА/лм, не менее	–	–	–	–	300	300	350	300
Интегральная чувствительность фотокатода с фильтром КС-17, мкА/лм	150	80	40–60	80	150	150		150
Разрешающая способность в центре, штр./мм	50	45	35	40	50	50	36	48
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	0,5–0,6	–	–	–	0,4	0,4	1	1,5
Коэффициент усиления яркости, отн. ед., не менее	500	400	350	600	$1\cdot10^3$	$1\cdot10^3$	$5\cdot10^4$	$3\cdot10^4$
Яркость темнового фона, кд/м^2, не более	$6\cdot10^{-5}$	$1\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-3}$	–	–	–	–
Отношение сигнал/шум, о. е., не менее	–	–	–	–	–	–	6	–
Напряжение питания	10–12 кВ	10–12 кВ	10–12 кВ	600 В – на катоде 12–13 кВ на аноде ±50 В на затворе	2–3 (встр. ИП)	3 В	3 В	3 В
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50			–50...+50	–60...+55	–60...+55	–60...+55	–60...+55
Габаритные размеры, мм, не более	∅39,6 × 31,6			∅39,6 × 31,6	∅53 × 45	∅36 × 48	∅51 × 67	∅34 × 44
№ рисунка	3-273			3-270	3-271	3-274	3-275	3-277

3.6.1.3. Электронно-оптические преобразователи В-8, В8А1-С, В-8К, В-8-С, ЭП33-СФ, ЭП33-У, ЭП33-У-Д, ЭП33-УС-Д [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,2 мкм]

Электронно-оптические преобразователи В-8, В8А1-С, В-8-С, ЭП33-СФ, ЭП33-У, ЭП33-У-Д, ЭП33-УС-Д В-8, В8А1-С, В-8-С, ЭП33-СФ, ЭП33-У, ЭП33-У-Д, ЭП33-УС-Д – однокамерные изделия в стеклянном исполнении, имеют двухэлектродную электростатическую фокусирующую систему, многощелочной фотокатод, работающий в области длин волн 0,35–0,9 мкм, экран желто-зеленого цвета свечения.

Преобразователь В-8К предназначен для работы в диапазоне от 0,4 до 1,2 мкм.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей В-8, В8А1-С, В-8-С, ЭП33-СФ, ЭП33-У, ЭП33-У-Д, ЭП33-УС-Д В-8, В8А1-С, В-8-С, ЭП33-СФ, ЭП33-У,

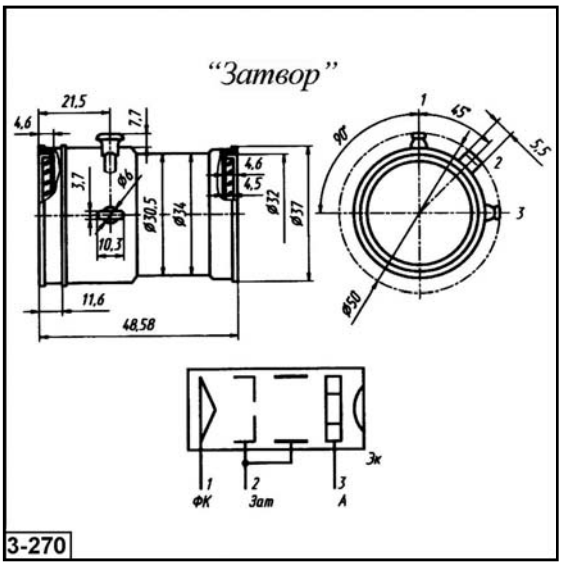


Рис. 3.6.5. Внешний вид и габаритные размеры преобразователя «Затвор»

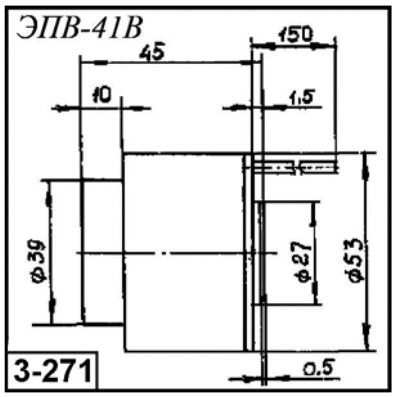


Рис. 3.6.6. Внешний вид и габаритные размеры преобразователя ЭПВ-41В

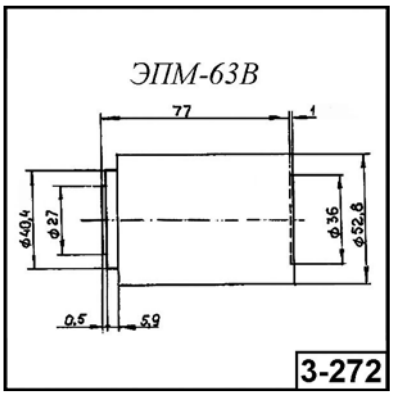


Рис. 3.6.7. Внешний вид и габаритные размеры преобразователя ЭПМ-63В

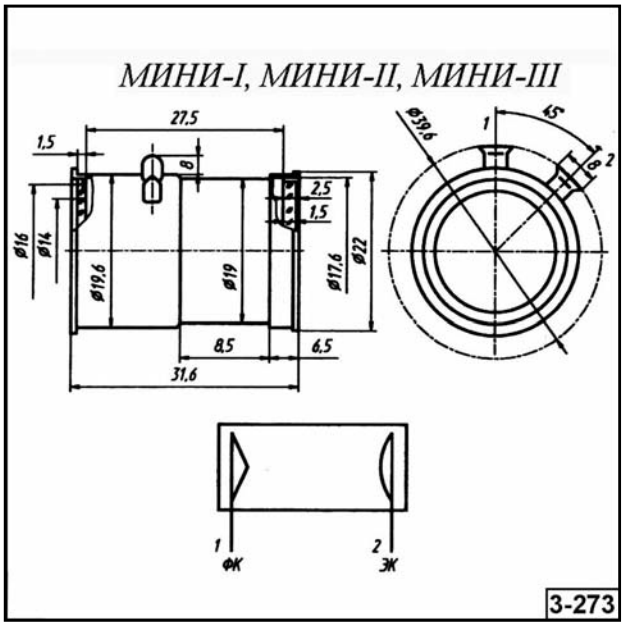


Рис. 3.6.8. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей «Мини-1», «Мини-2» и «Мини-3»

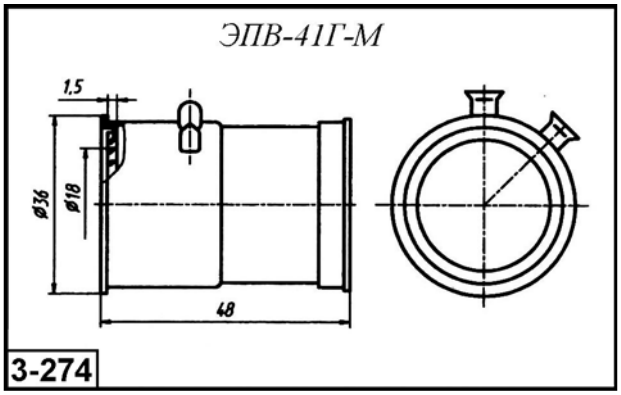


Рис. 3.6.9. Внешний вид и габаритные размеры преобразователя ЭВП-41Г-М

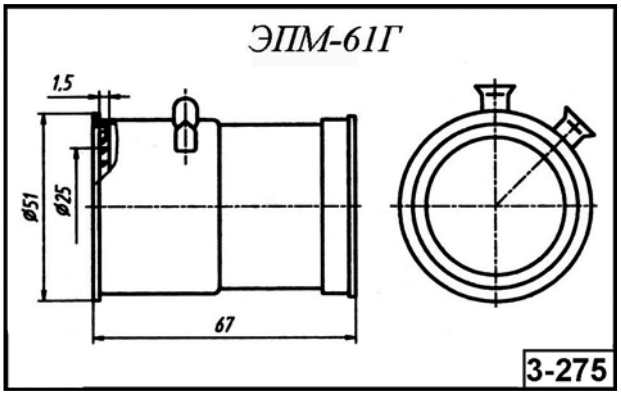


Рис. 3.6.10. Внешний вид и габаритные размеры преобразователя ЭПМ-61Г

ЭП33-У-Д, ЭП33-УС-Д приведены в табл. 3.6.5. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.12–3.6.14.

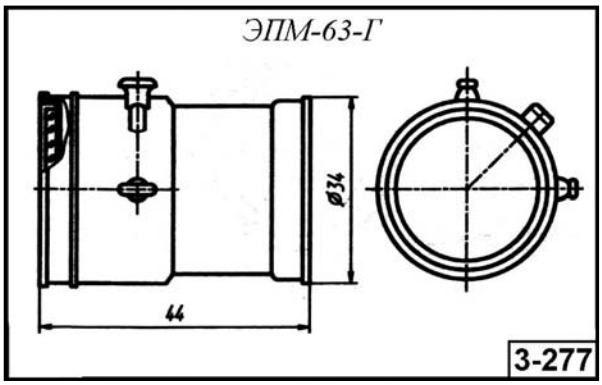


Рис. 3.6.11. Внешний вид и габаритные размеры преобразователя ЭПМ-63Г

Таблица 3.6.5. Основные параметры электронно-оптических преобразователей при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра						
	В-8	В8А1-С	В-8К	В-8-С	ЭП33-СФ	ЭП33-У ЭП33-У-Д	ЭП33-УС-Д
Область спектральной чувствительности, мкм	0,35–0,9		0,4–1,2	0,35–0,9			
Чувствительность фотокатода, мкА/лм, не менее	250	140 (с фильтром)	8 (с фильтром)	250	70 (с фильтром)	70 (с фильтром)	70 (с фильтром)
Предел разрешения, штр./мм, не менее	35	40	35	35	36	30	30
Рабочее разрешение, штр./мм, при 0,001 лк, не менее	26	28	10	26	28	24	24
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	24	24	24	24	19,2	19,2	24
Напряжение питания, кВ	19	19	19	19	18	18	18
Гарантийная наработка, ч, не менее	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50	–50...+50	–50...+50	–50...+50	–40...+40	–40...+40	–40...+40
Габаритные размеры, мм, не более	∅36 × 58,7 × 54,5				∅36 × 58,7 × 41		∅31,5 × 58,7 × 44
№ рисунка	3-278				3-279		3-280

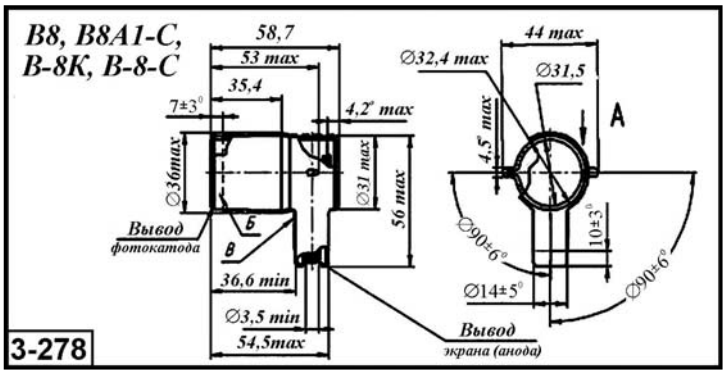


Рис. 3.6.12. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей В-8, В8А1-С, В-8К, В-8-С

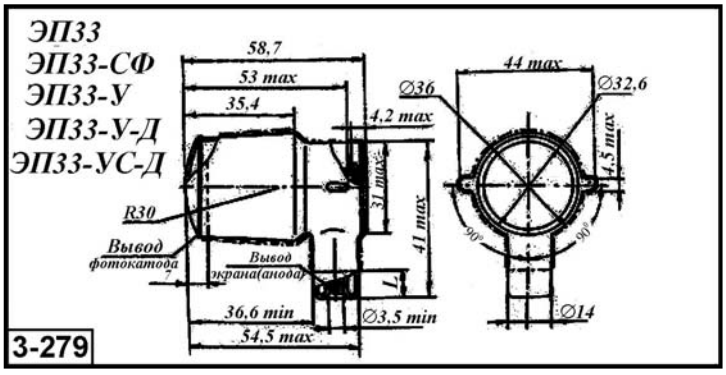


Рис. 3.6.13. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей ЭП33, ЭП33-СФ, ЭП33-У, ЭП33-У-Д, ЭП33-УС-Д

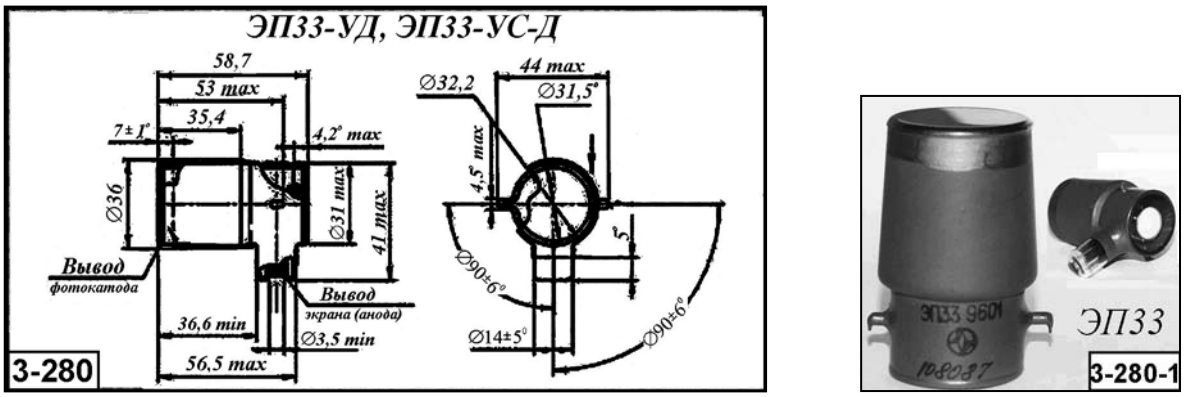


Рис. 3.6.14. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей ЭП33-УД, ЭП33-УС-Д

3.6.1.4. Сверхминиатюрный электронно-оптический преобразователь ЭП64 [$\Delta\lambda$ = 0,35–0,9 мкм]

Электронно-оптический преобразователь ЭП64 – сверхминиатюрный однокамерный электронно-оптический преобразователь (ЭОП), имеет многощелочной фотокатод со спектральной характеристикой в области длин волн 0,35–0,9 мкм, двухэлектродную электростатическую фокусирующую систему, люминесцентный экран желто-зеленого цвета свечения, стеклянную оболочку цилиндрической формы.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 3.6.6.

Таблица 3.6.6. Основные параметры преобразователя ЭП64 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра	
	ЭП64	ЭП64-1
Область спектральной чувствительности, мкм	0,350–0,9	
Интегральная чувствительность фотокатода, мкА/лм, не менее	220	30
Интегральная чувствительность фотокатода с фильтром КС-17, мкА/лм	70	60
Предел разрешения, штр./мм, не менее	35	
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	0,5±0,03	
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	17,5	17,5
Коэффициент усиления яркости, отн. ед., не менее	700	600
Напряжение питания, кВ	17	
Ток потребления, мА, не более	22	16
Гарантийная наработка, ч, не менее	10000	
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50	
Габаритные размеры, мм, не более	∅35 × 30,5	

3.6.2. Электронно-оптические преобразователи поколения «2»

3.6.2.1. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 44Г-А,ЭПМ 44Г-Б, ЭПМ 44Г-В, ЭПМ 44Г-Д, ЭПМ 44Г-С [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 44Г-ХХ поколения 2+ имеют многощелочной фотокатод (S25). Материал входа и выхода – стекло С95-2. Выводы гибкие. Диаметр рабочего поля фотокатода – 18 мм.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.7. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.15.

Таблица 3.6.7. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ 44Г при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора/Норма параметра				
	ЭПМ 44Г-А	ЭПМ 44Г-Б	ЭПМ 44Г-В	ЭПМ 44Г-Д	ЭПМ 44Г-С
Область спектральной чувствительности, нм	0,2–0,9 (S25)				
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт, не менее	40	35	18	12	12
Интегральная чувствительность фотокатода, мкА/лм	540	500	350	200	200
Интегральная чувствительность фотокатода с фильтром КС-17, мкА/лм	280	240	180	120	120
Коэффициент преобразования, отн. ед., не менее	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$(1,8–2,6)\cdot10^4$
Предел разрешения, штр./мм, не менее	40	38	36	30	30
Яркость темного фона, кд/м I, не более	$1,5\cdot10^{-3}$	$1,5\cdot10^{-3}$	$1,2\cdot10^{-3}$	$1,2\cdot10^{-3}$	$1,2\cdot10^{-3}$
Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м I	2–5				
Отношение сигнал/шум, отн. ед., не менее	55	50	42	40	40
Диапазон напряжения питания, В	2,8±0,8	2,8±0,8	2,8±0,8	2,8±0,8	2,8±0,8
Ток потребления, мА, не более	16	16	20	20	20
Гарантийная наработка, ч	5000				
Диапазон рабочих температур град., °С	–45...+50				
Габаритные размеры, мм [масса, г], не более	∅43 × 22,5 макс [55]				
№ рисунка	3-281				

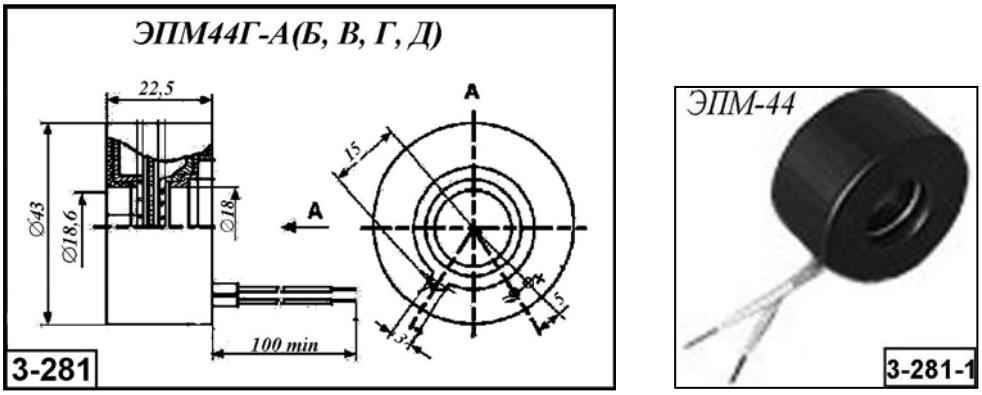


Рис. 3.6.15. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ 44Г

3.6.2.2. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г, ЭПМ66Г-1, ЭПМ66Г-Б, ЭПМ66Г-А, ЭПМ66Г-С, ЭПМ66Г-Д, ЭПМ66Г-Е [Δλ = 0,2–0,9 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г – 2+ поколения с прямым переносом изображения, микроканальным усилением, встроенным высоковольтным источником питания со схемой защиты фотокатода от световых перегрузок и автоматической регулировкой яркости свечения экрана. Имеют многощелочной фотокатод (S25) и экран желто-зеленого или белого цвета свечения, гибкие выводы питания. Вход и выход – стеклянный диск толщиной 1,2 мм.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.8. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.16.

Таблица 3.6.8. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ66Г-XX при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра						
	ЭПМ66Г	ЭПМ66Г-1	ЭПМ66Г-Б	ЭПМ66Г-А	ЭПМ66Г-С	ЭПМ66Г-Д	ЭПМ66Г-Е
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–0,9 (S25)						
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт, не менее	18	12	24	35	40	45	40
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	18	18	18	18	18	18	18
Коэффициент преобразования, отн. ед., не менее	28 000	18 000–22 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000
Предел разрешения, штр./мм, не менее	45	45	47	53	55	58	62
Макс. выходная яркость (10 лк), кд/м^2	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8
Отношение сигнал/шум, отн. ед, не менее	50 (18)	50 (18)	50 (18)	55 (19)	60 (20)	65 (22)	62 (21)
Диапазон напряжения питания, В	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5
Ток потребления, мА, не более	20	20	20	20	20	20	20
Гарантийная наработка, ч	10000						
Диапазон рабочих температур, °С	–45...+50						
Габаритные размеры, мм, не более	∅43 × 22,5 макс						
№ рисунка	3–282						

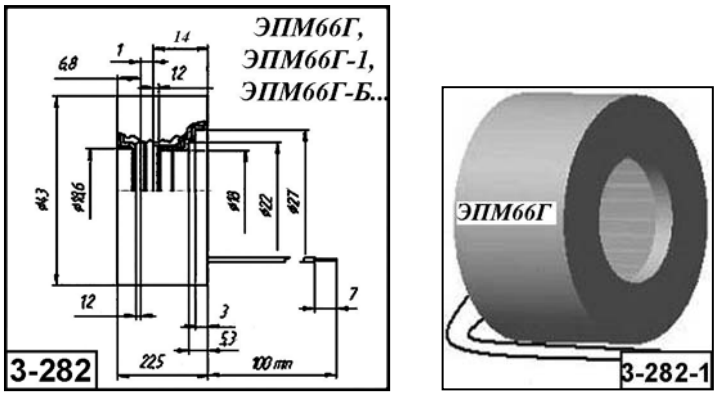


Рис. 3.6.16. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ66Г-XX

3.6.2.3. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г-К, ЭПМ66Г-1К, ЭПМ66Г-БК, ЭПМ66Г-АК, ЭПМ66Г-СК, ЭПМ66Г-ДК [Δλ = 0,2–0,9 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г-К – 2+ поколения с прямым переносом изображения, микроканальным усилением, встроенным высоковольтным источником питания со схемой защиты фотокатода от световых перегрузок и автоматической регулировкой яркости свечения экрана. Имеют многощелочной фотокатод (S25) и экран желто-зеленого или белого цвета свечения, гибкие выводы питания. Вход и выход – стеклянный диск толщиной 1,2 мм. Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.9. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.17.

Таблица 3.6.9. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ66Г-К при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	ЭПМ66Г-К	ЭПМ66Г-1К	ЭПМ66Г-БК	ЭПМ66Г-АК	ЭПМ66Г-СК	ЭПМ66Г-ДК
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–0, 9 (S25)					
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт, не менее	18	12	24	35	40	45
Предел разрешения, штр./мм, не менее	45	45	47	53	55	60
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	18	18	18	18	18	
Коэффициент преобразования, отн. ед.	20 000–25 000	20 000–25 000	30 000	30 000	30 000	30 000
Отношение сигнал/шум, отн. ед., не менее	50 (18)	50 (18)	50 (18)	55 (19)	60 (20)	65 (22)
Макс. выходная яркость (10 лк), кд/м^2	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8
Напряжение питания, В	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5
Ток потребления, мА	не более 20					
Гарантийная наработка, ч, не менее	10 000					
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50					
Габаритные размеры, мм, не более [№ рисунка]	∅43 × 22,5 [2–383]					

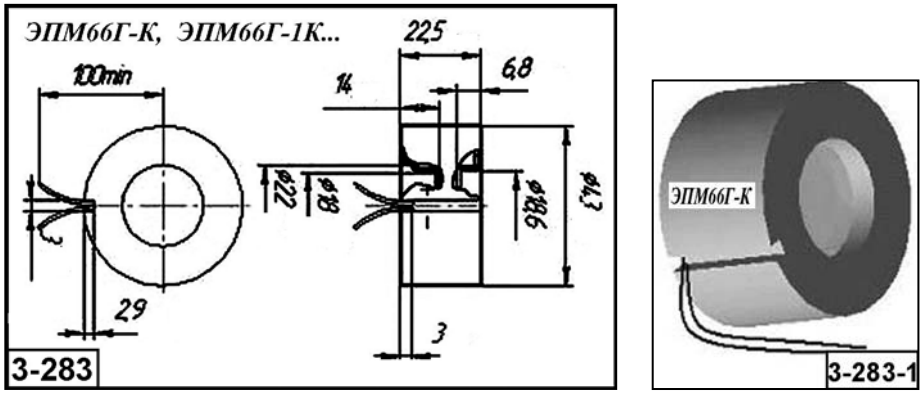


Рис. 3.6.17. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ66Г-К

3.6.2.4. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ66Г-2-К, ЭПМ66Г-1-2-К, ЭПМ66Г-2-БК, ЭПМ66Г-2-АК, ЭПМ66Г-2-СК [Δλ = 0,2–0,9 мкм]

Электронно-оптический преобразователь ЭПМ66Г-2К – 2+ поколения с прямым переносом изображения, микроканальным усилением, встроенным высоковольтным источником питания со схемой защиты фотокатода от световых перегрузок и автоматической регулировкой яркости свечения экрана. Имеет многощелочной фотокатод (S25) и экран желто-зеленого или белого цвета свечения, гибкие выводы питания. Вход и выход – стеклянный диск толщиной 1,2 мм. Микроканальная пластина имеет шаг между центрами каналов 12,5 мкм.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.10. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.18.

Таблица 3.6.10. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ66Г-2-К при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра				
	ЭПМ66Г-2-К	ЭПМ66Г-1-2-К	ЭПМ66Г-2-БК	ЭПМ66Г-2-АК	ЭПМ66Г-2-СК
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–0,9 (S25)				
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт, не менее	18	12	34	35	40
Предел разрешения, штр./мм, не менее	45	45	49	53	55
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	18	18	18	18	18
Коэффициент преобразования, отн. ед.	20 000–25 000	20 000–25 000	20 000–25 000	20 000–25 000	20 000–25 000
Отношение сигнал/шум, отн. ед., не менее	50 (18)	50 (18)	50 (18)	55 (19)	60 (20)
Макс. выходная яркость (10 лк), кд/м^2	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8
Напряжение питания, В	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5
Ток потребления, мА, не более	20	20	20	20	20
Гарантийная наработка, ч, не менее	10000				
Диапазон рабочих температур, °С	–50…+50				
Габаритные размеры, мм, не более [№ рис.]	∅43 × 22,5 макс [2-384]				

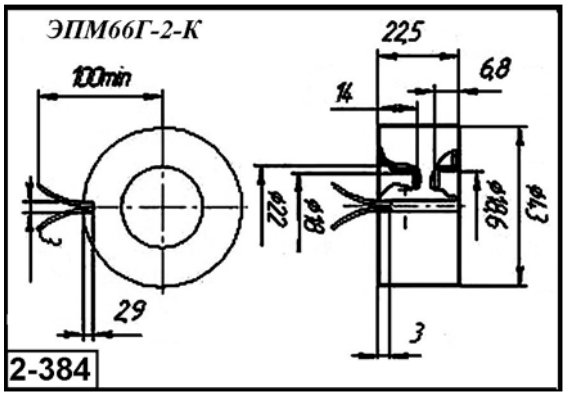


Рис. 3.6.18. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ66Г-2К

3.6.2.5. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ207Г-01(02-04)-13, ЭПМ207Г-01(02-04)-13Б, ЭПМ207Г-01(02-04)-13А, ЭПМ207Г-01(02-04)-13С, ЭПМ207Г-01(02-04)-13Д [$\Delta\lambda$ = 0,2–0,9 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ207Г-01(02-04)-13 – 2+ поколения с прямым переносом изображения, микроканальным усилением, встроенным высоковольтным источником питания со схемой защиты фотокатода от световых перегрузок и автоматической регулировкой яркости свечения экрана. Имеют многощелочной фотокатод (S25) и экран желто-зеленого или белого цвета свечения, пластинчатые контакты питания. Вход – стеклянный диск 1,2 мм, выход – волоконно-оптический элемент.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.11. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.19.

Таблица 3.6.11. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ207Г-01(02-04)-13 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра				
	ЭПМ207Г-01(02-04)-13	ЭПМ207Г-01(02-04)-13Б	ЭПМ207Г-01(02-04)-13А	ЭПМ207Г-01(02-04)-13С	ЭПМ207Г-01(02-04)-13Д
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–0,9 (S25)				
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт, не менее	18	24	40	42	50
Предел разрешения, штр./мм, не менее	45	49	53	55	60
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Коэффициент преобразования, отн. ед.	22 000–30 000	22 000–30 000	22 000–30 000	22 000–30 000	22 000–30 000
Макс. выходная яркость (10 лк), кд/м^2	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8
Напряжение питания, В	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5	2–3,5
Ток потребления, мА, не более	22	22	22	22	22
Гарантийная наработка, ч, не менее	10 000				
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50				
Габаритные размеры, мм, не более	∅36,75 × 30,4 макс				
№ рисунка	3-285				

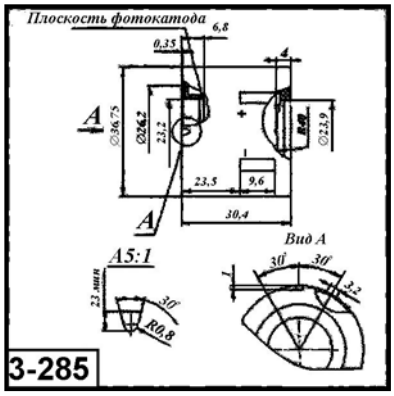




Рис. 3.6.19. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ207Г-01

3.6.2.6. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ207Г-2-11(12-14)-22 [Δλ = 0,2–0,9 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ207Г-2-11(12-14)-22 – 2+ поколения с прямым переносом изображения, микроканальным усилением, встроенным высоковольтным источником питания со схемой защиты фотокатода от световых перегрузок и автоматической регулировкой яркости свечения экрана. Имеют многощелочной фотокатод типа (S25) и экран желто-зеленого или белого цвета свечения, гибкие выводы питания. Вход – стеклянный диск 5,6 мм, выход – волоконно-оптический элемент. Микроканальная пластина имеет шаг каналов 12,5 мкм.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.12. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.20.

Таблица 3.6.12. Основные параметры ЭОП ЭПМ207Г-2-11(12-14)-22 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Норма параметра	
	норма ТУ	типовое значение
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–0,9 (S25)	
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, А/Вт, не менее	24	30
Предел разрешения, штр./мм, не менее	43	45
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	0,47	0,47
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	17,5	17,5
Коэффициент преобразования, отн. ед.	22 000–30 000	25 000
Максимальная выходная яркость (10 лк), кд/м^2	4–8	6
Напряжение питания, В	2–3,5	
Ток потребления, мА, не более	22	16
Время готовности, с, не более	2	1,2
Гарантийная наработка, ч, не менее	10 000	10 000
Диапазон рабочих температур, °С	–50…+50	
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 43 × 29,4 макс	
№ рисунка	3-286	

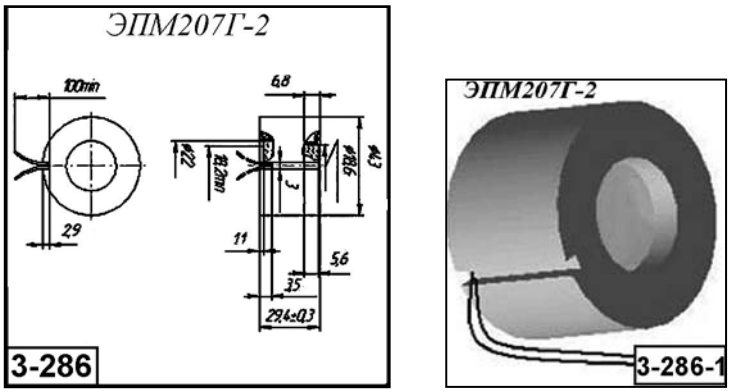


Рис. 3.6.20. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ207Г-2-11(12-14)-22

3.6.2.7. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ225Г-Б, ЭПМ225Г-С, ЭПМ225Г-Д, ЭПМ225Г-Е [Δλ = 0,35–0,9 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ225Г – 2+ поколения с прямым переносом изображения, микроканальным усилением, встроенным высоковольтным источником питания со схемой защиты фотокатода от световых перегрузок и автоматической регулировкой яркости свечения экрана. Имеют многощелочной фотокатод (S25) и экран желто-зеленого или белого цвета свечения, универсальные (пластинчато-гнездовые) контакты для подключения внешнего источника питания. Вход – стеклянный диск 5,6 мм, выход – прямой вогнутый волоконно-оптический элемент.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.9. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.21.

Таблица 3.6.13. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ225Г-ХХ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра					
	ЭПМ225Г	ЭПМ225Г-А	ЭПМ225Г-Б	ЭПМ225Г-С	ЭПМ225Г-Д	ЭПМ225Г-Е
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–0,9 (S25)					
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт, не менее	24	38	35	40	45	40
Предел разрешения, штр./мм, не менее	45	49	45	53	58	62
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Коэффициент преобразования, отн. ед.	28 200–37 700	28 200–37 700	28 200–37 700	28 200–37 700	28 200–37 700	28 200–37 700
Напряжение питания, В	2–3,8	2–3,8	2–3,8	2–3,8	2–3,8	2–3,8
Ток потребления, мА, не более	22	22	22	22	22	22
Гарантийная наработка, ч, не менее	10 000					
Диапазон рабочих температур, °С	–45...+52					
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 43 × 33,75 макс					
№ рисунка	3-287					

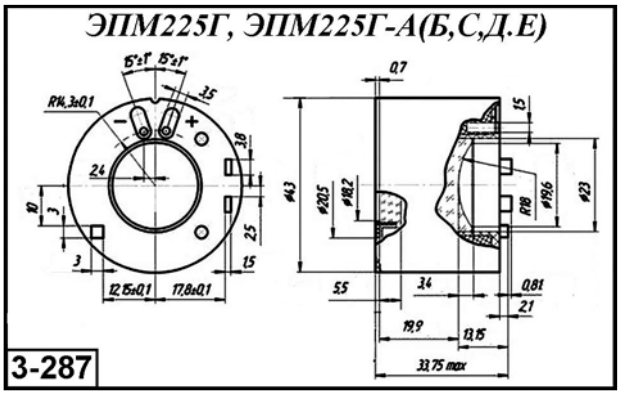


Рис. 3.6.21. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ225Г-ХХ

3.6.2.8. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ225Г-1, ЭПМ225Г-1А, ЭПМ225Г-1Б, ЭПМ225Г-1С, ЭПМ225Г-1Д [Δλ = 0,2–0,9 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ225Г-1 – 2+ поколения с прямым переносом изображения, микроканальным усилением, встроенным высоковольтным источником питания со схемой защиты фотокатода от световых перегрузок и автоматической регулировкой яркости свечения экрана. Имеют многощелочной фотокатод (S25) и экран желто-зеленого или белого цвета свечения, контактные гнезда для подключения внешнего источника питания. Вход – стеклянный диск 5,6 мм, выход – прямой вогнутый волоконно-оптический элемент.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.14. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.22.

Таблица 3.6.14. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ225Г-1-XX при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра				
	ЭПМ225Г-1	ЭПМ225Г-1А	ЭПМ225Г-1Б	ЭПМ225Г-1С	ЭПМ225Г-1Д
Область спектральной чувствительности, мкм	0,2–0.9 (S25)				
Спектральная чувствительность фотокатода на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт, не менее	24	38	35	40	50
Предел разрешения, штр./мм, не менее	45	49	45	53	58
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Коэффициент преобразования, отн. ед.	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
Напряжение питания, В	2–3,6	2–3,6	2–3,6	2–3,6	2–3,6
Ток потребления, мА, не более	22	22	22	22	22
Гарантийная наработка, ч, не менее	10 000				
Диапазон рабочих температур, °С	–45...+52				
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 43 × 31,6 макс				
№ рисунка	3-288				

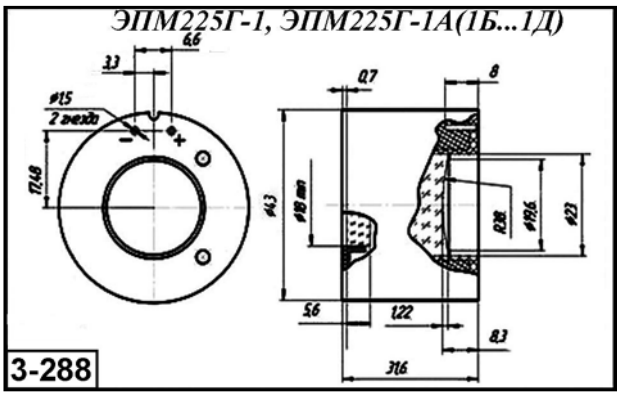


Рис. 3.6.22. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ225Г-1-XX

3.6.3. Электронно-оптические преобразователи поколения «3»

3.6.3.1. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ101Г-01-11А, ЭПМ101Г-01-11Б, ЭПМ101Г-01-11С [Δλ = 0,4–1,2 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ101Г-01-11А, ЭПМ101Г-01-11Б, ЭПМ101Г-01-11СЭ – 3-го поколения, с двойным прямым переносом изображения, с рабочим диаметром фотокатода 17,5 мм, со стеклянным входом и выходом на вогнутом волоконно-оптическом элементе с радиусом сферы 40 мм с поворотом изображения на 180°.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.15. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.23.

Таблица 3.6.15. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ101Г-01 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора/Норма параметра		
	ЭПМ101Г-01-11А	ЭПМ101Г-01-11Б	101Г-01-11С
Рабочий диаметр фотокатода, мм	17,5		
Тип фотокатода	GaAs		
Предел разрешения, штр./мм, не менее	57	51	64
Чувствительность фотокатода, не менее:			
–интегральная, мкА/лм	1800	1500	1800
–спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт	180	150	180
Коэффициент преобразования при $2\cdot10^{-5}$ кд/м^2/лк, не менее	$5\cdot10^4/\pi$	$4\cdot10^4/\pi$	$5{,}5\cdot10^4/\pi$
Яркость темнового фона, кд/м^2, не более	$5\cdot10^{-3}$		
Отношение сигнал/шум, min (при 10 лк)	24	22	25
Ток потребления, мА, max	16		
Напряжение питания, В	2,0–3,6		
Минимальная наработка, ч	10 000		
Диапазон рабочих температур, °С	–45...+50		
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 36,7 × 31,1		
Масса, г, не более	85		
№ рисунка	3-289		

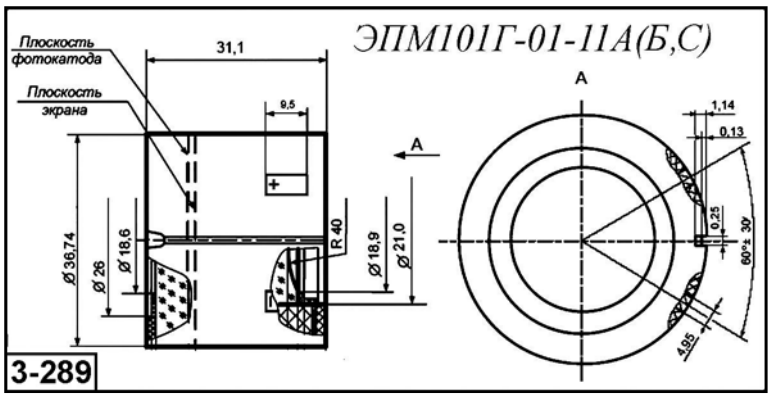


Рис. 3.6.23. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ101Г-01

3.6.3.2. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ102Г-04-22А, ЭПМ102Г-04-22Б, ЭПМ102Г-04-22С [$\Delta\lambda$ = 0,4–1,2 мкм]

Электронно-оптические преобразователи ЭПМ102Г-04-22А, ЭПМ102Г-04-22Б, ЭПМ102Г-04-22С 3-го поколения, с двойным прямым переносом изображения, с рабочим диаметром фотокатода 17,5 мм, со стеклянным входом и выходом на прямом, плоском волоконно-оптическом элементе.

Основные параметры электронно-оптических преобразователей приведены в табл. 3.6.16. Внешний вид и габаритные размеры преобразователей даны на рис. 3.6.24.

Таблица 3.6.16. Основные параметры электронно-оптических преобразователей ЭПМ102Г при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора/ Норма параметра		
	ЭПМ102Г-04-22А	ЭПМ102Г-04-22Б	ЭПМ102Г-04-22С
Рабочий диаметр фотокатода, мм	17,5		
Тип фотокатода	GaAs		
Предел разрешения, штр./мм, не менее	57	51	64
Чувствительность фотокатода, не менее:			
–интегральная, мкА/лм	1800	1500	1800
–спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт	180	150	180
Коэффициент преобразования при $2\cdot10^{-5}$ кд/м^2/лк, не менее	$5\cdot10^4/\pi$	$4\cdot10^4/\pi$	$5{,}5\cdot10^4/\pi$
Яркость темнового фона, кд/м^2, не более	$5\cdot10^{-3}$		
Отношение сигнал/шум, мин. (при 10 лк)	24	22	25
Ток потребления, мА, max	16		
Напряжение питания, В	2,0–3,6		
Минимальная наработка, ч	10 000		
Диапазон рабочих температур, °С	–		
Габаритные размеры, мм, не более	∅43 × 29,4		
Масса, г, не более	90		
№ рисунка	3-290		

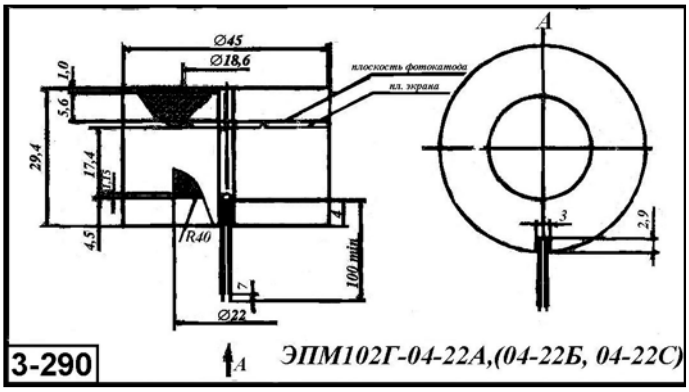


Рис. 3.6.24. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП ЭПМ102Г

3.6.4. Хронографические электронно-оптические преобразователи СПО9, СПО9-01, СПО20, СПО21, СПО22, СПО23, СПО25, СПО26 [$\Delta\lambda$ = 0,35–1,06 мкм]

Хронографические электронно-оптические преобразователи предназначены для регистрации пространственно-временных характеристик импульсных потоков оптического излучения. Катод ЭОПа многощелочной с продленной чувствительностью в ИК-области. Преобразователи работают в спектральном диапазоне от 0,35 до 1, 060 мкм, с временным разрешением от 1 до 20 пс, пространственным разрешением от 10 до 30 штр./мм,

динамическим диапазоном регистрации от 100 до 1000 (в зависимости от временного разрешения).

На основе хронографических изготавливаются электронно-оптические регистраторы, применяемые при исследованиях быстропротекающих процессов в масштабе от пикосекундных до миллисекундных интервалов времени.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 3.6.17, внешний вид – на рис. 3.6.25 и 3.6.26.

Таблица 3.6.17. Основные параметры электронно-оптических преобразователей СПО-Х при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора/Норма параметра							
	СПО9	СПО9-01	СПО20	СПО21	СПО22	СПО23	СПО25	СПО26
Область спектральной чувствительности, мкм	0,35–0,8	0,35–0,65	0,35–0,65	0,22–0,8	0,35–1,06	0,35–1,06	0,35–1,06	0,35–1,06
Материал входного окна	С52–1	С52–1	С52–1	УТ-49	С52–1	С52–1	ВОП	ВОП
Тип фотокатода	SbKNaCs	SbKCs	SbKCs	SbKNaCs	AgOCs	AgOCs	AgOCs	AgOCs
Спектральная чувствительность, мА/Вт	3 (λ = 0,8 мкм)	15 (λ = 0,428 мкм)	10 (λ = 0,428 мкм)	1 (λ = 0,26 мкм)	0,1 (λ = 1,06 мкм)	0,05 (λ = 1,06 мкм)	0,07 (λ = 1,06 мкм)	0,03 (λ = 1,06 мкм)
Размер фотокатода, мм	3 × 15	3 × 15	3 × 10	3 × 15	3 × 15	3 × 10	3 × 15	3 × 10
Размер экрана, мм	17 × 34	17 × 34	24 × 35	17 × 34	17 × 34	25 × 35	17 × 34	25 × 35
Увеличение	1+0,3	1+0,3	2+0,5	1+0,3	1+0,3	2+0,5	1+0,3	2+0,5
Пространственное разрешение, штр./мм	9	9	30	9	9	30	8	25
Временное разрешение, пс	20	20	1	20	20	1	20	3
Напряжение питания, кВ	15	15	10	15	15	10	15	10
№ рисунка	3-291		3-292	3-291		3-292	3-291	3-292



Рис. 3.6.25. Внешний вид преобразователей



Рис. 3.6.26. Внешний вид преобразователей

3.6.5. Оптико-электронный преобразователь «Сапфир 2» для ультрафиолетовой области [$\Delta\lambda$ = 0,12–0,36 мкм]

Оптико-электронный преобразователь «Сапфир 2» предназначен для усиления и визуализации изображения в УФ-области спектра, обеспечивает возможность работы в режиме счета фотонов.

Прибор имеет электронно-оптическую систему с оборачиванием изображения, входное окно из фтористого магния, две микроканальные пластины в шевронной сборке, люминесцентный экран желто-зеленого свечения на стекле или на ВОП, фотокатод теллур-цезиевый.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 3.6.18. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.6.27.

Таблица 3.6.18. Основные параметры электронно-оптических преобразователя «Сапфир 2» при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Норма параметра
Материал фотокатода	Au или TeCsJ
Диапазон спектральной чувствительности, мкм	0,120–0,36
Диаметр рабочего поля фотокатода, мм	15
Спектральная чувствительность на длине волны = 0,250 мкм, мА/Вт, не меее	20
Амплитудное разрешение, %, не более	100
Усиление МКП, о. е., не менее	$1 \cdot 10^6$
Плотность скорости счета темновых импульсов, имп/$с^{-1} \cdot см^{-2}$, не более	10
Отношение Пик/Долина, не менее	3:1
Габаритные размеры, мм, не более	∅ 41 × 68
Масса, г, не более	50
№ рисунка	3-293

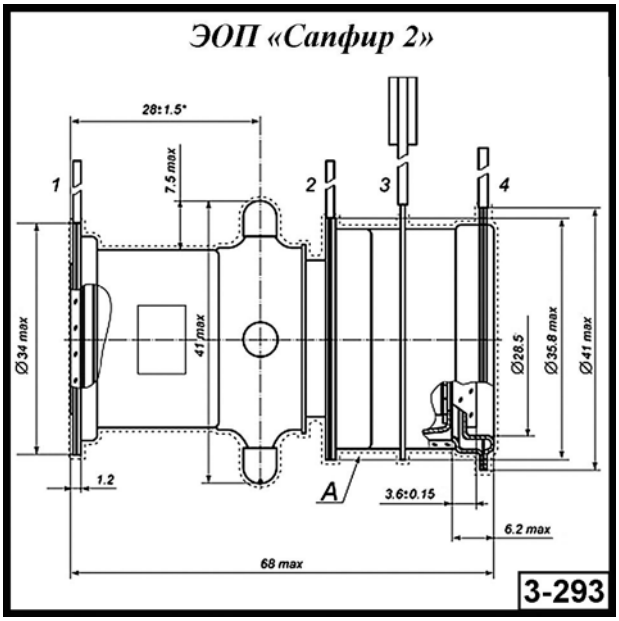


Рис. 3.6.27. Внешний вид и габаритные размеры ЭОП «Сапфир-2»

3.6.6. Рентгеновские электронно-оптические преобразователи

3.6.6.1. Рентгеновские электронно-оптические преобразователи ЭП-9, РЭП-1 и РЭП-2 [ΔE = 0,1–10 кэВ]

Электронно-оптические преобразователи ЭП-9, РЭП-1 и РЭП-2 предназначены для преобразования рентгеновского изображения в видимое. В подобных приборах имеет место тройное преобразование изображения: рентгеновского в световое, светового в электронное и электронного вновь в световое.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 3.6.19. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.6.28–3.6.30.

Таблица 3.6.19. Основные параметры рентгеновских ЭОП при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора/Норма параметра		
	ЭП-9	РЭП-1	РЭП-2
Диаметр большого рабочего поля, мм	230	230	215
Диаметр малого рабочего поля, мм	150	150	–
Диаметр выходного изображения, мм	–	–	225
Предел разрешения большого поля в диаметре 205 мм, штр./мм	2	3	–
Предел разрешения малого поля в диаметре 135 мм, штр./мм	2,2	3,5	1,8
Коэффициент преобразования, кд·с/м²·мР	110	110	0,137 кд/м²·мкГр
Контрастная чувствительность, %	3	-	–
Яркость темнового фона, кд/м²	0,01	0,01	–
Коэффициент равномерности свечения большого поля, о. е.	0,8	0,8	-
Пороговый контраст, %	–	–	4
Коэффициент контраста, о. е.	–	–	0,84
Напряжение катод–анод	–	–	$1{,}05 \cdot U_{к.а.ном}$
Напряжение питания на первом аноде:	–	–	10–25
–в режиме большого поля, кВ	5–12	5–12	–
–в режиме малого поля, кВ	20–25	20–25	–
Напряжение питания на втором аноде:	25	25	–
Напряжение на подфокусирующем электроде, кВ	–	0	–
Напряжение на фотокатоде, кВ	–	–(0,5–0)	–
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+70	–60...+55	–1...+55
Габаритные размеры, мм, не более	–	∅ 250 × 375	∅ 305 × 94
Масса, кг, не более	7	7	10
№ рисунка	3-294	3-295	3-296



Рис. 3.6.28

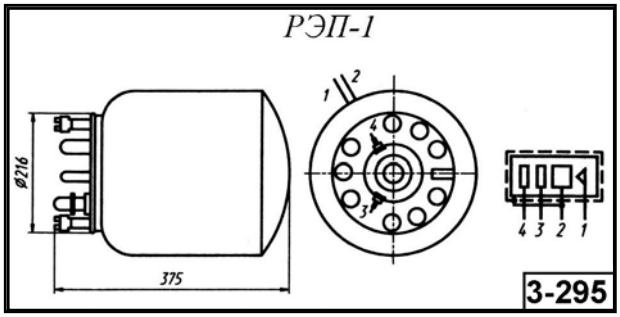


Рис. 3.6.29

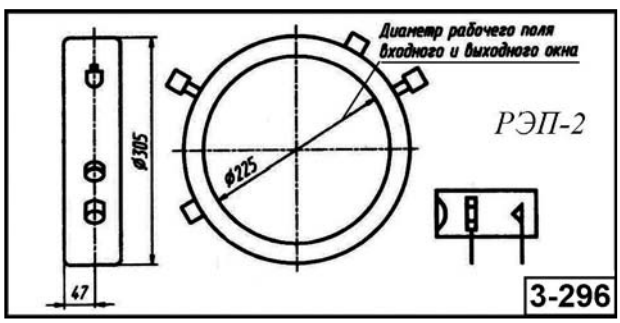


Рис. 3.6.30

3.6.6.2. Рентгеновские электронно-оптические преобразователи СРПЭ2, СРПЭ3, СРПЭ4, СРПЭ7 [ΔE = 0,1–30 кэВ]

Электронно-оптические преобразователи СРПЭ2, СРПЭ3, СРПЭ4, СРПЭ7 предназначены для рентгеновского изображения в видимое в диапазоне 0,1–30 кэВ. Тип фокусировки – электростатическая. Цвет свечения экрана на ВОП – желто-зеленый.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 3.6.20. Внешний вид и габаритные размеры даны на рис. 3.6.31 и 3.6.32.

Таблица 3.6.20. Основные параметры рентгеновских преобразователей СРПЭ2–СРПЭ7 при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения	Тип прибора/Норма параметра			
	СРПЭ2	СРПЭ3	СРПЭ4	СРПЭ7
Диапазон энергий регистрируемых квантов, кэВ	1,5–30	1,5–30	0,1–10	0,1–10
Чувствительность катода при энергии квантов, мА/Вт:				
– 8 КэВ (катод из CsJ)	0,1	–	–	–
– 0,28 КэВ (катод CsJ)	–	1	–	–
– 0,28 кэВ (катод Au)	–	0,05	–	–
Размеры фотокатода, мм	–	1 × 12	0,08 × 15	1 × 15
Материал фотокатода	CsJ	CsJ	Au, 30 нм	Au, 30 нм
Рабочее поле экрана, мм	15 × 35	15 × 35	10 × 35	18 × 35
Материал входного окна	слюда, 5 мкм	слюда, 5 мкм	п/пропилен, 1 мкм	п/пропилен, 1 мкм
Электронно-оптическое увеличение, о. е.	1,2	1,2	1	1–1,5
Пространственное разрешение при коэффициенте контрастности 0,5, штр./мм	> 4	> 4	> 5	> 10
Временное разрешение, пс	< 35	< 20	< 40	< 20
Динамическое пространственное разрешение вдоль катода, штр./мм	10	10	5	10
Напряжение питания, кВ	15	15	15	15
№ рисунка	–	3-297	3-297	3-298



Рис. 3.6.31

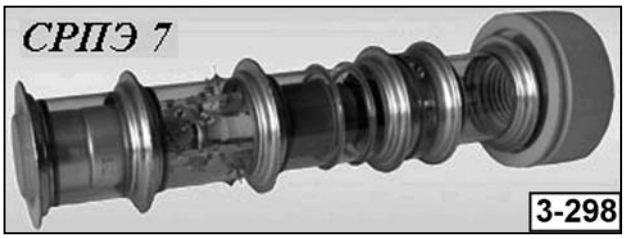


Рис. 3.6.32

3.6.6.3. Плоские рентгеновские ЭОП [ΔE = 0,1–1000 кВ]

Плоские рентгеновские электронно-оптические преобразователи ПМ-401НХ и ПМ-402НХ предназначены для регистрации коротковолновых излучений от ультрафиолета (УФ) до жесткого рентгена, а также различных корпускулярных потоков – электронов, ионов и др. – как в статическом, так и в импульсном режиме работы.

Это закрытые отпаянные ЭОП с увиолевым окном и, соответственно, с одной и двумя МКП, снабженные вакуумным фланцем, с помощью которого их сочленяют с фланцем откачиваемой камеры, внутри которой происходит регистрируемый процесс.

Основные параметры преобразователей приведены в табл. 3.6.21. Внешний вид – на рис. 3.6.33.

Таблица 3.6.21. Основные параметры рентгеновских преобразователей ПМ-401НХ и ПМ402НХ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Тип прибора/Норма параметра	
	ПМ-401НХ	ПДХ-402НХ
Диапазон спектральной чувствительности:		
– в УФ, нм	≤ 330	
– в мягком рентгене, эВ	10^2–10^4	
– в жестком рентгене, эВ	10^5–10^6	
Диаметр МКП-катода, мм	40	
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	1,0	
Дисторсия, %	0	
Пространственное разрешение, п. л./мм:		
– с одной МКП, мм, не менее	25	
– с двумя МКП, мм, не менее	–	15
Максимальное напряжение на каждой МКП, кВ, не более	1	
Напряжение между МКП и люминесцентным экраном, кВ, не более	5	
Максимальный коэффициент умножения электронов в одной МКП, отн. ед., не менее	10^3	
Рабочий вакуум, Па	$6 \cdot 10^{-4}$	
Габаритные размеры, мм, не более	∅100 × 80	
Масса, г, не более	750	
№ рисунка	3-299	



Рис. 3.6.33

3.6.6.4. Открытый пикосекундный рентгеновский ЭОП ПВ-204ХМ [ΔE = 0,1–10 кэВ]

ЭОП предназначен для регистрации изображений быстропротекающих процессов в мягком рентгеновском диапазоне в режиме линейной развертки и в многокадровом режиме. ЭОП имеет сменные полупрозрачные Au- или CJ-фотокатоды на параленовой пленке толщиной 100 нм или бериллиевой фольге толщиной 10–15 мкм, сеточный ускоряющий электрод, расположенный вблизи фотокатода, фокусирующий электрод, одну пару пластин системы развертки со штыревыми вводами, одну микроканальную пластину (МКП) и синий или зеленый люминесцентный экран на волоконно-оптическом диске.

Основные параметры преобразователя приведены в табл. 3.6.22. Внешний вид дан на рис. 3.6.34.

Таблица 3.6.22. Основные параметры рентгеновского преобразователя ПВ-204ХМ при температуре 20±5 °С

Наименование параметра. Единица измерения.	Норма параметра
Материал фотокатода	Au или CsJ
Диапазон спектральной чувствительности, эВ	10^2–10^4
Размеры рабочего поля фотокатода:	
– щелевой фотокатод на париленовой пленке или бериллиевой фольге, мм	0,1 × 15
– кадровый фотокатод на бериллиевой фольге, не менее	6 × 12
Размеры рабочего поля экрана, мм, не менее	18 × 20
Электронно-оптическое увеличение, отн. ед.	1
Пространственное разрешение на фотокатоде в статическом режиме, п. л./мм, не менее	20
Рабочее напряжение на фотокатоде, кВ, не более	5
Напряжение между ускоряющим электродом и фотокатодом, кВ, не более	5
Максимальное напряжение на МКП, кВ, не более	1
Напряжение между МКП и люминесцентным экраном, кВ, не более	5
Максимальный коэффициент умножения электронов в МКП, отн. ед., не менее	10^3
Предельное временное разрешение в режиме линейной развертки, пс	10
Чувствительность отклоняющих пластин, мм/В, не менее	0,075
Рабочий вакуум, Па	$6 \cdot 10^{-4}$
Габаритные размеры, (длина × ширина / макс. диаметр) мм, не более	215 × 75 / 75
Масса, г, не более	750
№ рисунка	3-300



Рис. 3.6.34. Внешний вид рентгеновского преобразователя ПВ-204ХМ

3.6.7. Обобщенные данные по ЭОП серий ЭПМ 101–ЭПМ 108

3.6.7.1. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 101Г-01-11А, ЭПМ 101Г-01-11Б, ЭПМ 101Г-01-11С, ЭПМ 101Г-01-21С, ЭПМ 101Г-01-21Б, ЭПМ 101Г-01-21С, ЭПМ 101Г-02-11А, ЭПМ 101Г-02-11Б, ЭПМ 101Г-02-11С, ЭПМ 101Г-02-21А, ЭПМ 101Г-02-21Б, ЭПМ 101Г-02-21С, ЭПМ 101Г-03-1, ЭПМ 101Г-03-2, ЭПМ 101Г-04-1, ЭПМ 101Г-04-2

Основные параметры преобразователей серий ЭПМ 101-хх приведены в табл. 3.6.23. Внешний вид приборов приведен на рис. 3.6.35.

Таблица 3.6.23. Основные параметры ЭОП серии ЭПМ 101Г-хх при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 101Г-01-11А	GaAs	17,5	1800	700	180	57	24	$5\cdot10^4/\pi$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-01-11Б	GaAs	17,5	1500	700	150	51	22	$4\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-01-11С	GaAs	17,5	1800	700	180	64	25	$5,5\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-01-21С	GaAs	17,5	1800	700	180	57	24	$5\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-01-21Б	GaAs	17,5	1500	700	150	51	22	$4\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-01-21С	GaAs	17,5	1800	700	180	64	25	$5,5\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-02-11Б	GaAs	17,5	1500	700	150	51	22	$4\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-02-11С	GaAs	17,5	1800	700	180	64	25	$5,5\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-02-21А	GaAs	17,5	1800	700	180	57	24	$5\cdot10^4/p$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 36,7 × 31,1	85

Таблица 3.6.23. (окончание)

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 101Г-02-21Б	GaAs	17,5	1500	700	150	51	22	$4\cdot10^4$/р	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2–3,6	16	10000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 101Г-03-1	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	75
ЭПМ 101Г-03-2	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ВОГ	ГВ	∅ 36,7 × 31,1	75
ЭПМ 101Г-04-1	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ПЛ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	75
ЭПМ 101Г-04-2	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 36,7 × 31,1	75

3.6.7.2. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 102Г-01-2, ЭПМ 102Г-02-1, ЭПМ 102Г-02-2, ЭПМ 102Г-03-1, ЭПМ 102Г-03-2, ЭПМ 102Г-04-1, ЭПМ 102Г-04-2, ЭПМ 102Г-05-2

Основные параметры преобразователей серии ЭПМ 102-хх приведены в табл. 3.6.24.

Таблица 3.6.24. Основные параметры ЭОП серии ЭПМ 102Г-хх при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м^2	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 102Г-01-2	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	100
ЭПМ 102Г-02-1	S25	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 43 × 29,4	100
ЭПМ 102Г-02-2	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	100
ЭПМ 102Г-03-1	S25	17,5	1200	700	120	42	55	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ВОГ	ПЛВ	∅ 43 × 29,4	90

Таблица 3.6.24. (окончание)

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м², макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м²	Напря жение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны $\lambda = 0{,}85$ мкм, мА/Вт													
ЭПМ 102Г-03-2	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3{\cdot}10^4$	$3{\cdot}10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 102Г-04-1	S25	17,5	1200	700	120	42	55	$3{\cdot}10^4$	$3{\cdot}10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ПЛ	ПЛВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 102Г-04-2	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3{\cdot}10^4$	$3{\cdot}10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 102Г-05-2	GaAs	17,5	1200	700	120	42	55	$3{\cdot}10^4$	$3{\cdot}10^{-3}$	4–6	2,8±0,8	20	5000	стекло А54-1	стекло С95-2	ГВ	∅ 43 × 29,4	90

3.6.7.3. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 103Г-01-2Б, ЭПМ 103Г-01-2С, ЭПМ 103Г-02-2А, ЭПМ 103Г-02-2Б, ЭПМ 103Г-02-2С, ЭПМ 103Г-03-2А, ЭПМ 103Г-03-2Б, ЭПМ 103Г-03-2С, ЭПМ 103Г-04-2А, ЭПМ 103Г-04-2Б, ЭПМ 103Г-04-2С

Основные параметры преобразователей серии ЭПМ 103-хх приведены в табл. 3.6.25.

Таблица 3.6.25. Основные параметры ЭОП серии ЭПМ 103Г-хх при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м², макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м²	Напря жение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны $\lambda = 0{,}85$ мкм, мА/Вт													
ЭПМ 103Г-01-2Б	S25	18	540	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6){\cdot}10^4$	$1{,}5{\cdot}10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85
ЭПМ 103Г-01-2С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1{,}8–2{,}6){\cdot}10^4$	$1{,}5{\cdot}10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85
ЭПМ 103Г-02-2А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1{,}8–2{,}6){\cdot}10^4$	$1{,}5{\cdot}10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95–2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85
ЭПМ 103Г-02-2Б	S25	18	540	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6){\cdot}10^4$	$1{,}5{\cdot}10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85

Таблица 3.6.25. (окончание)

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м^2	Напря жение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны $\lambda = 0{,}85$ мкм, мА/Вт													
ЭПМ 103Г-02-2С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85
ЭПМ 103Г-03-2А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	80
ЭПМ 103Г-03-2Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	80
ЭПМ 103Г-04-2А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	80
ЭПМ 103Г-04-2Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ПЛ	ПЛВ	∅ 43 × 29,4	80
ЭПМ 103Г-04-2С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	80

3.6.7.4. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 104Г-01-1Б, ЭПМ 104Г-01-1С, ЭПМ 104Г-02-1А, ЭПМ 104Г-02-1Б, ЭПМ 104Г-02-1С

Основные параметры преобразователей серии ЭПМ 104-хх приведены в табл. 3.6.26.

Таблица 3.6.26. Основные параметры ЭОП серии ЭПМ 104Г-хх при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м l	Напря жение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны $\lambda = 0{,}85$ мкм, мА/Вт													
ЭПМ 104Г-01-1Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 104Г-01-1С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 104Г-02-1А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 36 × 31,1	85

Таблица 3.6.26. (окончание)

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м², макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м²	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны $\lambda = 0{,}85$ мкм, мА/Вт													
ЭПМ 104Г-02-1Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85
ЭПМ 104Г-02-1С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	85

Сокращения.
Тип выхода: ВОЭ – волоконно-оптический элемент; ИН – инвертор, ПЛ- плоский; ВОГ – вогнутый; ПР – прямой.
Тип контактов: ПЛВ – пластинчатые выводы; ГВ – гибкие выводы

3.6.7.5. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 105Г-00-22Б, ЭПМ 105Г-01-11А, ЭПМ 105Г-01-11Б, ЭПМ 105Г-01-11С, ЭПМ 105Г-01-22А, ЭПМ 105Г-01-22Б, ЭПМ 105Г-01-22С, ЭПМ 105Г-02-11А, ЭПМ 105Г-02-11Б, ЭПМ 105Г-02-11С, ЭПМ 105Г-02-22А, ЭПМ 105Г-02-22Б, ЭПМ 105Г-02-22С, ЭПМ 105Г-03-22А, ЭПМ 105Г-03-22Б, ЭПМ 105Г-03-22С, ЭПМ 105Г-04-22А

Основные параметры преобразователей серии ЭПМ 105-хх приведены в табл. 3.6.27.

Таблица 3.6.27. Основные параметры ЭОП серии ЭПМ 105Г-хх при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м², макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м²	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны $\lambda =$ 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 105Г-00-22Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	стекло С95-2	ГВ	∅ 43 × 22,5	59
ЭПМ 105Г-01-11А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	90
ЭПМ 105Г-01-11Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1{,}8–2{,}6)\cdot10^4$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	90

Таблица 3.6.27. (продолжение)

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м^2	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 105Г-01-11С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	90
ЭПМ 105Г-01-22А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 105Г-01-22Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 105Г-01-22С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 105Г-02-11А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	90
ЭПМ 105Г-02-11С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ПЛВ	∅ 36,7 × 31,1	90
ЭПМ 105Г-02-22А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅43 × 29,4	90
ЭПМ 105Г-02-22Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 105Г-02-22С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ИН, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	90
ЭПМ 105Г-03-22А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ВОГ	ГВ	∅43 × 29,4	85
ЭПМ 105Г-03-22Б	S25	18	350	180	18	36	40	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85

Таблица 3.6.27. (окончание)

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м^2	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 105Г-03-22С	S25	18	540	280	40	45	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ВОГ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85
ЭПМ 105Г-04-22А	S25	18	540	280	40	40	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	5000	стекло С95-2	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 29,4	85

3.6.7.6. Электронно-оптические преобразователи ЭПМ 108Г-00-22А, ЭПМ 108Г-00-22Б, ЭПМ 108Г-00-22В, ЭПМ 108Г-04-22А, ЭПМ 108Г-04-22Б, ЭПМ 108Г-04-22В, ЭПМ 108Г-10-22А, ЭПМ 108Г-10-22Б, ЭПМ 108Г-10-22В, ЭПМ 108Г-14-22А, ЭПМ 108Г-14-22Б, ЭПМ 108Г-14-22В

Основные параметры преобразователей серии ЭПМ 108-хх приведены в табл. 3.6.28.

Таблица 3.6.28. Основные параметры ЭОП серии ЭПМ 108Г-хх при температуре 20±5 °С

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м^2	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 108Г-00-22А	S25	25	500	280	40	40	55	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 1,2 мм	стекло С95-2	ГВ	∅ 43 × 31	75
ЭПМ 108Г-00-22Б	S25	25	500	240	35	38	50	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 1,2 мм	стекло С95-2	ГВ	∅ 43 × 31	75
ЭПМ 108Г-00-22В	S25	25	350	180	18	36	42	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 1,2 мм	стекло С95-2	ГВ	∅ 43 × 31	75
ЭПМ 108Г-04-22А	S25	25	540	280	40	40	55	$(1,8–2,6)\cdot10^4$	$1,5\cdot10^{-3}$	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 1,2 мм	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 31	105

Таблица 3.6.28. (окончание)

Тип прибора	Тип фотокатода	Рабочий диаметр фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода			Предел разрешения, штр./мм, мин.	Отношение С/Ш, мин.	Коэффициент преобразования	Яркость темнового фона, кд/м^2, макс.	Яркость свечения экрана в режиме работы АРЯ, кд/м^2	Напряжение питания, В	Ток потребления, макс, мА	Минимальная наработка, ч	Материал входа	Материал выхода	Тип контактов	Габаритные размеры, мм	Масса, макс, г
			интегральная, мкА/лм	с фильтром КС-17, мкА/лм	спектральная на длине волны λ = 0,85 мкм, мА/Вт													
ЭПМ 108Г-04-22Б	S25	25	500	240	35	38	50	(1,8–2,6)·10^4	1,5·10^{-3}	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 1,2 мм	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 31	105
ЭПМ 108Г-04-22В	S25	25	350	180	18	36	42	(1,8–2,6)·10^4	1,5·10^{-3}	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 1,2 мм	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 31	105
ЭПМ 108Г-10-22А	S25	25	540	280	40	40	55	(1,8–2,6)·10^4	1,5·10^{-3}	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 5,6 мм	стекло С95-2	ГВ	∅ 43 × 31	80
ЭПМ 108Г-10-22Б	S25	25	500	240	35	38	50	(1,8–2,6)·10^4	1,5·10^{-3}	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 5,6 мм	стекло С95-2	ГВ	∅ 43 × 31	80
ЭПМ 108Г-14-22А	S25	25	540	280	40	40	55	(1,8–2,6)·10^4	1,5·10^{-3}	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 31	110
ЭПМ 108Г-14-22Б	S25	25	500	240	35	38	50	(1,8–2,6)·10^4	1,5·10^{-3}	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 31	110
ЭПМ 108Г-14-22В	S25	25	350	180	18	36	42	(1,8–2,6)·10^4	1,5·10^{-3}	2–5	2,8±0,8	16	2000	стекло 5,6 мм	ВОЭ, ПР, ПЛ	ГВ	∅ 43 × 31	110

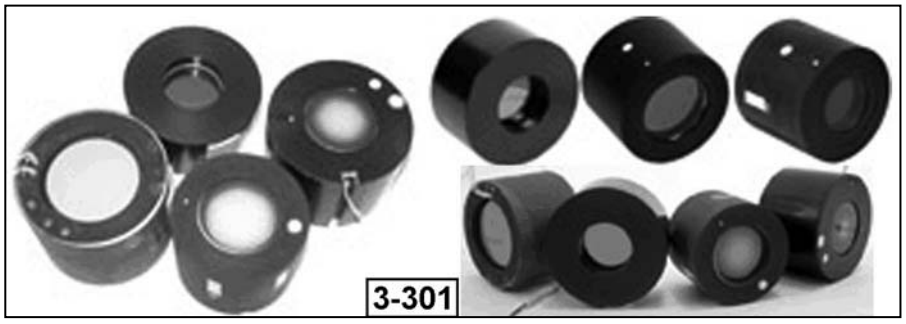


Рис. 3.6.35. Внешний вид ЭОП серий ЭПМ101–ЭПМ108

ПРИЛОЖЕНИЕ

Алфавитный перечень приборов, размещенных в Части 1 Справочника

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
АВ-5	105, (106)
АГ-1	53, (53)
АГ-2	53, (53)
АГ-3	53, (53)
АГ-4	53, (53)
АГ-5	53, (53)
АГ-6	53, (53)
АДИИ-1.1	97, (97)
АДИИ-1.2	97, (97)
АДИИ-1.3	97, (97)
АДИИ-2	98, (98)
АДИИ-3	99, (99)
АДИИ-3.1	100, (100)
АДИИ-3.2	100, (100)
АДИИ-3.3	100, (100)
АС-1	29, (30)
АС-2	29, (30)
БДЗА-96	66,67, (67)
БДЗА-96с	66,67, (67)
БДЗА-96б	66,67, (67)
БДЗА-96м	66,67, (67)
БДЗА-96т	66,67, (67)
БДКН-04	58, (58)
БДКН-96	58, (58)
БДКР-01	70,71, (71)
БДМГ-04-00	56, (57)
БДМГ-04-01	56, (57)
БДМГ-04-02	56, (57)
БДМГ-04-03	56, (57)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
БДМГ-04-04	56, (57)
БДМГ-101	57, (57)
БДМГ-101М	57, (57)
БДМГ-АТ2343	56, (57)
БДМН-96	57, (57)
БДПА-01	66,67, (67)
БДР1-20	93,94, (нет)
БДР1-50	93,94, (нет)
БДР1-125	93,94, (нет)
БДР1-200	93,94, (нет)
БДР2-20	93,94, (нет)
БДР2-50	93,94, (нет)
БДР2-125	93,94, (нет)
БДР2-200	93,94, (нет)
БДС-Б	68, (68)
БДС-Б-150	68, (68)
БДС-Г	69, (69)
БДС-Г-100х100	69, (69)
БДС-Г-150х100	69, (69)
БДС-Р5	71, (72)
ВС-4	37, (44)
ВС-6	37, (44)
ВС-8	37, (44)
ВС-9	37, (44)
ВС-9Г	37, (44)
ВС-11	37, (44)
ВС-13	37, (44)
ВС-14	37, (44)
ВС-16	37, (44)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ГД-Г1	94,95, (95)
ГС-4	37, (44)
ГС-6	37, (44)
ГС-7	37, (44)
ГС-8	37, (44)
ГС-9	37, (44)
ГС-10	37, (44)
ГС-11	37, (44)
ГС-12	37, (44)
Д1А	85, (86)
Д1В	85, (86)
Д4.5А	85, (86)
Д4.5АМ	85, (86)
Д4.5В	85, (86)
Д10А	85, (86)
Д10В	85, (86)
Д30А	85, (86)
Д30В	85, (86)
ДГб-0,25	87, (87)
ДГД-5	91, (нет)
ДГДК-15	91, (нет)
ДГДК-20	91, (нет)
ДГДК-25	91, (нет)
ДГДК-30	91, (нет)
ДГДК-35	91, (нет)
ДГДК-40	91, (нет)
ДГДК-50	91, (нет)
ДГДК-60	91, (нет)
ДГДК-70	91, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ДГДК-80	91, (нет)
ДГДК-90	91, (нет)
ДГР-3-1	93, (88)
ДГР-3-2	93, (88)
ДГР-3-3	93, (88)
ДГР-5-1	93, (88)
ДГР-5-2	93, (88)
ДГР-5-8	93, (88)
ДГР-11	92, (92)
ДГР-12	92, (92)
ДГР-22	92, (92)
ДДР-5/2	83,84, (84)
ДДР-8/2	83,84, (84)
ДДР-12/2	83,84, (84)
ДДР-18/2	83,84, (84)
ДДС-5/2	81,82, (82)
ДДС-8/2	81,82, (82)
ДДС-8/6	81,82, (82)
ДДС-12/2	81,82, (82)
ДДС-12/10	81,82, (82)
ДДС-18/2	81,82, (82)
ДДС-18/10	81,82, (82)
ДКГ	86, (86)
ДКД-Пм-2,5	88, (88)
ДКД-Пм-3	88, (88)
ДКДПс-25	78, (75)
ДКДПс-50	78, (75)
ДКДПс-100	78, (75)
ДКДПс-125	78, (75)
ДКДПс-200	78,79, (75)
ДКДПс -250	78,79, (75)
ДКДПс-350	78,79, (75)
ДКДПс-500	78,79, (75)
ДКДПсд-20	79, (77)
ДКДПсд-50	79, (77)
ДКДПсд-125	79, (77)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ДКПО-dE/dx-25	77, (77)
ДКПО-dE/dx-50	77, (77)
ДКПО-dE/dx-125	77, (77)
ДКПО-dE/dx-200	77, (77)
ДКПО-Д-0,5-50	81, (77)
ДКПО-Д-0,5-100	81, (77)
ДКПО-Д-0,5-200	81, (77)
ДКПО-Д-1,0-50	81, (77)
ДКПО-Д-1,0-100	81, (77)
ДКПО-Д-1,0-200	81, (77)
ДКПО-Д-1,5-50	81, (77)
ДКПО-Д-1,5-100	81, (77)
ДКПО-Д-1,5-200	81, (77)
ДКПО-Д-2,0-50	81, (77)
ДКПО-Д-2,0-100	81, (77)
ДКПО-Д-2,0-200	81, (77)
ДКПс-25	74, (75)
ДКПс-35	74, (75)
ДКПс-50	74, (75)
ДКПс-100	74, (75)
ДКПс-200	74, (75)
ДКПс-350	74, (75)
ДКПс-500	74, (75)
ДКПсд-20	76, (76)
ДКПсд-50	76, (76)
ДКПсд-125	76, (76)
ДКРС-2,5/3	84, (85)
ДКРС-4/3	84, (85)
ДКРС-6/3	84, (85)
ДКРС-9/3	84, (85)
КНК3	54, (нет)
КНК4	54, (нет)
КНК15	54, (нет)
КНК15-1	54, (нет)
КНК53М	54, (нет)
КНК56	54, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
КНК56М	54, (нет)
КНК57М	54, (нет)
КНТ-7	54,55, (55)
КНТ-8	54,55, (55)
КНТ-9	54,55, (55)
КНТ-10	54,55, (55)
КНТ-31	54,55, (55)
КНТ31-1	54,55, (55)
КНТ-54	54,55, (55)
КНТ-54-1	54,55, (55)
Контейнер типа “А”	61,62, (62)
Контейнер типа “Б”	61,62, (62)
Контейнер типа “В”	61,62, (62)
Контейнер типа “Г”	61,62, (62)
Контейнер типа “Д”	61,62, (62)
Контейнер типа “Ж”	61,62, (62)
Контейнер типа “З”	61,62, (62)
Контейнер типа “И”	61,62, (62)
ЛТС-1	42, (нет)
МДКД-П-10	80, (80)
МДКД-П-20	80, (80)
МДКД-П-30	80, (нет)
МДКД-П-40	80, (нет)
МС-4	38, (44)
МС-6	38, (44)
МС-7	38, (44)
МС-8	38, (44)
МС-9	38, (44)
МС-11	38, (44)
МС-12	38, (44)
МС-13	38, (44)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
МС-14	38, (44)
МС-16	38, (44)
МСТ-17	35, (36)
МСТ-18	35, (36)
МСТР-3	51, (52)
МСТР-4	51, (52)
МСТР-5	51, (52)
ПДПА-1К	83, (83)
ПДПА-1К1	83, (83)
ПДПА-1К2	83, (83)
ПДПА-1К3	83, (83)
ПДПА-1К4	83, (83)
ПДПА-1К5	83, (83)
ПДПС-1К	83, (83)
ПРД-Д-01	90, (90)
ПРД-Д-02	90, (90)
ПРД-Д-04	90, (90)
ПС-Н	61, (61)
ПСТ-40	34, (35)
РГД-0	94,95, (95)
РГД-1	94,95, (95)
РГД-2	94,95, (95)
РД на САД1	102, (нет)
САД1	101,102, (нет)
САД1-01	101,102, (нет)
САТ-3	27, (28)
САТ-4	27, (28)
САТ-5	27, (28)
САТ-7	27, (28)
САТ-8	27, (28)
САТ-9	28, (28)
САТ-10	28, (28)
САТ-11	28, (28)
СБМ-7	29, (30)
СБМ-8	29, (30)
СБМ-9	29, (30)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СБМ-10	29, (30)
СБМ-11	29, (30)
СБМ-12	29, (30)
СБМ-13	29, (30)
СБМ-14	29, (30)
СБМ-15	30, (30)
СБМ-19	30, (30)
СБМ-20	30, (30)
СБМ-20U	31, (32)
СБМ-21	31, (32)
СБМ-24БГ	31, (32)
СБМ-28БГ	31, (32)
СБМ-29БГ	31, (32)
СБМ-30	31, (32)
СБМ-31	31, (32)
СБМ-32	31, (32)
СБМ-32К	31, (32)
СБС-1	31, (32)
СБС-2	31, (32)
СБС-3	31, (32)
СБС-4	31, (32)
СБС-5	31, (32)
СБТ-7	32, (32)
СБТ-9	32, (33)
СБТ-10	32, (33)
СБТ-10А	32, (33)
СБТ-11	32, (33)
СБТ-11А	32, (33)
СБТ-13	32, (32)
СБТ-14	32, (32)
СБТ-15	33, (33)
СБТ-16	33, (33)
СБТ-17	34, (33)
СГМ11	43, (нет)
СГМ18	44, (44)
СГМ19	44, (44)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СГС-3	39, (44)
СГС-4	39, (44)
СГС-5	39, (44)
СГС-6	39, (44)
СДН.64.30.40-17.38	63, (63)
СДН.69.40.40-20.38	63, (63)
СДН.83.100.100-35.70	63, (63)
СДН.83.160.160-57.100	63, (63)
СДН.83.200.200-75.150	63, (63)
СДН.83.40.40-12,5.27	63, (63)
СДН.83.40.50-12,5.37	63, (63)
СДН.83.63.6 3-10.37	63, (63)
СДН.83.80.50-18.27	63, (63)
СДН.83.80.80-18.47	63, (63)
СИ-1 ГИП	36, (35)
СИ-1Г	39, (44)
СИ-1БГ	42, (44)
СИ1Ф	50, (50)
СИ-2Б	34, (35)
СИ-2БГ	42, (44)
СИ2П	51, (нет)
СИ2Р	51, (52)
СИ-3Б	34, (35)
СИ-3БГ	42, (44)
СИ3Р	51, (52)
СИ-4Г	39, (44)
СИ4Р	51, (52)
СИ4Ф	50, (50)
СИ-5Б	34, (35)
СИ-5Г	40, (44)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СИ5Р	51, (52)
СИ-6Б	34, (35)
СИ-6Г	40, (44)
СИ6Р	51, (нет)
СИ-7Б	34, (35)
СИ-7Г	40, (44)
СИ-8Б	34, (35)
СИ-8БМ	34, (30)
СИ-8Г	40, (35)
СИ-9А	28, (28)
СИ-9БГ	34, (36)
СИ9Р	52, (нет)
СИ-10БГ	42, (44)
СИ-10Г	40, (44)
СИ-10Н	45, (49)
СИ10Р	52, (нет)
СИ-11БГ	43, (44)
СИ-11Г	40, (44)
СИ-11Р	52 (нет)
СИ-12БГ	34, (30)
СИ-12Г	40, (44)
СИ-12Р	52, (нет)
СИ-13Б	34, (35)
СИ-13Г	40, (44)
СИ-13Н	45, (49)
СИ-13Р	52, (нет)
СИ-14Б	34, (35)
СИ-14Г	40, (44)
СИ-15БГ	35, (нет)
СИ-19Г	40, (44)
СИ-19БГ	35, (нет)
СИ-19Н	45, (49)
СИ-20Г	40, (44)
СИ-21Г	40, (44)
СИ-21БГ	43, (44)
СИ-22Г	40, (44)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СИ-22БГ	43, (44)
СИ-22ГУ	40, (44)
СИ-23Г	41, (44)
СИ-23БГ	35, (36)
СИ-24БГ	35, (36)
СИ-24Г	41, (44)
СИ-25Г	41, (44)
СИ-28БГ1	35, (36)
СИ-28БГ2	35, (36)
СИ-29БГ	35, (36)
СИ-31Г	41, (44)
СИ-33Г	41, (44)
СИ-34Г	42, (44)
СИ-37Г	42, (44)
СИ-38Г	42, (44)
СИ-39Г	42, (44)
СИ-40Г	42, (44)
СКД1	88,89, (нет)
СКД1-01	88,89, (нет)
СКД1-02	88,89, (нет)
СН-01	49, (49)
СН-03	49, (49)
СН-04	49, (49)
СНМ-3	45, (49)
СНМ-5	45, (49)
СНМ-9	45, (49)
СНМ-10	45, (49)
СНМ-11	46, (49)
СНМ-12	46, (49)
СНМ-13	46, (49)
СНМ-14	46, (49)
СНМ-15	46, (нет)
СНМ-16	46, (49)
СНМ-17	46, (49)
СНМ-18	47, (49)
СНМ-18-1	47, (49)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СНМ-19	47, (49)
СНМ-20	47, (49)
СНМ-32	47, (49)
СНМ-33	47, (49)
СНМ-42	47, (49)
СНМ-50	47, (нет)
СНМ-51	47, (нет)
СНМ-52	47, (нет)
СНМ-53	47, (нет)
СНМ-55	47, (нет)
СНМ-56	48, (49)
СНМ-57	48, (нет)
СНМ-58	48, (49)
СНМ-59	48, (49)
СНМ-60	48, (49)
СНМ-61	48, (49)
СНМ-66	48, (нет)
СНМ-66-2	48, (нет)
СНМ-66-3	48, (нет)
СНМ-67	48, (нет)
СНМ-68	48, (нет)
СНМ-72	48, (49)
СНМ-73	48, (49)
СНМ-76	48, (49)
СНМ-76-1	48, (49)
СНМ-77	48, (49)
СНМ-79	48, (49)
СНМ-8	48, (49)
СНМ-80	48, (49)
СНМО-5	45, (49)
СППД1	89, (нет)
СППД1-01	89, (нет)
СППД3	89, (нет)
СППД3-01	89, (нет)
СППД5	89, (нет)
СППД11	89, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СППД11-01	89, (нет)
СППД11- 02	89, (нет)
СППД11- 03	89, (нет)
СППД11- 04	89, (нет)
СППД12	96, (нет)
СППД14	96, (нет)
СРМ-1	51, (52)
СРМ19	52, (52)
СРМ20	52, (52)
СРТ-4	51, (52)
СРТ-5	52, (52)
ССДИ8М	70, (нет)
ССДИ8М-01	70, (нет)
ССДИ29	70, (нет)
СТС-1	43, (44)
СТС-2	43, (44)
СТС-3	43, (44)
СТС-5	36, (30)
СТС-6	36, (35)
СТС-8	43, (44)
СФК-1	50, (нет)
СЧДИ1М	70, (нет)
Т-25БФЛ	36, (36)
ФДУК-100УВ	113, (114)
ФДУК-100УВZr/ Sic	104, (нет)
ФДУК-1УВСК	104, (104)
ФДУК-8УВСК	104, (104)

Алфавитный перечень приборов, размещенных в Части 2 Справочника

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
1ПП921	247, (248)
2ОТТ-9-1.1-1.6	392, (392)
2ОТТ-10-1.1-1.3	392, (392)
2ОТТ-102-1.6-4.6	392, (392)
2ОТТ-132-1.6-8.6	392, (392)
2ОТТ-21-1.4-1.4	392, (392)
2ОТТ-24-1.3-1.45	392, (392)
2ОТТ-46-1.6-2.1	392, (392)
2ОТТ-65-1.3-1.1	392, (392)
2ДФ103А5	148, (149)
3ОТТ-26-1.1-1.35	392, (392)
3ОТТ-46-1.3-1.35	392, (392)
3ОТТ-94-1.3-0.9	392, (392)
4ДФ106А-5	256, (256)
6ОТТ-163-2.0-2.6	392, (392)
9Э-111А	233, (234)
9Э-111Б	233, (234)
9Э-111В	233, (234)
1200ЦЛ1	304, 305,306, (305)
1200ЦЛ2	304, 307, 308, (307)
1200ЦЛ-4Б	304, 308, 309, (308)
1200ЦЛ-4В	304, 308, 309, (308)
1200ЦЛ-4Г	304, 308, 309, (308)
1200ЦЛ-5	304, 309, 310, (309)
1200ЦЛ6	304, 310, 311, (310)
1200ЦЛ-7	305, 311, 312, (311)
1200ЦЛ-7-1	305, 311, 312, (311)
1200ЦМ-1	333, 335, (335)
1200ЦМ-1А	333, 335, (335)
1200ЦМ2	333, 336, (336)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
1200ЦМ-2А	333, 336, (336)
1200ЦМ-2Б	333, 336, (336)
1200ЦМ-7	333, 336 (337)
1200ЦМ-7А	333, 336 (337)
1200ЦМ-7Б	333, 336 (337)
1200ЦМ-8	333, 338, (339)
1690	148, 156, (148,157)
1691	148, 156, (148,157)
1690-Б	148, 156, (148,157)
1690-В	148, 156, (148,157)
АМС-490	439, (439)
АМС-491	440, (440)
АП-РЛ-402	412,413, (413)
АП-РЛ-407	405, (405)
АП-РЛ-413	405, (405)
АП-РЛ-417	405, (405)
АПУ-РЛ-406	437, (438)
АПУ-РЛ-412	437, (438)
АПУ-РЛМ-411	429,430, (340)
АРМ-22	241, (нет)
АФПУ-01-А	266,267, (266)
Б1200ЦМ10-3	333, 339,340, (340)
Б1200ЦМ9-3	333, 339,340, (340)
БГС-2	451, (нет)
БКМ-1	451, (452)
БКМ-2	451, (452)
БКМ-4	451, (452)
БКМ-5а	451, (452)
БКМ-5б	451, (452)
БМ6-К1	449, (нет)
БМ6-К2	449, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
БМ6-Ф1	449, (нет)
БМ6-Ф2	450, (нет)
БМ6-Ц1	449, (нет)
БМ6-Ц2	450, (нет)
БМ7 кл. 1	450, (нет)
БМ7 кл. 2	450, (нет)
БМ7 кл. 3	450, (нет)
БМИ-1	449, (нет)
БМИ-2	449, (нет)
БМК-3	449, (450)
БМЦ-3	449, (450)
БН-1	449, (нет)
БП-10	462, (462)
БП1-2	451, (452)
БП1-4	451, (нет)
БП-2	459, (460)
БП2-1	457, (457)
БП2-2	462, (462)
БП2-3А	457, (457)
БП2-3Б	457, (457)
БП2-3В	457, (457)
БП2-3Г	457, (457)
БП2-3Д	457, (457)
БП2-6	462, (462)
БП-2А	459, (460)
БП-2АМ	460, (460)
БП-2М	460, (460)
БП-2МП	460, (460)
БП-2МС	460, (460)
БП-2М-Э	460, (460)
БП-5А	451, (452)
БП-5Б	451, (452)
БП-7	462, (462)
БП-8	462, (462)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
БП-9	462, (462)
БП-9М	462, (462)
“Веер-1”	244, (243)
“Веер-2”	244, (243)
ГД-20	233, (нет)
ГД-50	233, (нет)
ДПД01А	148, (149)
ДПД01А-2	148, (149)
ФД “Альфа 3”	193, (нет)
ФД “Гранит”	193, (нет)
ФД “Квант”	193, (нет)
ФД “Порог”	193, (нет)
ФД “Порог 2”	193, (нет)
ДФД 40	254, (254)
ДФД 70	254, (254)
ДФД70М	277, (276)
ДФД70-ОМ-01	277, (276)
ДФД 250/Б	254, (254)
ДФД 250ТО/Б	253, (254)
ДФД300С	255, (254)
ДФД300Б	255, (254)
ДФД300М	277, (276)
ДФД500Б	254, (254)
ДФД500С	255, (254)
ДФД 500ТО/Б	254, (254)
ДФД1000ТО	255, (254)
ДФД1000ТО-К	255, (254)
ДФД1000ТС	255, (254)
ДФД2000ТС	255, (254)
ДФДШМ40-012	281, (282)
ДФДШМ40-016	281, (282)
ДФДШМ70-05	280, (280)
ДФДШМ70-06	280, (280)
ИНПФ	458, (459)
К-5	128, (нет)
К-10	128, (нет)
К-20	128, (нет)
К849ПП1	246, (247)
К1200ЦЛ1	304,305, (305)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
К1200ЦЛ3	304, (нет)
К1200ЦМ-15	339, (339)
КБ1130ПП1-3 б/к	251, (250)
КБ1130ПП1-3	251, (250)
КВО.1732.000	391,392, (392)
КВО.1753.000	391,392, (392)
КВО.1770.000	391,392, (392)
КВО.1789.000	391,392, (392)
КВО.1796.000	391,392, (392)
КВО.1799.000	391,392, (392)
КВО.3103.000	391,392, (392)
КВО.7810.000	391,392, (392)
КВО.7812.000	391,392, (392)
КВО.7813.000	391,392, (392)
КВО.7813.000-0,1	391,392, (392)
КДФ101А	177, (177)
КДФ103А	177, (177)
КДФ105А	177, (178)
КДФ110А	177, (178)
КДФ111А	177, (178)
КДФ111А1	177, (178)
КДФ111А2	177, (177)
КДФ111А3	179, (178)
КДФ111А4	179, (178)
КДФ111А5	179, (179)
КДФ111Б	177, (178)
КДФ111Б1	177, (178)
КДФ111Б2	178, (177)
КДФ111Б3	179, (178)
КДФ111В	177, (178)
КДФ111В2	178, (177)
КДФ111В3	179, (178)
КДФ111Г2	178, (177)
КДФ112А	179, (179)
КДФ113А1-2	179, (180)
КДФ113А1-3	179, (180)
КДФ113А2-2	179, (180)
КДФ113А2-3	179, (180)
КДФ113А3-2	179, (180)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
КДФ113А3-3	180, (180)
КДФ113А4-2	180, (181)
КДФ113А4-3	180, (181)
КДФ113А5-2	180, (181)
КДФ113А5-3	181, (181)
КДФ113А6-3	181, (182)
КДФ113А7-2	181, (182)
КДФ113А8-2	182, (182)
КДФ115А	182, (182)
КДФ115-А	182, (182)
КДФ115А1	182, (182)
КДФ115-А3	182, (182)
КДФ115А5	182, (182)
КДФ115-А5	182, (182)
КДФ115Б	182, (182)
КДФ117А1	183, (184)
КДФ117А1	183, (184)
КДФ117А1-2	183, (184)
КДФ117А1-3	183, (184)
КДФ117А2	183, (184)
КДФ117А2-2	183, (184)
КДФ117А2-3	183, (184)
КДФ117А3	183, (184)
КДФ117А3-2	183, (184)
КДФ117А3-3	183, (184)
КДФ117А4	184 (185)
КДФ117А4-2	184 (185)
КДФ117А5	184 (185)
КДФ117А5-2	184 (185)
КДФ118А	184 (185)
КДФ118Б	184 (185)
КДФ-6×6-ТО8-1	185, (186)
КДФ-6×6-ТО8-2	185, (186)
КДФ-6×6-ТО8-3	185, (186)
КДФ-6×6-ТО8-4	185, (186)
КДФ-6×6-ТО8-5	185, (186)
КДФ-12×12-ТОХ-2	185, (186)
КДФМ2-02	188, (188)
КДФМ4-02	188, (188)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
КДФМ4-03	188, (189)
КОФ119А	148, (149)
КОФ119Б	148, (149)
КОФ120А	148 (149)
КОФ120Б	148 (149)
КОФ121А	149, (149)
КОФ121Б	149, (149)
КОФ122А	149, (150)
КОФ122Б	149, (150)
КОФ125А	149, (150)
КОФ129	149, (150)
КОФ137А	149, (150)
КОФ-224А	194, (195)
КОФ-224Б	194, (195)
КТМ-10/25	468, (нет)
КТМ-16/25	468, (нет)
КТМ-50/19	468, (нет)
КТМ-100/25	468, (нет)
КТМЛ -20/30	468, (нет)
КТФ102А	194, (195)
КТФ102А1	194, (195)
КТФ102А4	194, (195)
КТФ102А5	194, (195)
КТФ102АМ	194, (195)
КТФ102А Sp	194, (195)
КТФ104Б	195, (196)
КТФ104В	195, (196)
КТФ104А Sp	195, (195)
КТФ108А	195, (196)
КТФ109А	196, (196)
КФДМ	148, (148)
КФДМ(гр.А)	148, (148)
КФДМ(гр.Б)	148, (148)
КЧФ-1-29	244, (243)
КЧФ-1-29Р	244, (243)
КЧФ-2-9	244, (243)
КЧФ-2-18	244, (244)
ЛПП-1	457, (нет)
ЛФД-2	237, (237)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ЛФДГ-70А	236, 237, (237)
ЛФДГ-70АП	236, 237, (237)
ЛФДГ-70Б	236, 237, (237)
ЛФДГ-70БП	236, 237, (237)
ЛФДГ-70ВП	236, 237, (237)
ЛФДГ-70С	272, (273)
ЛФДГ-70СТ	274, (274)
ЛФДГ-150А	236, 237, (237)
ЛФДГ-150АП	236, 237, (237)
ЛФДГ-150АС	236, 237, (237)
ЛФДГ-150Б	236, 237, (237)
ЛФДГ-150БП	236, 237, (237)
ЛФДГ-150ВП	236, 237, (237)
ЛФДГ-150С	273, (273)
ЛФДГ-200С	273, (273)
МГ-30А	463, (464)
МГ-30Б	463, (464)
МГ-30В	463, (464)
МГ-32	463, (464)
МГ-32А	463, (464)
МГ-33	463, (464)
МГ-33-01	463, (464)
МГ-33-02	463, (464)
МГ-33-03	463, (464)
МСМГ-5А-1,3/80	446, (446)
МИФ-15	222, (222)
МПЭПИ-100	466, (467)
МПЭПИ-25	466, (467)
МФ-6А	217, (217)
МФ-6Б	217, (217)
МФ-14	218, (219)
МФ-16А	219, (220)
МФ-16Б	219, (220)
МФ-16В	219, (220)
МФППФ1000	150, (150)
МФПУ ОМ1	445, (445)
НБГ-1	449, (450)
НБГ-2	449, (450)
ПП-04	458, (459)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ПП-04 ТК	458, (459)
ПП-07	458, (459)
ПРОМ-364-0,85-2048	269, (269)
ПРОМ-364-0,85-8448	269, (269)
ПРОМ-364-0,85-34368	269, (269)
ПРОМ-364М-2048	294, (294)
ПРОМ-364М-8448	294, (294)
ПРОМ-364М-15552	294, (294)
ПРОМ-364М-34368	294, (294)
ПРОМ-367-2048	298, (296)
ПРОМ-367-8448	298, (296)
ПРОМ-367-34368	298, (296)
ПРОМ-368-15552	298, (296)
ПРОМ-368-34368	298, (296)
ПРОМ-370	295,298 (296)
ПРОМ-371-1200	295,298 (296)
ПРОМ-371-2500	295,298 (296)
ПРОМ-373	295,298 (296)
ПРОМ-374	295,298 (296)
ПРОМ-375	295,298 (296)
ПРОМ-376	295,298 (296)
ПРОМ-377-2048	295,298 (296)
ПРОМ-377-34368	295,298 (296)
ПРОМ-377-8448	295,298 (296)
РТН-1	455, (нет)
РТН-2	455, (нет)
РТН-3	455, (нет)
РТН-10	455, (нет)
РТН-11	455, (нет)
РТН-12	455, (нет)
РТН-20	455, (нет)
РТН-30	455, (нет)
СДФ4-01	188, (189)
СДФ4-02	188, (189)
СДФ4-03	188, (189)
СДФ4-04	188, (189)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СДФ4-05	189, (190)
СДФ4-07	189, (190)
СДФ4-08	189, (190)
СДФ4-09	189, (нет)
СДФ12-02	189, (190)
СДФ16-01	189, (190)
СРТА 140-17	144, (145)
СРТА 140-40	144, (145)
СРТА 143-30	144, (145)
СРТА 149-35	144, (145)
СРТА 149b-26	144, (145)
СРТА 150-50	144, (145)
СРТА 151-30	144, (145)
СРТА РС1	145, (146)
СРТА РС21	145, (146)
СРТА РС9	145, (146)
СФ2-1	130, (132)
СФ2-2	130, (132)
СФ2-4	130, (132)
СФ2-5	130, (132)
СФ2-5А	130, (132)
СФ2-5М	130, (132)
СФ2-6	130, (132)
СФ2-6А	130, (132)
СФ2-6Б	130, (132)
СФ2-8	130, (132)
СФ2-9	130, (132)
СФ2-12	130, (132)
СФ2-16	130, (132)
СФ2-18	109, (109)
СФ2-19	109, (109)
СФ3-1	138, (141)
СФ3-2	138, (141)
СФ3-2А	138, (141)
СФ3-2Б	138, (141)
СФ3-3	139, (нет)
СФ3-4А	139, (141)
СФ3-4Б	139, (141)
СФ3-5	139, (141)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СФ3-7А	139, (141)
СФ3-7Б	139, (141)
СФ3-8	139, (141)
СФ3-9А	139, (141)
СФ3-9Б	139, (141)
СФ3-10а	139, (141)
СФ3-10б	139, (141)
СФ3-10в	139, (141)
СФ3-11	139, (141)
СФ3-12	139, (141)
СФ3-16	139, (141)
СФ3-М1	140, (142)
СФ3-М2	140, (142)
СФ4-1	385, (386,387)
СФ4-1А	385, (386)
СФ4-1Б	385, (386)
СФ4-1В	385, (386)
СФ4-1Д	385, (386)
СФ4-2А	385, (386)
СФ4-2Б	385, (386)
СФ4-2В	385, (386)
СФ4-2Д	385, (386)
СФ4-3А	385, (386)
СФ4-3Б	385, (386)
СФ4-3В	385, (386)
СФ4-3Д	385, (386)
СФ4-10	415, (416)
СФ4-11	415, (416)
СФД1-3535-02	187, (187)
СФД1-3535-03	187, (187)
СФД1-3535-04	187, (187)
СФД1-3535-05	187, (187)
СФД1-3535-06	187, (187)
ТД-505	453, (453)
ТК-1х1,5	453, (454)
ТК-3х1,5	453, (454)
ТПИ-1-5	456, (нет)
ТПИ-2-5	456, (нет)
ТПИ-5	456, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ТПИ-8	456, (нет)
ТПИ-10	456, (нет)
ТПИ-14	456, (нет)
ТФ5	228, (нет)
ТФ-10	228, (нет)
ТФ-100	228, (нет)
ТФ132-25-8	230, (229)
ТФ132-25-10	230, (229)
ТФ173-1000	230, (231)
ТФ183-2000	230, (231)
ТФ193-2500	230, (231)
ТФ253-630	230, (231)
ТФ273-1000	230, (231)
ТФ353-630	230, (231)
ТЭМ-5	453, (453)
У-69	151, (152)
У-73	151, (152)
У-79	151, (152)
У-99	151, (152)
У-160	151, (152)
У163	151, (152)
У-180	151, (152)
У208А	196, (196)
У208Б	196, (196)
У208В	196, (196)
У-212	151, (152)
У-214	151, (152)
У-244	151, (152)
У-258	151, (152)
У-262	151, (152)
У-264	151, (152)
УФ-101	126, (127)
УФД01	152, (153)
УДФ-01-01	114, (114)
УФД02	152, (153)
УФД03	153, (153)
УДФ-04-16	114, (114)
УФД05	272, (270)
УФД05-01	272, (270)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
УФД06	153, (153)
УФД07	270, (270)
УФД07-01	270, (270)
УФД11	153, (153)
УФД12	153, (153)
УФД13М	153, (153)
УФД14М	153, (153)
УФД15М	153, (153)
УФД15М-1	153, (153)
УФД16	154, (155)
УФД20	154, (155)
УФД20-01	154, (155)
УФД21	154, (155)
УФД22 гр.1	154, (155)
УФД22 гр.2	154, (155)
УФД23	154, (155)
УФД24	154, (155)
УФД25М	154, (155)
УФД26 гр.А	154, (154)
УФД26 гр.Б	154, (154)
УФУО02	207, (нет)
УФУР01	202, (203)
УФУР02	394, (394)
УФУР-04	207, (нет)
УФУР4	208, (нет)
Ф-32С	125,126, (127)
Ф-33С	125,126, (127)
Ф-34С	125,126, (127)
Ф-35С	125,126, (127)
Ф-36С	125,126, (127)
Ф-37С	125,126, (127)
Ф-38С	125,126, (127)
Ф-39С	125,126, (127)
Ф-40С	125,126, (127)
Ф-41С	125,126, (127)
Ф-42С	125,126, (127)
Ф-44С	125,126, (127)
Ф-45С	125,126, (127)
Ф-50С	125,126, (127)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
Ф-52С	125,126, (127)
Ф-54С	125,126, (127)
Ф-55С	125,126, (127)
ФА-1	118, (118)
ФА-2	118, (118)
ФА-3	118, (118)
ФА-3-1	119, (119)
ФА-3-2	119, (119)
ФД-1	232, 233, (234)
ФД-1-1	121, (121)
ФД-1-2	121, (121)
ФД1-28	384, (384)
ФД1-34	384, (384)
ФД1-38	384, (384)
ФД-2(гр.1)	232, 233, (234)
ФД-2(гр.2)	232, 233, (234)
ФД2М	156, (157)
ФД-2Ц	192, (192)
ФД-3	232,233, (234)
ФД-3А	232,233, (234)
ФД-3К	156, (157)
ФД-4Г	232,233, (234)
ФД-5Г	232,233, (234)
ФД-6Г	232,233, (234)
ФД-6К	156, (157)
ФД-7Г	232,233, (234)
ФД-7К (гр. А)	156, (156)
ФД-7К (гр. Б)	156, (157)
ФД-8К	156, (157)
ФД-8К(гр.1690)	156, (157)
ФД-8К(гр.1691)	156, (157)
ФД-9К	156, (156)
ФД-10ГА	233, (235)
ФД-10ГБ	233, (235)
ФД-10К	156, 157, (157)
ФД-10К (гр. А)	156, 157, (157)
ФД-10КП	157, (157)
ФД-11К	157, (158)
ФД-17К	157, (158)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФД-18К	157, (158)
ФД-19КК гр.Б	157, (158)
ФД-19КК гр.А	157, (158)
ФД-20-30К	158, (158)
ФД-20-31К (гр.Б)	158, (158)
ФД-20-31К (гр.А)	158, (158)
ФД-20-32К	158, (159)
ФД-20-33К	159, (160)
ФД-20КП	158, (158)
ФД-21КП	159, (159)
ФД-22КП	159, (160)
ФД-23К	159, (157)
ФД-24-01	159, (159)
ФД-24К	159, (159)
ФД-25К	159, (159)
ФД-26К	159, (159)
ФД-27К	159, (159)
ФД-28КП	159, (160)
ФД-36	159, (160)
ФД100А	270, (270)
ФД100Б	270, (270)
ФД100В	271, (270)
ФД-119Л	271, (270)
ФД-125К PIN	159, (160)
ФД-131А PIN	161, (161)
ФД-131Б PIN	161, (161)
ФД-131МБ PIN	161, (161)
ФД-141К PIN	161, (160)
ФД-149К	162, (162)
ФД-150	162, (162)
ФД-150М	162, (162)
ФД-151	244, (244)
ФД-152	245, (244)
ФД-161-01А б/к	256, (255)
ФД-161-01А м/о	275, (276)
ФД-161-01А п/о	256, (255)
ФД-161-01А с/в	275, (276)
ФД-161-01Б б/к	256, (255)
ФД-161-01Б м/о	275, (276)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФД-161-01Б п/о	256, (255)
ФД-161-01Б с/в	275, (276)
ФД-161А б/к	256, (255)
ФД-161А п/о	256, (255)
ФД-161А м/о	275, (276)
ФД-161А с/в	275, (276)
ФД-161Б б/к	256, (255)
ФД-161Б м/о	275, (276)
ФД-161Б п/о	256, (255)
ФД-161Б с/в	275, (276)
ФД-225А	162, (162)
ФД-225Б	162, (162)
ФД-245А	162, (162)
ФД-245Б	162, (162)
ФД246А	245, (245)
ФД246АМ	245, (245)
ФД246Б	245, (245)
ФД246БМ	245, (245)
ФД-252	263, (262)
ФД-252-01	263, (262)
ФД-252-01А б/к	263, (262)
ФД-252-01А м/о	263, (262)
ФД-252-01А п/о	263, (262)
ФД-252-01А с/в	263, (262)
ФД-252-01Б б/к	263, (262)
ФД-252-01Б м/о	263, (262)
ФД-252-01Б п/о	263, (262)
ФД-252-01Б с/в	263, (262)
ФД-252-02А б/к	263, (262)
ФД-252-02А п/о	263, (262)
ФД-252-02Б б/к	263, (262)
ФД-252-02Б п/о	263, (262)
ФД-252А б/к	263, (262)
ФД-252А п/о	263, (262)
ФД-252А с/в	263, (262)
ФД-252Б б/к	263, (262)
ФД-252Б п/о	263, (262)
ФД-252Б с/в	263, (262)
ФД-253	163, (163)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФД-254	163, (163)
ФД-255	163, (163)
ФД-256	163, (163)
ФД-257	404, (405)
ФД-263	163, (164)
ФД-263-01	163, (164)
ФД-265-01А	163, (164)
ФД-265-01Б	163, (164)
ФД-265-02А	163, (164)
ФД-265-02А черн.	163, (164)
ФД-265А	163, (164)
ФД-265Б	163, (164)
ФД-266	233, (234)
ФД-268	403, (404)
ФД-269	163, (164)
ФД-271	163, (164)
ФД-286	163, (164)
ФД-287	233, (235)
ФД-288А	164, (165)
ФД-288А-1	165, (165)
ФД-288Б	164, (165)
ФД-288В	165, (165)
ФД-290	263, (262)
ФД-290-01 (гр.А)	263, (262)
ФД-290-01 (гр.Б)	263, (262)
ФД-291	165, (165)
ФД-292	165, (165)
ФД-292А	165, (165)
ФД-293	165, (165)
ФД-294	403, (404)
ФД-295	166, (166)
ФД-296М	166, (166)
ФД-297М	166, (166)
ФД-299	166, (166)
ФД-301	166, (166)
ФД-302	166, (166)
ФД-303	166, (167)
ФД-304М	166, (167)
ФД-304М гр.А	166, (167)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФД-304М-1	166, (167)
ФД-305М	166, (167)
ФД-306М	167, (168)
ФД-307	167, (168)
ФД309	167, (168)
ФД310	167, (168)
ФД-311Л	265, (264)
ФД-312	271, (270)
ФД-312Л	272, (270)
ФД-313М	167, (168)
ФД-315	233, (235)
ФД-316	233, (нет)
ФД-317Л	266, (264)
ФД-318М	167, (169)
ФД-319	167, (168)
ФД-319-01	168, (168)
ФД-320	168, (169)
ФД-320-01	168, (169)
ФД-321М-01 гр.1	169, (169)
ФД-321М-01 гр.2	169, (169)
ФД-321М-02 гр.А	169, (169)
ФД-321М-02 гр.Б	169, (169)
ФД-321М-03	169, (169)
ФД-321М-04 Гр.1	170, (170)
ФД-321М-04 Гр.2	170, (170)
ФД-322Л	272, (270)
ФД-323Л	272, (273)
ФД-324	263, (262)
ФД-325М	170, (нет)
ФД-325М-01	170, (нет)
ФД-325М-02	170, (нет)
ФД-327 Гр. 1	170, (170)
ФД-327 Гр. 2	170, (170)
ФД-328	171, (171)
ФД-330М	171, (нет)
ФД-331	171, (171)
ФД-332	171, (171)
ФД-337А	171, (171)
ФД-337 Гр.2	171, (171)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФД-337Б	171, (171)
ФД-337В	171, (171)
ФД-338	171, (171)
ФД-342	171, (171)
ФД-342-01	171, (171)
ФД-342-01 (гр.А)	171, (171)
ФД 344	172, (172)
ФД 344-01	172, (172)
ФД 344-02	172, (172)
ФД-344М	172, (172)
ФД-345А	172, (172)
ФД-345Б	172, (172)
ФД-349М	173, (173)
ФД-351	233, (235)
ФД-355	233, (нет)
ФД-439	173, (нет)
ФД-511	403, (404)
ФД-511-1	409, (409)
ФД-611	173, (173)
ФД0101	175, (176)
ФД0201	175, (176)
ФД0201К	175, (176)
ФД0251К	175, (176)
ФД0301	175, (176)
ФД0301К	175, (176)
ФД0501	175, (176)
ФД1001-01	175, (176)
ФД1001к-01	175, (176)
ФД1801к-01	175, (176)
ФД2501к-01	175, (176)
ФД-16-02	190, (191)
ФД-16-04	190, (191)
ФД-32-02	190, (191)
ФД-32-04	190, (191)
ФД-64-02	190, (191)
ФД-УФ1	113, (114)
ФД “Альфа 3”	193, (нет)
ФД “Гранит”	193, (нет)
ФД “Квант”	193, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФД “Порог”	193, (нет)
ФД “Порог 2”	193, (нет)
ФДГ-70	234, (235)
ФДГ-150	234, (235)
ФДГ-200	234, (235)
ФДГ-300	234, (235)
ФДГ-500	234, (235)
ФДГ-1000	234, (235)
ФДГ-1500	234, (235)
ФДГ-3600	234, (235)
ФДГ-5000	234, (235)
ФДГ-500СТ	235, (235)
ФДГ-1000СТ	235, (235)
ФДГ-3600СТ	235, (235)
ФДГ-5000СТ	235, (235)
ФДК-1	156, (157)
ФДК-1в	156, (157)
ФДК-142	111, (111)
ФД-К-142	111, 161(111)
ФДК-142-01	111, 161(111)
ФДК-146А, (Б)	161(111)
ФДК-148А, (Б)	161(161)
ФДК-151	244, (244)
ФДК-152	244, (244)
ФДК-152А	244, (244)
ФД-К-155	162, (162)
ФДК-157	162, (162)
ФД-К-227	163, 263, (262)
ФДК-КИ-2	173, (173)
ФДК-М	173, (173)
ФДЛ16	190, (191)
ФДЛ64	190, (191)
ФДЛ-118-01 б/к	265, (264)
ФДЛ-118-01 м/о	265, (264)
ФДЛ-118-01 п/о	265, (264)
ФДЛ-118-01 с/в	265, (264)
ФДЛ-118-02 б/к	265, (264)
ФДЛ-118-02 п/о	265, (264)
ФДЛ-118-03 б/к	265, (264)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФДЛ-118-03 м/о	265, (264)
ФДЛ-118-03 п/о	265, (264)
ФДЛ-118-03 с/в	265, (264)
ФДЛ-118-04 б/к	265, (264)
ФДЛ-118-04 п/о	265, (264)
ФДЛ-118б/к	265, (264)
ФДЛ-118п/о	265, (264)
ФДЛ-118с/в	265, (264)
ФДЛ-119-01А б/к	271, (273)
ФДЛ-119-01А м/о	271, (273)
ФДЛ-119-01А с/в	271, (273)
ФДЛ-119-01А п/о	271, (273)
ФДЛ-119-01Б б/к	272, (273)
ФДЛ-119-01Б м/о	272, (273)
ФДЛ-119-01Б п/о	272, (273)
ФДЛ-119-01Б с/в	272, (273)
ФДЛ-119А б/к	272, (273)
ФДЛ-119А м/о	272, (273)
ФДЛ-119А п/о	272, (273)
ФДЛ-119А п/о	272, (273)
ФДЛ-119А с/в	272, (273)
ФДЛ-119Б м/о	272, (273)
ФДЛ-119Б п/о	272, (273)
ФДЛ-119Б с/в	272, (273)
ФДЛ-119Б б/к	272, (273)
ФДЛ-119В б/к	272, (273)
ФДЛ-119В м/о	272, (273)
ФДЛ-119В п/о	272, (273)
ФДЛ-119В с/в	272, (273)
ФДЛ-119Г п/о	272, (273)
ФДЛ-119Д п/о	272, (273)
ФДЛ-311	265, (264)
ФД-311	265, (264)
ФДМ-1	271, (270)
ФДМ-14-2к	271, (270)
ФДО-117	403, (404)
ФДО-119	403, (404)
ФДО-257	403, (404)
ФДПК-1	192, (192)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФДПК-2	192, (192)
ФДУК-1УСТ	112, (112)
ФДУК 2	174, (174)
ФДУК-2УП	112, (112)
ФДУК-2УТ	112, (112)
ФДУК 4	174, (174)
ФДУК-5У	112, (112)
ФДУК-8УС	112, (112)
ФДУК 11	174, (174)
ФДУК 11-1	174, (174)
ФДУК 11С	174, (174)
ФДУК-10УТ	112, (112)
ФДУК-11УТ	112, (112)
ФДУК 12С	174, (174)
ФДУК 12СТ	174, (174)
ФДУК-100УВ	113(114)
ФДУК-100УТ	112, (112)
ФДУК 200	174, (174)
ФМ6	449, (нет)
ФМ-А	449, (450)
ФМ-Б	449, (450)
ФМ-В	449, (450)
ФМ-611	414, (413)
ФОН-2	208, (нет)
ФОТМ-128х128	441, (нет)
ФОТМ-384х384	441, (нет)
ФОТМ-768х576	441, (нет)
ФП1-1300	271, (270)
ФП1-850К	271, (270)
ФП-3	264, (262)
ФПА-1	122, (122)
ФПЗС1Л	312, (313)
ФПЗС1Л-1	312, (313)
ФПЗС1М-А	341, 342,(342)
ФПЗС1М-Б	341, 342,(342)
ФПЗС1М-В	341, 342, 343, (342)
ФПЗС3М	341, 343, (344)
ФПЗС3М-1	341, 343, (344)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФПЗС4М	341, 345, (347)
ФПЗС-4М	341, 345, (347)
ФПЗС5М	341, 347, (348)
ФПЗС5М-1	341, 347, (348)
ФПЗС5М-2	341, 347, (348)
ФПЗС6М	341, 349, (350)
ФПЗС6М-1	341, 349, (350)
ФПЗС 6Л	312, 314, (315)
ФПЗС-200М	444, (444)
ФПКЛД	241, (нет)
ФПМ-1000СТ	241, (241)
ФПМ-500СТ	241, (241)
ФПМ-70-0,85СТ	269, (268)
ФППЗ 011	366, (366)
ФППЗ 017	366, (366)
ФППЗ 029	366, (366)
ФППЗ 048	366, (366)
ФППЗ 049	366, (366)
ФППЗ-069	376, (нет)
ФППЗ 075	366, (366)
ФППЗ 1Л	316, (317)
ФППЗ 2Л	316, (317)
ФППЗ 3Л	316, (нет)
ФППЗ 5Л	316, (318)
ФППЗ 6Л	316, (318)
ФППЗ 7Л	316, (319)
ФППЗ 8Л	316, (320)
ФППЗ 8ЛБ	316, 320 (320)
ФППЗ 10Л	316, 322, (нет)
ФППЗ 29Л	316, (322)
ФППЗ 30Л	316, (323)
ФППЗ 37Л	316, (324)
ФППЗ 38Л	316, 324, (нет)
ФППЗ 38Л-1	316, 324, (нет)
ФППЗ 39Л	316, 324, (нет)
ФППЗ 2048Л	316, 324, (325)
ФППЗ 2600Л	316, 325, (325)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФППЗ 4700Л	316, 326, (326)
ФППЗ-12000Л	316, 326, (326)
ФППЗ 1М	350, (нет)
ФППЗ 2М	350, (нет)
ФППЗ 4М	351, (нет)
ФППЗ 5М	351, (нет)
ФППЗ 11М	351, (нет)
ФППЗ 12М	351, (нет)
ФППЗ 13М	351, (352)
ФППЗ 14М	351, 353, (353)
ФППЗ-15М	351, (355)
ФППЗ 16М	351, (нет)
ФППЗ 17М	351, (356)
ФППЗ 18М	351, (357)
ФППЗ 20М	351, (358)
ФППЗ 21М	351, (359)
ФППЗ 22М	351, (нет)
ФППЗ 23М	351, (нет)
ФППЗ 24М	351, (нет)
ФППЗ 25М	351, (нет)
ФППЗ 26М	351, (360)
ФППЗ 28М	351, (360)
ФППЗ 30М	351, (нет)
ФППЗ 31М	352, (нет)
ФППЗ 32МД	375, (нет)
ФППЗ 33МД	375, (нет)
ФППЗ 34МД	375, (нет)
ФППЗ 35МД	375, (нет)
ФППЗ 36МД	375, (нет)
ФППЗ 37МД	375, (нет)
ФППЗ 38МД	375, (нет)
ФППЗ 39МД	375, (нет)
ФППЗ 40МД	375, (нет)
ФППЗ Р31	352, (нет)
ФППЗ-1070	376, (нет)
ФППЗ “Лидер-1”	352, 363, (364)
ФППЗ “Кандела”	316, (327)
ФППЗ “Каскад”	352, (362)
ФППЗ “Квадро”	352, (363)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФППЗ “Квадро-Т”	352, (363)
ФППЗ “Проект”	352, (365)
ФПУ-1	115, (115)
ФПУ-2	115, (115)
ФПУ-3	115, (115)
ФПУ-03М	241, (240)
ФПУ-8	115, (115)
ФПУ-9	115, (115)
ФПУ-14А	225, (224)
ФПУ-14Б	225, (224)
ФПУ-15	241, (нет)
ФПУ-16	241, (240)
ФПУ-17А	267, (нет)
ФПУ-17Ц	269, (нет)
ФПУ-19	241, (240)
ФПУ-20	241, (240)
ФПУ-21	241, (нет)
ФПУ-22	241, (240)
ФПУ-23	206, (206)
ФПУ-24Н	206, (206)
ФПУ-30	435, (434)
ФПУ-31	435, (434)
ФПУ-32	435, (434)
ФПУ-34	435, (434)
ФПУ-36	228, (227)
ФПУ-74	465, (466)
ФПУ-74-01	465, (466)
ФПУ-76-01	465, (466)
ФПУ-76-02	465, (466)
ФПУ-76-03	465, (466)
ФПУ-77	208, (209)
ФПУ-073	257, (257)
ФПУ-092	258, (259)
ФПУ-100	115, (нет)
ФПУ113У-01	210, (210)
ФПУ113У-02	210, (210)
ФПУ-Д-01	240, (нет)
ФПУ-Д-02	240, (нет)
ФПУ-Д-03	241, (нет)
ФПУ-Д-04	241, (нет)
ФПУ-Д-05	241, (нет)
ФПУ-Д-06	241, (нет)
ФПУ-ДЧ-10	241, (нет)
ФПУ ДР-93	447, (447)
ФПУ-КИ-2	212, (212)
ФПУ-М	212, (212)
ФПУ ФД	116, (116)
ФПУ ФУР137Л	117, (нет)
ФПУ “Зима”	436, (436)
ФПУ “Новость”	432, (432)
ФПУ “Тень”	213, 415, (415)
ФПУ “Фотометр”	431, (431)
ФПУ “Заход”	200, (200)
ФПУ “Сектор 2В”	205, (205)
ФПУ «Планета»	427, (427)
ФПУ «Спектр»	427, (427)
ФПУ «Стяг-Ч»	427, (427)
ФПФ-7А	135, (136)
ФПФ-7Б	135, (136)
ФПФ-7В	135, (136)
ФПФ-7-2	135, (136)
ФПФ-9-2	135, (136)
ФПЯ-1-1	120, (120)
ФПЯ-1-2	120, (120)
ФР1-3	378, (380)
ФР1-4	378, (380)
ФР1-1/13	378, (380)
ФР1-28-1-1,5х1,15	383, (384)
ФР1-28-1-2×2	383, (384)
ФР1-28-1-3×3	383, (384)
ФР1-34-1-1,5×1,15	383, (384)
ФР1-34-1-2×2	383, (384)
ФР1-34-1-3×3	383, (384)
ФР1-38-1-1,5×1,15	383, (384)
ФР1-38-1-2×2	383, (384)
ФР1-38-1-3×3	383, (384)
ФР2-28-1-1,5×1,15	395, (394)
ФР2-28-1-2×2	395, (394)
ФР2-28-1-3×3	395, (394)
ФР2-34-1-1,5×1,15	396, (394)
ФР2-34-1-2×2	396, (394)
ФР2-34-1-3×3	396, (394)
ФР2-38-1-1,5×1,15	396, (394)
ФР2-38-1-2×2	396, (394)
ФР2-38-1-3×3	396, (394)
ФР3-11А	140, (141)
ФР3-11Б	140, (141)
ФР 3-1/20	386, (386)
ФР-117	135, (136)
ФР-118	135, (136)
ФР-119	135, (136)
ФР-121	135, (136)
ФР-162А	140, (142)
ФР-162Б	140, (142)
ФР-162В	140, (142)
ФР-164	406, (406)
ФР-183	379, (380)
ФР-188А	385, (386)
ФР-188Б	385, (386)
ФР-188В	385, (386)
ФР-188Г	385, (386)
ФР-188Д	385, (386)
ФР-189М	406, (406)
ФР-193А	379, (381)
ФР-193Б	379, (381)
ФР-193В	379, (381)
ФР-193Г	379, (381)
ФР-193Д	379, (381)
ФР194-01	399, (399)
ФР194-11	399, (399)
ФР194-15	399, (399)
ФР194-17	399, (399)
ФР194-19	399, (399)
ФР194М-03	400, (400)
ФР194М-05	400, (400)
ФР194М-07	400, (400)
ФР194М-09	400, (400)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФР194М-13	400, (400)
ФР195-01	399, (399)
ФР195-11	399, (399)
ФР195-15	399, (399)
ФР195-17	399, (399)
ФР195-19	399, (399)
ФР195М-03	400, (400)
ФР195М-05	400, (400)
ФР195М-07	400, (400)
ФР195М-09	400, (400)
ФР195М-13	400, (400)
ФР196М-01	401, (401)
ФР196М-03	401, (401)
ФР196М-05	401, (401)
ФР196М-07	401, (401)
ФР197М-01	401, (401)
ФР197М-03	401, (401)
ФР197М-05	401, (401)
ФР197М-07	401, (401)
ФР198М-01	401, (401)
ФР198М-03	401, (401)
ФР198М-05	401, (401)
ФР-199	394, (394)
ФР-202.1	379, (381)
ФР-203	379, (381)
ФР-204М	413, (413)
ФР-219	386, (387)
ФР-219-01	386, (387)
ФР-219-02	386, (387)
ФР-219-03	386, (387)
ФР-220	379, (381)
ФР-220-1	379, (381)
ФР-220-2	379, (381)
ФР-220-3	379, (381)
ФР-220-4	379, (381)
ФР-220-5	379, (381)
ФР-220-6	379, (381)
ФР-221	386, (387)
ФР-221-01	386, (387)
ФР-221-02	386, (387)
ФР-221-03	386, (387)
ФР224	393, (394)
ФР224-01	393, (394)
ФР224-02	393, (394)
ФР224-03	393, (394)
ФР226	379, (нет)
ФР226-01	379, (нет)
ФР226-02	379, (нет)
ФР226-03	379, (нет)
ФР-611	385, (386)
ФР-612	131, (134)
ФР-613	140, (142)
ФР622-0,1	382, (382)
ФР622-0,1-Т	393, (394)
ФР622-0,5	382, (382)
ФР622-0,5-Т	393, (394)
ФР622-1	382, (382)
ФР622-1-Т	393, (394)
ФР622-2	382, (382)
ФР622-2-Т	393, (394)
ФР622-3	382, (382)
ФР622-3-Т	393, (394)
ФР623-0,1	382, (382)
ФР623-0,1-Т	393, (394)
ФР623-0,5	382, (382)
ФР623-0,5-Т	393, (394)
ФР623-1	382, (382)
ФР623-1-Т	393, (394)
ФР623-2	382, (382)
ФР623-2-Т	394, (394)
ФР623-3	382, (382)
ФР623-3-Т	394, (394)
ФР624-0,1	382, (382)
ФР624-0,1-Т	394, (394)
ФР624-0,5	382, (382)
ФР624-0,5-Т	394, (394)
ФР624-1	382, (382)
ФР624-1-Т	394, (394)
ФР624-2	382, (382)
ФР624-2-Т	394, (394)
ФР624-3	382, (382)
ФР624-3-Т	394, (394)
ФР-764	140, (142)
ФР-765	131, (134)
ФР «Арык»	407, (407)
ФР «Арык 2»	407, (407)
ФРО-41	401, (402)
ФРО-146	401, (402)
ФРО-148	401, (402)
ФРО-XI-142	410, (410)
ФР-СС-138	378, (380)
ФС2-1	131, (нет)
ФСА-0	378, (379)
ФСА-1	378, (380)
ФСА-1а	378, (379)
ФСА-4	378, (380)
ФСА-6	378, (380)
ФСА-Г1	378, (380)
ФСА-Г2	378, (380)
ФС-Б1	143, (144)
ФС-Б2	143, (144)
ФС-17ДА	401, (402)
ФСВ-16АН	379, (381)
ФСВ-17АН	379, (381)
ФСВ-18АА	394, (395)
ФСВ-19АА	394, (395)
ФСГ-22-3А1	409, (408)
ФСГ-22-3А2	409, (408)
ФСГ-23-3А1	409, (408)
ФСГ-23-3А2	409, (408)
ФСГ-28РТА	411, (412)
ФС-Д1	143, (нет)
ФСД-1	140, (142)
ФСД-1а	140, (142)
ФС-ДГ1	143, (нет)
ФСД-Г1	140, (142)
ФСД-Г2	140, (142)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФС-ДМ	143, (нет)
ФС-ДО	143, (нет)
ФС-ДТ1	143, (нет)
ФСК-0	130, (133)
ФС-К1	137, (нет)
ФСК-1	130, (133)
ФСК-17	131, (нет)
ФСК-1а	130, (133)
ФСК-1б	130, (133)
ФС-К2	137, (нет)
ФСК-2	130, (133)
ФСК-3	131, (133)
ФС-К4	137, (нет)
ФСК-4	131, (133)
ФСК-4а	131, (133)
ФС-К5	137, (нет)
ФСК-5	131, (133)
ФС-К6	137, (нет)
ФСК-6	131, (133)
ФС-К7а	137, (нет)
ФСК-7а	131, (134)
ФС-К7б	137, (нет)
ФСК-7б	131, (134)
ФС-КГ1	137, (нет)
ФСК-Г1	131, (134)
ФСК-Г2	131, (134)
ФС-КГ2	137, (нет)
ФСК-Г7а	131, (134)
ФСК-Г7б	131, (134)
ФСК-М1	131, (133)
ФСК-М2	131, (133)
ФС-КО	137, (нет)
ФСК-П1а	131, (133)
ФСК-П1б	131, (133)
ФТ-1Г	239, (238)
ФТ-1К гр.А	197, (197)
ФТ-1К гр.Б	197, (197)
ФТ-1К-02	197, (197)
ФТ-2Г	239, (238)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФТ-2К гр.А	197, (197)
ФТ-2К гр.Б	197, (197)
ФТ-3Г	239, (238)
ФТ-7Б	197, (197)
ФТ-7Б-01	197, (197)
ФТ-8Б	197, (197)
ФТГ-3	239, (238)
ФТГ-4	239, (238)
ФТГ-5	239, (238)
ФТГ-6	239, (238)
ФУК-2М	442, (нет)
ФУК-4М	442, (нет)
ФУК-5М	442, (нет)
ФУК9М	442, (нет)
ФУК-10М	442, (нет)
ФУК11М	442, (нет)
ФУК1Л1	328, (328)
ФУК1Л2	328, (328)
ФУК1Л3-1	328, (328)
ФУК1Л3-2	328, (328)
ФУК1Л3-3	328, (328)
ФУК1Л4	328, (328)
ФУЛ113	203, (203)
ФУЛ-116	208, (нет)
ФУЛ-117	208, (нет)
ФУЛ-118	208, (нет)
ФУЛ-119	207, (нет)
ФУЛ-611-11	421, (421)
ФУЛ-611-12	421, (421)
ФУМ-611-4	421, (421)
ФУО-113	208, (нет)
ФУО-119	202, (202)
ФУО-119-01	202, (202)
ФУО119-02.01	202, (202)
ФУО-125	199, (199)
ФУО-127	201, (нет)
ФУО-131	199, (199)
ФУО-132	199, (199)
ФУО-134	201, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФУО-135	201, (нет)
ФУО-136	201, (нет)
ФУО-138А	199, (199)
ФУО-138Б	199, (199)
ФУО-139	201, (нет)
ФУО-146	208, (нет)
ФУО-148	201, (нет)
ФУО-148-01	201, (нет)
ФУО-149	214, (214)
ФУО-155	259, (нет)
ФУО-156	208, (нет)
ФУО-157	259, (нет)
ФУО-611-1	418, (417)
ФУО-611-2	418, (417)
ФУО-611-3	418, (417)
ФУО-611-4	418, (417)
ФУО-611-5	418, (417)
ФУО-611-6	418, (417)
ФУО-611-7	418, (417)
ФУО-611-8	418, (417)
ФУО-611-9	418, (417)
ФУО-612-1	418, (417)
ФУО-612-2	418, (417)
ФУО-612-3	418, (417)
ФУО-612-4	418, (417)
ФУО-612-5	418, (417)
ФУО-612-6	418, (417)
ФУО-612-7	418, (417)
ФУО-612-8	418, (417)
ФУО-612-9	418, (417)
ФУО-613-1	418, 419, (417)
ФУО-613-2	418, 419, (417)
ФУО-613-3	418, 419, (417)
ФУО-613-4	418, 419, (417)
ФУО-613-5	418, 419, (417)
ФУО-613-6	418, 419, (417)
ФУО-613-7	418, 419, (417)
ФУО-613-8	418, 419, (417)
ФУО-613-9	418, 419, (417)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФУО-614-1	419, (417)
ФУО-614-2	419, (417)
ФУО-614-3	419, (417)
ФУО-614-4	419, (417)
ФУО-614-5	419, (417)
ФУО-614-6	419, (417)
ФУ0-614-7	419, (417)
ФУО-614-8	419, (417)
ФУО-614-9	419, (417)
ФУР117Л	249, (250)
ФУР124М	204, (204)
ФУР124М-01	204, (204)
ФУР124М-02	204, (204)
ФУР127	204, (204)
ФУР129Л	428, (428)
ФУР129Л-01	428, (428)
ФУР136М	208, (нет)
ФУР138Л	429, (429)
ФУР139Л	428, (428)
ФУР-142	428, (428)
ФУР662А	423, (424)
ФУР662Б	423, (424)
ФУР662В	423, (424)
ФУР663А	423, (424)
ФУР663Б	423, (424)
ФУР663В	423, (424)
ФУР664А	423, (424)
ФУР664Б	423, (424)
ФУР664В	423, (424)
ФЦ202	251, (252)
ФЭ-139С	125,126, (127)
ФЭ722-1А	388, (387)
ФЭ722-1Б	388, (387)
ФЭ722-1В	388, (387)
ФЭ722-1Г	388, (387)
ФЭ722-1Д	388, (387)
ФЭ722-2А	388, (387)
ФЭ722-2Б	388, (387)
ФЭ722-2В	388, (387)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭ722-2Г	388, (387)
ФЭ722-2Д	388, (387)
ФЭ722-Т1А	396, (398)
ФЭ722-Т1Б	396, (398)
ФЭ722-Т1В	396, (398)
ФЭ722-Т1Г	396, (398)
ФЭ722-Т1Д	396, (398)
ФЭ722-Т2А	396, (398)
ФЭ722-Т2Б	396, (398)
ФЭ722-Т2В	396, (398)
ФЭ722-Т2Г	396, (398)
ФЭ722-Т2Д	396, (398)
ФЭ723-1А	388, (387)
ФЭ723-1Б	388, (387)
ФЭ723-1В	388, (387)
ФЭ723-1Г	388, (387)
ФЭ723-1Д	388, (387)
ФЭ723-2А	388, (387)
ФЭ723-2Б	388, (387)
ФЭ723-2В	388, (387)
ФЭ723-2Г	388, (387)
ФЭ723-2Д	388, (387)
ФЭ723-Т1А	397, (398)
ФЭ723-Т1Б	397, (398)
ФЭ723-Т1В	397, (398)
ФЭ723-Т1Г	397, (398)
ФЭ723-Т1Д	397, (398)
ФЭ723-Т2А	397, (398)
ФЭ723-Т2Б	397, (398)
ФЭ723-Т2В	397, (398)
ФЭ723-Т2Г	397, (398)
ФЭ723-Т2Д	397, (398)
ФЭ724-1А	389, (387)
ФЭ724-1Б	389, (387)
ФЭ724-1В	389, (387)
ФЭ724-1Г	389, (387)
ФЭ724-1Д	389, (387)
ФЭ724-2А	389, (387)
ФЭ724-2Б	389, (387)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭ724-2В	389, (387)
ФЭ724-2Г	389, (387)
ФЭ724-2Д	389, (387)
ФЭ724-Т1А	398, (398)
ФЭ724-Т1Б	398, (398)
ФЭ724-Т1В	398, (398)
ФЭ724-Т1Г	398, (398)
ФЭ724-Т1Д	398, (398)
ФЭ724-Т2А	398, (398)
ФЭ724-Т2Б	398, (398)
ФЭ724-Т2В	398, (398)
ФЭ724-Т2Г	398, (398)
ФЭ724-Т2Д	398, (398)
ФЭМ2М	443, (нет)
ФЭМ6М	443, (нет)
ФЭМ10М	443, (нет)
ФЭСС-У-2	128, (128)
ФЭСС-У-3	128, (128)
ФЭСС-У-5	128, (128)
ФЭСС-У-10	128, (128)
DM-36	190, (191)
DM-64	190, (191)
ILMS5360	215, (216)
ILMS5380	215, (216)
ILOP1836	215, (216)
ILOP1838	215, (216)
ILOP1836SS	215, (216)
ILOP1838SS	215, (216)
ISD011	365, (366)
ISD017	365, (366)
ISD029	365, (366)
ISD048	365, (366)
ISD049	365, (366)
ISD075	365, (366)
ELCM1075	367, (366)
ELCM1077A	367, (370)
ELCM1077AP	367, (371)
ELCM1077APF	367, (371)
ELCM1078	367, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ELCM1079	367, (374)
ELCM1085	367, (нет)
IWPH01-02	175, (176)
MPL1024B	330, (331)
MPL1024S	330, (331)
MPL1048B	330, (331)
MPL1048S	330, (331)
MPL12288H	330, (нет)
MPL4096H	330, (331)
MPL4096S	330, (331)
MPL6144H	330, (нет)
MPL8192H	330, (нет)
MRD-2A	269, (268)
MRD-34A	269, (268)
MRD-8A	269, (268)
OEM101-1	285, (285)
OEM101-20	285, (285)
OEM101-50	285, (285)
OEM101-90	285, (285)
OEM101-200	285, (285)
OEM 210-125	286, (286)
OEM 210-20	286, (286)
OEM 210-70	286, (286)
OEM 211	286, (286)
OEM 302	286, (286)
PD-125s-ip-A	283, (283)
PD-125s-ip-B	283, (283)
PD-125s-ip-C	283, (283)
PD-125m-ip-A	283, (283)
PD-125m-ip-B	283, (283)
PD-125m-ip-C	283, (283)
PD-155s-ip-A	283, (283)
PD-155s-ip-B	283, (283)
PD-155s-ip-C	283, (283)
PD-155m-ip-A	283, (283)
PD-155m-ip-B	283, (283)
PD-155m-ip-C	283, (283)
PD-250s-ip-A	283, (283)
PD-250s-ip-B	284, (283)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
PD-250s-ip-C	284, (283)
PD-250m-ip-A	284, (283)
PD-250m-ip-B	284, (283)
PD-250m-ip-C	284, (283)
PD-622s-ip-A	284, (283)
PD-622s-ip-C	284, (283)
PD-622s-ip-B	284, (283)
PD-622m-ip-A	284, (283)
PD-622m-ip-B	284, (283)
PD-622m-ip-C	284, (283)
PD-125-ir-A	285, (284)
PD-125-ir-B	285, (284)
PD-155-ir-A	285, (284)
PD-155-ir-B	285, (284)
PD-250-ir-A	285, (284)
PD-250-ir-B	285, (284)
PD-622-ir-A	285, (284)
PD-622-ir-B	285, (284)
PD-1310-wp-A	278, (278)
PD-1310-wp-B	278, (278)
PD-1310-wp-C	278, (278)
PD-1355m-ip-A	278, (278)
PD-1355m-ip-B	278, (278)
PD-1355m-ip-C	278, (278)
PD-1355s-ip-A	278, (278)
PD-1355s-ip-B	278, (278)
PD-1355s-ip-C	278, (278)
PD-1375m-ip-A	278, (278)
PD-1375m-ip-B	278, (278)
PD-1375m-ip-C	278, (278)
PD-1375s-ip-A	278, (278)
PD-1375s-ip-B	278, (278)
PD-1375s-ip-C	278, (278)
PD-1355-ir-A	279, (279)
PD-1355-ir-B	279, (279)
PD-1375-ir-A	279, (279)
PD-1375-ir-B	279, (279)
PROM-34s	287, (287)
PROM-34s-2	287, (287)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
PROM-34s-8	287, (287)
PROM-34m	287, (287)
PROM-34m-2	287, (287)
PROM-34m-8	287, (287)
PROM-50.2-M6	289, (288)
PROM-50.8-M5	289, (288)
PROM-50.34-S	289, (288)
PROM-155-3.x-S	290, (290)
PROM-155-3.x-M5	290, (290)
PROM-155-3.x-M6	290, (290)
PROM-155-5.x-S	290, (290)
PROM-155-5.x-M5	290, (290)
PROM-155-5.x-M6	290, (290)
PROM-155-cl-S	292, (291)
PROM-155-cl-M5	292, (291)
PROM-155-cl-M6	292, (291)
PROM-155-hp-S	293, (293)
PROM-155-hp-M5	293, (293)
PROM-155-hp-M6	293, (293)
PROM-622-hp-S	302, (303)
PROM-622-hp-M5	302, (303)
PROM-622-hp-M6	302, (303)
PROM-622-3-S*	299, (299)
PROM-622-3-M5	299, (299)
PROM-622-3-M6	299, (299)
PROM-622-5-S*	299, (299)
PROM-622-5-M5	299, (299)
PROM-622-5-M6	299, (299)
PROM-622-3-cl-S*	300, (301)
PROM-622-3-cl-M5	300, (301)
PROM-622-3-cl-M6	300, (301)
PROM-622-5-cl-S*	300, (301)
PROM-622-5-cl-M5	300, (301)
PROM-622-5-cl-M6	300, (301)
PSD949	245, (244)
QPD150	175, (176)

Алфавитный перечень приборов, размещенных в Части 3 Справочника

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
14ЭЛУ-Ф	534, (535)
14ЭЛУ-ФС	534, (535)
17ЭЛУ-Ф13	534, (535)
18ЭЛУ-ФС	534, (535)
18ЭЛУ-М	534, (535)
18ЭЛУ-ФК	534, (535)
24ЭЛУ-11	536, (536)
25ЭЛУ-Ф12	534, (535)
В-8	590, (590)
В8А1-С	590, (590)
В-8К	590, (590)
В-8-С	590, (590)
ВЭУ-1А	531, (532)
ВЭУ-1Б	531, (532)
ВЭУ-2А	531, (532)
ВЭУ-2Б	531, (532)
ВЭУ-2В	531, (532)
ВЭУ-3	531, (532)
ВЭУ-4	531, (532)
ВЭУ-5	531, (532)
ВЭУ-6	531, (532)
ВЭУ-6М	531, (531)
ВЭУ-6С	531, (531)
ВЭУ-7М	531, (532)
“Затвор”	588, (589)
ЗИМ-1	587, (нет)
ЗИМ-2	587, (нет)
ЗИС-1	587, (нет)
ЛИ17	573, (575)
ЛИ23	538, (539)
ЛИ201	573, (575)
ЛИ204	573, (575)
ЛИ207	573, (575)
ЛИ211	573, (575)
ЛИ212	573, (574)
ЛИ212М	573, (574)
ЛИ214	574, (574)
ЛИ214-1	574, (574)
ЛИ217	575, (577)
ЛИ218	575, (576)
ЛИ221	576, (577)
ЛИ222	576, (577)
ЛИ223	576, (577)
ЛИ224	576, (577)
ЛИ225	576, (576)
ЛИ226-1	576,(576)
ЛИ227	576,(577)
ЛИ228	576, (577)
ЛИ230	577, (579)
ЛИ231	577, (578)
ЛИ232	578, (579)
ЛИ232-1	578, (579)
ЛИ233	578, (578)
ЛИ234	578, (578)
ЛИ235	578, (578)
ЛИ235-1	578, (578)
ЛИ236	578, (579)
ЛИ237	579, (580)
ЛИ237-1	579, (580)
ЛИ237-2	579, (580)
ЛИ238	580, (581)
ЛИ239	580, (580)
ЛИ240	580, (580)
ЛИ407	538, (539)
ЛИ408	538, (539)
ЛИ409	538, (539)
ЛИ410	538, (540)
ЛИ412В	538, (539)
ЛИ413	539, (540)
ЛИ414	539, (нет)
ЛИ415-2	539, (540)
ЛИ415М	539, (540)
ЛИ416	541, (541)
ЛИ417	561, (563)
ЛИ418	541, (541)
ЛИ419-1	541, (542)
ЛИ419-2	541, (542)
ЛИ420-1	541, (542)
ЛИ420-2	541, (542)
ЛИ421-1	541, (542)
ЛИ421-2	541, (542)
ЛИ421М	540, (540)
ЛИ422-1	540, (540)
ЛИ422-2	540, (540)
ЛИ422-М	540, (540)
ЛИ423	562, (563)
ЛИ424	541, (542)
ЛИ425	543, (544)
ЛИ425-1	543, (544)
ЛИ426	543, (544)
ЛИ426-1	543, (544)
ЛИ427	543, (544)
ЛИ428	543,(544)
ЛИ429	543, (545)
ЛИ430	543, (544)
ЛИ431	543, (544)
ЛИ432з	543, (545)
ЛИ432п	543, (545)
ЛИ432с	543, (545)
ЛИ435	546, (544)
ЛИ437	546, (546)
ЛИ438	546, (544)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ЛИ439	546, (540)
ЛИ440	546, (544)
ЛИ441	546, (544)
ЛИ442к	546, (545)
ЛИ442п	546, (545)
ЛИ444	562, (563)
ЛИ445	546, (544)
ЛИ446	549, (548)
ЛИ448	549, (548)
ЛИ449	549, (549)
ЛИ449кз	549, (549)
ЛИ449с	549, (549)
ЛИ450	549, (544, 549)
ЛИ451	549, (548)
ЛИ452-2	550, (544,549)
ЛИ453	550, (548)
ЛИ454	551, (550)
ЛИ456	551, (550)
ЛИ457з	551, (551)
ЛИ457к	551, (551)
ЛИ457с	551, (551)
ЛИ458к	551, (551)
ЛИ458я	552, (551)
ЛИ459	552, (551)
ЛИ460-З	552, (551)
ЛИ460-К	552, (551)
ЛИ460-С	552, (551)
ЛИ460-Я	553, (551)
ЛИ462-К	553, (551)
ЛИ462-Я	553, (551)
ЛИ463	553, (552)
ЛИ465	553, (553)
ЛИ468	553, (552)
ЛИ469	553, (550)
ЛИ471	554, (555)
ЛИ471-1	554, (555)
ЛИ471-2	554, (555)
ЛИ471-3	554, (555)
ЛИ471-4	554, (555)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ЛИ472	554, (555)
ЛИ474	554, (нет)
ЛИ475	554, (555)
ЛИ476	556, (557)
ЛИ479	556, (557)
ЛИ479-1	556, (557)
ЛИ481	556, (557)
ЛИ482	556, (557)
ЛИ482-1	556, (557)
ЛИ484с	556, (557)
ЛИ484с-1	556, (557)
ЛИ484я	556, (557)
ЛИ484я-1	556, (557)
ЛИ485к	558, (559)
ЛИ488з	558, (559)
ЛИ488к	558, (559)
ЛИ488с	558, (559)
ЛИ491	558, (559)
ЛИ491-1	558, (559)
ЛИ492	562, (нет)
ЛИ492С	562, (нет)
ЛИ495з	558, (559)
ЛИ495к	558, (559)
ЛИ495с	558, (559)
ЛИ500	560, (561)
ЛИ501	560, (561)
ЛИ503	560, (561)
ЛИ504	560, (561)
ЛИ513	562, (нет)
ЛИ514	562, (нет)
ЛИ601	566, (566)
ЛИ602	566, (566)
ЛИ603	566, (566)
ЛИ604К	567, (566)
ЛИ604К-1	567, (566)
ЛИ605-1	567, (566)
ЛИ605-3	567, (566)
ЛИ606	567, (566)
ЛИ606К-1	567, (566)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ЛИ607	567, (566)
ЛИ608	567, (566)
ЛИ608-1	567, (566)
ЛИ609	567, (566)
ЛИ610	568, (566)
ЛИ610-1	568, (566)
ЛИ610-2	568, (566)
ЛИ611	568, (567)
ЛИ612	568, (567)
ЛИ613	568, (568)
ЛИ614	568, (570)
ЛИ615	568, (570)
ЛИ615-2	568, (570)
ЛИ616	569, (570)
ЛИ618	569, (570)
ЛИ619	569, (570)
ЛИ619-1	569, (570)
ЛИ702	560, (нет)
ЛИ703	560, (нет)
ЛИ705	560, (нет)
ЛИ706	560, (нет)
ЛИ801	580, (581)
ЛИ802	580, (581)
ЛИ804	580, (581)
М9-В	587, (587)
М9-Ш	587, (587)
МФ-1	587, (587)
“Мини-1”	588, (589)
“Мини-2”	588, (589)
“Мини-3”	588, (589)
ОЭП «Сапфир 2»	603, (603)
ПВ-204ХМ	607, (607)
ПИМ-3Ш	586, (586)
ПМ-401НХ	606, (606)
ПМ-402НХ	606, (606)
“Пикохрон-1”	586, (586)
РЭП-1	604, (604)
РЭП-2	604, (604)
СДФ14	478, (479)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
СДФ15	478, (479)
СДФ15М	478, (479)
СДФ16	478, (479)
СДФ17	478, (нет)
СДФ20	478, (479)
СДФ21	478, (479)
СНФТ3	529, (529)
СНФТ5	529, (529)
СНФТ18М	529, (529)
СНФТ20	529, (529)
СНФТ21	529, (нет)
СНФТ22	529, (529)
СПО9	602, (602)
СПО9-01	602, (602)
СПО20	602, (602)
СПО21	602, (602)
СПО22	602, (602)
СПО23	602, (602)
СПО25	602, (602)
СПО26	602, (602)
СРПЭ2	605, (нет)
СРПЭ3	605, (605)
СРПЭ4	605, (605)
СРПЭ7	605, (605)
СЦВ-3	472, (472)
СЦВ-4	472, (472)
СЦВ-6	472, (472)
СЦВ-51	472, (472)
СЦГ-51	472, (472)
УМ-92ШВ	587, (нет)
УМИ-92Ш	586, (586)
УМИ-93Ш	586, (586)
УМИ-95Ш	586, (586)
Ф-1	473, (474)
Ф-2	473, (474)
Ф-3	473, (474)
Ф-4	473, (474)
Ф-5	473, (474)
Ф-6	473, (474)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
Ф-7	473, (474)
Ф-8	473, (475)
Ф-9	473, (475)
Ф-10	473, (475)
Ф-13	473, (475)
Ф-14	473, (475)
Ф-15	473, (475)
Ф-16	473, (475)
Ф-17	473, (475)
Ф-18	473, (475)
Ф-19	473, (475)
Ф-21	473, (475)
Ф-22	473, (475)
Ф-23	473, (475)
Ф-25	474, (нет)
Ф-26	474, (нет)
Ф-27	474, (нет)
Ф-28	474, (475)
Ф-29	474, (475)
Ф-30	474, (475)
Ф-31	474, (475)
Ф-32	474, (475)
Ф-36	474, (475)
ФК-15	478, (нет)
ФК-19	478, (нет)
ФК-20	478, (нет)
ФЭК-I	477, (477)
ФЭК-II	477, (477)
ФЭК-III	477, (477)
ФЭК-YI	477, (477)
ФЭК-YI	477, (477)
ФЭК-08	477, (нет)
ФЭК-09	477, (нет)
ФЭК-11СП	477, (нет)
ФЭК-12	477, (нет)
ФЭК-13	478, (нет)
ФЭК-14	478, (нет)
ФЭК-15КМ	478, (нет)
ФЭК-16СМ	478, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭК-17КМ	478, (нет)
ФЭК-22СПУ	478, (нет)
ФЭК-31КМ	478, (нет)
ФЭУ-1	481, (483)
ФЭУ-2	481, (482)
ФЭУ-4	481, (482)
ФЭУ-5	481, (482)
ФЭУ-6	481, (482)
ФЭУ-11	481, (482)
ФЭУ-11А	481, (482)
ФЭУ-11Б	481, (482)
ФЭУ-12А	481, (482)
ФЭУ-12Б	481, (482)
ФЭУ-13А	481, (482)
ФЭУ-13Б	481, (482)
ФЭУ-14А	481, (482)
ФЭУ-14Б	481, (482)
ФЭУ-15А	482, (484)
ФЭУ-15Б	482, (484)
ФЭУ-15В	482, (484)
ФЭУ-16	482, (484)
ФЭУ-16А	482, (484)
ФЭУ-16Б	482, (484)
ФЭУ-16В	482, (484)
ФЭУ-17А	483, (484)
ФЭУ-18А	483, (484)
ФЭУ-19А	484, (485)
ФЭУ-19М	484, (485)
ФЭУ-20	484, (485)
ФЭУ-22	484, (484)
ФЭУ-24	485, (485)
ФЭУ-26	485, (485)
ФЭУ-27	487, (486)
ФЭУ-28	487, (486)
ФЭУ 29	487, (486)
ФЭУ-30	487, (486)
ФЭУ-31	487, (486)
ФЭУ-31А	487, (486)
ФЭУ-35	488, (487)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭУ-35А	488, (487)
ФЭУ-36	488, (488)
ФЭУ-37	489, (488)
ФЭУ-38	489, (486)
ФЭУ-39	489, (488)
ФЭУ-39А	489, (488)
ФЭУ-49	489, (490)
ФЭУ-49Б	489, (490)
ФЭУ-50	489, (490)
ФЭУ-51	489, (490)
ФЭУ-52	489, (490)
ФЭУ-54	490, (490)
ФЭУ-55	492, (490)
ФЭУ-56	492, (490)
ФЭУ-58	492, (491)
ФЭУ-60	492, (491)
ФЭУ-62	492, (491)
ФЭУ-63	492, (491)
ФЭУ-64	492, (494)
ФЭУ-65	493, (493)
ФЭУ-67	493, (493)
ФЭУ-67А	493, (493)
ФЭУ-67Б	493, (493)
ФЭУ-68	493, (493)
ФЭУ-69	494, (495)
ФЭУ-69А	494, (495)
ФЭУ-69Б	494, (495)
ФЭУ-70	494, (495)
ФЭУ-71	494, (495)
ФЭУ 74	494, (495)
ФЭУ-74А	497, (495)
ФЭУ-77	497, (496)
ФЭУ-78	497, (496)
ФЭУ-78Б	497, (496)
ФЭУ-79	497, (494)
ФЭУ-81	497, (496)
ФЭУ-81Б	497, (496)
ФЭУ-82	497, (498)
ФЭУ-82А	497, (498)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭУ-83	498, (498)
ФЭУ-84	498, (498)
ФЭУ-84-1	498, (498)
ФЭУ-84-2	498, (498)
ФЭУ-84-3	498, (498)
ФЭУ 84-4	498, (498)
ФЭУ-84-5	498, (498)
ФЭУ-85	498, (499)
ФЭУ-85А	499, (499)
ФЭУ-86	499, (499)
ФЭУ-86И	499, (499)
ФЭУ-86И-1	499, (499)
ФЭУ-87	500, (500)
ФЭУ-88	500, (500)
ФЭУ-91	500, (500)
ФЭУ-92	500, (500)
ФЭУ-93	500, (496)
ФЭУ-94	502, (501)
ФЭУ-95	502, (501)
ФЭУ-96	502, (501, 507)
ФЭУ-97	502, (501)
ФЭУ-98	502, (501)
ФЭУ-99	502, (501)
ФЭУ-100	502, (501)
ФЭУ-101	503, (503)
ФЭУ-102	504, (503)
ФЭУ-103	504, (503)
ФЭУ-104	504, (503)
ФЭУ 105	504, (503)
ФЭУ-105А	504, (503)
ФЭУ-106	504, (505)
ФЭУ-107	504, (505)
ФЭУ-108	504, (505)
ФЭУ-110	505, (505)
ФЭУ-111	505, (505)
ФЭУ 112	506, (501, 507)
ФЭУ-113	506, (507)
ФЭУ-114	506, (501, 507)
ФЭУ-115	506, (507)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭУ-115М	506, (507)
ФЭУ-115МСС	508, (507)
ФЭУ-115МСУ	506, (507)
ФЭУ-115МУ	506, (507)
ФЭУ-116	508, (509)
ФЭУ-117	508, (509)
ФЭУ-118	508, (509)
ФЭУ-119	508, (508)
ФЭУ-120	508, (509)
ФЭУ-121	508, (509)
ФЭУ-122	510, (511)
ФЭУ-123	510, (510)
ФЭУ-124	510, (510)
ФЭУ-125	510, (511)
ФЭУ-126	511, (512)
ФЭУ-127	512, (512)
ФЭУ-127-1	512, (512)
ФЭУ-127С	512, (нет)
ФЭУ-128	514, (513)
ФЭУ-129	514, (513)
ФЭУ-130	514, (513)
ФЭУ-131	514, (513)
ФЭУ-133	514, (513)
ФЭУ-134	514, (513)
ФЭУ-135	514, (515)
ФЭУ-136	515, (515)
ФЭУ-138	515, (516)
ФЭУ-141	515, (516)
ФЭУ-141-1	515, (516)
ФЭУ-142	515, (516)
ФЭУ-143	515, (516)
ФЭУ-143-1	517, (516)
ФЭУ-144	517, (517)
ФЭУ-145	517, (518)
ФЭУ-146	517, (518)
ФЭУ-147	517, (518)
ФЭУ-147-2	518, (518)
ФЭУ-147-3	518, (518)
ФЭУ-148-1	519, (нет)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭУ-148-3И	519, (нет)
ФЭУ-151	519, (519)
ФЭУ-153	519, (520)
ФЭУ-154	520, (520)
ФЭУ-155	520, (520)
ФЭУ-155-1	520, (520)
ФЭУ-155-2	520, (520)
ФЭУ-156	521, (521)
ФЭУ-156-1	521, (521)
ФЭУ-157	521, (521)
ФЭУ-157-1	521, (521)
ФЭУ-157-2	523, (521)
ФЭУ-158	523, (522)
ФЭУ-158-14	523, (522)
ФЭУ-159	523, (522)
ФЭУ-161	523, (522)
ФЭУ-164	523, (522)
ФЭУ-165	523, (522)
ФЭУ-165-1	523, (522)
ФЭУ-165-2	524, (522)
ФЭУ-166	524, (525)
ФЭУ-169	524, (524)
ФЭУ-169-2	524, (524)
ФЭУ-170	524, (524)
ФЭУ-171	524, (525)
ФЭУ-172	524, (525)
ФЭУ-174	525, (526)
ФЭУ-174-1	525, (526)
ФЭУ-174-2	525, (526)
ФЭУ-175	526, (526)
ФЭУ-175-1	526, (526)
ФЭУ-176	526, (нет)
ФЭУ-178	526, (526)
ФЭУ-181	526, (527)
ФЭУ-183	526, (нет)
ФЭУ-184	526, (527)
ФЭУ-184-1	526, (527)
ФЭУ-184G	527, (528)
ФЭУ-184TI	527, (527)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ФЭУ-184Н	527, (528)
ФЭУ-184Ст	528, (527)
ФЭУ-184Тд	527, (528)
ФЭУ-184Ш	528, (527)
ФЭУ-185	528, (нет)
ФЭУ-190	528, (527)
ФЭУ-200	528, (528)
ФЭУ-202	528, (528)
ФЭУ-527	528, (529)
ЦВ-1	472, (472)
ЦВ-3	472, (472)
ЦВ-4	472, (472)
ЦВ-6	472, (472)
ЦГ-1	472, (472)
ЦГ-3	472, (472)
ЦГ-4	472, (472)
ЭВП-41Г-М	588, (589)
ЭЛУ-ФЛ-01	535, (536)
ЭЛУ-ФЛ-03	535, (536)
ЭП-9	604, (604)
ЭП-15	587, (нет)
ЭП-15-1	587, (нет)
ЭП33-СФ	590, (590)
ЭП33-У	590, (590)
ЭП33-У-Д	590, (590)
ЭП33-УС-Д	590, (590)
ЭП64	591, (нет)
ЭП64-1	591, (нет)
ЭПВ-41В	588, (589)
ЭПВ-63Г	588, (589)
ЭПИ-1	587, (нет)
ЭПМ 101Г-01-11А	608, (636)
ЭПМ 101Г-01-11Б	608, (636)
ЭПМ 101Г-01-11С	608, (636)
ЭПМ 101Г-01-21Б	608, (636)
ЭПМ 101Г-01-21С	608, (636)
ЭПМ 101Г-02-11А	608, (636)
ЭПМ 101Г-02-11Б	608, (636)
ЭПМ 101Г-02-11С	608, (636)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ЭПМ 101Г-02-21А	608, (636)
ЭПМ 101Г-02-21С	608, (636)
ЭПМ 101Г-03-1	608, (636)
ЭПМ 101Г-03-2	608, (636)
ЭПМ 101Г-04-1	608, (636)
ЭПМ 101Г-04-2	608, (636)
ЭПМ 102Г-01-2	609, (636)
ЭПМ 102Г-02-1	609, (636)
ЭПМ 102Г-02-2	609, (636)
ЭПМ 102Г-03-1	609, (636)
ЭПМ 102Г-03-2	609, (636)
ЭПМ 102Г-04-1	609, (636)
ЭПМ 102Г-04-2	609, (636)
ЭПМ 102Г-05-2	609, (636)
ЭПМ 103Г-01-2Б	610, (636)
ЭПМ 103Г-01-2С	610, (636)
ЭПМ 103Г-02-2А	610, (636)
ЭПМ 103Г-02-2Б	610, (636)
ЭПМ 103Г-02-2С	610, (636)
ЭПМ 103Г-03-2А	610, (636)
ЭПМ 103Г-03-2Б	610, (636)
ЭПМ 103Г-03-2С	610, (636)
ЭПМ 103Г-04-2А	610, (636)
ЭПМ 103Г-04-2Б	610, (636)
ЭПМ 103Г-04-2С	610, (636)
ЭПМ 104Г-01-1Б	611, (636)
ЭПМ 104Г-01-1С	611, (636)
ЭПМ 104Г-02-1А	611, (636)
ЭПМ 104Г-02-1Б	611, (636)
ЭПМ 104Г-02-1С	611, (636)
ЭПМ 105Г-00-22Б	612, (636)
ЭПМ 105Г-01-11А	612, (636)
ЭПМ 105Г-01-11Б	612, (636)
ЭПМ 105Г-01-11С	612, (636)
ЭПМ 105Г-01-22А	612, (636)
ЭПМ 105Г-01-22Б	612, (636)
ЭПМ 105Г-01-22С	612, (636)
ЭПМ 105Г-02-11А	612, (636)
ЭПМ 105Г-02-11Б	612, (636)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ЭПМ 105Г-02-11С	612, (636)
ЭПМ 105Г-02-22А	612, (636)
ЭПМ 105Г-02-22Б	612, (636)
ЭПМ 105Г-02-22С	612, (636)
ЭПМ 105Г-03-22А	612, (636)
ЭПМ 105Г-03-22Б	612, (636)
ЭПМ 105Г-03-22С	612, (636)
ЭПМ 105Г-04-22А	612, (636)
ЭПМ 108Г-00-22А	614, (636)
ЭПМ 108Г-00-22Б	614, (636)
ЭПМ 108Г-00-22В	614, (636)
ЭПМ 108Г-04-22А	614, (636)
ЭПМ 108Г-04-22Б	614, (636)
ЭПМ 108Г-04-22В	614, (636)
ЭПМ 108Г-10-22А	614, (636)
ЭПМ 108Г-10-22Б	614, (636)
ЭПМ 108Г-10-22В	614, (636)
ЭПМ 108Г-14-22А	614, (636)
ЭПМ 108Г-14-22Б	614, (636)
ЭПМ 108Г-14-22В	614, (636)
ЭПМ 44Г-А	592, (592)
ЭПМ 44Г-Б	592, (592)
ЭПМ 44Г-В	592, (592)
ЭПМ 44Г-Д	592, (592)
ЭПМ 44Г-С	592, (592)
ЭПМ101Г-01-11А	600, (600)
ЭПМ101Г-01-11Б	600, (600)
ЭПМ101Г-01-11С	600, (600)
ЭПМ102Г-04-22А	600, (600)
ЭПМ102Г-04-22Б	600, (600)
ЭПМ102Г-04-22С	600, (600)
ЭПМ207Г-01 (02-04)-13	596, (596)
ЭПМ207Г-01 (02-04)-13Б	596, (596)
ЭПМ207Г-01 (02-04)-13А	596, (596)
ЭПМ207Г-01 (02-04)-13С	596, (596)
ЭПМ207Г-2-11 (12-14)-22	596, (596)
ЭПМ225Г-1	599, (599)

Тип прибора	Страница: текст (рис.)
ЭПМ225Г-1А	599, (599)
ЭПМ225Г-1Б	599, (599)
ЭПМ225Г-1Д	599, (599)
ЭПМ225Г-1С	599, (599)
ЭПМ225Г-Б	598, (598)
ЭПМ225Г-Д	598, (598)
ЭПМ225Г-Е	598, (598)
ЭПМ225Г-С	598, (598)
ЭПМ-61Г	588, (589)
ЭПМ-63Г	588, (590)
ЭПМ66Г	593, (593)
ЭПМ66Г-1	593, (593)
ЭПМ66Г-А	593, (593)
ЭПМ66Г-Б	593, (593)
ЭПМ66Г-С	593, (593)
ЭПМ66Г-Д	593, (593)
ЭПМ66Г-Е	593, (593)
ЭПМ66Г-К	594, (594)
ЭПМ66Г-1К	594, (594)
ЭПМ66Г-БК	594, (594)
ЭПМ66Г-АК	594, (594)
ЭПМ66Г-СК	594, (594)
ЭПМ66Г-ДК	594, (594)
ЭПМ66Г-2-К	595, (595)
ЭПМ66Г-1-2-К	595, (595)
ЭПМ66Г-2-БК	595, (595)
ЭПМ66Г-2-АК	595, (595)
ЭПМ66Г-2-СК	595, (595)

Книги издательства «ДМК Пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «АЛЬЯНС БУКС» наложенным платежом, выслав открытку или письмо по почтовому адресу: **123242, Москва, а/я 20** или по электронному адресу: **orders@alians-kniga.ru**.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя. Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в Internet-магазине: **www.alians-kniga.ru**.

Оптовые закупки: тел. **(499) 725-54-09, 725-50-27**

Электронный адрес **books@alians-kniga.ru**.

Бараночников Михаил Львович

Приемники и детекторы излучений

Справочник

Главный редактор *Мовчан Д. А.*
dm@dmk-press.ru
Корректор *Синяева Г. И.*
Верстка *Паранская Н. В.*
Дизайн обложки *Мовчан А. Г.*

Подписано в печать 20.07.2012. Формат 60×90 $^{1}/_{8}$.
Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 77,91. Тираж 200 экз.
заказ №

Web-сайт издательства: www.dmk-press.ru