

## **Предисловие ко второму изданию**

Первое издание Справочника “Приемники и детекторы излучений” вышло из печати ДМК Пресс в августе 2012 года.

За прошедшее время в открытых источниках появилась новая информация о приборах отечественного производства. В тексте книги выявились опечатки и неточности. Поступили замечания и дополнения читателей, которые автор с благодарностью принимает.

Анализ поступившей информации показывает, что особых революционных инноваций в сфере разработки изделий, опубликованных в книге не произошло. Фундаментальные методы и подходы к их созданию практически не изменились. Остались прежними и основные тенденции в развитии данного направления техники.

Из наиболее важных достижений специальной отечественной микроэлектроники в России можно отметить довольно интенсивное развитие разработки производства электронно-оптических преобразователей.

Значительно расширились сферы применения приемников оптического и детекторов ионизирующего излучений в различных областях народного хозяйства, в том числе в медицинском оборудовании и военной технике. Но отставание предприятий СНГ от зарубежных производителей, как по номенклатуре, так и по качеству изделий все еще существенно.

Для качественного «скачка» в развитии данного направления техники необходимо внедрение новых технологий в создание и производство изделий, что всегда связано с необходимостью существенного технического переоснащения производства, но очевидно пока затрудняется некоторыми объективными условиями.

«Бумажное» издание Справочника вышло ограниченным тиражом, всего 200 экз. Однако всего через неделю копии книги появились в интернете, и не только на сайте Издателя, но на множестве других сайтов - для платного и бесплатного скачивания. Отдельные главы, и целые разделы Справочника публикуются в интернете, также без ссылки на автора.

Сколько было, и каких тиражей, автору неизвестно, но объявления о продаже книги публикуются до сих пор.

Учитывая сложившуюся ситуацию в 2013 году с разрешения автора, электронные копии Справочника были размещены на сайте журнала «Радиолобитель» [www.radioliga.com](http://www.radioliga.com), а в 2014 году на сайте «Публичная Библиотека» (Электронные книжные полки Вадима Ершова и К°), [www.publ.lib.ru](http://www.publ.lib.ru).

В создавшихся условиях смысл издания книги в печатном формате практически отпадает. Наиболее оптимальным, по всей вероятности, является выпуск дополненной редакции Справочника в электронном формате.

Электронная редакция Справочника существенно дополнена. Появилось несколько новых глав, появились сведения о порядке 500 новых наименований приборов. Благодаря помощи читателей стало возможным дополнение книги иллюстративным материалом.

Новые материалы отмечены индексом «д».

Верстка электронной редакции Справочника выполнена в свободном стиле, т.е. она не оптимизирована по объему. Что дает возможность оперативного исправления выявленных неточностей и ошибок, а также оперативного пополнения его новыми материалами.

Материал книги разбит на три отдельных части с общими введением и предисловиями. Содержание и алфавитный Перечень элементов - для каждой части свои.

Автор, 2017 г

### 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 излучения, 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. экз. 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-ти томное издание А.М. Юшина по общим названием «Справочник. Оптоэлектронные приборы и их зарубежные аналоги.», в которую вошли, в том числе, и сведения о приборах, включенных в «Справочник по приемникам оптического излучения, 1987 г.». Однако, сведения по фотоприемникам расположены в разных томах, что предоставляет определенные неудобства при использовании материала.

В настоящий справочник включены сведения о более чем 2500 наименований 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 ( $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ). 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, которую 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 информации по каждому прибору определялся доступной информацией от производителя продукции. Параметры некоторых изделий приводятся в редакции производителя. Для большинства приборов приводятся рисунки внешнего вида и габаритно присоединительные размеры, но для некоторых приборов рисунки внешнего вида отсутствуют, на другие имеются только фотографии. Конструкция однотипных приборов могут быть представлены в нескольких вариантах.

## Введение

---

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

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

Часть первая. Посвящается детекторам и счетчикам ионизирующего 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 фотоприёмникам 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, т.к. сведения о параметрах многих изделий, приведенные в книге, получены путем обобщения и экстраполяции значительного массива данных, полученных из различных открытых источников. Эти данные могут служить только для ориентировочной оценки соответствующих параметров изделий до появления у пользователя более достоверных сведений, т.е. нормативных документов изготовителей продукции.**

**ЧАСТЬ ПЕРВАЯ  
ДЕТЕКТОРЫ  
ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Детекторы ионизирующих излучений это, приборы, предназначенны для регистрации альфа- и бета-частиц, рентгеновского и гамма-излучения, 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 промышленности, в экологии, промышленной дефектоскопии и медицинской диагностике, в научной аппаратуре и экспериментальной физике для структурного и спектрального анализа веществ и процессов.

Детекторы ионизирующих излучений также используются 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 и 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. Направления основной специализации детекторов приведены в табл.1д, составленной проф. Давыдовым А.В.

**Таблица 1д.** Направления основной специализации детекторов.

Тип детектора.	Вид регистрируемого излучения				Спектральный анализ			
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	n	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	n
Камеры интегральные газовые ионизационные	+	+	+	+	-	-	-	-
Камеры импульсные газовые ионизационные	+	+	+	+	+	+	-	+
Счетчики пропорциональные газовые ионизационные	+	+	+	+	-	+	+	+
Счетчики Гейгера-Мюллера газовые ионизационные	+	+	+	-	-	-	-	-
Полупроводниковые p-n, твердотельные ионизационные	+	-	-	+	+	-	-	-
Полупроводниковые p-i-n, твердотельные ионизационные	+	+	+	+	+	+	+	+
Кристаллические алмазные	+	+	+	+	+			+
Сцинтилляционные газовые	+	+	-	+	+	+	-	+
Сцинтилляционные жидкостные	-	+	+	+	-	+	+	-
Сцинтилляционные неорганические твердотельные	+	+	+	+	+	+	+	+
Сцинтилляционные органические твердотельные	+	+	+	+	+	+	+	+
Сцинтилляционные пластмассовые твердотельные	+	+	+	+	-	-	-	-
Сцинтилляционные дисперсные твердотельные.	+	+	-	+	-	-	-	-

Содержание I части Справочника

Предисловие ко второму изданию .....	3
Предисловие .....	4
Введение .....	5
<b>ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ .....</b>	<b>7</b>
<b>Глава 1.1. Газоразрядные детекторы ионизирующих излучений .....</b>	<b>14</b>
1.1.1д. Конструктивное оформление газоразрядных детекторов .....	16
1.1.3д. Типовые схемы включения газоразрядных детекторов .....	19
1.1.4д. Условные обозначения газоразрядных детекторов .....	21
<b>1.1.1. Детекторы и счетчики альфа-излучения .....</b>	<b>22</b>
1.1.1.1. Детекторы и счетчики альфа-излучения САТ-3, САТ-4, САТ-5, САТ-7, САТ-8, САТ-9, САТ-10, САТ-11, СИ-9А .....	22
<b>1.1.2. Детекторы и счетчики бета-излучения .....</b>	<b>25</b>
1.1.2.1. Детекторы и счетчики бета-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 .....	25
1.1.2.2. Детекторы и счетчики бета-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. ....	28
1.1.2.3. Детекторы и счетчики бета-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 .....	32
1.1.2.4. Детекторы и счетчики бета-излучения СИ-15 БГ, СИ-19БГ, СИ-23БГ, СИ-24БГ, СИ-25БГ, СИ-26БГ, СИ-28БГ1, СИ-28БГ2, СИ-29БГ, МСТ-17, МСТ-18 (СИ-3Б), СИ-1 ГИП, СТС-5, СТС-6, Т-25БФЛ .....	35
1.1.2.5д. Детекторы и счетчики $\alpha, \beta, \gamma$ -излучений Бета-1, Бета-1-1, Бета-2, Бета-2-1, Бета-6, Бета 6-1, Бета 7-1 .....	38
1.1.2.6д. Детекторы и счетчики $\beta, \gamma$ - излучений: Бета-5, Бета-5-1, Бета-5Ц, СИ8Б, СИ8Б-1 .....	40
<b>1.1.3. Детекторы и счетчики гамма-излучения .....</b>	<b>41</b>
1.1.3.1. Детекторы и счетчики гамма-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 .....	41
1.1.3.2. Детекторы и счетчики гамма-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 .....	46
1.1.3.3. Детекторы и счетчики гамма-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 .....	49

1.1.3.4д. Детекторы и счетчики гамма-излучения Бета-1М, Бета-1М-1, Бета-2М, Бета-2М-1, Бета-5М, Бета-5М-1, Бета-6М, Бета-6М-1, Бета-7-1, Бета-7М-1 .....	55
1.1.3.5д. Детекторы и счетчики гамма-излучения Гамма-1-1, Гамма-2-1, Гамма-3-1, Гамма-4, Гамма-5, Гамма-6, Гамма-6-1, Гамма-7, Гамма-7Ц, Гамма-8, Гамма-8Ц, Гамма-9/13, Гамма-9/18, Гамма-10, Гамма-11, Гамма-11Ц, Гамма-12, Гамма-13 .....	57
<b>1.1.4. Детекторы нейтронов .....</b>	<b>59</b>
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 .....	59
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 .....	63
1.1.4.3д. Счетчики нейтронов пропорциональные Гелий-13/120-8,0/ОЦ, Гелий-13/180-6,3Л, Гелий-18/80-3,0/Л, Гелий-18/100-3,0/БЦ, Гелий-18/140-2,8/БЦ (Гелий-4/2,8), Гелий-18/140-8,0/БЦ (Гелий-4), Гелий-18/180-8,0/БЦ (Гелий-4-1), Гелий-18/190-8,0/ОЦ, Гелий-30/150-5,0/ОЦ, Гелий-30/220-4,25/Л, Гелий-30/250-3,0/БЦ, Гелий-30/330-5,0/Л, Гелий-30/360-4,0/БЦ, Гелий-30/530-4,0/БЦ(Гелий-2-1), Гелий-30/1020-2,75/ЛЦ, Гелий-30/1030-4,0/БЦ (Гелий-2), Гелий-50/430-3,25/К .....	67
1.1.4.4д. Счетчики медленных нейтронов СНК-18/120-9,0/ОМ, СНК-18/130-5,0/Л, СНК-18/210-9,0/ОМ, СНК-25/80-5,0/Л, СНК-25/160-5,0/Л, СНК-30/120-4,6/Л, СНК-30/130-4,6/ОМ, СНК-30/130-5,0/Л, СНК-30/170-4,6/ПУ, СНК-30/200-4,6/ОМЦ, СНК-30/220-4,6/ПУ, СНК-30/260-4,6/Л, СНК-30/260-4,6/ОМ, СНК-30/300-4,6/Л, СНК-30/310-4,6/ОМ, СНК-32/120-4,0/Л, СНК-32/130-4,0/ОМ, СНК-32/260-4,0/Л, СНК-32/200-4,0/ОМЦ, СНК-32/260-4,0/ОМ, СНК-32/300-4,0/Л, СНК-32/310-4,0/ОМ, СНК-38/240-4,0/ПУ, СНК-50/90-4,0/Л, СНК-50/240-4,0/Л, СНК-50/300-4,0/Л .....	70
1.1.4.5д. Счетчики медленных нейтронов с повышенной термоустойчивостью: СНК-Т-30/260-4,6/Л, СНК-Т-32/120-4,0/Л, СНК-Т-32/260-4,0/Л, СНК-Т-50/240-4,0/Л, СНК-Т-50/300-4,0/Л, СНМ56М, СНМ67Э, Гелий-Т-13/180-6,3/Л .....	75
<b>1.1.5. Газоразрядные счетчики фотонов .....</b>	<b>77</b>
1.1.5.1. Газоразрядные счетчики фотонов СИ1Ф, СИ4Ф, СИ5Ф, СИ6Ф, СФК-1, СИ-45Ф .....	77
<b>1.1.6. Детекторы рентгеновского излучения .....</b>	<b>79</b>
1.1.6.1. Детекторы рентгеновского излучения МСТР-3, МСТР-4, МСТР-5, СИ2Р, СИЗР, СИ4Р, СИ5Р, СИ2Ц, СИ6Р, СРМ-1, СРТ-4, СРТ-5, СИ9Р, СИ10Р, СИ-11Р, СИ-12Р, СИ-13Р, СРМ19, СРМ20 .....	79
1.1.6.2. Детекторы рентгеновского излучения АГ-1, АГ-2, АГ-3, АГ-4, АГ-5, АГ-6, СИ-1-13Р, СИ-2Р, СИ-3Р, СИ-4Р, СИ-5Р, СИ-6Р .....	81
1.1.6.2д. Вакуумный рентгеновский датчик СДИ28 .....	82
1.1.6.3д. Детекторы рентгеновские позиционно-чувствительные ЛКДО-1, ЛКДО-2, ИКД-1, ИКДО-1 и КОМБИ-1 .....	83
1.1.6.4д. Блоки детектирования рентгеновского излучения БДР-2, БДР-2-01, БДР-3, БДР-4, БДР-5 .....	84
<b>1.1.7. Ионизационные камеры .....</b>	<b>86</b>
1.1.7.1. Ионизационные камеры КНК3, КНК4, КНК15, КНК15-1, КНК53М, КНК56, КНК56М, КНК57М .....	86
1.1.7.2. Ионизационные камеры КНТ-7, КНТ-8, КНТ-9, КНТ-10, КНТ-31, КНТ31-1, КНТ-54, КНТ-54-1 .....	87



1.1.8. Блоки детектирования на основе газоразрядных счетчиков .....	88
1.1.8.1. Блоки детектирования гамма-излучения БДМГ-04-00, БДМГ-04-01, БДМГ-04-02, БДМГ-04-03 и БДМГ-04-04 .....	88
1.1.8.2. Блоки детектирования гамма излучения БДМГ-101, БДМГ-101М .....	90
1.1.8.3. Интеллектуальные блоки детектирования нейтронного излучения БДКН-04, БДКН-96, БДМН-96 .....	91
<b>Глава 1.2. Сцинтилляционные детекторы излучений .....</b>	<b>92</b>
<b>1.2.1. Сцинтилляциаторы .....</b>	<b>94</b>
1.2.1.1. Материалы, используемые для изготовления сцинтилляторов .....	95
1.2.1.2. Конструктивное оформление сцинтилляторов .....	97
1.2.1.3. Типовые конструкции контейнеров для упаковки сцинтилляторов .....	98
1.2.1.4. Детекторы ионизирующих излучений сцинтилляционные СДН.64, СДН.69, СДН.83 .....	100
1.2.1.5. Детекторы ионизирующего излучения сцинтилляционные пластмассовые ПС-Н1, ПС-Н2, ПС-Н3 .....	101
1.2.1.6д. Блочные полистирольные сцинтилляторы ИФВЭ СЦ-201, ИФВЭ СЦ-201, ИФВЭ СЦ-202, ИФВЭ СЦ-203, ИФВЭ СЦ-204, ИФВЭ СЦ-205, ИФВЭ СЦ-206, ИФВЭ СЦ-207, ИФВЭ СЦ-221, ИФВЭ СЦ-222, ИФВЭ СЦ-223, ИФВЭ СЦ-231 .....	102
<b>1.2.2. Сцинтилляционные блоки детектирования .....</b>	<b>103</b>
1.2.2.1. Сцинтиблоки на основе фотоэлектронных умножителей .....	103
1.2.2.2. Сцинтиблоки на основе кремниевых фотодиодов .....	105
1.2.3 Интегрированные сцинтилляционные блоки детектирования .....	107
1.2.3.1 Блоки детектирования альфа излучения БДПА-01, БДЗА-96, БДЗА-96м, БДЗА-96с, БДЗА-96т, БДЗА-100Б, БДЗА-96б .....	107
1.2.3.2. Сцинтилляционные блоки детектирования бета-излучения БДС-Б, БДС-Б-150 .....	109
1.2.3.3. Сцинтилляционные блоки детектирования гамма-излучения БДС-Г, БДС-Г-100х100, БДС-Г-150х150 .....	110
1.2.3.4. Блоки детектирования импульсного нейтронного и гамма-излучения типа ССДИ8М, ССДИ8М-01, ССДИ29, СЧДИ1М .....	111
1.2.3.5. Блок детектирования рентгеновского излучения БДКР-01 .....	112
1.2.3.6. Блок детектирования рентгеновского излучения БДС-Р5 .....	113
1.2.3.7д. Детекторы импульсных излучений ССДИ8М .....	114
1.2.3.8д. Двухканальный высокочувствительный сцинтилляционный детектор ССДИ34 .....	115
1.2.3.9д. Высокочувствительный сцинтилляционный детектор ССДИ35 .....	116
1.2.3.10д. Трехканальный высокочувствительный сцинтилляционный детектор ССДИ36 .....	117
1.2.3.11д. Малогабаритный высокочувствительный сцинтилляционный детектор ССДИ37 .....	118
1.2.3.12д. Детекторы высокочувствительные быстродействующие ССДИ38 .....	119
1.2.3.13д. Низкочувствительный сцинтилляционный детектор ССДИ39 .....	120
1.2.3.14д. Детектор сцинтилляционный ССДИ40 .....	121
1.2.3.15д. Субнаносекундный черенковский детектор СЧДИ3 .....	122

<b>Глава 1.3. Полупроводниковые детекторы излучений</b> .....	123
<b>1.3.1д.</b> Микросхема зарядочувствительного усилителя К1432УП1, К1432УП1Б.....	125
<b>1.3.1.</b> Кремниевые полупроводниковые детекторы.....	127
<b>1.3.1.1</b> Поверхностно-барьерные детекторы ДКПс-25, ДКПс-35, ДКПс-50, ДКПс-100, ДКПс-200, ДКПс-350, ДКПс-500 .....	127
<b>1.3.1.2</b> Поверхностно-барьерные детекторы ДКПсд-20, ДКПсд-50, ДКПсд-125 .....	129
<b>1.3.1.3</b> Детекторы кремниевые поверхностно-барьерные полностью обедненные ДКПО-dE/dx-25, ДКПО-dE/dx-50, ДКПО-dE/dx-125, ДКПО-dE/dx-200 .....	130
<b>1.3.1.4</b> Детекторы кремниевые диффузионно-дрейфовые ДКДПс-25, ДКДПс-50, ДКДПс-100, ДКДПс-125, ДКДПс-200, ДКДПс-250, ДКДПс-350, ДКДПс-500 .....	131
<b>1.3.1.5.</b> Детекторы кремниевые диффузионно-дрейфовые ДКДПсд-20, ДКДПсд-50, ДКДПсд-125 .....	132
<b>1.3.1.6</b> Диффузионно-дрейфовые детекторы матричного типа МДКД-П-10, МДКД-П-20, МДКД-П-30, МДКД-П-40 .....	133
<b>1.3.1.7</b> 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 .....	135
<b>1.3.1.8.</b> 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 .....	136
<b>1.3.1.9.</b> Детекторы кремниевые спектрометрические альфа-излучения ПДПА-1К, ПДПА-1К5, ПДПА-1К1, ПДПА-1К2, ПДПА-1К3, ПДПА-1К4.....	137
<b>1.3.1.10.</b> Диффузионно-дрейфовые регистрирующх детекторы ДДР-5/2, ДДР-8/2, ДДР-12/2, ДДР-18/2.....	138
<b>1.3.1.11.</b> Диффузионно-дрейфовые детекторы ДКРС-2,5/3, ДКРС-4/3, ДКРС-6/3, ДКРС-9/3 .....	139
<b>1.3.1.12.</b> Кремниевые детекторы Д1А, Д1В, Д4.5АМ, Д4.5А, Д4.5В, Д10А, Д10В, Д30А, Д30В .....	140
<b>1.3.1.13.</b> Детектор кремниевый гамма-излучения типа ДКГ .....	141
<b>1.3.1.14.</b> Детектор кремниевый ионно-имплантированный ДГб-0,25 .....	142
<b>1.3.1.15.</b> Миниатюрный диффузионно-дрейфовый детектор типа ДКД-М.....	142
<b>1.3.1.16.</b> Детектор кремниевый ДКД-Пм-2,5-3 .....	143
<b>1.3.1.17.</b> Кремниевые дозиметры СКД1, СКД1-01, СКД1-02 .....	143
<b>1.3.1.18.</b> Детекторы нейтронного и гамма-излучения типа СППД1, СППД1-01, СППД3, СППД3-01, СППД5 .....	144
<b>1.3.1.19.</b> Детектор полупроводниковый рентгеновского излучения СППД11, СППД11-01, СППД11-02, СППД11-03, СППД11-04 .....	144
<b>1.3.1.20.</b> Детекторы полупроводниковые рентгеновского излучения ПРД-Д-01, ПРД-Д-02, ПРД-Д-04 .....	145
<b>1.3.1.21д.</b> Кремниевый блок детектирования с термоэлектрическим охлаждением БДЕР-КИ-11К .....	146

<b>1.3.2 . Полупроводниковые детекторы излучения на основе германия .....</b>	<b>148</b>
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 .....	149
1.3.2.2. Германиевые радиационные детекторы ДГР-11, ДГР-12, ДГР-22 .....	150
1.3.2.3. Германиевые детекторы ДГР-3-1, ДГР-3-2, ДГР-3-3, ДГР-5-1, ДГР-5-2, ДГР-5-8 .....	151
1.3.2.4. Блоки детектирования рентгеновского излучения БДР1-20, БДР2-20, БДР1-50, БДР2-50, БДР1-125, БДР2-125, БДР1-200, БДР2-200 .....	152
1.3.2.5д. Блок детектирования рентгеновского излучения БДЕР-Г-7К .....	153
1.3.2.6д. Блок детектирования гамма излучения БДЕГ .....	155
<b>1.3.3. Полупроводниковые детекторы излучения на основе других п/п материалов .....</b>	<b>157</b>
1.3.3.1 Датчики рентгеновского и гамма-излучений типа РГД-0, РГД-1, РГД-2 и ГД-Г1 .....	157
1.3.3.2. Детекторы полупроводниковые СППД12, СППД14 .....	159
1.3.3.3д. Детекторы полупроводниковые 2Х701А-1, 2Х701Б-1, 2Х701В-1 .....	160
1.3.3.4д. Детектор отраженных электронов ДОЭ-4 .....	161
<b>Глава 1.4. Детекторы ионизирующего излучения на основе алмаза .....</b>	<b>162</b>
1.4.1. Спектрометрический алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-1 .....	164
1.4.2. Алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-2 .....	165
1.4.3. Алмазный детектор ионизирующего излучения АДИИ-3 .....	166
1.4.4. Алмазные детекторы ионизирующего излучения АДИИ-3.1, АДИИ-3.2, АДИИ-3.3 .....	167
1.4.4д. Химически устойчивые алмазные детекторы ионизирующего излучения АДП-2R .....	168
1.4.5. Детектор алмазный дозиметрический ПДПС-1К .....	169
1.4.5д. Водонепроницаемый алмазный детектор ТМ60003 .....	170
1.4.6. Алмазные детекторы ионизирующего излучения САД1, САД1-01 .....	171
<b>Глава 1.5. Датчики и приемники излучения на основе фотодиодов .....</b>	<b>172</b>
1.5.1. Фотодиоды ФДУК-100УВ, ФДУК-100УВZr/Sic, ФДУК-1УВСК, ФДУК-8УВСК [Е от 1,13 до 60000 эВ] .....	173
1.5.2. Модули счетчика фотонов СРТА РС1, СРТА РС9, СРТА РС21 .....	174
1.5.3. Блок детектирования АВ-5 .....	175
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Перечень изделий, сведения о которых размещены в I части Справочника .....</b>	<b>176</b>

# Глава 1.1. Газоразрядные детекторы ионизирующих излучений

Газоразрядные детекторы ионизирующих излучений являются важнейшими и наиболее распространенными элементами аппаратуры для радиационных измерений.

Газоразрядные детекторы просты по конструкции, компактны, удобны в работе, обеспечивают надежные измерения различных видов радиации в широком диапазоне рабочих температур при относительно невысоких требованиях к стабильности напряжения питания.

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.

Газоразрядные детекторы могут работать в следующих основных режимах:

- пропорционального газового усиления;
- ограниченной пропорциональности;
- самостоятельного газового разряда.

Режим работы газоразрядного детектора определяется конструкцией прибора, условиями и режимами его эксплуатации.

### **Особенности эксплуатации газоразрядных детекторов.**

Особенности конструктивного исполнения газоразрядных детекторов ионизирующего излучения, представляющих собой высоковольтный электровакуумный прибор, определяют особенности их эксплуатации и требуют осторожного обращения при установке их в аппаратуру.

Следует оберегать приборы от ударов и механических повреждений. Особенно это относится к приборам с входными окнами из слюды. До слюдяного окна нельзя дотрагиваться руками и его нужно оберегать от царапин и проколов.

Не допускается попадания на приборы всякого рода загрязнений, ведущих к ухудшения изоляционных свойств. Нельзя изгибать вывода приборов ближе, чем 6 мм от корпуса или изолятора.

Несоблюдение полярности включения прибора может привести к выходу последнего из строя, даже если это напряжение подавалось кратковременно.

Газоразрядные детекторы с органической гасящей добавкой особенно чувствительны к перегрузкам, как по напряжению, так и по скорости счета. Превышение рабочего напряжения и максимально допустимой скорости счета приводит к резкому сокращению срока службы прибора.

Эксплуатация всех типов газоразрядных детекторов при двух и более предельно допустимых значениях электрических и радиометрических параметров категорически не допускается!

1.1.1д. Конструктивное оформление газоразрядных детекторов

Конструкции газоразрядных детекторов 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, т.н. проточные счетчики. Баллон счетчика, реагирующего на жесткое  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучение, имеет обычно форму цилиндра, изготовленного из нержавеющей стали с толщиной стенки от 0,05...0,3 мм, в зависимости от назначения прибора.

Обычно детекторы воспринимают излучение всей своей поверхностью, но существуют и такие, у которых для этого в баллоне предусмотрено специальное «окно». Входное окно детектора, чувствительного к  $\alpha$ - и мягкому  $\beta$ -излучению выполняют из слюды или майлара, толщиной 3...17 мкм. Окно рентгеновского детектора изготавливают из бериллия, а ультрафиолетового - из кварцевого стекла. Схематическое устройство газоразрядных детекторов приведено на рис. 1.1. Внешний вид приборов приведен на рис. 1.1а.

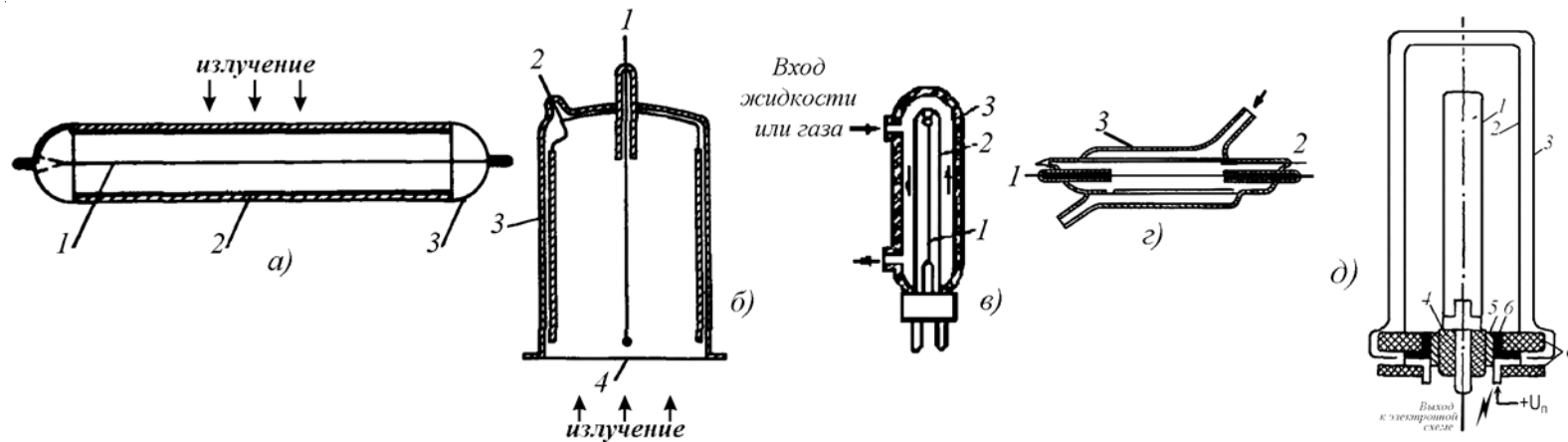


Рис. 1. 1. Устройство газоразрядных детекторов: а-цилиндрического, б-торцевого, в и г- проточного, д- ионизационной камеры. Обозначения: 1 — анод, 2— катод (металлизированный слой), 3— корпус (баллон), 4 — окно. Обозначения для импульсной ионизационной камеры: 1 - центральный (собирающий) электрод; 2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

Рис. 1.1а. Внешний вид некоторых типов газоразрядных детекторов



1.1.2д. Типовая вольт-амперная характеристика газоразрядного детектора

Принцип действия газоразрядного детектора определяется его вольт-амперной характеристикой (ВАХ), которая показывает зависимость количества регистрируемых электрон-ионных пар для альфа- и бета-частиц от напряжения, приложенного к электродам детектора.

Из настоящей ВАХ следует, что кривая для альфа-частиц лежит выше кривой для бета-частиц, т.к. альфа-частицы создают большую начальную ионизацию, чем бета-частицы. Альфа-частицы образуют больше электрон-ионных пар, так как имеют намного большую массу, чем бета-частицы.

Каждая кривая ВАХ условно делится на шесть характерных областей.

В области I происходят два конкурирующих процесса: собирание зарядов на электродах и рекомбинация ионов в газовом объеме. При увеличении поля скорость ионов увеличивается, что уменьшает вероятность рекомбинации, растет количество собранных зарядов и, соответственно, амплитуда сигналов. Эта область называется областью рекомбинации и для детектирования не используется.

При дальнейшем увеличении напряжения амплитуда сигнала достигает насыщения и практически перестает расти с ростом приложенного напряжения.

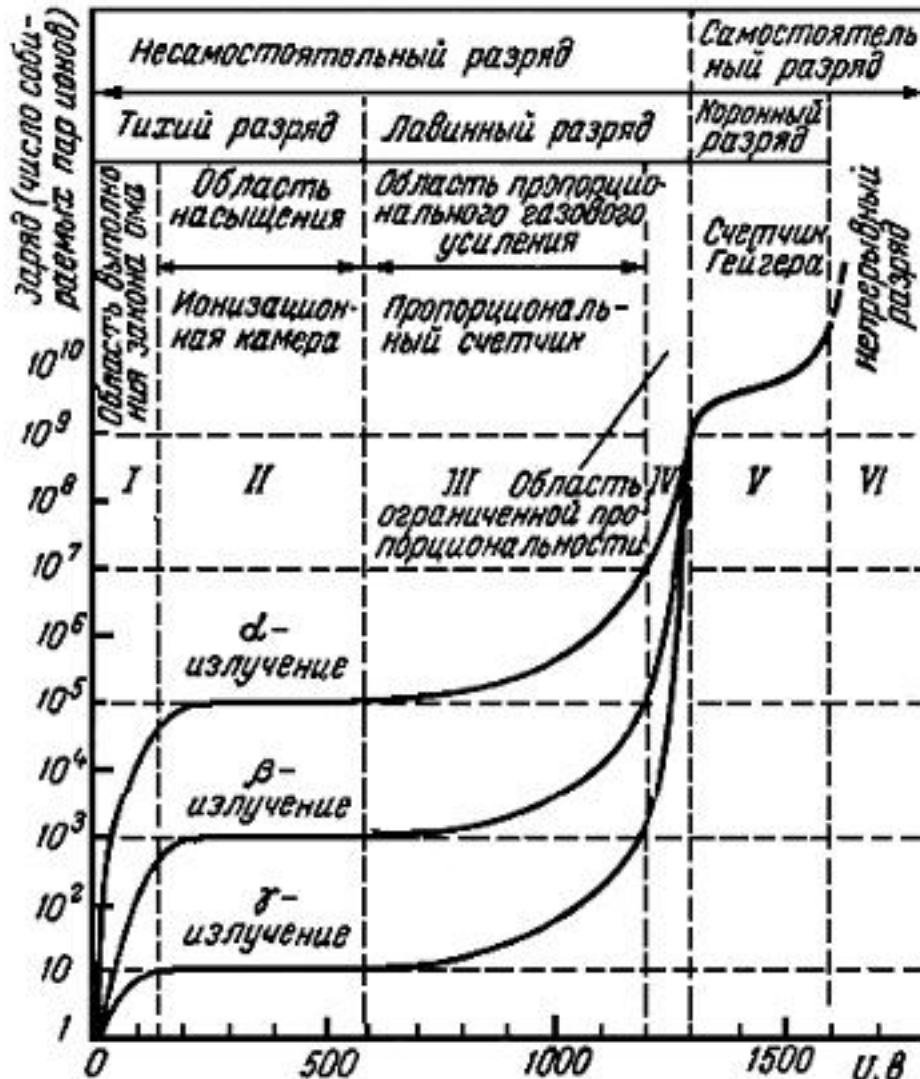
На участке II практически все заряды, образованные в детекторе, собираются на электродах. Этот участок кривой называют областью насыщения. В этой области работают, т.н. ионизационные камеры.

По мере дальнейшего повышения напряжения детектор начинает функционировать в области III. Электроны, образованные в результате первичной ионизации, приобретают достаточную энергию, чтобы в свою очередь вызвать ионизацию атомов или молекул газа. Происходит так называемое газовое усиление. Коэффициент газового усиления варьируется от  $10^3$  до  $10^4$ . Область III называется пропорциональной, т.к. коэффициент газового усиления пропорционален приложенному напряжению. Это область работы пропорциональных счетчиков (и камер).

При дальнейшем повышении напряжения коэффициент газового усиления перестает линейно зависеть от напряжения и характеристика смещается в область IV - область ограниченной пропорциональности.

На участке V газовое усиление возрастает настолько, что собираемый заряд не зависит от первичной ионизации. Это, так называемая область Гейгера - Мюллера. Однако разряд, как и в предыдущих областях, остается вынужденным, т.е. начинается после прохождения ионизирующей частицы. Это область работы счетчиков Гейгера-Мюллера.

Дальнейшее увеличение напряжения приводит к непрерывному разряду, т.е. смещению характеристики в область VI, поэтому эта область для регистрации частиц не используется.





1.1.3д. Типовые схемы включения газоразрядных детекторов

При использовании детекторов излучения, при конструировании и в производстве радиометрической аппаратуры используются различные схемы включения приборов. Выбор схемы включения зависит от назначения конкретного оборудования. В радиолюбительской практике широкое распространение получила схема, приведенная на рис. 1.2. Другие варианты схем включения показаны на рис. 1.2д.

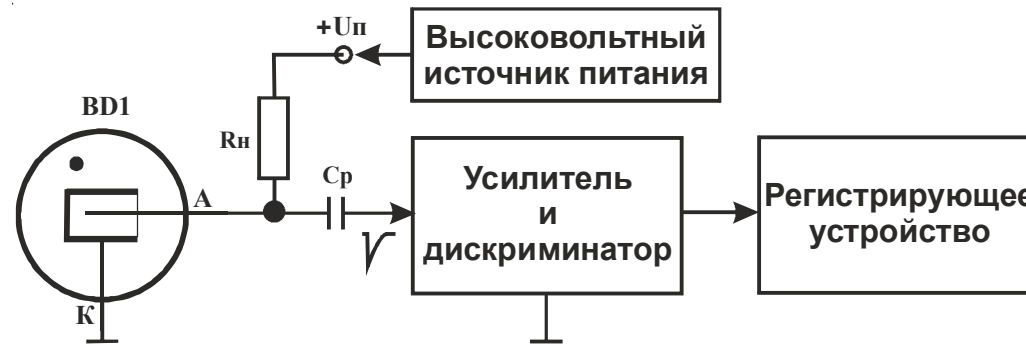


Рис. 1.2. Типовая схема включения газоразрядного детектора.

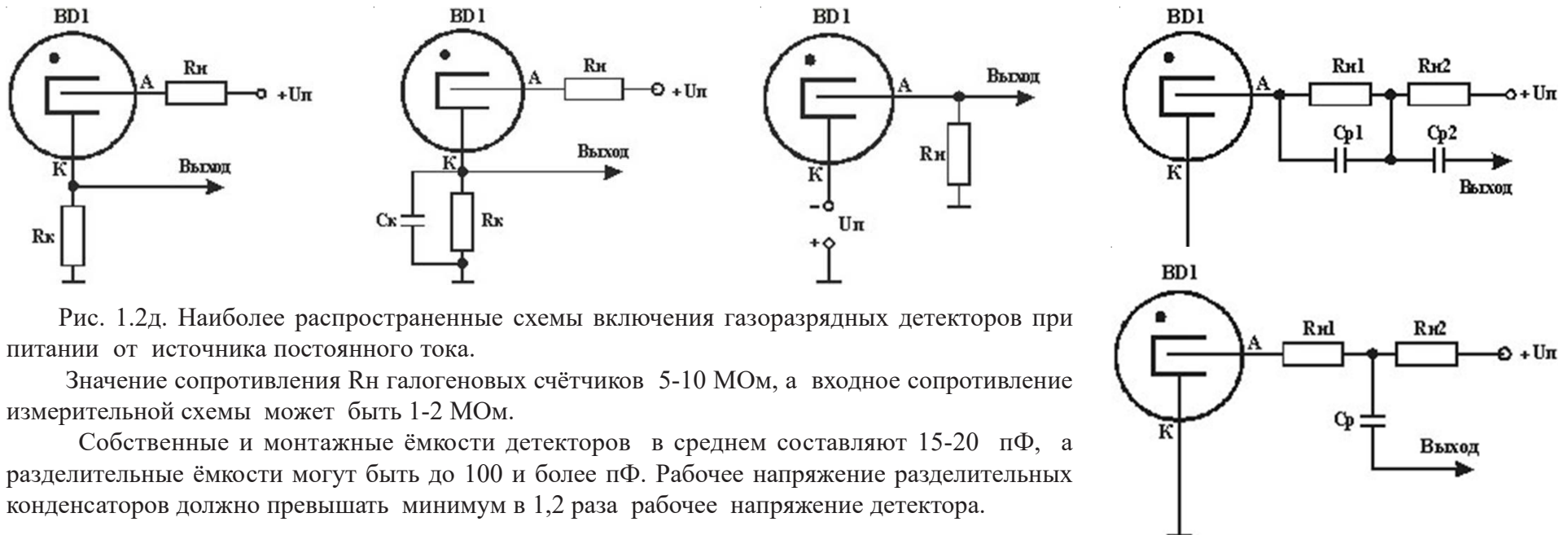


Рис. 1.2д. Наиболее распространенные схемы включения газоразрядных детекторов при питании от источника постоянного тока.

Значение сопротивления  $R_n$  галогеновых счётчиков 5-10 МОм, а входное сопротивление измерительной схемы может быть 1-2 МОм.

Собственные и монтажные ёмкости детекторов в среднем составляют 15-20 пФ, а разделительные ёмкости могут быть до 100 и более пФ. Рабочее напряжение разделительных конденсаторов должно превышать минимум в 1,2 раза рабочее напряжение детектора.

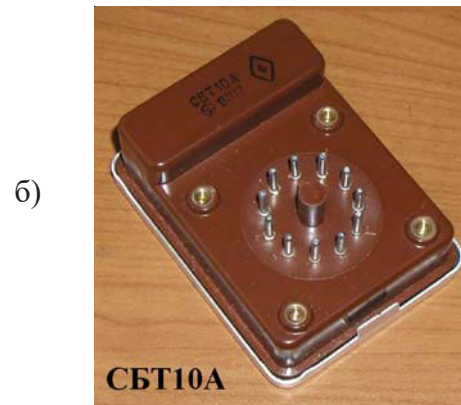
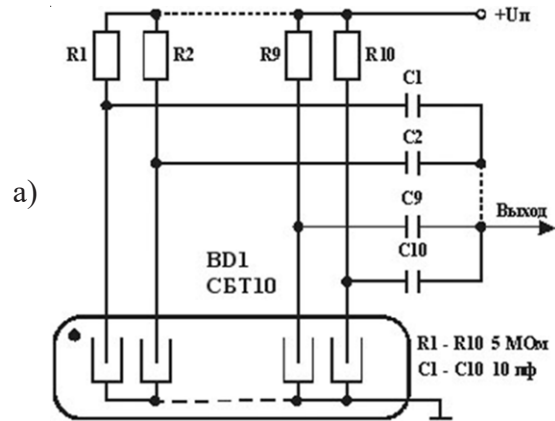


Рис. 1.2д1. Схема включения (а) и внешний вид (б) многосекционного (многоэлектродного) детектора.

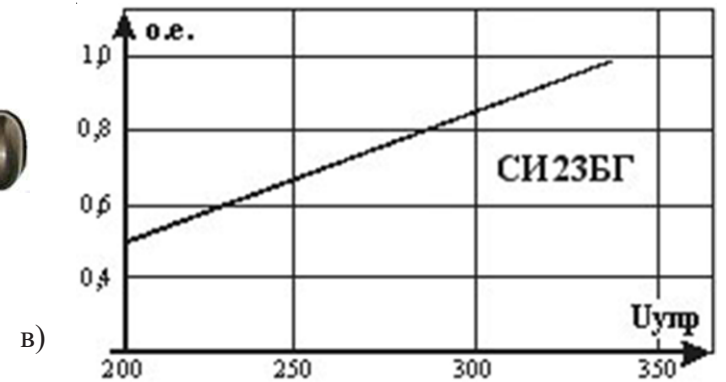
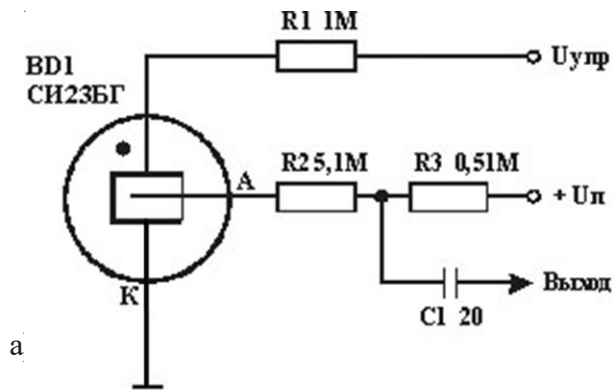


Рис. 1.2д2. Схема включения (а) и внешний вид (б) трехсекционного счетчика. в- зависимость его радиационной чувствительности от напряжения на управляющем электроде.

### 1.1.4д. Условные обозначения газоразрядных детекторов

#### Обозначение газоразрядных детекторов и счетчиков старых типов

Для детекторов 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; **А** — 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 — определяющая вид регистрируемого излучения (как и в новой си-стеме обозначений) и третья — определяющая конструктивные особенности прибора: **М** — металлический, **С** — стеклянный, **Т** — торцевой.

Второй элемент — число, обозначающее порядковый номер типа прибора.

#### Условное обозначение вновь разрабатываемых газоразрядных детекторов и счетчиков

Условное обозначение вновь разрабатываемых отечественных детекторов включает буквы **СИ** (счетчик импульсов), порядковый номер разработки и букву, обозначающую вид излучения; **А** -  $\alpha$  - излучение, **Б** -  $\beta$ -излучение, **Г** -  $\gamma$ -излучение, **Р** - рентгеновское излучение, **Ф** - фотонное, **Н** - нейтронное.

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

Первые буквы детекторов ранних разработок означают следующее: **СБМ** – ГМ-счетчики жесткого  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения модернизированные, **СБТ** - счетчики мягкого  $\beta$ -излучения, торцевые; **СНМ** — счетчики медленных нейтронов; **СГМ** — счетчики для регистрации жесткого  $\gamma$ -излучения, например, космического излучения, модернизированные; **ВС** высоковольтные высокоэффективные ГМ-счетчики  $\gamma$ -излучения; **САТ** - счетчики  $\alpha$ -излучения торцевые.

К группе газоразрядных детекторов условно относят также интегральные импульсные камеры, применяемые в системах радиационного контроля для регистрации  $g$ -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 и форма ионизационных камер обычно определяется задачами эксперимента. Используются плоские, цилиндрические и сферические ионизационные камеры.

Основные параметры наиболее известных типов газоразрядных детекторов и счетчиков излучения приведены в табл. 1.1. - 1.10.

#### В таблицах 1.1 – 1.10 использованы следующие обозначения:

**L**- длина, мм; **L<sub>ч</sub>** - чувствительная часть длины детектора, мм;  $\varnothing$ - диаметр, мм;  $\rho_0$  - плотность чувствительной части окна, мг/см<sup>2</sup>; **d**— толщина чувствительной части окна, мкм; **U<sub>р</sub>** - рабочее напряжение, В; **U<sub>н</sub>** - напряжение начала счета, В; **U<sub>з-к</sub>** - напряжение зажигания короны, В;  **$\epsilon$**  - эффективность, %; **d<sub>н</sub>** - чувствительность к медленным нейтронам, имп. см<sup>2</sup>/н; ; **N**- скорость счета, имп./мин; **N<sub>max</sub>** - максимальная скорость счета, имп./мин; **N<sub>ф</sub>** - уровень натурального фона, имп./мин; **D<sub>max</sub>** - максимальная мощность дозы (кратковременная), Р/ч; **D<sub>ф</sub>** - максимальное фоновое облучение; **D $\alpha$**  — максимальная рабочая интенсивность  $\alpha$ -облучения на площадь окна, част./мин.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)