

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **105 474** (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(51) МПК
[G01T 3/06 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 17.12.2014)
Пошлина: учтена за 1 год с 14.12.2010 по 14.12.2011

(21)(22) Заявка: [2010151439/28](#), 14.12.2010(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.12.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.12.2010

(45) Опубликовано: [10.06.2011](#) Бюл. № 16

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности,
Т.В. Маркву

(72) Автор(ы):

Шульгин Борис Владимирович (RU),
Благовещенский Михаил Николаевич (RU),
Шутов Олег Николаевич (RU),
Черепанов Александр Николаевич (RU),
Гребняк Валерий Григорьевич (RU),
Ищенко Алексей Владимирович (RU),
Викторов Леонид Викторович (RU),
Петров Владимир Леонидович (RU),
Соколкин Виктор Васильевич (RU),
Голубкин Егор Михайлович (RU),
Тесленко Ольга Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU),
Общество с ограниченной
ответственностью "Гамма" (RU)

(54) ДЕТЕКТОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

(57) Реферат:

Назначение: для дистанционного энгергочувствительного детектирования гамма-излучения и счетного детектирования нейтронов.

Сущность: детектор для регистрации ионизирующих излучений, содержит сцинтилляционный датчик для регистрации излучений, находящееся с ним в оптическом контакте фотоприемное устройство и блок электронной обработки сигналов, причем в качестве сцинтилляционного датчика используют сцинтилляционный спектрометрический кристалл CsI:Tl или LaBr₃:Ce, чувствительный к гамма-излучению, в качестве фотоприемного устройства используют PIN-фотодиод, детектор содержит дополнительный сцинтилляционный датчик, чувствительный к нейтронам, и находящиеся с ним в оптическом контакте сместитель спектра из кристалла ортогерманата висмута и дополнительный PIN-фотодиод, детектор дополнительно содержит коммуникационный модуль, связанный с блоком электронной обработки сигналов. Дополнительный сцинтилляционный датчик

предлагаемого детектора, чувствительный к нейтронам, выполнен в виде сборки из трех элементов, причем центральный элемент выполнен из кристалла или кристалловолокна $L(Y, Gd)BO:Ce$ или из пластинок 6Li -содержащего силикатного стекла, два элемента, окружающие центральный элемент, выполнены из пластика или стилибена.

Технический результат: компактность, малый вес, регистрация гамма-излучения и нейтронов, возможность создания связанной сети радиационных детекторов и передачи информации удаленному пользователю.

Полезная модель относится к области дистанционного энергочувствительного детектирования гамма-излучения и счетного детектирования нейтронов; предназначена как для масштабного радиационного мониторинга селитебных (жилых) зон и объектов окружающей среды, так и для локального мониторинга, в том числе скрытого, помещений в плане поиска, обнаружения и идентификации ядерных делящихся материалов, а также радиоактивных веществ (РВ) по спектру их гамма-излучения (включая поиск источников гамма-радиации, наведенной при нейтронном зондировании скрытых взрывчатых веществ (ВВ)); может быть использована в составе мобильных комплексов радиационного контроля, размещаемых на различных носителях, включая беспилотные летательные аппараты, или как переносной (носимый) детектор для мониторинга помещений.

Известны сцинтилляционные детекторы гамма-излучения, включающие датчик (блок детектирования) и блок электронной обработки сигналов (Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий / Ю.К.Акимов. М.: МГУ, 1963. 151 с.; Пат. 4482808 США), в которых датчик содержит сцинтилляционный неорганический кристалл и фотодетектор (фотоэлектронный умножитель или фотодиод). Сцинтилляционный кристалл (один из щелочно-галогенидных кристаллов или один из кристаллов на оксидной основе) имеет обычно цилиндрическую форму диаметром 10-150 мм и высотой 10-150 мм, или он имеет кубическую форму $10 \times 10 \times 10 \text{ мм}^3$ при фотодиодной регистрации. Однако детекторы с таким датчиком непригодны для регистрации нейтронного излучения, поскольку датчик не содержит элементы, чувствительные к нейтронам. Кроме того, известные детекторы не поддерживают передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Известен сцинтилляционный детектор бета-, гамма- и нейтронного излучения по Пат. 2142147 РФ, содержащий датчик - сцинтилляционный кристалл, например $Lu_2SiO_5:Ce$ или стилибен, сместитель спектра (в виде тонкой сцинтиллирующей пленки или кристалла) и кремниевый PIN-фотодиод, а также блок электронной обработки сигналов. Однако такой детектор на предназначен для одновременной эффективной регистрации нейтронного и гамма-излучения. Если в качестве сцинтилляционного в датчике используется кристалл $Lu_2SiO_5:Ce$, то последний будет регистрировать только гамма-кванты и не будет регистрировать нейтроны. Если в качестве сцинтилляционного кристалла датчик содержит стилибен, то последний будет регистрировать в основном нейтроны. Поскольку в детекторах с диодной регистрацией из-за малых размеров диодов стандартный размер сцинтилляционных кристаллов невелик (обычно кубик $10 \times 10 \times 10 \text{ мм}^3$), то и эффективность регистрации нейтронов и тем более гамма-квантов будет при дистанционных измерениях мала, не выше 1%. Кроме того, известный детектор не пригоден для спектрометрии гамма-излучения и не поддерживает передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Известен детектор нейтронов сцинтилляционного типа с датчиком на базе кристаллов ${}^6LiI:Eu$, содержащий изотоп 6Li (Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий / Ю.К.Акимов. М.: МГУ, 1963. 151 с). Однако такой детектор является гигроскопичным и имеет весьма большую длительность сцинтилляций (1400 нс), что не позволяет обеспечить высокую загрузочную способность детектора. Кроме того, известный детектор не пригоден для спектрометрии гамма-излучения и не поддерживает передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Известный селективный детектор нейтронов по Пат. 3688118 США содержит два датчика, один из которых чувствителен к заряженным частицам и нейтронам, в то время как другой чувствителен только к заряженным частицам; число регистрируемых нейтронов определяется разностным сигналом с этих датчиков, выделяемым с помощью разностной схемы электронного блока. Однако возможность применения такого детектора для регистрации и спектрометрии гамма-излучения в

Пат. 3688118 США не оговорена. Кроме того, в известном патенте не оговорена также возможность передачи результатов измерений удаленному пользователю.

Известный детектор нескольких излучений (Заявка 0311 ЕВП (ЕР)) имеет датчик, включающий два сцинтилляционных кристалла с зеленым и красным свечением, один из которых чувствителен к высокоэнергетическому излучению, а другой - к низкоэнергетическому, и два фотодиода, выделяющих сигналы с помощью светофильтров (зеленого и красного) и регистрирующий их с помощью блока электронной обработки сигналов. Такой детектор имеет ограниченные области применения, по данным Заявки 0311503 ЕР он пригоден для регистрации рентгеновского излучения с двумя различными энергиями, однако он непригоден для регистрации нейтронов и одновременно для спектрометрии гамма-излучения. Кроме того, известный детектор не поддерживает передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Известен детектор надтепловых нейтронов (Пат. 4241253 США), который содержит датчик тепловых нейтронов, защиту от тепловых нейтронов, окружающую этот датчик; замедлитель надтепловых нейтронов, которые проникают через защиту, с тем, чтобы уже замедленные нейтроны легче поглощались счетчиком. Толщина замедлителя и отношение диаметра счетчика к внешнему диаметру замедлителя таковы, что максимальную скорость счета можно получить в случае, когда счетчик полностью заполняет внутренний диаметр защиты от тепловых нейтронов. Однако известный детектор не позволяет регистрировать гамма-излучение и, соответственно, не позволяет обеспечить спектрометрию гамма-излучения. Кроме того, известный детектор не поддерживает передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Известен детектор для регистрации ионизирующего излучения по Пат. 4482808 США. Детектор содержит датчик, в частности сцинтилляционный однокристалльный датчик, чувствительный одновременно к нейтронам и гамма-лучам, и блок электронной обработки сигналов, включающий в себя электронную схему селекции для разделения сигналов (импульсов), генерируемых нейтронами и гамма-лучами. Однако, известный детектор (Пат. 4482808 США) непригоден для спектрометрии гамма-излучения. Кроме того, в известном патенте не оговорена возможность передачи результатов измерений удаленному пользователю.

Известны детекторы нейтронов (Прайс В. Регистрация ядерного излучения / В.Прайс. М.: ИИЛ, 1964. 464 с), использующие реакцию захвата нейтрона (n, α), сопровождающуюся излучением 3 или 4 гамма-квантов с общей энергией приблизительно 4-8 МэВ. В частности, известен (n, α)-детектор на основе жидкого сцинтиллятора, в который помещены пластинки поглощающего вещества, такого как кадмий (Прайс В. Регистрация ядерного излучения / В.Прайс. М.: ИИЛ, 1964. 464 с). Кадмий поглощает медленные нейтроны и испускает гамма-кванты (реакция (n, α)), которые вызывают световые вспышки в жидком сцинтилляторе. Известен также (n, α)-детектор со сцинтиллятором NaI:Tl, окруженным чехлом из серебра (Прайс В. Регистрация ядерного излучения / В.Прайс. М.: ИИЛ, 1964. 464 с.) - серебро имеет большой резонансный пик для реакции (n, α). Серебро эффективно поглощает нейтроны резонансных энергий вследствие реакции (n, α) и испускает гамма-кванты, которые регистрируются сцинтилляционным кристаллом NaI:Tl. Однако такие детекторы очень дороги из-за высокой стоимости кадмия и серебра и не пригодны для спектрометрии гамма-излучения. Кроме того, описанные детекторы не поддерживают передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Известно устройство по Пат. 2143711 РФ, которое содержит датчик и блок электронной обработки сигналов. Датчик выполнен в виде трех параллельно-последовательно соединенных сцинтилляторов: внешнего нейтронного сцинтиллятора, выполненного из чувствительного к быстрым нейтронам органического водородосодержащего вещества на основе пластмассы $(CH)_n$ или стибена (сцинтиллятор с колодцем), и размещенного в нем (в колодце внешнего сцинтиллятора) сцинтилляционного кристалла NaI:Tl в стандартном контейнере, чувствительного к гамма-излучению, и внутреннего сцинтиллятора на основе 6Li -силикатного стекла, активированного церием, чувствительного к тепловым нейтронам, и фотоэлектронного умножителя, помещенных в единый корпус, а блок электронной обработки сигналов включает схему внутренней временной селекции сцинтимпульсов от нейтроно-чувствительных сцинтилляторов и от гамма-чувствительного сцинтиллятора, а также спектрометрический анализатор для обработки сцинтимпульсов от сцинтилляционного кристалла NaI:Tl. Однако известное устройство имеет в своем составе фотоэлектронный умножитель, отличающийся большими габаритами, что не позволяет сделать устройство

компактным. Кроме того, известный детектор не поддерживает передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Известен детектор нейтронного и гамма-излучения по патенту РФ №2231809 от 27.06.2004 МПК G01T 3/08, 1/24, заявл. 01.07/2002; опубл. 27.06.2004. Бюл.№18. Известный детектор содержит датчики для регистрации быстрых промежуточных и тепловых нейтронов. Сенсорными элементами датчиков служат PIN-сенсоры, размещенные в чехлах из борсодержащего радиатора - преобразователя нейтронов из карбида или нитрида бора. Два датчика предназначены для регистрации быстрых и промежуточных нейтронов и содержат замедлители в виде слоев водородосодержащего материала. Третий датчик предназначен для регистрации тепловых нейтронов, поэтому он не имеет замедлителя. Устройство содержит блок электронной обработки сигналов, который состоит из спектрометрического анализатора для выделения гамма-импульсов ($n, \alpha\gamma$)-реакции и для спектрометрии регистрируемого гамма-излучения. Однако регистрация гамма-излучения в известном детекторе осуществляется непосредственно с помощью полупроводниковых PIN-сенсоров, что не обеспечивает регистрацию гамма-излучения высоких (10 МэВ и выше) энергий, что в частности, востребовано при регистрации гамма-излучения изотопа ^{15}N (10,8 МэВ), используемого для обнаружения ВВ при их зондировании тепловыми нейтронами. Кроме того, известный детектор не поддерживает передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Наиболее близким к заявляемому является детектор для регистрации ионизирующих излучений (Пат. 2088952 РФ). Он содержит датчик и блок электронной обработки сигналов; датчик выполнен в виде последовательно соединенных сцинтилляционного кристалла $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, чувствительного к протонному, рентгеновскому, а также альфа-, бета-, гамма-излучениям, и световода, выполненного из органического сцинтиллирующего вещества на основе стильбена или пластмассы $(\text{CH})_n$, чувствительного к быстрым нейтронам, фотоэлектронного умножителя преобразующего световые вспышки (сцинтилляции) в электрические сигналы, а блок электронной обработки сигналов включает в себя схему временной селекции сцинтимпульсов, поступающих в него от альфа-, бета-, гамма-сцинтиллятора $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ и от световода, сцинтиллирующего под действием быстрых нейтронов. Однако известный детектор содержит фотоэлектронный умножитель, отличающийся большими габаритами, что не позволяет сделать устройство компактным. Кроме того, известный детектор не поддерживает передачу результатов измерений удаленному пользователю.

Задачей полезной модели является разработка конструкции компактного сцинтилляционного детектора нейтронного и гамма-излучений, обеспечивающего достаточно эффективную дистанционную регистрацию быстрых и тепловых нейтронов в счетном режиме и регистрацию гамма-излучения в спектрометрическом и счетном режимах, а также передачу результатов измерений (данных радиационного контроля) удаленному пользователю.

Задача полезной модели решается за счет того, что предлагаемый детектор для регистрации ионизирующих излучений содержит сцинтилляционный датчик в виде спектрометрического кристалла CsI:Tl или $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$, чувствительный к гамма-излучению, находящееся с ним в оптическом контакте фотоприемное устройство в виде PIN-фотодиода, а также содержит дополнительный сцинтилляционный датчик, чувствительный к нейтронам, и находящийся с ним в оптическом контакте сместитель спектра из кристалла ортогерманата висмута и дополнительный PIN-фотодиод, блок электронной обработки сигналов и связанный с ним коммуникационный модуль.

Суть полезной модели проиллюстрирована на фиг. 1.

Предлагаемая полезная модель содержит в едином корпусе 1 спектрометрический сцинтилляционный датчик 2 на основе кристалла CsI:Tl или $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$, чувствительный к гамма-излучению, и сцинтилляционный датчик 3, чувствительный к быстрым и тепловым нейтронам и гамма-излучению. Сцинтилляционный датчик 3 выполнен в виде сборки из трех элементов. Центральный элемент 4 выполнен из кристалла $\text{L}(\text{Y}, \text{Gd})\text{BO}:\text{Ce}$ или ^6Li -содержащего силикатного стекла, два элемента 5, окружающие центральный элемент 4, выполнены из пластика или стильбена. В качестве фотоприемного устройства для датчика 2 используется PIN-фотодиод 6. В качестве фотоприемного устройства для датчика 3 используется PIN-фотодиод 7 с установленным перед его входным окном сместителем спектра 8, выполненного из кристалла ортогерманата висмута BGO . PIN-фотодиоды 6 и 7 и сместитель спектра 8 так же, как и датчики 2 и 3 расположены в корпусе 1. PIN-фотодиоды 6 и 7

электрически связаны с блоком электронной обработки сигналов 9. Результаты измерений, полученные блоком обработки сигналов 9, передаются на коммуникационный модуль 10.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Регистрируемое гамма-излучение попадает в спектрометрический датчик 2 и вызывает в нем сцинтилляционные вспышки за счет возбуждения и релаксации T1-центров свечения, если в качестве датчика используется кристалл CsI:Tl (энергетическое разрешение 8-10%), или за счет возбуждения и релаксации Се-центров свечения, если в качестве датчика используется кристалл LaBr₃:Ce (энергетическое разрешение 2-3%). Сцинтилляционные вспышки регистрируются с помощью PIN-фотодиода 6, сигналы с которого передаются на блок электронной обработки сигналов 9.

Нейтроны регистрируются с помощью датчика 3. Быстрые нейтроны попадают на элементы 5 из пластика или стирьбена датчика 3 и вызывают сцинтилляционные вспышки в них за счет протонов отдачи. Быстрые нейтроны при этом замедляются до тепловых энергий и эффективно регистрируются центральным элементом 4 датчика 3, выполненным из бората лития-гадолиния, активированного церием, или ⁶Li-содержащего силикатного стекла. Регистрация в материале элемента 4 датчика 3 осуществляется за счет протекания ядерных реакции (n, α) на ядрах ⁶Li (сечение 940 барн), реакции (n, α) на ядрах ¹⁰B (сечение 3837 барн) или реакций (n, γ+электроны конверсии) на ядрах ¹⁵⁷Gd (сечение 254000 барн) или ¹⁵⁵Gd (сечение 60900 барн). Тепловые нейтроны, имеющиеся в первичном спектре нейтронного излучения, также регистрируются элементом 4 датчика 3 за счет указанных выше ядерных реакций. Сцинтилляционные вспышки синего цвета, связанные с регистрацией нейтронов в элементах 4 и 5 датчика 3 попадают на сместитель спектра 8, выполненный из ортогерманата висмута, обеспечивающий смещение спектра свечения вспышек из синего в зеленый диапазон, далее вспышки с измененным спектром свечения попадают на PIN-фотодиод 7. Смещение синего спектра в область зеленую область повышает эффективность регистрации сцинтилляционных вспышек с помощью PIN-фотодиода, имеющего более высокую чувствительность в диапазоне больших длин волн. Сместитель спектра 8 играет одновременно роль регистратора гамма-излучения, что в совокупности с датчиком 2 повышает эффективность регистрации гамма-излучения предлагаемым устройством. Сигналы с PIN-фотодиода 7 передаются на блок электронной обработки сигналов 9.

Результаты измерения, выполненные блоком электронной обработки сигналов (на базе микроконтроллера) 9, передаются на коммуникационный модуль 10, обеспечивающий передачу результатов измерений удаленному пользователю посредством беспроводных технологий связи (УКВ, GSM, GPRS, Bluetooth, Wi-Fi и пр.) или посредством записи информации на съемные носители (Flash-накопители или карты памяти).

Главными преимуществами предлагаемой полезной модели детектора являются его малые габариты и вес. Например, используемый сцинтилляционный датчик на основе CsI:Tl имеет малые габариты 10×10×30 мм³ и малый вес 17,6 г, а сцинтилляционный датчик нейтронов на основе ⁶Li-содержащего силикатного стекла (выполнен в виде набора тонких пластин толщиной до 400 мкм, длина 30 мм) имеет вес 13,2 г. Детектор нейтронов на основе кристалла или кристалловолокон L(Y, Gd)BO:Ce имеет вес до 20-40 г. Вес PIN-фотодиодов, зарядочувствительных усилителей, АЦП и других электронных компонентов и схем, входящих в блок электронной обработки сигналов, не превышает нескольких грамм. Такие детекторы особо пригодны для малогабаритных и супермалогабаритных беспилотных летательных аппаратов.

Дополнительным преимуществом предлагаемого технического решения является возможность спектрометрии гамма-излучения высоких (10 МэВ и выше) энергий при использовании сцинтилляционного датчика на основе кристаллов (или кристалловолокон) L(Y, Gd)BO:Ce, что в частности, может быть востребовано при регистрации гамма-излучения изотопа ¹⁵N (10,8 МэВ), используемого для обнаружения ВВ при их зондировании тепловыми нейтронами (в комплексах активного радиационного контроля).

Еще одно преимущество предлагаемого детектора для регистрации ионизирующих излучений связано с возможностью создания расширенной сети радиационных детекторов, благодаря:

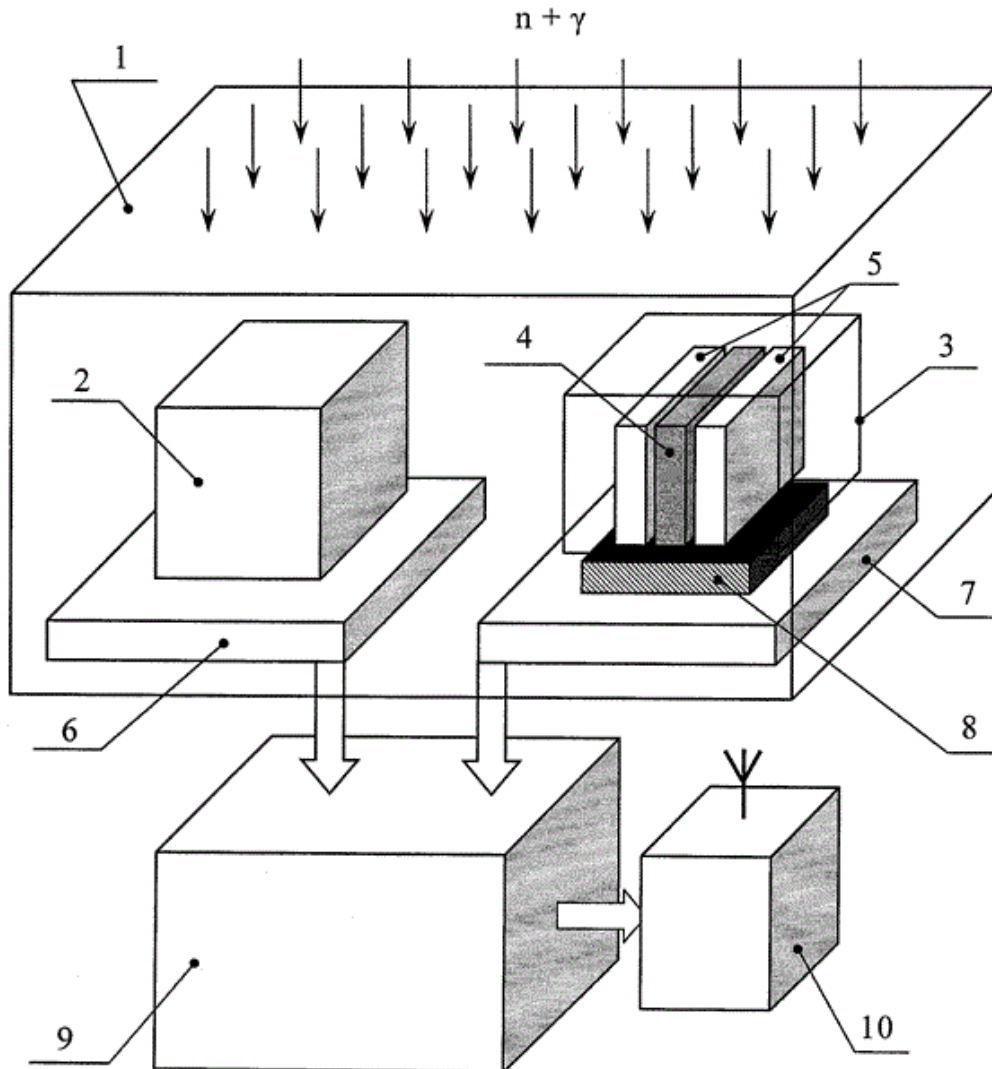
- возможности применения нескольких наборов (до нескольких десятков наборов) сцинтилляционных датчиков в виде корпусов 1 при одном или двух-трех блоках электронной обработки сигналов 9;

- наличием коммуникационного модуля 10, способного функционировать в сети радиационных детекторов.

Формула полезной модели

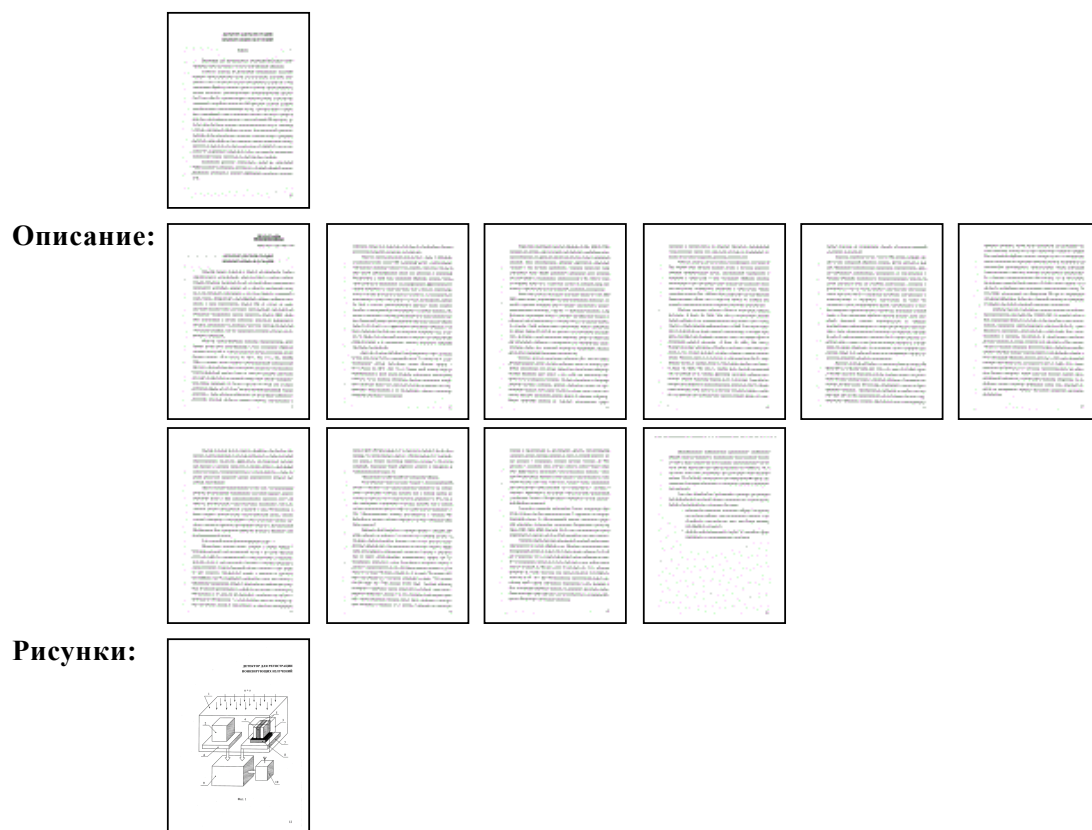
1. Детектор для регистрации ионизирующих излучений, содержащий сцинтилляционный датчик для регистрации излучений, находящееся с ним в оптическом контакте фотоприемное устройство и блок электронной обработки сигналов, отличающийся тем, что в качестве сцинтилляционного датчика используют сцинтилляционный спектрометрический кристалл CsI:Tl или LaBr₃:Ce, чувствительный к гамма-излучению, в качестве фотоприемного устройства используют PIN-фотодиод, детектор содержит дополнительный сцинтилляционный датчик, чувствительный к нейтронам, и находящийся с ним в оптическом контакте сместитель спектра из кристалла ортогерманата висмута и дополнительный PIN-фотодиод, детектор дополнительно содержит коммуникационный модуль, связанный с блоком электронной обработки сигналов.

2. Детектор для регистрации ионизирующих излучений по п.1, отличающийся тем, что дополнительный сцинтилляционный датчик, чувствительный к нейтронам, выполнен в виде сборки из трех элементов, причем центральный элемент выполнен из кристалла, или кристалловолокна L(Y, Gd)BO:Ce, или из пластинок ⁶Li-содержащего силикатного стекла, два элемента, окружающие центральный элемент, выполнены из пластика или стирльбена.



ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Реферат:



ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **15.12.2011**

Дата публикации: [27.11.2012](#)