

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038969**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.11.16

(51) Int. Cl. **G01T 1/20** (2006.01)
G01T 3/06 (2006.01)

(21) Номер заявки
202190109

(22) Дата подачи заявки
2019.07.16

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГАММА- И НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

(31) а **20180350**

(56) US-A1-2011291014
US-A-5481114
EP-A1-2597490
RU-C2-2158011
US-B1-9029784

(32) **2018.07.17**

(33) **BY**

(43) **2021.05.31**

(86) **PCT/BY2019/000010**

(87) **WO 2020/014765 2020.01.23**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ПОЛИМАСТЕР" (BY)**

(72) Изобретатель:

Кратько Александр Сергеевич (BY)

(74) Представитель:

**Вашук Т.В., Емельянова В.А.,
Королева С.В. (BY)**

(57) Блок детектирования гамма- и нейтронного излучения относится к области детектирования гамма- и нейтронного излучения в различных отраслях промышленности и в медицине и применяется в составе детекторов, используемых для предотвращения несанкционированного перемещения ядерных и радиоактивных материалов, а также для контроля радиоактивных источников. Блок детектирования гамма- и нейтронного излучения содержит датчик, включающий внешний сцинтиллятор, чувствительный к нейтронному излучению, и оптически связанный с ним внутренний сцинтиллятор, чувствительный к гамма-излучению, фотоприемник, установленный с возможностью одновременной регистрации оптических сигналов внешнего сцинтиллятора и внутреннего сцинтиллятора и их преобразования в электрические импульсы различной формы, и блок обработки сигналов. Внешний сцинтиллятор в виде покрытия или пленочного материала нанесен на всю поверхность внутреннего сцинтиллятора за исключением участка, смежного с входным окном фотоприемника, в качестве которого применяется твердотельный кремниевый фотоэлектронный фотоумножитель. Блок обработки сигналов включает предусилитель, спектрометрический усилитель-формирователь и устройство анализа формы импульса.

038969 B1

038969 B1

Область техники

Изобретение относится к области одновременного детектирования источников гамма- и нейтронного излучения и может быть использовано в различных отраслях промышленности и в медицине, в частности в составе детекторов, применяемых для радиационного мониторинга, например, для предотвращения несанкционированного перемещения ядерных и радиоактивных материалов, а также для контроля источников радиоактивного излучения.

Предшествующий уровень техники

Работа современных детекторов гамма- и нейтронного излучения основана на применении сцинтилляторов - веществ, обладающих способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения (гамма-квантов, электронов, альфа-частиц и т.д.). Как правило, излучаемое количество фотонов для данного типа излучения приближенно пропорционально поглощенной энергии, что позволяет получать энергетические спектры излучения. В сцинтилляционном детекторе свет, излученный при сцинтилляции, собирается на фотоприемнике, преобразуется в импульс тока, усиливается и записывается той или иной регистрирующей системой. Сцинтиллятор может быть органическим (кристаллы, пластики или жидкости) или неорганическим (кристаллы или стекла). Используются также газообразные сцинтилляторы. Известные детекторы гамма- и нейтронного излучения содержат, как правило, датчик и блок электронной обработки сигналов.

Известен детектор для регистрации ионизирующих излучений, нейтронов и гамма-квантов, содержащий датчик и блок электронной обработки информации, включающий схему временной селекции сцинтимпульсов, в котором для регистрации быстрых и медленных нейтронов на фоне одновременно регистрируемого сопутствующего гамма-излучения датчик выполнен в виде трех параллельно-последовательно соединенных сцинтилляторов: внешнего нейтронного сцинтиллятора выполненного из чувствительного к быстрым нейтронам водородсодержащего вещества на основе пластмассы $(\text{CH})_n$ или стирьбена; сцинтиллятора NaI:Tl , чувствительного к гамма-излучению, размещенного в колодце внешнего сцинтиллятора; внутреннего стеклянного сцинтиллятора, чувствительного к тепловым нейтронам, и фотоэлектронного умножителя, помещенных в единый корпус, при этом блок электронной обработки сигналов дополнительно включает спектрометрический анализатор сцинтимпульсов, поступающих в него от сцинтилляционного кристалла NaI:Tl . Толщина внешнего сцинтиллятора из водородсодержащего материала выбирается достаточной для того, чтобы проходящие через сцинтиллятор быстрые нейтроны замедлялись до тепловых энергий. В качестве внутреннего сцинтиллятора, чувствительного к тепловым нейтронам, используют литийсиликатное стекло, активированное церием, содержащее изотоп ^6Li в количестве до 10^{22} см^{-3} , достаточном для эффективной регистрации тепловых нейтронов [1].

Недостатком данного детектора является его недостаточно высокая надежность при эксплуатации в связи со сложностью обеспечения качественных оптических контактов трех параллельно-последовательно соединенных сцинтилляторов, а также высокая стоимость.

Известен сцинтилляционный детектор нейтронного и гамма-излучения, содержащий датчик, включающий размещенные в одном корпусе внешний нейтронный сцинтиллятор, выполненный из чувствительного к быстрым нейтронам водородсодержащего вещества на основе пластмассы $(\text{CH})_n$ или стирьбена, внутренний чувствительный к гамма-излучению сцинтиллятор NaI:Tl , размещенный в колодце внешнего сцинтиллятора, фотоэлектронный умножитель и блок электронной обработки сигналов, включающий схему временной селекции и спектрометрический анализатор сцинтимпульсов. Датчик дополнительно содержит два чехла из борсодержащего материала, обеспечивающих реакцию (n, α, γ) , причем первый чехол охватывает внешний органический сцинтиллятор, а второй чехол охватывает контейнер внутреннего сцинтиллятора NaI:Tl и расположен в колодце внешнего сцинтиллятора. В качестве борсодержащего материала для чехлов используют нитрид или карбид бора, при этом толщину чехлов из борсодержащего материала выбирают достаточной для полного поглощения тепловых нейтронов [2].

Недостатком данного детектора являются большие габаритные размеры, высокое энергопотребление, большое количество каналов обработки сигнала, что приводит к увеличению времени обработки сигнала, а также высокая себестоимость.

Наиболее близким к заявляемому (прототипом) является детектор излучения, позволяющий детектировать как гамма-, так и нейтронное излучение, содержащий элемент, чувствительный к излучению, содержащий первый сцинтиллятор, чувствительный к гамма-излучению, и второй сцинтиллятор, чувствительный к нейтронам; и фотодатчик; в котором один сцинтиллятор соединен с фотодатчиком напрямую, а другой сцинтиллятор соединен с фотодатчиком через сдвигающий длину волны материал. Первый сцинтиллятор представляет собой материал на основе галоида лантана. Второй сцинтиллятор излучает свет в диапазоне 300-500 нм. Второй сцинтиллятор имеет такую структуру, что он не возбуждает первый сцинтиллятор и также не возбуждается первым сцинтиллятором. Сдвигающий длину волны материал содержит сдвигающие длину волны волокна [3].

Недостатком указанного решения являются большие габариты детектора, высокое энергопотребление, а также его значительная стоимость.

В настоящее время возрастает потребность в практичных при использовании обладающих высокой разрешающей способностью детекторах гамма- и нейтронного излучения. Также желательно, чтобы уст-

ройства данного типа были переносными или портативными.

Раскрытие изобретения

Технической задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание портативного, стойкого к механическим и магнитным воздействиям блока детектирования гамма- и нейтронного излучения, позволяющего решить указанные выше проблемы.

Указанная задача решается устройством для детектирования гамма- и нейтронного излучения, содержащим датчик, включающий внешний сцинтиллятор, чувствительный к нейтронному излучению и выполненный из материала с низким эффективным атомным номером, содержащего элемент с высоким сечением взаимодействия с нейтронами для образования заряженных частиц посредством реакций (n-p), (n- α), (n- ^3H), и чувствительный к гамма-излучению внутренний сцинтиллятор, оптически связанный с внешним и выполненный из материала с высоким эффективным атомным номером, а также фотоприемник, установленный с возможностью одновременной регистрации оптических сигналов с указанных сцинтилляторов и их преобразования в электрические импульсы различной формы, связанный с блоком обработки сигналов; при этом внешний сцинтиллятор нанесен в виде покрытия или пленки на всю внешнюю поверхность внутреннего сцинтиллятора за исключением участка, смежного с входным окном фотоприемника, выполненный в виде твердотельного кремниевого фотоумножителя, а блок обработки сигналов содержит предусилитель, выполненный с возможностью формирования сигналов с амплитудой, необходимой для функционирования связанного с ним устройства анализа формы импульса, предназначенного для разделения сигналов с внешнего и внутреннего сцинтилляторов методом дискриминации по форме импульса и связанного со спектрометрическим усилителем, выполненным с возможностью отдельного формирования сигналов, поступивших с внутреннего сцинтиллятора.

В частном случае осуществления изобретения внутренний сцинтиллятор выполнен из CeF_3 , или BGO , или YAP:Ce , или YSO:Ce .

Внешний сцинтиллятор выполнен из композитного, или неорганического или органического материала. В частном случае исполнения в качестве композитного материала использован $\text{LiF/ZnS:(Ag, Cu, Ni)}$, или $\text{B}_2\text{O}_3/\text{ZnS:(Ag, Cu, Ni)}$, или $(\text{B}_2\text{O}_3 + \text{KCl})/\text{ZnS:(Ag, Cu, Ni)}$, или LiF/ZnO:Zn . В качестве неорганического материала использован LiI:Eu , или $\text{LiI}_x\text{Na}_{(1-x)}\text{:Eu}$, или $\text{LiCaAlF}_6\text{:Eu, Na}$, или $\text{LiSrAlF}_6\text{:Eu}$, или $\text{Li}_2\text{Se:Ag}$. В качестве органического материала использован стильбен.

Краткое описание чертежа

Заявляемое изобретение поясняется фигуре со схематичным изображением заявляемого блока детектирования гамма- и нейтронного излучения.

Лучший вариант осуществления изобретения

Блок детектирования гамма- и нейтронного излучения содержит датчик, включающий внешний сцинтиллятор 1, чувствительный к нейтронному излучению, и оптически связанный с ним внутренний сцинтиллятор 2, чувствительный к гамма-излучению, фотоприемник 3, установленный с возможностью одновременной регистрации оптических сигналов внешнего сцинтиллятора 1 и внутреннего сцинтиллятора 2 и их преобразования в электрические импульсы различной формы, и блок обработки сигналов 4. Внешний сцинтиллятор 1 выполнен из материала с низким эффективным атомным номером, содержащего элемент с высоким сечением взаимодействия с нейтронами, выступающий в роли конвертера нейтронного излучения в заряженные частицы путем реакций (n-p), (n- α), (n- ^3H). Внутренний сцинтиллятор 2 выполнен из материала с высоким эффективным атомным номером. Внешний сцинтиллятор 1 в виде покрытия или пленки нанесен на всю внешнюю поверхность внутреннего сцинтиллятора 2 за исключением участка, смежного с входным окном фотоприемника 3, в качестве которого применяется твердотельный кремниевый фотоумножитель. Блок обработки сигналов содержит предусилитель 5, спектрометрический усилитель-формирователь 6 и устройство анализа формы импульса 7, при этом предусилитель 5 формирует сигнал с амплитудой, необходимой для функционирования спектрометрического усилителя-формирователя 6 и устройства анализа формы импульса 7. Устройство анализа формы импульса 7 служит для разделения сигналов от внешнего сцинтиллятора 1 и внутреннего сцинтиллятора 2, спектрометрический усилитель-формирователь 6 осуществляет формирование сигналов внутреннего сцинтиллятора 2, чувствительного к гамма-излучению, при этом разделение сигналов нейтронного и гамма излучения осуществляется методом дискриминации по форме импульса.

Заявляемый блок детектирования гамма- и нейтронного излучения предназначен для работы в смешанных гамма-нейтронных полях. Регистрацию гамма-излучений осуществляет внутренний сцинтиллятор 2, выполненный из материалов, обеспечивающих достаточную эффективность регистрации гамма-квантов и минимальное поглощение нейтронного потока. При этом внутренний сцинтиллятор 2 обладает кинетикой сцинтилляции, существенно более быстрой, чем время высвечивания внешнего сцинтиллятора 1, регистрирующего нейтронные излучения. Внешний сцинтиллятор 1 обеспечивает достаточную эффективность регистрации нейтронов при минимальном поглощении гамма-квантов. Разделение по форме импульса гамма- и нейтронного излучений осуществляется за счет существенного различного времени высвечивания внешнего сцинтиллятора 1 и внутреннего сцинтиллятора 2. Оптические сигналы внешнего сцинтиллятора 1 и внутреннего сцинтиллятора 2 регистрируются твердотельным кремниевым фотоум-

носителем 3 и преобразуются им в электрические импульсы различной формы. Предусилитель 5 формирует амплитуду сигнала, необходимую для функционирования спектрометрического усилителя-формирователя 6 и устройства анализа формы импульса 7. Устройство анализа формы импульса 7 служит для разделения сигналов от внешнего сцинтиллятора 1 и внутреннего сцинтиллятора 2 на основании существенно различной формы импульсов. Спектрометрический усилитель-формирователь 6 осуществляет формирование сигналов внутреннего сцинтиллятора 2, чувствительного к гамма-излучению.

При воздействии смешанного гамма-нейтронного излучения нейтроны в значительной мере поглощаются внешним сцинтиллятором 1. За счет низкого сечения реакции нейтронов с внутренним сцинтиллятором 2 нейтронный поток имеет незначительное взаимодействие с внутренним сцинтиллятором 2. Гамма-излучение проникает сквозь внешний сцинтиллятор 1 практически не взаимодействуя с ним, в основном за счет малой толщины внешнего сцинтиллятора 1, и поглощается внутренним сцинтиллятором 2.

Промышленная применимость

Преимуществом заявляемого блока по отношению к выбранному прототипу является существенное повышение нейтронной чувствительности заявляемого блока за счёт применения внешнего сцинтиллятора по всей поверхности внутреннего сцинтиллятора за исключением входного окна фотоприёмника. Применение в качестве фотоприемника твердотельного кремниевого фотоумножителя позволяет уменьшить габариты блока детектирования гамма- и нейтронного излучения, а значит и детектора в целом, снизить его энергопотребление и стоимость и также повысить стойкость к механическим и магнитным воздействиям.

Источники информации:

1. Патент Российской Федерации № 2143711, дата публикации 27.12.1999 г.
2. Патент Российской Федерации № 2189057, дата публикации 10.09.2002 г.
3. Патент Российской Федерации № 2411543, дата публикации 10.02.2011 г.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для детектирования гамма- и нейтронного излучения, содержащее датчик, включающий внешний сцинтиллятор, чувствительный к нейтронному излучению и выполненный из материала с низким эффективным атомным номером, содержащего элемент с высоким сечением взаимодействия с нейтронами для образования заряженных частиц посредством реакций (n-p), (n- α), (n- ^3H), и чувствительный к гамма-излучению внутренний сцинтиллятор, оптически связанный с внешним и выполненный из материала с высоким эффективным атомным номером, а также фотоприемник, установленный с возможностью одновременной регистрации оптических сигналов с указанных сцинтилляторов и их преобразования в электрические импульсы различной формы, связанный с блоком обработки сигналов; при этом внешний сцинтиллятор нанесен в виде покрытия или пленки на всю внешнюю поверхность внутреннего сцинтиллятора за исключением участка, смежного с входным окном фотоприемника, выполненного в виде твердотельного кремниевого фотоумножителя, а блок обработки сигналов содержит предусилитель, выполненный с возможностью формирования сигналов с амплитудой, необходимой для функционирования связанного с ним устройства анализа формы импульса, предназначенного для разделения сигналов с внешнего и внутреннего сцинтилляторов методом дискриминации по форме импульса и связанного со спектрометрическим усилителем, выполненным с возможностью отдельного формирования сигналов, поступивших с внутреннего сцинтиллятора.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что внутренний сцинтиллятор выполнен из CeF_3 , или BGO , или YAP:Ce , или YSO:Ce .

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что внешний сцинтиллятор выполнен из композитного, или неорганического или органического материала.

4. Устройство по п.3, отличающееся тем, что в качестве композитного материала использован $\text{LiF/ZnS:(Ag, Cu, Ni)}$, или $\text{B}_2\text{O}_3/\text{ZnS:(Ag, Cu, Ni)}$, или $(\text{B}_2\text{O}_3 + \text{KCl})/\text{ZnS:(Ag, Cu, Ni)}$, или LiF/ZnO:Zn .

5. Устройство по п.3, отличающееся тем, что в качестве неорганического материала использован LiI:Eu , или $\text{LiI}_x\text{Na}_{(1-x)}\text{:Eu}$, или $\text{LiCaAlF}_6\text{:Eu, Na}$, или $\text{LiSrAlF}_6\text{:Eu}$, или $\text{Li}_2\text{Se:Ag}$.

6. Устройство по п.3, отличающееся тем, что в качестве органического материала использован стильбен.

