



(51) МПК

*G01T 1/20* (2006.01)*G01T 3/06* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006138947/28, 03.11.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.11.2006

(45) Опубликовано: 27.04.2008 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2190240 C2, 27.09.2002. RU 2143711  
C1, 10.03.2005. RU 2143711 C1, 27.12.1999. US  
7141799 A, 28.11.2006. JP 01-119745 A,  
11.05.1989.

Адрес для переписки:  
620002, г.Екатеринбург, ул.Мира, 19, ГОУ ВПО  
"УГТУ-УПИ", Центр интеллектуальной  
собственности, Н.П. Невраевой

(72) Автор(ы):

Шульгин Борис Владимирович (RU),  
Черепанов Александр Николаевич (RU),  
Хохлов Константин Олегович (RU),  
Иванов Владимир Юрьевич (RU),  
Кружалов Александр Васильевич (RU),  
Петров Владимир Леонидович (RU),  
Арбузов Валерий Иванович (RU),  
Дукельский Константин Владимирович (RU),  
ПЕДРИНИ Кристиан (FR),  
ФУРМИГЕ Жан-Мари (FR)

(73) Патентообладатель(и):

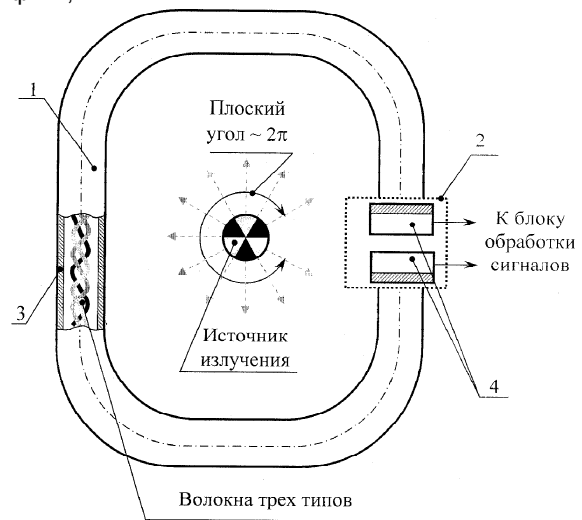
ГОУ ВПО "Уральский государственный  
технический университет - УПИ" (RU)

## (54) СВЕТОВОЛОКОННЫЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к  
сцинтилляционным детекторам гамма- и  
нейтронного излучения и может быть использовано  
для фундаментальных исследований в различных  
областях техники. Задачей изобретения является  
разработка световолоконного сцинтилляционного  
детектора, предназначенного для одновременной  
регистрации и обнаружения гамма- и нейтронного  
(быстрые и тепловые нейтроны) излучений,  
обеспечивающего повышенный плоский угол  
регистрации излучений:  $2\pi$  или  $\pi$ . Световолоконный  
сцинтилляционный детектор содержит сборку  
сцинтилляционных волокон, предназначенных для  
регистрации гамма-излучения (волокон  
 $\text{Vi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ), и фотоприемное устройство,  
находящиеся в оптическом контакте друг с другом,  
при этом сборка сцинтилляционных волокон  
дополнительно содержит волокна для регистрации  
тепловых нейтронов и волокна для регистрации  
быстрых нейтронов, помещена в единую оболочку  
с внутренним светоотражающим покрытием,  
выполнена в виде сцинтилляционного кабеля и  
имеет форму кольца или арки, а фотоприемное  
устройство состоит из двух фотоприемников,  
расположенных в противоположных торцах сборки  
сцинтилляционных волокон. Волокна для

регистрации быстрых нейтронов могут быть  
выполнены из водородсодержащего пластика, а  
волокна для регистрации тепловых нейтронов  
выполнены из  ${}^6\text{Li}$ -содержащего силикатного стекла,  
активированного  $\text{Ce}^{3+}$ . Между фотоприемниками и  
сборкой сцинтилляционных волокон может быть  
дополнительно введен сместитель спектра. 2 з.п.  
ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

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

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2006138947/28, 03.11.2006**

(24) Effective date for property rights: **03.11.2006**

(45) Date of publication: **27.04.2008 Bull. 12**

Mail address:  
**620002, g.Ekaterinburg, ul.Mira, 19, GOU VPO  
"UGTU-UPI", Tsentr intellektual'noj  
sobstvennosti, N.P. Nevraevoj**

(72) Inventor(s):  
**Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),  
Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),  
Khokhlov Konstantin Olegovich (RU),  
Ivanov Vladimir Jur'evich (RU),  
Kruzhalov Aleksandr Vasil'evich (RU),  
Petrov Vladimir Leonidovich (RU),  
Arbuzov Valerij Ivanovich (RU),  
Dukel'skij Konstantin Vladimirovich (RU),  
PEDRINI Kristian (FR),  
FURMIGE Zhan-Mari (FR)**

(73) Proprietor(s):  
**GOU VPO "Ural'skij gosudarstvennyj  
tehnicheskij universitet - UPI" (RU)**

(54) **LIGHT FIBER-BASED SCINTILLATION DETECTOR**

(57) Abstract:

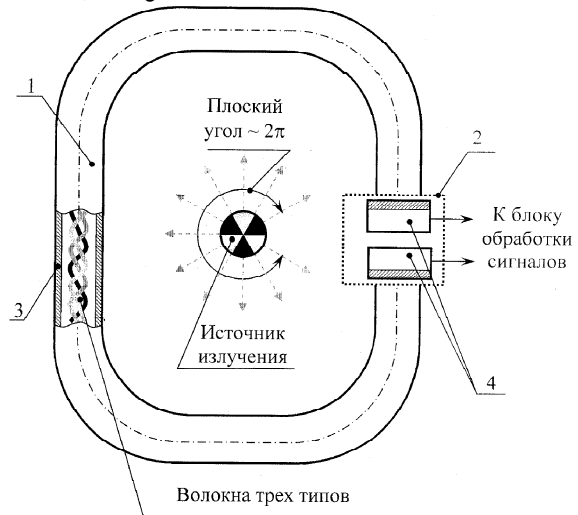
FIELD: scintillation detectors of gamma- and neutron radiation, possible use for fundamental research in various areas of engineering.

SUBSTANCE: fiber scintillation detector contains an assembly of scintillation fibers, intended for registration of gamma-radiation ( $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  fibers), and a photo-detection device, the former and the latter being in optical contact with each other, where the assembly of scintillation fibers additionally contains fibers for registration of thermal neutrons and fibers for registration of fast neutrons, is positioned in a unified case with internal light-deflecting cover, is made in form of scintillation cable and has shape of a ring or an arch, and the photo-detection device consists of two photo-detectors, positioned in the opposite ends of the assembly of scintillation fibers. Fibers for registration of fast neutrons may be made of hydrogen-containing plastic, and fibers for registration of heat neutrons may be made of  ${}^6\text{Li}$ -containing silicate glass, activated by  $\text{Ce}^{3+}$ . A spectrum shifter may be additionally included between the photo-

detectors and the assembly of scintillation fibers.

EFFECT: creation of fiber-based scintillation detector, meant for simultaneous registration and detection of gamma- and neutron (fast and heat neutrons) radiations, which ensures extended flat angle of radiation registration:  $2\pi$  or  $\pi$ .

3 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 3 2 3 4 5 3 C 1

RU 2 3 2 3 4 5 3 C 1

Изобретение относится к сцинтилляционным детекторам гамма- и нейтронного излучения и может быть использовано для фундаментальных исследований в области ядерной физики и физики высоких энергий; в дозиметрической практике в системах радиационного мониторинга трансграничных перемещений людей и грузов, мониторинга помещений аэропортов (проверка пассажиров, их багажа и других грузов), а в связи с глобализацией актов терроризма может быть использовано для мониторинга помещений общественных зданий (допуск в правительственные здания, спортивные комплексы, здания политических, юридических и военных ведомств, театры, филармонии, крупные национальные музеи); для радиационного контроля металлолома, поступающего на переплавку в металлургические предприятия; для радиационного контроля строительных материалов, строительных блоков и металлоконструкций; может быть использовано в интроскопах (томографах) медицинского и технического назначения.

Известен световолоконный сцинтилляционный детектор, включающий в себя сборку сцинтилляционных волокон (Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий. М.: МГУ, 1963.) Сборка сцинтилляционных волокон содержит нити из пластикового сцинтиллятора диаметром 1 мм, которыми заполнен люцитовый каркас сборки, имеющий размер  $100 \times 100 \times 100$  мм<sup>3</sup>.

Такой световолоконный сцинтилляционный детектор пригоден для регистрации нейтронов (быстрых), однако из-за низкого эффективного атомного номера ( $Z_{\text{eff}} < 6$ ) он имеет очень низкую чувствительность к гамма-излучению и поэтому непригоден для одновременной регистрации нейтронного и гамма-излучений. Кроме того, недостатком известного детектора является невозможность его использования в качестве детектора кольцевого или арочного типа, обеспечивающего регистрацию излучений в плоском угле  $2\pi$  или  $\pi$  соответственно.

Известен световолоконный детектор (Свидетельство РФ на полезную модель №1756, МПК<sup>6</sup> G01T 5/08, опубл. 16.02.1996), представляющий собой сборку сцинтилляционных волокон на основе галогенидов серебра.

Однако известный световолоконный детектор не чувствителен к нейтронам и не пригоден для использования в качестве детектора нейтронного излучения. Возможность регистрации излучения в плоском углу  $2\pi$  или  $\pi$  с использованием известного световолоконного детектора в известной полезной модели не предусмотрена.

Известен сцинтилляционный световод (Патент РФ 2154290, МПК<sup>7</sup> G02B 6/02, опубл. 10.08.2000), который используют для обнаружения и регистрации ионизирующего излучения (рентгеновского, гамма-, альфа- и электронного). Состав сцинтилляционного световода - твердые растворы на основе галогенидов серебра, мас. %: AgCl 17,980-27,000; AgBr 82,000-72,499; AgI 0,010-0,500, активированные добавками либо таллия, либо хрома, либо европия, либо церия в количестве 0,01-0,001 мас. %.

Однако известный сцинтилляционный световод непригоден для одновременной регистрации гамма- и нейтронного излучения. Возможность регистрации излучения в плоском угле  $2\pi$  или  $\pi$  с использованием известного сцинтилляционного световода не предусмотрена.

Известен световолоконный сцинтилляционный детектор (Salomon M. New Measurements of Scintillating Fibers Coupled to Multianode Photomultipliers / M. Salomon. IEEE Trans. Nucl. Sci. 1992. Vol.39. P.671). Такой детектор содержит сборку органических сцинтилляционных волокон (до нескольких тысяч волокон) и фотоприемное устройство. Известный детектор используется для регистрации треков быстрых заряженных частиц в калориметрах различного типа.

Однако органические сцинтилляционные волокна, входящие в известный световолоконный сцинтилляционный детектор, имеют низкий эффективный атомный номер и соответственно невысокую эффективность регистрации гамма-излучения. Таким образом, известный световолоконный сцинтилляционный детектор непригоден для одновременной регистрации и обнаружения гамма- и нейтронного излучений. Кроме того, волокна, входящие в состав известного световолоконного сцинтилляционного детектора,

рассчитаны на получение информации о треках частиц, а потому имеют форму цилиндров с небольшой длиной, что обеспечивает малый плоский угол регистрации излучений. Таким образом, известный световолоконный сцинтилляционный детектор непригоден для использования в качестве детектора кольцевого или арочного типа, обеспечивающего

5 одновременную регистрацию и обнаружение нейтронного и гамма-излучений в плоском угле  $2\pi$  или  $\pi$  соответственно.

Наиболее близким к заявляемому является световолоконный сцинтилляционный детектор (Патент РФ 2262722, МПК<sup>7</sup>, G01T 5/08, опубл. 20.10.2005), содержащий сборку коротких сцинтилляционных волокон (волоконных кристаллов  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ),

10 предназначенных для регистрации гамма-излучения, и фотоприемное устройство, находящиеся в оптическом контакте друг с другом.

Однако известный световолоконный сцинтилляционный детектор способен регистрировать и обнаруживать только гамма-излучение и непригоден для регистрации и обнаружения нейтронного излучения, т.е. он непригоден для одновременной регистрации и

15 обнаружения гамма- и нейтронного излучений. Кроме того, известный световолоконный сцинтилляционный детектор (сборка волокон) обеспечивает лишь малый плоский угол регистрации излучений. Таким образом, известный световолоконный сцинтилляционный детектор непригоден для использования в качестве детектора кольцевого или арочного

20 типа, обеспечивающего одновременную регистрацию и обнаружение нейтронного и гамма-излучений в плоском угле  $2\pi$  или  $\pi$ .

Задачей изобретения является разработка световолоконного сцинтилляционного детектора, предназначенного для одновременной регистрации и обнаружения гамма- и нейтронного (быстрые и тепловые нейтроны) излучений, обеспечивающего повышенный

25 плоский угол регистрации излучений:  $2\pi$  (детектор кольцевого типа) или  $\pi$  (детектор арочного типа).

Поставленная задача решается с помощью предлагаемого световолоконного сцинтилляционного детектора, содержащего сборку сцинтилляционных волокон и фотоприемное устройство, находящиеся в оптическом контакте друг с другом, благодаря

30 тому, что сборка сцинтилляционных волокон содержит сцинтилляционные волокна трех типов, чувствительных соответственно к гамма-излучению, быстрым и тепловым нейтронам, сборка помещена в единую оболочку с внутренним светоотражающим покрытием, выполнена в виде сцинтилляционного кабеля и имеет форму кольца или арки, а фотоприемное устройство состоит из двух фотоприемников, расположенных в

35 противоположных торцах сборки сцинтилляционных волокон. Волокна для регистрации гамма-излучения выполнены в виде волоконных кристаллов  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ , волокна для регистрации быстрых нейтронов выполнены из водородсодержащего пластика, а волокна для регистрации быстрых нейтронов выполнены из  $^6\text{Li}$ -содержащего силикатного стекла, активированного  $\text{Ce}^{3+}$ . Между фотоприемниками и сборкой сцинтилляционных волокон

40 дополнительно введен сместитель спектра.

Сущность изобретения заключается в том, что в световолоконный сцинтилляционный детектор, содержит сборку сцинтилляционных волокон, предназначенных для регистрации гамма-излучения (волоконных кристаллов  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ), и фотоприемное устройство, находящиеся в оптическом контакте друг с другом, причем сборка сцинтилляционных

45 волокон помещена в единую оболочку с внутренним светоотражающим покрытием, выполнена в виде сцинтилляционного кабеля и имеет форму кольца или арки и дополнительно содержит волокна для регистрации быстрых нейтронов (из водородсодержащего пластика) и тепловых нейтронов (из  $^6\text{Li}$ -содержащего силикатного

50 стекла, активированного  $\text{Ce}^{3+}$ ), а фотоприемное устройство стекла, активированного  $\text{Ce}^{3+}$ ), а фотоприемное устройство состоит из двух фотоприемников, расположенных в противоположных торцах сборки сцинтилляционных волокон. Между фотоприемником и сборкой сцинтилляционных волокон дополнительно введен сместитель спектра.

Применение в сборке сцинтилляционных волокон волокон трех типов обеспечивает

одновременную регистрацию и обнаружение гамма-излучения, быстрых и тепловых нейтронов. Особая форма сборки сцинтилляционных волокон (в виде сцинтилляционного кабеля в форме кольца или арки) обеспечивает регистрацию излучения в большом плоском угле ( $2\pi$  или  $\pi$  соответственно), что увеличивает чувствительность детектора. Применение

5 единой оболочки с внутренним светоотражающим покрытием для сборки сцинтилляционных волокон, т.е. сцинтилляционного кабеля, и применение двух фотоприемников на обоих торцах сборки сцинтилляционных волокон повышает светосбор, т.е. увеличивает чувствительность детектора.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами:

10 - на фиг.1 представлена схема световолоконного сцинтилляционного детектора со сборкой сцинтилляционных волокон, выполненной в виде кольца;

- на фиг.2 представлена схема световолоконного сцинтилляционного детектора со сборкой сцинтилляционных волокон, выполненной в виде арки.

Предлагаемое устройство содержит сборку сцинтилляционных волокон 1 и фотоприемное устройство 2, находящиеся в оптическом контакте друг с другом. Сборка сцинтилляционных волокон 1 содержит сцинтилляционные волокна трех типов:

1) волокна, чувствительные к гамма-излучению, представляющие собой волоконные кристаллы  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ;

2) волокна, чувствительные к быстрым нейтронам, изготовленные из водородсодержащего сцинтиллирующего пластика;

3) волокна, чувствительные к тепловым нейтронам, изготовленные из

$^6\text{Li}$ -содержащего силикатного стекла ( $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-MgO-CaO-SiO}_2\text{-Ce}^{3+}$ ).

Сборка сцинтилляционных волокон 1 помещена в единую оболочку 3 с внутренним светоотражающим покрытием, т.е. представляет собой сцинтилляционный кабель, который имеет форму кольца (фиг.1) или арки (фиг.2)

В сцинтилляционном кабеле сборки сцинтилляционных волокон  $i$  может содержаться от одного до нескольких волокон каждого из вышеперечисленных типов. Наряду с волоконными BGO, могут применяться и другие волоконные кристаллы, чувствительные к гамма-излучению, например  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{:Ce}$  или  $\text{PbWO}_4$ .

30 Фотоприемное устройство 2 выполнено в виде двух фотоприемников 4, расположенных в противоположных торцах сборки сцинтилляционных волокон 1. Каждый из фотоприемников 4 имеет оптический контакт с каждым волокном сборки сцинтилляционных волокон 1 и выполнен в виде PIN-фотодиода (или ПЗС-фотоприемника) с максимумом спектральной чувствительности, соответствующим максимуму спектра люминесценции сборки сцинтилляционных волокон 1. Если на практике соответствие между спектральной чувствительностью фотоприемников 4 и максимумом спектра люминесценции сборки сцинтилляционных волокон 1 не выполняется (в силу специфики выбора сцинтилляционных волокон или фотоприемников), в устройство между фотоприемниками 4 и сборкой сцинтилляционных волокон 1 дополнительно вводят сместитель спектра (выполненный, например, по известному патенту РФ 2248588 (БИ 20.03.2005 №8, МПК G01T 1/20, 3/06).

Работа устройства в смешанных (гамма-излучение плюс нейтроны) полях ионизирующих излучений происходит следующим образом.

45 Под воздействием гамма-излучения в волокнах, чувствительных к гамма-излучению, возникают световые вспышки - сцинтилляции. Последние по волокну (где бы они в волокне не возникали) поступают на фотоприемники 4. Поскольку в качестве фотоприемников используются PIN-фотодиоды или ПЗС-фотоприемники, с максимумом спектральной чувствительности, как правило, в красной области спектра, наиболее подходящим материалом для волокон, чувствительных к гамма-излучению, является ортогерманат висмута  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  (BGO), максимум спектра люминесценции которого приходится на 490 и 505 нм, полоса свечения 470-560 нм. Волокна BGO выпускаются в промышленном масштабе французской фирмой FIBERCRYST.

Под воздействием быстрых нейтронов в волокнах, чувствительных к быстрым

нейтронам, в волокнах водородсодержащего сцинтиллирующего пластика возникают протоны отдачи, которые вызывают в пластике световые вспышки-сцинтилляции. Последние по волокну (где бы они в волокне не возникали) поступают на фотоприемники 4. Поскольку в качестве фотоприемников используются PIN-фотодиоды (или ПЗС-  
 5 фотоприемники) с максимумом спектральной чувствительности, как правило, в красной области спектра, наиболее подходящим материалом для волокон, чувствительных к быстрым нейтронам, является сцинтиллирующий пластик с максимумом свечения в красной области. Такой сцинтиллирующий пластик выпускается в промышленном масштабе Харьковским институтом монокристаллов. Либо используется типовой пластик с  
 10 синим спектром свечения и сместителем спектра.

Под воздействием тепловых нейтронов в волокнах, чувствительных к тепловым нейтронам, в частности в стекловолокнах из  ${}^6\text{Li}$ -содержащего силикатного стекла ( $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-MgO-CaO-SiO}_2\text{-Ce}^{3+}$ ), протекает реакция  ${}^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$ . Получающиеся в результате этой реакции  $\alpha$ -частицы возбуждают ионы церия  $\text{Ce}^{3+}$ . Спонтанное снятие возбуждения в  
 15 ионах церия  $\text{Ce}^{3+}$  приводит к появлению в стекловолокне световых вспышек-сцинтилляций с максимумом спектра люминесценции в области 390-400 нм. Эти сцинтилляции по волокну (где бы они в волокне не возникали) поступают на фотоприемники 4 через сместитель спектра. В стекловолокнах регистрируются тепловые нейтроны первичного спектра, а также тепловые нейтроны, возникшие в результате замедления быстрых нейтронов в  
 20 пластиковых волокнах сцинтилляционного кабеля.

Обработка информации, полученной с помощью фотоприемников 4, производится в дальнейшем с помощью блока электронной обработки сигналов (на схемах не показан).

#### Формула изобретения

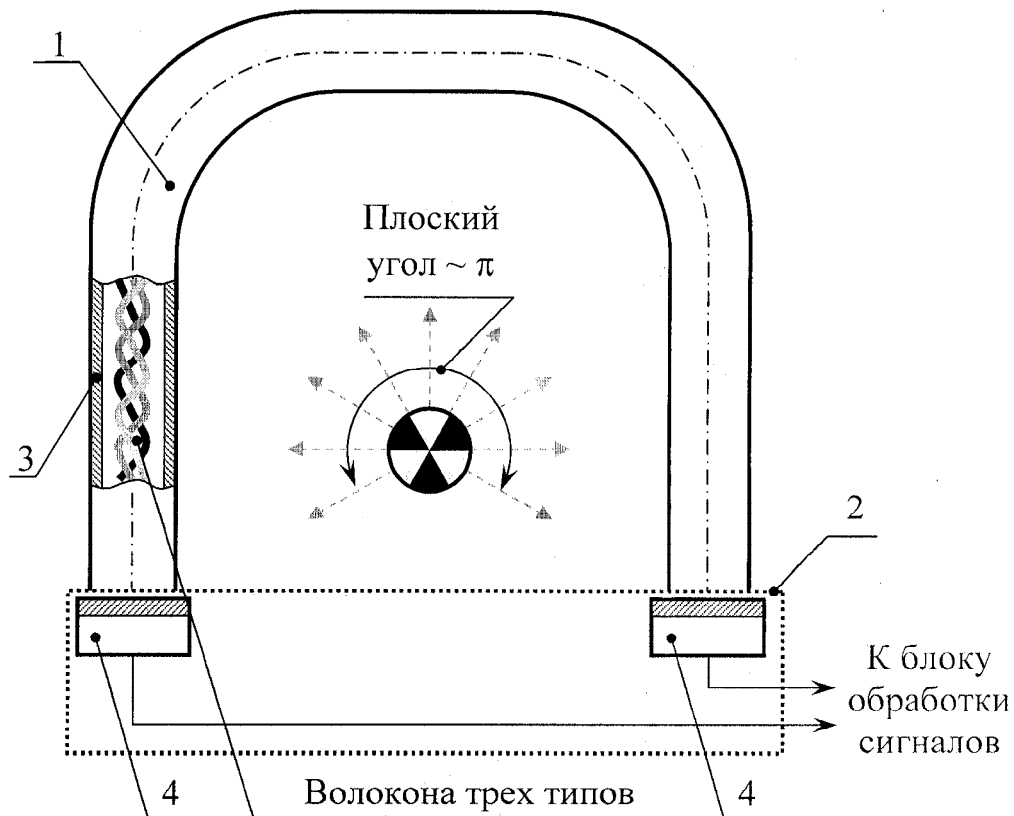
25 1. Световолоконный сцинтилляционный детектор, содержащий сборку сцинтилляционных волокон, предназначенных для регистрации гамма-излучения (волокон  $\text{Vi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ), и фотоприемное устройство, находящиеся в оптическом контакте друг с другом, отличающийся тем, что сборка сцинтилляционных волокон дополнительно  
 30 содержит волокна для регистрации тепловых нейтронов и волокна для регистрации быстрых нейтронов, помещена в единую оболочку с внутренним светоотражающим покрытием, выполнена в виде сцинтилляционного кабеля и имеет форму кольца или арки, а фотоприемное устройство состоит из двух фотоприемников, расположенных в  
 противоположных торцах сборки сцинтилляционных волокон.

35 2. Световолоконный сцинтилляционный детектор по п.1, отличающийся тем, что волокна для регистрации быстрых нейтронов выполнены из водородсодержащего пластика, а волокна для регистрации тепловых нейтронов выполнены из  ${}^6\text{Li}$ -содержащего силикатного стекла, активированного  $\text{Ce}^{3+}$ .

40 3. Световолоконный сцинтилляционный детектор по пп.1 и 2, отличающийся тем, что между фотоприемниками и сборкой сцинтилляционных волокон дополнительно введен сместитель спектра.

45

50



Фиг. 2







**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

(21) Регистрационный номер заявки: **2006138947**

Дата прекращения действия патента: **04.11.2008**

Извещение опубликовано: **10.08.2010**      БИ: **22/2010**

---

**RU 2 3 2 3 4 5 3 C 1**

**RU 2 3 2 3 4 5 3 C 1**