



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 23/222 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021118028, 22.06.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.06.2021

Дата регистрации:
13.10.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.06.2021

(45) Опубликовано: 13.10.2021 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

127030, Москва, Суцевская ул., 22, ФГУП
"ВНИИА", начальнику подр. 0036, С.В.
Жмайло

(72) Автор(ы):

Каретников Максим Донатович (RU),
Мазницин Антон Дмитриевич (RU),
Юрков Дмитрий Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное
предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
автоматики им.Н.Л.Духова" (ФГУП
"ВНИИА") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Kh.E. Bagdasaryan, V.F. Batyaev, S.G.
Belichenko et al. Parameters of explosive
detection through tagged neutron method.
Nuclear Instruments and Methods in Physics
Research A 784 (2015), p. 412-416. RU 137122 U1,
27.01.2014. RU 195097 U1, 15.01.2020. US 7420175
B2, 02.09.2008.

(54) Устройство обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов с активной радиационной защитой

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области анализа материалов радиационными методами, измерения вторичной эмиссии при облучении быстрыми нейтронами и может быть использована для обнаружения и идентификации взрывчатых веществ.

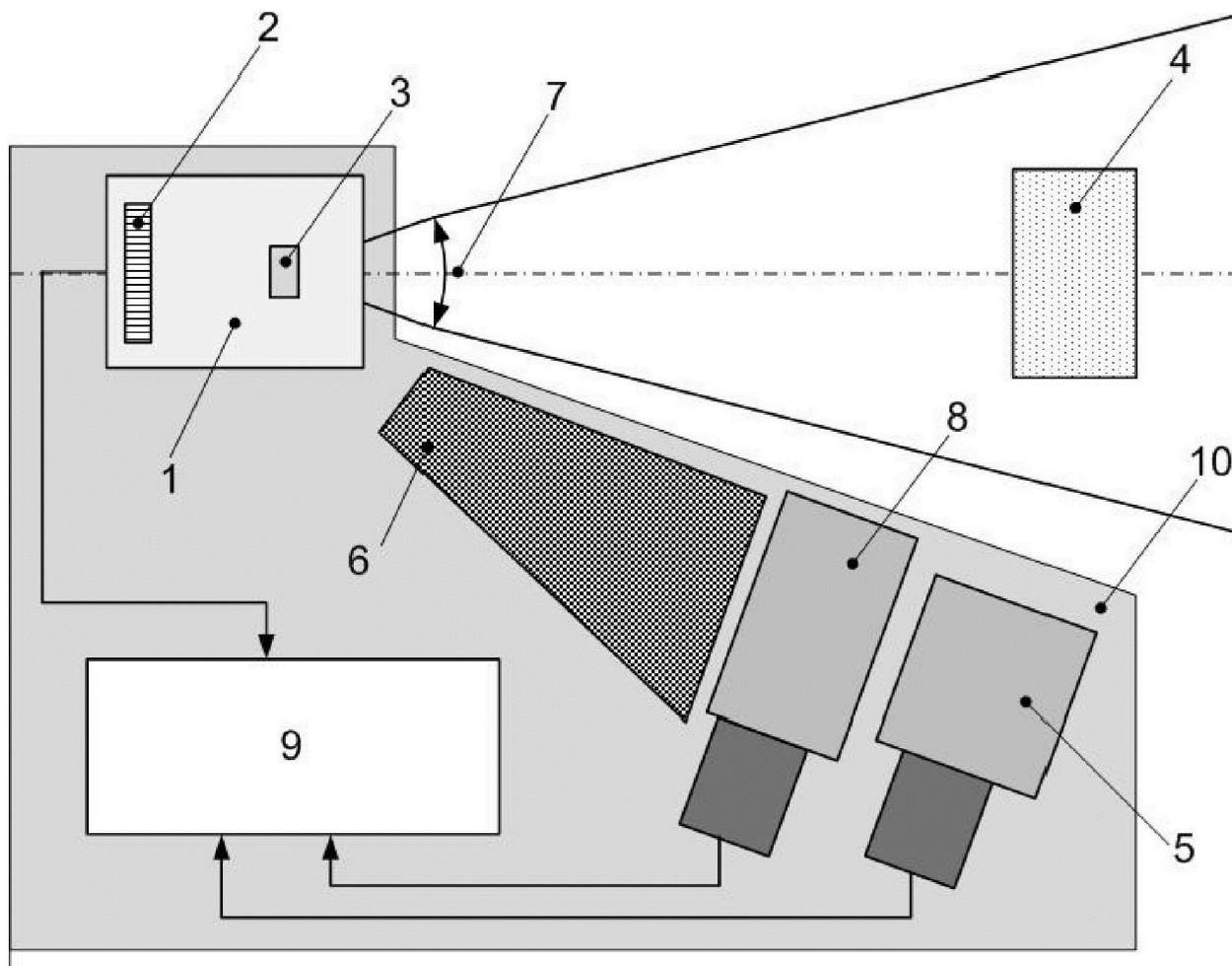
Техническим результатом заявленного предложения является уменьшение количества регистрируемых фоновых событий.

Технический результат достигается тем, что устройство обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов с активной радиационной защитой, содержащее генератор меченых нейтронов, внутри вакуумной камеры которого находятся многопиксельный альфа-детектор и нейтронообразующая мишень, также содержащее гамма-детектор, модуль радиационной защиты, исследуемый объект, блок

сбора и обработки данных, при этом исследуемый объект находится в телесном угле вылета меченых нейтронов, гамма-детектор находится вне телесного угла вылета меченых нейтронов, началом временного окна альфа-гамма совпадений является регистрация сигнала с многопиксельного альфа-детектора, между генератором меченых нейтронов и гамма-детектором расположен модуль радиационной защиты, при этом размеры модуля радиационной защиты таковы, что все нейтроны, выходящие из генератора меченых нейтронов в сторону гамма-детектора, проходят через модуль радиационной защиты, при этом блок сбора и обработки данных соединен с многопиксельным альфа-детектором и гамма-детектором, между модулем радиационной защиты и гамма-детектором установлен защитный сцинтилляционный

детектор, соединенный с блоком сбора и обработки данных, генератор меченых нейтронов, гамма-детектор, модуль радиационной защиты, защитный сцинтилляционный детектор, блок сбора и обработки данных закреплены на жестком каркасе, блок сбора и обработки данных выполнен по схеме совместной регистрации сигналов с многопиксельного альфа-детектора и гамма-детектора во временном окне альфа-гамма совпадений только при отсутствии сигнала с защитного сцинтилляционного детектора во

временном окне альфа-гамма совпадений, причем гамма-детектор находится на расстоянии от 15 см до 60 см от нейтронообразующей мишени генератора меченых нейтронов, размеры защитного сцинтилляционного детектора таковы, что все нейтроны и вторичные гамма-кванты, выходящие из модуля радиационной защиты в направлении гамма-детектора, проходят через защитный сцинтилляционный детектор. 1 ил., 1 табл.



RU 207121 U1

RU 207121 U1

Полезная модель относится к области анализа материалов радиационными методами, измерения вторичной эмиссии при облучении быстрыми нейтронами и может быть использована для обнаружения и идентификации взрывчатых веществ.

Известно устройство обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов, состоящее из дейтерий-тритиевого нейтронного генератора, внутри вакуумной камеры которого находятся многопиксельный альфа-детектор и нейтронообразующая мишень, переносных гамма-детекторов, исследуемого объекта, блока сбора и обработки данных, включающего компьютер. Блок сбора и обработки данных выполнен по схеме совместной регистрации сигналов с многопиксельного альфа-детектора и гамма-детектора, если они приходят в блок сбора и обработки данных в заданном временном окне (временном окне альфа-гамма совпадений). А.Б. Дорин и др. Переносной комплекс СКС-14П «Шелеспер», предназначенный для поиска и идентификации опасных, в том числе взрывчатых веществ // Сборник докладов международной научно-технической конференции «Портативные генераторы нейтронов и технологии на их основе» – М.: ВНИИА, 2013. – С. 60–67.

Устройство работает следующим образом. В нейтронообразующей мишени дейтерий-тритиевого нейтронного генератора в результате $T(d,n)^4He$ реакции рождаются 14 МэВ нейтроны и альфа-частицы с энергией 3,5 МэВ, причем направления их вылета почти противоположное (с поправкой на угол $(5-7)^\circ$). Многопиксельный альфа-детектор фиксирует координату сработавшего пикселя и время регистрации альфа-частицы. По этим данным можно оценить время вылета и направление движения нейтрона, т.е. «пометить» нейтрон сопутствующей зарегистрированной альфа-частицей. Такой дейтерий-тритиевый нейтронный генератор со встроенным альфа-детектором называется генератором меченых нейтронов. Телесный угол вылета меченых нейтронов равен телесному углу, под которым альфа-частицы падают на активную площадь альфа-детектора, и определяется размерами альфа-детектора и расстоянием от альфа-детектора до нейтронообразующей мишени генератора меченых нейтронов. Исследуемый объект полностью или частично располагается в телесном угле вылета меченых нейтронов, гамма-детектор находится вне телесного угла вылета меченых нейтронов. При неупругом рассеянии быстрых меченых нейтронов на ядрах элементов, входящих в состав исследуемого объекта, возникает характеристическое гамма-излучение, которое регистрируют переносными гамма-детекторами. Информация о взаимодействии меченых нейтронов с ядрами представляется событиями, описываемыми четырьмя числами (параметрами) – номером сработавшего гамма-детектора, номером сработавшего пикселя альфа-детектора, амплитудой сигнала с гамма-детектора и временем между срабатыванием гамма-детектора и альфа-детектора во временном окне альфа-гамма совпадений. По этим параметрам для каждого события рассчитывается точка взаимодействия меченого нейтрона с ядром, испустившим гамма-квант. По спектру гамма-излучения определяется тип ядра, испустившего гамма-квант. По совокупности событий находится пространственное распределение содержания в исследуемом объекте кислорода, водорода и азота, из которого можно определить присутствие в нем взрывчатых веществ. Погрешность определения содержания в исследуемом объекте кислорода, водорода и азота зависит от соотношения полезных и фоновых событий, где полезными являются зарегистрированные события, обусловленные рассеянием меченых нейтронов с испусканием характеристических гамма-квантов на ядрах исследуемого объекта. Фоновые события, в основном, обусловлены регистрацией сигналов с гамма-детектора, производимых немечеными нейтронами или рассеянными гамма-квантами, которые случайным образом сопровождаются сигналом с альфа-

детектора.

Недостатком данного устройства является большое количество фоновых событий при близком расположении генератора меченых нейтронов и гамма-детектора, что уменьшает вероятность обнаружения взрывчатых веществ.

5 Известно устройство обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов, содержащее генератор меченых нейтронов, внутри вакуумной камеры которого находятся многопиксельный альфа-детектор и нейтронообразующая мишень, также содержащее гамма-детектор, модуль радиационной защиты, исследуемый объект, блок сбора и обработки данных, исследуемый объект находится в телесном угле вылета
10 меченых нейтронов, гамма-детектор находится вне телесного угла вылета меченых нейтронов, между нейтронным генератором и гамма-детектором расположен модуль радиационной защиты, размеры модуля радиационной защиты таковы, что все нейтроны, выходящие из генератора меченых нейтронов в сторону гамма-детектора, проходят через модуль радиационной защиты, блок сбора и обработки данных соединен с альфа-
15 детектором и гамма-детектором. Блок сбора и обработки данных выполнен по схеме совместной регистрации сигналов с многопиксельного альфа-детектора и гамма-детектора, если они возникли во временном окне альфа-гамма совпадений. Началом временного окна альфа-гамма совпадений является регистрация сигнала с многопиксельного альфа-детектора, и временное окно устанавливается таким образом,
20 чтобы можно было фиксировать время регистрации сигнала с гамма-детектора относительно времени регистрации сигнала с многопиксельного альфа-детектора при пролете мечеными нейтронами всего исследуемого объекта. Kh.E. Bagdasaryan, V.F. Batyayev, S.G. Belichenko et al. Parameters of explosive detection through tagged neutron method // Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. – 2015. – A 784. – PP. 412 -416. Данное техническое
25 решение принято в качестве прототипа.

Устройство-прототип позволяет проводить нейтронный активационный анализ состава исследуемого объекта с помощью метода меченых нейтронов, и с помощью блока сбора и обработки данных обнаруживать наличие взрывчатых веществ в объекте по содержанию в исследуемом объекте кислорода, водорода и азота. Для уменьшения
30 количества фоновых событий используется модуль радиационной защиты, подавляющий нейтронное и вторичное гамма-излучение, обусловленное испусканием нейтронов из нейтронного генератора в сторону гамма-детектора. В устройстве-прототипе модуль радиационной защиты состоит из металла (вольфрама).

Недостатком устройства-прототипа является большое количество регистрируемых
35 фоновых событий. Это обусловлено относительно низким коэффициентом подавления модулем радиационной защиты нейтронного и вторичного гамма-излучения, обусловленного испусканием нейтронов из генератора меченых нейтронов в направлении гамма-детектора.

40 Техническим результатом заявленного предложения является уменьшение количества регистрируемых фоновых событий.

Технический результат достигается тем, что устройство обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов с активной радиационной защитой, содержащее генератор меченых нейтронов, внутри вакуумной камеры которого находятся многопиксельный альфа-детектор и нейтронообразующая мишень, также содержащее
45 гамма-детектор, модуль радиационной защиты, исследуемый объект, блок сбора и обработки данных, при этом исследуемый объект находится в телесном угле вылета меченых нейтронов, гамма-детектор находится вне телесного угла вылета меченых нейтронов, началом временного окна альфа-гамма совпадений является регистрация

сигнала с многопиксельного альфа-детектора, между генератором меченых нейтронов и гамма-детектором расположен модуль радиационной защиты, при этом размеры модуля радиационной защиты таковы, что все нейтроны, выходящие из генератора меченых нейтронов в сторону гамма-детектора, проходят через модуль радиационной защиты, при этом блок сбора и обработки данных соединен с многопиксельным альфа-детектором и гамма-детектором, между модулем радиационной защитой и гамма-детектором установлен защитный сцинтилляционный детектор, соединенный с блоком сбора и обработки данных, генератор меченых нейтронов, гамма-детектор, модуль радиационной защиты, защитный сцинтилляционный детектор, блок сбора и обработки данных закреплены на жестком каркасе, блок сбора и обработки данных выполнен по схеме совместной регистрации сигналов с многопиксельного альфа-детектора и гамма-детектора во временном окне альфа-гамма совпадений только при отсутствии сигнала с защитного сцинтилляционного детектора во временном окне альфа-гамма совпадений, причем гамма-детектор находится на расстоянии от 15 см до 60 см от нейтронообразующей мишени генератора меченых нейтронов, размеры защитного сцинтилляционного детектора таковы, что все нейтроны и вторичные гамма-кванты, выходящие из модуля радиационной защиты в направлении гамма-детектора, проходят через защитный сцинтилляционный детектор.

Сущность заявляемого устройства поясняется чертежом, на котором приведен эскиз заявляемого устройства, где

- 1 – генератор меченых нейтронов,
- 2 – многопиксельный альфа-детектор,
- 3 – нейтронообразующая мишень,
- 4 – исследуемый объект,
- 5 – гамма-детектор,
- 6 – модуль радиационной защиты,
- 7 – телесный угол вылета меченых нейтронов,
- 8 – защитный сцинтилляционный детектор,
- 9 – блок сбора и обработки данных,
- 10 – жесткий каркас.

Устройство содержит генератор 1 меченых нейтронов, внутри вакуумной камеры которого расположены многопиксельный альфа-детектор 2 и нейтронообразующая мишень 3. Телесный угол 7 вылета меченых нейтронов определяется размерами многопиксельного альфа-детектора 2 и расстоянием от многопиксельного альфа-детектора 2 до нейтронообразующей мишени 3 генератора 1 меченых нейтронов. Устройство также содержит гамма-детектор 5, модуль радиационной защиты 6, исследуемый объект 4, блок 9 сбора и обработки данных. Исследуемый объект 4 полностью или частично находится в телесном угле 7 вылета меченых нейтронов. Гамма-детектор 5 находится вне телесного угла 7 вылета меченых нейтронов на расстоянии L от 15 см до 60 см от нейтронообразующей мишени 3 генератора 1 меченых нейтронов. С уменьшением расстояния L от гамма-детектора 5 до нейтронообразующей мишени 3 менее 15 см возрастает до недопустимо большого значения количество регистрируемых фоновых событий вследствие увеличения обратно пропорционально L^2 плотности потока фоновых нейтронов на гамма-детектор 5. Кроме того, максимально допустимая толщина модуля 6 радиационной защиты уменьшается с уменьшением расстояния L , следовательно, уменьшается степень подавления фона. С увеличением расстояния L количество регистрируемых фоновых событий уменьшается, однако также уменьшается плотность потока меченых нейтронов на исследуемом объекте 4, поскольку

исследуемый объект 4 также должен отодвигаться от нейтронообразующей мишени 3. При расстоянии L более 60 см количество зарегистрированных полезных событий слишком мало для надежного обнаружения в исследуемом объекте 4 взрывчатых веществ.

5 Между гамма-детектором 5 и генератором 1 меченых нейтронов находятся модуль 6 радиационной защиты и защитный сцинтилляционный детектор 8. Блок 9 сбора и обработки данных соединен с многопиксельным альфа-детектором 2, гамма-детектором 5 и защитным сцинтилляционным детектором 8.

10 Генератор 1 меченых нейтронов, гамма-детектор 5, модуль 6 радиационной защиты, защитный сцинтилляционный детектор 8, а также блок 9 сбора и обработки данных закреплены на жестком каркасе 10 и соединены с ним сборочными операциями, например, привинчиванием и т.д. Это обеспечивает постоянство пространственного расположения (профиля) потока меченых нейтронов относительно гамма-детектора 5, модуля 6 радиационной защиты, защитного сцинтилляционного детектора 8 и
15 отсутствие флуктуаций результатов измерения из-за изменения расположения этих элементов относительно потока меченых нейтронов. Размеры жесткого каркаса 10 могут изменяться в зависимости от расстояния L между гамма-детектором 5 и нейтронообразующей мишенью 3 генератора 1 меченых нейтронов, размеров гамма-детектором 5 и генератора 1 меченых нейтронов.

20 Устройство работает следующим образом.

Быстрые 14 МэВ нейтроны испускаются из нейтронообразующей мишени 3 генератора меченых нейтронов 1 практически изотропно. При испускании каждого нейтрона одновременно из нейтронообразующей мишени 3 испускается сопутствующая альфа-частица с энергией 3,5 МэВ, причем направление движения альфа-частицы почти
25 (с поправкой на угол $(5-7)^\circ$) противоположно направлению движения нейтрона. Часть альфа-частиц, выходящих из нейтронообразующей мишени 3, попадает на многопиксельный альфа-детектор 2 и вызывает появление сигналов с пикселей многопиксельного альфа-детектора 2. Эти сигналы используются для мониторинга вылетевшего нейтрона. Время испускания и направление движение меченого нейтрона
30 находится по времени появления сигнала с пикселя и номеру сработавшего пикселя многопиксельного альфа-детектора 2.

Проходя через исследуемый объект 4, меченые нейтроны вступают в реакции неупругого рассеяния на ядрах химических элементов, содержащихся в исследуемом объекте 4. В результате этих реакций испускаются гамма-кванты, часть из которых
35 попадает на гамма-детектор 5 и вызывает появление на нем сигналов.

Расстояние L от нейтронообразующей мишени 3 генератора 1 меченых нейтронов до места испускания гамма-кванта в результате неупругого рассеяния меченого нейтрона в исследуемом объекте 4 можно определить путем измерения интервала времени Δt между регистрацией гамма-кванта гамма-детектором 5 и регистрацией сопутствующей
40 меченому нейтрону альфа-частицы многопиксельным альфа-детектором 2. Зная расстояние L и направление движения меченого нейтрона, можно определить пространственные координаты места, где произошло испускание гамма-кванта при неупругом рассеянии меченого нейтрона в исследуемом объекте 4. Началом временного окна альфа-гамма совпадений является регистрация сигнала с многопиксельного альфа-детектора 2, и временное окно, в течение которого производится совместная регистрация
45 гамма-кванта и альфа-частицы, устанавливается таким образом, чтобы можно было фиксировать время регистрации сигнала с гамма-детектора 5 относительно времени регистрации сигнала с многопиксельного альфа-детектора 2 при пролета мечеными

нейтронами всего исследуемого объекта 4. Соответственно, минимальная длительность временного окна альфа-гамма совпадений равна времени пролета мечеными нейтронами исследуемого объекта 4. Например, при толщине объекта 50 см минимальная длительность временного окна равна 10 нс (скорость 14 МэВ меченого нейтрона около $5 \cdot 10^7$ м/с). На практике временное окно делается больше (40–100 нс) для измерений фоновых событий.

Данные о взаимодействии меченых нейтронов с ядрами исследуемого объекта 4 записываются в блок 9 сбора и обработки данных в виде трех чисел:

времени между регистрацией гамма-кванта гамма-детектором 5 и сопутствующей меченому нейтрону альфа-частицы многопиксельным альфа-детектором 2; номера сработавшего пикселя многопиксельного альфа-детектора 2; амплитуды сигнала с гамма-детектора 5.

На основании переданных событий блок 9 сбора и обработки данных измеряет спектр гамма-квантов неупругого рассеяния нейтронов, выходящих из разных точек исследуемого объекта 4, производит разложение спектра гамма-квантов на спектры от отдельных химических элементов, составляющих исследуемый объект 4, по соотношению этих спектров находит концентрацию углерода, азота и кислорода в исследуемом объекте 4. Концентрация углерода, азота и кислорода в определенном диапазоне значений является информативным признаком наличия в исследуемом объекте 4 взрывчатых веществ.

Гамма-детектор 5 находится вне телесного угла 7 вылета меченых нейтронов. Поскольку нейтроны выходят из дейтерий-тритиевого генератора 1 практически изотропно, часть нейтронов испускается в сторону гамма-детектора 5 и вызывает появление на нем сигналов. Эти сигналы могут стохастически сопровождаться сигналами с многопиксельного альфа-детектора 2 и создавать фоновые события. Для уменьшения количества этих фоновых событий используется модуль 6 радиационной защиты, поглощающий нейтроны и вторичное гамма-излучение, которое образуется при взаимодействии нейтронов с модулем 6 радиационной защиты. Модуль 6 радиационной защиты может состоять из металла, водородосодержащих веществ, в том числе содержащих поглотители тепловых нейтронов, или их комбинаций [V. M. Bystritsky, V. Valkovic, D.N. Grozdanov et al. Multilayer passive shielding of scintillation detectors based on BGO, NaI(Tl), and stilbene crystals operating in intense neutron fields with an energy of 14.1 MeV, Physics of Particles and Nuclei Letters 12/2 (2015) 325-335].

С увеличением длины модуля 6 радиационной защиты вероятность полного поглощения нейтронов и гамма-квантов увеличивается. Однако с увеличением длины модуля 6 радиационной защиты из-за геометрического фактора уменьшается вероятность попадания гамма-квантов, испускаемых при прохождении меченых нейтронов в исследуемом объекте 4, на гамма-детектор 5, а также уменьшается плотность потока меченых нейтронов, проходящих через исследуемый объект 4, что уменьшает количество полезных событий.

Генератор 1 меченых нейтронов, гамма-детектор 5, модуль 6 радиационной защиты, защитный сцинтилляционный детектор 8, а также блок 9 сбора и обработки данных закреплены на жестком каркасе 10.

В устройстве обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов используется активная защита от нейтронов и фоновых гамма-квантов, приходящих через модуль 6 радиационной защиты на гамма-детектор 5. С этой целью между модулем 6 радиационной защиты и гамма-детектором 5 устанавливается защитный сцинтилляционный детектор 8 таким образом, что через него проходят все нейтроны

и гамма-кванты, выходящие из модуля 6 радиационной защиты в направлении гамма-детектора 5. Одновременное появление сигналов в защитном сцинтилляционном детекторе 8 и в гамма-детекторе 5 означает, что гамма-квант или нейтрон, вышедший из модуля 6 радиационной защиты, прошел через защитный сцинтилляционный детектор 8 и зарегистрировался в гамма-детекторе 5. Такой сигнал является фоновым и может вызывать фоновое событие, если фоновый сигнал случайным образом сопровождается регистрацией сигнала с многопиксельного альфа-детектора 2 во временном окне альфа-гамма совпадений. Это событие должно быть режектировано.

Блок 9 сбора и обработки данных устройства-прототипа выполнен по схеме совместной регистрации сигналов с многопиксельного альфа-детектора 2 и гамма-детектора 5 во временном окне альфа-гамма совпадений. При этом также могут регистрироваться фоновые сигналы, которые случайным образом сопровождаются сигналом с многопиксельного альфа-детектора 2 во временном окне альфа-гамма совпадений. Это приводит к увеличению количества фоновых событий. В настоящем устройстве при наличии сигнала с защитного сцинтилляционного детектора 8 во временном окне альфа-гамма совпадений (что является признаком фонового сигнала) производится режекция этого события (событие не будет записано). Совместная регистрация сигналов с многопиксельного альфа-детектора 2 и гамма-детектора 5 во временном окне альфа-гамма совпадений производится только при отсутствии сигнала с защитного сцинтилляционного детектора 8 во временном окне альфа-гамма совпадений. Это позволяет уменьшить количество фоновых событий.

Устройство обнаружения взрывчатых веществ может быть осуществлено с использованием коммерчески доступного оборудования. В эксперименте, подтверждающим работоспособность устройства, генератор 1 меченых нейтронов типа ИНГ-27 содержит многопиксельный альфа-детектор 2 с девятью пикселями, расстояние между многопиксельным альфа-детектором 2 и нейтронообразующей мишенью 3 равно 67 мм. Телесный угол 7 вылета меченых нейтронов, в котором находится исследуемый объект 4, составляет около 0,2 рад. Гамма-детектор 5 находится вне телесного угла 7 вылета меченых нейтронов на расстоянии 40 см от нейтронообразующей мишени 3 и выполнен в виде цилиндра из кристалла BGO диаметром 63 мм и высотой 63 мм, сопряженным с ФЭУ ХР4392. Модуль 6 радиационной защиты выполнен из вольфрамовых параллелепипедов размером 50 × 100 × 100 мм, общая толщина модуля радиационной защиты 160 мм, поперечные размеры 100 × 100 мм. Между модулем 6 радиационной защиты и гамма-детектором 5 установлен защитный сцинтилляционный детектор 8 на основе сцинтиллятора BGO в виде прямоугольного параллелепипеда толщиной 50 мм и поперечными размерами 72 × 72 мм, сопряженным с ФЭУ 93. Таким образом, выполняется условие, что размеры защитного сцинтилляционного детектора 8 таковы, что все нейтроны и вторичные гамма-кванты, выходящие из модуля 6 радиационной защиты в сторону гамма-детектора 5, проходят через защитный сцинтилляционный детектор 8. В блоке 9 сбора и обработки данных для регистрации событий используются одна шестиканальная плата БГД-6 и одна шестнадцатиканальная плата БАД-256, для питания многоканального альфа-детектора 2, защитного сцинтилляционного детектора 8 и гамма-детектора 5 используется плата БВН-8 производства ВНИИ автоматики им. Н.Л. Духова [Нейтронные генераторы для элементного анализа веществ и материалов. URL:<http://vniia.ru/production/neitronnie-generatory/elementniy-analiz/neytronnye-generatory-dlya-elementnogo-analiza-veshchestv-i-materialov.php>]. Платы находятся в крейте, обеспечивающем питание и обмен данными между платами. В крейте находится одноплатный компьютер типа EmCORE-i89M2-

6822EQ производства Arbor Technology, осуществляющий обработку данных.

Гамма-детектор 5 присоединен к плате БГД-6. Девять выходов многопиксельного альфа-детектора 2 присоединены к девяти входам шестнадцатикальной плате БАД-256. К свободному входу платы БАД-256 присоединен защитный сцинтилляционный детектор 8. Плата БГД-6 производит совместную регистрацию сигналов с многопиксельного альфа-детектора 2 и гамма-детектора 5 во временном окне альфа-гамма совпадений, установленном равным 80 нс, при отсутствии наложений сигналов в шестнадцатикальной плате БАД-256. В случае, если во временном окне альфа-гамма совпадений на плату БАД-256 будут одновременно поданы сигналы с многопиксельного альфа-детектора 2 и защитного сцинтилляционного детектора 8, плата БАД-256 выработает признак наложения, и событие не будет записано блоком БГД-6 (будет режектировано).

С целью оценки эффективности устройства обнаружения взрывчатых веществ для уменьшения количества фоновых событий проведено экспериментальное сравнение двух вариантов радиационной защиты гамма-детектора от нейтронов и вторичных гамма-квантов. Первый вариант, являющийся макетом настоящего устройства с активной радиационной защитой, выполнен согласно эскизу модели для осуществления заявляемого устройства, в котором суммарная толщина модуля 6 радиационной защиты (160 мм) и защитного сцинтилляционного детектора 8 (50 мм) равна толщине модуля 6 радиационной защиты устройства-прототипа (210 мм). Во втором варианте, являющемся макетом устройства-прототипа, защитный сцинтилляционный детектор 8 отсутствует, а модуль 6 радиационной защиты выполнен, как в устройстве-прототипе, из вольфрама толщиной 210 мм.

Критерием эффективности радиационной защиты выбран коэффициент K_s , равный отношению скорости счета гамма-детектором 5 фоновых событий устройством с радиационной защитой к скорости счета устройством без радиационной защиты в диапазоне энергий гамма-квантов от 2,0 МэВ до 8,0 МэВ (в котором находятся основные пики гамма-излучения неупругого рассеяния нейтронов на ядрах углерода, азота, кислорода). Результаты измерения коэффициента K_s для обоих вариантов представлены в таблице, откуда следует, что в настоящем устройстве количество фоновых событий на 28 % меньше по сравнению с устройством прототипом.

Таким образом, в устройстве обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов с активной радиационной защитой достигается технический результат – уменьшение количества регистрируемых фоновых событий.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Дорин А.Б. и др. Переносной комплекс СКС-14П «Шелеспер», предназначенный для поиска и идентификации опасных, в том числе взрывчатых веществ // Сборник докладов международной научно-технической конференции «Портативные генераторы нейтронов и технологии на их основе». – М.: ВНИИА, 2013. – С. 60–67.
2. Балыгин К.А. и др. Многодетекторные системы нейтронного анализа методом меченых нейтронов с использованием аппаратной селекции полезных событий // Ядерные информационно-измерительные технологии. – 2014. – № 4. – С.45–56.
3. Bagdasaryan Kh.E., Batyaev V.F., Belichenko S.G., Bestaev R.R., Gavryuchenkov A.V., Karetnikov M.D. Parameters of explosive detection through tagged neutron method // Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. – 2015. – A 784. – PP. 412–416.
4. Bystritsky V. M., Valkovic V., Grozdanov D.N. et al. Multilayer passive shielding of scintillation detectors based on BGO, NaI(Tl), and stilbene crystals operating in intense neutron fields with an energy of 14.1 MeV, Physics of Particles and Nuclei Letters 12/2 (2015) 325–335.
5. Нейтронные генераторы для элементного анализа веществ и материалов. URL:

<http://vniia.ru/production/neitronnie-generatory/elementniy-analiz/neytronnye-generatory-dlya-elementnogo-analiza-veshchestv-i-materialov.php>.

(57) Формула полезной модели

5 Устройство обнаружения взрывчатых веществ методом меченых нейтронов с активной радиационной защитой, содержащее генератор меченых нейтронов, внутри вакуумной камеры которого находятся многопиксельный альфа-детектор и нейтронообразующая мишень, также содержащее гамма-детектор, модуль радиационной защиты, блок сбора и обработки данных, гамма-детектор находится вне телесного угла
10 вылета меченых нейтронов, началом временного окна альфа-гамма совпадений является регистрация сигнала с многопиксельного альфа-детектора, между генератором меченых нейтронов и гамма-детектором расположен модуль радиационной защиты, при этом размеры модуля радиационной защиты таковы, что все нейтроны, выходящие из генератора меченых нейтронов в сторону гамма-детектора, проходят через модуль
15 радиационной защиты, при этом блок сбора и обработки данных соединен с многопиксельным альфа-детектором и гамма-детектором, отличающееся тем, что между модулем радиационной защиты и гамма-детектором установлен защитный сцинтилляционный детектор, соединенный с блоком сбора и обработки данных, генератор меченых нейтронов, гамма-детектор, модуль радиационной защиты, защитный
20 сцинтилляционный детектор, блок сбора и обработки данных закреплены на жестком каркасе, блок сбора и обработки данных выполнен по схеме совместной регистрации сигналов с многопиксельного альфа-детектора и гамма-детектора во временном окне альфа-гамма совпадений только при отсутствии сигнала с защитного сцинтилляционного детектора во временном окне альфа-гамма совпадений, причем гамма-детектор
25 находится на расстоянии от 15 см до 60 см от нейтронообразующей мишени генератора меченых нейтронов, размеры защитного сцинтилляционного детектора таковы, что все нейтроны и вторичные гамма-кванты, выходящие из модуля радиационной защиты в направлении гамма-детектора, проходят через защитный сцинтилляционный детектор.

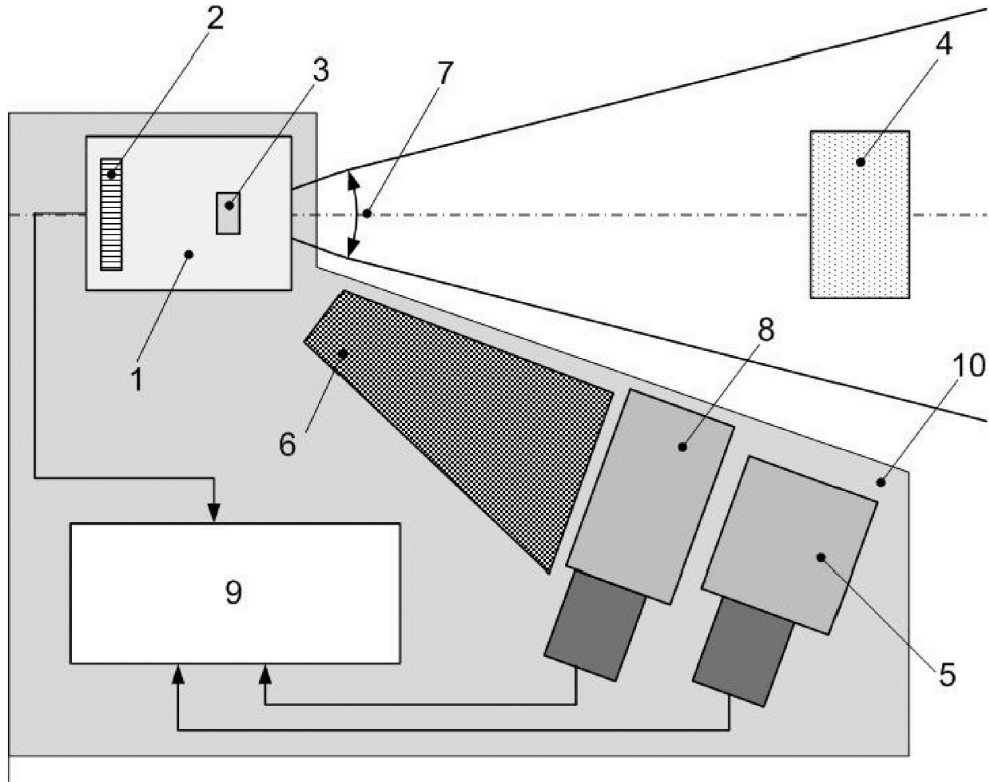
30

35

40

45

1



2

Вариант устройства	Скорость счета фоновых событий, 1/с	Ks
Макет заявляемого устройства (с активной радиационной защитой)	212	0,241
Макет устройства-прототипа	271	0,308