(19) **RU** (11) **2 143 712** (13) **C1**

(51) МПК[6] **G 01 T 3/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: **97107768/28, 18.10.1995**

(24) Дата начала действия патента: **18.10.1995**

(30) Приоритет: **19.10.1994 FR 94 12468**

(46) Дата публикации: **27.12.1999**

(56) Ссылки: **US 5278417 A, 11.01.94. SU 465121 A, 25.02.77. JP 58211682 A, 09.12.83. EP 511109 A1, 28.10.92.**

(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу: **19.05.97**

(86) Заявка PCT:
FR 95/01373 (18.10.95)

(87) Публикация PCT:
WO 96/12974 (02.05.96)

(98) Адрес для переписки:
103735, Москва, ул.Ильинка, 5/2, Союзпатент, патентному поверенному Дудушкину С.В.

(71) Заявитель:
Коммиссариат а Л'Энержи Атомик (FR)

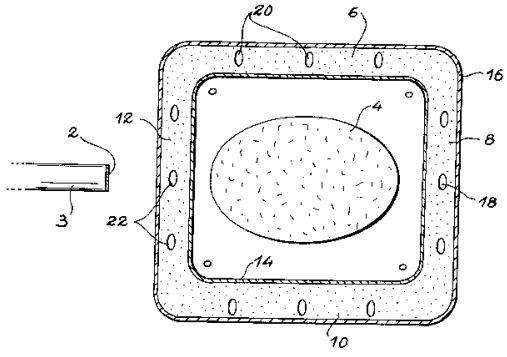
(72) Изобретатель: **Кшиштоф Юмиастовски (FR), Фредерик Лен (FR), Абдалла Лиусси (FR)**

(73) Патентообладатель:
Коммиссариат а Л'Энержи Атомик (FR)

(54) КАМЕРА ОБЛУЧЕНИЯ И/ИЛИ ПОДСЧЕТА ДЛЯ НЕЙТРОННОГО АНАЛИЗА

(57) Реферат:

Использование: для количественного анализа излучателей альфа-частиц в твердых отходах. Сущность: данное изобретение представляет собой камеру счета, предназначенную для выявления нейтронов и содержащую некоторую наружную стенку и внутреннее пространство, предназначенное для размещения в нем тестируемого объекта, причем упомянутая стенка образована первым внутренним покрытием, выполненным из кадмия, внутренним слоем замедлителя нейтронов, промежуточным покрытием, выполненным из кадмия, наружным слоем замедлителя нейтронов и наружным слоем кадмия. В упомянутой стенке выполнено окно для прохождения пучка возбуждающего излучения. В наружном и внутреннем слоях замедлителя нейтронов расположены детекторы нейтронов с гелием-3. Технический результат: изоляция тестируемого материала, подвергаемого облучению, от внешней паразитной фотонейтронной среды; разделение нейтронных сигналов различных энергий; уменьшение времени жизни паразитных нейтронов с тем, чтобы исключить их интерференцию с замедленным полезным сигналом. 4 з.п.ф-лы, 4 ил.



Фиг.1

RU 2143712 C1

RU 2143712 C1

(19) **RU** (11) **2 143 712** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **G 01 T 3/00**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **97107768/28, 18.10.1995**

(24) Effective date for property rights: **18.10.1995**

(30) Priority: **19.10.1994 FR 94 12468**

(46) Date of publication: **27.12.1999**

(85) Commencement of national phase: **19.05.97**

(86) PCT application:
FR 95/01373 (18.10.95)

(87) PCT publication:
WO 96/12974 (02.05.96)

(98) Mail address:
**103735, Moskva, ul.Il'inka, 5/2,
Sojuzpatent, patentnomu poverennomu
Dudushkinu S.V.**

(71) Applicant:
Kommissariat a L'Ehnerzhi Atomik (FR)

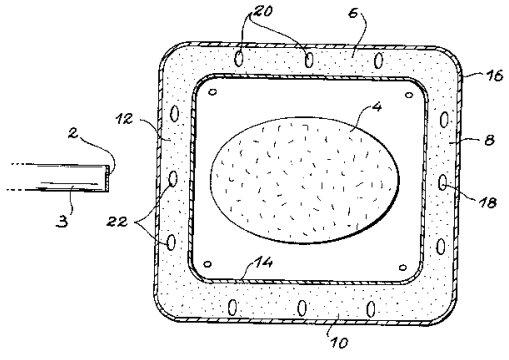
(72) Inventor: **Kshishtof Jumiastovski (FR),
Frederik Len (FR), Abdalla Liussi (FR)**

(73) Proprietor:
Kommissariat a L'Ehnerzhi Atomik (FR)

(54) CHAMBER FOR EXPOSURE AND/OR COUNTING USED IN NEUTRON ANALYSIS

(57) Abstract:

FIELD: quantitative analysis of alpha-particle radiators in solid waste. SUBSTANCE: given invention presents counting chamber intended for detection of neutrons and having some external wall and internal space meant to position tested object. Mentioned wall is formed by first internal coat made of cadmium, internal layer of neutron moderator, intermediate coat made form cadmium, external layer of neutron moderator and external cadmium layer. Above-mentioned wall has window for passage of beam of exciting radiation. Neutron detectors with helium-3 are located in external and internal layers of neutron moderator. EFFECT: isolation of tested material subjected to irradiation from external spurious neutron medium, separation of neutron signals of different energies, diminished life time of parasitic neutrons to prevent their interference with moderated legitimate signal. 4 cl, 4 dwg



Фиг.1

RU 2143712 C1

RU 2143712 C1

Предлагаемое изобретение относится к области количественного анализа излучателей альфа-частиц в твердых отходах с целью определения неразрушающим способом количественного содержания некоторых элементов (например, металлов из группы актинидов), содержащихся в данном типе отходов.

Более конкретно, предлагаемое изобретение касается камеры, предназначенной для облучения анализируемых отходов и подсчета нейтронов, излученных после облучения упомянутых отходов. Данное изобретение находит непосредственное применение в установках, использующих технологии активного или пассивного нейтронного и/или фотонного количественного анализа. В частности, количественный анализ излучателей альфа-частиц в твердых отходах позволяет классифицировать эти отходы, подсчитывать потенциальную активность альфа-излучения или подвести баланс данного расщепляющегося материала. Такой анализ представляет собой основополагающий этап любой программы заведования радиоактивными отходами.

В целях определения неразрушающим способом количества актинида, содержащегося в радиоактивных отходах, были исследованы многочисленные методы измерений, среди которых можно отметить метод фотонного запроса путем наклона фотонов торможения ("Bremsstrahlung"). Таким образом, используется пучок фотонов Bremsstrahlung, исходящих обычно из линейного ускорителя пульсирующих электронов. Указанные энергетические фотоны порождают реакции фотоделения на тяжелых ядрах, присутствующих в данных отходах.

Измерение основывается на детектировании быстрых и/или медленных нейтронов фотоделения.

Эта технология позволяет определить количества расщепляющихся элементов, содержащихся в подвергающихся анализу отходах. Она более подробно описана в статье A.LYOUSSI и др., озаглавленной "Low level transuranic waste assay by photon interrogation and neutron couting", Institute of Nuclear Material and Massagement (INMM), 34th Annual Meeting, 18-21 Juillet 1993, Scottsdale, Arizona.

В общем случае могут быть использованы две основные технологии измерения:

- облучение с низкой энергией и подсчет быстрых нейтронов фотоделения;
- облучение с высокой энергией и последующий подсчет замедленных нейтронов фотоделения.

Первая технология имеет преимущество хорошей статистики. Однако, реакции (γ,n) производства фотонейтронов на различных элементах, отличных от трансурановых элементов, создают паразитный сигнал, возрастающий с увеличением энергии фотонов. Из этого следует необходимость работать при относительно низких уровнях энергии гамма-излучения. Следствием этого является уменьшение числа полезных реакций, причем эффективное сечение фотоделения представляет собой возрастающую функцию энергии падающего фотона. Это ограничивает подсчет быстрого сигнала, интенсивность которого уменьшается до нескольких сотен микросекунд.

Вторая технология в принципе является нечувствительной к быстрым паразитным фотонейтронам. Действительно, она основывается на подсчете замедленных нейтронов.

Первые попытки использования указанной второй технологии привели к обнаружению нейтронной составляющей, продолжающейся длительное время после фотонного импульса. Действительно, нейтроны или, скорее, фотонейтроны, возникающие в недрах мишени превращения, рассеиваются молекулами воздуха, после чего они отскакивают от бетонных стен и материалов конструкции, окружающей данную мишень. Обычные размеры помещения, в котором осуществляются измерения этого типа, как правило, достаточно велики для того, чтобы эти нейтроны испытывали эффект, аналогичный поведению шарика для пинг-понга на игровом столе, вследствие чего продолжительность жизни этих нейтронов не является пренебрежимо малой и составляет примерно 5 миллисекунд. Полезный замедленный сигнал, таким образом, оказывается поглощенным указанным паразитным фотонейтронным сигналом.

Уже было предложено первое устройство, которое позволяет усовершенствовать характеристики этого метода измерений. Это устройство описано в упомянутой выше публикации.

Как показано на приведенной в приложении фиг. 1, данное устройство содержит мишень 2, установленную на траектории движения пучка электронов 3. Бомбардировка этой мишени электронами позволяет создать фотонное излучение типа Bremsstrahlung. Подлежащие тестированию отходы 4 содержаться в некоторой камере, стенки 6, 8, 10, 12 которой образованы, например, слоем полиэтилена, заключенным между двумя оболочками 14, 16 из кадмия. Эта стенка дополнительно содержит гелиевые детекторы ^{3}He, предназначенные для подсчета излученных нейтронов.

Можно идентифицировать влияние кадмия в данном случае, осуществляя регистрацию в функции времени нейтронов (γ,n) при помощи счетного блока при наличии кадмия и при его отсутствии. Эти результаты схематически проиллюстрированы на приведенной в приложении фиг. 2 при помощи кривой I (коэффициент подсчета без кадмия) и кривой II (коэффициент подсчета с кадмием). Оказывается, что защита блоков подсчета кадмиевой оболочкой позволяет снизить фоновый шум примерно в 30 раз.

Паразитное нейтронное окружение является по преимуществу термическим. Однако, устройство этого типа используется в залах ускорителей больших размеров, вследствие чего термализация фотонейтронов занимает весьма продолжительное время. Следовательно, в моменты подсчета полезного сигнала продолжает существовать эпикадмиевая нейтронная среда (термализованные фотонейтроны с энергией, превышающей 0,417 эВ), для которой кадмиевая защита остается неэффективной.

Предлагаемое изобретение имеет целью попытку разрешения этой проблемы.

RU 2143712 C1

RU 2143712 C1

Более конкретно, объектом предлагаемого изобретения является камера счета и, в случае необходимости, камера облучения, предназначенная для детектирования нейтронов, причем эта камера содержит наружную стенку и некоторое внутреннее пространство, предназначенное для размещения в нем некоторого тестируемого объекта, например контейнера с радиоактивными отходами, причем в случае необходимости в упомянутой наружной стенке предусмотрено специальное окно для прохождения пучка возбуждающего излучения, например пучка фотонов, и эта наружная стенка камеры образована первым внутренним покрытием из кадмия, некоторым внутренним слоем замедлителя нейтронов, промежуточным покрытием из кадмия, некоторым наружным слоем замедлителя нейтронов и наружным слоем кадмия.

Таким образом, эта камера содержит многослойную защиту, образованную, с одной стороны, несколькими слоями замедлителя нейтронов, а с другой стороны, экраном из нескольких слоев кадмия.

Краткое описание чертежей

В дальнейшем изобретение поясняется описанием вариантов его выполнения со ссылками на сопровождающие чертежи, в числе которых:

- фиг. 1 представляет собой схематический вид камеры облучения и счета в соответствии с существующим уровнем техники в данной области;

- фиг. 2 представляет собой график регистрации в функции времени нейтронов (γ,n) при помощи одного счетного блока при наличии и при отсутствии кадмия;

- фиг. 3 и 4 представляет собой соответственно перспективный вид и вид в разрезе камеры облучения и счета в соответствии с предлагаемым изобретением.

Лучший вариант осуществления изобретения

На фиг. 3 представлен перспективный вид с разрезом камеры облучения и счета в соответствии с одним из возможных вариантов реализации предлагаемого изобретения. На указанной фигуре позицией 24 обозначена камера облучения и счета. Эта камера имеет наружную стенку кубической формы, три плоскости которой видны на фиг. 3.

В случае использования метода активного измерения в одной из этих поверхностей выполнено окно 28, предназначенное для пропускания фотонного пучка, например пучка типа Bremsstrahlung (излучение торможения), который затем направляется на контейнер 26 с тестируемыми отходами, помещенный внутрь данной камеры. Методы пассивного запроса не требуют выполнения такого окна в стенке данной камеры.

Позицией 32 на фиг. 3 обозначен внутренний защитный слой кадмия, который полностью покрывает внутреннюю поверхность стенки данной камеры. Позади этого внутреннего защитного слоя кадмия располагаются последовательно некоторый слой 38 замедлителя нейтронов, образованный, например, полиэтиленом, парафином и водой, и промежуточный защитный слой 34 кадмия, который покрывает всю наружную поверхность внутреннего слоя замедлителя нейтронов 38. Наружный слой 40 замедлителя нейтронов покрывает снаружи упомянутый слой кадмия 34. Этот наружный слой замедлителя нейтронов также образован, например, полиэтиленом, парафином или водой и заключен в наружную защитную оболочку 36 из кадмия.

Как показано на фиг. 4, где позиции, идентичные с позициями фиг. 3, обозначают те же самые элементы, детекторы нейтронов типа гелиевых детекторов ^{3}He установлены в слое 38 замедлителя и обозначены позициями 42, 44, 46, 48. Эти детекторы позволяют произвести счет замедленного сигнала фотоделения. Обычно упомянутые детекторы оптимизированы известным образом с тем расчетом, чтобы иметь оптимальную чувствительность для данной энергии, например 400 кэВ.

Указанные детекторы нейтронов связаны со средствами электрического питания, необходимого для их нормального функционирования, и со средствами измерения и обработки сигналов, располагающимися за пределами упомянутой камеры облучения и счета и не показанными на приведенных в приложении фигурах.

Для некоторого внешнего фотонейтрона (то есть для любого нейтрона, возникающего в результате реакции (γ,n) в материалах, образующих помещение, где проводится данный эксперимент) могут иметь место две различных ситуации:

- фотонейтрон является эпикадмиевым, то есть его энергия превышает 0,417 эВ, то он потенциально способен преодолеть наружный защитный барьер из кадмия 36 и оказаться в наружном слое замедлителя нейтронов 40. Таким образом, этот нейтрон будет замедлен в упомянутом слое 40 так, чтобы в конечном счете его энергия снизилась до уровня ниже пороговой энергии кадмия. В результате данный нейтрон будет поглощен во второй защитной оболочке 34 из кадмия;

- фотонейтрон не является эпикадмиевым, то есть он обладает энергией менее 0,417 эВ, и в этом случае данный фотонейтрон просто не преодолеет наружной защитной оболочки 36, изготовленной из кадмия.

В том, что касается внутренних фотонейтронов в камере, то есть фотонейтронов, рождающихся вследствие взаимодействия фотонов с матрицей защитной оболочки радиоактивных отходов, они детектируются, если им это позволяет их собственная энергия, детекторами 42, 44, 46, 48 для подсчета замедленных нейтронов фотоделения. Это детектирование или выявление имеет место в такие моменты времени, что интерференция с замедленным полезным сигналом не имеет никаких шансов проявиться.

В противном случае, то есть в случае, когда энергия этих фотонейтронов внутри камеры превышает среднюю энергию замедленных нейтронов, эти фотонейтроны окажутся в наружном слое 40 замедлителя нейтронов. Благодаря защитной оболочке 34 из кадмия эти нейтроны будут иметь весьма малую вероятность обратного проникновения к детекторам 42-48. Поскольку известно, что средняя энергия фотонейтронов составляет примерно 3 МэВ, именно эта последняя ситуация оказывается наиболее вероятной.

И последний возможный случай касается паразитных внутренних и/или наружных

RU 2143712 C1

RU 2143712 C1

фотонейтронов, находящихся в камере и имеющих энергию меньше пороговой энергии кадмия. Эти нейтроны поглощаются внутренним защитным покрытием 32 из кадмия.

Благодаря использованию предложенной камеры облучения и счета паразитный сигнал, связанный с быстрыми нейтронами реакции (γ,n), будет, с одной стороны, уменьшен при помощи кадмиевой защиты и двух слоев замедлителя нейтронов, а с другой стороны, средняя продолжительность жизни этого сигнала будет уменьшена ввиду небольших размеров данной камеры по сравнению с размерами зала ускорителя.

Расчеты по методу Монте-Карло нейтронного переноса дают период полураспада порядка 100 мкс для нейтронов со средней энергией порядка 2 МэВ, движущихся в блоке замедлителя. Эта продолжительность жизни зависит от геометрии слоя и использованного материала замедлителя нейтронов, но порядок величины во всех случаях остается примерно тем же.

В то же время, счетчики нейтронов 50, 52, 54, 56 могут быть расположены в наружном слое замедлителя нейтронов 40. Эти счетчики могут служить мониторами для фонового фотонейтронного шума. Они позволяют измерить паразитный сигнал. Действительно, разумный выбор толщин слоев замедлителя нейтронов позволяет этим детекторам принять большую часть внутренних паразитных фотонейтронов.
Соответствующий коэффициент пропорциональности приводит к определению величины фонового шума, появляющегося в блоке измерения полезного замедленного сигнала.

Измеренный таким образом паразитный сигнал может быть вычтен из полезного сигнала в процессе обработки полученных данных. Измерения могут быть реализованы также с использованием только одной серии детекторов, располагающихся во внутреннем слое замедлителя нейтронов.

Наружный слой 40 замедлителя останавливает внешние фотонейтроны, имеющие определенный энергетический спектр.

Внутренний слой замедлителя 38 пропускает внутренние фотонейтроны с энергией, превышающей некоторую среднюю энергию полезных нейтронов.

Сообразно с порядками соответствующих величин энергии нейтронов толщина внутреннего слоя замедлителя будет меньше толщины наружного слоя замедлителя. По существу, достаточно адаптировать толщину каждого слоя замедлителя нейтронов к диапазону возможных энергий соответствующих нейтронов, что специалист в данной области техники может легко осуществить при помощи последовательных испытаний. Так, например, для внешних нейтронов с энергией порядка 2 МэВ толщина наружного слоя замедлителя 40 порядка 15 см, изготовленного из полиэтилена, будет достаточной. Если энергия этих нейтронов в большей или меньшей степени колеблется вокруг величины 2 МэВ, достаточно будет изменить соответствующую величину толщины в том же самом направлении.

Что касается слоя кадмия, то его толщина заключена в диапазоне от 0,5 до 2 мм.

Следовательно, камера облучения и счета в соответствии с предлагаемым изобретением позволяет обеспечить выполнение тройной функции. Первая из этих функций состоит в изоляции тестируемого материала, подвергаемого облучению (радиоактивные отходы и матрица их покрытия 26), от внешней паразитной фотонейтронной среды. Вторая функция состоит в разделении нейтронных сигналов различных энергий. И, наконец, третья функция состоит в уменьшении времени жизни паразитных нейтронов с тем, чтобы исключить их интерференцию с замедленным полезным сигналом.

Предлагаемое изобретение позволяет, в частности, выявить и исключить в полезном сигнале "запоздалую" составляющую от паразитных нейтронов высокой энергии или, точнее, нейтронов с энергий, превышающей среднюю энергию замедленных нейтронов.

Здесь данное изобретение было описано в варианте реализации, предполагающем кубическую форму упомянутой камеры. Однако, такая камера по существу может иметь любую форму, например форму параллелепипеда или сферы, причем внутренний объем камеры соответствующим образом адаптируется к объему тестируемых в данном случае объектов.

При использовании устройства в соответствии с предлагаемым изобретением можно существенно улучшить соотношение сигнал - шум. Так, измерения, выполненные с внутренним замедлителем 38 толщиной 5 см, наружным замедлителем 40 толщиной 12,5 см и оболочками из кадмия толщиной примерно 1,5 мм, позволили достигнуть следующих величин соотношения сигнал /S/ - шум /B/:

- радиоактивные отходы без покрытия: S/B $\approx$ 190;
- радиоактивные отходы с покрытием из полиэтилена (аналогично и для битума): S/B $\approx$ 104;
- радиоактивные отходы со стеклянным покрытием (случай остеклованных отходов или отходов, залитых цементным раствором, после полного отвердевания): S/B $\approx$ 101.

В то же время, при использовании камеры в соответствии с предлагаемым изобретением можно оптимизировать значения толщины замедляющих слоев и образующих эти слои материалов таким образом, чтобы получить величину соотношения сигнал - шум, превышающую значение 200.

В приведенном выше описании различных вариантов реализации предлагаемого изобретения детекторы нейтронов располагались во внутреннем слое замедлителя нейтронов. Однако, предлагаемое изобретение включает и такие варианты реализации, в соответствии с которыми эти детекторы нейтронов устанавливаются внутри самой камеры.

В первом возможном варианте реализации используются неизолированные детекторы, способные выявить термические нейтроны. Во втором возможном варианте реализации эти детекторы покрываются слоем замедлителя нейтронов, например слоем полиэтилена, и одним слоем кадмия. Такие детекторы выявляют быстрые нейтроны.

И наконец, не будет выходом за рамки предлагаемого изобретения замена кадмия

RU 2143712 C1

RU 2143712 C1

каким - либо другим материалом, обеспечивающим достаточно эффективное поглощение термических или эпитермических нейтронов.

Потенциальными областями практического применения предлагаемого изобретения являются:

1) комбинированный нейтронно-фотонный запрос;

2) определение степени влажности порошков плутония;

3) контроль расщепляющихся или воспроизводящих элементов в базовых ядерных установках;

4) выявление тяжелых металлов (расщепляющихся или воспроизводящих) в зонах контроля (вокзалы, аэропорты, порты и т.п.);

5) выявление взрывчатых веществ.

В этих вариантах применения предлагаемого изобретения используются методы активного запроса или пассивного запроса в случаях 2) и 3). В случае применения метода активного запроса необходимо предусмотреть в стенке камеры облучения и счета в соответствии с предлагаемым изобретением наличие окна, предназначенного для прохождения возбуждающего пучка излучения.

Формула изобретения:

1. Камера (24) счета, предназначенная для выявления нетронов и содержащая некоторую наружную стенку и некоторое внутреннее пространство, предназначенное для размещения в нем тестируемого объекта (26), причем упомянутая стенка образована некоторым первым внутренним покрытием (32), выполненным из кадмия, некоторым внутренним слоем (38) замедлителя нейтронов, некоторым промежуточным покрытием (34), выполненным из кадмия, некоторым наружным слоем (40) замедлителя нейтронов и некоторым наружным слоем (36) кадмия.

2. Камера облучения по п.1, отличающаяся тем, что в упомянутой стенке выполнено окно (28), предназначенное для прохождения пучка возбуждающего излучения.

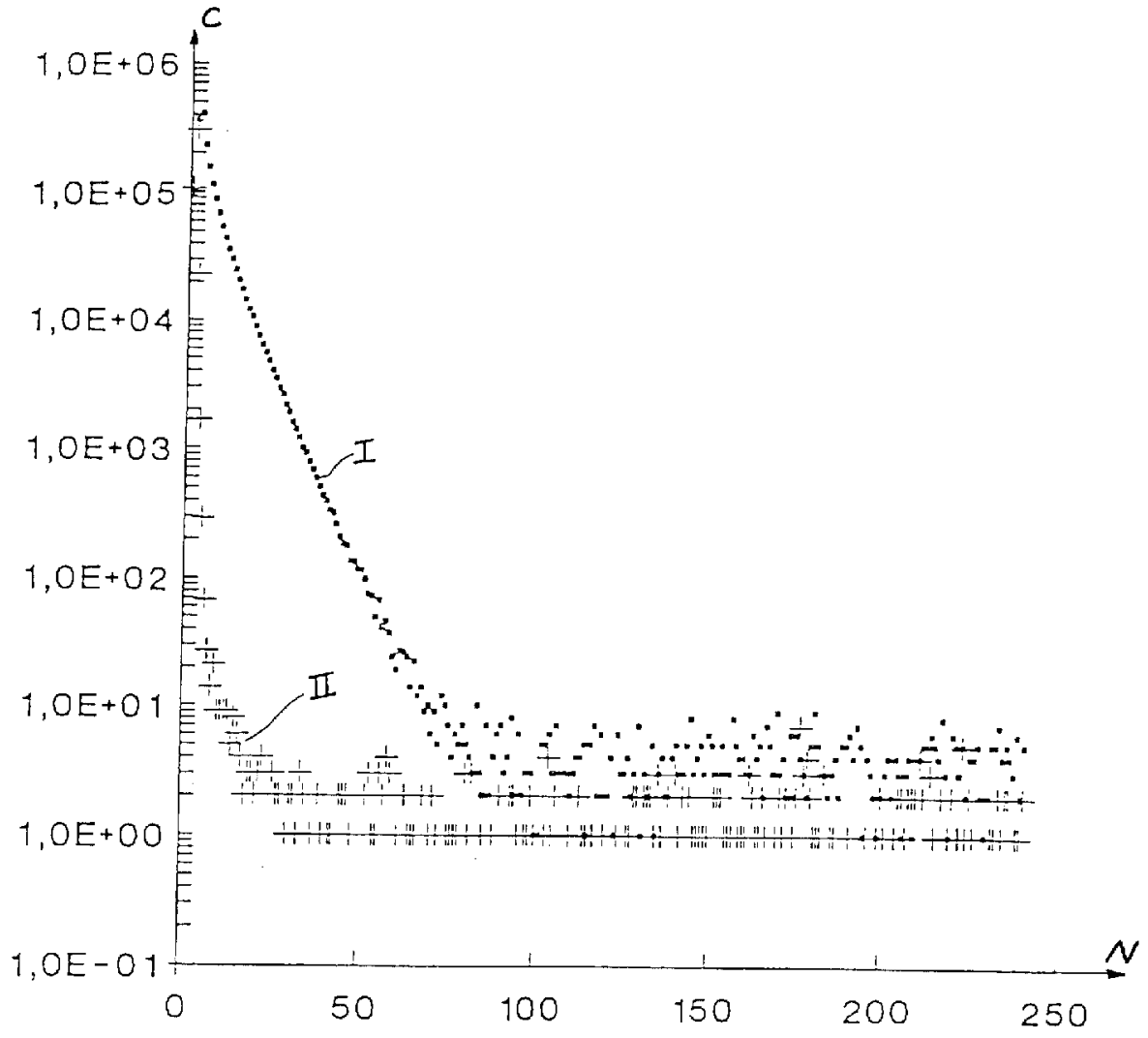
3. Камера облучения и счета по любому из пп.1 и 2, отличающаяся тем, что один или несколько детекторов нейтронов размещаются во внутреннем слое замедлителя нейтронов.

4. Камера облучения и счета по любому из пп.1 и 3, отличающаяся тем, что один или несколько детекторов нейтронов размещаются в наружном слое замедлителя нейтронов.

5. Камера облучения и счета по любому из пп.1 - 4, отличающаяся тем, что один или несколько детекторов нейтронов представляют собой детекторы с гелием-3 (^{3}He).

RU 2143712 C1

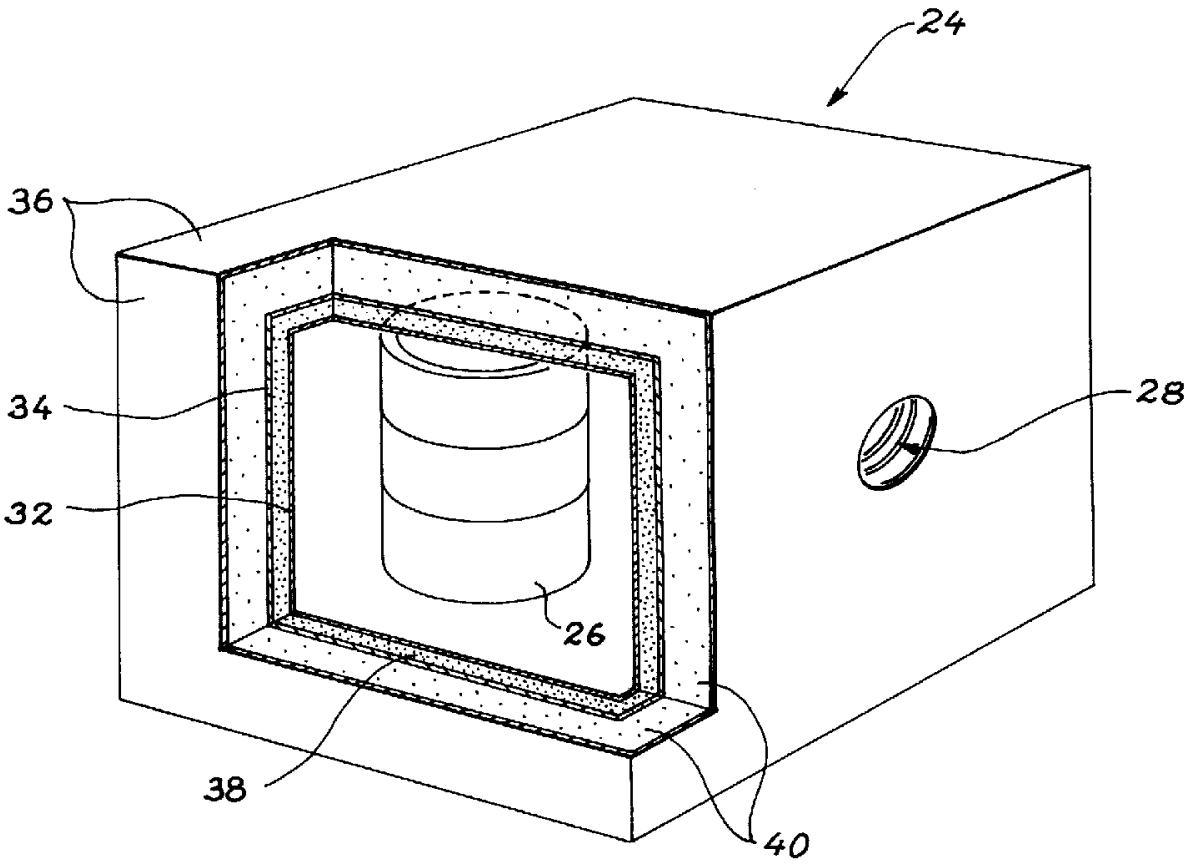
RU 2143712 C1



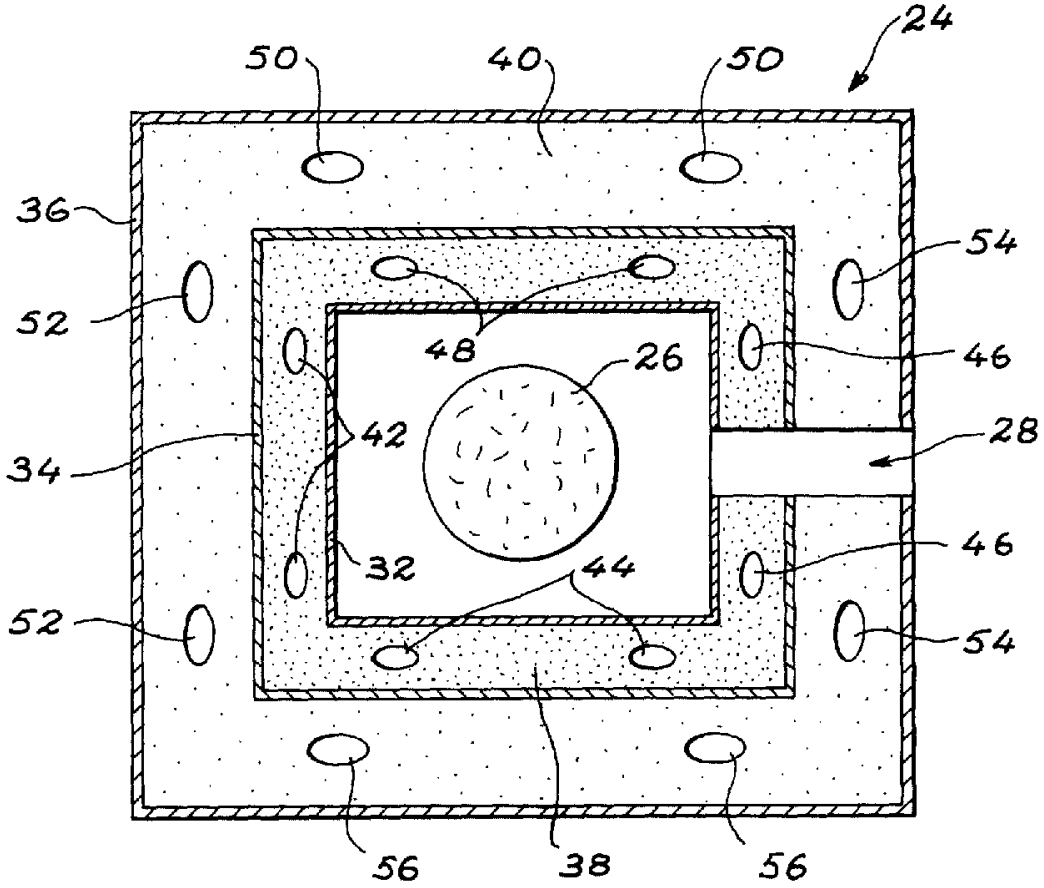
Фиг.2

RU 2143712 C1

RU 2143712 C1



Фиг.3



Фиг.4

RU 2143712 C1

RU 2143712 C1