



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G21D 3/00 (2021.08); G01T 1/185 (2021.08); H01J 47/02 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2020114866, 23.04.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.04.2020Дата регистрации:
12.10.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.04.2020

(45) Опубликовано: 12.10.2021 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

119017, Москва, ул. Б. Ордынка, 24, ГК
Росатом, Департамент правовой и
корпоративной работы

(72) Автор(ы):

Басков Петр Борисович (RU),
Кириченко Григорий Павлович (RU),
Мосягина Ирина Владимировна (RU),
Сахаров Вячеслав Васильевич (RU),
Худин Александр Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

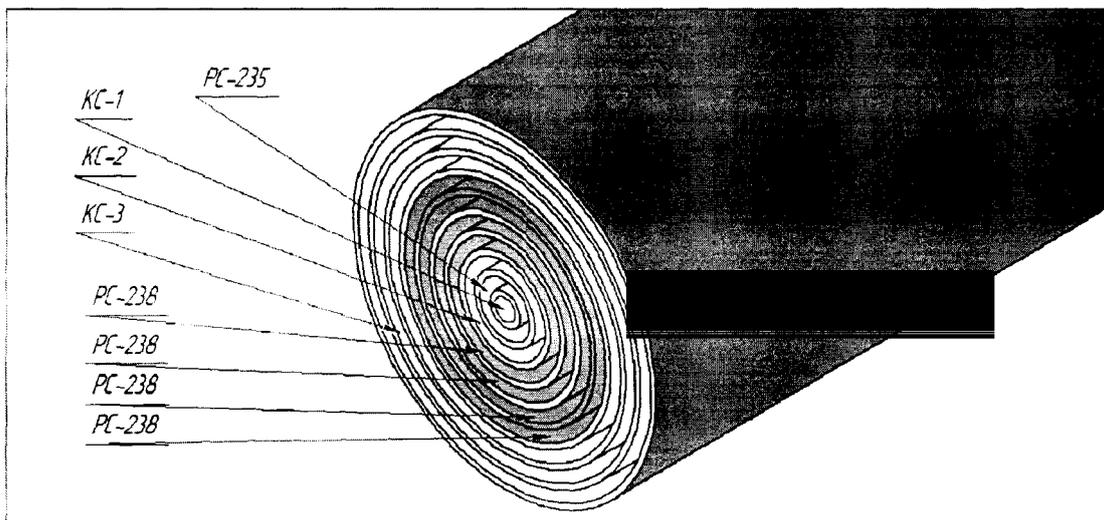
Российская Федерация, от имени которой
выступает Государственная корпорация по
атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация
"Росатом") (RU),
Акционерное общество "Ведущий
научно-исследовательский институт
химической технологии" (АО "ВНИИХТ")
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 161085 A1, 09.03.1964. SU 482704
A1, 05.08.1976. RU 2076339 C1, 27.03.1997. RU
2676952 C1, 11.01.2019. RU 2663683 C1,
08.08.2018. RU 2655014 C1, 23.05.2018. RU
2650810 C1, 17.04.2018. CN 208547723 U,
26.02.2019. JP 6441062 B2, 19.12.2018.

(54) Ионизационная камера деления для регистрации нейтронов

(57) Реферат:

Изобретение относится к камере деления для регистрации нейтронов в широком энергетическом диапазоне (от тепловых до быстрых). Камера выполнена на основе системы коммутируемых трубчатых электродов с нанесенными ураноксидными покрытиями (радиаторами), коаксиально расположенными в металлическом корпусе, заполненном рабочим газом. Система аксиально-концентрических электродов включает радиаторные секции с нанесенными ураноксидными покрытиями на основе изотопно чистого ^{238}U и ^{235}U 90% обогащения для регистрации быстрых и тепловых нейтронов соответственно, которые размещены

отдельно друг от друга внутри системы коаксиальных электродов. Остающиеся трубчатые элементы использованы в качестве компенсационных секций детектирования гамма-потока в центральной, средней и наружной коаксиальных областях системы электродов ионизационной камеры деления. Техническим результатом является регистрация нейтронного потока в энергетическом диапазоне от тепловых до быстрых нейтронов (от 0,025 эВ до 20 МэВ) с компенсацией сопутствующего гамма-потока в условиях стационарного режима эксплуатации, переходных периодов остановки, запуска и вывода на полную мощность ядерного реактора. 3 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2757219 C1

RU 2757219 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G21D 3/00 (2006.01)
G01T 1/185 (2006.01)
H01J 47/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G21D 3/00 (2021.08); G01T 1/185 (2021.08); H01J 47/02 (2021.08)(21)(22) Application: **2020114866, 23.04.2020**(24) Effective date for property rights:
23.04.2020Registration date:
12.10.2021

Priority:

(22) Date of filing: **23.04.2020**(45) Date of publication: **12.10.2021 Bull. № 29**

Mail address:

**119017, Moskva, ul. B. Ordynka, 24, GK Rosatom,
Departament pravovoj i korporativnoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Baskov Petr Borisovich (RU),
Kirichenko Grigorij Pavlovich (RU),
Mosyagina Irina Vladimirovna (RU),
Sakharov Vyacheslav Vasilevich (RU),
Khudin Aleksandr Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Rossijskaya Federatsiya, ot imeni kotoroj
vystupaet Gosudarstvennaya korporatsiya po
atomnoj energii "Rosatom" (Goskorporatsiya
"Rosatom") (RU),
Aktionernoe obshchestvo "Vedushchij
nauchno-issledovatel'skij institut khimicheskoj
tehnologii" (AO "VNIKHT") (RU)**(54) **FISSION IONISATION CHAMBER FOR NEUTRON DETECTION**

(57) Abstract:

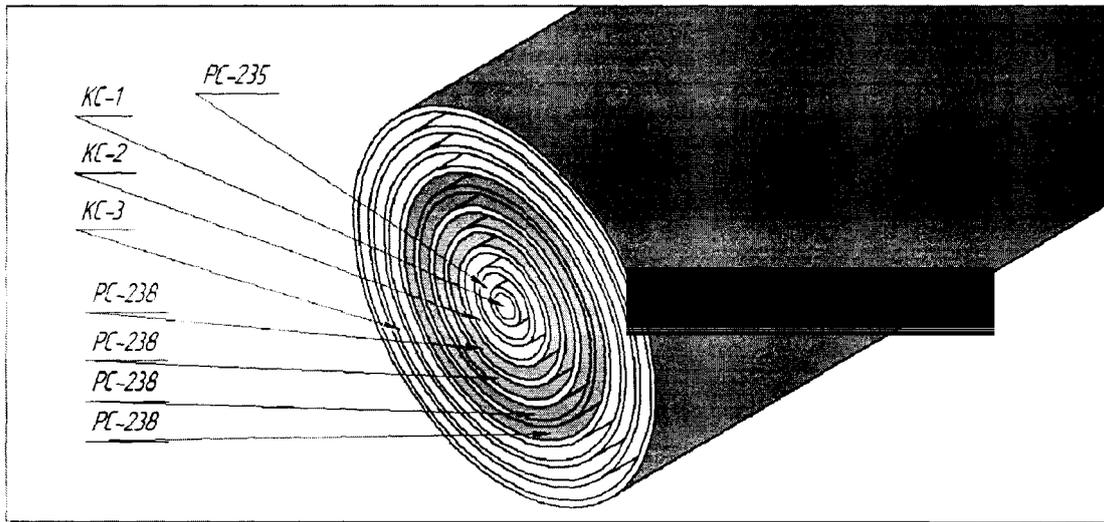
FIELD: nuclear technology.

SUBSTANCE: invention relates to a fission chamber for neutron detection in a wide power range (from thermal to fast). The chamber is made based on a system of switched tubular electrodes with applied uranium oxide coatings (radiators) located coaxially in a metal body filled with working gas. The system of axial and concentric electrodes includes radiator sections with applied uranium oxide coatings based on isotopically pure ²³⁸U and ²³⁵U with 90% enrichment for detection of fast and thermal neutrons, respectively, placed separately within the system of coaxial

electrodes. The remaining tubular elements are used as compensation sections for detection of the gamma flux in the central, middle and outer coaxial areas of the electrode system of the fission ionisation chamber.

EFFECT: technical result consists in detecting a neutron flux in a power range from thermal to fast neutrons (from 0.025 eV to 20 MeV) with compensation of the associated gamma flux in the conditions of stationary operation, transition periods of shutting down, starting up and putting the nuclear reactor into full-power operation.

4 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2757219 C1

RU 2757219 C1

Настоящее изобретение относится к устройствам измерения нейтронных потоков, в частности, к оборудованию систем управления и защиты ядерных реакторов и используется в качестве первичного преобразователя внутриреакторного канала контроля плотности потока нейтронов.

5 Ионизационная камера деления относится к газоразрядным датчикам нейтронов, принцип работы которой основан на (n, f -преобразовании энергии нейтронов в электрический сигнал в объеме камеры. В реакторах на ядерном топливе величина нейтронного потока является ключевой информацией о характере протекающих в тепловыделяющих сборках (ТВС) ядерных реакциях. Нейтронный поток в реакторе
10 всегда представляет собой смешанный поток тепловых и быстрых частиц, в стационарном режиме работы на полной мощности реактора процентное соотношение между быстрыми и тепловыми нейтронами составляет величину $\sim 99:1$. В переходных режимах эксплуатации реактора (остановка, запуск, вывод на полную мощность и др.) указанное соотношение существенно нарушается. Кроме того, сопутствующим потоку
15 нейтронов с интенсивностью того же порядка величины является гамма-поток, дополнительно ионизирующий объем рабочего газа. Важнейшими задачами при разработке камер деления являются:

- обеспечение широкого динамического диапазона работы;
- расширение энергетического диапазона регистрации нейтронов;
- 20 - повышение точности измерения путем учета всех составляющих радиационного потока, вызывающих ионизацию рабочего газа;
- снижение габаритных размеров камеры для обеспечения нейтронной диагностики в различных зонах ядерной установки.

Известна ионизационная камера деления с компенсацией гамма-излучения типа
25 КНК-15-1 (Малышев Е.К., Белозеров В.Г., Щетинин О.И. Широкодиапазонная камера деления для систем управления и защиты ядерных реакторов // Атомная энергия, 1979, т. 47, вып. 4, с. 271-272), включающая в себя цилиндрический корпус с электродной системой из набора пластин (нержавеющая сталь), объединенных в две секции: рабочую, чувствительную к нейтронам и гамма-излучению, и компенсационную, чувствительную
30 только к гамма-потoku. Пластины рабочей секции покрыты радиатором из U_3O_8 , обогащенного по изотопу ^{235}U . Недостатком устройства являются ограничение возможности регистрации нейтронов преимущественно тепловыми, а также большие габаритные размеры вследствие использования пластинчатых электродов,
35 расположенных в двух секциях отдельно друг от друга.

Известна ионизационная камера деления (Захаркин И.В., Полионов В.П., Сомов И.Е. Ионизационная камера деления. Патент РФ 2076339. заявл. 14.07.1993, опубл. 27.03.1997), представляющая собой сборку из пластинчатых электродов с урановым радиатором и компенсационной секцией на основе электрода с радиатором, содержащим
40 большее количество урана. Величина ложного выходного сигнала камеры (типа КНК-15-1) снижается и за счет этого расширяется реальный динамический диапазон работы камеры. Камера имеет большие габаритные размеры и, как следствие, отсутствует возможность ее использования в качестве внутризонного датчика. Кроме того, использование в качестве радиатора соединения на основе ^{235}U ограничивает область
45 регистрации нейтронами тепловых энергий.

Снижение габаритных размеров камеры деления может быть обеспечено за счет перехода от пластинчатых к трубчатым электродам. Известна ионизационная камера деления (В.И. Алексеев, И.Я. Емельянов и др. Ионизационная камера. А.с. СССР 482704.

заявл.03.08.73, опубл. 05.08.76), включающая трубчатый корпус, в котором коаксиально расположен внутренний электрод, разделенный с корпусом дистанцирующими изоляторами. Кроме того, в корпусе по длине камеры установлены наружный собирающий и промежуточный охранный коаксиальные электроды. Покрытие из
 5 делящегося материала (радиатор) нанесено на внешнюю поверхность собирающего электрода. Преимуществом устройства является его малогабаритность и повышение надежности. Недостатком изобретения является ограниченный энергетический диапазон регистрации нейтронов, определяемый использованием одного типа нанесенного на электроды радиатора. При определении параметров нейтронного потока не учитывается
 10 сопутствующее гамма-излучение.

Наиболее близким аналогом к заявляемому изобретению является ионизационная камера деления (Ф. Пешке. Камера деления для измерения нейтронов. А.с. СССР 161085. заявл. 28.05.1962, опубл. 09.03.1964), включающая трубчатый корпус с аксиально-концентрическими электродами с радиатором на основе делящегося материала. При
 15 этом может быть реализована возможность расширения диапазона регистрируемых нейтронных потоков за счет использования нескольких коммутируемых катодов и анодов, покрытых различными радиоактивными материалами, обладающими различной способностью к расщеплению, или материалами с одинаковой способностью к расщеплению, но различной толщины или площади.

Недостатком известного устройства является отсутствие компенсационной секции, определяющей гамма-поток. Не приведено техническое решение, относящееся к устройству с аксиально-концентрическими электродами, находящихся во взаимосвязи (определенной последовательности) друг с другом.

Перед авторами изобретения стояла задача создать ионизационную камеру деления (ИКД) на основе трубчатых, коаксиально-расположенных электродов, для
 25 детектирования нейтронов в широком энергетическом диапазоне - от тепловых до быстрых (0,025 эВ÷20 МэВ) - с учетом (компенсацией) гамма-фона. При этом существенно расширяется энергетическая область и повышается точность регистрации нейтронных потоков, ликвидируется необходимость использования материалов-замедлителей вокруг камеры и, как следствие, сохраняются небольшие габаритные
 30 размеры ИКД на основе коаксиальной системы электродов.

Техническим результатом, обеспечиваемым приведенной совокупностью признаков, является регистрация нейтронного потока в энергетическом диапазоне от тепловых до быстрых нейтронов (от 0,025 эВ до 20 МэВ) с компенсацией сопутствующего гамма-потока в условиях стационарного режима эксплуатации, переходных периодов
 35 остановки, запуска и вывода на полную мощность ядерного реактора.

Техническое решение изобретения основано на коаксиальной электродной системе, состоящей из секций, разделяющихся по функциональности на типы:

- гамма-компенсационные секции (межэлектродные области без радиатора),
 40 количество секций - 3 (три);
- радиаторная секция регистрации быстрых нейтронов (с радиатором на основе изотопно чистого ^{238}U урана (содержание ^{235}U не более 0,0002%));
- радиаторная секция регистрации тепловых нейтронов (с радиатором на основе высокообогащенного урана (90% по ^{235}U)).
 45

Все секции расположены в единой коаксиальной системе электродов в заданной пространственной последовательности.

Основу конструкции предлагаемого изобретения составляет коаксиальная сборка цилиндрических металлических электродов с различными по изотопному составу

радиаторами и компенсационными секциями. В осесимметричной сборке диаметры трубчатых электродов увеличиваются в модели арифметической прогрессии.

Изобретение поясняется чертежом, на котором изображена схема конструкции коаксиальной электродной сборки мультинуклидной ионизационной камеры деления (общий - фиг. 1 и укрупненный торцевой вид - фиг. 2), где введены следующие обозначения:

КС-1; КС-2; КС-3 - компенсационные секции, расположенные в центральной, средней и наружной областях коаксиальной системы электродов;

РС-235 - радиаторная секция на основе U_3O_8 (90% обогащения по ^{235}U), состоит из одного коаксиального трубчатого звена;

РС-238 - радиаторная секция на основе U_3O_8 (содержание ^{238}U 99,9998%), выполнена из последовательно расположенных коаксиальных звеньев в количестве от 4-х до 6-ти.

При этом токовые сигналы, образующиеся в РС-235 и РС-238, имеют близкий порядок величины с учетом неравнозначности их площадей и сильно отличающихся сечений деления тепловыми ($\sigma_{term}(^{235}U)=580$ барн) и быстрыми ($\sigma_{fast}(^{238}U)=1$ барн) нейтронами, соответственно. Токковый сигнал в секции пропорционален площади радиатора и величине сечения захвата соответствующих нейтронов ($\sigma_{fast} / \sigma_{term}$). Близкими по величине секционные токи в мультинуклидной камере, и, как следствие, повышение точности измерений, обеспечиваются соотношением площадей радиаторов $S(^{235}U)$: $S(^{238}U)=1:4 \dots 1:5$. В предлагаемом изобретении указанное соотношение реализовано за счет создания секции с уран-238 с многотрубчатыми электродными сборками при ее расположении в наружной области коаксиальной сборки (фиг. 1).

Организация мультинуклидных секций в камере деления дает возможность обеспечить получение точной информации о величине нейтронного потока в т.ч. в моменты плановых остановок реактора, пуска, вывода на полную мощность, при которых соотношение между быстрыми и тепловыми нейтронами 99%: 1% нарушается и применение стандартных камер на высокообогащенном уране не позволяет достоверно судить о величине внутриреакторного нейтронного потока.

Количество компенсационных секций камеры составляет 3 (три): КС-1; КС-2; КС-3, что обеспечивает необходимую точность определения энергетического вклада от гамма-частиц в токовый сигнал рабочего газа, как за счет количественного увеличения, так и вследствие расположения радиаторной секции РС-235 внутри двух компенсационных секций КС-1 и КС-2, а радиаторной секции РС-238 между компенсационными секциями КС-2 и КС-3.

При эксплуатации радиатора на основе ^{238}U существует проблема постепенного изотопного «отравления» атомами ^{235}U . В предлагаемом изобретении эта проблема решена - информативность сигнала при детектировании быстрых нейтронов сохраняется за счет наличия отдельной радиаторной секции на основе высокообогащенного урана (^{235}U), сигнал от которой вычитается (с учетом соотношения площадей) из сигнала от РС-238, что обеспечивается получение точной информации о «быстрой» составляющей компоненты нейтронного потока.

(57) Формула изобретения

1. Ионизационная камера деления для регистрации нейтронов в широком энергетическом диапазоне (от тепловых до быстрых) на основе системы коммутируемых

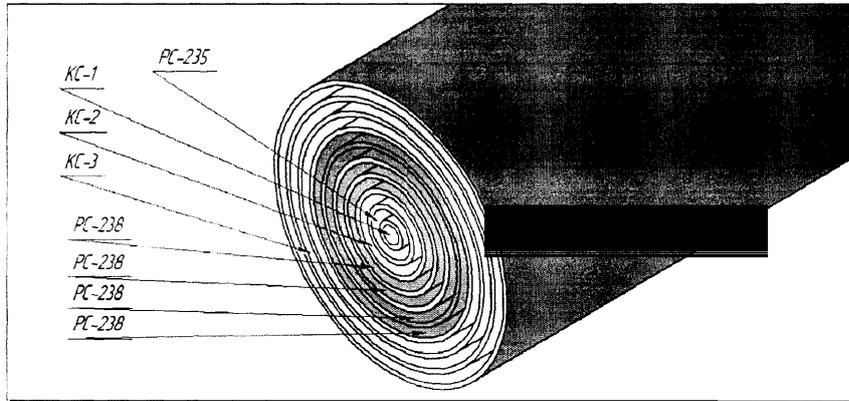
трубчатых электродов с нанесенными ураноксидными покрытиями (радиаторами), коаксиально расположенными в металлическом корпусе, заполненном рабочим газом, отличающаяся тем, что система аксиально-концентрических электродов включает радиаторные секции с нанесенными ураноксидными покрытиями на основе изотопно чистого ^{238}U и ^{235}U 90% обогащения для регистрации быстрых и тепловых нейтронов соответственно, которые размещены отдельно друг от друга внутри системы коаксиальных электродов, остающиеся трубчатые элементы которой использованы в качестве компенсационных секций детектирования гамма-потока в центральной, средней и наружной коаксиальных областях системы электродов ионизационной камеры деления.

2. Ионизационная камера деления по п. 1, отличающаяся тем, что радиаторные секции (РС) и компенсационные секции (КС) в коаксиальной системе электродов выполнены в виде следующей последовательности от центрального электрода к корпусу камеры:

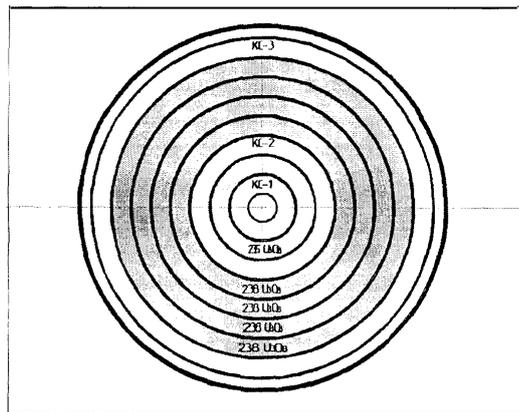
КС-1...РС-235...КС-2...РС-238...КС-3 с равномерным увеличением диаметров коаксиально расположенных трубок.

3. Ионизационная камера деления по п. 1, отличающаяся тем, что компенсационные секции КС-1, КС-2, КС-3 и радиаторная секция РС-235 выполнены на основе одного коаксиального трубчатого звена.

4. Ионизационная камера деления по п. 1, отличающаяся тем, что радиаторная секция РС-238 содержит несколько коаксиальных трубчатых звеньев при выполнении соотношения площадей поверхностей ураноксидных радиаторов на основе ^{238}U и ^{235}U в диапазоне от 4:1 до 5:1.



Фиг. 1



Фиг. 2