



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G21G 4/02 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024117961, 28.06.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.06.2024

Дата регистрации:
12.09.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 28.06.2024

(45) Опубликовано: 12.09.2024 Бюл. № 26

Адрес для переписки:
308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", Токтарева Татьяна Михайловна

(72) Автор(ы):

Кленин Артемий Александрович (RU),
Кубанкин Александр Сергеевич (RU),
Олейник Андрей Николаевич (RU),
Чепурнов Александр Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

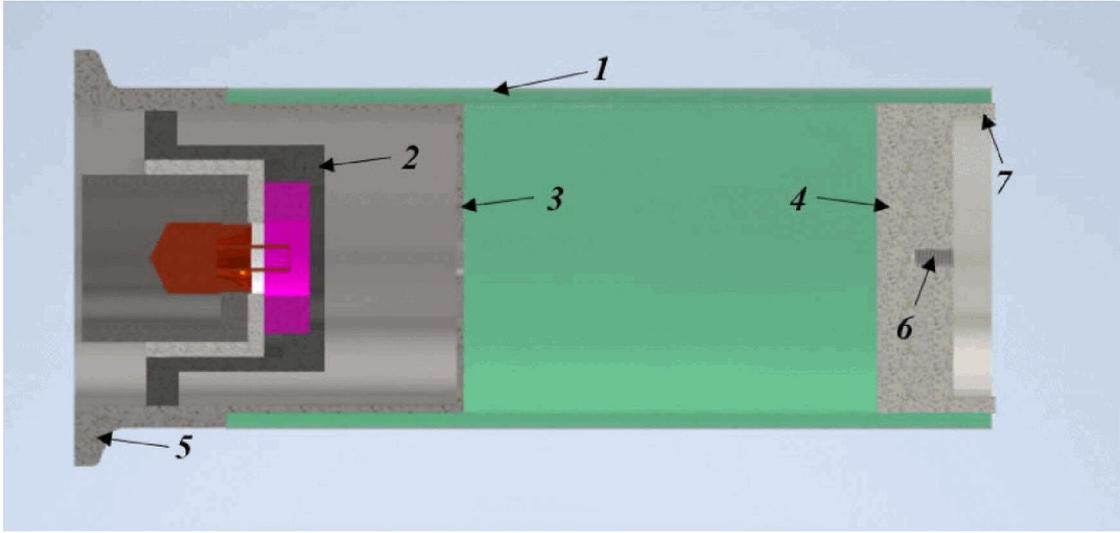
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2556038 C1, 10.07.2015. RU
2467526 C1, 20.11.2012. RU 135216 U1, 27.11.2013.
RU 2362278 C1, 20.07.2009. RU 2228554 C2,
10.05.2004. RU 226563 U1, 11.06.2024. RU 224578
U1, 29.03.2024. RU 2813664 C1, 14.02.2024. EA
43219 B1, 28.04.2023. EA 42338 B1, 06.02.2023.
US 20190219731 A1, 18.07.2019. US 20090146052
A1, 11.06.2009. CN 107027236 A, (см. прод.)

(54) Вакуумируемый компактный DD-генератор быстрых нейтронов

(57) Реферат:

Полезная модель относится к генераторам нейтронов. Вакуумируемый компактный DD-генератор быстрых нейтронов содержит корпус, источник ионов и мишень. К корпусу источника ионов приложен положительный потенциал, а к мишени приложен высокий отрицательный потенциал, промежуточный электрод с выводным отверстием, в котором фокусируется генерируемый в источнике ионов поток ионов. Корпус выполнен в форме цилиндрической трубки из изоляционного материала, спаянной с фланцем из нержавеющей немагнитной стали, на внутренней части которого нарезана резьба, в которую вкручен корпус источника ионов. Причем размещенный внутри устройства между корпусом источника ионов и мишенью торец

модифицированного фланца с выводным отверстием, в котором фокусируется генерируемый поток ионов, выполняет функцию промежуточного электрода. Источник ионов представляет собой полый цилиндрический корпус, выполненный из немагнитного металлического материала с возможностью приложения к нему положительного потенциала и выполняющий функцию анода, в центре которого размещены катод и постоянный магнит. Корпус устройства выполнен с возможностью соединения с откачной системой для создания вакуума и последующего запуска дейтерия. Техническим результатом является стабильная регулируемая генерация быстрых нейтронов. 2 ил.



Фиг.1

(56) (продолжение):
08.08.2017.

RU 228879 U1

RU 228879 U1

Полезная модель относится к области ускорительной техники, в частности к ускорителям и генераторам заряженных и нейтральных частиц и может использоваться для генерации нейтронов с энергией 2,45 МэВ в результате реализации D-D реакции ядерного синтеза. Подобные генераторы нейтронов широко используются для калибровки низкофоновых экспериментальных установок по поиску редких событий в физике частиц, а также для нейтронно-активационного анализа горных пород, содержащих продуктивные углеводороды, уран и драгоценные металлы, а также для поиска и идентификации скрытых опасных предметов нейтронными методами.

Известен ряд технических решений, позволяющих решить задачу генерации потока нейтронов. Среди них можно выделить следующие группы: источники нейтронов, основанные на ускорителях заряженных частиц, радиоизотопные источники нейтронов, а также разрядные источники нейтронов. Некоторые технические решения могут содержать признаки сразу двух групп. Кроме того, все источники нейтронов следует также классифицировать по характеру генерируемого потока: непрерывные и импульсные.

Известно устройство «Импульсный нейтронный генератор» (SU 218332 A1 от 29.11.1958), которое является одним из первых известных разрядных источников нейтронов. В качестве источника ионов используется импульсный разряд в вакууме между металлическими газосодержащими электродами, которые включены в цепь с импульсным источником питания. Импульсный разряд инициируется вспомогательным разрядом по поверхности диэлектрика, отделяющего электроды друг от друга. В результате инициируется DD- или DT-реакция (в зависимости, от газа, содержащегося в электродах) и происходит генерация быстрых нейтронов. Данная схема генерации нейтронов была усовершенствована в устройстве SU 377094 A1 от 29.03.1971 за счет уточнения форм катода и анода.

В дальнейшем, импульсные источники нейтронов получили свое развитие, становясь более эффективными и сложными. В частности, для формирования импульсов потока нейтронов стали использоваться лазеры (например, устройство SU 457406 A1 от 25.12.1972). Известно устройство «Импульсный нейтронный генератор» (SU 814260 A1 от 15.02.1983), в котором за счет воздействия лазера на поверхности мишени образуется плазменный сгусток, содержащий ионы дейтерия. Оптическая схема устройства также позволяет при помощи того же импульса лазера инициировать разряд емкостного накопителя, импульс которого через трансформатор приводит к формированию магнитного поля, фокусирующего плазменный сгусток, из которого ионы дейтерия ускоряются электрическим полем в нейтронообразующую мишень. Несмотря на сложность исполнения, данное устройство может быть выполнено в компактном варианте и далее неоднократно модифицировалось (устройства SU 971068 A1 от 09.04.1981, RU 135216 U1 от 18.06.2013, RU 143417 U1 от 25.02.2014, RU 161783 U1 от 17.11.2015) с целью повышения эффективности генерации нейтронов. Также известно аналогичное устройство (RU 2523026 C1 от 28.12.2012), в котором вместо импульса лазерного излучения используется управляющий импульс генератора напряжения.

В ускорительных источниках нейтронов, как правило, используется полноценный ускоритель протонов, например, устройство «A compact neutron generator for performing security inspections», GB 2491610 A от 20.07.2011) или ионов, например, устройство «Long-life high-efficiency neutron generator», US 20110044418 A1 от 24.02.2011), внутреннее устройство которого не обсуждается и является стандартным для ускорительной техники, хотя есть пример модификации высокочастотной ускоряющей структуры специально для генерации нейтронов, а именно устройство RU 2378806 C1 от 04.06.2008.

Радиоизотопные источники нейтронов могут нарабатываться на ядерных реакторах, радиохимическими методами, а также при помощи ускорителей заряженных частиц. Известно устройство из источника WO 2008060663 A2 от 13.04.2007 “Compact neutron generator for medical and commercial isotope production, fission product purification and controlled gamma reactions for direct electric power generation”, которое может быть отнесено как к радиоизотопным, так и к ускорительным источникам нейтронов. Устройство содержит ускоритель заряженных частиц, мишень-конвертер, которая генерирует поток гамма-квантов и первичный нейтронный поток, а также конечную мишень, изотопный материал, в котором за счет гамма-облучения наводится дополнительная радиоактивность, вызывающая вторичный поток нейтронов. Различные конфигурации устройства позволяют получить настраиваемый нейтронный спектр, состоящий из нескольких нейтронных потоков, в зависимости от числа и состава мишеней-конвертеров и конечной изотопной мишени.

Общим недостатком устройств, описанных в вышеперечисленных источниках, является огромное энергопотребление и сложность в эксплуатации, которая подчас требует обслуживания дополнительного сложного устройства, например, ускорителя заряженных частиц, разрядного устройства, лазерно-оптического тракта и т.д., или связана с использованием радиоактивных изотопов, что резко ограничивает возможности использования данных источников и сильно повышает стоимость их эксплуатации.

По этой причине, в последнее время активно вводится поиск технических решений, позволяющих сделать генераторы нейтронов более компактными, дешевыми и простыми. В 2012 году Сандийская национальная лаборатория (США) выпустила пресс-релиз, в котором объявила о разработке так называемого нейтронистора (https://newsreleases.sandia.gov/neutron_generator/). Нейтронистор является компактным и одноразовым генератором нейтронов с энергией 2,45 МэВ при реализации DD реакции ядерного синтеза. Устройство состоит из вакуумированного герметичного корпуса, керамической пластины, выступающей в роли катод-анодной системы. Анод является мишенью с нанесенным на него слоем дейтерия. Образованные на выступе катода ионы ускоряются и попадают в мишень, генерируя поток нейтронов до 10^3 н/с. Размер макета устройства составлял несколько десятков миллиметров, а название «нейтронистор» было дано из-за внешнего сходства с печатной платой. Однако, публичных подтверждений работы данного устройства не было продемонстрировано, свидетельств патентной защиты данного устройства в открытых базах данных не было найдено, также нет никаких свидетельств промышленного производства и применения данных устройств.

Известен генератор быстрых нейтронов по патенту Республики Беларусь № 10612 от 30.06.2008. Изобретение относится к ускорительным источникам и содержит ионопровод с заземленной средней частью, внутри которого установлены два источника дейтронов и два соответствующих им ускорителя дейтронов, установленных с возможностью создания встречных дейтронных пучков для рассеяния дейтронов друг на друге и выполненные в виде положительного высоковольтного электрода и делителя напряжения для создания ускоряющего электрического поля каждый, а также соленоид для отклонения дейтронов от стенки ионопровода. При этом указанные положительные электроды выполнены со сквозными отверстиями для возможности ввода в ионопровод вдоль его оси двух пучков электронов, не совпадающих по области расположения с пучками дейтронов. К недостаткам устройства стоит отнести использование сразу двух источников высокого напряжения и использование потенциаловвода для разделения питания двух эмиттеров ионов, необходимость фокусировки пучков ионов и контроля

положения точки столкновения двух пучков ионов дейтерия.

Известен генератор нейтронов, включающий источник дейтронов, ускоритель дейтронов и дейтерийсодержащую мишень (Булыга С.Ф., Гуло В.Г., Жук И.В. и др. Нейтронный генератор НГ-12-1 базовая установка для проведения исследований в Нейтронном центре Национальной академии наук Беларуси. Препринт ИРФХП-21. - Мн.б 1998. -С. 6-20). Генератор нейтронов производства НИИЭФА им. Д.В. Ефремова состоит из линейного ускорителя ионов дейтерия (энергия дейтронов 250 кэВ, ток 1-10 мА и мишенного блока. Система магнитов сепарирует ионы D+ магнитными линзами. Пучок дейтронов падает на титан-третиевую (TiT_{1,5-1,8}) или титан-дейтериевую (TiD_{1,5-1,8}) мишень и генерирует нейтроны в реакции D(T, n)⁴He или D(D, n)³He. Спектры возникающих нейтронов имеют максимумы распределений при значениях энергии 14,1 или 2,45 МэВ соответственно. Где мишень представляет собой насыщенную дейтерием или тритием титановую пленку, напыленную на медную подложку Генератор нейтронов направляет пучок нейтронов, ускоренный до энергии 150-250 кэВ на дейтерийсодержащую мишень и при токе пучка ускорителя 10 мА и ускоряющем напряжении 250 кВ генератор нейтронов за счет D-D реакции ядерного синтеза испускает примерно $3 \cdot 10^{10}$ нейтрон в секунду (интернет-источник: http://vant.iterru.ru/vant_2015_3/6.pdf).

Известен компактный генератор ионов, включающий малогабаритный источник ионов (CN 205751547 U от 30.11.2016), где малогабаритный источник ионов основан на ловушке Пеннинга, представляющего собой схему удержания заряженных частиц с использованием однородного статического магнитного поля и пространственно неоднородного электрического поля. Источник ионов содержит катод, анод, постоянный магнит, вакуумную откачную систему, магнитопроницаемый материал, выходное отверстие для извлечения ионов, в котором анод расположен в центре катода, постоянный магнит соединен с внешней стороной катода, вакуумная откачная система соединена с внешней стороной катода, магнитопроводящий материал соединен с внутренней стороной катода и располагается напротив анода, а выходное отверстие для извлечения ионов расположено на катоде и магнитопроницаемом материале вдали от постоянного магнита. Отрицательный электрод в источнике ионов служит источником электронов, которые внутри корпуса закручиваются благодаря магнитному полю постоянного магнита и производят генерацию ионов дейтерия. Проницаемый магнитный материал, расположенный изнутри на отрицательном электроде, обеспечивает действие магнитного поля, закручивающего электроны, во всем объеме бункера между отрицательным электродом и анодом. В свою очередь, анод служит в качестве коллектора электронов, эмитированных с отрицательного электрода, а вывод на аноде служит для эмиссии ионов. Экстракция ионов становится возможной только при достижении самостоятельного разряда в пространстве между отрицательным электродом и анодом за счет накопления электронов в этом объеме.

Несмотря на заявленную высокую пиковую интенсивность нейтронов до $2 \cdot 10^8$ нейтронов в секунду и высокий ток разряда до 600 мкА, а также компактные габариты источника, которые не превышают 35×35×35 мм, устройство обладает рядом существенных недостатков. Прежде всего, данное устройство требует достижения самостоятельного разряда для экстракции потока ионов, а также удержания самостоятельного разряда в стабильном состоянии, что весьма проблематично для такого ограниченного объема и требует увеличения энергозатрат. Кроме того, не уточняется тип и форма мишени генератора нейтронов, а также каким образом

производится ускорение ионов для поступления ионов в мишень для дальнейшей генерации нейтронов.

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое техническое решение, является расширение арсенала устройств, которые позволяют генерировать постоянный поток быстрых нейтронов с регулируемой интенсивностью при сохранении максимальной компактности устройства.

Технический результат - стабильная и регулируемая генерация быстрых нейтронов в результате реализации D-D реакции ядерного синтеза, без зажигания самостоятельного разряда, что обеспечивает понижение энергопотребления, за счет выполнения источника ионов в виде корпуса, который выполняет функцию анода, наличия промежуточного электрода с фокусирующей диафрагмой через которую осуществляется вытягивание и ускорение ионов из источника в мишень, находящуюся под постоянным отрицательным высоким потенциалом для последующей генерации нейтронов.

Данная задача решается с помощью предлагаемого вакуумируемого компактного DD-генератора быстрых нейтронов, содержащего источник ионов с катодом, анодом, постоянным магнитом, и направляющим выводом, в который внесены следующие новые признаки:

корпус устройства выполнен в форме цилиндрической трубки из изоляционного материала с высокой электрической прочностью не менее 25 МВ/м, спаянной с модифицированным фланцем из нержавеющей немагнитной стали, на внутренней части которого нарезана резьба, в которую вкручен корпус источника ионов, а размещенный внутри устройства между корпусом источника ионов и мишенью торец модифицированного фланца KF-40 с соосным выходным отверстием, в котором фокусируется генерируемый поток ионов, выполняет функцию промежуточного электрода;

источник ионов представляет собой полый цилиндрический корпус, выполненный из немагнитного металлического материала, с возможностью приложения к нему положительного потенциала и выполняющий функцию анода, в центре которого размещены катод и постоянный магнит, при этом корпус источника ионов дополнительно снабжен внутренней резьбой для соединения с изолятором из фторопласта-40 в форме кольца с целью изоляции катода от положительного потенциала на корпусе источника ионов;

катод представляет собой вольфрамовую нить с двумя изолированными контактами в керамическом цоколе, который находится в резьбовом соединении с цокольным держателем, выполненным в форме цилиндрического стакана из немагнитного материала, например, дюралюминия и размещенным внутри изолятора из фторопласта-40;

постоянный магнит размещен внутри корпуса источника ионов и представляет собой полый цилиндр из магнитного материала, при этом катод расположен в геометрическом центре отверстий постоянного магнита;

корпус устройства выполнен с возможностью соединения с откачной системой для создания вакуума и последующего запуска дейтерия;

мишень размещена на противоположном конце устройства напротив источника ионов и представляет собой титановый цилиндр с имплантированным в мишень дейтерием, с внешней стороны которого выполнено углубление с глухим резьбовым отверстием для контакта с внешним источником высокого напряжения отрицательной полярности.

Указанная совокупность существенных признаков обеспечивает решение

поставленной задачи таким образом, что при подаче отрицательного потенциала на катод происходит термоэлектронная эмиссия, генерируемые электроны попадают под действие электрического и магнитного поля, где электроны, летящие по траектории, подобной гипоциклоиде вращения, вызывают ударную ионизацию ионов дейтерия, содержащихся в вакуумном объеме источника ионов, получаемые ионы вытягиваются из объема источника ионов без зажигания самостоятельного разряда при помощи промежуточного электрода и мишени, к которой приложен высокий отрицательный потенциал, что приводит к их ускорению в мишень, содержащую дейтерий, и генерации потока нейтронов за счёт осуществления D-D реакции синтеза.

Предлагаемое устройство отличается тем, что используется мишень, к которой приложен высокий отрицательный потенциал, а в промежуточном электроде находится выводное отверстие, в котором фокусируется генерируемый поток ионов. Кроме того, высокий положительный потенциал, приложенный к корпусу источника ионов, способствует формированию закрученной траектории электродов на пути от катода до корпуса источника ионов. Тем самым обеспечивается стабильная генерация ионов без зажигания самостоятельного разряда при более низких значениях тока эмиссии электронов.

Преимущество предлагаемого устройства заключается в генерации постоянного потока быстрых нейтронов при осуществлении D-D реакции синтеза за счет экстракции ионов из источника ионов без зажигания самостоятельного разряда путем приложения высокого отрицательного потенциала к мишени и положительного потенциала к корпусу источника ионов.

Полезная модель поясняется чертежами.

Фиг. 1 - Общая схема устройства;

Фиг. 2 - Схема источника ионов в составе устройства;

Предлагаемое устройство состоит из корпуса 1, источника 2 ионов, промежуточного электрода 3, мишени 4, металлического фланца 5. Мишень 4 содержит углубление 6 и бортик 7.

Источник 2 ионов содержит корпус 8, постоянный магнит 9, катод 10, цокольный держатель катода 11, изолятор 12.

Корпус 1 выполнен из молибденового стекла С52-1 или другого изоляционного материала с высокой электрической прочностью не менее 25 МВ/м, в форме цилиндрической трубки. Стекланный корпус 1 спаян с модифицированным металлическим фланцем 5 стандарта KF-40 из нержавеющей немагнитной стали марки, например, AISI 304L или 03X18H11 для обеспечения вакуумплотного соединения. На внутренней части фланца 5 нарезана резьба, на которую вкручивается изолятор 12 из фторопласта-40 в форме кольца с внешней и внутренней резьбой. На внутреннюю резьбу изолятора 12 накручен источник 2 ионов. Корпус 8 источника ионов представляет собой полый цилиндр из немагнитного металлического материала, в котором закреплен за счет собственного магнетизма постоянный магнит 9. Корпус устройства выполнен с возможностью соединения с откачной системой для создания вакуума и последующего запуска дейтерия (на фигуре не показано). Катод 10 представляет собой вольфрамовую нить с двумя изолированными контактами в керамическом цоколе, который находится в резьбовом соединении с цокольным держателем 11, выполненным в форме цилиндрического стакана из немагнитного материала, например, дюралюминия. Цокольный держатель 11 катода 10 плотно размещён внутри изолятора 12.

Промежуточный электрод 3 расположен между корпусом 8 источника 2 ионов и мишенью 4 и представляет собой торец модифицированного фланца KF-40 с выходным

отверстием, в котором фокусируется генерируемый поток ионов. Мишень 4 представляет собой цилиндр из титана, содержащего дейтерий. Гладкая поверхность мишени 4 обращена в сторону промежуточного электрода 3 и выполнена со скругленными торцами для предотвращения электрического пробоя. С внешней стороны в мишени 4 выполнено углубление 6 с глухим резьбовым отверстием для крепления высоковольтного контакта с отрицательной полярностью. Корпус 1 и мишень 4 также спаяны между собой для получения вакуум-плотного соединения. Бортик 7 в торце мишени 4, выходящий наружу относительно корпуса 1, обеспечивает лучшее температурное распределение при пайке поверхностей стекла и металла.

Пример конкретного использования.

Предлагаемое устройство может быть выполнено следующим образом. Длина устройства 120 мм, диаметр 45 мм, в месте расширения вакуумного фланца 5 - диаметр 55 мм, толщина стенки корпуса 1 устройства составляет 2 мм. Мишень 4 представляет собой титановый цилиндр диаметром 41 мм и толщиной 15 мм. С внешней стороны в мишени 4 выполнено углубление 6 с глухим резьбовым отверстием М3 для контакта с внешним источником высокого напряжения отрицательной полярности. Корпус 8 источника ионов представляет собой полый цилиндр из немагнитного металлического материала, в котором закреплен за счет собственного магнетизма постоянный магнит 9, представляющий собой два неодимовых кольцевых магнита диаметром 20 мм и толщиной 3 мм каждый с отверстием диаметром 10 мм, в геометрическом центре которого расположен катод 10. Между мишенью 4 и промежуточным электродом 3 расстояние составляет 54 мм. Промежуточный электрод 3 расположен на расстоянии 30 мм от корпуса 8 источника ионов и имеет соосное с отверстиями в магните выходное отверстие диаметром 5 мм, через которое ионы ускоряются в мишень 4. Между катодом 10 и корпусом 8 источника ионов расстояние 5 мм, на котором внутри отверстий постоянного магнита 9 происходит закручивание электронов и ионизация молекул дейтерия. Питание катода 10 и подача положительного потенциала на корпус 8 источника 2 ионов осуществляется при помощи источника питания (на фигуре не показан).

Устройство работает следующим образом.

К торцу фланца 5 присоединяют двухступенчатую откачную вакуумную систему, обеспечивающую получение в объеме корпуса 1 низкого давления порядка 10^{-6} торр. После снижения давления, в рабочий объем устройства через фланец 5 производят напуск газообразного дейтерия до уровня 10^{-3} торр. После подачи напряжения 5В, тока 0,3 А на катод 10 начинается термоэлектронная эмиссия. Эмитирующие электроны попадают в электрическое поле, создаваемое положительным потенциалом + 500 В на корпусе 8 источника 2 ионов и в магнитное неоднородное поле, создаваемое постоянным магнитом 9, и летят по траектории, напоминающей гипоциклоиду вращения в направлении корпуса 8 источника 2 ионов. При столкновении электронов с молекулами дейтерия происходит ионизация молекул дейтерия. Полученные ионы дейтерия ускоряются в противоположную сторону от корпуса 8 источника ионов, к промежуточному электроду 3. Сформированное ионное облако дейтерия, при приближении к выходному отверстию промежуточного электрода 3, попадает в поле действия высокого отрицательного потенциала -30 кВ, приложенного к мишени 4. Ток ускоренных ионов порядка 1 мкА попадает в мишень 4, где при взаимодействии с уже имплантированным в мишень дейтерием, инициируется DD-реакция синтеза, приводящая к стабильной генерации быстрых нейтронов порядка 10^3 частиц в полный телесный

угол с энергией 2,45 МэВ.

Возможность регулирования генерации быстрых нейтронов в предлагаемом устройстве обеспечена тем, что изменение величины отрицательного потенциала на мишень приводит к соответствующему изменению интенсивности генерируемого потока быстрых нейтронов, что в показано в таблице 1

Таблица 1. Соотношение между величиной отрицательного потенциала на мишени и интенсивностью потока быстрых нейтронов

| Потенциал на мишени, кВ | Интенсивность, н/с в полный телесный угол |
|-------------------------|-------------------------------------------|
| 10 | $\approx 5 \times 10^0$ |
| 20 | $\approx 5 \times 10^2$ |
| 30 | $\approx 1 \times 10^3$ |
| 40 | $\approx 5 \times 10^4$ |

Таким образом, технический результат - вакууммируемый компактный DD-генератор быстрых нейтронов, обеспечивающий стабильную и регулируемую генерацию быстрых нейтронов, в результате реализации D-D реакции ядерного синтеза, без зажигания самостоятельного разряда, достигнут.

Предлагаемое устройство найдет применение для калибровки детекторов в низкофоновых экспериментах по поиску частиц с очень малым сечением взаимодействия, также устройство может использоваться для нейтроноактивационного анализа, в качестве лабораторного источника нейтронов в учебных лабораториях, создания наведенной радиоактивности в веществе.

(57) Формула полезной модели

Вакууммируемый компактный DD-генератор быстрых нейтронов, содержащий источник ионов с катодом, анодом, постоянным магнитом и направляющим выводом, отличающийся тем, что корпус генератора выполнен в форме цилиндрической трубки из изоляционного материала с высокой электрической прочностью, спаянной с фланцем из нержавеющей немагнитной стали, на внутренней части которого нарезана резьба, в которую вкручен корпус источника ионов, а размещенный внутри устройства между корпусом источника ионов и мишенью торец модифицированного фланца с выводным отверстием, в котором фокусируется генерируемый поток ионов, выполняет функцию промежуточного электрода; источник ионов представляет собой полый цилиндрический корпус, выполненный из немагнитного металлического материала с возможностью приложения к нему положительного потенциала и выполняющий функцию анода, в центре которого размещены катод и постоянный магнит, при этом корпус источника ионов дополнительно снабжен внутренней резьбой для соединения с изолятором из фторопласта-40 в форме кольца, катод представляет собой вольфрамовую нить с двумя изолированными контактами в керамическом цоколе, который находится в резьбовом соединении с цокольным держателем, выполненным в форме цилиндрического стакана из немагнитного материала и размещенным внутри указанного изолятора из фторопласта-40; постоянный магнит размещен внутри корпуса источника ионов и представляет собой полый цилиндр из магнитного материала, при этом катод расположен в геометрическом центре отверстий постоянного магнита, а корпус устройства выполнен с возможностью соединения с откачной системой для создания вакуума и последующего запуска дейтерия; мишень размещена на противоположном конце устройства напротив источника ионов и представляет собой титановый цилиндр с имплантированным в мишень дейтерием, с внешней стороны которого выполнено

углубление с глухим резьбовым отверстием для контакта с внешним источником
высокого напряжения отрицательной полярности.

5

10

15

20

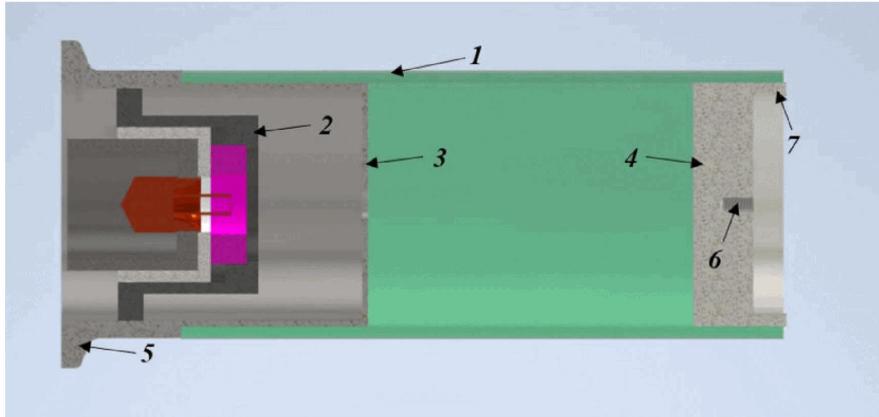
25

30

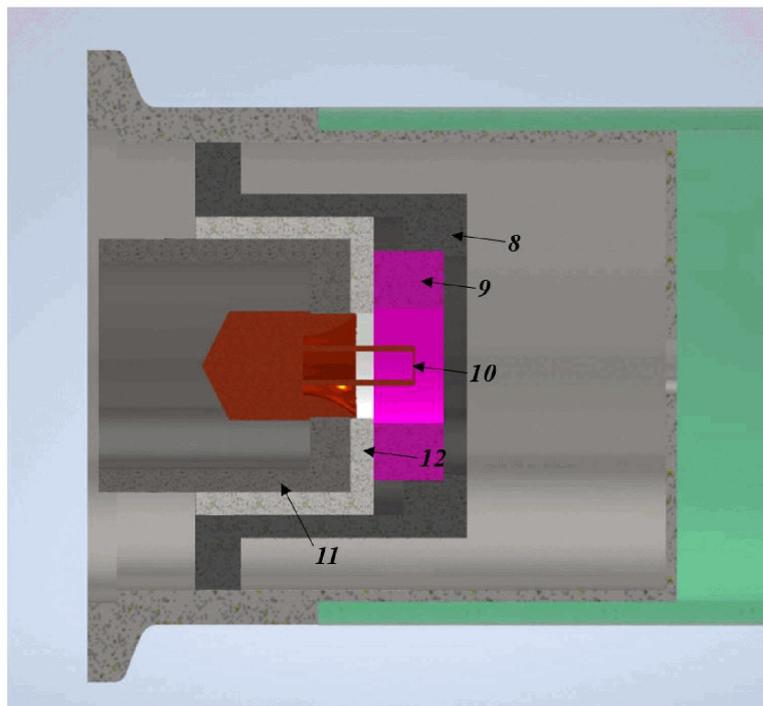
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2