

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046756**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.04.18

(51) Int. Cl. **H05H 1/48 (2006.01)**
H05G 2/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202190038

(22) Дата подачи заявки
2019.06.03

(54) **УСТРОЙСТВО ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФИЛАМЕНТИРОВАННОГО
ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО РАЗРЯДА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ
РЕНТГЕНОВСКОГО И КОРПУСКУЛЯРНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ, А ТАКЖЕ
ДЛЯ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА С УСТРОЙСТВОМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ
РЕНТГЕНОВСКОГО И КОРПУСКУЛЯРНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ, И СПОСОБ
ГЕНЕРИРОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО И КОРПУСКУЛЯРНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ**

(31) **10 2018 114 295.1**

(56) US-A1-2007201598
US-A1-2004071267
US-A1-2006273732
US-A1-2004135103

(32) **2018.06.14**

(33) **DE**

(43) **2021.02.05**

(86) **PCT/EP2019/064368**

(87) **WO 2019/238458 2019.12.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ПАУЛЬ ХЁСС КГ (DE)

(72) Изобретатель:
Хёсс Пауль (DE)

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Изобретение относится к устройству генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений посредством термоядерного синтеза, содержащему анод (14) и катод (12), которые отделены друг от друга изолятором (16) и расположены коаксиально друг другу, причем анод (14) и катод (12) расположены, по меньшей мере, частично в камере реактора, и катод (12) содержит несколько электродов (12); устройство предразряда для генерирования предразряда, который образует низкоомное замыкание через изолятор (16); газ, содержащийся в камере реактора; источник электрического предразряда, в частности с высоким внутренним сопротивлением, соединенный с устройством предразряда; и источник электрического разряда, электрически соединенный с закрытым анодом (14) и катодом (12), причем плотный, магнитно удерживаемый плазмод формируется перед анодом (14) в результате электрического разряда от источника электрического разряда, и испускаются один или несколько ионных лучей, один или несколько рентгеновских лучей или их комбинация.

046756
B1

046756
B1

Область техники

Изобретение относится к устройству генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений посредством термоядерного синтеза, к термоядерному реактору с устройством генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений и к способу генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений. В частности, изобретение относится к устройству генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений посредством ядерного синтеза с устройством генерирования заданного филаментированного предразряда, в частности тлеющего разряда, к термоядерному реактору с устройством генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений, содержащему устройство генерирования заданного филаментированного предразряда, и к способу генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений, а также заданного филаментированного предразряда, в частности тлеющего разряда.

Уровень техники

Не ограничивая объем, изобретение описано на основе термоядерных реакторов. Возрастающее потребление энергии и недостатки ископаемого топлива привели к поиску альтернативных источников энергии. Таким источником энергии является энергия ядерного синтеза термоядерных реакторов, которая является источником почти неограниченной энергии. Однако еще существуют научные и технические проблемы.

Термоядерный реактор содержит топливо для термоядерного синтеза, которое состоит из смеси дейтерия и трития или содержит ее, нагревается до очень высокой температуры и в течение определенного времени поддерживается в состоянии плазмы, что создается с использованием электроэнергии. Плазма содержит ионы, обладающие достаточной энергией для слияния. Для слияния ионы необходимо достаточно долго удерживать вместе, в результате чего может произойти ядерный синтез. Это может осуществляться, например, за счет магнитного удерживания. Продукты термоядерного реактора могут содержать элементы, например гелий, нейтроны и энергию. Высвобождающейся в большинстве ядерных процессов энергии намного больше, чем при химических реакциях, поскольку энергия связи, удерживающая ядро, намного больше энергии, связывающей электроны с ядром. В большинстве конструкций реакторов высвобождающаяся в результате реакции энергия собирается в виде тепловой энергии, а затем преобразуется в электроэнергию.

Уже разработаны несколько термоядерных устройств, включая токамак-реактор, z-пинч, сферический пинч, лазерный, ионный или электродный пучок и сферомак. Однако эти реакторы еще не достигли своей цели. Трудность заключается в том, что при нагреве плазмы возникают нестабильности, которые препятствуют магнитным полям захватывать на достаточно длительное время нагретый ионизированный газ, чтобы превысить точку нулевого энергетического баланса для производства энергии.

В качестве возможного решения проблемы нестабильности обсуждались "dense plasma focus" (DPF)-реакторы (с плотным плазменным фокусом). В этих реакторах используются естественные нестабильности плазмы, чтобы создать магнитное удержание в плотном плазмоиде, в противоположность подходу в других установках с подавлением нестабильностей.

Такие способ и устройство описаны в US 7482607 B2 и EP 1989714 B1 Lerner et al. Описанное в этих публикациях устройство содержит анод и определенное число катодов, которые отделены друг от друга изолятором и расположены коаксиально друг другу. Анод и катоды по меньшей мере частично расположены в реакторной камере. Анод и катоды расположены так, что они могут создавать вращающий момент на плазмоиде. Например, катоды могут иметь спиралеобразную закрутку, чтобы создавать вращающий момент на плазмоиде. В качестве альтернативы вокруг катодов может быть расположена спиральная катушка, чтобы создавать вращающий момент на плазмоиде и придавать ему точно определенный момент инерции. Вращающий момент должен создавать плотный, магнитно удерживаемый плазмоид в газонаполненной камере реактора, что, в свою очередь, приводит к генерированию рентгеновского и корпускулярного излучения.

Однако условия, при которых создается вращающий момент, в указанном устройстве определены неточно. Следовательно, неточно определены также начальные условия процесса генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений посредством термоядерного синтеза.

Ввиду изложенного существует потребность в устройстве и способе для генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений, которые привнесли бы усовершенствование по меньшей мере в некоторые из перечисленных проблемных областей.

Раскрытие сущности изобретения

Изобретение учитывает потребность в устройстве генерирования заданного, в частности филаментированного, предразряда или вспомогательного разряда для термоядерного реактора, в частности для устройства и способа генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений посредством термоядерного синтеза. Устройство для генерирования заданного, в частности филаментированного, предразряда может, в частности, подойти для создания определенных начальных условий, например в отношении момента инерции.

Согласно одному аспекту, предложено устройство генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений посредством термоядерного синтеза. Устройство содержит: анод и катод или определенное число катодов, которые отделены друг от друга изолятором и расположены коаксиально друг другу,

причем анод и катод(ы) расположены, по меньшей мере, частично в камере реактора; устройство предразряда для генерирования филаментированного предразряда, который образует низкоомное замыкание через изолятор; газ, содержащийся в камере реактора; источник электрического предразряда, в частности с высоким внутренним сопротивлением, соединенный с устройством предразряда; источник электрического разряда, электрически соединенный с анодом и катодом, причем плотный, магнитно удерживаемый плазмоид образуется перед анодом в результате электрического разряда от источника электрического разряда и испускаются один или несколько ионных лучей, один или несколько рентгеновских лучей или их комбинации.

Согласно одному аспекту, предложен термоядерный реактор с устройством генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений. Устройство содержит: анод и катод, которые отделены друг от друга изолятором и расположены коаксиально друг другу, причем анод и катод расположены, по меньшей мере, частично в камере реактора; устройство предразряда для генерирования филаментированного предразряда, который образует низкоомное замыкание через изолятор; газ, содержащийся в камере реактора; источник электрического предразряда, в частности с высоким внутренним сопротивлением, соединенный с устройством предразряда; источник электрического разряда, электрически соединенный с анодом и катодом, причем плотный, магнитно удерживаемый плазмоид образуется перед анодом в результате электрического разряда от источника электрического разряда и испускаются один или несколько ионных лучей, один или несколько рентгеновских лучей или их комбинации.

Согласно одному аспекту, предложен способ генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений. Способ включает в себя: генерирование филаментированного предразряда, который образует низкоомное замыкание через изолятор, посредством источника электрического предразряда; соединение анода и катода, которые отделены друг от друга изолятором и расположены коаксиально друг другу, посредством источника электрического разряда; образование слоя плазмы из газа с магнитным полем за счет разряда токового импульса через анод и катод; образование плазмоида перед анодом в результате магнитного поля; испускание из плазмоида одного или нескольких ионных лучей, одного или нескольких рентгеновских лучей или их комбинаций, причем испускание излучения происходит в результате ослабления магнитного поля плазмоида и столкновения электронов и ионов в плазмоиде.

Краткое описание чертежей

Изобретение поясняется ниже на примерах его осуществления, показанных на чертежах, из которых следуют другие преимущества и модификации.

На чертежах:

- фиг. 1А: схематичный вид сбоку устройства в соответствии с вариантами осуществления изобретения;
- фиг. 1В: схематичный вид сбоку устройства в соответствии с вариантами осуществления изобретения;
- фиг. 2: схематичный вид сбоку устройства в соответствии с вариантами осуществления изобретения;
- фиг. 3А: схематичный вид сверху устройства в соответствии с вариантами осуществления изобретения;
- фиг. 3В: схематичный вид сверху устройства в соответствии с вариантами осуществления изобретения;
- фиг. 4: схематичный вид сбоку устройства в соответствии с вариантами осуществления изобретения;
- фиг. 5: схематичный вид сбоку устройства в соответствии с вариантами осуществления изобретения;
- фиг. 6: блок-схема способа в соответствии с вариантами осуществления изобретения.

Подробное описание чертежей

В то время как ниже изобретение описано с помощью подробных вариантов его осуществления, следует признать, что в его основе лежит общая концепция, которая может применяться к широкому выбору специфических взаимосвязей. Используемая терминология и описанные варианты осуществления изобретения указаны лишь в качестве примера и для пояснения специальных вариантов реализации, однако, не ограничивая изобретение этими примерами. Например, признаки, описанные или изображенные как часть одного варианта осуществления, могут использоваться также в сочетании с другим вариантом осуществления, образуя дополнительный вариант осуществления. Предполагается, что настоящее изобретение включает в себя такие модификации и усовершенствования.

В последующем описании чертежей одинаковые или схожие ссылочные позиции обозначают одинаковые или схожие компоненты. В целом, описаны только отличия вариантов осуществления изобретения. Если это не указано иначе, описание части или аспекта одного варианта осуществления изобретения относится к соответствующей части или аспекту другого варианта осуществления изобретения.

На фиг. 1 изображено устройство 10 генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений посредством термоядерного синтеза. Устройство 10 может быть, например, устройством плазменного фокуса.

Устройство 10 может содержать первый 14 и/или второй 12 основные электроды. Первый основной электрод 14 может быть анодом 14 и/или второй основной электрод 12 - катодом 12. В качестве альтернативы первый основной электрод 14 может быть катодом 14 и/или второй основной электрод 12 - анодом 12. Выбор знака напряжения между первым 14 и вторым 12 основными электродами может придавать специфические преимущества. Например, второй основной электрод 12 может иметь большую поверхность и, таким образом, лучше отводить тепло. Ниже первый основной электрод 14 обозначен как анод 14, а второй основной электрод 12 - как катод 12. Это является, однако, лишь примером и не должно вос-

приниматься как ограничение. Так, заявка включает в себя также варианты, отличающиеся от описанных в ней вариантов осуществления изобретения тем, что первый основной электрод 14 является катодом 14, а второй основной электрод 12 - анодом 12.

Первый 14 и второй 12 основные электроды могут быть отделены друг от друга изолятором 16. Первый 14 и второй 12 основные электроды могут быть расположены коаксиально друг другу. Первый 14 и второй 12 основные электроды могут быть расположены, по меньшей мере, частично в камере реактора (не показана).

Катод 12 может быть выполнен в качестве альтернативы в виде полого цилиндра (см. фиг. 3В), поскольку, в частности, филаментирование разряда может осуществляться вспомогательными электродами.

Первый основной электрод 14 может быть анодом 14 и/или второй основной электрод 12 - катодом 12. В качестве альтернативы первый основной электрод 14 может быть катодом 14 и/или второй основной электрод 12 - анодом 12.

Согласно описанным вариантам осуществления второй основной электрод 12 может быть выполнен в виде полого цилиндра. В частности, второй основной электрод 12 может содержать немагнитный или лишь слабомагнитный материал. В качестве альтернативы или дополнительно второй основной электрод 12 может содержать несколько электродов.

Устройство 10 может быть устройством предразряда или устройством вспомогательного разряда для генерирования филаментированного предразряда или вспомогательного разряда. Филаментированный предразряд может образовать низкоомное, в частности филаментированное, замыкание через изолятор 16. В частности, предразряд может создать контролируемое проводящее соединение через изолятор, которое приводит к образованию филаментов. Поэтому, в течение предразряда ток может течь параллельно изолятору, в частности в определенных точках, между которыми могут образоваться филаменты. Филаменты могут образоваться, в частности, между каждыми двумя спаренными точками. Устройство 10 может содержать источник 200 предразряда или источник 200 вспомогательного разряда, в частности с высоким внутренним сопротивлением. Источник 200 предразряда может быть соединен с устройством предразряда.

Предразряд может быть генерирован по-разному. Например, предразряд может быть тлеющим разрядом, барьерным разрядом, микроволновой плазмой и/или ВЧ-(высокочастотной) плазмой. Тлеющий разряд может быть создан, например, устройством тлеющего разряда, как описано. Тлеющий разряд может быть создан, в частности, с небольшими затратами и простым образом. Например, тлеющий разряд может быть создан с менее чем 100 Вт и 2 кВ.

Барьерный разряд может быть создан, например, устройством барьерного разряда, в котором между по меньшей мере двумя электродами прикладывается переменное напряжение. При барьерном разряде в изоляторе 16 может быть расположен вспомогательный электрод так, чтобы он был герметично закрыт изолятором 16. В случае барьерного разряда источник барьерного разряда прикладывает переменное напряжение к изолированному таким образом вспомогательному электроду, в то время как источник тлеющего разряда прикладывает постоянное напряжение. За счет созданных таким образом токов смещения может быть сформирован барьерный разряд через изолятор 16 и/или в плазму может передаваться электрическая мощность.

Микроволновая плазма может быть образована, например, устройством микроволновой плазмы, соединенным с источником микроволновой плазмы. Для этого может использоваться, например, волновод и/или $\lambda/4$ -резонатор.

ВЧ-плазма может быть образована, например, устройством ВЧ-плазмы, соединенным с источником ВЧ-плазмы. ВЧ-плазма может генерироваться обычно при частоте 13,56 МГц. При этом возможен как емкостной, так и индуктивный ввод мощности.

Приведенные примеры позволяют генерировать плазму с низкой энергией и/или высокой проводимостью. Такая плазма может быть предпочтительной, в частности, для описанного предразряда.

Хотя ниже изобретение раскрыто в связи с тлеющим разрядом, общие принципы относятся также к другим видам предразряда и изобретение не должно быть ограничено примером тлеющего разряда, однако, тем не менее, с тлеющим разрядом связаны особые преимущества. Так, ниже "предразряд" называется также "тлеющим разрядом", а "устройство предразряда", "устройство тлеющего разряда" и "источник предразряда" называются "источником тлеющего разряда". Однако термины могут рассматриваться как аналогичные, если они не ведут к специфическому ограничению тлеющим разрядом.

Как показано на фиг. 1В, устройство предразряда или устройство тлеющего разряда может содержать первый вспомогательный электрод 214 и/или второй вспомогательный электрод 212. Первый вспомогательный электрод 214 и второй вспомогательный электрод 212 могут быть отделены изолятором 16. Первый 214 и второй 212 вспомогательные электроды могут быть расположены концентрично и аксиально параллельно друг другу вокруг анода 14. Первый 214 и второй 212 вспомогательные электроды могут быть расположены, по меньшей мере, частично в камере реактора. Первый вспомогательный электрод 214 может включать в себя несколько электродов 214 первого вспомогательного электрода. Второй вспомогательный электрод 212 может включать в себя несколько электродов 212 второго вспомогательного электрода. Электроды 212 второго вспомогательного электрода и электроды 214 первого вспомога-

тельного электрода могут быть расположены коаксиально. Кроме того, электрод 212 из указанных нескольких электродов второго вспомогательного электрода 212 может быть расположен аксиально параллельно с соответствующим электродом 214 из указанных нескольких электродов первого вспомогательного электрода 214. Электроды 214 первого вспомогательного электрода и электроды 212 второго вспомогательного электрода могут быть конфигурированы для создания тлеющего разряда между электродами 214 первого вспомогательного электрода и электродами 212 второго вспомогательного электрода.

Согласно описанным вариантам, число электродов 12 катода может соответствовать числу электродов 214 первого вспомогательного электрода и/или числу электродов 212 второго вспомогательного электрода.

Согласно описанным вариантам, первый вспомогательный электрод 214 может быть вспомогательным анодом 214 и/или второй вспомогательный электрод 212 может быть вспомогательным катодом 212 (как показано на фиг. 1B). В качестве альтернативы первый вспомогательный электрод 214 может быть вспомогательным катодом 214 и/или второй вспомогательный электрод 212 может быть вспомогательным анодом 212.

Устройство 10 может содержать газ в камере реактора.

Устройство 10 может содержать источник 200 электрического предразряда или источник 200 тлеющего разряда. Источник 200 электрического тлеющего разряда может иметь высокое внутреннее сопротивление. Источник 200 электрического тлеющего разряда может быть электрически соединен с вспомогательным анодом 214 и вспомогательным катодом 212. Тлеющий разряд между вспомогательным анодом 214 и вспомогательным катодом 212 возникает в результате электрического предразряда от источника электрического тлеющего разряда.

Устройство 10 может содержать источник 15 электрического разряда. Источник 15 электрического разряда может быть электрически соединен с анодом 14 и катодом 12. Плотный, магнитно удерживаемый плазмоид может быть сформирован перед анодом 14 в результате электрического разряда с помощью источника 15 электрического разряда, и в результате испускается один или несколько ионных лучей, или один или несколько рентгеновских лучей, или их комбинация.

В частности, устройство 10 может содержать устройство 10 плазменного фокуса, как оно описано в US 7482607 B2 и EP 1989714 B1, содержание которых в полном объеме включено в эту заявку, которое, однако, дополнено устройством генерирования заданного тлеющего разряда. Устройство генерирования заданного тлеющего разряда может содержать первый 214, второй 212 вспомогательные электроды и/или источник 200 электрического предразряда.

Тлеющий разряд может быть создан в виде стационарного тлеющего разряда. В связи с данным раскрытием изобретения под "стационарным тлеющим разрядом" можно понимать тлеющий разряд, момент инерции которого равен (точно) нулю. За счет этого в начале основного разряда тока большой силы посредством источника электрического разряда уже может иметь место сильно ионизированный предразряд. Благодаря этому можно предотвратить эродирование анода высокоэнергетическими неконтролируемыми электронами, которые образовывались бы без тлеющего разряда, и в результате вносили бы в плазму загрязнения с вытекающим из этого сильным охлаждением излучения. На практике варианты выполнения изобретения могут стабилизировать плазмоид.

Тлеющий разряд может быть создан таким образом, что он содержит несколько отдельных разрядов и/или состоит из них. Несколько отдельных разрядов могут быть соединены параллельно друг другу. Число отдельных разрядов может быть идентично числу электродов 12 вспомогательного катода. Основной разряд может формироваться позднее, спустя промежуток от нескольких пикосекунд до миллисекунд. Параллельно соединенные отдельные тлеющие разряды могут уменьшить общую индуктивность обратно пропорционально их числу и обеспечить, тем самым, более быстрое возрастание тока основного разряда.

Как видно на фиг. 1B, устройство 10 может иметь конструкцию с электродами, помещенными один в другой. В частности, катод 12 может быть расположен вокруг анода 14. Вокруг анода 14 может быть расположен первый вспомогательный электрод 214. Второй вспомогательный электрод 212 может быть расположен вокруг первого вспомогательного электрода 214. Катод 12 может быть расположен вокруг второго вспомогательного электрода 212. В частности, анод 14, катод 12, первый 214 и/или второй 212 вспомогательные электроды могут быть расположены коаксиально и/или концентрично и аксиально параллельно друг другу.

Катод 12 может содержать, например, несколько электродов 12 или выполнен в виде полого цилиндра. Катодные электроды 12 могут быть в виде равномерно распределенных стержней. Анод 14 может быть выполнен в виде полого цилиндра. Изолятор 16 может окружать анод 14, в частности основание анода 14. Например, устройство 10 может содержать помещенные один в другой бериллиевые электроды. Катод 12, анод 14, второй вспомогательный электрод 212 и/или первый вспомогательный электрод 214 могут быть заключены в камеру реактора, которая может быть вакуумной камерой, с газом (например, борозтаном) под низким давлением, который заполняет пространство между ними, чтобы обеспечить, в частности, топливо для реакции.

Анод 14 может быть соединен с катодом 12 через один или несколько блоков 18 конденсаторов и

один или несколько выключателей 20. Указанные один или несколько блоков 18 конденсаторов и один или несколько выключателей 20 могут образовать источник 15 электрического разряда и/или быть его частью. Первый вспомогательный электрод 214 может быть соединен со вторым вспомогательным электродом 212 через один или несколько блоков 218 вспомогательных конденсаторов или источников 218 постоянного тока и один или несколько вспомогательных выключателей 220. Вспомогательный выключатель 220 может быть выключателем малой мощности. Указанные один или несколько блоков 218 вспомогательных конденсаторов и один или несколько вспомогательных выключателей 220 могут образовать источник 200 электрического предразряда или источник 200 тлеющего разряда и/или быть их частью. Источник 200 электрического предразряда или источник 200 тлеющего разряда может быть реализован также индуктивно с помощью трансформатора зажигания.

Согласно описанным вариантам, источник электрического тлеющего разряда может быть конфигурирован для формирования электрического предразряда, равного или больше 0,5 кВ, в частности равного или больше 1 кВ, предпочтительно, равного или больше 2 кВ. В частности, напряжение электрического предразряда может зависеть от давления в камере реактора. Если давление в камере реактора сравнительно высокое, электрический предразряд может быть сравнительно высоким и/или наоборот. Источник электрического тлеющего разряда может содержать один или несколько внутренних или добавочных резисторов. В частности, источник электрического тлеющего разряда может содержать несколько добавочных резисторов. Число добавочных резисторов может соответствовать числу электродов первого вспомогательного электрода 214. Добавочные резисторы могут быть соединены с общим источником напряжения. Источник напряжения может выдавать ток в несколько мА, в частности больший или равный 0,8 мА, и/или меньше или равный 3 мА, на каждый добавочный резистор и/или на каждый электрод первого вспомогательного электрода 214. Добавочные резисторы могут иметь, например, каждое сопротивление 500 кОм или более. Тлеющий разряд может длиться от нескольких миллисекунд до секунд перед основным разрядом.

Источник электрического тлеющего разряда может содержать также диод 222. Диод 222 может быть расположен между одним или несколькими выключателями 220 и одним или несколькими блоками 218 вспомогательных конденсаторов или источниками постоянного тока. В частности, может быть предусмотрен только один выключатель 220 для включения одного или нескольких блоков 218 вспомогательных конденсаторов. Также может вообще отсутствовать выключатель 220, функцию которого может выполнять диод 222. Согласно одному варианту, блок конденсаторов, как и один или несколько блоков 218 вспомогательных конденсаторов, может быть источником постоянного тока. Диод 222 может быть высоковольтным диодом низкой мощности. Диод 222 может быть соответственно расположен в зависимости от того, какой вспомогательный электрод 212, 214 выполнен в качестве вспомогательного анода и вспомогательного катода соответственно. Таким образом, на практике варианты могут быть реализованы небольшими, компактными и недорогими.

Согласно описанным вариантам, источник электрического тлеющего разряда может быть конфигурирован для формирования тлеющего разряда между первым вспомогательным электродом 214 и вторым 212 вспомогательным электродом. В частности, источник электрического тлеющего разряда может быть конфигурирован для формирования тлеющего разряда только между первым 214 вспомогательным электродом и вторым 212 вспомогательным электродом.

Согласно описанным вариантам, катод 12 может содержать проводящую круглую шайбу. На шайбе могут быть закреплены несколько электродов 12 катода. В частности, проводящая шайба может простираться к аноду 14. Например, проводящая шайба может иметь выемку, в которой расположен анод 14 и/или изолятор 16. В частности, изолятор 16 может быть расположен между проводящей шайбой катода 12 и анодом 14.

Согласно описанным вариантам, катод 12 и вспомогательный катод (т.е. вспомогательный электрод 212, 214, конфигурированный в качестве вспомогательного катода) могут быть электрически соединены между собой. Например, электроды вспомогательного катода (т.е. электроды 212, 214, составляющие вспомогательный электрод, конфигурированные в качестве электродов вспомогательного катода) могут быть закреплены на и/или в катоде 12. В частности, несколько электродов вспомогательного катода могут быть равномерно распределенными стержнями, закрепленными в катоде 12. Если катод 12 и вспомогательный катод электрически соединены, то источник электрического тлеющего разряда может быть соединен с катодом 12.

Электроды 212 второго вспомогательного электрода могут иметь первый 212a и второй 212b концы. Первый конец 212a может быть соединен с источником электрического предразряда, потенциалом земли и/или катодом 12. Второй конец 212b может быть обращен от первого конца 212a. Электроды 214 первого вспомогательного электрода могут иметь первый 214a и второй 214b концы. Первый конец 214a может быть соединен с источником электрического предразряда. Второй конец 214b может быть обращен от первого конца 214a.

Согласно описанным вариантам, расстояние между вторым концом 214b электродов 214 первого вспомогательного электрода и вторым концом 212b электродов 212 второго вспомогательного электрода может быть меньше расстояния между вторым концом 214b электродов 214 первого вспомогательного

электрода и катодом 12, в частности ближайшей точкой катода 12. Этим можно обеспечить, чтобы тлеющий разряд образовался между первым вспомогательным электродом 214 и вторым 212 вспомогательным электродом и, в частности, не между первым вспомогательным электродом 214 и катодом 12.

Второй конец 214b электродов 214 первого вспомогательного электрода и второй конец 212b электродов 212 второго вспомогательного электрода могут быть расположены параллельно и концентрично вдоль оси анода 14, на разной высоте от оси анода. Например, второй конец 214b электродов 214 первого вспомогательного электрода может быть удален от проводящей шайбы катода 12 дальше второго конца 212b электродов 212 второго вспомогательного электрода. За счет такой висящей компоновки можно создать горячий, легче ионизируемый столб газа.

Как показано на фиг. 2, устройство 10 может содержать катушку 22. Катушка 22 может быть спиральной катушкой 22. Она может быть расположена вокруг анода 14, катода 12, первого вспомогательного электрода 214 и/или второго вспомогательного электрода 212. Катушка 22 может создавать магнитное поле, которое может придавать плазмиду вращающий момент и, тем самым, момент инерции. Катушка 22 может быть соединена с выключателем 26. Также может быть предусмотрен источник 24 напряжения. Он может быть отделен от источника электрического тлеющего разряда и/или от источника электрического разряда. За счет этого катушка может функционировать независимо от источника электрического тлеющего разряда и/или от источника электрического разряда. В качестве альтернативы может использоваться также общий источник напряжения. Положение катушки 22 и число ее витков могут зависеть от конкретного применения.

На фиг. 3А на виде сверху показано расположение анода 14, катода 12, первого вспомогательного электрода 214, второго вспомогательного электрода 212 и изолятора 16.

На фиг. 3В на виде сверху показано расположение анода 14, катода 12, первого вспомогательного электрода 214, второго вспомогательного электрода 212 и изолятора 16. При этом катод 12 выполнен в виде полого цилиндра.

Согласно описанным вариантам, электроды 214 первого вспомогательного электрода могут проходить в изоляторе 16. Согласно описанным вариантам, изолятор 16 может, следовательно, по меньшей мере, частично охватывать электроды 214 первого вспомогательного электрода. В частности, электроды 214 второго вспомогательного электрода могут быть выполнены в виде тонких проводников, проходящих в изоляторе 16. Кроме того, электроды 214 второго вспомогательного электрода могут проходить аксиально параллельно и симметрично в изоляторе 16. Вторые концы 214b или концы электродов 214 первого вспомогательного электрода со стороны анода могут выступать из изолятора 16. Вторые концы 214b электродов 214 первого вспомогательного электрода могут, следовательно, выступать из изолятора 16.

Вторые вспомогательные электроды 212 могут быть выполнены в виде выступающих штифтов проводящей шайбы катода 12. За счет подходящего выбора материала второго вспомогательного электрода 212 можно оптимизировать стабильность тлеющего разряда.

Как показано на фиг. 3А и 3В, каждый электрод 214 первого вспомогательного электрода, электрод 212 второго вспомогательного электрода и/или электрод 12 катода могут быть расположены на одной радиальной линии, исходящей из центра анода 14. В частности, вдоль радиальной линии расстояние между электродом 214 первого вспомогательного электрода и электродом 212 второго вспомогательного электрода может быть меньше расстояния между электродом 214 первого вспомогательного электрода и электродом 12 катода. Число электродов 214 первого вспомогательного электрода, электродов 212 второго вспомогательного электрода и/или электродов 12 катода может соответствовать друг другу.

Как показано на фиг. 4, катод 12, в частности электроды 12 катода, могут быть наклонены или опрокинуты. Степень наклона может зависеть от предполагаемого применения. Например, катод 12, в частности электроды 12 катода, могут быть наклонены на угол, равный или больше $0,05^\circ$ и/или равный или меньше 10° , например $0,3^\circ$. Наклон может быть тангенциальным по отношению к оси анода 14. В результате наклона катода 12 к плазмиду прикладывается вращающий момент, который, соответственно, создает заданный момент инерции.

Кроме того, первый конец 212a второго вспомогательного электрода 212, в частности первые концы 212a электродов 212 второго вспомогательного электрода, выровнены по одной линии с первым концом 214a первого вспомогательного электрода 214, в частности с первыми концами 214a электродов 214 первого вспомогательного электрода. Это может быть предпочтительным, в частности, тогда, когда катод 12, в частности электроды 12 катода, наклонены или опрокинуты.

На фиг. 5 в качестве примера показано устройство 10 с наклонным катодом 12 и катушкой 22. Эта комбинация имеет то преимущество, что позволяет прикладывать переменный вращающий момент к плазмиду. Катушка 22 может быть, следовательно, конфигурирована для приложения к плазмиду переменного вращающего момента, в частности, для сообщения плазмиду переменного момента инерции в конце ускорения.

Описанные варианты представляют термоядерный реактор. Он может содержать по меньшей мере одно устройство 10 генерации рентгеновского и корпускулярного излучений. Термоядерный реактор может содержать по меньшей мере одно устройство регенерации энергии, которое может получать энергию, содержащуюся в рентгеновском и/или корпускулярном излучении. Устройство регенерации энергии

может преобразовывать энергию, содержащуюся в рентгеновском и/или корпускулярном излучении, в электроэнергию. Содержащаяся в рентгеновском излучении энергия может быть преобразована в электроэнергию, например, с использованием фотоэлектрического эффекта. Кроме того, с использованием трансформатора может быть преобразована энергия, содержащаяся в корпускулярном излучении (см. Lerner et al., фиг. 11). Корпускулярное излучение может быть импульсным током, который может представлять собой, следовательно, первичную обмотку трансформатора.

На фиг. 6 показан способ 300 генерирования рентгеновского и корпускулярного излучений. Способ может содержать один или несколько блоков 310-360. Согласно блоку 310, посредством источника электрического предразряда может быть создан филаментированный предразряд, который образует низкоомное замыкание через изолятор 16. Например, первый 214 вспомогательный электрод и второй 212 вспомогательный электрод, которые отделены друг от друга изолятором 16 и расположены коаксиально друг другу, могут быть соединены посредством источника электрического предразряда. Согласно необязательному блоку 320, предразряд между первым 214 вспомогательным электродом и вторым 212 вспомогательным электродом может быть генерирован путем предразряда предразрядного тока через первый 214 вспомогательный электрод и второй 212 вспомогательный электрод. В частности, предразряд может быть генерирован с использованием источника электрического предразряда. Согласно блоку 330, анод 14 и катод 12, которые отделены друг от друга изолятором 16 и расположены коаксиально друг другу, могут быть соединены посредством источника электрического разряда. Согласно блоку 340, с помощью разряда токового импульса через анод 14 и катод 12 может быть образован слой плазмы из газа с магнитным полем. В частности, разряд или основной разряд тока может быть создан с использованием источника электрического разряда. Например, разряд может происходить в течение 1 мкс или более после предразряда. Согласно блоку 350, в результате действия магнитного поля может быть образован плазмод перед анодом 14. Согласно блоку 360, из плазмоида могут испускаться один или более корпускулярных лучей, один или более рентгеновских лучей или их комбинации. В частности, испускание может происходить в результате ослабления магнитного поля плазмоида и столкновения электронов и ионов в плазмоеиде.

Несмотря на то, что вышеизложенное ссылается на варианты осуществления изобретения, другие и дополнительные варианты осуществления изобретения могут быть выведены, не выходя за рамки объема испрашиваемой правовой охраны изобретения. Предполагается, что изобретение включает в себя такие модификации и усовершенствования. Объем правовой охраны определяется прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство (10) для формирования плазмы, генерирующей рентгеновское излучение, содержащее

анод (14) и катод (12), расположенный снаружи анода (14), при этом анод (14) и катод (12) отделены друг от друга изолятором (16) и расположены коаксиально друг другу, причем анод (14) и катод (12) расположены, по меньшей мере, частично в камере реактора;

газ, содержащийся в камере реактора; и

источник электрического разряда, электрически соединенный с анодом (14) и катодом (12), причем в результате электрического разряда образуется плотный, магнитно удерживаемый плазмод около анода (14), генерирующий рентгеновское излучение,

отличающееся тем, что также содержит

устройство предразряда и

источник электрического предразряда, соединенный с устройством предразряда;

при этом устройство предразряда содержит несколько первых вспомогательных электродов (214) и несколько вторых вспомогательных электродов (212), причем первые вспомогательные электроды отделены от вторых вспомогательных электродов изолятором (16) и оси электродов параллельны, первые вспомогательные электроды (214) и вторые вспомогательные электроды (212) частично расположены в камере реактора,

причем указанные первые вспомогательные электроды (214) проходят внутри изолятора (16), отделены один от другого и расположены коаксиально аноду (14),

вторые вспомогательные электроды (212) расположены между изолятором (16) и катодом (12),

при этом первые вспомогательные электроды (214) и вторые вспомогательные электроды (212) выполнены с возможностью образования предразряда между указанными первыми вспомогательными электродами (214) и вторыми вспомогательными электродами (212).

2. Устройство по п.1, в котором первые вспомогательные электроды (214) и вторые вспомогательные электроды (212) выполнены с возможностью образования тлеющего разряда между первыми вспомогательными электродами (214) и вторыми вспомогательными электродами (212), и/или

источник электрического предразряда электрически соединен с первыми вспомогательными электродами (214) и вторыми вспомогательными электродами (212),

причем предразряд, в частности тлеющий разряд, генерируется между первыми вспомогательными электродами (214) и вторыми вспомогательными электродами (212) в результате электрического предразряда от указанного источника электрического предразряда.

3. Устройство по п.1, в котором первые вспомогательные электроды (214) образуют вспомогательный анод (214), а вторые вспомогательные электроды (212) образуют вспомогательный катод (212), или первые вспомогательные электроды (214) образуют вспомогательный катод (214), а вторые вспомогательные электроды (212) образуют вспомогательный анод (212).

4. Устройство по любому из пп.1-3, в котором катод (12) содержит несколько электродов (12) катода.

5. Устройство по п.4, в котором катод (12) содержит проводящую круглую шайбу и указанные несколько электродов (12) катода установлены на шайбе.

6. Устройство по п.2 или 4, в котором число электродов (12) катода соответствует числу первых вспомогательных электродов (214) и/или числу вторых вспомогательных электродов (212).

7. Устройство по любому из пп.3-6, в котором катод (12) и вспомогательный катод (212) электрически соединены, в частности короткозамкнуты.

8. Устройство по любому из пп.2-7, в котором изолятор (16), по меньшей мере, частично охватывает первые вспомогательные электроды (214), в частности, при этом первые вспомогательные электроды (214), проходящие внутри изолятора (16), отделены один от другого и/или расположены коаксиально аноду (14).

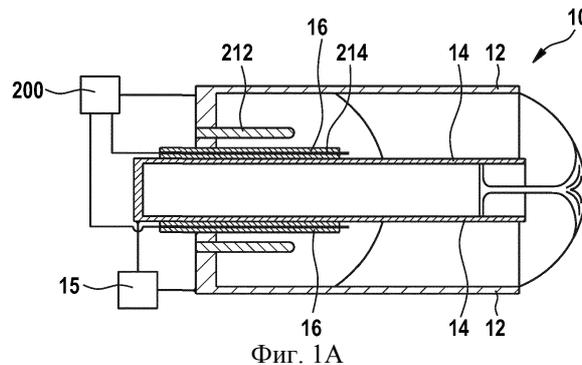
9. Устройство по любому из пп.2-8, в котором источник электрического предразряда выполнен с возможностью генерировать электрический предразряд, равный или больше 0,5 кВ, в частности равный или больше 1 кВ, предпочтительно равный или больше 2 кВ, с помощью нескольких добавочных резисторов.

10. Способ формирования плазмы, генерирующей рентгеновское излучение, с использованием устройства по любому из пп.1-9, характеризующийся тем, что

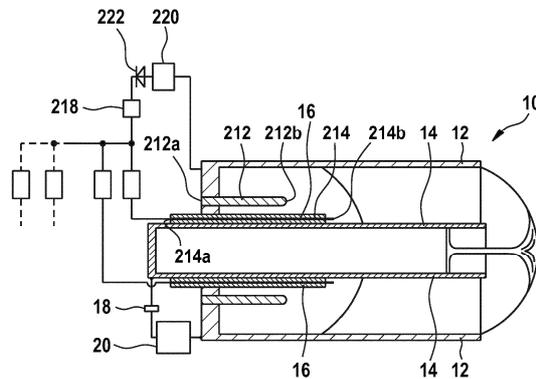
генерируют предразряд через изолятор (16), посредством указанного источника электрического предразряда;

затем через временной интервал, составляющий от миллисекунд до секунд, посредством указанного источника электрического разряда соединяют анод (14) и катод (12), отделенные друг от друга изолятором (16) и расположенные коаксиально друг другу, для протекания между ними импульсного электрического разряда, приводящего к образованию около анода плотного, магнитно удерживаемого плазмоида, генерирующего рентгеновское излучение.

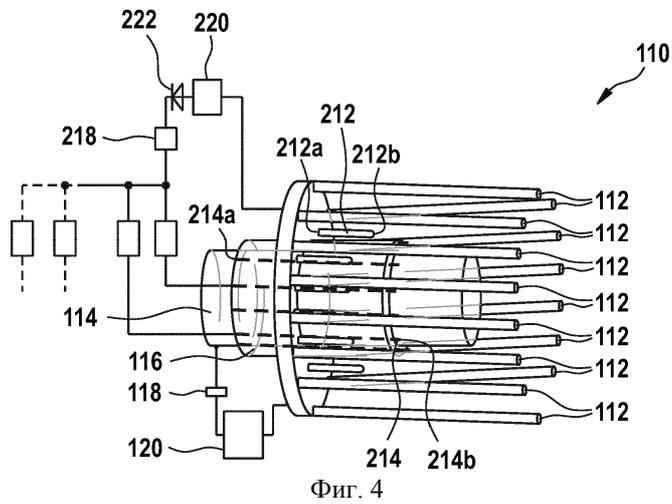
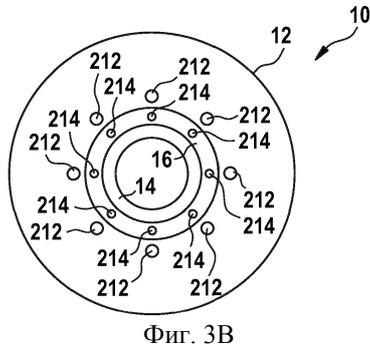
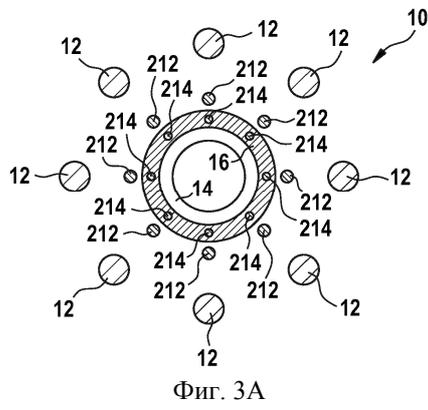
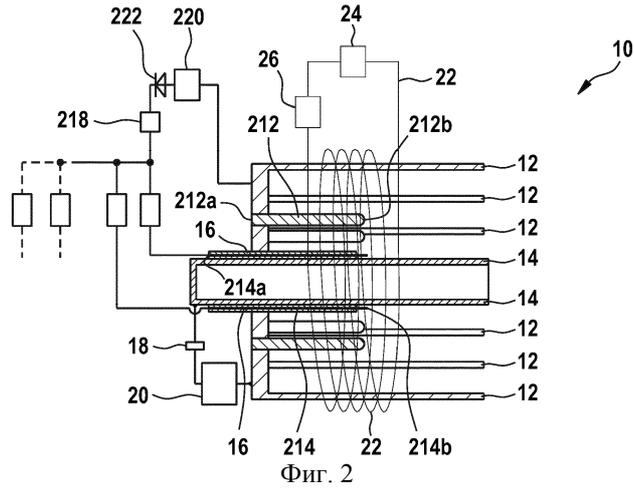
11. Способ по п.10, в котором указанный электрический разряд происходит в течение 1 мкс или более после предразряда.

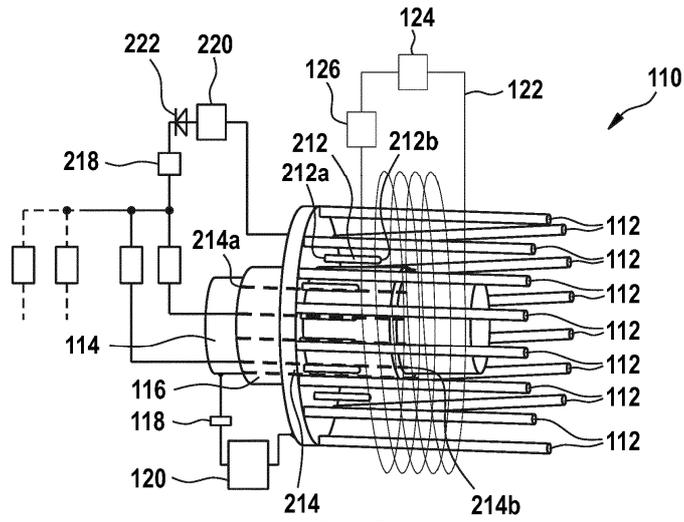


Фиг. 1А

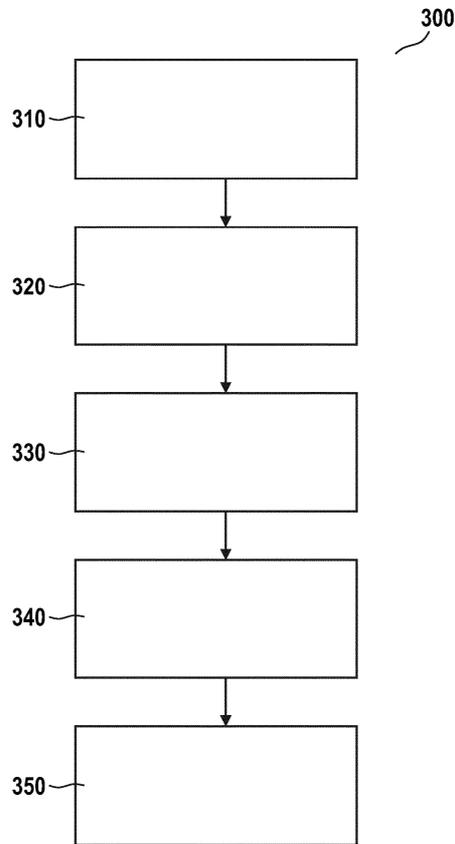


Фиг. 1В





Фиг. 5



Фиг. 6



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2