



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H05G 1/00 (2020.02)*

(21)(22) Заявка: 2020116698, 21.05.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.05.2020

Дата регистрации:  
17.08.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.05.2020

(45) Опубликовано: 17.08.2020 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

308015, Белгородская обл., г. Белгород, ул.  
Победы, 85, НИУ "БелГУ" ОИС Цуриковой  
Н.Д.

(72) Автор(ы):

Кубанкин Александр Сергеевич (RU),  
Ивашук Олег Орестович (RU),  
Щагин Александр Васильевич (UA),  
Каплий Анна Андреевна (UA),  
Вохмянина Кристина Анатольевна (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: RU2480159 C1, 27.04.2013. US9883576  
B2, 30.01.2018. WO2013072828 A1, 23.05.2013.  
CN100423165 C, 01.10.2008.

(54) Импульсный пьезоэлектрический ускоритель

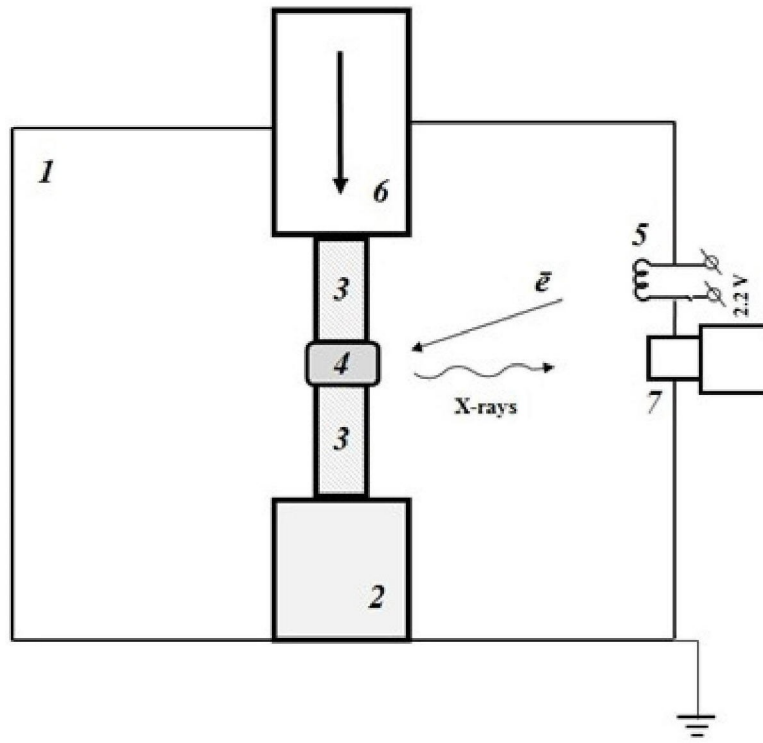
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области рентгеновской техники и может быть использована для генерации рентгеновского излучения и ускорения заряженных частиц до энергий порядка 100 кэВ миниатюрным источником, применяемого в рентгенографии и рентгеноскопии, рентгенотерапии, рентгеновской дефектоскопии, рентгеноструктурном и рентгенофлуоресцентном анализе. Устройство содержит расположенные в вакуумной камере два пьезоэлемента, высоковольтный электрод и актюатор. Устройство выполнено с возможностью осуществления механического воздействия одним актюатором на установленные на подложке пьезоэлементы, с расположенным между ними высоковольтным электродом. Кроме

того, устройство дополнительно включает нить накала, генерирующую рентгеновское излучение высокой интенсивности и импульсной мощности за короткий промежуток времени, а также включает полупроводниковый детектор, регистрирующий рентгеновское излучение. Предлагаемое устройство может использоваться в рентгеновской спектроскопии – выявление процентного содержания примесных элементов в химическом составе продукции нефтегазодобывающих компаний. Также устройство найдет применение в рентгенографии - получение снимков костной ткани при локальном облучении поврежденного места, что увеличивает радиационную безопасность.

RU 199119 U1

RU 199119 U1



Фиг. 1

Полезная модель относится к области рентгеновской техники и может быть использована для генерации рентгеновского излучения и ускорения заряженных частиц до энергий порядка 100 кэВ миниатюрным источником, применяемого в рентгенографии и рентгеноскопии, рентгенотерапии, рентгеновской дефектоскопии,  
 5 рентгеноструктурном и рентгенофлуоресцентном анализе.

Наиболее распространённый и традиционный способ генерации рентгеновского излучения – это рентгеновские трубки, с применением внешнего источника высокого напряжения между анодом и катодом, который эмитирует электроны. Электроны, в свою очередь, под действием разницы потенциалов между катодом и анодом ускоряются  
 10 на анод и при торможении в нем производят рентгеновское излучение. Одним из первых подобных устройств, работа которых основана на таком принципе, является «Рентгеновская трубка» (US № 1946312 А, публ. 06.02.1934 г.).

В дальнейшем, схема генерации рентгеновского излучения неоднократно модернизировалась, но основной принцип действия сохранялся. Например,  
 15 использовались импульсные рентгеновские трубки для генерации импульсного рентгеновского излучения (US № 6687333 В2, публ. 25.01.1999 г.). В таких трубках осуществлялась импульсная модуляция пучка электронов путем изменения режима питания катодного узла.

Общими недостатками таких традиционных устройств являются большие  
 20 энергозатраты, связанные, прежде всего, с необходимостью применения внешнего источника высоковольтного питания и степенью опасности при его эксплуатации.

Другой известный способ генерации рентгеновского излучения (Pyroelectric X-ray generator, James D. Brownridge, Nature, volume 358, pages287–288, 1992), основан на применении пироэлектрического эффекта в пироэлектрических кристаллах. Этот эффект  
 25 заключается в том, что при изменении температуры пироэлектрического кристалла, на поверхности кристалла генерируется высокий потенциал, знак которого зависит от направления изменения температуры и используется для ускорения электронов в вакууме к мишени или к кристаллу и дальнейшей генерации рентгеновского излучения при  
 30 торможении электронов в веществе. На таком принципе работы основано известное устройство (US № 3840748 А, публ. 08.10.1974 г.).

Недостатком этого способа, основанного на пироэлектрическом эффекте, является отсутствие возможности управления процессом генерации рентгеновского излучения в пироэлектрических кристаллах при изменении их температуры. Это связано с  
 35 отсутствием элементов управления током электронов, ускоряемых в пироэлектрическом ускорителе.

Наиболее близким к предлагаемому устройству является «Генератор рентгеновского излучения при деформации пьезоэлектрика в вакууме» (RU № 176453 U1, публ. 19.01.2018 г.), который содержит два пьезоэлемента, соединенные между собой через  
 40 катод в виде высоковольтного электрода, анод, выполненный в виде двух заземленных электродов, и два актюатора, которые заземлены и не изолированы от высоковольтного электрода, кроме того, пьезоэлементы, высоковольтный и заземленный электроды находятся в вакууме, а актюаторы расположены вне вакуума.

Недостатками этого устройства являются неравномерное распределение механической нагрузки на пьезоэлементы и, как следствие, нестабильный процесс генерации  
 45 рентгеновского излучения, а также достижение максимальных значений интенсивности и импульсной мощности рентгеновского излучения в течение длительного времени.

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое техническое решение, является создание устройства, позволяющего преобразовывать механическую энергию в энергию

рентгеновского излучения при сжатии пьезоэлементов в вакууме, а также обладающего возможностью достигать максимальных значений импульсной мощности и интенсивности излучения за короткий промежуток времени.

5 Поставленная задача решается с помощью предлагаемого устройства – импульсного пьезоэлектрического ускорителя, который содержит расположенные в вакуумной камере два пьезоэлемента, высоковольтный электрод и актюатор, причем, устройство выполнено с возможностью осуществления механического воздействия одним  
10 актюатором на установленные на подложке пьезоэлементы, с расположенным между ними высоковольтным электродом. Также, устройство дополнительно включает нить накала, обеспечивающую генерацию рентгеновского излучения высокой интенсивности и импульсной мощности за короткий промежуток времени, и полупроводниковый детектор, регистрирующий рентгеновское излучение.

Технический результат заключается в генерации рентгеновского излучения высокой интенсивности и импульсной мощности за короткий промежуток времени, за счет  
15 использования дополнительного импульсного источника электронов.

Предлагаемое устройство отличается от прототипа (RU № 176453 U1, публ. 19.01.2018 г.) тем, что оно дополнительно содержит управляемый импульсный источник электронов – нить накала, что позволяет генерировать рентгеновское излучение высокой  
20 интенсивности и импульсной мощности за короткий промежуток времени при сжатии пьезоэлементов в вакууме.

Первое преимущество предлагаемой полезной модели заключается в возможности стабильной генерации рентгеновского излучения с высокой интенсивностью и импульсной мощностью за короткий промежуток времени, вследствие внедрения в  
25 конструкцию разрабатываемого устройства дополнительного импульсного источника электронов – нити накала, позволяющей достигать максимальных значений интенсивности рентгеновского излучения. Второе преимущество состоит в возможности управления скоростью изменения механической нагрузки на пьезоэлементы, так как в конструкции устройства присутствует один актюатор, позволяющий контролировать механическую нагрузку.

30 Полезная модель поясняется чертежом.

Фиг. 1 – функциональная схема устройства.

Устройство состоит из вакуумной камеры 1, подложки 2, двух пьезоэлементов 3, высоковольтного электрода 4, нити накала 5, актюатора 6 и полупроводникового детектора 7.

35 Вакуумная камера 1 с фланцами, корпус которой заземлен, представляет собой ограниченный объём, в котором создаётся давление не более 1 мТорр. Подложка 2 выполнена из нержавеющей стали в виде цилиндра. Пьезоэлементы 3 (пьезоэлектрическая керамика) выполнены в виде цилиндров и параллельно соединены между собой через высоковольтный электрод 4 произвольной формы, изготовленный  
40 из проводящего материала. На одном из фланцев вакуумной камеры 1, установлена нить накала 5, один вывод которой заземлен, а на второй подается постоянное напряжение. Нить накала 5 является дополнительным источником электронов, которые эмитируют с ее поверхности под действием электрического поля, генерируемого пьезоэлементами 3 при воздействии на них актюатором 6. Актюатор 6 представляет собой металлический цилиндр, и обеспечивает контролируемую механическую нагрузку  
45 на пьезоэлементы 3 внутри вакуумной камеры 1. Для регистрации рентгеновского излучения используется полупроводниковый детектор 7, установленный на одном из фланцев вакуумной камеры 1 так, чтобы угол регистрации был максимальным.

В вакуумную камеру 1 на подложку 2 устанавливаются пьезоэлементы 3 с расположенным между ними высоковольтным электродом 4. На фланцы вакуумной камеры 1 устанавливаются: нить накала 5, актюатор 6 и полупроводниковый детектор 7. При этом работает устройство при давлении остаточного газа в вакуумной камере 1 порядка 0,1 мТорр. Пьезоэлементы 3 подвергаются сжатию, путем контролируемого механического воздействия на них актюатором 6, в результате чего на поверхности высоковольтного электрода 4 образуется положительный заряд. На незаземленный вывод нити накала 5, установленной на одном из фланцев вакуумной камеры 1, подается постоянное напряжение, что способствует генерации свободных электронов и их ускорению к высоковольтному электроду 4. В результате взаимодействия электронов, ускоренных от нити накала 5, с поверхностью высоковольтного электрода 4, имеющего положительный заряд, генерируется рентгеновское излучение высокой интенсивности и импульсной мощности за короткий промежуток времени, которое регистрируется полупроводниковым детектором 7. Также устройство позволяет генерировать рентгеновское излучение меньшей интенсивности при снятии нагрузки, приложенной актюатором 6 к пьезоэлементам 3 в вакуумной камере 1.

#### Пример.

Для осуществления работы устройства, в вакуумную камеру 1 на подложку 2, выполненную из нержавеющей стали в виде цилиндра диаметром 30 мм и высотой 50 мм устанавливаются пьезоэлементы 3. Пьезоэлементы 3 цилиндрической формы, выполнены из цирконата титаната бората свинца (ЦТБС-3М) с наименьшим отношением величины пьезоэлектрического коэффициента к величине диэлектрической проницаемости. Геометрические параметры: диаметр основания составляет – 6,4 мм, высота керамики – 15 мм. Между ними устанавливается высоковольтный электрод 4. На фланцы вакуумной камеры 1 устанавливаются: нить накала 5, актюатор 6 и полупроводниковый детектор 7. Производится откачка воздуха из вакуумной камеры 1. Пьезоэлементы 3 подвергаются сжатию, путем контролируемого механического воздействия на них актюатором 6 с нагрузкой равной 200 МПа в течение 30 секунд, в результате чего на поверхности высоковольтного электрода 4 образуется положительный заряд. При этом энергия рентгеновского излучения, регистрируемого с помощью полупроводникового детектора 7 (Amptek – 100T CdTe) составила 60 кэВ. Общее количество зарегистрированных событий рентгеновского излучения генерируемого при работе устройства в течение 30 секунд без включенной нити накала 5 составляет  $10^6$ . Затем на незаземленный вывод нити накала 5, установленной на одном из фланцев вакуумной камеры 1, подается постоянное напряжение порядка 2,2 В, что способствует генерации свободных электронов и их ускорению к высоковольтному электроду 4. После того, как на нить накала 5 было подано напряжение, интенсивность рентгеновского излучения возросла в 100 раз, что составило примерно  $10^8$  событий, зарегистрированных полупроводниковым детектором 7 в течение 1-3 секунд, с момента включения нити накала 5. Таким образом, импульсная мощность источника рентгеновского излучения возросла приблизительно на четыре порядка за более короткий промежуток времени.

Предлагаемое устройство может использоваться в рентгеновской спектроскопии – выявление процентного содержания примесных элементов в химическом составе продукции нефтегазодобывающих компаний. Также устройство найдет применение в рентгенографии - получение снимков костной ткани при локальном облучении поврежденного места, что увеличивает радиационную безопасность. Для работы

данного устройства требуется только механическая энергия, что позволяет эксплуатировать устройство в полевых условиях, например, в геологических экспедициях для идентификации природных минералов. Другой областью применения предлагаемого устройства является создание на его основе источника ускоренных до энергий порядка 5 100 кэВ ионов.

(57) Формула полезной модели

Импульсный пьезоэлектрический ускоритель, содержащий расположенные в вакуумной камере два пьезоэлемента, высоковольтный электрод и актюатор, отличающийся тем, что устройство выполнено с возможностью осуществления механического воздействия одним актюатором на установленные на подложке пьезоэлементы, с расположенным между ними высоковольтным электродом, кроме того устройство дополнительно включает нить накала, генерирующую рентгеновское излучение высокой интенсивности и импульсной мощности за короткий промежуток 10 времени, а также включает полупроводниковый детектор регистрирующий 15 рентгеновское излучение.

20

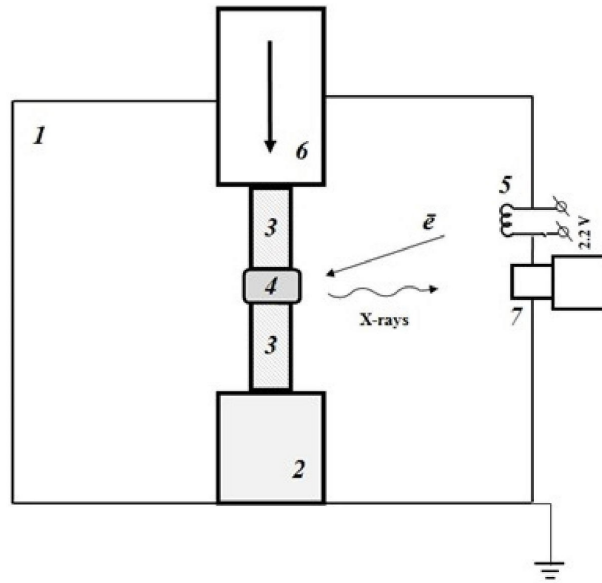
25

30

35

40

45



Фиг. 1