



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01J 35/065 (2020.01)

(21)(22) Заявка: 2019143361, 24.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.12.2019

Дата регистрации:
18.03.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.12.2019

(45) Опубликовано: 18.03.2020 Бюл. № 8

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Кубанкин Александр Сергеевич (RU),
Лепешко Денис Анатольевич (RU),
Щагин Александр Васильевич (UA),
Ивашук Олег Орестович (RU),
Иониди Василий Юрьевич (RU),
Каплий Анна Андреевна (UA)

(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 183140 U1, 29.09.2018. RU 177198
U1, 13.02.2018. US 2012170718 A1, 05.07.2012.

(54) Миниатюрный источник рентгеновского излучения, использующий пироэлектрический кристалл и полупроводниковый диод

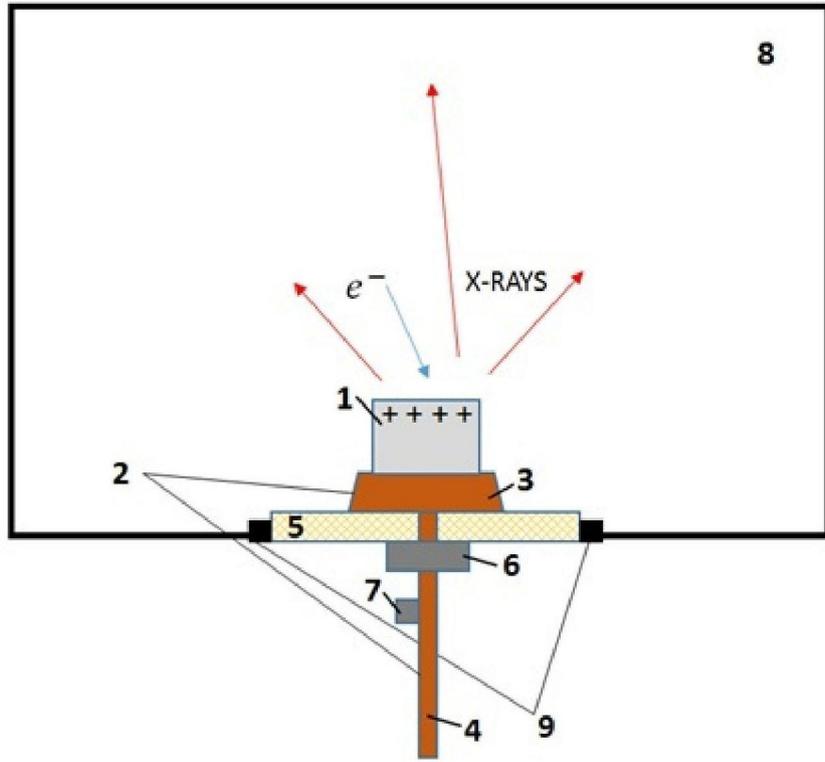
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области рентгеновской техники и может быть использована для генерации рентгеновского излучения, применяемого в рентгенографии и рентгеноскопии, рентгеновской дефектоскопии, рентгеноструктурном и рентгенофлуоресцентном анализе. Миниатюрный источник рентгеновского излучения содержит пироэлектрический кристалл, теплопровод, нагревательный элемент. Теплопровод выполнен в виде диска со стержнем, причем устройство дополнительно содержит вакуумную камеру с фланцем и расположенные в ней теплоизоляционный вакуумный фланец,

пироэлектрический кристалл и диск теплопровода. Кроме того, стержень теплопровода, термopара и нагревательный элемент в виде полупроводникового диода расположены вне вакуумной камеры. Предлагаемое устройство может использоваться в рентгенографии – при фотографировании внутреннего строения непрозрачных предметов при помощи рентгеновых лучей. Разрабатываемое устройство имеет миниатюрное компактное исполнение, геометрические размеры составляют порядка нескольких сантиметров, что делает его мобильным.

RU 196850 U1

RU 196850 U1



Фиг. 1

Полезная модель относится к области рентгеновской техники и может быть использована для генерации рентгеновского излучения, применяемого в рентгенографии и рентгеноскопии, рентгеновской дефектоскопии, рентгеноструктурном и рентгенофлуоресцентном анализе.

5 Известно устройство под названием «Высокоэнергетические кристаллические генераторы и их применение», (US № 7741615 В2, публ. 22.06.2010 г.). Изобретение представляет собой генератор пучков электронов и ионов высоких энергий на основе сегнетоэлектрического кристалла. Высокоэнергетическая эмиссия заряженных частиц обеспечивается путем нагрева сегнетоэлектрика в вакууме или с применением
10 дополнительных внешних электромагнитных и акустических полей. Нагрев или охлаждение сегнетоэлектрического кристалла в вакууме приводит к образованию нескомпенсированного заряда различной полярности, в зависимости от величины вектора спонтанной поляризации, на противоположных гранях кристалла. Незначительное изменение температуры сегнетоэлектрического кристалла в вакууме
15 приводит к образованию высокого потенциала и генерации высокоэнергетических заряженных частиц.

Известно устройство под названием «Генератор рентгеновского излучения, использующий гемиморфный кристалл», (US № 7729474 В2, публ. 01.06.2010 г.). В данной работе описано устройство генератора рентгеновского излучения, основанного
20 на применении гемиморфного кристалла, который подвергался температурному воздействию. При нагревании или охлаждении кристалла с помощью элемента Пельтье, вокруг кристалла образуется сильное электрическое поле.

Также, известно устройство под названием «Генератор рентгеновского излучения, использующий кристалл гемиморфной формы», (JP № 2005285575 А, публ. 13.10.2005
25 г.). Разработанное устройство предназначено для генерации рентгеновского излучения с использованием гемиморфного кристалла, такого как LiNbO_3 или LiTaO_3 и элемента Пельтье, обеспечивающего изменение температуры кристалла и величины вектора спонтанной поляризации, который указывает на грани кристалла, где индуцируется заряд противоположной полярности. В результате осуществления такого режима
30 работы устройства образуется разность потенциалов, которая обеспечивает генерацию рентгеновского излучения при торможении на атомах мишени, ускоренных в сильном электрическом поле, электронов.

Известно устройство под названием «Генератор рентгеновского излучения COOL-X» (<http://amptek.com/products/cool-x-pyroelectric-x-ray-generator/>), которое производится
35 в США фирмой Amptek. COOL-X представляет собой миниатюрный рентгеновский генератор, который использует пирозлектрический кристалл для генерации электронов. Герметичный металлический корпус источника имеет тонкое бериллиевое окно, предназначенное для вывода рентгеновских лучей. COOL-X не содержит радиоизотопы или внешние источники высокого напряжения. Это автономная, твердотельная система,
40 которая генерирует рентгеновское излучение, когда на кристалл воздействуют термически.

Общим недостатком известных источников рентгеновского излучения на основе сегнетоэлектрических кристаллов является возможность работы в ограниченном
45 диапазоне скорости и изменении температур, что не позволяет достигать максимальных значений интенсивности и граничной энергии (максимальной величины энергии) генерируемого ими рентгеновского излучения. Также, к общим недостаткам следует отнести ухудшение показателей вакуума в процессе эксплуатации известных устройств, что приводит к нестабильной генерации рентгеновского излучения.

Наиболее близким к предлагаемому устройству является «Генератор рентгеновского излучения», (RU № 177198, публ. 13.02.2018 г.). Устройство состоит из теплопровода, элемента Пельтье, пироэлектрического кристалла, бериллиевого окна вывода генерируемого излучения и герметичного титанового корпуса с высокоразвитой внутренней поверхностью. Основным недостатком этого устройства, основанного на пироэлектрическом эффекте, является отсутствие возможности управления процессом генерации рентгеновского излучения в пироэлектрических кристаллах при изменении их температуры. Это связано с отсутствием элементов управления током электронов.

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое техническое решение является создание миниатюрного источника рентгеновского излучения, использующего пироэлектрический кристалл и полупроводниковый диод, которое позволит увеличить интенсивность и граничную энергию генерируемого рентгеновского излучения.

Поставленная задача решается с помощью предлагаемого миниатюрного источника рентгеновского излучения, который содержит пироэлектрический кристалл, теплопровод, нагревательный элемент, причем, теплопровод выполнен в виде диска со стержнем, а также устройство дополнительно содержит вакуумную камеру с фланцем и расположенные в ней теплоизоляционный вакуумный фланец, пироэлектрический кристалл и диск теплопровода, кроме того стержень теплопровода, термopара и нагревательный элемент в виде полупроводникового диода расположены вне вакуумной камеры.

Преимущество предлагаемой полезной модели заключается в увеличении диапазона изменения температуры пироэлектрического кристалла при его нагреве с помощью полупроводникового диода в вакуумной камере, что определяет интенсивность и граничную энергию генерируемого рентгеновского излучения, в увеличении скорости изменения температуры пироэлектрического кристалла в вакууме, что также влияет на изменение основных характеристик рентгеновского излучения: интенсивность и граничная энергия.

Технический результат заключается в увеличении интенсивности и граничной энергии генерируемого рентгеновского излучения, посредством контролируемого нагрева пироэлектрического кристалла полупроводниковым диодом.

Полезная модель поясняется чертежом.

Фиг. 1 - функциональная схема устройства.

Устройство состоит из пироэлектрического кристалла 1, теплопровода 2, включающего диск 3 и стержень 4, теплоизоляционного вакуумного фланца 5, полупроводникового диода 6, термopары 7 и вакуумной камеры 8 с фланцем 9 (Фиг. 1).

Пироэлектрический кристалл 1, например, ниобат лития (LiNbO_3) или танталат лития (LiTaO_3), представляет собой параллелепипед. Теплопровод 2, изготовленный из нержавеющей стали, представляет собой цельную деталь в виде диска 3 и стержня 4 (Фиг. 1). Пироэлектрический кристалл 1 крепится к диску 3 теплопровода 2 с помощью электропроводящего эпоксидного клея. Теплоизоляционный вакуумный фланец 5, выполненный из двустороннего текстолита, представляет собой диск через который проходит стержень 4 теплопровода 2. Теплоизоляционный вакуумный фланец 3 обеспечивает стабильный режим термического воздействия на пироэлектрический кристалл 1 и предотвращает утечку тепла с его поверхности. На стержень 4 теплопровода 2 устанавливается полупроводниковый диод 6 и термopара 7. Полупроводниковый диод 6 предназначен для нагрева пироэлектрического кристалла 1, а термopара 7 позволяет осуществлять контроль за изменением температуры пироэлектрического кристалла 1. Устройство в собранном виде устанавливается таким

образом: пьезоэлектрический кристалл 1 и диск 3 теплопровода 2 расположены внутри вакуумной камеры 8, теплоизоляционный вакуумный фланец 5 герметично установлен на фланце 9 вакуумной камеры 8, а стержень 4 теплопровода 2, диод 6 и термодара 7 расположены вне вакуумной камеры (Фиг.1).

5 В процессе эксплуатации, во избежание искровых газовых пробоев и для стабильной работы предлагаемого устройства, давление в вакуумной камере 8 должно составлять $0.01 \div 1$ мТорр. На пьезоэлектрический кристалл 1, который прикреплен к диску 3 теплопровода 2, оказывается термическое воздействие – нагрев, за счет подачи тока на полупроводниковый диод 6. При этом теплоизоляционный вакуумный фланец 5,
10 установленный на фланец 9 вакуумной камеры 8, обеспечивает непосредственную передачу тепла от полупроводникового диода 6 к пьезоэлектрическому кристаллу 1 через стержень 4 и диск 3 теплопровода 2. Изменение температуры на поверхности пьезоэлектрического кристалла 1 контролируется термодарой 7. Вследствие пьезоэлектрического эффекта, из-за изменения температуры пьезоэлектрического
15 кристалла 1, на его поверхности образуется положительный потенциал, обусловленный изменением величины вектора спонтанной поляризации. Свободные электроны, образующиеся в процессе ионизации атомов остаточного газа в вакуумной камере 8, ускоряются к свободной поверхности пьезоэлектрического кристалла 1 и, тормозясь на его атомах, генерируют тормозное и характеристическое рентгеновское излучение.
20 Таким образом, предлагаемое устройство позволяет увеличивать интенсивность и граничную энергию генерируемого рентгеновского излучения посредством контролируемого нагрева пьезоэлектрического кристалла 1 с помощью полупроводникового диода в широком диапазоне температур – до 150°C , в то время
25 как элемент Пельтье обеспечивает нагрев до 60°C . Также используемый полупроводниковый диод 6 позволяет нагревать пьезоэлектрический кристалл 1 за более короткий промежуток времени, нежели элемент Пельтье.

Пример.

Для осуществления генерации интенсивного рентгеновского излучения, использовался
30 пьезоэлектрический кристалл 1 выполненный из ниобата лития в форме параллелепипеда. Геометрические параметры пьезоэлектрического кристалла 1: длина и ширина основания составляли – 20 мм, а высота – 10 мм. Теплопровод 2 был выполнен из нержавеющей стали, диск 3 теплопровода 2 имел диаметр 40 мм и толщину 5 мм, а диаметр стержня 4 теплопровода 2 составлял 8 мм. Теплоизоляционный фланец 5, установленный на
35 фланец 9 вакуумной камеры 8, обеспечивал непосредственную передачу тепла от полупроводникового диода 6 к пьезоэлектрическому кристаллу 1 через стержень 4 и диск 3 теплопровода 2. В качестве полупроводникового диода 6 был использован кремниевый диод. На кремниевый диод 6 подавался ток порядка 10 А, при этом напряжение составляло порядка 1.6 В, что способствовало нагреву пьезоэлектрического
40 кристалла 1. С помощью термодары 7 осуществлялся контроль температуры пьезоэлектрического кристалла 1, которая изменялась в диапазоне от 25°C до 90°C в течение 375 секунд, что привело к генерации рентгеновского излучения, граничная энергия которого достигала порядка 75 кэВ, а зарегистрированное количество фотонов 55 717 670. Для регистрации рентгеновского излучения использовался
45 полупроводниковый детектор X-Ray detector Amptek CdTe 123. При этом давление остаточного газа в вакуумной камере 8 составляло порядка 1 мТорр.

Предлагаемая полезная модель с использованием пьезоэлектрического кристалла 1 и кремниевого диода 6 позволяет генерировать рентгеновское излучение, интенсивность

которого на порядок превышает интенсивность рентгеновского излучения, которое генерируется известными источниками (в системе нагрева которых используется элемент Пельтье), а максимальная энергия – в 1,75 раз.

Предлагаемое устройство может использоваться в рентгенографии – при
5 фотографировании внутреннего строения непрозрачных предметов при помощи
рентгеновых лучей. Разрабатываемое устройство имеет миниатюрное компактное
исполнение, геометрические размеры составляют порядка нескольких сантиметров,
что делает его мобильным. Другой областью применения предлагаемого устройства
является создание на его основе рентгеновских мобильных анализаторов наличия
10 дефектов в производимой продукции. Преимуществом перед существующими аналогами
является возможность оценки прочности труднодоступных для исследования участков
конструкции.

(57) Формула полезной модели

15 Миниатюрный источник рентгеновского излучения, содержащий пироэлектрический
кристалл, теплопровод, нагревательный элемент, отличающийся тем, что теплопровод
выполнен в виде диска со стержнем, причем устройство дополнительно содержит
вакуумную камеру с фланцем и расположенные в ней теплоизоляционный вакуумный
фланец, пироэлектрический кристалл и диск теплопровода, кроме того, стержень
20 теплопровода, термопара и нагревательный элемент в виде полупроводникового диода
расположены вне вакуумной камеры.

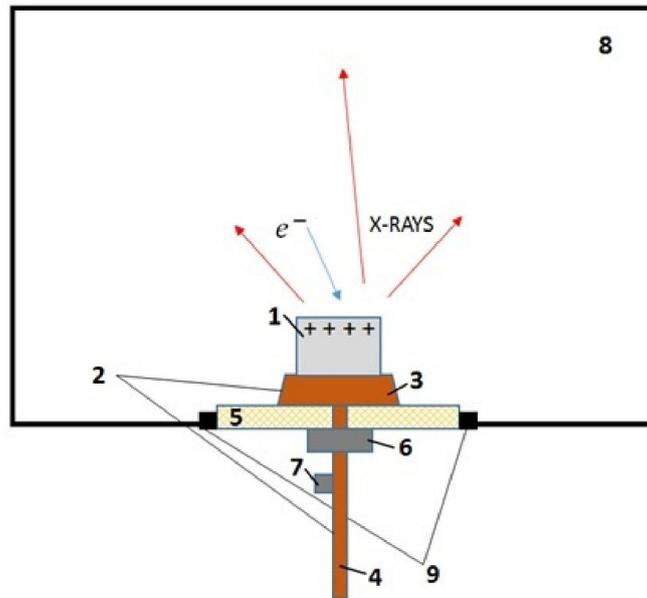
25

30

35

40

45



Фиг. 1