



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012146484/07, 31.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.10.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.10.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2014 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 20.07.2014 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2174726, 10.10.2001. RU 2138879С1, 27.09.1999. US 4400882А, 23.08.1983. US 5987096А, 16.11.1999. US 2005147207А1, 07.07.2005. DE 102009007218А1, 16.09.2010

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.
Васильева, 13, а/я 245, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ
им. академ. Е.И. Забабахина", Отдел
интеллектуальной собственности, Г.В. Бакалову

(72) Автор(ы):

Столбиков Михаил Юрьевич (RU),
Василенко Алексей Михайлович (RU),
Базаров Павел Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

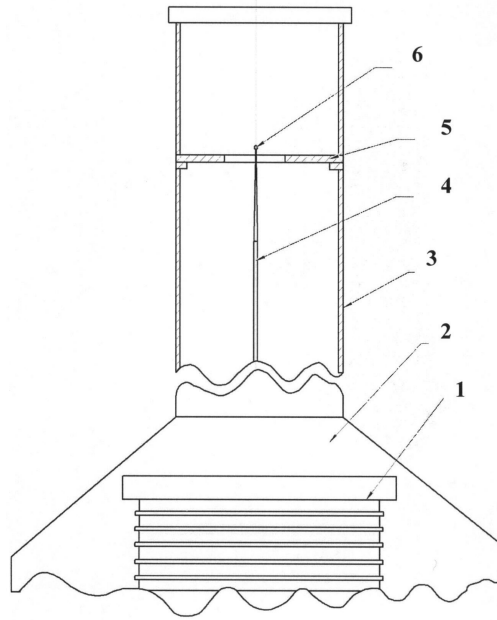
Федеральное государственное унитарное
предприятие "РОССИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР-
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)

(54) УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТРУБКА

(57) Реферат:

Ускорительная трубка относится к рентгеновской технике и может быть использована в импульсном рентгеновском ускорителе для получения коротких рентгеновских высокоинтенсивных вспышек для регистрации быстропротекающих процессов в оптически плотных средах. Ускорительная трубка включает изолятор ускорительной трубки 1, контейнер изолятора 2 и герметичный изолирующий корпус 3 диодного узла ускорительной трубки с окном для вывода излучения, внутри которого находится вакуум, разделяющий катод и анод, выполненный в виде стальной трубы 4. Катод 5 выполнен в виде

концентрического кольца со сквозными пазами 8 между радиально-ориентированными электродными выступами 7, количество которых не менее трех, (катод с принудительным токораспределением). Анод представляет собой анодный стержень 4, выполненный в виде державки конического вида из железа, со сферической головкой 6, выполненной в виде сферы из вольфрама. Технический результат - повышение равномерности пространственного распределения излучения и стабильности срабатывания ускорительной трубки. 2 з.п.ф-лы., 4 ил.



Фиг.1

RU 2522987 C2

RU 2522987 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01J 35/00 (2006.01)
H05G 1/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012146484/07, 31.10.2012

(24) Effective date for property rights:
31.10.2012

Priority:

(22) Date of filing: 31.10.2012

(43) Application published: 10.05.2014 Bull. № 13

(45) Date of publication: 20.07.2014 Bull. № 20

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.
Vasil'eva, 13, a/ja 245, FGUP "RFJaTs-VNIITF im.
akadem. E.I. Zababakhina", Otdel intellektual'noj
sobstvennosti, G.V. Bakalovu

(72) Inventor(s):

Stolbikov Mikhail Jur'evich (RU),
Vasilenko Aleksej Mikhajlovich (RU),
Bazarov Pavel Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predprijatие "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ
JaDERNYJ TSENTR-VSEROSSIJSKIJ
NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI
AKADEMIKA E.I. ZABABAKhINA" (RU)

(54) **ACCELERATION TUBE**

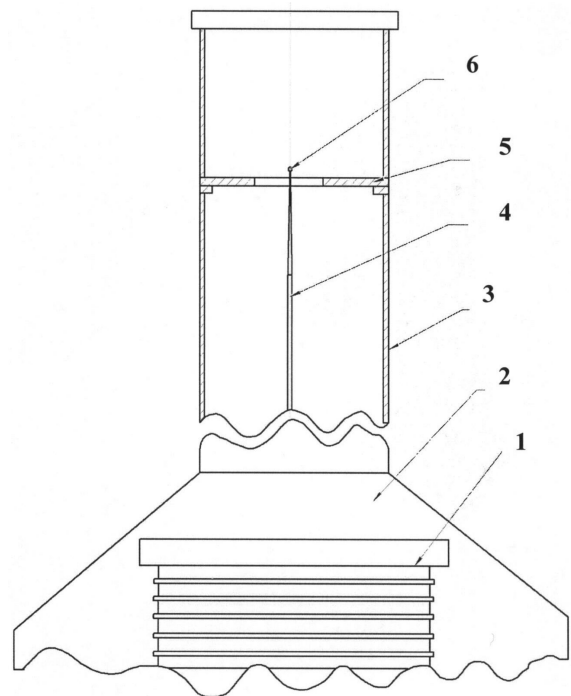
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: acceleration tube relates to X-ray equipment and can be used in a pulsed X-ray accelerator to obtain short, high-intensity X-ray flashes for detecting high-speed processes in optically dense media. The acceleration tube includes an acceleration tube insulator 1, an insulator container 2 and a sealed insulating housing 3 of the diode assembly of the acceleration tube with a radiation exit window, inside of which there is a vacuum which separates a cathode and an anode which is in form of a steel pipe 4. The cathode 5 is in form of a concentric ring with end-to-end grooves 8 between radial electrode projections 7, the number of which is less than three (a forced current distribution cathode). The anode is an anode rod 4 in form of a cone-shaped holder made of iron, with a spherical head 6 in form of a sphere made of tungsten.

EFFECT: high uniformity of spatial distribution of radiation and stability of operation of the acceleration tube.

3 cl, 4 dwg



Фиг.1

RU 2 522 987 C2

RU 2 522 987 C2

Изобретение относится к рентгеновской технике и может быть использовано в импульсном рентгеновском ускорителе для получения коротких рентгеновских высокоинтенсивных вспышек для регистрации быстропротекающих процессов в оптически плотных средах.

5 Известна малогабаритная острофокусная двухэлектродная импульсная рентгеновская трубка, описанная в статье Г.В. Александровича, Н.В. Белкина и др. «Малогабаритная импульсная рентгеновская трубка», ПТЭ, 1974 г., №5, с.189-190, состоящая из конического анода, катода в виде диска из тантала, токоввода, соединенного с анодом, выходного окна и изоляционного корпуса.

10 Недостатками описанного устройства являются:

- амплитудная и пространственная нестабильность рентгеновского излучения, обусловленная нестабильностью тока электронов взрывной эмиссии с металлического катода и образованием одного центра эмиссии, место положения которого меняется от импульса к импульсу;

15 - значительное увеличение эффективного рентгеновского фокуса при удалении от оси трубки, обусловленное длиной выступающей части анода за срез катода.

Наиболее близким и взятым в качестве прототипа является техническое решение, описанное в патенте РФ №2174726, МПК H01J 35/00, опубл. 10.10.2001 г. под названием «Острофокусная двухэлектродная импульсная рентгеновская трубка», состоящая из
20 анода, выполненного в виде анодного стержня с головкой, катода, токоввода, герметичного изолирующего корпуса с окном для вывода излучения, внутри которого находится вакуум, разделяющий катод и анод.

Недостатками описанного устройства являются:

25 - возможность возбуждения в нем вихревых токов, приводящих к появлению в разрядном промежутке диода продольной компоненты магнитного поля;

- нестабильность в работе импульсных рентгеновских трубок, как по интенсивности импульса излучения, так и блужданию направления излучения установки, из-за магнитодинамического эффекта, что приводит к неравномерной засветке рентгеновских пленок в эксперименте;

30 - значительный разброс величины плотности почернения, составляющий около 10% от среднего значения;

- уклонение направления максимальной интенсивности излучения за границу окна коллиматора, что послужило основанием для выявления факта блуждания направления луча излучения установки;

35 - снижение скорости роста питающего напряжения за счет частичного разряда и ввода плазмы в диодный промежуток может способствовать смещению спектра излучения в сторону более длинноволнового, т.е. излучение становится намного «мягче», вследствие чего резко ограничивается просвечивающая способность установки.

40 Задачей заявляемого изобретения является создание устройства, обеспечивающего повышение равномерности в пространственном распределении интенсивности излучения установки, стабильности срабатывания вакуумной ускорительной трубки.

Технический результат, который позволяет решить поставленную задачу, заключается в создании условий для увеличения собственной индуктивности катода и локализации центров автоэлектронной эмиссии за счет концентрации силовых линий электрического
45 поля на нескольких (например, 6) ограниченных по площади концах выступов электродов катода, повышении начальной напряженности электрического поля за счет его концентрации у электродных выступов и существенном увеличении собственной индуктивности катода для вихревых токов самоиндукции из-за увеличения пути их

прохождения и возрастания проходного отверстия катода. При этом, развитая за счет межэлектродных пазов внутренняя поверхность катода, являясь основной токоведущей его частью из-за скин-эффекта, обладает уже существенно большей индуктивностью по отношению к кольцевому катоду.

5 Это достигается тем, что в ускорительной трубке, состоящей из анода, выполненного в виде анодного стержня с головкой, катода, токоввода, герметичного изолирующего корпуса с окном для вывода излучения, внутри которого находится вакуум, разделяющий катод и анод, согласно изобретению, катод выполнен в виде концентрического кольца со сквозными пазами между радиально-ориентированными
10 электродными выступами, количество которых не менее трех, оканчивающимися на радиусе

$$r_k = D_k / 2,$$

где r_k - радиус закругления катодного выступа;

15 D_k - диаметр сквозных пазов между радиально-ориентированными электродными выступами,

при этом анодный стержень выполнен в виде тонкой державки из токопроводящего материала с существенно меньшим атомным номером, а головка анодного стержня выполнена в виде сферы из материала с большим атомным номером.

20 Кроме того, катод выполнен с шестью электродными выступами.

Кроме того, анодный стержень выполнен из железа, а головка анодного стержня выполнена из вольфрама.

Наличие в заявляемом изобретении признаков, отличающих его от прототипа, позволяет считать его соответствующим условию «новизна».

25 Новые признаки (выполнение катода в виде концентрического кольца со сквозными пазами между радиально-ориентированными электродными выступами, количество которых не менее трех, оканчивающимися на радиусе

$$r_k = D_k / 2,$$

где r_k - радиус закругления катодного выступа;

30 D_k - диаметр сквозных пазов между радиально-ориентированными электродными выступами, выполнение анодного стержня в виде тонкой державки из токопроводящего материала с существенно меньшим атомным номером, и головки анодного стержня в виде сферы из материала с большим атомным номером) не выявлены в технических решениях аналогичного назначения. На этом основании можно сделать вывод о
35 соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

Изобретение проиллюстрировано на следующих чертежах.

На фиг.1 представлено предлагаемое устройство с диодной парой.

40 На фиг.2 представлен вариант выполнения катода в виде концентрического кольца со сквозными пазами между радиально-ориентированными электродными выступами (с принудительным токораспределением).

На фиг.3 представлена полярная диаграмма распределения плотности почернения при использовании группы кольцевой катод - игольчатый анод.

45 На фиг.4 представлена полярная диаграмма распределения плотности почернения при использовании группы катод (в виде концентрического кольца со сквозными пазами между радиально-ориентированными электродными выступами) - анод (сферическая головка из сплава вольфрам-никель-молибден (ВНМ)).

Ускорительная трубка включает изолятор ускорительной трубки 1, контейнер изолятора 2 и герметичный изолирующий корпус 3 диодного узла ускорительной трубки

с окном для вывода излучения (фиг.1), внутри которого находится вакуум, разделяющий катод и анод, выполненный в виде стальной трубы 4 с толщиной стенки 4 мм. Катод 5 выполнен в виде концентрического кольца со сквозными пазми 8 между радиально-ориентированными электродными выступами 7, количество которых не менее трех, (катод с принудительным токораспределением). Анод представляет собой анодный стержень 4, выполненный в виде державки конического вида из железа, со сферической головкой 6, выполненной в виде сферы из вольфрама.

На предприятии был изготовлен опытный образец ускорительной трубки и проведены лабораторные испытания.

Катод 5 (фиг.2) может быть выполнен с шестью электродными выступами. Проведя геометрические расчеты, получили формулу для вычисления среднего угла при вершине

электродных выступов 7: $Z = 2 \arctg \left(\frac{D_k}{\frac{D_k \sqrt{3}}{4} - r_k} \right)$. Так как $r_k = D_k/2$, то средний угол

при вершине электродов равен $88^\circ \pm 7^\circ$. Для расчета собственной индуктивности катода использовали формулу $L = \frac{\mu_0}{2\pi} l \left(\ln \frac{4l}{h} - 2,45 \right)$, где h - толщина катода 5, l - периметр

внутренней поверхности катода 5. Расчетная собственная индуктивность катода 5: $L = 154,5$ нГн; собственная индуктивность катода 5- $L = 154,5$ нГн, и r_k - радиус закругления радиально-ориентированного электродного выступа 7; D_k - диаметр сквозных пазов между радиально-ориентированными электродными выступами 7, а анодный стержень 4 диаметром 2 мм из железа, атомный номер которого меньше, чем атомный номер материала, из которого выполнена сферическая головка 6 диаметром 5 мм - из сплава вольфрам-никель-молибден (ВНМ), и закрепленной на конце анодного стержня 4.

Устройство работает следующим образом. При подаче положительного высоковольтного импульса на анод происходит пробой диодного промежутка ускорительной трубки с нескольких центров эмиссии электронов, расположенных на вершинах электродных выступов 7 катода 5 (это связано с локализацией эмиссии электронов на вершинах электродных выступов). Основной процесс ускорения электронов, испускаемых в процессе взрывной эмиссии с катода 5, происходит в области катодного среза ускорительной трубки, где конструктивно и создавались условия для максимальной концентрации электрического поля. В дальнейшем, по мере роста силы электронного тока и соответствующего ему магнитного поля, происходит вытеснение потоков электродов к концу анодного стержня 4, материал которого имеет меньший атомный номер, чем атомный номер материала головки 6, для уменьшения доли тормозного излучения, идущего с анодного токоведущего стержня 4, и бомбардировка его сферической головки 6 из сплава ВНМ. Для генерации импульсов рентгеновского излучения с максимальной интенсивностью торможение пучка электронов должно производиться в сферической головке 6, выполненной из материала с большим атомным номером Z , чем атомный номер материала анодного стержня 4, выполненного из железа. Обычно в качестве таких материалов используются тантал ($Z=73$), вольфрам ($Z=74$), золото ($Z=79$) и платина ($Z=78$), которые являются дорогостоящими материалами.

Образование нескольких центров электронной эмиссии на вершинах электродных выступов, расположенных симметрично сферической головке 6, способствует образованию равномерного пространственно - однородного излучения. Поскольку

анодный стержень 4 выполнен тонким и из более легкого материала, имеющего меньший атомный номер, чем сферическая головка 6, из материала с большим атомным номером, при бомбардировке электронами часть излучения, идущего с анодного стержня 4, лишь незначительно искажает излучающее пятно по краям снимка в сравнении с центром
5 (неоднородность потемнения снимка составляет ~2%).

Были проведены сравнительные испытания ускорительной трубки со стандартной анод-катодной группой (кольцевой катод, игольчатый анод) и заявляемой ускорительной трубки (катод в виде концентрического кольца со сквозными пазами между радиально-ориентированными электродными выступами 7 (катод с принудительным
10 токораспределением) и анод со сферической головкой 6 на тонкой державке 4). На фиг.3 показана полярная диаграмма плотности почернения рентгеновской пленки. Данные результаты опытов с кольцевым катодом, в которых были выявлены не только значительный разброс величины плотности почернения, составляющий около 10% от среднего значения, но и уклонение направления максимальной интенсивности излучения
15 за границу окна коллиматора, послужили основанием для выявления факта блуждания направления луча излучения установки.

В опыте со сферической головкой 6 из ВНМ на конце конического анодного стержня 4 диаметром 2 мм в составе с 6-электродным катодом 5, в виде концентрического кольца со сквозными пазами между радиально-ориентированными электродными выступами
20 7, анализ денситограммы изображения «окна» коллиматора ухода пучка излучения от оси установки не обнаружил, среднеквадратичный разброс величины плотности почернения составил в среднем 0,02, к периферии изображения разброс плотности почернения достигал 0,027. В данном случае разброс оказался близок к приемлемому уровню. На фиг.4 показана полярная диаграмма плотности почернения рентгеновской
25 пленки в опыте с анодом со сферической головкой 6 из ВНМ и катодом 5 с шестью радиально-ориентированными электродными выступами 7.

Таким образом, вышеизложенные сведения свидетельствуют о выполнении при использовании изобретения следующей совокупности условий: ускорительная трубка предназначена для получения коротких рентгеновских высокоинтенсивных вспышек
30 для регистрации быстропротекающих процессов в оптически плотных средах; ускорительная трубка, воплощенная в заявленном изобретении, позволила:

- исключить появление в разрядном промежутке вихревого электрического поля;
- добиться стабильности в работе импульсных рентгеновских трубок по интенсивности импульса излучения и блужданию направления излучения установки;
- 35 - уменьшить разброс величины плотности почернения;
- повысить равномерность в пространственном распределении интенсивности излучения установки.

Таким образом, ускорительная трубка, воплощенная в заявленном изобретении, при его осуществлении способна обеспечить достижение усматриваемого заявителем
40 достигаемого технического результата.

Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

Формула изобретения

45 1. Ускорительная трубка, состоящая из анода, выполненного в виде анодного стержня с головкой, катода, токоввода, герметичного изолирующего корпуса с окном для вывода излучения, внутри которого находится вакуум, разделяющий катод и анод, отличающаяся тем, что катод выполнен в виде концентрического кольца со сквозными

пазами между радиально-ориентированными электродными выступами, количество которых не менее трех, оканчивающимися на радиусе

$$r_k = D_k / 2,$$

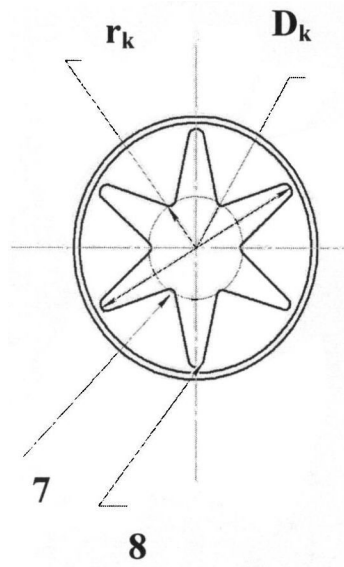
где r_k - радиус закругления электродного выступа;

D_k - диаметр сквозных пазов между радиально-ориентированными электродными выступами,

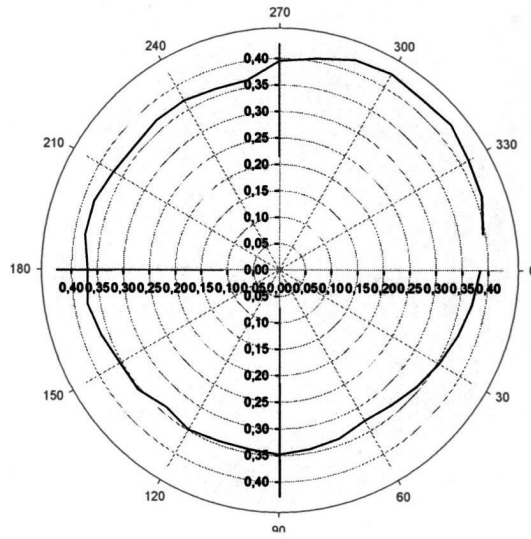
при этом анодный стержень выполнен в виде тонкой державки из токопроводящего материала с существенно меньшим атомным номером, чем атомный номер материала головки анодного стержня, которая выполнена в виде сферы.

2. Ускорительная трубка по п.1, отличающаяся тем, что катод выполнен с шестью электродными выступами.

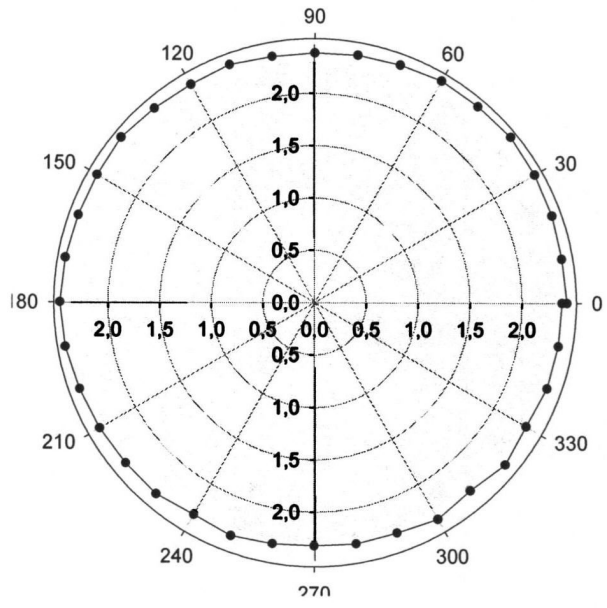
3. Ускорительная трубка по п.1 или 2, отличающаяся тем, что анодный стержень выполнен из железа, а головка анодного стержня выполнена из вольфрама.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4