



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H05H 15/00 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2021138931, 27.12.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.12.2021

Дата регистрации:
04.10.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.12.2021

(45) Опубликовано: 04.10.2022 Бюл. № 28

Адрес для переписки:
634009, г. Томск, пер. Дербышевский, 26Б, оф.
6010, "ПКФ СИСТЕМА", Спивакова Лариса
Николаевна

(72) Автор(ы):
Воробьев Максим Сергеевич (RU),
Москвин Павел Владимирович (RU),
Шин Владислав Игоревич (RU),
Девятков Владимир Николаевич (RU),
Коваль Николай Николаевич (RU),
Коваль Тамара Васильевна (RU),
Дорошкевич Сергей Юрьевич (RU),
Торба Максим Сергеевич (RU),
Ашурова Камилла Тахировна (RU),
Леванисов Вадим Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт сильноточной
электроники Сибирского отделения
Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: ДЕВЯТКОВ В.Н. Плазменные
сетчатые катоды на основе контрагированного
дугового разряда для генерации импульсного
интенсивного низкоэнергетического
электронного пучка в плазмонаполненном
диоде с продольным магнитным полем, Труды
VI международного Крейнделевского
семинара "Плазменная эмиссионная
обработка", Улан-Удэ, Издательство
Бурятского научного (см. прод.)

(54) СПОСОБ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОНОВ С ПЛАЗМЕННЫМИ ЭМИТТЕРАМИ И АНОДНОЙ ПЛАЗМОЙ

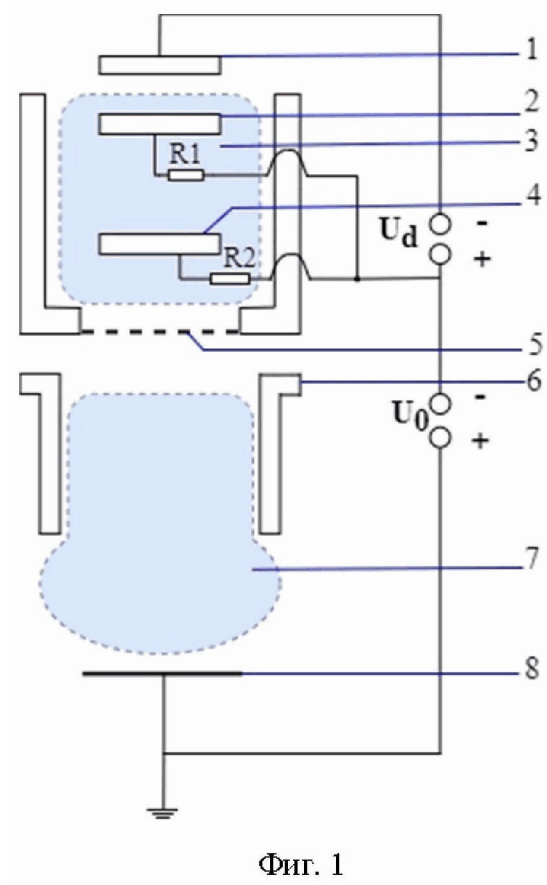
(57) Реферат:

Изобретение относится к области генерации электронного пучка в источниках электронов с плазменными эмиттерами в условиях ускорения и транспортировки электронного пучка в анодной плазме. Технический результат - повышение стабильности зажигания и горения тока дугового разряда в плазменном эмиттере и снижение влияния ионного потока из ускоряющего

промежутка на генерацию эмиссионной плазмы. Способ генерации электронного пучка для источников электронов с плазменными эмиттерами и анодной плазмой заключается в том, что используют источник электронов с плазменным эмиттером, транспортировка электронного пучка в котором осуществляется в анодной плазме, в пространство плазменного

эмиттера вводят электрод, который имеет плавающий потенциал либо подключен к аноду разрядной системы плазменного эмиттера через сопротивление и который принимает ускоренный поток ионов из анодной плазмы. Электрод устанавливают в пространстве плазменного эмиттера между перераспределяющим электродом

и эмиссионным электродом, при этом площадь проекции электрода на эмиссионный электрод должна превышать площадь проекции перераспределяющего электрода на эмиссионный электрод для выполнения условия максимальной фиксации ионного потока со стороны ускоряющего промежутка. 3 ил.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

центра СО РАН, 2018, с.26-31. RU 2746265 C1, 12.04.2021. US 2019006148 A1, 03.01.2019. JP H0 922347 A, 26.08.1997. US 2018247797 A1, 30.08.2018. JP H0 4247867 A, 03.09.1992.

RU 2780805 C1

RU 2780805 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H05H 15/00 (2022.08)

(21)(22) Application: **2021138931, 27.12.2021**

(24) Effective date for property rights:
27.12.2021

Registration date:
04.10.2022

Priority:

(22) Date of filing: **27.12.2021**

(45) Date of publication: **04.10.2022** Bull. № 28

Mail address:

**634009, g. Tomsk, per. Derbyshevskij, 26B, of.
6010, "PKF SISTEMA", Spivakova Larisa
Nikolaevna**

(72) Inventor(s):

**Vorobev Maksim Sergeevich (RU),
Moskvin Pavel Vladimirovich (RU),
Shin Vladislav Igorevich (RU),
Deviatkov Vladimir Nikolaevich (RU),
Koval Nikolai Nikolaevich (RU),
Koval Tamara Vasilevna (RU),
Doroshkevich Sergei Iurevich (RU),
Torba Maksim Sergeevich (RU),
Ashurova Kamilla Takhirovna (RU),
Levanisov Vadim Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
uchrezhdenie nauki Institut silnotochnoi
elektroniki Sibirskogo otdeleniia Rossiiskoi
akademii nauk (ISE SO RAN) (RU)**

(54) **METHOD FOR ELECTRON BEAM GENERATION FOR ELECTRON SOURCES WITH PLASMA EMITTERS AND ANODE PLASMA**

(57) Abstract:

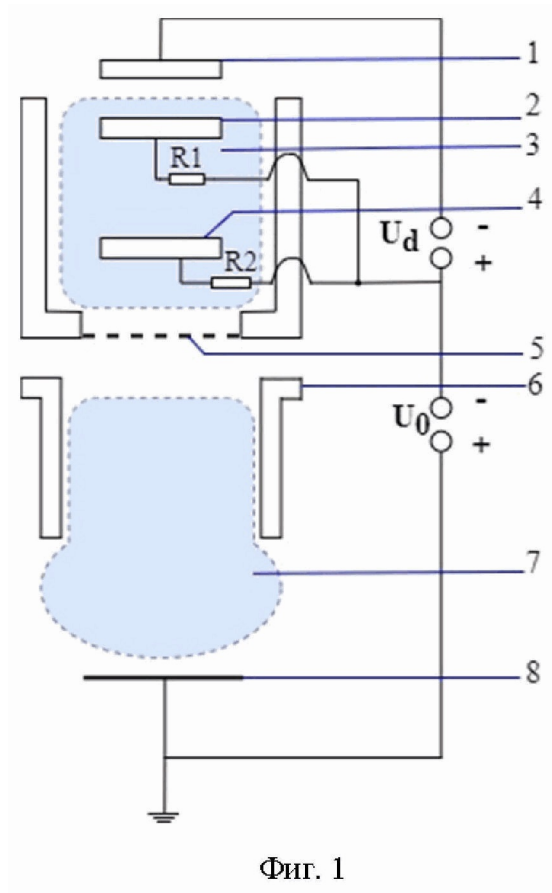
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electron beam generation in electron sources with plasma emitters under conditions of acceleration and transportation of an electron beam in an anode plasma. The method for generating an electron beam for electron sources with plasma emitters and anode plasma consists in using an electron source with a plasma emitter, in which the electron beam is transported in an anode plasma, an electrode is introduced into the space of the plasma emitter that has a floating potential or is connected to the anode of the discharge system of the plasma emitter through resistance and which takes the accelerated ion flow from the anode plasma. The

electrode is installed in the space of the plasma emitter between the redistributing electrode and the emission electrode, while the projection area of the electrode on the emission electrode must exceed the projection area of the redistributing electrode on the emission electrode to fulfill the condition of maximum fixation of the ion flow from the accelerating gap.

EFFECT: increase in the stability of the ignition and combustion of the arc discharge current in the plasma emitter and a decrease in the influence of the ion flow from the accelerating gap on the generation of the emission plasma.

1 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области генерации электронного пучка в источниках электронов с плазменными эмиттерами в условиях ускорения и транспортировки электронного пучка в анодной плазме.

Известно несколько способов генерации электронного пучка. В том числе для создания электронных пучков используются источники с плазменными эмиттерами, принцип действия которых может быть основан на различных видах разрядов (например, дуговой или тлеющий). В рамках патента имеет смысл рассматривать только источники с анодной (пучковой) плазмой, которая может быть создана специально, либо создаваться самим электронным пучком в результате его взаимодействия с остаточным, рабочим или десорбированным с электродов газом. Однако могут рассматриваться и источники электронов, в которых в рабочем режиме анодная/пучковая плазма отсутствует, но в которых может возникать неустойчивость (нестабильность) в работе, связанная с изменением газовых условий в ускоряющей промежутке, пространстве дрейфа пучка или коллекторной области (например, в результате плавления коллектора и появления так называемой коллекторной плазмы, что особенно актуально при рассмотрении источников электронов с плотностью энергии пучка, достаточной для плавления облучаемой мишени). На каком бы принципе ни был основан плазменный эмиттер источника электронов и в каких бы диапазонах давлений источник не работал, спонтанное и неконтролируемое повышение давления может приводить к появлению анодной плазмы, а, следовательно, к появлению ионного потока в сторону плазменного эмиттера. Этот поток может существенно влиять на работу плазменного эмиттера и источника электронов в целом.

Отдельно имеет смысл рассмотреть источники электронов, являющиеся ближайшими аналогами и работа которых осуществляется при сравнительно высоких давлениях рабочего газа ($>10^{-2}$ Па), что приводит к влиянию на их принцип действия анодной/пучковой плазмы [1–5]. К таким работам относятся источники, работающие в близком к указанному давлению [6–8], а также источники [9–12], работающие в форвакуумной области давлений. Указанные аналоги могут работать как в импульсном, так и стационарном режимах, однако к недостаткам всех этих систем можно отнести неустойчивость тока пучка, связанную с наличием ионного потока из анодной плазмы. Тем не менее перспективность таких источников [патенты 2415966, 2 338 798, 2 457 261, 2 584 366] уже была неоднократно продемонстрирована, например, для модификации поверхности различных неорганических материалов, свойства которых в ряде случаев улучшаются на порядок и выше. Данные источники позволяют осуществлять обработку поверхности различных металлических материалов при длительности импульсов электронного пучка (50 – 200) мкс, плотности энергии (5 – 60) Дж/см², токах пучка (10–200) А (при диаметре пучка до 40 мм), и энергии электронов от 5 кэВ до 25 кэВ.

Принцип действия большинства источников электронов с плазменным эмиттером и анодной/пучковой плазмой заключается в генерации катодной плазмы, например, в дуговом или тлеющем разряде, извлечением из этой плазмы электронов, которые ускоряются на коллектор, образуя при этом анодную/пучковую плазму. При создании катодной и анодной плазмы между ними происходит интенсивный ионно-электронный обмен, что приводит к изменению параметров обеих плазм.

Ток в ускоряющей промежутке I_g в таких источниках определяется несколькими составляющими [3, 13–16], и может быть записан в виде:

$$I_g = \alpha \cdot I_d + I_{i2} \cdot (1 + (1 - \Gamma) \cdot \gamma_2 + \Gamma \cdot \gamma_1) \quad (1)$$

где $\alpha = I_{em}/I_d$ – коэффициент извлечения электронов из плазменного эмиттера, равный

отношению тока эмиссии I_{em} к току разряда I_d ; I_{I2} – ток ускоренных ионов из анодной плазмы; γ_2 – коэффициент ионно-электронной эмиссии с металла при бомбардировке ускоренными ионами эмиссионного электрода; γ_1 – коэффициент ионно-электронной эмиссии из эмиссионной плазмы за счет ионно-электронных процессов в плазменном эмиттере; G – эффективная геометрическая прозрачность эмиссионного электрода, позволяющая учитывать поток ионов, прошедших из ускоряющего промежутка в плазменный эмиттер. При этом вклад каждого слагаемого может быть разным в зависимости от конкретного типа источника электронов с плазменным катодом, параметров генерируемого электронного пучка, геометрии электродов, их материала, рабочего давления и пр.

В результате, к недостаткам ближайших аналогов генерации пучка в источниках с плазменным катодом и плазменным анодом можно отнести:

- нестабильность тока пучка, форма импульса которого может существенно отличаться от формы импульса тока разряда;
- наличие положительной обратной связи, обусловленной повышением давления газа в результате бомбардировки электродов электронным пучком;
- низкую электрическую прочность ускоряющего зазора, обусловленную первыми двумя пунктами.

Ближайшим прототипом заявленного изобретения является устройство для обработки поверхности изделий [17]. Рассмотренные в работе плазменные катоды позволяют формировать низкоэнергетический (5-25 кэВ) импульсный (20-350 мкс) электронный пучок с максимальной амплитудой тока ≥ 400 А. В зависимости от используемой разрядной системы рабочий диаметр пучка составляет 20-60 мм с неравномерностью распределения плотности энергии на коллекторе менее 10%. Абсолютные значения плотности энергии пучка, достаточной для проведения модификации поверхностного слоя широкого круга материалов и изделий, достигают нескольких десятков Дж/см² для импульсов короткой длительности (десятки мкс) и более 100 Дж/см² за импульс длительностью сотни мкс. В работе отмечается, что достигнутый уровень амплитуды тока пучка (ограниченный использованными источниками электропитания разряда), вероятно, не является предельным, так как плотность эмиссионного тока при $I_b = 400$ А и эмиссионной сетке $\varnothing 4$ см составляла $j \sim 30$ А/см².

Недостатком прототипа также является сильная зависимость амплитуды тока в ускоряющем промежутке от давления рабочего газа, что приводит ко всем недостаткам, описанным для ближайших аналогов, а именно:

- нестабильности тока пучка, форма импульса которого может существенно отличаться от формы импульса тока разряда;
- наличие положительной обратной связи, обусловленной повышением давления газа в результате бомбардировки электродов электронным пучком;
- низкой электрической прочности ускоряющего зазора, обусловленной первыми двумя пунктами.

Из формулы (1) видно, что без принятия дополнительных мер, увеличение количества ионов может привести к неконтролируемому росту тока в ускоряющем промежутке, что часто наблюдается в экспериментах всех известных источников электронов. Для устранения или нивелирования указанной нестабильности предлагается в пространство плазменного эмиттера вводить специальный электрод обратной связи, который имеет плавающий потенциал или подключен через сопротивление к аноду разрядной системы

плазменного эмиттера. Данный электрод должен быть размещен таким образом, чтобы максимально фиксировать ионный поток из анодной/пучковой плазмы на этот электрод, что будет приводить к повышению его потенциала относительно всех электродов плазменного эмиттера и переключению электронов из катодной плазмы на этот электрод, самосогласованно компенсируя повышение потенциала этого электрода и снижая тем самым ток эмиссии I_{em} .

Техническим результатом заявленного изобретения является разработка более стабильного способа генерации электронного пучка путем введения самосогласованной отрицательной обратной связи при установке в пространство плазменного эмиттера специального электрода, находящегося под плавающим потенциалом или подключенного через сопротивление R к аноду плазменного эмиттера.

Способ генерации электронного пучка для источников электронов с плазменными эмиттерами и анодной плазмой, заключается в том, что используют источник электронов с плазменным эмиттером, транспортировка электронного пучка в котором осуществляется в анодной плазме. В пространство плазменного эмиттера вводят специальный электрод, который имеет плавающий потенциал либо подключен к аноду разрядной системы плазменного эмиттера через сопротивление, и который принимает ускоренный поток ионов из анодной плазмы. Специальный электрод устанавливают в пространстве плазменного эмиттера между перераспределяющим электродом и эмиссионным электродом, при этом площадь проекции специального электрода на эмиссионный электрод должна превышать площадь проекции перераспределяющего электрода на эмиссионный электрод для выполнения условия максимальной фиксации ионного потока со стороны ускоряющего промежутка. Перераспределяющий электрод подключен к аноду через сопротивление $R < 100$ Ом, а специальный электрод через $R > 1$ кОм, что повышает стабильность зажигания и горения тока дугового разряда в плазменном эмиттере и снижает влияние ионного потока из ускоряющего промежутка на генерацию эмиссионной плазмы.

Повышение стабильности работы плазменного катода и источника электронов в целом связано с появлением механизма снижения неконтролируемого роста тока в ускоряющем промежутке, основанного на отрицательной обратной связи, когда при неконтролируемом увеличении тока в ускоряющем промежутке за счет появления высокой доли ионов, ускоренных в слое между анодной/пучковой и катодной плазмами, происходит снижение доли электронов, извлеченных из плазменного эмиттера при постоянной величине тока разряда. Такая отрицательная обратная связь для общего тока в ускоряющем промежутке (согласно формуле 1) обеспечивается за счет появления положительного потенциала относительно анода разряда плазменного эмиттера при бомбардировке ионами специального электрода обратной связи и переключения за счет этого части тока разряда на этот электрод.

Пример использования заявленного изобретения приведен ниже.

На фиг. 1 схематично показан источник электронов с плазменным эмиттером на основе дугового разряда низкого давления с сеточной стабилизацией границы эмиссионной плазмы и открытой границей анодной/пучковой плазмы. Катодное пятно дугового разряда инициируется на катоде 1, что приводит к зажиганию дугового разряда низкого давления и наработке эмиссионной плазмы 3. Перераспределяющий электрод 2 служит для снижения пространственной неоднородности плотности тока разряда в области мелкоструктурной металлической эмиссионной сетки 5 и подключен к аноду дугового разряда через токоограничивающее сопротивление $R1 < 100$ Ом. Электрод 4 является электродом отрицательной обратной связи и подключен к аноду

дугового разряда через сопротивление $R_2=0$ Ом либо $R_2=4,7$ кОм. В данном случае проекция площади электрода 4 на эмиссионную сетку 5 была равна проекции площади эмиссионной сетки 5 на электрод 4. Под действием постоянного ускоряющего напряжения, приложенного между электродом 5 и ускоряющим электродом, объединенным с трубой дрейфа 6, из плазменного эмиттера происходит отбор электронов, которые ускоряются и транспортируются до коллектора 8. Нарботка анодной плазмы 7 происходит самим электронным пучком.

На фиг. 2 приведены осциллограммы ускоряющего напряжения U_g (9), тока в ускоряющем промежутке I_g (10), тока дугового разряда I_d (11) и тока в цепи электрода отрицательной обратной связи I_{R_2} (12) при $R_2=0$ Ом. Масштаб: 9 – 5кВ/дел., 10 – 40 А/дел., 11 – 25 А/дел., 12 – 25 А/дел.

На фиг.3 приведены осциллограммы ускоряющего напряжения U_g (9), тока в ускоряющем промежутке I_g (10), тока дугового разряда I_d (11) и тока в цепи электрода отрицательной обратной связи I_{R_2} (12) при $R_2=4,7$ кОм. Масштаб: 9 – 5кВ/дел., 10 – 40 А/дел., 11 – 25 А/дел., 12 – 0,25 А/дел.

Из фиг. 2 видно, что при $R_2=0$ Ом ток в ускоряющем промежутке I_g может многократно превышать ток дугового разряда I_d . В этом случае на специальном электроде 4 фиксируется ток I_{R_2} , обусловленный ионной компонентой из ускоряющего промежутка. Амплитуда тока I_{R_2} может достигать десятков ампер. Из фиг. 3 видно, что увеличение сопротивления R_2 до значения $R_2=4,7$ кОм приводит к появлению высокочастотной составляющей (на уровне 50 кГц) на токах I_g и I_{R_2} , что позволяет снизить величину выброса тока в ускоряющем промежутке с $I_g=240$ А до $I_g=150$ А, а ток I_{R_2} при этом снижается на несколько порядков. в отсутствие ускоряющего напряжения увеличение сопротивления R_2 приводит к уменьшению доли тока разряда I_d замыкающейся в цепи электрода 4, а также появлению высокочастотной составляющей (уровня 50 кГц) на сигнале тока в цепи электрода 4. Это связано с тем, что наличие сопротивления и ускоренного ионного потока приводит к изменению потенциала электрода 4, перераспределению тока плазменных электронов, и уменьшению тока эмиссии.

Источники информации:

[1] Бугаев С.П., Крейнделю Ю.Е., Щанин П.М. Электронные пучки большого сечения. – Москва: Энергоатомиздат. – 1984. – 113 с.

[2] Гаврилов Н.В., Гушенец В.И., Коваль Н.Н., Окс Е.М. и др. Источники заряженных частиц с плазменным эмиттером. – Екатеринбург: УИФ «Наука». – 1993. – 148 с.

[3] Коваль Н.Н., Е.М. Окс, Ю.С. Протасов, Н.Н. Семашко. Эмиссионная электроника // М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 596 с.

[4] Источники электронов с плазменным эмиттером. Под ред. Крейнделю Ю.Е. – Новосибирск: Наука, 1983. – 115 с.

[5] Форвакуумные плазменные источники электронов / В.А. Бурдовицин, А.С. Климов, А.В. Медовник, Е.М. Окс, Ю.Г. Юшков. –Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 288 с.

[6] Воробьёв М.С., Гамермайстер С.А., Девятков В.Н., Коваль Н.Н., Сулакшин С.А., Щанин П.М. Источник электронов с многодуговым плазменным эмиттером для получения мегаваттных пучков субмиллисекундной длительности. Письма в ЖТФ, 2014. – Т.40. – Вып.12. – С. 24–30.

[7] Бугаев С.П., Крейнделю Ю.Е., Щанин П.М. Техника получения высокоэнергетических электронных пучков с большим поперечным сечением. ПТЭ,

1980. – №1. – С. 7–24.

[8] Крейнделъ Ю.Е., Мартенс В.Я., Съедин В.Я., Гавринцев С.В.. Электронная пушка непрерывного действия с плазменным катодом большой площади. ПТЭ, 1982. – №4. – С. 178–180.

5 [9] Бурдовицин В.А. Источник электронов с плазменным катодом для генерации сфокусированного пучка в форвакуумном диапазоне давлений / В.А. Бурдовицин, И.С. Жирков, Е.М. Окс и др. // Приборы и техника эксперимента. – 2005. – № 6. – С. 66–68.

[10] Бурдовицин В.А. Расширение рабочего диапазона форвакуумных плазменных источников электронов в область более высоких давлений / В.А. Бурдовицин, А.К. Гореев, А.С. Климов и др. // ЖТФ. – 2012. – Т. 82, вып. 8. – С. 62–66.

[11] Пат. Российская Федерация, МПК H05H 5/00 (2006.01). Форвакуумный источник импульсного электронного пучка / В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, А.В. Казаков, Е.М. Окс; заявитель и патентообладатель Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – № 2013128695/15 07; заявл. 26.06.2012; опубл. 20.11.2013, Бюл. № 32. – 2 с.: ил.

[12] Пат. Российская Федерация, МПК H05H 1/00 (2006.01). Плазменный электронный источник / В.А. Бурдовицин, М.Н. Куземченко, Е.М. Окс; заявитель и патентообладатель Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – № 2005140126/06; заявл. 21.12.2005; опубл. 20.09.2007, Бюл. № 26. – 4 с.: ил.

[13] Nikolai N. Koval, Sergei V. Grigoryev, Vladimir N. Devyatkov, Anton D. Teresov, and Peter M. Schanin. Effect of Intensified Emission During the Generation of a Submillisecond Low-25 Energy Electron Beam in a Plasma-Cathode Diode. IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL. 37, NO. 10, OCTOBER 2009. PP. 1890-1896.

[14] В. А. Груздев, Ю. Е. Крейнделъ, Ю. М. Ларин, Отбор электронов из плазмы в присутствии газа в высоковольтном промежутке, ТВТ, 1973, том 11, выпуск 3, 482–486.

[15] В. А. Груздев, Ю. Е. Крейнделъ, Ю. М. Ларин. Влияние ионизации газа в30 высоковольтном промежутке с плазменным катодом на положение эмитирующей поверхности плазмы. 1973, ЖТФ, Т. XLIII, В.11, СС. 2318-2323.

[16] Коваль, Т. В. Исследование генерации плазмы и токопрохождения интенсивного низкоэнергетического электронного пучка / Т. В. Коваль, Ле Ху Зунг // Изв. вузов. Физика. – 2014. – Т. 57. – № 3-2. – С. 118-121.

35 [17] Девятков В.Н. и др. Плазменные сетчатые катоды на основе контрагированного дугового разряда для генерации импульсного интенсивного низкоэнергетического электронного пучка в плазмонаполненном диоде с продольным магнитным полем, Труды VI международного Крейнделевского семинара «Плазменная эмиссионная обработка», Улан-Удэ, Издательство Бурятского научного центра СО РАН, 2018, с.26-40 31.

(57) Формула изобретения

Способ генерации электронного пучка для источников электронов с плазменными эмиттерами и анодной плазмой, заключающийся в том, что используют источник45 электронов с плазменным эмиттером, транспортировка электронного пучка в котором осуществляется в анодной плазме, отличающийся тем, что в пространство плазменного эмиттера вводят электрод, который имеет плавающий потенциал либо подключен к аноду разрядной системы плазменного эмиттера через сопротивление и который

принимает ускоренный поток ионов из анодной плазмы, при этом электрод
устанавливают в пространстве плазменного эмиттера между перераспределяющим
электродом и эмиссионным электродом, при этом площадь проекции электрода на
эмиссионный электрод должна превышать площадь проекции перераспределяющего
5 электрода на эмиссионный электрод для выполнения условия максимальной фиксации
ионного потока со стороны ускоряющего промежутка с подключением
перераспределяющего электрода к аноду через сопротивление $R < 100$ Ом, электрода
через $R > 1$ кОм, что повышает стабильность зажигания и горения тока дугового разряда
в плазменном эмиттере и снижает влияние ионного потока из ускоряющего промежутка
10 на генерацию эмиссионной плазмы.

15

20

25

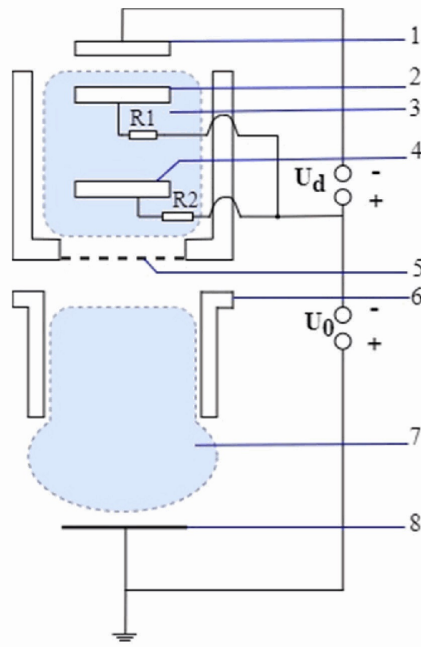
30

35

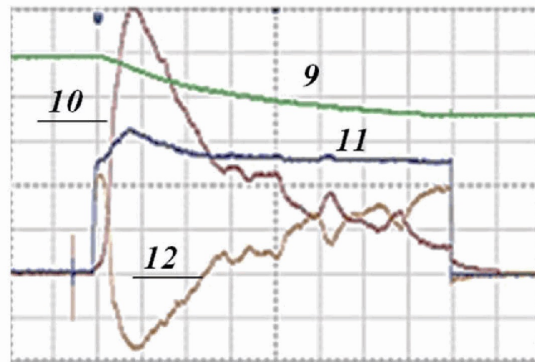
40

45

1

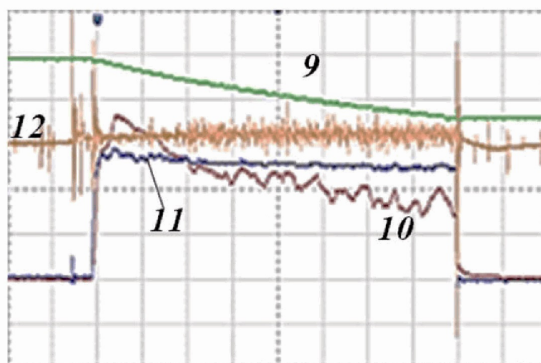


Фиг. 1



Фиг. 2

2



Фиг. 3