



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F03H 1/00 (2019.08); H01J 17/06 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019117652, 06.06.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.06.2019

Дата регистрации:
26.12.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 06.06.2019

(45) Опубликовано: 26.12.2019 Бюл. № 36

Адрес для переписки:
117246, Москва, Научный пр-д, 20, стр. 2, ЗАО
"СуперОкс", ген. директору ЗАО "СуперОкс",
С.В. Самойленкову

(72) Автор(ы):
Воронов Алексей Сергеевич (RU),
Егоров Игорь Дмитриевич (RU),
Самойленков Сергей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Закрытое акционерное общество "СуперОкс"
(ЗАО "СуперОкс") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: CN A 106531591, 22.03.2017. RU
2348832 C2, 10.03.2009. RU 2522702 C1,
20.07.2014. WO 2015118177 A1, 13.08.2015.

(54) МНОГОПОЛОСТНОЙ КАТОД ДЛЯ ПЛАЗМЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ

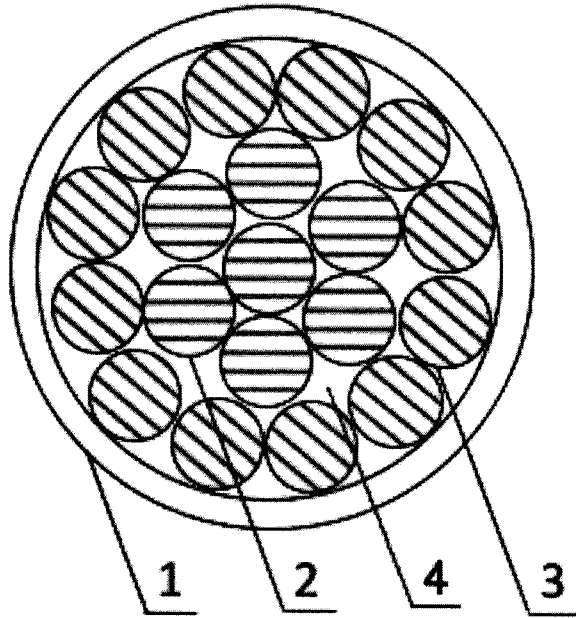
(57) Реферат:

Изобретение относится к плазменной технике, а именно к полым многополостным катодам, которые могут быть использованы в плазменных ракетных двигателях, а также в технологических источниках плазмы, предназначенных для ионно-плазменной обработки материалов в вакууме либо в качестве автономно функционирующих источников плазмы. Многополостной катод для плазменного двигателя включает катодную трубку из тугоплавкого металлического материала со множеством излучателей, выполненных в виде цилиндрических стержней из тугоплавкого металлического материала,

размещенных параллельно друг другу и сопряженных между собой и стенками катодной трубки с образованием между ними полостей в виде продольных каналов, где упомянутые цилиндрические стержни выполнены из материала с меньшей работой выхода электрона, чем у материала катодной трубки. При использовании изобретения достигается снижение расхода рабочего вещества через катод и повышение ресурса катода вследствие снижения уноса материала катода из полости при его испарении, а также повышение надежности зажигания разряда в полости. 6 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 710 455 C1

RU 2 710 455 C1



Фиг. 1

RU 2710125 C1

RU 2710455 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F03H 1/00 (2006.01)
H01J 17/06 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F03H 1/00 (2019.08); *H01J 17/06* (2019.08)

(21)(22) Application: **2019117652, 06.06.2019**

(24) Effective date for property rights:
06.06.2019

Registration date:
26.12.2019

Priority:

(22) Date of filing: **06.06.2019**

(45) Date of publication: **26.12.2019** Bull. № 36

Mail address:

117246, Moskva, Nauchnyj pr-d, 20, str. 2, ZAO "SuperOks", gen. direktoru ZAO "SuperOks", S.V. Samojlenkovu

(72) Inventor(s):

**Voronov Aleksej Sergeevich (RU),
Egorov Igor Dmitrievich (RU),
Samojlenkov Sergej Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "SuperOks" (ZAO "SuperOks") (RU)

(54) **MULTICAVITY CATHODE FOR PLASMA ENGINE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to plasma engineering, namely hollow multicavity cathodes, which can be used in plasma rocket engines, as well as in plasma process sources intended for ion-plasma treatment of materials in vacuum or as autonomous functioning plasma sources. Multicavity cathode for plasma engine includes cathode tube from refractory metal material with multiple emitters, made in the form of cylindrical rods of refractory metal material, arranged in parallel to each other and interfaced with each other and walls of the cathode tube with formation between

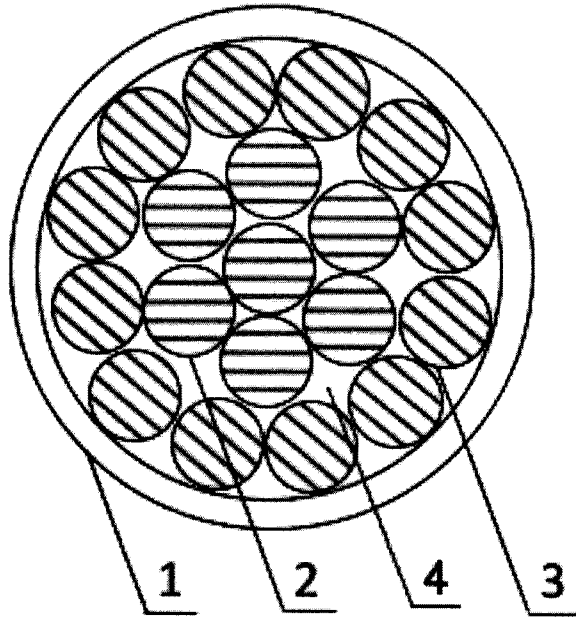
them cavities in the form of longitudinal channels, where said cylindrical rods are made of material with lower work function of electron than that of cathode tube material.

EFFECT: when using the invention, reducing the flow rate of the working medium through the cathode and increasing the life of the cathode owing to reduced entrainment of the cathode material from the cavity during its evaporation, as well as high reliability of ignition of the discharge in the cavity.

7 cl, 3 dwg

RU 2 710 455 C1

RU 2 710 455 C1



Фиг. 1

RU 2710455 C1

RU 2710455 C1

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ.

Изобретение относится к плазменной технике, а именно к полым многополостным катодам, которые могут быть использованы в плазменных ракетных двигателях, а также в технологических источниках плазмы, предназначенных для ионно-плазменной обработки материалов в вакууме либо в качестве автономно функционирующих источников плазмы.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ.

Катод, имеющий несколько полостей, сообщающихся с основным объемом плазменной установки, называется многополостным.

Такой катод может представлять собой корпус в виде трубки из тугоплавкого металла, в котором размещены многочисленные металлические излучатели, обладающие высокой способностью к эмиссии электронов. Излучатели размещают таким образом, чтобы они образовывали между собой и стенками катодной трубки множество воздушных полостей, в которые осуществляется подача рабочего вещества. При работе двигателя поверхность катода эмитирует электроны. Эмиссия электронов необходима для ионизации рабочего тела и создания плазмы. Плазма затем ускоряется в электромагнитном поле двигателя, создавая тягу. Многополостная конфигурация катода имеет ряд существенных преимуществ перед катодом, не имеющим полостей: ускорение электронов в прикатодном электрическом поле и последующая их осцилляция внутри полостей, вызванная их отражением от прикатодного потенциального барьера, обеспечивает эффективную ионизацию рабочего тела;

при использовании катода для подачи рабочего тела, внутри полостей создается повышенная его концентрация, что дополнительно повышает эффективность ионизации; многополостной катод имеет большую площадь поверхности, а значит, может обеспечить требуемую эмиссию электронов при меньшей рабочей температуре, что положительно сказывается на ресурсе;

значительная часть материала катода, распыленного или испаренного с поверхности внутри полостей, вновь оседает на катоде, что снижает скорость его эрозии, повышая ресурс.

Многополостные катоды, в том числе и для ракетных двигателей, раскрываются в таких патентах, как RU 2348832, RU 2351800 и RU 2139590.

Как следует из данных патентов, форма излучателей оказывает определенное влияние на характеристики самого катода.

Так, в патенте RU 2139590 описывается катодный узел, содержащий корпус в форме трубки, в котором размещен полостной термоэмиссионный катод, полость которого сообщена с внешним источником плазмообразующего вещества, и дополнительный электрод, размещенный внутри корпуса и электрически изолированный от него, где термоэмиссионный катод выполнен в виде пакета пластин с соосными отверстиями, установленных с зазором друг относительно друга при помощи расположенных между ними дистанционирующих пластин с соосными отверстиями большего размера, при этом пластины образуют полости, с поверхностями которых осуществляется эмиссия электронов.

Техническим результатом известного технического является снижение расхода рабочего вещества через катод и повышение ресурса катода вследствие снижения уноса материала катода из полости при его испарении, а также повышение надежности зажигания разряда в полости.

В статье В.Г. Островского, А.А. Смоленцева, Б.А. Соколова «Опыт создания электроракетных двигателей большой мощности в ОАО «Ракетно-космическая

корпорация «Энергия» имени С.П. Королева» (см. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск No 60 www.mai.ru/science/trudy/ УДК 621.455.32, с. 6) говорится о катоде, в котором излучатели в виде вольфрамовых проволок диаметром 1...2 мм плотно упакованы в вольфрамовую обойму, что позволило обеспечить длительную стационарную работу двигателя (часы, десятки часов), а также позволило получить миделевую плотность тока более 100 А/см².

Техническое решение по китайскому патенту CN 106531591 А, являющееся наиболее близким к известному раскрывает многополостной плазменный катод, который содержит катодную трубку из тугоплавкого металла (тантала, вольфрама или ниобия), в которой размещены многочисленные металлические излучатели в виде металлических стержней или трубок из вольфрама, тантала или ниобия, соприкасающиеся между собой и стенкой катодной трубки и образующие воздушные полости между ними.

Продольные полости, образованные зазорами между стержнями, могут использоваться для подачи рабочего тела в разрядную камеру плазменного двигателя. В этом случае катод задним концом катод соединен с системой подачи рабочего тела.

К недостаткам данного технического решения можно отнести то, что катод, имеющий полости, не всегда стабильно работает в многополостном режиме. Для реализации этого режима, плазма должна проникнуть внутрь полостей и образовать в них прикатодный барьер. В противном случае электрический потенциал самого катода и пространства внутри полостей будет одинаковым, электроны, эмитированные внутри полостей, будут иметь тепловую энергию, недостаточную для ионизации рабочего тела. В ситуации, когда плазма не проникает внутрь полостей катода, прикатодный барьер образуется только вокруг внешней поверхности катода, и он работает аналогично катоду, не имеющему полостей.

Технической проблемой известного технического решения является то, что выход катода из многополостного режима существенно снижает эффективность его работы, повышает потери энергии на ионизацию рабочего тела и снижает ресурс конструкции.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ.

Изобретение позволяет устранить такие технические проблемы как низкая эффективность работы многополостного плазменного катода, а также высокие потери энергии на ионизацию рабочего тела и низкий ресурс конструкции катода.

Данная техническая проблема решается тем, что многополостной катод для плазменного двигателя включает катодную трубку из тугоплавкого металлического материала со множеством излучателей, выполненных в виде цилиндрических стержней из тугоплавкого металлического материала, размещенных параллельно друг другу и сопряженных между собой и стенками катодной трубки с образованием между ними полостей в виде продольных каналов, где упомянутые цилиндрические стержни выполнены из материала с меньшей работой выхода электрона, чем у материала катодной трубки.

В частных воплощениях катода катодная трубка может быть выполнена из тантала или вольфрама.

В других частных воплощениях изобретения в катоде в соответствии с изобретением, стержни, размещенные в центральной части, могут быть выполнены из тугоплавкого материала, обладающего меньшей работой выхода электрона, чем у материала, из которого выполнены стержни, размещенные на периферии катодной трубки.

В катоде стержни могут быть выполнены из сплава системы вольфрам-торий.

В наилучших воплощениях катода, стержни на периферии катода могут быть выполнены из вольфрама или сплава вольфрама с содержанием тория от 1,0 до 2,0

масс. %, а стержни в центре катода выполнены из сплава вольфрама с содержанием тория от 4,0 до 5,0 масс. %.

В некоторых воплощениях катода все стержни имеют один диаметр

В других воплощениях катода стержни имеют различные диаметры.

5 Сущность изобретения состоит в следующем.

В многополостном режиме работы двигателя основная часть рабочей площади катода - это боковые стенки стержней, а при выходе его из этого режима - поверхность внешней трубки, для повышения стабильности многополостного режима предлагается изготавливать стержни из материала, имеющего меньшую работу выхода электрона, чем у материала трубки.

10 Кроме того, возможны промежуточные режимы работы катода, когда лишь часть полостей заполнена плазмой и, соответственно, находится в рабочем режиме. Если работающие полости случайным образом сгруппируются с одного края катода, то это может привести к существенной асимметрии в работе двигателя. Этого можно избежать, если изготовить стержни на периферии катода и в его центре из материалов с различной работой выхода электрона, а именно использовать материал с минимальной работой выхода в центральной части катода.

Все это позволяет повысить эффективность работы катода и снизить потери энергии на ионизацию рабочего тела.

20 Изобретение иллюстрируется следующими фигурами.

На фиг. 1 схематично изображен торец катода.

На фиг. 2 схематично изображен продольный разрез катода.

На фиг. 3 приведена схема, иллюстрирующая работу катода

Позиции означают следующее.

- 25
1. Катодная трубка
 2. Стержень центральной части
 3. Стержень на периферии
 4. Продольный канал
 5. Распределяющая полость

30 Плазменный катод включает катодную трубку (1), выполненную из материала с относительно высокой работой выхода электрона, в которую вставлены центральные стержни (2) и периферийные стержни (3). Стержни 2 и 3 установлены параллельной друг другу, сопряжены друг с другом и стенками катодной трубки (1) и образуют вертикальные полости (4).

35 Материал стержней (2), расположенных в центральной части, имеет работу выхода электронов ниже, чем материал стержней (3), расположенных на периферии.

В качестве материала с относительно высокой работой выхода электронов может быть использован вольфрам ($e\phi=4,54-4,55$ eV) или тантал ($e\phi=4,1$ eV).

40 Легирование вольфрама или тантала может сильно снизить работу выхода электрона, например, легирование торием может уменьшить работу выхода до 3,0 eV.

В свою очередь, концентрация легирующего элемента также оказывает влияние на работу выхода. Так, сплав вольфрама с 1,0-2,0 масс. % тория обладает более высокой работой выхода электрона, чем сплав с 4,0-5,0 масс. % тория.

45 Для реализации изобретения возможны различные варианты подбора материала катодной трубки и материала стержней. Трубка (1), например, может быть выполнена из вольфрама или тантала. Стержни (3) могут быть изготовлены из вольфрама с низкой концентрацией тория (1,0-2,0 масс. %), снижающего работу выхода электронов, или чистого вольфрама, а стержни (2) - из вольфрама с более высокой концентрацией тория

(4,0-5,0 масс. %).

Данная конфигурация катода не является исчерпывающей.

Возможны и другие сочетания материалов.

Кроме тория для уменьшения работы выхода электрона, вольфрам или тантал можно
 5 легировать, в частности, такими металлами как лантан, иттрий, цирконий, гафний и
 пр. Количество стержней в трубе, схема их размещения, а также длина стержней и трубы
 могут варьироваться. В соответствии с изобретением важно, чтобы стержни были
 установлены параллельно друг другу вдоль продольной оси катода, чтобы, смыкаясь
 друг с другом и стенками катодной трубки, образовывали продольные каналы (4).
 10 Такое расположение стержней обеспечивает наилучший электрический контакт между
 ними и, соответственно, равномерное распределение электрического тока по всем
 стержням.

Кроме того, в распространенном случае работы катода во внешнем продольном
 магнитном поле, параллельность продольных каналов (4) облегчает проникновение в
 15 них плазмы и, соответственно, обеспечивает стабильность работы катода именно в
 многополостном режиме.

Диаметр стержней в катоде также может варьироваться. Все стержни (2, 3) могут
 быть одного диаметра, как это представлено на фиг. 1.

Однако, в некоторых случаях возможно выполнение стержней разного диаметра:
 20 стержни с малыми диаметрами размещают между стержней с большими диаметрами.
 В некоторых случаях это может облегчить согласование стержней с диаметром из
 стандартного ряда с трубкой стандартного размера. Кроме того, за счет применения
 стержней различного диаметра может регулироваться размер каналов.

Многополостный катод для плазменного двигателя работает следующим образом.
 25 В распределительную полость (5) катода (Фиг. 2) подается рабочий газ, например
 аргон или ксенон, который из полости (5) равномерно поступает во все продольные
 каналы (4), после чего на катод подается отрицательное, относительно анода,
 напряжение (Фиг. 3). В следствии протекания электрического тока и контакта с плазмой,
 и/или благодаря работе какого-либо нагревателя, катод нагревается и, за счет эффекта
 30 термоэлектронной эмиссии, испускает внутрь своих каналов (4) электроны.

Рабочий газ, проходя по каналам, внутри которых осциллируют между прикатодными
 барьерами электроны, ионизируется и превращается в плазму, которая выходит через
 торец катода, противоположный распределительной полости (см. фиг. 4).

Как следует из представленных материалов, изобретение позволяет снизить расход
 35 рабочего вещества через катод и повысить ресурс катода вследствие снижения уноса
 материала катода из полости при его испарении, а также повысить надежность
 зажигания разряда в полости.

(57) Формула изобретения

40 1. Многополостной катод для плазменного двигателя, включающий катодную трубку
 из тугоплавкого металлического материала со множеством излучателей, выполненных
 в виде цилиндрических стержней из тугоплавкого металлического материала,
 размещенных параллельно друг другу и сопряженных между собой и стенками катодной
 трубки с образованием между ними полостей в виде продольных каналов, где
 45 упомянутые цилиндрические стержни выполнены из материала с меньшей работой
 выхода электрона, чем у материала катодной трубки.

2. Катод по п. 1, в котором катодная трубка выполнена из тантала или вольфрама.

3. Катод по п. 1, в котором стержни, размещенные в его центральной части,

выполнены из тугоплавкого материала, обладающего меньшей работой выхода электрона, чем у материала, из которого выполнены стержни, размещенные на периферии катодной трубки.

4. Катод по п. 1, в котором стержни выполнены из сплава системы вольфрам-торий.

5 5. Катод по п. 4, в котором стержни на периферии катода выполнены из сплава вольфрама с содержанием тория от 1,0 до 2,0 масс. %, а стержни в центре катода выполнены из сплава вольфрама с содержанием тория от 4,0 до 5,0 масс. %.

6. Катод по п. 1, в котором стержни имеют один диаметр.

7. Катод по п. 1, в котором стержни имеют различные диаметры.

10

15

20

25

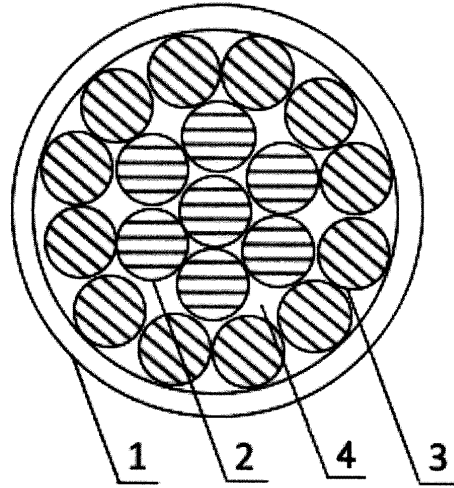
30

35

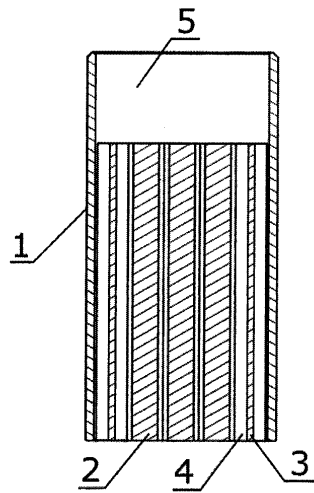
40

45

1

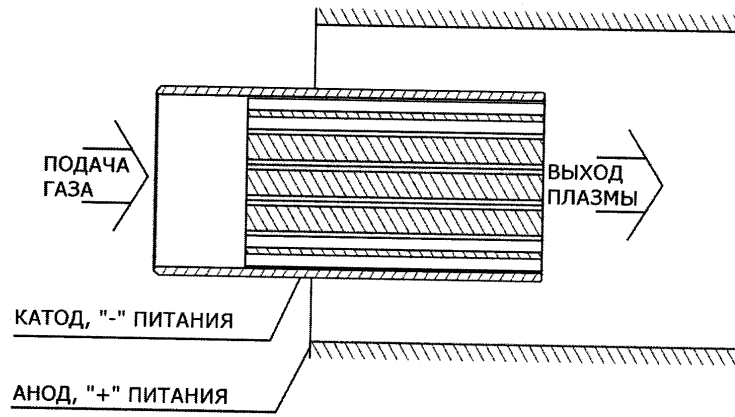


Фиг. 1



Фиг.2

2



Фиг.3