



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01L 25/00 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024125730, 02.09.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.09.2024

Дата регистрации:
06.06.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.09.2024

(45) Опубликовано: 06.06.2025 Бюл. № 16

Адрес для переписки:

105005, Москва, вн.тер.г. Муниципальный
округ Басманный, 2-я Бауманская ул., 5, стр.
1, ФГБОУ ВО МГТУ, Амелина Ксения
Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Воробьев Евгений Валентинович (RU),
Манегин Денис Сергеевич (RU),
Серушкин Сергей Валерьевич (RU),
Соколов Владимир Дмитриевич (RU),
Ивахненко Сергей Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.Баумана
(национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Манегин Д.С., Соколов В.Д., Шилов
С.О. и др. "Исследование параметров работы
бессточных ионных источников".

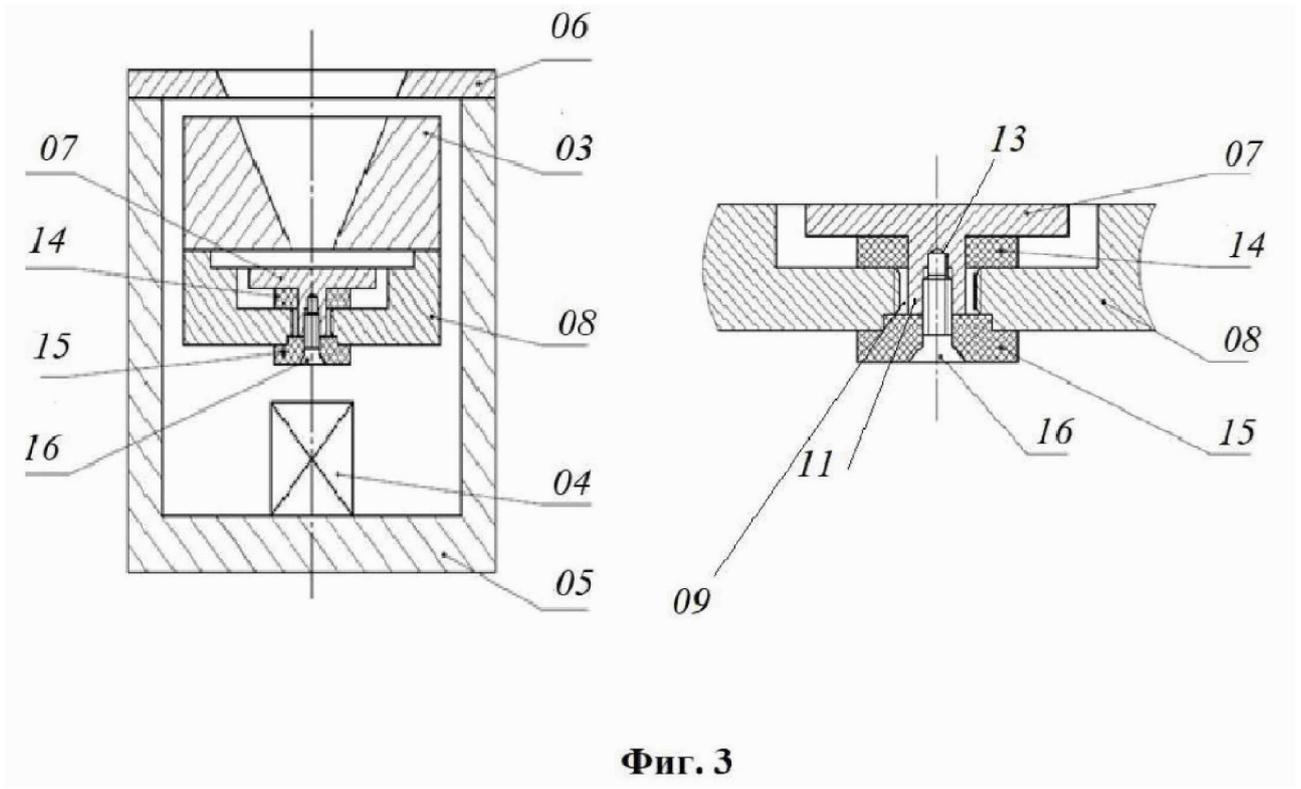
Инженерный журнал: наука и инновации N
12 2023. US 4016421 A, 05.04.1977. US 2006/
0030134 A1, 09.02.2006. SU 1625254 A3,
10.04.1995.

(54) ИСТОЧНИК ИОНОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области плазменной
техники. Бессточный источник ионов содержит
магнит, внешний полюсный магнитный элемент,
связанный с магнитом через магнитопровод,
анод, расположенный между полюсным
магнитным элементом и магнитом,
расположенные между магнитом и анодом
основание и отражатель, при этом в основании
выполнено сквозное центральное резьбовое
отверстие, а отражатель является сменным и

содержит стержневую часть отражателя,
выполненную таким образом, что обеспечивается
возможность присоединения стержневой части
отражателя к основанию через центральное
резьбовое отверстие посредством разъемного
соединения резьбового типа или через изоляторы.
Техническим результатом изобретения является
расширение функциональных возможностей
бессточного источника ионов. 3 ил.



Фиг. 3

RU 2841322 C1

RU 2841322 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01L 25/00 (2025.01)

(21)(22) Application: **2024125730, 02.09.2024**

(24) Effective date for property rights:
02.09.2024

Registration date:
06.06.2025

Priority:
(22) Date of filing: **02.09.2024**

(45) Date of publication: **06.06.2025** Bull. № 16

Mail address:
**105005, Moskva, vn.ter.g. Munitsipalnyj okrug
Basmannyj, 2-ya Baumanskaya ul., 5, str. 1,
FGBOU VO MGTU, Amelina Kseniya Evgenevna**

(72) Inventor(s):
**Vorobev Evgenii Valentinovich (RU),
Manegin Denis Sergeevich (RU),
Serushkin Sergei Valerevich (RU),
Sokolov Vladimir Dmitrievich (RU),
Ivakhnenko Sergei Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnikeskii universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)»
(MGTU im. N.E. Baumana) (RU)**

(54) **ION SOURCE**

(57) Abstract:
FIELD: plasma technology.
SUBSTANCE: gridless ion source comprises a magnet, an external polar magnetic element connected to the magnet through a magnetic conductor, an anode located between the polar magnetic element and the magnet, a base and a reflector located between the magnet and the anode, wherein in base there is through central threaded hole, and the reflector is replaceable

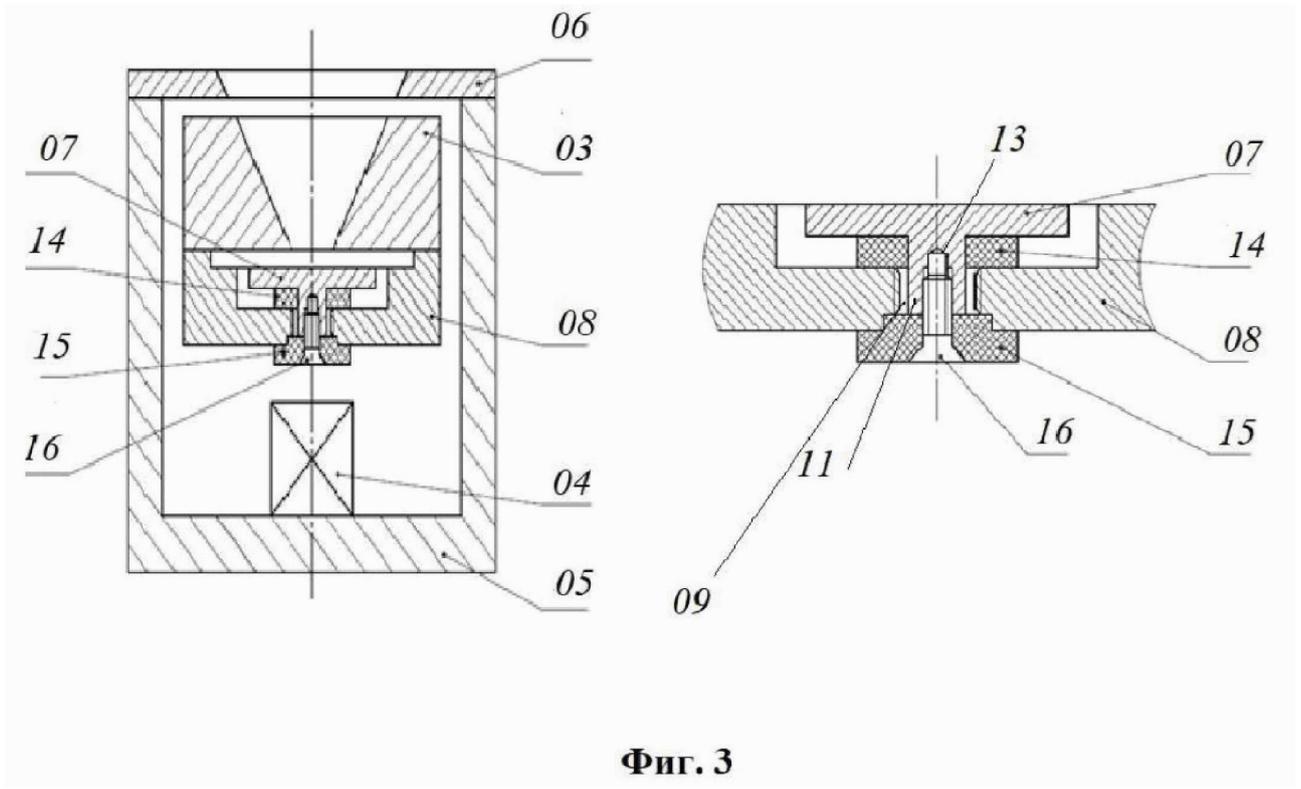
and comprises a rod part of the reflector made in such a way that it is possible to attach the rod part of the reflector to the base through the central threaded hole by means of a detachable threaded connection or through insulators.

EFFECT: broader functional capabilities of a gridless ion source.

1 cl, 3 dwg

RU 2 841 322 C1

RU 2 841 322 C1



Фиг. 3

RU 2841322 C1

RU 2841322 C1

Изобретение относится к области плазменной техники, а именно к устройствам для получения пучков ионов (бессеточным источникам ионов), предназначенным для применения в процессе обработки поверхности изделий и нанесения на них покрытий и может быть использовано, в частности в технологических процессах
5 напыления тонких пленок и покрытий.

Из изобретения по патенту US 6608431 В1 МПК F03H5/00, опубл. 19.08.2003, известно устройство модульного бессеточного источника ионов, содержащее катод, излучающий электроны; рабочую камеру; анодный модуль с анодом, защитным экраном со стенкой, внутренним торцем и открытым внешним торцем; средство для подачи ионизируемого
10 рабочего газа в камеру; модуль питания и управления магнитной цепи для создания магнитного поля между анодом и катодом, при этом анодный модуль находится в связи с модулем питания и управления магнитной цепи и имеет возможность разъединения связи с ним. Несмотря на то, что в этом бессеточном источнике ионов со съемным анодным модулем потери рабочего газа сведены к минимуму за счет специального кожуха, окружающего анод, реальный ресурс задней стенки рабочей камеры является
15 небольшим за счет того, что в процессе работы происходит распыление задней стенки рабочей камеры ионами разряда вместе с загрязнением обрабатываемой ионным пучком поверхности продуктами распыления.

Из изобретения по патенту US 10068739 В2 МПК H01J27/14, опубл. 04.09.2018,
20 известно устройство ионного источника типа Холла, содержащее блок генерирования ионов, включающий разрядную камеру с первым торцем, вторым торцем и сторонами, при этом первый торец является открытым; блок эмиссии электронов, расположенный за пределами указанной области камеры; анод; отражатель; средство для подачи ионизируемого рабочего газа в указанную камеру; магнитопровод, включающий
25 магнитопроницаемый внутренний полюсный наконечник, расположенный за пределами второго торца камеры рядом с отражателем и магнитопроницаемый теплопроводящий внешний полюсный наконечник, расположенный вокруг указанного первого торца камеры и между анодом и блоком эмиссии электронов, при этом магнитопровод расположен между внутренним полюсным наконечником и внешним полюсным
30 наконечником; генератор магнитного поля, расположенный на магнитопроводе; модуль охлаждения, включающий теплопроводящий кожух, с закрытым концом, боковой стенкой, открытым концом и внутренними каналами, через которые может протекать жидкость, при этом кожух охватывает анод и отражатель, не находясь в физическом или электрическом контакте с ними, закрытый конец расположен между отражателем
35 и внутренним полюсным наконечником, а кожух и внешний полюсный наконечник находятся в физическом контакте друг с другом, кожух и/или внешний полюсный наконечник состоят из материала с низкой микротвердостью в месте соединения, при этом низкая микротвердость означает максимальное значение микротвердости по Виккерсу около 1 ГПа или менее, соответствующее глубине вдавливания около 1 мкм;
40 сборочный узел крепления кожуха к внешнему полюсному источнику. Несмотря на то, что конструкция заявленного источника ионов не требует конвективного охлаждения или охлаждения путем теплоотвода частей с повышенным электрическим потенциалом, таких как анод и отражатель, а использует только радиационное охлаждение этих частей, и во время проведения технического обслуживания не требуется подключение
45 к системе охлаждения, в целом устройство является сложным в конструкции и обслуживании.

Из изобретения по патенту US 6849854 В2 МПК H01J49/10, H01J49/12, опубл. 01.02.2005, известен источник ионов, содержащий катод, анод, область ионизации между

катодом и анодом, магистраль подачи газа для введения ионизируемого газа в область ионизации, средства для создания разности потенциалов между катодом и анодом для создания потока электронов от катода к аноду, при этом поток электронов проходит через область ионизации и вызывает ионизацию газа с вытеснением ионов, созданных в области ионизации, из источника ионов, средства для концентрирования потока электронов внутри области ионизации для создания зоны, где поток электронов является максимальным, при этом магистраль подачи газа заканчивается по меньшей мере в одном отверстии, расположенном в непосредственной близости от зоны максимального потока электронов. Также из изобретения по патенту US 6645301 B2 B05C11/00, C23C16/00, C23C14/00, опубл. 11.11.2003, известен источник ионов, содержащий область ионизации, магистраль подачи газа для подачи ионизируемого газа в область ионизации, систему возбуждения газа для ионизации газа в области ионизации, средства воздействия на ионы и контроллер источника ионов, при этом средство воздействия на ионы осуществляет преобразование ионов, произведенных в области ионизации, в ионный ток, направленный на мишень, а контроллер источника ионов осуществляет управление источником ионов таким образом, чтобы периодически возбуждать ионный ток. Несмотря на то, что эти источники ионов обладают пониженным рабочим диапазоном значений расхода рабочего газа и, как следствие, существенно сниженным давлением в вакуумной камере, они характеризуются небольшими значениями плотности ионного тока в пучке, а для надежной работы требуются очень большие значения индукции магнитного поля.

Известен источник ионов, конструкция которого содержит съемный анодный модуль, описанный в изобретении по патенту US 7439521 B2 МПК H01J7/24, H01J49/10, опубл. 21.10.2008 и содержащий полюсный наконечник, прикрепленный к базовому модулю; пластину с устройством регулировки температуры; газораспределительный механизм, прикрепленный к пластине с устройством регулировки температуры посредством разъемного соединения; анод, прикрепленный к пластине с устройством регулировки температуры и полюсному наконечнику посредством разъемного соединения и электрически изолированный от полюсного наконечника, при этом при снятии полюсного наконечника с базового модуля полюсный наконечник, пластина с устройством регулировки температуры, газораспределительный механизм и анод отделяются от источника ионов как единый блок. Также подобные источники ионов описаны в изобретении по патенту US 7342236 B2 МПК H01J7/24, H01J49/10, опубл. 11.03.2008 г. и в изобретении по патенту US 7425711 B2 МПК H01J7/24, H01J49/10, опубл. 16.09.2008. Несмотря на то, что использование такого анодного модуля позволяет обеспечить более облегченный доступ к обслуживаемым компонентам источника ионов во время проведения технического обслуживания, а также сократить время однократной операции разборки (сборки) обслуживаемых компонентов, эффективная работа таких источников ионов возможна только для ограниченного количества вариантов конструктивного исполнения. Кроме того, в процессе эксплуатации таких источников ионов происходит интенсивное загрязнение поверхностей анода, газораспределительного механизма и пластины с устройством регулировки температуры, что требует проведения внеплановых работ, в каждом случае требующих большого количества дополнительных операций разборки (сборки) обслуживаемых компонентов, приводящих в каждом случае практически к полной разборке источника ионов.

Известен источник ионов типа Холла, описанный в изобретении по патенту US 8508134 B2 МПК H01J7/24, опубл. 13.08.2003, содержащий постоянный магнит, анод, разрядный канал, газораспределитель, связанное с анодом основание и отражатель

под плавающим электрическим потенциалом. Этот источник ионов характеризуется ограниченностью ресурса отражателя и области применения, обусловленной недостатками используемой в конструкции схемы подключения отражателя под плавающим потенциалом.

5 Наиболее близким по технической сущности является бессеточный источник ионов, описанный в статье Манегин Д.С., Соколов В.Д., Шилов С.О., Воробьев Е.В., Серушкин С.В., Ивахненко С.Г. Исследование параметров работы бессеточных ионных источников. Инженерный журнал: Наука и инновации, 2023, вып. 12, стр. 1-14, doi 10.18698/2308-6033-2023-12-2322, содержащий магнит, внешний полюсный магнитный
10 элемент, связанный с магнитом через магнитопровод, анод, расположенный между полюсным магнитным элементом и магнитом, расположенные между магнитом и анодом связанное с анодом основание и отражатель. Этот бессеточный источник ионов характеризуется ограниченностью применения, обусловленной тем, что в ряде режимов режимов работы концентрация нейтральных частиц рабочего газа в газоразрядной
15 камере может быть недостаточной или же может иметь место нарушение условий ионизации, приводящее к преждевременному стоку электронов из области горения разряда.

Техническим результатом, на достижение которого направлено данное изобретение, является расширение функциональных возможностей бессеточного источника ионов
20 за счет использования в конструкции как схемы подключения отражателя под плавающим потенциалом, так и схемы подключения отражателя под анодным потенциалом и обеспечения возможности ее оперативного изменения при одновременном соблюдении ограничения в форме использования одного и того же основания.

Технический результат достигается за счет того, что бессеточный источник ионов,
25 содержащий магнит, внешний полюсный магнитный элемент, связанный с магнитом через магнитопровод, анод, расположенный между полюсным магнитным элементом и магнитом, расположенные между магнитом и анодом основание и отражатель, отличается тем, что в основании выполнено сквозное центральное резьбовое отверстие, а отражатель является сменным и содержит стержневую часть отражателя, выполненную
30 таким образом, что обеспечивается возможность присоединения стержневой части отражателя к основанию через центральное резьбовое отверстие посредством резьбового соединения резьбового типа или через изоляторы.

Изобретение поясняется фигурами:

Фиг. 1 – обобщенная структурная схема бессеточного источника ионов;

35 Фиг. 2 – схема бессеточного источника ионов в сборе (подключение отражателя под анодным потенциалом);

Фиг. 3 – схема бессеточного источника ионов в сборе ионов в сборе (подключение отражателя под плавающим потенциалом);

Введены следующие обозначения, поясняющие фиг. 1-3:

40 01 – источник питания разряда;

02 – катод;

03 – анод;

04 – магнит;

05 – магнитопровод;

45 06 – внешний полюс магнитопровода;

07 – отражатель;

08 – основание;

09 – центральное резьбовое отверстие;

- 11 – стержневая часть отражателя;
- 12 – резьбовое соединение (схема с анодным потенциалом);
- 13– глухое отверстие;
- 14 – первый изолятор;
- 5 15 – второй изолятор;
- 16 – винт.

На фиг. 1 показана обобщенная структурная схема бессеточного источника ионов в целом. В состав бессеточного источника ионов входит магнитная система, образованная магнитом 04 и магнитопроводом 05 с внешним полюсом магнитопровода 10 06, при этом конструктивно внешний полюс магнитопровода 06 расположен между анодом 03 и катодом-нейтрализатором 02. Анод 03 может быть выполнен, например, с внутренней частью в виде усеченного конуса, конструктивно анод 03 расположен между магнитом 04 и внешним полюсом магнитопровода 06 и обращен внутренней частью в виде усеченного конуса в сторону внешнего полюса магнитопровода 06. Анод 15 может находиться в соединении с одной из сторон основания 08 (на фиг.1 не показано), выполненного со сквозным центральным резьбовым отверстием 09 (на фиг.1 не показано), в которое вкручивается (вставляется) и в котором закрепляется посредством разъемного соединения резьбового типа или через изоляторы сменный отражатель 07 со стержневой частью отражателя 11 (на фиг.1 не показана). Магнит 04 крепится к 20 другой стороне основания 08, в свою очередь основание 08, анод 03, катод-нейтрализатор 02 и магнитная система конструктивно находятся и закреплены в корпусе источника ионов (на фиг. 1 не показан). Анод 03 и катод 02, входящие в состав бессеточного источника ионов, выполнены с возможностью подключения к источнику питания разряда 01 через плюсовую (анод) и минусовую (катод) клеммы, при этом 25 источник питания разряда 01 конструктивно может быть выполнен как в в корпусе источника ионов, так и в отдельном корпусном исполнении.

На фиг. 2 показана схема бессеточного источника ионов в варианте сборки, где отражатель находится под анодным потенциалом. На фиг. 3 показана схема бессеточного источника ионов в варианте сборки, где отражатель находится под 30 плавающим потенциалом.

Перед началом работы, в зависимости от требований, предъявляемых к значениям характеристик плотности ионного тока в пучке в процессе работы и ограничениям на их изменение в процессе работы, бессеточный источник ионов собирают в и готовят к работе в каком-либо варианте сборки, например в варианте сборки, где отражатель 35 находится под анодным потенциалом. Для работы в режиме с анодным потенциалом используется сменный отражатель 07, конструкция которого выбирается или проектируется таким образом, чтобы стержневая часть отражателя 11 была выполнена с возможностью присоединения стержневой части отражателя 11 к основанию 08 через сквозное центральное резьбовое отверстие 09 посредством разъемного соединения 40 резьбового типа. Для этого поверхность стержневой части отражателя 11, предназначенного для работы под анодным потенциалом, выполняется с внешней резьбой, параметры которой соответствуют параметрам резьбы центрального резьбового отверстия 09, в процессе сборки стержневая часть отражателя 11 вкручивается в центральное резьбовое отверстие 09 с необходимым усилием затяжки 45 с образованием резьбового соединения 12. Для работы в режиме с анодным потенциалом основание 08 должно находиться в непосредственном электрическом контакте с анодом 03, это обеспечивается конструктивно.

После сборки и подготовки к работе начинают работу. В процессе работы в полость

газоразрядной камеры, образованную анодом 03, подается рабочий газ, при этом магнитная система, включающая магнит 04 (постоянный или на основе соленоида) и магнитопровод 05 с внешним полюсом магнитопровода 06, формирует расходящееся магнитное поле, а электрическое поле задается через источник питания 01 разностью потенциалов между двумя электродами – катодом 02 и анодом 03. Катод-нейтрализатор 02, который может быть выполнен, например в виде нити накала из термоэмиссионного материала или может являться газоразрядным источником электронов, эмитирует электроны в полость газоразрядной камеры, ограниченной внутренней поверхностью анода 03, в которой электроны удерживаются магнитным полем и ионизируют рабочий газ. Поскольку электроны попадают в область скрещенных полей, где их подвижность в сторону анода существенно ограничена, то это приводит к увеличению их концентрации. Частицы подаваемого в разрядную камеру рабочего газа ионизируются вследствие соударений с замагниченными электронами и посредством приложения создаваемой источником питания 01 разности потенциалов ускоряются вдоль направления электрического поля, формируя направленный от анода ионный пучок, угол расхождения которого определяется как параметрами расходящейся конфигурации магнитного поля, так и формой поверхности внутренней полости анода 03. Поскольку основание 08 находится в механическом и в электрическом контакте с анодом 03, то сборка анода 03, основания 08 и отражателя 07 со стержневой частью отражателя 11 обеспечивает нахождение отражателя 07 под потенциалом анода.

При необходимости перехода бессеточного источника ионов в режим работы, где требуется нахождение отражателя под плавающим потенциалом, прекращают работу бессеточного источника ионов и проводят его частичную разборку, после чего его собирают в варианте сборки, где отражатель находится под плавающим потенциалом. При этом анод 03 и основание 08 не меняются, а для работы в режиме с плавающим потенциалом используется сменный отражатель 07, конструкция которого выбирается или проектируется таким образом, чтобы стержневая часть отражателя 11 была выполнена с возможностью присоединения стержневой части отражателя 11 к основанию 08 через сквозное центральное резьбовое отверстие 09 посредством разъемного соединения через изоляторы, не сопровождающегося непосредственным контактом какой-либо части поверхности отражателя 07 (стержневой части отражателя 11) и какой-либо части поверхности основания 08. Для этого диаметр стержневой части отражателя 11 выполняется меньше диаметра сквозного центрального резьбового отверстия 09, а на торце стержневой части отражателя 11 выполняется глухое отверстие под винт 13. Для работы в режиме с плавающим потенциалом основание 08 не должно находиться в непосредственном электрическом контакте с анодом 03. Первый изолятор 14 располагается между анодом 03 и основанием 08 и обеспечивает электрическую изоляцию основания 08 от анода 03, а второй изолятор 15 располагается между стержневой частью отражателя 11 и отверстием 09 и обеспечивает электрическую изоляцию основания 08 от стержневой части отражателя 11, при этом посредством вкручивания винта 16 в глухое отверстие 13 с необходимым усилием затяжки происходит закрепление и плотное прилегание анода 03, основания 08 и отражателя 07 со стержневой частью отражателя 11 друг к другу с образованием разъемного соединения через первый изолятор 14 и второй изолятор 15.

Далее после пересборки и подготовки к работе начинают работу. Аналогично предшествующему варианту в процессе работы в полость газоразрядной камеры, образованную тем же самым анодом 03, подается рабочий газ, при этом та же самая магнитная система формирует расходящееся магнитное поле, а электрическое поле

задается через тот же самый источник питания 01, при этом тот же самый катод-нейтрализатор 02 эмитирует электроны в полость газоразрядной камеры, ограниченной внутренней поверхностью анода 03, в которой электроны удерживаются магнитным полем и ионизируют рабочий газ, вследствие чего электроны попадают в область скрещенных полей, где их подвижность в сторону анода существенно ограничена, то это приводит к увеличению их концентрации, в результате чего частицы подаваемого в разрядную камеру рабочего газа ионизируются вследствие соударений с замагниченными электронами и посредством приложения создаваемой источником питания 01 разности потенциалов ускоряются вдоль направления электрического поля, формируя направленный от анода ионный пучок, угол расхождения которого определяется как параметрами расходящейся конфигурации магнитного поля, так и формой поверхности внутренней полости анода 03. Поскольку основание 08 не находится в электрическом контакте с анодом 03, а изоляторы 14 и 15 обладают диэлектрическими свойствами, то сборка анода 03, основания 08 и отражателя 07 со стержневой частью отражателя 11 через первый изолятор 14 и второй изолятор 15 обеспечивает нахождение отражателя 07 под плавающим потенциалом. Работа продолжается до окончания или до необходимости перехода бессеточного источника ионов в режим работы, где требуется нахождение отражателя под анодным потенциалом, в последнем случае прекращают работу бессеточного источника ионов и проводят его частичную разборку, после чего его собирают в описанном выше варианте сборки, где отражатель находится под анодным потенциалом.

(57) Формула изобретения

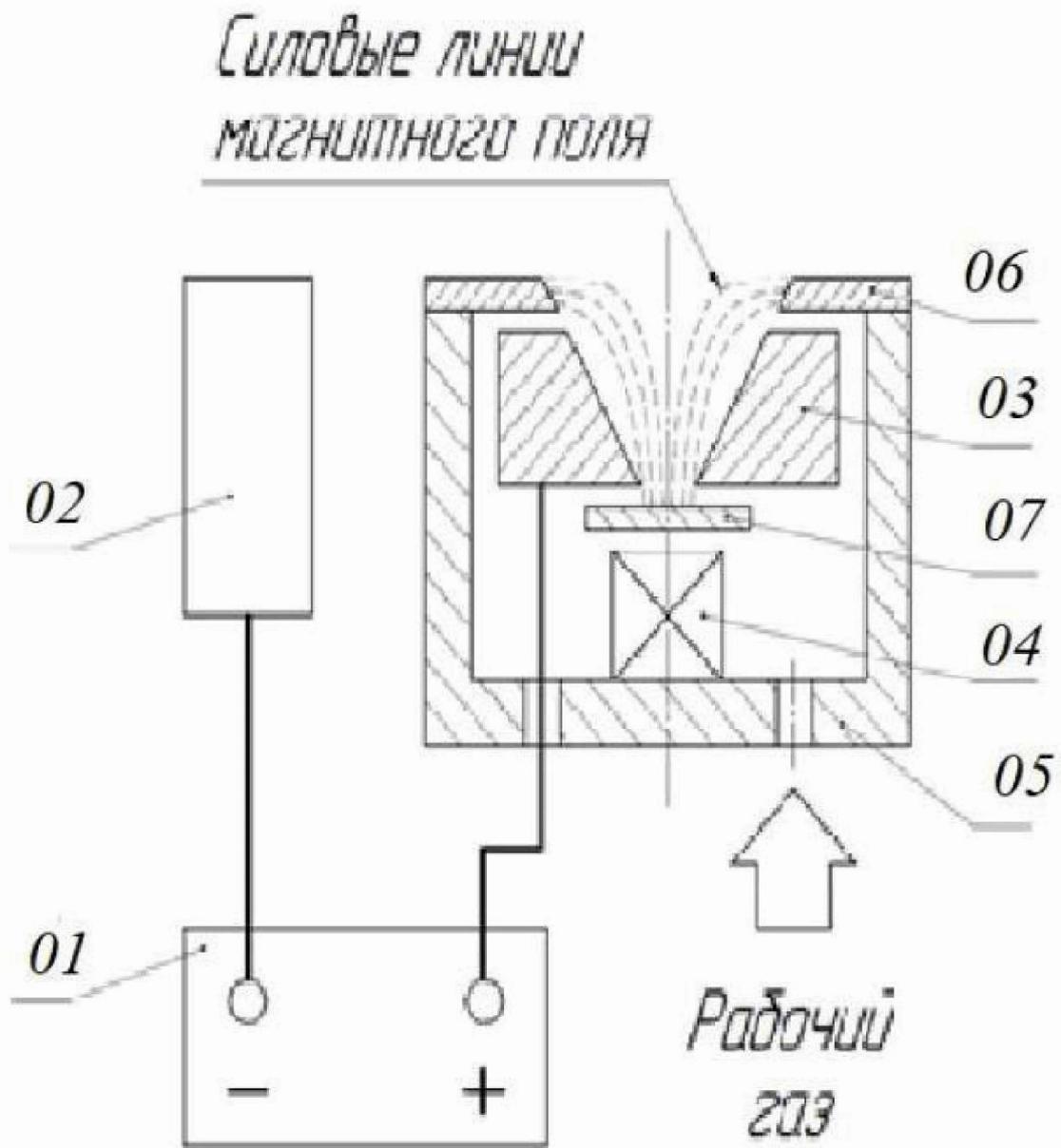
Бессеточный источник ионов, содержащий магнит, внешний полюсный магнитный элемент, связанный с магнитом через магнитопровод, анод, расположенный между полюсным магнитным элементом и магнитом, расположенные между магнитом и анодом основание и отражатель, отличающийся тем, что в основании выполнено сквозное центральное резьбовое отверстие, а отражатель является сменным и содержит стержневую часть отражателя, выполненную таким образом, что обеспечивается возможность присоединения стержневой части отражателя к основанию через центральное резьбовое отверстие посредством разъемного соединения резьбового типа или через изоляторы.

35

40

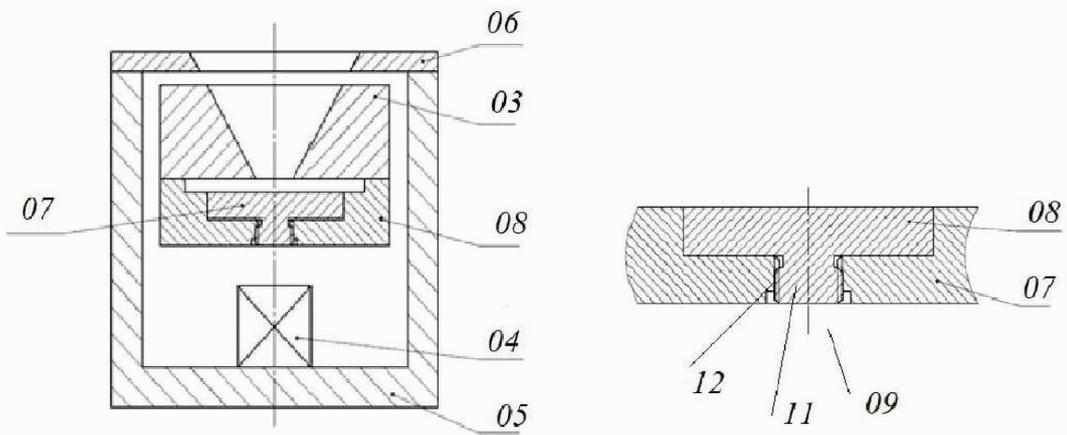
45

1

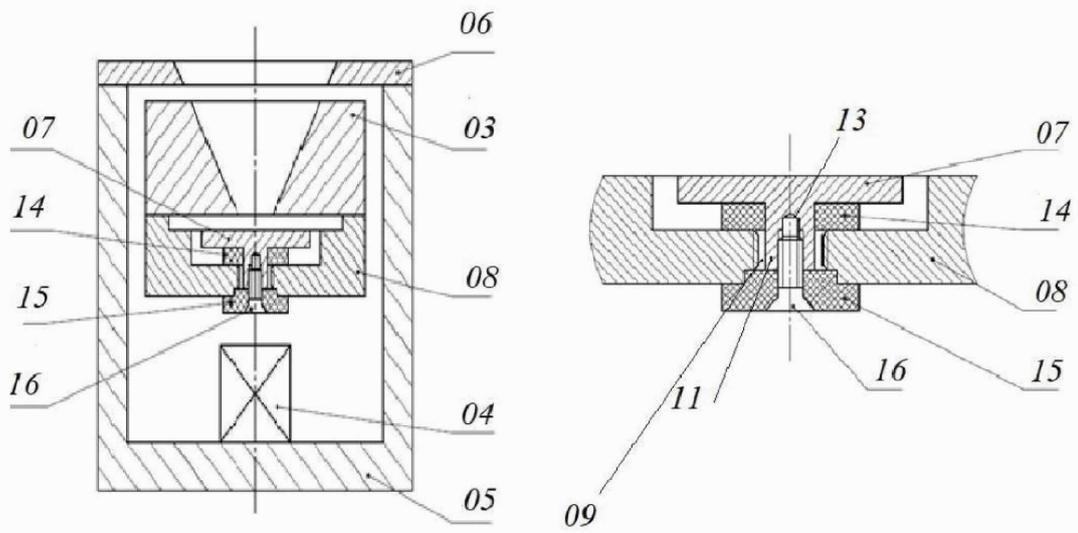


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3