



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

244507

(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>

H 01 J 27/04

(22) Přihlášeno 15 04 81

(21) (PV 2909-81)

(89) 1040543, SU

(11) Zveřejněno 18 06 84

(45) Vydáno 16 02 87

(75)

Autor vynálezu

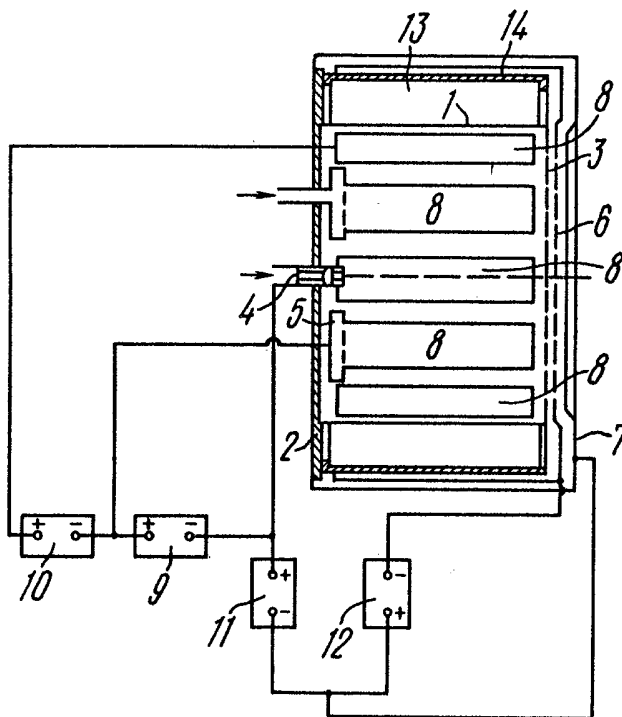
OBUCHOV VLADIMIR ALEXEJEVIČ, GRIGORJAN VLADIMIR GRANTOVIČ,  
LOMONOSOV DMITRIJ BORISOVIČ, IVANOV VADIM IVANOVICH, KOROTKOV  
VLADIMIR ALEXEJEVIČ, MOSKVA (SU)

(54) Zdroj iontů

Vynález patří do oblasti urychlovačů a injektorů iontů s plynovými výbojovými zdroji iontů a může být využit v iontové paprskové technologii, kosmické technice, při termojaderné syntéze.

Cíl vynálezu - je zjednodušení konstrukce magnetické soustavy snížením pracovní indukce magnetického pole.

Toto se docílí tím, že uvnitř komory mezi póly magnetické soustavy jsou umístěny přídavné elektrody a zaveden přídavný zdroj napájení výboje. Kladný pól přídavného zdroje napájení je spojen s přídavnými elektrodami a záporný pól s anodou. Boční stěna komory je elektricky spojena s katodou.



Obr. 1

## ИСТОЧНИК ИОНОВ

Изобретение относится к ускорителям и инжекторам ионов с газоразрядными источниками ионов и может быть использовано в ионнолучевой технологии, космической технике, при разработке установок термоядерного синтеза.

Известен газоразрядный источник ионов, в котором ионизация рабочего вещества осуществляется в разряде Пеннинга (в скрещенных  $E \times H$  полях), с однородным аксиальным магнитным полем, протяженным анодом и горячим катодом. Извлечение, формирование и ускорение ионного пучка производится с помощью ионно-оптической системы электростатического типа [1].

Известному источнику присущи недостатки, связанные с высокими энергетическими затратами на ионизацию (на уровне 600 эВ/ион для ртути) и неоднородным распределением плотности ионного тока по радиусу пучка (+50% и выше).

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является источник ионов, содержащий газоразрядную камеру, образованную цилиндрической боковой, задней и перфорированной передней стенками, выполненными из немагнитного материала внутри которой размещены катод и анод, ионно-оптическую систему, установленную со стороны передней стенки камеры, внешнюю по отношению к камере много-

полосную магнитную систему, полюса которой расположены вдоль образующей боковой стенки камеры, а также источник питания разряда 2.

В известном источнике магнитная система выполнена в виде продольных, намагниченных в поперечном направлении магнитов, расположенных равномерно по боковой стенке с наружной стороны газоразрядной камеры с последовательным чередованием полюсов на противоположные. В результате вблизи боковой стенки камеры образуется область спадающего к оси камеры магнитного поля, в которой электроны замагничены, и их дрейф на стенку затруднен.

Так как в основном объеме камеры магнитное поле слабо, действие силы Лоренца не проявляется, в силу чего отсутствуют причины появления градиентов параметров плазмы в поперечном направлении за исключением пристеночной области, которая узка. В результате в известном источнике достигается высокая равномерность распределения плотности тока по пучку. Боковая стенка известного источника поддерживается под плавающим (электрически изолирована от катодов и анода) или анодным (электрически соединена с анодом) потенциалом. В обоих случаях из-за замагниченности электронов потенциал стенки положителен по отношению к катоду и близок к потенциалу плазмы источника. В результате велико выпадение ионов на боковую стенку из объема камеры, поскольку отсутствует потенциальный барьер, препятствующий их выпадению. Это приводит к снижению газовой экономичности источника и повышению энергозатрат на повторную ионизацию прорекомбинировавших на стенке ионов. Чтобы предотвратить указанные потери ионов, приходится использовать сильное магнитное поле с индукцией на уровне  $(1-2) \cdot 10^{-1}$  Тл. Получение таких полей с помощью постоянных магнитов затруднительно, а магнитная система на базе электромагнитов сложна в конструктивном отношении.

Цель изобретения - упрощение конструкции магнитной системы путем снижения рабочей индукции магнитного поля.

Поставленная цель достигается тем, что в источнике, содержащем газоразрядную камеру, образованную цилиндрической боковой, задней и перфорированной передней стенками, выполненными из немагнитного материала, внутри которой размещены катод и анод, ионно-оптическую систему, установленную со стороны передней стенки камеры, внешнюю по отношению к камере многополюсную магнитную систему, полюса которой расположены вдоль образующей боковой стенки камеры, а также источник питания разряда, внутри камеры между полюсами магнитной системы установлены дополнительные электроды и введен дополнительный источник питания разряда, положительный полюс которого соединен с дополнительными электродами, а отрицательный - с анодом, при этом боковая стенка камеры электрически соединена с катодом.

Кроме того, магнитная система может быть выполнена так, что формирует магнитное поле с максимумом напряженности, отстоящее от боковой стенки внутри камеры, а дополнительные электроды установлены между боковой стенкой камеры и местоположением максимума магнитного поля.

На фиг.1 показан источник, продольный разрез; на фиг.2 - то же, поперечный разрез; на фиг.3 - схема ячейки пристеночной области.

Источник содержит газоразрядную камеру, образованную цилиндрической боковой стенкой 1, например прямоугольного сечения, задней торцевой стенкой 2 и перфорированной передней стенкой 3. Внутри камеры расположены термокатод 4 и анод 5, который одновременно может выполнять роль газораспределителя. Ионно-оптическая система установлена со стороны перфорированной передней стенки и содержит ускоряющий 6 и замедляющий 7

электроды. Замедляющий электрод может быть кольцевым или перфорированным с отверстиями, соосными отверстиям в передней стенке 3 и ускоряющем электроде 6. Отверстия в электродах могут быть выполнены как в виде щелей, так и круглыми. Все элементы изготовлены из немагнитного материала.

Магнитная система установлена снаружи камеры и является многополюсной с четным числом полюсов. Она может быть образована, например, системой постоянных магнитов, установленных на боковой стенке камеры I вдоль ее образующей и намагниченных в поперечном направлении. Таким образом, вблизи боковой стенки источника формируется знакопеременное магнитное поле, быстро спадающее по нормали от стенки камеры. Между каждой парой разноименных полюсов боковой стенки (но в объеме камеры) установлены дополнительные электроды 8, выполненные из немагнитного материала, например из нержавеющей стали. Катод и стенки камеры, включая боковую I, электрически соединены с катодом, а анод 5 и дополнительные электроды 8 электрически изолированы от стенок. Источник 9 питания разряда подключен к катоду 4 и аноду 5 обычным образом. Кроме того, введен дополнительный источник I0 питания, положительный полюс которого соединен с дополнительными электродами 8, а отрицательный - с анодом 5. Кроме того, имеются два высоковольтных источника I1 и I2 питания. Источник I1 подключен положительным полюсом к стенкам камеры, а отрицательным - к замедляющему электроду 7. Отрицательный полюс источника I2 подключен к ускоряющему 6, а положительный - к замедляющему 7 электродам. Магнитная система образована постоянными магнитами I3, которые могут быть окружены магнитопроводом I4. На фиг.2 и 3 показаны, кроме того, силовые линии магнитного поля, магнитная индукция  $B$ , напряженность  $E$  электрического поля и холловский ток электронов  $j_x$ .

Источник работает следующим образом.

После прогрева термокатода 4, подачи рабочего газа и напряжения от источников 9 и 10 в газоразрядной камере зажигается разряд между катодом 4, анодом 5 и дополнительными электродами 8. Разряд может инициироваться с помощью цепи поджига (не показана). После этого подается напряжение от источников II и I2 питания. Образующиеся в разряде ионы попадают в отверстия передней стенки 3 и ускоряются в ионно-оптической системе. В силу известных физических особенностей разряда данного типа потенциал плазмы в газоразрядной камере близок к потенциалу анода. Дополнительные электроды 8 поддерживаются под более высоким (порядка 3-5 В) по отношению к плазме потенциалом с помощью дополнительного источника 9 питания. Вблизи дополнительных электродов 8 (фиг.3) устанавливается зона разряда со скрещенными  $E$ ,  $H$  полями, в которой напряженность магнитного поля  $H$  параллельна дополнительным электродам 8, а напряженность электрического поля  $E$  направлена нормально к электродам 8 внутрь объема камеры. Для эффективного поддержания поля  $E$  требуется выполнение замкнутости (или квазизамкнутости) дрейфового тока электронов  $j_x$ . В данном случае этот ток направлен вдоль образующей боковой стенки. Перемыкание токов, протекающих в соседних пристеночных ячейках, происходит вблизи задней и передней торцовых стенок камеры. В этих условиях происходит эффективное удержание ионного компонента плазмы, температура которого может быть близка к температуре стенки. Из более детального рассмотрения процессов в слое удержания ионов следует, что энергетические затраты на поддержание такого слоя зависят от проводимости плазмы поперек магнитного поля. Анализ устойчивости слоя показывает, что наименьшая проводимость слоя в том случае, если дополнительные электроды 8 расположены в области спадающего по направлению к ним магнитного

поля (фиг.3). В этом случае, проводимость слоя обратно пропорциональна  $B^2$ . Указанное условие может быть выполнено, если магнитная система создает поле такой конфигурации, что максимум магнитного поля отстоит от боковой стенки на некотором расстоянии. Как показывают расчеты, проведенные для постоянных магнитов прямоугольного сечения, охваченных магнитопроводом (фиг.2), данные условия выполняются. Величина градиента поля может задаваться конфигурацией магнитов. Величина магнитного поля в месте расположения электродов  $\delta$  рассчитывается из условий замагниченности электронов и незамагниченности ионов по известным соотношениям. В практически важных случаях в зависимости от рода рабочего газа магнитная индукция может составлять  $(1-4) \cdot 10^{-2}$  Тл. Подобные поля легко обеспечиваются как с помощью электромагнитов, так и постоянных магнитов. Одно из главных преимуществ рабочего процесса заключается в том, что уже при столь умеренных полях снижается рекомбинация ионов на боковой стенке камеры, в результате повышается газовая экономичность источника и снижаются энергозатраты, связанные с повторной ионизацией атомов.

Использование изобретения позволяет упростить магнитную систему источника путем снижения рабочей индукции магнитного поля в 5-8 раз.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Источник ионов, содержащий газоразрядную камеру, образованную цилиндрической боковой, задней и перфорированной передней стенками, выполненными из немагнитного материала, внутри которой размещены катод и анод, ионно-оптическую систему, установленную со стороны передней стенки камеры, внешнюю по отношению к камере многополюсную магнитную систему, полюса которой расположены вдоль образующей боковой стенки камеры, а также источник питания разряда, отличающийся тем, что, с целью упрощения магнитной системы путем снижения рабочей индукции магнитного поля, внутри камеры между полюсами магнитной системы установлены дополнительные электроды и введен дополнительный источник питания разряда, положительный полюс которого соединен с дополнительными электродами, а отрицательный - с анодом, при этом боковая стенка камеры электрически соединена с катодом.

2. Источник ионов по п.1, отличающийся тем, что магнитная система выполнена так, что формируется магнитное поле с максимумом напряженности, отстоящее от боковой стенки внутрь камеры, а дополнительные электроды установлены между боковой стенкой камеры и местонахождением максимума магнитного поля.

#### АННОТАЦИЯ

Изобретение относится к ускорителям и инжекторам ионов с газоразрядными источниками ионов и может быть использовано в ионнолучевой технологии, космической технике, при разработке установок термоядерного синтеза.

Цель изобретения - упрощение конструкции магнитной системы путем снижения рабочей индукции магнитного поля.

Это достигается тем, что внутри камеры между полюсами магнитной системы установлены дополнительные электроды и введен дополнительный источник питания разряда. Положительный полюс дополнительного источника питания соединен с дополнительными электродами, а отрицательный - с анодом. Боковая стенка камеры электрически соединена с катодом.

244507

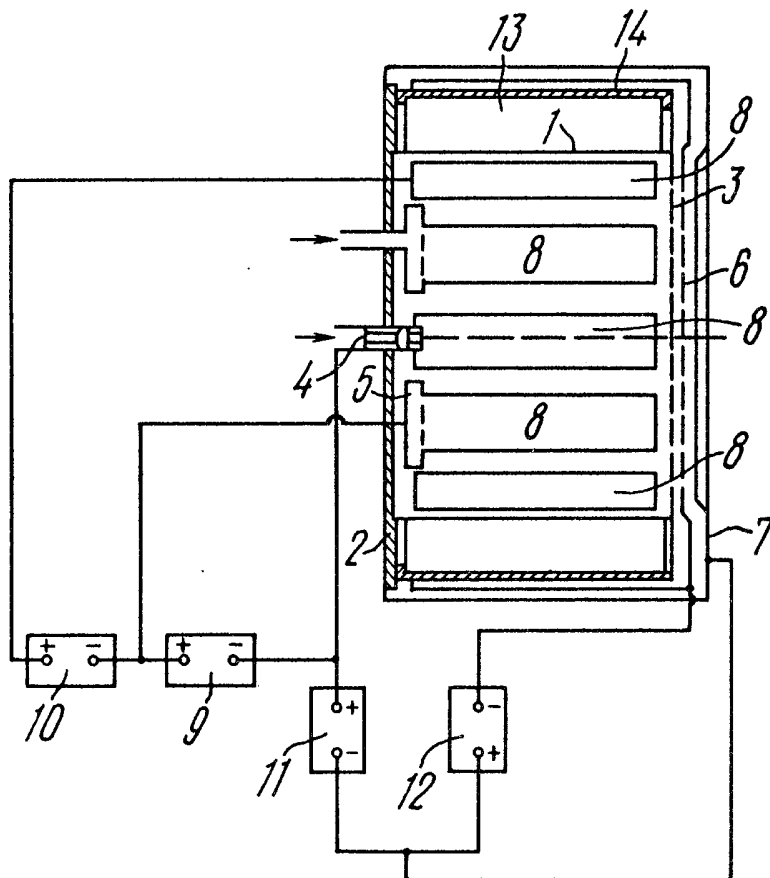
## PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zdroj iontů, obsahující plynovou výbojovou komoru, tvořenou válcovou boční, zadní a perforovanou přední stěnou, provedenými z nemagnetického materiálu, uvnitř které je umístěna katoda a anoda, ionto-optickou soustavu, umístěnou ze strany přední komory, a vnější vícepólovou magnetickou soustavu, jejíž póly jsou umístěny podél tvořené boční stěny komory, a také zdroj napájení výboje, se vyznačuje tím, že uvnitř komory mezi póly magnetické soustavy jsou umístěny přídavné elektrody (8) připojené na přídavný zdroj napájení výboje (10), jehož kladný pól je spojen s přídavnými elektrodami (8) a jeho záporný pól s anodou (5), přičemž boční stěna (1) komory je elektricky spojena s katodou (4).

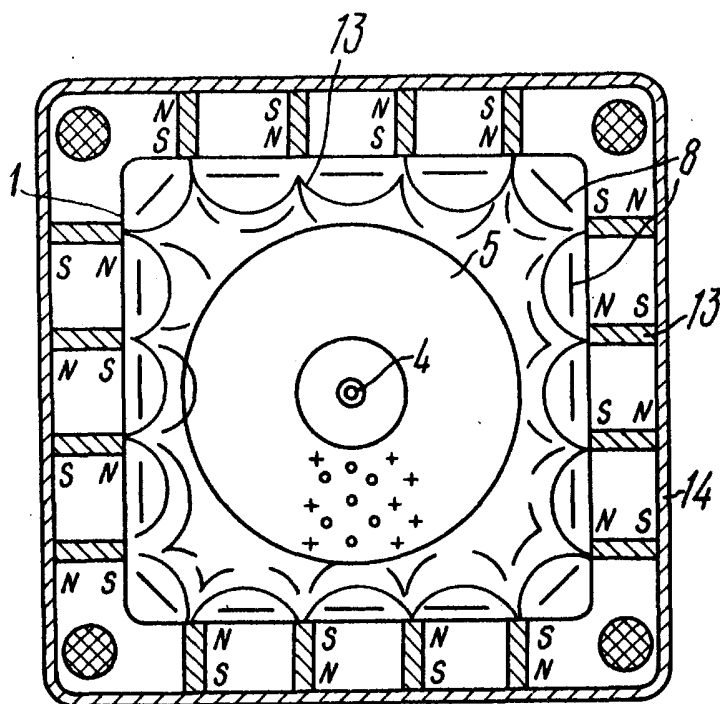
2. Zdroj iontů podle bodu 1, se vyznačuje tím, že přídavné elektrody (8) jsou umístěny mezi boční stěnou (1) komory a mezi místem maximální intenzity ( $B_{\max}$ ) magnetického pole.

Uznáno vynálezem na základě výsledků expertizy, provedené Státním výborem pro vynálezy a objevy SSSR, Moskva, SU.

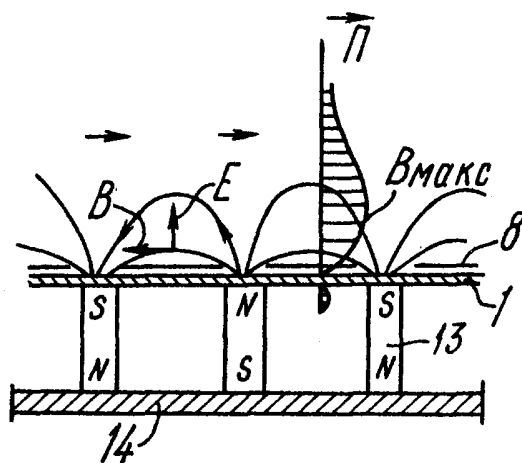
2 výkresy



Обс. 1



Obz. 2



Obz. 3