(19) **RU** (11) **2 229 924** (13) **C2**

(51) МПК[7] **B 01 D 59/48, H 05 H 1/00, H 01 J 49/26**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: **2001122156/15, 07.08.2001**

(24) Дата начала действия патента:
07.08.2001

(30) Приоритет: **08.08.2000 US 09/634,925**

(43) Дата публикации заявки: **20.06.2003**

(46) Дата публикации: **10.06.2004**

(56) Ссылки: **SU 714997 A1, 20.04.1996. RU 2034356 C1, 30.04.1995. RU 94018526 A1, 27.01.1996. RU 2069084 C1, 20.11.1996. RU 2071137 C1, 27.12.1996. RU 2080161 C1, 27.05.1997. US 3722677 A, 27.03.1973. US 4093856 A, 06.06.1978. US 5039312 A, 13.08.1991. US 5868909 A, 09.02.1999.**

(98) Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову, рег.№ 595

(72) Изобретатель: **ОХКАВА Тихиро (US)**

(73) Патентообладатель:
АРКИМЕДЕС ТЕКНОЛОДЖИ ГРУП, ИНК. (US)

(74) Патентный поверенный:
Кузнецов Юрий Дмитриевич

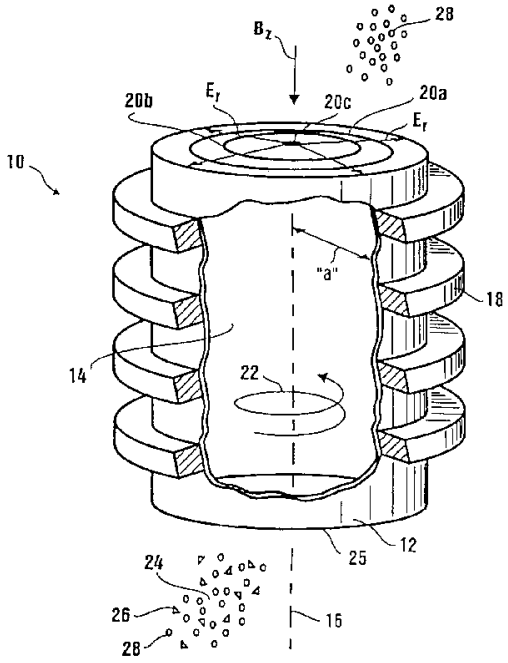
(54) ПЛАЗМЕННЫЙ ФИЛЬТР МАСС И СПОСОБ ОТДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ МАЛОЙ МАССЫ ОТ ЧАСТИЦ БОЛЬШОЙ МАССЫ

(57)

Изобретение относится к ядерной технике. Используют плазменный фильтр масс 10, представляющий собой цилиндрическую камеру 14 с продольной осью 16, стенкой 12, первым 32 и вторым 34 концами. Посередине между концами 32 и 34 расположено входное отверстие 30, через которое с помощью инжектора 33 вводят в камеру 14 материал в парообразном состоянии 35 в направлении стрелки 36. Пар 35 ионизируют с получением многоизотопной плазмы 24 с помощью токов высокой частоты, генерируемых высокочастотной антенной 38, установленной на стенке 12 камеры 14. Многоизотопная плазма 24 включает частицы 26 большой массы, частицы 28 малой массы и электроны 40. Эта плазма взаимодействует со скрещенными электрическим и магнитным полями. Магнитное поле создают при помощи катушек 18. Оно имеет составляющую B_z, направленную вдоль оси 16. Электрическое поле создают при помощи колец 20, расположенных на конце 34 камеры 14. Электрическое поле перпендикулярно магнитному полю и имеет положительный потенциал на оси 16 и нулевой потенциал на стенке 12. Плазма 24 под воздействием скрещенных электрического и магнитного полей закручивается. Частицы 26 большой массы выталкиваются к стенке 12, а частицы 28 малой массы перемещаются к концам 32 и 34 камеры 14. Изобретение позволяет повысить производительность и эффективность разделения, эффективно использовать энергию, предотвратить выход частиц из фильтра в точке их введения. 2 с. и 10 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2



Фиг. 1

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2

(19) **RU** (11) **2 229 924** (13) **C2**

(51) Int. Cl.[7] **B 01 D 59/48, H 05 H 1/00, H 01 J 49/26**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2001122156/15, 07.08.2001

(24) Effective date for property rights: 07.08.2001

(30) Priority: 08.08.2000 US 09/634,925

(43) Application published: 20.06.2003

(46) Date of publication: 10.06.2004

(98) Mail address:
129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595

(72) Inventor: OKhKAVA Tikhiro (US)

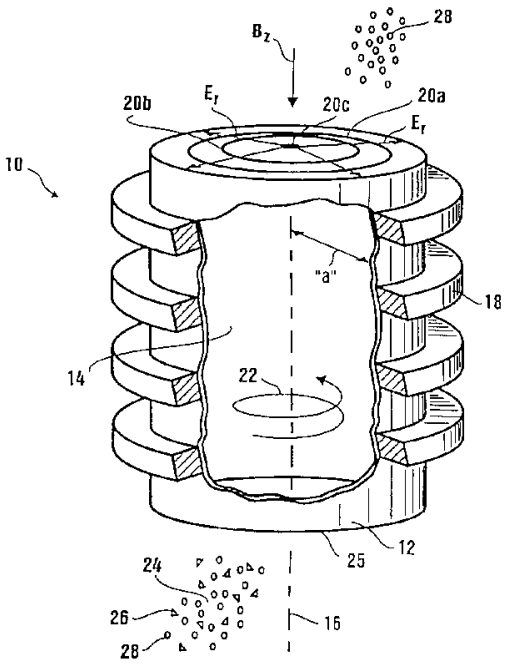
(73) Proprietor:
ARKIMEDES TEKNOLODZhI GRUP, INK. (US)

(74) Representative:
Kuznetsov Jurij Dmitrievich

(54) MASS PLASMA FILTER AND TECHNIQUE SEPARATING PARTICLES OF LITTLE MASS FROM PARTICLES OF LARGE MASS

(57) Abstract:

FIELD: nuclear technology. SUBSTANCE: employed mass plasma filter 10 is cylindrical chamber 14 with longitudinal axis16, wall 12, first 32 and second 34 ends. Inlet hole 30 located between ends 32 and 34 is used to inject material 35 in steam-like state into chamber 14 with the help of injector 33 in direction of arrow 36.Sream 35 is ionized and multi-isotopic plasma 24 is produced by means of high-frequency currents generated by high-frequency antenna 38 mounted on wall 12 of chamber 14. Multi-isotopic plasma 24 includes particles 26 of large mass, particles 28 of little mass and electrons 40. This plasma interacts with crossed electric and magnetic fields. Magnetic field is formed with the help of coils 18. It includes component B_z directed along axis 16. Electric field is created with the aid of rings 20 arranged on end 34 of chamber 14. Electric field is perpendicular to magnetic field and has positive potential on axis 16and zero potential on wall 12. Plasma 24 swirls under action of crossed electric and magnetic fields. Particles 26 of large mass are expelled to wall12 and particles 28 of little mass are pushed to ends 32 and 34 of chamber 14. EFFECT: enhanced efficiency and effectiveness of separation, effective utilization of energy, prevented escape of particles from filter in point of their injection. 13 cl, 3 dwg



Фиг. 1

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2

Настоящая заявка на патент является заявкой, частично продолжающей одновременно рассматриваемую заявку на патент США №09/464518, с датой подачи 15 декабря 1999 года, которая, в свою очередь, является заявкой, частично продолжающей одновременно рассматриваемую и ныне принятую заявку на патент США №09/192945, с датой подачи 16 ноября 1998 года. Содержание заявок, указанных в данном абзаце, включено в качестве ссылки.

Область техники

Настоящее изобретение, в целом, относится к устройствам и приборам, которые способны разделять заряженные частицы в плазме по их массам. Более конкретно, настоящее изобретение относится к энергоэкономичным фильтрующим устройствам, которые извлекают частицы с определенным диапазоном массовых чисел из многоизотопной плазмы. Настоящее изобретение, в частности, применимо в качестве экономичного высокопроизводительного фильтра для отделения частиц малой массы от частиц большой массы.

Предшествующий уровень техники

Общие принципы работы плазменной центрифуги хорошо известны и очевидны. Плазменная центрифуга генерирует энергию, воздействующую на заряженные частицы, что вызывает отделение частиц друг от друга согласно их массе. Более конкретно, работа плазменной центрифуги основана на эффекте воздействия скрещенных электрического и магнитного полей на заряженные частицы. Как известно, скрещенные электрическое и магнитное поля будут вызывать движение заряженных частиц плазмы в центрифуге по соответствующим спиральным траекториям вокруг ориентированной по центру продольной оси. При перемещении в центрифуге заряженных частиц под воздействием скрещенных электрического и магнитного полей, частицы подвергаются воздействию различных сил. В частности, в радиальном направлении, то есть направлении, перпендикулярном оси вращения частицы в центрифуге, этими силами являются: 1) центробежная сила F_c, которая вызвана движением частицы; 2) электрическая сила F_E, которая прилагается к частице электрическим полем E_r; и магнитная сила F_B, прилагаемая к частице магнитным полем B_z. Математически указанные силы выражены следующим образом:

$F_c=Mr\omega^2$;

$F_E=eE_r$;

$F_B=er\omega B_z$.

Где:

M- масса частицы;

r - расстояние от частицы до оси ее вращения;

ω - круговая частота частицы;

E - напряженность электрического поля и

B_z - магнитная индукция поля.

Для плазменной центрифуги общепринято, что электрическое поле будет направлено радиально внутрь. Другими словами, происходит увеличение положительного напряжения с увеличением расстояния до оси вращения в центрифуге. При таких условиях электрическая сила F_E будет противодействовать центробежной силе F_c, воздействующей на частицы, и, в зависимости от направления вращения, магнитная сила либо противодействует, либо содействует направленной наружу центробежной силе. Соответственно, уравновешенное состояние в радиальном направлении центрифуги можно выразить следующим образом:

$\sum F_r=0$ (положительное направление радиально наружу);

$F_c-F_E-F_B=0$;

$Mr\omega^2-eE_r-er\omega B_z=0$, (Уравнение 1)

Следует отметить, что Уравнение 1 имеет два действительных решения, одно положительное и одно отрицательное, а именно:

$$\omega = \Omega/2\left(1 \pm \sqrt{1+4E_r/\left(rB_z\Omega\right)}\right) \quad ,$$

где $\Omega = eB_z/M$.

Для плазменной центрифуги целью является нахождение равновесия для создания условий в центрифуге, которые позволяют центробежным силам F_c отделять частицы друг от друга в соответствии с их массой. Это происходит потому, что центробежные силы отличаются для каждой частицы в соответствии с массой (M) конкретной частицы. Таким образом, частицы с большей массой испытывают большую F_c и продвигаются дальше к наружному краю центрифуги, чем частицы с меньшей массой, которые испытывают меньшие центробежные силы. Результатом становится распределение более легких и более тяжелых частиц в направлении наружу от их взаимной оси вращения. Однако, как хорошо известно, плазменная центрифуга не будет полностью отделять все частицы указанным выше образом.

Как отмечалось выше в связи с Уравнением 1, баланс сил может быть достигнут в условиях, когда электрическое поле E избрано для локализации ионов, и ионы движутся по локализованным орбитам. В плазменном фильтре, соответствующем настоящему изобретению, в отличие от центрифуги, электрическое поле выбрано с противоположным знаком для извлечения ионов. В результате, ионы с массой, превышающей значение разделения M_c, находятся на нелокализованных орбитах. Масса разделения M_c может подбираться посредством регулирования напряженности электрического и магнитного полей. Базовые отличительные признаки плазменного фильтра можно выразить с использованием формализма Гамильтона.

Суммарная энергия (потенциальная плюс кинетическая) является константой движения и выражается оператором Гамильтона:

$H=e\Phi+(P_R^2+P_z^2)/(2M)+(P_\theta-e_\psi)^2/(2Mr^2)$,

где $P_R=MV_R$, $P_\theta=MrV_\theta+e_\psi$ и $P_z=MV_z$ - соответствующие компоненты момента, $e\Phi$ - потенциальная энергия. $\psi=r^2B_z/2$ относится к функции магнитного потока, $\Phi=\alpha\psi+V_{ctr}$ - электрический потенциал. $E=-\nabla\Phi$ - электрическое поле, величина которого выбрана для заявленного фильтра. Можно перезаписать оператор Гамильтона в виде:

$H=e\alpha r^2B_z/2+eV_{ctr}+(P_R^2+P_z^2)/(2M)+(P_\theta-er^2B_z$

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2

$/2)^2/(2Mr^2)$.

Предположим, что параметры не изменяются по оси z так, что как P_z, так и $P\theta$ являются постоянными движения. Развертывание и перегруппировка для переноса всех постоянных членов в левую часть уравнения дает:

$$H-eV_{ctr}-P_z^2/(2M)+P\theta\,\Omega/2=P_R^2/(2M)+(P\theta^2/(2Mr^2)+(M\Omega r^2/2)(\Omega/4+\alpha),$$

где $\Omega = eB/M$.

Последний член пропорционален r^2, следовательно, если $\Omega/4+\alpha<0$, то поскольку второй член уменьшается в r^2 раз, P_R^2 должен увеличиться для сохранения левой части уравнения постоянной при выдвижении частицы по радиусу. Это приводит к получению нелокализованных орбит для масс, превышающих массу разделения, заданную как:

$M_c=e(B_2a)^2/(8/V_{ctr})$, где:

$\alpha=(\Phi-V_{ctr})/\psi=-2V_{ctr}/(a^2Bz)$, (Уравнение 2)

и где a - это радиус камеры.

Таким образом, например, производя нормирование для протонной массы M_p, можно перезаписать Уравнение 2 для получения напряжения, требуемого для схода с орбит больших масс:

$V_{ctr}>1{,}2\times 10^{-1}(a(m)B(гаусс))^2/(M_c/M_p)$.

Следовательно, при радиусе устройства, равном 1 м, коэффициенте массы разделения, равном 100, и магнитном поле в 200 Гс требуются напряжения в 48 В.

Такой же результат для массы разделения может быть получен при рассмотрении простого уравнения баланса сил:

$\sum F_r=0$ (положительное направление радиально наружу);

$F_c+F_E+F_в=0$;

$Mr\omega^2+eEr-er\omega B_z=0$, (Уравнение 3)

которое отличается от Уравнения 1 только знаком электрического поля и имеет решения:

$$\omega=\Omega/2\left(1\pm\sqrt{1-4E/(rB_z\Omega)}\right).$$

Таким образом, если $4E/rB_z\Omega>1$, то ω имеет мнимые корни, и баланс сил не может быть достигнут. Для фильтрующего устройства с радиусом "a" цилиндра, напряжением в центре V_{ctr} и нулевым напряжением на стенках, такое же выражение для массы разделения будет следующим:

$M_c=ea^2B_z^2/8V_{ctr}$ (Уравнение 4)

Когда масса M заряженной частицы превышает пороговое значение ($M>M_c$), частица будет продолжать двигаться в радиальном направлении наружу, пока она не столкнется со стенкой, тогда как частицы с меньшей массой будут находиться на выходе из устройства и могут накапливаться в нем. Частицы с большей массой могут также извлекаться со стенок с использованием различных подходов.

Важно отметить, что для заданного устройства значение M_c в уравнении 3 определено значением магнитного поля B_z и напряжением в центре камеры (то есть вдоль продольной оси) V_{ctr}. Эти две переменные зависят от конструкции и могут регулироваться. Также важно отметить, что условия фильтрации (Уравнения 2 и 3) не зависят от граничных условий. В частности, скорость и местоположение, где каждая частица многоизотопной плазмы поступает в камеру, не влияют на способность скрещенных электрического и магнитного полей выталкивать частицы с большой массой ($M>M_c$) с одновременной локализацией частиц с малой массой ($M<M_c$) на орбитах, которые остаются в пределах расстояния "a" от оси вращения.

Все процессы, в ходе которых создается и подвергается обработке плазма, требуют большого количества энергии. В частности, энергия требуется для испарения и ионизации плазменного материала. Прежде всего, дополнительная энергия требуется для создания магнитного и электрического полей, необходимых для сдерживания плазмы и манипулирования ей. Следовательно, экономическая осуществимость использования плазменного способа обработки, например, с применением плазменного фильтра масс или плазменной центрифуги, для отделения одного материала от другого в значительной степени зависит от предполагаемого расхода энергии. Кроме того, производительность и эффективность разделения также зависят от подаваемой энергии, требуемой для осуществления плазменной обработки.

В ходе плазменной обработки, например, с использованием плазменного фильтра масс, частицы имеют тенденцию двигаться вдоль силовых линий магнитного поля в обоих направлениях. Следовательно, приблизительно половина частиц, вводимых в магнитное поле, движется в одном направлении вдоль силовых линий магнитного поля, тогда как остальная часть частиц движется вдоль силовых линий магнитного поля в противоположном направлении. Для цилиндрической емкости, в которой силовые линии магнитного поля параллельны оси цилиндра, при введении частиц в один конец емкости только приблизительно половина частиц будет двигаться ко второму концу. Остальная половина частиц будет накапливаться в емкости в точке введения в нее. Следовательно, для плазменного фильтра масс, имеющего простую цилиндрическую конфигурацию, только около половины материала, введенного с одного конца, будет эффективно перемещаться к выходу на противоположном конце и, таким образом, подвергаться разделению. Следствием этого является то, что около половины материала будет требовать повторной переработки.

В патенте US 5039312 раскрыт способ разделения частиц высокотемпературных газообразных смесей в дуговом плазменном реакторе, возбуждаемом окружающими его витками катушки магнитного поля, осуществляемый путем формирования электродугового разряда между положительно заряженным перемещаемым шаровым электродом и отрицательным электродом.

В патенте US 3722677, описывающем техническое решение, являющееся наиболее близким аналогом настоящего изобретения, раскрыто устройство для сообщения расположенным в ограниченном объеме частицам движения по криволинейным траекториям, с целью, например, разделения частиц, содержащее емкость с

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2

возбуждаемыми в ней аксиальным магнитным и радиальным электрическим полями. Для обеспечения, по существу, ламинарного потока частиц в емкости формирующие электрическое поле электроды выполнены в форме колец, размещаемых на концевых поверхностях цилиндрической емкости и подключаемых к выводам делителя напряжения для формирования градиента главной компоненты электрического поля, по существу, параллельного плоскости, проходящей через криволинейные траектории движения частиц.

В свете вышеизложенного, задачей настоящего изобретения является создание плазменного фильтра масс для отделения частиц с малой массой от частиц с большой массой, с конфигурацией, позволяющей увеличить эффективность использования энергии, производительность и эффективность разделения. Кроме того, настоящее изобретение направлено на получение плазменного фильтра масс, имеющего в два раза большую производительность, чем у простого цилиндрического плазменного фильтра масс, благодаря введению паров в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям магнитного поля и обеспечению движения половины плазмы, генерируемой в фильтре, вдоль силовых линий магнитного поля в первом направлении к первому накопителю, и движения оставшейся плазмы в противоположном направлении ко второму накопителю. Кроме того, задачей настоящего изобретения является получение плазменного фильтра масс для отделения частиц с малой массой от частиц с большой массой, который предотвращает выход существенного количества частиц из емкости в точке введения.

Еще одной задачей настоящего изобретения является получение плазменного фильтра масс, отличающегося простотой в использовании, относительной простотой в производстве и сравнительно высокой рентабельностью.

Раскрытие изобретения

Плазменный фильтр масс для отделения частиц с малой массой от частиц с большой массой в многоизотопной плазме включает в себя стенку цилиндрической конфигурации, которая окружает полую камеру и образует продольную ось. Снаружи от камеры вокруг нее расположена магнитная катушка, которая генерирует магнитное поле B_z. Указанное магнитное поле создается в камере и выравнивается по существу параллельно продольной оси. Кроме того, на одном конце камеры расположен набор колец регулирования напряжения, которые генерируют электрическое поле E_r, направленное радиально наружу, и ориентировано по существу перпендикулярно магнитному полю. При такой относительной ориентации, B_z и E_r создают скрещенные магнитное и электрическое поля. Существенно, чтобы электрическое поле имело положительный потенциал на продольной оси V_{ctr} и по существу нулевой потенциал на стенке камеры.

При работе устанавливают значение магнитного поля B_z и значение положительного потенциала V_{ctr} вдоль продольной оси камеры. Затем вращающаяся многоизотопная плазма может вводиться в один конец камеры для взаимодействия со скрещенными магнитным и электрическим полями. В альтернативном варианте, материал в парообразном состоянии может вводиться в камеру через входное отверстие, которое расположено по существу посередине между концами камеры. Будучи введенным в камеру, пар может ионизироваться для создания многоизотопной плазмы посредством воздействия на пар энергии токов высокой частоты. Высокочастотная антенна может быть установлена на цилиндрической стенке внутри камеры для создания энергии токов высокой частоты, требуемой для ионизации пара. При ионизации, градиент давления, образуемый в плазме, будет вызывать движение ионизированных частиц вдоль силовых линий магнитного поля в направлении концов цилиндра. Как подробно описано ниже, частицы с малой массой будут выходить из цилиндра из каждого его конца, и частицы с большой массой будут сталкиваться с цилиндрической стенкой и захватываться ей. Более конкретно, для камеры, имеющей расстояние "a" между продольной осью и стенкой камеры, B_z и V_{ctr} устанавливаются и M_c определяется выражением:

$$M_c=ea^2(B_z)^2/8V_{ctr}.$$

Следовательно, из всех частиц в многоизотопной плазме частицы с малой массой, которые имеют массу меньше массы разделения M_c ($M<M_c$), будут локализованы в камере при их прохождении через камеру. С другой стороны, частицы с большой массой, которые имеют массу больше массы разделения ($M>M_c$), будут выталкиваться на стенку камеры и, таким образом, не будут проходить через камеру.

Краткое описание чертежей

Признаки новизны этого изобретения, так же как и само изобретение, как с точки зрения его конструкции, так и работы, будут лучше понятны из прилагаемых фигур чертежей, в сочетании с описанием, в котором подобные ссылочные обозначения относятся к подобным деталям и на которых:

фиг.1 изображает вид в перспективе плазменного фильтра масс с частичным вырезом для наглядности;

фиг.2 изображает вид сверху в плане варианта выполнения колец регулирования напряжения и

фиг.3 изображает вид в перспективе тандемного плазменного фильтра масс с частичным вырезом для наглядности.

Описание предпочтительного варианта осуществления изобретения

На фиг.1 показан плазменный фильтр масс, обозначенный номером 10. Фильтр 10 включает в себя по существу цилиндрическую стенку 12, которая окружает камеру 14 и образует продольную ось 16. Реальные размеры камеры 14, до некоторой степени, определяются выбираемой конструкцией. Представляется существенным, чтобы радиальное расстояние "a" между продольной осью 16 и стенкой 12 являлось параметром, который будет влиять на работу фильтра 12 и должен приниматься во внимание.

На фиг.1 также показано, что фильтр 10

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2

включает в себя множество магнитных катушек 18, которые установлены на наружной поверхности стенки 12, окружая камеру 14. Способом, хорошо известным из области техники, катушки 18 могут приводиться в действие для создания магнитного поля в камере 14, которое имеет составляющую B_z, направленную по существу вдоль продольной оси 16. Кроме того, фильтр 10 включает в себя множество колец 20 регулирования напряжения, в числе которых представлены кольца 20a-c напряжения. Как показано, кольца 20a-c регулирования напряжения расположены на одном конце цилиндрической стенки 12 и, в целом, лежат в плоскости, которая по существу перпендикулярна продольной оси 16. При такой комбинации может генерироваться радиально ориентированное электрическое поле E_r. Альтернативным устройством для регулирования напряжения является спиральный электрод 20d, показанный на фиг.2.

В плазменном фильтре 10 масс магнитное поле B_z и электрическое поле E_r соответственно ориентированы с возможностью генерирования скрещенных электрического и магнитного полей. Как хорошо известно специалисту в данной области техники, скрещенные электрическое и магнитное поля вызывают движение заряженных частиц (то есть ионов) по спиральным траекториям, таким как траектория 22, показанная на фиг.1. Также известно, что скрещенные электрическое и магнитное поля широко используются с плазменными центрифугами. Однако в отличие от плазменной центрифуги, плазменный фильтр 10 масс, соответствующий настоящему изобретению, требует, чтобы напряжение V_{ctr} вдоль продольной оси 16 было положительным по сравнению с напряжением на стенке 12, которое в нормальном состоянии будет нулевым.

При работе плазменного фильтра 10 масс вращающаяся многоизотопная плазма 24 может вводиться в один конец 25 камеры 14, как показано на фиг.1. Под влиянием скрещенных электрического и магнитного полей заряженные частицы, содержащиеся в плазме 24, будут двигаться в целом вдоль спиральных траекторий вокруг продольной оси 16, подобных траектории 22. Более конкретно, как показано на фиг.1, многоизотопная плазма 24 включает в себя заряженные частицы, которые отличаются друг от друга массой. В рамках данного описания плазма 24 включает в себя по меньшей мере два разных типа заряженных частиц, а именно, частицы 26 с большой массой и частицы 28 с малой массой. Однако окажется, что только частицы 28 с малой массой реально способны пройти через камеру 14.

Согласно математическим вычислениям, приведенным выше, разграничением между частицами 28 с малой массой и частицами 26 с большой массой является масса разделения M_c, которая может быть представлена в виде:

$$M_c = ea^2(B_z)^2/8V_{ctr}.$$

В приведенном выше выражении e - заряд электрона, a - радиус камеры 12, B_z - значение магнитного поля и V_{ctr} - положительное напряжение, которое создано вдоль продольной оси 16. Наряду с указанными переменными, используемыми в выражении, e - известная постоянная. С другой стороны, "a", B_z и V_{ctr} могут специальным образом разрабатываться или устанавливаться для работы плазменного фильтра 10 масс.

Благодаря конфигурации скрещенных электрического и магнитного полей и, что важно, положительному напряжению V_{ctr} вдоль продольной оси 16, плазменный фильтр 10 масс вызывает разное поведение заряженных частиц в многоизотопной плазме 24 при их движении в камере 14. В частности, заряженные частицы 26 большой массы (то есть $M>M_c$) не способны пройти через камеру 14, и вместо этого они выталкиваются к стенке 12. С другой стороны, заряженные частицы 28 малой массы (то есть $M<M_c$) локализуются в камере 14 при их прохождении через камеру 14. Таким образом, частицы 28 малой массы выходят из камеры 14 и, благодаря этому, эффективно отделяются от частиц 26 большой массы.

На фиг.3 показан вариант выполнения плазменного фильтра 10 масс, в котором камера 14 снабжена входным отверстием 30, расположенным по существу посередине между концами 32, 34 цилиндрической стенки 12. Инжектор 33 может использоваться для введения материала в парообразном состоянии (пар 35) через входное отверстие 30 камеры в направлении, показанном стрелкой 36 в камеру 14. В рамках настоящего изобретения может использоваться любой инжектор 33, известный из области техники. Будучи введенным в камеру 14, пар 35 может ионизироваться для создания многоизотопной плазмы 24 посредством воздействия на пар 35 энергией токов высокой частоты. Как показано на фиг.3, высокочастотная антенна 38 может быть установлена на стенке 12 внутри камеры 14 для создания энергии токов высокой частоты, которая требуется для ионизации пара 35 и получения многоизотопной плазмы 24. Как показано, многоизотопная плазма 24 включает в себя частицы 26 большой массы, частицы 28 малой массы и электроны 40.

Внутри камеры 14 градиент давления, образующийся в многоизотопной плазме 24, будет вызывать дрейф части многоизотопной плазмы 24 в направлении конца 32, тогда как оставшаяся часть многоизотопной плазмы 24 будет дрейфовать в противоположном направлении к концу 34. Как описано выше, скрещенные электрическое и магнитное поля будут вызывать движение многоизотопной плазмы 24, в целом, по спиральной траектории 22 вокруг продольной оси 16 при дрейфе плазмы в направлении концов 32, 34. Однако согласно математическим вычислениям, приведенным выше, только частицы 28 малой массы реально способны пройти через камеру 14 и выйти из камеры 14 через два конца 32, 34. Как, описано выше, частицы 26 большой массы будут проходить по нелокализованным орбитам. Эти нелокализованные орбиты приводят к столкновению частиц 26 большой массы со стенкой 12 и их захвату стенкой.

Хотя вышеописанный конкретный

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2

тандемный плазменный фильтр масс решает поставленную задачу и обеспечивает искомые преимущества, следует понимать, что он приведен лишь в качестве наглядного примера в рамках предпочтительных вариантов осуществления изобретения и что не подразумевается никаких ограничений в деталях приведенной конструкции или замысла, кроме описанных в объеме прилагаемой формулы изобретения.

Формула изобретения:

1. Плазменный фильтр масс для отделения частиц малой массы от частиц большой массы, содержащий цилиндрическую камеру, имеющую первый и второй концы, стенку и продольную ось, причем стенка камеры снабжена, по меньшей мере, одним входным отверстием, расположенным, по существу, посередине между указанными концами; средство для генерирования магнитного поля в камере, выровненного, по существу, параллельно указанной продольной оси; средство для генерирования электрического поля, по существу, перпендикулярного магнитному полю и имеющего положительный потенциал на продольной оси и, по существу, нулевой потенциал на стенке, для создания скрещенных магнитного и электрического полей; средство для впуска испаренного материала в камеру через входное отверстие и средство для ионизации испаренного материала в камере с получением многоизотопной плазмы, взаимодействующей со скрещенными магнитным и электрическим полями, для отделения частиц малой массы от частиц большой массы за счет выталкивания частиц большой массы на стенку и перемещения частиц малой массы к концам камеры.

2. Фильтр по п.1, в котором указанная частица малой массы имеет массу меньшую, чем значение, определяемое соотношением

$M_c=ea^2(B_z)^2/8V_{ctr}$,

где e – заряд частицы;

a – радиус камеры;

B_z – величина магнитного поля в направлении вдоль продольной оси;

V_{ctr} - значение положительного напряжения на продольной оси,

при этом стенка имеет, по существу, нулевой потенциал.

3. Фильтр по п.2, дополнительно содержащий средство для изменения значения (B_z) магнитного поля.

4. Фильтр по п.2, дополнительно содержащий средство для изменения положительного напряжения (V_{ctr}) электрического поля по продольной оси.

5. Фильтр по п.1, в котором средство для генерирования магнитного поля является магнитной катушкой, установленной на стенке.

6. Фильтр по п.1, в котором средство для генерирования электрического поля выполнено в виде серии проводящих колец, расположенных перпендикулярно продольной оси камеры на одном конце цилиндрической стенки.

7. Фильтр по п.1, в котором средство для генерирования электрического поля выполнено в виде спирального электрода.

8. Фильтр по п.1, в котором средство для ионизации испаренного материала выполнено в виде высокочастотной антенны, расположенной в камере.

9. Способ отделения частиц малой массы от частиц большой массы, согласно которому используют цилиндрическую камеру, имеющую первый и второй концы, стенку и продольную ось, причем стенка камеры снабжена, по меньшей мере, одним входным отверстием, расположенным, по существу, посередине между указанными концами, генерируют магнитное поле в камере, выровненное, по существу, параллельно указанной продольной оси, и генерируют электрическое поле, по существу, перпендикулярное магнитному полю, имеющее положительный потенциал на продольной оси и, по существу, нулевой потенциал на стенке, с возможностью получения скрещенных магнитного и электрического полей, производят впуск испаренного материала в камеру через входное отверстие, ионизируют испаренный материал в камере с получением многоизотопной плазмы, взаимодействующей со скрещенными магнитным и электрическим полями для отделения частиц малой массы от частиц большой массы за счет выталкивания частиц большой массы на стенку и перемещения частиц малой массы к концам камеры.

10. Способ по п.9, в котором указанная частица малой массы имеет массу меньшую, чем значение, определяемое соотношением

$M_c=ea^2(B_z)^2/8V_{ctr}$,

где e – заряд частицы;

a – радиус камеры;

B_z – величина магнитного поля в направлении вдоль продольной оси;

V_{ctr} - значение положительного напряжения на продольной оси,

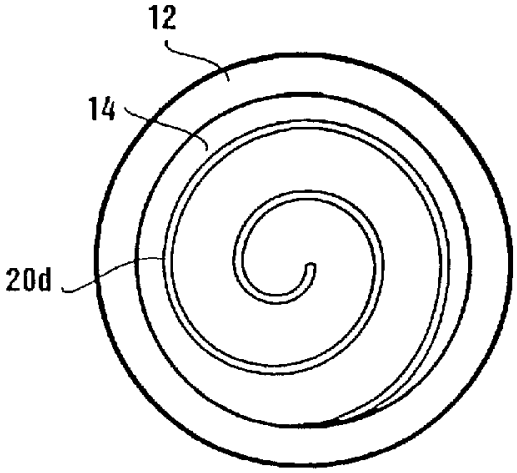
при этом стенка имеет, по существу, нулевой потенциал.

11. Способ по п.10, согласно которому изменяют значение (B_z) магнитного поля для изменения M_c.

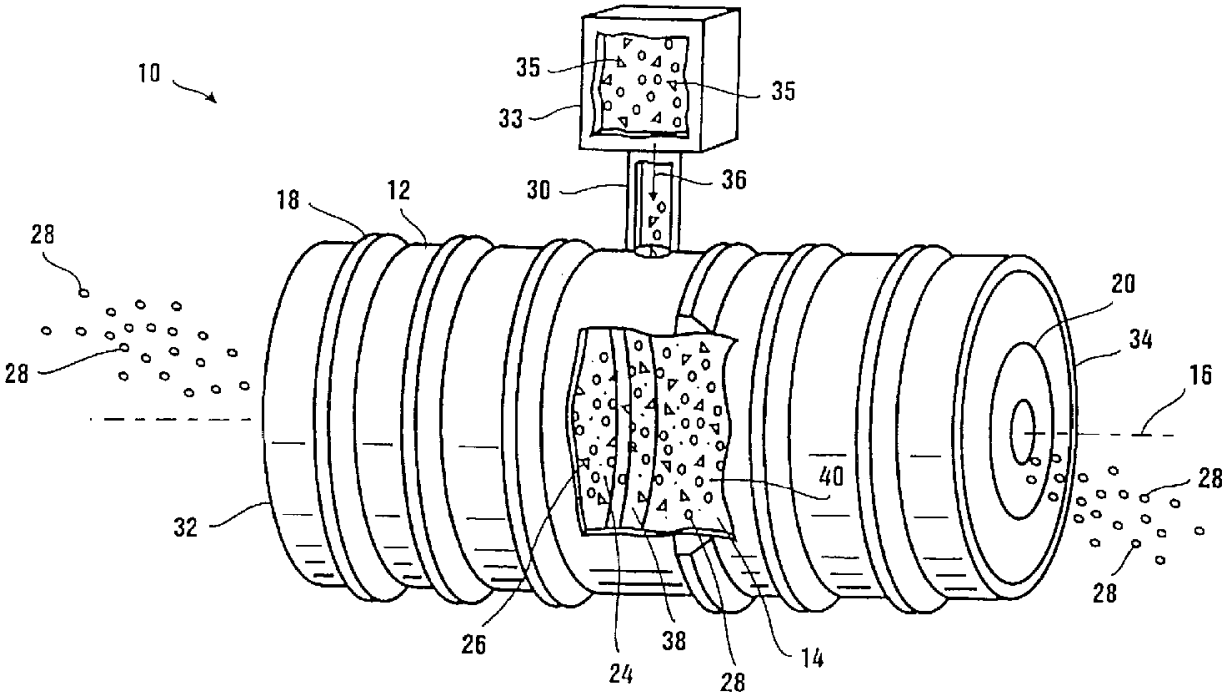
12. Способ по п.10, согласно которому изменяют значение положительного напряжения (V_{ctr}) электрического поля на продольной оси для изменения M_c.

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2



Фиг. 2



Фиг. 3

RU 2229924 C2

RU 2229924 C2