



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013123135/05, 18.10.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.10.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
22.10.2010 EP 10188478.1

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2014 Бюл. № 33

(45) Опубликовано: 20.12.2015 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: US 5753007 A, 19.05.1998. US  
2005061663 A1, 24.03.2005. US 5296110 A,  
22.03.1994. RU 2178529 C2, 20.01.2002.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 22.05.2013(86) Заявка РСТ:  
IB 2011/054622 (18.10.2011)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2012/052915 (26.04.2012)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ХИЛЬБИГ, Райнер (NL),  
КЛЕЕ Марейке (NL),  
КЕУР, Вильгельмус, Корнелис (NL)**

(73) Патентообладатель(и):

**КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС  
ЭЛЕКТРОНИКС Н.В. (NL)****(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА**

(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к устройству для выделения кислорода из кислородсодержащего газа. Оно содержит мембранный блок и электродный блок. Мембранный блок содержит пористую подложку, плотную мембрану и по меньшей мере один электрод, причем пористая подложка обращена к электродному блоку, и причем электродный блок включает в себя по меньшей мере один

электрод, содержащий по меньшей мере одно поворотное электродное крыло, которое по меньшей мере частично проводит электричество. Устройство согласно изобретению позволяет выделить кислород с улучшенной эффективностью и с большей комфортностью в отношении обслуживания и шума. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2 571 132 C2

RU 2 571 132 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013123135/05, 18.10.2011**  
 (24) Effective date for property rights:  
**18.10.2011**  
 Priority:  
 (30) Convention priority:  
**22.10.2010 EP 10188478.1**  
 (43) Application published: **27.11.2014** Bull. № 33  
 (45) Date of publication: **20.12.2015** Bull. № 35  
 (85) Commencement of national phase: **22.05.2013**  
 (86) PCT application:  
**IB 2011/054622 (18.10.2011)**  
 (87) PCT publication:  
**WO 2012/052915 (26.04.2012)**  
 Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):  
**KhIL'BIG, Rajner (NL),  
KLEE Marejke (NL),  
KEUR, Vil'khel'mus, Kornelis (NL)**  
 (73) Proprietor(s):  
**KONINKLEJKE FILIPS EhLEKTRONIKS  
N.V. (NL)**

(54) **OXYGEN RELEASE DEVICE AND METHOD**

(57) Abstract:  
 FIELD: electricity.  
 SUBSTANCE: invention is comprised of a membrane unit and electrode unit. The membrane unit comprises a porous substrate, a dense membrane and at least one electrode. The porous substrate is faced to the electrode unit, at that the electrode unit includes at

least one electrode containing rotary electrode wing, which conducts electricity at least partially.

EFFECT: according to the invention this device allows more efficient and more convenient oxygen release as related to maintenance and noise level.

13 cl, 5 dwg

RU 2 571 132 C2

RU 2 571 132 C2

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к области выделения кислорода. В частности, изобретение относится к области выделения кислорода для терапевтических применений с использованием генерирования плазмы.

### 5 УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Кислородная терапия представляет собой применение кислорода в качестве терапевтического воздействия. Она широко применяется для множества целей для лечения пациентов как с хроническими, так и острыми заболеваниями, так как кислород важен для метаболизма клеток, а в свою очередь, насыщение тканей кислородом важно  
10 для всех физиологических функций. Кислородная терапия с пользой может применяться для пациента, усиливая снабжение кислородом легких и, тем самым, повышая доступность кислорода для тканей тела, особенно когда пациент страдает от гипоксии и/или гипоксемии. Кислородная терапия может применяться как в больницах, так и для медицинской помощи на дому. Основное применения кислородной терапии при  
15 домашнем уходе предназначено для пациентов, имеющих тяжелое хроническое обструктивное заболевание легких (ХОЗЛ).

Кислород можно вводить различными способами. Предпочтительный способ введения кислорода определяется так называемым образованием кислорода по требованию или генерацией *in situ* соответственно. В этой связи широко известны  
20 коммерческие решения, так называемые концентраторы кислорода или сепараторы соответственно. Эти концентраторы кислорода чаще всего выделяют кислород из кислородсодержащего газа, так что кислород обеспечивается по требованию, т.е. непосредственно перед применением. Наиболее известные концентраторы кислорода требуют компрессора для сжатия кислородсодержащего газа. Кроме того, кислород,  
25 предпочтительно чистый кислород, нужно генерировать. Поэтому наиболее известные концентраторы кислорода содержат мембрану, в частности, органическую мембрану, молекулярное сито или подобное, чтобы отделить кислород от кислородсодержащего газа.

Одним из основных недостатков известных концентраторов кислорода являются  
30 высокая стоимость, которая связана с производством и эксплуатацией указанных устройств. Кроме того, нежелательные составляющие кислородсодержащего газа, главным образом азот, адсорбируются на мембране, что приводит к необходимости так называемого колебательного процесса, благодаря которому адсорбированный газ десорбируется с мембраны. На этой стадии десорбции выделение кислорода невозможно,  
35 поэтому желательно, чтобы две мембраны работали в противоцикле, что также повышает издержки. Помимо этого, компрессоры в большинстве своем являются шумными, что ведет к снижению комфорта, особенно когда концентратор кислорода используется ночью. Кроме того, полученный кислород не является стерильным, так что часто желательны или необходимы дополнительные меры дезинфекции.

40 Традиционные концентраторы кислорода громоздкие, тяжелые и требуют непрерывного обслуживания пациентами и поставщиками медицинских услуг на дому. Такие устройства производят шум и тепло. Кроме того, желательно снижение расходов (в которые существенный вклад вносит компрессорный блок), например, периодически повторяющихся затрат на приобретение и расходов на обслуживание.

### 45 СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задача изобретения состоит в обеспечении устройства и способа выделения кислорода, который устраняет по меньшей мере одно из названных выше ограничений.

Следующей задачей изобретения является обеспечение устройства и способа

выделения кислорода, который является недорогим и который улучшает комфортность в отношении обслуживания и шума.

Эта задача достигается устройством выделения кислорода из кислородсодержащего газа, содержащим мембранный блок и электродный блок, причем мембранный блок  
5 содержит пористую подложку, плотную мембрану и по меньшей мере один электрод, причем пористая подложка обращена к электродному блоку, и причем электродный блок содержит по меньшей мере один электрод, имеющий по меньшей мере одно поворотное крыло, по меньшей мере частично проводящее электричество.

Настоящее изобретение обеспечивает устройство, которое хорошо подходит для  
10 выделения кислорода из кислородсодержащего газа с применением образования плазмы.

Настоящее изобретение основано на неожиданном открытии, что комбинация нагревания и сжатия кислородсодержащего газа с применением плазмы и выделения кислорода из кислородсодержащего газа с помощью плотной мембраны, такой, в частности, как неорганическая мембрана, ведет к удивительному и очень выгодному  
15 синергическому эффекту.

При образовании плазмы кислородсодержащий газ сжимается и нагревается за один этап. Это выгодно тем, что не требуется отдельных устройств для нагрева и нагнетания кислородсодержащего газа или мембраны как таковых. Напротив, газ имеет достаточно высокую температуру, чтобы нагреть мембрану, тем самым обеспечивая достаточно  
20 интенсивный поток кислорода через указанную мембрану. Таким образом, эффект сжатого кислородсодержащего газа, имеющего повышенную температуру в результате его сжатия с применением плазмы, очень хорошо применим, особенно в комбинации с неорганической мембраной.

Кроме того, устройство согласно изобретению работает при пониженном  
25 образовании шума, что ведет к значительному улучшению комфортности, особенно в домашних условиях. Комфортность еще больше повышается благодаря тому, что предусмотрены электроды, такие как указаны выше, для генерирования плазмы для нагрева и сжатия кислородсодержащего газа, предлагаемое изобретением устройство имеет сниженный размер и вес, что особенно выгодно в условиях медицинской помощи  
30 на дому.

Кроме того, применение устройства согласно изобретению позволяет выделять кислород при меньших затратах благодаря тому, что само устройство можно сконструировать намного дешевле, чем традиционные сепараторы кислорода, известные в уровне техники, и, кроме того, улучшается эффективность использования энергии по  
35 сравнению со способами, известными из уровня техники.

Следующим преимуществом устройства по изобретению является генерация стерильного кислорода. Дополнительные этапы дезинфекции или стерилизации не требуются. Согласно изобретению, обеспечивается генерация стерильного кислорода по требованию.

Кроме того, благодаря предлагаемому мембранному блоку с электродом, подложка которого обращена к электродному блоку, можно получить несколько полезных  
40 результатов.

Предлагая мембранный блок, содержащий электрод, в комбинации с электродным блоком, содержащим поворотное крыло, можно достичь близкого расположения между  
45 электродным блоком и мембранным блоком. Согласно изобретению, это позволяет возбудить плазму в порах подложки мембранного блока. Это дает возможность реализовать очень эффективные условия разделения.

Кроме того, близкое расположение между электродным блоком и мембранным блок

позволяет снизить нежелательные тепловые потери. Более точно, плазма используется не только для сжатия кислородсодержащего газа, но также чтобы нагреть его, чтобы он, в свою очередь, нагревал мембрану до ее рабочей температуры. Таким образом, кислородсодержащий газ предпочтительно следует нагревать до температуры выше, чем указанная рабочая температура мембраны. Благодаря близкому расположению электродного блока и мембранного блока, газ может быть по меньшей мере частично нагрет в самом мембранном блоке и, таким образом, в прямом контакте с мембраной, что приводит к отсутствию или лишь к незначительным потерям тепловой энергии.

Кроме того, могут стать не нужными теплостойкие клапаны для создания избыточного давления на стороне подачи мембраны, чтобы заставить газ течь через мембрану. Это позволяет более легкое и более экономное изготовление устройства согласно изобретению.

Благодаря комбинации электродного блока, содержащего поворотное крыло, и мембранного блока, содержащего другой электрод, устройство согласно изобретению можно сделать очень компактным. Поэтому оно хорошо подходит для применения в домашних условиях и особенно для портативных приборов для выделения кислорода.

В дальнейшем, образованный газ будет определен как кислород. Тем не менее, хотя, используя устройство согласно изобретению, можно получить кислород с высокой чистотой, до 100%, образованный кислород, который может содержать некоторые примеси, остается в рамках изобретения. Следовательно, термин "кислород" означает смесь газов, в которой кислород является основным компонентом.

Таким образом, устройство согласно изобретению обеспечивает улучшение в отношении себестоимости, цены, обслуживания и шума.

В одном предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения поры пористой подложки сформированы как непрерывные каналы. Это позволяет зажечь и поддерживать плазму в непосредственной близости от мембраны. Таким образом, этот вариант осуществления реализует тесный контакт нагретого и сжатого кислородсодержащего газа с мембраной, что выгодно с точки зрения нагрева мембраны, а также для обеспечения давления, чтобы заставить кислород течь через мембрану. В соответствии с вышесказанным, устройство согласно изобретению может работать очень эффективно.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения поры пористой подложки имеют диаметр  $\geq 0,02$  мм. Это позволяет направить в поры подходящее количество кислородсодержащего газа, тем самым позволяя эффективно возбудить плазму. Другими словами, эти размеры улучшают эффективность устройства согласно изобретению.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения электрод выполнен как электропроводящий слой, сформированный в порах пористой подложки. Это представляет особенно предпочтительную конфигурацию для образования плазмы между электродами. Более точно, благодаря тому, что пористая подложка обращена к поворотному электроду, плазма может генерироваться непосредственно внутри пор особенно эффективным способом. Кроме того, это позволяет рассчитать поры в зависимости от характеристик плазмы, которую требуется создать. Следовательно, можно хорошо подбирать условия, при которых может работать устройство согласно изобретению.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения мембрана имеет в основе материал с кристаллической структурой перовскита или флюорита. Особенно предпочтительно, когда мембрана имеет в основе перовскит,

причем перовскит выбран из группы, содержащей  $Sr_{1-y}Ba_yCo_{1-x}FexO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован донорами или акцепторами, и  $La_{1-y}Sr_yFe_{1-x}Cr_xO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован ниобием, магнием, титаном или галлием,  $Sr_{1-y-x}Ba_yLa_xCo_{1-b-c}Fe_bCr_cO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован, например, донорами или акцепторами, как ниобий, магний, титан или галлий,  $Ba_{1-x}Sr_xTiO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован донорами или акцепторами, такими, как марганец, железо, хром или любая другая легирующая добавка, и  $PbZr_{1-x}Ti_xO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован донорами или акцепторами, такими, как железо, ниобий, лантан, хром, или любая другая легирующая добавка. Этот вид керамических соединений обеспечивает хороший поток газа и, кроме того, имеет отличную селективность в отношении кислорода. Более точно, если, например, к передней по потоку стороне мембраны, содержащей этот компонент, приложить избыточное давление воздуха, она будет пропускать только кислород. Тем самым можно генерировать кислород с чистотой до 100%.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения на одной или обеих сторонах подложки предусмотрен защитный слой. В этой связи, защитный слой или защитные слои предпочтительно могут быть сформированы из нитрида кремния или стекла. Это позволяет, в частности, ингибировать реакции компонентов, присутствующих в мембране, с компонентами, имеющимися в подложке. Более точно, можно ингибировать реакцию бария как подходящего компонента мембраны и кремния как подходящего компонента подложки. Кроме того, если защитный слой предусмотреть на стороне подложки, противоположной мембране, он может помочь в образовании или придании желаемой формы, соответственно, порам подложки, например, действуя тем самым как маска. В частности, защитный слой или защитные слои могут быть сплошными или пористыми и могут наноситься любым методом осаждения, например термоокислением. Слой нитрида кремния наносят любым методом осаждения, например химическим осаждением из паровой фазы. Стекланный слой является, например, слоем стекла, нанесенным центрифугированием.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения между мембраной и защитным слоем предусмотрен барьерный слой. Этот барьерный слой предпочтительно содержит материал, выбранный из группы, содержащей оксид кремния, оксид титана, оксид магния, оксид циркония, титанат циркония, оксид алюминия и оксид тантала или любую их комбинацию. Барьерный слой может быть нанесен любым способом осаждения, например реактивным напылением оксидов, или напылением металлов с последующим термоокислением, центрифугированием или химическим осаждением из паровой фазы. Он может действовать как промежуточный слой между защитным слоем и мембраной, если материалы, из которых сделаны мембрана и защитный слой, могут каким-либо образом взаимодействовать друг с другом.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения устройство для выдувания воздуха обеспечено выше по ходу потока, чем мембранный блок. Это позволяет улучшить течение газа, который нужно провести к электродному блоку и, таким образом, к мембранному блоку. Тем самым можно повысить эффективность устройства согласно изобретению.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения выше по ходу потока относительно мембранного блока предусмотрено нагревательное устройство, в частности, теплообменник. Нагревательное устройство позволяет

предварительно нагреть кислородсодержащий газ, тем самым снижая количество тепловой энергии, которое нужно ввести в кислородсодержащий газ плазмой. Если предусматривается теплообменник, то он может использовать теплоту газа, из которого отбирается кислород, и который покидает мембранный блок после цикла разделения.

5 Таким образом, можно снизить расход энергии на работу устройства согласно изобретению.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения за мембранным блоком предусмотрено охлаждающее устройство. Это позволяет охладить образованный кислород до температурного диапазона, в котором он может использоваться напрямую. В этом отношении особенно предпочтительно использовать устройство согласно изобретению в условиях по требованию или *in situ* соответственно. Так, охлаждающее устройство может быть соединено с теплообменником, предусматриваемым до устройства генерирования плазмы. Это позволяет, в частности, экономное функционирование устройства по изобретению.

15 Кроме того, настоящее изобретение относится к способу выделения кислорода из кислородсодержащего газа, причем способ включает этапы: получение устройства согласно изобретению, в котором электродный блок сообщается по текучей среде с кислородсодержащим газом, вращение по меньшей мере одного поворотного крыла и приложение электрического напряжения к электроду и к по меньшей мере одному поворотному крылу, чтобы генерировать плазму в порах пористой подложки. Способ

20 согласно изобретению дает те же преимущества, какие были описаны в связи с устройством по изобретению.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения для генерации плазмы используется мощность от  $\geq 100$  Вт до  $\leq 350$  Вт. Эта мощность достаточна для генерации эффективной плазмы в порах, тем самым сберегая энергию. Это позволяет применять способ по изобретению даже при лечении в домашних условиях.

В следующем предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения используется поток кислорода  $\geq 1$  л/мин. Этот поток хорошо подходит и достаточен для многих приложений, таких, например, как терапевтические приложения, и, кроме того, его легко достичь даже в условиях лечения на дому.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Эти и другие объекты изобретения будут очевидны станут понятнее со ссылкой на описываемые ниже варианты осуществления.

На чертежах:

35 фиг.1 показывает вид сбоку в разрезе устройства согласно изобретению,  
фиг.2 показывает вид сверху поворотного электрода в плоскости А-А',  
фиг.3 показывает один вариант осуществления мембранного блока,  
фиг.4 показывает следующий вариант осуществления мембранного блока,  
фиг.5 показывает следующий вариант осуществления мембранного блока.

#### 40 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

На фиг.1 схематически показано устройство 10 согласно изобретению. Предлагаемое изобретением устройство 10 особенно хорошо подходит для выделения кислорода из кислородсодержащего газа. Так, устройство 10 может быть частью устройства разделения кислорода или концентратора кислорода соответственно. Например, устройство 10 очень хорошо подходит для кислородной терапии в домашних условиях. Однако, устройство 10 не ограничено терапевтическими применениями, но подходит, кроме того, для любых типов генерации кислорода. Как следующее иллюстративное применение сошлемся на генерацию кислорода в самолетах.

Устройство 10 согласно изобретению содержит мембранный блок 12. Мембранный блок 12 содержит мембрану 14. Мембрана 14 предпочтительно является мембраной для отделения кислорода. В этом случае ее целью является отделить кислород от остальных составляющих кислородсодержащего газа и, таким образом, создать поток кислорода, который предпочтительно является потоком 100%-ного чистого кислорода. Это схематически показано стрелками 16. Чаще всего главным остающимся компонентом является азот, особенно в случае, когда в качестве кислородсодержащего газа используется воздух. Поэтому, чтобы получить достаточные результаты разделения, существенно, чтобы мембрана 14 была очень плотной. Плотная мембрана 14 является, в частности, мембраной, избирательно проницаемой для кислорода, но строго или по меньшей мере, по существу, непроницаемой для других газов, в частности, для азота.

Мембрана 14 может быть мембраной с чисто кислородной проводимостью или со смешанной ионно-электронной проводимостью. Обычно, чтобы вызвать перенос кислорода через мембрану 14, нужно приложить силу. Это может быть электрическая сила. Однако, предпочтительно, чтобы кислород проходил через мембрану 14 благодаря разнице давлений между стороной подачи и стороной пермеата мембраны 14, как станет ясно ниже.

Мембранный блок 12 содержит, кроме того, электрод 18, выполненный так, чтобы годиться для генерирования плазмы, как станет ясно ниже. Согласно фиг.1, электрод 18 может быть выполнен как электропроводящий слой, находящийся на стороне подачи мембраны 14, или, другими словами, до передней стороны мембраны 14.

Мембрана 14, кроме того, поддерживается пористой подложкой 20. Пористая подложка 20 содержит поры 22, которые предпочтительно сформированы как непрерывные каналы, проходящие по всей толщине подложки 20. Подробное обсуждение мембранного блока 12 следует ниже в сочетании с фиг.3-5.

Пористая подложка 20 обращена к электродному блоку 24. Этот электродный блок 24 установлен в непосредственной близости к подложке 20. Он предпочтительно имеет форму диска и содержит по меньшей мере одно поворотное крыло 26 и воздушный зазор 28 в плоскости электродного крыла 26. Однако, наиболее предпочтительно, чтобы электрод 24 содержал несколько поворотных крыльев 26 и расположенных между ними воздушных зазоров 28.

Предпочтительно, чтобы по меньшей мере одно электродное крыло 26 было по меньшей мере частично сделано из платины, палладия, иридия или из оксида металла, в частности,  $\text{SrRuO}_3$ , или  $\text{SrRhO}_3$ , или из сплавов вышеупомянутых соединений. Эти соединения особенно хорошо подходят, чтобы действовать как электрод при генерировании плазмы. Кроме того, эти соединения стабильны в большинстве кислородсодержащих газах даже при повышенных температурах, создаваемых указанной плазмой.

По меньшей мере одно крыло 26 электрода можно сделать электропроводным, предусмотрев электропроводный слой на поверхности крыла 26. Это предпочтительно можно реализовать на стороне, обращенной к мембранному блоку 12. Так, слой может содержать одно из упомянутых выше соединений. Это позволяет делать крыло 26 электрода из любого подходящего материала. Таким образом, характеристики электрода обеспечиваются электропроводным слоем. Это позволяет сэкономить на получении как самого поворотного крыла 26, так и устройства 10 согласно изобретению. Как альтернатива, само крыло 26 электрода может быть сделано из указанного материала. Это позволяет особо легкое изготовление электродного крыла 26.

Расстояние между поверхностью поворотного крыла 26 и подложкой 20 должно



быть меньше диаметра пор 22, чтобы иметь особенно предпочтительные условия для зажигания и поддержания плазмы. Кроме того, по этой же причине расстояние между поверхностью поворотного крыла 26 и подложкой 20 должно быть меньше, чем длина пор 22, например, меньше, чем толщина подложки 20. Кроме того, проводящая  
5 поверхность крыльев 26 должна быть больше, чем поверхность соответствующих воздушных зазоров 28.

Вид сверху электродного блока 24 показан на фиг.2. Согласно фиг.2, электродный блок 24 содержит, без ограничений, четыре крыла 26 и, следовательно, четыре  
10 воздушных зазоров 28 между ними. За воздушными зазорами 28 и, следовательно, за электродным блоком 24, можно видеть пористую подложку 20 с устроенными в ней порами 22. Благодаря тому, что крылья 26 могут вращаться, зона мембранного блока 12 попеременно закрывается крылом 26 или открывается через воздушный зазор 28.

Электродное крыло 26 или совокупность крыльев 26, соответственно, по меньшей мере частично проводят электричество, в частности, на стороне, обращенной к  
15 мембранному блоку 12. Таким образом, крыло или крылья 26 могут служить электродами для генерации плазмы. Более точно, вместе с электродом 18 мембранного блока 12, поворотное крыло или крылья 26 образуют множество малых плазменных генераторов накачки.

Таким образом, основная задача электродного блока 24 вместе с электродом 18  
20 мембранного блока 12 состоит в образовании между ними плазмы, тем самым нагревая кислородсодержащий газ и повышая его давление, чтобы отделить от него кислород. Следовательно, возвращаясь к фиг.1, устройство 10 для выделения кислорода может, как пример и предпочтительно, работать следующим образом.

Кислородсодержащий газ, в частности воздух, направляется в электродный блок 24.  
25 Чтобы перенести кислородсодержащий газ к электроду 24, перед электродным блоком 24 можно предусмотреть устройство выдувания воздуха (воздуходувку) 30. Воздуходувка 30 может усилить поток кислородсодержащего газа к электродному блоку 24 или к его стороне подачи, соответственно. За воздуходувкой 30 дополнительно можно предусмотреть нагревательное устройство 32, в частности, теплообменник.

Нагревательное устройство 32 улучшает эффективность использования энергии  
30 устройством 10, заранее нагревая кислородсодержащий газ, например, воздух. Затем последний направляется в электродный блок 24. Это схематически показано стрелками 34. Затем можно провести этап отделения кислорода. Чтобы отделить кислород, поворотные крылья 26 вращаются впереди мембранного блока 12 или подложки 20,  
35 соответственно. В области воздушных зазоров 28 свежий воздух проходит через крылья 26 или электродный блок 24, соответственно, и направляется в мембранный блок 12 и в поры 22, соответственно, что схематически показано стрелками 36. На этой стадии газ может находиться при атмосферном давлении, т.е. приблизительно 1 бар.

В случае, когда крылья 26 и электрод 18 мембранного блока 12 соединены с  
40 источником электроэнергии, который сам по себе не показан, плазма может возбудиться и гореть между крыльями 26 и электродом 18, и таким образом, внутри пор 20. Это схематически показано стрелками 38. Обычно для генерирования плазмы достаточен довольно малый подвод энергии. Более точно, может быть достаточен подвод энергии от  $\geq 100$  Вт до  $\leq 350$  Вт, в зависимости от температуры и условий в мембране, чтобы  
45 получить поток кислорода на стороне пермеата  $\geq 1$  л/мин, в частности, порядка нескольких литров в минуту. Этот диапазон подводимой энергии очень хорошо подходит для лечения в домашних условиях. Обычно, однако, нужно возбуждать несколько плазменных мод. В частности, можно применять плазму постоянного тока, плазму

переменного тока, ВЧ-плазму, плазму импульсных разрядов или подобное.

Наличие плазмы ведет к повышенной температуре. Из-за того, что крылья 26, а также воздушные зазоры 28 вращаются, поры 22, наполненные свежим воздухом, закрываются крыльями 26 и становятся недоступными для окружающего воздуха при генерировании плазмы. Таким образом, кислородсодержащий газ в порах 22 мембранного блока 12 или его подложке 20, соответственно, нагревается, и его давление повышается. Для примера, давление в результате может быть повышено до значения более 1 бара, в частности, до 3 бар из-за вызванного плазмой повышения температуры газа до 900К. Из-за избыточного давления кислородсодержащий газ давит на мембрану 14, приводя к отделению кислорода в результате течения через отделяющую кислород мембрану 14, образуя поток 16, по существу, чистого кислорода.

Из-за того, что электродное крыло или крылья 26 поворачиваются, затем, на следующем шаге за крылом 26 следует воздушный зазор 28. Из-за избыточного давления, которое все еще имеется в порах 22 и плазме, продолжающей гореть еще короткий период времени, когда воздушный зазор 28 находится перед соответствующими порами 22, газ, обедняясь кислородом, выходит из пор 22. Это схематически показано стрелками 44. По мере затухания плазмы, когда крыло 26 больше не находится в этой области, обеденный газ будет охлаждаться, что создает пониженное давление в порах 22, в частности, давление  $\ll 1$  бара, приводя, таким образом, к втеканию свежего воздуха в поры 22. Затем может начаться дополнительный цикл со следующим крылом 26 или с тем же крылом 26, если используется всего одно крыло. Таким образом, электродный блок 24 или вращающиеся крылья 26 электрода, соответственно, могут действовать как клапан, ответственный за поддержание воздуха под давлением в порах 22, а также для осуществления газообмена.

Начало и конец генерирования плазмы в соответствующих порах 22 определяется вращением электродного блока 24 или по меньшей мере одного крыла 26, соответственно. Однако, при необходимости можно добавить периодически повторяющиеся импульсы зажигания. Обычно для зажигания (повторного зажигания) плазмы в порах следует использовать напряженность электрического поля  $\geq 10$  кВ/см. В этом случае поверхность крыла 26 или совокупности крыльев 26 может быть структурирована. Более точно, за участком проводящего материала в направлении вращения может следовать участок непроводящего материала. Благодаря размеру соответствующих участков можно подбирать импульсы зажигания в соответствии с желаемым применением. Например, напряжение зажигания можно создавать на главном участке или полосе, соответственно, тогда как на остальной проводящей поверхности можно генерировать напряжение питания плазмы.

В соответствии с вышесказанным, электродный блок 24 функционирует как газовый насос. Хотя из-за вращения крыльев 26 электрода он работает в разных циклах, он может создавать постоянное и непрерывное течение кислородсодержащего газа благодаря предпочтительно высокой частоте рабочих циклов. Вместе с числом крыльев 26 и их размером, частота вращения также может устанавливаться в соответствии с требуемым применением. Она может составлять приблизительно 100 Гц.

Колебательные процессы не требуются, так как азот не адсорбируется на мембране 14 и тем самым не снижает проницаемость в отношении кислорода.

Чтобы собрать образованный поток кислорода, с мембранным блоком 12 или мембраной 14, соответственно, соединена трубка 40. Конечно, предпочтительно, чтобы трубка 40 была воздухонепроницаемо герметизирована, чтобы можно было направить весь образованный кислород на желаемое применение. Кроме того, внутри трубки 40

можно предусмотреть газовый насос, чтобы направлять выделенный кислород к желаемому применению. Дополнительно, за мембраной 14 можно предусмотреть охлаждающее устройство 42 для охлаждения отделенного потока кислорода.

5 Охлаждающее устройство 42 может, например, размещаться в трубке 40 или сообщаться по текучей среде с трубкой 40. Соответственно, кислород может особенно предпочтительным образом использоваться напрямую в случае, когда устройство 10 применяется в способе *in situ*, или кислород может храниться в подходящих резервуарах. Температуру образованного кислорода можно устанавливать в диапазоне, который близок или точно совпадает с температурой, какая требуется для желаемого применения, 10 которое может быть, например, медицинским или терапевтическим применением. Охлаждающее устройство 42 предпочтительно соединено с теплообменником, как нагревательное устройство 32, чтобы еще больше повысить эффективность устройства 10 согласно изобретению.

Конечно, все детали могут быть изолированы от атмосферного воздуха, и/или, если 15 необходимо, они могут быть соединены с соответствующими источниками энергии. Кроме того, в случае необходимости может предусматриваться соответствующая теплоизоляция. Например, электродный блок 24 вместе с мембранным блоком 12 могут быть выполнены в корпусе для теплоизоляции этих компонентов в целях улучшения эффективности.

20 Различные варианты осуществления мембранного блока описаны с обращением к фиг.3-5.

На фиг.3 схематически показан мембранный блок 12. Мембранный блок 12 участвует в процессе зажигания и поддержания плазмы и поэтому важен для устройства 10 согласно изобретению.

25 Мембранный блок 12 согласно фиг.3 содержит мембрану 14 в качестве одного существенного компонента. Аналогично описанному выше, чтобы отделить кислород от кислородсодержащего газа, мембрана 14 является плотной. Таким образом, она избирательно проницаема для кислорода.

30 Чтобы достичь этих свойств, мембрана 14 может быть твердой керамической мембраной, содержащей избранные неорганические оксидные соединения. Предпочтительные мембраны имеют в основе кристаллическую структуру перовскита или флюорита. Как пример, перовскит может быть выбран из группы, содержащей  $Sr_{1-y}Ba_yCo_{1-x}Fe_xO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован донорами или акцепторами, и  $La_{1-y}Sr_yFe_{1-x}Cr_xO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или 35 легирован ниобием, магнием, титаном или галлием,  $Sr_{1-y-x}Ba_yLa_xCo_{1-b-c}Fe_bCr_cO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован, например, донорами или акцепторами, как ниобий, магний, титан или галлий,  $Ba_{1-x}Sr_xTiO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован донорами или акцепторами, такими, как марганец, 40 железо, хром или любая другая легирующая добавка, и  $PbZr_{1-x}Ti_xO_{3-z}$ , который может быть нелегированным или легирован донорами или акцепторами, такими, как железо, ниобий, лантан, хром, или любая другая легирующая добавка. Как предпочтительный пример, очень хорошо подходит материал  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}Co_{0,5}Fe_{0,2}O_{3-\delta}$  (BSCF) из семейства перовскитов. Как альтернативна может использоваться, например, тонкая пленка  $Sr_{0,5}$  45  $Ba_{0,5}Co_{0,8}Fe_{0,2}O_{3-x}$ .

Общим свойством этого типа неорганических мембран 14 является то, что они полностью непроницаемы для любых газов при комнатной температуре, но позволяют

проходить молекулам кислорода при нагреве до высоких температур. Как правило, необходимы температуры выше 700К, чтобы добиться хорошего течения кислорода в условиях мембран только малого размера. Например, вышеназванный BSCF может, как типичный пример, давать поток кислорода  $13 \text{ мл/см}^2 \cdot \text{мин}$  при 1275К, при этом достаточно малой толщины мембраны. Обычно может быть достаточным, чтобы мембрана 14 имела толщину в диапазоне от 0,1 мкм до 50 мкм. Это позволяет получить компактные устройства 10 и, кроме того, обеспечивает интенсивный поток газа через мембрану 14. Кроме того, требуется меньше тепла, чтобы нагреть мембраны.

Мембрана 14 опирается на пористую подложку 20. Подложка 20 может быть сделана, например, из кремния, стекла, кварца или оксида алюминия. Однако, может использоваться и любая другая подложка 20, например, металлическая подложка. Подложка может иметь толщину от  $\geq 50$  мкм до  $\leq 1$  мм, в частности, от  $\geq 100$  мкм до  $\leq 650$  мкм. Это позволяет подложке 20 быть более стабильной, а также компактной, что позволяет использовать устройство 10 по изобретению, например, в портативных приборах для домашнего пользования. В подложке 20 могут быть сформированы поры 22. Более точно, предпочтительно, чтобы подложка 20 содержала столбики 46, в которых в качестве пор 22 организованы непрерывные каналы, чтобы привести газ в контролируемый контакт с мембраной 14. Это может быть осуществлено, например, травлением или пескоструйной обработкой подложки 20. Как правило, можно применить механическую микрообработку. Столбики 46 предпочтительно могут иметь ширину от 50 мкм до  $\leq 1$  мм, в частности, от  $\geq 200$  мкм до  $\leq 800$  мкм, чтобы позволить достаточно высокую стабильность при хорошем течении газа.

Подложка 20 предпочтительно имеет пористость от 5% до 90%, в частности, от 20% до 80%. Это позволяет иметь очень сильный поток газа через мембранный блок 12. Кроме того, подложка 20 еще содержит достаточно столбиков 46 достаточно большого размера, чтобы не допустить нестабильности мембранного блока 12. Даже если пористость может быть создана в основном хорошо ограниченными каналами, можно дополнительно обеспечить заданную пористость внутри подложки 20 рядом с ограниченными каналами, т.е. в столбиках 46. Это может быть достигнуто благодаря пористости самого материала подложки, или благодаря пористости столбиков 46, соответственно.

Благодаря тому, что каналы получены надлежащим способом, они четко определены и позволяют вполне определенный и контролируемый контакт воздушного потока, например, с мембраной 14. Четко ограниченные или определенные каналы, соответственно, должны тем самым означать, что структура и размер каналов выполнены в соответствии со специальными требованиями. Таким образом, они могут быть организованы и адаптированы в соответствии с желаемым применением. Более точно, они могут иметь ширину от  $\geq 30$  мкм до  $\leq 5$  мм, в частности, от  $\geq 100$  мкм до  $\leq 800$  мкм. Однако, наиболее предпочтительно, чтобы каналы или поры 22, соответственно, имели диаметр  $\geq 0,02$  мм.

Таким образом, устройство 10 согласно изобретению подходит для получения эффективной системы генерации кислорода, позволяющей большие и четко определенные потоки газа и, кроме того, позволяет получить стабильную систему даже при наличии тонких мембран 14.

Чтобы можно было возбудить плазму, как описано выше, мембранный блок 12 содержит электрод 18. Согласно фиг.1 и фиг.3, электрод 18 образован как тонкий слой 48 между подложкой 20 и мембраной 14. Электрод 18 может по меньшей мере частично быть сделан из платины, титана и иридия или из оксида металла, в частности, оксида

иридия,  $\text{SrRuO}_3$  или  $\text{SrRhO}_3$ , или из сплавов вышеупомянутых соединений. Однако, возможен и любой другой электрод.

Как альтернатива, подложка 20 может быть напрямую соединена с мембраной 14, а слой 48, образующий электрод 18, может располагаться на задней стороне мембраны 14, т.е. на стороне, противоположной подложке 20.

Независимо от точного положения слоя 48, образующего электрод 18, важно, чтобы последний был способен возбуждать плазму между электродом 18 и по меньшей мере одним поворотным крылом 26, но, кроме того, важно, чтобы он не препятствовал течению кислорода через мембрану 14. Соответственно, если он находится между подложкой 20 и мембраной 14, он может располагаться только в области столбиков 46 или между столбиками 46 и мембраной 14, тем самым находясь в контакте с порами 22. При этом он не будет мешать течению кислорода через мембрану 14. Если он располагается рядом с мембраной 14 на всей поверхности, слой 48 предпочтительно может быть пористым, чтобы не препятствовать течению кислорода через указанный слой 48. Как альтернативная конфигурация, слой 48 может предусматривать отверстия, чтобы позволить течение газа. Таким образом, он может быть выполнен, например, как сито.

Это же справедливо для размещения слоя 48 на стороне пермеата мембраны 14. По большей части предпочтительно, чтобы слой 48 находился на всей поверхности. В этом случае он может быть выполнен цельным, например, в форме сита, или может быть пористым и, следовательно, проницаемым для кислорода.

Еще один вариант осуществления мембранного блока 12 показан на фиг.4. Согласно фиг.4, мембранный блок 12 содержит, кроме того, защитный слой 50, 50' на одной или обеих сторонах подложки 20. В этой связи, защитный слой 50, 50' или защитные слои 50, 50' предпочтительно могут быть выполнены из нитрида кремния или стекла. Это, в частности, позволяет ингибировать реакции компонентов, содержащихся в мембране 14, с компонентами, присутствующими в подложке 20. Более точно, можно ингибировать реакцию бария как подходящего компонента мембраны 14 с кремнием как подходящим компонентом подложки 20. Кроме того, если он предусмотрен на стороне подложки 20, противоположной мембране 14, защитный слой 50' может помочь в формировании или придании желаемой формы, соответственно, порам 22 или каналам, тем самым действуя, например, как маска. В частности, защитный слой 50, 50' может быть нанесен любым методом осаждения, например, термоокислением. Слой нитрида кремния наносят любым методом осаждения, например, химическим осаждением из паровой фазы. Стекланный слой является, например, слоем стекла, нанесенного центрифугированием. Толщина защитного слоя 50, 50' предпочтительно составляет от 100 нм до 100 мкм, в частности, от 100 нм до 10 мкм.

Опять же, слой 48, образующий электрод 18, может находиться на задней стороне мембраны 14, как показано на фиг.4. Однако, электродный слой 48 может также располагаться на передней стороне мембраны 14. В этом случае он может располагаться между защитным слоем 50 и мембраной 14 или между защитным слоем 50 и подложкой 20. В следующем варианте осуществления между защитным слоем 50 и электродом 18 может быть нанесен барьерный слой, такой, как оксид титана.

Как изложено выше в отношении слоя 48, он, как и защитный слой 50, не должен препятствовать течению кислорода. Поэтому он должен быть пористым или иметь отверстия, чтобы позволить подходящее течение кислорода через мембрану 14, если он имеется на всей поверхности, т.е. в порах 22.

Следующий вариант осуществления мембранного блока 12 показан на фиг.5. Вариант

осуществления согласно фиг.5 похож на вариант осуществления с фиг.4. Однако, согласно фиг.5, мембранный блок 12 дополнительно содержит барьерный слой 52 между мембраной 14 и защитным слоем 50. Этот барьерный слой 52 предпочтительно содержит материал, выбранный из группы, содержащей оксид кремния, оксид титана, оксид магния, оксид циркония, титанат циркония, оксид алюминия оксид и оксид тантала или любую их комбинацию. Барьерный слой 52 может быть нанесен любым способом осаждения, например, реактивным напылением оксидов, напылением металлов с последующим термоокислением, или центрифугированием, или химическим осаждением из паровой фазы. Он может действовать как промежуточный слой между защитным слоем 50 и мембраной 14, если материалы, из которых сделаны мембрана 14 и защитный слой 50, соответственно, могут каким-либо образом взаимодействовать друг с другом. Так, электродный слой 48 может размещаться как на передней, так и на задней стороне мембраны. Как уже говорилось выше в отношении слоя 48, он, как и барьерный слой 52, не должен препятствовать течению кислорода. Таким образом, он должен быть пористым или иметь отверстия, чтобы позволить надлежащее течение кислорода через мембрану 14, если он имеется на всей поверхности, т.е. в порах 22.

Кроме того, во всех показанных вариантах осуществления на мембране 14 или на электродном слое 48, соответственно, может быть устроен дополнительный защитный слой. Этот дополнительный защитный слой может, например, механически защищать мембрану 14 и, таким образом, может повысить срок службы мембраны 14 согласно изобретению. Дополнительный защитный слой предпочтительно выполнен как неорганический или органический слой. Так, он предпочтительно содержит полости или выполнен пористым, позволяя надлежащее течение кислорода через мембрану 4.

Кроме того, соответствующие слои, т.е. электродный слой 48, защитный слой 50, 50' и/или барьерный слой 52 могут быть сформированы в столбиках 20, или в порах 22, или в каналах, соответственно, или и там и там, независимо друг от друга. Если они устроены в порах 22, они не должны препятствовать потоку кислорода.

Следует отметить, что все варианты осуществления, описанные в связи с фиг.3-5, могут использоваться в устройстве 10 согласно изобретению.

Хотя изобретение было проиллюстрировано и раскрыто подробно на чертежах и в предшествующем описании, эти иллюстрации и описание следует рассматривать лишь иллюстративными или примерными, но не ограничительными; изобретение не ограничено раскрытыми вариантами осуществления. После изучения чертежей, описания и приложенной формулы специалистам в данной области смогут прийти в голову и быть произведены другие модификации описанных вариантов осуществления при реализации на практике заявленного изобретения. В формуле выражение "содержащий" не исключает присутствия других элементов или этапов, а единственное число не исключает множественности. Тот факт, что некоторые меры перечисляются в разных взаимозависимых пунктах, не означает, что комбинация этих мер не может быть использована с пользой. Любую позицию для ссылок в формуле не следует рассматривать как ограничивающую ее объем.

#### Формула изобретения

1. Устройство выделения кислорода из кислородсодержащего газа, содержащее мембранный блок (12) и электродный блок (24), причем мембранный блок (12) содержит пористую подложку (20), плотную мембрану (14) и по меньшей мере один электрод (18), причем пористая подложка (20) обращена к электродному блоку (24), и причем

электродный блок (24) содержит по меньшей мере один электрод, содержащий по меньшей мере одно поворотное крыло (26) электрода, которое по меньшей мере частично проводит электричество.

5 2. Устройство по п. 1, причем поры (22) пористой подложки (20) сформированы как непрерывные каналы.

3. Устройство по п. 1, причем поры (22) пористой подложки (20) имеют диаметр  $\geq 0,02$  мм.

4. Устройство по п. 1, причем электрод (18) выполнен как электропроводный слой (48), сформированный в порах (22) пористой подложки (20).

10 5. Устройство по п. 1, причем мембрана (14) имеет в основе материал с кристаллической структурой перовскита или флюорита.

6. Устройство по п. 1, причем на одной или обеих сторонах подложки (20) имеется защитный слой (50, 50').

15 7. Устройство по п. 6, причем между мембраной (14) и защитным слоем (50) предусмотрен барьерный слой (52).

8. Устройство по п. 1, причем устройство выдувания воздуха (30) обеспечено выше по ходу потока относительно мембранного блока (12).

9. Устройство по п. 1, причем перед мембранным блоком (12) предусмотрено нагревательное устройство (32).

20 10. Устройство по п. 1, причем после мембранного блока (12) предусмотрено охлаждающее устройство (42).

11. Способ выделения кислорода из кислородсодержащего газа, причем способ предусматривает этапы:

25 обеспечения устройства (10) по п. 1, причем электродный блок (24) сообщается по текучей среде с кислородсодержащим газом,

вращение по меньшей мере одного поворотного крыла (26) электрода и приложение напряжения к электроду (18) и к по меньшей мере одному, поворотному крылу (26), для генерации плазмы в порах (22) пористой подложки (20).

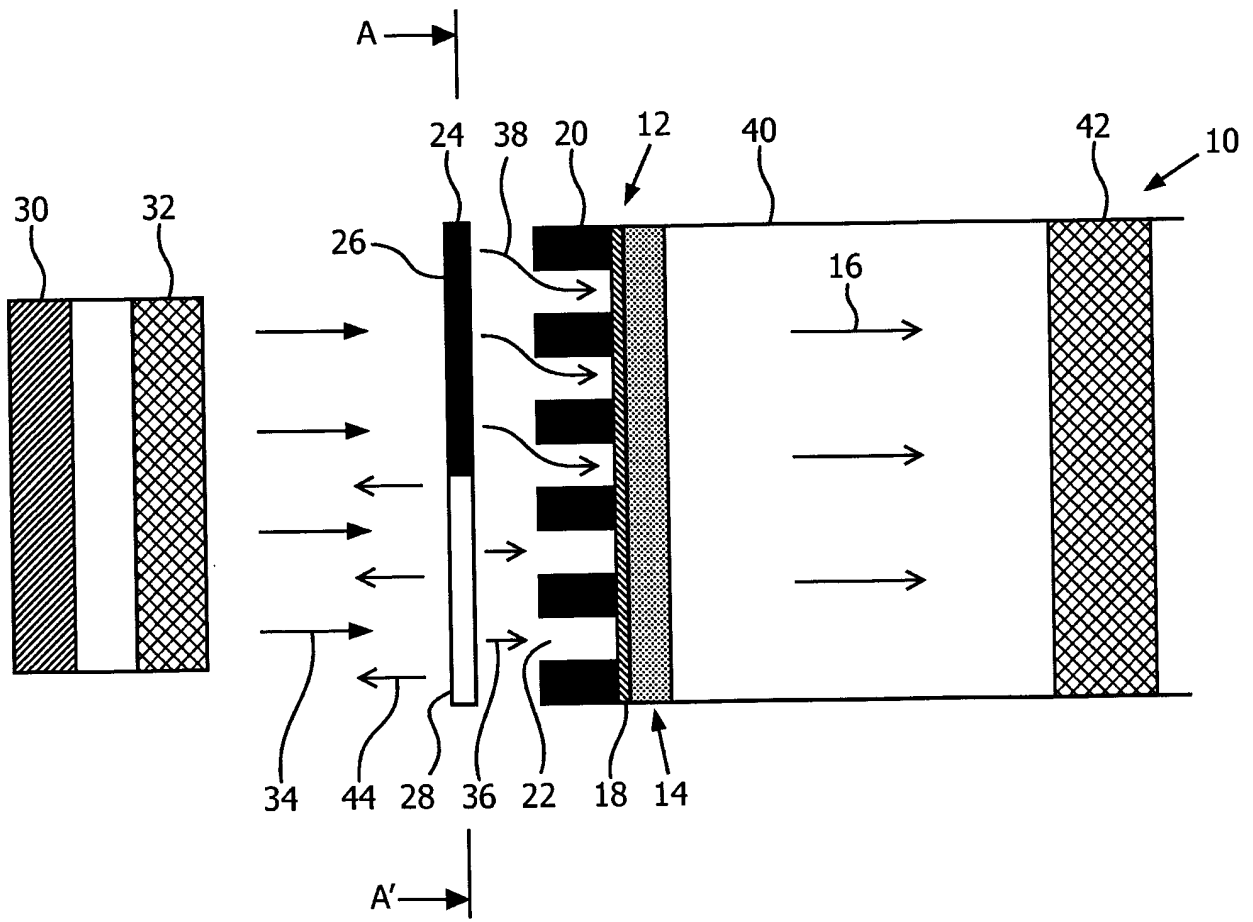
30 12. Способ по п. 11, причем для генерации плазмы используют мощность от  $\geq 100$  Вт до  $\leq 350$  Вт.

13. Способ по п. 11, в котором используют поток кислорода  $\geq 1$  литр в минуту.

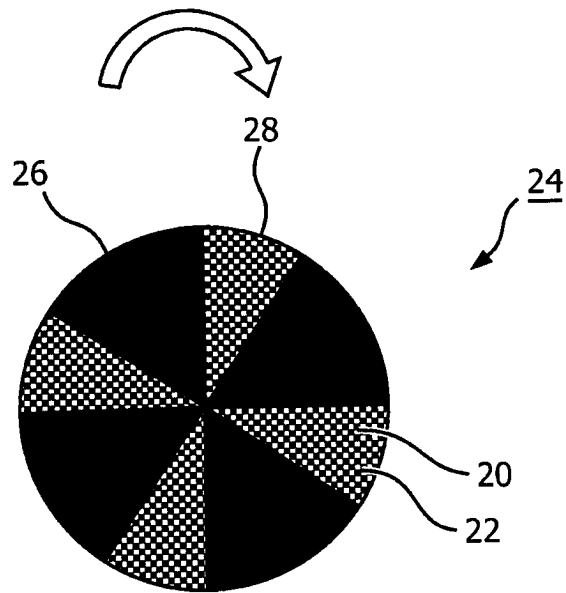
35

40

45

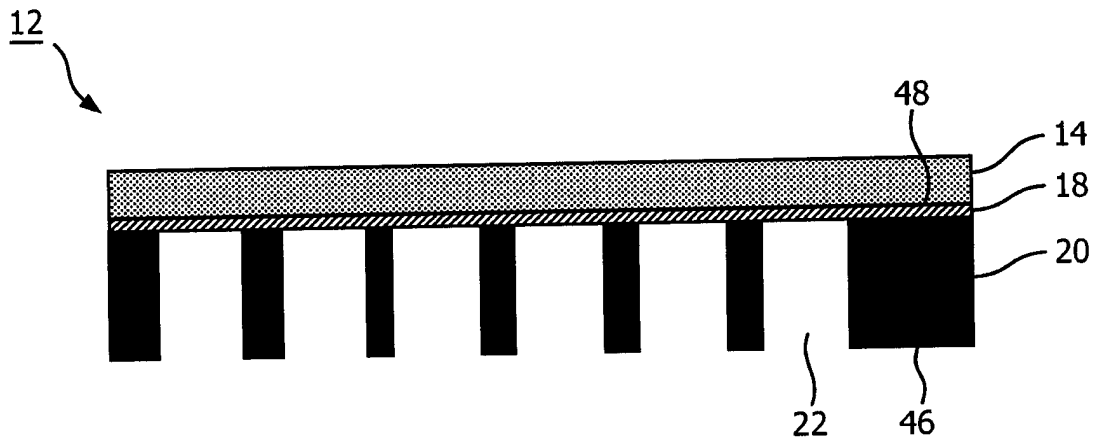


ФИГ.1

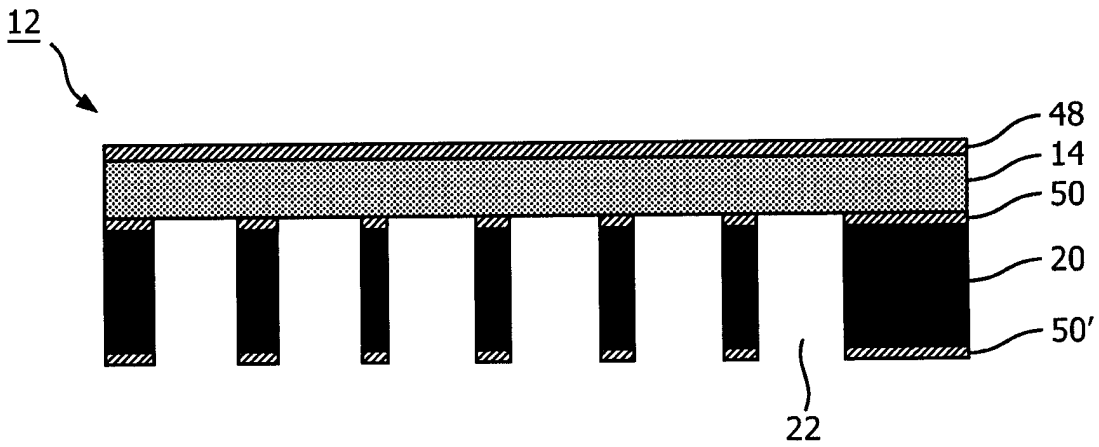


ФИГ.2

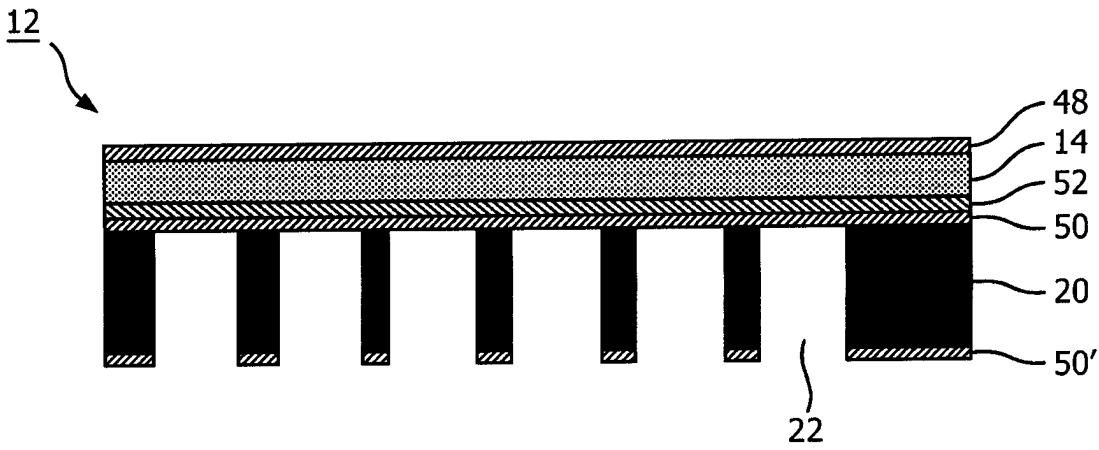




ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5