

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491395 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.10.14

(22) Дата подачи заявки
2022.12.06

(51) Int. Cl. C25B 11/042 (2021.01)
C25B 11/046 (2021.01)
C25B 15/02 (2021.01)
C25B 1/04 (2021.01)
C25B 15/08 (2006.01)
C25B 9/05 (2021.01)
C25B 9/75 (2021.01)
C25B 11/03 (2021.01)

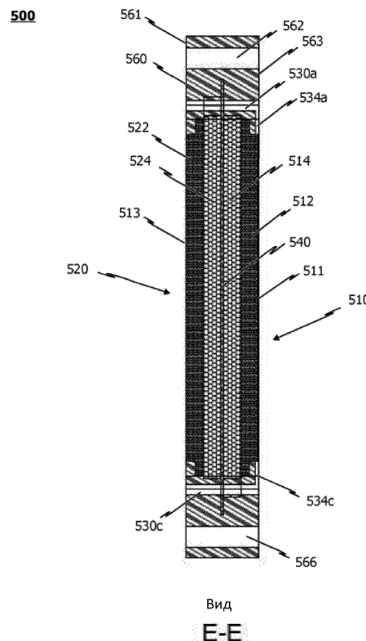
(54) УЗЕЛ И БЛОК ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

(31) 2118860.2; 2210831.0
(32) 2021.12.22; 2022.07.25
(33) GB
(86) PCT/EP2022/084568
(87) WO 2023/117404 2023.06.29
(88) 2023.11.30

(74) Представитель:
Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатъев А.В., Дмитриев
А.В., Бельтюкова М.В. (RU)

(71)(72) Заявитель и изобретатель:
ГИРИ ПОЛ ФРЭНСИС (GB)

(57) Настоящее изобретение относится к электродному узлу (500) для блока биполярного электролизера, предпочтительно для блока электролизера, предназначенного для выработки водорода, содержащему первый проточный электрод (510), содержащий первую поверхность (511), проницаемую для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, предпочтительно воды, и противоположную вторую поверхность; второй проточный электрод (520), содержащий первую поверхность (513), проницаемую для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, предпочтительно воды, и противоположную вторую поверхность; непроницаемый разделитель (540), расположенный между вторыми поверхностями первого и второго проточных электродов и приспособленный для отделения первого и второго проточных электродов друг от друга.



202491395
A1

202491395
A1

УЗЕЛ И БЛОК ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Описание

Настоящее изобретение относится к электродному узлу для блока биполярного электролизера. Электродный узел согласно настоящему изобретению используется в электролизе, в частности, но не исключительно, для получения водорода. Другой аспект относится к способу изготовления электродного узла. Другой аспект настоящего изобретения относится к блоку электродов, содержащему проточные электроды. Еще один аспект настоящего изобретения относится к электролизеру.

Процесс использования электричества для разложения воды на газообразные кислород и водород известен как электролиз воды. Газообразный водород, полученный таким образом, может использоваться в различных приложениях и стал широко известен как энергоемкий вариант заправки топливом транспортных средств. В других применениях электролиз воды может использоваться в качестве децентрализованного решения для хранения электрической энергии в виде химической энергии, особенно электрической энергии, полученной с помощью возобновляемых источников энергии. Поэтому в последние годы спрос на водород, в частности, в качестве топлива для так называемых водородных топливных элементов, стремительно растет.

Электролизеры можно разделить на электролизеры с протонообменной мембраной (PEM), щелочные электролизеры и твердооксидные электролизеры. Эти электролизеры разных типов функционируют немного по-разному в зависимости от используемого электролитического материала. Тем не менее, к наиболее заметным недостаткам большинства электролизеров относятся общая неэффективность и/или невозможность подачи газообразного водорода при давлении, необходимом для дальнейшего использования.

Чтобы максимизировать количество газа (например, кислорода/водорода), получаемого с помощью обычных электролизеров, известно, что множество электродов располагают параллельно друг другу в устройстве, известном как «блок электродов». Такие блоки электродов содержат множество электролитных камер, каждая из которых находится между соседними электродами, что позволяет большим площадям поверхности электродов контактировать с раствором

электролита, не требуя при этом большого охватываемого пространства. Хотя блоки электродов полезны для объединения множества электролизеров в минимально возможном пространстве, такие известные блоки по-прежнему имеют значительные размеры, особенно при попытке получения водорода для коммерческого использования. Использование блоков электродов в бытовых целях в настоящее время также нецелесообразно из-за их размеров и веса.

Целью настоящего изобретения является решение или по меньшей мере ослабление одной или нескольких проблем уровня техники. В частности, целью настоящего изобретения является создание улучшенного блока электродов и соответствующих электродов, которые уменьшают требования к эффективному пространству/весу и в то же время увеличивают выход реакционных газов, таких как водород и кислород.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В аспектах и вариантах осуществления настоящего изобретения предоставляется электродный узел для блока электродов, блок электродов и электролизер для выработки водорода из воды, как заявлено в прилагаемой формуле изобретения.

В одном аспекте настоящее изобретение относится к электродному узлу для блока биполярного электролизера, предпочтительно для блока электролизера для выработки водорода, содержащему:

- первый проточный электрод, содержащий первую поверхность, проницаемую для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, предпочтительно воды, и противоположную вторую поверхность;
- второй проточный электрод, содержащий первую поверхность, проницаемую для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, предпочтительно воды, и противоположную вторую поверхность;
- непроницаемый разделитель, расположенный между вторыми поверхностями первого и второго проточных электродов и приспособленный для отделения первого и второго проточных электродов друг от друга.

В другом варианте осуществления электродный узел содержит корпус, предпочтительно корпус дискообразной формы, приспособленный для размещения первого проточного электрода, второго проточного электрода и непроницаемого разделителя, при этом корпус содержит по меньшей мере одно первое газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора в

первом проточном электроде, и по меньшей мере одно второе газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора во втором проточном электроде.

В другом варианте осуществления по меньшей мере одно первое газосборное отверстие изолировано от второго проточного электрода, и/или при этом по меньшей мере одно второе газосборное отверстие изолировано от первого проточного электрода.

В другом варианте осуществления по меньшей мере одно первое газосборное отверстие смещено по окружности относительно по меньшей мере одного второго газосборного отверстия.

В другом варианте осуществления первый проточный электрод содержит по меньшей мере одно выпускное ушко, выступающее радиально из окружной поверхности первого проточного электрода, причем указанное по меньшей мере одно выпускное ушко содержит выпускное отверстие, которое выровнено с по меньшей мере одним первым газосборным отверстием корпуса, и/или

при этом второй проточный электрод содержит по меньшей мере одно выпускное ушко, выступающее радиально из окружной поверхности второго проточного электрода, причем указанное по меньшей мере одно выпускное ушко содержит выпускное отверстие, выровненное с по меньшей мере одним вторым газосборным отверстием корпуса.

В другом варианте осуществления первый и второй проточные электроды имеют по существу дискообразную форму и расположены в корпусе параллельно, при этом первый и второй проточные электроды смещены друг от друга в направлении по окружности.

В другом варианте осуществления корпус содержит выравнивающий элемент, в частности выравнивающее кольцо, для размещения первого и второго проточных электродов со смещением по окружности.

В другом варианте осуществления выравнивающий элемент содержит по меньшей мере один первый выступ, в частности радиальный выступ, приспособленный для вхождения в зацепление с по меньшей мере одной первой выемкой, в частности радиальной выемкой, первого проточного электрода, и при этом выравнивающий элемент содержит по меньшей мере один второй выступ, в частности радиальный выступ, приспособленный для вхождения в зацепление с по меньшей мере одной второй выемкой, в частности радиальной выемкой, второго

проточного электрода.

В другом варианте осуществления корпус содержит по меньшей мере один канал для электролитического водного раствора, предпочтительно проходящий сквозь корпус в продольном направлении, и по меньшей мере один соединительный проток, выполненный с возможностью соединения по текучей среде по меньшей мере одного канала для электролита с первым и/или вторым проточным электродом.

В другом варианте осуществления канал для электролитического водного раствора по окружности находится между газосборными отверстиями корпуса.

В другом варианте осуществления корпус содержит первый канал для электролитического водного раствора для предоставления первого раствора электролита на первый проточный электрод и второй канал для электролитического водного раствора для предоставления второго раствора электролита на второй проточный электрод, причем указанные первый и второй каналы для электролитического водного раствора проходят по существу параллельно сквозь корпус.

В другом варианте осуществления по меньшей мере один соединительный проток представляет собой радиальный проток, предпочтительно радиальную канавку.

В другом варианте осуществления первый проточный электрод и/или второй проточный электрод содержит:

- первый пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;
- второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, причем указанный второй пористый слой расположен смежно с первым пористым слоем, при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

В другом варианте осуществления первая поверхность расположена на первом пористом слое, и при этом вторая поверхность расположена на втором пористом слое.

В другом варианте осуществления первый и второй пористые слои изготовлены из разного сырья, предпочтительно первый пористый слой изготовлен из спеченного порошкового материала, а второй пористый слой изготовлен из спеченной мелкой металлической стружки.

В другом варианте осуществления электродный узел содержит корпус, предпочтительно корпус дискообразной формы, приспособленный для размещения первого проточного электрода, второго проточного электрода и непроницаемого разделителя, при этом корпус содержит по меньшей мере одно первое газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора в первом проточном электроде, и по меньшей мере одно второе газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора во втором проточном электроде, при этом второй пористый слой первого проточного электрода соединен с первым газосборным отверстием, а второй пористый слой второго проточного электрода соединен со вторым газосборным отверстием.

Согласно другому аспекту предоставляется блок электродов, содержащий:

- первый электродный узел, как описано выше;
- второй электродный узел, как описано выше; и
- электролитную камеру, проходящую между первой поверхностью первого электродного узла и первой поверхностью второго электродного узла.

В другом варианте осуществления блок содержит прокладку, расположенную между первым и вторым электродами, причем указанная прокладка действует как разделитель между первым и вторым электродом для создания зазора ячейки, образующего электролитную камеру.

Согласно другому аспекту предоставляется способ изготовления электродного узла для электролиза воды, включающий:

- предоставление непроницаемого разделителя;
- спекание второго пористого слоя, изготовленного из второго материала, на непроницаемом разделителе;
- спекание первого пористого слоя, изготовленного из первого материала, на втором пористом слое;

при этом первый и второй материалы выбирают так, что второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

В пределах объема настоящей заявки в явном виде предполагается, что различные аспекты, варианты осуществления, примеры и альтернативы, изложенные в предыдущих абзацах и формуле изобретения, и/или в следующем описании и графических материалах, а также, в частности, их отдельные признаки, могут быть приняты независимо или в любой комбинации. То есть все варианты

осуществления и все признаки любого варианта осуществления можно скомбинировать любым способом и/или в любой комбинации, если эти признаки не являются несовместимыми. Заявитель оставляет за собой право изменить любой первоначально поданный пункт формулы изобретения или подать любой новый пункт формулы изобретения, включая право изменить любой первоначально поданный пункт формулы изобретения так, чтобы он зависел от и/или включал в себя любой признак любого другого пункта формулы изобретения, изначально не заявленный таким образом.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Вышеупомянутые и другие признаки и преимущества настоящего изобретения, а также способ их достижения станут более очевидными, и изобретение будет лучше понято при обращении к следующему описанию вариантов осуществления изобретения, взятому вместе с сопроводительными графическими материалами, на которых:

на фиг. 1А показан вид спереди электрода для электролизного блока;

на фиг. 1В показано поперечное сечение через электрод, показанный на фиг. 1А, по линии А-А;

на фиг. 2А показан вид спереди прокладки, используемой внутри блока электродов, показанного на фиг. 1А;

на фиг. 2В показано поперечное сечение прокладки, показанной на фиг. 2А, по линии В-В;

на фиг. 3 показан вид спереди электрода;

на фиг. 4 показано поперечное сечение электрода, показанного на фиг. 3, по линии С-С;

на фиг. 5 показан электрод, используемый в качестве анода;

на фиг. 6 показано поперечное сечение блока электродов, причем на указанном поперечном сечении показаны первое газосборное отверстие и первое отверстие для сбора электролита;

на фиг. 7 показано поперечное сечение блока электродов, показанного на фиг. 6, вдоль второго газосборного отверстия и второго отверстия для сбора электролита;

на фиг. 8А показан вид спереди другого электрода для электролизного блока;

на фиг. 8В показано поперечное сечение через электрод, показанный на фиг. 8А, по линии D-D;

на фиг. 9 показан способ изготовления электрода согласно фиг. 1–5;

на фиг. 10 показан вариант осуществления электродного узла согласно настоящему изобретению;

на фиг. 11 показано поперечное сечение электродного узла, показанного на фиг. 10, по линии E–E;

на фиг. 12 показан покомпонентный вид варианта осуществления, показанного на фиг. 10;

на фиг. 13 показано поперечное сечение блока электродов согласно варианту осуществления настоящего изобретения; и

на фиг. 14 показана блок-схема способа согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Соответствующие ссылочные символы обозначают соответствующие части на нескольких видах. Приведенные в данном документе примеры иллюстрируют варианты осуществления настоящего изобретения, и такие примеры не должны рассматриваться как ограничивающие объем настоящего изобретения никоим образом.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

На фиг. 1А и 1В показаны разные виды пористой структуры, используемой в электроде согласно настоящему изобретению. Вид спереди пористой структуры 10 показан на фиг. 1А. На фиг. 1В показано сечение пористой структуры 10 по линии А–А.

Пористая структура 10 содержит первый пористый слой 12. Первый пористый слой 12 проницаем для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора. В некоторых примерах первый пористый слой 12 также может быть проницаем для электролитического водного раствора, если перепад давления между электролитной камерой (более подробно описанной ниже) и газосборной областью электрода превышает пороговое значение.

Пористая структура 10 содержит второй пористый слой 14. Второй пористый слой 14 также проницаем для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора. Второй пористый слой 14 соединен с первым пористым слоем 12.

В примере по фиг. 1А и 1В, второй пористый слой 14 соединен с первым пористым слоем 12 с помощью первого промежуточного слоя 16. Однако следует понимать, что в других примерах второй пористый слой 14 может быть

непосредственно соединен с первым пористым слоем 12, т. е. второй пористый слой 14 может быть расположен смежно с первым пористым слоем 12 без каких-либо промежуточных слоев.

Первый пористый слой 12 имеет меньшую пористость, чем второй пористый слой 14. В некоторых примерах размеры пор первого пористого слоя 12 могут быть меньше размеров пор второго пористого слоя 14. Подходящие диаметры пор, т. е. размеры пор, первого и второго слоев 12, 14 могут варьироваться в зависимости от типа раствора электролита, используемого в процессе электролиза. Как будет понятно специалисту в данной области техники, разные решения могут требовать разных размеров пор для эффективного проникновения через первый и/или второй пористые слои во время электролиза.

В примере по фиг. 1А и 1В первый промежуточный слой 16 может иметь пористость, которая больше, чем пористость первого пористого слоя 12, и меньше, чем пористость второго пористого слоя 14.

Пористая структура 10 также содержит третий пористый слой 20. Третий пористый слой 20 соединен со вторым пористым слоем 14 на стороне, противоположной первому пористому слою 12. Другими словами, второй пористый слой 12 расположен между первым и третьим пористыми слоями 12, 20.

В конкретном примере, показанном на фиг. 1А и 1В, второй промежуточный слой 18 расположен между вторым пористым слоем 14 и третьим пористым слоем 20.

Третий пористый слой 20 может иметь пористость, по существу идентичную пористости первого пористого слоя. В этом контексте термин «по существу идентичный» означает, что из-за естественных ограничений в производстве пористых структур размеры пор обычно не являются точно повторяемыми для разных слоев. Другими словами, пористость первого и третьего пористых слоев 12, 20 естественным образом может варьироваться в некоторой степени, несмотря на то, что они изготовлены посредством одного и того же процесса.

Третий пористый слой 20 может иметь пористость, которая ниже пористости второго пористого слоя 14.

Пористость второго промежуточного слоя 18 выше пористости третьего пористого слоя 20 и ниже пористости второго пористого слоя 14. В некоторых примерах пористость второго промежуточного слоя 18 может быть по существу идентична пористости первого промежуточного слоя 16. В некоторых примерах

второй промежуточный слой может отсутствовать, так что третий пористый слой 20 может быть непосредственно соединен со вторым пористым слоем 14, т. е. расположен смежно со вторым пористым слоем 14. В таком примере пористая структура 10 согласно настоящему изобретению будет состоять только из первого, второго и третьего пористых слоев 12, 14, 20. Фактически, в некоторых примерах настоящего изобретения пористая структура может включать только один пористый материал с единой пористостью (см. фиг. 8А и 8В).

Возвращаясь к примеру, показанному на фиг. 1А и 1В, пористая структура содержит первое и второе газосборные отверстия 22, 24. Как будет понятно, в частности, принимая во внимание описание фиг. 3 ниже, пористая структура 10 может быть частью проточного электрода для выработки водорода из электролитического водного раствора. Соответственно, первое и второе газосборные отверстия 22, 24 выполнены с возможностью извлечения газов, получаемых во время электролиза, из пористой структуры 10 и направления их в соответствующий газовый резервуар или тому подобное.

В примере по фиг. 1А и 1В первое и второе газосборные отверстия проходят сквозь пористую структуру 10. В частности, первое и второе газосборные отверстия 22, 24 проходят через второй пористый слой 14 и два промежуточных слоя 16, 18. Отверстия 22, 24, показанные на фиг. 1А и 1В, представляют собой круглые каналы, проходящие через пористую структуру 10. Однако, как будет понятно, первое и второе газосборные отверстия 22, 24 могут иметь любую другую форму, например прямоугольную, треугольную или подобную форму, которая может быть подходящей для извлечения газов из пористой структуры 10.

Первое и второе отверстия 22, 24 расположены на верхнем конце пористой структуры, показанной на фиг. 1А и 1В. В этом отношении следует отметить, что на фиг. 1А и 1В показана пористая структура в ориентации, в которой пористая структура 10 вставлена в соответствующий корпус электрода внутри блока электродов. Другими словами, первое и второе газосборные отверстия 22, 24 будут введены в пористую структуру 10 так, что отверстия 22, 24 будут находиться в верхней половине, предпочтительно в верхней трети, более предпочтительно в верхней четверти пористой структуры 10 при использовании. Расположение первого и второго газосборных отверстий 22, 24 в верхней части пористой структуры 10 обеспечит возможность легкого извлечения газов, получаемых во время электролиза, благодаря естественной тенденции газов подниматься вверх.

Пористая структура 10 дополнительно содержит первое и второе отверстия 26, 28 для сбора электролита. Отверстия 26, 28 для сбора электролита выполнены с возможностью сбора электролитического водного раствора, который проник через пористую структуру 10 во время процесса электролиза, например через первый пористый слой 12 и первый промежуточный слой 16 во второй пористый слой 14. Такое проникновение электролитического водного раствора во внутреннюю часть пористой структуры 10 может происходить из-за большого перепада давлений между электролитическим водным раствором внутри электролитной камеры (не показана) и давлением газа внутри второго пористого слоя 14 пористой структуры 10.

Первое и второе отверстия 26, 28 для сбора электролита проходят через пористую структуру 10. В частности, первое и второе отверстия 26, 28 для сбора электролита проходят через второй пористый слой 14 и два промежуточных слоя 16, 18. Отверстия 26, 28, показанные на фиг. 1А и 1В, представляют собой круглые каналы, проходящие через пористую структуру 10. Однако, как будет понятно, первое и второе отверстия 26, 28 для сбора электролита могут иметь любую другую форму, например прямоугольную, треугольную или подобную форму, которая может быть подходящей для извлечения газов из пористой структуры 10.

Первое и второе отверстия 26, 28 для сбора электролита расположены на нижнем конце пористой структуры 10, показанной на фиг. 1А и 1В. В этом отношении следует отметить, что на фиг. 1А и 1В показана пористая структура в ориентации, в которой пористая структура 10 вставлена в соответствующий корпус электрода внутри блока электродов. Другими словами, первое и второе отверстия 26, 28 для сбора электролита будут введены в пористую структуру 10 так, что отверстия 26, 28 для сбора электролита будут находиться в нижней половине, предпочтительно нижней трети, более предпочтительно нижней четверти пористой структуры 10 при использовании. Расположение первого и второго отверстий 26, 28 для сбора электролита в нижней части пористой структуры 10 обеспечит возможность легкого извлечения электролита, проникшего через пористую структуру 10 во время электролиза, поскольку электролитический водный раствор будет оседать на дне электрода вследствие силы тяжести.

Пористая структура 10 содержит один или несколько каналов для электролитического водного раствора, проходящих между первой стороной 11 пористой структуры 10 и второй стороной 13 пористой структуры 10. В примере по

фиг. 1А и 1В, пористая структура 10 содержит четыре канала 30, 32, 34, 36 для электролитического водного раствора. Подобно газосборным отверстиям 22, 24 и отверстиям 26, 28 для сбора электролита, каналы 30, 32, 34, 36 для электролитического водного раствора показаны как круглые каналы, проходящие перпендикулярно через пористый электрод 10, что не следует рассматривать как ограничение. Когда пористая структура 10 используется в блоке электродов (например, на фиг. 6), каналы 30–36 для электролитического водного раствора будут соединять различные электролитные камеры разных электродов внутри блока друг с другом, так что в каждую электролитную камеру подается электролитический водный раствор по существу при одинаковом давлении. Как будет понятно, размер и количество каналов для электролитического водного раствора, проходящих через пористую структуру 10, может варьироваться в зависимости от количества и типа используемого раствора электролита. Более подробно, каналы для электролитического водного раствора пористой структуры 10 должны иметь такие размеры, чтобы не возникало перепада давления между разными электролитными камерами внутри блока.

Как следует из фиг. 1А, первый и второй пористые слои 12, 20 лишь частично покрывают соответствующие промежуточные слои 16, 18 и второй пористый слой 14 соответственно. Как будет описано более подробно со ссылкой на фиг. 2А–3, это частичное покрытие первого и третьего слоев 12, 20 позволит обеспечить стабильное и воспроизводимое расположение прокладки (фиг. 2А, 2В) на пористой структуре 10. Чтобы избежать вращения прокладки относительно пористой структуры 10, первый и третий пористые слои 12, 20 (показан только первый пористый слой) могут содержать одну или несколько фасок 17, 19. Фаски 17, 19 также обеспечивают возможность легкого и воспроизводимого выравнивания различных отверстий внутри прокладки (фиг. 2А, 2В) с соответствующими газосборными отверстиями 22, 24 и отверстиями 26, 28 для сбора электролитического водного раствора пористой структуры 10.

Обращаясь к фиг. 2А и 2В, показан пример прокладки 40, которую можно использовать для отделения смежных электродов согласно настоящему изобретению друг от друга при вставке в блок электродов. Прокладка 40 предпочтительно изготовлена из гибкого материала, устойчивого к раствору электролита, используемому во время электролиза.

Прокладка 40 содержит первую поверхность 42 и противоположную вторую

поверхность 43. Прокладка 40 имеет по существу кольцеобразную форму и содержит отверстие 44, которое проходит сквозь прокладку между первой поверхностью 42 и второй поверхностью 43.

Вдоль частей края отверстия 44 прокладка 40 содержит фаски 46, 47. Отверстие 44 выполнено так, чтобы соответствовать форме первого и третьего пористых слоев 12, 20, описанных со ссылкой на фиг. 1А и 1В выше. В частности, когда прокладка прикреплена к пористой структуре 10, прокладка будет покрывать первый промежуточный слой 16, показанный на фиг. 1А, и, таким образом, проходить вокруг первого пористого слоя 12.

Прокладка 40 имеет толщину между ее первой и второй поверхностями 42, 43, которая превышает толщину первого слоя 12 пористой структуры 10. Как можно видеть в примерах на фиг. 4 и 6, эта большая толщина означает, что прокладка 40 будет проходить над первым пористым слоем 12 и, таким образом, может использоваться для создания зазора между смежными электродами. Этот зазор определяет электролитную камеру между смежными электродами. В одном примере толщина прокладки более чем в два раза превышает толщину первого пористого слоя 12.

Прокладка содержит первое газосборное отверстие 50 и второе газосборное отверстие 52. Первое и второе газосборные отверстия 50, 52 прокладки 40 проходят сквозь прокладку 40 между ее первой и второй поверхностями 42, 43. Первое и второе газосборные отверстия 50, 52 расположены на прокладке 40 таким образом, что первое и второе газосборные отверстия 50, 52 будут выровнены с первым и вторым газосборными отверстиями 22, 24 пористой структуры 10 при использовании.

Прокладка 40 содержит первое и второе отверстия 54, 56 для сбора электролита. Первое и второе отверстия 54, 56 для электролита проходят сквозь прокладку 40 между ее первой и второй поверхностями 42, 43. Первое и второе отверстия 54, 56 для сбора электролита расположены на прокладке 40 таким образом, что они будут выровнены с первым и вторым отверстиями 26, 28 для сбора электролита пористой структуры 10 при использовании.

Первое и второе газосборные отверстия 50, 52 имеют те же размер и форму, что и первое и второе газосборные отверстия 22, 24 пористой структуры 10. Первое и второе газосборные отверстия 50, 52 прокладки 40 выполнены с возможностью соединения газосборных отверстий смежных электродов при использовании в блоке

электродов, таком как блок, показанный на фиг. 6. С этой целью материал прокладки, окружающий газосборные отверстия 50, 52, является непористым, так что газ, протекающий через газосборные отверстия 50, 52, будет направляться между первой и второй поверхностями 42, 43 прокладки 40 при использовании.

Первое и второе отверстия 54, 56 для сбора электролита имеют те же размер и форму, что и первое и второе отверстия 26, 28 для сбора электролита пористой структуры 10. Первое и второе отверстия 54, 56 для сбора электролита прокладки 40 выполнены с возможностью соединения отверстий для сбора электролита смежных электродов при использовании в блоке электродов, таком как блок, показанный на фиг. 6. С этой целью материал прокладки, окружающий отверстия 54, 56 для сбора электролита, является непористым, так что электролит, протекающий через отверстия 54, 56 для сбора электролита, будет направляться между первой и второй поверхностями 42, 43 прокладки 40 при использовании.

Прокладка дополнительно содержит кромку 48, проходящую по окружности вокруг кольцеобразного основного корпуса прокладки 40. Как видно из фиг. 6 и 7, кромка 48 будет действовать так, чтобы отделять и электрически изолировать смежные электроды друг от друга.

На фиг. 3 показан электрод согласно примеру настоящего изобретения. Электрод 80, показанный на фиг. 3, содержит как пористую структуру 10, так и прокладку 40, описанные со ссылкой на фиг. 1А–2В.

Электрод 80 содержит корпус 60, выполненный с возможностью размещения пористой структуры 10 и прокладки 40. В примере по фиг. 3 и 4 электрод 80 показан в катодном варианте. Однако та же самая конструкция электрода 80 также может использоваться в блоке электродов в качестве анода, как будет описано более подробно со ссылкой на фиг. 5.

Корпус 60 проходит по окружности пористой структуры 10, как показано на фиг. 4, например. В частности, корпус 60 проходит по окружности второго пористого слоя 14 и промежуточных слоев 16, 18. Следует отметить, что корпус 60 является непористым, что предотвращает выход газов по окружности из пористой структуры 10.

В некоторых примерах корпус 60 может быть отлит по окружности пористой структуры 10 перед прикреплением прокладки 40. В других примерах корпус 60 может быть изготовлен отдельно и приварен, например, сваркой трением по окружности пористой структуры 10.

После прикрепления корпуса к пористой структуре к одной или обеим сторонам пористой структуры добавляют прокладку 40, как показано на фиг. 3 и 4. Первая прокладка 40 может быть расположена на первой стороне пористой структуры 10, тогда как вторая прокладка 74 может быть расположена на второй, противоположной стороне пористой структуры 10.

Как только прокладка 40 будет прикреплена к пористой структуре 10 и корпусу 60 электрода 80, газосборные отверстия 50, 52 прокладки будут выровнены с газосборными отверстиями 22, 24 пористой структуры 10. Подобным образом, отверстия 54, 56 для сбора электролита прокладки 40 будут выровнены с отверстиями 26, 28 для сбора электролита пористой структуры 10.

Корпус содержит один или несколько электрических контактов 62, 64, 66, 68. В примере по фиг. 3 электрические контакты выполнены в виде ушек, распределенных по окружности вокруг электрода 80. В зависимости от использования электрода 80 в качестве катода или анода к электрическим контактам 62, 64, 66, 68 может подаваться электрическая энергия положительной или отрицательной полярности, чтобы обеспечить необходимую электрическую энергию для процесса электролиза.

Корпус 60 содержит направляющее отверстие 70, которое выполнено в виде ушка, выступающего из внешней окружности корпуса 60. Направляющее отверстие 70 может использоваться для размещения направляющей планки для выравнивания и подвижного соединения множества электродов 80/100 (фиг. 5) в блоке электродов (фиг. 6).

Корпус 60 дополнительно содержит опорный элемент 72. Опорный элемент 72 выполнен так, чтобы соответствовать форме направляющей (не показана), которая может быть частью блока электродов и может позволять перемещение электродов относительно друг друга, например, во время теплового расширения блока.

Корпус 60 изготовлен из металлического материала, позволяющего электричеству проходить сквозь корпус в пористую структуру 10. В некоторых примерах опорный элемент 72 может использоваться в качестве заземляющего компонента, который может быть соединен с массой через направляющую, описанную в данном документе ранее.

В частности ссылаясь на фиг. 4, показано множество непористых, т. е. непроницаемых, трубок, вставленных в различные отверстия/каналы пористой структуры 10. В частности, электрод 80 содержит первую непористую трубку 76,

вставленную во второе газосборное отверстие 24. Вторая непористая трубка 78 вставлена во второе отверстие 28 для сбора электролита пористой структуры 10. Третья и четвертая непористые трубки 31, 37 вставлены в первый и четвертый каналы 30, 36 для электролита. Подобным образом, дополнительные непористые трубки могут быть вставлены во второй и третий каналы 32, 34 для электролита. Однако следует отметить, что в первое газосборное отверстие 22 и первое отверстие 26 для сбора электролита непористые трубки не будут вставлены, как будет более подробно описано ниже.

Непористые трубки 76, 78, 31, 37 выполнены с возможностью предотвращения выхода газов и электролитического водного раствора, которые проникли через первый и/или третий пористый слой 12, 14 пористой структуры 10, из внутренней области (или газосборной области) пористой структуры 10, что тем самым предотвращает выход газов из второго пористого слоя и промежуточных слоев 16, 18 через одно из отверстий 24, 28 или каналов 30, 32, 34, 36 соответственно. Другими словами, в примере электрода 80 (катода), показанного на фиг. 3 и 4, второе газосборное отверстие 24, второе отверстие 28 для сбора электролита и все каналы 30, 32, 34, 36 для электролита перекрыты непористыми трубками. В некоторых примерах непористые трубки могут не представлять собой отдельные части, которые вставляются в отверстия и каналы после изготовления пористой структуры 10. Вместо этого в некоторых примерах отверстия могут быть изготовлены непосредственно с непористой внутренней поверхностью, например посредством спекания мелких частиц.

Хотя второе газосборное отверстие 24, второе отверстие 26 для сбора электролита и каналы 30, 32, 34, 36 для электролита перекрыты в примере, показанном на фиг. 3 и 4, это не относится к первому газосборному отверстию 22 и первому отверстию 26 для сбора электролита пористой структуры 10 (не показаны на фиг. 4). Вместо этого первое газосборное отверстие 22 и первое отверстие 26 для сбора электролита могут либо вообще не иметь вставки (например, трубки), либо иметь пористую трубку. Соответственно, внутренняя поверхность первого газосборного отверстия 22 и первого отверстия 26 для сбора электролита электрода 80 является пористой, так что газ, собранный внутри пористой структуры, т. е. внутри второго пористого слоя 14 и промежуточных слоев 16, 18, может выходить из электрода 80 через первое газосборное отверстие 22. Подобным образом, электролитический водный раствор, проникающий во внутреннюю область

пористой структуры 10, может быть извлечен из пористой структуры 10 через первое отверстие 26 для сбора электролита благодаря его пористой внутренней поверхности.

На фиг. 5 показан пример электрода согласно настоящему изобретению, когда он используется в качестве анода. Благодаря симметричной конфигурации электрода согласно настоящему изобретению пример электрода 100 может быть идентичен электроду 80, показанному на фиг. 3 и 4, повернутому на 180 градусов. Таким образом, электрод 100 состоит из тех же частей, что и электрод 80, которые обозначены идентичными ссылочными знаками, увеличенными на «100». Части, функции которых не отличаются от соответствующих частей примера, показанного на фиг. 3 и 4, не будут описаны более подробно ниже.

Хотя части обоих электродов 80 и 100 идентичны, электрод 100 должен быть описан с точки зрения, показанной на фиг. 5. Соответственно, в примере на фиг. 5 электрод 100 содержит непористую трубку, которая вставлена в первое газосборное отверстие 122. Подобным образом, непористая трубка вставлена в первое отверстие 126 для сбора электролита. Второе газосборное отверстие 124 и второе отверстие 128 для сбора электролита снабжены пористой внутренней поверхностью, например пористой трубчатой вставкой.

В результате другого расположения трубок в электроде 100, показанном на фиг. 5, газы, получаемые вторым электродом 100, не могут быть удалены из электрода через его первое газосборное отверстие 122. Вместо этого газы теперь будут удаляться через второе газосборное отверстие 124 благодаря его пористой внутренней поверхности. Подобным образом, электролитический водный раствор не будет удален из пористой структуры электрода 100 через первое отверстие 126 для сбора электролита. Вместо этого электролитический водный раствор будет удален из электрода 100 через второе отверстие 128 для сбора электролита благодаря его пористой внутренней поверхности.

На фиг. 6 и 7 показано поперечное сечение блока электродов, состоящего из десяти электродов согласно примерам, описанным со ссылкой на фиг. 3–5. Поперечное сечение, показанное на фиг. 6, соответствует сечению по линии С–С, показанной на фиг. 3. Другими словами, поперечное сечение на фиг. 6 представляет собой поперечное сечение через вторые газосборные отверстия и вторые отверстия для сбора электролита электродов. Напротив, поперечное сечение, показанное на фиг. 7, представляет собой поперечное сечение через первые газосборные отверстия

и первые отверстия для сбора электролита соответствующих электродов.

Блок 200 электродов, показанный на фиг. 6 и 7, содержит десять электродов, расположенных параллельно. В частности, блок 200 содержит пять анодных электродов 260a, 260b, 260c, 260d, 260e, перемежающихся с пятью соответствующими катодными электродами 280a, 280b, 280c, 280d, 280e. Анодные электроды 260a, 260b, 260c, 260d, 260e соответствуют ориентации электрода 100, описанной со ссылкой на фиг. 5. Подобным образом, катоды 280a–280e соответствуют электроду 80, описанному со ссылкой на фиг. 3 и 4. Соответственно, смежные электроды отличаются друг от друга только тем, что внутренняя поверхность соответствующих первых и вторых газосборных отверстий и отверстий для сбора электролита не совпадают, т. е. все первые газосборные отверстия анодных электродов 260a–260e являются пористыми, тогда как все первые газосборные отверстия катодных электродов 280a–280e являются непористыми. Подобным образом, все вторые газосборные отверстия анодных электродов 260a–260e являются непористыми, тогда как вторые газосборные отверстия катодов 280a–280e являются пористыми.

Смежные электроды разнесены и электрически изолированы друг от друга посредством прокладок 240a, 240b, 240c, 240d, 240e, 240f, 240g, 240h, 240i, 240j, 240k, находящихся между соседними электродами. В частности, первая прокладка 240a расположена на первой поверхности первого анодного электрода 260a. Вторая прокладка 240b соединена с противоположной второй поверхностью первого анодного электрода 260a. Противоположная сторона второй прокладки 240b соединена с первой поверхностью первого катодного электрода 280a.

Вторая прокладка 240b отделяет первый анодный электрод 260a от первого катодного электрода 280a электрически и пространственно. Соответственно, между первым анодным электродом 260 и первым катодным электродом 280a расположен первый зазор 210. Этот первый зазор 210 выполняет функцию первой электролитной камеры между первыми анодным и катодным электродами 260a, 280a. Третья прокладка 240c расположена между первым катодным электродом 280a и смежным вторым анодным электродом 260b. Соответственно, третья прокладка 240c отделяет первый катодный электрод 280a от второго анодного электрода 260b так, что между ними образуется второй зазор 212. Вторым зазором 212 выполняет функцию второй электролитной камеры между первым катодным электродом 280a и вторым анодным электродом 260b.

Как будет понятно, оставшиеся прокладки 240d–240j также отделяют анодные электроды 260c–260e от их соседних катодных электродов 280b–280e, тем самым создавая дополнительные зазоры 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226 между смежными электродами. Эти зазоры 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, в свою очередь, определяют дополнительные электролитные камеры блока 200 электродов.

Электролитический блок согласно настоящему изобретению может содержать больше или меньше электродов, чем десять электродов, показанных в примере на фиг. 6 и 7. Кроме того, блок 200 электродов может содержать торцевые крышки (не показаны), расположенные на первом и втором концах 202, 204 блока 200 электродов. Торцевые крышки могут представлять собой непористые крышки, прикрепленные к первой и последней прокладкам 240a, 240k для герметизации внутренней части блока электродов. Как будет более подробно описано ниже, торцевые крышки могут содержать один или несколько проходов для газа/электролитического водного раствора для введения и/или сбора газов и электролитического водного раствора в электролитический блок и из него. Крышки могут быть прижаты к электродам, тем самым герметизируя концы 202, 204 и в то же время обеспечивая возможность теплового расширения блока 200 электродов.

Как упоминалось выше, поперечное сечение на фиг. 6 показывает поперечное сечение через вторые газосборные отверстия и вторые отверстия для сбора электролита каждого из электродов 260a–260e, 280a–280e. На поперечном сечении на фиг. 6 также показаны первый и четвертый каналы 230, 236 для электролитического водного раствора каждого электрода. На фиг. 6 показано, как вторые газосборные отверстия каждого из электродов и прокладок выровнены для создания второго газосборного канала. Подобным образом, на фиг. 7 показано, как первые газосборные отверстия каждого из электродов и прокладок выровнены для создания первого газосборного канала.

То же самое относится к первому и второму отверстиям для сбора электролита блока 200. В частности, каждое из первых отверстий для сбора электролита в электродах и соответствующих первых отверстий для сбора электролита в прокладках выровнены для создания первого канала для сбора электролита, показанного на фиг. 7. Подобным образом, вторые отверстия для сбора электролита каждого из электродов и прокладок выровнены для создания второго канала для сбора электролита, показанного на фиг. 6.

На фиг. 6 и 7 также показано, что каналы 230, 236 для электролита выровнены,

образуя каналы для электролита, которые соединяют все электролитные камеры друг с другом. Однако будет понятно, что выравнивание каналов 230, 236 для электролита не обязательно требуется для функционирования блока электродов согласно настоящему изобретению.

Как показано на фиг. 6 и описано со ссылкой на электроды, показанные на фиг. 3–5, анодные электроды 260a–260e снабжены непористыми трубками 276a, 276c, 276e, 276g, 276i, расположенными внутри их вторых газосборных отверстий. Подобным образом, вторые отверстия для сбора электролита каждого из анодных электродов 260a–260e снабжены непористыми трубками 278a, 278c, 278e, 278g, 278i. Напротив, катодные электроды 280a–280e снабжены пористыми трубками 276b, 276d, 276f, 276h, 276j, расположенными внутри их вторых газосборных отверстий. Подобным образом, катодные электроды 280a–280e снабжены пористыми трубчатыми вставками 278b, 278d, 278f, 278h, 278j.

Противоположное расположение предусмотрено для первых газосборных отверстий и первых отверстий для сбора электролита, как можно видеть на фиг. 7. В частности, первые газосборные отверстия анодных электродов 260a–260e снабжены пористыми трубчатыми вставками 281A, 281c, 281e, 281g, 281i. Подобным образом, первые отверстия для сбора электролита анодных электродов 260a–260e снабжены пористыми трубчатыми вставками 282a, 282c, 282e, 282g, 282i. Напротив, первые газосборные отверстия катодных электродов 280a–280e снабжены непористыми трубчатыми вставками 281b, 281d, 281f, 281h, 281j. Подобным образом, первые отверстия для сбора электролита катодных электродов 280a–280e снабжены непористыми трубчатыми вставками 282b, 282d, 282f, 282h, 282j.

Далее работа блока электродов, показанного на фиг. 6 и 7, будет описана более подробно. Электролитический водный раствор может подаваться внутрь электролитического блока непрерывно или периодически, например, через переднюю крышку, прикрепленную к первой стороне 202 блока 200. Как будет понятно, когда электролитический водный раствор впервые подается (например, перекачивается) в блок, воздух необходимо будет выпустить из всех выходных точек блока. Соответственно, блок можно промыть электролитическим водным раствором до того, как на электроды 260a–260e, 280a–280e будет подано электричество для запуска процесса электролиза. С этой целью блок может быть устроен так, чтобы электролитический водный раствор мог выходить из блока через

все пористые газосборные отверстия/отверстия для сбора электролита и созданные ими каналы. Это очистит блок от воздуха перед запуском и подачей электричества на блок. Блок может быть заполнен электролитом еще до того, как он начнет производить водород и кислород.

Электролитический водный раствор, введенный в блок, распределяется между разными электролитными камерами, образованными зазорами 210–226, через каналы 230, 236 для электролита (а также два остальных канала, которые не показаны). Давление электролитического водного раствора внутри различных электролитных камер будет одинаковым в ходе всей работы электролитического блока. Другими словами, одинаковое давление электролитического водного раствора будет действовать на первую и вторую поверхности каждого электрода 260а–260е, 280а–280е.

На каждый из анодных электродов 260а–260е будет подаваться электричество положительной полярности, тогда как на каждый из катодных электродов 280а–280е будет подаваться электричество отрицательной полярности. Соответственно, электролитический водный раствор будет разлагаться на кислород на первой поверхности (например, первом пористом слое) и второй поверхности (например, третьем пористом слое) каждого из анодных электродов 260а–260е. Кислород будет проникать через пористые слои анодных электродов 260а–260е, попадая таким образом в газосборную область соответствующих анодных электродов. В примере, показанном на фиг. 6 и 7, второй пористый слой и промежуточные слои образуют указанную газосборную область электродов, т. е. область, расположенную между первой и второй поверхностями указанных электродов. Однако будет понятно, что в некоторых примерах (например, фиг. 8А и 8В) электроды могут вообще не содержать вторых пористых слоев и промежуточных слоев, так что только полое пространство предоставлено между первым и третьим пористыми слоями, описанными на фиг. 1, например. Другими словами, каждый из электродов 260а–260е, 280а–280е, показанных на фиг. 6 и 7, может представлять собой двухсторонние проточные электроды для разложения электролитического водного раствора на газообразные водород или кислород соответственно.

Кислород, который проник через первую и/или вторую поверхности, например, первый и третий пористые слои, анодных электродов 260а–260е, обозначен стрелкой 207 на фиг. 6. Кислород не может покинуть газосборную область анодного электрода 260а через его соответствующее второе газосборное

отверстие из-за непористой трубчатой вставки 276а. Напротив, водород будет течь через первую и вторую поверхности отрицательно заряженных катодных электродов 280а–280е в газосборные области указанных катодных электродов. На фиг. 6 это схематически показано стрелкой 206. Такой водород может затем покинуть газосборную область, т. е. второй пористый слой, катодного электрода 280а через второе газосборное отверстие катодного электрода 280а, благодаря пористой трубчатой вставке 276b. То же самое относится и к остальным катодным электродам 280b–280е. Подобным образом, электролитический водный раствор, который проникает через первую и/или вторую поверхность анодных электродов 260а–260е, не может покинуть газосборную область анодных электродов через их вторые отверстия для сбора электролита из-за непористых трубчатых вставок 278а, 278с, 278е, 278g, 278i. Тем не менее, электролитический водный раствор, поступающий в катодные электроды 280а–280е через их первую и/или вторую поверхности, может быть извлечен из их газосборной области через их соответствующие вторые отверстия для сбора электролита благодаря пористым трубчатым вставкам 278b, 278d, 278f, 278h, 278j.

Ввиду вышеизложенного второй газосборный канал, созданный вторыми отверстиями электродов 260а–260е, 280а–280е примера, показанного на фиг. 6, представляет собой канал для сбора водорода. Подобным образом, второй канал для сбора электролита, созданный вторыми отверстиями для сбора электролита каждого из электродов, представляет собой канал для сбора электролита, который возвращает электролитический водный раствор и газ из катодных электродов 280а–280е.

Обращаясь к фиг. 7, показано поперечное сечение через первые газосборные отверстия и первые отверстия для сбора электролита каждого из электродов 260а–260е, 280а–280е. Кислород, проникающий через первую и/или вторую поверхности анодных электродов 260а–260е, может покинуть газосборную область анодных электродов через их соответствующие первые газосборные отверстия, как указано стрелкой 207. Это происходит благодаря пористым трубчатым вставкам 281а, 281с, 281е, 281g, 281i. Напротив, водород, проникающий через первую и/или вторую поверхности катодных электродов 280а–280е, не может покинуть газосборную область катодных электродов через их соответствующие первые газосборные отверстия. Это происходит из-за непористых трубчатых вставок 281b, 281d, 281f, 281h, 281j, расположенным внутри первых газосборных отверстий катодных

электродов. То же самое относится к электролитическому водному раствору, проникающему через первую и вторую поверхности анодных и катодных электродов 260а–260е, 280а–280е. В частности, электролитический водный раствор, проникающий через анодные электроды, и газ, образующийся в анодных электродах 260а–260е, смогут покинуть анодные электроды 260а–260е через их первые отверстия для сбора электролита, тогда как электролит и газ внутри катодных электродов не смогут покинуть последние через их соответствующие первые отверстия для сбора электролита. Это, в свою очередь, происходит из-за пористых и непористых трубчатых вставок 282а–282j, расположенных внутри первых отверстий для сбора электролита.

Ввиду вышеизложенного первый газосборный канал, созданный первыми газосборными отверстиями каждого электрода, показанными на фиг. 7, представляет собой канал для сбора кислорода. Подобным образом, первый канал для сбора электролита, образованный первыми отверстиями для сбора электролита каждого электрода 260а–260е, 280а–280е, представляет собой первый канал для сбора электролита, который может отводить электролитический водный раствор и газ из анодных электродов 260а–260е.

Как будет понятно, система электролиза, содержащая блок электродов согласно настоящему изобретению, может содержать резервуар для отделения газообразного водорода, соединенный со вторым газосборным каналом. Резервуар для отделения газообразного водорода также может быть соединен со вторым каналом для сбора электролита, который подается от катодных электродов 280а–280е. Система электролиза может также содержать резервуар для отделения газообразного кислорода, соединенный с первым газосборным каналом. Резервуар для отделения газообразного кислорода также может быть соединен с первым каналом для сбора электролита, который подается от анодных электродов 260а–260е. С этой целью передняя или задняя крышка электролитического блока могут содержать выпускной проход для газообразного водорода, соединенный со вторым газосборным каналом, и выпускной проход для газообразного кислорода, соединенный с первым газосборным каналом, соответственно. Подобным образом, крышки могут содержать первое и второе отверстия для отвода электролитического водного раствора, соединенные с первым и вторым каналами для сбора электролита.

В блоке электродов, показанном на фиг. 6 и 7, использовалось множество электродов, описанных со ссылкой на фиг. 3–5. Однако, как кратко упоминалось

ранее, в некоторых примерах электроды могут не быть «слоистыми» электродами. Вместо этого электроды могут быть изготовлены из одного пористого материала с полый газосборной областью или без нее, расположенной между противоположными первой и второй пористыми поверхностями. Один пример пористой структуры, содержащейся в таком альтернативном электроде, показан на фиг. 8А и 8В.

На фиг. 8А показан вид спереди пористой структуры 310. На фиг. 8В показано поперечное сечение пористой структуры 310 по линии D–D. Пористая структура 310 содержит пористую подложку 312. Пористая подложка 312 представляет собой цельную подложку, т. е. вся пористая структура 310 изготовлена из одного и того же пористого материала. Это также означает, что вся подложка 312 имеет одинаковую пористость. Опять же, размеры пор подложки 312 могут быть адаптированы к типу раствора электролита, используемого в процессе электролиза.

Пористая структура 310 содержит первое газосборное отверстие 322 и второе газосборное отверстие 324. Пористая структура 310 содержит первое отверстие 326 для сбора электролита и второе отверстие 328 для сбора электролита. В другом примере пористая структура 310 может содержать только одно отверстие для сбора электролита.

Первое и второе газосборные отверстия 322, 324 выполнены с возможностью удаления газов, получаемых во время электролиза, из газосборной области 314 пористой структуры 310. Подобным образом, отверстия 326, 328 для сбора электролита могут использоваться для отвода электролитического водного раствора, который проник через пористую подложку 312 и попал в газосборную область 314.

Канал 330 для электролитического водного раствора проходит через пористую структуру 310, в частности, через центр пористой структуры 310. По сравнению с примером, описанным на фиг. 1А и 1В, пористая структура 310 содержит только один канал 330 для электролитического водного раствора, который может иметь больший диаметр, чем четыре канала на фиг. 1А, чтобы позволить электролитическому водному раствору свободно протекать между смежными электролитными камерами.

Подобно примеру, описанному на фиг. 1А и 1В, одно из газосборных отверстий 322, 324 снабжено пористой трубчатой вставкой, тогда как другое снабжено непористой трубчатой вставкой. Подобным образом, одно из отверстий 326, 328 для

сбора электролита снабжено пористой трубчатой вставкой, тогда как другое отверстие для сбора электролита снабжено непористой трубчатой вставкой. В конкретном примере, показанном на фиг. 8А и 8В, это второе газосборное отверстие 324, которое снабжено непористой трубчатой вставкой 376. Подобным образом, второе отверстие 328 для сбора электролита снабжено непористой трубчатой вставкой 378. Хотя это не показано на фиг. 8А и 8В, первое газосборное отверстие 322 и первое отверстие 326 для сбора электролита пористой структуры 310, таким образом, будут снабжены пористой трубчатой вставкой. Следует отметить, что рассмотренные выше трубчатые вставки представляют собой лишь один из способов перекрытия некоторых отверстий внутри пористой структуры. Разумеется, возможен также любой другой способ получения пористых и непористых внутренних поверхностей газосборных отверстий 322, 324 и отверстий 326, 328 для сбора электролита.

Канал 330 для электролитического водного раствора снабжен непористой трубчатой вставкой 331, как показано на фиг. 8В.

Подобно тому, что было описано со ссылкой на фиг. 3-7, пористая структура 310, показанная на фиг. 8А и 8В, может быть использована для изготовления как анодов, так и катодов проточного блока электродов. С этой целью пористая структура 310, во многом похожая на пористую структуру 10, показанную на фиг. 1А и 1В, симметрична относительно вертикальной центральной оси, так что первое и второе газосборные отверстия 322, 324 являются зеркальными отображениями друг друга. Подобным образом, первое и второе отверстия 326, 328 для сбора электролита являются зеркальными отображениями друг друга. Пористая структура 310 также симметрична относительно горизонтальной центральной оси. Фактически пористая структура 310 симметрична относительно центральной точки канала 330 для электролитического водного раствора, показанного на фиг. 8А.

Пористая структура 310 может быть вставлена в корпус, подобный корпусу, показанному на фиг. 3. Множество образованных таким образом электродов можно расположить параллельно с образованием блока. Однако, как подробно описано выше, смежные электроды будут перевернуты, так что их перекрытые/непористые отверстия будут выровнены с пористыми отверстиями соответствующих смежных электродов. Другими словами, смежные электроды имеют идентичную структуру, но повернуты на 180 градусов относительно друг друга и на них подается электричество разной полярности.

Во время процесса электролиза электролитический водный раствор будет оказывать давление на первую поверхность 311 и вторую поверхность 313 пористой структуры 310. В зависимости от полярности пористой структуры 310 (положительная, когда является частью анодного электрода, отрицательная, когда является частью катодного электрода), либо водород, либо кислород будут вырабатываться и проникать через первую и/или вторую поверхность 311, 313 пористой структуры 310. Другими словами, обе стороны пористой структуры 310 представляют собой проточные поверхности.

Газообразный кислород/водород, проникающий через поверхности 311, 313 соответствующих катодных и анодных электродов, попадет в газосборную область 314. Как будет понятно из поперечного сечения на фиг. 8В, газосборная область пористой структуры 310 является полый. Другими словами, пористая структура 310 представляет собой полый диск с отверстиями 322, 324, 326, 328, проходящими между первой и второй поверхностями 311, 313.

Кислород и/или водород, попавшие в газосборную область 314 пористой структуры 310, могут быть удалены через газосборное отверстие, которое снабжено пористой внутренней поверхностью (например, с помощью пористой трубчатой вставки). Если пористые структуры 310 расположены в виде блоков электродов, подобно примерам, описанным на фиг. 6 и 7, то кислород, получаемый на анодных электродах, будет покидать анодные электроды через их первые газосборные отверстия 322. И наоборот, водород, образующийся на катодных электродах, будет покидать катодные электроды на вторых газосборных отверстиях 324. Таким образом, первый газосборный канал, соединяющий первые газосборные отверстия, представляет собой канал для сбора кислорода, тогда как второй газосборный канал, соединяющий вторые отверстия, представляет собой канал для сбора водорода, подобно примеру, описанному на фиг. 6 и 7.

Выше были описаны газосборные отверстия и отверстия для сбора электролита с разными функциональными возможностями, в частности, газосборные отверстия выполняют функцию сбора газа, а отверстия для сбора электролита выполняют функцию сбора электролитического водного раствора. В действительности газ, электролитический водный раствор или смесь газа и электролитического водного раствора могут выходить из электродов через любое из пористых отверстий. Другими словами, идеальное разделение газа и электролитического водного раствора через описанные отверстия не всегда возможно. Действительно,

электролитический водный раствор обычно только проникает через поры электродов сравнительно медленно (если вообще проникает), так что газы, генерируемые электродами, могут выходить из электродов как через пористые газосборные отверстия, так и через пористые отверстия для сбора электролита. Соответственно, в некоторых примерах и первый газосборный канал, и первый канал для сбора электролита могут переносить газы, получаемые во время электролиза, и, таким образом, оба канала могут быть соединены с резервуаром для отделения электролита и газа, например резервуаром для отделения кислорода. Подобным образом, второй газосборный канал и второй канал для сбора электролита могут оба переносить газы и, таким образом, быть соединены с другим резервуаром для отделения электролита и газа, например резервуаром для отделения водорода. Газы (например, водород/кислород) будут выпускаться из соответствующих резервуаров для отделения электролита/газа, а оставшийся электролитический водный раствор может быть рециркулирован в блок электродов.

Обе пористые структуры 10, 310, описанные выше, могут быть использованы для создания двухсторонних проточных электродов, подходящих для использования в блоке электродов. Благодаря своей симметрии относительно горизонтальной оси обе пористые структуры 10, 310 могут быть использованы для изготовления как анодных, так и катодных электродов. Двусторонние электроды, созданные с пористыми структурами 10, 310, значительно увеличивают площадь контакта, используемую для электролиза, поскольку выработка газа может происходить как на первой, так и на второй, противоположной поверхности электрода.

Все описанные выше электроды являются проточными электродами, в которых газы, получаемые во время электролиза, и в некоторой степени электролитический водный раствор, могут проникать через внешние (например, переднюю и заднюю) поверхности проточного электрода и попадать в газосборную область (например 14, 16, 18, 314) электрода.

В некоторых примерах пористая структура может состоять из «твердой» пористой части, предпочтительно из твердого пористого диска. Этот твердый пористый диск имеет единую пористость по всей длине и отличается от примера, показанного на фиг. 8А и 8В, в частности, тем, что здесь нет поллой камеры, которая могла бы выполнять функцию газосборной области. Вместо этого любая часть твердой пористой структуры за первой и второй внешними поверхностями может

тогда выполнять функцию газосборной области, подобно второму слою и промежуточным слоям 14, 16, 18, показанным на фиг. 1А и 1В, за исключением того, что пористая структура этого примера имеет единую пористость.

На фиг. 9 показана блок-схема способа изготовления проточного электрода согласно примеру, показанному на фиг. 3–5. На первом этапе 402 спекают первый пористый слой с первой пористостью. С этой целью первый пористый слой может быть изготовлен из мелких металлических частиц, например из никеля, титана или никель/титановых сплавов. В некоторых примерах такие мелкие металлические частицы могут представлять собой отходы металлического порошка, оставшиеся от процессов 3D-печати металлом.

Использование мелких частиц для спекания первого пористого слоя позволит получить первый слой с малыми размерами пор и, следовательно, со сравнительно низкой пористостью.

На втором этапе 404 второй пористый слой спекают непосредственно на первом пористом слое. Второй пористый слой спекают с более высокой пористостью, чем первый слой, т. е. с большими размерами пор. С этой целью второй пористый слой может быть спечен с использованием никеля, титана или никель/титановых сплавов. В некоторых примерах второй пористый слой может быть изготовлен из мелкой металлической стружки, оставшейся от процессов механической обработки. Из-за того, что мелкая металлическая стружка обычно имеет больший размер частиц, чем порошок для 3D-печати, спеченный второй пористый слой будет содержать поры большего размера и, следовательно, будет иметь более высокую пористость, чем первый пористый слой.

Необязательно третий пористый слой может быть спечен на втором пористом слое, противоположном первому пористому слою. Третий пористый слой может быть изготовлен из мелких металлических частиц, например из никеля, титана или никель/титановых сплавов. В некоторых примерах такие мелкие металлические частицы могут представлять собой отходы металлического порошка, оставшиеся от процессов 3D-печати металлом. Третий пористый слой может иметь по существу такую же пористость, как и первый пористый слой.

Благодаря использованию отходов от 3D-печати и механической обработки вышеуказанный способ является особенно экологичным и экономичным.

После спекания первого, второго (и необязательно третьего) пористых слоев на третьем этапе 406 к слоистой пористой структуре прикрепляют непроницаемый

корпус. Подобно пористым слоям, непроницаемый корпус может быть изготовлен из никеля, титана или никель/титановых сплавов. Непроницаемый корпус может быть отлит по окружности слоистой пористой структуры. Альтернативно непроницаемый корпус может быть изготовлен отдельно и прикреплен к слоистой пористой структуре на отдельном этапе, например посредством сварки.

На других этапах, не показанных на фиг. 9, способ может дополнительно включать введение первого и второго газосборных отверстий, а также первого и второго отверстий для сбора электролита, вводимых в пористую структуру после того, как пористые слои были спечены и соединены друг с другом. В некоторых примерах отверстия могут быть просверлены перпендикулярно сквозь слоистую пористую структуру, как показано на фиг. 1А, 1В, 8А, 8В. Затем отверстия могут быть снабжены пористыми и непористыми трубчатыми вставками, описанными выше.

Описанный выше вариант осуществления, в частности блок электродов, показанный на фиг. 6 и 7, представляет собой однополярный блок электродов для электролиза воды. Однако настоящее изобретение не ограничивается электродами для однополярного блока электродов. Скорее, как показано на фиг. 10–14, настоящее изобретение также применимо для блоков электродов в биполярной компоновке.

Подобно электроду 100, показанному на фиг. 4, электродный узел 500, показанный на фиг. 10–12, представляет собой конструкцию, которую можно многократно использовать в блоке электродов для создания как анодных, так и катодных электродов без необходимости изменения конструкции узла.

Электродный узел 500, показанный на фиг. 10–12, содержит корпус 560, выполненный с возможностью размещения двух проточных электродов, разделенных непроницаемой частью, как следует из фиг. 11 и 12, например.

Электродный узел 500 содержит первый проточный электрод 510 и второй проточный электрод 520. Первый и второй проточные электроды 510, 520 разделены непроницаемым разделителем 540. Непроницаемый разделитель 540 может быть изготовлен из любого материала, подходящего для предотвращения перемещения текучих сред между первым и вторым проточными электродами 510, 520. Однако, как будет более подробно объяснено ниже, непроницаемый разделитель 540 проводит электричество, обеспечивая биполярную компоновку внутри блока. В одном примере непроницаемый разделитель может быть изготовлен из

нержавеющей стали.

Первый электрод, показанный на фиг. 10, представляет собой многослойный электрод, подобный электроду 10, показанному на фиг. 1А и 1В. В частности, в варианте осуществления, показанном на фиг. 10–12, первый электрод содержит первый пористый слой 512 и второй пористый слой 514. Пористые слои 512, 514 первого электрода 510 имеют разную пористость. В примере по фиг. 11 пористость второго пористого слоя 514 больше, чем пористость первого пористого слоя 512. Другими словами, второй пористый слой 514 может иметь больше пустот или более крупные пустоты, чем первый пористый слой 512. В одном примере размер пор второго пористого слоя 514 может быть больше, чем размер пор первого пористого слоя 512 первого электрода 510.

Первый электрод 510 имеет первую поверхность 511 и противоположную вторую поверхность. Первая поверхность 511 обращена в сторону от разделителя 540, тогда как вторая поверхность первого электрода 510 контактирует с разделителем 540. Первая поверхность 511 является частью первого пористого слоя 512, тогда как вторая поверхность является частью второго пористого слоя 514. В примере по фиг. 11 вторая поверхность первого электрода 510 может быть спечена на разделителе 540, как будет более подробно объяснено со ссылкой на фиг. 14.

Электродный узел 500 выполнен так, что первая поверхность 511 первого электрода 510 находится по существу заподлицо с соответствующей первой поверхностью 561 корпуса 560. Однако в некоторых компоновках, особенно если между смежными электродными узлами не предусмотрена дополнительная распорка, первая поверхность 511 первого электрода 510 может быть утоплена относительно первой поверхности 561 корпуса на расстояние, равное половине ширины требуемого зазора ячейки между смежными электродными узлами.

Как первый пористый слой, так и второй пористый слой 512, 514 проницаемы для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, такого как вода или электролитический водный раствор. Первый и второй слои 512, 514 первого электрода 510 также могут быть проницаемыми для самого рабочего раствора, т. е. воды или электролитического водного раствора.

Второй электрод 520 также является многослойным электродом. В частности, в варианте осуществления, показанном на фиг. 10–12, второй электрод 520 содержит первый пористый слой 522 и второй пористый слой 524. Пористые слои 522, 524 второго электрода 520 имеют разную пористость. В примере по фиг. 11

пористость второго пористого слоя 524 больше, чем пористость первого пористого слоя 522. Другими словами, второй пористый слой 524 может иметь больше пустот или более крупные пустоты, чем первый пористый слой 522. В одном примере размер пор второго пористого слоя 524 может быть больше, чем размер пор первого пористого слоя 522 второго электрода 520.

Второй электрод 520 имеет первую поверхность 513 и противоположную вторую поверхность. Первая поверхность 513 обращена в сторону от разделителя 540, тогда как вторая поверхность второго электрода 520 контактирует с разделителем 540. Первая поверхность 513 является частью первого пористого слоя 522, тогда как вторая поверхность является частью второго пористого слоя 524. В примере по фиг. 11 вторая поверхность второго электрода 520 может быть спечена на разделителе 540.

Электродный узел 500 выполнен так, что первая поверхность 513 второго электрода 520 находится по существу заподлицо с соответствующей второй поверхностью 563 корпуса 560. Однако в некоторых компоновках, особенно если между смежными электродными узлами не предусмотрена дополнительная распорка, первая поверхность 513 второго электрода может быть утоплена относительно второй поверхности 563 корпуса на расстояние, равное половине ширины требуемого зазора ячейки между смежными электродными узлами.

Как первый пористый слой, так и второй пористый слой 522, 524 проницаемы для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, такого как вода или электролитический водный раствор. Первый и второй слои 522, 524 первого электрода 520 также могут быть проницаемыми для самого рабочего раствора, т. е. воды или электролитического водного раствора.

В варианте осуществления, показанном на фиг. 11, как первый электрод, так и второй электрод 510, 520 имеют идентичную конструкцию, что позволяет уменьшить количество форм, необходимых для изготовления электродов электродного узла 500. Однако следует понимать, что первый и второй электроды 510, 520 расположены внутри корпуса со смещением по окружности. Другими словами, первый и второй электроды 510, 520 повернуты относительно друг друга для соединения с разными выходными отверстиями корпуса 560.

На фиг. 10 и 11 дополнительно показано, что электродный узел содержит множество каналов 530a, 530b, 530c, 530d, 532a, 532b, 532c, 532d для подачи рабочих текучих сред, таких как вода или электролитический водный раствор, на

электроды 510, 520 для процесса электролиза. Более подробно, электродный узел 510 содержит множество первых каналов 530a–530d для электролитического водного раствора для подачи рабочих текучих сред на первый электрод 510. Два первых канала 530a, 530c для электролитического водного раствора показаны в поперечном сечении на фиг. 11.

Каждый из множества первых каналов 530a–530d для электролитического водного раствора соединен с первым электродом 510 посредством соединительных протоков, таких как два соединительных протока 544a, 544c, показанные на фиг. 11. Соединительные протоки 544a, 544c, соединяющие каждый из первых каналов 530a–530d для электролитического водного раствора с первым электродом 510, выполнены в виде радиальных канавок на первой поверхности 561 корпуса 560. Радиальные канавки проходят в радиальном направлении внутрь от каналов 530a–530d для электролитического водного раствора по направлению к первому электроду.

Электродный узел 510 содержит множество вторых каналов 532a–532d для электролитического водного раствора для подачи рабочих текучих сред на второй электрод 520.

Каждый из множества вторых каналов 532a–532d для электролитического водного раствора соединен со вторым электродом 520 посредством соединительных протоков (не показаны). Соединительные протоки, соединяющие каждый из вторых каналов 532a–532d для электролитического водного раствора со вторым электродом 520, выполнены в виде радиальных канавок на второй поверхности 563 корпуса 560. Радиальные канавки проходят в радиальном направлении внутрь от каналов 532a–532d для электролитического водного раствора по направлению ко второму электроду 520.

Первые и вторые каналы 530a–530d, 532a–532d для электролитического водного раствора расположены на первой и второй поверхности 561, 563 корпуса 560 по кругу. Первые и вторые каналы для электролитического водного раствора проходят от первой ко второй поверхности 561, 563 корпуса 560 параллельно продольной оси L электродного узла 500.

Множество первых и вторых каналов 530a–530d, 532a–532d для электролитического водного раствора расположены поочередно вокруг первой и второй поверхности корпуса 560. Другими словами, один первый канал для электролитического водного раствора всегда находится между двумя вторыми

каналами для электролитического водного раствора и наоборот.

Ввиду вышеизложенного электродный узел 500 согласно настоящему изобретению позволяет доставлять разные рабочие текучие среды к первому и второму электродам 510, 520. Как будет более подробно описано ниже, если первый электрод 510 выполняет функцию анода, то второй электрод 520 будет функционировать как катод и наоборот. Таким образом, с помощью конструкции электродов, показанной на фиг. 10–12, является возможным, что рабочая текучая среда одного типа подается только на анодные электроды (например, посредством первых каналов для электролитического водного раствора), тогда как рабочие текучие среды другого типа подаются на катоды (например, посредством вторых каналов для электролитического водного раствора) блока электродов.

Как будет описано более подробно в отношении фиг. 13, каналы 530a–530d, 532a–532d для электролитического водного раствора одного электродного узла 500 могут взаимодействовать с соответствующими каналами смежного электродного узла для образования множества первых галерей электролитического водного раствора для снабжения первых электродов, например анодных электродов, первой рабочей текучей средой, тогда как вторые каналы для электролитического водного раствора могут быть соединены для образования множества вторых галерей электролитического водного раствора для снабжения вторых электродов, например катодных электродов, электролитическим водным раствором другого типа. В некоторых примерах электролитический водный раствор, подаваемый на первые электроды, может быть рециркулирован и повторно подан на первые электроды, тогда как электролитический водный раствор, подаваемый на вторые электроды, может быть рециркулирован для вторых электродов. Таким образом, на первые электроды может подаваться электролитический водный раствор, уже обогащенный кислородом, тогда как на вторые электроды может подаваться электролитический водный раствор, уже обогащенный водородом.

Электродный узел 500 содержит множество первых газосборных отверстий 550a–550d. Электродный узел 500 также содержит множество вторых газосборных отверстий 552a–552d. Первые и вторые газосборные отверстия 550a–550d, 552a–552d расположены полукругом на первой и второй поверхности 561, 563 корпуса 560. В частности, первые и вторые газосборные отверстия 550a–550d, 552a–552d представляют собой сквозные отверстия, проходящие между первой и второй поверхностями 561, 563 корпуса 560. Первые и вторые газосборные отверстия 550a–

550d, 552a–552d являются отверстиями, расположенными в самом верхнем полукруге на фиг. 10. Однако, как будет понятно, это больше не будет иметь место, если электродный узел 500 вставлен в блок электродов, поскольку блок предпочтительно расположен вертикально, т. е. несколько электродных узлов уложены стопкой друг на друга. Первые и вторые газосборные отверстия 550a–550d, 552a–552d расположены попеременно на полукруге, показанном на фиг. 10. Другими словами, первое газосборное отверстие 550a–550d всегда находится между двумя вторыми газосборными отверстиями 552a–552d и наоборот.

Электродный узел также содержит множество первых отверстий 554a – 554d для сбора электролита и множество вторых отверстий 556a – 556d для сбора электролита. Первые и вторые отверстия 554a–554d, 556a–556d для сбора электролита расположены полукругом на нижнем конце электролитического узла 500. Первые и вторые отверстия 554a–554d, 556a–556d для сбора электролита расположены поочередно на полукруге, показанном на фиг. 10. Другими словами, первое отверстие 554a–554d для сбора электролита всегда находится между двумя вторыми отверстиями 556a–556d для сбора электролита и наоборот.

Первые газосборные отверстия 550a–550d предусмотрены для приема газов, получаемых путем разложения рабочей текучей среды первым проточным электродом, тогда как вторые газосборные отверстия с 552a – 552d предназначены для приема газа, получаемого путем разложения рабочей текучей среды на втором электроде 520. Подобным образом, первые отверстия 554a–554d для сбора электролитического водного раствора предназначены для приема электролитического водного раствора, который необходимо отвести из первого электрода 510, тогда как вторые отверстия 556a–556d для сбора электролитического водного раствора предназначены для приема электролитического водного раствора, отводимого со второго электрода 520.

Расположение первого и второго электродов 510, 520 относительно корпуса 560, а следовательно и относительно соответствующих газосборных отверстий и отверстий для сбора электролитического водного раствора, лучше всего понятно на виде, представленном на фиг. 12. На фиг. 12 показан покомпонентный вид электродного узла 500 согласно этому варианту осуществления настоящего изобретения. В частности, на фиг. 12 показаны первый и второй слои 512, 514 первого электрода 510 и первый и второй слои 522, 524 второго электрода, расположенные на расстоянии друг от друга и корпуса 560, чтобы оценить

расположение вторых слоев 514, 524 первого и второго электродов 510, 520 относительно друг друга по-другому, чем в электродном узле 500.

Как упоминалось ранее, и первый, и второй электроды 510, 520 изготавливаются по существу одинаковым способом. В частности, первые слои 512, 522 имеют дискообразную форму и включают плечевую часть, которая, как следует из фиг. 11, может использоваться для удержания первого и второго электродов внутри центрального отверстия корпуса 560. Вторые слои 514, 524 первого и второго электродов также имеют по существу дискообразную форму. Однако оба вторых слоя 514, 524 включают в себя множество ушек, проходящих радиально наружу от окружности вторых слоев 514, 524 дискообразной формы. Каждое из ушек (например, 544a и 544b) вторых слоев 514, 524 содержит по одному выпускному отверстию 548a, 548b. Каждое из выпускных отверстий 548a, 548b выровнено с одним из газосборных отверстий или одним из отверстий для сбора электролита корпуса 560. Следует отметить, что каждое из ушек 544a, 544b и соответствующие им выпускные отверстия 548a, 548b выровнены исключительно с одним из сборных отверстий корпуса 560, то есть ни одно из сборных отверстий корпуса 560 не выровнено с двумя выпускными отверстиями.

Корпус 560 содержит выравнивающее кольцо 570 с первым и вторым выступами, которые выступают радиально внутрь по направлению к центральному отверстию корпуса 560. Подробно, первый набор выступов 574 выполнен с возможностью вхождения в зацепление с соответствующими выемками 546a второго слоя 514 первого электрода 510. Второе множество выступов 578, расположенных внутри корпуса 560, выполнены с возможностью вхождения в зацепление со множеством выемок 546b второго слоя 524 второго электрода 520. Множество первых выступов 574 смещены по окружности относительно множества вторых выступов 578. Из-за этого смещения по окружности вторые слои 514, 524 первого и второго электродов также будут смещены в радиальном направлении друг от друга, когда они будут помещены внутрь корпуса. Другими словами, когда электроды вставлены в корпус, выемки 546a второго слоя 514 первого электрода выровнены с ушками 544b второго слоя 524 второго электрода 520 и наоборот.

Выравнивающее кольцо 570 смещает выступы и выемки вторых слоев 514, 524 относительно друг друга, но выравнивает каждое из ушек 544a, 544b вторых слоев 514, 524 с одним из сборных отверстий корпуса 560.

В качестве примера, первое ушко 544a может быть вставлено в первую выемку

572 выравнивающего кольца 570, так что соответствующее выпускное отверстие 548a ушка 544a выровнено с первым газосборным отверстием 550a корпуса. Остальные ушки второго слоя 514 первых электродов тогда помещаются в соответствующие другие первые выемки и, таким образом, выравнивают первые газосборные отверстия и первые отверстия для сбора электролита с соответствующим ушком 544a второго слоя 514.

Подобным образом, первое ушко 544b второго электрода 520 может быть вставлено во вторую выемку 576 выравнивающего кольца 570, так что соответствующее выпускное отверстие 548b ушка 544b выровнено со вторым газосборным отверстием 552a корпуса. Остальные ушки второго слоя 524 второго электрода тогда помещаются в соответствующие другие вторые выемки и, таким образом, выравнивают вторые газосборные отверстия и вторые отверстия для сбора электролита с соответствующим ушком 544b второго слоя 524.

Благодаря вышеупомянутому расположению электродов внутри корпуса 560 газы, получаемые путем разложения электролитического водного раствора внутри первого и второго электродов, могут перемещаться к соответствующим ушкам 544a, 544b вторых слоев 514, 524 и попадать в газосборные отверстия 550a–550d, 552a–552d корпуса 560 через выпускные отверстия ушек. Следует понимать, что газы, получаемые в первом электроде, не могут попадать во вторые газосборные отверстия 552a–552d корпуса 560, тогда как газы, получаемые во втором электроде 520, в свою очередь, не могут попадать в первые газосборные отверстия 550a–550d.

Обращаясь к фиг. 13, показан блок электродов согласно варианту осуществления настоящего изобретения. Блок 600 электродов содержит множество электродных узлов 500a–500h, уложенных вместе для образования блока 600 электродов. Хотя на фиг. 13 показано горизонтальное расположение блока 600 электродов, это сделано только для простоты иллюстрации. В предпочтительном варианте осуществления электродные узлы согласно настоящему изобретению уложены стопкой в вертикальном направлении, так что блок, показанный на фиг. 13, в действительности повернут на 90°. При укладывании в вертикальном направлении источник электроэнергии подключают таким образом, что катодные электроды располагаются над смежными анодными электродами в блоке. Другими словами, самый верхний электрод будет катодным электродом.

На первом конце блок 600 закрыт первой торцевой пластиной 584. На противоположном втором конце блок закрыт второй торцевой пластиной 586.

Чтобы соединить электродные узлы 500 и торцевые пластины друг с другом, каждый из электродных узлов 500a–500h и торцевые пластины 584, 586 содержат множество крепежных отверстий 562, 564, 566, 568 (фиг. 10), проходящих по окружности электродных узлов 500 и закрывающих пластин 584, 586. Крепежные стержни 580, 582, например болты с резьбой, проходят через крепежные отверстия для скрепления блока и выравнивания отдельных электродных узлов 500a–500h друг с другом.

В иллюстративном блоке 600 электродов, показанном на фиг. 13, первый электродный узел 500a расположен смежно со вторым электродным узлом 500b. Второй электродный узел 500b расположен смежно с третьим электродным узлом 500c и т. д. Каждый из электродных узлов 500a–500h имеет конструкцию, как показано на фиг. 10–12.

Первый электродный узел 500a расположен внутри блока так, что первый электрод 510a расположен смежно со вторым электродом 520b второго электродного узла 500b. Более подробно, первая поверхность первого электрода 510a первого электродного узла 500a обращена к первой поверхности второго электрода 520b второго электродного узла 500b. Как показано на фиг. 13, первые поверхности первого электрода 510a, 520b могут контактировать друг с другом. Однако в некоторых альтернативных вариантах осуществления также может существовать зазор между первыми поверхностями первого электрода 510a первого электродного узла 500a и первой поверхностью второго электрода 520b второго электродного узла 500b. Этот зазор может использоваться для подачи электролитического водного раствора как на первый электрод 510a, так и на второй электрод 520b через их соответствующие первые поверхности. Зазор может быть создан с помощью уплотнительного кольца, расположенного в кольцевой канавке (не показано), расположенной на первой поверхности корпуса 560. Таким образом, это уплотнительное кольцо может выполнять функцию распорки для создания определенных зазоров между первым и вторым электродами смежных электродных узлов.

В других вариантах осуществления, описанных выше, первый и второй электроды 510, 520 могут быть утоплены в первой и второй поверхностях 561, 563 корпуса, чтобы обеспечить вышеуказанный зазор между смежными электродными узлами без необходимости в распорке из уплотнительного кольца.

Электроды смежных электродных узлов 500a–500h могут быть разделены

электролитной мембраной или диафрагмой, что позволяет избежать смешивания водорода кислорода, образующихся на катодных или анодных электродах.

Как упоминалось ранее, блок 600 электродов, показанный на фиг. 13, представляет собой биполярный блок электродов. Другими словами, электродные узлы 500a–500h блока 600 электродов соединены электрически последовательно, а не параллельно, как в случае с однополярным блоком 200, описанным со ссылкой на фиг. 6 и 7 выше. В примере по фиг. 13 положительный вывод соединен с первой торцевой крышкой 584, тогда как отрицательный вывод соединен со второй торцевой крышкой 586. В этой конфигурации каждый из этих первых электродов (например, 510a) каждого электродного узла 500a–500h имеет положительный заряд и, таким образом, выполняет функцию анодного электрода. Подобным образом, каждый из вторых электродов 520a, 520b каждого из электродных узлов 500a–500h заряжен отрицательно и, таким образом, выполняет функцию катодного электрода. Отсюда следует, что в блоке 600 электродов согласно настоящему изобретению каждый электродный узел 500a–500h предоставляет один анодный электрод и один катодный электрод, разделенные непроницаемым разделителем 540. При вертикальной ориентации блока предпочтительно располагать первую торцевую пластину 584 поверх блока так, чтобы вторые электроды 520 (катодные электроды) располагались поверх первых электродов 510 (анодных электродов).

На фиг. 13 показаны две (первые) галереи 531a, 531c для подачи электролитического водного раствора, проходящие через электродные узлы 500a–500h. Каждая из галерей 531a, 531c для подачи электролитического водного раствора состоит из выровненных первых каналов 530a, 530c для электролитического водного раствора. Другими словами, как описано выше, каждый из множества первых каналов 530a–530d для электролитического водного раствора создает первую галерею для электролитического водного раствора, тогда как каждый из множества вторых каналов 532a–532d для электролитического водного раствора создает соответствующую вторую галерею для подачи электролитического водного раствора (не показано).

Первые галереи 531a, 531c для электролитического водного раствора выполнены с возможностью подачи электролитического водного раствора на первые электроды 510a каждого из электродных узлов 500a–500h посредством соответствующих соединительных протоков 534a, 534c. В варианте осуществления, показанном на фиг. 13, соединительные протоки 534a, 534c соединяют каналы 540a,

540с для электролитического водного раствора с внешней периферийной поверхностью первого слоя первых электродов. Следовательно, подаваемый таким образом электролитический водный раствор может поступать на первые электроды радиально в первый слой.

В других вариантах осуществления, например, когда смежные электродные узлы отделены друг от друга зазором, электролитический водный раствор может вводиться в зазор и таким образом попадать в первый слой первого электрода через его переднюю поверхность, например, первую поверхность 511.

Хотя это явно не показано в поперечном сечении на фиг. 13, каждый из вторых каналов 532a–532d для электролитического водного раствора образует вторую галерею для электролитического водного раствора вместе со вторыми каналами для электролитического водного раствора других электродных узлов 500a–500h блока. Вторые галереи расположены подобно первым галереям 531a, 531c, показанным на фиг. 13. Однако вторые галереи содержат соединительные протоки, которые проходят между вторыми каналами для электролитического водного раствора и первым слоем вторых электродов каждого электродного узла. Соответственно, электролитический водный раствор может быть введен через вторые галереи в первый слой вторых электродов каждого электродного узла 500a–500h. Подобно первым галереям 531a, 531c для подачи электролитического водного раствора, электролитический водный раствор может быть введен радиально в первые слои вторых электродов или, альтернативно, через первую поверхность 513 второго электрода, если существует зазор между смежными электродными узлами 500a–500h.

Если между смежными электродными узлами 500a–500h существует зазор, внутри зазора может быть расположена непроницаемая мембрана, чтобы избежать смешивания газов, получаемых на смежных первом и втором электродах. Непроницаемая мембрана также позволяет использовать в зазоре две разные рабочие текучие среды. Первая рабочая текучая среда может использоваться для подачи на первый электрод, тогда как вторая рабочая текучая среда может подаваться через вторую галерею для электролитического водного раствора на противоположный второй электрод смежного электродного узла. Одним из примеров подходящей мембраны является материал на основе полимера, такой как PTFE. В некоторых вариантах осуществления непроницаемая мембрана не проницаема для газообразного кислорода, но позволяет ионам OH^- проходить через

мембрану.

Как было описано со ссылкой на фиг. 12, электролитический водный раствор, примененный к первым слоям первого или второго электродов, будет по меньшей мере частично разлагаться на газы, такие как водород и кислород, которые затем проходят через второй слой и выходят из выпускных отверстий вторых слоев каждого электрода через соответствующие первое или второе газосборные отверстия корпуса 560.

На фиг. 14 показана блок-схема способа 700 изготовления электродного узла согласно примеру, показанному на фиг. 10–12. На первом этапе 702 предоставляют непроницаемый разделитель. Этот разделитель может по существу иметь любую структуру, непроницаемую для рабочих текучих сред и газов, принимаемых внутри первого и второго электродов. Однако непроницаемый разделитель должен быть электропроводным. В одном варианте осуществления непроницаемый разделитель может быть изготовлен из стального диска.

На втором этапе 704 вторые пористые слои обоих электродов спекают непосредственно на непроницаемом разделителе. Второй пористый слой может быть спечен с использованием никеля, титана или никель-титановых сплавов. В одном примере второй пористый слой может быть изготовлен из мелкой металлической стружки, оставшейся от процессов механической обработки.

На другом этапе 706 первые слои первого и второго электродов спекают на вторых пористых слоях. Первые пористые слои могут быть изготовлены из мелких металлических частиц, например из никеля, титана или никель-титановых сплавов. Такие мелкие металлические частицы могут представлять собой измельченный металлический порошок, оставшийся от процессов 3D-печати металлом.

Предпочтения и возможности для данного аспекта, признака или параметра настоящего изобретения следует, если контекст не указывает иное, рассматривать как раскрытый в комбинации с любым и всеми предпочтениями и возможностями для всех остальных аспектов, признаков и параметров настоящего изобретения. В частности, это изобретение не ограничивается использованием электродов и блока электродов для электролиза воды. Напротив, различные другие рабочие текучие среды могут быть разложены посредством электродов и блока электродов, раскрытых в данном документе ранее.

Следующие пункты относятся к дополнительным, не заявляемым примерам настоящего изобретения.

1. Блок электродов, содержащий:

- первый проточный электрод, имеющий газосборную область, расположенную между первой и второй поверхностями первого проточного электрода;
- второй проточный электрод, имеющий газосборную область, расположенную между первой и второй поверхностями второго проточного электрода;
- первую электролитную камеру, проходящую между второй поверхностью первого проточного электрода и первой поверхностью второго проточного электрода.

2. Блок электродов согласно пункту 1, в котором первая и/или вторая поверхность первого проточного электрода является проницаемой для газов, получаемых путем разложения воды, и/или в котором первая и/или вторая поверхность второго проточного электрода является проницаемой для газов, получаемых путем разложения воды.

3. Блок электродов согласно пункту 1 или 2, содержащий прокладку, расположенную между первым и вторым проточными электродами, причем указанная прокладка действует как распорка между первым и вторым проточными электродами для создания зазора ячейки, образующего первую электролитную камеру.

4. Блок электродов согласно пункту 3, в котором первый и второй проточные электроды смещены друг к другу.

5. Блок электродов согласно любому из пунктов 1—4, в котором первый и второй проточные электроды имеют по существу дискообразную форму.

6. Блок электродов согласно любому из пунктов 1—5, в котором газосборная область первого проточного электрода выполнена с возможностью соединения с первой газосборной камерой и в котором газосборная область второго проточного электрода выполнена с возможностью соединения со второй газосборной камерой.

7. Блок электродов согласно любому из пунктов 1—6, содержащий первый газосборный трубопровод для соединения газосборной области первого проточного электрода с первой газосборной камерой и второй газосборный трубопровод для соединения газосборной области второго проточного электрода со второй газосборной камерой.

8. Блок электродов согласно любому из пунктов 1—7, содержащий третий проточный электрод, имеющий газосборную область, расположенную между первой и второй поверхностями третьего проточного электрода, и вторую электролитную камеру, проходящую между второй поверхностью второго проточного электрода и первой поверхностью третьего проточного электрода.

9. Блок электродов согласно пункту 8, содержащий прокладку, расположенную между вторым и третьим проточными электродами, причем указанная прокладка действует как распорка между вторым и третьим проточными электродами для создания зазора ячейки, образующего вторую электролитную камеру.

10. Блок электродов согласно любому из пунктов 1—9, в котором первый проточный электрод содержит непроницаемый канал, проходящий сквозь первый проточный электрод через его первую и вторую поверхности, и/или в котором второй проточный электрод содержит непроницаемый канал, проходящий сквозь второй проточный электрод через его первую и вторую поверхности.

11. Электролизер для выработки водорода из воды, причем указанный электролизер содержит:

- блок электродов согласно любому из пунктов 1—10;
- первую газосборную камеру для сбора газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;
- вторую газосборную камеру для сбора газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора,

при этом газосборная область первого проточного электрода соединена с первой газосборной камерой, и при этом газосборная область второго проточного электрода соединена со второй газосборной камерой.

12. Проточный электрод для электролиза воды, причем указанный электрод содержит:

- первый пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;
- второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, причем указанный второй пористый слой расположен смежно с первым пористым слоем;

при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

13. Электрод согласно пункту 12, в котором средний размер пор во втором пористом слое больше среднего размера пор в первом пористом слое.

14. Электрод согласно пункту 12 или 13, содержащий третий пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, причем указанный третий пористый слой расположен смежно со вторым пористым слоем противоположно первому пористому слою.

15. Электрод согласно пункту 14, в котором второй пористый слой имеет большую пористость, чем третий пористый слой.

16. Электрод согласно пункту 14 или 15, в котором третий пористый слой имеет пористость, которая по существу идентична пористости первого пористого слоя.

17. Электрод согласно любому из пунктов 14—16, в котором средний размер пор в третьем пористом слое по существу идентичен среднему размеру пор в первом пористом слое.

18. Электрод согласно любому из пунктов 12—17, в котором первый и второй пористые слои представляют собой спеченные слои, предпочтительно изготовленные с помощью спекания под действием электрического поля.

19. Электрод согласно любому из пунктов 1—18, в котором первый и второй пористые слои изготовлены из разного сырья.

20. Электрод согласно любому из пунктов 1—19, в котором первый пористый слой изготовлен из спеченного порошкового материала и в котором второй пористый слой изготовлен из спеченной мелкой металлической стружки.

21. Электрод согласно любому из пунктов 1—20, в котором первый и второй пористые слои изготовлены из никеля и/или титана, и/или из сплавов никеля и титана.

22. Электрод согласно любому из пунктов 1—21, в котором второй слой соединен с выпускным отверстием газа для удаления из электрода газа, полученного в ходе электролиза воды.

23. Электрод согласно любому из пунктов 1—22, в котором первый пористый слой имеет первую, предпочтительно плоскую, поверхность, противоположную вторым пористым слоям, причем указанная первая поверхность представляет собой наружную поверхность электрода, при этом указанная наружная

поверхность при использовании обращена к электролитной камере.

24. Блок электродов, содержащий:

- первый электрод согласно любому из пунктов 1—23;
- второй электрод согласно любому из пунктов 1—23; и
- электролитную камеру, проходящую между первыми пористыми слоями первого и второго электродов.

25. Блок электродов согласно пункту 24, в котором электролитная камера не содержит мембраны.

26. Электролизер для выработки водорода из воды, причем указанный электролизер содержит:

- блок электродов согласно пункту 24 или 25;
- систему подачи электролита для подачи электролитического водного раствора под давлением в электролитную камеру блока электродов;
- источник электроэнергии, содержащий положительный вывод и отрицательный вывод, при этом положительный вывод соединен с первым электродом, а отрицательный вывод соединен со вторым электродом.

27. Способ изготовления проточного электрода для электролиза воды, включающий:

- спекание первого пористого слоя, изготавливаемого из первого материала;
- спекание второго пористого слоя, изготавливаемого из второго материала, на первом пористом слое;

при этом первый и второй материалы выбирают так, что второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

28. Способ согласно пункту 27, в котором первый материал содержит металлический порошок, предпочтительно металлический порошок, представляющий собой отходы 3D-печати.

29. Способ согласно пункту 28 или 29, в котором второй материал содержит мелкую металлическую стружку, предпочтительно мелкую металлическую стружку, представляющую собой отходы механической обработки.

30. Электрод для электролиза воды, причем указанный электрод содержит пористую структуру, указанная пористая структура содержит:

- первую пористую поверхность, проницаемую для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;

- первое газосборное отверстие, выполненное с возможностью сбора газов, получаемых с помощью электрода,

при этом первое газосборное отверстие проходит сквозь пористую структуру так, что газы, проникающие через первую пористую поверхность, могут покидать пористую структуру через первое газосборное отверстие.

31. Электрод согласно пункту 30, в котором пористая структура содержит второе газосборное отверстие, проходящее сквозь электрод параллельно первому газосборному отверстию и выполненное с возможностью сбора газов, получаемых с помощью пористой структуры, при этом второе газосборное отверстие проходит сквозь пористую структуру так, что газы, проникающие через первый пористый слой, могут покидать пористую структуру через второе газосборное отверстие.

32. Электрод согласно пункту 31, в котором пористая структура является симметричной относительно оси симметрии, при этом первое газосборное отверстие и второе газосборное отверстие являются зеркальными отражениями друг друга, расположенными с противоположных сторон указанной оси симметрии.

33. Электрод согласно любому из пунктов 30—32, в котором первое газосборное отверстие представляет собой сквозное отверстие, причем указанное сквозное отверстие предпочтительно имеет пористую боковую стенку.

34. Электрод согласно любому из пунктов 30—33, содержащий пористую вставку, размещенную внутри первого газосборного отверстия.

35. Электрод согласно любому из пунктов 30—34, когда они являются зависимыми от пункта 31, содержащий непористую вставку, размещенную внутри второго газосборного отверстия.

36. Электрод согласно любому из пунктов 30—35, в котором пористая структура содержит первое отверстие для сбора электролита, проходящее сквозь пористую структуру и выполненное с возможностью сбора электролитического водного раствора, проникшего через первую пористую поверхность, при этом первое отверстие для сбора электролита проходит сквозь пористую структуру так, что электролитический водный раствор, проникающий через первый пористый слой, может покидать пористую структуру через первое отверстие для сбора электролита.

37. Электрод согласно пункту 36, в котором первое отверстие для электролита расположено в пористой структуре так, что первое отверстие для сбора электролита при использовании проходит сквозь нижнюю половину пористой

структуры.

38. Электрод согласно пункту 36 или 37, в котором пористая структура является симметричной относительно оси симметрии, при этом первое газосборное отверстие и первое отверстие для сбора электролита являются зеркальными отражениями друг друга.

39. Электрод согласно любому из пунктов 36—38, в котором пористая структура содержит второе отверстие для сбора электролита, проходящее сквозь пористую структуру и выполненное с возможностью сбора электролитического водного раствора, проникающего через первую пористую поверхность, при этом второе отверстие для сбора электролита проходит сквозь пористую структуру так, что электролитический водный раствор, проникающий через первую пористую поверхность, может покидать пористую структуру через второе отверстие для сбора электролита.

40. Электрод согласно пункту 39, в котором пористая структура является симметричной относительно оси симметрии, и при этом первое отверстие для сбора электролита и второе отверстие для сбора электролита являются зеркальными отражениями друг друга.

41. Электрод согласно любому из пунктов 30—40, в котором первая поверхность пористой структуры является частью первого пористого слоя, и при этом пористая структура содержит второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно с первым пористым слоем, при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

42. Электрод согласно пункту 41, в котором первое отверстие проходит сквозь второй пористый слой.

43. Электрод согласно пункту 41 или 42, в котором пористая структура содержит третий пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно со вторым пористым слоем, причем третий пористый слой имеет пористость, по существу идентичную первому пористому слою, при этом второй пористый слой предпочтительно зажат между первым и третьим пористыми слоями.

44. Электрод согласно любому из пунктов 30—43, в котором электрод содержит непроницаемый канал, проходящий сквозь пористую структуру.

45. Электрод согласно любому из пунктов 30—44, содержащий

непористый корпус, окружающий по меньшей мере часть пористой структуры.

46. Блок электродов, содержащий:

- первый электрод согласно любому из пунктов 30—45;
- второй электрод согласно любому из пунктов 30—45; и
- электролитную камеру, проходящую между пористыми структурами первого и второго электродов.

47. Блок электродов согласно пункту 46, когда зависит от пункта 31, в котором первый и второй электроды расположены друг относительно друга так, что газосборные отверстия первого и второго электродов выровнены одно с другим по оси.

48. Блок электродов согласно пункту 46 или 47, содержащий прокладку, расположенную между первым и вторым электродами, причем указанная прокладка действует как распорка между первым и вторым электродами для создания зазора ячейки, образующего электролитную камеру.

49. Блок электродов согласно пункту 48, в котором прокладка содержит первое отверстие прокладки, причем указанная прокладка выровнена по оси с первыми газосборными отверстиями первого и второго электродов.

50. Блок электродов согласно любому из пунктов 46—49, в котором пористая структура первого и второго электродов содержит второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно с первым пористым слоем, при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой,

в котором пористая структура содержит третий пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно со вторым пористым слоем, причем третий пористый слой имеет пористость, по существу идентичную первому пористому слою, при этом второй пористый слой предпочтительно зажат между первым и третьим пористыми слоями, и

при этом электролитная камера проходит между третьим пористым слоем первого электрода и первым пористым слоем второго электрода.

51. Блок электродов согласно пункту 50, когда зависит от пункта 48 или 49, в котором прокладка расположена между третьим пористым слоем первого электрода и первым пористым слоем второго электрода.

52. Электролизер для выработки водорода из воды, причем указанный электролизер содержит:

- блок электродов согласно любому из пунктов 46—51;
- систему подачи электролита для подачи электролитического водного раствора под давлением в электролитную камеру блока электродов;
- источник электроэнергии, содержащий положительный вывод и отрицательный вывод, при этом положительный вывод соединен с первым электродом, а отрицательный вывод соединен со вторым электродом.

53. Электролизер согласно пункту 52, содержащий блок управления, выполненный с возможностью управления системой подачи электролита так, что давление электролитического водного раствора, подаваемого в электролитную камеру, превышает давление на выпускном отверстии для газа электролизера, предпочтительно на по меньшей мере 5 бар выше давления на выпускном отверстии для газа электролизера.

Формула изобретения

1. Блок электродов, содержащий:
 - первый проточный электрод, имеющий газосборную область, расположенную между первой и второй поверхностями первого проточного электрода;
 - второй проточный электрод, имеющий газосборную область, расположенную между первой и второй поверхностями второго проточного электрода;
 - первую электролитную камеру, проходящую между второй поверхностью первого проточного электрода и первой поверхностью второго проточного электрода.
2. Блок электродов по п. 1, отличающийся тем, что первая и/или вторая поверхность первого проточного электрода является проницаемой для газов, получаемых путем разложения воды, и/или при этом первая и/или вторая поверхность второго проточного электрода является проницаемой для газов, получаемых путем разложения воды.
3. Блок электродов по п. 1 или п. 2, отличающийся тем, что содержит прокладку, расположенную между первым и вторым проточными электродами, причем указанная прокладка действует как распорка между первым и вторым проточными электродами для создания зазора ячейки, образующего первую электролитную камеру.
4. Блок электродов по п. 3, отличающийся тем, что первый и второй проточные электроды смещены друг к другу.
5. Блок электродов по любому из пп. 1—4, отличающийся тем, что первый и второй проточные электроды имеют по существу дискообразную форму.
6. Блок электродов по любому из пп. 1—5, отличающийся тем, что газосборная область первого проточного электрода выполнена с возможностью соединения с первой газосборной камерой, и при этом газосборная область второго проточного электрода выполнена с возможностью соединения со второй газосборной камерой.
7. Блок электродов по любому из пп. 1—6, отличающийся тем, что содержит первый газосборный трубопровод для соединения газосборной области первого проточного электрода с первой газосборной камерой и второй газосборный трубопровод для соединения газосборной области второго проточного электрода со второй газосборной камерой.

8. Блок электродов по любому из пп. 1—7, отличающийся тем, что содержит третий проточный электрод, имеющий газосборную область, расположенную между первой и второй поверхностями третьего проточного электрода, и вторую электролитную камеру, проходящую между второй поверхностью второго проточного электрода и первой поверхностью третьего проточного электрода.

9. Блок электродов по п. 8, отличающийся тем, что содержит прокладку, расположенную между вторым и третьим проточными электродами, причем указанная прокладка действует как распорка между вторым и третьим проточными электродами для создания зазора ячейки, образующего вторую электролитную камеру.

10. Блок электродов по любому из пп. 1—9, отличающийся тем, что первый проточный электрод содержит непроницаемый канал, проходящий сквозь первый проточный электрод через его первую и вторую поверхности, и/или при этом второй проточный электрод содержит непроницаемый канал, проходящий сквозь второй проточный электрод через его первую и вторую поверхности.

11. Электролизер для выработки водорода из воды, причем указанный электролизер содержит:

- блок электродов по любому из пп. 1—10;
- первую газосборную камеру для сбора газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;
- вторую газосборную камеру для сбора газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора,

при этом газосборная область первого проточного электрода соединена с первой газосборной камерой, и при этом газосборная область второго проточного электрода соединена со второй газосборной камерой.

12. Проточный электрод для электролиза воды, причем указанный электрод содержит:

- первый пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;
- второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, причем указанный второй пористый слой расположен смежно с первым пористым слоем;

при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

13. Электрод по п. 12, отличающийся тем, что средний размер пор во втором пористом слое больше, чем средний размер пор в первом пористом слое.

14. Электрод по п. 12 или п. 13, отличающийся тем, что содержит третий пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, причем указанный третий пористый слой расположен смежно со вторым пористым слоем противоположно первому пористому слою.

15. Электрод по п. 14, отличающийся тем, что второй пористый слой имеет большую пористость, чем третий пористый слой.

16. Электрод по п. 14 или п. 15, отличающийся тем, что третий пористый слой имеет пористость, по существу идентичную пористости первого пористого слоя.

17. Электрод по любому из пп. 14—16, отличающийся тем, что средний размер пор в третьем пористом слое по существу идентичен среднему размеру пор в первом пористом слое.

18. Электрод по любому из пп. 12—17, отличающийся тем, что первый и второй пористые слои представляют собой спеченные слои, предпочтительно изготовленные с помощью спекания под действием электрического поля.

19. Электрод по любому из пп. 1—18, отличающийся тем, что первый и второй пористые слои изготовлены из разного сырья.

20. Электрод по любому из пп. 1—19, отличающийся тем, что первый пористый слой изготовлен из спеченного порошкового материала, и при этом второй пористый слой изготовлен из спеченной мелкой металлической стружки.

21. Электрод по любому из пп. 1—20, отличающийся тем, что первый и второй пористые слои изготовлены из никеля и/или титана, и/или из сплавов никеля и титана.

22. Электрод по любому из пп. 1—21, отличающийся тем, что второй слой соединен с выпускным отверстием для газа для удаления газа, полученного в ходе электролиза воды, из электрода.

23. Электрод по любому из пп. 1—22, отличающийся тем, что первый пористый слой имеет первую, предпочтительно плоскую, поверхность, противоположную вторым пористым слоям, причем указанная первая поверхность представляет собой наружную поверхность электрода, при этом указанная наружная поверхность при использовании обращена к электролитной камере.

24. Блок электродов, содержащий:

- первый электрод по любому из пп. 1—23;
- второй электрод по любому из пп. 1—23; и
- электролитную камеру, проходящую между первыми пористыми слоями первого и второго электродов.

25. Блок электродов по п. 24, отличающийся тем, что электролитная камера не содержит мембраны.

26. Электролизер для выработки водорода из воды, причем указанный электролизер содержит:

- блок электродов по п. 24 или п. 25;
- систему подачи электролита для подачи электролитического водного раствора под давлением в электролитную камеру блока электродов;
- источник электроэнергии, содержащий положительный вывод и отрицательный вывод, при этом положительный вывод соединен с первым электродом, а отрицательный вывод соединен со вторым электродом.

27. Способ изготовления проточного электрода для электролиза воды, включающий:

- спекание первого пористого слоя, изготавливаемого из первого материала;
- спекание второго пористого слоя, изготавливаемого из второго материала, на первом пористом слое;

при этом первый и второй материалы выбирают так, что второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

28. Способ по п. 27, отличающийся тем, что первый материал содержит металлический порошок, предпочтительно металлический порошок, представляющий собой отходы 3D-печати.

29. Способ по п. 28 или п. 29, отличающийся тем, что второй материал содержит мелкую металлическую стружку, предпочтительно мелкую металлическую стружку, представляющую собой отходы механической обработки.

30. Электрод для электролиза воды, причем указанный электрод содержит пористую структуру, указанная пористая структура содержит:

- первую пористую поверхность, проницаемую для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;
- первое газосборное отверстие, выполненное с возможностью сбора газов, получаемых с помощью электрода,

при этом первое газосборное отверстие проходит сквозь пористую структуру так, что газы, проникающие через первую пористую поверхность, могут покидать пористую структуру через первое газосборное отверстие.

31. Электрод по п. 30, отличающийся тем, что пористая структура содержит второе газосборное отверстие, проходящее сквозь электрод параллельно первому газосборному отверстию и выполненное с возможностью сбора газов, получаемых с помощью пористой структуры, при этом второе газосборное отверстие проходит сквозь пористую структуру так, что газы, проникающие через первый пористый слой, могут покидать пористую структуру через второе газосборное отверстие.

32. Электрод по п. 31, отличающийся тем, что пористая структура является симметричной относительно оси симметрии, и при этом первое газосборное отверстие и второе газосборное отверстие являются зеркальными отражениями друг друга, расположенными с противоположных сторон указанной оси симметрии.

33. Электрод по любому из пп. 30—32, отличающийся тем, что первое газосборное отверстие представляет собой сквозное отверстие, причем указанное сквозное отверстие предпочтительно содержит пористую боковую стенку.

34. Электрод по любому из пп. 30—33, отличающийся тем, что содержит пористую вставку, размещенную внутри первого газосборного отверстия.

35. Электрод по любому из пп. 30—34, когда зависят от п. 31, отличающийся тем, что содержит непористую вставку, размещенную внутри второго газосборного отверстия.

36. Электрод по любому из пп. 30—35, отличающийся тем, что пористая структура содержит первое отверстие для сбора электролита, проходящее сквозь пористую структуру и выполненное с возможностью сбора электролитического водного раствора, проникшего через первую пористую поверхность, при этом первое отверстие для сбора электролита проходит сквозь пористую структуру так, что электролитический водный раствор, проникающий через первый пористый слой, может покидать пористую структуру через первое отверстие для сбора электролита.

37. Электрод по п. 36, отличающийся тем, что первое отверстие для электролита расположено в пористой структуре так, что первое отверстие для сбора электролита при использовании проходит сквозь нижнюю половину пористой структуры.

38. Электрод по п. 36 или п. 37, отличающийся тем, что пористая структура

является симметричной относительно оси симметрии, и при этом первое газосборное отверстие и первое отверстие для сбора электролита являются зеркальными отражениями друг друга.

39. Электрод по любому из пп. 36—38, отличающийся тем, что пористая структура содержит второе отверстие для сбора электролита, проходящее сквозь пористую структуру и выполненное с возможностью сбора электролитического водного раствора, проникающего через первую пористую поверхность, при этом второе отверстие для сбора электролита проходит сквозь пористую структуру так, что электролитический водный раствор, проникающий через первую пористую поверхность, может покидать пористую структуру через второе отверстие для сбора электролита.

40. Электрод по п. 39, отличающийся тем, что пористая структура является симметричной относительно оси симметрии, и при этом первое отверстие для сбора электролита и второе отверстие для сбора электролита являются зеркальными отражениями друг друга.

41. Электрод по любому из пп. 30—40, отличающийся тем, что первая поверхность пористой структуры является частью первого пористого слоя, и при этом пористая структура содержит второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно с первым пористым слоем, при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

42. Электрод по п. 41, отличающийся тем, что первое отверстие проходит сквозь второй пористый слой.

43. Электрод по п. 41 или п. 42, отличающийся тем, что пористая структура содержит третий пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно со вторым пористым слоем, причем третий пористый слой имеет пористость, по существу идентичную первому пористому слою, при этом второй пористый слой предпочтительно зажат между первым и третьим пористыми слоями.

44. Электрод по любому из пп. 30—43, отличающийся тем, что электрод содержит непроницаемый канал, проходящий сквозь пористую структуру.

45. Электрод по любому из пп. 30—44, отличающийся тем, что содержит непористый корпус, окружающий по меньшей мере часть пористой структуры.

46. Блок электродов, содержащий:

- первый электрод по любому из пп. 30—45;
- второй электрод по любому из пп. 30—45; и
- электролитную камеру, проходящую между пористыми структурами первого и второго электродов.

47. Блок электродов по п. 46, когда зависит от п. 31, отличающийся тем, что первый и второй электроды расположены друг относительно друга так, что газосборные отверстия первого и второго электродов выровнены друг с другом по оси.

48. Блок электродов по п. 46 или п. 47, отличающийся тем, что содержит прокладку, расположенную между первым и вторым электродами, причем указанная прокладка действует как распорка между первым и вторым электродами для создания зазора ячейки, образующего электролитную камеру.

49. Блок электродов по п. 48, отличающийся тем, что прокладка содержит первое отверстие прокладки, причем указанная прокладка выровнена по оси с первыми газосборными отверстиями первого и второго электродов.

50. Блок электродов по любому из пп. 46—49, отличающийся тем, что пористая структура первого и второго электродов содержит второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно с первым пористым слоем, при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой,

при этом пористая структура содержит третий пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, и расположенный смежно со вторым пористым слоем, причем третий пористый слой имеет пористость, по существу идентичную первому пористому слою, при этом второй пористый слой предпочтительно зажат между первым и третьим пористыми слоями, и

при этом электролитная камера проходит между третьим пористым слоем первого электрода и первым пористым слоем второго электрода.

51. Блок электродов по п. 50, когда зависит от п. 48 или п. 49, отличающийся тем, что прокладка расположена между третьим пористым слоем первого электрода и первым пористым слоем второго электрода.

52. Электролизер для выработки водорода из воды, причем указанный электролизер содержит:

- блок электродов по любому из пп. 46—51;
- систему подачи электролита для подачи электролитического водного раствора под давлением в электролитную камеру блока электродов;
- источник электроэнергии, содержащий положительный вывод и отрицательный вывод, при этом положительный вывод соединен с первым электродом, а отрицательный вывод соединен со вторым электродом.

53. Электролизер по п. 52, отличающийся тем, что содержит блок управления, выполненный с возможностью управления системой подачи электролита так, что давление электролитического водного раствора, подаваемого в электролитную камеру, превышает давление на выпускном отверстии для газа электролизера, предпочтительно на по меньшей мере 5 бар выше давления на выпускном отверстии для газа электролизера.

54. Электродный узел для блока биполярного электролизера, предпочтительно для блока электролизера, предназначенного для выработки водорода, содержащий:

- первый проточный электрод, содержащий первую поверхность, проницаемую для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, предпочтительно воды, и противоположную вторую поверхность;
- второй проточный электрод, содержащий первую поверхность, проницаемую для газов, получаемых путем разложения рабочего раствора, предпочтительно воды, и противоположную вторую поверхность;
- непроницаемый разделитель, расположенный между вторыми поверхностями первого и второго проточных электродов и приспособленный для отделения первого и второго проточных электродов друг от друга.

55. Электродный узел по п. 54, отличающийся тем, что содержит корпус, предпочтительно корпус дискообразной формы, приспособленный для размещения первого проточного электрода, второго проточного электрода и непроницаемого разделителя, при этом корпус содержит по меньшей мере одно первое газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора в первом проточном электроде, и по меньшей мере одно второе газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора во втором проточном электроде.

56. Электродный узел по п. 55, отличающийся тем, что по меньшей мере одно первое газосборное отверстие изолировано от второго проточного электрода, и/или

при этом по меньшей мере одно второе газосборное отверстие изолировано от первого проточного электрода.

57. Электродный узел по п. 55 или п. 56, отличающийся тем, что по меньшей мере одно первое газосборное отверстие смещено по окружности относительно по меньшей мере одного второго газосборного отверстия.

58. Электродный узел по любому из пп. 55—57, отличающийся тем, что первый проточный электрод содержит по меньшей мере одно выпускное ушко, выступающее в радиальном направлении из окружной поверхности первого проточного электрода, причем указанное по меньшей мере одно выпускное ушко содержит выпускное отверстие, выровненное с по меньшей мере одним первым газосборным отверстием корпуса, и/или при этом второй проточный электрод содержит по меньшей мере одно выпускное ушко, выступающее в радиальном направлении из окружной поверхности второго проточного электрода, причем указанное по меньшей мере одно выпускное ушко содержит выпускное отверстие, выровненное с по меньшей мере одним вторым газосборным отверстием корпуса.

59. Электродный узел по любому из пп. 55—58, отличающийся тем, что первый и второй проточные электроды имеют по существу дискообразную форму и расположены в корпусе параллельно, при этом первый и второй проточные электроды смещены друг относительно друга в направлении по окружности.

60. Электродный узел по любому из пп. 55—59, отличающийся тем, что корпус содержит выравнивающий элемент, в частности выравнивающее кольцо, для размещения первого и второго проточных электродов со смещением по окружности.

61. Электродный узел по п. 60, отличающийся тем, что выравнивающий элемент содержит по меньшей мере один первый выступ, в частности радиальный выступ, приспособленный для вхождения в зацепление с по меньшей мере одной первой выемкой, в частности радиальной выемкой, первого проточного электрода, и при этом выравнивающий элемент содержит по меньшей мере один второй выступ, в частности радиальный выступ, приспособленный для вхождения в зацепление с по меньшей мере одной второй выемкой, в частности радиальной выемкой, второго проточного электрода.

62. Электродный узел по любому из пп. 55—61, отличающийся тем, что корпус содержит по меньшей мере один канал для электролитического водного раствора, предпочтительно проходящий в продольном направлении сквозь корпус, и по меньшей мере один соединительный проток, выполненный с возможностью

соединения по текучей среде по меньшей мере одного канала для электролита с первым и/или вторым проточным электродом.

63. Электродный узел по п. 62, отличающийся тем, что канал для электролитического водного раствора по окружности находится между газосборными отверстиями корпуса.

64. Электродный узел по п. 62 или п. 63, отличающийся тем, что корпус содержит первый канал для электролитического водного раствора для предоставления первого электролитического водного раствора на первый проточный электрод и второй канал для электролитического водного раствора для предоставления второго электролитического водного раствора на второй проточный электрод, причем указанные первый и второй каналы для электролитического водного раствора проходят сквозь корпус по существу параллельно.

65. Электродный узел по любому из пп. 62—64, отличающийся тем, что по меньшей мере один соединительный проток представляет собой радиальный проток, предпочтительно радиальную канавку.

66. Электродный узел по любому из пп. 54—65, отличающийся тем, что первый проточный электрод и/или второй проточный электрод содержит:

- первый пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора;
- второй пористый слой, проницаемый для газов, получаемых путем разложения электролитического водного раствора, причем указанный второй пористый слой расположен смежно с первым пористым слоем,

при этом второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

67. Электродный узел по п. 66, отличающийся тем, что первая поверхность расположена на первом пористом слое, и при этом вторая поверхность расположена на втором пористом слое.

68. Электрод по п. 66 или п. 67, отличающийся тем, что первый и второй пористые слои изготовлены из разного сырья, предпочтительно первый пористый слой изготовлен из спеченного порошкового материала, и второй пористый слой изготовлен из спеченной мелкой металлической стружки.

69. Электродный узел по любому из пп. 54—68, отличающийся тем, что содержит корпус, предпочтительно корпус дискообразной формы, приспособленный для размещения первого проточного электрода, второго

проточного электрода и непроницаемого разделителя, при этом корпус содержит по меньшей мере одно первое газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора в первом проточном электроде, и по меньшей мере одно второе газосборное отверстие для приема газов, получаемых путем разложения рабочего раствора во втором проточном электроде,

при этом второй пористый слой первого проточного электрода соединен с первым газосборным отверстием, и при этом второй пористый слой второго проточного электрода соединен со вторым газосборным отверстием.

70. Блок электродов, содержащий:

- первый электродный узел по любому из пп. 54—69;
- второй электродный узел по любому из пп. 54—69; и
- электролитную камеру, проходящую между первой поверхностью первого электродного узла и первой поверхностью второго электродного узла.

71. Блок электродов по п. 70, отличающийся тем, что содержит прокладку, расположенную между первым и вторым электродами, причем указанная прокладка действует как распорка между первым и вторым электродами для создания зазора ячейки, образующего электролитную камеру.

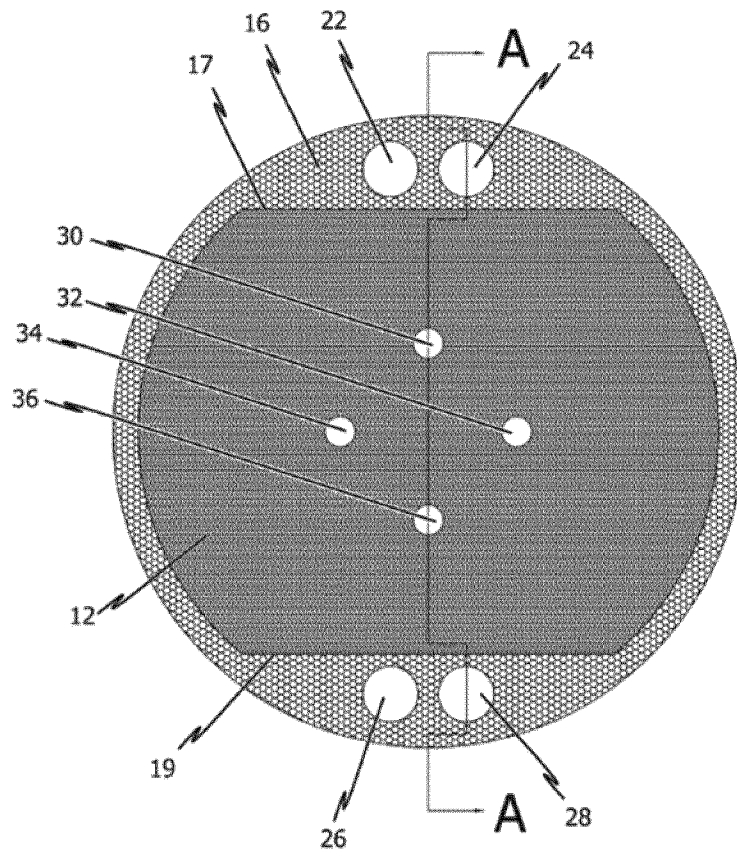
72. Блок электродов по п. 70 или п. 71, отличающийся тем, что первый электродный узел расположен сверху второго электродного узла в вертикальном направлении.

73. Способ изготовления электродного узла для электролиза воды, включающий:

- предоставление непроницаемого разделителя;
- спекание второго пористого слоя, изготавливаемого из второго материала, на непроницаемом разделителе;
- спекание первого пористого слоя, изготавливаемого из первого материала, на втором пористом слое;

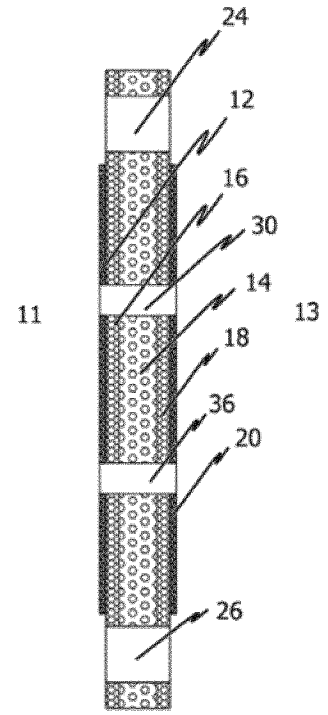
при этом первый и второй материалы выбирают так, что второй пористый слой имеет большую пористость, чем первый пористый слой.

10

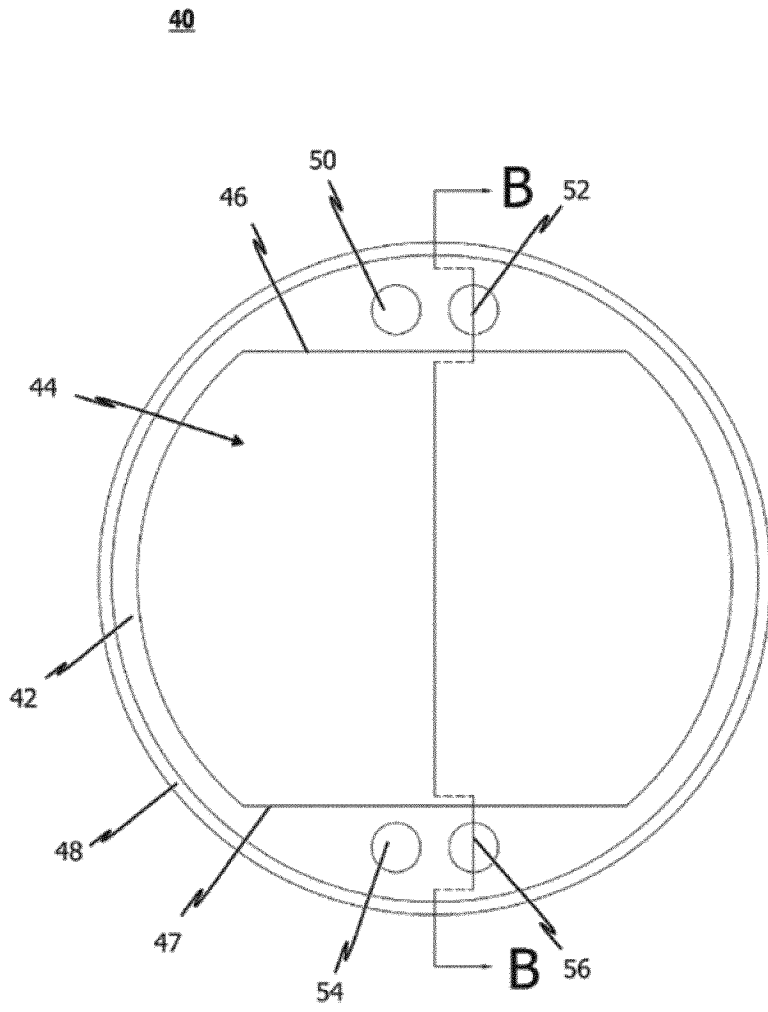


ФИГ. 1А

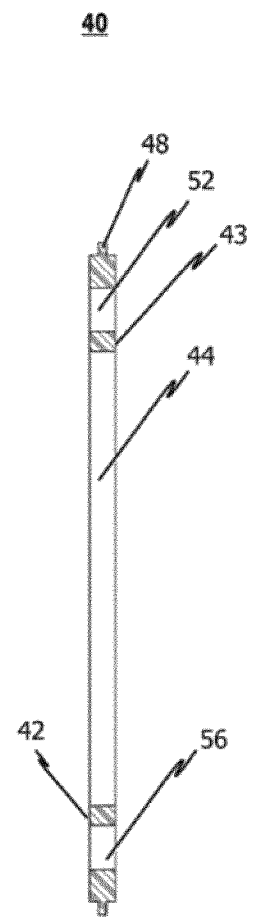
10



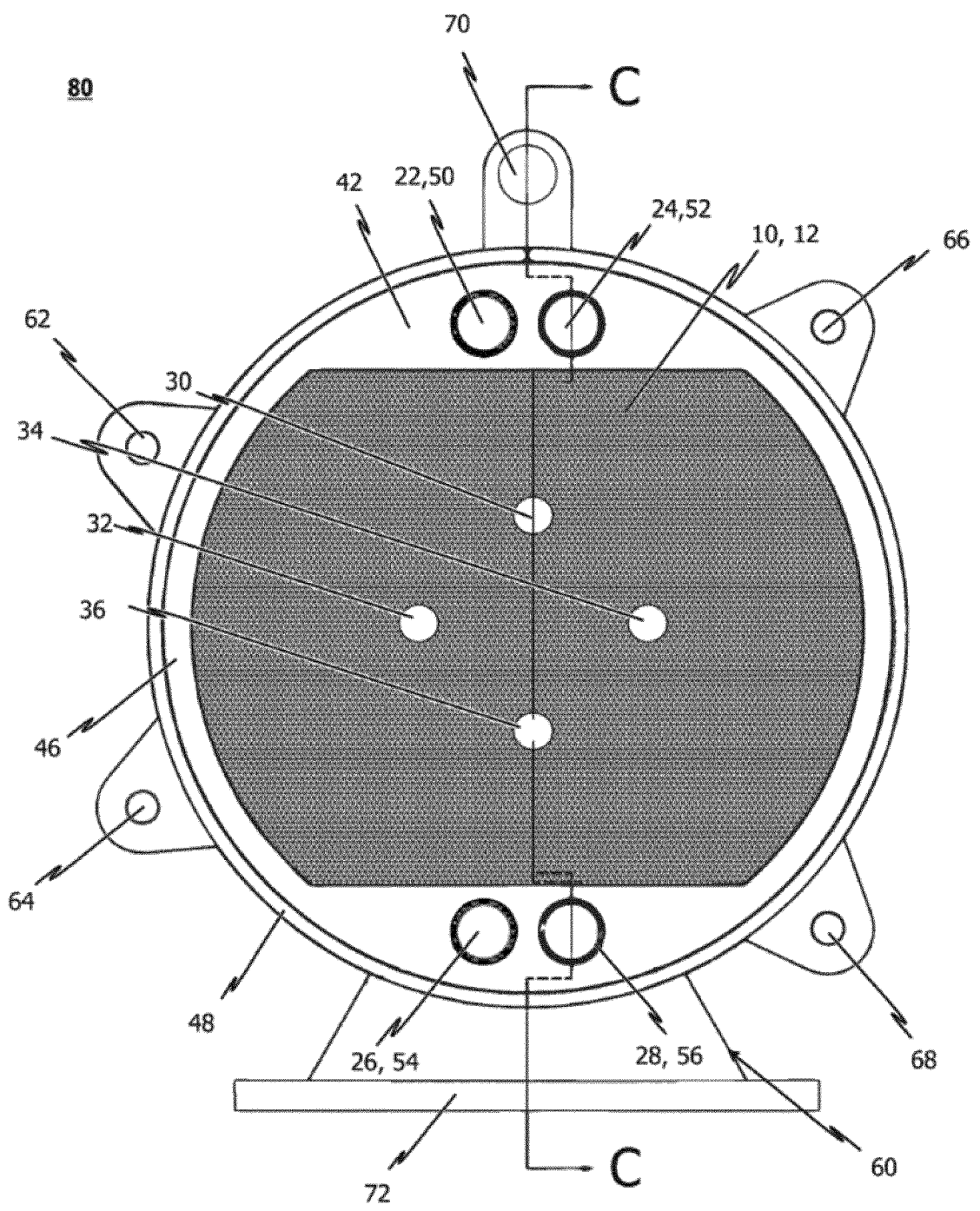
ФИГ. 1В



ФИГ. 2А

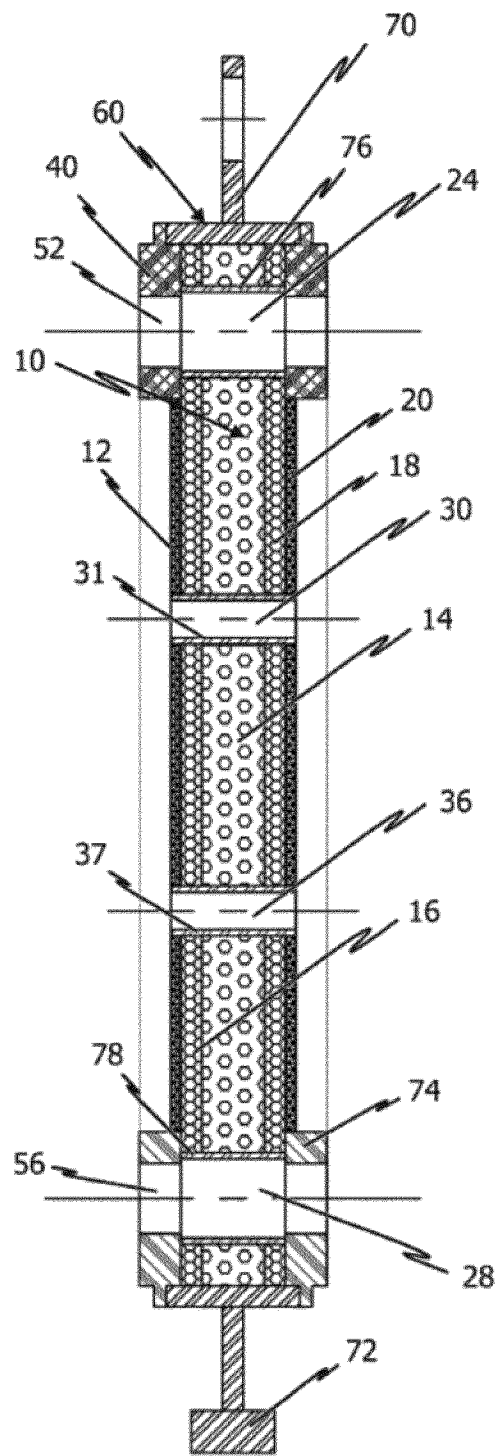


ФИГ. 2В

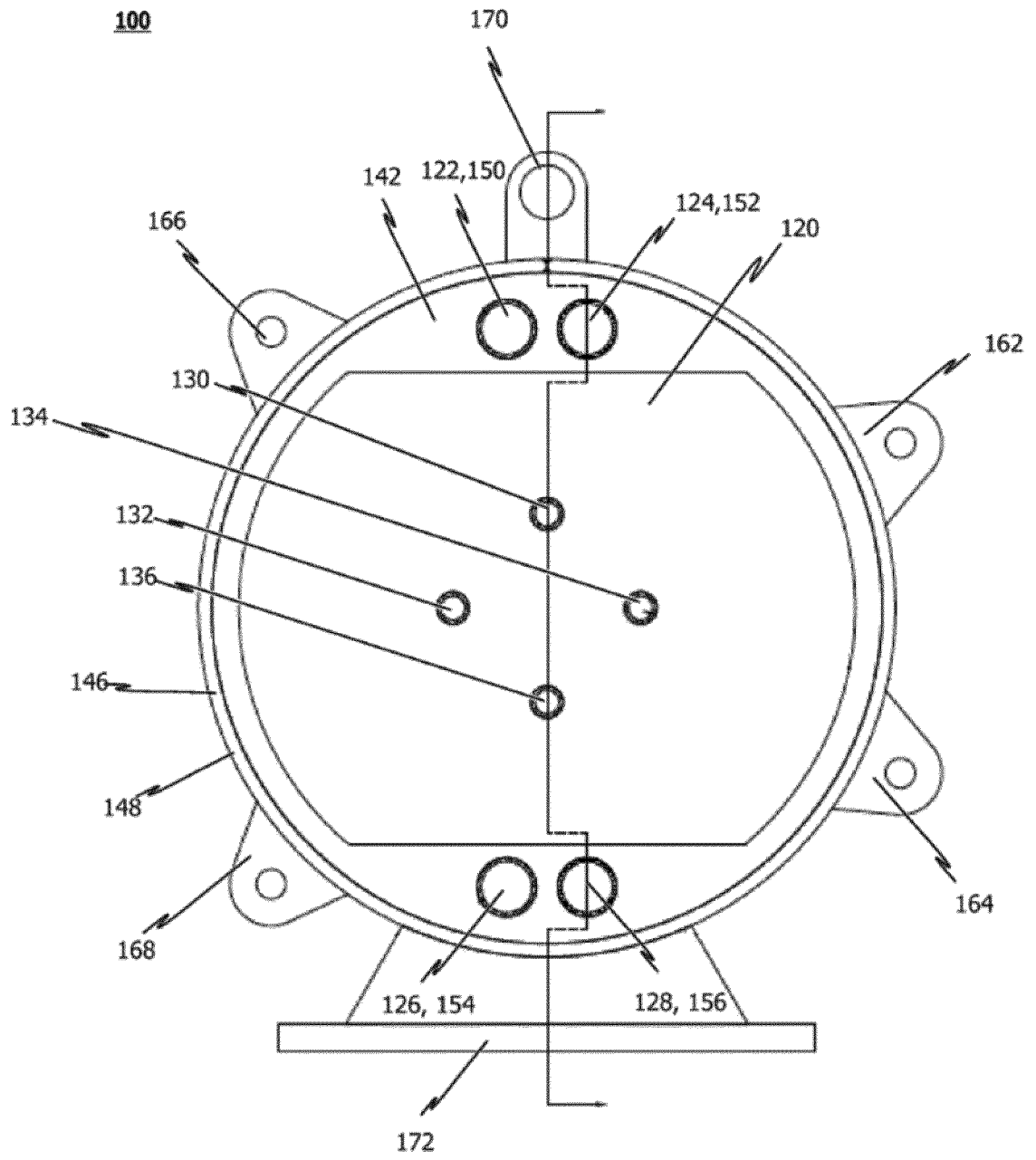


ФИГ. 3

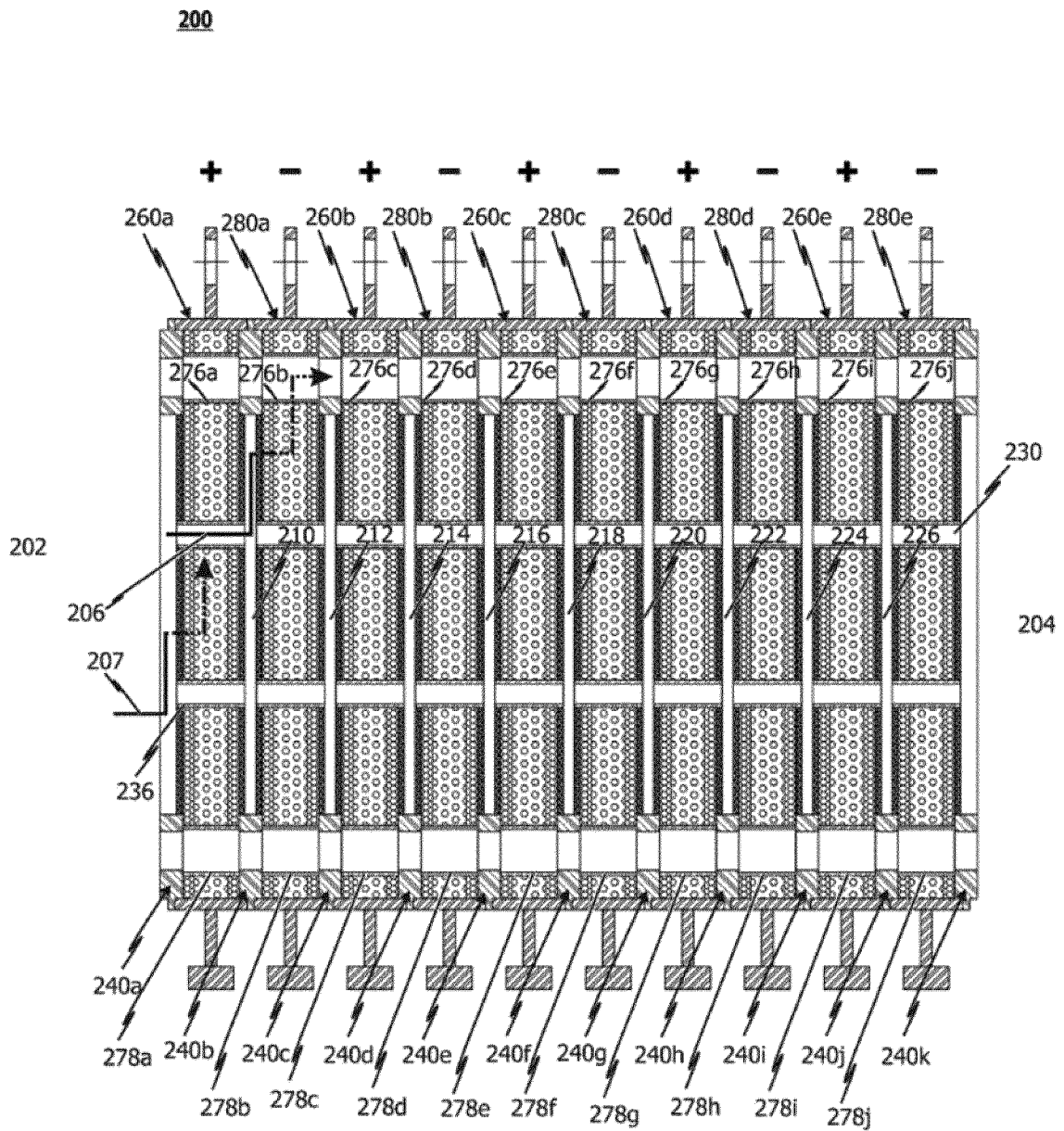
80



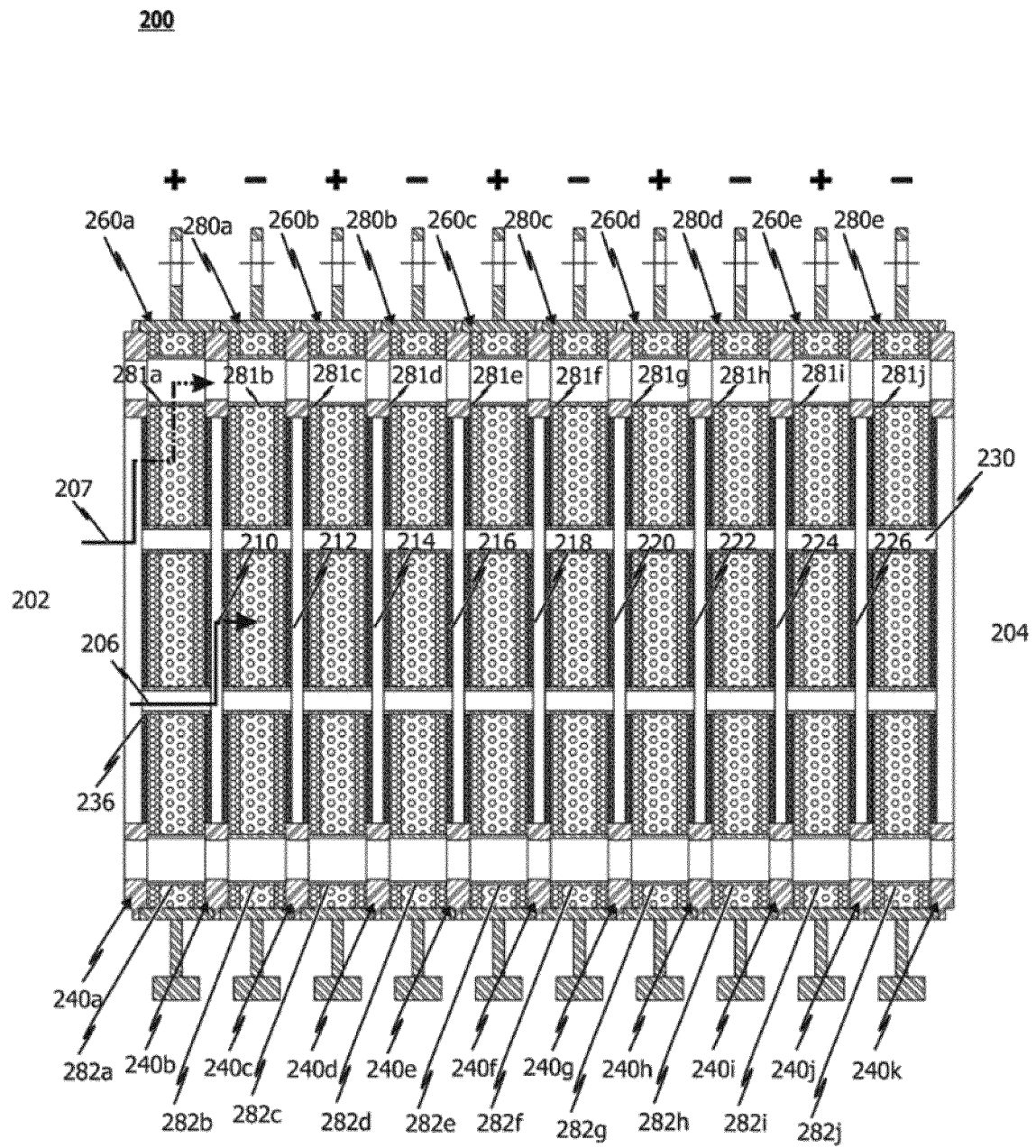
ФИГ. 4



ФИГ. 5

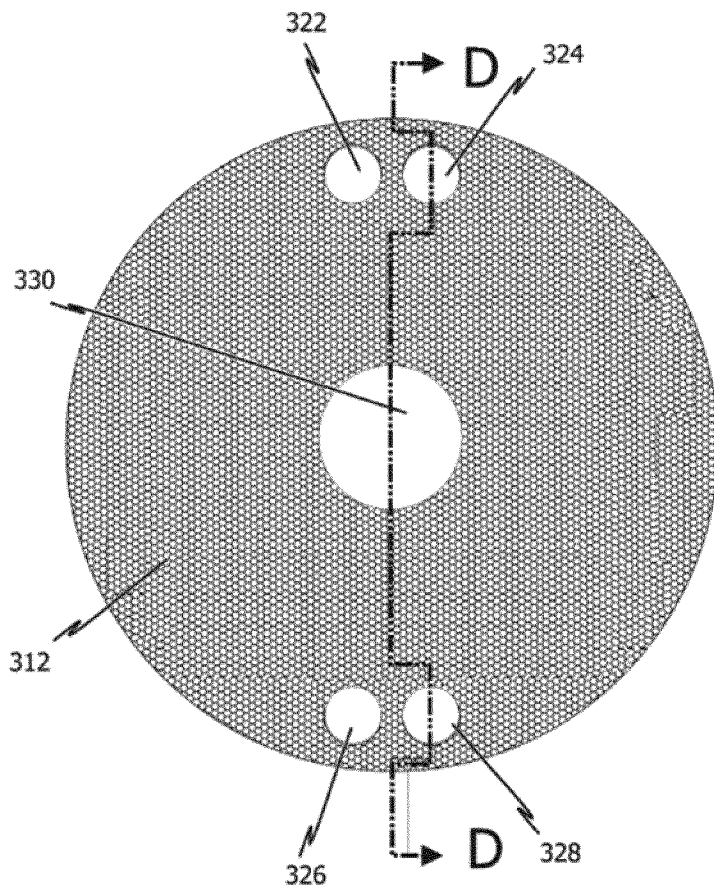


ФИГ. 6



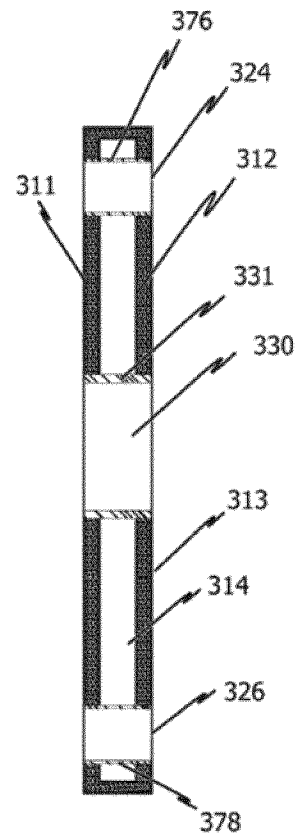
ФИГ. 7

310



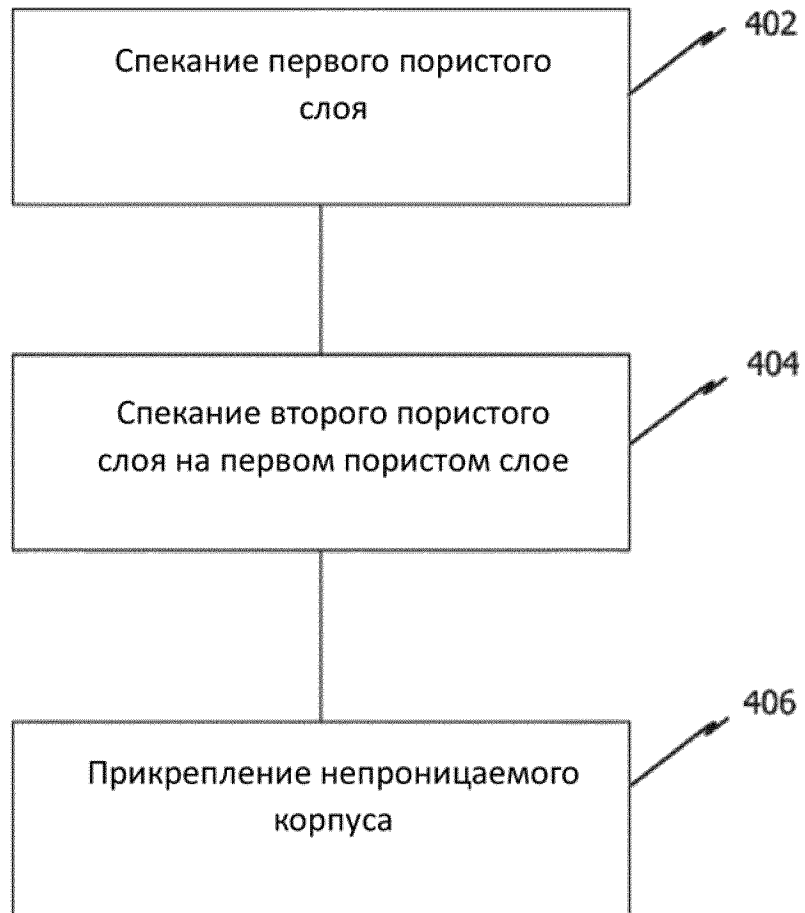
ФИГ. 8А

310



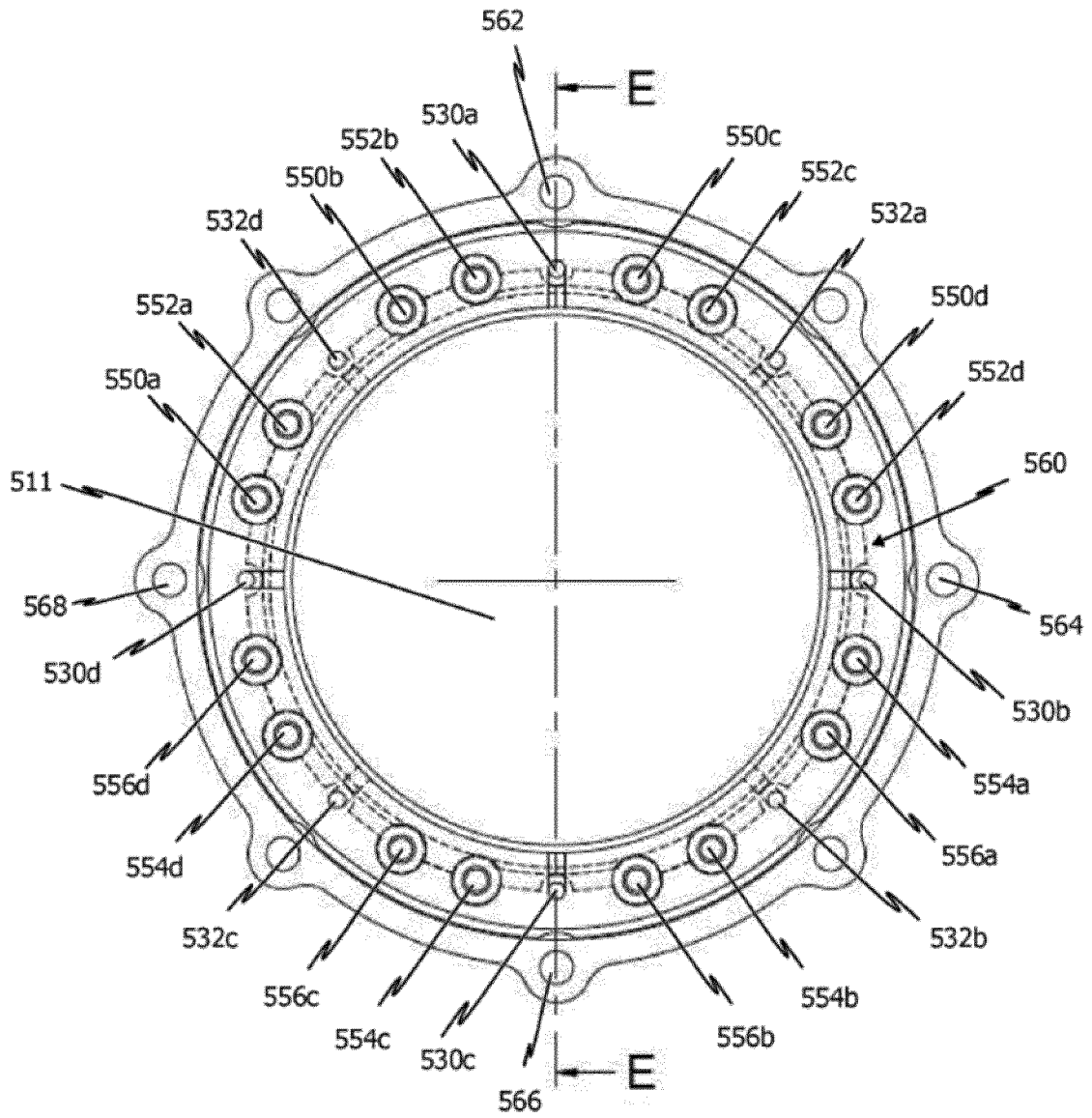
ФИГ. 8В

400



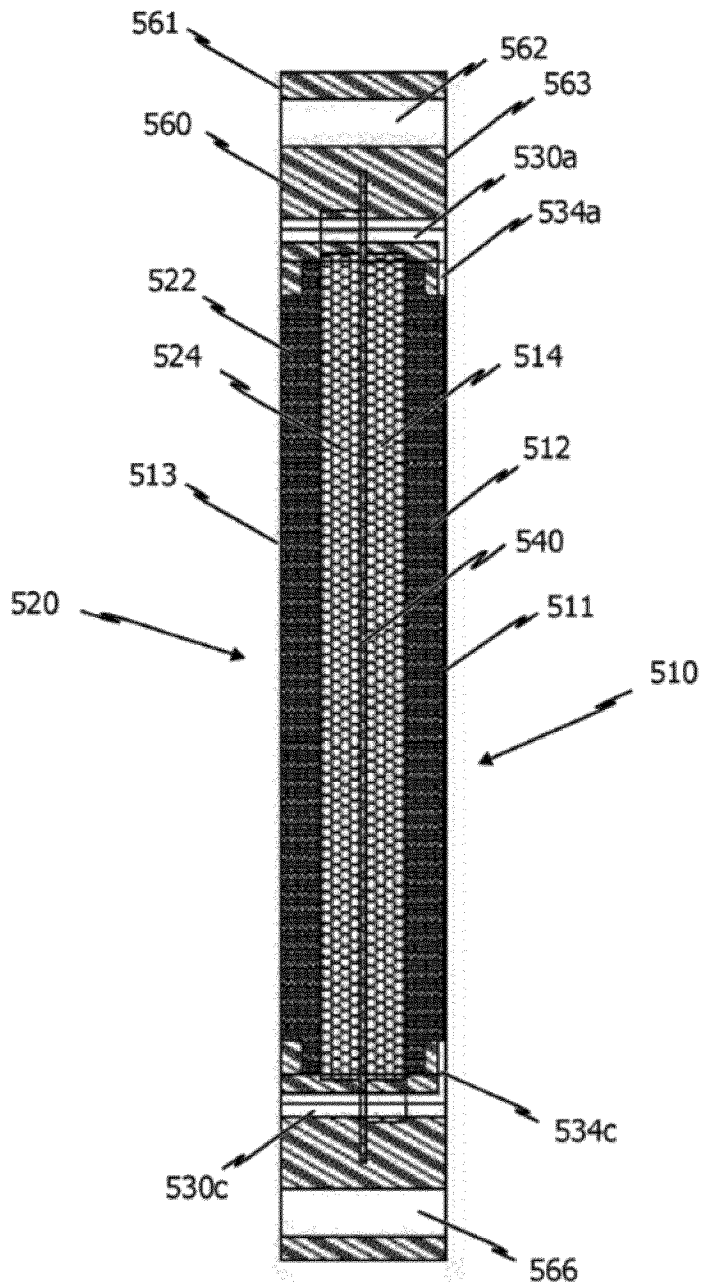
ФИГ. 9

500



ФИГ. 10

500

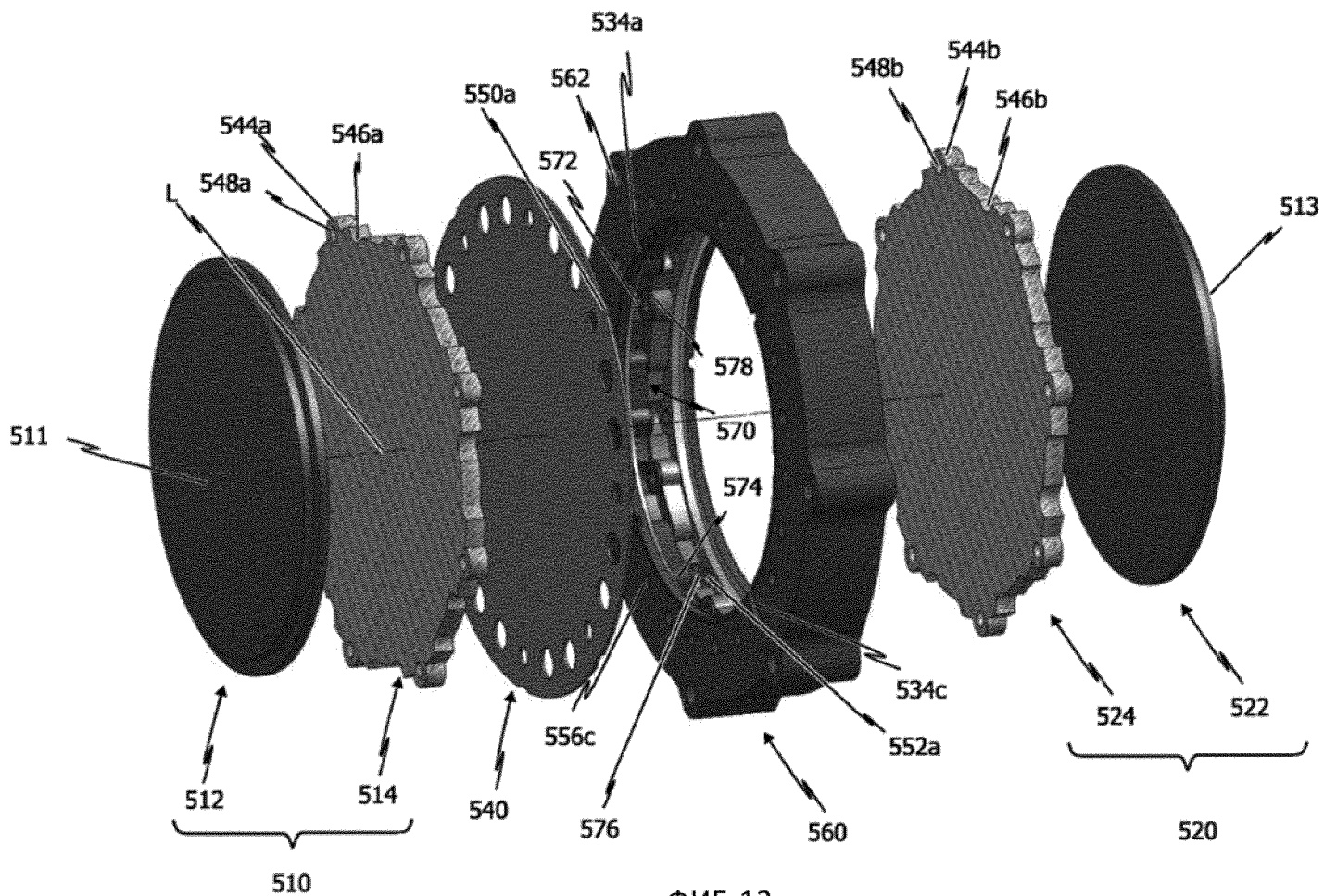


Вид

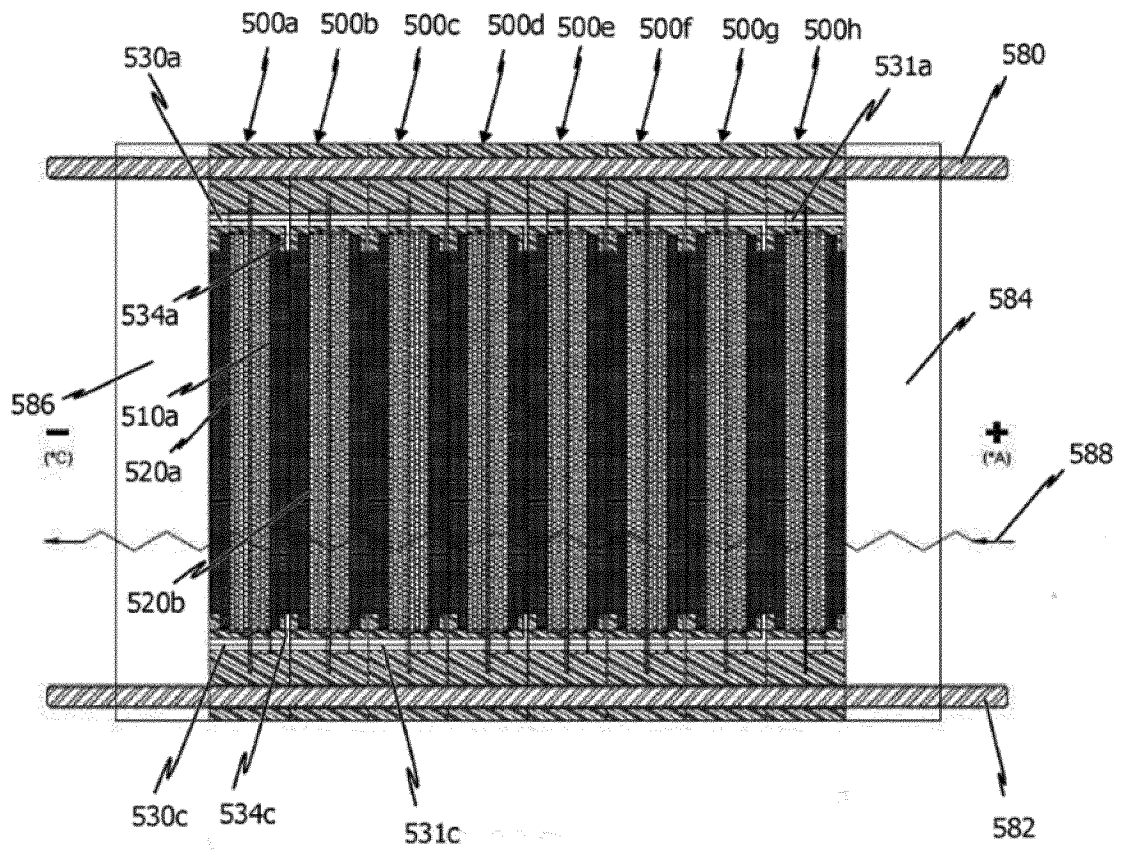
E-E

ФИГ. 11

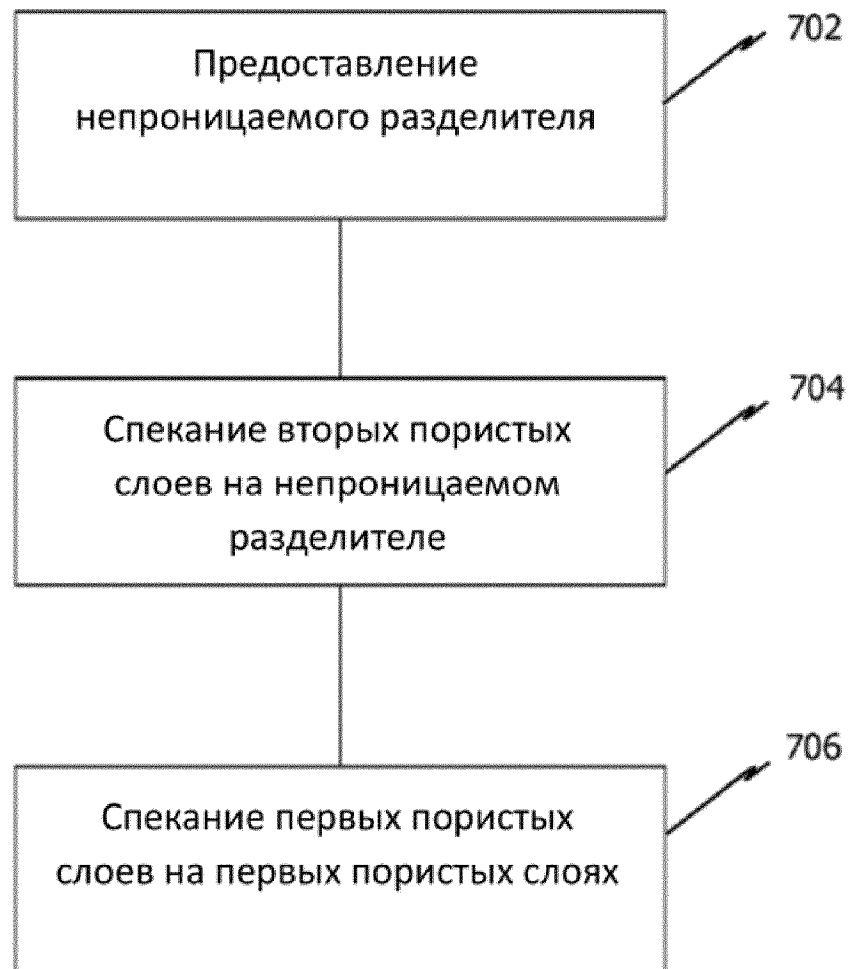
500



ФИГ. 12



ФИГ. 13

700

ФИГ. 14