

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202393169** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки
2024.02.29(22) Дата подачи заявки
2022.05.16(51) Int. Cl. *C25B 1/04* (2021.01)
C25B 3/21 (2021.01)
C25B 9/19 (2021.01)
C25B 9/50 (2021.01)
C25B 9/60 (2021.01)
C25B 9/65 (2021.01)(54) **ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ И СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО**

(31) 102021000012830

(32) 2021.05.18

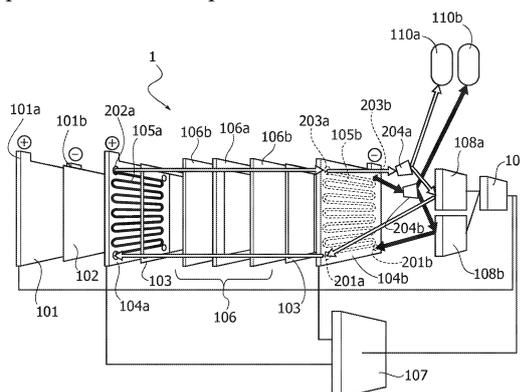
(33) IT

(86) PCT/IB2022/054544

(87) WO 2022/243845 2022.11.24

(71) Заявитель:
ГРИН ИНДЕПЕНДЕНС С.Р.Л. (IT)(72) Изобретатель:
Монтичелли Алессандро (IT)(74) Представитель:
Ловцов С.В., Гавриков К.В., Вилесов
А.С., Коптева Т.В., Левчук Д.В.,
Стукалова В.В. (RU)

(57) Электрохимический элемент (1) содержит первую реакционную камеру, которая содержит первый электрод (104a), вторую реакционную камеру, которая содержит второй электрод (104b), и мембранно-электродный блок (106), содержащий ионообменную мембрану (106a) между двумя реакционными полукамерами. Электрохимический элемент дополнительно содержит фотоэлектрическую систему (101), выполненную с возможностью поглощения солнечной энергии и создания выходного напряжения между первым токоотводом (101a) и вторым токоотводом (101b). Первый токоотвод (101a) выполнен с возможностью селективного присоединения к первому электроду (104a), и второй токоотвод (101b) выполнен с возможностью селективного присоединения ко второму электроду (104b). Соотношение между фоточувствительной площадью фотоэлектрической системы (101) и активной площадью первого электрода и второго электрода составляет менее чем или равняется пятидесяти. Фотоэлектрическая система (101) содержит множество фотоэлектрических элементов (150), выполненных с возможностью селективного присоединения между первым токоотводом (101a) и вторым токоотводом (101b) в последовательной конфигурации, в параллельной конфигурации или в одной или нескольких комбинированных последовательно-параллельных конфигурациях. Электрохимический элемент содержит электронный блок (109) управления, выполненный с возможностью присоединения фотоэлектрических элементов (150) в конфигурации, выбранной из числа указанных конфигураций в зависимости от одного или нескольких устанавливаемых пользователем параметров и/или от одного или нескольких сигналов, принимаемых от внешнего блока управления, и/или от одного или нескольких сигналов, принимаемых от одного или нескольких датчиков, содержащихся в электрохимическом элементе.



A1

202393169

202393169

A1

ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ И СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

ОПИСАНИЕ

Уровень техники, к которой относится настоящее изобретение

Настоящее изобретение относится к электрохимическим элементам (например, к электролизерам или электрохимическим реакторам), а также к соответствующим устройствам для производства химических продуктов, таких как, например, водород, производимый в процессе электролиза.

Предшествующий уровень техники настоящего изобретения

Мировой спрос на энергию возрастает, и в 2020 году он составил примерно 150000 ТВт-ч. Ежегодно при производстве такого количества энергии выбрасывается около 35 миллиардов тонн диоксида углерода (CO_2) и многих других загрязняющих веществ.

Преобразование солнечной энергии в энергию, которую может быть использована для деятельности человека, с применением фотоэлектрических систем представляет проблемы, связанные с хранением произведенной энергии, поскольку системы хранения, такие как батареи, имеют низкую плотность энергии, и в результате этого они являются неудобными для многих приложений и для длительного хранения. Таким образом, оказывается желательным преобразование солнечной энергии непосредственно в носители энергии химической природы, такие как, например, водород.

Водород представляет собой топливо, которое вызывает большой интерес, особенно в энергетике и транспортной отрасли, благодаря своей высокой плотности энергии на единицу массы (или удельной энергии). Водород можно производить, извлекая его из природных соединений различными способами; однако на сегодняшний день большая часть водорода, производимого в мире, получается из ископаемого топлива. Например, так называемый коричневый водород производится из угля в процессе, известном как газификация, тогда как серый водород производится из природного газа с применением процесса, известного как паровая конверсия метана. Оба процесса производят большое количество углекислого газа. Так называемый голубой водород производят из ископаемого топлива, используя при этом технологию улавливания и хранения углерода, которая снижает выбросы диоксида углерода в атмосферу.

Другой способ получения водорода основан на процессе электролиза. В процессе электролиза в электролизере соединение разлагается на составные элементы с помощью электрического тока. В рассматриваемом здесь случае исходное соединение представляет собой воду, которая разлагается с образованием водорода и кислорода в так называемой реакции разложения воды. В том случае, когда электрическая энергия, питающая электролизер, поступает из возобновляемых источников, таких как источники энергии ветра или солнечной энергии, производимый водород определяется как зеленый водород.

В технике в основном известны три типа систем, в которых используется солнечная энергию для производства водорода путем электролиза (так называемые технологии преобразования солнечной энергии в водород), и которые представляют собой фотокаталитические (PC) системы, фотоэлектрохимические (PEC) системы и фотоэлектрические электрохимические (PV-EC) системы.

Элементы фотокаталитического (PC) типа представляют собой устройства для разложения воды, более простые по технологии и используемым в устройстве компонентам. В фотокаталитических элементах материал фотокатализатора присутствует в виде порошка в растворе в электролите, что сокращает путь переноса заряда между двумя электродами элемента, и реакции протекают быстро. Водород и кислород производятся на одной и той же частице фотокатализатора; следовательно, в фотокаталитических системах требуется дальнейший процесс разделения газов после их производства. Как правило, фотокатализаторы представляют собой композитные материалы, состоящие из полупроводника, собирающего свет, и одного или нескольких сокатализаторов. Полупроводник генерирует электронно-дырочные пары после поглощения фотонов с энергией, превышающей ширину запрещенной зоны полупроводникового материала, в то время как на сокатализаторе происходят реакция выделения водорода (HER) и реакция выделения кислорода (OER).

Элементы фотоэлектрохимического (PEC) типа обычно изготавливают, используя фотоэлектроды (фотоаноды и/или фотокатоды), соединенные с коллекторами заряда и электрически соединенные между собой. Традиционно с электролитической фазой находится в контакте только светопоглощающая сторона фотоэлектрода, в то время как сторона, соединенная с коллектором заряда, оказывается изолированной от жидкости. Фотоэлектрохимический элемент обычно содержит:

- одиночный фотокатод p-типа;
- каталитический анод или фотоанод OER n-типа; и
- каталитический катод HER.

В фотоэлектрохимических элементах, имеющих упомянутые выше конфигурации, требуется приложения внешнего напряжения для компенсации перенапряжений и общих потерь. Практический способ подачи этого дополнительного потенциала заключается в том, чтобы объединить систему фотокатод/фотоанод (т.е. элемент PEC) и фотоэлектрический элемент для получения фотоэлектрического электрохимического (PV-PEC) элемента.

Фотоэлектрические электрохимические (PV-EC) системы состоят из фотоэлектрического устройства, которое подает энергию, необходимую для инициирования реакции разложения воды, с применением выбранного электрокаталитического материала. Следовательно, эффективность фотоэлектрических фотоэлектрохимических элементов зависит как от эксплуатационных характеристик фотоэлектрического элемента, так и от эксплуатационных характеристик электрокатализатора.

Фотоэлектрические электрохимические устройства (PV-EC) предоставляют некоторые преимущества по сравнению с системами PC и PEC. В частности, устройства PV-EC не страдают от проблем коррозии и низкой стабильности светопоглотителя, поскольку в некоторых конфигурациях не предусматривается погружение фотоэлектрического элемента в раствор с реагентами электрохимической фазы или непосредственный контакт самого фотоэлектрического элемента. Кроме того, тот факт, что фотогенерация зарядов (электронно-дырочных пар) и электрокатализ происходят отдельно, делает систему легко масштабируемой, обеспечивая независимую модуляцию размеров фотоэлектрического элемента и электрокатализатора. С другой стороны, сложность отдельных систем и их расположения в области связи и синергии приводит к увеличению общей стоимости устройств PV-EC, что представляет собой основной недостаток элементов типа PV-EC.

В заявке на патент США, опубликованной под номером US 2018/0171492 A1, и в документе «Сокращение выбросов CO₂ путем прямого преобразования солнечной энергии в топливо», Alessandro Monticelli, Университет штата Иллинойс в Чикаго, диссертация, 2015 г. (доступ онлайн по следующему интернет-адресу: <https://hdl.handle.net/10027/19561>) описан простой электролитический элемент, подходящий для производства синтез-газа (смеси водорода и оксида углерода) из воды и диоксида углерода. В целом, в документе US 2018/0171492 A1 в основном раскрыты химико-каталитические аспекты реакций восстановления диоксида углерода. Согласно этому документу реакционные полужагеры и фотоэлектрический элемент электролизера расположены таким образом, что

фотоэлектрический элемент находится в электрическом контакте с анодом и катодом, а две реакционные полужамеры находятся в ионном контакте друг с другом.

Однако известные устройства, описанные в двух упомянутых выше документах, характеризуются низкой эффективностью и трудной масштабируемостью до размеров, лучше подходящих для промышленных и коммерческих реалий, с последующей низкой возможностью использования в промышленной области.

Задача и краткое раскрытие настоящего изобретения

С учетом вышеизложенного в данной области техники существует потребность в создании улучшенных электрохимических элементов, пригодных для использования в промышленной области. Например, оказывается желательным создание электрохимических элементов, которые позволяют производить химические продукты, снабжаются непосредственно солнечной энергией и обладают способностью производства носителей химической энергии (таких как, например, водород) в широком масштабе, обеспечивая возможность распределенного и автономного производства.

Задача одного или нескольких вариантов осуществления представляет собой создание электрохимического элемента (или электрохимического реактора), интегрированного с системой поглощения солнечной энергии, имеющей более высокую эффективность и более значительную универсальность использования по сравнению с известными устройствами.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления такая задача может быть решена посредством электрохимического элемента, имеющего характеристики, которые перечислены в представленной ниже формуле изобретения.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления может быть предложено соответствующее устройство, содержащее множество электрохимических элементов.

Формула изобретения представляет собой неотъемлемую часть технического описания, которое представлено в настоящем документе в отношении вариантов осуществления.

Вкратце, согласно одному или нескольким вариантам осуществления предлагается электрохимический элемент, в котором содержатся первая реакционная камера, которая содержит первый электрод, вторая реакционная камера, которая содержит второй электрод, и мембранно-электродный блок (МЕА), расположенный между первой реакционной камерой и второй реакционной камерой. В этом мембранно-электродном

блоке содержится ионообменная мембрана. В электрохимическом элементе дополнительно содержится фотоэлектрическая система, выполненная с возможностью поглощения солнечной энергии и создания выходного напряжения между первым выходным токоотводом и вторым выходным токоотводом фотоэлектрической системы. Первый выходной токоотвод фотоэлектрической системы может быть селективно присоединен к первому электроду, и второй выходной токоотвод фотоэлектрической системы может быть селективно присоединен ко второму электроду. Соотношение между fotocувствительной площадью фотоэлектрической системы и активной площадью первого электрода и второго электрода составляет менее чем или равняется пятидесяти.

Кроме того, согласно одному или нескольким вариантам осуществления фотоэлектрическая система содержит множество фотоэлектрических элементов, которые могут быть селективно присоединены между первым выходным токоотводом и вторым выходным токоотводом фотоэлектрической системы в последовательной конфигурации, в параллельной конфигурации или в одной или нескольких комбинированных последовательно-параллельных конфигурациях. Комбинированные последовательно-параллельные конфигурации следует понимать как конфигурации, в которых элементы расположены в группах, причем в каждой группе содержится множество элементов, соединенных параллельно, и при этом разнообразные группы элементов соединяются последовательно. Электрохимический элемент содержит электронный блок управления, выполненный с возможностью соединения фотоэлектрических элементов в конфигурации, выбранной из указанных конфигураций в зависимости от одного или нескольких параметров, которые могут быть установлены пользователем, и/или в зависимости от одного или нескольких сигналов, принимаемых от внешнего блока управления, и/или в зависимости от одного или нескольких сигналов, принимаемых от одного или нескольких датчиков, содержащихся в электрохимическом элементе.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления предложено устройство, содержащее множество электрохимических элементов согласно одному или нескольким вариантам осуществления, первый накопительный резервуар в сообщении с возможностью переноса текучей среды с первыми реакционными полукамерами электрохимических элементов для получения первого газообразного продукта реакции, второй накопительный резервуар в сообщении с возможностью переноса текучей среды со вторыми реакционными полукамерами электрохимических элементов для получения второго газообразного продукта реакции, а также электронный блок управления устройством. Устройство дополнительно содержит первый контур для распределения первой реакционной текучей среды в сообщении с возможностью переноса текучей среды

с первыми реакционными полукамерами электрохимических элементов и второй контур для распределения второй реакционной текучей среды в сообщении с возможностью переноса текучей среды со вторыми реакционными полукамерами электрохимических элементов. Первый распределительный контур содержит первый насос устройства, управляемый электронным блоком управления устройства, для регулирования потока первой реакционной текучей среды, которая вводится в первый распределительный контур, и второй распределительный контур содержит второй насос устройства, управляемый электронным блоком управления устройства, для регулирования потока второй реакционной текучей среды, которая вводится во второй распределительный контур.

Краткое описание фигур

Далее разнообразные варианты осуществления будут описаны исключительно в качестве примера со ссылкой на прилагаемые фигуры, в числе которых:

- на фиг. 1 проиллюстрировано покомпонентное изображение электрохимического элемента согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 2 проиллюстрировано покомпонентное изображение электрохимического элемента на фиг. 1, на котором выделены некоторые эксплуатационные принципы электрохимического элемента;

- на фиг. 3 проиллюстрирована диаграмма, изображающая примерные эксплуатационные принципы электрохимического элемента согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 4 проиллюстрирована диаграмма устройства для производства химических продуктов, содержащего множество электрохимических элементов, согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 5 проиллюстрирована диаграмма устройства согласно варианту осуществления на фиг. 4;

- на фиг. 6 проиллюстрирована диаграмма устройства согласно следующему варианту осуществления на фиг. 4;

- на фиг. 7А-7Н проиллюстрированы разнообразные виды спереди, аксонометрические изображения и изображения поперечных сечений, которые представляют некоторые детали реализации электрохимического элемента согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 8А проиллюстрировано покомпонентное изображение некоторых компонентов электрохимического элемента согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 8В и 8С проиллюстрированы покомпонентные изображения некоторых компонентов электрохимического элемента согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 9-12 проиллюстрированы примерные диаграммы зависимости тока от напряжения, соответствующие эксплуатационным принципам согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 13А и 13В проиллюстрированы примерные эксплуатационные принципы первого примера конфигурации согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 14А и 14В проиллюстрированы примерные эксплуатационные принципы второго примера конфигурации согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 15 проиллюстрирована диаграмма примерных возможных деталей реализации электрохимического элемента согласно одному или нескольким вариантам осуществления;

- на фиг. 16А и 16В проиллюстрированы примерные эксплуатационные принципы третьего примера конфигурации согласно одному или нескольким вариантам осуществления; и

- на фиг. 17 проиллюстрировано изображение устройства согласно одному или нескольким вариантам осуществления.

Подробное раскрытие настоящего изобретения

В последующем описании проиллюстрированы одна или несколько конкретных деталей, направленных на обеспечение более глубокого понимания примерных вариантов осуществления настоящего описания. Эти варианты осуществления могут быть получены без одной или нескольких конкретных деталей или с использованием других способов, компонентов, материалов и т. д. В других случаях известные конструкции, материалы или операции не проиллюстрированы и не описаны подробно, так что не будет затруднено понимание определенных аспектов вариантов осуществления.

Выражение «вариант осуществления» или «один вариант осуществления» в контексте настоящего описания предназначено для указания того, что конкретная

конфигурация, конструкция или характеристика, которая описана в отношении варианта осуществления, содержится по меньшей мере в одном варианте осуществления. Следовательно, такие выражения, как «согласно варианту осуществления» или «согласно одному варианту осуществления», которые могут присутствовать в одном или нескольких фрагментах настоящего описания, не должны обязательно означать один и тот же вариант осуществления. Кроме того, конкретные конфигурации, конструкции или характеристики могут быть объединены любым адекватным путем в рамках одного или нескольких вариантов осуществления.

На всех фигурах, которые прилагаются к настоящему описанию, если иное условие не определено в соответствии с контекстом, части или элементы, которые являются аналогичными, определены условными обозначениями/номераами, которые являются аналогичными, и в целях краткости соответствующее описание не будет повторяться в настоящем документе.

Условные обозначения, которые используются в настоящем документе, приведены исключительно для удобства и, следовательно, не определяют область патентной защиты или объем вариантов осуществления.

На фиг. 1 проиллюстрировано покомпонентное изображение электрохимического элемента 1 (или электрохимического реактора) согласно одному или нескольким вариантам осуществления, на котором представлены некоторые компоненты элемента 1.

В электрохимическом элементе 1 содержится фотоэлектрическая система 101 (например, фотоэлектрическая панель), которая выполнена с возможностью поглощения солнечной энергии и ее преобразования в электрическую энергию (ток и напряжение, существующие на выходных токоотводах 101a, 101b системы 101) в целях электропитания электрохимического элемента.

В электрохимическом элементе 1 содержатся уплотняющие прокладки 103, изолирующие элементы 102, герметизирующие элементы и непроницаемые для текучей среды элементы, выполненные с возможностью электрической изоляции некоторых компонентов (например, в целях электрической изоляции фотоэлектрической системы 101 от внешней стенки реакционной камеры электрохимического элемента 1) и/или в целях поддержания непроницаемости реакционных камер в отношении текучей среды, предотвращения диспергирования жидкостей и/или газов в направлении окружающей среды электрохимического элемента 1.

В электрохимическом элементе 1 содержатся первая электропроводная пластина 104a и вторая электропроводная пластина 104b, которые функционируют в качестве электродов в контакте с двумя реакционными полукерами электрохимического

элемента 1 таким образом, что химическая реакция может происходить в реакторе, когда разность электрических потенциалов прилагается между двумя электропроводными пластинами, из которых одна выступает в качестве анода, а другая выступает в качестве катода. Например, как проиллюстрировано на фиг. 1, пластина 104a может находиться в электрическом соединении с положительным токоотводом 101a фотоэлектрической системы 101, и пластина 104b может находиться в электрическом соединении с отрицательным токоотводом 101b фотоэлектрической системы 101. Кроме того, каждая пластина 104a, 104b содержит один или несколько проточных каналов 105a, 105b для потока реагентов в соответствующей реакционной полужаке (например, согласно спиральной конфигурации). Такие каналы обеспечивают внутреннее распределение текучих сред в целях доведения до максимальной степени обменов в течение химической реакции.

Электрохимический элемент 1 содержит мембранно-электродный блок (MEA) 106, в котором содержатся анионообменная мембрана (АЕМ) 106a или протонообменная мембрана (РЕМ) 106a, один или два слоя каталитического материала (один для анодной стороны и один для катодной стороны) и два газодиффузионных слоя (GDL) 106b. В частности, MEA 106 может быть структурированной согласно конфигурации покрытой катализатором подложки (ССС), в соответствии с которой каталитический материал располагается на подложке, или, в качестве альтернативы, согласно конфигурации покрытой катализатором мембраны (ССМ), в соответствии с которой каталитический материал располагается на мембране 106a.

Следовательно, электропроводные пластины 104a и 104b могут функционировать непосредственно в качестве электродов или в качестве электропроводных элементов, которые обеспечивают мембранно-электродный блок 106.

В электрохимическом элементе 1 содержится (буферная) система для временного хранения энергии 107, например, батарея, которая может быть селективно присоединена к фотоэлектрической системе 101.

Электрохимический элемент 1 содержит один или несколько насосов 108a, 108b, представляющих собой, например, микронасосы, такие как пьезоэлектрические насосы. Например, элемент 1 может содержать насос 108a, который обеспечивает анодную рециркуляцию или поток, и насос 108b, который обеспечивает катодную рециркуляцию или поток.

Электрохимический элемент 1 содержит электронный блок 109 управления, представляющий собой, например, программируемый логический контроллер (PLC), выполненный с возможностью управления эксплуатацией электрохимического элемента

1, как подробно представлено в следующих частях настоящего описания. Например, блок 109 управления может быть выполнен с возможностью регулирования системы для рециркуляции реагентов посредством эксплуатации насосов 108a, 108b в зависимости от одного или нескольких сигналов, обнаруженных одним или несколькими датчиками скорости потока, которые не проиллюстрированы на фиг. 1, но установлены в электрохимическом элементе 1. В качестве дополнения или в качестве альтернативы, блок 109 управления может быть выполнен с возможностью регулирования рабочей точки характеристики, представляющей собой пару значений (J, V) силы тока и напряжения, приложенных к электродам элемента 1, электрохимической системы посредством динамического конфигурирования фотоэлектрической системы 101. В качестве дополнения или в качестве альтернативы, блок 109 управления может быть выполнен с возможностью управления энергетической буферной системой 107 в целях обеспечения эксплуатации электрохимического реактора в непрерывном режиме.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления насосы 180a и 108b, энергетической буферной системы 107 и/или контуры электронного блока 109 управления могут быть интегрированы в составе электрохимического элемента 1.

Кроме того, на фиг. 1 проиллюстрированы газовые резервуары 110a, 110b, которые выполнены с возможностью сообщения и переноса текучей среды с двумя реакционными полужамами (анодной и катодной) элемента 1, чтобы собирать соответствующие продукты реакции.

На фиг. 2 проиллюстрировано покомпонентное изображение электрохимического элемента 1, описанного со ссылкой на фиг. 1, где проиллюстрированы основные потоки жидкостей и газов, а также некоторые электрические соединения между разнообразными компонентами элемента 1. В качестве альтернативы, на фиг. 3 проиллюстрирована упрощенная диаграмма элемента 1, на которой также представлены схематически основные потоки жидкостей и газов и некоторые электрические соединения между разнообразными компонентами элемента 1.

Как проиллюстрировано в качестве примера на фиг. 2 и 3, элемент 1 выполнен в такой конфигурации, что введение жидкостей (катодных реагентов) обеспечивает контур, который из впускного отверстия 201a перемещает жидкость на катодную сторону 104a электрохимического элемента 1 и питает проточные каналы 105a. Когда жидкость вводится в проточные каналы 105a и вступает в контакт с МЭА 106, она реагирует с жидкостью, введенной в анодный контур 105b, и частично превращается в продукты реакции в газообразной форме. Смесь, содержащая реагенты, которые частично не превращаются в газообразный продукт, поступает в выпускное отверстие 202a пластины

105а, проходит через элемент 1, поступает в отверстие 203а, а затем проходит через делительный клапан 204а, который отделяет газообразный продукт, который направляется в соответствующий накопительный резервуар 110а, от реагентов, которые не подверглись превращению и подлежат повторному введению в циркуляцию через насос 108а, и, таким образом, повторно начинается цикл превращения. Аналогичным образом, на анодной стороне введение жидкостей (анодных реагентов) обеспечивает контур, который из отверстия 201b переносит жидкость непосредственно через анодные проточные каналы 105b. Когда жидкость вводится в каналы 105b и вступает в контакт с МЕА 106, она реагирует с жидкостью катодного контура и частично превращается в продукты в газообразной форме. Смесь, содержащая реагенты, которые частично не превращаются, и газообразный продукт, поступает в выпускное отверстие 203b и проходит через делительный клапан 204b, который отделяет газообразный продукт, который направляется в соответствующий накопительный резервуар 110b, от реагентов, которые не подверглись превращению и подлежат повторному введению в циркуляцию через насос 108b, и, таким образом, повторно начинается цикл превращения.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления фотоэлектрическая система 101 выполнена с возможностью обеспечения электрической энергии, которая необходима для эксплуатации электрохимического реактора 1, и блок 109 управления выполнен с возможностью регулирования распределения упомянутой выше энергии между разнообразными компонентами элемента 1. В частности, как представлено в следующих частях настоящего описания, фотоэлектрическая система 101 содержит множество фотоэлектрических элементов, электрические соединения которых выполнены с возможностью (динамической) реконфигурации в разнообразных последовательно-параллельных режимах в целях преобразования солнечной энергии, поглощенной в разнообразных возможных сочетаниях силы тока и напряжения (J-V) и способны обеспечивать питание электрохимического элемента 1 наиболее эффективным образом в целях увеличения количества продуктов реакции (т. е. в целях увеличения эффективности электрохимического элемента). Эта (динамическая) реконфигурация последовательно-параллельных соединений фотоэлектрических элементов в фотоэлектрической системе 101 осуществляется блоком 109 управления.

В частности, блок 109 управления может быть выполнен с возможностью осуществления одной или нескольких из следующих функций:

- регулирование эксплуатационных параметров электрохимического элемента 1 посредством открытия и закрытия электрических и энергетических соединений и посредством регулирования эксплуатации подкомпонентов электрохимического элемента

1, в зависимости от запрограммированной логики и/или сигналов, обнаруженных одним или несколькими датчиками, расположенными внутри электрохимического элемента 1 (такими как, например, датчики скорости потока, амперметры, вольтметры), и/или сигналов, принимаемых из внешних источников (таких как, например, внешний интерфейс, устройство контроля промышленного оборудования через Интернет);

- регулирование системы в целях приближения в максимально возможной степени к идеальным эксплуатационным параметрам для данной химической реакции и направление сообщений обратной связи внешним источникам после получения в качестве входящих сообщений идеальных значений эксплуатационных параметров одной или нескольких выбранных электрохимических реакций;

- регулирование эксплуатации рециркуляционных насосов 108a, 108b в зависимости от изменений скорости потока и в зависимости от разности между скоростью потока на впуске в электрохимический элемент 1 и скоростью потока на выпуске из электрохимического элемента 1;

- конфигурирование электрических соединений фотоэлектрической системы 101 в целях использования части энергии, которую генерирует фотоэлектрическая система 101, для зарядки энергетической буферной системы 107; в частности, часть энергии, которая используется таким образом, может быть равна разности между энергией, поглощенной из солнечного излучения, и энергией, которая может быть преобразована в электрический ток, находящий применение для электрохимической реакции (т. е. она может представлять собой избыточную энергию, которая не может быть использована моментально для активации химической реакции).

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления энергетическая буферная система 107 может обеспечивать электропитание блока 109 управления и/или насосов 108a, 108. В качестве дополнения или в качестве альтернативы, энергетическая буферная система 107 может обеспечивать минимальные значения силы тока и напряжения для электрохимического элемента 1 в течение ночного бездействия, таким образом, чтобы увеличивать скорость и эффективность утреннего пуска электрохимического элемента 1 (когда фотоэлектрическая система 101 начинает преобразование солнечного излучения в электрическую энергию), и таким образом, чтобы замедлять разрушение химико-каталитических компонентов элемента 1 и в результате этого увеличивать продолжительность эксплуатации и повышать устойчивость системы.

В качестве дополнения или в качестве альтернативы, согласно одному или нескольким вариантам осуществления энергетическая буферная система 107 может модифицироваться в отношении возможных колебаний, перерывов и/или неожиданных

изменений производства электрической энергии фотоэлектрической системой 101 в целях повышения устойчивости химической реакции, которая происходит в электрокаталитической системы.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления может быть предложена система, которая содержит множество электрохимических элементов 1, как обсуждается со ссылкой на фиг. 1-3. Следовательно, элемент 1 может представлять собой модульный блок более сложной системы, такой как, например, панель, содержащая множество электрохимических элементов, в каждом из которых содержится связанная с ним соответствующая фотоэлектрическая панель.

На фиг. 4 проиллюстрирована примерная диаграмма такой системы 40, содержащей множество элементов 1, согласно одному или нескольким вариантам осуществления. На фиг. 4 проиллюстрирована диаграмма, представляющая основные потоки жидкостей (толстая сплошная линия и линия из коротких штрихов), потоки газов/продуктов (штриховые линии, направленные к резервуарам 110a', 110b') и электрические сигналы (тонкая сплошная линия и линия из длинных штрихов), посредством которых регулируется система 40, содержащая множество электрохимических элементов 1, которые функционируют синергетическим образом.

В частности, в такой системе могут присутствовать два резервуара 110a', 110b' для продуктов реакции, которые являются общими для всех элементов 1. Кроме того, система 40 может содержать два насоса 408a, 408b, которые приводит в действие электрический двигатель 420. Первый насос 408a может принимать из соответствующего впуска текучей среды жидкость, содержащую анодные реагенты, и направлять ее в соответствующие насосы 108a каждого элемента 1. Аналогичным образом, второй насос 408b может принимать из соответствующего впуска текучей среды жидкость, содержащую катодные реагенты, и направлять ее в соответствующие насосы 108b каждого элемента 1. Расположение общих насосов 408a, 408b и выделенных насосов 108a, 108b обеспечивает улучшение управления и распределения реагентов во всех элементах.

Кроме того, система 40 может содержать общий электронный блок 409 управления, представляющий собой, например, программируемый логический контроллер (PLC), который управляет двигателем 420, который приводит в действие насосы 408a, 408b. Кроме того, общий блок 409 управления может присоединяться к каждому локальному блоку 109 управления каждого элемента 1 в целях обмена с ним сигналами управления и/или сигналами обратной связи.

Следовательно, согласно одному или нескольким вариантам осуществления, пример которого проиллюстрирован на фиг. 4, обеспечивающий переменный поток

впускной насос 408a, регулируемый общим блоком 409 управления, направляет текучую среду в разнообразные элементы 1 для анодной стороны (и то же самое осуществляется для катодной стороны посредством обеспечивающего переменный поток впускной насос 408b). Реакции происходят внутри электрохимических элементов 1, и разнообразные делительные клапаны, которые присутствуют в элементах 1, отделяют газообразные продукты от жидких реагентов и направляют газообразные продукты в специально обеспеченные контуры для анодных и катодных продуктов (которые затем собираются в соответствующих резервуарах 110a', 110b') и повторно пропускают жидкие реагенты через элементы 1.

Например, на фиг. 5 проиллюстрирована примерная диаграмма системы 40, где один из содержащихся в ней электрохимических элементов 1 представлен более подробно. Локальный блок 109 управления элемента 1 обменивается сигналами управления и/или сигналами обратной связи с общим блоком 409 управления. Текучие среды, которые поступают через каналы, управляемые насосами 408a, 408b, вводятся в электрохимический элемент 1 через соответствующие впускные отверстия 201a, 201b в зависимости от локального управления, обеспечиваемого посредством насосов 108a, 108b, управляемых локальным блоком 109 управления.

На фиг. 6 проиллюстрирована примерная диаграмма варианта осуществления системы 40, в которой представлено иное соединение между локальными каналами для текучей среды элемента 1 и общими каналами для текучей среды, которыми управляют насосы 408a, 408b. В частности, в этой конфигурации жидкости вводятся в локальную рециркуляционную систему в секции каналов, занимающую промежуточное положение делительными клапанами и насосами, т. е. выше по потоку относительно насосов 108a, 108b. Очевидно, что специалист в данной области техники сможет понять, что являются возможными и многочисленными альтернативными конфигурациями, в которых достигаются такие же функции, как те, которые описаны в настоящем документе, причем все из указанных конфигураций находятся в пределах объема настоящего изобретения.

На фиг. 7A проиллюстрировано примерное изображение спереди задней поверхности электропроводной пластины (такой как, например, анодная пластина или катодная пластина) для применения в электрохимическом элементе согласно одному или нескольким вариантам осуществления. На фиг. 7B проиллюстрировано аксонометрическое изображение той же задней поверхности, как поверхность, которая проиллюстрирована на фиг. 7A. На фиг. 7C проиллюстрировано примерное изображение передней поверхности, которая обращена внутрь реакционной камеры, электропроводной пластины на фиг. 7A и 7B. На фиг. 7D проиллюстрировано аксонометрическое

изображение той же самой передней поверхности, как поверхность, которая проиллюстрирована на фиг. 7С. На фиг. 7Е проиллюстрировано увеличенное изображение части электропроводной пластины на фиг. 7D.

На фиг. 7А-7Е подробно проиллюстрирована примерная конструкция проточных каналов 105а, 105b, которые присутствуют на поверхностях электропроводных пластин 104а, 104b, которые обращены к реакционной камере. Поток реагентов на водной основе из впуска поступает на электропроводную пластину с передней стороны, которая проиллюстрирована на фиг. 7С-7Е, и проходит через пластину, которая проходит от (передней) точки 701 до (задней) точки 702. Через миниканал 702а поток попадает в точку 703 и повторно проходит через пластину, проходя от (задней) точки 703 к (передней) точке 704. От точки 704 жидкость, содержащая реагенты (например, анодные реагенты), проходит через проточные каналы (105а, 105b), где с ней вступают в контакт с потоки (например, катодные потоки) в противотоке, а затем поток проходит через вторую электропроводную пластину, отделенную ионообменной мембраной, и превращается в продукты. Согласно одному или нескольким вариантам осуществления, которые проиллюстрированы на примерах в настоящем документе, в целях увеличения поверхности обмена при одновременном замедлении скорости имеющей постоянную скорость потока текучей среды, проточные каналы расходятся в точке 704а, а затем соединяются в точке 705а. Наконец, комбинированный поток газообразных продуктов и жидких реагентов поступает в точку 706. Из этой точки поток повторно проходит через пластину, а затем проходит до точки 707 на задней стороне и поступает в основной канал в точке 708 на задней стороне, а затем снова повторно через пластину до точки 709 на передней стороне. Из основного канала поток поступает в соответствующий делительный клапан таким образом, что его жидкая часть, содержащая не подвергнутые превращению реагенты, повторно циркулирует в реакционной камере, а его газообразная часть собирается в соответствующем резервуаре.

На фиг. 7Е проиллюстрирована конструкция проточных каналов, которые могут быть аналогичными капиллярным сосудам с полукруглым сечением, которые являются закрытыми, на передней поверхности посредством МЕА 106, что не проиллюстрировано на фиг. 7А-7Е).

На фиг. 7F проиллюстрировано (боковое) изображение поперечного сечения, которое представляет собой внутреннее пространство электрохимического элемента 1 согласно одному или нескольким вариантам осуществления. Как обсуждается в отношении фиг. 1, элемент 1 содержит две электропроводные пластины 104а, 104b, имеющие соответствующие каналы 105а, 105 для потока реагентов (например,

спиральные каналы), вырезанные на обращенных друг к другу поверхностях пластин 104a и 104b в соответствующих положениях, таким образом, что две жидкости (анодная и катодная жидкости) протекают на двух противоположных сторонах МЕА 106 в соответствующих положениях, и химический обмен может происходить через мембрану. Жидкость, содержащая реагенты для катодной полуреакции, протекает через катодные каналы 105a, а жидкий, содержащая реагенты для анодной полуреакции, протекает через анодные каналы 105b. В присутствии разности потенциалов, приложенной к электропроводным пластинам 104a, 104b, и благодаря катализаторам, которые содержатся в МЕА 106, стимулируется электрохимическая реакция, которая замыкает электрический контур и производит продукты в газообразной форме. Эти продукты в газообразной форме направляются, вместе с не подвергшимися превращению реагентами, через проточные каналы в делительный клапан, который отделяет газообразные продукты от не подвергшихся превращению реагентов. Эти реагенты могут быть направлены обратно в циркуляцию.

На фиг. 7G проиллюстрировано дополнительное изображение спереди примерной передней поверхности, которая обращена внутрь реакционной камеры, электропроводной пластины на фиг. 7A-7E. На фиг. 7H проиллюстрировано изображение поперечного сечения электропроводной пластины, которая проиллюстрирована на фиг. 7G, полученного в результате разреза в поперечном направлении вдоль линии, обозначенной VII-VII на фиг. 7G. На левой стороне фиг. 7H проиллюстрировано увеличенное изображение поперечного сечения, которое выделяет полукруглую конструкцию проточных каналов 105, присутствующих на передней поверхности электропроводной пластины 104.

Следовательно, согласно одному или нескольким вариантам осуществления может быть предложена независимая динамическая система текучей среды для рециркуляции, сбора и/или отделения (газообразных) продуктов. В частности, согласно одному или нескольким вариантам осуществления может быть предложена система для распределения и микроциркуляции текучей среды, которая обеспечивает увеличение поверхности электродов, находящейся в контакт с реагентами, а также уменьшение потерь давления. Например, один или несколько вариантов осуществления отличаются конструкцией, которая упрощает отделение газообразной части (продуктов) от жидкой части (реагентов). Динамическая система для текучей среды выполняет функцию распределения реагентов на впуске (в жидкой форме) как на анодной стороне, так и на катодной стороне, что увеличивает до максимума поверхность контакта между жидкостью и поверхностью электродов и ионообменной мембраной, такой как, например, протонообменная мембрана

(РЕМ) или анионообменная мембрана (АЕМ), что обеспечивает эксплуатацию системы с непрерывным потоком.

Кроме того, согласно одному или нескольким вариантам осуществления могут быть предложены один или несколько датчиков для регулирования динамической системы рециркуляции текучей среды. Циркуляция и/или рециркуляция реагентов и продуктов в микросистеме текучей среды могут быть обеспечены посредством изменений давления и могут регулироваться системой, содержащей один или несколько датчиков, которые отслеживают эксплуатационные параметры реактора. В частности, в системе для управления потоками согласно разнообразным вариантам осуществления, могут содержаться две подсистемы: первая система для управления потоками в индивидуальном электрохимическом элементе и вторая система для управления потоками в системе, состоящей из множества элементов, присоединенных друг к другу, как проиллюстрировано в примерах на фиг. 4-6, которые были описаны выше.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления система для управления потоками в системе, состоящей из множества электрохимических элементов, выполнена с возможностью направления выпускных потоков из элементов в единый канал и обеспечения индивидуальных впускных каналов реагентов для индивидуальных электрохимических элементов, начинающихся от единого основного канала реагентов. Например, система для управления потоками может содержать невозвратные клапаны и переключатели давления, которые могут регулироваться в зависимости от рабочих точек характеристик, выбранных на основании химических реакций, которые происходят в индивидуальных электрохимических элементах. Например, согласно одному или нескольким вариантам осуществления может присутствовать блок управления (например, микропроцессор), выполненный с возможностью регулирования и управления рабочими точками характеристик электрохимических элементов как в автоматическом режиме (например, согласно предварительно установленным правилам и параметрам), так и в параметрическом или ручном режиме (например, посредством введения желательных эксплуатационных параметров через пользовательский интерфейс). Это решение увеличивает гибкость применения электрохимической системы до такой степени, в которой она позволяет обновлять и/или модифицировать параметры применения в зависимости от реакций, которые должны быть осуществлены в электрохимическом элементе, и/или в зависимости от изменений используемых каталитических систем, без какой-либо необходимости осуществления конструкционных модификаций электрохимических элементов.

На фиг. 8А проиллюстрировано покомпонентное изображение некоторых компонентов электрохимического элемента 1 согласно разнообразным вариантам осуществления. На фиг. 8В проиллюстрировано соответствующее покомпонентное заднее изображение согласно предпочтительному варианту осуществления. На фиг. 8С проиллюстрировано покомпонентное переднее изображение электрохимического элемента, проиллюстрированного на фиг. 8В.

В частности, на фиг. 8А проиллюстрированы фотоэлектрическая панель 101 и две электропроводные пластины 104а, 104б. Кроме того, на фиг. 8А схематически проиллюстрирована область 101S, т. е. площадь поверхности фотоэлектрической панели 101 (которая разделена в данном примере на шесть частей, при том условии, что фотоэлектрическая панель 101 может содержать множество фотоэлектрических элементов, которые могут быть соединены последовательно и/или параллельно в зависимости от необходимости). Кроме того, на фиг. 8А схематически проиллюстрирована область 106S, т. е. активная площадь поверхности электродов элемента 1. Площадь электродов рассматривается как активная в области ионного обмена между первой реакционной полукammerой и второй реакционной полукammerой и, следовательно, является общей для обоих электродов.

На фиг. 8В и 8С проиллюстрированы покомпонентные изображения электрохимического элемента 17 согласно одному или нескольким вариантам осуществления настоящего изобретения. Электрохимический элемент 17 предназначен, в частности, для функционирования в конфигурации PV-EC с фотоэлектрическим элементом, который не погружен в реакционную камеру, но расположен снаружи указанной камеры. Электрохимический элемент 17 содержит первый рамочный элемент 170А, который содержит пластину, предпочтительно изготовленную из пластического материала. Как проиллюстрировано в качестве примеров на фиг. 8В и 8С, форма рамочного элемента 170А может быть предпочтительно шестиугольной, но она также может быть квадратной или прямоугольной аналогично другим вариантам осуществления, которые описаны в настоящем документе.

Пластина содержит на своей поверхности (т. е. на «внутренней» поверхности электрохимического элемента), углубленную часть (предпочтительно квадратной или прямоугольной формы), которая определяет объем первой реакционной полукammerой. Эта углубленная часть находится в сообщении с возможностью переноса текучей среды с окружающей средой посредством каналов 171А, 172А, 173А, 174А, которые проходят через рамочный элемент 170А. Углубленная часть выполнена таким образом, что в ней может быть расположен подобный мозаике (подобный черепице) элемент 176А, который

определяет первая реакционная полукамера и функционирует в качестве коллектора заряда для первой полукамеры, которой соответствует электропроводная пластина 104b на фиг. 8A.

В электрохимическом элементе 17 дополнительно содержится ионообменная мембрана 1700, которая отделяет первую реакционную полукамера, определяемую мозаичным элементом 176A, от второй реакционной полукамеры, определяемой аналогичным вторым мозаичным элементом 176B, которому соответствует электропроводная пластина 104a на фиг. 8A, и который расположен в углубленной части второго рамочного элемента 170B. Как проиллюстрировано в качестве примера на фиг. 8B и 8C, во втором рамочном элементе может отсутствовать какой-либо канал для сообщения с возможностью переноса текучей среды между углубленной частью и окружающей средой. Рамочные элементы и ионообменная мембрана могут содержать по периметру отверстия, которые не проиллюстрированы на прилагаемых фигурах, для сборки электрохимического элемента 17.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления электрохимический элемент 17 содержит фотоэлектрический элемент 178 (которому соответствует фотоэлектрический элемент 101 на фиг. 8A), находящийся в электрическом соединении с электродами.

Электрохимический элемент 17 выполнен с возможностью эксплуатации в режиме непрерывного потока, и при этом используются фотоэлектрическая система 178, электрическая система, каталитическая система и система для управления потоками и сбора продуктов (газообразных продуктов, например, водорода), которые описаны выше. В частности, в электрохимическом элементе 17 могут содержаться система непрерывного потока и рециркуляционная система, система для поглощения и преобразования света, и конфигурация, которая сокращает до минимума потери и доводит до максимума синергию и универсальность системы.

В частности, как проиллюстрировано в качестве примера на фиг. 8B и 8C, коллекторы заряда 176A, 176B электрохимического элемента 17 могут содержать один или несколько вытравленных каналов, имеющих спиральную конфигурацию, которые распределяют поток по активной поверхности электрода и мембраны 1700, увеличивая до максимума площадь поверхности обмена и продолжительность контакта при одинаковой скорости потока, который проходит через элемент, в целях достижения увеличения количества реагентов, которые превращаются в продукты, при одинаковой скорости потока. Согласно одному или нескольким вариантам осуществления система каналов на аноде расположена так, что она перекрывает каналы на катоде таким образом, что два

потока находятся в противотоке, с целью доведения до максимума протонного/анионного обмена и увеличения степени превращения.

Как обсуждается выше, согласно одному или нескольким вариантам осуществления насосы 180a и 108b, энергетическая буферная система 107 и/или контуры электронного блока 109 управления могут быть интегрированы в составе электрохимического элемента 1. Например, как проиллюстрировано на фиг. 8B и 8C, одна или несколько систем, которые указаны выше, могут быть интегрированы в составе рамочного элемента 170A и/или в составе рамочного элемента 170B.

Следует отметить, что для интеграции фотоэлектрической технологии с электролизерной технологией или электрохимической (ЕС) системой в составе единой системы требуется обеспечение электрохимической системы максимально возможной плотностью заряда при потенциале, который требуется для выбранной каталитической системы. Согласно известным решениям для этой цели большие фотоэлектрические поверхности используются, чтобы обеспечить единый электролизер (и, следовательно, единый набор электродов), и в результате этого соотношение между фотоэлектрической поверхностью и полезной поверхностью электродов оказывается, как правило, значительно выше, чем 100, даже на один или несколько порядков. Получение низкого соотношения между фотоэлектрической поверхностью и полезной поверхностью электродов, составляющего от десятков до единицы, представляет собой желательную характеристику, достижение которой оказывается невозможным с применением решений предшествующего уровня техники. По существу, на каждый квадратный метр поверхности фотоэлектрической панели требуется множество квадратных метров поверхности электродов, и такое количество электролизеров оказывается нецелесообразным в экономическом отношении. Кроме того, электрод, имеющий очень большую площадь поверхности, составляющую, например, 1 м^2 , при соединении с фотоэлектрической панелью, имеющей такую же площадь поверхности, составляющую, например, 1 м^2 , создавал бы такие омические потери и падения напряжения, которые являются настолько важными, что отсутствовала бы возможность гарантии условий эксплуатации электролитической системы, или, в любом случае, создавалась бы угроза для эффективности вплоть до уровня, при котором это становилось бы экономически нецелесообразным.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления в целях сохранения соотношения между фотоэлектрической поверхностью и полезной поверхностью электродов на низком уровне, насколько это возможно (например, составляющем менее чем или равном 100, составляющем менее чем или равном 50, составляющем менее чем

или равном 10, составляющем менее чем или равном 5, или составляющем менее чем или равном 1, с переходом от интенсивной конфигурации к экстенсивной конфигурации), с одновременным сохранением условий, необходимых для эксплуатации каталитической системы (представляющих собой, например, плотность тока, составляющую по меньшей мере 8 mA/cm^2 , и разность потенциалов, составляющую по меньшей мере 1,5 В), фотоэлектрическая панель разделяется на множество блоков (где, например, каждый блок имеет площадь поверхности, составляющую от 25 cm^2 до 1 m^2 , необязательно от 50 cm^2 до 25 dm^2 , необязательно 100 cm^2), которые могут находиться в непосредственном электрическом соединении с электродами, каждый из которых имеет площадь поверхности, сопоставимую с площадью поверхностью фотоэлектрического блока (снова составляющую, например, от 25 cm^2 до 1 m^2 , необязательно от 50 cm^2 до 25 dm^2 , необязательно 100 cm^2).

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления в описанном выше решении предложена система 40, содержащая множество небольших фотоэлектрических панелей, присоединенных к такому же множеству небольших электрохимических элементов, которые содержат электроды, размеры которых являются сопоставимыми с размерами соответствующих питающих их фотоэлектрических панелей.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления предложена система для регулирования и управления (интегрированной) фотоэлектрической системы, которая предназначена в целях сокращения омических потерей и увеличения поверхностной плотности заряда, которая необходима для реакции, посредством регулирования рабочего напряжения. Например, соединение индивидуальных фотоэлектрических блоков может быть структурировано таким образом, что они могут соединяться последовательно, параллельно или в последовательно-параллельной комбинации, таким образом, делая возможным регулирование характеристики эксплуатации фотоэлектрической системы в целях ее приспособления к конкретной электрохимической реакции, которая происходит в реакторе, и к используемой каталитической системе, и, таким образом, увеличение эффективности фотоэлектрической электрохимической системы. Согласно одному или нескольким вариантам осуществления в реакторе может содержаться каталитическая система, выбранная на основании конкретной реакции, которая должна быть осуществлена, в зависимости от продукта (например, водорода или синтез-газа), получение которого оказывается желательным. Для каждой реакции и/или каждой каталитической системы может потребоваться индивидуальное минимальное эксплуатационное напряжение. Возможность установки последовательных и/или параллельных соединений между индивидуальными фотоэлектрическими блоками

обеспечивает изменение эксплуатационного напряжения, которое прилагается к мембранно-электродному блоку (МЕА), делая возможным улучшение электрохимических эксплуатационных характеристик системы, поскольку выбранная каталитическая система варьируется. Например, в целях осуществления реакции разложения воды для производства водорода требуется минимальное приложенное к элементу напряжение, составляющее 1,23 В. Однако конкретная выбранная каталитическая система может иметь максимальную эффективность при напряжении, составляющем 1,7 В. В этом случае согласно одному или нескольким вариантам осуществления оказывается возможным соединение индивидуальных фотоэлектрических блоков в последовательной и/или параллельной конфигурации таким образом, что электроды получают максимальную возможную плотность тока при минимальном напряжении, составляющем 1,7 В.

Следовательно, согласно одному или нескольким вариантам осуществления может быть преимущественно предложена система для регулирования, управления и/или присоединения фотоэлектрической системы к электродам элемента (в частности, к МЕА), что обеспечивает повышение универсальности в целях применения указанного элемента.

Например, на фиг. 9 проиллюстрирована типичная кривая зависимости силы тока от напряжения (J - V) для электрохимической (ЕС) реакции. Штриховая линия на фиг. 10 показывает теоретический потенциал реакции V_{th} ; чем больше степень, в которой кривая реакции приближается (например, сдвигается влево) к теоретической кривой реакции (штриховая линия), тем выше эффективность электрохимической системы и тем меньше потери перенапряжения. На фиг. 10 проиллюстрирована в качестве примера типичная кривая зависимости силы тока от напряжения (J - V) для фотоэлектрической (PV) системы. Точка наиболее высокой эффективности фотоэлектрической системы соответствует паре значений (J_e , V_e), которая соответствует перегибу кривой, как обозначено штриховой линией на графике, проиллюстрированном на фиг. 10. Рабочая точка характеристики (WP) фотоэлектрической электрохимической системы, которая определяет эффективность электрохимического элемента и его уровень производительности, определяется точкой пересечения кривой электрохимической (ЕС) реакции и фотоэлектрической (PV) кривой элемента, как проиллюстрировано на фиг. 11, где рабочая точка характеристики соответствует паре значений силы тока и напряжения (J_{wp} , V_{wp}). Для одной и той же кривой электрохимической (ЕС) реакции чем выше ток, который обеспечивает фотоэлектрическая система, тем больше производительность электрохимического реактора (в отношении количества продуктов реакции, получаемых за единицу времени).

На фиг. 12 проиллюстрировано, каким образом различные конфигурации электрических (последовательных/параллельных) соединений между разнообразными

фотоэлектрическими элементами, которые содержатся в фотоэлектрической системе 101, могут модифицировать характеристическую кривую J-V фотоэлектрической системы и, следовательно, изменять рабочую точку характеристики WP электрохимического реактора 1. Например, в случае параллельного соединения множества фотоэлектрических элементов получается кривая J-V, на которой ток (J) равняется сумме характеристических токов индивидуальных элементов, а напряжение (V) равняется напряжению лишь одного элемента, как представлено кривой PAR, которая проиллюстрирована на фиг. 12. В случае последовательного соединения множества фотоэлектрических элементов получается кривая J-V, на которой напряжение (V) равняется сумме характеристических напряжений индивидуальных элементов, а ток (J) равняется току лишь одного элемента, как представлено кривой SER, которая проиллюстрирована на фиг. 12. Фотоэлектрическая система 101 допускает динамическую конфигурацию последовательных и параллельных соединений между разнообразными фотоэлектрическими элементами таким образом, чтобы оптимизировать рабочую точку характеристики (WP) системы PV-ЕС, в целях обеспечения работы системы ЕС при максимальном возможном токе для поглощенной солнечной энергии и максимально возможного приближения фотоэлектрической системы к точке перегиба фотоэлектрической кривой. Например, на фиг. 12 параллельная конфигурация, соответствующая рабочей точке характеристики WP2, оказывается более эффективной, чем последовательная конфигурация, соответствующая рабочей точке характеристики WP1.

Кроме того, поскольку энергия солнечного излучения и, следовательно, энергия поглощенная фотоэлектрической системой 101, не является постоянной в течение суток и даже в течение года, в целях увеличения эффективности системы и гарантии минимального напряжения, необходимого для осуществления электрохимической реакции, оказывается возможной модификация рабочей точки характеристики системы посредством модификации динамическим образом последовательных/параллельных соединений внутри фотоэлектрической системы 101, например, согласно предварительно установленной логике, которой управляет электронный блок 109 управления каждого индивидуального электрохимического элемента 1 и/или электронный блок 409 управления системы 40.

Например, на фиг. 13А, 13В, 14А и 14В проиллюстрировано сравнение между двумя различными конфигурациями одного и того же электрохимического элемента 1, в котором фотоэлектрическая система 101 содержит, исключительно в качестве примера, шесть фотоэлектрических элементов. На фиг. 13А и 13В эти шесть элементов соединяются в два параллельных множества, причем в каждом множестве содержатся по

три элемента, которые соединены последовательно. На фиг. 14А и 14В эти шесть элементов соединяются в три параллельных множества, причем в каждом множестве содержатся по два элемента, которые соединены последовательно. В обоих случаях для той же самой кривой электрохимической реакции конфигурация на фиг. 14А, 14В определяет рабочую точку характеристики при более высокой силе тока, которая приводит к увеличению производства продуктов электрохимического элемента 1, и фотоэлектрическая система работает ближе к точке перегиба кривой PV и, следовательно, с более высокой эффективностью.

На фиг. 15 проиллюстрирована примерная диаграмма одного или нескольких вариантов осуществления электрохимического элемента 1, где фотоэлектрическая система 101 содержит множество электронных переключателей, которыми управляет блок 109 управления, для модификации динамическим образом последовательных и параллельных соединений индивидуальных фотоэлектрических элементов, которые содержатся в фотоэлектрической системе 101. В частности, каждый фотоэлектрический элемент 150 в фотоэлектрической системе 101 может содержать:

- электронный переключатель S+, который может быть активирован для присоединения положительного токоотвода элемента 150 к положительному токоотводу электрохимического элемента 1 (аноду 105a);
- электронный переключатель S-, который может быть активирован для присоединения отрицательного токоотвода элемента 150 к отрицательному токоотводу электрохимического элемента 1 (катоде 105b);
- электронный переключатель SS, который может быть активирован для присоединения отрицательного токоотвода элемента 150 к положительному токоотводу следующего элемента 150; и
- электронный переключатель SP, который может быть активирован для присоединения отрицательного токоотвода элемента 150 к отрицательному токоотводу следующего элемента 150.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления, как описано выше, может быть предложена энергетическая буферная система 107. Как проиллюстрировано в качестве примера на фиг. 16А и 16В, в том случае, где в результате модификации электрических последовательно-параллельных соединений в составе фотоэлектрической системе 101, все же оказывается невозможным обеспечение работы системы PV-ЕС вблизи точки перегиба фотоэлектрической кривой, избыточное напряжение может быть использовано для зарядки буферной системы 107. После этого буферная система 107 может быть селективно присоединена (например, через один или несколько

соответствующих электронных переключателей) к выпуску фотоэлектрической системы 101.

На фиг. 17 проиллюстрировано примерное устройство 40, содержащее множество электрохимических элементов 17, расположенных в конфигурации шахматной доски или шестиугольной мозаики.

Следовательно, согласно одному или нескольким вариантам осуществления настоящего изобретения предоставляются одно или несколько из следующих преимуществ:

- возможность производства водорода в результате электролиза воды с непосредственным использованием солнечной энергии, без какой-либо необходимости применения промежуточных буферных устройств (например, батарей для аккумуляции электрической энергии) или интенсивных систем (например, электролизеров);

- возможность расширения производства зеленого водорода на месте применения (где требуется), посредством автономных устройств с использованием комбинации (например, интеграции) фотоэлектрической системы и каталитической системы;

- возможность комбинации в одном реакторе реакции разложения воды, в результате которой производится водород, с другими реакциями (например, реакциями валоризации выбросов диоксида углерода с обеспечением его рециркуляции и повторного использования); и

- повышение гибкости и простоты установки и применение электрохимического реактора по сравнению с известными реакторами.

Следовательно, согласно одному или нескольким вариантам осуществления может быть предложено решение двух основных проблем энергетического сектора:

- проблема непостоянства солнечного излучения, которая решается посредством аккумуляции в форме (химической) энергии, которая является значительно более компактной (например, до 200 раз более компактной) и устойчивой с течением времени по сравнению с литий-ионными аккумуляторами, посредством производства зеленого водорода; и

- проблема выбросов диоксида углерода, которая решается посредством их валоризации с получением подходящих для применения продуктов.

Согласно одному или нескольким вариантам осуществления фактически обеспечивается рециркуляция выбросов CO₂ и производство зеленого водорода и/или других побочных продуктов (например, гликолевой кислоты) в результате прямого применения получаемой на месте энергии из возобновляемого источника (солнечной

энергии). Это оказывается возможным посредством интеграции фотоэлектрической (PV) системы поглощения солнечной энергии с электрохимической (ЕС) системой в рамках единой системы. Такое решение обеспечивает гибкость применения, простоту установки и эксплуатации, а также допускает сочетание реакции разложения воды (для производства водорода) с другими реакциями, например, реакциями валоризации выбросов диоксида углерода или глицерина (отхода от производства биогаза), и, таким образом, также обеспечивает рециркуляцию и повторное использование указанных продуктов.

Следует отметить, что даже несмотря на то, что в настоящем описании неоднократно упоминается возможность применения электрохимического элемента согласно настоящему изобретению в целях производства водорода посредством электролиза воды, а также необязательно предусматривается реакция восстановления CO_2 (например, в производстве синтез-газа), согласно одному или нескольким вариантам осуществления может быть предложен электрохимический реактор, предназначенный для осуществления реакций окисления-восстановления разнообразных типов, которые активируются исключительно под действием солнечной энергии, собираемой указанным элементом, непрерывным и устойчивым образом, и, следовательно, пригодный для применения в контексте промышленного производства.

Детали и варианты осуществления могут варьироваться в значительной степени по отношению к описанию, приведенному в настоящем документе исключительно в качестве примера, без ограничения соответствующих принципов и без снижения степени патентной защиты.

Степень патентной защиты определяется прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электрохимический элемент (1), в котором содержатся:

- первая реакционная камера, содержащая первый электрод (104a);
- вторая реакционная камера, содержащая второй электрод (104b);
- мембранно-электродный блок (106), расположенный между первой реакционной камерой и второй реакционной камерой, причем в указанном мембранно-электродном блоке содержится ионообменная мембрана (106a);

- фотоэлектрическая система (101), выполненная с возможностью поглощения солнечной энергии и создания выходного напряжения между первым выходным токоотводом (101a) и вторым выходным токоотводом (101b) фотоэлектрической системы (101), причем указанный первый выходной токоотвод (101a) фотоэлектрической системы (101) выполнен с возможностью селективного присоединения к указанному первому электроду (104a), и указанный второй выходной токоотвод (101b) фотоэлектрической системы (101) выполнен с возможностью селективного присоединения к указанному второму электроду (104b), и при этом соотношение между фоточувствительной площадью указанной фотоэлектрической системы (101) и активной площадью указанного первого электрода (104a) и второго электрода (104b) составляет менее чем или равняется пятидесяти,

причем фотоэлектрическая система (101) содержит множество фотоэлектрических элементов (150), выполненных с возможностью селективного присоединения (S⁺, S⁻, SP, SS) между указанным первым выходным токоотводом (101a) и указанным вторым выходным токоотводом (101b) фотоэлектрической системы (101) в последовательной конфигурации, в параллельной конфигурации или в одной или нескольких комбинированных последовательно-параллельных конфигурациях,

и при этом электрохимический элемент (1) содержит электронный блок (109) управления, выполненный с возможностью присоединения к указанным фотоэлектрическим элементам (150) в конфигурации, выбранной из числа указанных конфигураций в зависимости от одного или нескольких устанавливаемых пользователем параметров и/или от одного или нескольких сигналов, принимаемых от внешнего блока управления, и/или от одного или нескольких сигналов, принимаемых от одного или нескольких датчиков, содержащихся в электрохимическом элементе (1).

2. Электрохимический элемент (1) по п. 1, в котором один или несколько указанных датчиков, содержащихся в электрохимическом элементе (1), представляют собой по меньшей мере один из следующих:

- датчик тока, выполненный с возможностью измерения тока, который протекает через указанный первый электрод (104a) и указанный второй электрод (104b), и

- датчик напряжения, выполненный с возможностью измерения напряжения, приложенного между указанным первым электродом (104a) и указанным вторым электродом (104b).

3. Электрохимический элемент (1) по п. 1 или 2, в котором соотношение между фоточувствительной площадью указанной фотоэлектрической системы (101) и активной площадью указанного первого электрода (104a) и второго электрода (104b) составляет менее чем или равняется десяти, предпочтительно составляет менее чем или равняется пяти и предпочтительнее равняется единице.

4. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, в котором фоточувствительная площадь указанной фотоэлектрической системы (101), активная площадь указанного первого электрода (104a) и активная площадь указанного второго электрода (104b) находятся в диапазоне от 25 см^2 до 1 м^2 , предпочтительно от 50 см^2 до 25 дм^2 и предпочтительнее равняются 100 см^2 .

5. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный первый электрод (104a) содержит первую электропроводную пластину, причем указанная первая реакционная камера состоит из по меньшей мере одного соответствующего проточного канала (105a), вырезанного на поверхности первой электропроводной пластины, которая обращена к указанной ионообменной мембране (106a), и при этом указанный второй электрод (104b) содержит вторую электропроводную пластину, причем указанная вторая реакционная камера состоит из по меньшей мере одного соответствующего проточного канала (105b), вырезанного на поверхности второй электропроводной пластины, которая обращена к указанной ионообменной мембране (106a) в положении, соответствующем указанному проточному каналу (105a), вырезанному на указанной первой электропроводной пластине, в результате чего первая реакционная текучая среда, которая вводится в указанную первую реакционную камеру, и вторая реакционная текучая среда, которая вводится в указанную вторую реакционную камеру, протекают по двум противоположным сторонам ионообменной мембраны (106a) в соответствующих положениях.

6. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий первый газодиффузионный слой (106a), расположенный между указанным первым электродом (104a) и указанной ионообменной мембраной (106a), и второй газодиффузионный слой (106b), расположенный между указанным вторым электродом (104b) и указанной ионообменной мембраной (106a).

7. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий аккумулятор электрической энергии (107), причем указанный электронный блок (109) управления выполнен с возможностью:

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанной фотоэлектрической системе (101) для хранения электрической энергии, производимой в избытке указанной фотоэлектрической системой (101), в ответ на подачу указанной фотоэлектрической системой (101) более высокого выходного напряжения, чем первое пороговое напряжение; и/или

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанному первому электроду (104a) и указанному второму электроду (104b) для передачи электрической энергии, содержащейся в указанном аккумуляторе электрической энергии (107), в ответ на подачу указанной фотоэлектрической системой (101) менее высокого выходного напряжения, чем второе пороговое напряжение; и/или

- присоединения указанного аккумулятора (107) к указанному первому электроду (104a) и указанному второму электроду (104b) для передачи минимального питающего напряжения в течение фазы бездействия указанной фотоэлектрической системы (101); и/или

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанному первому электроду (104a) и указанному второму электроду (104b) для передачи электрической энергии, содержащейся в указанном аккумуляторе электрической энергии (107), в ответ на выходное напряжение указанной фотоэлектрической системы (101), подвергающееся колебанию, прерыванию и/или неожиданному изменению; и/или

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанному электронному блоку (109) управления для передачи электрической энергии в указанный электронный блок (109) управления.

8. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий первый насос (108a), управляемый указанным электронным блоком (109) управления, для регулирования потока первой реакционной текучей среды, которая вводится в указанную первую реакционную камеру, и второй насос (108b), управляемый указанным электронным блоком (109) управления, для регулирования потока второй реакционной текучей среды, которая вводится в указанный вторая реакционная камера.

9. Электрохимический элемент (1) по п. 8, содержащий один или несколько датчиков давления и/или один или несколько датчиков скорости потока для измерения одного или нескольких параметров, которые определяют указанные потоки указанной

первой реакционной текущей среды и указанной второй реакционной текущей среды, причем указанный электронный блок (109) управления выполнен с возможностью управления указанным первым насосом (108a) и указанным вторым насосом (108b) для регулирования рециркуляции и введения указанных реакционных текущих сред в зависимости от указанных измеренных параметров, которые определяют указанные потоки.

10. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий:

- первый делительный клапан (204a), расположенный в выпускном канале из указанной первой реакционной камеры; и

- второй делительный клапан (204b), расположенный в выпускном канале из указанной второй реакционной камеры,

причем указанный первый делительный клапан (204a) выполнен с возможностью выделения первого газообразного продукта реакции из первой реакционной текущей среды, которая вводится в указанную первую реакционную камеру, и направления указанного первого газообразного продукта реакции в первый накопительный резервуар (110a) и повторного введения указанной первой реакционной текущей среды в указанную первую реакционную камеру,

и при этом указанный второй делительный клапан (204b) выполнен с возможностью выделения второго газообразного продукта реакции из второй реакционной текущей среды, которая вводится в указанную вторую реакционную камеру, и направления указанного второго газообразного продукта реакции во второй накопительный резервуар (110b) и повторного введения указанной второй реакционной текущей среды в указанную вторую реакционную камеру.

11. Устройство (40), содержащее:

- множество электрохимических элементов (1) по любому из предшествующих пунктов;

- первый накопительный резервуар (110a) в сообщении с возможностью переноса текущей среды с первыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1) для приема первого газообразного продукта реакции;

- второй накопительный резервуар (110b) в сообщении с возможностью переноса текущей среды со вторыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1) для приема второго газообразного продукта реакции;

- электронный блок (409) управления устройства;

- первый распределительный контур для первой реакционной текучей среды в сообщении с возможностью переноса текучей среды с первыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1), причем первый распределительный контур содержит первый насос (408a) устройства; и

- второй распределительный контур для второй реакционной текучей среды в сообщении с возможностью переноса текучей среды со вторыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1), причем второй распределительный контур содержит второй насос (408b) устройства;

причем указанный электронный блок (409) управления устройства выполнен с возможностью управления указанным первым насосом (408a) устройства для регулирования потока указанной первой реакционной текучей среды, которая вводится в указанный первый распределительный контур, и управления указанным вторым насосом (408b) устройства для регулирования потока указанной второй реакционной текучей среды, которая вводится в указанный второй распределительный контур.

12. Устройство (40) по п. 11, в котором указанный электронный блок (409) управления устройства выполнен с возможностью обмена сигналами управления и/или сигналами обратной связи с указанными электронными блоками (109) управления указанных электрохимических элементов (1).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электрохимический элемент (1), в котором содержатся:

- первая реакционная камера, содержащая первый электрод (104a);
- вторая реакционная камера, содержащая второй электрод (104b);
- мембранно-электродный блок (106), расположенный между первой реакционной камерой и второй реакционной камерой, причем в указанном мембранно-электродном блоке содержится ионообменная мембрана (106a);
- фотоэлектрическая система (101), выполненная с возможностью поглощения солнечной энергии и создания выходного напряжения между первым выходным токоотводом (101a) и вторым выходным токоотводом (101b) фотоэлектрической системы (101), причем указанный первый выходной токоотвод (101a) фотоэлектрической системы (101) выполнен с возможностью селективного присоединения к указанному первому электроду (104a), и указанный второй выходной токоотвод (101b) фотоэлектрической системы (101) выполнен с возможностью селективного присоединения к указанному второму электроду (104b), и при этом соотношение между фоточувствительной площадью указанной фотоэлектрической системы (101) и активной площадью указанного первого электрода (104a) и второго электрода (104b) составляет менее чем или равняется пятидесяти, причем фотоэлектрическая система (101) содержит множество фотоэлектрических элементов (150), выполненных с возможностью селективного присоединения (S+, S-, SP, SS) между указанным первым выходным токоотводом (101a) и указанным вторым выходным токоотводом (101b) фотоэлектрической системы (101) в последовательной конфигурации, в параллельной конфигурации или в одной или нескольких комбинированных последовательно-параллельных конфигурациях, и при этом электрохимический элемент (1) содержит электронный блок (109) управления, выполненный с возможностью присоединения к указанным фотоэлектрическим элементам (150) в конфигурации, выбранной из числа указанных конфигураций в зависимости от одного или нескольких устанавливаемых пользователем параметров и/или от одного или нескольких сигналов, принимаемых от внешнего блока управления, и/или от одного или нескольких сигналов, принимаемых от одного или нескольких датчиков, содержащихся в электрохимическом элементе (1).

2. Электрохимический элемент (1) по п. 1, в котором один или несколько указанных датчиков, содержащихся в электрохимическом элементе (1), представляют собой по меньшей мере один из следующих:

- датчик тока, выполненный с возможностью измерения тока, который протекает через указанный первый электрод (104a) и указанный второй электрод (104b), и

- датчик напряжения, выполненный с возможностью измерения напряжения, приложенного между указанным первым электродом (104a) и указанным вторым электродом (104b).

3. Электрохимический элемент (1) по п. 1 или 2, в котором соотношение между fotocувствительной площадью указанной фотоэлектрической системы (101) и активной площадью указанного первого электрода (104a) и второго электрода (104b) составляет менее чем или равняется десяти, предпочтительно составляет менее чем или равняется пяти и предпочтительнее равняется единице.

4. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, в котором fotocувствительная площадь указанной фотоэлектрической системы (101), активная площадь указанного первого электрода (104a) и активная площадь указанного второго электрода (104b) находятся в диапазоне от 25 см^2 до 1 м^2 , предпочтительно от 50 см^2 до 25 дм^2 и предпочтительнее равняются 100 см^2 .

5. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный первый электрод (104a) содержит первую электропроводную пластину, причем указанная первая реакционная камера состоит из по меньшей мере одного соответствующего проточного канала (105a), вырезанного на поверхности первой электропроводной пластины, которая обращена к указанной ионообменной мембране (106a), и при этом указанный второй электрод (104b) содержит вторую электропроводную пластину, причем указанная вторая реакционная камера состоит из по меньшей мере одного соответствующего проточного канала (105b), вырезанного на поверхности второй электропроводной пластины, которая обращена к указанной ионообменной мембране (106a) в положении, соответствующем указанному проточному каналу (105a), вырезанному на указанной первой электропроводной пластине, в результате чего первая реакционная текучая среда, которая вводится в указанную первую реакционную камеру, и вторая реакционная текучая среда, которая вводится в указанную вторую реакционную камеру, протекают по двум противоположным сторонам ионообменной мембраны (106a) в соответствующих положениях.

6. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий первый газодиффузионный слой (106a), расположенный между указанным первым электродом (104a) и указанной ионообменной мембраной (106a), и второй газодиффузионный слой (106b), расположенный между указанным вторым электродом (104b) и указанной ионообменной мембраной (106a).

7. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий аккумулятор электрической энергии (107), причем указанный электронный блок (109) управления выполнен с возможностью:

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанной фотоэлектрической системе (101) для хранения электрической энергии, производимой в избытке указанной фотоэлектрической системой (101), в ответ на подачу указанной фотоэлектрической системой (101) более высокого выходного напряжения, чем первое пороговое напряжение; и/или

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанному первому электроду (104a) и указанному второму электроду (104b) для передачи электрической энергии, содержащейся в указанном аккумуляторе электрической энергии (107), в ответ на подачу указанной фотоэлектрической системой (101) менее высокого выходного напряжения, чем второе пороговое напряжение; и/или

- присоединения указанного аккумулятора (107) к указанному первому электроду (104a) и указанному второму электроду (104b) для передачи минимального питающего напряжения в течение фазы бездействия указанной фотоэлектрической системы (101); и/или

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанному первому электроду (104a) и указанному второму электроду (104b) для передачи электрической энергии, содержащейся в указанном аккумуляторе электрической энергии (107), в ответ на выходное напряжение указанной фотоэлектрической системы (101), подвергающееся колебанию, прерыванию и/или неожиданному изменению; и/или

- присоединения указанного аккумулятора электрической энергии (107) к указанному электронному блоку (109) управления для передачи электрической энергии в указанный электронный блок (109) управления.

8. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий первый насос (108a), управляемый указанным электронным блоком (109) управления, для регулирования потока первой реакционной текучей среды, которая вводится в указанную первую реакционную камеру, и второй насос (108b), управляемый указанным электронным блоком (109) управления, для регулирования потока второй реакционной текучей среды, которая вводится в указанный вторая реакционная камера.

9. Электрохимический элемент (1) по п. 8, содержащий один или несколько датчиков давления и/или один или несколько датчиков скорости потока для измерения одного или нескольких параметров, которые определяют указанные потоки указанной первой реакционной текучей среды и указанной второй реакционной текучей среды, причем

указанный электронный блок (109) управления выполнен с возможностью управления указанным первым насосом (108a) и указанным вторым насосом (108b) для регулирования рециркуляции и введения указанных реакционных текучих сред в зависимости от указанных измеренных параметров, которые определяют указанные потоки.

10. Электрохимический элемент (1) по любому из предшествующих пунктов, содержащий:

- первый делительный клапан (204a), расположенный в выпускном канале из указанной первой реакционной камеры; и

- второй делительный клапан (204b), расположенный в выпускном канале из указанной второй реакционной камеры,

причем указанный первый делительный клапан (204a) выполнен с возможностью выделения первого газообразного продукта реакции из первой реакционной текучей среды, которая вводится в указанную первую реакционную камеру, и направления указанного первого газообразного продукта реакции в первый накопительный резервуар (110a) и повторного введения указанной первой реакционной текучей среды в указанную первую реакционную камеру,

и при этом указанный второй делительный клапан (204b) выполнен с возможностью выделения второго газообразного продукта реакции из второй реакционной текучей среды, которая вводится в указанную вторую реакционную камеру, и направления указанного второго газообразного продукта реакции во второй накопительный резервуар (110b) и повторного введения указанной второй реакционной текучей среды в указанную вторую реакционную камеру.

11. Устройство (40) для производства химических продуктов, содержащее:

- множество электрохимических элементов (1) по любому из предшествующих пунктов;

- первый накопительный резервуар (110a) в сообщении с возможностью переноса текучей среды с первыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1) для приема первого газообразного продукта реакции;

- второй накопительный резервуар (110b) в сообщении с возможностью переноса текучей среды со вторыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1) для приема второго газообразного продукта реакции;

- электронный блок (409) управления устройства;

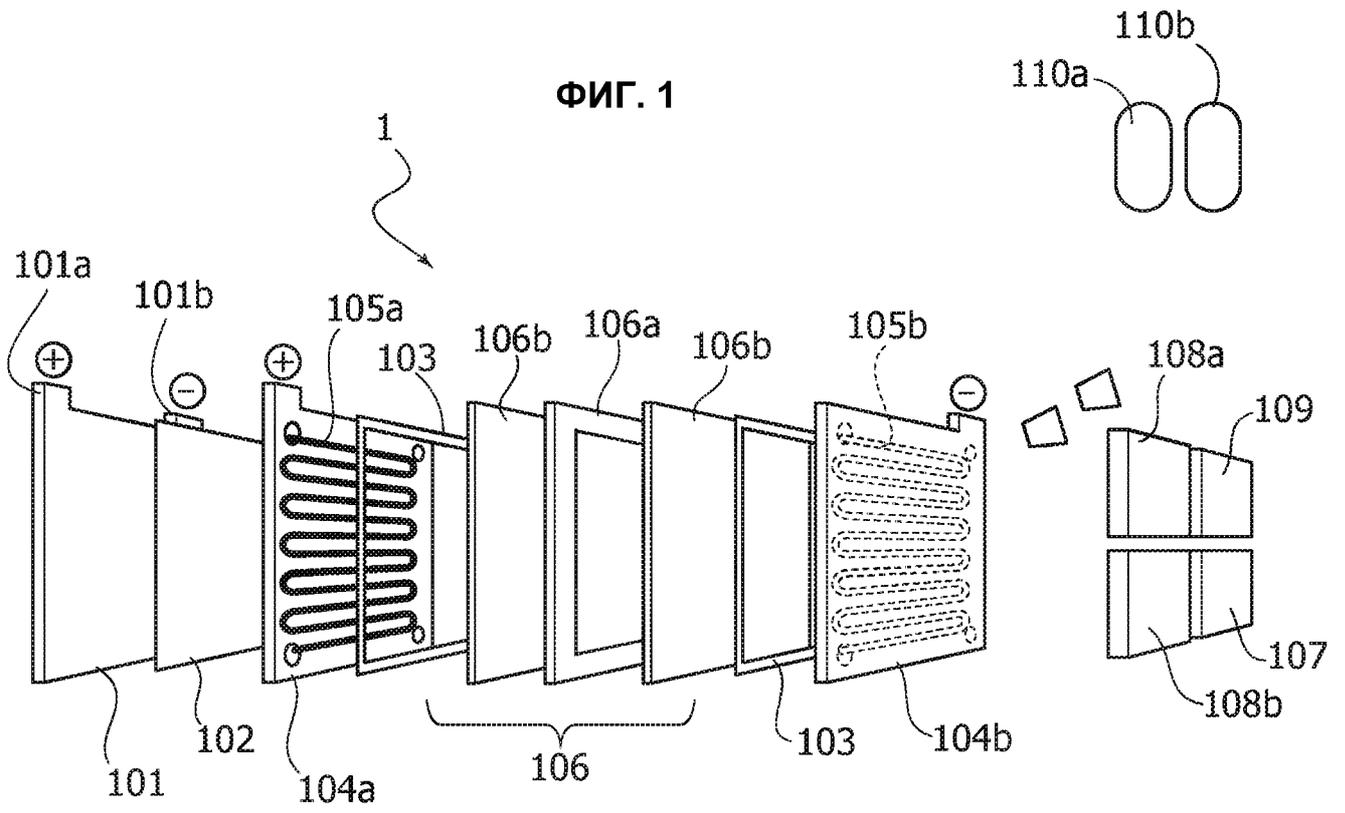
- первый распределительный контур для первой реакционной текучей среды в сообщении с возможностью переноса текучей среды с первыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1), причем первый распределительный контур содержит первый насос (408a) устройства; и

- второй распределительный контур для второй реакционной текучей среды в сообщении с возможностью переноса текучей среды со вторыми реакционными камерами указанных электрохимических элементов (1), причем второй распределительный контур содержит второй насос (408b) устройства;

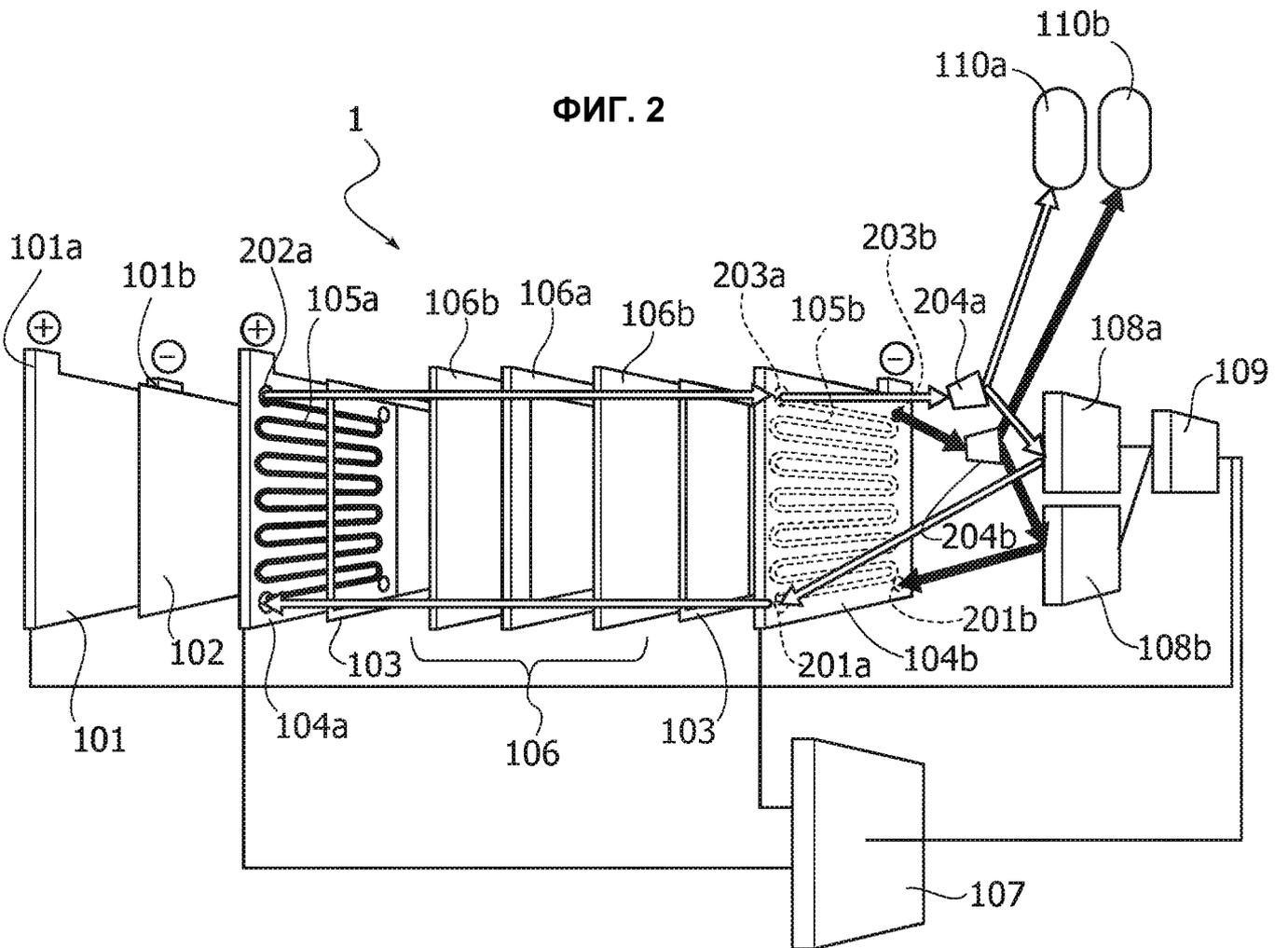
причем указанный электронный блок (409) управления устройства выполнен с возможностью управления указанным первым насосом (408a) устройства для регулирования потока указанной первой реакционной текучей среды, которая вводится в указанный первый распределительный контур, и управления указанным вторым насосом (408b) устройства для регулирования потока указанной второй реакционной текучей среды, которая вводится в указанный второй распределительный контур.

12. Устройство (40) по п. 11, в котором указанный электронный блок (409) управления устройства выполнен с возможностью обмена сигналами управления и/или сигналами обратной связи с указанными электронными блоками (109) управления указанных электрохимических элементов (1).

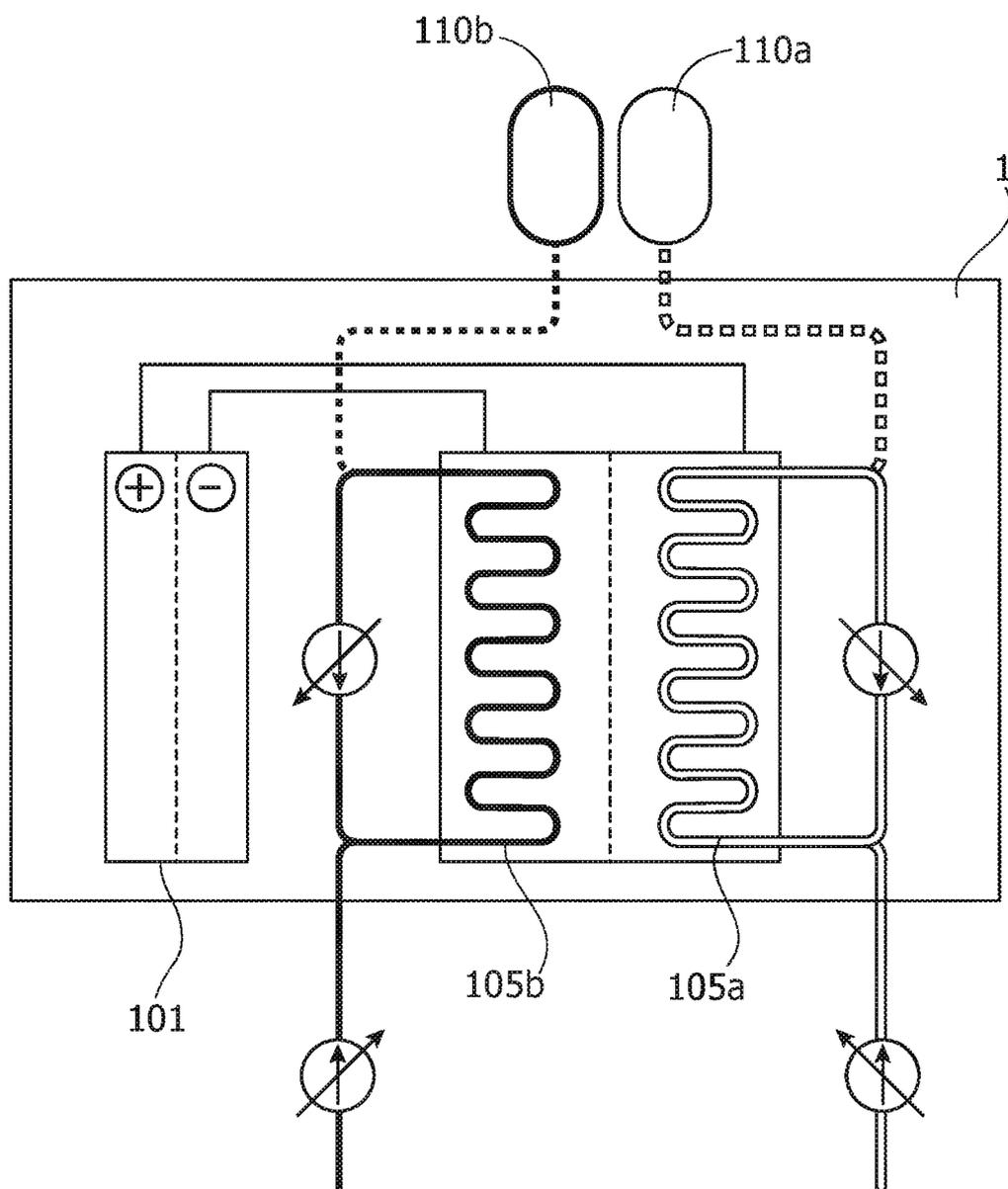
ФИГ. 1



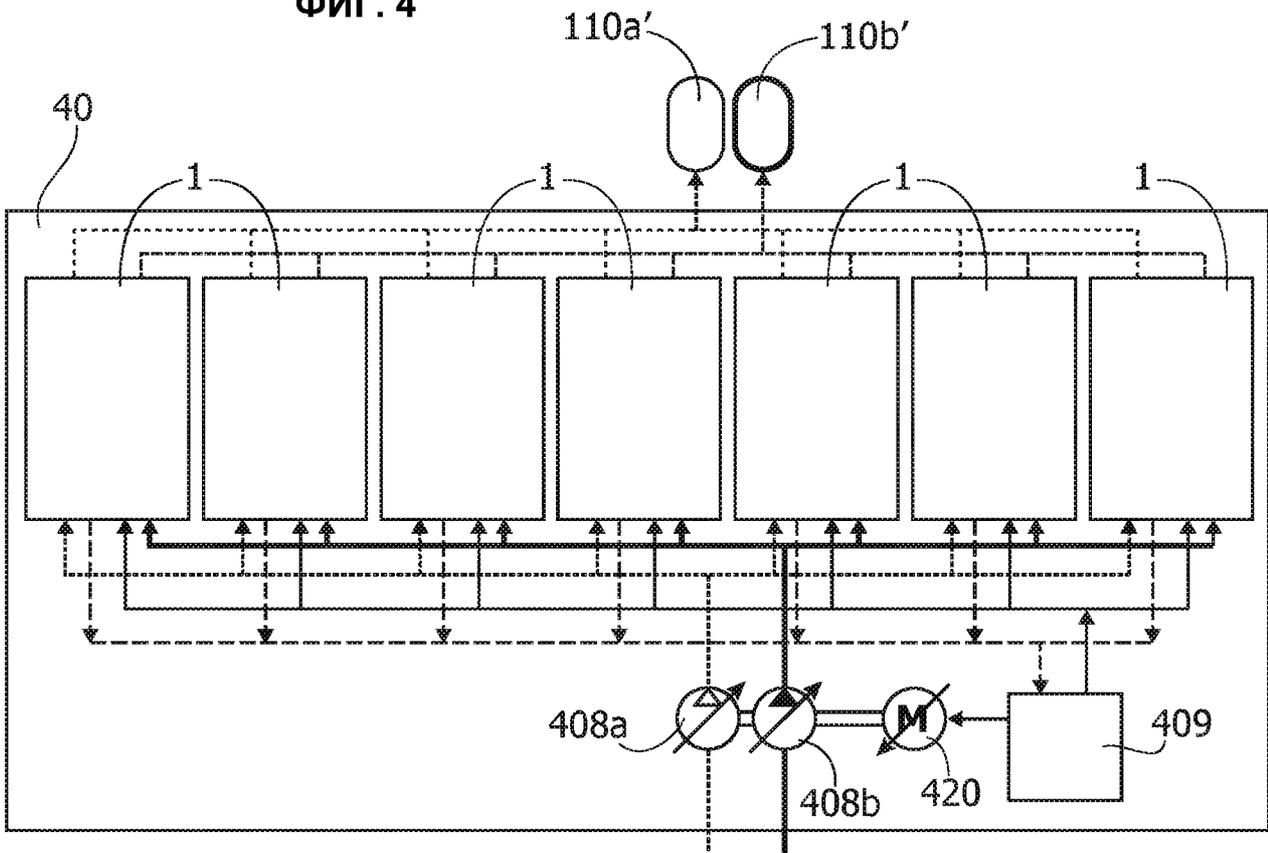
ФИГ. 2



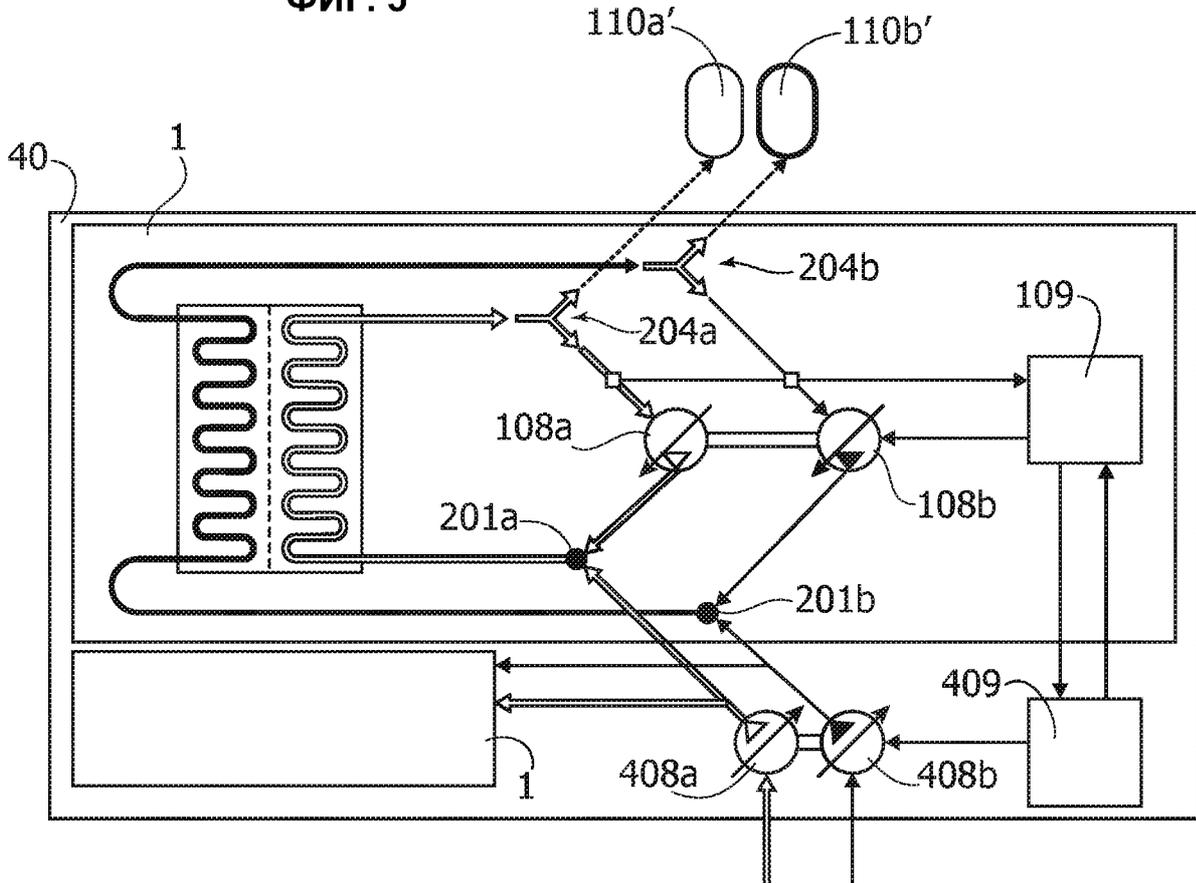
ФИГ. 3



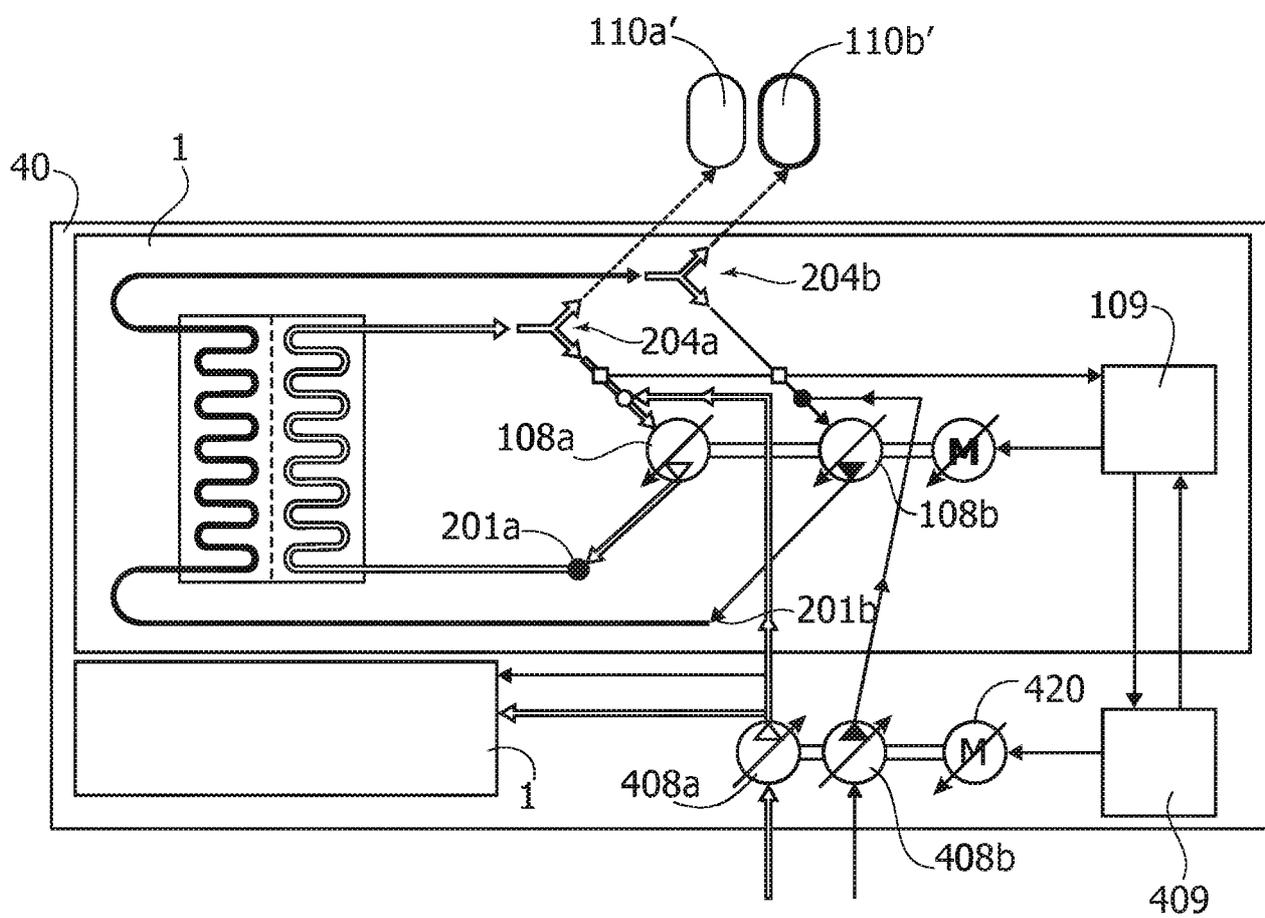
ФИГ. 4



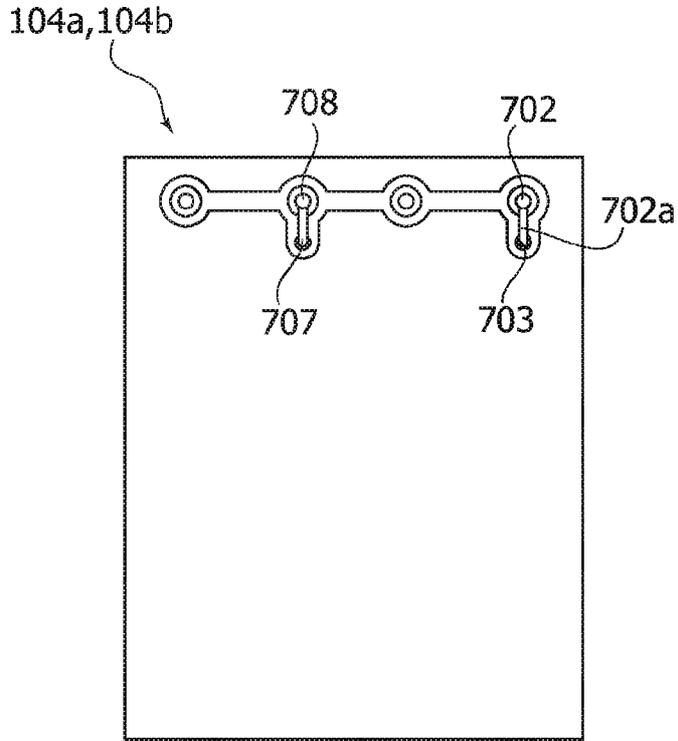
ФИГ. 5



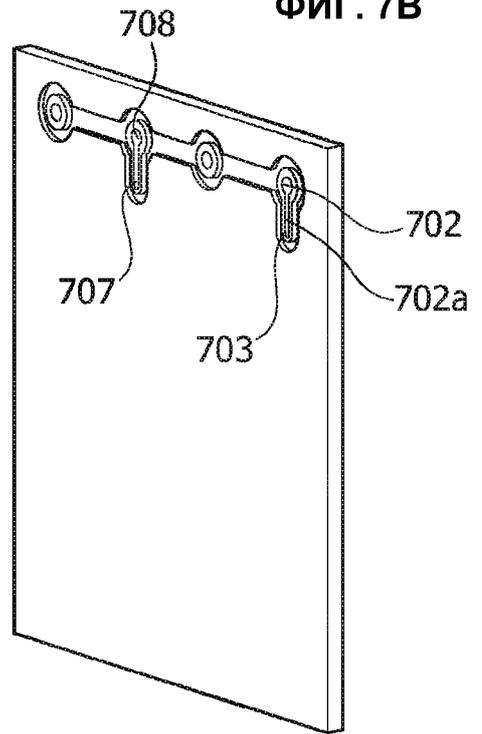
ФИГ. 6



ФИГ. 7А

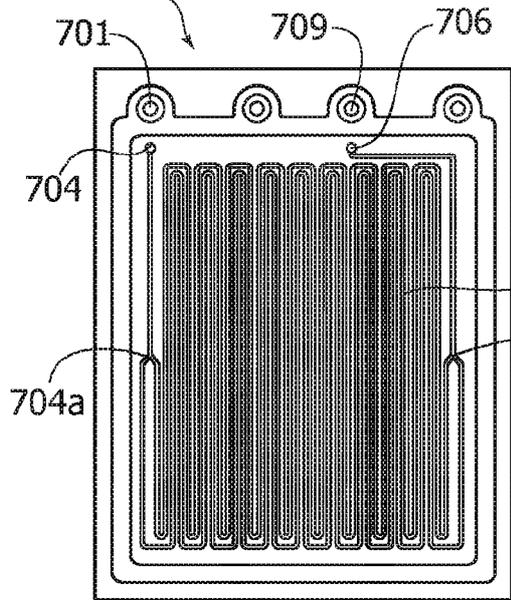


ФИГ. 7В

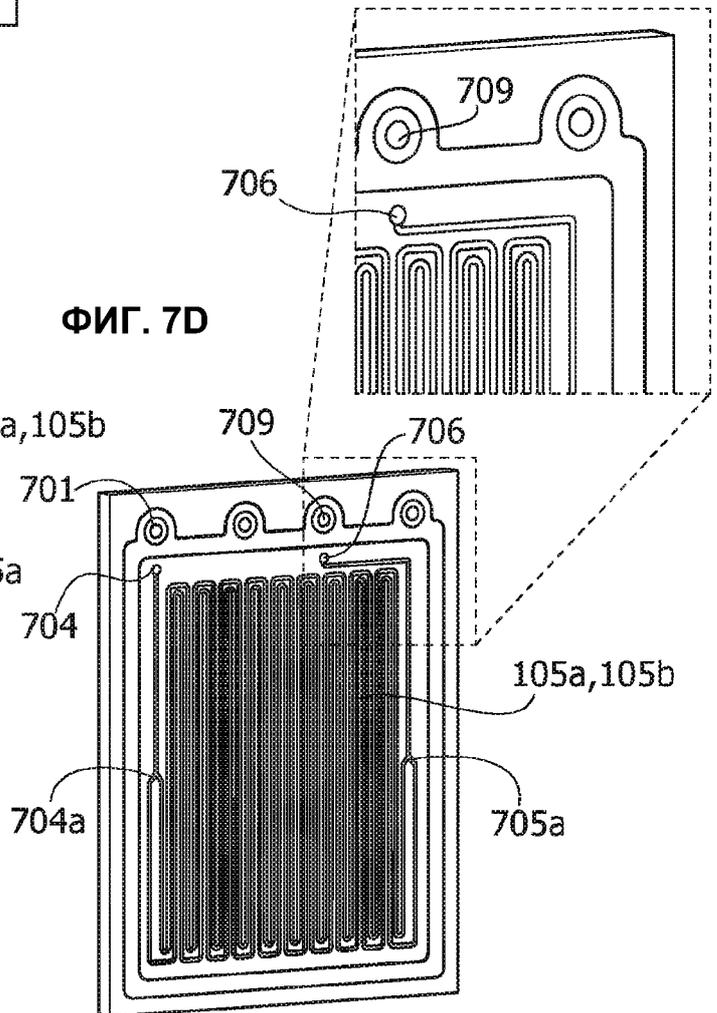


ФИГ. 7Е

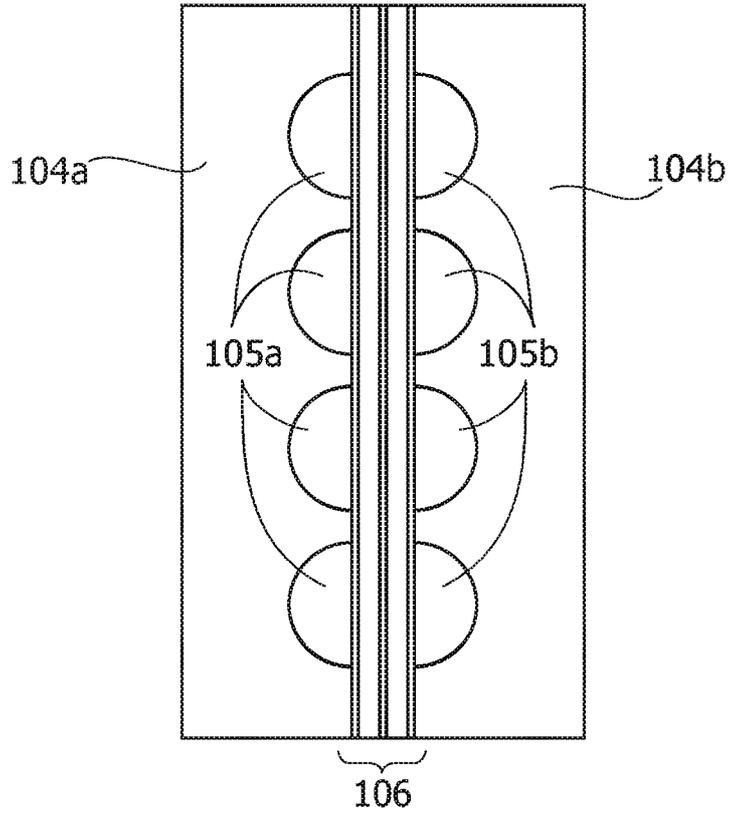
104a,104b ФИГ. 7С



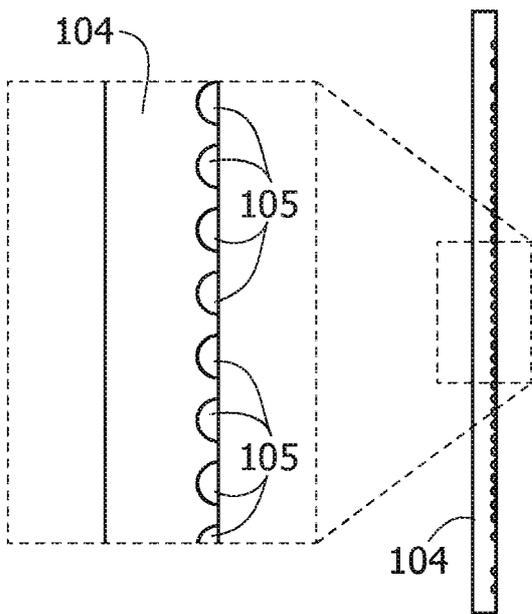
ФИГ. 7D



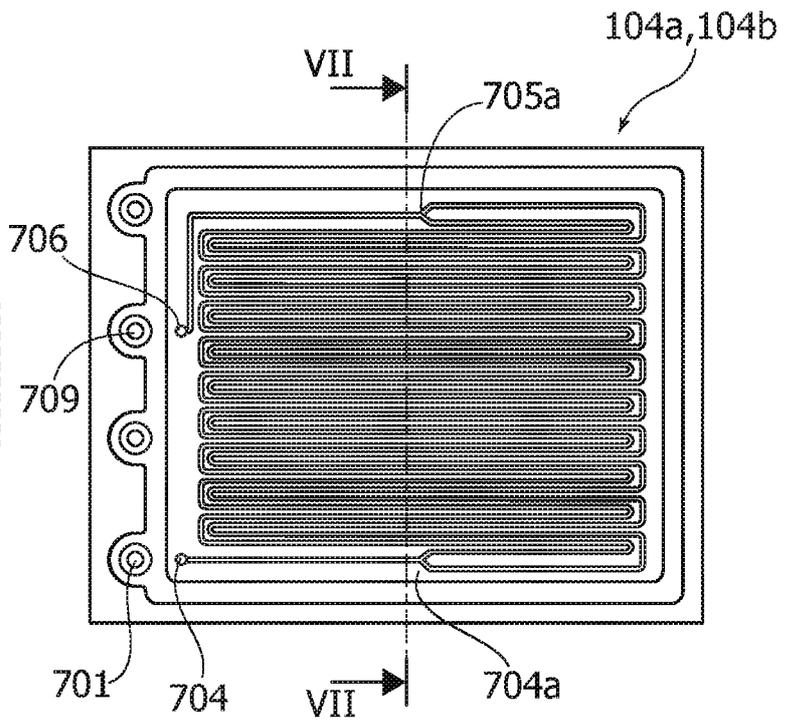
ФИГ. 7F

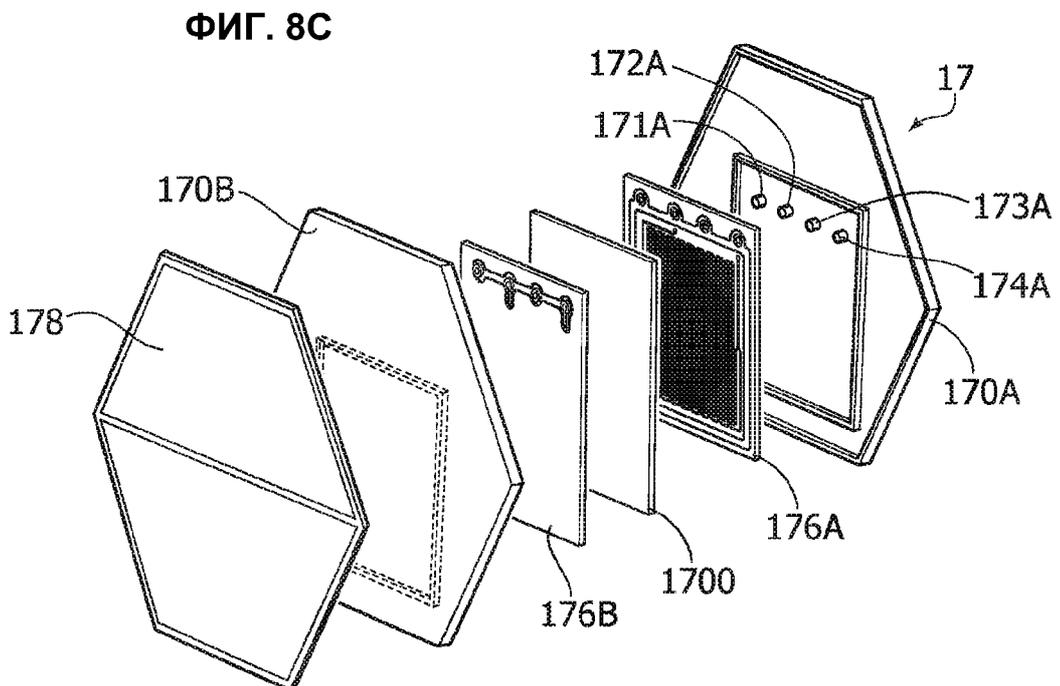
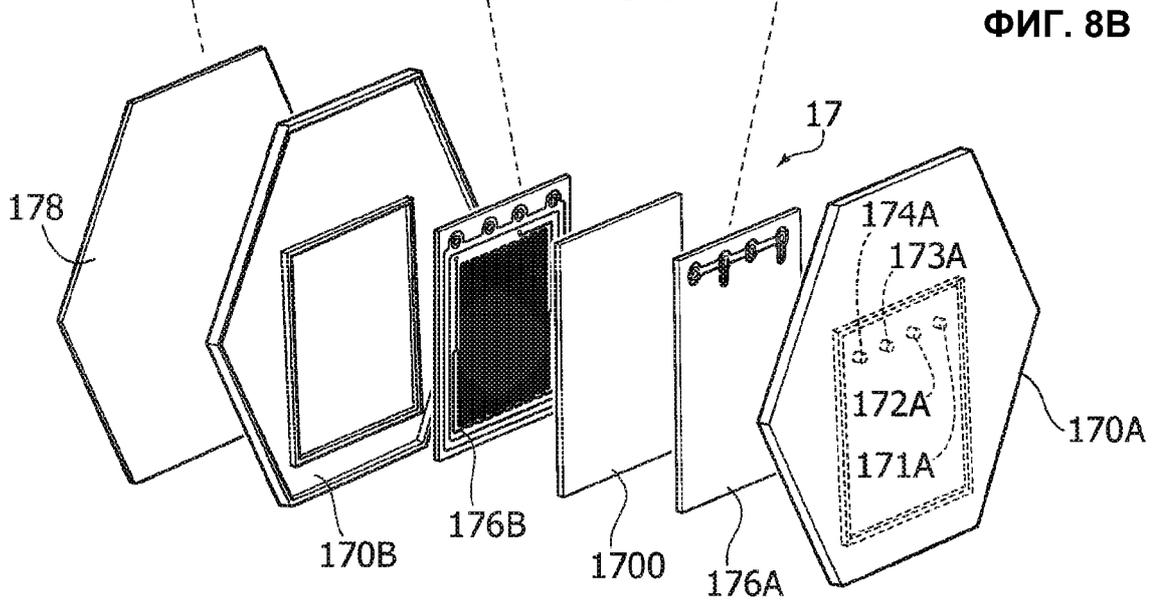
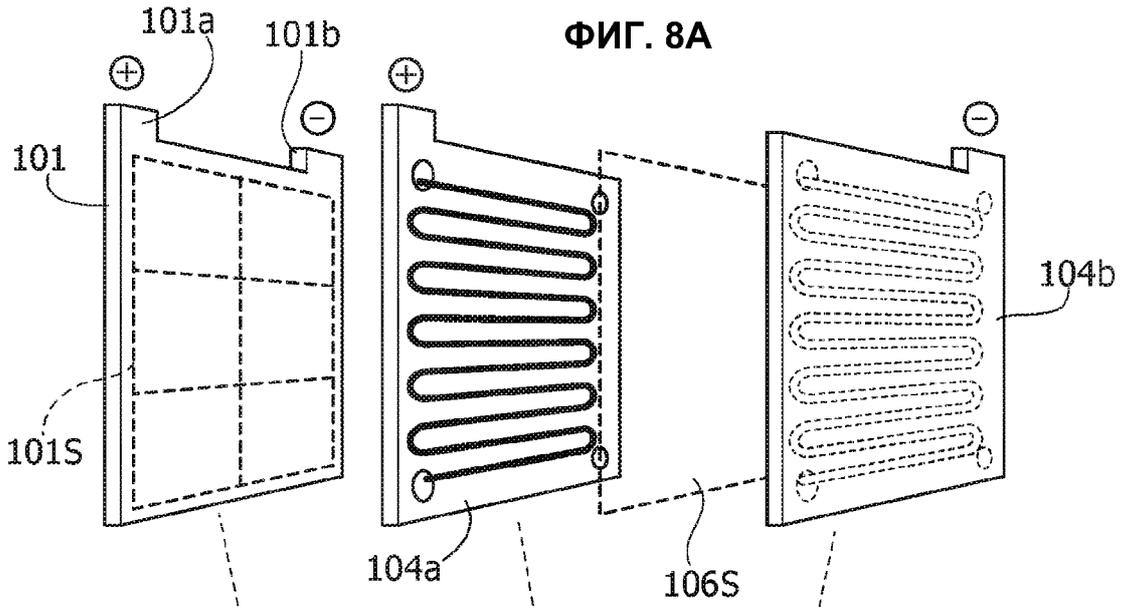


ФИГ. 7H

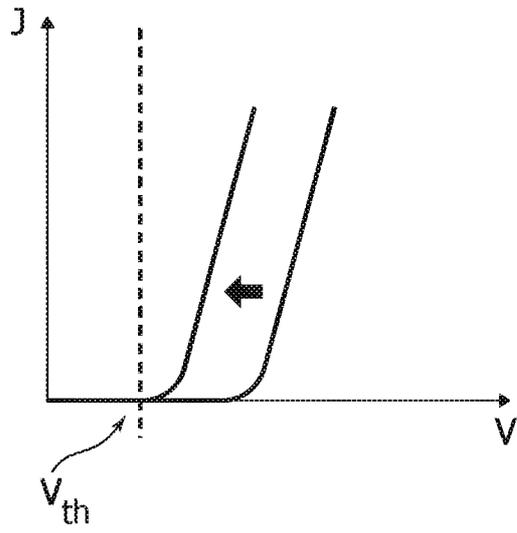


ФИГ. 7G

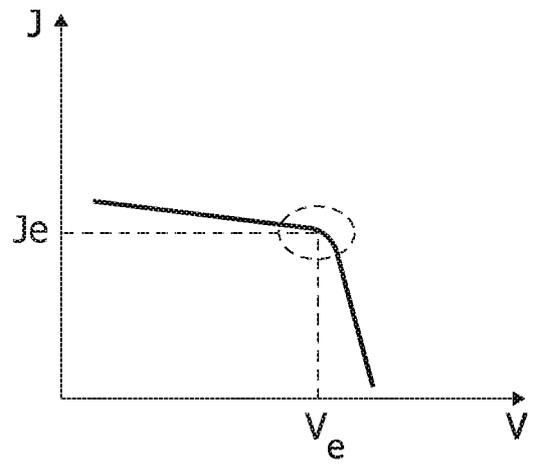




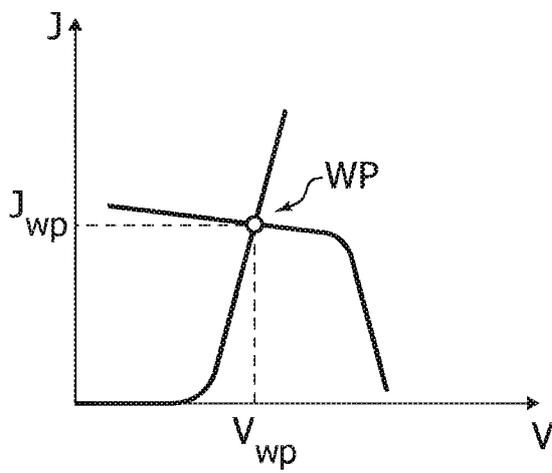
ФИГ. 9



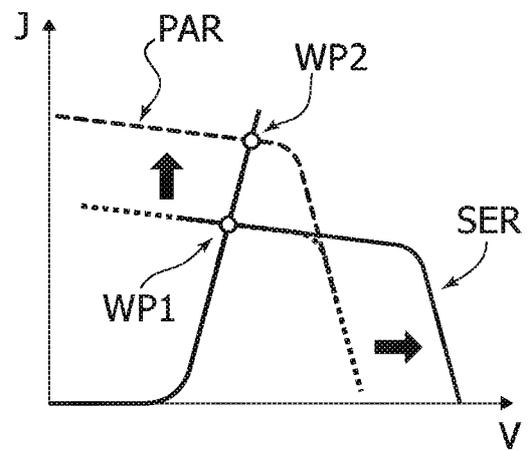
ФИГ. 10



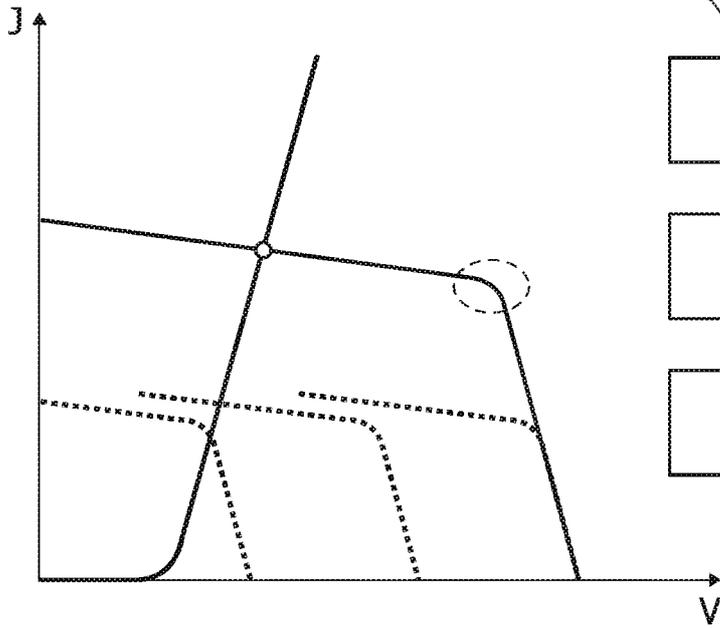
ФИГ. 11



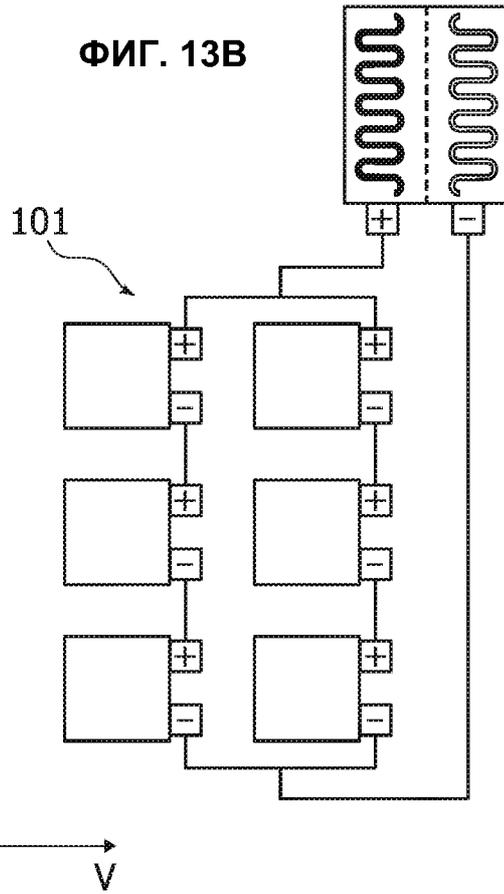
ФИГ. 12



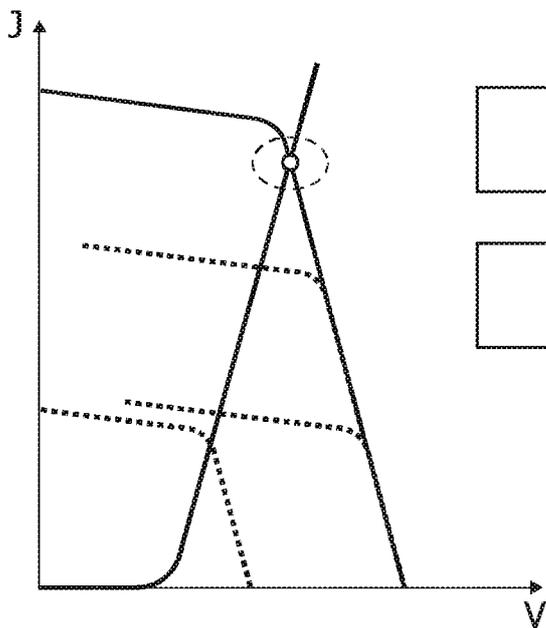
ФИГ. 13А



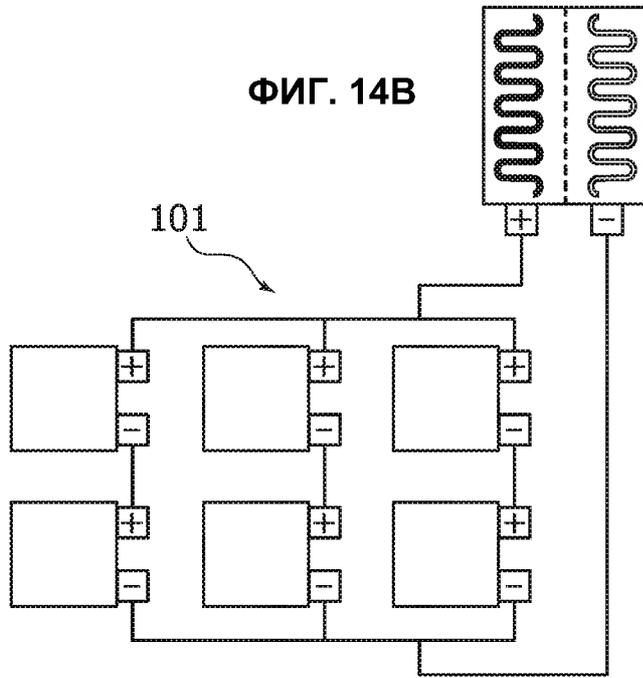
ФИГ. 13В



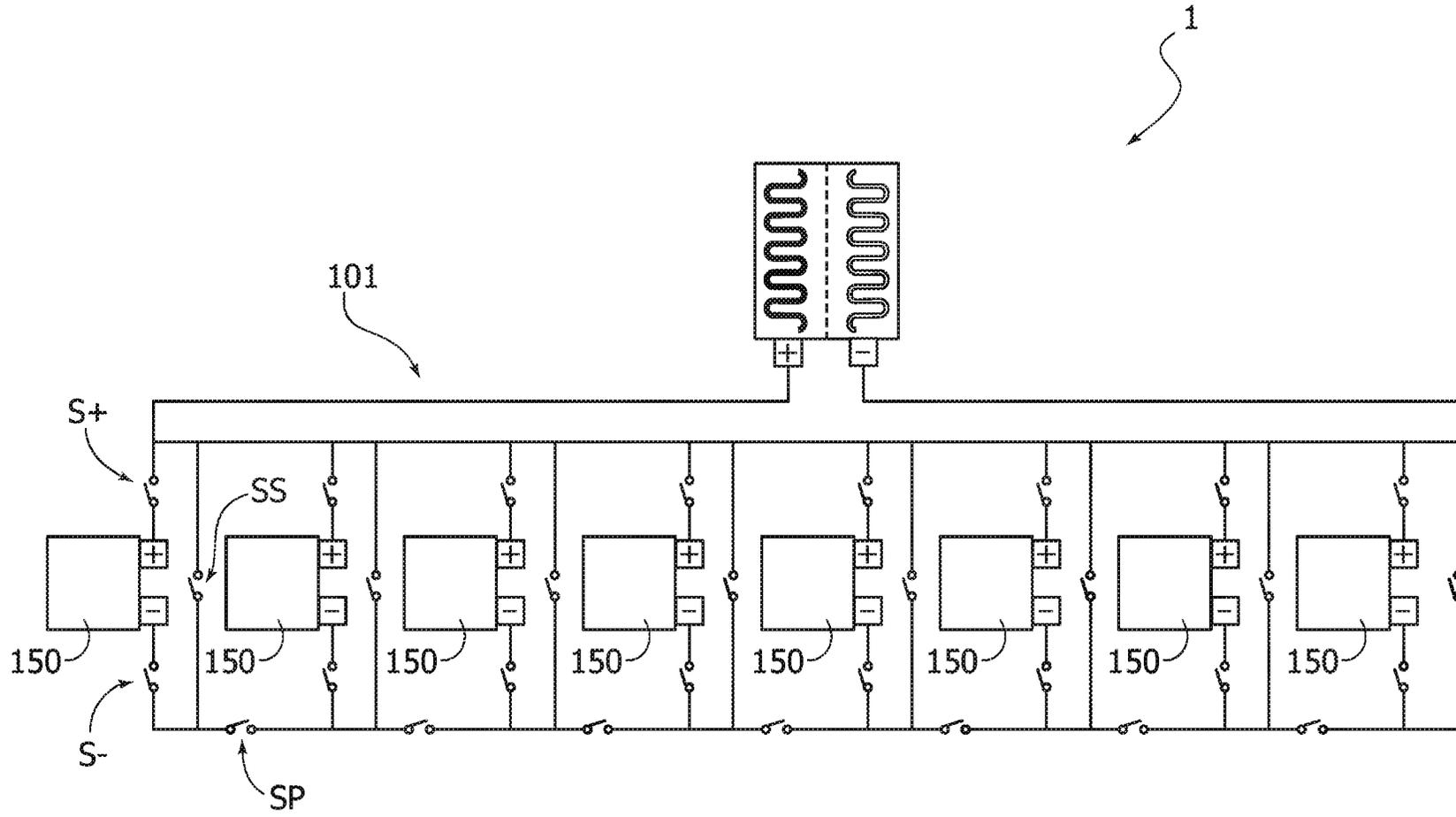
ФИГ. 14А



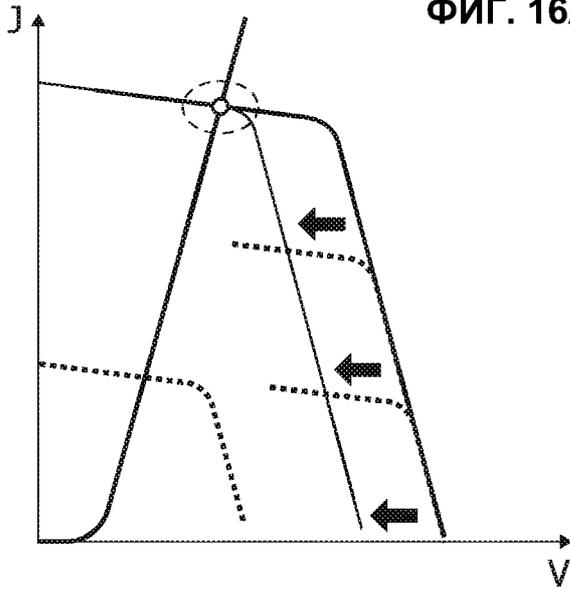
ФИГ. 14В



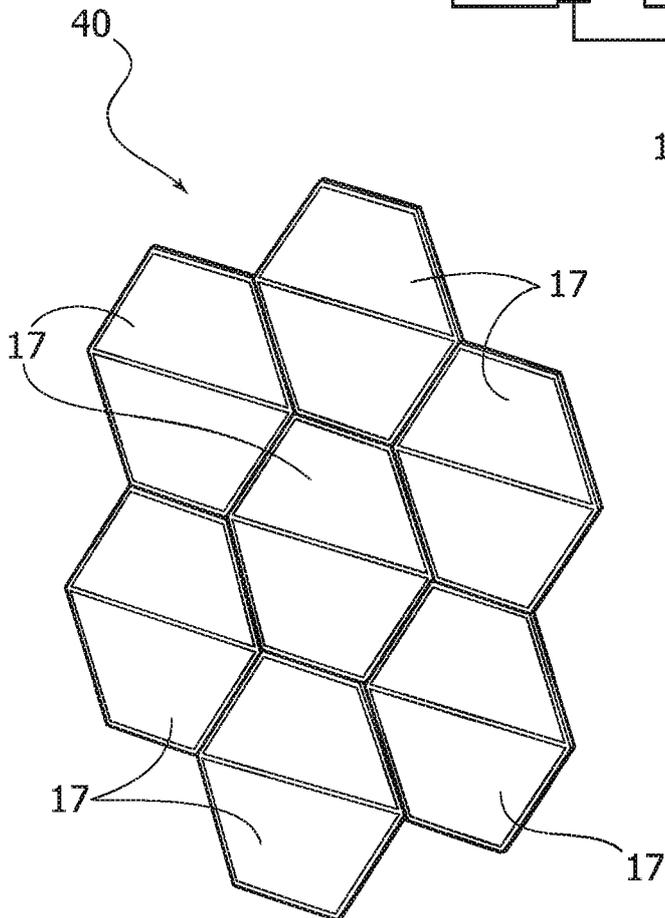
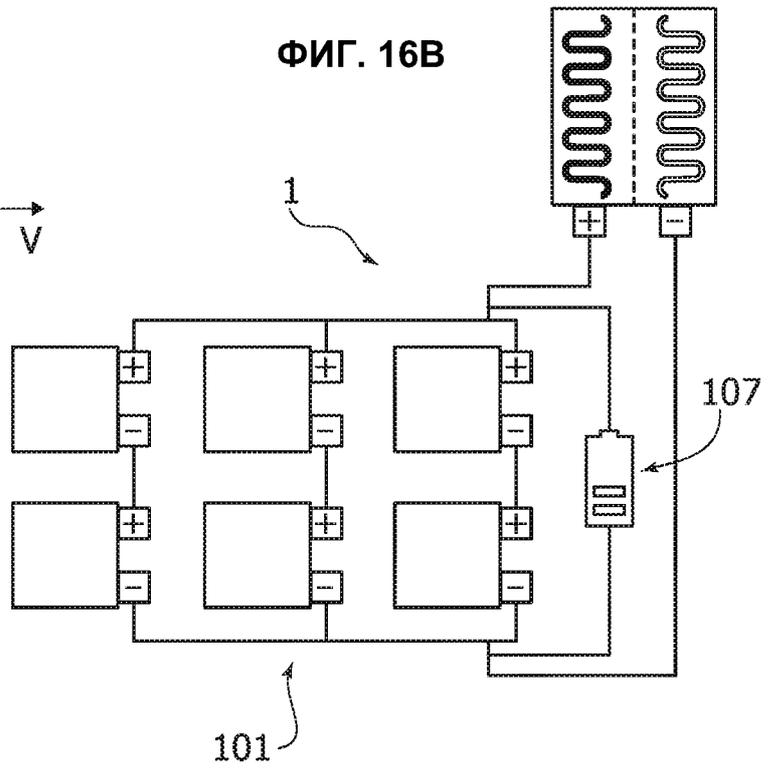
ФИГ. 15



ФИГ. 16А



ФИГ. 16В



ФИГ. 17