



(51) МПК
H01M 8/02 (2006.01)
H01M 8/12 (2006.01)
H01M 4/88 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012105136/07, 12.07.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 12.07.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 17.07.2009 PL P-388558

(43) Дата публикации заявки: 27.08.2013 Бюл. № 24

(45) Опубликовано: 20.12.2013 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 5169731 A, 08.12.1992. US 7553579 B2, 30.06.2009. US 2006147778 A, 06.07.2006. RU 66864 U1, 27.12.2006. RU 2290726 C2, 27.12.2006. RU 2199800 C2, 27.12.2003. EP 1276162 A1, 15.01.2003.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 17.02.2012

(86) Заявка РСТ:
 PL 2010/388558 (12.07.2010)

(87) Публикация заявки РСТ:
 WO 2011/008116 (20.01.2011)

Адрес для переписки:
 105554, Москва, ул. Первомайская, 74, кв.38,
 пат.пов. А.М.Агранович

(72) Автор(ы):

Магонски Збигнев (PL),
 Джорджя Барбара (PL)

(73) Патентообладатель(и):

АГХ Научно-технический университет (PL)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭНЕРГИИ

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к способу изготовления электрохимического преобразователя энергии с твердым электролитом, который включает нанесение металлокерамического материала (2А), (2В) на обе стороны центральной керамической пластины (1), причем на обеих сторонах этой пластины в металлокерамическом материале (2А), (2В) продельывают каналы (3А), (3В), затем каналы (3А), (3В) по обе стороны пластины покрывают слоями

металлокерамического материала (4А), (4В). После этого на обе стороны керамической конструкции, изготовленной таким способом, накладывают токопроводящие конструкции (5А), (5В) и затем последующие слои металлокерамического материала (6А), (6В), содержащие никель; затем на обе стороны керамической конструкции, подготовленной таким образом, наносят следующие покрытия: слои, образующие твердый электролит (7А), (7В), слои, образующие электроды (8А), (8В), и контактные слои (9А), (9В).

Электрохимический преобразователь энергии имеет плоскую многослойную керамическую основу, средний слой которой образует керамическая пластина, неподвижно соединенная с пористыми металлокерамическими слоями (AN1), (AN2), в

которых образованы каналы подачи топлива (ЗА), (ЗВ). Заявленное устройство компактно, технологично в обслуживании и обеспечивает увеличение срока его эксплуатации. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 5 0 2 1 5 8 C 2

RU 2 5 0 2 1 5 8 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

H01M 8/02 (2006.01)*H01M 8/12* (2006.01)*H01M 4/88* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012105136/07, 12.07.2010**(24) Effective date for property rights:
12.07.2010

Priority:

(30) Convention priority:

17.07.2009 PL P-388558(43) Application published: **27.08.2013 Bull. 24**(45) Date of publication: **20.12.2013 Bull. 35**(85) Commencement of national phase: **17.02.2012**

(86) PCT application:

PL 2010/388558 (12.07.2010)

(87) PCT publication:

WO 2011/008116 (20.01.2011)

Mail address:

**105554, Moskva, ul. Pervomajskaja, 74, kv.38,
pat.pov. A.M.Agranovich**

(72) Inventor(s):

**Magonski Zbigniew (PL),
Dziurdzia Barbara (PL)**

(73) Proprietor(s):

AGKh Nauchno-tekhnicheskij universitet (PL)(54) **MANUFACTURING METHOD OF ELECTROCHEMICAL ENERGY CONVERTER, AND ELECTROCHEMICAL ENERGY CONVERTER**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention refers to a manufacturing method of an electromechanical energy converter with a solid electrolyte that includes application of metal ceramic material (2A), (2 B) onto both sides of central ceramic plate (1); on both sides of the same plate in metal of ceramic material (2A), (2B) there made are channels (3A), (3B); then, channels (3A), (3B) on both sides of the plate are coated with layers of metal ceramic material (4A), (4B). After that, on both sides of the ceramic structure made using such a method there applied are current-carrying structures (5A), (5B),

and then, further layers of metal ceramic material (6A), (6B), which contain nickel. Then, the following coatings are applied onto both sides of ceramic structure prepared in such a way: layers forming solid electrolyte (7A), (7B), layers forming electrodes (8A), (8B), and contact layers (9A), (9B). Electrochemical energy converter has a flat multilayered ceramic base, the average layer of which is formed with the ceramic plate rigidly attached to porous metal ceramic layers (AN1), (AN2), in which fuel supply channels (3A), (3B) are formed.

EFFECT: device is compact and processible and ensures increase of its service life.

14 cl, 4 dwg

Данное изобретение относится к способу изготовления электрохимического преобразователя энергии, причем такого электрохимического преобразователя энергии, который предназначен для преобразования химической энергии в электрическую энергию. Керамическую конструкцию электрохимического преобразователя энергии можно также использовать для получения водорода.

Высокотемпературные топливные элементы обеспечивают высокую эффективность процесса преобразования химической энергии в электрическую энергию. Подобные преобразователи обладают преимуществом бесшумной работы без механической вибрации, а также весьма выгодным коэффициентным отношением выработанной энергии к массе и размерам преобразователя. Электрохимические преобразователи оказывают минимальное воздействие на разрушение природной среды. Типичный высокотемпературный топливный элемент содержит твердый электролит, обычно изготовленный из диоксида циркония, стабилизированного иттрием. Твердый электролит закрыт с двух сторон электродами, проницаемыми для газов. При высокой температуре циркониевая керамика проявляет сильную проводимость ионов (ионную проводимость). Поскольку сквозь керамический слой могут проникать только ионы кислорода, электролит поляризуется благодаря падению давления кислорода внутри электролита. Одна из поверхностей электролита будет иметь положительный заряд, в то время как на противоположной поверхности электролита будут выделяться свободные электроны в результате реакции между ионами кислорода и топливом, а именно водород или окись углерода, что приведет к ее отрицательной поляризации. Подключение внешней электрической цепи к электродам приведет к образованию электрического тока, который будет уравнивать ионный поток. Согласно специфическим условиям эксплуатации, электроды должны обладать хорошей электрической проводимостью, проницаемостью для газов, устойчивостью к высокой температуре (порядка 800°C), а также устойчивостью к внезапным изменениям температуры. Первостепенное значение имеет обеспечение отсутствия протечек в каналах подачи топлива, поскольку процесс горения, отличный от электрохимического, приводит к катастрофическому разрушению преобразователя энергии. Проблемы, связанные с обеспечением непроницаемости, лучшим образом были решены в электролитических генераторах энергии, имеющих цилиндрическую конфигурацию.

Пример осуществления такого варианта конструкции представлен в патенте США US №4395468. Как следует из описания, стабилизированная циркониевая керамика, образующая электролит, в виде тонкого слоя нанесена на цилиндрическую керамическую подложку. Эта конструкция имеет ряд ценных преимуществ, а именно: простота размещения электрических соединений между топливными элементами, удобство размещения воздухонагревателей. Вместе с тем, наиболее ценное преимущество этого решения состоит в том, что удлиненная цилиндрическая керамическая подложка может быть надежно изолирована от зоны электрохимического горения, которая является зоной низкой температуры. Это обеспечивает благоприятные условия для выполнения непроницаемых соединений без утечек на пути перемещения топлива. Цилиндрическая конструкция применима для генераторов высокой мощности, однако, в случае небольших генераторов ухудшается показатель выработки энергии на единицу объема генератора.

Существуют плоскостные конструкции преобразователей химической энергии в электрическую энергию, известные из патентов US №4276355 и US №7531053. Как следует из описаний, эти конструкции включают множество топливных элементов,

связанных электрическими соединениями. Топливные элементы образуют батарею, в которой каждый керамический топливный элемент помещен между двумя пластинами. Каждая пластина является разделителем между соответствующими керамическими элементами и оснащена с обеих сторон открытыми продольными каналами для
5 подачи топлива и воздуха, причем каналы для подачи топлива расположены перпендикулярно каналам подачи воздуха. Разделители, представленные в описании к патенту US №7531053, изготовлены из нержавеющей стали с коэффициентом линейного теплового расширения, близким по значению к коэффициенту линейного
10 теплового расширения электролита.

Плоскостная конфигурация обеспечивает наиболее высокие показатели выработки энергии на единицу объема батареи. Вместе с тем, принимая во внимание тонкую и хрупкую структуру электролита, он является чувствительным к воздействию резкого
15 изменения температуры, поэтому требует применения специальных уплотнительных прокладок, устойчивых к высоким температурам.

Существует топливный элемент, известный из патента US №6969565, в котором каждый топливный элемент (ячейка) изготавливался на временной силиконовой подложке, на которую при помощи вакуумной технологии наносились тонкие
20 электродные слои и слой электролита. Затем в силиконовой подложке способом фотолитографии делались продолговатые отверстия. Эти отверстия служат каналами, предназначенными для подачи топлива и окисляющего компонента. В результате пробивки указанных отверстий функция опорного элемента передается
25 электролитному слою. После нанесения совместимых электродных слоев на оставшиеся силиконовые участки, топливные элементы (ячейки) собираются в батарею и одновременно скрепляются способом спекания. Конструкция спроектирована таким образом, что в процессе спекания слои из одинаковых материалов скрепляются, обеспечивая высокую степень стабильности от элемента к
30 элементу, устойчивости к внезапным изменениям температуры и надежности.

Существует топливный элемент, известный из патента США US №7553579. Согласно описанию, он обладает повышенной устойчивостью к резким изменениям температуры и к механической вибрации. Оснащение элемента (ячейки) включает как керамические элементы, так и металлические элементы, прикрепленные по обеим
35 сторонам при помощи верхнего гибкого элемента и нижнего гибкого элемента. Оба гибких элемента определяют положение центрального топливного элемента, положение канала подачи топлива, положение канала подачи воздуха, а также положение коллектора, который отводит продукты горения. При помощи
40 дополнительных гибких элементов керамическая ячейка (элемент) удерживается внутри металлического корпуса таким образом, чтобы избежать прямого контакта с металлическим корпусом. Кроме того, металлический корпус помещен между верхним и нижним гибкими элементами, которые действуют как уплотнительные прокладки и элементы, определяющие положение электродов. Керамическая ячейка соединена с
45 электродами при помощи пористой никелевой пены, проницаемой для газов. Применяемое металлокерамическое оснащение ячейки (элемента) служит защитным кожухом и обеспечивает гибкое подвешивание хрупкой конструкции ячейки (элемента). Оно также создает благоприятные условия для скрепления ячеек
50 (элементов) в батарее. Электрохимический преобразователь энергии, представленный в данном изобретении, обладает преимуществами, свойственными цилиндрической конструкции, а также выгодным отношением выработки энергии к единице объема генератора.

Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии согласно данному изобретению заключается в том, что металлокерамические конструкции, в которых образованы каналы, накладываются с обеих сторон на центральную плоскую керамическую пластину. Затем каналы по обеим сторонам покрываются 5 металлокерамическими слоями, содержащими никель, после этого слои обжигаются таким образом, чтобы керамические слои с каждой стороны обжигались одновременно. Затем обе стороны керамической конструкции покрываются соответственно: слоями, образующими твердый электролит, слоями, образующими 10 электроды, и слоями, содержащими контакты. Далее, контактные слои подключаются к выходным зажимам.

Каналы в электрохимическом преобразователе энергии могут быть изготовлены одним из описанных ниже способов. В первом из вариантов осуществления настоящего изобретения каналы в керамической конструкции изготовлены одним из 15 методов машинной обработки, например, фрезеровкой перед обжигом или обработкой ультразвуком после обжига. Во втором варианте исполнения электрохимического преобразователя энергии каналы в керамической конструкции изготавливают методом лазерной абляции (лазерного выжигания). В третьем варианте исполнения электрохимического преобразователя энергии каналы в керамической 20 конструкции изготавливают методом формовки, предварительно поместив центральную керамическую пластину в отливочную форму. Согласно четвертому варианту исполнения электрохимического преобразователя энергии, каналы в керамической конструкции изготавливают методом фотогравировки, на основе 25 керамических композиций, пригодных для фотогравирования.

Электрохимический преобразователь энергии согласно этому варианту осуществления имеет плоскую многослойную керамическую конструкцию, средний слой которой образует центральная керамическая пластина, обладающая высокой 30 плотностью и прочностью, неподвижно скрепленная с двух сторон с пористыми металлокерамическими слоями, в которых проделаны каналы подачи топлива ЗА, ЗВ. Изготовленная таким образом керамическая база имеет на части своей поверхности с обеих сторон керамические слои твердого электролита, которые наложены на базу и неподвижно закреплены на ней и которые, в свою очередь, имеют на части своей 35 поверхности электродные слои, пронизываемые для газов, проводящие электрический ток и покрытые на части своей поверхности контактными слоями. Помимо этого, электрохимический преобразователь энергии оснащен металлическими токопроводящими конструкциями, которые целесообразно утоплены в пористых 40 металлокерамических слоях, причем металлические проводящие ток конструкции могут быть изготовлены на основе следующих материалов: пронизываемых для газов слоев платины, никелевых нанотрубок или никелевых сеток.

Решение согласно изобретению обеспечивает простоту соединения ячеек (элементов) в батарее. Благодаря плоской конструкции, можно достичь высокой 45 степени компактности, что, в свою очередь, делает возможным получение выгодного коэффициента отношения выработанной энергии к объему. Соединения, предназначенные для подачи топлива, которые удалены от высокотемпературной зоны, а также удаленные электрические соединения могут функционировать при 50 температурах намного ниже рабочей температуры ячейки (топливного элемента). Благодаря этому минимизированы процессы снижения производительности соединительных элементов на пути подачи топлива и электрических соединений, что позволит увеличить время эксплуатации.

Относительно низкая температура вблизи соединительных элементов на пути подачи топлива делает возможным использование низкоплавкого металлического герметика или дешевых полимерных уплотнителей. Соединения, изготовленные из низкоплавкого металлического связующего вещества, относительно легко разбираются (демонтируются). Это преимущество делает возможным отсоединение отдельной ячейки (элемента) с целью ремонта батареи.

Заявленное решение иллюстрируется следующими фигурами:

Фиг.1. Последовательность слоев интегрированной сдвоенной ячейки (элемента) электрохимического преобразователя энергии.

Фиг.2. Общий вид преобразователя на основе интегрированных сдвоенных ячеек (элементов) и разрез, показывающий расположение утопленных токопроводящих конструкций

Фиг.3. Устройство каналов внутри керамической конструкции ячейки (элемента) в соответствии с изобретением.

Фиг.4. Генератор тока, реализованный на основе батареи преобразователей энергии в соответствии с изобретением.

Примеры осуществления

Осуществление одного элемента (ячейки) преобразователя включает:

- подготовку базовой керамической пластины, что включает высекание заданного контура и отверстий;
- нанесение, по обеим сторонам базовой керамической пластины, слоев керамической композиции, полученной на основе диоксида циркония, стабилизированного иттрием, и содержащей двуокись никеля; 2 x керамической пленки толщиной 100 тц м;
- термическую обработку, 200°C - 1 час;
- образование каналов по обеим сторонам пластины при помощи микротехники с числовым программным управлением типа CNC;
- обжиг керамической конструкции; фаза I: 450°C - 1 час; фаза II: 1520°C - 2 часа;
- нанесение, по обеим сторонам керамической конструкции, керамической пленки (100 тц м), полученной на основе диоксида циркония, стабилизированного иттрием и содержащей двуокись никеля;
- обжиг керамической конструкции; фаза I: 450°C - 1 час; фаза II: 1520°C - 2 часа;
- наложение металлической токопроводящей конструкции в виде платиновых полос шириной 100 тц м по обеим сторонам керамической конструкции;
- обжиг металлических токопроводящих конструкций, 950°C - 1 час;
- нанесение, по обеим сторонам керамической конструкции, керамической пленки (100 тц м), полученной на основе диоксида циркония, стабилизированного иттрием и содержащей двуокись никеля;
- обжиг керамической конструкции; 950°C - 1 час;
- нанесение двух слоев электролитной керамической композиции на основе диоксида циркония, стабилизированного иттрием, способом трафаретной печати, по обеим сторонам керамической конструкции;
- обжиг керамической конструкции; фаза I: 450°C - 1 час; фаза II: 1520°C - 2 часа,
- нанесение слоев токопроводящей керамической композиции на основе (La₁Sr)MnO₃ по обеим сторонам керамической конструкции способом трафаретной печати;
- обжиг керамической конструкции, 950°C - 1 час;
- заделку края керамической конструкции (C-129 glass, ESL);
- нанесение контактных слоев по обеим сторонам керамической конструкции

способом трафаретной печати (Au паста);

- обжиг керамической конструкции, 950°C - 0,5 часа;
- присоединение выходных зажимов к контактам (Au проволока, 0,3 мм);
- 5 - восстановление двуокиси никеля в пористых металлокерамических слоях, при температуре 850°C, N₂+H₂.

Пример осуществления электрохимического преобразователя энергии

Электрохимический преобразователь энергии имеет плоскую многослойную конструкцию, средний слой которой образует керамическая пластина 1, обладающая
10 высокой плотностью и прочностью, неподвижно соединенная с пористыми металлокерамическими слоями AN1, AN2, в которых образованы каналы подачи топлива 3А, 3В. Керамическая конструкция изготовлена таким образом, что на обе ее поверхности нанесены керамические слои твердого электролита 7А, 7В, неподвижно
15 соединенные с керамической конструкцией, поверхность которых частично покрыта электродными слоями 8А, 8В, которые, в свою очередь, проницаемы для газов. проводят электрический ток и покрыты на части поверхности контактными слоями 9А, 9В.

Металлические проводящие конструкции 5А, 5В, утопленные в пористых
20 металлокерамических слоях AN1, AN2, оказывают благоприятное влияние на электропроводящие, каталитические, термические и механические свойства слоев, образующих катоды элемента (ячейки). Особенно большие преимущества дает применение утопленного слоя, созданного на основе правильно ориентированных никелевых нанотрубок. Этот материал, благодаря большой активной поверхности,
25 представляется лучшим из всех каталитических материалов, известных для применения в этой области. Высокая теплопроводность нанотрубок имеет особую важность, особенно для данной конструкции, поскольку она снижает сопротивление между электролитом и выходными контактами.

Изготовленная таким образом керамическая конструкция содержит два
30 независимых генератора тока, которые могут быть подключены, причем включение может быть параллельным и последовательным. Эти комбинированные конструкции соединены в батарее при помощи металлических разделителей 10.

В осуществлении согласно данному изобретению используют два типа соединений.
35 Внутри керамической конструкции, которая является прочным и неделимым элементом, непроницаемость каналов подачи топлива и удаления продуктов горения обеспечивается керамическими соединениями, полученными спеканием материалов идентичной структуры. Газовые соединения между элементами (ячейками)
40 изготовлены в виде металлических соединений, обладающих определенной гибкостью. Металлические разделители 10, изготовленные из мягкого материала, выполняют одновременно функции соединения и герметизации. На фиг.4 представлен электрохимический генератор тока, в котором использована батарея преобразователей в соответствии с изобретением. Данная батарея преобразователей
45 помещена в камеру VI, изготовленную из изолирующего материала и продуваемую воздухом. Конструкция преобразователя энергии обеспечивает возможность разместить электрические соединения и газовые соединения вне камеры, что позволяет поддерживать более благоприятные условия функционирования этих соединений. Принимая во внимание тот факт, что указанные соединения функционируют при
50 значительно более низкой температуре, создается возможность использовать низкоплавкие герметики, что, в свою очередь, облегчает замену отдельного элемента (ячейки) в случае повреждения. Конструкция элемента (ячейки) также делает

возможным применение электрических соединений в виде сварных соединений VL.

Керамическую конструкцию электрохимического преобразователя энергии можно также использовать для получения водорода.

5

Формула изобретения

1. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии, который заключается в наложении последовательных слоев, характеризующийся тем, что обе стороны центральной керамической пластины (D), обладающей высокой плотностью и прочностью, покрывают металлокерамическим материалом (2A), (2B), в котором, по обе стороны пластины (D), проделаны каналы (3A), (3B), затем каналы (3A), (3B) по обеим сторонам пластины покрывают слоями металлокерамического материала, содержащего никель (4A), (4B), которые затем подвергают обжигу таким образом, чтобы одинаковые керамические слои по обе стороны обжигались одновременно; затем на обе стороны керамической конструкции, изготовленной таким способом, накладывают токопроводящие конструкции (5A), (5B), а затем последующие слои металлокерамического материала (6A), (6B), содержащего никель; затем на обе стороны керамической конструкции, подготовленной таким образом, наносят следующие покрытия: слои, образующие твердый электролит (7A), (7B), слои, проницаемые для газов и проводящие электрический ток, образующие электроды (8A), (8B), и контактные слои (9A), (9B); и после этого к контактным слоям присоединяют выходные зажимы (9A), (9B).

2. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии по п.1, отличающийся тем, что каналы (3A), (3B) в металлокерамическом материале изготовлены методом формовки, причем центральную керамическую пластину (D) предварительно помещают в отливочную форму.

3. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии по п.1, отличающийся тем, что каналы (3A), (3B) в металлокерамическом материале изготовлены методом машинной обработки.

4. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии по п.1, отличающийся тем, что каналы (3A), (3B) в металлокерамическом материале изготовлены методом лазерной абляции (лазерного выжигания).

5. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии по п.1, отличающийся тем, что конструкция каналов (3) в металлокерамическом материале изготовлена методом фотогравирования.

6. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии по п.1, отличающийся тем, что токопроводящие конструкции (5A), (5B) изготовлены из газопроницаемых слоев платины.

7. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии по п.1, отличающийся тем, что токопроводящие конструкции (5A), (5B) изготовлены из никелевых нанотрубок.

8. Способ изготовления электрохимического преобразователя энергии по п.1, отличающийся тем, что токопроводящие конструкции (5A), (5B) изготовлены из никелевых сеток.

9. Электрохимический преобразователь энергии, содержащий твердый электролит, отличающийся тем, что он имеет плоскую керамическую основу, средний слой которой образует керамическая пластина (D), обладающая высокой плотностью и прочностью, неподвижно соединенная с пористыми металлокерамическими слоями (AN1), (AN2), в которых образованы каналы подачи топлива (3A), (3B);

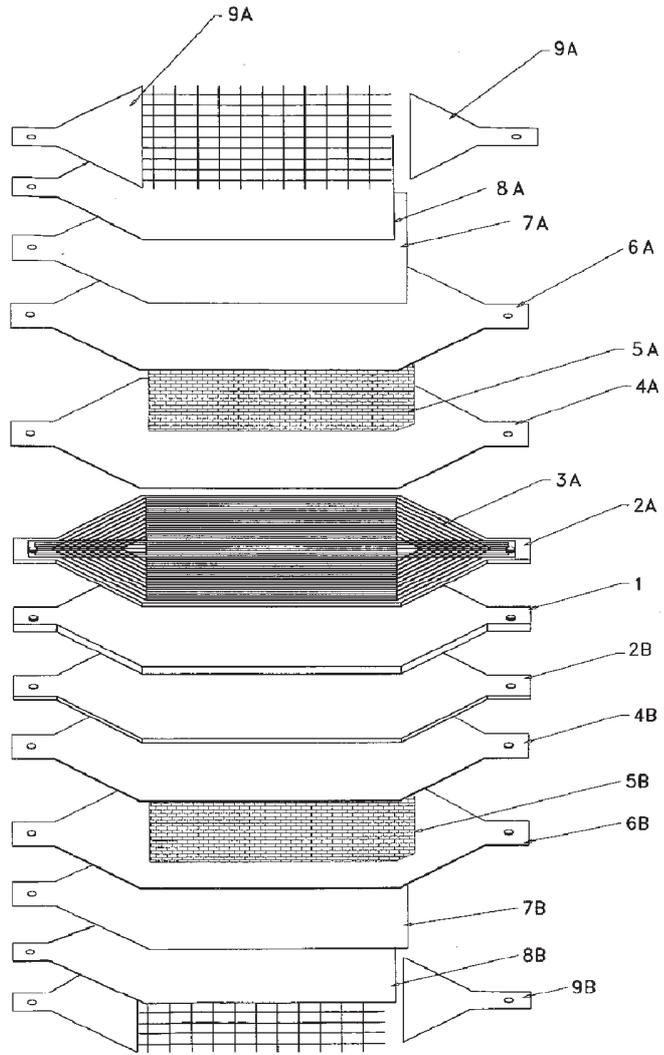
керамическая конструкция изготовлена таким образом, что на обе ее поверхности нанесены керамические слои твердого электролита (7A), (7B), неподвижно соединенные с керамической конструкцией, поверхность которых частично покрыта электродными слоями (8A), (8B), которые, в свою очередь, проницаемы для газов, проводят электрический ток и покрыты на части поверхности контактными слоями (9A), (9B).

10. Электрохимический преобразователь энергии по п.9, отличающийся тем, что он имеет металлические конструкции (5A), (5B), утопленные в пористых металлокерамических слоях (AN1), (AN2).

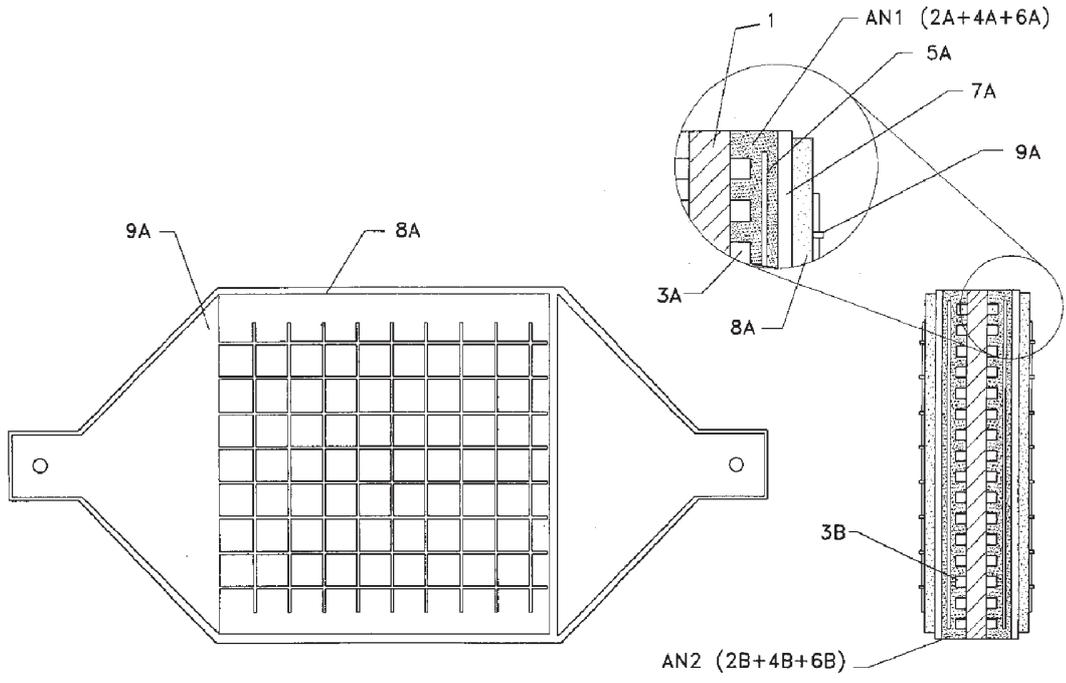
11. Электрохимический преобразователь энергии по п.10, отличающийся тем, что утопленные металлические конструкции (5A), (5B) изготовлены из газопроницаемых платиновых слоев.

12. Электрохимический преобразователь энергии по п.10, отличающийся тем, что утопленные металлические конструкции (5A), (5B) изготовлены из никелевых нанотрубок.

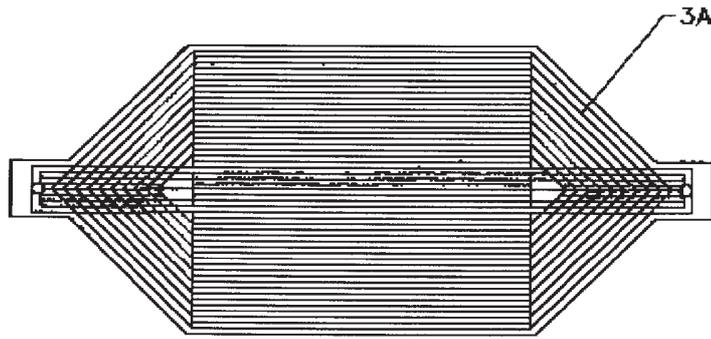
13. Электрохимический преобразователь энергии по п.10, отличающийся тем, что утопленные металлические конструкции (5A), (5B) изготовлены из никелевых сеток.



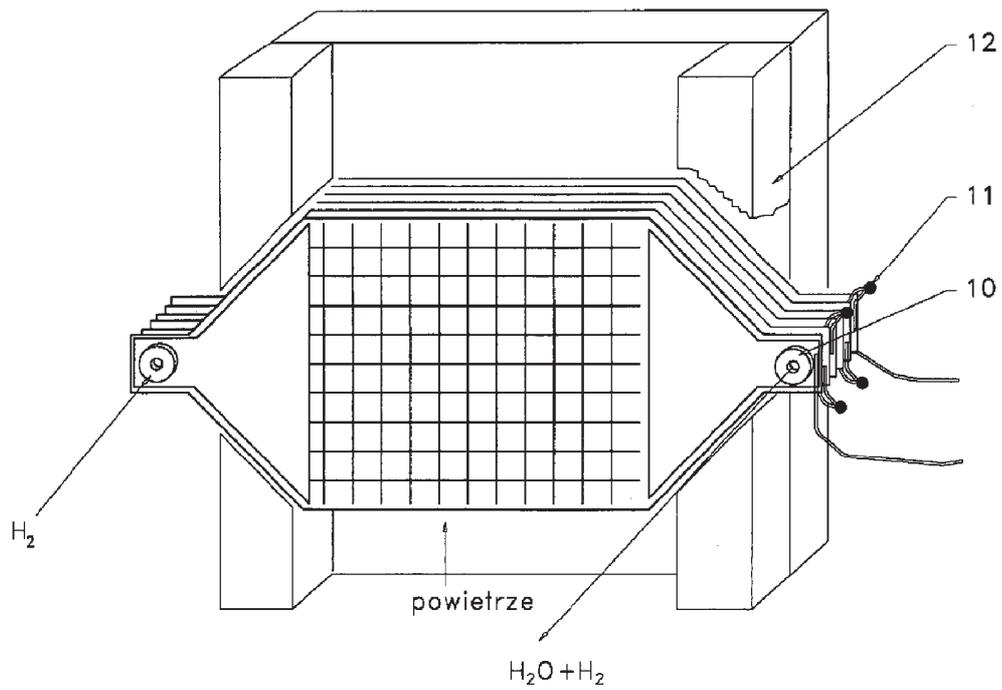
Фиг. 1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4