

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491217 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.07.31

(51) Int. Cl. C01B 6/17 (2006.01)
C01B 6/11 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.12.02

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БОРГИДРИДА МЕТАЛЛА ИЗ БОРАТА МЕТАЛЛА

(31) 2024400

(72) Изобретатель:

(32) 2019.12.06

Люггигхейд Герардус Вильхельмус
(NL)

(33) NL

(62) 202291667; 2020.12.02

(74) Представитель:

(71) Заявитель:

Медведев В.Н. (RU)

ЭЙЧ2ФЬЮЭЛ-СИСТЕМЗ Б.В. (NL)

(57) Способ получения боргидрида металла $Me(BH_4)_n$ из бората металла $Me(BO_2)_n$, в котором Me обозначает металл или молекулу, которая демонстрирует металлоподобное поведение и может выступать в качестве металла, а n является целым числом, которое соответствует валентности данного металла, в котором на этапе первого псевдооживленного слоя борат металла обеспечивают в первом псевдооживленном слое. Первый псевдооживленный слой псевдооживляют, используя газ, выбранный по меньшей мере из одного газа из газообразного азота N_2 и благородного газа, причем возможно благородный газ выбирают по меньшей мере из одного газа из гелия He; неона Ne; аргона Ar; и ксенона Xe в таких условиях, особенно давления и температуры, что атомы кислорода удаляются из бората металла, обеспечивая частицы бората металла MeB_n , возможно ионы. На последующем этапе второго псевдооживленного слоя частицы бората металла обеспечивают во втором псевдооживленном слое, который псевдооживляют, используя газообразный водород H_2 , в таких условиях, что водород химически реагирует с частицами бората металла, обеспечивая боргидрид металла.

202491217

A1

A1

202491217

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БОРГИДРИДА МЕТАЛЛА ИЗ БОРАТА МЕТАЛЛА ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[01] Данное изобретение касается способа получения боргидрида металла из бората металла (бората металла). Данное изобретение дополнительно касается устройства для выполнения этого способа.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[02] Водород (H_2) широко признается как один из наиболее обещающих источников энергии будущего вследствие его высокой энергетической плотности и его значительного изобилия и доступности в природе. Кроме того, H_2 справедливо рассматривается как одно из наиболее чистых топлив, единственным отходом которого, получаемым после его использования, является вода.

[03] Однако, несмотря на большие технологические усилия последних десятилетий, затраты, требуемые на получение, хранение и транспортировку H_2 , все еще являются значительными и мешают широкому использованию H_2 в качестве топлива. Это особенно верно, когда водород используют в газообразной форме, из-за очень низкого удельного веса, что означает дополнительные затраты на непрерывное охлаждение или компрессию H_2 в контейнере, подходящем для хранения такого высокорекреационноспособного элемента.

[04] Ввиду этого, постоянно разрабатываются многообещающие способы и системы хранения водорода с использованием боргидрида $Me(BH_4)_n$, из которого H_2 можно высвобождать гидролизом.

[05] В реакции боргидрида металла $Me(BH_4)_n$ с водой ряд продуктов реакции, таких как $Me(BO_2)_n$ и возможно $MeCl_n$, могут получаться в отработанной топливной смеси, которая может также содержать другие соединения металла, бора и кислорода. Некоторые из этих продуктов реакции могут снова повторно использоваться. Однако известные способы регенерации в боргидрид металла $Me(BH_4)_n$, исходящие из отработанной топливной смеси, все еще являются довольно неэффективными по требуемой энергии и по величине реконверсии из отработанного топлива в боргидрид металла.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[06] Целью данного изобретения является обеспечить эффективный способ превращения продуктов гидролиза боргидрида металла в боргидрид металла.

[07] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить эффективный способ реконверсии продуктов гидролиза боргидрида металла в боргидрид металла с использованием, по меньшей мере, одного псевдооживленного слоя.

[08] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить эффективный способ превращения бората металла в боргидрид металла с использованием, по меньшей мере, одного псевдооживленного слоя.

[09] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить эффективный способ превращения твердого бората металла в псевдооживленном слое в

боргидрид металла.

[10] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить эффективный способ превращения растворенного бората металла, растворенного в псевдоожигенном слое, в боргидрид металла.

[11] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить безотходный способ превращения бората металла в боргидрид металла.

[12] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить способ сохранения H_2 в форме боргидрида металла, исходя из продуктов гидролиза боргидрида металла.

[13] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить способ повторного использования отработанного топлива в случае, когда боргидрид металла и вода используются в качестве топлива для извлечения водорода.

[14] Другой или альтернативной целью данного изобретения является обеспечить способ эффективного превращения продуктов гидролиза боргидрида металла в борат металла, который может использоваться для дальнейшего превращения в боргидрид металла.

[15] По меньшей мере, одна из этих целей достигается с помощью способа получения боргидрида металла $Me(BH_4)_n$ из бората металла $Me(BO_2)_n$, в котором Me обозначает металл или молекулу, которая демонстрирует металлоподобное поведение и может выступать в качестве металла, а n является целым числом, которое соответствует валентности данного металла, где

на этапе первого псевдоожигенного слоя борат металла обеспечивают в первом псевдоожигенном слое, который псевдоожигают, используя газ, выбранный из, по меньшей мере, одного газа из газообразного азота N_2 и благородного газа, причем возможно благородный газ выбирают из, по меньшей мере, одного газа из гелия He ; неона Ne ; аргона Ar ; и ксенона Xe в таких условиях, особенно давлении и температуры, что атомы кислорода удаляются из бората металла, обеспечивая частицы бората металла MeB_n , возможно ионы; и

на последующем этапе второго псевдоожигенного слоя частицы бората металла обеспечивают во втором псевдоожигенном слое, который псевдоожигают, используя газообразный водород H_2 , в таких условиях, что водород химически реагирует с частицами бората металла, обеспечивая боргидрид металла.

[16] В одном варианте осуществления борат металла обеспечивают на этапе первого псевдоожигенного слоя (В1) в первом псевдоожигенном слое в состоянии, в котором борат металла растворен в подходящей первой жидкости, возможно содержащей воду, возможно содержащей воду, обеспеченную путем обратного осмоса, возможно содержащей сверхчистую воду СЧВ.

[17] В одном варианте осуществления данная вода удовлетворяет, по меньшей мере, одному условию из электрической проводимости ниже 1 мкСм/см , возможно ниже $0,5 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,1 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,06 \text{ мкСм/см}$, возможно $0,056$

мкСм/см или ниже, и возможно классификации воды типа E-1 ASTM для электроники и полупроводников или лучше.

[18] В одном варианте осуществления борат металла обеспечивают на этапе первого псевдооживленного слоя в первом псевдооживленном слое в состоянии, в котором борат металла обеспечивается в твердой форме в подходящей второй жидкости, возможно этаноле, где возможно борат металла является высушенным перед обеспечением в подходящей второй жидкости.

[19] В одном варианте осуществления газообразный кислород O_2 , образованный из химической реакции двух атомов кислорода, удаленных из бората металла, отделяют из первого псевдооживленного слоя на этапе первого псевдооживленного слоя, используя подходящую мембрану.

[20] В одном варианте осуществления частицы борида металла MeB_n обеспечиваются на этапе второго псевдооживленного слоя во втором псевдооживленном слое в состоянии, в котором частицы борида металла растворены в подходящей третьей жидкости, возможно содержащей толуол.

[21] В одном варианте осуществления частицы борида металла MeB_n обеспечиваются на этапе второго псевдооживленного слоя во втором псевдооживленном слое в состоянии, в котором частицы борида металла находятся в твердой форме в подходящей четвертой жидкости, возможно содержащей диэтилен.

[22] В одном варианте осуществления на этапе первого псевдооживленного слоя температура первого псевдооживленного слоя меньше, чем максимальная температура, при которой разрывается связь MeB , чтобы сохранить связь MeB нетронутой.

[23] В одном варианте осуществления, содержащий способ рециркуляции циркулирующей смеси соединений металла, бора и кислорода, дающий борат металла $Me(BO_2)_n$, обеспечиваемый на этапе первого псевдооживленного слоя.

[24] В одном варианте осуществления способ рециркуляции содержит способ рециркуляции, описанный ниже.

[25] В другом аспекте данное изобретение обеспечивает способ рециркуляции для получения бората металла $Me(BO_2)_n$, в котором Me обозначает металл или молекулу, которая демонстрирует металлоподобное поведение и может выступать в качестве металла, а n является целым числом, которое соответствует валентности данного металла, из циркулирующей смеси хлорида металла $Me(Cl)_n$ и соединений, содержащих металл, бор и оксид, где хлорид металла отделяется из данной смеси, и гидроксид металла $MeOH$ обеспечивается в смесь, чтобы химически реагировать с соединениями, давая борат металла.

[26] В одном варианте осуществления данные соединения содержат тетраборат металла.

[27] В одном варианте осуществления хлорид металла отделяют от смеси, используя центробежные силы.

[28] В одном варианте осуществления отделенный хлорид металла смешивают с

водой, возможно водой, обеспеченной с помощью обратного осмоса, возможно сверхчистой водой СЧВ, и водную смесь хлорида металла подвергают этапу электролиза ϵ , дающего гидроксид металла $MeOH$ и атомы хлора, после чего атомам хлора далее позволяют химически реагировать с водой, образуя хлороводород HCl .

[29] В одном варианте осуществления гидроксид металла из этапа электролиза обеспечивают в циркулирующую смесь.

[30] В одном варианте осуществления данная вода удовлетворяет, по меньшей мере, одному условию из электрической проводимости ниже 1 мкСм/см , возможно ниже $0,5 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,1 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,06 \text{ мкСм/см}$, возможно $0,056 \text{ мкСм/см}$ или ниже, и возможно классификации воды типа E-1 ASTM для электроники и полупроводников или лучше.

[31] В одном варианте осуществления хлороводороду позволяют выделяться в виде газообразного хлороводорода, который отводят.

[32] В одном варианте осуществления циркулирующую смесь нагревают, чтобы превращать соединения, содержащие металл, бор и оксид, особенно тетраборат металла, в борат металла.

[33] В одном варианте осуществления данный металл выбирают из, по меньшей мере, одного металла из натрия Na ; калия K ; лития Li ; и магния Mg .

[34] В еще одном аспекте данное изобретение обеспечивает устройство, приспособленное выполнять вышеуказанный способ.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[35] Другие признаки и преимущества данного изобретения станут очевидны из описания изобретения в виде неограничивающих и неисключающих вариантов осуществления. Эти варианты осуществления не следует рассматривать как ограничивающие объем защиты. Специалист в данной области техники будет понимать, что другие альтернативные и эквивалентные варианты осуществления данного изобретения могут быть представлены и выполнены на практике без отклонения от объема настоящего изобретения. Варианты осуществления данного изобретения будут описаны со ссылкой на сопровождающие чертежи, на которых подобные или одинаковые численные обозначения означают подобные, одинаковые или соответствующие части, где

Фигура 1 показывает схематичный вид способа согласно одному варианту осуществления данного изобретения для получения боргидрида металла; и

Фигура 2 показывает схематичный вид способа согласно другому варианту осуществления данного изобретения для получения бората металла.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

[36] Схематичное представление одного варианта осуществления способа данного изобретения показано на фигуре 1. Отработанное топливо, обычно в мокрой форме, содержащее борат металла $Me(BO_2)_n$ и возможно хлорид металла $MeCl_n$, превращается в боргидрид металла $Me(BH_4)_n$ с использованием двух псевдооживленных слоев в двух разных этапах способа. Энергия, требуемая в способах с псевдооживленным слоем,

обеспечивается, среди прочего, в виде давления и/или тепла. Данный металл включает в себя любой материал, обычно называемый металлом, включая щелочные металлы, щелочноземельные металлы, переходные металлы и комплексные металлы. Способ ниже описывается далее главным образом со ссылкой на натрий в качестве металла, но другие металлы, такие как, среди прочего, калий K; литий Li; и магний Mg; или любая молекула, которая может демонстрировать металлоподобное поведение и действовать в качестве металла, также могут быть использованы. Данный металл или металлоподобно действующая молекула действует в качестве носителя для групп BO_2 , B, BH_4 , B_4O_7 и др. Отработанным топливом S обычно называют смесь соединений, которая получается из реакционных способов, превращающих боргидрид металла в газообразный водород H_2 , который может быть использован в топливном элементе для генерации электрической энергии. Превращение боргидрида металла может давать отработанную топливную смесь различных соединений в зависимости от конкретных условий превращения. Такое превращение может вызываться катализатором и/или кислотой. В последнем случае отработанное топливо S может содержать хлорид металла, когда, например, хлороводород применяют в качестве кислоты, ускоряющей реакцию.

[37] В способе, показанном на фигуре 1, водная смесь, обозначенная как отработанное топливо S, например, буры $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{вод})$; бората натрия $\text{NaBO}_2(\text{вод})$ и хлорида натрия NaCl превращается, в способе рециркуляции R, в борат натрия NaBO_2 . Борат натрия (метаборат натрия) может быть в гидратной форме, обычно записываемой как $\text{NaBO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Один вариант осуществления способа рециркуляции R описывается ниже со ссылкой на фигуру 2.

[38] На этапе первого псевдооживленного слоя B1 обеспечивают первый псевдооживленный слой, который состоит из подходящей текучей среды при заданном давлении и нагретый до заданной температуры, в который добавляют благородный газ или газообразный молекулярный азот N_2 . Благородный газ или молекулярный азот вводят в первый псевдооживленный слой в качестве ударных элементов, чтобы промотировать высвобождение атомов кислорода из бората натрия NaBO_2 , обеспеченного в первый псевдооживленный слой.

[39] В одном варианте осуществления данного изобретения борат натрия обеспечивают в виде твердого вещества, например в виде одного из его гидратов, в первый псевдооживленный слой в подходящей текучей среде. В этом случае жидкость, из которой образован первый псевдооживленный слой, представляет собой этанол $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. В другом варианте осуществления данного изобретения NaBO_2 обеспечивают в виде концентрированной жидкости в первый псевдооживленный слой. В этом случае жидкость, из которой образован первый псевдооживленный слой, представляет собой сверхчистую воду СЧВ. СЧВ может удовлетворять, по меньшей мере, одному условию из электрической проводимости ниже 1 мкСм/см, возможно ниже 0,5 мкСм/см, возможно ниже 0,1 мкСм/см, возможно ниже 0,06 мкСм/см, возможно 0,056 мкСм/см или ниже, и возможно классификации воды типа E-1 ASTM для электроники и полупроводников или

лучше. Вода может обеспечиваться с помощью способа обратного осмоса. Преимуществом обеспечения бората металла $Me(BO_2)_n$ в виде концентрированной жидкости может быть то, что энергии связей между атомами кислорода и атомом бора меньше, чем в случае, когда $Me(BO_2)_n$ обеспечивают в виде твердого вещества. Следовательно, меньше энергии потребуется для высвобождения атомов кислорода из бората металла $Me(BO_2)_n$, когда его обеспечивают в виде концентрированной жидкости.

[40] В одном варианте осуществления данного изобретения благородный газ, присутствующий в первом псевдооживленном слое, имеет массу больше, чем масса кислорода. В этом случае можно использовать криптон Kr или ксенон Xe. Ввиду различия массы и размера между атомами этих, более тяжелых благородных газов и атомов кислорода отрыв атомов кислорода от бората металла облегчается. В другом варианте осуществления данного изобретения благородный газ, присутствующий в первом псевдооживленном слое, представляет собой аргон Ar. Преимущество использования Ar в первом псевдооживленном слое заключается в том факте, что Ar является менее дорогим из благородных газов и имеет массу, близкую к массе кислорода. Это делает Ar очень подходящим элементом, который может быть использован, чтобы ускорять отрыв кислорода от бората металла. Специалисту будет понятно, что любой благородный газ может быть использован в вышеописанном способе, и что данное изобретение не ограничивается вышеприведенными примерами. В случае, когда металл является натрием, температура первого псевдооживленного слоя на этапе первого псевдооживленного слоя B1 меньше, чем максимальная температура, при которой связь NaB будет разрываться, чтобы сохранять связь NaB или связь MeB, в общем, нетронутой.

[41] После облегчения отрыва атомов кислорода от бората металла благородный газ или газообразный азот может покидать псевдооживленный слой. Такие выпускаемые элементы могут затем захватываться и сохраняться, и затем повторно вводиться в данный способ. Удаленный атом кислорода будет реагировать в молекулы кислорода. Мембранные фильтры применяют для отделения газообразного кислорода и возможно также других газов из псевдооживленного слоя.

[42] Остающаяся группа MeB_n , NaB в варианте осуществления на фигуре 1, полученная на этапе первого псевдооживленного слоя B1 после удаления кислорода, отделяется в первом псевдооживленном слое от свободного кислорода. Разделение между атомами благородного газа или азота и атомами кислорода, остающимися в первом псевдооживленном слое, облегчается, когда используют более тяжелые благородные газы, вследствие значительного различия в массе и размере между атомами такого благородного газа и атомами или молекулами кислорода.

[43] Затем на этапе второго псевдооживленного слоя B2 данного способа во второй псевдооживленный слой обеспечивают полученную группу MeB_n . Второй псевдооживленный слой состоит из подходящей текучей среды при заданном давлении и при заданной температуре, к которой добавляют молекулярный водород H_2 . Молекулярный водород реагирует с MeB_n с получением боргидрида металла $Me(BH_4)_n$.

[44] В одном варианте осуществления данного изобретения группу MeV_n обеспечивают во второй псевдооживленный слой в растворенной жидкой фазе. В этом случае жидкость, из которой образован второй псевдооживленный слой, представляет собой диэтилен. В другом варианте осуществления данного изобретения MeV_n обеспечивают во второй псевдооживленный слой в виде твердого вещества. В этом случае жидкость, из которой образован второй псевдооживленный слой, представляет собой толуол.

[45] MeV_n циркулирует во втором псевдооживленном слое, тогда как водород подается в пузырьках под влиянием давления и температуры. В конце этого этапа $Me(VH_4)_n$ получается посредством реакции водорода, реагирующего с MeV_n , обеспеченного во второй псевдооживленный слой.

[46] Во всем этом способе все жидкости, используемые в первом и втором псевдооживленных слоях, и все добавляемые газы и элементы могут повторно использоваться в последующих способах. По этим причинам такие способы можно рассматривать как безотходные, так как не создаются никакие загрязнители или отходы.

[47] Как показано в виде варианта осуществления на фигуре 2, отработанное топливо S из $Na_2B_4O_7(\text{вод})$ (тетраборат натрия), $NaBO_2(\text{вод})$ и $NaCl$ подается в мокрой форме на этапы первого способа рециркуляции R1. Хлорид металла отделяют от отработанного топлива (циркулирующая смесь) с помощью способа разделения, такого как способ, применяющий центробежные силы. Отделенный хлорид металла растворяют в воде H_2O , и выполняют электролиз E такого раствора. Этот электролиз дает гидроксид металла, $NaOH$ в описываемом варианте осуществления, и атомы хлора.

[48] Гидроксид металла обеспечивают в циркулирующую смесь (смесь отработанного топлива), позволяя химическую реакцию (превращение) тетрабората натрия в борат натрия, одновременно нагревая циркулирующую смесь, чтобы ускорить химическую реакцию. Гидроксид металла также отдельно подается в циркулирующую смесь, чтобы начать данный способ. Атомы хлора в водном растворе после электролиза E далее реагируют с водой, давая хлороводород HCl , которому позволяют уходить из раствора и выпускают. Хлороводород можно снова использовать в качестве кислотного промотора для осуществления реакции превращения боргидрида металла в водород. Фигура 2 показывает растворение хлорида натрия в воде, способ электролиза E и реакцию атома хлора с водой в виде трех реакционных блоков, но реально они происходят в одном технологическом окружении.

[49] Борат натрия из способа рециркуляции R1 подают на другие этапы способа, обеспечивая боргидрид натрия. В варианте осуществления на фигуре 2 борат натрия обеспечивают в этап первого псевдооживленного слоя B1 из варианта осуществления на фигуре 1. Воду, используемую в различных этапах способа, показанных на фигуре 2, а также на фигуре 1, обеспечивают с помощью способа обратного осмоса RO, и особенно сверхчистую воду СЧВ обеспечивают в способе сверхочистки UP после способа RO. Данная вода удовлетворяет, по меньшей мере, одному условию из электрической

проводимости ниже 1 мкСм/см, возможно ниже 0,5 мкСм/см, возможно ниже 0,1 мкСм/см, возможно ниже 0,06 мкСм/см, возможно 0,056 мкСм/см или ниже, и возможно классификации воды типа E-1 ASTM для электроники и полупроводников или лучше.

[50] Описанные способы обычно применяют к способу превращения любого бората металла в соответствующий боргидрид металла. В одном варианте осуществления металл, используемый в данном способе, может быть натрием Na в качестве металла ввиду его распространенности и высоких величин свободной энергии его соединений. Основные величины энергий Гиббса и молярные массы элементов, участвующих в способе рециркуляции, когда используемым металлом является натрий, показаны в таблице ниже.

| | Энергия Гиббса [кДж/моль] | Молярная масса [г/моль] | Энергия Гиббса [кДж/кг] |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| NaOH ** | - 379,5 | 40,0 | - 9,488.0 |
| NaBO ₂ *** | - 906,5 | 65,08 | - 13,776.6 |
| NaBH ₄ ** | - 123,9 | 37,8 | - 3,275.9 |

* https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_standard_Gibbs_free_energies_of_formation

** Handbook of Chemistry and Physics, 76th edition

*** www.citrination.com

[51] Если Na является металлом, вовлекаемым в данный способ, отработанное топливо может содержать буру Na₂B₄O₇, которая может легко превращаться в борат металла NaBO₂ путем обеспечения энергии в форме температуры к отработанному топливу.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ рециркуляции для получения бората металла $Me(BO_2)_n$, в котором Me обозначает металл или молекулу, которая демонстрирует металлоподобное поведение и может выступать в качестве металла, а n является целым числом, которое соответствует валентности данного металла, из циркулирующей смеси хлорида металла $Me(Cl)_n$ и соединений, содержащих металл, бор и оксид, в котором хлорид металла отделяют из данной смеси, и гидроксид металла $MeOH$ обеспечивают в смесь, чтобы химически реагировать с соединениями, давая борат металла.

2. Способ по пункту 1, в котором данные соединения содержат тетраборат металла.

3. Способ по п.1 или 2, в котором хлорид металла отделяют от смеси, используя центробежные силы.

4. Способ по любому из пунктов 1-3, в котором отделенный хлорид металла смешивают с водой, возможно водой, обеспеченной с помощью обратного осмоса, возможно сверхчистой водой СЧВ, и водную смесь хлорида металла подвергают этапу электролиза ϵ , дающего гидроксид металла $MeOH$ и атомы хлора, после чего атомам хлора далее позволяют химически реагировать с водой, образуя хлороводород HCl .

5. Способ по пункту 4, в котором гидроксид металла из этапа электролиза обеспечивают в циркулирующую смесь.

6. Способ по любому из пунктов 1-5, в котором данная вода удовлетворяет, по меньшей мере, одному условию из электрической проводимости ниже 1 мкСм/см , возможно ниже $0,5 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,1 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,06 \text{ мкСм/см}$, возможно $0,056 \text{ мкСм/см}$ или ниже, и возможно классификации воды типа E-1 ASTM для электроники и полупроводников или лучше.

7. Способ по любому из пунктов 1-6, в котором хлороводороду позволяют выделяться в виде газообразного хлороводорода, который отводят.

8. Способ по любому из пунктов 1-7, в котором циркулирующую смесь нагревают, чтобы превращать соединения, содержащие металл, бор и оксид, особенно тетраборат металла, в борат металла.

9. Способ получения боргидрида металла $Me(BH_4)_n$ из бората металла $Me(BO_2)_n$, согласно способу по любому из пп.1-8, в котором Me обозначает металл или молекулу, которая демонстрирует металлоподобное поведение и может выступать в качестве металла, а n является целым числом, которое соответствует валентности данного металла, в котором

на этапе первого псевдооживленного слоя (B1) борат металла обеспечивают в первом псевдооживленном слое, который псевдооживляют, используя газ, выбранный из, по меньшей мере, одного газа из газообразного азота N_2 и благородного газа, причем возможно благородный газ выбирают из, по меньшей мере, одного газа из гелия He ; неона Ne ; аргона Ar ; и ксенона Xe в таких условиях, особенно давления и температуры, что атомы кислорода удаляются из бората металла, обеспечивая частицы бориды металла MeB_n , возможно ионы; и

на последующем этапе второго псевдооживленного слоя (B2) частицы бориды металла обеспечивают во втором псевдооживленном слое, который псевдооживляют, используя газообразный водород H_2 , в таких условиях, что водород химически реагирует с частицами бориды металла, обеспечивая боргидрид металла.

10. Способ по пункту 9, в котором борат металла обеспечивают на этапе первого псевдооживленного слоя (B1) в первом псевдооживленном слое в состоянии, в котором борат металла растворен в подходящей первой жидкости, возможно содержащей воду, возможно содержащей воду, обеспеченную путем обратного осмоса, возможно содержащей сверхчистую воду СЧВ.

11. Способ по пункту 10, в котором данная вода удовлетворяет, по меньшей мере, одному условию из электрической проводимости ниже 1 мкСм/см , возможно ниже $0,5 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,1 \text{ мкСм/см}$, возможно ниже $0,06 \text{ мкСм/см}$, возможно $0,056 \text{ мкСм/см}$ или ниже, и возможно классификации воды типа E-1 ASTM для электроники и полупроводников или лучше.

12. Способ по пункту 9, в котором борат металла обеспечивают на этапе первого псевдооживленного слоя (B1) в первом псевдооживленном слое в состоянии, в котором борат металла обеспечивают в твердой форме в подходящей второй жидкости, возможно этаноле, где возможно борат металла сушат перед обеспечением в подходящей второй жидкости.

13. Способ по любому из пунктов 9-12, в котором газообразный кислород O_2 , образованный из химической реакции двух атомов кислорода, удаленных из бората металла, отделяют из первого псевдооживленного слоя на этапе первого псевдооживленного слоя (B1), используя подходящую мембрану.

14. Способ по любому из пунктов 9-13, в котором частицы бориды металла MeB_n обеспечивают на этапе второго псевдооживленного слоя (B2) во втором псевдооживленном слое в состоянии, в котором частицы бориды металла растворены в подходящей третьей жидкости, возможно содержащей толуол.

15. Способ по любому из пунктов 9-13, в котором частицы бориды металла MeB_n обеспечивают на этапе второго псевдооживленного слоя (B2) во втором псевдооживленном слое в состоянии, в котором частицы бориды металла находятся в твердой форме в подходящей четвертой жидкости, возможно содержащей диэтилен.

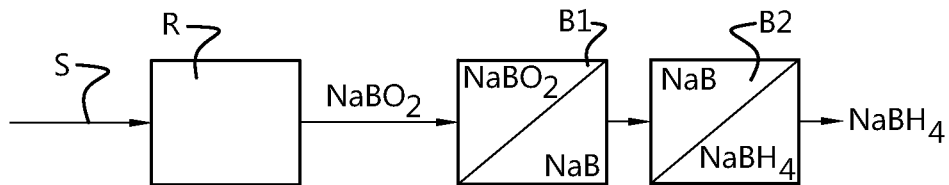
16. Способ по любому из пунктов 9-15, в котором на этапе первого псевдооживленного слоя (B1) температура первого псевдооживленного слоя меньше, чем максимальная температура, при которой разрывается связь MeB , чтобы сохранить связь MeB нетронутой.

17. Способ по любому из пунктов 1-16, в котором данный металл выбирают из, по меньшей мере, одного металла из натрия Na; калия K; лития Li; и магния Mg.

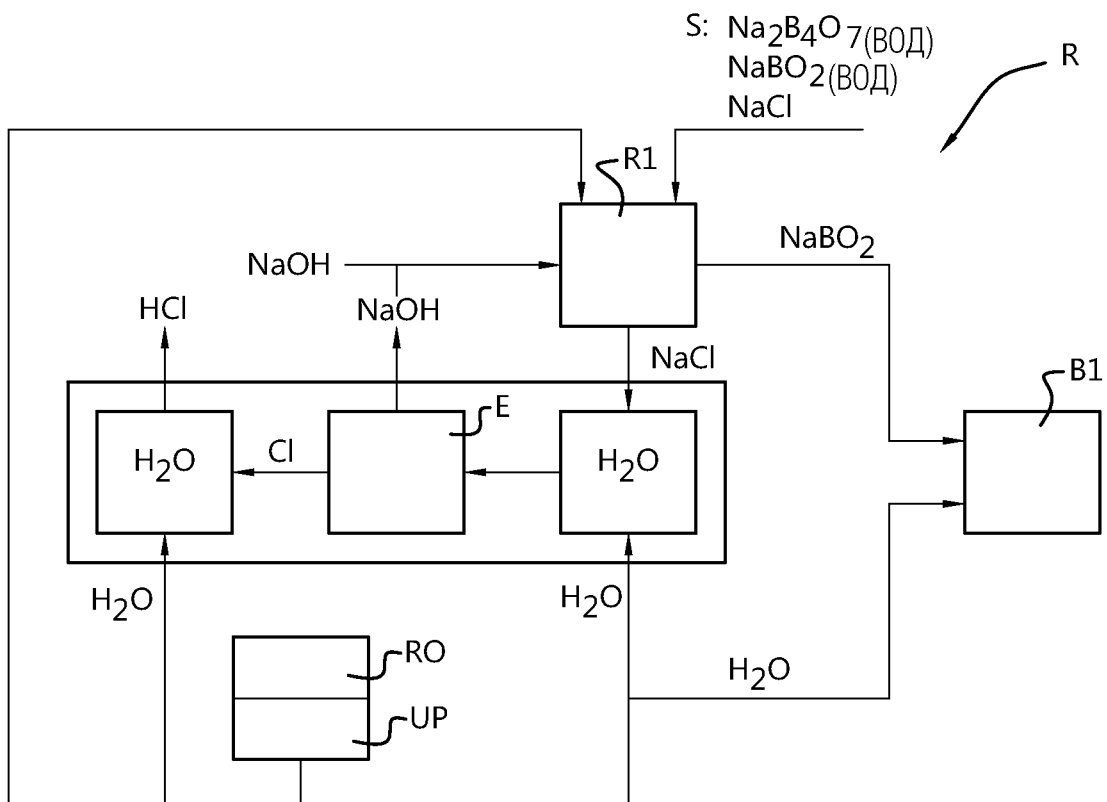
18. Устройство, приспособленное выполнять способ по любому из пунктов 1-17.

По доверенности

ФИГ. 1



ФИГ. 2



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

| | | |
|---|---|--|
| Applicant's or agent's file reference P6090154 PCT | FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below. | |
| International application No. PCT/NL2020/050750 | International filing date (<i>day/month/year</i>) 2 December 2020 (02-12-2020) | (Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>) 6 December 2019 (06-12-2019) |
| Applicant H2FUEL-SYSTEMS B.V. | | |

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 6 sheets.

It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of:

- the international application in the language in which it was filed
 a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b))

b. This international search report has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6*bis*(a)).

c. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. **Certain claims were found unsearchable** (See Box No. II)

3. **Unity of invention is lacking** (see Box No III)

4. With regard to the **title**,

- the text is approved as submitted by the applicant
 the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

- the text is approved as submitted by the applicant
 the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority

6. With regard to the **drawings**,

- a. the figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No. 1
 as suggested by the applicant
 as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure
 as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention
- b. none of the figures is to be published with the abstract

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/NL2020/050750

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/NL2020/050750

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C01B6/17 C01B6/11
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C01B
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | WO 02/083551 A1 (MILLENIUM CELL INC [US]) 24 October 2002 (2002-10-24) abstract figure 1 paragraph [0032]; figure 1 | 1-20 |
| A | US 6 433 129 B1 (AMENDOLA STEVEN C [US] ET AL) 13 August 2002 (2002-08-13) abstract claim 1 figure 1 | 1-20 |
| A | US 2006/078486 A1 (CHIN ARTHUR A [US] ET AL) 13 April 2006 (2006-04-13) abstract claim 10 paragraphs [0006], [0013] | 1-20 |
| | -/-- | |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

| | |
|---|---|
| <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> | <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> |
|---|---|

| | |
|--|--|
| Date of the actual completion of the international search 5 February 2021 | Date of mailing of the international search report 16/02/2021 |
|--|--|

| | |
|--|--|
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Alvarez Rodriguez, C |
|--|--|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/NL2020/050750

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | US 2 974 015 A (PETERSON WILLARD D) 7 March 1961 (1961-03-07) claim 1 column 1, lines 44-60 ----- | 1-20 |
| A | EP 2 098 479 A1 (ROHM & HAAS [US]) 9 September 2009 (2009-09-09) abstract claim 1 ----- | 1-20 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

| |
|---|
| International application No PCT/NL2020/050750 |
|---|

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date | |
|--|------------------|-------------------------|--|--|
| WO 02083551 | A1 | 24-10-2002 | US 2003003038 A1 WO 02083551 A1 | 02-01-2003 24-10-2002 |
| | | | | |
| US 6433129 | B1 | 13-08-2002 | US 6433129 B1 US 2004191152 A1 | 13-08-2002 30-09-2004 |
| | | | | |
| US 2006078486 | A1 | 13-04-2006 | CA 2521297 A1 CN 1778668 A DE 602005003999 T2 EP 1645644 A2 JP 4279279 B2 JP 2006104055 A KR 20060051991 A TW I265146 B US 2006078486 A1 | 08-04-2006 31-05-2006 18-12-2008 12-04-2006 17-06-2009 20-04-2006 19-05-2006 01-11-2006 13-04-2006 |
| | | | | |
| US 2974015 | A | 07-03-1961 | NONE | |
| | | | | |
| EP 2098479 | A1 | 09-09-2009 | CA 2650175 A1 CN 101519187 A EP 2098479 A1 JP 4965589 B2 JP 2009256180 A KR 20090092221 A US 2009214409 A1 | 26-08-2009 02-09-2009 09-09-2009 04-07-2012 05-11-2009 31-08-2009 27-08-2009 |
| | | | | |

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-20

A method for producing metal borohydride, $\text{Me}(\text{BH}_4)_n$, from metal boron oxide, $\text{Me}(\text{B}_2\text{O}_3)_n$,

1.1. claims: 11-20

A recycling method for producing metal boron oxide, $\text{Me}(\text{B}_2\text{O}_3)_n$
