

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202291667 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.08.03(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

(86) PCT/NL2020/050750

(74) Представитель:

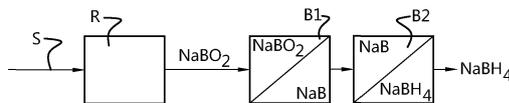
(87) WO 2021/112670 2021.06.10

Медведев В.Н. (RU)

(71) Заявитель:

Эйч2ФБЮЭЛ-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 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 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.



A1

202291667

202291667

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-574667EA/085

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 высвободить 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 псевдооживленном 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 псевдооживленного слоя 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 давлении и температуры, что атомы кислорода удаляются из бората металла, обеспечивая частицы бората металла MeB_n , возможно ионы; и

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.

[16] В одном варианте осуществления 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.

[17] В одном варианте осуществления 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.

[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 бориды металла MeB_n обеспечиваются на этапе второго псевдооживленного слоя во втором псевдооживленном слое в состоянии, в котором частицы бориды металла растворены в подходящей третьей жидкости, возможно содержащей толуол.

[21] В одном варианте осуществления частицы бориды металла MeB_n обеспечиваются на этапе второго псевдооживленного слоя во втором псевдооживленном слое в состоянии, в котором частицы бориды 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 €, 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 VO_2 , B, VH_4 , V_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, буре $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{вод})$; 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 $0,5 \text{ мкСм/см}$, 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. 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 ускорить 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 В1 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 В1 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 В2 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 MeB_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 MeB_n обеспечивают во второй псевдооживленный слой в виде твердого вещества. В этом случае жидкость, из которой образован второй псевдооживленный слой, представляет собой толуол.

[45] MeB_n циркулирует во втором псевдооживленном слое, тогда как водород подается в пузырьках под влиянием давления и температуры. В конце этого этапа $Me(BH_4)_n$ получается посредством реакции водорода, реагирующего с MeB_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 $Na_2B_4O_7$ (вод)(тетраборат натрия), $NaBO_2$ (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 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 псевдоожиженного слоя (B1) борат металла обеспечивают в первом псевдоожиженном слое, который псевдоожижают, 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 бориды металла MeB_n , возможно ионы; и

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

2. Способ по пункту 1, в котором борат металла обеспечивают на этапе первого псевдоожиженного слоя (B1) в первом псевдоожиженном 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.

3. Способ по пункту 2, 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.

4. Способ по пункту 1, в котором борат металла обеспечивают на этапе первого псевдоожиженного слоя (B1) в первом псевдоожиженном 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.

5. Способ по любому из пунктов 1-4, в котором газообразный кислород O_2 , образованный из химической реакции двух атомов кислорода, удаленных из бората металла, отделяют из первого псевдоожиженного слоя на этапе первого псевдоожиженного слоя (B1), используя подходящую мембрану.

6. Способ по любому из пунктов 1-5, в котором частицы бориды металла MeB_n обеспечивают на этапе второго псевдоожиженного слоя (B2) во втором псевдоожиженном слое в состоянии, в котором частицы бориды металла растворены в подходящей третьей жидкости, возможно содержащей толуол.

7. Способ по любому из пунктов 1-5, 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.

8. Способ по любому из пунктов 1-7, 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.

9. Способ по любому из пунктов 1-8 и содержащий способ рециркуляции циркулирующей смеси соединений металла, бора и кислорода, дающий борат металла $Me(BO_2)_n$, обеспечиваемый на этапе первого псевдооживленного слоя (B1).

10. Способ по пункту 9, в котором способ рециркуляции содержит способ рециркуляции по любому из пунктов 11-19.

11. 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.

12. Способ по пункту 11, в котором данные соединения содержат тетраборат металла.

13. Способ по любому из пунктов 11-12, в котором хлорид металла отделяют от смеси, используя центробежные силы.

14. Способ по любому из пунктов 11-13, 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.

15. Способ по пункту 14, в котором гидроксид металла из этапа электролиза обеспечивают в циркулирующую смесь.

16. Способ по любому из пунктов 14-15, в котором 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.

17. Способ по любому из пунктов 14-16, в котором хлороводороду позволяют выделяться в виде газообразного хлороводорода, который отводят.

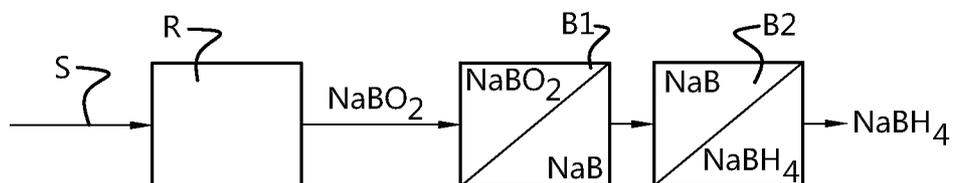
18. Способ по любому из пунктов 14-17, в котором циркулирующую смесь нагревают, чтобы превращать соединения, содержащие металл, бор и оксид, особенно тетраборат металла, в борат металла.

19. Способ по любому из пунктов 1-18, в котором данный металл выбирают из, по меньшей мере, одного металла из натрия Na; калия K; лития Li; и магния Mg.

20. Устройство, приспособленное выполнять способ по любому из пунктов 1-19.

По доверенности

ФИГ. 1



ФИГ. 2

