



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008132506/15, 07.02.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.02.2007(30) Конвенционный приоритет:
07.02.2006 KR 10-2006-0011493

(43) Дата публикации заявки: 20.02.2010

(45) Опубликовано: 27.08.2010 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: DE 19948395 A1, 03.05.2001. WO
1996/041036 A3, 19.12.1996. SU 220955 A1,
01.01.1968.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную
фазу: 06.08.2008(86) Заявка РСТ:
KR 2007/000657 (07.02.2007)(87) Публикация РСТ:
WO 2007/091834 (16.08.2007)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городиский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мишу, рег.№ 364

(72) Автор(ы):

КИМ Хее Янг (KR),
ЙООН Киунг Коо (KR),
ПАРК Йонг Ки (KR),
ЧОЙ Вон Чоон (KR)

(73) Патентообладатель(и):

КОРЕЯ РИСЕРЧ ИНСТИТЬЮТ ОФ
КЕМИКАЛ ТЕКНОЛОДЖИ (KR)**(54) РЕАКТОР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ ДЛЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к реактору высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, который содержит трубу реактора, оболочку реактора, окружающую трубу реактора, внутреннюю зону, образованную внутри трубы реактора, и внешнюю зону, образованную между оболочкой реактора и трубой реактора. При этом во внутренней зоне образуется псевдооживленный слой частиц кремния и происходит осаждение кремния, а во внешней

зоне псевдооживленный слой частиц кремния не образуется и осаждение кремния не происходит. Кроме того, реактор высокого давления содержит элемент управления разностью давлений, поддерживающий разность между величинами давления во внешней зоне и во внутренней зоне в интервале от 0 до 1 бар. Изобретение позволяет поддерживать физическую стабильность трубы реактора и получать гранулированный поликристаллический кремний даже при сравнительно высоком давлении реакции. 25 з.п. ф-лы, 2 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
C01B 33/027 (2006.01)
B01J 2/00 (2006.01)
C30B 28/14 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008132506/15, 07.02.2007**

(24) Effective date for property rights:
07.02.2007

(30) Priority:
07.02.2006 KR 10-2006-0011493

(43) Application published: **20.02.2010**

(45) Date of publication: **27.08.2010 Bull. 24**

(85) Commencement of national phase: **06.08.2008**

(86) PCT application:
KR 2007/000657 (07.02.2007)

(87) PCT publication:
WO 2007/091834 (16.08.2007)

Mail address:
**129090, Moskva, ul.B.Spaskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):

**KIM Khee Jang (KR),
JOON Kiung Koo (KR),
PARK Jong Ki (KR),
ChOJ Von Choon (KR)**

(73) Proprietor(s):

**KOREJa RISERCh INSTIT'JuT OF KEMIKAL
TEKNOLODZhI (KR)**

(54) HIGH-PRESSURE REACTOR WITH FLUIDISED LAYER TO PRODUCE GRANULATED POLYCRYSTALLINE SILICON

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to high-pressure reactor with fluidised layer designed to produce granulated polycrystalline silicon. Said reactor comprises tube, shell embracing said tube, tune inner zone and outer zone formed between reactor shell and tube. Note that fluidised layer of silicon particles is formed in aforesaid inner zone and silicon is settled, while no such layer is formed in outer zone

neither silicon is settled therein. Besides high-pressure reactor incorporates pressure difference control element to maintain difference between pressures in aforesaid inner and outer zones equal to 0-1 bar.

EFFECT: possibility to maintain physical stability of reactor tube and produce granulated polycrystalline silicon at comparatively high reaction pressure.

26 cl, 10 ex, 2 dwg

Область техники

Данное изобретение относится к реактору высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, обеспечивающему поддержание в течение длительного времени стабильного функционирования трубы реактора и возможность получения эффективным образом гранулированного поликристаллического кремния даже при сравнительно высоком давлении реакции.

Предшествующий уровень техники

Обычно высокочистый поликристаллический кремний используется в качестве исходного материала для изготовления полупроводниковых приборов или солнечных элементов. Поликристаллический кремний получают термическим разложением и/или восстановлением водородом реакционного газа, содержащего в своем составе атомы кремния и очищенного до высокой степени чистоты, обеспечивая, соответственно, непрерывное осаждение кремния на кремниевых частицах.

Для массового производства поликристаллического кремния используются в основном реакторы с колпаком, которые обеспечивают получение поликристаллического кремния в виде стержней диаметром примерно 50-300 мм. Однако реакторы с колпаком, которые состоят в основном из резистивной системы нагревания, не могут функционировать непрерывным образом вследствие неизбежного ограничения в увеличении максимально достижимого диаметра стержня. Эти реакторы, как известно, также имеют значительные проблемы, связанные с низкой эффективностью осаждения и высоким потреблением электрической энергии вследствие ограниченной поверхности кремния и высоких тепловых потерь.

В качестве альтернативы, в последнее время разработан реактор с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния с размером частиц 0,5-3 мм. В соответствии с этим способом псевдооживленный слой частиц кремния образуется посредством направленного вверх потока газа, и размер частиц кремния увеличивается по мере осаждения на частицах кремния из реакционного газа, содержащего в своем составе атомы кремния, который подается к нагретому псевдооживленному слою.

Как и в случае обычных реакторов с колпаком для реактора с псевдооживленным слоем также используется силановое соединение типа Si-H-Cl, такое как моносилан (SiH_4), дихлорсилан (SiH_2Cl_2), трихлорсилан (SiHCl_3), тетрахлорид кремния (SiCl_4) или их смеси, в качестве реакционного газа, содержащего в своем составе атомы кремния, который обычно также содержит водород, азот, аргон, гелий и т.д.

Для осаждения кремния должна поддерживаться высокая температура реакции (т.е. температура частиц кремния).

Температура должна составлять примерно 600-850°C для моносилана и примерно 900-1100°C для трихлорсилана, который используется наиболее часто.

Процесс осаждения кремния, которое обусловлено термическим разложением и/или восстановлением водородом газообразного реагента, содержащего в своем составе атомы кремния, включает различные элементарные реакции, и имеются сложные пути, в соответствии с которыми атомы кремния превращаются в гранулированные частицы, зависящие от газообразного реагента. Однако независимо от вида элементарной реакции и газообразного реагента, функционирование реактора с псевдооживленным слоем обеспечивает получение гранулированного поликристаллического кремния в качестве продукта.

При этом частицы кремния малых размеров, т.е. затравочные кристаллы, увеличиваются в размере вследствие непрерывного осаждения кремния или агломерации частиц кремния, теряют посредством этого текучесть и, в конечном счете, перемещаются в нижнем направлении. Затравочные кристаллы могут быть
5 приготовлены заранее или «in situ» в самом псевдооживленном слое или же могут подаваться в реактор непрерывным, периодическим или прерывистым образом. Полученные таким образом частицы увеличенного размера, т.е. поликристаллический кремний в качестве продукта может быть выведен из нижней части реактора
10 непрерывным, периодическим или прерывистым образом.

Вследствие сравнительно большой площади поверхности частиц кремния система реактора с псевдооживленным слоем обеспечивает более высокий выход реакции по сравнению с реакторной системой с колпаком. Кроме того, гранулированный продукт
15 может быть использован непосредственно без дополнительной обработки для последующих процессов, таких как выращивание монокристаллов, изготовление кристаллических блоков, обработки и модификации поверхности, приготовление химического материала для реакционного взаимодействия или разделения или же формование, или измельчение частиц кремния. Хотя эти последующие процессы могут
20 выполняться периодическим образом, производство гранулированного поликристаллического кремния позволяет выполнять данные процессы полунепрерывным или непрерывным образом.

Для малозатратного производства гранулированного поликристаллического кремния требуется увеличение производительности реактора с псевдооживленным
25 слоем. Для достижения этой цели наиболее эффективно увеличение скорости осаждения кремния при низком удельном потреблении энергии, что может быть достигнуто непрерывным функционированием реактора с псевдооживленным слоем при высоком давлении. Для непрерывного протекания процесса в реакторе с
30 псевдооживленным слоем необходимо обеспечение физической стабильности компонентов реактора.

В отличие от обычных реакторов с псевдооживленным слоем выбор материалов для компонентов реактора с псевдооживленным слоем для получения
35 поликристаллического кремния сталкивается с серьезными ограничениями. Особенно важен выбор материала стенки реактора с псевдооживленным слоем, учитывая желательную высокую чистоту поликристаллического кремния. Физическая стабильность стенки реактора понижена вследствие того, что она всегда находится в контакте с кремниевыми частицами, псевдооживленными при высоких температурах, и
40 подвергается воздействию нерегулярных вибраций и сильных сдвиговых напряжений, вызываемых частицами псевдооживленного слоя. Однако очень трудно выбрать подходящий материал среди высокочистых неметаллических неорганических материалов, которые способны выдерживать высокое давление, поскольку
45 металлические материалы не подходят из-за высокой температуры реакции и химических свойств газообразного реагента. По этой причине данный реактор с псевдооживленным слоем для получения поликристаллического кремния неизбежно имеет сложную структуру. Обычным поэтому является то, что труба реактора, изготовленная из кварца, позиционируется в резистивном нагревателе для нагревания
50 частиц кремния, и как труба реактора, так и нагреватель окружены металлической оболочкой. Предпочтительно размещение между нагревателем и оболочкой реактора или с внешней стороны оболочки реактора изоляционного материала для уменьшения тепловых потерь.

Например, патент США №5165908 раскрывает реакторную систему, в которой резистивный нагреватель окружает трубу реактора, изготовленную из кварца, нагреватель с трубой защищены оболочкой из нержавеющей стали, и с внешней стороны оболочки размещен изоляционный материал.

5 Патент США №5810934 раскрывает реактор с псевдооживленным слоем для получения поликристаллического кремния, содержащий реакторный резервуар, т.е. трубу реактора, устанавливающую расположение псевдооживленного слоя; кожух, т.е. защитную трубу, окружающую трубу реактора; нагреватель, установленный с
10 внешней стороны кожуха; и внешнюю защитную оболочку, окружающую нагреватель и изоляционный материал. В этом патенте особое значение придается тому, что между трубой реактора и нагревателем установлена защитная труба, изготовленная из кварца, для предотвращения растрескивания трубы реактора и загрязнения ее внутреннего пространства.

15 Между тем, реактор с псевдооживленным слоем для получения поликристаллического кремния может иметь разную структуру, в зависимости от способа нагревания.

Например, патент США №4786477 раскрывает способ нагревания частиц кремния
20 проникновением микроволн через кварцевую трубу реактора вместо использования обычного нагревателя с внешней стороны этой трубы. Однако в этом патенте все еще имеют место затруднения со сложной структурой реактора и отсутствие путей увеличения давления реакции внутри кварцевой трубы реактора.

25 Для разрешения вышеуказанной проблемы патент США №5382412 раскрывает реактор с псевдооживленным слоем для получения поликристаллического кремния, обладающий простой структурой, в котором цилиндрическая труба реактора поддерживается вертикально металлической оболочкой реактора. Однако в этом патенте еще остаются проблемы, связанные с тем, что внутреннее давление не может
30 быть увеличено выше атмосферного давления, и элемент для подачи микроволн должен быть объединен с оболочкой реактора, при этом отсутствуют предложения по преодолению недостаточной механической прочности трубы реактора, ожидаемой при высоком давлении реакции.

35 Поэтому в варианте осуществления данного изобретения предоставляется реактор высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, который содержит (а) трубу реактора, (b) оболочку реактора, окружающую трубу реактора, (с) внутреннюю зону, образованную внутри
40 трубы реактора, в которой образуется псевдооживленный слой частиц кремния и происходит осаждение кремния, и внешнюю зону, образованную между оболочкой реактора и трубой реактора, в которой поддерживается атмосфера инертного газа, и (d) элемент управления, чтобы поддерживать разность между величинами давления во внутренней зоне и во внешней зоне в интервале от 0 до 1 бар, посредством чего
45 обеспечивается поддержание физической стабильности трубы реактора и эффективное получение гранулированного поликристаллического кремния даже при сравнительно высоком давлении реакции.

Кроме того, в другом варианте осуществления данного изобретения предоставляется реактор с псевдооживленным слоем, который может быть простым
50 образом применен для производства частиц кремния высокой чистоты при сведении к минимуму загрязнения примесями.

Описание изобретения

В соответствии с одним аспектом данного изобретения обеспечивается реактор

высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, содержащий:

(a) трубу реактора;

(b) оболочку реактора, окружающую трубу реактора;

5 (c) внутреннюю зону, образованную внутри трубы реактора, и внешнюю зону, образованную между оболочкой реактора и трубой реактора, при этом во внутренней зоне образуется псевдооживленный слой частиц кремния и происходит осаждение кремния, в то время как во внешней зоне псевдооживленный слой частиц кремния не
10 образуется, и осаждение кремния не происходит;

(d) впускной элемент для введения газов в слой частиц кремния;

(e) выпускной элемент, включающий выпускной элемент для частиц кремния и выпускной элемент для газа для выпуска соответственно частиц
15 поликристаллического кремния и отходящих газов из слоя частиц кремния;

(f) соединительный элемент для инертного газа для поддержания по существу атмосферы инертного газа во внешней зоне;

(g) элемент управления давлением для измерения и/или управления давлением (P_i) во внутренней зоне и давления (P_o) во внешней зоне; и

20 (h) элемент управления разностью давлений для поддержания величины $|P_o - P_i|$ в интервале 0-1 бар.

Ниже представлено подробное описание данного изобретения со ссылками на приложенные чертежи.

25 Фиг. 1 и 2 представляют собой виды поперечного сечения реактора высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, посредством которых всесторонним образом иллюстрируются некоторые из вариантов осуществления данного изобретения.

30 Внутреннее пространство реактора с псевдооживленным слоем здесь отделено от внешнего пространства оболочкой 1 реактора, которая окружает установленную вертикально трубу 2 реактора. Труба 2 реактора разделяет внутреннее пространство на внутреннюю зону 4 и внешнюю зону 5. Во внутренней зоне образуется псевдооживленный слой частиц кремния и происходит осаждение кремния во внешней
35 зоне, слой частиц кремния не образуется, и не происходит осаждение кремния.

40 Оболочка 1 реактора может быть изготовлена из металлического материала с достаточной механической прочностью и пригодностью для обработки, такого как углеродистая сталь, нержавеющая сталь или другая легированная сталь. Оболочка 1 реактора может быть разделена на несколько компонентов, таких как 1a, 1b, 1c и 1d, как показано на фиг. 1 и 2, для удобства изготовления, сборки и демонтажа.

45 Для сборки компонентов оболочки 1 реактора важно использование прокладок или уплотнительных материалов для полной герметизации. Компоненты могут обладать разной структурой в виде цилиндрической трубы, фланца, трубы с патрубками, пластины, конуса, эллипсоида и рубашки с двойной стенкой, между стенками которой
50 протекает охлаждающая среда. Внутренняя поверхность каждого компонента может быть покрыта защитным слоем или установлена вместе с защитной трубой или стенкой. Защитный слой, защитная труба или защитная стенка могут быть изготовлены из металлического материала или неметаллического материала, такого как органический полимер, керамика и кварц.

Некоторые компоненты оболочки 1 реактора, обозначенные как 1a, 1b, 1c и 1d на фиг. 1 и 2, могут поддерживаются ниже определенной температуры посредством использования охлаждающей среды, такой как вода, масло, газ и воздух, для защиты

оборудования или операторов или же для предотвращения любого термического расширения элементов оборудования или для обеспечения требований техники безопасности. Хотя это и не показано на фиг.1 и 2, компоненты, которые нуждаются в охлаждении, могут быть сконструированы таким образом, что содержат элемент для циркуляции хладагента вдоль их внутренних или внешних стенок. Вместо охлаждения оболочка 1 реактора может содержать изоляционный материал на внешней стенке.

Труба 2 реактора может иметь любую форму при условии, что она может поддерживаться оболочкой 1 реактора таким образом, что обеспечивает разделение внутреннего пространства оболочки 1 реактора на внутреннюю зону 4 и внешнюю зону 5. Труба 2 реактора может быть простой прямолинейной трубой, как на фиг.1, профилированной трубой, как на фиг.2, конусом или эллипсоидом, и один или оба конца трубы 2 реактора могут быть сформованы в виде фланца. Кроме того, труба 2 реактора может содержать несколько компонентов, и некоторые из этих компонентов могут быть установлены в виде вкладышей на внутренней стенке оболочки 1 реактора.

Труба 2 реактора может быть изготовлена из неорганического материала, который стабилен при сравнительно высокой температуре, такого как кварц, кремнезем, нитрид кремния, нитрид бора, карбид кремния, графит, кремний, стекловидный углерод или их комбинации.

В то же время углеродсодержащий материал, такой как карбид кремния, графит, стекловидный углерод, могут образовывать примесь углерода и загрязнять частицы поликристаллического кремния. Соответственно, если труба 2 реактора изготовлена из углеродсодержащего материала, внутренняя стенка трубы 2 реактора может быть покрыта или облицована такими материалами как кремний, кремнезем, кварц или нитрид кремния. Кроме того, труба 2 реактора может иметь многослойную структуру. Поэтому труба 2 реактора является однослойной или многослойной структурой в направлении толщины, каждый слой которой изготовлен из разного материала.

Для оболочки 1 реактора могут быть использованы уплотнительные элементы 41a, 41b для надежного закрепления трубы 2 реактора. Уплотнительные элементы могут быть стабильными при температуре выше 200°C и могут быть изготовлены из материала, выбранного из органического полимера, графита, кремнезема, керамики, металла или их комбинаций. Однако с учетом вибрации и термического расширения во время функционирования реактора, уплотнительные элементы 41a, 41b могут быть установлены менее жестко, чтобы уменьшить возможность растрескивания трубы 2 реактора в ходе монтажа, функционирования и демонтажа.

Отделение внутреннего пространства оболочки 1 реактора трубой 2 реактора может предотвратить попадание частиц кремния из внутренней зоны 4 во внешнюю зону 5 и дифференцировать функции и условия внутренней зоны 4 и внешней зоны 5.

Кроме того, в оболочке 1 реактора могут быть установлены нагревательный элемент 8a, 8b для нагревания частиц кремния. Один или множество нагревательных элементов 8a, 8b могут быть установлены во внутренней зоне 4 и/или во внешней зоне 5 различным образом. Например, нагревательный элемент может быть установлен лишь во внутренней зоне 4 и во внешней зоне 5, как показано на фиг.1 детальным образом. При этом множество нагревательных элементов 8a, 8b могут быть установлены в обеих зонах или лишь во внешней зоне 5, как показано на фиг.2. Кроме того, хотя это и не показано на чертежах, множество нагревательных элементов 8a, 8b могут быть установлены лишь во внутренней зоне 4. С другой стороны, единственный нагревательный элемент может быть установлен лишь во внешней зоне 5.

Электрическая энергия подается на нагревательный элемент 8a, 8b посредством элементов 9a-9f для подачи электропитания, установленных на оболочке 1 реактора или проходящих через нее. Элементы 9a-9f для подачи электропитания, которые соединяют нагревательный элемент 8a, 8b в реакторе и источник электропитания E с 5 внешней стороны реактора, могут содержать металлические компоненты в виде кабеля, стержня, прутка, формованного элемента, патрона или штепсельного разъема. Или же элементы 9a-9f для подачи электропитания могут содержать электрод, который изготовлен из такого материала как графит, керамика (например, карбид кремния), металл или их смеси и имеет разную форму. В качестве альтернативы, 10 элементы для подачи электропитания могут быть образованы вытягиванием части нагревательного элемента 8a, 8b. В комбинации элементов 9a-9f для подачи электропитания с оболочкой 1 реактора важное значение имеет также электрическая изоляция, помимо механического уплотнения для предотвращения просачивания газа. 15 Кроме того, желательно охлаждать элементы 9 для подачи электропитания посредством использования циркулирующей охлаждающей среды, такой как вода, масло и газ.

При этом в реакторе с псевдооживленным слоем должен быть установлен впускной элемент для газа, чтобы образовать псевдооживленный слой, в котором частицы кремния могут перемещаться газовым потоком, внутри трубы 2 реактора, т.е. в 20 нижней части внутренней зоны 4, для получения поликристаллического кремния осаждением кремния на поверхности псевдооживленных частиц кремния.

Впускной элемент для газа включает впускной элемент 14, 14 для введения газа 10, 25 создающего псевдооживление в слой частиц кремния, и впускной элемент 15 для введения газообразного реагента, содержащего в своем составе атомы кремния, оба эти элемента установлены в комбинации с оболочкой 1b реактора.

Термин «газ, создающий псевдооживление» 10, как он использован здесь, относится 30 к газу, вводимому для поддержания части или большинства частиц 3 кремния во взвешенном состоянии в псевдооживленном слое, образованном во внутренней зоне 4. В одном варианте согласно данному изобретению в качестве газа 10, создающего псевдооживление, может быть использован водород, азот, аргон, гелий, хлористый водород (HCl), тетрахлорид кремния (SiCl₄) или их смесь. 35

Термин «газообразный реагент» 11, как он использован здесь, относится к исходному газу, содержащему атомы кремния, который используется для получения частиц поликристаллического кремния. В одном варианте согласно данному изобретению в качестве газообразного реагента 11 может быть использован 40 моносилан (SiH₄), дихлорсилан (SiH₂Cl₂), трихлорсилан (SiHCl₃), тетрахлорид кремния (SiCl₄) или их смесь. Газообразный реагент 11 может, кроме того, содержать по меньшей мере один газ, выбранный из водорода, азота, аргона, гелия и хлористого водорода (HCl).

Кроме того, в дополнение к использованию в качестве источника кремния для 45 осаждения газообразный реагент 11 вносит вклад в псевдооживление частиц 3 кремния, как это делает газ 10, создающий псевдооживление.

Впускной элемент 14, 14' для газа, создающего псевдооживление, и впускной элемент 15 для газообразного реагента могут содержать, соответственно, трубу или 50 сопло, камеру, фланец, патрубок, прокладку и т.п. Части этих компонентов, открытые во внутреннее пространство оболочки 1 реактора, особенно в нижнюю часть внутренней зоны 4, в которой данные части могут соприкасаться с кремниевыми частицами 3, предпочтительно состоят из трубы, вкладыша или формованного

элемента из материала, который выбран из тех материалов, которые применимы для трубы 2 реактора.

Кроме того, у нижней части псевдооживленного слоя 4 а во внутренней зоне 4 установлен элемент 19 для распределения газа 10, создающего псевдооживление, с
5 впускным элементом для газа 14, 14', создающего псевдооживление, и впускным элементом 15 для газообразного реагента. Элемент 19 для распределения газа может иметь любую конфигурацию или структуру, включающую распределительную
10 пластину с множеством отверстий или пор, уплотнительный заполняющий материал, погруженный в слой частиц, сопло или их комбинацию.

Для предотвращения осаждения кремния на верхней поверхности элемента 19 для распределения газа, выпускное отверстие впускного элемента 15 для газообразного
15 реагента, через которое газообразный реагент 11 инъецируется внутрь псевдооживленного слоя, может быть расположено выше верхней части элемента 19 для распределения газа.

Во внутренней зоне 4 реактора газ 10, создающий псевдооживление, который требуется для образования псевдооживленного слоя 4а частиц кремния, может быть
20 подан разным образом, в зависимости от того, каким образом сконструирован впускной элемент 14, 14' для газа, создающего псевдооживление. Например, как показано на фиг.1, газ 10, создающий псевдооживление, может быть подан посредством впускного
25 элемента 14, 14' для газа, создающего псевдооживление, который соединен с оболочкой 1 реактора таким образом, что в нижней части элемента 19 для распределения газа в виде распределительной пластины может быть образована газовая камера. В качестве альтернативы, как показано на фиг.2, газ 10, создающий
30 псевдооживление, может быть подан посредством впускного элемента 14 для газа, создающего псевдооживление, который соединен с оболочкой 1 реактора таким образом, чтобы одно или несколько сопловых отверстий для газа, создающего
35 псевдооживление, могли быть позиционированы в элементе 19 для распределения газа, который содержит третий уплотнительный заполняющий материал, иной, чем те, которые используются при псевдооживлении частиц кремния. При этом элемент 19 для
распределения газа и впускной элемент 14, 14' для газа, создающего псевдооживление, могут быть образованы посредством использования обоими средствами
40 распределительной пластины и уплотнительного заполняющего материала, который были вышеуказанны.

В варианте осуществления согласно данному изобретению частицы поликристаллического кремния получают во внутренней зоне 4 реактора посредством
45 осаждения кремния. После подачи газообразного реагента 11 через впускной элемент 15 для газообразного реагента происходит осаждение кремния на поверхности частиц 3 кремния, нагретых нагревательным элементом 8а, 8в.

Элемент 16 для выпуска частиц также требует объединения с оболочкой 1 реактора для выпуска полученных таким образом частиц кремния из внутренней зоны 4 наружу
45 из реактора с псевдооживленным слоем.

Выпускная труба, которая образует элемент 16 для выпуска частиц, может быть объединена с впускным элементом 15 для газообразного реагента, как показано на
50 фиг.1. В качестве альтернативы, она может быть установлена независимо от впускного элемента 15 для газообразного реагента, как показано на фиг.2. Через элемент 16 для выпуска частиц образованные частицы 3в кремния могут выпускаться, когда это требуется, из псевдооживленного слоя 4а непрерывным, периодическим или прерывистым образом.

Как показано на фиг.1, с оболочкой 1 реактора может быть объединена дополнительная зона. Такая дополнительная зона может быть образована в какой-либо части или в нижней части впускного элемента 14' для газа, создающего псевдооживление, предоставляя пространство для размещения или задержки частиц 3b кремния с возможностью их охлаждения перед выпуском из реактора.

Кремниевые частицы 3, а именно, кремниевые частицы 3b, полученные в виде продукта, выпущенные из внутренней зоны 4 в соответствии с вариантом согласно данному изобретению, могут быть направлены в элемент для хранения или элемент для транспортировки полученного поликристаллического кремния, которые непосредственно связаны с реактором. При этом полученные таким образом в качестве продукта частицы 3b кремния могут иметь распределение по размеру вследствие природы реактора с псевдооживленным слоем, и частицы меньшего размера, включенные в такой продукт, могут быть использованы в качестве затравочных кристаллов 3a для осаждения кремния. Соответственно возможно, чтобы частицы 3b кремния, полученные в качестве продукта и выпущенные из внутренней зоны 4, могли направляться в сепаратор, в котором частицы могли бы разделяться по размеру. В таком случае частицы большего размера могут направляться в элемент для хранения или элемент для транспортировки частиц, в то время как частицы меньшего размера используются в качестве затравочных кристаллов 3a.

С другой стороны, учитывая сравнительно высокую температуру частиц кремния в псевдооживленном слое 4a, частицы 3b кремния могут быть охлаждены при выводе через элемент 16 для выпуска частиц. Для этой цели через элемент 16 для выпуска частиц может протекать охлаждающий газ, такой как водород, азот, аргон, гелий или их смесь, или охлаждающая среда, такая как вода, масло или газ могут циркулировать через стенку элемент 16 для выпуска частиц.

В качестве альтернативы, хотя это и не показано на чертежах, элемент 16 для выпуска частиц может быть объединен с внутренним пространством оболочки 1 реактора (например, 14' на фиг.1) или нижней частью оболочки реактора (например, 1b на фиг.1 и 2), предоставляя достаточное пространство для размещения или задержки частиц 3b кремния с возможностью их охлаждения в течение определенного промежутка времени перед выпуском из реактора.

Необходимо предотвращать загрязнение полученных частиц 3b кремния при выпуске из реактора через элемент 16 для выпуска частиц. Поэтому в конструкции элемента 16 для выпуска частиц элементы элемента 16 для выпуска частиц, которые могут соприкоснуться с полученными частицами 3b кремния с высокой температурой, могут содержать трубу, вкладыш или формованного элемента из неорганического материала, применимого для трубы 2 реактора, или покрыты таким материалом. Эти элементы элемента 16 для выпуска частиц предпочтительно соединены с металлической оболочкой реактора и/или защитной трубой.

Компоненты элемента 16 для выпуска частиц, которые соприкасаются с частицами продукта со сравнительно низкой температурой или имеют элемент охлаждения на их стенках, могут содержать трубу, вкладыш или формованный элемент из металлического материала, внутренняя стенка которых покрыта или футерована фторсодержащим полимерным материалом.

Как указано выше, полученные частицы 3b кремния могут быть выпущены из внутренней зоны 4 реактора через элемент 16 для выпуска частиц в элемент для хранения или элемент для транспортировки полученного поликристаллического кремния непрерывным, периодическим или прерывистым образом.

При этом между реактором и элементом для хранения продукта может быть размещен сепаратор для разделения частиц, чтобы разделять полученные частицы 3b кремния по размеру и использовать частицы малых размеров в качестве затравочных кристаллов 3a. В качестве сепаратора для разделения частиц в варианте осуществления согласно данному изобретению могут быть использованы различные устройства, имеющиеся в продаже.

Желательно, чтобы элементы сепаратора для разделения частиц, которые могут соприкасаться с полученными частицами 3b кремния, были изготовлены из такого же материала, который использован в элементе 16 для выпуска частиц, или использованием чистого полимерного материала, который не содержит добавок или наполнителя.

Для непрерывного функционирования реактора с псевдооживленным слоем необходимо объединение оболочки реактора 1d с выпускным элементом 17 для газа, который устанавливается для выпуска отходящих газов из реактора с псевдооживленным слоем. Отходящие газы 13 содержат газ, создающий псевдооживление, непрореагировавший газообразный реагент и газообразный продукт, и проходят через верхнюю часть внутренней зоны, 4c.

Тонкие частицы кремния или высокомолекулярные побочные продукты, увлекаемые отходящими газами 13, могут быть отделены дополнительным элементом 34 для обработки отходящих газов.

Как показано на фиг.1 и 2, элемент 34 для обработки отходящих газов, который содержит циклон, фильтр, насадочную колонну, скруббер или центрифуга, может быть установлен с внешней стороны оболочки 1 реактора или в верхней части 4c внутренней зоны в оболочке 1 реактора.

Тонкие частицы кремния, отделенные элементом 34 для обработки отходящих газов, могут быть использованы для других целей или в качестве затравочных кристаллов 3a для получения частицы кремния после возврата в псевдооживленный слой 4a во внутренней зоне реактора.

При получении частиц кремния непрерывным образом предпочтительно поддерживать число и средний размер кремниевых частиц, которые образуют псевдооживленный слой 4a, в определенном интервале. Это может быть достигнуто добавлением примерно такого же числа затравочных кристаллов в псевдооживленный слой 4a, что и число частиц 3b кремния, выведенных в качестве продукта.

Как указано выше, тонкие частицы кремния или порошки, отделенные элементом 34 для обработки отходящих газов, могут быть использованы повторно в качестве затравочных кристаллов, однако, их количество может оказаться недостаточным. В таком случае для продолжения процесса требуется образовать или приготовить дополнительные кремниевые затравочные кристаллы для обеспечения непрерывного получения частиц кремния в псевдооживленном слое.

Для этого может быть рассмотрена возможность дополнительного отделения от частиц 3b кремния, полученных в качестве продукта, частиц кремния уменьшенного размера и использования их в качестве затравочных кристаллов 3a. Однако дополнительный процесс для отделения затравочных кристаллов 3a от полученных частиц 3b с внешней стороны реактора с псевдооживленным слоем имеет те недостатки, что высока вероятность загрязнения и возникновения затруднений в функционировании.

Вместо такого дополнительного разделения полученных частиц 3b также возможно использование охлаждения полученных частиц 3b кремния для отделения от них

частиц меньшего размера и возврат таких частиц в качестве затравочных кристаллов в псевдооживленный слой. Для этой цели дополнительный сепаратор для разделения частиц может быть установлен в середине выпускного канала, включенного в элемент 16 для выпуска частиц. Подача газа в этот канал противотоком приводит к охлаждению полученных частиц 3b, отделение от них частиц меньшего размера и возврат таких частиц меньшего размера в псевдооживленный слой 4a. Это уменьшает расходы на приготовление или подачу затравочных кристаллов и увеличивает средний размер конечных частиц 3b кремния, полученных в качестве продукта, при снижении распределения таких частиц по размерам.

В качестве другого варианта осуществления затравочные кристаллы кремния могут быть приготовлены измельчением некоторых полученных частиц 3b кремния, выпущенных через элемент 16 для выпуска частиц, с образованием затравочных кристаллов в отдельном устройстве для измельчения. Приготовленные таким образом затравочные кристаллы 3a могут быть введены во внутреннюю зону 4 реактора непрерывным, периодическим или прерывистым образом, в зависимости от необходимости. Один пример, в котором затравочные кристаллы 3a вводятся во внутреннюю зону 4 сверху вниз, проиллюстрирован фиг.1, на которой впускной элемент 18 для затравочных кристаллов объединен с верхней стороной оболочки 1d реактора. Этот способ обеспечивает эффективный контроль среднего размера и скорости подачи затравочных кристаллов 3a в соответствии с необходимостью, в то же время он обладает тем недостатком, что требует отдельного устройства для измельчения.

В противоположность этому, частицы кремния могут быть измельчены в затравочные кристаллы внутри псевдооживленного слоя 4a посредством использования выпускного сопла впускного элемента 15 для газообразного реагента, объединенного с оболочкой реактора, или дополнительно установленного газового сопла для высокоскоростной инъекции газа в псевдооживленный слой, обеспечивающей измельчение частиц. Этот способ экономически выгоден, поскольку не требует использования дополнительного устройства для измельчения, однако имеет тот недостаток, что в этом случае трудно контролировать размер и количество затравочных кристаллов, образуемых в реакторе, в пределах заданного допустимого интервала.

В данном варианте согласно изобретению внутренняя зона 4 содержит все области, требуемые для образования слоя 4a частиц кремния, подачи газа 10, создающего псевдооживление, и газообразного реагента 11 в слой 4a частиц кремния, обеспечения осаждения кремния и выпуска отходящих газов 13, содержащих газ, создающий псевдооживление, непрореагировавший газообразный реагент и газообразный побочный продукт. Поэтому внутренняя зона 4 играет фундаментальную роль в осаждении кремния в псевдооживленном слое кремниевых частиц 3 и получении частиц поликристаллического кремния в качестве продукта.

В противоположность внутренней зоне 4 внешняя зона 5 является независимо образованным пространством между внешней стенкой трубы 2 реактора и оболочкой 1 реактора, в котором не образуется слой частиц 3 кремния и не происходит осаждения кремния, поскольку не подается газообразный реагент.

В соответствии с данным вариантом согласно изобретению внешняя зона 5 также играет важную роль, как это указано ниже. Во-первых, внешняя зона 5 предоставляет пространство для защиты трубы 2 реактора посредством поддержания разности давлений между внутренней зоной 4 и внешней зоной 5 в пределах определенного

интервала.

Во-вторых, внешняя зона 5 предоставляет пространство для размещения изоляционного материала 6, который предотвращает или снижает потери тепла из реактора.

В-третьих, внешняя зона 5 предоставляет пространство для нагревателя, располагаемого вокруг трубы 2 реактора.

В-четвертых, внешняя зона 5 предоставляет пространство для поддержания по существу атмосферы инертного газа с внешней стороны труба 2 реактора, чтобы предотвратить поступление опасного газа, содержащего кислород, и примесей во внутреннюю зону 4, и для безопасной установки и эксплуатации трубы 2 реактора внутри оболочки 1 реактора.

В-пятых, внешняя зона 5 обеспечивает мониторинг в режиме реального времени состояния трубы 2 реактора во время его функционирования. Анализ или измерение образцов газа из внешней зоны, полученных посредством соединительного элемента 28, позволяет обнаружить присутствие или концентрацию газообразного компонента, который может иметься во внутренней зоне 4 и изменение которого может непосредственным образом свидетельствовать о повреждении трубы реактора.

В-шестых, внешняя зона 5 предоставляет пространство для установки нагревателя 8b, окружающего трубу 2 реактора, как показано на фиг.2, для нагревания и химического удаления слоя осажденного кремния, накапливающегося на внутренней стенке трубы 2 реактора вследствие протекания процесса осаждения кремния.

В-седьмых, внешняя зона 5 предоставляет пространство, требующееся для эффективного монтирования или демонтирования трубы 2 реактора и образования внутренней зоны 4.

В соответствии с данным вариантом согласно изобретению внешняя зона 5 выполняет различные важные задачи, как это указано выше. Соответственно, внешняя зона может быть разделена на несколько секций в вертикальном и/или радиальном или окружном направлении при использовании одной или нескольких труб, пластин, формованных элементов или патрубков в качестве разделительных элементов.

Если внешняя зона 5 дополнительно разделена в соответствии с данным вариантом согласно изобретению, то разделенные секции могут пространственно соединены одна с другой при создании в них в основном одинаковых атмосферы и давления.

Изоляционный материал 6, который может быть размещен во внешней зоне 5 для существенного уменьшения передачи тепла посредством теплоизлучения или теплопроводности, может быть выбран из неорганических материалов, используемых в промышленности, в виде цилиндра, блока, ткани, мата, войлока, вспененного продукта или уплотнительного заполняющего материала.

Нагревательные элементы 8a, 8b, связанные с элементами 9 для подачи электропитания, которые соединены с оболочкой реактора для поддержания температура реакции в реакторе с псевдооживленным слоем, могут быть установлены только во внешней зоне 5 или установлены лишь во внутренней зоне 4, в частности, в псевдооживленном слое 4a частиц кремния. Нагревательные элементы 8a, 8b при необходимости могут быть установлены как во внутренней зоне 4, так и во внешней зоне 5, как показано на фиг.1. Кроме того, Фиг.2 иллюстрирует пример, когда множество независимых нагревательных элемент 8a, 8b установлены во внешней зоне 5.

В случае, когда несколько нагревательных элементов 8a, 8b установлены в реакторе с псевдооживленным слоем, они могут быть электрически соединены последовательно или параллельно по отношению к источнику электропитания E. В качестве альтернативы, система подачи электрической мощности, содержащая источник электропитания E и элементы 9a-9f для подачи электропитания, может быть образована в виде независимых средств, как показано на фиг.1 и 2.

Как показано на фиг.1, нагреватель 8a, установленный в псевдооживленном слое 4a частиц кремния, может иметь преимущество, заключающееся в непосредственном нагревании частиц кремния в псевдооживленном слое. В этом случае, для предотвращения накопления осажденного кремния на поверхности нагревателя 8a данный нагреватель 8a может позиционироваться ниже отверстия для выпуска газообразного реагента во впускном элементе 15 для газообразного реагента.

В данном варианте изобретения соединительный элемент 26a, 26b для инертного газа устанавливается на оболочке реактора, независимо от внутренней зоны 4, чтобы поддерживать во внешней зоне 5 атмосферу инертного газа, препятствующую осаждению кремния. Инертный газ 12 может быть одним или несколькими газами из водорода, азота, аргона и гелия.

Назначение соединительного элемента 26a, 26b для инертного газа, который установлен на оболочке реактора или пропущен через нее и пространственно связан с внешней зоной 5, заключается в предоставлении трубного соединения для подачи или выпуска инертного газа 12, и данное средство может быть выбрано из трубы, сопла, фланца, патрубка или их комбинации.

При этом, помимо соединительного элемента 26a, 26b для инертного газа, оболочка реактора, которая открыта во внешнюю зону 5 непосредственным или опосредованным образом, может быть снабжена элементом 28 для соединения с внешней зоной. В таком случае элемент 28 для соединения с внешней зоной может быть использован для определения и регулирования температуры, давления или состава газа. Хотя даже единственный соединительный элемент 26a, 26b для инертного газа может обеспечить поддержание атмосферы инертного газа во внешней зоне 5, подача или выпуск инертного газа может быть выполнена независимым образом посредством использования двойной трубы или нескольких соединительных элементов 26a, 26b для инертного газа.

Кроме того, соединительный элемент 26a, 26b для инертного газа поддерживает автономную атмосферу инертного газа во внешней зоне 5 и может также быть использован для измерения и/или регулирования расхода, температуры, давления или состава газа, что может быть также выполнено посредством использования средства 28 для соединения с внешней зоной.

Фиг.1 и 2 предоставляют разные примеры в комплексном виде, в которых давление (Po) во внешней зоне 5 измеряется или регулируется посредством использования соединительного элемента 26a, 26b для инертного газа или элемента 28 для соединения с внешней зоной.

Элемент 28 для соединения с внешней зоной может быть установлен для измерения и/или регулирования эксплуатационных параметров внешней зоны 5, независимо от соединительного элемента 26a, 26b для инертного газа или совместно с ним. Элемент 28 для соединения с внешней зоной предназначен для обеспечения трубного соединения и может быть выбран из трубки, сопла, фланца, клапана, патрубка или их комбинации. Если соединительный элемент 26a, 26b для инертного газа не установлен, то элемент 28 для соединения с внешней зоной может быть использован для подачи

или выпуска инертного газа 12, а также для определения или регулирования температуры, давления или состава газа. Поэтому отсутствует необходимость в дифференциации соединительного элемента 26а, 26б для инертного газа и элемента 28 для соединения с внешней зоной в отношении формы и назначения.

5 В отличие от внешней зоны 5, в которой давление может поддерживаться почти постоянным, независимо от расположения и времени, во внутренней зоне 4 неизбежно имеет место разность давлений в соответствии с высотой псевдооживленного слоя 4а кремниевых частиц 3. Соответственно, давление (P_i) во внутренней зоне 4 изменяется в
10 соответствии с высотой во внутренней зоне 4.

Хотя перепад давления, обусловленный псевдооживленным слоем твердотельных частиц, зависит от высоты псевдооживленного слоя, обычно перепад давления, создаваемый псевдооживленным слоем, составляет менее примерно 0,5-1 бар, если
15 только высота псевдооживленного слоя нечрезмерно велика. Кроме того, неизбежны нерегулярные флуктуации давления во времени вследствие природы псевдооживления твердотельных частиц. Соответственно, давление может изменяться во внутренней зоне 4 в зависимости от местоположения и времени.

С учетом этих основных свойств, элемент управления давлением во внутренней зоне, т.е. элемент 30 управления давлением во внутренней зоне для непосредственного или косвенного определения или управления давлением (P_i) во внутренней зоне 4,
20 может быть установлен в таком месте среди многих различных мест, в котором он может быть пространственно соединен с внутренней зоной 4.

Элементы управления давлением в соответствии с данным вариантом изобретения, т.е. элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне, могут быть установлены или пропущены в различных
25 местах, в зависимости от деталей реакторной сборки, а также от эксплуатационных параметров, подлежащих контролю.

Элемент управления давлением во внутренней зоне, т.е. элемент 30 управления давлением во внутренней зоне, может быть пространственно соединен с внутренней зоной 4 через элемент 24, 25 для соединения с внутренней зоной, впускной элемент 14 для газа, создающего псевдооживление, впускной элемент 15 для газообразного реагента, элемент 16 для выпуска частиц или выпускной элемент для газа 17, которые
30 пространственно открыты непосредственным или опосредованным образом во внутреннюю зону 4.

При этом элемент управления давлением во внешней зоне, т.е. элемент 31 управления давлением во внешней зоне, может быть пространственно соединен с
40 внешней зоной 5 через элемент 28 для соединения с внешней зоной или соединительный элемент 26а, 26б для инертного газа и др., которые установлены на оболочке 1 реактора или проходят через нее и пространственно открыты непосредственным или опосредованным образом во внешнюю зону 5.

В соответствии с вариантом осуществления данного изобретения элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне могут содержать компоненты, необходимые для измерения и/или
45 управления давлением непосредственным или опосредованным образом.

Каждый из элементов управления внутренним и внешним давлением, 30 и 31, содержит по меньшей мере один компонент из группы, состоящей из: (а) соединительной трубы или патрубка для пространственного соединения; (б) клапана с
50 ручным, полуавтоматическим или автоматическим управлением; (с) цифрового или аналогового датчика давления или датчика разности давлений; (d) индикатора или

регистратора давления; и (е) элемента, образующего контроллер с преобразователем сигналов или арифметическим процессором.

Элемент 30 управления давлением во внутренней зоне взаимосвязан с элементом 31 управления давлением во внешней зоне с образованием механического узла или сигнального контура. Кроме того, каждый из данных элементов управления внутренним и давлением во внешней зоне может быть частично или полностью интегрирован в систему управления, выбранную из группы, состоящей из центральной системы управления, системы распределенного управления и системы локального управления.

Хотя элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне могут быть скомпонованы независимым образом в отношении давления, каждый из элементов управления давлением может быть частично или полностью интегрирован в элемент для определения или управления параметром, выбранным из группы, состоящей из скорости потока, температуры, состава газа, концентрации частиц и т.д.

При этом каждый из элементов управления внутренним и давлением во внешней зоне, 30 или 31, может, кроме того, содержать разделительное средство, такое как фильтр или скруббер для отделения частиц или же контейнер для буферизации давления. Это защищает компоненты элементов управления давлением 30 и 31 от загрязнения примесями и в то же время предоставляет элемент для сглаживания изменений давления.

В качестве примера, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть установлен во внутренней зоне или связан с элементом 24, 25 для соединения с внутренней зоной, который установлен на оболочке реактора или пропущен через нее и пространственно открыт непосредственным или опосредованным образом во внутреннюю зону 4 для измерения давления, температуры или состава газа или же для визуального наблюдения за внутренним пространством реактора.

Посредством такой конструкции элемента 30 управления давлением во внутренней зоне, что он может быть соединен со элементом 24, 25 для соединения с внутренней зоной, давление в верхней части 4с внутренней зоны 4 может измеряться и/или контролироваться стабильным образом, хотя и затруднено определение флуктуаций давления в зависимости от времени вследствие псевдооживленного слоя частиц кремния.

Для более точного определения флуктуаций давления в зависимости от времени, связанных с псевдооживленным слоем, элемент для соединения с внутренней зоной может быть установлен таким образом, что он может быть пространственно соединен с внутренней частью псевдооживленного слоя.

Элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может также быть установлен в других подходящих местах или связан с ними, а именно в месте расположения впускного элемента 14 для газа, создающего псевдооживление, или впускного элемента 15 для газообразного реагента или же элемент 16 для выпуска частиц, или выпускного элемент 17 для газа и т.д., которые все объединены с оболочкой реактора и, соответственно, пространственно соединены с внутренней зоной 4.

Кроме того, несколько элементов 30 управления давлением во внутренней зоне могут быть установлены в двух или более подходящих местах, которые, в конечном счете, обеспечивают пространственное соединение с внутренней зоной 4 через элемент 24, 25 для соединения с внутренней зоной или средства в других местах.

Как указано выше, присутствие кремниевых частиц влияет на внутреннее давление. P_i . Соответственно, измеренная величина P_i изменяется в зависимости от места, в котором установлен элемент 30 управления давлением во внутренней зоне. Согласно наблюдениям, проведенным заявителями, на величину P_i влияют характеристики псевдооживленного слоя и структура впускного элемента 14 для газа, создающего псевдооживление, или впускного элемента 15 для газообразного реагента или же элемента 16 для выпуска частиц, или выпускного элемента 17 для газа, однако, ее отклонение в зависимости от места измерения давления не превышает 1 бар.

В качестве предпочтительного варианта осуществления элемент 31 управления давлением во внешней зоне, используемое для непосредственного или опосредованного измерения и/или управления давлением во внешней зоне 5, может устанавливаться таким образом, чтобы оно могло быть пространственно соединено с внешней зоной 5.

Места, с которыми элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть соединен или в которых может быть установлен, включают, например, элемент 28 для соединения с внешней зоной или соединительный элемент 26a, 26b для инертного газа, которые установлены на оболочке реактора или пропущены через нее и пространственно соединены с внешней зоной 5 непосредственным или косвенным образом.

В данном варианте изобретения во внешней зоне 5 предпочтительно поддерживается в основном атмосфера инертного газа. Соответственно, элемент 26a для инертного газа, вводящий инертный газ 12 во внешнюю зону 5, или соединительный элемент 26b для инертного газа, выпускающий инертный газ 12 из внешней зоны 5, могут быть использованы как элемент 28 для соединения с внешней зоной.

Поэтому возможно пространственное соединение внешней зоны 5 с элементом 31 управления давлением во внешней зоне для измерения и/или регулирования непосредственным или косвенным образом давления во внешней зоне 5 через соединительный элемент 26a, 26b для инертного газа или элемент 28 для соединения с внешней зоной.

В данном варианте изобретения элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне могут быть использованы для поддержания величины $P_o - P_i$, т.е. разности между давлением во внутренней зоне (P_i) и давлением во внешней зоне (P_o), в пределах 1 бар. Однако при использовании элемента 30 управления давлением во внутренней зоне следует учитывать, что P_i может изменяться в зависимости от места, выбранного для соединения с внутренней зоной.

Величина P_i , измеренная через элемент 24, 25 для соединения с внутренней зоной, впускной элемент 14 для газа, создающего псевдооживление, впускной элемент 15 для газообразного реагента или элемент 16 для выпуска частиц и т.д., которые установлены в местах, пространственно соединенных с внутренней или нижней частью псевдооживленного слоя, выше величины P_i , измеренной через элемент для соединения с внутренней зоной, впускной элемент 17 для газа или впускной элемент 18 для затравочных кристаллов кремния и т.д., которые установлены в местах, пространственно соединенных с пространством, подобным верхней части внутренней зоны 4с, и не находятся в непосредственном соприкосновении с псевдооживленным слоем кремниевых частиц.

В особенности давление, измеренное через элемент для соединения с внутренней

зоной, впускной элемент 14 для газа, создающего псевдооживление, или элемент 16 для выпуска частиц, которые пространственно соединены с нижней частью псевдооживленного слоя кремниевых частиц, показывает максимальную величину внутреннего давления, $P_{i_{max}}$. В противоположность этому, минимальная величина внутреннего давления, $P_{i_{min}}$, может быть получена при измерении через выпускной элемент 17 для газа или элемент 24, 25 для соединения с внутренней зоной, не находящаяся в непосредственном соприкосновении с псевдооживленным слоем. Это обусловлено тем, что имеется разность давлений, зависящая от высоты псевдооживленного слоя кремниевых частиц 4а, и величина P_i всегда выше в нижней части псевдооживленного слоя по сравнению с его верхней частью.

Эта разность давлений увеличивается с высотой псевдооживленного слоя. Чрезмерно большая высота слоя при разности давления 1 бар или более нежелательна, поскольку высота реактора становится слишком большой для использования. В противоположность этому, очень тонкий слой с разностью давления 0,01 бар или менее также нежелателен, поскольку высота и объем псевдооживленного слоя слишком малы для обеспечения приемлемой минимальной производительности реактора.

Поэтому разность давлений в псевдооживленном слое предпочтительно находится в интервале 0,01-1 бар. А именно, разности давлений между максимальной величиной давления ($P_{i_{max}}$) и минимальной величиной давления ($P_{i_{min}}$) во внутренней зоне 4 предпочтительно находятся в пределах 1 бар.

При поддержании величины $|P_o - P_i|$, т.е. разности давлений между внутренней и внешней сторонами трубы 2 реактора, в интервале от 0 до 1 бар, следует обращать внимание на то, что разность давлений может изменяться в зависимости от высоты трубы 2 реактора.

Предпочтительно, чтобы удовлетворялись требования $P_o \leq P_i$ и $0 \text{ бар} \leq (P_i - P_o) \leq 1$ бар, когда элемент 30 управления давлением во внутренней зоне пространственно соединен с внутренней зоной 4 через элемент для соединения с внутренней зоной, впускной элемент 14 для газа, создающего псевдооживление, впускной элемент 15 для газообразного реагента или элемент 16 для выпуска частиц и т.д., которые соединены с внутренней или нижней частью псевдооживленного слоя кремниевых частиц, давление в которой выше, чем в верхней части внутренней зоны 4с.

В противоположность этому, предпочтительно, чтобы удовлетворялись требования $P_i \leq P_o$ и $0 \text{ бар} \leq (P_o - P_i) \leq 1$ бар, когда элемент 30 управления давлением во внутренней зоне пространственно соединен с внутренней зоной 4 через выпускной элемент 17 для газа, впускной элемент 18 для затравочных кристаллов кремния или элемент 24, 25 для соединения с внутренней зоной и т.д., которые не соединены пространственно с псевдооживленным слоем кремниевых частиц, однако, соединены с верхней частью внутренней зоны 4с, давление в которой ниже, чем во внутренней или нижней части псевдооживленного слоя.

Также допустима компоновка элемент 30 управления давлением во внутренней зоне или элемент 31 управления давлением во внешней зоне таким образом, чтобы P_i или P_o представляли среднее значение нескольких величин давления, измеренных в одном или нескольких местах. В частности, поскольку разность давлений во внутренней зоне 4 может зависеть от места соединения элемента 30 управления давлением во внутренней зоне, то элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может содержать элемент управления с арифметическим процессором, которые обеспечивают оценку средней величины давления на основании величин, измеренных

двумя или более датчиками давления.

Поэтому при поддержании величины $|P_o - P_i|$, т.е. величины разности давления между внутренней и внешней сторонами реакторной трубы, в пределах 1 бар, предпочтительно поддерживать величину давления во внешней зоне, P_o , между $P_{i_{max}}$ и $P_{i_{min}}$, которые представляют собой соответственно максимальную и минимальную величины давления и могут быть измерены посредством пространственного соединения указанных элементов управления давлением с внутренней зоной 4.

Элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и/или элемент 31 управления давлением во внешней зоне в соответствии с данным вариантом изобретения желателен должны содержать элемент управления разностью давлений, который поддерживает величину $|P_o - P_i|$ в пределах 1 бар.

Элемент управления разностью давлений может быть включен лишь в один элемент 30 управления давлением во внутренней зоне или элемент 31 управления давлением во внешней зоне или в оба эти элемента управления при использовании независимым образом, или же в оба эти элемента 30, 31 при совместном использовании.

Однако предпочтительно применение и поддержание в рабочем состоянии элемента управления разностью давлений с учетом того, что величина давления изменяется в зависимости от места, выбранного для измерения давления во внутренней зоне P_i . Когда P_i измеряется через впускной элемент 14 для газа, создающего псевдооживление, впускной элемент 15 для газообразного реагента, элемент 16 для выпуска частиц или элемент для соединения с внутренней зоной и т.д., которое пространственно соединено с внутренней частью псевдооживленного слоя, в особенности с нижней частью псевдооживленного слоя, в которой давление выше, чем в верхней части внутренней зоны 4с, то элемент управления разностью давлений может предпочтительно функционировать таким образом, чтобы выполнялись требования $P_o \leq P_i$ и $0 \text{ бар} \leq (P_i - P_o) \leq 1$.

В таком случае элемент управления разностью давлений обеспечивает соответствие давления во внешней зоне (P_o) и давления во внутренней зоне (P_i) требованию $0 \text{ бар} \leq (P_i - P_o) \leq 1 \text{ бар}$ совместно со средством 30 управления давлением во внутренней зоне, пространственно соединенным с внутренней частью псевдооживленного слоя через впускной элемент 14 для газа, создающий псевдооживление, или впускной элемент 15 для газообразного реагента, или элемент 16 для выпуска частиц, или же элемент для соединения с внутренней зоной.

В противоположность этому, предпочтительно применение и поддержание в рабочем состоянии элемента управления разностью давлений таким образом, чтобы удовлетворялись требования $P_i \leq P_o$ и $0 \text{ бар} \leq (P_o - P_i) \leq 1 \text{ бар}$, если P_i измеряется в месте, которое пространственно соединено с верхней частью внутренней зоны 4с из разных частей внутренней зоны 4. В таком случае элемент управления разностью давлений обеспечивает соответствие требованию $0 \text{ бар} \leq (P_o - P_i) \leq 1 \text{ бар}$ совместно с элементом 30 управления давлением во внутренней зоне, пространственно соединенным с внутренней зоной 4 через впускной элемент 17 для газа, впускной элемент 18 для затравочных кристаллов кремния или элемент 24, 25 для соединения с внутренней зоной, которые не находятся в непосредственном соприкосновении с псевдооживленным слоем кремниевых частиц.

В данном варианте изобретения при включении лишь в один элемент 30 управления давлением во внутренней зоне или элемент 31 управления давлением во внешней зоне, в оба эти элемент 30, 31 управления для использования независимым образом или же в

оба эти элемента 30, 31 при совместном использовании элемента управления разностью давлений поддерживает величину $|P_o - P_i|$ в пределах 1 бар.

Когда разность между P_o и P_i поддерживается в пределах 1 бар посредством использования элемента управления разностью давлений, очень высокие или низкие величины P_i или P_o не оказывают влияния на трубу 2 реактора, потому что мала разность давлений между внутренней зоной и внешней зоной трубы 2 реактора.

В отношении производительности предпочтительно поддержание давления реакции выше по меньшей мере 1 бар по сравнению с разреженным состоянием при давлении менее 1 бар, если давление относится в данном варианте изобретения к абсолютному давлению.

Скорости подачи газа 10, создающего псевдооживление, и газообразного реагента 11 возрастают с увеличением давления примерно пропорциональным образом, в расчете на число молей или массу в единицу времени. Соответственно, расход тепла в псевдооживленном слое 4а для нагревания газообразного реагента от температуры на входе до температуры, требуемой для реакции, также увеличивается с давлением реакции, т.е. P_o или P_i .

В случае газообразного реагента 11 важно подавать газ в реактор после предварительного нагревания до температуры выше примерно 350-400°C, т.е. температуры начала разложения. В то же время неизбежно требуется предварительно нагревать газ 10, создающий псевдооживление, до температуры ниже температуры реакции, потому что высока вероятность загрязнения примесями во время этапа предварительного нагревания с внешней стороны реактора с псевдооживленным слоем, а впускной элемент 14 для газа, создающего псевдооживление, едва ли может быть изолирован, чтобы обеспечить предварительное нагревание газа выше температуры реакции.

Поэтому трудности с нагреванием возрастают с увеличением давления. Когда давление реакции превышает примерно 15 бар, то трудно нагревать псевдооживленный слой 4а, как это требуется, хотя несколько нагревательных элементов 8а, 8b дополнительно устанавливаются во внутреннем пространстве оболочки реактора. С учетом этих практических ограничений, давление (P_o) во внешней зоне или давление (P_i) во внутренней зоне предпочтительно находится в пределах примерно 1-15 бар абсолютного давления.

В соответствии с давлением внутри реактора элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и/или элемент 31 управления давлением во внешней зоне может содержать элемент управления разностью давлений, который может уменьшать разность давлений между внутренней и внешней сторонами трубы 2 реактора. Это может быть осуществлено разными путями, некоторые примеры которых описаны здесь ниже.

Давление реакции может быть установлено на высоком уровне посредством использования элемента управления давлением во внутренней зоне без ухудшения стабильности труба 2 реактора, тем самым обеспечивая увеличение как производительности, так и стабильности реактора с псевдооживленным слоем.

Например, независимо от места расположения элемента 30 управления давлением во внутренней зоне для конечного соединения с внутренней зоной 4 как элемент 30 управления давлением во внутренней зоне, так и элемент 31 управления давлением во внешней зоне могут содержать соответствующий элемент управления разностью давлений, так что давление (P_i) во внутренней зоне и давление (P_o) во внешней зоне могут регулироваться при заданных величинах давления, т.е. P_i^* и P_o^* ,

соответственно, при соответствии следующему требованию: $|P_o^* - P_i^*| \leq 1$ бар.

Для этой цели элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может содержать элемент управления разностью давлений, который поддерживает P_i при заданной величине, P_i^* .

5 Вместе с этим элемент 31 управления давлением во внешней зоне может также содержать элемент управления разностью давлений, который поддерживает P_o при такой заданной величине, P_o^* , так что независимо от высоты выполняется требование $|P_o^* - P_i^*| \leq 1$ бар. Аналогичным образом, элемент 31 управления давлением во внешней
10 зоне может содержать элемент управления разностью давлений, который поддерживает P_o при заданной величине, P_o^* .

Вместе с этим элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может также содержать элемент управления разностью давлений, которое поддерживает P_i при такой заданной величине, P_i^* , при которой независимо от высоты выполняется
15 требование $|P_o^* - P_i^*| \leq 1$ бар.

В качестве другого варианта осуществления, независимо от места расположения элемента 30 управления давлением во внутренней зоне для конечного соединения с внутренней зоной 4, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может
20 содержать элемент управления разностью давлений, которое поддерживает P_i при заданной величине, P_i^* , в то время как элемент управления давлением во внешней зоне может содержать элемент управления разностью давлений, который регулирует внешнее давление, P_o , в соответствии с изменением внутреннего давления в реальном времени таким образом, чтобы независимо от высоты выполнялось требование $|P_o - P_i| \leq 1$ бар.
25

При определении величин параметров управления, P_i^* и P_o^* , которые задаются для поддержания разности между P_i и P_o в пределах 1 бар, может оказаться необходимым учитывать то, могут ли или нет примеси мигрировать через уплотнительные
30 элементы 41a, 41b трубы 2 реактора.

При сборке реактора с псевдооживленным слоем для функционирования в соответствии с данным вариантом изобретения существует практическое ограничение, заключающееся в том, что для уплотнительных элементов 41a, 41b для трубы 2 реактора может не быть достигнута достаточная степень газонепроницаемости
35 уплотнения. Кроме того, степень уплотнения может быть снижена под действием сдвиговых напряжений, прикладываемых к трубе 2 реактора псевдооживленными кремниевыми частицами 3.

В данном варианте изобретения проблема возможной миграции примесей между
40 внутренней зоной 4 и внешней зоной 5 через уплотнительные элементы 41a, 41b может быть разрешена правильным заданием величин параметров управления, т.е. P_i^* и P_o^* , для элемента управления разностью давлений.

В соответствии с данным изобретением параметры управления давлением для использования в элементе управления разностью давлений, контролирующих
45 величины давления во внутренней зоне и внешней зоне, соответственно, могут быть заданы на основании анализа состава отходящих газов 13 или газа, присутствующего во внешней зоне 5.

Например, характер миграции примесей между внутренней зоной 4 и внешней зоной 5 через уплотнительные элементы 41a, 41b может быть установлен на основании
50 анализа компонентов отходящих газов 13, отобранных через выпускной элемент 17 для газа или элемент 34 для обработки отходящих газов или же на основании анализа газа, присутствующего во внешней зоне 5, которое отобрано через элемент 28 для

соединения с внешней зоной или соединительный элемент 26b для инертного газа.

Если подтверждено, что отходящие газы содержат в качестве компонента инертный газ 12, который не подавался во внутреннюю зону, то приток примесных элементов из внешней зоны 5 во внутреннюю зону 4 может быть снижен или предотвращен заданием величины P_i^* выше P_o^* , т.е. $P_i^* > P_o^*$. В противоположность этому, если установлено, что газ, выпущенный из внешней зоны 5, содержит компонент отходящих газов 13 из внутренней зоны 4, помимо инертного газа 12, то приток примесных элементов из внутренней зоны 4 во внешнюю зону 5 может быть снижен или предотвращен заданием величины P_o^* выше P_i^* , т.е. $P_o^* > P_i^*$.

Как указано выше, хотя уплотнительные элементы 41a, 41b трубы 2 реактора могут быть не установлены или могут не поддерживаться удовлетворительным образом во время сборки или функционирования реактора с псевдооживленным слоем, нежелательная миграция примесей между двумя зонами 4 и 5 через уплотнительные элементы может быть минимизирована или предотвращена соответствующим выбором параметров управления для элемента управления давлением. При этом при любых величинах P_i^* и P_o^* , которые могут быть заданы в элементе управления разностью давлений, в соответствии с данным вариантом изобретения должно удовлетворяться требование $|P_o^* - P_i^*| \leq 1$ бар.

В качестве другого примера достижения цели данного изобретения, разности давлений, т.е. $\Delta P = |P_o - P_i|$, может быть измерена посредством взаимосвязи элемента 30 управления давлением во внутренней зоне и элемента 31 управления давлением во внешней зоне, в результате чего элемент управления разностью давлений может поддерживать величину ΔP в интервале от 0 до 1 бар, независимо от места внутренней зоны 4, выбранного для измерения P_i , посредством регулирования элемента 30 управления давлением во внутренней зоне и/или элемента 31 управления давлением во внешней зоне ручным, полуавтоматическим или автоматическим образом.

В качестве еще одного примера достижения цели данного изобретения, элемент управления разностью давлений может содержать уравнительную линию, которая пространственно связывает соединительную трубу, включенную в элемент 30 управления давлением во внутренней зоне, и соединительную трубу, включенную в элемент 31 управления давлением во внешней зоне.

Соединительная труба, которая включена в элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и образует уравнительную линию 23, может быть установлена в месте, выбранном для пространственного соединения с внутренней зоной 4, включая, однако, не ограничиваясь ими, элемент 24, 25 для соединения с внутренней зоной; впускной элемент 14, 14' для газа, создающего псевдооживление; впускной элемент 15 для газообразного реагента; элемент 16 для выпуска частиц; впускной элемент 17 для газа; или впускной элемент 18 для затравочных кристаллов, которые все пространственно открыты во внутреннюю зону непосредственным или косвенным образом.

В то же время соединительная труба, которая включена в элемент 31 управления давлением во внешней зоне и образует уравнительную линию 23, может быть установлена в месте, выбранном для пространственного соединения с внешней зоной 5, включая, однако, не ограничиваясь ими, элемент 28 для соединения с внешней зоной или соединительный элемент 26a, 26b для инертного газа, которые все связаны с оболочкой реактора и пространственно открыты во внешнюю зону непосредственным или косвенным образом.

Уравнительная линия 23, которая пространственно соединяет элемент 30

управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне, может быть отнесена к наиболее простой форме элемента управления разностью давлений, поскольку она всегда может поддерживать разность давлений между двумя взаимно соединенными зонами 4, 5 вблизи нуля.

Несмотря на это преимущество, в случае, когда элемент управления разностью давлений образован одной лишь уравнивающей линией 23, между двумя зонами 4, 5 может происходить нежелательный обмен газообразными компонентами и примесями. В этом случае примесные элементы, образованные или выпущенные из изоляционного материала или нагревательных элементов, установленных во внешней зоне 5, могут загрязнять внутреннюю зону 4, особенно частицы поликристаллического кремния. Аналогичным образом тонкие частицы кремния или компоненты остаточного газообразного реагента или же побочные продукты реакции, выпускаемые из внутренней зоны 4, могут загрязнять внешнюю зону 5.

Поэтому, когда в качестве элемента управления разностью давлений используется уравнивающая линия 23, то к уравнивающей линии 23 может быть, кроме того, добавлен элемент для выравнивания давления, который может уменьшать или предотвращать возможный взаимный обмен газообразными компонентами и примесями между двумя зонами 4, 5. Данный элемент для выравнивания давления может содержать по меньшей мере одно средство, выбранное из запорного клапана, клапана для выравнивания давления, трехходового клапана, фильтра для отделения частиц, демпфирующего контейнера, надсадочного слоя, поршня, дополнительный элемент для управления текучей средой и устройства компенсации давления с использованием сепарационной мембраны, который соответствующим образом предотвращает возможный взаимный обмен газообразными компонентами и примесями без ухудшения эффекта выравнивания давления.

Кроме того, элемент управления разностью давлений может содержать клапан с ручным управлением для управления давлением или расхода или может, кроме того, содержать (полу)автоматический клапан, который предназначен для (полу)автоматического регулирования в соответствии с заданной величиной давления или разности давлений. Эти клапаны могут быть установлены в комбинации с датчиком давления или индикатором давления, измеряющим давление или разность давлений.

Датчики давления или индикаторы давления имеются в продаже в виде аналоговых, цифровых или гибридных устройств и могут быть включены в интегральную систему сбора, хранения и контроля данных, если они объединены с элементом для обработки данных, таким как преобразователь сигналов или процессор для обработки сигналов и т.д., и/или с контроллером для локального управления, контроллером для распределенного управления или центральным контроллером, включающим схему для выполнения арифметических операций.

Ниже иллюстративные варианты осуществления в соответствии с представленными чертежами пояснены в отношении использования элемента управления разностью давлений для уменьшения разности давлений между внутренней и внешней сторонами реакторной трубы 2 в реакторе высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 представляет собой вид поперечного сечения реактора высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, посредством которого всесторонним образом иллюстрируются некоторые из

вариантов осуществления данного изобретения.

Фиг.2 представляет собой вид поперечного сечения реактора высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, посредством которого всесторонним образом иллюстрируются некоторые другие варианты осуществления данного изобретения.

Цифровые обозначения на чертежах

1: Оболочка реактора

2: Труба реактора

3: Частицы кремния

3а: Затравочные кристаллы кремния

3б: Полученные частицы кремния

4: Внутренняя зона

5: Внешняя зона

6: Изоляционный материал

7: Облицовка

8: Нагреватель

9: Элементы для подачи электропитания

10: Газ, создающий псевдооживление

11: Газообразный реагент

12: Инертный газ

13: Отходящие газы

14: Впускной элемент для газа, создающего псевдооживление

15: Впускной элемент для газообразного реагента

16: Элемент для выпуска частиц

17: Элемент для выпуска газа

18: Впускной элемент для затравочных кристаллов кремния

19: Элемент для распределения газа

23: Уравнительная линия

24, 25: Элемент для соединения с внутренней зоной

26: Соединительный элемент для инертного газа

27: Двухпозиционный клапан

28: Элемент для соединения с внешней зоной

30: Элемент управления давлением во внутренней зоне

31: Элемент управления давлением во внешней зоне

32: Датчик разности давлений

33: Элемент для уменьшения флуктуации

34: Элемент для обработки отходящих газов

35: Элемент для анализа газа

36: Фильтр

41: Уплотнительные элементы

Е: Источник электропитания.

Лучший вариант осуществления данного изобретения

Данное изобретение описано более конкретно посредством примеров, представленных ниже. Данные примеры приведены лишь для пояснения данного изобретения и никоим образом не ограничивают его объем.

Пример 1

Ниже представлено описание варианта осуществления, в котором давление (P_i) во внутренней зоне и давление (P_o) во внешней зоне регулируются независимым образом

при заданных величинах. P_i^* и P_o^* , соответственно, и разность между величинами внутреннего давления и внешнего давления тем самым поддерживается в интервале от 0 до 1 бар.

Как показано на фиг.1 и 2, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть образован соединением первого клапана 30b для управления давлением с выпускным элементом 17 для газа через элемент 34 для обработки отходящих газов с целью удаления тонких частиц кремния. Первый клапан 30b для управления давлением и выпускной элемент 17 для газа соединены друг с другом соединительной трубой.

Давление в верхней части внутренней зоны 4 может регулироваться при заданной величине, P_i^* , посредством использования первого клапана 30b для управления давлением, который функционирует как элемент управления разностью давлений.

При этом, как показано на фиг.1, элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть образован взаимным соединением соединительного элемента 26a для инертного газа, четвертого датчика 31a' давления и четвертого клапана 31b' для управления давлением. Хотя на фиг.1 четвертый датчик 31a' давления и четвертый клапан 31b' для управления давлением показаны как установленные отдельно, они могут быть объединены один с другим цепью с образованием единого средства, которое может одновременно измерять и регулировать давление.

Если элемент 30 управления давлением во внутренней зоне соединен с верхней частью внутренней зоны 4c, давление в которой меньше давления в псевдооживленном слое или ниже его, то предпочтительно задавать P_i^* и P_o^* таким образом, чтобы могло быть выполнено условие $P_o^* \geq P_i^*$.

В этом примере давление во внешней зоне может регулироваться при заданной величине, P_o^* , таким образом, чтобы выполнялось условие $0 \text{ бар} \leq (P_o^* - P_i^*) \leq 1 \text{ бар}$, посредством использования четвертого датчика давления 31a' и четвертого клапана 31a' для управления давлением, которые оба функционируют в качестве элементов элемента управления разностью давлений.

Однако, если элементом 35 для анализа газа, который может быть установлено так, как это показано на фиг.2, обнаруживается компонент инертного газа в отходящих газах 13, то P_o^* может быть задано при более низкой величине, при том, чтобы выполнялось условие $P_i^* \geq P_o^*$.

В то же время, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне могут также содержать их собственные элемент управления разностью давлений, которые обеспечивают выполнение условия $0 \text{ бар} \leq |P_o - P_i| \leq 1 \text{ бар}$, при этом P_o и P_i являются величинами давления, измеренными для внешней зоны 5 и любого места внутренней зоны 4, соответственно.

Пример 2

Ниже представлено описание другого варианта осуществления, в котором давление (P_i) во внутренней зоне и давление (P_o) во внешней зоне регулируются независимым образом при заданных величинах. P_i^* и P_o^* , соответственно, и разность между величинами давление во внутренней зоне и давление во внешней зоне тем самым поддерживается в интервале от 0 до 1 бар.

Как показано на фиг.1 и 2, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть образован соединением первого клапана 30b для управления давлением с выпускным элементом 17 для газа через элемент 34 для обработки отходящих газов с целью удаления тонких частиц кремния. Первый клапан 30b для управления давлением и выпускной элемент 17 для газа соединены друг с другом соединительной трубой. Давление в верхней части внутренней зоны 4 может регулироваться при заданной

величине, P_i^* , посредством использования первого клапана 30b для управления давлением, который функционирует как элемент элемента управления разностью давлений.

5 При этом, как показано на фиг.1, элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть образован взаимным соединением соединительного элемента 26b для инертного газа, двухпозиционного клапана 31c, третьего датчика давления 31a и третьего клапана 31b для управления давлением. Хотя на фиг.1 третий датчик 31a давления и третий клапан 31b для управления давлением показаны как установленные
10 раздельно, они могут быть объединены один с другим цепью с образованием единого средства, которое может одновременно измерять и регулировать давление.

В отличие от Примера 1, подача инертного газа 12 может регулироваться третьим клапаном 31b для управления давлением в сочетании с регулированием P_o , вместо
15 соединения соединительного элемента 26a для инертного газа со элементом управления разностью давлений, таким как четвертый датчик 31a' давления и четвертый клапан 31b' для управления давлением.

Если элемент 30 управления давлением во внутренней зоне соединено с верхней частью внутренней зоны 4c, давление в которой меньше давления в псевдооживленном
20 слое или ниже его, то предпочтительно задавать P_i^* и P_o^* таким образом, чтобы могло быть выполнено условие $P_o^* \geq P_i^*$.

В этом примере давление во внешней зоне может регулироваться при заданной величине, P_o^* , таким образом, чтобы выполнялось условие $0 \text{ бар} \leq (P_o^* - P_i^*) \leq 1 \text{ бар}$,
25 посредством использования третьего датчика 31a давления и третьего клапана 31b для управления давлением, которые оба функционируют в качестве элементов элемент управления разностью давлений.

Однако, если элементом 35 для анализа газа, который может быть установлен так, как это показано на фиг.2, обнаруживается компонент инертного газа в отходящих
30 газах 13, то P_o^* может быть задано при более низкой величине, при том, чтобы выполнялось условие $P_i^* > P_o^*$.

В то же время, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне могут также содержать их собственные
35 элемент управления разностью давлений, которые обеспечивают выполнение условия $0 \text{ бар} \leq |P_o - P_i| \leq 1 \text{ бар}$, при этом P_o и P_i являются величинами давления, измеренными для внешней зоны 5 и любого места внутренней зоны 4, соответственно.

Пример 3

Ниже представлено описание варианта осуществления, в котором давление (P_i) во
40 внутренней зоне регулируется в соответствии с изменением давления (P_o) во внешней зоне, и разность между величинами внутреннего давления и внешнего давления посредством этого поддерживается в интервале от 0 до 1 бар.

Как показано на фиг.1 и 2, выпускной элемент 17 для газа, элемент 34 для обработки отходящих газов с целью удаления тонких частиц кремния и первый
45 клапан 30b для управления давлением взаимно соединены соединительной трубой. В таком случае элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть образован соединением соединительной трубы с двухпозиционным клапаном 27e и датчиком разности давлений 32.

50 В то же время, как показано на фиг.1, элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть образован соединением соединительного элемента 26b для инертного газа и датчика 32 разности давлений, соединением соединительной трубой. Инертный газ 12 может быть при этом подан во внешнюю зону через соединительный элемент

26а для инертного газа.

В данном примере датчик 32 разности давлений является общим элементом для элемента 30 управления давлением во внутренней зоне и элемента 31 управления давлением во внешней зоне. Кроме того, клапаны 31b, 31b' для управления давлением могут отсутствовать.

Если элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне образованы, как описано выше, разность между давлением (P_o) во внешней зоне и давлением (P_i) во внутренней зоне в верхней части внутренней зоны может поддерживаться ниже 1 бар, независимо от изменения давления (P_o) во внешней зоне, посредством использования датчика 32 разности давлений и первого клапана 30b для управления давлением, которые оба функционируют в качестве элементов элемент управления разностью давлений.

Кроме того, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть соединен с верхней частью внутренней зоны 4с, давление в которой меньше давления в псевдоожигенном слое или ниже его, и предпочтительно управлять первым клапаном 30b для управления давлением таким образом, чтобы могло быть выполнено условие $P_o \geq P_i$.

Однако, если элементом 35 для анализа газа, который может быть установлено так, как это показано на фиг.2, обнаруживается компонент инертного газа в отходящих газах 13, то первый клапан 30b для управления давлением может управляться таким образом, чтобы выполнялось условие $P_i \geq P_o$.

При вышеуказанной компоновке и функционировании реактора с псевдоожигенным слоем условие 0 бар $\leq |P_o - P_i| \leq 1$ бар может быть выполнено в любом месте внутренней зоны 4.

При этом цель данного примера может быть достигнута посредством автоматического регулирования с использованием интегрированной цепи с датчиком 32 разности давлений и первым клапаном 30b для управления давлением или ручного управления первым клапаном 30b для управления давлением в соответствии с величинами ΔP , измеренными датчиком 32 разности давлений.

Вместо датчика разности давлений 32 могут быть установлены лишь первый датчик 30а давления и третий датчик 31а давления в качестве элемента 30 управления давлением во внутренней зоне и элемента 31 управления давлением во внешней зоне, соответственно.

В качестве альтернативы, элемент управления разностью давлений может быть, кроме того, скорректирован или улучшен оснащением элементом 30 управления давлением во внутренней зоне и элементом управления давлением во внешней зоне первым датчиком 30а давления и третьим датчиком 31а давления, соответственно, в дополнение к датчику 32 разности давлений.

Пример 4

Ниже представлено описание другого варианта осуществления, в котором давление (P_i) во внутренней зоне регулируется в соответствии с изменением давления (P_o) во внешней зоне, и разность между величинами давления во внутренней зоне и давления во внешней зоне посредством этого поддерживается в интервале от 0 до 1 бар.

Как показано на фиг.1 и 2 элемент управления давлением во внутренней зоне может быть образован соединением первого клапана 30b для управления давлением с выпускным элементом 17 для газа через элемент 34 для обработки отходящих газов с целью удаления тонких частиц кремния. Выпускной элемент 17 для газа и элемент 34

для обработки отходящих газов соединены друг с другом соединительной трубой.

В то же время, как показано на фиг.1, элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть образован соединением соединительного элемента 26b для подачи инертного газа 12 и четвертого датчика 31a' давления, при соединении одного с другим соединительной трубой. При этом инертный газ 12 может быть выпущен через соединительный элемент 26a для инертного газа. Кроме того, клапаны 31b, 31b' для управления давлением на фиг.1 могут отсутствовать.

Если элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне образованы, как описано выше, разность между давлением (P_o) во внешней зоне и давлением (P_i) во внутренней зоне в верхней части внутренней зоны 4с может поддерживаться ниже 1 бар, независимо от изменения давления (P_o) во внешней зоне, посредством использования четвертого 31a датчика давления и первого клапана 30b для управления давлением, которые оба функционируют в качестве элементов элемент управления разностью давлений.

Кроме того, поскольку элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть соединен с верхней частью внутренней зоны 4с, давление в которой меньше давления в псевдооживленном слое или ниже его, то предпочтительно управлять первым клапаном 30b для управления давлением таким образом, чтобы могло быть выполнено условие $P_o \geq P_i$.

Однако, если элементом 35 для анализа газа, который может быть установлен так, как это показано на фиг.2, обнаруживается компонент инертного газа в отходящих газах 13, то первый клапан 30b для управления давлением может управляться таким образом, чтобы выполнялось условие $P_i \geq P_o$.

При вышеуказанной компоновке и функционировании реактора с псевдооживленным слоем условие $0 \text{ бар} \leq |P_o - P_i| \leq 1 \text{ бар}$ может быть выполнено в любом месте внутренней зоны 4.

При этом цель данного примера может быть достигнута посредством автоматического регулирования с использованием интегрированной цепи с четвертым датчиком 31a' давления и первым клапаном 30b для управления давлением или ручного управления первым клапаном 30b для управления давлением в соответствии с величиной давления, измеренной четвертым датчиком 31a' давления.

Вместо соединения четвертого датчика 31a' давления с соединительным элементом для инертного газа 26, элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть также образован соединением пятого датчика 31r давления со элементом 28 для соединения с внешней зоной, как показано на фиг.1, пятый датчик 31r давления соединяется со элементом 28a для соединения с внешней зоной, как показано на фиг.2, или же третий датчик давления 31a соединяется с соединительным элементом 26b для инертного газа, как показано на фиг.2.

В таком случае соответствующий датчик давления, используемый в элементе 31 управления давлением во внешней зоне, может также функционировать в качестве другого элемента элемента управления разностью давлений. Соответственно, цель данного примера может быть достигнута поэлементом управления первым клапаном 30b для управления давлением, который функционирует в качестве элемента элемента управления разностью давлений, включенного в элемент 30 управления давлением во внутренней зоне, в соответствии с другими элементами элемента управления разностью давлений, которые содержатся в разных элементах 31 управления давлением во внешней зоне.

Пример 5

Ниже представлено описание варианта осуществления, в котором давление (P_o) во внешней зоне регулируется в соответствии с изменением давления (P_i) во внутренней зоне и разность между величинами внутреннего давления и внешнего давления посредством этого поддерживается в интервале от 0 до 1 бар.

5 Как показано на фиг.1 и 2, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть образован соединением двухпозиционного клапана 27d и датчика разности давлений 32 с элементом 25 для соединения с внешней зоной вместо выпускного элемента 17 для газа. Двухпозиционный клапан 27d и датчик разности давлений 32 и элементом 25 для соединения с внешней зоной соединены друг с другом соединительной трубой.

10 В то же время, как показано на фиг.1, элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть образован соединением третьего клапана 31b для управления давлением и датчика разности давлений 32 с элементом 26b для инертного газа. Третий клапан 31b для управления давлением и датчик разности давлений 32 и элемент 26b для инертного газа соединены один с другим соединительной трубой. Этот случай соответствует случаю устройства, в котором закрыты двухпозиционные клапаны 27c, 27e. В данном примере датчик разности давлений 32 является общим элементом для элемента 30 управления давлением во внутренней зоне и элемента 31 управления давлением во внешней зоне.

15 Если элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне образованы, как описано выше, разность между давлением (P_o) во внешней зоне и давлением (P_i) во внутренней зоне в верхней части внутренней зоны 4c может поддерживаться ниже 1 бар, независимо от изменения внутреннего давления (P_i), посредством использования датчика разности давлений 32 и третьего клапана 31b для управления давлением, которые оба функционируют в качестве элементов элемент управления разностью давлений.

20 Кроме того, поскольку элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть соединен с верхней частью внутренней зоны 4c, давление в которой меньше давления в псевдооживленном слое или ниже его, то третий клапан 31b для управления давлением может управляться таким образом, чтобы могло быть выполнено условие $P_o \geq P_i$.

25 Однако, если элементом 35 для анализа газа, который может быть установлено так, как это показано на фиг.2, обнаруживается компонент инертного газа в отходящих газах 13, то первый клапан 30b для управления давлением может управляться таким образом, чтобы выполнялось условие $P_i \geq P_o$.

30 При вышеуказанной компоновке и функционировании реактора с псевдооживленным слоем условие $0 \text{ бар} \leq |P_o - P_i| \leq 1 \text{ бар}$ может быть выполнено в любом месте внутренней зоны 4.

35 При этом цель данного примера может быть достигнута посредством автоматического регулирования с использованием интегрированной цепи с датчиком 32 разности давлений и третьим клапаном 31b для управления давлением или ручного управления третьим клапаном 31b для управления давлением в соответствии с величиной ΔP , измеренной датчиком 32 разности давлений.

40 Вместо датчика разности давлений 32, могут быть установлены лишь первый датчик 30a давления и третий датчик 31a давления в качестве элемента 30 управления давлением во внутренней зоне и элемента 31 управления давлением во внешней зоне, соответственно. В качестве альтернативы, элемент управления разностью давлений может быть, кроме того, скорректирован или улучшен оснащением элемента 30

управления давлением во внутренней зоне и элемента 31 управления давлением во внутренней зоне первым датчиком 30а давления и третьим датчиком давления 31а, соответственно, в дополнение к датчику 32 разности давлений.

5 Элемент управления давлением во внешней зоне в этом примере может быть образован в другой форме. Например, вместо соединения клапана 31b для управления давлением и датчика 32 разности давлений с соединительным элементом 26b для инертного газа на фиг.1, элемент управления давлением во внешней зоне может также
10 быть образован соединением четвертого клапана 31b' для управления давлением и датчика 32 разности давлений с соединительным элементом 26а для подачи инертного газа, при соединении одного с другим соединительной трубой. Если к тому же, наряду с такой модификацией элемент управления давлением во внешней зоне, соответствующие элементы элемента управления разностью давлений также
15 заменены, то цель данного примера может быть тем самым достигнута.

15 Пример 6

Ниже представлено описание другого варианта осуществления, в котором давление (P_o) во внешней зоне регулируется в соответствии с изменением давления (P_i) во внутренней зоне и разность между величинами давления во внешней зоне и
20 давления во внутренней зоне посредством этого поддерживается в интервале от 0 до 1 бар.

Как показано на фиг.2, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть образован соединением второго датчика 30а' давления и датчика 32 разности давлений с впускным элементом 14 для газа. Второй датчик 30а' давления и датчик 32
25 разности давлений и впускной элемент 14 для газа, создающего псевдоожигение, соединены друг с другом соединительной трубой и/или посредством электрического объединения.

При этом, как показано на фиг.2, элемент 31 управления давлением во внешней
30 зоне может быть образован соединением третьего датчика 31а давления и датчика 32 разности давлений, которые оба соединены с соединительным элементом 26b для инертного газа, со вторым клапаном 30b' для управления давлением, соединенным с соединительным элементом 26а для инертного газа. При этом их взаимное соединение может быть достигнуто соединительной трубой и/или посредством электрического
35 объединения. В данном примере датчик 32 разности давлений является общим элементом для элемента 30 управления давлением во внутренней зоне и элемента 31 управления давлением во внешней зоне.

Датчик разности 32 давления предоставляет физический и/или электрический сигнал
40 для разности между P_i и P_o , которые измеряются вторым датчиком 30а' давления и третьим датчиком 31а давления, соответственно.

Для датчика разности давлений может быть, кроме того, использован элемент 33 для уменьшения флуктуации, поскольку псевдоожигение кремниевых частиц в псевдоожигенном слое естественным образом приводит к флуктуациям в величине P_i ,
45 измеренной вторым датчиком 30а' давления. Элемент 33 для уменьшения флуктуации может содержать элемент для демпфирования (или буферизации) давления, такое как физическое устройство или система на базе программного обеспечения, которое преобразует флуктуирующие сигналы в среднюю величину P_i для заданного
50 короткого периода времени (например, одной секунды).

При этом посредством использования датчика разности 32 давления и второго клапана 30b' для управления давлением, которые оба функционируют в качестве элементов элемента управления разностью давлений, разность между давлением (P_o)

во внешней зоне и давлением (P_i) во внутренней зоне поддерживается менее 1 бар, независимо от изменения давления (P_i) во внутренней зоне, измеряемого через впускной элемент 14 для газа, создающего псевдооживление, при соединении с внутренней зоной.

5 Кроме того, поскольку элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть соединен с нижней частью псевдооживленного слоя, давление в которой выше давления в верхней части внутренней зоны 4с, то второй клапан 30b' для управления давлением может управляться таким образом, чтобы могло быть выполнено
10 условие $P_o \leq P_i$.

Однако, если элементом 35 для анализа газа, который может быть установлен так, как это показано на фиг.2, обнаруживается компонент отходящих газов в инертном газе 12', то второй клапан 30b' для управления давлением может управляться таким образом, чтобы выполнялось условие $P_i \geq P_o$.

15 При вышеуказанной компоновке и функционировании реактора с псевдооживленным слоем условие 0 бар $\leq |P_o - P_i| \leq 1$ бар может быть выполнено в любом месте внутренней зоны 4.

При этом цель данного примера может быть достигнута посредством
20 автоматического регулирования с использованием интегрированной цепи с датчиком 32 разности давлений и вторым клапаном 30b' для управления давлением или ручного управления вторым клапаном 30b' для управления давлением в соответствии с величиной ΔP , измеренной датчиком 32 разности давлений.

Кроме того, вместо третьего датчика 31а давления в соединении с соединительным
25 элементом 26b для инертного газа, другой датчик внешнего давления может быть соединен с датчиком 32 разности давлений для достижения цели данного примера. Например, датчик внешнего давления может быть также выбран из пятого датчика 31r давления, соединенного с элементом 28а для соединения с внешней зоной, или
30 шестого датчика 31q давления, соединенного с элементом 26а для инертного газа.

Пример 7

Ниже представлено описание варианта осуществления, в котором разность между величинами давления (P_i) во внутренней зоне и давления (P_o) во внешней зоне поддерживается в интервале от 0 до 1 бар посредством использования уравнивающей
35 линии, пространственно соединяющей внутреннюю зону и внешнюю зону.

Как показано на фиг.1, уравнивающая линия 23 может быть образована соединительной трубой, которая пространственно соединяет элемент 25 для
соединения с внутренней зоной с соединительным элементом 26b для инертного газа.

40 В этом случае, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть в основном образован элементом 25 для соединения с внутренней зоной и соединительной трубой и может, кроме того, содержать двухпозиционный клапан 27d и первый датчик 30а давления, как показано на фиг.1.

При этом элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть в
45 основном образован элементом для соединения, который выбран из элемента 26а для инертного газа или элемента 28 для соединения с внешней зоной, и соединительной трубой и может, кроме того, содержать двухпозиционный клапан 31с и третий датчик давления 31а, как показано на фиг.1.

50 В данном примере уравнивающая линия 23 образована двумя соединительными трубами, которые составляют элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне, соответственно. Поэтому уравнивающая линия 23 функционирует сама по себе как элемент управления

разностью давлений. Пространственно соединяя верхнюю часть внутренней зоны 4с с внешней зоной 5, уравнивательная линия 23 естественным образом предотвращает явную разность давлений между этими двумя зонами.

5 Разность давлений между давлением P_i во внутренней зоне, измеренным в нижней части псевдоожигенного слоя 4а, в которой P_i наиболее высокое в данном слое, и давлением P_i во внутренней зоне, измеренным в верхней части внутренней зоны 4с, обычно составляет менее 1 бар. Таким образом, если уравнивательная линия 23
10 используется в качестве элемента управления разностью давлений, то разность давлений между P_i и P_o , т.е. между внутренней и внешней сторонами трубы 2 реактора, может поддерживаться менее 1 бар, независимо от места измерения P_i .

Цель данного примера может быть также достигнута выбором пространства, соединенного с выпускным элементом 17 для газа, вместо элемента 25 для соединения
15 с внутренней зоной, для образования элемента 30 управления давлением во внутренней зоне.

При этом эффект уравнивания давления P_i и P_o , присущий уравнивательной линии 23, которая является элементом управления разностью давлений в данном примере, может быть также достигнут, когда на уравнивательной линии 23 установлен
20 дополнительно клапан 27 с для выравнивания давления, обеспечивающий пространственное разделение внутренней зоны и внешней зоны.

Пример 8

Ниже представлено описание другого варианта осуществления, в котором разность
25 между величинами давления во внутренней зоне и внешней зоне поддерживается в интервале от 0 до 1 бар посредством использования уравнивательной линии, пространственно соединяющей внутреннюю зону и внешнюю зону.

Как показано на фиг.2, уравнивательная линия 23 может быть образована соединительной трубой, которая пространственно соединяет элемент 25 для
30 соединения с внутренней зоной и элемент 28b для соединения с внешней зоной. В этом случае, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть в основном образован элементом 25 для соединения с внутренней зоной и соединительной трубой. При этом элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть в основном
35 образован элементом 28b для соединения с внешней зоной и соединительной трубой.

В данном примере уравнивательная линия 23 образована двумя соединительными трубами, которые составляют элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне, соответственно. Поэтому уравнивательная линия 23 функционирует сама по себе как элемент управления
40 разностью давлений. Пространственно соединяя верхнюю часть внутренней зоны 4с с внешней зоной 5, уравнивательная линия 23 естественным образом предотвращает явную разность давлений между этими двумя зонами.

Разность давлений между давлением P_i во внутренней зоне, измеренном в нижней части псевдоожигенного слоя 4а, в которой P_i наиболее высокое в данном слое, и
45 давлением P_i во внутренней зоне, измеренном в верхней части внутренней зоны 4с, обычно составляет менее 1 бар. Таким образом, если уравнивательная линия 23 используется в качестве элемента управления разностью давлений, то разность давлений между P_i и P_o , т.е. между внутренней и внешней сторонами трубы 2
50 реактора, может поддерживаться менее 1 бар, независимо от места измерения P_i .

При этом, чтобы предотвратить миграцию загрязняющих частиц и компонентов через уравнивательную линию 23, на ней может быть также установлен фильтр 36 и/или двухпозиционный клапан 27d, как показано на фиг.2.

Пример 9

Ниже представлено описание еще одного варианта осуществления, в котором разность между величинами давления во внутренней зоне и внешней зоне поддерживается в интервале от 0 до 1 бар посредством использования уравнивающей линии, пространственно соединяющей внутреннюю зону и внешнюю зону.

Как показано на фиг.2, уравнивательная линия 23 может быть образована соединительной трубой, которая пространственно соединяет выпускной элемент 17 для газа с соединительным элементом 26b для инертного газа.

В этом случае элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть в основном образован элементом 17 для газа, элементом 34 для обработки отходящих газов и соединительной трубой и, кроме того, может содержать первый датчик давления 30a, двухпозиционный клапан 31d, фильтр 36 и т.д., как показано на фиг.2.

При этом элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть в основном образован элементом для соединения, который выбран из соединительного элемента 26a для инертного газа или узла 28 для соединения с внешней зоной, и соединительной трубой и может, кроме того, содержать двухпозиционные клапаны 31b, 31e, 31f, 31g, элемент 35 для анализа газа, третий датчик давления 31a и т.д., как показано на фиг.2.

В данном примере уравнивательная линия 23 образована двумя соединительными трубами, которые составляют элемент 30 управления давлением во внутренней зоне и элемент 31 управления давлением во внешней зоне, соответственно. Поэтому уравнивательная линия 23 функционирует сама по себе как элемент управления разностью давлений. Пространственно соединяя верхнюю часть внутренней зоны 4c с внешней зоной 5, уравнивательная линия 23 естественным образом предотвращает явную разность давлений между этими двумя зонами.

Разность давлений между давлением P_i во внутренней зоне, измеренном в нижней части псевдоожигенного слоя 4a, в которой P_i наиболее высокое в данном слое, и давлением P_i во внутренней зоне, измеренном в верхней части внутренней зоны 4c, обычно составляет менее 1 бар. Таким образом, если уравнивательная линия 23 используется в качестве элемента управления разностью давлений, то разность давлений между P_i и P_o , т.е. между внутренней и внешней сторонами трубы 2 реактора, может поддерживаться менее 1 бар, независимо от места измерения P_i .

Цель данного примера может быть также достигнута в случае, когда выпускной элемент 15 для газообразного реагента соединяется с внешней зоной 5 посредством выбора пространства, соединенного с выпускным элементом 15 для газообразного реагента, вместо выпускного элемента 17 для газа, для образования элемента 30 управления давлением во внутренней зоне.

При этом эффект уравнивания давления P_i и P_o , присущий уравнивательной линии 23, которая является элементом управления разностью давлений в данном примере, может быть также достигнут, когда на уравнивательной линии 23 на фиг.2 установлен дополнительно клапан 27 с для выравнивания давления, обеспечивающий пространственное разделение внутренней зоны и внешней зоны.

Пример 10

Ниже представлено описание еще одного варианта осуществления, в котором давление (P_o) во внешней зоне регулируется в соответствии с изменением давления (P_i) во внутренней зоне и разность между величинами внутреннего давления и внешнего давления посредством этого поддерживается в интервале от 0 до 1 бар.

В данном примере средняя величина давлений $P_i(\text{avg})$ во внутренней зоне может

быть рассчитана из двух величин давления или более, измеренных в двух пространствах или более, которые соединены с впускным элементом 14 для газа, создающего псевдоожигание, и выпускным элементом 17 для газа независимым образом. В этом случае P_o может регулироваться в соответствии с расчетной величиной $P_i(\text{avg})$, соответственно обеспечивая поддержание разности между величинами P_i и P_o в пределах 1 бар, предпочтительно 0,5 бар.

В данном примере второй датчик давления 30a' и первый датчик давления 30a установлены при соединении с элементом 14 для газа, создающего псевдоожигание, и выпускным элементом 17 для газа, соответственно. Элемент 30 управления давлением во внутренней зоне может быть образован в виде интегрированной цепи с датчиком разности давлений 32 по фиг.2 и контроллером, содержащем арифметический процессор, в которой контроллер генерирует расчетную величину $P_i(\text{avg})$ на основании измерений в реальном времени двумя датчиками давления 30a, 30a.

При этом, как показано на фиг.2, элемент 31 управления давлением во внешней зоне может быть образован в виде интегрированной цепи с датчиком разности давлений 32, а также со вторым клапаном 30b' для управления давлением и третьим датчиком давления 31a, которые соединены с соединительным элементом 26a для инертного газа и элементом 26b для инертного газа, соответственно. В этом случае датчик разности давлений 32 определяет разность между $P_i(\text{avg})$ и P_o и генерирует электрический сигнал, соответствующий данной разности, в соответствии с которым управляется второй клапан 30b' для управления давлением.

Поэтому, являясь общим элементом как для элемента 30 управления давлением во внутренней зоне, так и для элемента 31 управления давлением во внешней зоне, датчик разности давлений 32 на базе программного обеспечения может быть соединен с контроллером для расчета $P_i(\text{avg})$.

Поскольку величина P_i , измеряемая вторым датчиком давления 30a', флуктуирует в зависимости от состояния псевдоожигания псевдоожиганного слоя, то контроллер, содержащий арифметический процессор для расчета $P_i(\text{avg})$, может, кроме того, содержать демпфирующий элемент на базе программного обеспечения, которое генерирует усредненные по времени величины давления, $P_i^*(\text{avg})$, для интервалов, например, 10 секунд или 1 минута, на основании флуктуирующих величин P_i в реальном времени. Это демпфирующий элемент может обеспечить плавное функционирование второго клапана 30b' для управления давлением на основе усредненной по времени, а не флуктуирующей величины P_i .

При использовании контроллера, содержащего арифметический процессор, и второго клапана 30b' для управления давлением в качестве элемента управления разностью давлений возможно управление давлением (P_o) во внешней зоне в соответствии с изменением усредненных величин P_i $P_i(\text{avg})$ или усредненных по времени величин P_i $P_i^*(\text{avg})$, которые измерены в разных местах, связанных с внутренней зоной, и поддержание таким образом разности P_o и $P_i(\text{avg})$ или разности P_o и $P_i^*(\text{avg})$ в интервале от 0 до 1 бар.

Управление вторым клапаном 30b' для управления давлением с целью управления давлением во внешней зоне в соответствии со средней величиной $P_i(\text{avg})$ или усредненных по времени величин $P_i^*(\text{avg})$ внутреннего давления может быть согласовано с последующим анализом компонентов газа для отходящих газов, выпускаемых через выпускной элемент 17 для газа или элемент 34 для обработки отходящих газов и/или для газа, выпускаемого из внешней зоны через элемент 28 для соединения с внешней зоной или соединительный элемент 26b для инертного газа.

Если в отходящих газах обнаруживается большое количество инертного газа, то предпочтительно понизить P_o , чтобы уменьшить тем самым миграцию примесей во внутреннюю зону 4 из внешней зоны 5. Напротив, если в газе из внешней зоны обнаруживается, помимо инертного газа 12, компонент отходящих газов 13, то предпочтительно увеличить P_o , чтобы уменьшить тем самым миграцию примесей во внешнюю зону 5 из внутренней зоны 4. Тем не менее, в соответствии с данным примером условие $|P_o - P_i^*(avg)| \leq 1$ бар должно выполняться независимо от условий регулирования P_o . Если компонент примесей не обнаруживается, то предпочтительно управлять вторым клапаном 30b' для управления давлением таким образом, чтобы величина P_o могла быть по существу такой же, что и $P_i^*(avg)$. Поэтому, возможно минимизировать или предотвращать нежелательную миграцию примесей контролем разности давлений между внутренней зоной 4 и внешней зоной 5, даже если уплотнительные элементы 41a, 41b для трубы 2 реактора не поддерживаются в идеальном состоянии во время функционирования реактора с псевдооживленным слоем.

Цель данного примера может быть также достигнута посредством образования элемента 31 управления давлением во внешней зоне иным способом. Например, вместо третьего датчика давления 31a, соединенного с соединительным элементом 26b для инертного газа, в качестве датчика давления, соединяемого с датчиком разности давлений 32, может быть выбран пятый датчик давления 31p или шестой датчик давления 31q, которые соединяются с элементом 28a для соединения с внешней зоной или элементом для инертного газа 26a, соответственно. Кроме того, вместо второго клапана 30b' для управления давлением, соединенного со элементом для инертного газа 26a, в качестве клапана для управления давлением может быть выбран третий клапан 31b для управления давлением, соединенный с соединительным элементом 26b для инертного газа.

При этом цель данного примера может быть также достигнута посредством образования элемента 30 управления давлением во внутренней зоне иным способом. Например, вместо второго датчика давления 30a', соединенного с впускным элементом 14 для газа, создающего псевдооживление, для измерения $P_i(avg)$ может быть выбран датчик давления, пространственно соединенный со элементом 16 для выпуска полученных частиц кремния, вместе с первым датчиком давления 30a, соединенным с впускным элементом 17 для газа.

В дополнение к вышеуказанным примерам, элемент 30 управления давлением во внутренней зоне, элемент 31 управления давлением во внешней зоне и элемент управления разностью давлений могут быть образованы другими различными путями для получения гранулированного поликристаллического кремния в соответствии с данным изобретением.

Как рассмотрено выше, реактор высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния по данному изобретению обладает следующими преимуществами.

1. Разность давлений между обеими сторонами трубы реактора поддерживается такой низкой, что осаждение кремния при высоком давлении возможно без ухудшения физической стабильности трубы реактора, в результате чего обеспечивается принципиальным образом предотвращение повреждение трубы реактора вследствие разности давлений и увеличение срока стабильного функционирования реактора.

2. Реакция осаждения кремния может протекать даже при высоком давлении, обеспечивая тем самым значительное увеличение производительности реактора с

псевдооживленным слоем для получения поликристаллического кремния.

3. Возможно снижение затрат на изготовление трубы реактора, поскольку материал или толщина трубы реактора может выбираться без учета воздействия давления.

4. Разность между внутренним и давлением во внешней зоне может поддерживаться в пределах заданного интервала при сравнительно низких затратах без непрерывной подачи большого количества инертного газа во внешнюю зону реактора.

5. Во внешней зоне реактора поддерживается атмосфера инертного газа, и инертный газ может выпускаться через отдельный выходной канал. Соответственно, хотя во внешней зоне размещены изоляционный материал и опционально нагреватель, и внешняя зона может содержать дополнительный разделительный элемент в радиальном или вертикальном направлении, возможно значительным образом уменьшить вероятность миграции примесей от этих компонентов во внутреннюю зону и ухудшения качества полученного поликристаллического кремния.

6. Стабильность реактора в течение длительного срока может быть существенно увеличена, поскольку термическая деградация химических и физических свойств указанных дополнительных компонентов во внешней зоне менее вероятна в атмосфере инертного газа.

7. Даже в случае миграции компонентов газа, создающего псевдооживление, газообразного реагента или отходящих газов или же тонких частицы кремния из внутренней зоны во внешнюю зону, они могут быть легко удалены оттуда инертным газом, вводимым во внешнюю зону, что, соответственно, обеспечивает предотвращение прерывания функционирования из-за загрязнений во внешней зоне.

Формула изобретения

1, Реактор высокого давления с псевдооживленным слоем для получения гранулированного поликристаллического кремния, содержащий трубу реактора;

оболочку реактора, окружающую трубу реактора;

внутреннюю зону, образованную внутри трубы реактора, и внешнюю зону, образованную между оболочкой реактора и трубой реактора, при этом во внутренней зоне образуется псевдооживленный слой частиц кремния и происходит осаждение кремния, в то время как во внешней зоне псевдооживленный слой частиц кремния не образуется и осаждение кремния не происходит;

элемент управления разностью давлений, поддерживающий величину $|P_o - P_i|$ в интервале от 0 до 1 бар, причем P_o это давление во внешней зоне, а P_i - давление во внутренней зоне.

2. Реактор по п.1, дополнительно содержащий впускной элемент для ввода псевдооживляющего газа в слой частиц кремния и впускной элемент для ввода газообразного реагента, содержащего атомы кремния, в слой частиц кремния.

3. Реактор по п.1, дополнительно содержащий выпускной элемент для вывода частиц поликристаллического кремния, образованных во внутренней зоне, из реактора с псевдооживленным слоем, и выпускной элемент для отходящих газов, включающих псевдооживляющий газ, непрореагировавший газообразный реагент и газообразный побочный продукт.

4. Реактор по п.1, дополнительно содержащий элемент управления давлением во внутренней зоне и элемент управления давлением во внешней зоне, которые пространственно соединены с внутренней зоной и внешней зоной соответственно.

5. Реактор по п.4, в котором элемент управления давлением во внутренней зоне,

который пространственно соединен с внутренней зоной через по меньшей мере один элемент, выбранный из группы, состоящей из элемента для соединения с внутренней зоной, впускного элемента для псевдоожижающего газа, впускного элемента для газообразного реагента, выпускного элемента для частиц кремния и выпускного элемента для отходящих газов, которые пространственно открыты во внутреннюю зону.

6. Реактор по п.4, в котором элемент управления давлением во внешней зоне пространственно соединен с внешней зоной через по меньшей мере один элемент, выбранный из группы, состоящей из элемента для соединения с внешней зоной и соединительного элемента для инертного газа, которые установлены на оболочке реактора или проходят через нее и пространственно открыты непосредственно или опосредованно во внешнюю зону.

7. Реактор по п.1, дополнительно содержащий соединительный элемент для инертного газа для поддержания по существу атмосферы инертного газа во внешней зоне.

8. Реактор по п.7, в котором инертный газ является по меньшей мере одним газом, выбранным из группы, состоящей из водорода, азота, аргона и гелия.

9. Реактор по п.1, в котором труба реактора изготовлена из по меньшей мере одного материала, выбранного из группы, состоящей из кварца, кремнезема, нитрида кремния, нитрида бора, карбида кремния, графита, кремния и стекловидного углерода.

10. Реактор по п.9, в котором труба реактора является однослойной или многослойной структурой, каждый слой которой изготовлен из разного материала.

11. Реактор по п.1, в котором во внутренней зоне и/или во внешней зоне установлен по меньшей мере один нагревательный элемент.

12. Реактор по п.11, в котором нагревательный элемент электрически соединен с элементом для подачи электропитания, установленным на оболочке реактора или проходящим через нее.

13. Реактор по п.1 или 12, в котором нагревательный элемент установлен в слое частиц кремния.

14. Реактор по п.13, в котором нагревательный элемент расположен ниже впускного элемента для ввода газообразного реагента в псевдоожиженный слой частиц кремния.

15. Реактор по п.1, в котором давление во внутренней зоне и давление во внешней зоне находятся в интервале 1-15 бар соответственно.

16. Реактор по п.15, в котором давление во внешней зоне регулируется в интервале между максимальной и минимальной величинами давления, измеряемыми во внутренней зоне.

17. Реактор по п.4, в котором элемент управления давлением во внутренней зоне и элемент управления давлением во внешней зоне включает по меньшей мере один компонент, выбранный из группы, состоящей из

- (a) соединительной трубы или патрубка для пространственного соединения;
- (b) клапана с ручным, полуавтоматическим или автоматическим управлением;
- (c) цифрового или аналогового датчика давления или датчика разности давлений;
- (d) индикатора или регистратора давления; и
- (e) элемента, образующего контроллер с преобразователем сигналов или арифметическим процессором.

18. Реактор по п.4, в котором элемент управления давлением во внутренней зоне взаимосвязан с элементом управления давлением во внешней зоне в виде

механического узла или сигнального контура.

19. Реактор по п.18, в котором элемент управления давлением во внутренней зоне и элемент управления давлением во внешней зоне частично или полностью объединен с системой управления, выбранной из группы, состоящей из центральной системы управления, системы распределенного управления и системы локального управления.

20. Реактор по п.18, в котором элемент управления давлением во внутренней зоне и элемент управления давлением во внешней зоне частично или полностью объединен со средством для измерения или управления параметром, выбранным из группы, состоящей из скорости потока, температуры, состава газа и концентрации частиц.

21. Реактор по п.18, в котором элемент управления давлением во внутренней зоне и элемент управления давлением во внешней зоне содержит фильтр или скруббер для отделения частиц кремния или же контейнер для сглаживания изменений давления.

22. Реактор по п.1, в котором элемент управления разностью давлений содержит, по меньшей мере, один компонент из группы, состоящей из соединительной трубы, клапана с ручным управлением, клапана с автоматическим управлением, датчика давления, индикатора давления, преобразователя сигналов, контроллера с арифметическим процессором и фильтра для отделения частиц кремния.

23. Реактор по п.1, в котором элемент управления разностью давлений поддерживает давление (P_i) во внутренней зоне и давление (P_o) во внешней зоне при заданных величинах давления, т.е. P_i^* и P_o^* соответственно, с удовлетворением требования $|P_o^* - P_i^*| \leq 1$ бар.

24. Реактор по п.4, в котором разность давлений, т.е. $\Delta P = |P_o - P_i|$, измеряется посредством взаимосвязи элемента управления давлением во внутренней зоне и элемента управления давлением во внешней зоне, за счет чего элемент управления разностью давлений поддерживает величину ΔP в интервале от 0 до 1 бар посредством управления элементом управления давлением во внутренней зоне и/или элементом управления давлением во внешней зоне ручным, полуавтоматическим или автоматическим образом.

25. Реактор по п.4, в котором элемент управления разностью давлений содержит уравнительную линию, которая пространственно соединяет первую соединительную трубу и вторую соединительную трубу, которые содержатся в элементе управления давлением во внутренней зоне и в элементе управления давлением во внешней зоне соответственно.

26. Реактор по п.25, в котором уравнительная линия содержит по меньшей мере один элемент, выбранный из группы, состоящей из запорного клапана, клапана для выравнивания давления, трехходового клапана, фильтра для отделения частиц кремния, демпфирующего контейнера, поршня и устройства компенсации давления с использованием сепарационной мембраны,

