

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **026093**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2017.03.31

(21) Номер заявки
201171044

(22) Дата подачи заявки
2010.02.11

(51) Int. Cl. **C23C 16/52** (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01)
C23C 16/46 (2006.01)
C30B 25/10 (2006.01)

(54) **РЕАКТОР ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ**

(31) **20095139**

(32) **2009.02.13**

(33) **FI**

(43) **2012.02.28**

(86) **PCT/FI2010/050088**

(87) **WO 2010/092235 2010.08.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БЕНЕК ОЙ (FI)

(72) Изобретатель:
**Маула Ярмо, Лескинен Ханну,
Хяркёнен Кари (FI)**

(74) Представитель:
**Дощечкина В.В., Липатова И.И.,
Рыбаков В.М., Новоселова С.В.,
Хмара М.В. (RU)**

(56) **GB-A-2426252**
US-A-5855680
US-A-2009017637

(57) Настоящее изобретение относится к реактору для осуществления способа осаждения из газовой фазы, при котором поверхность подложки подвергают последовательным поверхностным реакциям исходных материалов. Реактор содержит первую камеру (2), вторую камеру (4), установленную внутри первой камеры (2), и нагревательные средства для нагрева первой камеры (2). В соответствии с изобретением реактор также содержит один или более теплопередающих элементов (8) для уравнивания разницы температур внутри первой камеры (2).

B1

026093

026093

B1

Предпосылки изобретения

Настоящее изобретение относится к реактору осаждения из газовой фазы для осуществления способов осаждения из газовой фазы и, в частности, к реактору осаждения из газовой фазы для осуществления способа осаждения из газовой фазы, при котором поверхность подложки подвергают последовательным поверхностным реакциям исходных материалов, причем реактор содержит первую камеру, вторую камеру, установленную внутри первой камеры, и нагревательные средства для нагрева первой камеры.

Для осуществления способов осаждения из газовой фазы обычно применяют реактор осаждения из газовой фазы, содержащий первую камеру и расположенную внутри нее вторую камеру. Камеру давления, например камеру низкого давления, изолирующую систему от окружающей среды, обычно применяют в качестве первой камеры. Вместо камеры низкого давления можно также применять камеру высокого давления или камеру, по существу, нормального атмосферного давления. Давление, обычно применяемое в камере низкого давления, составляет приблизительно от 10 до 1000 Па. Размеры первой камеры обычно относительно велики, принимая во внимание проявление естественной конвекции даже при низких давлениях. Эта естественная конвекция может вызвать температурный дисбаланс внутри первой камеры. Отдельная вторая камера, такая как реакционная камера, внутрь которой помещают подложки, подлежащие обработке, обычно расположена внутри первой камеры. Естественная конвекция может вызвать разницу температур также внутри второй камеры, особенно, если она имеет большие размеры. Нагрев второй камеры и, следовательно, расположенных в ней подложек осуществляют конвекционно при помощи нагревательных средств, предусмотренных на стенках второй камеры, или путем опосредованного нагрева стенок второй камеры при помощи, например, излучения, когда нагревательные средства установлены на стенках первой камеры.

Для эффективного производства необходимо, чтобы оборудование для осаждения из газовой фазы в ходе последовательно повторяющихся технологических процессов и в ходе одного технологического процесса изготавливало покрытия, осажденные или легирующие слои, обладающие однородными свойствами. Иными словами, продукты, обработанные в разных пакетах или в одном пакете, должны иметь однородные свойства, вследствие чего технологические параметры способа осаждения из газовой фазы должны быть однородными в ходе последовательных технологических процессов и в ходе одного технологического процесса при разных положениях реактора. Таким образом, основные технологические параметры должны являться постоянными в разных технологических процессах и в разных точках реактора в ходе одного технологического процесса. Одним из этих основных технологических параметров является температура подложки (поверхности, подлежащей покрытию) в процессе осаждения. Скорость осаждения покрытия обычно зависит от температуры подложки, так что отклонения температуры подложки в ходе последовательных технологических процессов или в ходе одного технологического процесса приводит к отклонениям от требуемых значений свойств покрытия.

В соответствии со способом осаждения из газовой фазы, при котором поверхность подложки подвергают последовательным поверхностным реакциям исходных материалов, предпочтительной является пакетная обработка, поскольку нагрев и покрытие/легирование подложек занимает много времени, вследствие чего обработка нескольких подложек, расположенных рядом (бок о бок), обеспечивает экономические преимущества. Кроме того, способ осаждения из газовой фазы, такой как послыйное атомное осаждение, особенно пригоден для осуществления при пакетной обработке, поскольку послыйное атомное осаждение обеспечивает чрезвычайно высокую однородность свойств покрытия и предоставляет большую степень свободы в размещении частей, подлежащих покрытию, внутри второй камеры. При применении больших или высоких реакторов, в которых обрабатывают большие детали или в один прием обрабатывают пакеты, содержащие большое количество подложек, помещенных друг на друга, например, размеры реакторов приводят к разнице температур в первой камере. Эта разница температур часто является следствием конструкций первой камеры, второй камеры и других частей, которые могут создавать и контролировать потоки тепла внутри первой камеры. Например, в некоторых частях первой камеры тепловые потоки могут проходить по направлению ко второй камере, а в других частях - по направлению от второй камеры. Таким образом, тепловые потоки приводят к разнице температур вокруг второй камеры. Самые высокие температуры часто оказываются в верхней части реактора или первой камеры, а самые низкие - в нижней части. Другим фактором влияния может являться естественная конвекция, которая может привести к разнице температур внутри первой камеры, даже если тепловое воздействие равномерно распределено по высоте первой камеры.

В предшествующем уровне техники предпринимались попытки уравнивать разницу температур в печи или нагретом реакторе при помощи вынужденной конвекции. Однако способы осаждения из газовой фазы чувствительны к потокам, и применение нагнетателя или соответствующего способа вынужденной конвекции приводит к нежелательному воздействию на газовые потоки. Внешняя вынужденная конвекция второй камеры является возможным решением, но перемещение частиц, вызванное потоками, является вредным, и вынужденную конвекцию обычно не применяют в устройствах для нанесения покрытий. Кроме того, естественная конвекция может также вызвать разницу температур внутри второй камеры, особенно, если она имеет большие размеры. При пакетной обработке, когда несколько подложек устанавливают друг на друга на опорной стойке, подложки на верхней части опорной стойки могут нахо-

дятся при температуре, отличающейся от той, при которой находятся подложки на нижней части опорной стойки, вследствие описанной выше разницы температур. В соответствии с предшествующим уровнем техники эта проблема была решена при помощи помещения нагревателей или соответствующих нагревательных средств внутрь опорной стойки, например между наложенными друг на друга подложками. Указанное применение отдельных нагревателей также позволяет обрабатывать большие или высокие подложки. Применение отдельных нагревателей в опорной стойке или других опорных конструкциях для подложек или во второй камере делает оборудование излишне сложным, поскольку нагреватели требуют защиты, чтобы исключить формирование на них осажденных слоев при осуществлении способа осаждения из газовой фазы.

Сущность изобретения

Таким образом, задачей настоящего изобретения является создание реактора осаждения из газовой фазы для осуществления способа осаждения из газовой фазы, позволяющего устранить перечисленные недостатки. Решение этой задачи достигается с помощью реактора осаждения из газовой фазы, характеризующегося тем, что реактор также содержит один или более теплопередающих элементов, изготовленных из теплопроводного материала, для уравнивания и/или регулировки разницы температур внутри первой камеры.

Предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения раскрыты в зависимых пунктах формулы изобретения.

Изобретение основано на размещении в пространстве между внутренней поверхностью первой камеры и наружной поверхностью второй камеры реактора осаждения из газовой фазы по меньшей мере одного теплопередающего элемента, изготовленного из теплопроводного материала. Теплопередающий элемент может являться отдельным теплопередающим элементом, расположенным в пространстве между первой и второй камерами, таким образом, чтобы передавать тепло из внутренней части первой камеры за ее пределы, или, таким образом, чтобы передавать тепло за счет теплопроводности внутри первой камеры из более горячих в более холодные зоны, таким образом, уравнивая разницу температур внутри первой камеры. Альтернативно, теплопередающий элемент может быть выполнен в виде, по меньшей мере, частичной футеровки на внутренней поверхности первой камеры или футеровки на наружной поверхности второй камеры, вследствие чего он соответственно может уравнивать разницы температур внутри первой камеры и вокруг второй камеры.

Теплопередающий элемент такого типа предпочтительно является неподвижным и пассивным элементом, способным к передаче тепла и уравниванию разницы температур внутри первой камеры и во второй камере даже без обратной связи с обрабатываемыми подложками, и, не подвергаясь воздействию исходных материалов или других газообразных веществ, подаваемых во вторую камеру. Преимущество решения в соответствии с настоящим изобретением состоит также в том, что оно обеспечивает простую конструкцию, которую легко осуществить при изготовлении новых реакторов осаждения из газовой фазы и установить в существующих реакторах.

Краткое описание графических материалов

Ниже настоящее изобретение будет описано подробно с помощью предпочтительных вариантов осуществления и со ссылками на прилагаемые чертежи.

На фиг. 1 схематически представлен один из вариантов осуществления настоящего изобретения, в котором отдельный теплопередающий элемент установлен в верхней части первой камеры.

На фиг. 2 схематически представлен другой вариант осуществления настоящего изобретения, в котором теплопередающий элемент выполнен в виде футеровки на внутренней поверхности первой камеры.

На фиг. 3 схематически представлен третий вариант осуществления настоящего изобретения, в котором теплопередающий элемент выполнен в виде футеровки на наружной поверхности второй камеры.

Подробное описание изобретения

На фиг. 1 представлена камера осаждения из газовой фазы в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения. Реактор осаждения из газовой фазы по фиг. 1 содержит первую камеру 2, которая может являться камерой низкого давления, камерой высокого давления или камерой, по существу, нормального атмосферного давления (нормальная температура и давления: 1 бар, 0°C). Под низким давлением здесь подразумевается давление, пониженное по отношению к условиям нормального атмосферного давления, а под высоким давлением подразумевается давление, повышенное по отношению к условиям нормального атмосферного давления. Первая камера 2 изолирует систему от окружающей среды. Давление, обычно применяемое в камере низкого давления, составляет приблизительно от 10 до 1000 Па. Камера низкого давления может являться любой камерой низкого давления из предшествующего уровня техники или какой-либо другой соответствующей камерой низкого давления, применяемой в реакторах осаждения из газовой фазы. Альтернативно, камеру низкого давления заменяют камерой высокого давления или какой-либо другой соответствующей камерой. Реакторы осаждения из газовой фазы в соответствии с настоящим изобретением предназначены для применения в особенности для осуществления способов осаждения из газовой фазы, при которых поверхность подложки подвергают последовательным поверхностным реакциям исходных материалов. Способы осаждения из га-

зовой фазы такого типа включают способы послойного атомного осаждения (ALD - от англ. Atomic Layer Deposition), эпитаксии атомных слоев (ALE - от англ. Atomic Layer Epitaxy) и т.п. В этих и соответствующих способах поверхностное осаждение основано на реакциях, контролируемых поверхностью, которые обеспечивают равномерное осаждение на всех поверхностях подложки. В реакторах осаждения из газовой фазы этого типа температура является одним из основных технологических параметров, поскольку скорость осаждения на поверхности подложки зависит от температуры. Под подложкой здесь подразумевается любая одна деталь, продукт и т.п. или их группа или партия, обрабатываемые в реакторе осаждения из газовой фазы одновременно в ходе одной операции нанесения покрытия.

Как показано на фиг. 1, отдельная вторая камера 4, т.е. реакционная камера, или покрывающая камера, в которую помещают подложки для обработки, также расположена в первой камере 2. Вторая камера 4 может являться любой камерой низкого давления из предшествующего уровня техники или какой-либо другой соответствующей камерой, выполненной с возможностью помещения внутри первой камеры 2. Реактор осаждения из газовой фазы содержит также нагревательные средства (не показаны), которые нагревают первую камеру 2 внутри. Нагревательные средства предусмотрены для нагрева второй камеры 4. При опосредованном нагреве второй камеры 4 стенки второй камеры 4 нагреваются косвенно, например, за счет теплового излучения или теплопроводности газа. При опосредованном нагреве второй камеры 4 нагревательные средства могут быть установлены, например, на боковой, торцевой, верхней или нижней стенках первой камеры 2, от которых тепло передается с излучением или газом для нагрева второй камеры 4. Нагревательные средства могут являться, например, электрическими резисторами. Кроме того, нагревательные средства предпочтительно расположены, установлены и выполнены таким образом, что они позволяют получить наиболее равномерное распределение температуры внутри второй камеры 4, т.е. разница температур внутри второй камеры 4 и вокруг нее является наименьшей из возможных. Однако пространство 6 между внутренними стенками первой камеры 2 и наружными стенками второй камеры 4 легко создает разницу температур внутри первой камеры 2, и, таким образом, также внутри второй камеры 4. Эта разница температур часто является следствием конструкций первой камеры 2, второй камеры 4 и других частей, которые могут создавать и контролировать потоки тепла внутри первой камеры 2. В таком случае тепловые потоки вокруг второй камеры 4 могут распределяться неравномерно, так что в некоторых точках они направлены по направлению ко второй камере 4, а в других частях - по направлению от второй камеры 4. В этом случае между разными точками второй камеры 4 возникает разница температур. Таким образом, задачей настоящего изобретения является создание простого и эффективного способа уравнивания этой разницы температур.

В соответствии с настоящим изобретением описанное выше уравнивание разницы температур осуществляют при помощи теплопередающего элемента 8. В соответствии с вариантом осуществления изобретения по фиг. 1 отдельный теплопередающий элемент 8 расположен в верхней части первой камеры 2 в пространстве между первой камерой 2 и второй камерой 4. В соответствии с заявленным выше распределением температур в первой камере 2 реактора осаждения из газовой фазы обычно является таким, что температура в верхней части камеры 2 выше, чем температура в ее нижней части. В соответствии с вариантом осуществления изобретения по фиг. 1 нагревательные средства обычно предусмотрены на боковых стенках 7, 9 и/или верхней или нижней стенках первой камеры 2 и/или на корпусе цилиндрической первой камеры 2, таким образом, что тепловая энергия, направленная ко второй камере 4, предпочтительно является, по существу, одинаковой во всех направлениях. Альтернативно, нагревающие средства обеспечены каким-либо другим способом, так что тепло может быть передано внутрь первой камеры 2 через боковые стенки 7, 9 и/или верхнюю или нижнюю стенки, и/или корпус цилиндрической первой камеры 2. В соответствии с таким решением загрузочный люк и эксплуатационный люк, соответственно, обычно предусмотрены на торцевых сторонах 3, 5 первой камеры 2. Однако вблизи торцевых сторон 3, 5 часто образуются низкотемпературные зоны. Так, в соответствии с решением по фиг. 1, теплопередающий элемент 8 расположен в верхней части первой камеры 2, где преобладают более высокие температуры. Теплопередающий элемент 8 предпочтительно имеет вытянутую форму и проходит горизонтально, предпочтительно вблизи торцевых сторон 3, 5 первой камеры 2. Таким образом, теплопередающий элемент 8 может передавать тепло из верхней части первой камеры 2 в низкотемпературные зоны, расположенные вблизи торцевых сторон 3, 5. Таким образом, теплопередающий элемент 8 уравнивает разницу температур внутри первой камеры 2 путем отведения тепловой энергии из верхней части первой камеры 2.

В соответствии с альтернативным решением отдельный теплопередающий элемент 8 может быть выполнен таким образом, что он также может передавать тепло из внутренней части первой камеры 2 за ее пределы. В таком случае теплопередающий элемент 8 может быть выполнен с возможностью соединения с торцевыми сторонами 3, 5 первой камеры 2, таким образом, что тепловая энергия передается от теплопередающего элемента 8 и далее из первой камеры 2. Температуру элемента 8 можно измерять и регулировать при помощи применения активного охлаждения, например, в части, отводящей тепловую энергию из первой камеры 2. В соответствии с другим решением, если, например, одна или обе торцевые стороны 3, 5 первой камеры 2 снабжены нагревающими средствами, или тепло передается через них в первую камеру 2 каким-либо другим образом, отдельный теплопередающий элемент 8 может быть рас-

положен в пространстве 6 между первой камерой 2 и второй камерой 4, проходя, по существу, между верхней и нижней частями первой камеры 2. Могут быть предусмотрены один или более теплопередающих элемента 8, и они могут проходить, по существу, перпендикулярно или под углом к вертикальному направлению. При этом возможна передача тепла из верхней части первой камеры 2, в которой преобладают более высокие температуры, в нижнюю часть первой камеры 2, в которой преобладают более низкие температуры. Теплопередающий элемент 8 может являться пластинообразным, стержнеобразным или иметь другую соответствующую конструкцию, пригодную для передачи тепла. В соответствии с этим вариантом осуществления изобретения теплопередающие элементы 8 расположены внутри первой камеры 2 в виде отдельных элементов, установленных в пространстве 6 между внутренней поверхностью первой камеры 2 и наружной поверхностью второй камеры 4 на некотором расстоянии от внутренней поверхности первой камеры 2 и наружной поверхности второй камеры 4.

На фиг. 2 представлен другой вариант осуществления настоящего изобретения. В соответствии с этим вариантом по внутренней поверхности первой камеры 2 проложен теплопередающий элемент 8. Хотя по фиг. 2 теплопередающий элемент 8 полностью покрывает внутреннюю поверхность первой камеры 2, установка элемента может быть также выполнена таким образом, что теплопередающий элемент 8 или несколько теплопередающих элементов 8 покрывают только часть внутренней поверхности первой камеры 2. Так, например, торцевые стороны 3, 5 первой камеры 2 могут быть покрыты теплопередающими элементами 8 на внутренней поверхности первой камеры 2, или, альтернативно, только верхняя сторона 7 или нижняя сторона 9 первой камеры 2 могут быть покрыты теплопередающим элементом 8. Иными словами, в соответствии с этим вариантом осуществления настоящего изобретения внутренняя поверхность первой камеры 2 полностью или в любой из частей покрыта теплопередающим элементом 8, уравнивающим разницу температур внутри первой камеры 2 при помощи передачи тепла из высокотемпературных зон в низкотемпературные зоны или из внутренней части первой камеры 2 за ее пределы. В соответствии с этим вариантом осуществления по фиг. 2 теплопередающий элемент 8 может являться, например, теплопередающей пластиной, установленной на внутренней поверхности первой камеры 2. Альтернативно, в качестве теплопередающих элементов 8 можно применять несколько стержнеобразных, реброобразных или соответствующих элементов, установленных на внутренней поверхности первой камеры 2. Эти теплопередающие элементы 8 могут равномерно покрывать внутреннюю поверхность первой камеры 2 или могут быть установлены бок о бок на некотором расстоянии друг от друга. Таким образом, теплопередающий элемент 8 уравнивает разницу температур внутри первой камеры 2 путем передачи тепла за счет теплопроводности из более горячих зон в более холодные. Альтернативно, теплопередающий элемент 8 выполнен с возможностью передачи тепла за счет теплопроводности из первой камеры 2 за ее пределы и в особенности из более горячих зон первой камеры 2. В соответствии с этим вариантом осуществления изобретения теплопередающие элементы 8 могут также служить как источники теплоты излучения, если они расположены рядом друг с другом.

На фиг. 3 представлен еще один вариант осуществления настоящего изобретения. В соответствии с этим вариантом наружная поверхность второй камеры 4 покрыта теплопередающим элементом 8 или несколькими теплопередающими элементами 8. Хотя на фиг. 3 представлена наружная поверхность второй камеры 4, полностью покрытая теплопередающим элементом 8, покрытие может быть также выполнено таким образом, что только часть наружной поверхности второй камеры 4 покрыта теплопередающим элементом 8 или несколькими теплопередающими элементами 8. Так, например, наружные поверхности торцевых сторон 15, 17 или верхней и/или нижней сторон 13, 11 второй камеры 4 могут быть покрыты теплопередающими элементами 8. Иными словами, в соответствии с этим вариантом осуществления настоящего изобретения наружная поверхность второй камеры 4 полностью или в любой из частей покрыта теплопередающим элементом 8, уравнивающим разницу температур внутри первой камеры 2 и/или на наружной поверхности второй камеры 4 при помощи передачи тепла из высокотемпературных зон в низкотемпературные зоны или из внутренней части второй камеры 4 за ее пределы. В соответствии с этим вариантом осуществления по фиг. 3 теплопередающий элемент 8 может являться, например, теплопередающей пластиной, установленной на наружной поверхности второй камеры 4. Альтернативно, в качестве теплопередающих элементов 8 можно применять несколько стержнеобразных, реброобразных или соответствующих элементов, установленных на наружной поверхности второй камеры 4. Эти теплопередающие элементы 8 могут равномерно покрывать наружную поверхность второй камеры 4 или могут быть установлены бок о бок на некотором расстоянии друг от друга. Теплопередающие элементы 8, установленные на наружной поверхности второй камеры 4 являются предпочтительными, поскольку они могут эффективно уравнивать тепловую мощность, направленную на вторую камеру 4. Иными словами, теплопередающие элементы 8, установленные на наружной поверхности второй камеры 4 уравнивают за счет теплопроводности разницу температур второй камеры 4.

Теплопередающее устройство в соответствии с настоящим изобретением позволяет уравнивать разницу температур в камере 2 низкого давления, и, таким образом, также может легко уравнивать тепловую мощность, направленную на реакционную камеру в разных точках первой камеры 2 и второй камеры 4. В соответствии с одним из предпочтительных вариантов осуществления изобретения теплопередающие элементы 8 являются пассивными и неподвижными элементами. Альтернативно, однако, можно соеди-

нить теплопередающий элемент 8 с термоэлементом, при помощи которого можно регулировать температуру теплопередающего элемента 8. Теплопередающий элемент 8 может быть затем оперативно соединен с нагревательными средствами реактора для регулировки температуры теплопередающего элемента, или теплопередающий элемент 8 может быть оперативно соединен с нагревательными средствами реактора для регулировки температуры первой камеры 2. Кроме того, может быть предусмотрена обратная связь, использующая значения, полученные при измерениях температуры второй камеры 4, первой камеры 2 или подложек, для контроля температуры теплопередающего элемента 8 или термоэлемента. Теплопередающий элемент 8 предпочтительно изготовлен из алюминия или какого-либо другого материала, обладающего хорошей теплопроводностью, например меди, бериллия, молибдена, циркония, вольфрама, цинка или их соединений. Теплопередающий элемент 8 предпочтительно выполнен таким образом, что имеет достаточно большую площадь поверхности и массу для эффективной теплопередачи.

Специалисту в данной области техники ясно, что по мере развития технологии могут появляться многочисленные способы осуществления основной идеи настоящего изобретения. Таким образом, изобретение и варианты его осуществления не ограничены приведенными примерами и могут меняться без отклонения от сущности настоящего изобретения, ограниченной прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Реактор осаждения из газовой фазы для осуществления способа осаждения из газовой фазы, при котором поверхность подложки подвергают последовательным поверхностным реакциям исходных материалов, содержащий первую камеру (2), вторую камеру (4), установленную внутри первой камеры (2), нагревательные средства для опосредованного нагрева второй камеры (4), причем нагревательные средства установлены на боковых стенках (7, 9) или верхней или нижней стенках первой камеры (2); и один или более отдельных пассивных теплопередающих элементов (8), изготовленных из теплопроводящего материала, установленных между внутренней поверхностью первой камеры (2) и наружной поверхностью второй камеры (4), для уравнивания и/или регулировки разницы температур внутри первой камеры (2), отличающийся тем, что один или более отдельных пассивных теплопередающих элементов (8) расположены в верхней части первой камеры (2) в пространстве между первой камерой (2) и второй камерой (4) и выполнены с возможностью передачи тепла из верхней части первой камеры (2) за ее пределы.

2. Реактор по п.1, отличающийся тем, что теплопередающий элемент (8) изготовлен из материала, хорошо проводящего тепло, для уравнивания разницы температур внутри первой камеры (2) за счет теплопроводности.

3. Реактор по любому из пп.1, 2, отличающийся тем, что теплопередающий элемент (8) расположен между нагревательными средствами и второй камерой (4).

4. Реактор по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что теплопередающий элемент (8) выполнен с возможностью передачи тепла внутри первой камеры (2) из горячей зоны в холодную или из внутренней части первой камеры (2) за ее пределы.

5. Реактор по п.1, отличающийся тем, что теплопередающий элемент (8) установлен, по существу, горизонтально в верхней части первой камеры (2) для передачи тепла в верхней части первой камеры (2) к торцевым стенкам (3, 5) первой камеры (2) или из внутренней части первой камеры (2) за ее пределы.

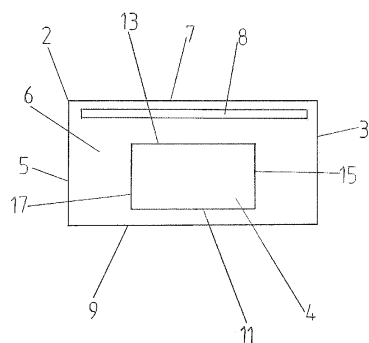
6. Реактор по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что теплопередающий элемент (8) выполнен с возможностью передачи тепла в направлении, противоположном естественной конвекции.

7. Реактор по п.6, отличающийся тем, что теплопередающий элемент (8) установлен, по существу, перпендикулярно или под углом к вертикальному направлению внутри первой камеры (2) для передачи тепла из верхней части первой камеры (2) в нижнюю часть первой камеры (2) или из внутренней части первой камеры (2) за ее пределы.

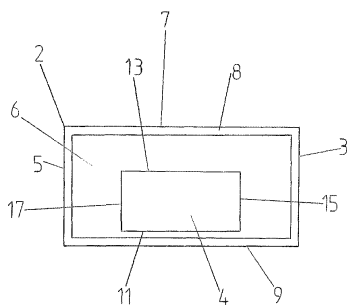
8. Реактор по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что теплопередающий элемент (8) изготовлен из алюминия, меди, бериллия, молибдена, циркония, вольфрама, цинка или их соединений.

9. Реактор по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что первая камера (2) является камерой давления, в которой поддерживается низкое, высокое или, по существу, нормальное атмосферное давление.

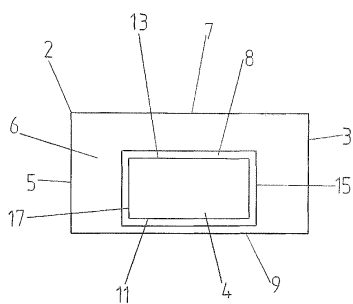
10. Реактор по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что вторая камера (4) является реакционной камерой, в которой поверхность подложки подвергают последовательным поверхностным реакциям исходных материалов.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3