



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 237 314** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 01 J 37/00, 37/36**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

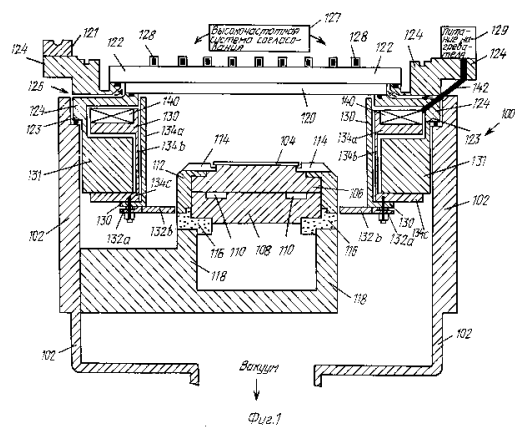
(21), (22) Заявка: 2001111332/09, 24.09.1999
(24) Дата начала действия патента: 24.09.1999
(30) Приоритет: 25.09.1998 US 09/161,074
(43) Дата публикации заявки: 27.03.2003
(45) Дата публикации: 27.09.2004
(56) Ссылки: RU 2073282 C1, 10.02.1997. US 5788799 A, 04.08.1998. SU 791103 A, 10.01.1997. RU 94043752 A1, 20.10.1996. RU 2094960 C1, 27.10.1997. US 5051600 A, 24.09.1991. GB 2170350 A, 30.07.1986.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 25.04.2001
(86) Заявка РСТ: US 99/20890 (24.09.1999)
(87) Публикация РСТ: WO 00/19481 (06.04.2000)
(98) Адрес для переписки: 103735, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО "Союзпатент", пат.пов. В.С.Ткаченко

(72) Изобретатель: УИКЕР Томас Е. (US), МАРАШИН Роберт А. (US), КЕННЕДИ Уильям С. (US)
(73) Патентообладатель: ЛЭМ РИСЕРЧ КОРПОРЕЙШН (US)
(74) Патентный поверенный: Ткаченко Валерия Сергеевна

(54) **КАМЕРА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ И СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПОДЛОЖКИ В ТАКОЙ КАМЕРЕ**

(57) Изобретение относится к области электротехники, в частности к травильным камерам с плазмой высокой плотности. Камера содержит электростатический держатель, предназначенный для удержания пластины, и расходоуемые части, которые являются в высокой степени устойчивыми к травлению и в меньшей степени восприимчивы к образованию загрязнений и температуру которых можно регулировать, что является техническим результатом изобретения. Расходоуемые части содержат вкладыш камеры, имеющий нижнюю секцию крепления, и стенку, которая сконфигурирована таким образом, что она окружает электростатический держатель. Расходоуемые части также включают

держатель вкладыша, имеющий нижний выступ, гибкую стенку и верхний выступ. Гибкая стенка сконфигурирована таким образом, что она окружает внешнюю поверхность стенки вкладыша камеры, при этом гибкая стенка держателя вкладыша расположена на некотором расстоянии от стенки вкладыша камеры. Нижний выступ держателя вкладыша сконфигурирован так, что он находится в прямом тепловом контакте с нижней секцией держателя вкладыша камеры. Кроме того, отражательное кольцо представляет собой расходоуемую часть и может устанавливаться с обеспечением теплового контакта со вкладышем камеры и держателем вкладыша. 2 с. и 22 з.п.ф-лы, 8 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 237 314** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 01 J 37/00, 37/36**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001111332/09, 24.09.1999
(24) Effective date for property rights: 24.09.1999
(30) Priority: 25.09.1998 US 09/161,074
(43) Application published: 27.03.2003
(45) Date of publication: 27.09.2004
(85) Commencement of national phase: 25.04.2001
(86) PCT application:
US 99/20890 (24.09.1999)
(87) PCT publication:
WO 00/19481 (06.04.2000)
(98) Mail address:
103735, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO
"Sojuzpatent", pat.pov. V.S.Tkachenko

(72) Inventor: UIKER Tomas E. (US),
MARASHIN Robert A. (US), KENNEDI Uil'jam S.
(US)
(73) Proprietor:
LEhM RISERCh KORPOREJShN (US)
(74) Representative:
Tkachenko Valerija Sergeevna

(54) **PLASMA TREATMENT CHAMBER AND METHOD FOR TREATING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE IN THE CHAMBER**

(57) Abstract:

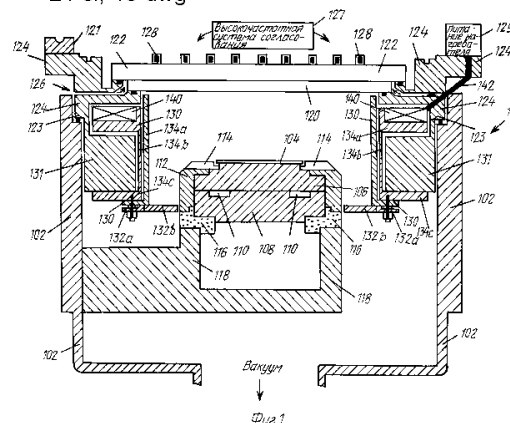
FIELD: electric engineering.

SUBSTANCE: device has electrostatic holder for holding plate, and consumption parts highly resistant to etching and susceptible to impurity production in lower degree. Their temperature is controllable. The consumption parts have chamber insert having lower fastening section and wall arranged so that it envelops the electrostatic holder. The consumption parts also have insert holder having lower flange, flexible wall and upper flange. The flexible wall arranged so that it envelops external surface of the chamber insert holder, the flexible wall being at some distance from the chamber insert holder. Lower flange of the insert holder is allows direct heat exchange with the lower section of the chamber insert holder. Reflection ring is a consumption part mounted in heat exchange

contact with the chamber insert and the insert holder.

EFFECT: wide range of functional applications.

24 cl, 13 dwg



Область техники

Настоящее изобретение относится к изготовлению подложек полупроводниковых микросхем, и в частности к травильным камерам с плазмой высокой плотности, материал вкладышей которых снижает загрязнение продукта частицами и металлами во время обработки, а также к соответствующим структурам вкладышей камеры.

Известный уровень техники

Поскольку физические размеры и рабочие напряжения интегральных схем постоянно уменьшаются, производственные процессы, связанные с их изготовлением, становятся все более чувствительными к загрязнениям частицами и металлами. В соответствии с этим при современном производстве интегральных микросхем, имеющих малые физические размеры, требуется, чтобы степень загрязнения частицами и металлами была меньше уровня, который раньше рассматривался как приемлемый.

Обычно производство интегральных микросхем (в виде пластин) включает использование плазменных травильных камер, в которых можно вытравливать отдельные слои, определяемые фоторезистивной маской. Камеры для обработки сконфигурированы таким образом, что в них могут подаваться технологические газы (то есть травильные химические реагенты) при одновременном приложении высокочастотной энергии на один или большее количество электродов камеры для обработки. Давление внутри камеры для обработки также контролируется в соответствии с условиями конкретного процесса. После подачи требуемой высокочастотной энергии на электрод (электроды) технологические газы в камере активируются так, что создается плазма. Плазма при этом имеет параметры, необходимые для выполнения требуемого травления выбранных слоев полупроводниковой пластины.

Обычно камера для обработки, которая используется для травления материалов, таких как оксиды кремния, требует приложения энергии относительно высокого уровня для достижения желательного результата травления по сравнению с другими пленками, вытравливаемыми во время производства. Такие оксиды кремния включают, например, выращенную термически двуокись кремния (SiO_2), TEOS, PSG, BPSG, USG (беспримесное стекло с покрытием, полученным методом центрифугирования), LTO и т.д. Необходимость приложения энергии высокого уровня возникает из-за того, что требуется бомбардировать и разрывать прочные связи пленки оксидов кремния и инициировать химические реакции для формирования летучих продуктов травления. Эти камеры поэтому называются "камеры для травления оксидов плазмой высокой плотности", которые позволяют производить плазму высокой плотности для формирования плотного потока ионов на пластину и для достижения высокой скорости травления при низких давлениях газа.

Хотя камеры для травления оксидов плазмой высокой плотности хорошо выполняют свою функцию травления

требуемых поверхностей пластины, внутренние поверхности травильной камеры также подвержены воздействию значительной энергии ионов. Поэтому материал, из которого изготовлены внутренние поверхности травильной камеры, эродирует под воздействием ионной бомбардировки в результате физического или химического распыления, в зависимости от состава материала и состава травильного газа.

Учитывая, что внутренние поверхности травильной камеры подвергаются воздействию плазмы высокой плотности, современные камеры конструируют таким образом, что в них можно использовать простые футеровочные части, такие как диски, кольца и цилиндры. Поскольку эти части сконфигурированы таким образом, что они могут ограничивать плазму в зоне обрабатываемой пластины, эти части непрерывно подвергаются воздействию рабочей энергии плазмы. Вследствие такого внешнего воздействия эти части, в конечном счете, эродируют или на них накапливаются полимеры, что приводит к необходимости их замены или тщательной очистки. В конечном счете, все части изнашиваются до такой степени, что они больше не могут использоваться. Такие детали поэтому называются "расходуемыми".

Соответственно, если срок службы детали будет коротким, то затраты на расходные детали будут высокими (то есть будет высокое значение отношения стоимость детали/срок службы детали).

Поскольку эти детали являются расходными, желательно, чтобы их поверхности были устойчивыми к энергии плазмы, что, таким образом, позволило бы уменьшить затраты на расходные детали. Попытки, сделанные в известном уровне техники для снижения затрат на расходные детали, включали производство этих частей из оксида алюминия (Al_2O_3) и кварцевых материалов. Хотя эти материалы в определенной степени устойчивы к воздействию энергии плазмы, в камерах для травления оксидов плазмой высокой плотности, бомбардировка ионами плазмы определяет нижние уровни загрязнения при производстве (например, загрязнения частицами и загрязнения металлическими примесями), которые должны быть меньше допустимого уровня. Например, если поверхность расходной детали выполнена из оксида алюминия (то есть, из глинозема), когда плазма бомбардирует эти поверхности, алюминий будет освобождаться и затем смешиваться с плазмой, которая формируется над пластиной. При этом некоторое количество алюминия будет внедряться в органический полимер, который осаждается на пластину во время травления и на поверхности расходных частей (то есть, таких элементов камеры, как вкладыш, крышка и т.п.). Когда это происходит, может оказаться невозможным полностью удалить полимер с поверхности расходных частей во время обычной плазменной очистки на месте или при выполнении этапа "озоления". Таким образом, хрупкая отслаивающаяся пленка или порошкообразное покрытие, которое содержит углерод, алюминий, кислород и фтор (C, Al, O и F), остаются после плазменной очистки на месте, что

приводит к образованию высокой концентрации загрязняющих частиц. Алюминий, осаждаемый на подвергаемых вытравливанию структурах и пленках кремниевой подложки, может привести к снижению эффективности работы изготовляемых устройств, например может вызвать повышение тока утечки элементов DRAM (динамических ОЗУ).

Как было указано выше, в качестве материала для изготовления внутренних поверхностей расходимых частей также используется кварц. Однако кварцевые поверхности оказались нежелательным источником частиц из-за низкой теплопроводности кварца и высокой скорости вытравливания в условиях плазмы высокой плотности, используемой для вытравливания оксидов. Кроме того, из-за низкой теплопроводности кварца контроль за температурой этих частей является очень сложным. Это приводит к значительным колебаниям температуры и отслаиванию вытравливаемого полимера, осаждаемого на поверхность расходимых частей, и поэтому вызывает нежелательное образование загрязняющих частиц. Еще один недостаток расходимых частей из кварца состоит в том, что высокая скорость вытравливания в камерах для травления оксидов плазмой высокой плотности приводит к образованию поверхностных раковин на кварце, что затем вызывает растрескивание частиц кварца.

С учетом вышеприведенного, существует потребность в создании камер обработки плазмой высокой плотности, расходимые части которых были бы более стойкими к эрозии и способствовали бы уменьшению уровня загрязнения поверхностей обрабатываемых пластин. Существует также потребность в расходимых частях, предназначенных для использования в условиях плазмы высокой плотности, которые были бы способны противостоять изменениям температуры при одновременном предотвращении повреждения расходимых частей.

Краткое описание изобретения

Настоящее изобретение направлено на решение этих проблем с помощью деталей, ограничивающих плазму (т.е. расходимых частей), которые являются стойкими к вытравливанию, обеспечивают низкий уровень загрязнения и контроль за температурой для использования в камерах плазменной обработки. Настоящее изобретение может быть воплощено различными путями, включая процесс, устройство, систему, прибор или способ. Ниже описаны несколько вариантов воплощения настоящего изобретения.

В одном из вариантов воплощения описана камера плазменной обработки, включающая электростатический держатель, предназначенный для закрепления на нем пластины, и расходимые части, которые обладают высокой стойкостью к вытравливанию, в меньшей степени подвержены образованию загрязнений и температуру которых можно регулировать. Расходимые части включают вкладыш камеры, имеющий нижнюю секцию крепления и стенку, которая сконфигурирована таким образом, что она окружает электростатический держатель. Расходимые

части также включают структуру держателя вкладыша, имеющую нижний выступ, гибкую стенку и верхний выступ. Гибкая стенка имеет такую конфигурацию, что она окружает внешнюю поверхность стенки вкладыша камеры, и гибкая стенка держателя вкладыша установлена на некотором расстоянии от стенки вкладыша камеры. Нижний выступ держателя вкладыша, однако, сконфигурирован таким образом, что он находится в непосредственном тепловом контакте с нижней секцией крепления вкладыша камеры. Кроме того, отражательное кольцо, которое представляет собой расходимую часть, сконфигурировано таким образом, что оно может быть соединено со вкладышем камеры и держателем вкладыша так, что между этими деталями будет обеспечен тепловой контакт. Отражательное кольцо формирует экран для плазмы вокруг электростатического держателя. Кроме того, на верхнем выступе держателя вкладыша может быть установлен нагреватель с возможностью передачи тепла, предназначенный для передачи тепла через держатель вкладыша на вкладыш камеры и отражательное кольцо. Кроме того, конструкция имеет внешнюю опору, которая соединена с возможностью передачи тепла с охлаждающим кольцом, которое соединено с верхней пластиной камеры. Внешняя опора и охлаждающее кольцо поэтому обеспечивают точное регулирование температуры вкладыша камеры вместе с литым нагревателем. Такое точное регулирование температуры предотвращает отклонения температуры, что позволяет выполнять травление первой пластины приблизительно в таких же температурных условиях, в которых производится травление последней пластины.

В наиболее предпочтительном варианте воплощения расходимые части включают вкладыш камеры и отражательное кольцо, которые целиком изготовлены или имеют покрытие из материала, выбираемого из карбида кремния (SiC), нитрида кремния (Si₃N₄), карбида бора (B₄C) и/или нитрида бора (BN). При использовании этих материалов под воздействием энергии плазменного распыления образуются летучие продукты, которые, по существу, аналогичны летучим продуктам травления, получаемым во время травления поверхностных слоев пластины.

В другом варианте воплощения описана плазменная травильная камера, содержащая расходимые части. Расходимые части включают вкладыш камеры, имеющий нижнюю секцию крепления и цилиндрическую стенку, которая окружает центральную часть плазменно-травильной камеры. Держатель вкладыша сконфигурирован так, что он окружает вкладыш камеры. Держатель вкладыша соединен с образованием теплового контакта с нижней секцией крепления вкладыша камеры. Держатель вкладыша дополнительно содержит множество прорезей, которые разделяют держатель вкладыша на множество секторов. В предпочтительном варианте воплощения вкладыш камеры выполнен из материала, который выбирается из одного из следующих материалов: карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид

бора (BN), а держатель вкладыша изготовлен из алюминия.

В еще одном варианте воплощения изобретения описан способ использования расходных частей, предназначенный для использования в травильных камерах с высокой плотностью плазмы. Этот способ содержит использование вкладыша камеры, выполненного из материала, выбранного из одного из следующих материалов: карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN). Вкладыш камеры может иметь стенку, которая окружает область плазмы в камере и нижнюю секцию держателя. Способ включает использование алюминиевого держателя вкладыша, который имеет нижний выступ, гибкую стенку и верхний выступ, причем в гибкой стенке и в нижнем выступе держателя вкладыша сформировано множество прорезей для обеспечения возможности расширения держателя вкладыша при повышенных температурах. Способ дополнительно содержит использование отражательного кольца из карбида кремния (SiC), нитрида кремния (Si₃N₄), карбида бора (B₄C) и/или нитрида бора (BN). В отражательном кольце может быть выполнено множество прорезей для формирования экрана для плазмы. Способ может включать регулирование температуры вкладыша камеры через тепловой путь, проходящий через держатель вкладыша и отражательное кольцо.

В соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения камера плазменной обработки содержит вкладыш камеры и держатель вкладыша, причем держатель вкладыша включает гибкую стенку, сконфигурированную таким образом, что она окружает внешнюю поверхность вкладыша камеры, эта гибкая стенка расположена на некотором расстоянии от стенки вкладыша камеры. Для обеспечения, в случае необходимости, регулирования температуры вкладыша нагреватель может быть присоединен с образованием теплового контакта к держателю вкладыша так, что он будет передавать тепло от держателя вкладыша на вкладыш камеры. Хотя для вкладыша и держателя вкладыша могут использоваться любые подходящие материалы, держатель вкладыша предпочтительно изготавливают из гибкого алюминиевого материала, а вкладыш камеры предпочтительно содержит керамический материал.

Держатель вкладыша может иметь различные свойства. Например, гибкая стенка может иметь прорези, которые разделяют держатель вкладыша на множество секторов, которые позволяют гибкой стенке поглощать тепловые напряжения, и/или нижний выступ держателя вкладыша может быть установлен на нижней секции держателя вкладыша камеры. Если требуется, отражательное кольцо, находящееся в тепловом контакте с вкладышем камеры, и держатель вкладыша могут использоваться для формирования экрана для плазмы вокруг электростатического держателя, установленного в центральной части камеры. Вкладыш камеры и/или отражательное кольцо предпочтительно изготавливают из одного или большего количества материалов, таких

как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN).

Камера плазменной обработки может иметь различные свойства. Например, вкладыш камеры может иметь низкое электрическое удельное сопротивление и может быть сконфигурирован таким образом, чтобы обеспечивать путь для заземления высокочастотной энергии. Если требуется, газораспределительная пластина, имеющая высокое электрическое удельное сопротивление, может быть установлена над электростатическим держателем и/или на подставке, поддерживающей фокусирующее кольцо и электростатический держатель. Газораспределительную пластину, фокусирующее кольцо и/или подставку предпочтительно изготавливают из одного или большего количества материалов, таких как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN). Плазма может генерироваться в камере с помощью источника высокочастотной энергии, который обеспечивает индуктивную передачу высокочастотной энергии через газораспределительную пластину и генерирует в камере плазму высокой плотности. Источник высокочастотной энергии предпочтительно содержит плоскую антенну. Камера может использоваться для плазменной обработки полупроводниковых пластин. Например, камера может представлять собой камеру плазменного травления.

Вкладыш может иметь различные конфигурации. Например, держатель вкладыша может включать внешнюю опору, соединенную с образованием теплового контакта с нижним выступом держателя вкладыша, и внешняя опора может находиться в тепловом контакте с верхней водоохлаждаемой пластиной, установленной на камере. Держатель вкладыша может также включать верхний выступ, гибкую стенку и нижний выступ, причем в гибкой стенке и в нижнем выступе выполнено множество прорезей, которые формируют множество секторов в держателе вкладыша. Для регулирования температуры литое нагревательное кольцо может быть установлено в тепловом контакте с держателем вкладыша, причем это нагревательное кольцо содержит резистивный нагревательный элемент, который нагревает держатель вкладыша так, что обеспечивается регулирование температуры вкладыша камеры.

В соответствии с другим вариантом воплощения настоящего изобретения полупроводниковую пластину обрабатывают в камере плазменной обработки, которая содержит вкладыш камеры и держатель вкладыша, причем держатель вкладыша включает гибкую стенку, сконфигурированную так, что она окружает внешнюю поверхность вкладыша камеры, причем эта гибкая стенка расположена на некотором расстоянии от стенки вкладыша камеры, на которой размещают полупроводниковую пластину в камере и обрабатывают открытую поверхность подложки плазмой высокой плотности. Вкладыш камеры предпочтительно выполнен из керамического материала, а держатель вкладыша предпочтительно

включает внешнюю опору, проходящую между держателем вкладыша и терморегулируемой частью камеры, внешняя опора имеет такие размеры, которые позволяют минимизировать отклонение температуры вкладыша камеры во время последовательной обработки партии полупроводниковых пластин. После обработки заранее определенного количества полупроводниковых пластин, в процессе обработки, керамический вкладыш предпочтительно удаляется из камеры и заменяется другим керамическим вкладышем. Кроме того, вкладыш камеры может иметь входное отверстие для пластин, которое позволяет помещать пластину в камеру.

Другие аспекты и преимущества настоящего изобретения станут очевидными из приведенного ниже подробного описания при рассмотрении его совместно с прилагаемыми чертежами, которые представляют собой иллюстрацию примера осуществления настоящего изобретения.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение будет легко понять из приведенного ниже подробного описания, рассматриваемого совместно с прилагаемыми чертежами. Для упрощения описания одинаковые номера ссылки обозначают одинаковые структурные элементы.

На фигуре 1 изображена травильная камера с плазмой высокой плотности в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигурах 2А-2С более подробно изображено отражательное кольцо в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 3А подробно изображен поперечный разрез держателя вкладыша в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 3В изображен вид сбоку держателя вкладыша по стрелке А в поперечном разрезе по фигуре 3А в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 3С показан изгиб держателя вкладыша, когда он подвергается температурным напряжениям в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 4 изображено, как вкладыш камеры собирается с держателем вкладыша в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 5А показан частичный вид в поперечном разрезе вкладыша камеры, держателя вкладыша и отражательного кольца, которые собраны в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 5В изображен вид сбоку внешней опоры в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 6 изображен трехмерный вид в сборе вкладыша камеры, отражательного кольца и держателя вкладыша в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения;

на фигуре 7 изображен другой трехмерный вид в сборе вкладыша камеры, держателя вкладыша и отражательного кольца в

соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения и

на фигуре 8 изображен трехмерный вид с покомпонентным представлением деталей травильной камеры с плазмой высокой плотности по фигуре 1 в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения.

Подробное описание предпочтительных вариантов воплощения

Настоящее изобретение направлено на одну или большее количество частей, ограничивающих плазму (т.е. расходуемых частей с регулируемой температурой, низким уровнем выделяемых загрязнений и высокой устойчивостью к травлению), предназначенных для использования в камерах плазменной обработки. Для обеспечения полного понимания настоящего изобретения описаны различные конкретные детали.

В других случаях хорошо известные операции обработки не были описаны подробно в настоящем изобретении, чтобы избежать излишнего усложнения описания.

Части, ограничивающие плазму в соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно выполнены в виде, например, элементов вкладыша камеры, отражательных колец, пластин распределения газа, фокусирующих колец, держателей вкладыша и других частей без электрического привода. Эти части предпочтительно сконфигурированы так, что они, по существу, не создают загрязнений и являются устойчивыми для травления, и температура их предпочтительно регулируется без повреждения частей. Части, ограничивающие плазму, предпочтительно изготовлены из материалов, которые состоят из элементов, безвредных для устройств, изготавливаемых на пластине, таких как кремний (Si), углерод (C), азот (N) или кислород (O). Таким образом, когда части, ограничивающие плазму, подвергаются бомбардировке ионами (то есть распыляются под воздействием плазмы), получают летучие продукты, которые смешиваются с технологическими газами. Эти летучие продукты могут быть удалены из камеры с использованием вакуумного насоса и не будут оседать на пластину, вызывая загрязнение. В предпочтительном варианте воплощения изобретения, в котором части, ограничивающие плазму, располагаются в камере плазменного травления, такие части могут быть в большей степени стойкими к травильным газам, и ресурс этих частей может быть продлен.

Части, ограничивающие плазму, в соответствии с настоящим изобретением предпочтительно изготавливают из одного или большего количества материалов, таких как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN). Все эти материалы имеют требуемые характеристики в отношении высокой устойчивости к травлению, не содержат загрязняющих элементов, и их продукты травления являются летучими. В наиболее предпочтительном варианте воплощения изобретения части, ограничивающие плазму (также обозначаемые как расходуемые части) изготавливают из твердого карбида кремния (SiC), что, таким образом, уменьшает

загрязнение обрабатываемой пластины металлами и/или частицами. Материал SiC, используемый для изготовления отражательного кольца 132 и вкладыша 130, предпочтительно является электропроводным, так что, когда он будет находиться в контакте с плазмой, он будет формировать хороший путь для заземления высокочастотного тока. Материал SiC с более высоким удельным сопротивлением может использоваться для газораспределительной пластины (то есть элемента, обозначенного номером 120 на фиг.1) для обеспечения возможности передачи радиочастотной энергии через нее. Как указано выше, SiC, кроме того, вытравливается с низкой скоростью под воздействием плазмы, что обеспечивает эффективность затрат при производстве расходуемой части.

Кроме того, поскольку SiC представляет собой материал высокой чистоты, загрязнение пластины в результате химического распыления SiC плазмой может быть минимизировано. Кроме того, заземленные части из SiC могут уменьшить распыление других поверхностей камеры, обеспечивая снижение потенциала плазмы и, таким образом, энергии ионной бомбардировки на все поверхности, выполненные не из карбида кремния. Этот компонент из SiC также обеспечивает очень стабильный потенциал плазмы, так что результаты травления обладают большой степенью повторяемости в пределах отдельной камеры и от камеры к камере. Для большей информации по использованию частей, ограничивающих плазму, способных снижать загрязнение при обработке плазмой высокой плотности, сошлемся на параллельно поданную заявку на американский патент №09/050902, поданную 31 марта 1998 г. под названием "Способ и устройство контроля за уровнем загрязнения для камеры плазменной обработки" ("Contamination Controlling Method and Apparatus For A Plasma Processing Chamber"). Различные варианты воплощения настоящего изобретения будут теперь описаны со ссылками на фигуры 1-8.

На фигуре 1 изображена травильная камера 100 с плазмой высокой плотности в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения. Корпус 102 камеры показан с установленной в нем полупроводниковой пластиной, такой как кремниевая пластина 104, которая предназначена для обработки плазменным травлением. В данном варианте воплощения изобретения операция травления предпочтительно представляет собой работу с использованием плазмы высокой плотности, которая возбуждается таким образом, чтобы производить травление материалов, таких как оксиды кремния, которые могут быть сформированы на поверхности пластины 104. Плазма высокой плотности (например, плазма, имеющая плотность в пределах приблизительно 10^{11} - 10^{12} ионов/см³) возбуждается в камере за счет того, что в камере поддерживается относительно низкое давление, ниже приблизительно 80 мТорр и наиболее предпочтительно от 1 мТорр до 40 мТорр. Давление в камере, в общем, поддерживается с помощью соответствующего вакуумного насоса,

подключенного в нижней части камеры.

Пластина 104 показана установленной на электростатическом держателе 106. Под электростатическим держателем 106 расположен нижний электрод 108, который содержит охлаждающее кольцо 110, предназначенное для регулирования температуры электростатического держателя 106. Электростатический держатель 106 ограничивается подставкой 112 и фокусирующим кольцом 114, которое окружает пластину 104. В одном варианте воплощения настоящего изобретения подставка 112 и фокусирующее кольцо 114 предпочтительно изготовлены из материала, выбранного из группы, включающей: (a) карбид кремния (SiC), (b) нитрид кремния (Si₃N₄), (c) карбид бора (B₄C) или (d) нитрид бора (BN). В наиболее предпочтительном варианте воплощения в качестве материала для подставки 112 и фокусирующего кольца 114 выбирается Si₃N₄.

В соответствии с одним из вариантов воплощения изолирующее кольцо 116, выполненное из оксида алюминия, устанавливается между алюминиевой подставкой 118 и нижним электродом 108 подставки 112, выполненной из карбида кремния. Вкладыш 130 камеры предпочтительно представляет собой цилиндрический вкладыш, который может быть прикреплен к отражательному кольцу 132. Отражательное кольцо 132, в общем, включает внутреннее кольцо 132a, которое обеспечивает хороший электрический контакт, а также хороший тепловой контакт с вкладышем 130 камеры. Отражательное кольцо 132 также имеет множество зубьев 132b, которые будут более подробно описаны со ссылкой на фигуру 2A-2C.

Над пластиной 104 расположена газораспределительная пластина 120, которая функционирует как распылительная головка для подачи химических реагентов травильного газа в камеру обработки. Над газораспределительной пластиной 120 выполнено керамическое окно 122. Над керамическим окном 122 расположена система высокочастотных катушек 128 (то есть высокочастотная антенна), которая используется для подачи высокочастотной энергии в реакторную камеру 100. Высокочастотные катушки 120 предпочтительно охлаждаются через охлаждающий канал, который расположен в центральной части системы высокочастотных катушек 128. В этом упрощенном представлении отверстие 126 подачи газа используется для подачи технологических газов в каналы, которые сформированы между керамическим окном 122 и газораспределительной пластиной 120. Для более подробной информации в отношении обрабатываемых камер можно сделать ссылку на реактор плазменного травления TCP 9100™, который поставляется компанией LAM Research Corporation, г. Фремонт, штат Калифорния (Fremont, California).

Высокочастотная система 127 согласования полного сопротивления сконфигурирована таким образом, что она установлена сверху камеры обработки и создает соответствующий контакт с высокочастотными катушками 128 для управления подачей энергии, а также другими

параметрами реактора. Как указано выше, керамическое окно 122 имеет такую конструкцию, что оно обеспечивает контакт с газораспределительной пластиной, которая установлена внутри верхней пластины 124. Верхняя пластина 124 формирует поверхность раздела между атмосферным давлением и требуемыми условиями вакуума внутри камеры 100 травления плазмой высокой плотности. Как будет очевидно для специалистов в данной области техники, требуемая поверхность раздела давления устанавливается путем размещения подходящего количества уплотнительных колец на границе состыковки корпуса 102 камеры, верхней пластины 124, газораспределительной пластины 120, керамического окна 122 и высокочастотной системы 127 согласования.

Держатель 134 вкладыша, кроме того, установлен внутри камеры 100 травления плазмой высокой плотности с возможностью осуществления точного управления и передачи требуемой температуры на вкладыш 130 камеры и отражательное кольцо 132. В данном варианте воплощения изобретения держатель 134 вкладыша выполнен из алюминия, что позволяет использовать его гибкость и хорошую теплопроводность. Держатель 134 вкладыша включает верхний выступ 134a, гибкую стенку 134b, нижний выступ 134c и выступ 134d держателя вкладыша. Нижний выступ 134c показан в сборе с образованием прямого теплового контакта с вкладышем 130 камеры и отражательным кольцом 132. В данном варианте воплощения изобретения гибкая стенка 134b находится на расстоянии от вкладыша 130 камеры. Нагреватель 140 может быть установлен с непосредственным тепловым контактом с верхним выступом 134a держателя 134 вкладыша. Для подачи питания и управления нагревателем 140 используется силовой контакт 142 для подключения системы 129 питания нагревателя. Держатель вкладыша поэтому позволяет осуществлять требуемое регулирование температуры, которая может передаваться на вкладыш 130 камеры и отражательное кольцо 132 без повреждения (более хрупких) вкладыша 130 камеры или отражательного кольца 132.

На чертеже также показана внешняя опора 131, которая соединена с образованием теплового контакта с нижним выступом 134c держателя 134 вкладыша. Внешняя опора также соединена с образованием теплового контакта с верхней пластиной 124, которая выполнена таким образом, что на ней может быть установлено охлаждающее кольцо 121. Как будет описано более подробно ниже со ссылками на фигуры 5A и 5B, внешняя опора 131 используется для обеспечения точного регулирования температуры вкладыша 130 камеры во время операций по обработке пластины (например, травления). Точное регулирование температуры, которое обеспечивается внешней опорой 131 и охлаждающим кольцом 121, будет поэтому предпочтительно способствовать предотвращению постепенного повышения температуры вкладыша камеры (из-за энергии плазмы).

Как указано выше, вкладыш 130 камеры и отражательное кольцо 132 предпочтительно

изготовлены из чистого карбида кремния. Кроме того, газораспределительная пластина 120, фокусирующее кольцо 114 и подставка 112 также изготовлены из чистого карбида или нитрида кремния или, по меньшей мере, имеют покрытие из карбида кремния. Таким образом, по существу, все поверхности, которые ограничивают плазму высокой плотности, будут представлять собой чистый карбид кремния или будут покрыты карбидом кремния. Также могут использоваться другие материалы, которые состоят только из элементов, которые являются безвредными в отношении устройств, формируемых на обрабатываемой пластине, такие как кремний (Si), углерод (C), азот (N) или кислород, которые образуют летучие продукты травления с газами, предназначенными для травления. Таким образом, летучие продукты, образующиеся при бомбардировке внутренних поверхностей, ограничивающих плазму, будут смешиваться с избыточными газами травления, которые постоянно удаляются из камеры (с использованием вакуумного насоса или подобного устройства). Поскольку эти продукты, получаемые, когда плазма бомбардирует внутренние поверхности камеры (то есть, расходуемые части), являются летучими, они не будут осаждаться на поверхности пластины, вызывая загрязнение, и не будут внедряться в полимер, нанесенный на поверхности расходуемых частей.

На фигурах 2A-2C более подробно изображено отражательное кольцо 132 в соответствии с одним вариантом воплощения настоящего изобретения. Как показано на фигуре 1, отражательное кольцо 132 функционирует в качестве экрана для плазмы, предназначенного для пропускания газов и побочных продуктов к вакуумному насосу, подключенному снизу камеры 102. Как показано на чертежах, отражательное кольцо 132 имеет множество зубьев 132b, которые позволяют удерживать плазму в верхней части камеры 102, где поверхности, выполненные из карбида кремния (расходуемых частей), ограничивают плазму, по существу, в зоне над пластиной 104. Отражательное кольцо 132 также имеет внешнее кольцо 132a, которое используется для создания хорошего теплового контакта с вкладышем 130 камеры.

На фигуре 2B представлено трехмерное изображение пары зубьев 132b. В общем, область открытого пространства, сформированная промежутками 132c, сконфигурирована таким образом, что она составляет в диапазоне от 50 до 70 процентов для формирования достаточного прохода для газов и побочных продуктов, которые откачиваются из камеры 102. Для формирования каждого из промежутков 132c, которые показаны на фигуре 2C, твердый материал из карбида кремния (или материал, покрытый SiC) обрабатывают на станке так, чтобы выдерживалось подходящее соотношение ширины и высоты, составляющее, по меньшей мере, 1,5 или больше. В этом примере конфигурации ширина промежутков 132c предпочтительно устанавливается равной приблизительно 0,13 дюймов (3,3 мм) и высота устанавливается равной приблизительно 0,28 дюймов (7,1 мм). Такие предпочтительные размеры

составляют соотношение геометрических размеров приблизительно 2,0.

Внутренний диаметр отражательного кольца 132 в этом варианте воплощения камеры для пластины размером 200 мм выбирают равным приблизительно 10,75 дюймов (273 мм), так что зазор шириной приблизительно 1,16 дюйма (1,59 мм) формируется между кольцом и подставкой 112, показанной на фигуре 1. Однако внутренний диаметр, конечно же, может быть выбран большим, в зависимости от размера обрабатываемой пластины. Например, для пластины размером 300 мм внутренний диаметр может составлять приблизительно 14 дюймов (355,6 мм).

В альтернативных вариантах воплощения отражательное кольцо 132 может быть изготовлено таким образом, что вместо зубьев 132b будет сформировано множество отверстий или прорезей. Когда вместо зубьев 132b сформировано множество отверстий или прорезей, желательно, чтобы выдерживалось требование формирования открытой поверхности (то есть, прохода), которая составляет приблизительно от 50 процентов до 70 процентов. В отражательном кольце 132 также выполнено множество отверстий 150 для винтов, которые сформированы вокруг внешнего кольца 132a. Как показано на фигуре 1, отверстия 150 для винтов сконфигурированы таким образом, что в них входят соответствующие винты, с помощью которых отражательное кольцо 132 прикрепляется к вкладышу 130 камеры и держателю 134 вкладыша. Также могут использоваться другие варианты крепления, такие как зажимы, при условии, что они будут обеспечивать необходимое усилие контакта для передачи тепла в достаточной степени.

На фигуре 3A изображена более подробная схема поперечного сечения держателя 134 вкладыша в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения. Как отмечено выше, держатель 134 вкладыша имеет гибкую стенку 134b, которая сконфигурирована таким образом, что она может изгибаться в соответствии с тепловыми деформациями, которые могут возникнуть, когда нагреватель 140 создает требуемую степень нагрева. Предпочтительно гибкая стенка 134b выполнена цилиндрической, и в ней образованы прорези, которые формируют множество секторов. Как указано выше, держатель вкладыша предпочтительно изготовлен из алюминия, который имеет хорошую теплопроводность, а также обеспечивает хорошую гибкость при нагреве до требуемой температуры с помощью нагревателя 140. Поскольку нижний выступ 134c привинчен к вкладышу 130 камеры и отражательному кольцу 132, нижний выступ 134c будет оставаться на месте, в то время как верхний выступ 134a, который соединен с нагревателем 140 на стыке 141, проводящем тепло, может отклоняться наружу, как изображено на фигуре 3C.

Нагреватель 140 предпочтительно прикреплен к верхнему выступу 134a с использованием соответствующего количества винтов 144 для обеспечения теплопроводного стыка 141 вокруг всего верхнего выступа 134a. В предпочтительном варианте воплощения изобретения винты 144 могут удерживать нагреватель 140 в контакте

с верхним выступом 134a с образованием давления приблизительно 1000 фунтов на квадратный дюйм (70,3 кг/см²).

Когда камера травления 100 с плазмой высокой плотности сконфигурирована для обработки 8-дюймовых пластин (то есть пластин размером 200 мм), держатель 134 вкладыша может иметь внутренний диаметр приблизительно 14,5 дюймов (36,8 см). Толщина 170 гибкой стенки 134b может выбираться в диапазоне от 1,16 дюйма до 3,32 дюйма (1,59-2,38 мм). Размер 1,16 дюйма (1,59 мм) предпочтительно используется для обработки при температурах до 300°C, в то время как размер 3,32 дюйма (2,38 мм) предназначен для камер, имеющих температуру обработки до 1000°C.

Расстояние 176 между нижним выступом 134c и верхним выступом 134a предпочтительно устанавливается равным 2,5 дюйма (63,5 мм), в зависимости от высоты камеры. Однако чем больше расстояние 176, тем больше тепловое сопротивление в держателе 134 вкладыша. Поэтому расстояние 176 сохраняется достаточно небольшим с тем, чтобы алюминиевый материал держателя вкладыша не был слишком подвержен тепловым напряжениям при температурах, достигающих 300°C и выше. Например, толщина 172 верхнего выступа 134a предпочтительно устанавливается равной 9,16 дюймов (14,29 мм), в то время как толщина нижнего выступа 134c устанавливается равной 5,8 дюйма (15,88 мм).

На фигуре 3B изображен вид сбоку держателя 134 вкладыша в поперечном сечении по линии A-A, изображенной на фигуре 3A, в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения. Для улучшения гибкости держателя 134 вкладыша на боковой поверхности держателя 134 вкладыша сформированы прорези 152, которые образуют множество секторов. Прорези 152 проходят вертикально через гибкую стенку 134b и через нижний выступ 134c. Поскольку держатель 134 вкладыша предпочтительно представляет собой блок цилиндрической формы, расстояние между прорезями 152 должны быть выбраны так, чтобы в гибких стенках 134b сохранялся соответствующий уровень гибкости. Поэтому расстояние между прорезями 152 предпочтительно устанавливается равным 15 градусов. Однако фактическое расстояние между прорезями 152 может также изменяться в зависимости от диаметра держателя 134 вкладыша и требуемой степени гибкости. На чертеже также показаны отверстия 150 для винтов, которые сформированы в нижних выступах 134c.

Для иллюстрации гибкости держателя 134 вкладыша на фигуре 3C представлен держатель вкладыша, смещенный в сторону от оси Y (по отношению к горизонтальной оси X) для формирования зазора 133. В некоторых случаях этот зазор может составлять 1,16 дюйма (1,59 мм) или больше. Благодаря этому держатель 134 вкладыша предпочтительно будет способен противостоять тепловым напряжениям, прикладываемым к материалу алюминия держателя 134 вкладыша, изолируя менее гибкий вкладыш 130 камеры и отражательное

кольцо 132 от напряжений тепловой деформации.

На фигуре 4 показан вкладыш 130 камеры в сборе с держателем 134 вкладыша в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения. В этом варианте воплощения, когда вкладыш 130 камеры изготовлен из карбида кремния, он будет формировать непрерывный путь для возврата высокочастотной энергии на землю по отношению к электроду 108 питания (нижнему электроду). Как хорошо известно специалистам в данной области техники, обеспечение в достаточной степени непрерывного пути заземления для высокочастотной энергии в камерах обработки создает преимущество, выражающееся в отличной повторяемости процесса. Кроме того, заземленный SiC может снизить эрозию внешних поверхностей камеры благодаря снижению потенциала плазмы и соответственно энергии бомбардировки ионов на всех поверхностях, выполненных не из карбида кремния.

Кроме того, материалы, используемые для вкладыша 130 камеры, такие как SiC, могут иметь различное электрическое удельное сопротивление, изменяющееся в широком диапазоне. При этом удельное сопротивление SiC может быть выбрано, например, в соответствии с конкретным вариантом применения. При использовании для вкладыша 130 камеры и отражательной пластины 132 SiC модифицируется так, что материал будет иметь низкое удельное сопротивление с обеспечением пути заземления для высокочастотной энергии с достаточной электропроводностью. С другой стороны, высокое удельное сопротивление необходимо тогда, когда через детали должна передаваться высокочастотная энергия индукционным способом для минимизации потерь энергии в этой детали. При этом SiC с высоким удельным сопротивлением предпочтительно используется для изготовления газораспределительной пластины 120.

Как показано на чертежах, отверстия 150 для винтов сформированы таким образом, что они проходят через вкладыш 130 камеры в нижней секции держателя и затем входят в держатель 134 вкладыша. В общем, соответствующее количество винтов используется для соединения вкладыша 130 камеры и держателя 134 вкладыша так, что обеспечивает стык 156 с хорошей теплопроводностью. Таким образом, тепло, передаваемое через держатель 134 вкладыша, может передаваться на вкладыш 130 камеры и отражательное кольцо 132.

В этом предпочтительном варианте воплощения изобретения держатель 134 вкладыша предпочтительно расположен на расстоянии 154 от вкладыша 130 камеры. Зазор 154 предпочтительно установлен равным 1,16 дюйма (1,59 мм). Такое разделение, в общем, является желательным, поскольку держатель 134 вкладыша сконфигурирован так, что он может изгибаться, как описано со ссылкой на фигуру 3C. Для камеры, предназначенной для обработки пластины размером 200 мм, диаметр 179 вкладыша 130 камеры составляет приблизительно 14 дюймов (356 мм). Толщина вкладыша 130 камеры

предпочтительно устанавливается в данном варианте воплощения изобретения в диапазоне от 0,1 дюйма до 0,3 дюйма (2,54-7,62 мм) и наиболее предпочтительно равной приблизительно 0,2 дюйма (5,08 мм). Высота 177 в данном примере вкладыша камеры может выбираться от 3 дюймов (76,2 мм) до 12 дюймов (30,5 мм) и наиболее предпочтительно 5 дюймов (127 мм).

На чертеже также показана внешняя опора 131, которая соединена с образованием контакта с нижним выступом 134с держателя 134 вкладыша. Предпочтительно внешняя опора расположена на определенном расстоянии от гибкой стенки 134b так, что она может изгибаться без существенных помех. Внешняя сторона внешней опоры держателя 131 имеет верхнюю выступающую стенку, имеющую поверхность 123', которая сконфигурирована таким образом, что образуется хороший тепловой контакт с верхней пластиной 124. Благодаря этому охлаждающее кольцо 121, которое более подробно показано на фигуре 5A, может использоваться для регулирования температуры вкладыша 130 камеры и внутренних областей камеры. Соответственно, благодаря комбинированному одновременному регулированию как с помощью нагревателя 140, так и с помощью охлаждающего кольца 121, температура вкладыша 130 камеры может удерживаться в пределах меньше, чем $\pm 10^{\circ}\text{C}$ от состояния отсутствия плазмы до поддерживаемого состояния образованной плазмы. При этом первая вытравливаемая пластина может вытравливаться при такой же температуре вкладыша 130 камеры, что и последняя вытравливаемая пластина, с вариацией в пределах $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

На фигуре 5A изображен вид с частичным поперечным разрезом вкладыша 130 камеры, держателя 134 вкладыша и отражательного кольца 132, которые собраны в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения. Как показано на чертеже, вкладыш 130 камеры и держатель 134 вкладыша собраны так, что образуется стык 156 с хорошей теплопроводностью, как описано выше.

Как указано выше, внешняя опора 131 соединена с образованием теплового контакта с нижним выступом 134с с помощью множества винтов 135. Внешняя опора 131, в наиболее предпочтительном варианте воплощения, имеет гибкую стенку 131a, которая, как показано на чертеже, соединена с образованием теплового контакта с верхней пластиной 124. Вид сбоку внешней опоры держателя 131 также представлен на фигуре 5B, на которой показано, как множество секторов 131d, разделенных множеством прорезей 131с, позволяют обеспечить требуемую гибкость гибкой стенки 131a. Верхняя пластина 124, кроме того, имеет такую конфигурацию, что охлаждающее кольцо 121 устанавливается на верхний фланец верхней пластины 124. Конечно, могут использоваться другие конфигурации установки охлаждающего кольца 121 или другие типы охлаждающей системы верхней пластины 124.

В данном варианте воплощения изобретения комбинированное использование нагревателя 140 и охлаждающего кольца 121

позволяет обеспечить точное регулирование температуры в узких пределах. Например, вкладыш 130 камеры обычно работает при высоких температурах, 200°C или выше, причем тепло рассеивается в окружающей среде прежде всего через излучение. При иницировании плазмы добавляет дополнительное тепло вкладышу 130 камеры из-за ионного бомбардирования. Температура вкладыша 130 камеры постепенно повышается, поскольку он, в общем, не может передавать это тепло в окружающую среду с помощью излучения также быстро, как получает тепло из плазмы. При этом внешняя опора 131, которая соединена с образованием теплового контакта с охлаждающим кольцом 121, хорошо приспособлена для устранения температурных отклонений вкладыша камеры. В данном варианте воплощения тепловые потери на внешней опоре 131 от держателя 134 вкладыша могут быть установлены путем регулировки поперечного сечения и длины внешней опоры 131. С помощью такой регулировки может быть выполнено управление путем тепловых потерь держателя 134 вкладыша на терморегулируемую верхнюю пластину 124.

Как показано на чертеже, вкладыш 130 камеры также имеет стык 157 с хорошей теплопроводностью с отражательным кольцом 132. Для обеспечения такого стыка с хорошей теплопроводностью отражательное кольцо 132, вкладыш 130 камеры и держатель 134 вкладыша соединены вместе с использованием множества винтов 150'. Предпочтительно винты 150' установлены через разделительное кольцо 131b, которое находится в прямом контакте с внутренним кольцом 132a отражательного кольца 132, прокладкой 131a' и вкладышем 130 камеры.

Разделительное кольцо 131b и прокладка 131a' предпочтительно изготовлены из алюминия и имеют хорошую поверхность приложения давления для винтов 150' и хрупких поверхностей кольца 132 и вкладыша 130 камеры. То есть, поскольку отражательное кольцо 132 предпочтительно изготовлено из керамического материала, приложение слишком большого усилия с помощью винтов непосредственно на отражательное кольцо может вызвать растрескивание отражательного кольца или вкладыша 130 камеры. После того, как винты 150' будут полностью закреплены по всей окружности камеры, вкладыш камеры, отражательное кольцо и держатель вкладыша (то есть, расходимые части) будут готовы для использования в травильной камере 100 с плазмой высокой плотности, изображенной на фигуре 1. В отношении этих частей здесь используется термин расходимые части, однако, когда для изготовления частей, которые ограничивают плазму высокой плотности, используется карбид кремния (или другие альтернативные материалы, описанные здесь), эти части будут иметь более долгий срок службы и поэтому более низкую стоимость расходимых частей.

Когда требуется замена, эти части могут быть быстро заменены запасными частями (то есть с использованием набора быстрой очистки). Поскольку держатель 134 вкладыша имеет такую конструкцию, что он не входит в контакт с плазмой высокой плотности, он не

изнашивается так же быстро, как вкладыш 130 камеры и отражательное кольцо 132. При этом с держателя 134 вкладыша могут быть сняты изношенные расходимые части (которые могут быть очищены отдельно и использоваться повторно или выбрасываться), и затем он может использоваться с запасными расходимыми частями. Когда камера используется в производстве, при котором время простоя камеры приводит к снижению производительности, способность быстрой замены этих расходимых частей будет предпочтительной для снижения среднего времени, затрачиваемого на очистку камеры.

На фигуре 6 показано трехмерное изображение в собранном виде вкладыша 130 камеры, отражательного кольца 132 и держателя 134 вкладыша в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения. Как показано на чертеже, верхняя поверхность верхнего выступа 134a держателя 134 вкладыша сконфигурирована так, что в ней сформировано множество отверстий для винтов, которые входят в нагреватель 140. Вдоль стенок держателя 134 вкладыша сформировано множество прорезей 152, которые образуют множество секторов, сконфигурированных так, что они могут отклоняться в зависимости от изменения температуры. Отверстие 160 ввода пластины сформировано в стенке вкладыша 130 камеры так, что оно позволяет вводить пластину внутрь камеры 100 и вынимать ее из нее. Обычно пластина предпочтительно проходит в камеру с использованием манипулятора робота, который должен частично входить в отверстие 160 и устанавливать пластину на электростатическом держателе 106. Поэтому отверстие 160 должно быть достаточно большим для прохода в него пластины и манипулятора робота, но также должно быть достаточно малым с тем, чтобы не нарушать профиль плазмы над пластиной. Как показано на фигуре 7, вставка с прорезью, которая выполнена по форме отверстия 160, прикрепляется снаружи вкладыша. Как и другие расходимые части, эта вставка может быть выполнена из SiC, Si₃N₄, B₄C и/или BN.

В держателе 134 вкладыша обычно также выполняют сквозные отверстия 162, которые также сформированы во вкладыше 130 камеры. Эти сквозные отверстия 162 могут представлять собой отверстия, предназначенные для измерения давления в камере во время обработки и для оптического обнаружения конечной точки отдельных процессов. Также более подробно представлено множество отверстий 161, которые используются для входа в них винтов 144, предназначенных для закрепления на нужном уровне нагревателя 140 на верхнем выступе 134a вкладыша.

На фигуре 7 изображен другой трехмерный вид собранных вкладыша 130 камеры, держателя 134 вкладыша и отражательного кольца 132. С этой точки проекции более подробно показано отверстие 160, используемое для прохода в него пластины для установки ее на электростатический держатель 106. Также представлены зубцы 132b отражательного кольца 132. Зубцы 132b соответственно проходят в непосредственной близости к

подставке 112 так, что они экранируют плазму от нижней части камеры, как показано на фигуре 1.

На фигуре 8 изображен трехмерный вид с покомпонентным представлением деталей частей травильной камеры 100 с плазмой высокой плотности, изображенной на фигуре 1, в соответствии с одним из вариантов воплощения настоящего изобретения. Этот вид представляет разделительное кольцо 131b, которое используется при сборке отражательного кольца 132, вкладыша 130 камеры и держателя 134 вкладыша. Эта проекция также представляет, как нагреватель 140 прикрепляется поверх верхнего выступа 134а держателя 134 вкладыша. Нагреватель 140, как показано на чертеже, предпочтительно представляет собой литой нагреватель. Конечно, также могут использоваться другие типы систем нагрева. Когда нагреватель 140 закреплен соответствующим образом, образуется хороший тепловой контакт с держателем 134 вкладыша.

На чертеже также показаны выводы 142 питания, которые проходят через отверстие 124а в верхней пластине 124. Показана верхняя пластина 124, в которую может быть установлена газораспределительная пластина 120. Газораспределительная пластина 120 имеет каналы 120а, которые позволяют обрабатываемым газам, подаваемым через отверстия 126 подачи газа, направляться в камеру 100. Хотя в этом примере не показано, на пластину 120 распределения газа может быть опущено керамическое окно 122.

В предпочтительном варианте воплощения настоящего изобретения травильная камера 100 с плазмой высокой плотности особенно хорошо приспособлена для травления материалов из оксидов кремния, таких как, например, выращенную термически двуокись кремния (SiO_2), TEOS, PSG, BPSG, USG (беспримесное стекло с покрытием, полученным методом центрифугирования), LTO и т.д., при снижении уровня нежелательных загрязнителей. Только для примера, для достижения условий формирования плазмы высокой плотности в камере 100 давление в камере предпочтительно поддерживается на уровне ниже 80 мТорр, и высокочастотная катушка 128 (то есть верхний электрод) предпочтительно имеет мощность от 2500 ватт до 400 ватт и наиболее предпочтительно 1500 ватт. Нижний электрод 108 предпочтительно имеет мощность от 2500 ватт до 700 ватт и наиболее предпочтительно до 1000 ватт. В типичных процессах травления оксидов плазмой высокой плотности технологические газы, такие как CHF_3 , C_2HF_5 и/или C_2F_6 , вводятся в камеру для создания требуемых характеристик травления.

Как отмечено выше, материалы, которые могут использоваться для частей, ограничивающих плазму, (например, расходуемых частей, включая вкладыш 130 камеры, отражательное кольцо 132, газораспределительную пластину 120, фокусирующее кольцо 114 и подставку 112), в общем, являются безвредными для слоев, формируемых на пластине 104. То есть летучие продукты травления, которые

получаются при травлении поверхностей пластины 104, будут аналогичны летучим продуктам, получаемым при бомбардировке расходуемых частей (то есть распыления) энергией плазмы. Предпочтительно эти летучие продукты, произведенные в результате ионной бомбардировки расходуемых деталей, будут соединяться с нормальными летучими продуктами травления.

При этом соответственно улучшается удаление этих комбинированных летучих продуктов из внутренней области камеры 100 с помощью вакуумного насоса, который подключен к камере. Ввиду того что летучие продукты из расходуемых частей могут быть соответственно удалены из области обработки пластины, существенно более низкие уровни загрязнения частицами и металлами будут влиять на работу устройств, формируемых на поверхности пластины 104.

Хотя настоящее изобретение было описано при рассмотрении нескольких предпочтительных вариантов воплощения, для специалистов в данной области техники при прочтении предыдущего описания и изучения чертежей будут очевидны возможности его различных изменений, дополнений, замен и эквивалентов. Поэтому, хотя были описаны конкретные детали в отношении снижения загрязнения полупроводниковых пластин, такой же полезный эффект может быть достигнут по отношению к подложкам плоских дисплеев и т.п. Кроме того, хотя предпочтительные материалы, предназначенные для изготовления расходуемых частей, представляют собой чистый карбид кремния (SiC), детали также могут быть выполнены из другого материала с покрытием из SiC , такого как графит с покрытием SiC или преимущественно SiC с 10-20% Si , добавленного для заполнения пор в реакционно соединенном SiC . Как было указано выше, эти расходуемые части также могут быть изготовлены из материалов, таких как нитрид кремния (Si_3N_4), карбид бора (B_4C) и нитрид бора (BN). Все эти материалы имеют требуемые характеристики высокой устойчивости к травлению, наличию не загрязняющих элементов и образуют летучие продукты травления.

Поэтому предполагается, что настоящее изобретение включает все такие изменения, дополнения, замены и эквиваленты, которые входят в истинный объем и сущность настоящего изобретения.

Формула изобретения:

1. Камера плазменной обработки, внутри которой содержатся вкладыш камеры и держатель вкладыша, причем держатель вкладыша включает гибкую стенку, которая окружает внешнюю поверхность вкладыша камеры, и расположена на расстоянии от стенки вкладыша камеры.

2. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит нагреватель, соединенный с держателем вкладыша с образованием теплового контакта с возможностью передачи тепла через держатель вкладыша на вкладыш камеры.

3. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что держатель вкладыша выполнен из гибкого алюминиевого

материала, а вкладыш камеры выполнен из керамического материала.

4. Камера плазменной обработки по п.3, отличающаяся тем, что гибкая стенка содержит прорезы, разделяющие держатель вкладыша на множество секторов, которые позволяют гибкой стенке поглощать тепловые напряжения.

5. Камера плазменной обработки по п.4, отличающаяся тем, что нижний выступ держателя вкладыша прикреплен к нижней секции крепления вкладыша камеры.

6. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит отражательное кольцо, находящееся в тепловом контакте с вкладышем камеры и держателем вкладыша и формирующее экран для плазмы вокруг электростатического держателя, установленного в центральной части камеры.

7. Камера плазменной обработки по п.6, отличающаяся тем, что отражательное кольцо изготовлено из одного или большего количества материалов таких, как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN).

8. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что вкладыш изготовлен из одного или большего количества материалов таких, как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN).

9. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что вкладыш камеры имеет низкое удельное электрическое сопротивление и его конфигурация выбрана с возможностью обеспечения пути заземления для высокочастотной энергии.

10. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит газораспределительную пластину, установленную над электростатическим держателем, причем газораспределительная пластина имеет высокое удельное электрическое сопротивление.

11. Камера плазменной обработки по п.10, отличающаяся тем, что газораспределительная пластина изготовлена из одного или большего количества материалов таких, как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN).

12. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит фокусирующее кольцо и подставку, на которой установлено фокусирующее кольцо и электростатический держатель.

13. Камера плазменной обработки по п.12, отличающаяся тем, что фокусирующее кольцо и подставка изготовлены из одного или большего количества материалов таких, как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄), карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN).

14. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит фокусирующее кольцо, подставку и/или газораспределительную пластину, изготовленную из одного или большего количества материалов таких, как карбид кремния (SiC), нитрид кремния (Si₃N₄),

карбид бора (B₄C) и нитрид бора (BN).

15. Камера плазменной обработки по п.11, отличающаяся тем, что дополнительно содержит источник высокочастотной энергии, выполненный с возможностью индуктивной передачи высокочастотной энергии через газораспределительную пластину и генерирования плазмы высокой плотности внутри камеры.

16. Камера плазменной обработки по п.15, отличающаяся тем, что источник высокочастотной энергии содержит плоскую антенну.

17. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что держатель вкладыша дополнительно содержит внешнюю опору, соединенную с образованием теплового контакта с нижним выступом держателя вкладыша, при этом внешняя опора находится в тепловом контакте с верхней водоохлаждаемой пластиной, установленной на камере.

18. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что камера представляет собой камеру плазменного травления.

19. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что держатель вкладыша содержит верхний выступ, гибкую стенку и нижний выступ, при этом гибкая стенка и нижний выступ имеют множество прорезей, которые формируют в держателе вкладыша множество секторов.

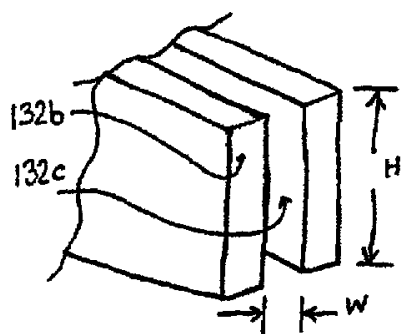
20. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что кольцо литого нагревателя находится в тепловом контакте с держателем вкладыша, причем кольцо нагревателя содержит резистивный нагревательный элемент, выполненный с возможностью нагрева держателя вкладыша с обеспечением теплового регулирования температуры вкладыша камеры.

21. Камера плазменной обработки по п.1, отличающаяся тем, что вкладыш камеры содержит отверстие для подачи пластины внутрь камеры.

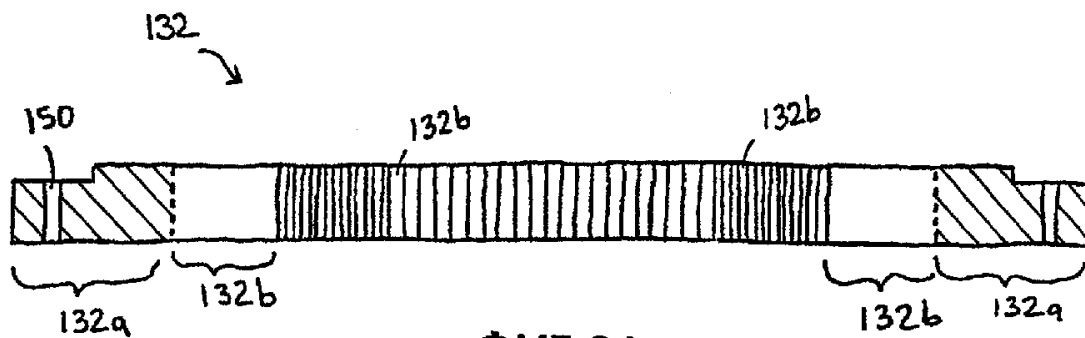
22. Способ обработки полупроводниковой подложки в камере плазменной обработки, отличающийся тем, что полупроводниковую пластину устанавливают внутри камеры плазменной обработки по п.1, и открытую поверхность этой пластины обрабатывают с помощью плазмы высокой плотности.

23. Способ по п.22, отличающийся тем, что используют камеру, содержащую вкладыш, выполненный из керамического материала с держателем вкладыша включающим внешнюю опору, проходящую между держателем вкладыша и терморегулируемой частью камеры, причем размеры внешней опоры выбирают с обеспечением минимальных отклонений температуры вкладыша камеры в процессе последовательной обработки партии полупроводниковых пластин.

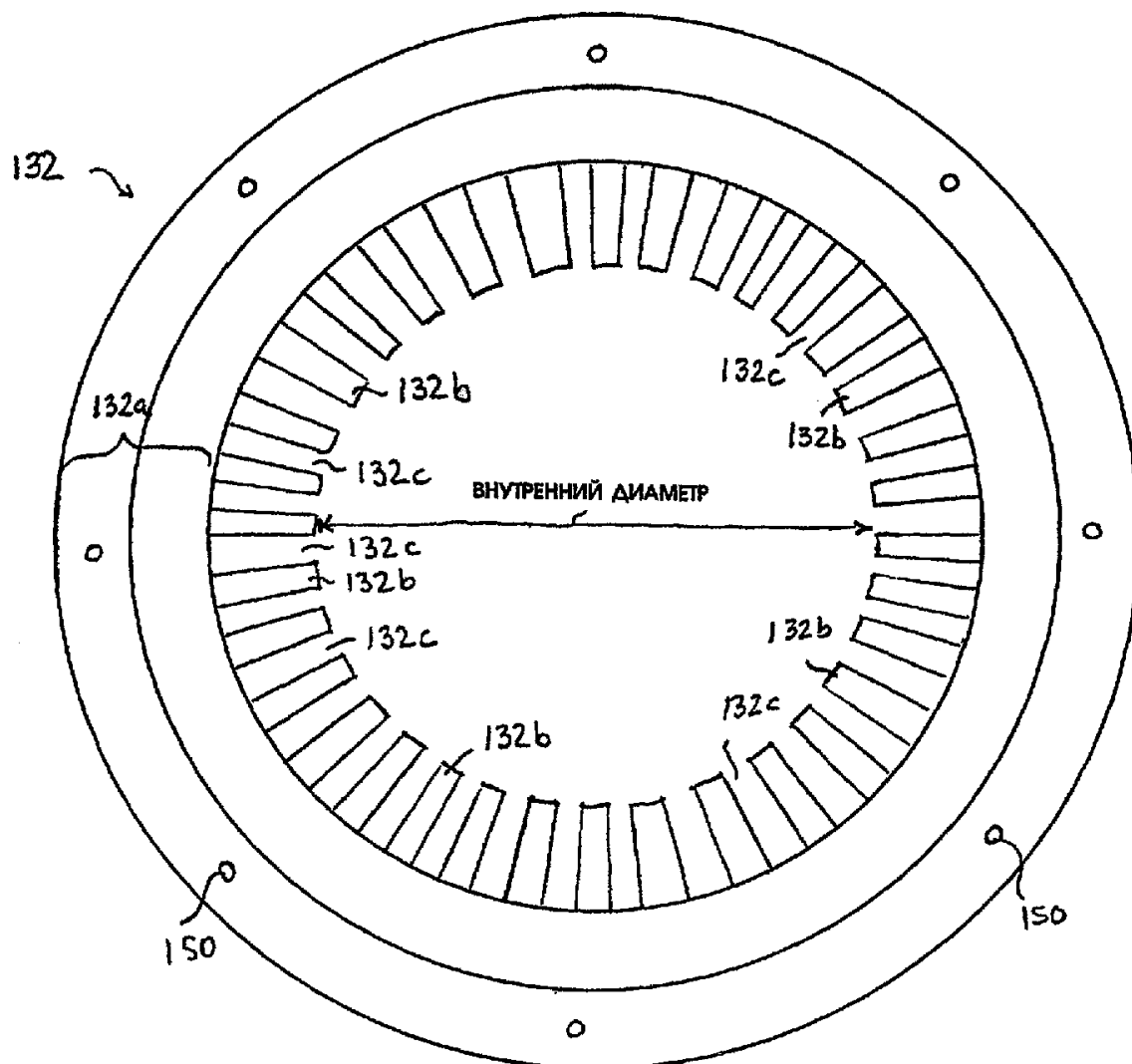
24. Способ обработки полупроводниковой подложки по п.22, отличающийся тем, что используют камеру, вкладыш которой представляет собой керамический вкладыш, который удаляют из камеры и заменяют другим керамическим вкладышем после обработки заранее определенного количества полупроводниковых пластин.



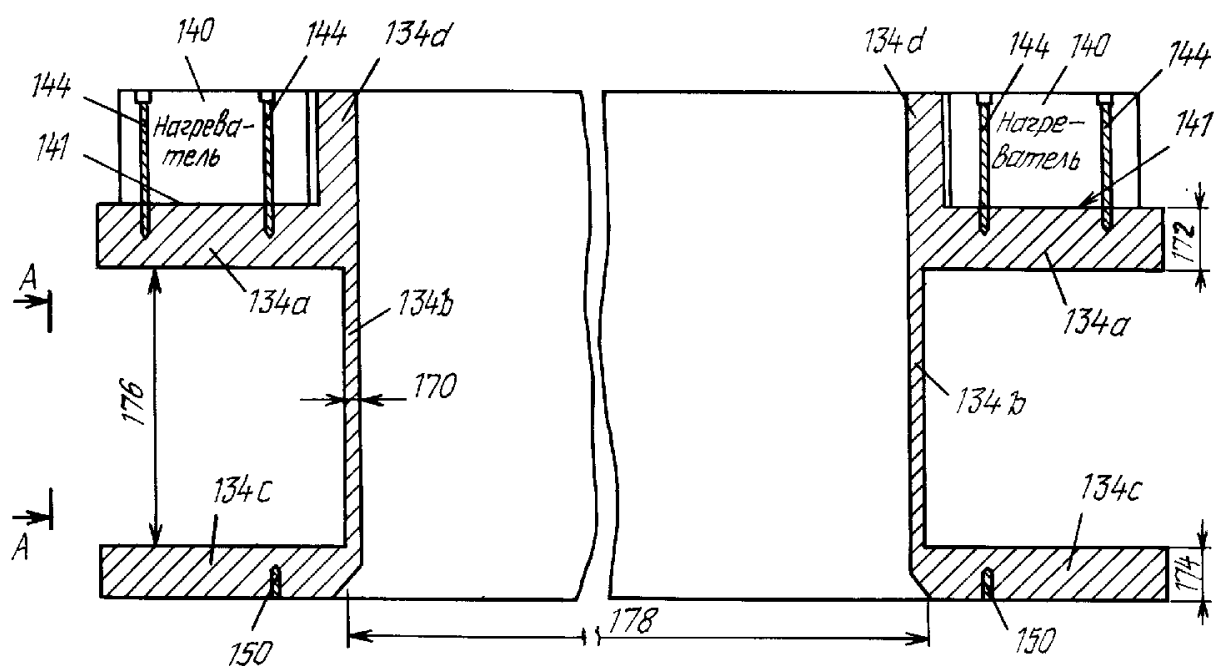
ФИГ. 2В



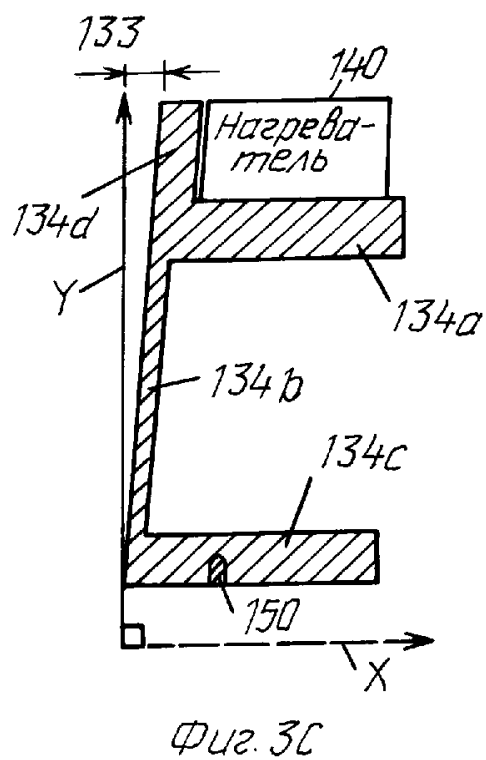
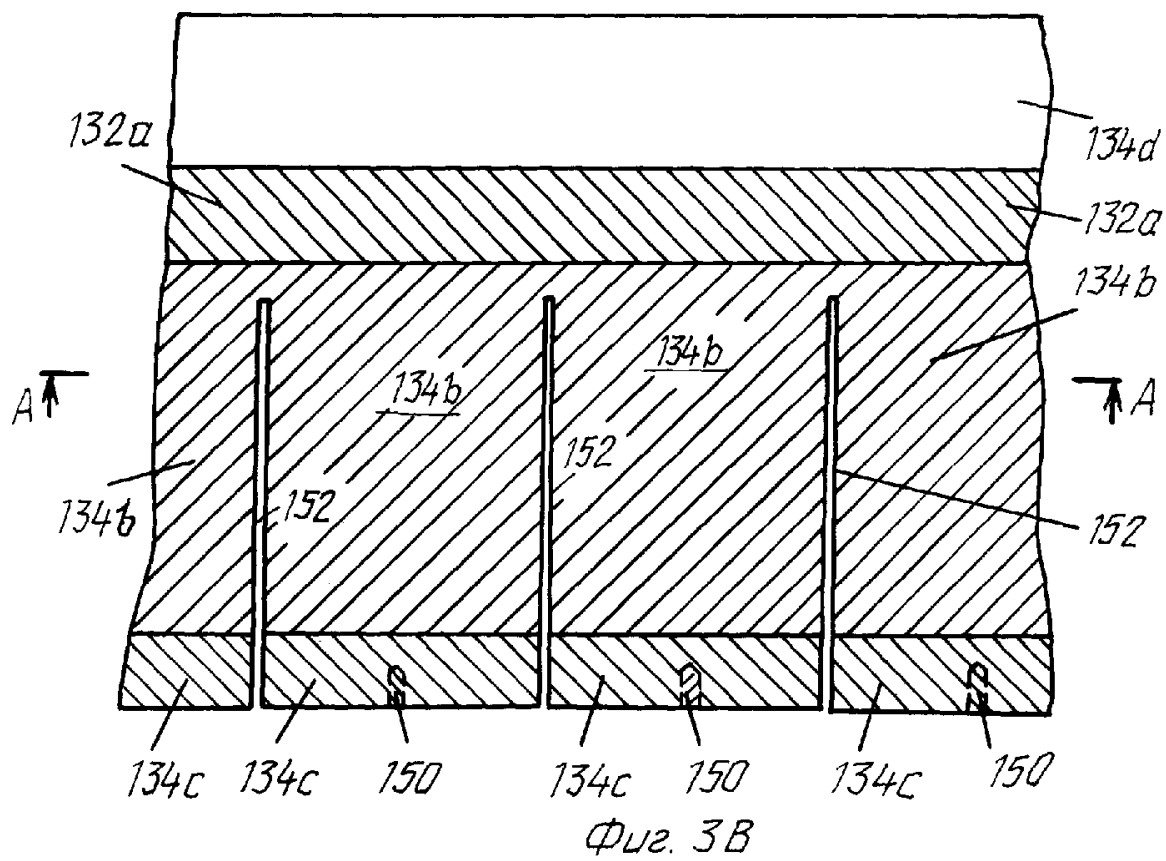
ФИГ. 2А

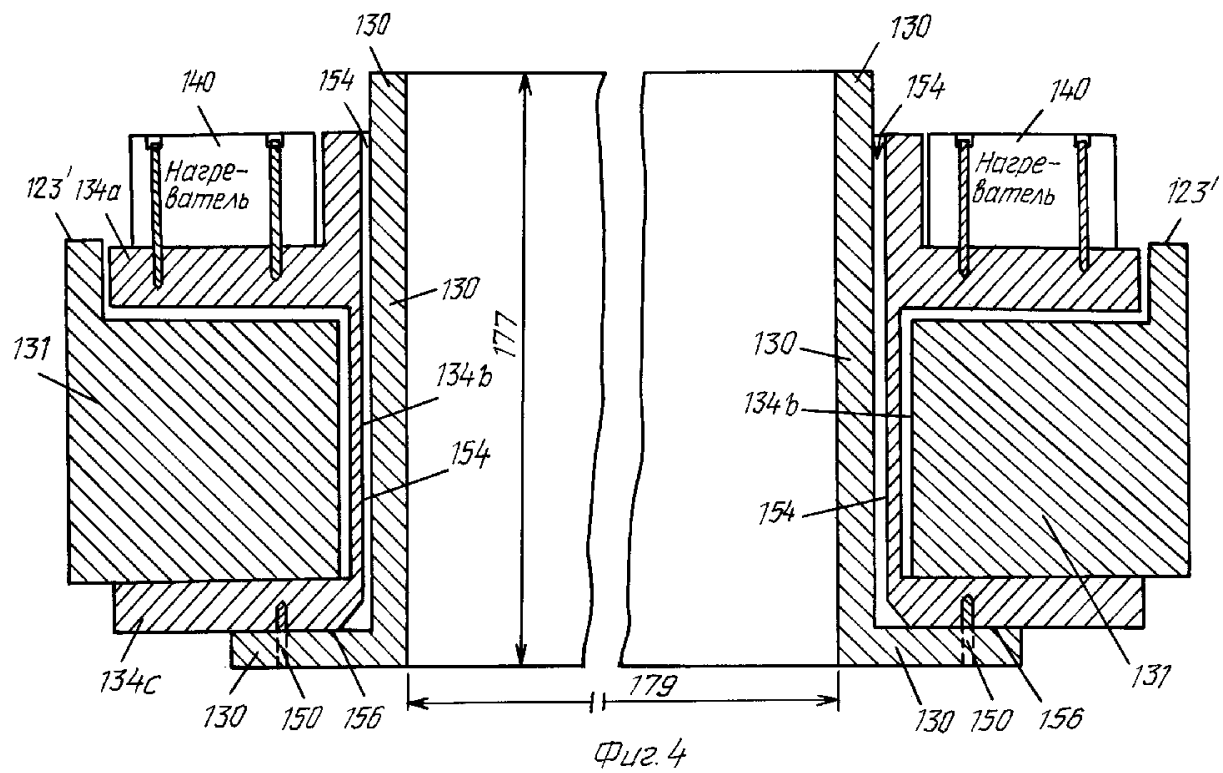


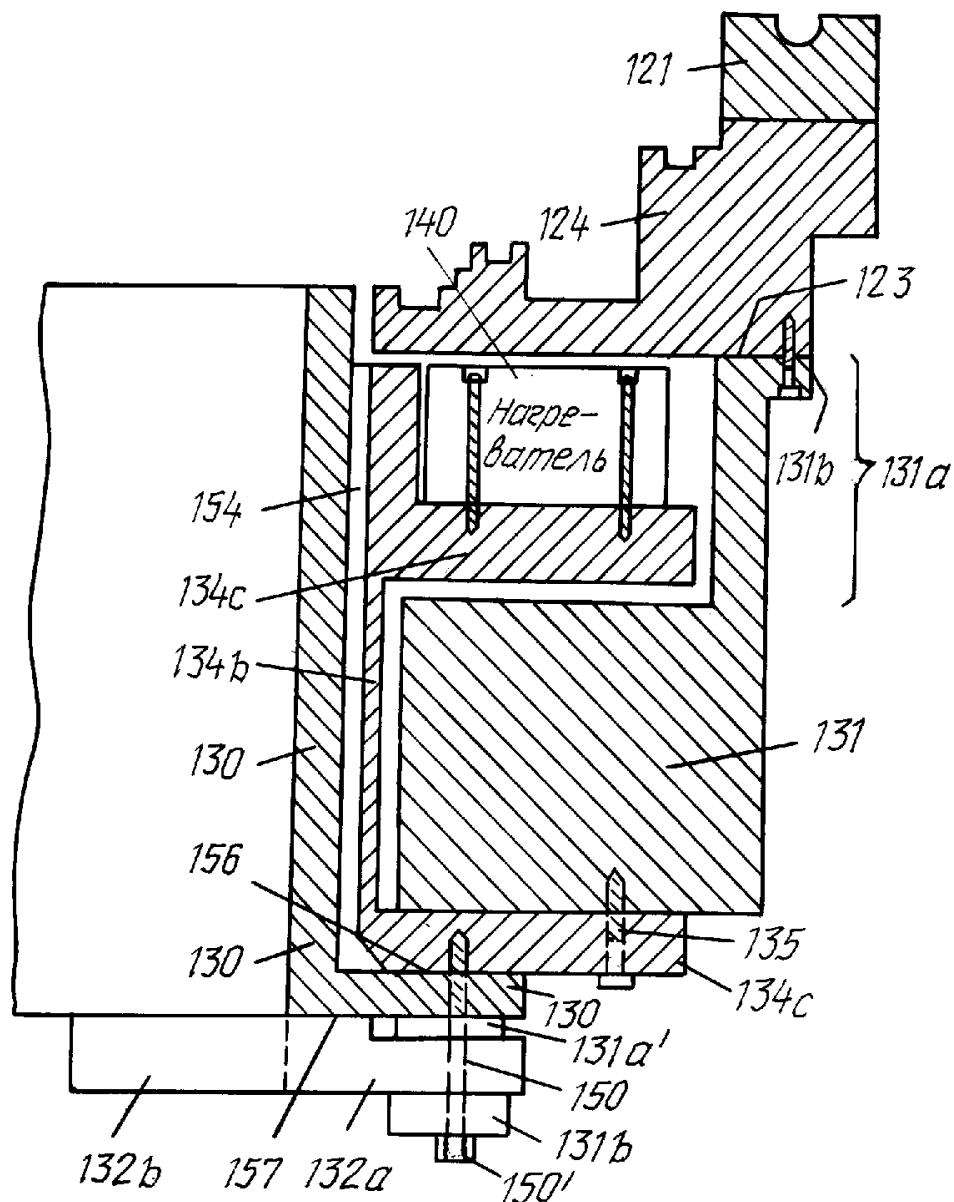
ФИГ. 2С



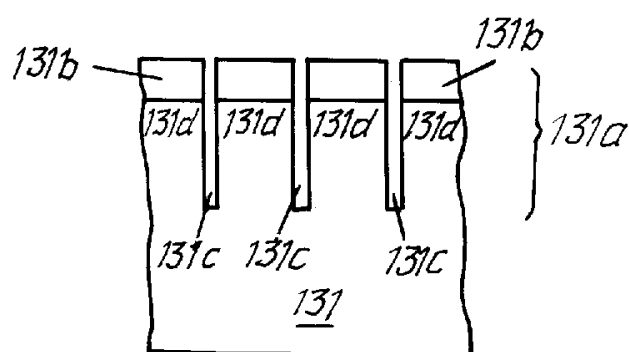
Фиг. 3А



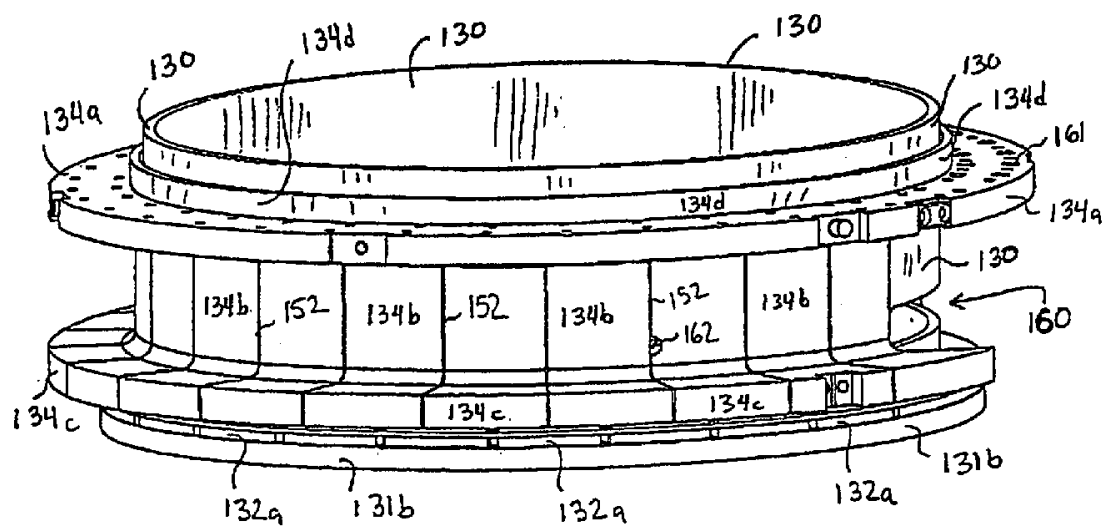




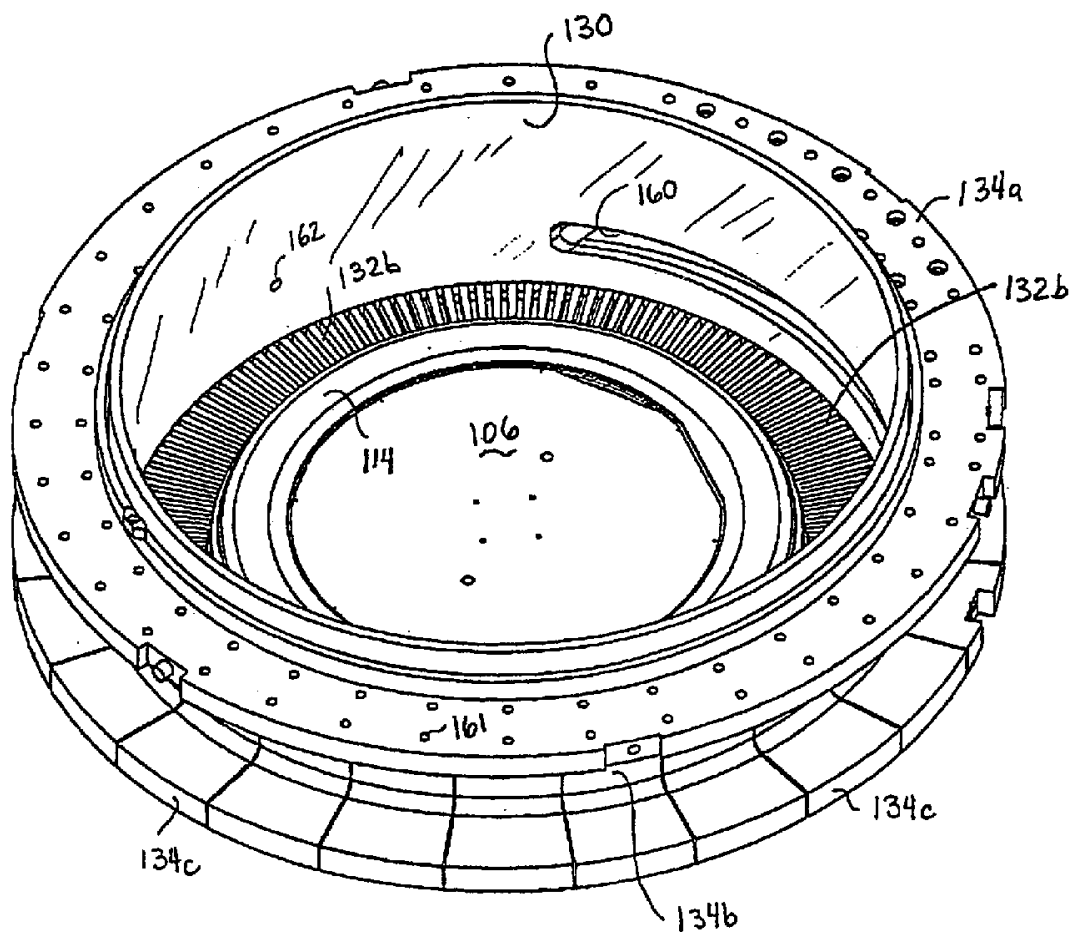
Фиг. 5А



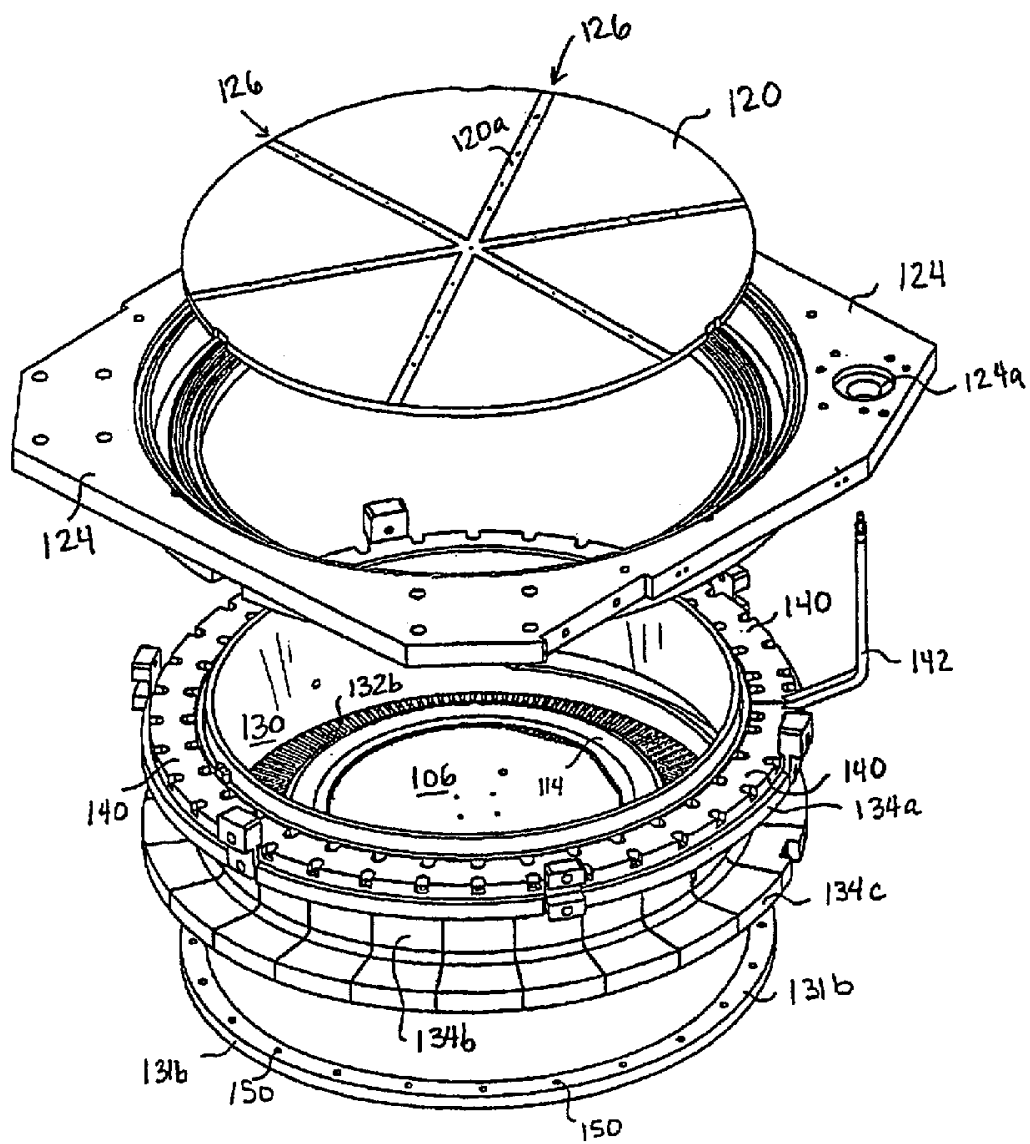
Фиг. 5В



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8