



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

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2009104057/02**, **06.03.2007**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.03.2007

(30) Конвенционный приоритет:
07.07.2006 US 60/818,966

(45) Опубликовано: **20.11.2010** Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2235071 C2**, **27.08.2004**. **RU 2167955 C2**, **27.01.2001**. **RU 2058427 C1**, **20.04.1996**. **RU 2188878 C2**, **10.09.2002**. **RU 2165476 C2**, **20.04.2001**. **RU 2095468 C1**, **10.11.1997**. **EP 1281680 A2**, **05.02.2003**. **US 6253580 A**, **03.07.2001**. **US 2003133853 A1**, **17.07.2003**. **EP 0286306 A1**, **12.10.1988**.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: **09.02.2009**

(86) Заявка РСТ:
US 2007/005670 (06.03.2007)

(87) Публикация РСТ:
WO 2008/008098 (17.01.2008)

Адрес для переписки:
**129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мишу, рег.№ 364**

(72) Автор(ы):

**АСЛАМИ Мохд А. (US),
ВУ Дау (US),
ДЕЛЮКА Чарльз (US)**

(73) Патентообладатель(и):

СИЛИКА ТЕК, ЭлЭлСи (US)

**(54) УСТАНОВКА ПЛАЗМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ
ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ**

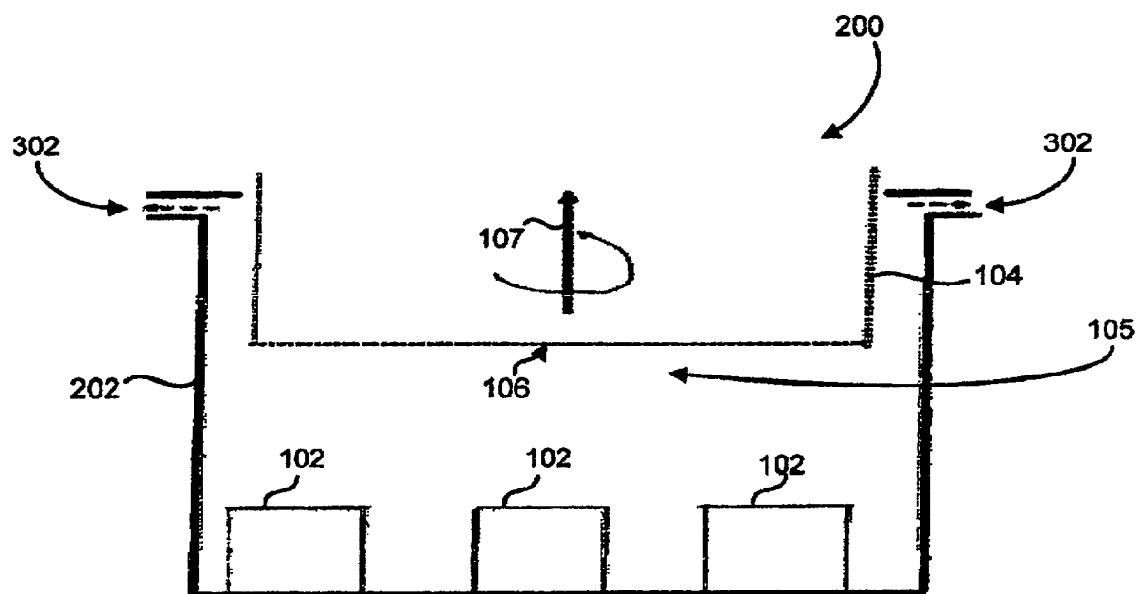
(57) Реферат:

Изобретение относится к способу и установке для получения поликристаллического кремния и может найти применение при изготовлении солнечных элементов. Установка плазменного осаждения для получения поликристаллического кремния включает камерное средство для осаждения, средство для поддержания подложки-мишени (104), имеющей поверхность осаждения (106) и множество горелочных

средств (102) с индуктивно-связанной плазмой для получения множества плазменных факелов для реагирования по меньшей мере одного реагента с получением реакционного продукта и осаждения упомянутого реакционного продукта на упомянутой подложке-мишени (104). Множество горелочных средств (102) расположено на фиксированном расстоянии от упомянутой подложки-мишени. Средство для поддержания перемещает упомянутую подложку-мишень (104) в

направлении от упомянутого множества горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой для обеспечения упомянутого фиксированного расстояния между упомянутой

подложкой-мишенью и упомянутым множеством горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой. 4 н. и 35 з.п. ф-лы, 5 ил.



ФИГ.3

RU 2 4 0 4 2 8 7 C 2

RU 2 4 0 4 2 8 7 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

C23C 16/24 (2006.01)**C03B 37/018** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2009104057/02, 06.03.2007**(24) Effective date for property rights:
06.03.2007(30) Priority:
07.07.2006 US 60/818,966(45) Date of publication: **20.11.2010 Bull. 32**(85) Commencement of national phase: **09.02.2009**(86) PCT application:
US 2007/005670 (06.03.2007)(87) PCT publication:
WO 2008/008098 (17.01.2008)

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**ASLAMI Mokhd A. (US),
VU Dau (US),
DELJuKA Charl'z (US)**

(73) Proprietor(s):

SILIKA TEK, EhIehI Si (US)

(54) INSTALLATION OF PLASMA-ENHANCED DEPOSITION AND METHOD FOR PRODUCTION OF POLYCRYSTALLINE SILICON

(57) Abstract:

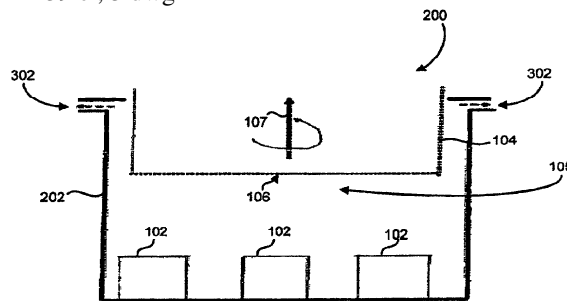
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: installation of plasma-enhanced deposition to produce polycrystalline silicon includes chamber facility for deposition, facility to support target substrate (104), having deposition surface (106) and multiple burner facilities (102) with inductively bound plasma to produce multiple plasma torches for reaction of at least one reagent to produce a reaction product and deposit it on specified target substrate (104). Multiple burner facilities (102) are located at the fixed distance from specified target substrate. Facility for support moves specified target substrate (104) in direction from specified multitude of burner facilities with

inductively bound plasma to provide for specified fixed distance between specified target substrate and specified multitude of burner facilities with inductively bound plasma.

EFFECT: improved operational characteristics.

39 cl, 5 dwg



ФИГ.3

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Настоящая заявка испрашивает приоритет Предварительной заявки США № 60/818966, поданной 7 июля 2006 года.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0002] Настоящее изобретение относится к установке и способу получения поликристаллического кремния.

ПРОБЛЕМА

[0003] По мере того, как цены на нефть продолжают повышаться, а другие источники энергии остаются ограниченными, нарастает уровень выбросов от сжигания ископаемого топлива, вносящих вклад в глобальное потепление. Существует потребность в нахождении и использовании альтернативных источников энергии, таких как солнечная энергия, поскольку она является бесплатной и не генерирует газообразный диоксид углерода. С этой целью многие государства увеличивают свои капиталовложения в безопасные и надежные долговечные источники энергии, в частности «зеленые» или «чистые» источники энергии. Однако хотя солнечные элементы, также известные как фотоэлектрические элементы или модули, разрабатывали в течение многих лет, они нашли весьма ограниченное применение, поскольку стоимость изготовления этих элементов или модулей все еще остается высокой, затрудняя конкуренцию с энергией, вырабатываемой с использованием ископаемого топлива.

[0004] В настоящее время солнечный элемент из монокристаллического кремния проявляет наилучшую эффективность преобразования энергии, но он обладает также связанной с этим высокой стоимостью изготовления. Альтернативно, поликристаллический кремний, хотя он не имеет столь же высокой эффективности, как монокристаллический элемент, является гораздо более дешевым в производстве. Поэтому он является перспективным для выработки дешевой электроэнергии фотоэлектрическими элементами. Один известный способ получения монокристаллического слитка состоит в применении метода зонной плавки для переработки стержня поликристаллического кремния. Еще один известный способ представляет собой метод Чохральского, в котором используется затравочный кристалл для вытягивания расплавленного кремния из плавильного тигля, заполненного кусочками поликристаллического кремния.

[0005] В дополнение, в некоторых известных из уровня техники способах получения поликремния применяются хлорсиланы, которые разлагаются на нитевидных резистивных нагревательных элементах с образованием кремния, который затем осаждается внутри колпакового реактора. Является общеизвестным получение кремния полупроводникового качества с помощью трихлорсилана и затем с последующим повторным использованием этих хлорсиланов. Кроме того, предпринимались многочисленные попытки применения различных исходных материалов для получения поликремния с последующей переработкой этих непрореагировавших химических веществ. Тем не менее, эти предыдущие попытки не обеспечили высоких скоростей осаждения.

[0006] Еще одна попытка состоит в применении плазмы высокого давления с хлорсиланом для получения поликристаллического кремния, а затем повторного использования непрореагировавших химических веществ. В этой попытке осаждение происходит на внутренней стенке подложки с образованием кремния листообразного типа, который будет в конечном итоге отделяться от подложки, что потребует дополнительных технологических стадий.

[0007] В дополнение, общеизвестный способ включает в себя изготовление солнечного элемента путем (i) изготовления поликристаллического кремния, (ii) получения либо монокристаллического, либо поликристаллического слитка или блока, (iii) изготовления пластин из слитка или блока, (iv) а затем изготовления элемента, которое включает в себя стадию легирования примесью р-типа и п-типа с помощью дорогостоящего диффузионного процесса. Легирующие примеси р-типа и п-типа формируют р-п-переход в полупроводниковом материале. Эта стадия обычно выполняется в печах с предельно медленной диффузией после того, как уже был осажден тонкопленочный слой, тем самым еще более замедляя общий процесс эффективного производства солнечных элементов.

[0008] В дополнение, в известных из уровня техники способах поверхность осаждения параллельна потоку плазменного факела, поэтому эффективность накопления становится гораздо более низкой. Газообразные гидриды кремния осаждают, используя процесс высокочастотного плазмохимического осаждения из паровой фазы, для осаждения кремния на горизонтальном кремниевом стержневом сердечнике. Ввиду ориентации установки осаждения большая часть кремниевых продуктов выбрасывается из установки.

[0009] Далее, известные из уровня техники способы получения кремния создают внутренние напряжения внутри кремниевого стержня. Попытка снизить внутреннее напряжение следует базисному процессу Сименса и изготовлению кремниевого стержня в колпаковом реакторе, где стадиями этого процесса являются: нагревание материала кремниевого сердечника в газовой атмосфере, включающей трихлорсилан и водород, для осаждения кремния на материале кремниевого сердечника с образованием поликристаллического кремниевого стержня, нагревание поликристаллического кремниевого стержня путем подведения электрического тока, не позволяя поликристаллическому кремниевому стержню контактировать с воздухом так, чтобы температура поверхности поликристаллического кремниевого стержня была выше температуры реакции осаждения кремния или составляла 103°C или выше, и отключение электрического тока после нагревания путем уменьшения подводимого тока настолько резко, насколько это возможно, тем самым стараясь снизить степень внутреннего напряжения в поликристаллическом кремниевом стержне. Как можно видеть, этот процесс включает в себя множество дополнительных стадий.

[0010] В еще одной попытке получения поликристаллического металлического кремния из источника плазмы с галогенидом кремния этот галогенид кремния расщепляется на ионы кремния и галогенид-ионы в индуктивно-связанной плазме, и ионы кремния затем конденсируются с образованием расплавленного металлического кремния, который может быть подвергнут вакуумному литью в слитки поликремния. В дополнение, газы-носители представляют собой фтор и хлор. Фтор и фтороводород являются высокоагрессивными, поэтому они требуют применения специальных коррозионно-устойчивых материалов для изготовления оборудования, и при обращении с этими химическими веществами нужны специальные меры предосторожности.

[0011] Информацию относительно попыток разрешить эти проблемы можно найти в патентах США №№ 4292342, выданном 29 сентября 1981 года Сарме (Sarma) и др.; 4309259, выданном 5 января 1982 года Сарме и др.; 4321246, выданном 23 марта 1982 года Сарме и др.; 4491604, выданном 01 января 1985 года Леску (Lesk) и др.; 4590024, выданном 20 мая 1986 года Леску и др.; 5976481, выданном 02 ноября 1999 года Кубота (Kubota) и др.; 6503563, выданном 07 января 2003 года Ятсургуги (Yatsurugi) и

др.; и 6926876, выданном 09 августа 2005 года Келси (Kelsey).

РЕШЕНИЕ

[0012] Вышеописанные проблемы решаются и достигается техническое
усовершенствование с помощью предложенных установки плазменного осаждения и
способа получения поликристаллического кремния, раскрытых в этой заявке.

Предложенная установка плазменного осаждения включает в себя камеру осаждения,
которая предпочтительно содержит набор или множество горелок с индуктивно-
связанной плазмой. Горелки с индуктивно-связанной плазмой ориентированы по
существу перпендикулярно относительно поверхности осаждения подложки-мишени
для получения большой площади осаждения на подложке-мишени. Будучи по
существу перпендикулярным поверхности осаждения, поликристаллический кремний,
который создается в реакционной зоне вблизи конца горелок с индуктивно-связанной
плазмой, течет непосредственно к перпендикулярной по существу плоской
поверхности осаждения. В дополнение, предложенная установка плазменного
осаждения вращает подложку-мишень во время осаждения для получения
равномерного слоя поликристаллического кремния на поверхности осаждения. Кроме
того, держатель отодвигает подложку-мишень от горелок с индуктивно-связанной
плазмой во время осаждения для обеспечения постоянного или фиксированного
расстояния между горелками с индуктивно-связанной плазмой и поверхностью
осаждения.

[0013] Предложенный способ получения поликристаллического кремния исключает
изготовление поликремния в качестве отдельного процесса, а также устраняет
дополнительные технологические стадии легирования примесями р-типа и п-типа,
которые происходят впоследствии. В дополнение, в предложенном способе получения
поликристаллического кремния также могут быть применены и повторно
использованы одни и те же исходные материалы, поскольку непрореагировавшие или
неосажденные химические вещества могут быть собраны и рециркулированы для
переработки посредством предложенной установки. В предложенном способе
получения поликристаллического кремния не употребляются в качестве подложки
различные типы материала, поэтому отсутствует дополнительный процесс разделения.
Предложенный способ получения поликристаллического кремния исключает
дополнительные технологические стадии, имеющие место в традиционных способах
осаждения, которые могут обуславливать излишние производственные потери. Далее,
предложенный способ получения поликристаллического кремния также сводит к
минимуму потенциально возможное загрязнение подложки.

[0014] Предложенный способ получения поликристаллического кремния не имеет
ограничений в плане размера площади мишени, и полученный кремниевый слиток
может быть удален для обеспечения непрерывного процесса. В предложенном способе
получения поликристаллического кремния также отделяется реакционная зона от
зоны осаждения. Благодаря этому рабочая температура в реакционной зоне может
быть термодинамически оптимизирована для более высокой эффективности
химической реакции. Более того, в зоне осаждения могут быть достигнуты
оптимальные температуры для лучшей эффективности осаждения и качества
продукта. Поскольку поверхность осаждения кремниевого слитка обращена по
существу перпендикулярно плазменному факелу горелки с индуктивно-связанной
плазмой, для осаждения кремния доступна большая поверхность накопления или
осаждения. Раскрытый здесь способ вертикального осаждения обладает более
высокой скоростью осаждения, чем достигаемая при осаждении на изогнутую

поверхность, такую как форма стержня.

[0015] В этом новом способе используется по меньшей мере одна горелка с индуктивно-связанной плазмой, выровненная по существу перпендикулярно поверхности осаждения мишени для осаждения кремния по вертикальной оси мишени.

5 Применение более чем одной горелки с индуктивно-связанной плазмой будет еще более повышать скорость осаждения и будет увеличивать площадь осаждения мишени, что может еще больше снизить затраты на изготовление солнечного элемента. Он обеспечивает более высокую скорость осаждения, и он может быть
10 спроектирован как непрерывно протекающий процесс, так что он может весьма значительно сократить себестоимость изготовления поликристаллического кремния. Его новая конструкция обеспечивает лучшее разделение процессов реакции и осаждения. Благодаря своей конструкции предложенная установка достигает более высоких реакционных температур, а значит более высоких степеней конверсии при
15 реакции, при этом одновременно обеспечивая более оптимальные температуры накопления продукта.

[0016] Эти новые установка и способ получения поликристаллического кремния дают легированные или нелегированные кремниевые слитки в одну стадию и при
20 очень высокой скорости осаждения, тем самым производятся готовые и полуготовые кремниевые слитки из поликремниевых исходных материалов экономично, с гораздо меньшими капиталовложениями, чем в стандартных процессах производства поликремния. В дополнение, легирующая примесь, такая как бор или фосфор и тому подобные, может быть осаждена одновременно с созданием слитка р-типа или n-типа,
25 тем самым устраняя дорогостоящий диффузионный процесс в последующей технологической схеме производства элементов. Установка плазменного осаждения и способ получения поликристаллического кремния далее обеспечивают лучший контроль осаждения и более равномерное распределение легирующей примеси, в то же
30 время исключая стадию диффузии из традиционных процессов, что проявляется в более высокой скорости производства легированного кремния.

[0017] Кроме того, установка плазменного осаждения и способ получения поликристаллического кремния могут улавливать, разделять и возвращать в рабочий цикл большую часть технологических газов и неосажденных химических веществ. Эти
35 неосажденные химические вещества затем могут быть дополнительно переработаны либо в монокристаллический кремний, либо в поликристаллический кремний.

[0018] Предложенные способы получения поликристаллического кремния не используют колпаковый реактор и, скорее всего, не будут сталкиваться с теми же
40 проблемами напряжений, которые связаны с известным из уровня техники процессом. Это обусловливается тем, что кремний осаждается на конце подложки-мишени, и поэтому он будет иметь меньшую разность температур в радиальном направлении, чем в известных из уровня техники процессах, а также вследствие того, что подложка-мишень вращается во время осаждения. В дополнение, предложенный новый процесс
45 представляет собой одностадийный процесс осаждения, который производит поликристаллические кремниевые слитки, и он не требует стадии вакуумного литья. Это упрощает процесс производства и будет снижать капиталовложения и эксплуатационные расходы при изготовлении поликристаллического кремния.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

50 [0019] Фигура 1 иллюстрирует вид сбоку в разрезе установки плазменного осаждения для получения поликристаллического кремния согласно варианту реализации настоящего изобретения;

[0020] Фигура 2 иллюстрирует вид сверху установки плазменного осаждения, включающей в себя несколько горелок для плазменного осаждения, относительно подложки, заключенной в камере, согласно еще одному варианту реализации настоящего изобретения;

[0021] Фигура 3 иллюстрирует вид сбоку установки плазменного осаждения, включающей в себя несколько горелок для плазменного осаждения, относительно подложки, заключенной в камере осаждения по Фигуре 2, согласно еще одному варианту реализации настоящего изобретения;

[0022] Фигура 4 иллюстрирует вид сбоку установки плазменного осаждения, включающей в себя наклонные горелки с индуктивно-связанной плазмой, относительно подложки, заключенной в камере осаждения, согласно еще одному варианту реализации настоящего изобретения; и

[0023] Фигура 5 иллюстрирует блок-схему процесса получения поликристаллического кремния согласно варианту реализации настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0024] Фигура 1 иллюстрирует вариант реализации установки 100 плазменного осаждения, включающей в себя горелку 102 с индуктивно-связанной плазмой, расположенную ниже поддерживаемой подложки-мишени 104, удерживаемой на держателе 103. Подложка-мишень 104 может быть любого желательного размера, в том числе таких размеров, которые являются общепринятыми в технологии солнечных элементов. В этом варианте реализации горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой направлена вверх для осаждения реакционного продукта на поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104. В еще одном варианте реализации горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой может быть направлена или ориентирована иным образом или в другом направлении относительно подложки-мишени 104. Горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой состоит из двух концентрических кварцевых трубок: наружной кварцевой трубки 108 и более короткой внутренней кварцевой трубки 110, которые показаны присоединенными к камере 112 из нержавеющей стали.

[0025] В типичном случае диаметр и высота или длина наружной кварцевой трубки 108 и внутренней кварцевой трубки 110 может быть любой величины, чтобы соответствовать желательному применению наружной кварцевой трубки 108 и внутренней кварцевой трубки 110. Предпочтительно, внутренняя кварцевая трубка 108 имеет более короткую длину, чем наружная кварцевая трубка 108. Кроме того, наружная кварцевая трубка 108 предпочтительно имеет диаметр в диапазоне от примерно 50 миллиметров («мм») до примерно 90 мм и высоту в диапазоне от 180 мм до примерно 400 мм. Более предпочтительно, диаметр наружной кварцевой трубки 108 составляет примерно 70 мм при высоте или длине примерно 200 мм. Предпочтительно, внутренняя кварцевая трубка 110 имеет диаметр в диапазоне от примерно 50 мм до примерно 70 мм и высоту в диапазоне от примерно 120 мм до примерно 180 мм. Более предпочтительно, диаметр внутренней кварцевой трубки 110 составляет примерно 60 мм при высоте примерно 150 мм.

[0026] Подложка-мишень 104 может представлять собой слиток или подложку иного вида из поликристаллического кремния. В этом варианте реализации поверхность 106 осаждения является по существу перпендикулярной горелке 102 с индуктивно-связанной плазмой. Предпочтительно, держатель 103 вращает подложку-мишень 104 вокруг ее оси 107. В дополнение, держатель 103 также перемещает

подложку-мишень 104, отодвигая ее от горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой по мере отложения кремниевого слоя на поверхности 106 осаждения, для поддержания расстояния постоянным во время процесса осаждения. Осаждение кремния происходит на поверхности 106 осаждения подложки, и эта зона активности в общем называется зоной 105 осаждения. Расстояние между самой верхней частью катушки 114 и подложкой-мишенью 104, обозначенное буквой "L", составляет в диапазоне от примерно 10 мм до примерно 40 мм в зависимости от температуры осаждения. При одной предпочтительной температуре осаждения L составляет в диапазоне от примерно 35 мм до 55 мм. Держатель 103 может быть механическим держателем (опорой) любого типа, пригодным для поддержания, вращения и/или перемещения подложки-мишени 104 во время процесса осаждения. Предпочтительно, держатель 103 является устойчивым к высоким температурам и имеет достаточную механическую прочность для поддержания предназначенной для осаждения мишени 104, в то же время перемещая предназначенную для осаждения мишень 104 вверх и вниз и вращая предназначенную для осаждения мишень 104. В одном варианте реализации держатель представляет собой жесткий стержневидный элемент, который соединен с предназначенной для осаждения мишенью 104. Далее, он может быть связан с двигателями для вращения предназначенной для осаждения мишени 104. В одном варианте реализации держатель 103 представляет собой кварцевый стержень или стержень из высокотемпературной коррозионно-устойчивой нержавеющей стали.

[0027] В дополнение к зоне 105 осаждения, установка 100 плазменного осаждения также включает в себя реакционную зону 126, которая отдалена некоторым расстоянием от зоны 105 осаждения. Это пространство, которое отделяет реакционную зону 126 от зоны 105 осаждения, отчасти обеспечивается благодаря перпендикулярной ориентации горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой относительно поверхности 106 осаждения предназначенной для осаждения мишени 104, а также отчасти благодаря расстоянию между горелкой 102 с индуктивно-связанной плазмой и поверхностью 106 осаждения предназначенной для осаждения мишени 104. Это разделение обеспечивает улучшенную эффективность осаждения на и по всей более обширной площади поверхности 106 осаждения предназначенной для осаждения мишени 104. Далее, это разделение позволяет увеличить температуры плазмы в реакционной зоне 126, в то же время поддерживая более низкие температуры в зоне 105 осаждения. Эта более высокая температура плазмы в реакционной зоне обеспечивает повышенную эффективность конверсии в эндотермических химических реакциях в реакционной зоне 126. В дополнение, более низкая температура в зоне 105 осаждения гарантирует то, что на поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104 осаждается кремний с желательными характеристиками и качеством.

[0028] Горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой также включает в себя медную индукционную катушку 114, которая размещена вокруг верхней части наружной кварцевой трубки 108. Катушка 114 содержит множество витков 116, имеющих диаметр приблизительно в диапазоне от примерно 56 мм до примерно 96 мм. Предпочтительно, множество витков 116 имеет диаметр примерно 82 мм. Типично, многочисленные витки 116 располагаются отделенными друг от друга достаточным расстоянием для обеспечения работы горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой. Предпочтительно, множество витков 116 располагаются на расстоянии примерно 6 мм друг от друга. В дополнение, просвет между наружной кварцевой трубкой 108 и катушкой 114 может составлять в диапазоне от примерно 2 мм до примерно 10 мм.

[0029] Горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой также включает в себя пару

инжекционных каналов 118, которые соединены с трубопроводом исходных химических веществ-предшественников (не показан), подводящим исходные химические вещества-предшественники к горелке 102 с индуктивно-связанной плазмой. При использовании внутренней кварцевой трубки 110 плазмообразующий газ будет иметь завихренный режим течения. Исходные химические вещества для осаждения полупроводникового тонкопленочного материала, такого как кремний, будут инжектироваться через инжекционные каналы 118, которые предпочтительно располагаются поблизости от нижней стороны горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой и нацелены на положение $V=0$ по той же причине, которая раскрыта в патенте США № 6253580, выданном Гуськову и др., и в патенте США № 6536240, выданном Гуськову и др., которые оба включены сюда по ссылке. В одном варианте реализации инжекционные каналы 118 соединены с горелкой 102 с индуктивно-связанной плазмой. В еще одном варианте реализации инжекционные каналы 118 соединены не с горелкой 102 с индуктивно-связанной плазмой, а соединены с еще одним конструктивным элементом по настоящему изобретению, как здесь описано. В одном варианте реализации горелка 102 представляет собой горелку с индуктивно-связанной плазмой. Инжекционные каналы 118 содержат кварцевые трубки, предпочтительно имеющие диаметр в диапазоне от примерно 3 мм до примерно 10 мм, более предпочтительно примерно 5 мм, хотя трубки с диаметрами других значений также могут быть использованы в горелке 102 с индуктивно-связанной плазмой. В этом варианте реализации пара инжекционных каналов 118 располагается диаметрально напротив друг друга. В еще одном варианте реализации настоящего изобретения могут быть применены три или более канала, расположенных симметрично.

[0030] Далее, горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой включает в себя пару впусков 120 плазменных газов, которые соединены с трубопроводом подачи плазменных газов (не показан), подающим плазменные газы в горелку 102 с индуктивно-связанной плазмой. Впуски 120 плазменных газов входят в горелку 102 с индуктивно-связанной плазмой по существу на одной и той же высоте. Предпочтительно, эти впуски 120 плазменных газов содержат трубку из нержавеющей стали, имеющую диаметр 5 мм, хотя данной цели может удовлетворять диапазон диаметров.

[0031] Горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой также снабжена впуском 122 охладителя и выпуском 124 охладителя. В ходе работы охладитель, такой как вода, проходит через впуск 122 охладителя, циркулирует внутри камеры 112 из нержавеющей стали и выходит через выпуск 124 охладителя. Впуск 122 и выпуск 124 охладителя предпочтительно изготавливаются из нержавеющей стали и имеют диаметр, например, 5 мм.

[0032] Впуски 120 плазменных газов, впуск 122 и выпуск 124 охладителя все предпочтительно выполнены в камере 112 из нержавеющей стали. Камера 112 предпочтительно представляет собой квадратный блок из нержавеющей стали со стороной 80 мм и имеет высоту, например, приблизительно 40 мм. Предпочтительно, камера 112 монтируется на опорной подставке (не показана).

[0033] Высокочастотный генератор (не показан) электрически соединен с катушкой 114, запитывая ее переменной выходной мощностью до 60 кВт при частоте $5,28 \pm 0,13$ МГц. В варианте реализации генератор представляет собой модель № IG 60/5000, производимый фирмой Fritz Huettinger Electronic GmbH в Германии. Предпочтительно, этот генератор питается от трехфазного источника питания на 380

В и 50 Гц для подведения энергии к горелке 102 с индуктивно-связанной плазмой.

[0034] Фигура 2 показывает еще один вариант реализации установки 200 осаждения, которая состоит из набора горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой, расположенных внутри камеры 202 осаждения. За счет применения множества размещенных внутри камеры 202 осаждения горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой, которые все ориентированы по существу перпендикулярно поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104, установка 200 осаждения охватывает более широкую область или ширину осаждения. Как описано выше, подложка-мишень 104 перемещается вверх от горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой, а также вращается вокруг своей оси 107 держателем 103. Подложка-мишень 104 показана протяженной почти до периметра камеры 202 осаждения. В дополнение к высокой скорости осаждения, установка 200 осаждения обеспечивает равномерную толщину осаждения. В этом варианте реализации установка 200 осаждения состоит из пяти горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой, каждая из которых имеет диаметр предпочтительно 70 мм. Четыре из пяти горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой размещены на равном расстоянии друг от друга вдоль периметра камеры 202 осаждения. В этом варианте реализации четыре горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой, расположенные вдоль периметра камеры 202 осаждения, установлены под углом 90° относительно друг друга. В этом варианте реализации пятая горелка 102 с индуктивно-связанной плазмой размещена в центре камеры 202 осаждения.

[0035] Могут быть использованы другие варианты размещения в камере осаждения и размеры горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой для обеспечения желательной ширины или площади осаждения для конкретного применения. В этом варианте реализации использование пяти горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой будет давать площадь осаждения приблизительно 300 мм. Предпочтительно, подложка-мишень 104 будет вращаться вокруг оси 107, в то же время перемещаясь вверх или от горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой для поддержания фиксированного или постоянного расстояния между подложкой-мишенью 104 и горелками 102 с индуктивно-связанной плазмой. Предпочтительно, расстояние между катушкой горелки с индуктивно-связанной плазмой и подложкой-мишенью составляет 30-55 мм.

[0036] Обращаясь к Фигуре 3, там показан вид сбоку установки 200 осаждения. Камера 202 осаждения включает в себя вытяжные патрубки 302, которые размещены на верхнем конце камеры 202 осаждения. Предпочтительно, вытяжные патрубки 302 располагаются над нижним концом или поверхностью 106 осаждения предназначенной для осаждения мишени 104. Вытяжная система (не показана) будет удалять все газы и любые неосажденные частицы кремния, возникшие в результате химических реакций. Предпочтительно, вытяжная система контролирует или поддерживает фиксированное парциальное давление внутри камеры 202 осаждения для обеспечения оптимальных условий осаждения. Контроль парциального давления внутри камеры 202 осаждения может также включать в себя создание отрицательного давления, такого как вакуум. В еще одном варианте реализации парциальное давление может регулироваться на уровне атмосферного давления или близкого к нему. Может быть использовано любое число вытяжных патрубков 302, желательное для конкретного применения. Предпочтительно, камера 202 осаждения изготавливается из взрывоустойчивого материала и материала, экранирующего радиочастотное излучение (RF), для предотвращения распространения радиочастотной энергии (RF) из камеры 202 осаждения и для изолирования камеры 202 осаждения от воздействий окружающей среды.

[0037] За счет применения множества размещенных внутри камеры 202 осаждения горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой, которые все ориентированы по существу перпендикулярно поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104, установка 200 осаждения охватывает большую ширину или площадь осаждения.

5 Подложка-мишень 104 показана протяженной почти до периметра камеры 202 осаждения. В дополнение к высокой скорости осаждения, установка 200 осаждения обеспечивает равномерную толщину осаждения. В этом варианте реализации установка 200 осаждения состоит из пяти горелок 102 с индуктивно-связанной
10 плазмой, каждая из которых имеет диаметр предпочтительно 70 мм. Четыре из пяти горелок 102 с индуктивно-связанной плазмой размещены на равном расстоянии друг от друга вдоль периметра камеры 202 осаждения. В этом варианте реализации пятая индукционная плазменная горелка размещена в центре камеры 202 осаждения.

15 [0038] Фигура 4 показывает еще один вариант реализации установки 400 осаждения, которая состоит из горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой в промежутке между двумя горелками 402 с индуктивно-связанной плазмой, которые слегка наклонены, причем горелки 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой располагаются внутри
20 камеры 202 осаждения. Горелки 402 с индуктивно-связанной плазмой сконструированы и действуют подобно горелке 102 с индуктивно-связанной плазмой, но они слегка отклонены от горизонтальной плоскости на θ градусов внутри камеры 202 осаждения. Величины наклона горелок 402 с индуктивно-связанной плазмой предпочтительно составляют от примерно 15 градусов до примерно 45
25 градусов. Предпочтительно, горелки 402 с индуктивно-связанной плазмой наклонены приблизительно на 15 градусов относительно горизонтальной плоскости. Наклонные горелки 402 с индуктивно-связанной плазмой обеспечивают улучшенное осаждение поликристаллического кремния на поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104 с хорошей равномерностью. Следует отметить, что если угол наклона горелки 402 с
30 индуктивно-связанной плазмой является слишком большим, то скорость осаждения или эффективность накопления снижается, и осаждение становится менее равномерным. Далее, степень наклона для каждой горелки 402 с индуктивно-связанной плазмой может быть различной.

35 [0039] Из Фигуры 4 видно, что диаметр "L" горелки 402 с индуктивно-связанной плазмой может быть выведен из формулы: $L' = L/\cos \theta > L$. Таким образом, диаметр зоны осаждения L' от горелки 402 с индуктивно-связанной плазмой является бóльшим, чем диаметр горелки 102 с индуктивно-связанной плазмой.

40 [0040] Как описано выше, плазмообразующий газ будет иметь завихренный режим течения. Это обуславливается вдуванием плазмообразующего газа через впуски 120 плазменных газов, которые подают плазмообразующий газ между наружной кварцевой трубкой 108 и внутренней кварцевой трубкой 110. Горелки 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой предпочтительно используют инертный
45 плазмообразующий газ для формирования плазмы, где происходит реакция между исходным газообразным предшественником и горелками 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой для осаждения реакционного продукта на подложке-мишени 104. Плазмообразующий газ будет представлять собой инертный газ, который предпочтительно имеет (i) низкую энергию активации и (ii) является химически
50 инертным с тем, чтобы не образовывались оксиды или нитриды. Предпочтительно, плазмообразующий газ может быть выбран из группы, состоящей из гелия, аргона, водорода или их смеси.

[0041] Реакционный продукт образуется в результате реакции исходных

газообразных предшественников в присутствии горелок 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой. Исходный газообразный предшественник может включать в себя или быть в дополнительных формах вещества, таких как газы, пары, аэрозоли, мелкие частицы, наночастицы или порошки. В дополнение, одновременно с исходным

газообразным предшественником может инжектировать также легирующая примесь р-типа или n-типа для формирования желательного полупроводника р-типа или n-типа. Некоторые примеры легирующих примесей включают бор, фосфор и тому подобные.

[0042] В дополнение к вышеупомянутым аспектам и вариантам реализации предложенных установок 100, 200 и 400 плазменного осаждения, настоящее изобретение также включает в себя способы изготовления этих подложек или слитков из поликристаллического кремния. Один предпочтительный способ включает в себя систему на хлоридной основе, в которой используется плазменный факел или энергия плазмы для восстановления трихлорсилана (SiHCl_3) водородом (H_2) с образованием кремния. Можно также восстанавливать тетрахлорид кремния (SiCl_4) водородом с помощью энергии плазменного факела с получением кремния.

[0043] Фигура 5 иллюстрирует блок-схему варианта реализации 500 одного такого процесса. На стадии 502 запускают горелку или горелки 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой. Эта стадия может включать в себя инициирование потока от источника плазменного газа ко впускам 120 плазменных газов и затем зажигание плазмы путем подачи электроэнергии на индукционную катушку 114. Эта стадия включает в себя зажигание и стабилизацию плазменного факела в горелке или горелках 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой. В дополнение, стадия 502 может также включать в себя выбор исходного газообразного предшественника, применяемого для получения желательного реакционного продукта во время осаждения на подложке-мишени 104.

[0044] На стадии 504 установки 100, 200 и 400 осаждения инжектируют исходный газообразный предшественник через инжекционные каналы 118 в плазменный факел горелки или горелок 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой. Как обсуждалось выше, предпочтительно исходный газообразный предшественник выбирается из SiHCl_3 плюс H_2 или SiCl_4 плюс H_2 . На стадии 506 плазменный факел горелки или горелок 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой стабилизируют и регулируют реакционную температуру горелки или горелок 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой в реакционной зоне 126 для оптимизации формирования поликристаллического кремния.

[0045] Как описано выше, газы, которые не осаждаются на поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104, собираются через вытяжную систему и рециркулируются для дополнительного использования. В одном аспекте предложенного способа получения поликристаллического кремния трихлорсилан (SiHCl_3) и тетрахлорид кремния (SiCl_4) могут быть получены из кремния металлургического качества (MGS) или диоксида кремния. Они будут реагировать с хлороводородом (HCl), который собирают и отделяют от потока отработанных газов предложенного процесса получения поликристаллического кремния. В дополнение, всегда есть возможность добавлять свежий хлор (Cl_2) или HCl , если в потоке из вытяжной системы их количества недостаточны. После очистки путем перегонки реакционные продукты могут быть использованы в качестве исходных газообразных химических веществ-предшественников для получения кремния.

[0046] В дополнение к HCl в вытяжной системе могут также присутствовать аргон (Ar), водород (H_2), дихлорсилан (SiH_2Cl_2) и непрореагировавшие SiHCl_3 и SiCl_4

плюс неосажденные частицы кремния. Неосажденные частицы кремния могут быть отделены путем применения рукавного фильтра. Далее, с использованием охлаждаемой ловушки хлорсиланы могут быть легко отделены и повторно использованы в качестве исходных газообразных химических веществ-предшественников. Такие газы, как аргон (Ar) и водород (H₂), могут также рециркулировать из вытяжной системы и могут быть использованы в качестве плазмообразующего газа или исходного газообразного предшественника.

[0047] На стадии 508 давление внутри камеры 202 осаждения контролируют и поддерживают с помощью вытяжной системы. В дополнение, для поддержания давления внутри камеры 202 осаждения могут быть использованы другие средства. На стадии 510 температуру поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104 контролируют и поддерживают для оптимизации осаждения кремния на поверхность 106 осаждения. На стадии 512 отслеживают рост поверхности 106 осаждения подложки-мишени 104. По мере нарастания поверхности 106 осаждения держатель 103 перемещает подложку-мишень 104 от горелки или горелок 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой для поддержания постоянного или фиксированного расстояния L между горелкой или горелками 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой и поверхностью 106 осаждения подложки-мишени 104. В одном варианте реализации расстояние между катушкой горелки с индуктивно-связанной плазмой и подложкой-мишенью составляет 30-55 мм. На стадии 514 держатель 103 удаляет подложку-мишень 104 из камеры 202 осаждения, когда кремний осажден на желательную длину или в желательном объеме.

[0048] В дополнение к вышеизложенному, частицы кремния будут отделены от потока отработанных газов. Эти частицы будут собраны, загружены в кварцевый тигель, расплавлены и выращены в монокристаллические слитки. Все газы, будь то непрореагировавшие химические вещества или побочные продукты, также будут собраны и отделены обычными промышленными способами. Некоторые примерные исходные материалы включают гидриды, фториды, хлориды, бромиды и газообразный аргон.

[0049] В еще одном варианте реализации предложенного способа получения поликристаллического кремния используется система на гидридной основе. Силан не обеспечивает такой высокой скорости осаждения, как трихлорсилан, но он все еще широко применяется в промышленности, поскольку его гораздо легче очистить и также получить кремний желаемого высокого качества. Следуя той же самой схеме технологических стадий, как и выше, силан (SiH₄) или дисилан (Si₂H₆) в газообразной форме может быть подведен к инъекционным каналам 118, как указано на стадии 504, и в присутствии плазменного факела или энергии он будет диссоциировать на кремний и водород. При использовании более высокой реакционной температуры и удалении газообразного водорода быстро достигается улучшенная степень конверсии в химической реакции. В дополнение, неосажденные частицы кремния и плазмообразующий газ, такой как аргон, собирают через вытяжные патрубки 302 для последующей переработки и повторного использования.

[0050] В еще одном варианте реализации предложенных способов получения поликристаллического кремния применяется система на основе брома соответственно вышеописанным технологическим стадиям. Бром (Br₂) не только химически менее агрессивен, но и менее коррозионно-активен, чем хлор (Cl₂). Когда в качестве газ-носителя используют бром (Br), могут быть сэкономлены значительные средства на оборудование. Газ-носитель применяется в качестве транспортного средства для

подведения, преобразования и переработки загрязненного кремния (кремний металлургического качества, MGS) в чистый и приемлемый кремний солнечного качества (SoG). Он будет реагировать с MGS с образованием бромида кремния (главный продукт) и других примесных соединений брома. После очистки бромид кремния используется для получения поликристаллического кремния в плазменном процессе. В ходе процесса бромид кремния разлагается на кремний и бром. Кремний осаждается, а бром также собирается и повторно используется вновь. Поскольку современные горелки 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой имеют более чем достаточную энергию для стимулирования реакции в желательном направлении, не будет никаких проблем в отношении реакции восстановления тетрабромида кремния (SiBr_4) водородом. Предпочтительно, исходным материалом для этой системы будет MGS. При температурах выше, чем 360°C , скорость реакции между кремнием и бромоводородом (HBr) или Br_2 может быть высокой, а реакционным продуктом может быть преимущественно SiBr_4 . Благодаря различиям в температурах кипения очень просто отделить борные загрязнения (BBr_3 от SiBr_4). В этом варианте реализации исходные газообразные химические вещества-предшественники будут представлять собой тетрабромид кремния и водород.

[0051] В еще одном дальнейшем варианте реализации предложенных способов получения поликристаллического кремния используется восстановление частиц кремнеземной сажи углеродом. При производстве оптической заготовки твердые отходы состоят из частиц кремнеземной (белой) сажи, и они обычно отправляются на свалку для захоронения. Эти частицы кремнеземной сажи являются очень чистыми и могут представлять собой хороший источник для получения кремния солнечного качества (SoG) с помощью реакции карботермического восстановления углеродом. Типично для этого применяют электродуговую печь в качестве источника нагрева и, следуя описанным выше технологическим стадиям, вдувают SiO_2 и углерод в порошковой форме через инъекционные каналы 118 в плазменные факелы горелок 102 и 402 с индуктивно-связанной плазмой. Эти частицы кремнеземной сажи от производителей заготовок обычно не содержат ионов переходных металлов, а также они обычно не содержат бора. Тем не менее, эти частицы сажи могут иметь следовое количество фосфора и некоторое количество германия. Для удаления возможных примесных загрязнений из этих исходных материалов с исходным газообразным предшественником может быть инжескировано небольшое количество Cl_2 и влаги. Этот вариант реализации преобразует отходы частиц сажи из установки по производству оптического волокна в полезный продукт для получения поликристаллического кремния и тем самым создания эффективных и экономичных солнечных панелей.

[0052] В еще одном аспекте предложенных способов получения поликристаллического кремния подложки-мишени 104 могут быть удалены из процесса в иные моменты времени, нежели описанные выше, для измерения толщин, составов и/или рабочих характеристик процесса осаждения для определения того, отрегулировать ли любые из вышеописанных технологических параметров.

[0053] Хотя выше было описано то, что в данный момент рассматривается как предпочтительные варианты реализации установки и способов плазменного осаждения для получения поликристаллического кремния, будет понятно, что предложенная установка плазменного осаждения может быть реализована в других конкретных формах без отклонения от ее сути или существенных признаков. Например, могут быть использованы дополнительные горелки с индуктивно-

связанной плазмой или различные комбинации модулей осаждения, иные, чем описанные здесь, без отклонения от сути или существенных признаков предложенных установки и способов плазменного осаждения для получения поликристаллического кремния. Поэтому предложенные варианты реализации должны рассматриваться во
 5 всех аспектах как иллюстративные, а не ограничительные. Объем изобретения обозначен прилагаемой формулой изобретения, а не вышеприведенным описанием.

Формула изобретения

10 1. Установка плазменного осаждения для получения поликристаллического кремния, включающая в себя камерное средство для осаждения упомянутого поликристаллического кремния, средство для поддержания подложки-мишени, имеющей поверхность осаждения, и множество горелочных средств с индуктивно-
 15 связанной плазмой для получения множества плазменных факелов для реагирования по меньшей мере одного реагента с получением реакционного продукта и осаждения упомянутого реакционного продукта на упомянутой подложке-мишени, причем упомянутое множество горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой расположено на фиксированном расстоянии от упомянутой подложки-мишени, при
 20 этом упомянутое средство для поддержания перемещает упомянутую подложку-мишень в направлении от упомянутого множества горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой для обеспечения упомянутого фиксированного расстояния между упомянутой подложкой-мишенью и упомянутым множеством горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой.

25 2. Установка по п.1, в которой упомянутый реакционный продукт выбран из группы, состоящей из кремния, кремния с собственной проводимостью, кремния с легирующей примесью р-типа и кремния с легирующей примесью n-типа.

30 3. Установка по п.1, в которой упомянутый по меньшей мере один реагент находится в форме материала, выбранного из группы, состоящей из газа, пара, аэрозоля, мелкой частицы, наночастиц или порошка.

4. Установка по п.1, в которой упомянутый по меньшей мере один реагент представляет собой водород (H_2) и по меньшей мере одно соединение, выбранное из группы, состоящей из трихлорсилана ($SiHCl_3$), тетрахлорида кремния ($SiCl_4$),
 35 дихлорсилана (SiH_2Cl_2), силана (SiH_4), дисилана (Si_2H_6), тетрабромид кремния ($SiBr_4$) и их смесей.

40 5. Установка по п.1, в которой упомянутые плазменные факелы получаются из по меньшей мере одного газа, выбранного из группы, состоящей из газообразного гелия, газообразного аргона, газообразного водорода и их смесей.

6. Установка по п.1, в которой упомянутое камерное средство дополнительно включает в себя вытяжное средство, расположенное над упомянутой поверхностью
 осаждения, для вывода по меньшей мере одного из неосажденных твердых веществ и непрореагировавших химических веществ из упомянутого камерного средства.

45 7. Установка по п.6, в которой упомянутое камерное средство дополнительно включает в себя рециркулирующее средство для рециркуляции упомянутого по меньшей мере одного из упомянутых неосажденных твердых веществ и непрореагировавших химических веществ, выведенных из упомянутого камерного
 50 средства, для повторного использования в упомянутой установке осаждения.

8. Установка по п.1, в которой каждое из упомянутого множества горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой дополнительно включает в себя индукционную катушку, которая содержит множество витков, имеющих больший

диаметр, чем у наружной кварцевой трубки, и разнесенных друг от друга на расстояние примерно 2-10 мм.

9. Установка по п.8, в которой упомянутое расстояние между упомянутой индукционной катушкой и упомянутой подложкой-мишенью составляет между
5 примерно 30-55 мм.

10. Установка по п.1, в которой упомянутое множество горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой и упомянутая поверхность осаждения, по существу, перпендикулярны друг другу.

11. Установка по п.10, в которой упомянутое множество горелочных средств с индуктивно-связанной плазмой позиционированы, по существу, вертикально.

12. Установка по п.1, в которой упомянутая поверхность осаждения вращается во время осаждения упомянутого реакционного продукта.

13. Установка плазменного осаждения для получения поликристаллического кремния, включающая в себя камеру для осаждения упомянутого
15 поликристаллического кремния, имеющую вытяжную систему для извлечения по меньшей мере одного из неосажденных твердых веществ и непрореагировавших химических веществ, держатель, расположенный внутри упомянутой камеры
20 осаждения, для удерживания подложки-мишени, имеющей поверхность осаждения, причем упомянутая поверхность осаждения определяет зону осаждения, множество горелок с индуктивно-связанной плазмой, расположенных внутри упомянутой камеры
осаждения и размещенных на некотором расстоянии от упомянутого держателя, причем упомянутое множество горелок с индуктивно-связанной плазмой дает
25 множество плазменных факелов, которые, по существу, перпендикулярны упомянутой поверхности осаждения, причем упомянутое множество плазменных факелов определяет реакционную зону для реагирования по меньшей мере двух реагентов с получением упомянутого поликристаллического кремния для осаждения слоя
30 упомянутого поликристаллического кремния на упомянутой поверхности осаждения.

14. Установка по п.13, в которой упомянутый поликристаллический кремний выбран из группы, состоящей из кремния, кремния с собственной проводимостью, кремния с легирующей примесью р-типа и кремния с легирующей примесью n-типа.

15. Установка по п.13, в которой упомянутые по меньшей мере два реагента
35 осаждаются в форме материала, выбранного из группы, состоящей из газа, пара, аэрозоля, мелкой частицы, наночастиц или порошка.

16. Установка по п.13, в которой упомянутые по меньшей мере два реагента образованы водородом (H_2) и по меньшей мере одним газом, выбранным из
40 трихлорсилана ($SiHCl_3$), тетрахлорида кремния ($SiCl_4$), дихлорсилана (SiH_2Cl_2), силана (SiH_4), дисилана (Si_2H_6), тетрабромид кремния ($SiBr_4$) и их смесей.

17. Установка по п.13, в которой упомянутые плазменные факелы получают из по меньшей мере одного газа, выбранного из группы, состоящей из газообразного гелия, газообразного аргона, газообразного водорода и их смесей.

18. Установка по п.13, в которой упомянутая камера дополнительно включает в себя вытяжную систему, расположенную над упомянутой поверхностью осаждения, для вывода упомянутого по меньшей мере одного из неосажденных твердых
45 веществ и непрореагировавших химических веществ из упомянутой камеры.

19. Установка по п.13, в которой упомянутая камера изготовлена из материала, который экранирует радиочастотную (RF) энергию и изолирует упомянутую камеру
50 от окружающей среды снаружи упомянутой камеры.

20. Установка по п.19, в которой упомянутая вытяжная система дополнительно

включает в себя вытяжные патрубки для удаления газообразных и дисперсных побочных продуктов из упомянутой камеры.

21. Установка по п.18, в которой упомянутая вытяжная система контролирует парциальное давление в упомянутой камере.

22. Установка по п.13, в которой каждая из упомянутого множества горелок с индуктивно-связанной плазмой включает в себя наружную кварцевую трубку и индукционную катушку, содержащую множество витков, имеющих больший диаметр, чем у упомянутой наружной кварцевой трубки, внутреннюю кварцевую трубку и камеру, соединяющую упомянутую наружную кварцевую трубку и упомянутую внутреннюю кварцевую трубку, при этом с упомянутой камерой соединен источник плазменного газа для обеспечения упомянутого источника плазменного газа между упомянутой наружной кварцевой трубкой и упомянутой внутренней кварцевой трубкой.

23. Установка по п.22, в которой упомянутая наружная кварцевая трубка имеет длину примерно 180-400 мм.

24. Установка по п.22, в которой упомянутая наружная кварцевая трубка имеет диаметр примерно 50-90 мм.

25. Установка по п.22, в которой упомянутая внутренняя кварцевая трубка имеет длину примерно 120-180 мм.

26. Установка по п.22, в которой упомянутая внутренняя кварцевая трубка имеет диаметр примерно 50-70 мм.

27. Установка по п.22, в которой упомянутые витки разнесены друг от друга на расстояние примерно 2-10 мм.

28. Установка по п.27, в которой упомянутое расстояние между упомянутой индукционной катушкой и упомянутой подложкой-мишенью составляет между примерно 30-55 мм.

29. Установка по п.22, дополнительно включающая в себя высокочастотный генератор, соединенный с упомянутой индукционной катушкой.

30. Установка по п.13, дополнительно включающая в себя рециркулирование упомянутых извлеченных упомянутых неосажденных твердых веществ для переработки в слиток.

31. Способ получения слоя поликристаллического кремния на подложке-мишени в камере осаждения, включающий в себя поддержание упомянутой подложки-мишени, обеспечение по меньшей мере двух горелок с высокочастотной индуктивно-связанной плазмой, каждая из которых содержит катушку, причем упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой выбирают позиционируемыми вдоль области поверхности одной стороны упомянутой подложки-мишени с расстоянием 30-55 мм, отделяющим упомянутую катушку от упомянутой подложки-мишени, введение плазменного газа, состоящего, по существу, из инертного газа, в упомянутые по меньшей мере две горелки с высокочастотной индуктивно-связанной плазмой с формированием по меньшей мере двух плазм внутри упомянутой катушки, инжектирование реагентов в упомянутые по меньшей мере две горелки с высокочастотной индуктивно-связанной плазмой с получением реакционного продукта и осаждение упомянутого реакционного продукта упомянутых по меньшей мере двух горелок с индуктивно-связанной плазмой на упомянутую подложку-мишень при поддержании отделяющего расстояния между упомянутой подложкой-мишенью и упомянутой катушкой.

32. Способ по п.31, дополнительно включающий в себя регулирование

парциального давления внутри упомянутой камеры.

33. Способ формирования слоя поликристаллического кремния на подложке-мишени в камере осаждения, включающий в себя поддержание упомянутой подложки-мишени на держателе, обеспечение по меньшей мере двух горелок с индуктивно-связанной плазмой для осаждения реакционного продукта на упомянутой по меньшей мере одной подложке, причем упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой размещены на расстоянии от упомянутой подложки-мишени, каждая из упомянутых по меньшей мере двух горелок с индуктивно-связанной плазмой содержит катушку, упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой выбраны позиционируемыми вдоль области поверхности осаждения упомянутой подложки-мишени с расстоянием 30-55 мм, отделяющим упомянутую катушку от упомянутой подложки-мишени, введение плазменного газа, состоящего, по существу, из инертного газа, в упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой с формированием плазмы внутри упомянутой катушки, инжектирование реагентов в упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой с получением реакционного продукта, регулирование температуры в реакционной зоне, образованной плазменным факелом упомянутых по меньшей мере двух горелок с индуктивно-связанной плазмой, контролирование давления внутри упомянутой камеры осаждения, контролирование температуры упомянутой поверхности осаждения упомянутой подложки-мишени, осаждение упомянутого реакционного продукта упомянутых по меньшей мере двух горелок с индуктивно-связанной плазмой на упомянутую поверхность осаждения при поддержании отделяющего расстояния между упомянутой подложкой-мишенью и упомянутой катушкой и вращение упомянутой подложки-мишени вокруг ее оси.

34. Способ по п.33, дополнительно включающий в себя регулирование парциального давления внутри упомянутой камеры.

35. Способ по п.33, в котором упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой и упомянутая поверхность осаждения, по существу, перпендикулярны друг другу.

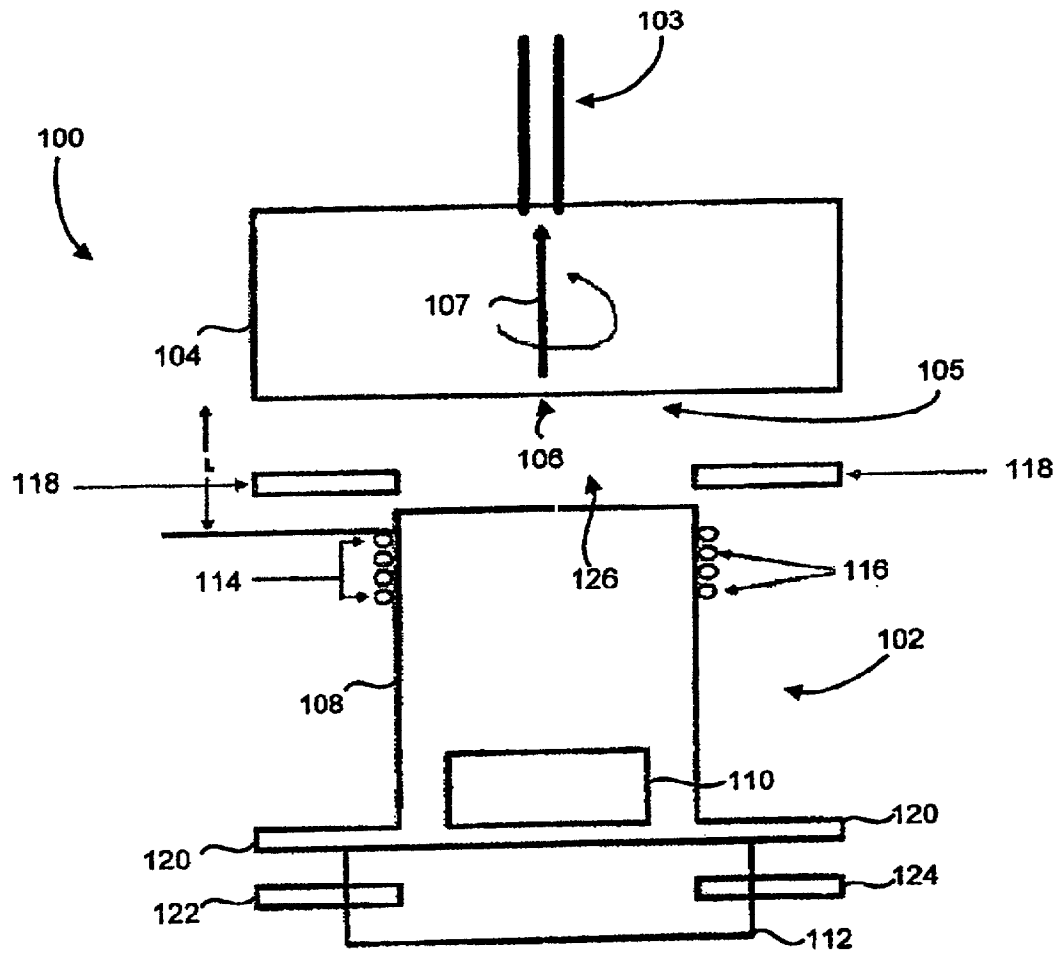
36. Способ по п.35, в котором упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой позиционированы, по существу, вертикально.

37. Способ по п.33, в котором упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой дополнительно содержат:

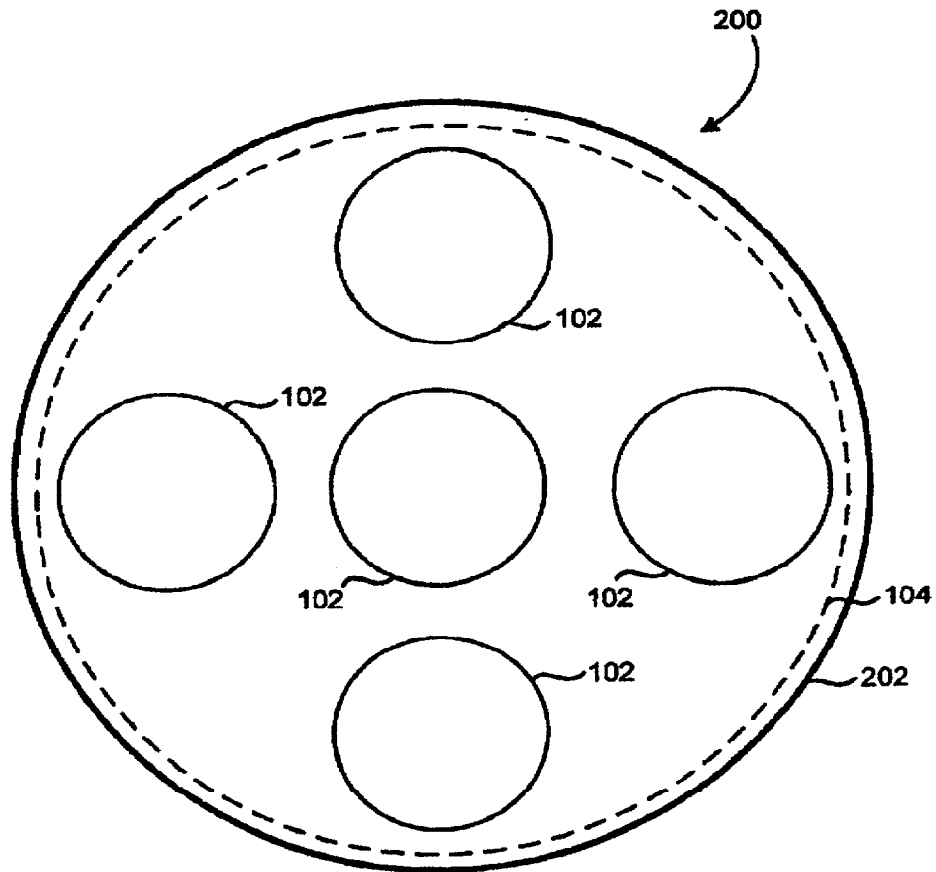
наклонные концы, расположенные поблизости от упомянутой поверхности осаждения, для увеличения области осаждения на упомянутой подложке-мишени.

38. Способ по п.37, в котором упомянутые по меньшей мере две горелки с индуктивно-связанной плазмой наклонены под углом для приведения упомянутых наклонных концов в, по существу, параллельной ориентации относительно упомянутой поверхности осаждения.

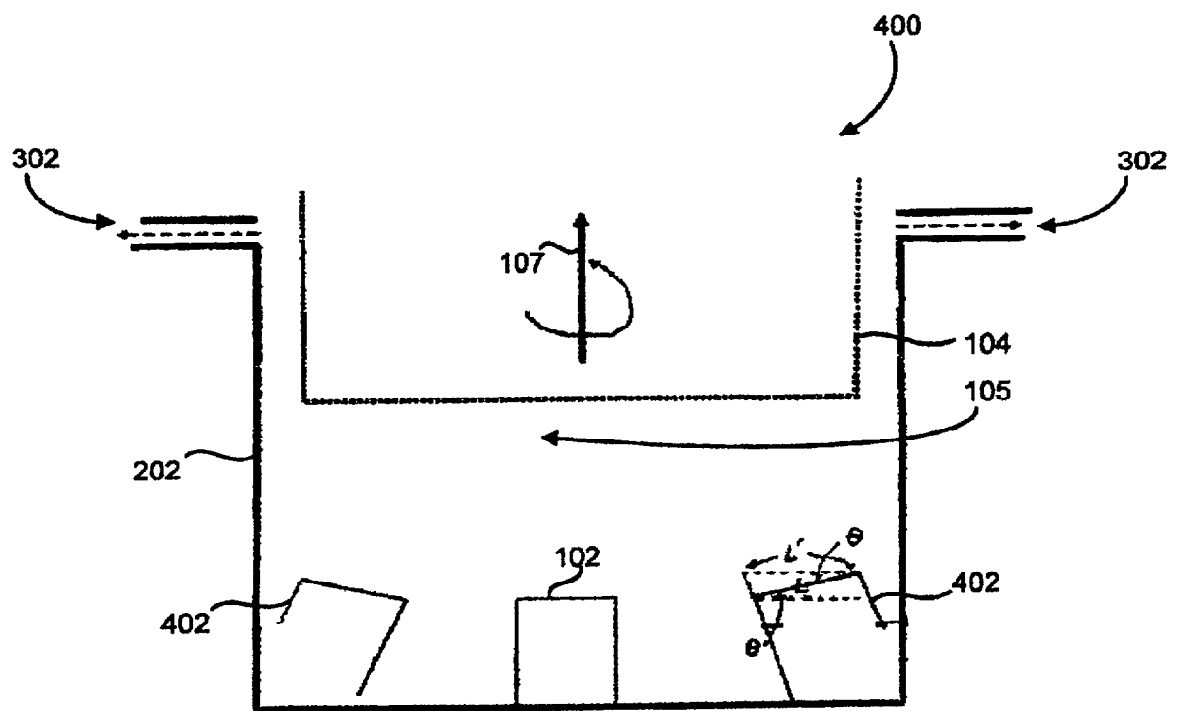
39. Способ по п.33, в котором упомянутую поверхность осаждения вращают во время осаждения упомянутого реакционного продукта.



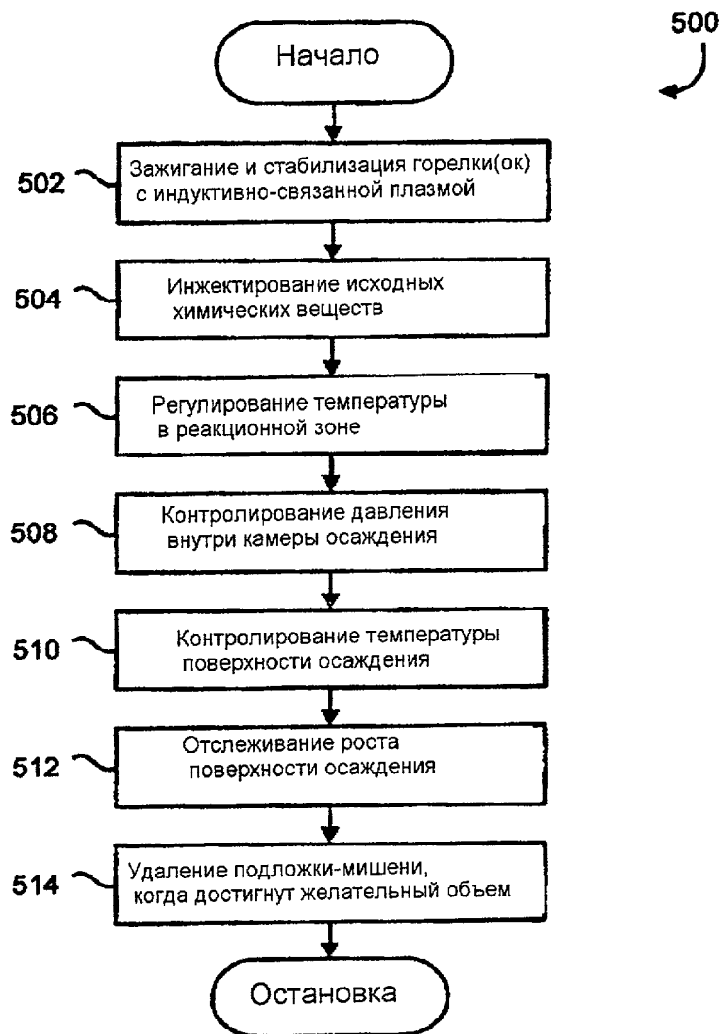
ФИГ.1



ФИГ.2



ФИГ.4



ФИГ.5