



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005108674/02, 26.09.2003

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.09.2003

(30) Конвенционный приоритет:
30.09.2002 (пп.1-11) JP 2002-287847
30.07.2003 (пп.12-17) JP 2003-282653

(43) Дата публикации заявки: 20.01.2006

(45) Опубликовано: 20.05.2008 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: EP 0741196 A, 06.11.1996. RU 2165476
C1, 20.04.2001. RU 2188878 C2, 10.09.2002. JP
8316214 A, 29.11.1996. JP 2001220679 A,
14.08.2001. JP 11181570 A, 06.07.1999. EP
0469926 A, 05.02.1992.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
28.03.2005

(86) Заявка РСТ:
JP 03/12334 (26.09.2003)

(87) Публикация РСТ:
WO 2004/031440 (15.04.2004)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву

(72) Автор(ы):

КАКЕМУРА Тосиаки (JP),
КАСИМА Хирото (JP),
ЦУДЗИНО Манабу (JP)

(73) Патентообладатель(и):

ТОППАН ПРИНТИНГ КО., ЛТД. (JP)

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК, УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ТОНКИХ ПЛЕНОК И СПОСОБ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу для формирования тонких пленок оксида на поверхности подложки, устройству для формирования тонких пленок (варианты) и способу мониторинга процесса формирования тонких пленок и может быть использовано при изготовлении упаковок в различных отраслях производства. Газовую смесь, содержащую газообразный мономер и окисляющий реакционный газ, превращают в плазму при изменении соотношения величины потока газообразного мономера к величине потока реакционного газа таким образом, что указанное соотношение лежит в

установленном диапазоне более 0 до 0,05. Это позволяет стабильно без отклонений формировать тонкие пленки, обладающие защитными свойствами по отношению к газам. В процессе образования тонкой пленки определяют, сформирована ли тонкая пленка, обладающая желаемым качеством поверхности, при помощи измерения интенсивностей альфа линии водорода и излучения кислорода, которые испускаются плазмой в ходе формирования тонкой пленки. Сравнивают измеренные значения с соответствующими эталонными интенсивностями, при которых были получены тонкие пленки, обладающие желаемым качеством слоя. Для

способов формирования и мониторинга
разработаны также соответствующие устройства. 4

н. и 13 з.п. ф-лы, 11 ил., 6 табл.

RU 2 3 2 4 7 6 5 C 2

RU 2 3 2 4 7 6 5 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

C23C 16/513 (2006.01)**C23C 16/52** (2006.01)**C23C 16/42** (2006.01)**C08J 7/06** (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005108674/02, 26.09.2003**(24) Effective date for property rights: **26.09.2003**

(30) Priority:

30.09.2002 (cl.1-11) JP 2002-287847**30.07.2003 (cl.12-17) JP 2003-282653**(43) Application published: **20.01.2006**(45) Date of publication: **20.05.2008 Bull. 14**(85) Commencement of national phase: **28.03.2005**

(86) PCT application:

JP 03/12334 (26.09.2003)

(87) PCT publication:

WO 2004/031440 (15.04.2004)

Mail address:

**129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. S.A.Dorofeevu**

(72) Inventor(s):

KAKEMURA Tosiaki (JP),**KASIMA Khimoto (JP),****TsUDZINO Manabu (JP)**

(73) Proprietor(s):

TOPPAN PRINTING KO., LTD. (JP)(54) **METHOD OF FORMING THIN FILMS, DEVICE FOR FORMING THIN FILMS, AND THIN FILM FORMING PROCESS MONITORING METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: inorganic chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to the method of forming thin films of oxide on the surface of carrying base, a device for forming thin films (variants), and thin film forming process monitoring methods, and can be used during production of packages in different industries. A gaseous mixture containing gaseous monomer and an oxidising reaction gas is converted into plasma by changing the ratio of the gaseous monomer flow value to the reaction gas flow value so that the said ratio is within a set range of over 0 to 0.05. This allows to form thin films with gas protection properties stably and without

deviations. In the process of thin film formation, it is determined if a thin film with the required surface properties is formed, by measuring the intensity of the α line of hydrogen and the oxygen emission, which are radiated by the plasma during the thin film formation. The measured values are compared to the corresponding reference intensity values, at which thin films with required layer properties were obtained. The corresponding devices are also developed for the forming and monitoring methods.

EFFECT: formation of thin films with gas protection properties.

17 cl, 11 dwg, 19 ex, 6 tbl

Текст описания приведен в факсимильном виде.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к способу формирования тонких пленок и к устройству для формирования тонких пленок, созданных из оксидов, на такой подложке, как пластмассовые емкости. Также настоящее изобретение относится к способу мониторинга процесса формирования тонких пленок и к устройству для формирования тонких пленок оксида кремния на поверхности подложки, путем образования плазмы из газовой смеси, включающей газообразное кремнийорганическое соединение и окисляющий газ.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Пластмассовые емкости используются для целей расфасовки и упаковки в различных отраслях, таких как производство напитков, продуктов питания, гигиенических товаров и медикаментов, благодаря тому, что эти емкости обладают не только превосходной твердостью, небольшим весом и прекрасно формуются, но они также являются экономичными, их трудно сломать и легко закрыть повторно.

Хотя пластмассовые емкости обладают упомянутыми преимуществами, у них имеется и недостаток, заключающийся в том, что газы низкой молекулярной массы, такие как кислород или диоксид углерода, могут проникать через них. Данный недостаток именуется низкой газонепроницаемостью. Некоторые виды содержимого таких емкостей иногда подвергаются нежелательному

воздействию подобных газов. Исходя из этого, делались различные
попытки улучшения газонепроницаемости пластмассы при
5 промышленном производстве тары.

Среди этих попыток осуществлен один способ, в котором из
обычного и недорогого материала, имеющего высокую
10 газонепроницаемость, была сформирована многослойная структура.

Однако, материалы, имеющие многослойную структуру и
15 состоящие, по меньшей мере, из двух разных веществ, плохо
подходят для повторного использования. Таким образом, имелась
проблема с экологической точки зрения из-за того, что материалы,
20 имеющие многослойную структуру, должны выбрасываться в утиль
после использования. Вследствие этого производились другие
попытки по сокращению количества материала с высокой
25 газонепроницаемостью настолько, насколько это возможно, вплоть
до того, чтобы данный материал не оказывал влияния на повторное
30 использование основного материала. Однако, в материалах,
обладающих многослойной структурой, чаще всего невозможно
35 осуществить желаемую газонепроницаемость.

В настоящее время для того, чтобы реализовать возможность
повторного использования и газонепроницаемость по отношению к
40 кислороду, окиси углерода и водяному пару был предложен способ,
согласно которому на внутренней поверхности тары, сделанной из
45 обычной пластмассы, формируется тонкая пленка, обладающая
газонепроницаемостью. Одним из способов формирования тонких
пленок является метод плазменно-стимулированного осаждения из
50 газовой фазы (CVD - Chemical Vapor Deposition - Химическое
осаждение из газовой фазы), в котором тонкая пленка формируется

на внутренней поверхности емкости путем превращения в плазму технологического газа и химической реакции технологического газа. В частности, в технике известен (см., например, патентный документ 1) способ плазменно-стимулированного осаждения из газовой фазы, в котором емкость помещается между полым высокочастотным электродом, имеющим форму приблизительно аналогичную внешней форме емкости и внутренним электродом, форма которого приблизительно повторяет внутреннюю форму емкости. По другой разновидности способа плазменно-стимулированного осаждения из газовой фазы, как высокочастотный электрод, так и внутренний электрод размещаются на удалении от поверхности емкости, приблизительно на одинаковом расстоянии (см., например, патентный документ 2).

Патентный документ 1: Japanese Unexamined Patent Application, First Publication No. H8-53117

Патентный документ 2: Japanese Unexamined Patent Application, First Publication No. H8-175528

Однако даже если тонкая пленка сформирована данными методами, по-прежнему трудно управлять отношением потоков реакционного газа и мономерного газа в технологическом газе, превращаемом в плазму. В результате, существовала проблема в отношении того, что было невозможно стабильно формировать тонкую пленку, имеющую существенную газонепроницаемость, причем газонепроницаемость изменялась даже у изготовленных емкостей. Более того, другая проблема заключалась в том, что газонепроницаемость тонкой пленки понижалась из-за того, что произведенная тонкая пленка не обладала достаточной гибкостью и,

В конце концов, при использовании емкости имело место разрушение тонкой пленки.

5 Кроме этого, тонкие пленки формировались на внутренней поверхности не только пластмассовых емкостей, но также, например, стеклянных емкостей, для того, чтобы предотвратить
10 расплавление свинца, кадмия и т.д. в содержимом емкости. В этом случае необходимо формировать тонкую пленку стабильно без отклонений.
15

Тонкая пленка, обладающая газонепроницаемостью, также была сформирована на внутренней поверхности пластмассовых емкостей
20 для того, чтобы увеличить газонепроницаемость. Для этой цели в технике известен также плазменно-стимулированный CVD метод (здесь и далее плазменный CVD метод), в котором тонкая пленка
25 формируется на внутренней поверхности пластмассовой емкости превращением в плазму технологического газа и химической реакцией превращенного в плазму газа.
30

В процессе формирования тонкой пленки плазменным CVD методом не имелось возможности получить представление, обладает
35 ли данная тонкая пленка желаемым качеством поверхности. Следовательно, традиционно тонкую пленку изготавливали при мониторинге параметров (например, качества вакуума, приложенного
40 электропитания, величины вводимого газового потока) и после этого тонкая пленка оценивалась, независимо от того, имела или нет изготовленная пленка желаемое качество поверхности. Однако,
45 мониторинг параметров, таких, как качество вакуума, приложенное электропитание и величина вводимого газового потока, тем не
50 менее, не позволяет достичь желаемого качества поверхности

изготавливаемой тонкой пленки. Следовательно, необходимы более совершенные способы мониторинга.

5 С этой целью был предложен способ, в котором осуществляется мониторинг методом плазменной эмиссии. Данный метод назван плазменной диагностикой, и в его рамках можно получить
10 информацию относительно действительной внутренней структуры плазмы при помощи мониторинга эмиссии плазмы. С использованием
15 данного способа становится возможным точно предсказать качество поверхности тонкой пленки.

Например, в Japanese Unexamined Patent Application, First
20 Publication No. H1-87777 предложен способ, согласно которому правильность протекания процесса определяется мониторингом
25 соотношения между интенсивностью альфа и бета лучей водорода, которые испускаются плазмой, или мониторингом соотношения между альфа или бета лучами водорода и интенсивностью излучения гелия.

30 Однако, способ, который был описан в Japanese Unexamined Patent Application, First Publication No. H1-87777, сталкивается
35 со следующими проблемами.

Во-первых, хотя интенсивность альфа лучей водорода является относительно высокой, но интенсивность бета лучей небольшая и
40 эта интенсивность сильно колеблется. Следовательно, когда вычисляется соотношение между интенсивностью бета лучей водорода и интенсивностью излучения других атомных структур (молекулярных
45 структур), вычисленное соотношение сильно колеблется, следовательно, трудно получить точную информацию о внутренней
50 структуре плазмы.

Кроме этого, даже если соотношение интенсивностей

рассчитывается между относительно интенсивными лучами, такими как альфа лучи водорода, и излучением гелия, обе интенсивности - и альфа лучей водорода и излучения гелия - колеблются сходным образом, если колеблется давление формирования тонкой пленки. Следовательно, даже если давление формирования тонкой пленки колеблется и, соответственно, колеблется качество поверхности формируемой тонкой пленки, соотношение между интенсивностью альфа лучей водорода и интенсивностью излучения гелия не изменяется значительно. Следовательно, появляется проблема в отношении невозможности точного контроля плазмы.

Также спектры плазмы регистрируются в широком диапазоне от видимых длин волн до длин волн, близких к видимым (см. Фиг.3 в патентном документе 3). Возникает проблема из-за необходимости использования особых усложненных спектрометров для регистрации таких спектров, причем подобные спектрометры являются дорогими. Патентный документ 3: Japanese Unexamined Patent Application, First Publication No. H1-87777.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение было задумано ввиду вышеизложенных обстоятельств, и цель изобретения заключается в том, чтобы предоставить способ формирования тонких пленок и устройство для формирования тонких пленок, которые могли бы достигать стабильной газонепроницаемости и желательной гибкости тонких пленок без отклонений качества поверхности даже в случае формирования тонких пленок на большом количестве подложек. Другая цель настоящего изобретения - предоставить способ мониторинга процесса формирования тонких пленок и устройство для

формирования тонких пленок, при помощи которого стало бы
возможно получать более точное представление о структуре
5 генерируемой плазмы и определять, имеет ли изготавливаемая
тонкая пленка желаемое качество поверхности непосредственно в
ходе процесса, в котором газовая смесь, состоящая из
10 газообразного кремнийорганического вещества и окисляющего газа,
превращается в плазму, и тонкая пленка оксида кремния
15 формируется на поверхности подложки.

В настоящем изобретении способ формирования тонкой пленки,
в результате превращения в плазму газовой смеси, которая состоит
20 из газообразного мономера и реакционного окисляющего газа, и
формирования на поверхности подложки тонкой пленки,
25 изготовленной из оксида, включает в себя: первую стадию
формирования первой тонкой пленки путем превращения в плазму
газовой смеси при изменении соотношения величины потока
30 газообразного мономера относительно реакционного газа, при
условии, что соотношение величин потоков будет находиться, по
35 меньшей мере, в установленном диапазоне.

На первой стадии формирования тонкой пленки
предпочтительным является непрерывное понижение соотношения
40 величин подаваемых потоков газов.

На первой стадии формирования тонкой пленки является
45 предпочтительным, чтобы исходное значение соотношения величин
подаваемых потоков находилось в диапазоне от 0,02 до 0,2.

Является предпочтительным, чтобы способ формирования тонкой
50 пленки в дальнейшем включал вторую стадию формирования тонкой
пленки, в ходе которой значение соотношения величин поступающих

потоков повышается после первой стадии формирования тонкой пленки.

5 Кроме этого, в способе образования тонких пленок является предпочтительным, чтобы превращение в плазму производилось при таком управлении генерируемой отраженной мощностью, чтобы она
10 была эквивалентна 10% или менее от питающей высокочастотной мощности, что достигается при прохождении высокочастотного питания, с частотой 100 МГц или ниже, через схему согласования
15 импедансов перед подачей на высокочастотный электрод.

В настоящем изобретении устройство для формирования тонких
20 пленок в результате превращения в плазму газовой смеси, которая состоит из газообразного мономера и реакционного окисляющего газа, и для формирования тонкой пленки, образованной из оксида,
25 на внутренней поверхности емкости, имеющей закрытый конец, включает в себя: значительное количество камер для образования тонких пленок,
30 каждая из которых снабжена цилиндрическим высокочастотным электродом, причем один конец высокочастотного электрода является закрытым, так, чтобы цилиндрическая емкость
35 могла быть размещена на внутренней поверхности высокочастотного электрода, а также заземленным электродом, помещенным в цилиндрическую емкость,
40 причем заземленный электрод, имеет в своей концевой части газогенерирующий порт, так что этот порт генерирует газовую смесь; блок высокочастотного электропитания,
45 включающий схему согласования импедансов и источник высокочастотного питания, так чтобы высокочастотное питание подавалось на высокочастотный электрод через схему согласования
50 импедансов; и блок управления величинами потоков для управления

соотношением газообразного мономера и реакционного газа, содержащихся в газовой смеси. В этом случае высокочастотное электропитание подается с блока высокочастотного электропитания на большое количество камер формирования тонких пленок.

Допустимо, чтобы между цилиндрической емкостью и высокочастотным электродом помещалась съемная вставка, которая образована изолирующим элементом конструкции.

Предпочтительно, чтобы газогенерирующий порт имел, по меньшей мере, отверстие диаметром 0,5 мм или менее и/или прорезь шириной 0,5 мм или более узкую.

Кроме этого, предпочтительно, чтобы средняя поверхностная шероховатость внешней поверхности заземленного электрода находилась в пределах от 5 до 50 мкм, или, чтобы было обеспечено наличие съемной защитной трубки, по крайней мере, для части внешней поверхности заземленного электрода, и чтобы средняя поверхностная шероховатость внешней поверхности защитной трубки находилась в пределах от 5 до 50 мкм.

Также предпочтительно, чтобы металлический или керамический слой был напылен на внешнюю поверхность, которая имеет среднюю поверхностную шероховатость.

Помимо этого, в настоящем изобретении способ мониторинга процесса образования тонкой пленки в результате превращения в плазму газовой смеси, которая состоит из кремнийорганического газообразного вещества и окисляющего газа, и формирования на поверхности подложки тонкой пленки оксида кремния, включает в себя стадии: измерения интенсивности альфа лучей водорода, которые испускаются плазмой, и интенсивности излучения

кислорода; сравнения интенсивности альфа лучей водорода и
излучения кислорода с соответствующими интенсивностями излучения
водорода и кислорода, измеренными в условиях, при которых тонкая
5 пленка оксида кремния обладает желаемым качеством поверхности; и
определения, формируется ли тонкая пленка оксида кремния с
10 желаемым качеством поверхности.

Здесь предпочтительно, чтобы интенсивность альфа лучей
15 водорода и интенсивность излучения кислорода измерялась путем
выделения из всего излучения, испускаемого плазмой, излучения,
которое имеет определенный диапазон длин волн, с дальнейшим
20 измерением интенсивности излучения в выделенном диапазоне.

При этом предпочтительно, чтобы интенсивность альфа лучей
25 водорода и интенсивность излучения кислорода измерялась путем
измерения интенсивности излучения, которое имеет длину волны
 656 ± 5 нм, и интенсивности излучения, которое имеет длину волны
30 777 ± 5 нм, среди всего излучения, испускаемого плазмой.

Кроме этого, в настоящем изобретении, устройство для
35 формирования тонких пленок имеет в своем составе: камеру для
превращения в плазму газовой смеси и формирования тонкой пленки
оксида кремния на поверхности подложки, причем газовая смесь
40 состоит из газообразного кремнийорганического вещества и
окисляющего газа; измеряющий блок для измерения интенсивности
45 альфа лучей водорода и излучения кислорода, причем оба вида
лучей испускаются плазмой в камере; блок хранения данных, для
хранения таких значений интенсивности альфа лучей водорода и
50 излучения кислорода, при которых тонкая кремнийорганическая
пленка имела заранее определенное желаемое качество поверхности;

и определяющий блок, служащий для определения того, находится ли измеренная интенсивность альфа лучей водорода и измеренная
5 интенсивность излучения кислорода в установленном диапазоне, путем сравнения измеренной интенсивности альфа лучей водорода с соответствующей интенсивностью в блоке хранения данных, а также
10 сравнения измеренной при помощи измеряющего блока интенсивности излучения кислорода с соответствующей интенсивностью, которая сохранена в блоке хранения данных.

При этом является предпочтительным, чтобы измеряющий блок был снабжен полосовым фильтром, который из всего излучения,
20 испускаемого плазмой в камере, выделяет только то излучение, которое попадает в определенный диапазон длин волн.

Кроме того, является предпочтительным, чтобы в состав измеряющего блока входил первый полосовой фильтр, который имеет
25 1% или более низкое пропускание за пределами диапазона 656 ± 5 нм, второй полосовой фильтр, который имеет 1% или более низкое пропускание за пределами диапазона 777 ± 5 нм, первый
30 количественный измерительный элемент, который воспринимает излучение, прошедшее через первый полосовой фильтр и второй количественный измерительный элемент, который воспринимает
35 излучение, прошедшее через второй полосовой фильтр.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

45 ФИГ.1 представляет собой общий вид устройства для формирования тонких пленок согласно первому варианту воплощения изобретения.

50 ФИГ.2 представляет собой вертикальный разрез камеры для формирования тонких пленок, которой снабжено устройство для

формирования тонких пленок, показанное на ФИГ.1.

ФИГ.3 представляет собой плоскую проекцию, на которой
5 изображен газогенерирующий порт, расположенный на заземленном
электроде устройства для формирования тонких пленок, показанного
на ФИГ.1.

10 ФИГ.4 представляет собой график, который показывает пример
изменения во времени соотношения величин подаваемых потоков.

15 ФИГ.5 представляет собой график, показывающий другой пример
изменения соотношения величин подаваемых потоков в зависимости
от времени.

20 ФИГ.6 является плоской проекцией, на которой изображен
другой вариант газогенерирующего порта, расположенного на
25 поверхности заземленного электрода устройства для формирования
тонких пленок.

30 ФИГ.7 представляет собой вертикальный разрез, на котором
показан образец заземленного электрода, которым снабжено
устройство для формирования тонких пленок.

35 ФИГ.8 является плоской проекцией, на которой показан другой
образец камеры для формирования тонких пленок.

40 ФИГ.9 представляет собой общий вид варианта устройства для
формирования тонких пленок в соответствии с настоящим
изобретением.

45 ФИГ.10 представляет собой вертикальный разрез, на котором
показан образец камеры для формирования тонких пленок в
соответствии с настоящим изобретением.

50 ФИГ.11 представляет собой общий вид, на котором показан
образец компьютера для мониторинга в соответствии с настоящим

изобретением.

НАИЛУЧШИЙ СПОСОБ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Первое воплощение

Детали первого воплощения способа формирования тонких пленок в соответствии с настоящим изобретением, объяснены в отношении приведенных ниже примеров, в которых тонкая пленка из оксида кремния формируется на внутренней поверхности пластмассовой цилиндрической емкости с закрытым концом, имеющей круговое поперечное сечение.

ФИГ.1 показывает вариант устройства 10 для формирования тонких пленок, которое преимущественно используется в представленном воплощении способа формирования тонких пленок. Устройство 10 для формирования тонких пленок снабжено четырьмя комплектами камер 20 для формирования тонких пленок, которые способны одновременно формировать тонкие пленки в четырех комплектах цилиндрических емкостей 21, путем помещения цилиндрических емкостей 21 в предварительно определенные положения в камерах 20 для формирования тонких пленок.

Как показано на ФИГ.2, каждая из камер 20 для формирования тонких пленок снабжена цилиндрическим высокочастотным электродом 22, имеющим закрытый конец и цилиндрическое поперечное сечение, и полым цилиндрическим заземленным электродом 23, концевая часть которого введена внутрь цилиндрической емкости 21, в том случае, когда цилиндрическая емкость 21 расположена в предварительно заданном положении внутри высокочастотного электрода 22.

В данном примере высокочастотный электрод 22 состоит из цилиндрической части 22а, которая изготовлена из проводящего

материала, и крышки 22b, которая изготовлена из проводящего материала и закрывает торец цилиндрической части 22a. Крышка 22b
5 является съемной с цилиндрической части 22a.

Заземленный электрод 23 также изготовлен из проводящего материала. Газогенерирующий порт 23a размещен в концевой части
10 заземленного электрода 23 для того, чтобы генерировать технологический газ, как, например, газовую смесь, включающую газообразный мономер и окисляющий реагент, для формирования
15 оксида кремния по пути к внутренней поверхности цилиндрической емкости 21. Газовая смесь выделяется из газогенерирующего порта 23a посредством подачи газообразного мономера и реагирующего
20 газа через основание электрода. Как объяснено выше в этом примере, заземленный электрод 23 служит в качестве газоподводящей трубки для технологического газа. Кроме того, в
25 этом примере, как показано на ФИГ.3, газогенерирующий порт 23a состоит из пяти приблизительно прямоугольных прорезей 23b, имеющих ширину 0,5 мм.

Опорное отверстие 24a, предназначенное для крепления открытого конца цилиндрической емкости 21, и изолирующая
35 пластина 24, изготовленная из керамического материала для изоляции высокочастотного электрода 22, устанавливаются на другом конце высокочастотного электрода 22. Также за счет
40 установки изолирующей пластины 24 образуется цилиндрический донный отдел 25, который снабжен отверстием 25a для откачки воздуха из камеры для формирования тонких пленок 20. С помощью
45 присоединения вакуумного насоса, который не показан на чертеже, к отверстию для откачки воздуха 25a можно снизить давление в
50

камере для формирования тонких пленок и удалить оттуда воздух. С этой целью в изолирующей пластине 24 создается соединительное
5 отверстие (не показано на чертеже), которое соединяет пространство между цилиндрической емкостью 21 и высокочастотным электродом 22 с пространством внутри цилиндрической емкости 21.
10 Когда вакуумный насос начинает работать, становится возможным понизить давление не только внутри цилиндрической емкости 21, но также в пространстве между цилиндрической емкостью 21 и
15 высокочастотным электродом 22. Здесь, конец описанного выше заземленного электрода 23 вводится внутрь цилиндрической емкости 21 через донный отдел 25.

На ФИГ.1 ссылочный номер 42 обозначает 4 комплекта блоков
25 управления величинами потоков газа, каждый из которых включает контроллер массы 40 для управления величиной потока реакционного газа и контроллер массы 41 для управления величиной потока
30 газообразного мономера. Контроллерами массы 40 и 41 обеспечивается каждая камера для формирования тонких пленок 20. Величина потока реагирующего газа и величина потока
35 газообразного мономера регулируются блоками управления величиной потоков 42. После этого реагирующий газ и газообразный мономер
40 вводятся в каждую из камер для образования тонких пленок 20 через основание заземленного электрода 23. При этом реагирующий газ и газообразный мономер выделяются из газогенерирующего порта
45 23а.

Дополнительно, как показано на ФИГ.1, устройство 10 для
50 формирования тонких пленок снабжается блоком 30 источника высокочастотного электропитания, который способен подавать

высокочастотное питание одновременно на четыре комплекта камер 20 для образования тонких пленок.

5 Блок 30 источника высокочастотного электропитания снабжен источником 31 высокочастотного электропитания для подачи высокочастотного питания, и схемой 32 согласования импедансов, 10 служащей для регулирования высокочастотного питания, подаваемого с источника 31 высокочастотного электропитания. Высокочастотное 15 питание, которое подается с источника высокочастотного электропитания, регулируется при управлении величинами согласования и подается на высокочастотный электрод 22. 20 Благодаря этому появляется возможность избежать отраженной мощности; следовательно, подаваемое высокочастотное питание 25 эффективно направляется на высокочастотный электрод 22. В результате, становится возможным сформировать тонкую пленку, которая имеет желаемую газонепроницаемость.

30 Далее поясняется пример способа, посредством которого формируются тонкие пленки на четырех комплектах цилиндрических емкостей 21, с использованием устройства 10 для формирования 35 тонких пленок.

Прежде всего, удаляют крышку 22b высокочастотного электрода 40 22 в каждой из камер 20 для формирования тонких пленок. Цилиндрическую емкость, служащую подложкой, кладут внутрь 45 высокочастотного электрода 22. Открытый конец цилиндрической емкости 21 закрепляют в опорном отверстии 24a, сформированном в изолирующей пластине 24. Далее, крышку 22b присоединяют к 50 цилиндрической части 22a высокочастотного электрода 22, так, чтобы их соединение было герметичным. Таким образом, конец

высокочастотного электрода оказывается герметично закрытым. Газогенерирующий порт 23а, сформированный на конце заземленного электрода 23, помещают внутрь цилиндрической емкости 21. После этого включают вакуумный насос, который не показан на чертеже. После понижения давления воздуха во внутреннем пространстве камеры для формирования тонких пленок 20 вплоть до его полного удаления, в камеру для формирования тонких пленок 20 вводят газовую смесь, состоящую из газообразного мономера и реакционного газа, управляя величиной потоков газообразного мономера и реакционного газа при помощи блока 42 управления величиной потоков. В результате этого газовая смесь выделяется из газогенерирующего порта 23а. Далее запускают блок 30 источника высокочастотного электропитания. Высокочастотное питание с частотой не выше 100 МГц проходит через схему 32 согласования импедансов. Высокочастотное питание подают на высокочастотный электрод 22 в каждой из камер 20 для формирования тонких пленок, при изменении величин согласования и управлении генерируемой отраженной мощностью, так, чтобы она не превышала 10% от подаваемой высокочастотной мощности. В результате газовая смесь превращается в плазму между высокочастотным электродом 22 и заземленным электродом 23 в каждой из камер для образования тонких пленок 20; следовательно, тонкая пленка, образованная из оксида кремния, формируется на внутренней поверхности цилиндрической емкости 21.

В дополнение к этому на первой стадии образования тонкой пленки непрерывно и плавно понижают соотношение потоков, начиная со значительного соотношения, при условии, что соотношение

потоков (соотношение величин подаваемых потоков) газообразного мономера относительно реакционного газа в поступающей смеси, по меньшей мере, заключено в установленном диапазоне. Посредством такой первой стадии формирования тонкой пленки, становится возможным стабильно формировать тонкие пленки, имеющие особенно высокую газонепроницаемость без отклонений. Соотношением величин подаваемых потоков управляют при помощи блока 42 управления величинами потоков.

В данном примере установленный диапазон означает диапазон соотношений величин потоков, при котором может формироваться тонкая пленка, обладающая желаемой газонепроницаемостью. Данный установленный диапазон изменяется в зависимости от типа производимой тонкой пленки и типа применяемой газовой смеси. Установленный диапазон соотношения величин подаваемых потоков газообразного мономера относительно реагирующего газа, для формирования тонких пленок, обладающих желаемой газонепроницаемостью, находится в пределах от 0 до приблизительно 0,05, в том случае, если тонкая пленка оксида кремния формируется при условии, что газовая смесь образована газообразным мономером и реакционным газом, причем газообразный мономер является кремнийорганическим соединением, таким, как гексаметилдисилоксан, а реакционный газ является кислородом.

Следовательно, например, как показано на графике ФИГ.4, исходное значение отношения величин подаваемых потоков на стадии формирования первой тонкой пленки устанавливают равным 0,1, что выходит за верхний предел оговоренного выше диапазона. После этого начинают подачу газовой смеси. Затем подают

высокочастотное питание с блока высокочастотного электропитания
30. Газовая смесь превращается в плазму между высокочастотным
5 электродом 22 и заземленным электродом 23. Далее, в течение того
времени, пока поддерживается процесс превращения газовой смеси в
плазму, соотношение величин подаваемых потоков последовательно
10 понижают, путем последовательного понижения величины потока
газообразного мономера, при помощи блока управления величинами
15 потоков 42. Впоследствии величину потока газообразного мономера
понижают в течение приблизительно 5 секунд, до тех пор, пока
соотношение величин подаваемых потоков не станет равным 0,01.
20 При этом соотношение величин подаваемых потоков непрерывно
понижается с 0,1 до 0,01 в течение приблизительно 5 секунд.
25 Таким образом, существует период времени, составляющий
приблизительно 3,5 секунды, в течение которого соотношение
величин подаваемых потоков находится в установленном диапазоне
30 от 0 до 0,05, в котором имеется возможность формирования тонкой
пленки, обладающей желаемой газонепроницаемостью.

35 Способом, в котором соотношение величин подаваемых потоков
регулируется гибко и непрерывно, при условии, что соотношение
величин подаваемых потоков заключено в установленном диапазоне,
40 можно значительно легче, чем в случае строго определенного
соотношения величин подаваемых потоков, превращать смесь газов в
45 плазму и формировать тонкую пленку, обладающую желаемой
газонепроницаемостью. Кроме этого, чрезвычайно сложно сохранять
соотношение величин подаваемых потоков на постоянном уровне, в
50 течение всего времени формирования пленки. Однако, вышеописанным
способом можно формировать тонкую пленку неоднократно без

точного регулирования величины потока. Следовательно, качество
изготовленной тонкой пленки является постоянным, даже если
5 большое количество тонких пленок сформировано на цилиндрической
емкости 21.

Установленный диапазон является переменным в соответствии с
10 типом применяемой газовой смеси и целью нанесения тонкой пленки.
Следовательно, для установленного диапазона не существует
ограничения и есть возможность задавать его границы по желанию.
15 Кроме того, время, в течение которого соотношение величин
подаваемых потоков будет пребывать в установленном диапазоне,
является переменным в соответствии с типом применяемой газовой
20 смеси и целью нанесения тонкой пленки. Следовательно, не
существует ограничения для времени и имеется возможность
устанавливать время по желанию. Однако предпочтительно
удерживать отношение величин подаваемых потоков в упомянутом
30 выше установленном диапазоне от 2 до 5 секунд для того, чтобы
нанести тонкую пленку, сформированную из оксида кремния и
имеющую желаемую газонепроницаемость, при использовании
35 кремнийорганического соединения, такого, как
гексаметилдисилоксан, в качестве газообразного мономера и
кислорода в качестве реакционного газа. Имеются случаи, в
40 которых тонкая пленка, обладающая желаемой газонепроницаемостью,
не может быть изготовлена, если время меньше 2 секунд. Если
45 время превышает 5 секунд, газонепроницаемость не улучшается.

Также, в настоящем примере, как показано на ФИГ.4,
50 соотношение величин подаваемых потоков непрерывно уменьшается в
две стадии, характеризующиеся различной скоростью уменьшения.

Однако, такое двухстадийное понижение скорости не является абсолютно необходимым. Например, приемлемо, если скорость
5 понижается в три или большее количество стадий. Также приемлемо, если соотношение величин подаваемых потоков понижается с постоянной скоростью. Кроме этого, пока отношение величин
10 подаваемых потоков изменяется, оставаясь при этом, по меньшей мере, в рамках установленного диапазона, данное отношение может увеличиваться на стадии формирования первой тонкой пленки.
15 Помимо этого, является приемлемым, если соотношение величин подаваемых потоков колеблется при поочередно повторяющихся увеличениях и уменьшениях. Однако, как и в этом примере, в описываемом способе, в плазму на начальном периоде первой стадии
20 формирования тонкой пленки превращается газовая смесь, обладающая высокой плотностью газообразного мономера, с целью непрерывного понижения соотношения величин подаваемых потоков.
25 Следовательно, на поверхности подложки формируется тонкая пленка, содержащая больше органических компонентов. Если подложка сделана из пластмассы, прочность сцепления с тонкой
30 пленкой может улучшаться.
35

Кроме того, в данном примере исходное значение соотношения
40 величин подаваемых потоков на стадии формирования первой тонкой пленки составляет 0,1, и после этого соотношение величин подаваемых потоков уменьшается. Предпочтительное исходное
45 значение для соотношения величин подаваемых потоков составляет от 0,02 до 0,2. Более предпочтительно от 0,02 до 0,1. Если
50 соотношение величин подаваемых потоков меньше, чем 0,01, данное соотношение, возможно, не попадает в установленный диапазон;

следовательно, невозможно сформировать тонкую пленку, обладающую
желаемой газонепроницаемостью. С другой стороны, если
5 соотношение величин подаваемых потоков превышает 0,2,
формирование тонкой пленки займет слишком много времени.

Также в этом примере соотношение величин подаваемых потоков
10 является переменным, при этом реакционный газ подается при
практически постоянной величине потока, и только величина
15 подаваемого потока газообразного мономера понижается. В
соответствии с этим способом, появляется возможность
сформировать тонкую пленку, обладающую желаемой
20 газонепроницаемостью, в течение короткого времени.
Дополнительно, величина поступающего потока может быть понижена
25 многими другими способами. Например, приемлемо, если величина
поступающего потока реакционного газа повышается, в то время как
величина поступающего потока газообразного мономера остается
30 приблизительно постоянной. Также приемлемо, если и величина
подаваемого потока газообразного мономера, и величина
35 подаваемого потока реакционного газа изменяются, в то время как
величина поступающего потока газовой смеси остается
приблизительно постоянной. Оптимальная величина общего
40 подаваемого потока газовой смеси изменяется в зависимости от
мощности (скорости откачки) вакуумного насоса; следовательно,
45 предпочтительно устанавливать общую величину подаваемого потока
в соответствии с мощностью вакуумного насоса.

Также, как объяснялось выше, в данном примере газовая смесь
50 превращается в плазму при управлении генерируемой отраженной
мощностью, чтобы она составляла 10% или менее от подаваемого

высокочастотного электропитания с частотой 100 МГц или ниже, путем подачи высокочастотного питания через схему согласования импедансов 32 и подачи высокочастотного питания на высокочастотный электрод при изменении величин согласования. Следовательно, даже если импеданс плазмы на первой стадии формирования тонкой пленки изменяется из-за изменения соотношения величин подаваемых потоков, есть возможность поддерживать высокочастотное питание для превращения газовой смеси в плазму на достаточно высоком приблизительно постоянном уровне и избегать понижения газонепроницаемости тонкой пленки из-за увеличения отраженной мощности. Если отраженная мощность поддерживается на уровне 10% или ниже, газонепроницаемость изготовленной тонкой пленки может сохраняться на более высоком уровне.

Кроме этого, как в настоящем примере, в случае формирования тонкой пленки, состоящей из оксида кремния, на второй стадии формирования тонкой пленки является предпочтительным, чтобы соотношение величины поступающего потока газообразного мономера и реакционного газа повышалось после объясненной выше первой стадии формирования тонкой пленки. Посредством второй стадии формирования тонкой пленки есть возможность сформировать органическую пленку на внешней стороне тонкой пленки, сформированной на упомянутой первой стадии. В итоге становится возможным сформировать тонкую пленку, которая обладает не только газонепроницаемостью, но также и гибкостью. Следовательно, в процессе использования цилиндрической емкости 21 вряд ли будут возникать трещины.

Для того чтобы повысить отношение величины подаваемого потока газообразного мономера к потоку реакционного газа, пригоден способ, в котором увеличивается только величина поступающего потока газообразного мономера. Также пригоден способ, согласно которому происходит только уменьшение величины потока реакционного газа. Дополнительно, предпочтительным является способ, в котором общая величина поступающего потока газовой смеси сохраняется приблизительно постоянной без значительных колебаний, величина поступающего потока газообразного мономера возрастает, и общая величина потока реагирующего газа одновременно уменьшается. При таком способе может быть изготовлена более гибкая тонкая пленка.

Помимо этого, как в настоящем примере, для формирования гибкой тонкой пленки оксида кремния, обладающей высокой газонепроницаемостью, предпочтительно, чтобы в конце процесса соотношение подаваемых потоков мономерного газа относительно реакционного газа было 100 или выше. Более предпочтительно, если оно 1000 или выше. Более того, предпочтительно, чтобы величина потока реакционного газа в газовой смеси равнялась нулю. Также в подобном случае предпочтительно, чтобы время, необходимое для второй стадии формирования тонкой пленки, находилось в диапазоне от 1 до 3 секунд.

Способ формирования тонких пленок, объясненный выше, включает в себя первую стадию формирования тонкой пленки в ходе которой происходит превращение газовой смеси в плазму при постоянном изменении соотношения потоков подаваемых газов, так чтобы это соотношение находилось, по крайней мере, в границах

установленного диапазона. Следовательно, возможно легко
сформировать тонкую пленку, обладающую желаемой
газонепроницаемостью, при отсутствии у изготовленной пленки
колебаний качества поверхности, по сравнению со способом, в
котором соотношение величин подаваемых потоков регулируется
точно, так чтобы тонкая пленка имела желаемую
газонепроницаемость, и газовая смесь превращается в плазму при
сохранении точного соотношения величин подаваемых потоков.
Дополнительно, после данной первой стадии, в ходе описанной выше
второй стадии формирования тонкой пленки, появляется возможность
формировать тонкую пленку, обладающую не только
газонепроницаемостью, но также и гибкостью.

Помимо этого, даже если тонкие пленки формируются на
большом количестве цилиндрических емкостей 21, есть возможность
стабильно формировать тонкие пленки, обладающие высокой
газонепроницаемостью, избегая отклонений качества поверхности
среди емкостей, в особенности при использовании показанного на
чертежах устройства для формирования тонких пленок 10, которое
способно подавать высокочастотное питание с блока
высокочастотного питания на большое количество камер для
образования тонкой пленки. Дополнительно, устройство для
формирования тонких пленок может иметь компактную структуру.
Следовательно, устройство для формирования тонких пленок 10
является предпочтительным с точки зрения низкой стоимости
аппаратуры.

Пять прорезей 23b, каждая из которых имеет ширину 0,5 мм,
сформированы в горизонтальном направлении газогенерирующего

порта 23а. Здесь, как показано на чертежах, газогенерирующий порт 23а образован на вершине заземленного электрода 23 в устройстве для формирования тонких пленок 10. Однако не существует ограничений на количество прорезей, ширину прорезей и промежутки между прорезями. Более того, не существует ограничения на форму. Это значит, что овальная форма и т.п. является приемлемой. Однако разница давлений между внутренней и внешней сторонами заземленного электрода 23 возрастает, если газогенерирующий порт 23а образован прорезями, каждая из которых имеет ширину 0,5 мм или уже, или, если газогенерирующий порт 23с образован, по меньшей мере, отверстием 23с, имеющим диаметр 0,5 мм или менее, как показано на ФИГ.6. В этих случаях газовая смесь превращается в плазму ограниченным образом. В результате не возникает различий в толщине тонкой пленки между участком вблизи газогенерирующего порта 23а и остальными участками на внутренней поверхности цилиндрической емкости 21. Следовательно, тонкая пленка формируется равномерно.

Также предпочтительно, чтобы средняя поверхностная шероховатость (R_a) внешней поверхности заземленного электрода 23 находилась в диапазоне от 5 до 50 мкм. Т.е., когда газовая смесь выделяется из газогенерирующего порта 23а, образованного на поверхности заземленного электрода 23, и затем превращается в плазму, тонкая пленка формируется не только на внутренней поверхности цилиндрической емкости 21, но и на внешней поверхности заземленного электрода 23. При этом, если средняя поверхностная шероховатость (R_a) внешней поверхности заземленного электрода находится в пределах от 5 до 50 мкм,

возрастает сцепление между тонкой пленкой и внешней
поверхностью, даже если тонкая пленка сформирована на этой
5 внешней поверхности. Также имеет место повторяющееся расширение
и сжатие заземленного электрода 23 благодаря нагреванию. В
результате появляется эффект снижения напряжения, даже если
10 напряжение приложено к тонкой пленке. Следовательно, есть
возможность ограничить загрязнение цилиндрической емкости 21,
15 которое возникает из-за отслаивания пленки оксида кремния от
внешней поверхности заземленного электрода 23 во время
использования устройства для формирования тонких пленок 10. При
20 этом, если поверхностная шероховатость составляет 5 мкм или
менее, шероховатость является незначительной. Следовательно,
25 становится невозможным ограничить до желательной степени
отслаивание тонкой пленки. С другой стороны, в областях, имеющих
избыточную шероховатость, превышающую 50 мкм, могут иногда
30 возникать аномальные электрические разряды. В этом случае тонкая
пленка не сможет формироваться стабильно.

35 Помимо этого, даже если внешняя поверхность заземленного
электрода 23 имеет описанную выше шероховатость, необходимо
периодически удалять тонкую пленку, образовавшуюся на
40 заземленном электроде 23, если эта пленка достигает определенной
степени толщины. Следовательно, более предпочтительно, чтобы на
45 внешней поверхности заземленного электрода 23 была размещена
съёмная защитная трубка 26, средняя шероховатость поверхности
которой (R_a) составляет от 5 до 50 мкм, с тем, чтобы заменять
50 размещенную в настоящее время трубку 26 новой защитной трубкой
26, когда внешняя поверхность используемой трубки покрывается

тонкой пленкой определенной степени толщины. При этом становится возможным продолжать работу устройства для формирования тонких пленок, поскольку защитная трубка 26 может быть заменена новой защитной трубкой просто и быстро, даже если тонкая пленка определенной степени толщины образовалась на внешней поверхности защитной трубки 26. Следовательно, устройство прекрасно пригодно для технического обслуживания.

Не существует ограничений на способ приведения средней поверхностной шероховатости в указанный выше диапазон. Например, можно упомянуть пескоструйный способ или способ химического травления. С другой стороны можно регулировать среднюю поверхностную шероховатость напылением металла или керамики на внешнюю поверхность заземленного электрода 23 или внешнюю поверхность защитной трубки 26. Поверхность напыленного материала, т.е. металла или керамики, является не только шероховатой, но и пористой с внутренней стороны. Следовательно, напыленный материал имеет превосходное сцепление по сравнению с тонкой пленкой. Таким образом, становится возможным предотвратить удаление или отслаивание тонкой пленки от внешней поверхности заземленного электрода 23 и с внешней поверхности защитной трубки 26.

Также в камере для формирования тонких пленок, устройства для формирования тонких пленок 10 между цилиндрической емкостью 21 и высокочастотным электродом 22 может быть помещена съемная цилиндрическая изолирующая вставка 27, как показано на ФИГ.8, в то время как цилиндрическая емкость находится внутри высокочастотного электрода 22. При использовании этой вставки

появляется возможность формировать тонкие пленки на различных цилиндрических емкостях 21, обладающих различными размерами и 5 внешней формой.

Т.е., если тонкая пленка формируется на поверхности цилиндрической емкости 21, имеющей маленький диаметр, используют 10 относительно толстую цилиндрическую вставку 27. В результате объем пространства между цилиндрической емкостью 21 и высокочастотным электродом 22 уменьшается; следовательно, становится возможным быстро вакуумировать пространство в камере для формирования тонких пленок 20. Кроме того, даже если 20 используют вставку 27, цилиндрическая емкость 21 размещена коаксиально по отношению к высокочастотному электроду 22; следовательно, толщина изготовленной пленки является 25 равномерной. Также, в том случае, если поперечное сечение цилиндрической емкости 21 имеет некруговую форму, такую, как овальная или прямоугольная, есть возможность сформировать тонкую 30 пленку, имеющую желаемую газонепроницаемость с равномерной толщиной на любом типе цилиндрических емкостей 21, при помощи использования вставки 27, у которой поперечное сечение 35 внутренней поверхности соответствует внешней форме цилиндрической емкости 21. 40

Также в данном случае можно эффективно сформировать тонкую 45 пленку на внутренней поверхности цилиндрической емкости 21, помещая вставку 27 так, чтобы она соприкасалась с внутренней поверхностью высокочастотного электрода.

50 Более того, как было объяснено выше, есть возможность стабильно формировать тонкие пленки на различных цилиндрических

емкостях 21, обладающих различными размерами и различными
внешними формами, при использовании вставки 27. Также возможно
ограничить загрязнение газовой смеси на внутренней поверхности
высоочастотного электрода 22. Если внутренняя поверхность
высоочастотного электрода является загрязненной, эффективность
электрического разряда иногда может снижаться. Следовательно,
можно предотвратить снижение эффективности электрического
разряда при использовании вставки 27 подобным образом.
Следовательно, качество поверхности тонкой пленки останется
стабильным в течение долгого времени.

Можно упомянуть пластмассу и керамику в качестве материалов
для изготовления вставки 27, благодаря тому, что они не влияют
на эффективность электрического разряда внутри высоочастотного
электрода 22, даже если их внутренняя поверхность загрязнена. В
частности можно указать пластмассу из-за ее пригодности к
формованию.

Как объяснялось выше, способ формирования тонких пленок
включает первую стадию формирования тонких пленок, в ходе
которой происходит превращение газовой смеси в плазму при
непрерывном изменении соотношения величин поступающих потоков,
таким чтобы соотношение величин поступающих потоков было, по
меньшей мере, заключено в установленном диапазоне.
Следовательно, по сравнению со способом, в котором соотношение
величин подаваемых потоков находится в строго регулируемом
диапазоне, становится возможным легко формировать тонкую пленку,
которая обладает желаемой газонепроницаемостью, без
неравномерного качества поверхности тонкой пленки. Также

маловероятно, что отклонения качества поверхности будут иметь место, когда тонкие пленки формируются на большом количестве
5 подложек. Более того, в ходе упомянутой выше второй стадии формирования тонкой пленки, после первой стадии, есть возможность сформировать тонкую пленку, имеющую не только
10 газонепроницаемость, но также и гибкость.

Помимо этого, как показано на чертежах, может
15 использоваться определенный тип устройства 10 для формирования тонких пленок, которое может подавать высокочастотное питание с блока 30 источника высокочастотного электропитания на большое
20 количество камер 20 для формирования тонких пленок. При этом, даже если тонкие пленки формируются на большом числе подложек, есть возможность более стабильно и производительно формировать
25 тонкие пленки, которые обладают высокой газонепроницаемостью, без отклонений среди емкостей. Дополнительно, устройство 10 для
30 формирования тонких пленок имеет компактную конфигурацию. Следовательно, с точки зрения невысокой стоимости оборудования, устройство 10 для формирования тонких пленок является
35 предпочтительным.

В объясненном выше способе формирования тонких пленок
40 пластмассовая цилиндрическая емкость 21 показана в качестве примера подложки. Не существует ограничений для материала, из которого сделана подложка. Стекло является приемлемым в качестве
45 материала для изготовления подложки, поскольку тонкая пленка, нанесенная на него, может стабильно реализовывать заранее
50 определенные функции. Также с точки зрения формы, подложка не ограничена формой емкости.

Помимо этого, хотя все приведенные выше объяснения приводились для случая, в котором газовая смесь включает газообразный мономер и реакционный газ, газовая смесь может включать в себя инертные газы, такие, как гелий, аргон и т.д. Также, что касается газообразного мономера, который используется для формирования тонкой пленки, образованной из оксида кремния, то есть возможность выбрать этот мономер среди гексаметилдисилоксана, 1,1,3,3-тетраметилдисилоксана, винилтриметилсилана, метилтриметоксисилана, гексаметилдисилана, метилсилана, диметилсилана, триметилсилана, диэтилсилана, пропилсилана, фенилсилана, винилтриэтоксисилана, винилтриметоксисилана, тетраэтоксисилана, фенилтриметоксисилана, метилтриэтоксисилана и октаметилциклотетрасилоксана. В частности предпочтительными являются 1,1,3,3-тетраметилдисилоксан, гексаметилдисилоксан и октаметилциклотетрасилоксан. Однако, также возможно использование аминосилана и силазана.

Также можно сформировать тонкую пленку из оксида алюминия, путем использования алюминийорганических соединений, таких как триметилалюминий, в качестве газообразного мономера.

Также в качестве реагирующего окисляющего газа можно использовать не только кислород, но также оксид азота, двуокись углерода и озон.

(Экспериментальный пример)

Нижеследующим настоящее изобретение объясняется конкретно в деталях в отношении экспериментальных примеров.

(Экспериментальный пример 1)

Цилиндрическую емкость 21, изготовленную из

полиэтилентерефталата, имеющую круговое поперечное сечение и
объем 500 мл, помещают в камеру 20 для формирования тонких
5 пленок. Пространство 20 в камере для формирования тонких пленок
вакуумируют (начальное давление для формирования тонкой пленки:
10 Па). После этого, величину потока гексаметилдисилоксана
10 (газообразный мономер) и величину потока кислорода (реакционный
газ) регулируют с помощью массового контроллера. Газообразный
15 мономер и реакционный газ подаются из основания заземленного
электрода 23 (газоподводящая трубка). Исходная величина
поступающего потока гексаметилдисилоксана составляет 10 мл/мин.
20 Исходная величина поступающего потока кислорода составляет 500
мл/мин (т.е. исходное соотношение величин поступающих
25 потоков = 0,02). Кроме того, как показано на ФИГ.3,
подготавливают заземленный электрод 23, который имеет в своей
концевой части газогенерирующий порт 23а, состоящий из пяти
30 приблизительно прямоугольных прорезей 23b шириной 0,5 мм. Также,
на внешней поверхности заземленного электрода 23, как показано,
на ФИГ.7, расположена медная защитная трубка 26, имеющая среднюю
35 поверхностную шероховатость (Ra) 10 мкм, поверхность которой
подвергалась пескоструйной обработке.

40 Далее на высокочастотный электрод 22 камеры 20 для
формирования тонких пленок в течение 5 секунд подают
45 высокочастотное электропитание частотой 13,56 МГц мощностью 400
Вт. При этом формируется тонкая пленка. В течение этого периода
соотношение величин подаваемых потоков гексаметилдисилоксана по
50 отношению к кислороду непрерывно изменяют, как показано в
таблице 1.

В результате, тонкая пленка оксида кремния равномерно формируется на внутренней поверхности цилиндрической емкости 21.

К тому же, вышеописанную операцию повторяют. Таким образом, тонкую пленку формируют на поверхности в общей сложности 30 емкостей 21. Газопроницаемость по отношению к кислороду измеряют для каждой из этих емкостей 21; затем рассчитывают среднюю величину и ее стандартное отклонение. В результате выясняют, как показано в таблице 2, что имеется возможность сформировать тонкую пленку, для которой каждая средняя величина и каждое стандартное отклонение газопроницаемости кислорода являются незначительными, газонепроницаемость по отношению к кислороду является высокой, и качество поверхности не колеблется. В данном случае газопроницаемость по отношению к кислороду измеряли Moco Inc.'s Oxitran 10/50. Внутри цилиндрической емкости находилась 90% смесь азот/водород при температуре 25°C. Во внешнем пространстве цилиндрической емкости поддерживалась температура 25°C при 65% атмосферных условиях.

Дополнительно, хотя тонкие пленки формировались вышеописанным способом тысячи раз, изготовленные пленки никогда не отслаивались от внешней поверхности защитной трубки 26.

(Экспериментальные примеры 2-10)

Тонкие пленки оксида кремния формируют на внутренней поверхности цилиндрической емкости 21 по способу, аналогичному описанному в экспериментальном примере 1, за исключением того, что исходная величина подаваемого потока гексаметилдисилоксана (газообразный мономер) и исходная величина подаваемого потока кислорода (реакционный газ) установлены так, как показано в

таблице 1, и соотношение величин подаваемых потоков изменяют в соответствии с таблицей 1. Кроме того, описанные выше операции повторяют в каждом экспериментальном примере. Следовательно, тонкие пленки формируют в общей сложности на 30 цилиндрических емкостях 21. Газопроницаемость по отношению к кислороду измеряют для каждой из этих емкостей; затем рассчитывают среднюю величину и ее стандартное отклонение. В результате выясняют, как показано в таблице 2, что имеется возможность сформировать тонкую пленку, для которой каждая средняя величина и каждое стандартное отклонение газопроницаемости кислорода являются незначительными, газонепроницаемость по отношению к кислороду является высокой, и качество поверхности не колеблется.

Кроме этого, внутреннее давление в емкостях 21, которые были использованы в экспериментальных примерах 5 и 9, поддерживали на уровне 7 кг/см^2 в течение 2 часов, и после этого измеряли газопроницаемость по отношению к кислороду, для того, чтобы оценить гибкость тонких пленок, сформированных на цилиндрических емкостях 21. В результате газопроницаемость по отношению к кислороду составила $0,028 \text{ фмоль/с}\cdot\text{Па}$ и $0,023 \text{ фмоль/с}\cdot\text{Па}$ соответственно. В экспериментальном примере 9, в котором после первой стадии формирования тонкой пленки выполняли вторую стадию формирования тонкой пленки, проницаемость по отношению к кислороду не изменилась после того, как внутреннее пространство емкости 21 было выдержано под давлением. В экспериментальном примере 5, в котором вторая стадия формирования тонкой пленки была опущена, газопроницаемость по отношению к кислороду несколько выросла. Это произошло из-за

того, что изготовленная тонкая пленка имеет значительную гибкость, благодаря второй стадии формирования тонкой пленки.

5 При этом трещины не появляются, поскольку тонкая пленка соответственно меняет свою форму, даже если цилиндрическую емкость 21 слегка деформируют; следовательно,
10 газонепроницаемость по отношению к кислороду сохраняется на желательном уровне.

15 (Экспериментальный пример 11)

Как показано на ФИГ.1 тонкие пленки одновременно формируют на четырех комплектах цилиндрических емкостей 21 из
20 полиэтилентерефталата, которые имеют круговое поперечное сечение. Для того чтобы сделать это используют четыре комплекта камер 20 для формирования тонких пленок и устройство 10 для
25 формирования тонких пленок, которое снабжено блоком 30 высокочастотного электропитания для подачи высокочастотного
30 питания на каждый высокочастотный электрод 22. В каждой из камер 20 для формирования тонких пленок используют тот же самый
35 заземленный электрод 23, который использован в экспериментальном примере 1.

Исходная величина поступающего потока
40 гексаметилдисилоксана, используемого в качестве газообразного мономера, составляет 10 мл/мин в каждой из камер 20 для
45 формирования тонких пленок. Исходная величина поступающего потока кислорода, используемого в качестве реакционного газа, составляет 500 мл/мин в каждой из камер 20 для формирования
50 тонких пленок (т.е. соотношение величин поступающих потоков = 0,02). После этого отношение величины поступающего

потока гексаметилдисилоксана по отношению к кислороду изменяют, как показано в таблице 1.

5 Кроме этого, исходное давление для образования тонкой пленки составляет 10 Па. Мощность высокочастотного питания (заряженного электричества), подаваемого в каждую из камер 20 для формирования тонких пленок, составляет 400 Вт (1600 Вт в общей сложности). Тонкую пленку формируют при подаче 10 высокочастотного питания с частотой 13,56 МГц в течение 5 15 секунд. При этом в течение времени подачи высокочастотного питания изменяют величину согласования. Кроме того, отраженную 20 мощность регулируют так, чтобы она постоянно была равна 160 Вт, что составляет 10% или меньше от подаваемой мощности.

25 Помимо этого, описанные выше операции повторяют. Тонкую пленку формируют на 30 цилиндрических емкостях 21; следовательно, в общей сложности с помощью устройства 10 для 30 формирования тонких пленок пленку формируют на 120 цилиндрических емкостях 21. Кроме того, измеряют 35 газопроницаемость по отношению к кислороду в каждой из емкостей 21; затем рассчитывают среднюю величину и ее стандартное отклонение. В результате, как показано в таблице 2, становится 40 очевидным, что имеется возможность сформировать тонкую пленку, для которой каждая средняя величина и каждое стандартное 45 отклонение газопроницаемости по отношению к кислороду являются незначительными, газонепроницаемость по отношению к кислороду является высокой, и качество поверхности не колеблется.

50 (Сравнительные примеры 1-8)

Тонкую пленку формируют способом, сходным с тем, который

описан в экспериментальном примере 1, за исключением того, что
соотношение величин подаваемых потоков является постоянным, как
5 показано в таблице 1. Газонепроницаемость по отношению к
кислороду измеряли для 30 изготовленных в общей сложности
цилиндрических емкостей 21. Результаты показаны в таблице 2
10 подобно экспериментальному примеру 1.

15

20

25

30

35

40

45

50

Таблица 1

Величина подаваемого потока (см³/мин)																		
	Исходная величина (0 с)			После 1 сек			После 2 сек			После 3 сек			После 4 сек			После 5 сек		
	Газообразный материал	Растворенный газ	Газообразный материал	Газообразный материал	Растворенный газ	Газообразный материал	Газообразный материал	Растворенный газ	Газообразный материал	Газообразный материал	Растворенный газ	Газообразный материал	Газообразный материал	Растворенный газ	Газообразный материал	Газообразный материал	Растворенный газ	
Всплощенье 1	10	100	5	100	3	100	2	100	1	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Всплощенье 2	20	100	10	100	6	100	4	100	2	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Всплощенье 3	25	100	12.5	100	7.5	100	5	100	2.5	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Всплощенье 4	5	100	2.5	100	1.5	100	1	100	0.5	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Всплощенье 5	2	100	1	100	0.6	100	0.4	100	0.2	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Всплощенье 6	1	100	0.5	100	0.3	100	0.2	100	0.1	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Всплощенье 7	20	100	10	100	6	100	4	100	2	100	50	100	50	100	0	100	0	100
Всплощенье 8	25	100	12.5	100	7.5	100	5	100	2.5	100	50	100	50	100	0	100	0	100
Всплощенье 9	2	100	1	100	0.6	100	0.4	100	0.2	100	50	100	50	100	0	100	0	100
Всплощенье 10	1	100	0.5	100	0.3	100	0.2	100	0.1	100	50	100	50	100	0	100	0	100
Всплощенье 11	10	100	5	100	3	100	2	100	1	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Сравнительный пример 1	0.1	100	0.1	100	0.1	100	0.1	100	0.1	100	0.1	100	0.1	100	0.1	100	0.1	100
Сравнительный пример 2	0.2	100	0.2	100	0.2	100	0.2	100	0.2	100	0.2	100	0.2	100	0.2	100	0.2	100
Сравнительный пример 3	0.5	100	0.5	100	0.5	100	0.5	100	0.5	100	0.5	100	0.5	100	0.5	100	0.5	100
Сравнительный пример 4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
Сравнительный пример 5	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100
Сравнительный пример 6	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100
Сравнительный пример 7	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100
Сравнительный пример 8	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100

Таблица 2

5		Проницаемость по отношению к кислороду (фмоль/с·Па)	
		Среднее значение	Стандартное отклонение
	Воплощение 1	0,015	0,0014
10	Воплощение 2	0,018	0,0015
	Воплощение 3	0,030	0,0017
	Воплощение 4	0,010	0,0011
15	Воплощение 5	0,021	0,0015
	Воплощение 6	0,039	0,0016
	Воплощение 7	0,022	0,0013
20	Воплощение 8	0,040	0,0017
	Воплощение 9	0,024	0,0018
	Воплощение 10	0,045	0,0021
	Воплощение 11	0,016	0,0015
25	Сравнительный пример 1	0,125	0,0098
	Сравнительный пример 2	0,088	0,0075
30	Сравнительный пример 3	0,076	0,0068
	Сравнительный пример 4	0,064	0,0045
35	Сравнительный пример 5	0,040	0,0041
40	Сравнительный пример 6	0,056	0,0056
	Сравнительный пример 7	0,126	0,0112
45	Сравнительный пример 8	0,240	0,0125

50 Как ясно показано в таблицах 1 и 2, есть возможность

формировать тонкие пленки, которые имеют желаемую

непроницаемость в отношении кислорода, на многих емкостях без отклонений качества поверхности, в тех воплощениях, в которых тонкие пленки сформированы посредством первой стадии формирования тонкой пленки, в ходе которой при генерации плазмы понижают соотношение величины поступающего потока газообразного мономера по сравнению с реакционным газом. В частности, найдено, что в воплощении, в котором после первой стадии формирования тонкой пленки проводят вторую стадию формирования тонкой пленки, изготовленная пленка обладает гибкостью.

С другой стороны, можно сформировать тонкую пленку, обладающую желаемой газонепроницаемостью, в ряде сравнительных примеров, в которых соотношение величины подаваемого потока газообразного мономера по отношению к реакционному газу является постоянной величиной. Однако, во многих случаях тонкая пленка, имеющая желаемую газонепроницаемость, не может быть сформирована, и качество поверхности производимой тонкой пленки подвержено значительным колебаниям.

Второе воплощение настоящего изобретения может быть объяснено, как изложено ниже.

<Устройство для формирования тонких пленок>

ФИГ.9 представляет собой общий вид, показывающий пример устройства для формирования тонких пленок в соответствии с настоящим изобретением. Что касается общей конфигурации, данное устройство для формирования тонких пленок включает в себя: камеру 111 для формирования тонких пленок, в которой газовая смесь, состоящая из кремнийорганического газообразного вещества и окисляющего газа, превращается в плазму так, чтобы

сформировать на подложке тонкую пленку оксида кремния (SiO_x мембрана); оптический спектрометр 112 (измерительный блок), для измерения интенсивности альфа лучей водорода и измерения интенсивности излучения кислорода, испускаемых плазмой в камере 111 для формирования тонких пленок; оптическое волокно для перенесения к оптическому спектрометру 112 излучения, выделяющегося из стеклянного оптического окна 113, расположенного на камере для формирования тонких пленок 111; компьютер 115 для мониторинга, предназначенный для мониторинга интенсивности альфа лучей водорода, измеренных оптическим спектрометром 112, и для мониторинга интенсивности излучения кислорода; блоки 116, 117 подачи газа для подачи кремнийорганического газа и окисляющего газа в камеру 111 формирования тонких пленок; вакуумный насос 118, для вакуумирования пространства камеры 111 для образования тонких пленок; измеритель 119 давления для измерения давления в камере 111 для образования тонких пленок; источник 120 высокочастотного электропитания для подачи высокочастотного питания в камеру 111 для образования тонких пленок.

(Камера для образования тонких пленок)

Как показано на ФИГ.10, камера 111 для образования тонких пленок включает в себя: внешний электрод 124, имеющий цилиндрическую секцию 122, способную пропускать излучение и предназначенную для установки пластмассовой емкости 121 (подложки), а также крышку 123, которая является съемной и размещается на верхней торцевой поверхности цилиндрической секции 122; изолирующую пластину 126, установленную на донной

торцевой поверхности цилиндрической секции 122 и имеющую опорное отверстие для удерживания отверстия емкости 121; нижнюю секцию 128, расположенную на нижней части цилиндрической секции 122, служащую крышкой для изолирующей пластины 126 и имеющую на нижней поверхности отверстие 127 для откачивания газов; газоподводящую трубку 129, верхняя часть которой вводится внутрь емкости 121 из-за пределов камеры 111 для формирования тонких пленок через отверстие в боковой поверхности нижней секции 128 и удерживающее отверстие 125, имеющееся в изолирующей пластине 126; и стеклянное оптическое окно 113, которое расположено на боковой стенке цилиндрической секции 122 и к которому присоединена концевая часть 130 оптического волокна 114.

При этом внешний электрод 124 соединен с источником 120 высокочастотного питания. Цилиндрическая секция 122 и крышка 123, которые составляют цилиндрический электрод 124, представляют собой проводящий элемент конструкции для подачи высокочастотного электропитания с блока 120 высокочастотного питания.

Кроме того, газоподводящая трубка 129 вводит газообразное кремнийорганическое соединение и окисляющий газ внутрь емкости 121. Дополнительно газоподводящая трубка 129 является токопроводящим элементом конструкции т.к. она служит заземленным электродом, который соединен с землей.

Также к нижней секции 128 присоединен измеритель 119 давления; следовательно, есть возможность измерять давление в камере 111 для образования тонких пленок.

(Измеряющий блок)

Оптический спектрометр 112 включает в себя: первый
5 полосовой фильтр для выделения только определенного диапазона
длин волн излучения из одного или двух выделенных наборов волн,
которые поступают через оптическое окно 113 и передаются на
10 оптический спектрометр через оптическое волокно 114; второй
полосовой фильтр для выделения только оставшегося определенного
15 диапазона длин волн из двух выделенных наборов волн; первый
оптический сенсор для приема излучения, которое прошло через
первый полосовой фильтр; и второй оптический сенсор для приема
20 излучения, которое прошло через второй полосовой фильтр.

При этом для того, чтобы пропускать только длину волны
25 альфа лучей водорода (656 нм) и излучение, которое близко к этой
длине волны, у первого полосового фильтра пропускание лучей,
лежащих за пределами диапазона 656 ± 5 нм, составляет 1% или ниже.

30 Аналогично для того, чтобы пропускать только длину волны
излучения кислорода (777 нм) и излучение, которое близко к этой
длине волны, у второго полосового фильтра пропускание лучей,
35 лежащих за пределами диапазона 777 ± 5 нм, составляет 1% или ниже.

В качестве оптического сенсора можно использовать
40 общеизвестный фотоэлектрический элемент, такой, как фотодиод или
фототранзистор.

45 (Блок хранения, определяющий блок)

Как показано на ФИГ.11, где представлена общая
конфигурация, компьютер 115 для мониторинга включает в себя:
50 блок 131 хранения, блок 132 расчетов и определяющий блок 133.

В данном случае, в блоке 131 хранения записывают в качестве

стандартных значений средние значения (или центральные значения) интенсивности альфа лучей водорода и интенсивности излучения кислорода, полученные в ходе предыдущих процессов формирования тонких пленок, в которых процесс изготовления был аналогичен тому, который происходит в настоящее время, и для которых были успешными результаты экспертизы (т.е. тонкая кремнийорганическая пленка имела желаемое качество поверхности). Помимо этого, блок 131 хранения содержит диапазоны интенсивности альфа лучей водорода и интенсивности излучения кислорода, которые позволяют получать тонкие пленки оксида кремния, обладающие желаемым качеством поверхности. Данные диапазоны представляют допустимый диапазон (пороговое значение) для отклонения значений указанных интенсивностей от стандартных значений. При этом блок хранения может представлять собой энергозависимое ЗУ (запоминающее устройство), такое, как RAM (Random Access Memory – память случайного доступа), ЗУ на жестком диске, ЗУ на магнитооптическом носителе и флэш-память. Также блок хранения может состоять из комбинации этих энергозависимых ЗУ.

Блок 132 расчетов рассчитывает разницы между интенсивностью альфа лучей водорода измеренных оптическим спектрометром 112 в текущем процессе формирования тонкой пленки и стандартным значением интенсивности альфа лучей водорода, которое хранится в блоке 131 хранения, и между интенсивностью излучения кислорода, измеренной оптическим спектрометром 112, и стандартной величиной излучения кислорода, которое хранится в блоке 131 хранения.

Определяющий блок 133 определяет, находится ли разница между интенсивностями и их стандартными величинами в допустимом

диапазоне, который сохраняется в блоке 131 хранения.

Описанный выше компьютер 115 для мониторинга может состоять
5 из памяти и центрального процессора (CPU). Программы для
выполнения описанных выше функций могут быть загружены в память.
Также описанные выше функции могут быть реализованы с помощью
10 аппаратуры, которая специально спроектирована и произведена для
определенного использования. Помимо этого к компьютеру для
15 мониторинга могут быть присоединены периферийные устройства,
включающие устройство 134 ввода, такое, как сенсорная панель,
панель переключения и клавиатура, а также периферийные аппараты,
20 включая устройство 135 вывода, такое, как CRT монитор (монитор
на основе Электронно-лучевой трубки), жидкокристаллическое
25 устройство и принтер.

Устройство 134 ввода сохраняет стандартные значения и
допустимые диапазоны в блоке 131 хранения, таким образом, что
30 стандартные значения и допустимые диапазоны определяются в
соответствии с интенсивностью альфа лучей водорода и
35 интенсивностью излучения кислорода по отношению к предыдущим
процессам формирования тонких пленок, в которых была получена
тонкая пленка оксида кремния, обладающая желаемым качеством
40 поверхности.

Например, устройство 135 вывода выводит: интенсивность
45 альфа лучей водорода и интенсивность излучения кислорода,
которые были измерены оптическим спектрометром 112; стандартное
значение альфа лучей водорода и стандартное значение излучения
50 кислорода, которые хранятся в блоке 131 хранения; допустимый
диапазон интенсивности альфа лучей водорода и допустимый

диапазон излучения кислорода, которые хранятся в блоке 131 хранения; и результат определения в определяющем блоке 133 и т.д.

<Способ мониторинга процесса формирования тонких пленок>

Далее со ссылками на ФИГ.9-11 объясняется процесс формирования тонких пленок и способ мониторинга этого процесса.

Перед запуском процесса формирования тонких пленок, в устройство 134 ввода вводятся средние значения (или центральные значения) для количества (интенсивности) альфа лучей водорода и количества (интенсивности) излучения кислорода, и введенные средние значения сохраняются в блоке 131 хранения компьютера 115 для мониторинга, в качестве стандартных значений, так что средние значения основаны на предшествующих процессах формирования тонких пленок, в которых тонкая пленка оксида кремния имела желаемое качество поверхности, в том же самом процессе формирования тонкой пленки, как и текущий процесс формирования тонкой пленки. В устройство 134 ввода вводятся допустимые диапазоны для величины каждого из излучений, которые определены на основе записей для количества (интенсивности) альфа лучей водорода и количества (интенсивности) излучения кислорода. Введенные допустимые диапазоны сохраняются в блоке 131 хранения компьютера 115 для мониторинга, так что величины излучения находятся в соответствии с предшествовавшими процессами формирования тонких пленок, в которых изготовленные пленки обладали желаемым качеством поверхности.

Удаляют крышку 123 камеры 111 для формирования тонких пленок. Емкость 121; через которую может проникать излучение,

помещают в цилиндрическую секцию 122, так, чтобы газоподводящая трубка 129 могла быть помещена в емкость 121. Открытый конец
5 емкости 121 охватывают опорным отверстием 125 изолирующей пластины 126, так, чтобы она удерживалась там. После этого крышку 123 присоединяют к верхней торцевой поверхности
10 цилиндрической секции 122.

Далее запускают вакуумный насос 118, чтобы вакуумировать
15 пространство в камере 111 для формирования тонких пленок, путем удаления газа во внутреннем пространстве электрода 124 из отверстия для откачивания газа 127, через изолирующую пластину
20 126; таким образом, давление в пространстве камеры 111 для образования тонких пленок является заранее определенной величиной (приблизительно условия вакуума). После этого газ,
25 который содержит газообразное кремнийорганическое соединение и окисляющий газ, подают из блоков 116 и 117 подачи газа в камеру
30 111 для формирования тонких пленок. Газообразную смесь, которая включает газообразное кремнийорганическое соединение и
35 окисляющий газ, вводят в емкость 121 через газоподводящую трубку 129.

Далее, при включении высокочастотного электропитания и
40 подаче высокочастотного питания на внешний электрод 124 камеры 111 для формирования тонких пленок, газовую смесь превращают в
45 плазму между внешним электродом 124 и газоподводящей трубкой 129, служащей в качестве заземленного электрода. Следовательно, на внутренней поверхности емкости 121 формируется тонкая
50 кремнийорганическая пленка.

Во время процесса формирования тонкой пленки излучение,

которое испускается плазмой 140 (внутри пунктирной линии на чертеже) генерируемой в емкости 121, проникает через прозрачную емкость 121 и выделяется через оптическое окно 113, так чтобы быть переданным на оптический спектрометр через оптическое волокно 114. После этого излучение, которое передано на оптический спектрометр 112, разделяют на два диапазона, причем один из выделенных диапазонов излучения пропускают через первый полосовой фильтр. Прошедшие альфа лучи водорода воспринимаются первым оптическим сенсором для измерения количества (интенсивности) альфа лучей водорода. Также излучение, принадлежащее ко второму из двух выделенных диапазонов, проходит через второй полосовой фильтр. Излучение кислорода, которое проходит через этот фильтр, воспринимается вторым оптическим сенсором для измерения количества (интенсивности) излучения кислорода.

Количество (интенсивность) альфа лучей водорода и количество (интенсивность) излучения кислорода, которые измерены оптическим спектрометром 112, преобразуют в напряжения, в соответствии с измеренными количествами; таким образом, преобразованные интенсивности выводят в компьютер 115 для мониторинга.

Количественные параметры излучения, которые выведены на компьютер 115 для мониторинга, обрабатывают следующим образом.

Во-первых, в блоке 132 расчетов рассчитывают разницу между количеством (интенсивностью) альфа лучей водорода, измеренных оптическим спектрометром 112, и стандартным значением излучения водорода, хранящемся в блоке хранения 131. Аналогично

рассчитывают разницу между количеством (интенсивностью) излучения кислорода, измеренного оптическим спектрометром 122, и стандартным значением излучения кислорода, хранящимся в блоке 131 хранения.

Далее, определяющий блок 133 определяет находятся ли различия между измеренными и стандартными параметрами излучения в пределах допустимых диапазонов, которые хранятся в блоке 131 хранения.

Результат определения определяющего блока 133 выводят на устройство 135 вывода вместе с количеством (интенсивностью) альфа лучей водорода и количеством (интенсивностью) излучения кислорода, которые измерены оптическим спектрометром 112, стандартным значением альфа лучей водорода и стандартным значением излучения кислорода, которые хранятся в блоке 131 хранения, а также вместе с допустимым диапазоном интенсивности альфа лучей водорода и допустимым диапазоном интенсивности излучения кислорода, которые хранятся в блоке 131 хранения. Помимо этого, есть возможность оповещать оператора путем приведения в действие сигнальных устройств, ламп и т.д., в тех случаях, когда разница между количественными параметрами излучения и стандартными значениями для излучения превышает допустимые диапазоны, которые хранятся в блоке 131 хранения, в виде результата определения, выполненного определяющим блоком 133.

Есть возможность перечислить кремнийорганические соединения, которые используются в процессе формирования тонких пленок, это, например: тетраметилдисилоксан,

гексаметилдисилоксан, винилтриметилсилан, метилтриметоксисилан,
гексаметилдисилан, метилсилан, диметилсилан, триметилсилан,
5 диэтилсилан, пропилсилан, фенилсилан, винилтриэтоксисилан,
винилтриметоксисилан, тетраметоксисилан, тетраэтоксисилан,
фенилтриметоксисилан, метилтриэтоксисилан,
10 октаметилциклотетрасилоксан и т.д.

В качестве окисляющего газа можно назвать, например,
15 кислород, окись углерода, двуокись углерода, озон и т.д. Также
есть возможность подмешать аргон или гелий в качестве газа-
носителя, к газообразному кремнийорганическому соединению или
20 окисляющему газу.

В описанном выше методе мониторинга процесса образования
25 тонких пленок измеряют интенсивность альфа лучей водорода и
интенсивность излучения кислорода, которые испускаются плазмой в
ходе процесса образования тонких пленок, причем измеренные
30 интенсивности сравнивают с интенсивностью альфа лучей водорода и
интенсивностью излучения кислорода, при условии, что получена
тонкая пленка оксида кремния, обладающая желаемым качеством
35 поверхности. Следовательно, есть возможность надежно узнать
выполняется ли процесс надлежащим образом (является ли структура
плазмы нормальной). Также в ходе процесса есть возможность
40 определить, обладает ли производимая пленка желаемым качеством
поверхности.

45 Т.е., если газовая смесь, состоящая из газообразного
кремнийорганического вещества и окисляющего газа, превращена в
50 плазму, испускается излучение, обладающее уникальными
свойствами, поскольку в плазме имеются разнообразные

возбужденные структуры. Данное излучение включает в себя не только альфа лучи водорода и излучение кислорода, но также бета
лучи водорода, излучение SiO_2 и излучение CH_3 . Однако, когда
измеряют количество (интенсивность) излучения, которое испускает
плазма в емкости 121, данное излучение по пути из емкости 121 к
оптическому спектрометру 112, в который оно в конечном счете
вводится, проходит через емкость 121, относительно небольшое
стеклянное оптическое окно 113 и оптическое волокно 114.
Интенсивность излучения по пути ослабляется. Следовательно,
нежелательно возрастает ошибка измерения, в случае, если
измеряют изначально низкую интенсивность излучения возбужденной
структуры, такую как интенсивность бета лучей водорода, гамма
лучей водорода, излучения SiO , излучения CH_3 и т.д.
Следовательно, есть возможность надежно определить является ли
нормальной внутренняя структура плазмы с помощью мониторинга
интенсивности альфа лучей водорода и излучения кислорода,
имеющих относительно высокую интенсивность.

Также, измеряют интенсивности двух наборов испускаемых
лучей, таких, как альфа лучи водорода и излучение кислорода.
Следовательно, имеется возможность надежно выявить отклонения
различных параметров в процессе формирования тонкой пленки
(давление формирования тонкой пленки, подаваемое электропитание,
величины потоков газообразного кремнийорганического соединения и
окисляющего газа). Т.е. если имеет место отклонение, по меньшей
мере, одного параметра, на это отклонение указывает, по крайней
мере, интенсивность альфа лучей водорода или интенсивность
излучения кислорода. Следовательно, можно надежно выявить

отклонение процесса от нормы.

Кроме этого, можно более надежно выявить отклонение
5 процесса от нормы, при помощи способа мониторинга процесса
формирования тонких пленок в соответствии с настоящим
изобретением и мониторинга условий процесса (например,
10 мониторинга таких параметров, как уровень вакуума, подаваемое
электропитание, величина потока вводимого газа).

15 Кроме того, описанное выше устройство для формирования
тонких пленок включает оптический спектрометр 112 для измерения
интенсивности альфа лучей водорода, испускаемых плазмой в камере
20 111 для формирования тонких пленок и интенсивности излучения
кислорода; и определяющий блок 133, в котором сравнивают
25 интенсивность альфа лучей водорода, измеренную оптическим
спектрометром 112, и интенсивность альфа лучей водорода,
сохраненную в блоке 131 хранения, а также сравнивают
30 интенсивность излучения кислорода, измеренную оптическим
спектрометром 112, и интенсивность излучения кислорода,
35 сохраненную в блоке 131 хранения, и определяют, находится ли
измеренная интенсивность альфа лучей водорода и измеренная
интенсивность излучения кислорода в допустимом диапазоне.
40 Следовательно, есть возможность надежно определить происходит ли
процесс надлежащим образом и является ли нормальной структура
плазмы. Также в ходе процесса можно определить, имеет ли
45 изготавливаемая тонкая пленка желаемое качество поверхности.

Кроме того, устройство для формирования тонких пленок в
50 соответствии с настоящим изобретением не ограничено
конфигурацией, показанной на чертежах. Таким образом, устройство

для формирования тонких пленок может включать в себя: камеру для превращения в плазму газовой смеси, состоящей из газообразного кремнийорганического соединения и окисляющего газа, и для образования тонкой пленки оксида кремния на поверхности подложки; измеряющий блок для измерения интенсивности альфа лучей водорода и интенсивности излучения кислорода, которые испускаются плазмой, генерируемой в камере; блок хранения для хранения таких значений интенсивности альфа лучей водорода и интенсивности излучения кислорода, при которых тонкая кремнийорганическая пленка обладает желаемым качеством поверхности, и которые были измерены в ходе предыдущих процессов формирования тонких пленок; и определяющий блок, для сравнения интенсивности альфа лучей водорода, измеренных измерительным блоком, с интенсивностью альфа лучей водорода, хранящейся в блоке хранения, сравнения интенсивности излучения кислорода, измеренной измерительным блоком, с интенсивностью излучения кислорода, хранящейся в блоке хранения, и для определения находятся ли в установленном диапазоне измеренная интенсивность альфа лучей водорода и измеренная интенсивность излучения кислорода.

Например, измерительный блок не ограничен оптическим спектрометром 112, который показан на чертежах. Приемлем любой измерительный блок, способный измерять интенсивность альфа лучей водорода и интенсивность излучения кислорода. Однако, если используется полосовой фильтр для выделения только определенного диапазона длин волн среди излучения, испускаемого плазмой в камере для формирования тонких пленок, то в этом случае возможно

упростить измерительный блок при низкой стоимости;
следовательно, измерительный блок предпочтительно должен
5 включать полосовой фильтр.

Также приемлем любой полосовой фильтр, в том случае, если
он дает возможность извлекать альфа лучи водорода и излучение
10 кислорода из всего излучения, испускаемого плазмой.

Помимо этого, как указано на чертежах, плазму 140 наблюдают
15 через оптическое окно 113, при его горизонтальном расположении.
Однако приемлемо, если оптическое окно 113 расположено в крышке
123, так чтобы наблюдать плазму 140 извне. Также приемлемо, если
20 оптическое окно 113 расположено диагонально в цилиндрической
секции 122, так, чтобы наблюдать плазму 140 извне в диагональном
направлении. Для того чтобы отделить излучение, испускаемое
25 плазмой в продольной цилиндрической емкости, предпочтительно
наблюдать плазму извне в диагональном направлении, поскольку
30 количество (интенсивность) излучения в этом случае значительное.

Также, определяющий блок (определяющий блок 133) в
35 компьютере 115 для мониторинга на чертеже рассчитывает разницу
между измеренной интенсивностью альфа лучей водорода и
измеренной интенсивностью излучения кислорода и стандартными
40 значениями для излучений, хранящимися в блоке 131 хранения (блок
132 расчетов) и определяет, находится ли разница между этими
45 интенсивностями и стандартными значениями в пределах допустимых
диапазонов, хранимых в блоке 131 хранения (определяющий блок
133). Однако, в настоящем изобретении, определяющий блок не
50 ограничен подобной конфигурацией. Например, блок 131 хранения
может хранить верхнее граничное значение и нижнее граничное

значение интенсивности альфа лучей водорода и интенсивности
излучения кислорода и определяющий блок может определять,
5 находится ли измеренная интенсивность альфа лучей водорода и
измеренная интенсивность излучения кислорода в диапазоне между
10 верхним граничным значением и нижним граничным значением, без
расчета разницы между интенсивностью излучения и стандартным
значением, таким, что сохраненные интенсивности альфа лучей
15 водорода и излучения кислорода определены в соответствии с
предшествовавшими процессами формирования тонких пленок, в
которых процесс изготовления тонкой пленки был таким же, как и
20 данный процесс формирования тонкой пленки.

Также в случае, если стандартное значение альфа лучей
25 водорода и стандартное значение излучения кислорода, которые
хранятся в блоке 131 хранения, колеблются в процессе, при том,
что интенсивность излучения колеблется в ходе процесса,
30 стандартное значение излучения может сохраняться в блоке 131
хранения по ходу процесса; следовательно, допустимый диапазон
для стандартного значения может быть установлен по ходу
35 процесса. Процесс, в терминах нескольких фаз, может быть
разделен на начальную фазу, среднюю фазу и ориентировочную
40 конечную фазу.

Также в соответствии с настоящим изобретением в способе
мониторинга процесса формирования тонких пленок использование
45 компьютера 115 для мониторинга не является необходимым. Т.е.
приемлемо, если измеренная интенсивность альфа лучей водорода и
50 интенсивность излучения кислорода выводятся из оптического
спектрометра 112 непосредственно на устройство вывода, такое,

как монитор, причем оператор наблюдает выводимые результаты и сравнивает интенсивность этих излучений с измеренной интенсивностью альфа лучей водорода и измеренной интенсивностью излучения кислорода при условии, что получена тонкая пленка оксида кремния обладающая желаемым качеством поверхности; следовательно, определено, формируется ли тонкая пленка оксида кремния с желаемым качеством поверхности.

Помимо этого, способ мониторинга процесса формирования тонких пленок в соответствии с настоящим изобретением не ограничен процессом формирования тонких пленок, в котором используют высокочастотные волны. Способ мониторинга процесса формирования тонких пленок в соответствии с представленным изобретением может быть приспособлен к процессу формирования тонких пленок, в котором используются микроволны.

Кроме этого подложка, на которой формируется тонкая пленка, в настоящем изобретении не ограничена пластмассовой емкостью 121, через которую может проходить излучение, как показано на чертежах. Настоящее изобретение может быть адаптировано для различных подложек, таких, как емкости, пленки и листы, которые сделаны из пластмассы, стекла или металла.

Примеры

Ниже показаны примеры настоящего изобретения.

Тонкую пленку оксида кремния формируют с использованием устройства для формирования тонких пленок, как показано на ФИГ.9-11, на внутренней поверхности емкости 121, которая имеет вместимость 500 мл и изготовлена из полиэтилентерефталата. В качестве технологической газовой смеси используют газовую смесь,

включающую гексаметилдисилоксан (здесь и далее HMDSO) и кислород.

5 (Измерение стандартных значений)

Пространство внутри камеры 111 для формирования тонких пленок вакуумируют, запуская вакуумный насос 118, так чтобы
10 получить заранее определенное давление для формирования тонкой пленки (100 Па). После этого с блоков 116, 117 подачи газа в камеру 111 для формирования тонких пленок подают HMDSO и
15 кислород. Газовая смесь вводится в емкость 121 через газоподводящую трубку 129. При этом величина потока HMDSO составляет 2 сссм (Standard Cubic Centimeters per Minute =
20 см³/мин). Величина потока кислорода составляет 100 сссм.

25 Далее газовую смесь превращают в плазму между внешним электродом 124 и газоподводящей трубкой 129, служащей заземленным электродом, путем запуска блока 120 высокочастотного
30 питания и подачи в течение 10 секунд 13,56 МГц высокочастотных волн мощностью 200 Вт на внешний электрод 124 камеры 111 для формирования тонких пленок; таким образом, тонкая пленка на
35 внутренней поверхности емкости 121 сформирована.

Излучение, испускаемое плазмой 140, сгенерированной в
40 емкости 121, и прошедшее через прозрачную емкость 121 выводят в ходе процесса формирования тонкой пленки из стеклянного
45 оптического окна 113, диаметр которого составляет 10 мм, с тем, чтобы передать это излучение на оптический спектрометр 112 через оптическое волокно 114, которое имеет диаметр 6 мм и длину 2 м.
50 После того, как излучение, поступившее на оптический спектрометр 112, разделяют на два диапазона длин волн, один из выделенных

диапазонов излучения пропускают через первый полосовой фильтр, центрированный на длину волны 656 нм. Прошедшие альфа лучи водорода воспринимаются первым оптическим сенсором для измерения количества (интенсивности) альфа лучей водорода. Также, второй из двух выделенных диапазонов излучения пропускают через второй полосовой фильтр, который центрирован на длину волны 777 нм. Прошедшее излучение кислорода воспринимается вторым оптическим сенсором для измерения количества (интенсивности) излучения кислорода. С оптических сенсоров выводится напряжение в диапазоне 0-5 В.

Также проницаемость емкости 121, на которой сформирована тонкая пленка, по отношению к кислороду измеряют в соответствии со способом Мосон, для того, чтобы оценить качество поверхности (газонепроницаемость по отношению к кислороду) изготовленной тонкой пленки. Более конкретно, проницаемость по отношению к кислороду измеряют с использованием Moson Inc.'s Oxitran 10/50. При этом пространство внутри цилиндрической емкости 121 заполнено газовой смесью 90% азот/водород при 25°C, и внешнее пространство емкости 121 находится при 25°C и 65% атмосферных условиях.

Таблицы 3-6 показывают различные параметры (условия) для процессов, такие как количество измеренных альфа лучей водорода, количество излучения кислорода и газонепроницаемость емкости 121, на которой сформирована тонкая пленка, по отношению к кислороду.

Найдено, что газонепроницаемость емкости 121, на которой сформирована тонкая пленка, по отношению к кислороду является

достаточно низкой; следовательно, емкость 121 имеет желаемое
качество поверхности тонкой пленки. Дополнительно процессы
5 формирования тонких пленок повторяют при тех же самых условиях.
В результате найдено, что есть возможность формировать тонкие
пленки, которые имеют желаемое качество поверхности
10 (газонепроницаемость по отношению к кислороду), если количество
альфа лучей водорода находится в диапазоне от 3 до 3,4 В и
15 количество излучения кислорода находится в диапазоне от 3 до 3,4
В. Следовательно, стандартное значение количества альфа лучей
водорода и излучения кислорода равняется 3,2 и допустимый
20 диапазон составляет $\pm 0,2$ В.

(Отклонение количества излучения из-за колебаний величины
25 потока HDMSO).

Далее проводят наблюдения отклонения количества альфа лучей
водорода, отклонения количества излучения кислорода и отклонения
30 качества поверхности тонкой пленки, при условии, что величина
потока HDMSO колеблется от 2 (sccm) до 1,5 и 10 (sccm).
35 Результаты показаны в таблице 3.

Количество зарегистрированных альфа лучей водорода и
количество зарегистрированного излучения кислорода показывают
40 колебания величины потока HDMSO; таким образом, становится
возможным до некоторой степени оценить газонепроницаемость в
отношении кислорода, которая является одним из показателей для
45 выявления качества поверхности, основанных на величине каждого
из излучений.

Таблица 3

5	Величина потока HDMSO	Величина потока кислорода	Приложенная мощность	Давление формирования тонкой пленки	Количество альфа лучей водорода	Количество излучения кислорода	Проницаемость по отношению к кислороду
10							
15	(сссм)	(сссм)	Вт	Па	В	В	(фмоль/ пкг·с· Па)
	1	100	200	10	2,8	3,3	0,032
20	2 (Стандарт)	100	200	11	3,2	3,2	0,012
	5	100	200	13	3,4	2,8	0,043
25	10	100	200	15	3,4	2,5	0,054

(Отклонение количества излучения из-за колебаний величины
потока кислорода)

Далее проводят наблюдения отклонения количества альфа лучей
водорода, отклонения количества излучения кислорода и отклонения
качества поверхности тонкой пленки, при условии, что величина
потока кислорода колеблется от 100 (сссм) до 50 и 200 (сссм).
Результаты показаны в таблице 4.

Количество зарегистрированных альфа лучей водорода и
количество зарегистрированного излучения кислорода показывают
колебания величины потока кислорода; таким образом, становится
возможным до некоторой степени оценить газонепроницаемость в
отношении кислорода, которая является одним из показателей для
выявления качества поверхности, основанных на величине каждого

из излучений.

Таблица 4

5	Величина потока HDMSO	Величина потока кислорода	Приложенная мощность	Давление формирования тонкой пленки	Количество альфа лучей водорода	Количество излучения кислорода	Проницаемость по отношению к кислороду
10	(сссм)	(сссм)	Вт	Па	В	В	(фмоль/ пкг·с· Па)
15	2	50	200	8	3,3	3,3	0,021
20	2	100 (Стандарт)	200	11	3,2	3,2	0,012
25	2	200	200	14	3,3	3,0	0,042

(Отклонение количества излучения из-за колебаний
30 приложенной мощности)

Далее проводят наблюдения отклонения количества альфа лучей
35 водорода, отклонения количества излучения кислорода и отклонения
качества поверхности тонкой пленки, при условии, что приложенная
мощность колеблется от 200 (Вт) до 100 и 300 (Вт). Результаты
40 показаны в таблице 5.

Изменяющееся количество альфа лучей водорода и изменяющееся
45 количество излучения кислорода показывают колебания величины
давления формирования тонкой пленки; таким образом, становится
возможным до некоторой степени оценить газонепроницаемость в
50 отношении кислорода, которая является одним из показателей для

выявления качества поверхности, основанных на величине каждого из излучений.

Таблица 5

Величина потока HDMSO	Величина потока кислорода	Приложенная мощность	Давление формирования тонкой пленки	Количество альфа лучей водорода	Количество излучения кислорода	Проницаемость по отношению к кислороду
(сссм)	(сссм)	Вт	Па	В	В	(фмоль/ пкг·с· Па)
2	100	100	11	2,9	2,9	0,033
2	100	200 (Стандарт)	11	3,2	3,2	0,012
2	100	300	11	3,5	3,4	0,012

(Отклонение количества излучения из-за колебаний давления при формировании тонкой пленки)

Далее проводят наблюдения отклонения количества альфа лучей водорода, отклонения количества излучения кислорода и отклонения качества поверхности тонкой пленки, при условии, что давление при формировании тонкой пленки колеблется от 10 (Па) до 20 и 50 (Па). Результаты показаны в таблице 6.

Количество зарегистрированных альфа лучей водорода и количество зарегистрированного излучения кислорода показывают колебания величины давления при формировании тонкой пленки; таким образом, становится возможным до некоторой степени оценить газонепроницаемость в отношении кислорода, которая является

одним из показателей для выявления качества поверхности, основанных на величине каждого из излучений.

Таблица 6

Величина потока HDMSO	Величина потока кислорода	Приложенная мощность	Давление формирования тонкой пленки	Количество альфа лучей водорода	Количество излучения кислорода	Проницаемость по отношению к кислороду
(sccm)	(sccm)	Вт	Па	В	В	(фмоль/ пкг·с· Па)
2	100	200	11 (Стандарт)	3,2	3,2	0,012
2	100	200	20	3,8	3,9	0,042
2	100	300	50	3,9	4,1	0,098

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ

Как объяснено выше, данный способ формирования тонких пленок включает первую стадию формирования тонкой пленки, в ходе которой соотношение величин поступающих потоков заключено в установленном диапазоне. Следовательно, можно легко формировать тонкую пленку с желаемой газонепроницаемостью без отклонений, по сравнению со способом, в котором соотношение поступающих потоков строго регулируется в диапазоне, таком, что может быть сформирована тонкая пленка, которая имеет желаемую газонепроницаемость, и превращение в плазму осуществляется при условии, что строго поддерживается соотношение величин поступающих потоков. Более того, при выполнении второй стадии

формирования тонкой пленки после первой стадии формирования тонкой пленки, можно сформировать тонкую пленку, которая
5 обладает не только газонепроницаемостью, но также и гибкостью.

Помимо этого, согласно устройству для формирования тонких пленок, в соответствии с настоящим изобретением, есть
10 возможность подавать высокочастотное питание с источника высокочастотного электропитания на большое количество камер для формирования тонких пленок. Следовательно, есть возможность
15 точно формировать тонкие пленки, с определенным качеством без изменения последнего для различных подложек. Также, стоимость оборудования является невысокой, а размеры оборудования являются компактными.

Кроме этого, в соответствии со способом мониторинга процесса образования тонких пленок, согласно настоящему изобретению, в ходе процесса измеряют интенсивность альфа лучей
30 водорода и интенсивность излучения кислорода. Дополнительно эти интенсивности сравнивают с интенсивностью альфа лучей водорода и интенсивностью излучения кислорода, которые реализовывались
35 ранее в условиях, при которых была получена пленка, имеющая желаемое качество поверхности. Таким образом, есть возможность иметь более точное представление о структуре генерируемой плазмы
40 и в ходе процесса определить, соответствует ли качество поверхности изготавливаемой тонкой пленки желаемым условиям.

Также, если среди всего излучения, испускаемого плазмой, выделяют только определенный диапазон длин волн излучения, есть
50 возможность измерить интенсивность излучения с помощью недорогого и простого измерительного устройства.

Кроме этого, поскольку устройство для формирования тонких пленок, согласно настоящему изобретению, имеет описанную выше конфигурацию, есть возможность иметь более точное представление о структуре генерируемой плазмы и в ходе процесса определить, обладает ли образуемая тонкая пленка желаемым качеством поверхности.

Также, если используют полосовой фильтр, который выделяет только определенный диапазон длин волн излучения из всего излучения, которое испускается плазмой в камере для формирования тонких пленок, есть возможность упростить измерительный блок при низких затратах.

В соответствии с настоящим изобретением в процессе формирования тонких пленок, в котором используется плазменный CVD способ, согласно которому тонкая пленка оксида кремния формируется на поверхности подложки с помощью превращения в плазму газовой смеси, содержащей газообразное кремнийорганическое соединение и окисляющий газ, есть возможность иметь более точное представление о структуре генерируемой плазмы и по ходу процесса определить, имеет ли изготовленная тонкая пленка желаемое качество поверхности.

Формула изобретения

1. Способ формирования тонких пленок посредством превращения в плазму газовой смеси, состоящей из газообразного мономера и окисляющего реагирующего газа, и формирования тонких пленок на поверхности подложки, причем тонкая пленка образована из оксида, включающий первую стадию формирования первой тонкой пленки путем превращения в плазму газовой смеси при изменении соотношения величины потока газообразного мономера относительно реагирующего газа при условии, что отношение величин потоков находится в установленном диапазоне больше 0 до 0,05.

2. Способ по п.1, в котором соотношение величин потоков непрерывно уменьшается на первой стадии формирования тонкой пленки.

3. Способ по п.2, в котором исходное значение отношения величин потоков на первой стадии формирования тонкой пленки находится в диапазоне от 0,02 до 0,2.

4. Способ по п.2 или 3, дополнительно включающий вторую стадию формирования тонкой пленки при увеличении отношения величин потоков после первой стадии

формирования тонкой пленки.

5. Способ по п.4, в котором газовую смесь превращают в плазму при управлении отраженной мощностью так, чтобы она составляла 10% или менее от подаваемой высокочастотной мощности, причем отраженную мощность генерируют при подаче

5 высокочастотного питания с частотой 100 МГц или ниже на высокочастотный электрод через схему согласования импедансов.

6. Устройство для формирования тонких пленок посредством превращения в плазму газовой смеси, состоящей из газообразного мономера и реагирующего окисляющего газа, и формирования тонких пленок из оксида на внутренней поверхности цилиндрических емкостей, имеющих закрытый конец, содержащее множество камер для формирования тонких пленок, каждая из которых снабжена цилиндрическим высокочастотным электродом, один конец которого закрыт так, чтобы цилиндрическая емкость могла быть размещена на внутренней поверхности высокочастотного электрода, и снабжена заземленным электродом, размещенным в цилиндрической емкости, имеющим в своей концевой части

10 газогенерирующий порт, выполненный с возможностью генерирования газовой смеси, блок высокочастотного электропитания, подающий высокочастотное питание к множеству камер для формирования тонких пленок и снабженный схемой согласования импедансов и источником высокочастотного электропитания, подающим высокочастотное питание на высокочастотный электрод через схему согласования импедансов, и блок управления

15 величинами потоков для регулирования соотношения величин потоков газообразного мономера и реакционного газа, содержащихся в газовой смеси, при этом высокочастотное питание с блока высокочастотного питания подается к множеству камер для формирования тонких пленок.

7. Устройство по п.6, в котором между цилиндрической емкостью и высокочастотным электродом расположена съемная вставка, образованная изолирующим материалом.

8. Устройство по п.6 или 7, в котором газогенерирующий порт имеет, по меньшей мере, одно отверстие диаметром 5 мм или менее и/или прорезь, ширина которой 0,5 мм или менее.

9. Устройство по п.8, в котором средняя поверхностная шероховатость внешней

30 поверхности заземленного электрода составляет от 5 до 50 мкм.

10. Устройство по п.9, в котором, по меньшей мере, на части внешней поверхности заземленного электрода предусмотрена съемная защитная трубка и средняя поверхностная шероховатость внешней поверхности защитной трубки составляет от 5 до 50 мкм.

11. Устройство по п.10, в котором на внешнюю поверхность, имеющую среднюю поверхностную шероховатость, напылен металлический или керамический материал.

12. Способ мониторинга процесса формирования тонких пленок посредством превращения в плазму газовой смеси, состоящей из газообразного кремнийорганического соединения и окисляющего газа, и формирования тонкой пленки оксида кремния на поверхности подложки, включающий измерение интенсивности альфа-лучей водорода, испускаемых плазмой, и интенсивности излучения кислорода; сравнение интенсивности альфа-лучей водорода и интенсивности излучения кислорода с уже измеренной интенсивностью альфа-лучей водорода и уже измеренной интенсивностью излучения кислорода, при которых тонкая пленка оксида кремния имеет желаемое качество

40 поверхности; и определение, сформирована ли тонкая пленка оксида кремния, обладающая желаемым качеством поверхности.

13. Способ по п.12, в котором интенсивность альфа-лучей водорода и интенсивность излучения кислорода измеряют посредством выделения излучения, которое имеет определенный диапазон длин волн, из всего излучения, испускаемого плазмой, и

50 измерения интенсивности выделенного излучения.

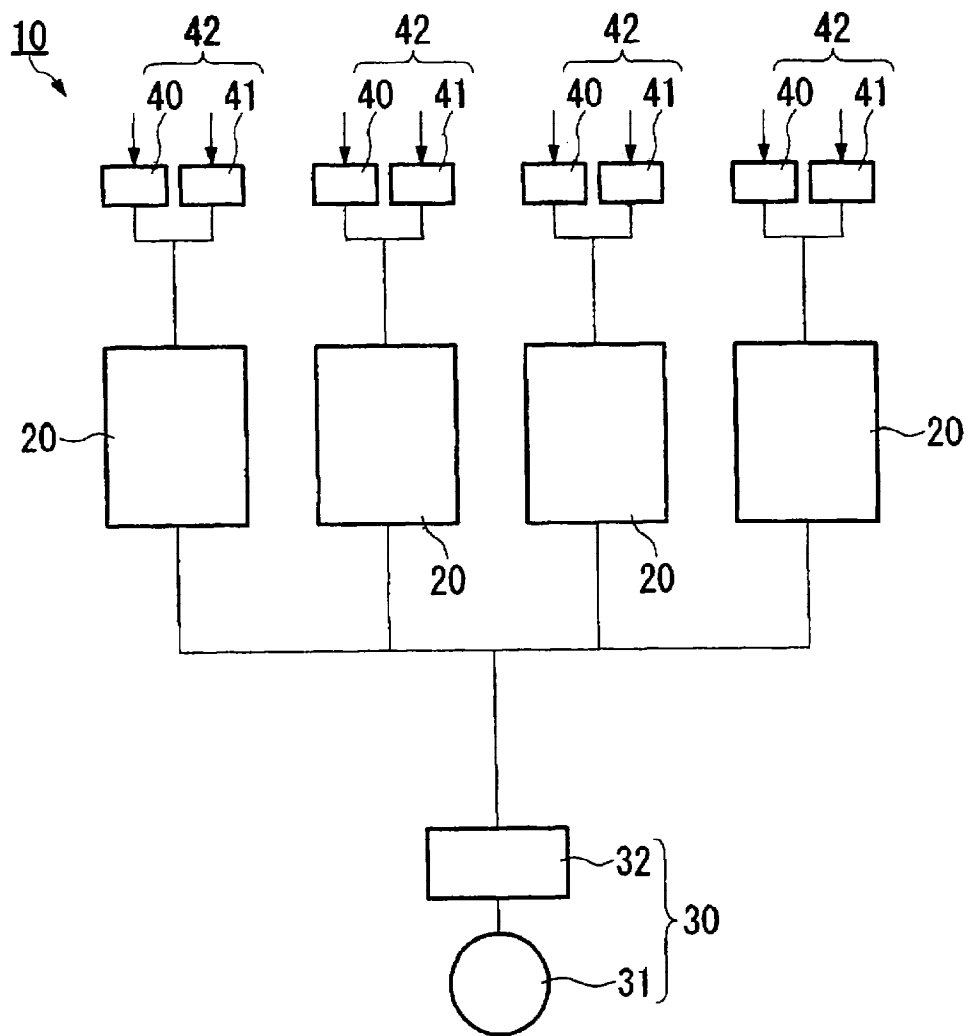
14. Способ по п.12, в котором интенсивность альфа-лучей водорода и интенсивность излучения кислорода измеряют путем измерения интенсивности излучения, которое имеет диапазон длин волн (656 ± 5) нм и интенсивности излучения, которое имеет диапазон длин

волн (777 ± 5) нм, среди всего излучения, испускаемого плазмой.

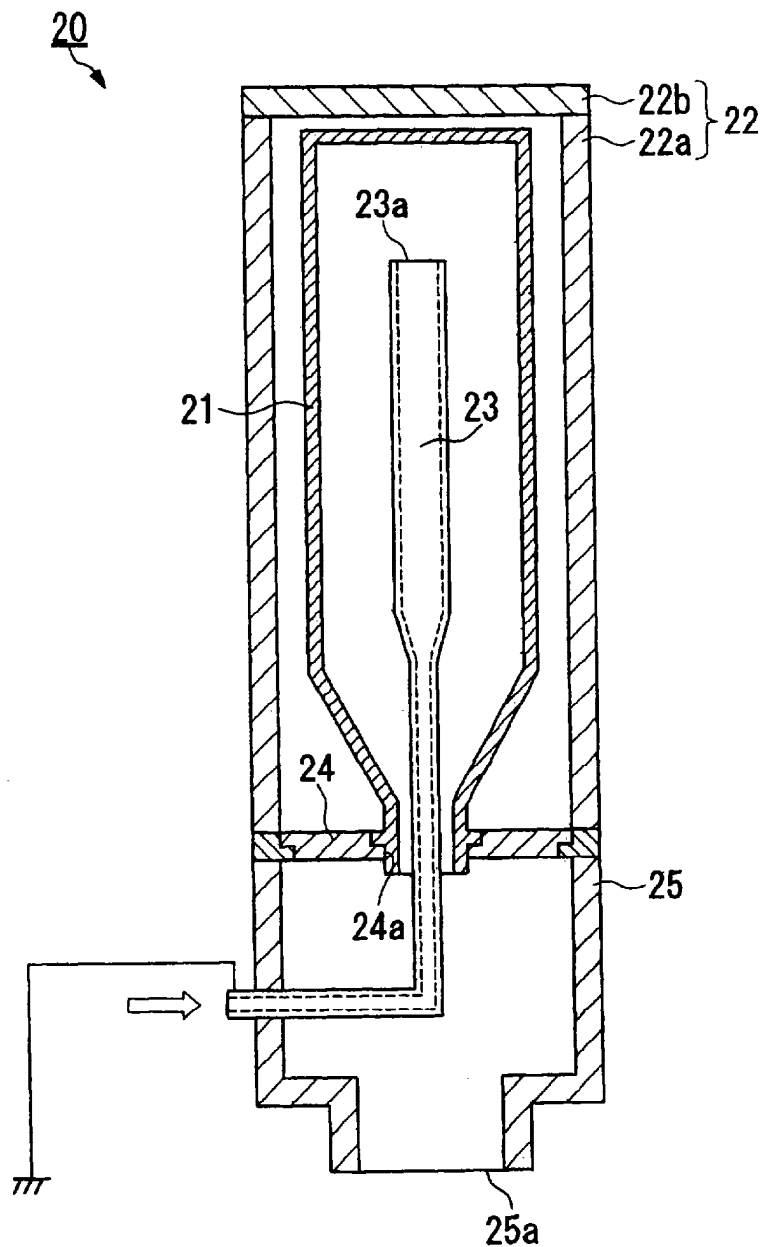
15. Устройство для формирования тонких пленок, содержащее камеру для превращения в плазму газовой смеси, состоящей из газообразного кремнийорганического вещества и окисляющего газа, и для формирования тонкой пленки оксида кремния на поверхности подложки, измеряющий блок для измерения интенсивности альфа-лучей водорода и интенсивности излучения кислорода, испускаемых плазмой в камере, блок хранения для записи интенсивности альфа-лучей водорода и интенсивности излучения кислорода, при которых тонкая кремнийорганическая пленка имеет предварительно определенное желаемое качество поверхности, и определяющий блок для определения, находится ли измеренная интенсивность альфа-лучей водорода и измеренная интенсивность излучения кислорода в установленном диапазоне, путем сравнения измеренной интенсивности альфа-лучей водорода с интенсивностью альфа лучей водорода в блоке хранения и путем сравнения интенсивности излучения кислорода, измеренной измеряющим блоком, с интенсивностью излучения кислорода, которая записана в блоке хранения.

16. Устройство по п. 15, в котором измеряющий блок снабжен полосовым фильтром для выделения только того излучения, которое имеет определенный диапазон длин волн, из всего излучения, испускаемого плазмой в камере.

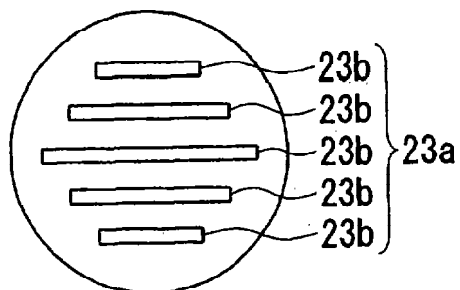
17. Устройство по п. 15, в котором измеряющий блок включает в себя первый полосовой фильтр, пропускание которого для излучения, имеющего длину волны за пределами диапазона (656 ± 5) нм, составляет 1% или ниже, второй полосовой фильтр, пропускание которого для излучения, имеющего длину волны за пределами диапазона (777 ± 5) нм, составляет 1% или ниже, первый светочувствительный элемент, который воспринимает излучение, прошедшее через первый полосовой фильтр, и второй светочувствительный элемент, который воспринимает излучение, прошедшее через второй полосовой фильтр.



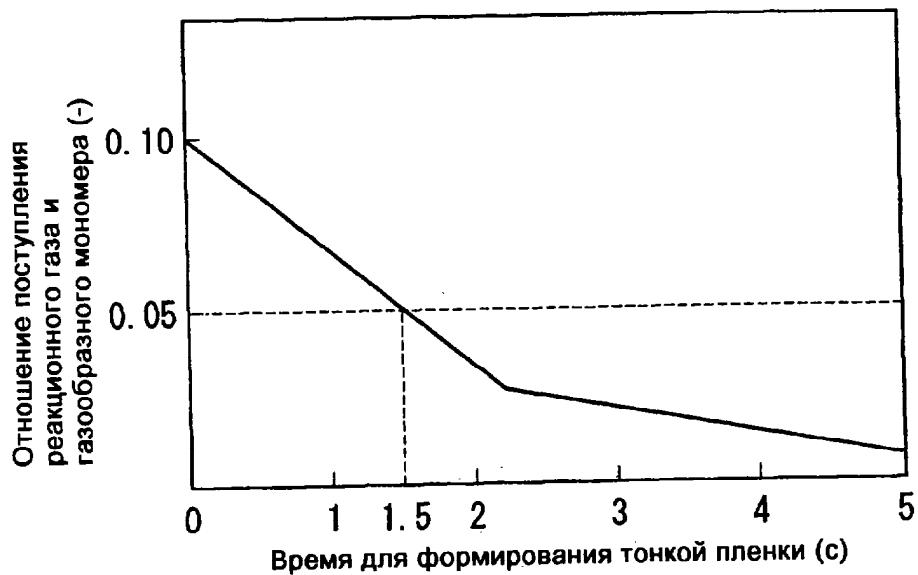
Фиг. 1



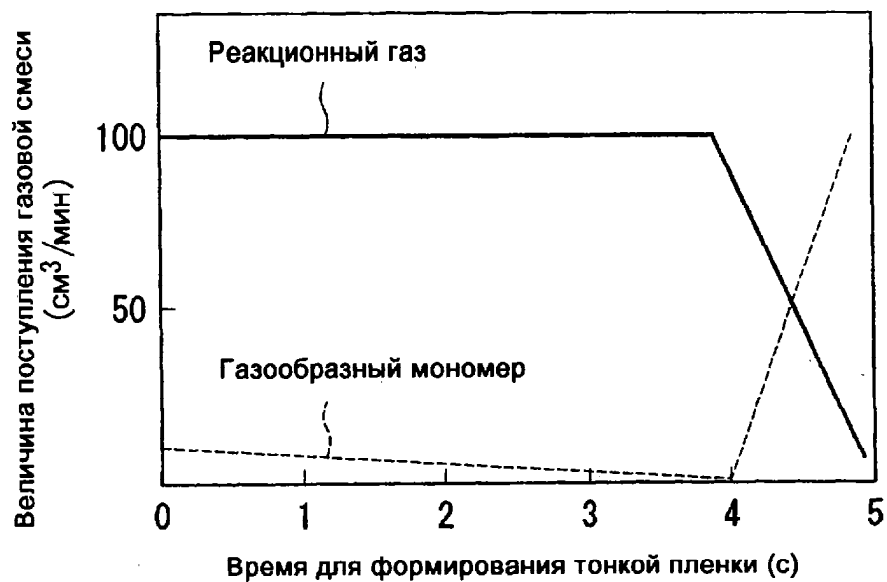
Фиг.2



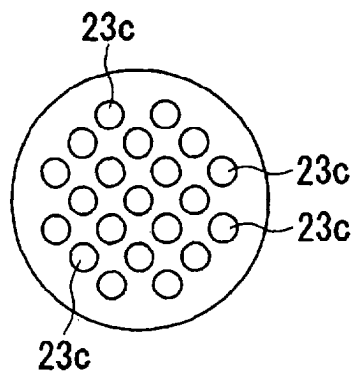
Фиг.3



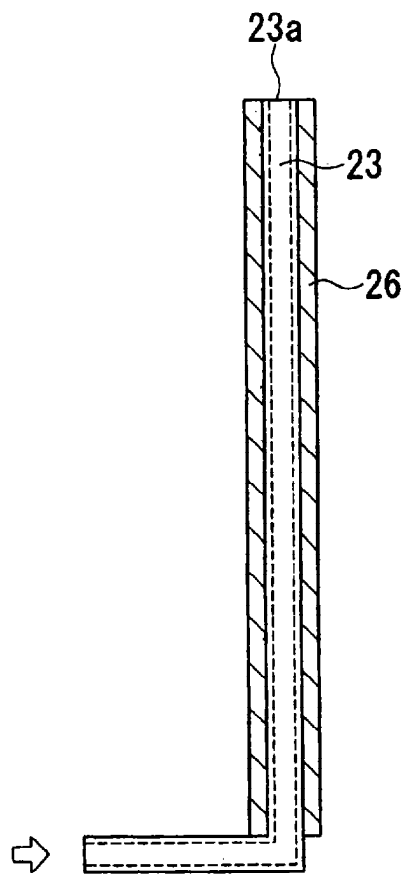
Фиг.4



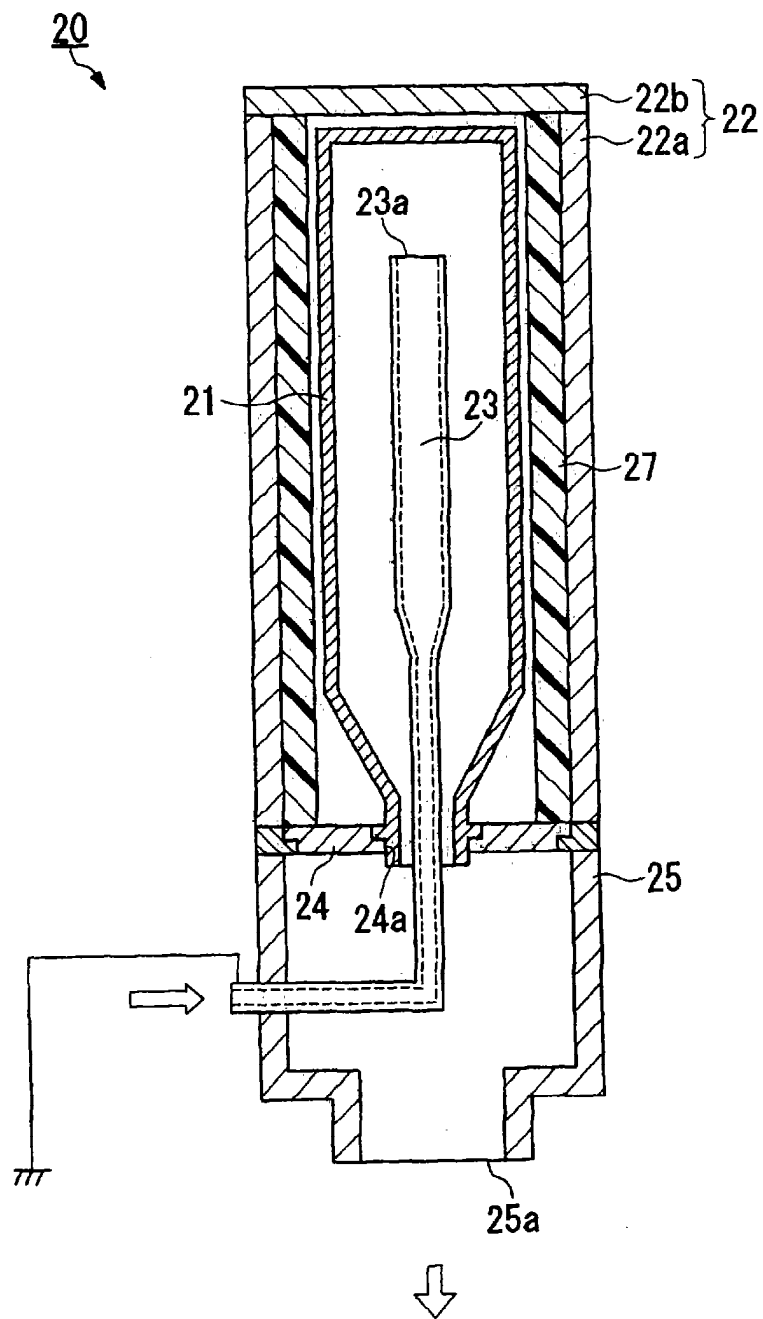
Фиг.5



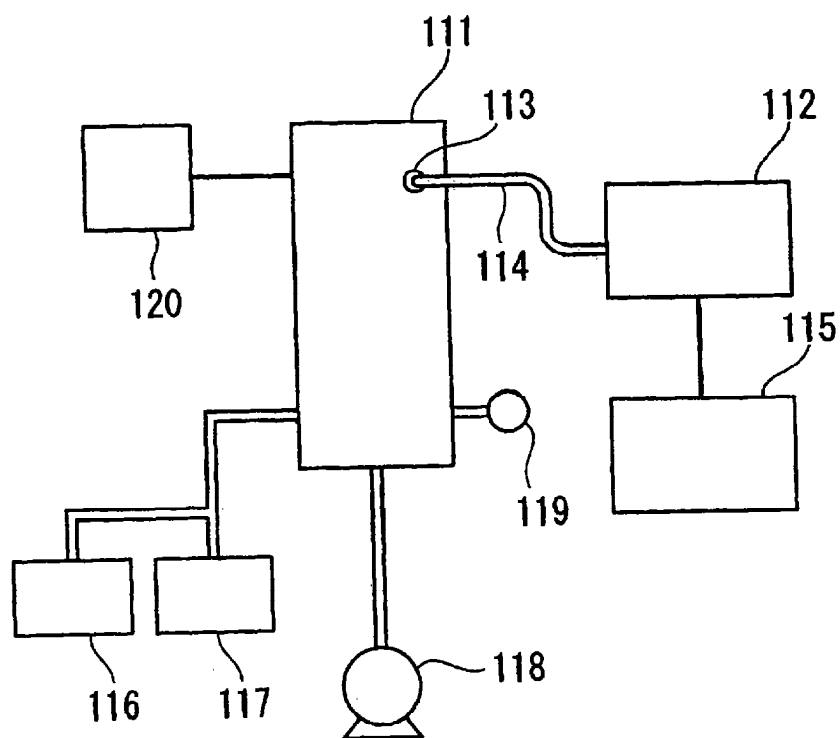
Фиг.6



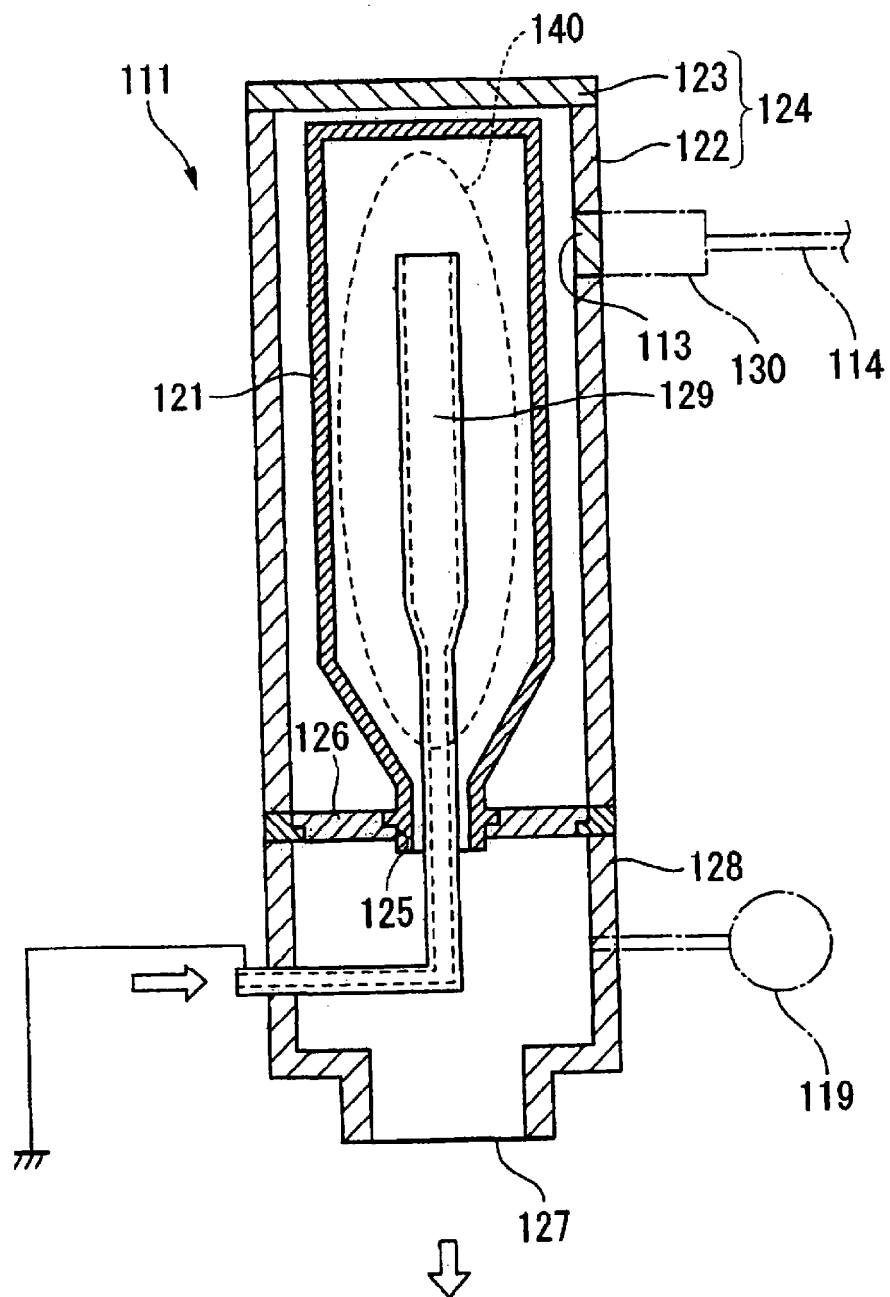
Фиг.7



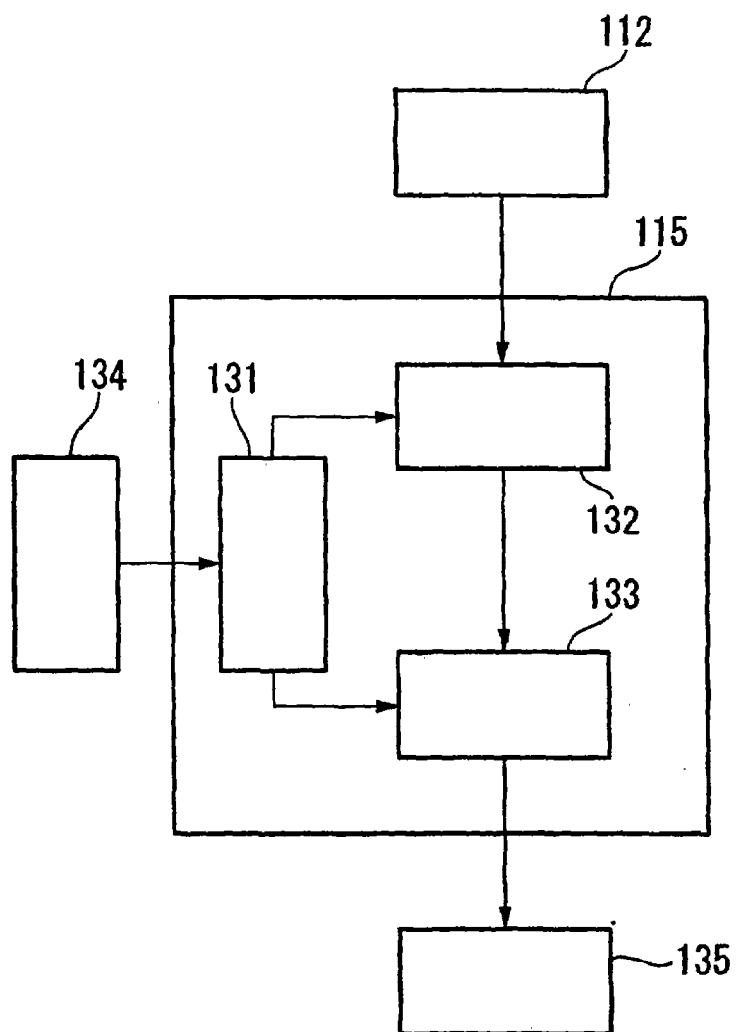
Фиг.8



Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11