



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012143706, 12.10.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.10.2012Дата регистрации:  
18.07.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
17.11.2011 NL 2007809

(43) Дата публикации заявки: 20.04.2014 Бюл. № 11

(45) Опубликовано: 18.07.2017 Бюл. № 20

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ВОХ-1125,  
ПАТЕНТИКА

(72) Автор(ы):

ван Стрален Матхёс Якобус Николас (NL),  
Милицевик Игорь (NL),  
Хартсёйкер Йоханнес Антон (NL)

(73) Патентообладатель(и):

Драка Комтек Б.В. (NL)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 6260510 B1, 17.07.2001. US  
6198224 B1, 06.03.2001. US 2009266487 A1,  
29.10.2009. EP 1867610 A1, 19.12.2007. RU  
2366758 C2, 10.09.2009 .

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ПАРОВОЙ ФАЗЫ

(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к устройству для осуществления процесса плазмохимического осаждения из паровой фазы. Технический результат заключается в том, чтобы резонатор более тщательно согласовывался с плазмой, снижая тем самым вероятность возникновения дугового разряда. Устройство содержит цилиндрический резонатор, в котором выполнена внешняя цилиндрическая стенка, окружающая полость резонатора, которая имеет по существу осесимметричную форму относительно цилиндрической оси, при этом в резонаторе также выполнены участки боковых

стенок, ограничивающие полость резонатора в противоположных направлениях по оси цилиндра. Также устройство включает в себя волновод СВЧ-излучения, проходящий через внешнюю цилиндрическую стенку в полость резонатора. Длина полости резонатора в цилиндрическом направлении изменяется как функция радиального расстояния к цилиндрической оси, резонатор также содержит кольцевой элемент, образующий по меньшей мере частично боковую поверхность указанной полости в цилиндрическом направлении. 7 з.п. ф-лы, 6 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012143706, 12.10.2012**(24) Effective date for property rights:  
**12.10.2012**Registration date:  
**18.07.2017**

Priority:

(30) Convention priority:  
**17.11.2011 NL 2007809**(43) Application published: **20.04.2014** Bull. № 11(45) Date of publication: **18.07.2017** Bull. № 20

Mail address:

**190000, Sankt-Peterburg, VOKH-1125,  
PATENTIKA**

(72) Inventor(s):

**van Stralen Matkhes Yakobus Nikolas (NL),  
Milisevik Igor (NL),  
Khartsejker Jokhannes Anton (NL)**

(73) Proprietor(s):

**Draka Komtek B.V. (NL)**(54) **DEVICE FOR CARRYING OUT THE PROCESS OF PLASMA CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: device comprises a cylindrical cavity formed in which the outer cylindrical wall surrounding the cavity resonator, which has a substantially rotationally symmetrical shape with respect to the cylindrical axis, the cavity also formed in portions of the side walls bounding the resonator cavity in opposing directions along the cylinder axis. Also, the device includes a microwave waveguide passing through the

outer cylindrical wall of the cavity resonator. The length of the resonator cavity in the cylindrical direction varies as a function of the radial distance to the cylindrical axis of the cavity also comprises an annular element forming at least partially a lateral surface of said cavity in the cylindrical direction.

EFFECT: cavity is more closely coordinated with the plasma, thereby reducing the likelihood of arcing.  
8 cl, 6 dwg

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к устройству для осуществления процесса плазмохимического осаждения из паровой фазы, содержащему по существу цилиндрический резонатор, в котором выполнена внешняя цилиндрическая стенка, окружающая полость резонатора, имеющая по существу осесимметричную форму относительно оси цилиндра, причем резонатор оснащен участками боковых стенок, ограничивающими полость резонатора в противоположных направлениях по оси цилиндра, причем устройство также включает в себя волновод сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения, имеющий конец, проходящий через внешнюю цилиндрическую стенку в полость резонатора.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В публикации Европейского патента EP 1867610 на имя Draka Comteq B.V. раскрыто такое устройство для производства оптоволокна.

## РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

При применении мощных устройств для нагрева токами сверхвысокой частоты для длительных процессов могут возникнуть трудности в части, касающейся согласования нагрузок вследствие внутренних отражений и чувствительности к возникновению дугового разряда. В случае несогласования нагрузок вся конфигурация может перегреться. В результате, часть мощности СВЧ-излучения может не достигнуть плазмы. Кроме того, другое оборудование, как например автоматический настройщик, может также перегреться, что приведет к неудовлетворительной работе или даже поломке. Более того, если резонатор, также называемый устройством для нагрева токами сверхвысокой частоты, чувствителен к возникновению дугового разряда, подающее устройство не может быть использовано должным образом. При его использовании могут возникнуть повреждения в отдельных точках. Процесс возникновения дугового разряда поглощает большое количество энергии, а это означает, что плазма сама по себе может потерять свою эффективность или даже отключиться на время, что может негативно отразиться на любом изделии, изготавливаемом при помощи процесса плазменной обработки.

Касательно вопроса согласования нагрузок, было отмечено, что радиальные внутренние кольца, ограничивающие полость резонатора в радиальных направлениях, на практике оказываются слишком тонкими для того, чтобы охлаждать их при помощи устройства охлаждения водой.

Задача настоящего изобретения заключается в представлении устройства в соответствии с вводной частью, в котором улучшено согласование нагрузок, в то время как чувствительность к возникновению дугового разряда не увеличена. Кроме того, в соответствии с настоящим изобретением, длина полости резонатора в цилиндрическом направлении изменяется как функция радиального расстояния до оси цилиндра.

Настоящее изобретение частично основано на понятии, что геометрия объемного резонатора может быть скорректирована для улучшения согласования нагрузок при одновременном избежании возникновения острых кромок, что может вызвать появление дугового разряда. При помощи изменения длины полости резонатора в цилиндрическом направлении, также упомянутой как ширина объемного резонатора, как функции радиального расстояния до оси цилиндра, может быть достигнуто улучшение согласования нагрузок, при одновременном сохранении конфигураций, обеспечивающей электромагнитное соединение между волноводом СВЧ-излучения и резонатором. В соответствии с настоящей особенностью изобретения, форма объемного резонатора изменяется без введения дополнительных острых кромок с тем, чтобы улучшить

согласование нагрузки и исключить возможность возникновения дугового разряда.

В частном случае эффективного варианта реализации изобретения, полость резонатора в цилиндрическом направлении по меньшей мере частично ограничена поверхностью конуса, у которого продольная ось по существу совпадает с осью цилиндра колебательного резонатора и который сужается по направлению к противоположной стороне резонатора таким образом, что соблюдены оба условия: согласование нагрузок и минимальный дуговой разряд.

Также эффективные варианты реализации изобретения приведены в приведенных ниже пунктах.

#### 10 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

В качестве примера, варианты реализации настоящего изобретения будут описаны со ссылкой на соответствующие фигуры, где

На фиг. 1 схематично показано продольное сечение первого варианта реализации устройства в соответствии с настоящим изобретением;

15 На фиг. 2a схематично показано продольное сечение второго варианта реализации устройства в соответствии с настоящим изобретением;

На фиг. 2b схематично показано продольное сечение третьего варианта реализации устройства в соответствии с настоящим изобретением;

20 На фиг. 2c схематично показано продольное сечение четвертого варианта реализации устройства в соответствии с настоящим изобретением;

На фиг. 2d схематично показано продольное сечение пятого варианта реализации устройства в соответствии с настоящим изобретением; и

На фиг. 2e схематично показано продольное сечение шестого варианта реализации устройства в соответствии с настоящим изобретением.

25 Следует отметить, что фигуры отображают только наиболее предпочтительные варианты реализации устройства в соответствии с настоящим изобретением. На фигурах одни и те же ссылочные позиции относятся к идентичным или взаимозаменяемым частям.

#### ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

30 На фиг. 1 схематично показано сечение первого варианта реализации устройства 1 в соответствии с настоящим изобретением. Устройство 1 содержит по существу цилиндрический резонатор 2. Устройство также содержит волновод 3 СВЧ-излучения для подачи СВЧ-излучения к резонатору 2. Волновод 3 СВЧ-излучения предпочтительно имеет прямоугольную форму, чтобы обеспечивать возможность оптимального сопряжения волновода 3 с резонатором 2. Устройство может быть использовано для осуществления процесса плазмохимического осаждения из паровой фазы.

35 Резонатор 2 оснащен внешней цилиндрической стенкой 4, вмещающей в себя полость 5 резонатора. Полость резонатора имеет по существу осесимметричную форму относительно оси С цилиндра. При этом в резонаторе 2 выполнены участки боковых стенок ба, b, ограничивающими полость 5 резонатора в противоположных направлениях С1, С2 по оси цилиндра.

40 Волновод 3 СВЧ-излучения имеет конец 7, проходящий через внешнюю наружную стенку 4 в полость 5 резонатора. Также в представленном варианте реализации изобретения резонатор 2 содержит внутреннюю цилиндрическую стенку 8, ограничивающую полость 5 резонатора в радиальном направлении R относительно оси С цилиндра. Фактически полость 5 резонатора имеет кольцевую форму. Внутренняя цилиндрическая стенка 8 имеет щелевое отверстие 9, располагающееся в окружном направлении С1 вокруг оси С цилиндра. Благодаря наличию щелевого отверстия 9,

микроволновая энергия может поступать из полости 5 резонатора в трубчатое внутреннее пространство 10, окруженное резонатором 2.

В представленном варианте реализации изобретения трубка 11 с подложкой помещена в трубчатое внутреннее пространство 10.

5 При работе устройства, СВЧ-излучение W, генерируемое СВЧ-генератором, таким как магнетрон или клистрон (не показаны), вводится во второй конец (также не показан) СВЧ-волновода 3, также называемый волноводом, а затем передается через волновод 3 по направлению к резонатору 2. Следует отметить, что микроволны могут поступать в волновод 3 и другим способом, например, через сборку дополнительных волноводов.

10 В полости 5 резонатора микроволновая энергия накапливает и вырабатывает плазму с целью осуществления процесса плазмохимического осаждения из паровой фазы. В полости 5 резонатора СВЧ-энергия, подводимая в полость волноводом 3 СВЧ-излучения, питает плазму, генерируемую внутри трубки 11 с подложкой. При обеспечении правильного потока газа и осуществлении возвратно-поступательных движений

15 резонатора 2 по всей дине трубки 11 с подложкой, стекломатериал будет оседать на внутренней поверхности 11а трубки 11 с подложкой, таким образом, образуя слои стекломатериала на внутренней стороне трубки. Такая трубка может использоваться для формирования твердой заготовки или сердечника, которые в дальнейшем могут применяться в процессе производства стекловолокна.

20 Для того чтобы снизить чувствительность к дуговому разряду, избегают образования острых внешних кромок в конструкции объемного резонатора. Одна из таких внешних кромок образуется на границе соприкосновения волновода 3 и полости 5 резонатора. В представленном варианте реализации изобретения ширина полости, т.е. внутреннее расстояние вдоль оси С цилиндра, по существу, равно соответствующему размеру

25 волновода 3, например стандартному размеру 3,4 дюйма, 86,38 мм, таким образом можно избежать одну внешнюю кромку. Предпочтительно, чтобы разница между шириной полости 5 резонатора и самой большой стороной волновода 3 была маленькой, т.е. менее 10 мм, более предпочтительно - менее 5 мм, или даже менее 1 мм, особенно при работе с пределами мощности выше 6 кВт. Эффект дугового разряда на других

30 внешних кромках в месте соприкосновения может быть минимизирован посредством скругления кромок.

Выход цилиндрического резонатора 2, как правило, представляет собой щелевое отверстие 9, которое само по себе (радиально) является небольшим радиальным волноводом. В принципе, щелевое отверстие 9 может иметь такую же ширину, как и

35 сама полость 5 резонатора или меньше, вплоть до нескольких миллиметров. Щелевое отверстие 9 резонатора формирует радиальный волновод, проходящий между полостью 5 резонатора и внутренней стороной резонатора 2, т.е. трубчатым внутренним пространством 10.

Резонатор 2 включает в себя кольцевой элемент 12, образующий по меньшей мере

40 частично боковую поверхность полости 5 резонатора в цилиндрическом направлении С1. В представленном варианте реализации изобретения кольцевой элемент 12 имеет форму (усеченного) конуса, так что поверхность конуса 12а имеет продольную ось, по существу совпадающую с осью С цилиндра резонатора 2, и имеет сужение в направлении С2 к противоположной боковой поверхности полости 5 резонатора. Другими словами,

45 конус 12 имеет сужение по направлению к щелевому отверстию 9, так что поверхность внутренней стороны полости резонатора 5 по меньшей мере частично имеет форму конической поверхности. Также кольцевой элемент 12 может быть расположен на противоположной стороне полости резонатора 5.

При наличии кольцевого элемента 12, длина  $l$  полости 5 резонатора в цилиндрическом направлении  $C1$  изменяется как функция радиального расстояния  $r$  до оси  $C$  цилиндра. В частности, в определенном диапазоне радиальных расстояний  $r$ , цилиндрическая длина  $l$  полости 5 резонатора увеличивается как функция увеличивающегося радиального расстояния  $r$  по отношению к оси  $C$  цилиндра. Физическое влияние кольцевого элемента заключается в том, что резонатор может более тщательно согласовываться с плазмой при одновременном избегании возникновения острых кромок в полости резонатора 5, что соответственно снижает вероятность возникновения дугового разряда. Поэтому поверхность 12а кольцевого элемента 12, обращенная непосредственно к полости 5, предпочтительно выполнена гладкой, и концы этой поверхности гладко подогнаны к внутренней поверхности полости 5. Кроме того, охлаждающие свойства резонатора при этом повышаются.

В представленном варианте реализации изобретения полость 5 резонатора имеет в основном прямоугольную форму в поперечном сечении, с высотой  $H$  в радиальном направлении  $R$  и длиной между поверхностями боковых стенок в цилиндрическом направлении  $C1$ . Усеченный конус 12 расположен в углу прямоугольника таким образом, что правый угол 13а внутренней поверхности 13 полости замещается двумя тупыми углами 13b, c. Также поверхность конуса 12а предпочтительно должна быть плоской, но может иметь и отклонения, такие как ребристая поверхность и/или изогнутые участки.

Кольцевой элемент 12 может быть сформирован как отдельный элемент, расположенный в резонаторе 2. Кольцевой элемент 12 может быть прикреплен к резонатору. Также кольцевой элемент 12 может составлять единое целое с другими частями резонатора 2, например с участком боковой стенки 6 и/или с внутренней цилиндрической стенкой 8, для формирования полости 5 резонатора.

Для того чтобы не препятствовать поступлению плазмы из полости 5 резонатора в трубчатое внутреннее пространство 10, щелевое отверстие 9 не закрыто кольцевым элементом 12. Таким образом нейтрализуется препятствие вводу СВЧ-излучения в трубчатое внутреннее пространство 10 и трубку 11 с подложкой. В частности, внутренняя цилиндрическая стенка 8 непосредственно прилегает к щелевому отверстию 9 и формирует часть внутренней поверхности 13 полости резонатора. В представленном варианте реализации изобретения радиальная внутренняя поверхность полости резонатора по существу параллельна оси  $C$  цилиндра на участке 26, прилегающем к щелевому отверстию 9 до определенного расстояния. Однако внутренняя лицевая поверхность 12а кольцевого элемента 12 может проходить до кромки 25 щелевого отверстия 9.

Предпочтительно, чтобы кольцевой элемент 12 заполнял часть пространства, ограниченного в радиальном направлении  $R$  внутренней цилиндрической стенкой 8 и внешней цилиндрической стенкой 4, а также в цилиндрическом направлении  $C1$  между участком боковой стенки 6b и кромкой щелевого отверстия 25, причем объемная часть, заполненная кольцевым элементом 12, находилась в диапазоне примерно от 10% до 95%. В представленном варианте реализации изобретения кольцевой элемент 12 расположен с правой стороны от правой кромки 25 щелевого отверстия 9. Объемная часть имеет в сечении длину  $L$  в цилиндрическом направлении  $C1$  и высоту  $H$  в радиальном направлении  $R$ . Кольцевой элемент 12 расположен на внутренней цилиндрической стенке 8 и правом участке боковой стенки 6b.

Если кольцевой элемент 2 будет спроектирован таким образом, чтобы покрывать более чем 95% пространства с правой или с левой стороны щелевого отверстия, то это может препятствовать прохождению СВЧ-излучения  $W$ . В противном случае, если

кольцевой элемент 12 будет спроектирован таким образом, чтобы покрывать менее 10% пространства, то влияние кольцевого элемента 12 будет минимальным.

Преимущественно, боковая поверхность 13 полости резонатора проходит, в продольном конце Е полости резонатора 5, по существу перпендикулярно по отношению к оси С цилиндра, предпочтительно на расстоянии d, составляющем около 1 мм, предпочтительно около внешней цилиндрической стенки 4, таким образом, что кольцевой элемент 12 хорошо сопрягается с резонатором 2, это позволяет избежать конструктивных проблем, возникающих в процессе производства резонатора 2.

Также объемный резонатор может содержать модули, содержащие вышеуказанные компоненты. Причем внутренняя поверхность полости резонатора по меньшей мере частично обладает электрической проводимостью. Поэтому, предпочтительно, чтобы стенки были выполнены из металлического материала, такого как сталь.

На фиг. 2а-е схематично показано поперечное сечение второго, третьего, четвертого и пятого варианта реализации устройства соответственно, в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2а показана в упрощенной форме конфигурация полости резонатора, практически схожая с устройством, приведенным на фиг. 1. Полость 5 резонатора кольцевой формы, если смотреть в поперечном разрезе, окружена внешней цилиндрической стенкой 4, двумя участками боковых стенок ба, b и внутренней цилиндрической стенкой 8 со щелевым отверстием 9. По сравнению с конфигурацией, представленной на фиг. 1, кольцевой элемент 12 теперь расположен около противоположного участка боковой стенки ба.

На фиг. 2b кольцевой элемент 12 занимает меньшую часть пространства, ограниченного внутренней цилиндрической стенкой 8, внешней цилиндрической стенкой 4, участком боковой стенки ба и щелевым отверстием 9.

На фиг. 2с отображена конфигурация полости резонатора, содержащая пару кольцевых элементов 12а, b, расположенных с противоположных сторон по отношению к щелевому отверстию 9.

На Фиг. 2d и 2е, представлен резонатор без внутренней цилиндрической стенки 8. В данном случае кольцевой элемент 12 сформирован как пара закругленных колец 15а, b, расположенных рядом с противоположными участками боковых стенок ба, b, см. фиг. 2d, или одиночное закругленное кольцо 15с, расположенное рядом с участком боковой стенки ба, см. фиг. 2е.

Настоящее изобретение не ограничено приведенными выше вариантами реализации. Следует понимать, что возможны многие варианты.

Следует отметить, что кольцевой элемент предпочтительно является симметричным относительно оси С цилиндра резонатора 2. Однако, в общем, геометрия может отклоняться, например, обеспечением кольцевого сегмента, который не полностью окружает трубчатое внутреннее пространство 10, а только периферическую часть.

Следует также отметить, что определенная форма кольцевого элемента не зависит от того, применяется ли внутренняя цилиндрическая стенка или нет.

Также следует отметить, что кольцевой элемент, расположенный в резонаторе, может быть оптимизирован для определенной области применения. Как вариант, резонатор может быть сформирован на модульном принципе, таким образом, что определенные кольцевые элементы могут выбираться из диапазона кольцевых элементов в зависимости от определенного использования резонатора, что позволяет расширить области применения данного устройства.

Другие возможные варианты применения устройства будут ясны специалистам в

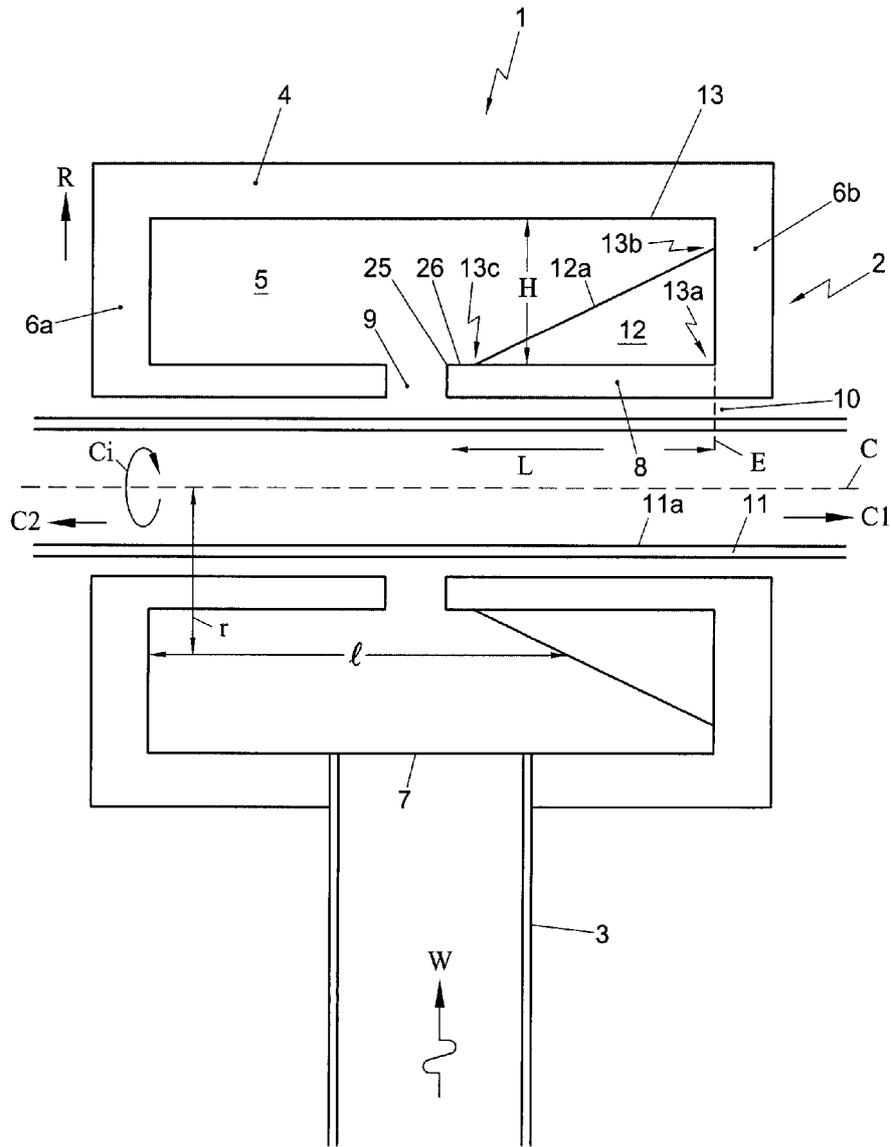
данной области техники и будут рассматриваться в объеме данного изобретения, определенном в приведенной ниже формуле изобретения.

(57) Формула изобретения

- 5 1. Устройство для осуществления процесса плазмохимического осаждения из паровой фазы, содержащее по существу цилиндрический резонатор, в котором выполнена внешняя цилиндрическая стенка, окружающая полость резонатора, которая имеет по существу осесимметричную форму относительно оси цилиндра, при этом в резонаторе также выполнены участки боковых стенок, ограничивающие полость резонатора в 10 противоположных направлениях по оси цилиндра,  
причем устройство также содержит волновод СВЧ-излучения, имеющий конец, проходящий через внешнюю цилиндрическую стенку в полость резонатора, а длина полости резонатора в направлении цилиндра изменяется как функция радиального расстояния к оси цилиндра,  
15 причем резонатор содержит кольцевой элемент, образующий по меньшей мере частично боковую поверхность указанной полости в цилиндрическом направлении.
2. Устройство по п. 1, в котором полость резонатора в цилиндрическом направлении по меньшей мере частично ограничена поверхностью конуса, продольная ось которого по существу совпадает с осью цилиндра резонатора и который сужается по направлению 20 к противоположной стороне указанной полости.
3. Устройство по п. 1, в котором в определенном диапазоне цилиндрическая длина указанной полости увеличивается как функция увеличивающегося радиального расстояния относительно оси цилиндра.
4. Устройство по п. 1, в котором в резонаторе также выполнена внутренняя 25 цилиндрическая стенка, ограничивающая полость резонатора в радиальном направлении к оси цилиндра и имеющая щелевое отверстие, проходящее в окружном направлении вокруг оси цилиндра.
5. Устройство по п. 1, в котором кольцевой элемент выполнен заодно с участком боковой стенки и/или внутренней цилиндрической стенки резонатора.
- 30 6. Устройство по п. 1, в котором на продольном конце указанной полости ее боковая поверхность проходит по существу перпендикулярно по отношению к оси цилиндра, предпочтительно на расстоянии по меньшей мере около 1 мм.
7. Устройство по п. 1, в котором кольцевой элемент заполняет часть пространства, ограниченного в радиальном направлении между внутренней цилиндрической стенкой 35 и внешней цилиндрической стенкой, а также в цилиндрическом направлении между участком боковой стенки и кромкой щелевого отверстия,  
причем часть пространства, заполненная кольцевым элементом, находится в диапазоне примерно от 10% до 95%.
- 40 8. Устройство по любому из пп. 1-7, дополнительно содержащее СВЧ-генератор, подсоединенный ко второму концу волновода СВЧ-излучения.

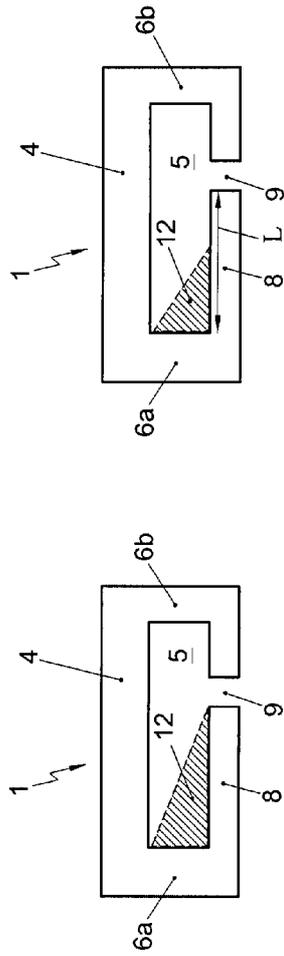
1

1/2



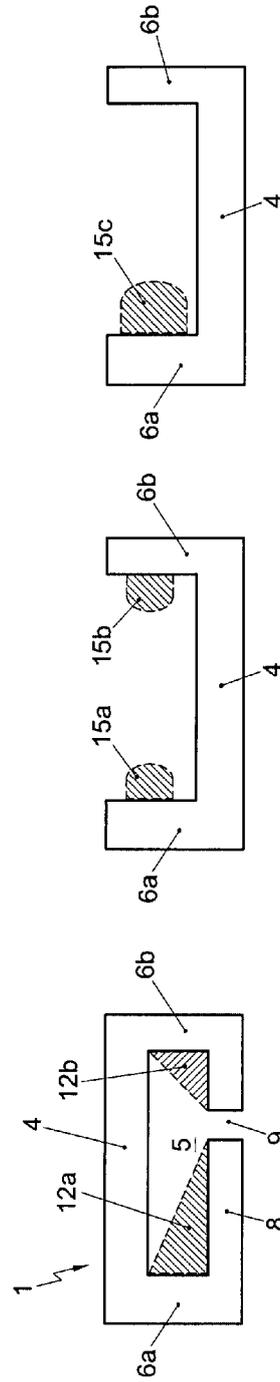
ФИГ.1

2



ФИГ. 2В

ФИГ. 2А



ФИГ. 2Е

ФИГ. 2D

ФИГ. 2С