

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3571054号

(P3571054)

(45) 発行日 平成16年9月29日(2004.9.29)

(24) 登録日 平成16年7月2日(2004.7.2)

(51) Int. Cl.⁷

H05H 1/46

H01J 37/32

F I

H05H 1/46

H01J 37/32

B

請求項の数 5 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平9-524812	(73) 特許権者	504002849
(86) (22) 出願日	平成8年12月23日(1996.12.23)		シュピッツル、ラルフ
(65) 公表番号	特表2000-515296(P2000-515296A)		ドイツ、デー—53639 ケーニヒスヴ
(43) 公表日	平成12年11月14日(2000.11.14)		インター、ニーダーショイレン 27アー
(86) 国際出願番号	PCT/EP1996/005821	(74) 代理人	100095555
(87) 国際公開番号	W01997/025837		弁理士 池内 寛幸
(87) 国際公開日	平成9年7月17日(1997.7.17)	(74) 代理人	100076576
審査請求日	平成12年8月14日(2000.8.14)		弁理士 佐藤 公博
(31) 優先権主張番号	19600223.0	(74) 代理人	100110397
(32) 優先日	平成8年1月5日(1996.1.5)		弁理士 帛丘 圭司
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(72) 発明者	シュピッツル、ラルフ
			ドイツ、デー—53639 ケーニヒスヴ
			インター、ニーダーショイレン 27アー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ波を利用したプラズマ発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマチェンバ(7)及び共振器(5)を備えたマイクロ波プラズマ発生装置であり、
 前記共振器(5)は、リング状で且つ矩形断面を有し、前記矩形断面の短辺がプラズマ
 チェンバ(7)の壁に配置されるようにプラズマチェンバ(7)を囲み、
 前記矩形の短辺は、プラズマチェンバ(7)の軸Zと平行に配置され、
 マイクロ波パワーが共振器(5)から、前記矩形の短辺にある複数の連結点(6)を介し
 てチェンバ(7)に連結されており、
 前記矩形の短辺は、プラズマチェンバ(7)と共通した壁を形成していることを特徴とす
 るマイクロ波発生装置。

【請求項2】

前記連結点(6)が、前記共振器(5)と前記チェンバ(7)との共通壁に、配向スロッ
 トカプラーとして形成されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記連結点(6)が、前記共振器(5)と前記チェンバ(7)との共通壁にアンテナまた
 はループとして形成されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項4】

前記プラズマチェンバ(7)が立方形、直平行六面形(cuboid)、方形または矩形柱、円
 筒等の形態のマイクロ波共振器として設計されていることを特徴とする請求項1から3の
 いずれかに記載の装置。

【請求項 5】

電気コイル又は永久磁石（10）をさらに付加することによって磁界がチェンバ（7）内に生じることの特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロ波を利用したプラズマ発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

各種のプラズマが、様々な方法を用いて発生され基板の改良等に利用されている。プラズマ処理は、基板のコーティング、洗浄やエッチング、移植片処理用薬剤や、排気ガスの浄化技術等で利用されている。処理される加工品の形態は平らな基板、繊維束やウェブ状材料から、あらゆる外形の成型品に及ぶ。マイクロ波発生器の高度な性能及び利用簡便性は、マイクロ波プラズマの重要性に寄与してきた。

【0003】

様々なタイプのプラズマ処理装置が知られている。そのような装置では、マイクロ波は給送器（feed）、及び任意でカプラーを介してプラズマチェンバに注入される。様々な種類のプラズマが様々な応用される。その他にも、マイクロ波を給送するために導波管や同軸ケーブル、さらには連結用としてアンテナやスロットが利用される（下記特許文献 1）。

【0004】

様々な種類の装置がマイクロ波プラズマ発生用として使用されている。先行技術によれば、そのような装置類はプラズマチェンバ、コンテナもしくはそれに含まれる加工スペース、及びそれに連結可能な給送導波管を含み、導波管は周辺形導波共振器の形状になっていることが多い。便宜上これらは共通の回転軸上に配置される。入力連結を通して、マイクロ波は共振器からプラズマチェンバに放出（emerge）される（下記特許文献 2～3）。

【0005】

【特許文献 1】

ドイツ特許第 4235914 号明細書

【0006】

【特許文献 2】

フランス特許公開第 2668676 号明細書

【0007】

【特許文献 3】

欧州特許公開第 0593931 号明細書

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、回転軸に対して平行なスロット等を通しての連結や共振器の設計に関して、周知のタイプには不利な点があることが明らかになっている。このようなケースの不利な点としては、連結点の配置によっては、TM_{01n}モード等特定の場パターンの励起が不可能であることが挙げられる。そのため重要な場面への応用が妨げられている。故に、できる限り多くのモードを均一に励起、及び／又は非常に均一なプラズマを大規模に発生させる装置への需要が存在する。そのような装置は、 10^{-5} mbar から、具体的にいえば 1 bar を越える広範囲の圧力で作動する。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明のマイクロ波発生装置は、プラズマチェンバ（7）及び共振器（5）を備えたマイクロ波プラズマ発生装置であり、前記共振器（5）は、リング状で且つ矩形断面を有し、前記矩形断面の短辺がプラズマチェンバ（7）の壁に配置されるようにプラズマチェンバ（7）を囲み、前記矩形の短辺は、プラズマチェンバ（7）の軸 z と平行に配置され、マイクロ波パワーが共振器（5）から、前記矩形の短辺にある複数の連結点（6）を介し

10

20

30

40

50

てチェンバ（７）に連結されており、前記矩形の短辺は、プラズマチェンバ（７）と共通した壁を形成していることを特徴とする。

【００１０】

【発明の実施の形態】

本発明の好ましい形態は、マイクロ波発生器１、マイクロ波発生器を共振器に連結するカプラー９、コンテナ８を内蔵するプラズマチェンバ７、及びこのチェンバを囲む少なくとも一つの導波共振器５を備えた、マイクロ波プラズマを発生させるための装置である。

【００１１】

本発明は前記タイプのマイクロ波プラズマ発生装置に関するものであり、本発明によれば、共振器５の断面短辺は装置の軸に平行或いはプラズマチェンバ７の軸に平行であって、
10 マイクロ波パワーは導波共振器５よりプラズマチェンバ７に連結される。共振器５はチェンバ７を囲みチェンバと壁を共通している。共振器は部分的または全体的に、望ましくは円筒形のチェンバを、望ましくはリング形状で囲んでいる。共振器５を、末端部分を係合させた導波管の形状で設計してもよい。

【００１２】

共通の軸Ｚに対して対称となるよう共振器５、プラズマチェンバ７及びコンテナ８を配置すれば都合がよく、必ずしも回転対称としなくてもよい。必要があれば、対称的で最も単純な設計から逸脱することもできる。共振器はリング共振器であることが望ましく、卵型或いはほぼ矩形、又は円形であってもよい。重要なのは共振器５の断面が細長く、チェンバ７との共通壁が、共振器５の一番狭い辺になるよう設計されることである。共振器５が
20 矩形断面を持つリング形状であり、その矩形の狭く短い辺がチェンバ７に面し、チェンバ７と壁を共通するような設計であれば非常に望ましい。

【００１３】

しかしながら共振器５を、その断面が例えばほぼ円形である、チェンバ壁を囲む導波管として設計することも可能である。

【００１４】

共通或いは別々のマイクロ波発生器を備えた共振器５を複数設けることも可能で、そのように共振器を設ければチェンバ７のサイズを大きくすることができる。連結点はスロットであるのが望ましく、さらにいえば狭いスロットであることが非常に望ましいが、アンテナ、ループ又はジャンクションをもって連結点を形成することも可能である。連結点が狭い、又は最も狭い辺に形成されるのであれば、その連結はＺ軸に関してもしくはそれに平行に、共振器５とチェンバ７の共通壁表面の任意の点であってもよい。本発明によれば、
30 プラズマチェンバ内でエネルギー密度を増した単純化入力連結が起こる。これにより大きい加工品をコーティングすることができ、排気ガスの浄化といった化学反応のケースにおける処理能力を増大させることができる。

【００１５】

共振器５としては、矩形断面を持つのが適切かつ望ましく、又は任意で円形断面であってもよい。又導波共振器５がトロイド状又はほぼ環状であるよう設計されているのも望ましい。

【００１６】

また、連結点６が配向した（azimuthally oriented）、すなわちＺ軸に対し垂直なスロットカプラーとして形成されていれば非常に望ましい。そうすれば、長辺方向に、スロットが正確に或いはほぼＺ軸周辺の円上にそれに対して垂直方向に位置するからである。スロットが平行な円上、又はそれに対し４５°等の角度で位置してもよい。

【００１７】

本発明によれば、リング共振器５が矩形断面を持つ場合、断面短辺がこの共振器の半径方向に対し垂直でプラズマチェンバ７の回転軸に対し平行である。共振器５の矩形短辺を介してマイクロ波を連結すると、連結スロットを共振器５とプラズマチェンバ７間の壁に用いた時に、それらがプラズマチェンバの回転軸Ｚに対し平行方向に延長する必要がない。
共振器５とプラズマチェンバ７の間の壁に配向スロットが用いられる時、リング共振器は
50

平行アドミッタンスを持つ。

【0018】

共振器5では、連結点6が定常波の電界最高値に位置していることが望ましい。連結点の長さや距離は均一であるべきだが、厳密な均一化を要求しない方が都合がよい。

【0019】

連結点6が、定常波の同相 (in-phase) 電界 (E field) の最高値に位置していることが望ましい。

【0020】

連結点、望ましくはスロットの長さが電界の半波の全長に対応していてもよい。

【0021】

サーキュレーター2、チューニング・ユニット3、給送器4及び入力マイクロ波カプラー、望ましくはHジャンクション及びEジャンクション、ループ、アンテナ等を用いて連結を行ってもよい。マイクロ波発生器1から共振器5まで連結しているマイクロ波は、スリーピン・チューナー (three-pin tuner)、マジックTピース、末端ディスク (termination discs) 又はその他のチューニング要素等により、共振器5から連結している入力マイクロ波の反対側でもチューニング可能である。

【0022】

プラズマチェンバ7、及びそれを囲む導波共振器5は、特定のモードを励起するリング共振器等として設計され、従って円筒形、具体的にいえば断面が円形である形状、或いは立方体 (cube)、方形 (square) や矩形柱といった形状に設計されていてもよく、変形していても構わない。トロイダル矩形導波共振器 (toroidal rectangular waveguide resonators) 5は複数のマイクロ波発生器より給送されてもよい。

【0023】

チェンバ7はTM₀₁₀モードの励起に必要なだけの直径と高さ、或いはTM_{01n} (n=1,2,3,...) モードを励起するためのサイズであるよう設計してもよい。例えばコンテナ8の誘導性のため、界分布は正常な (unperturbed) 共振器5の理想的なTM_{01n} (n=1,2,3,...) 界分布と異なってもよい。

【0024】

電気コイルや永久磁石を加えることによって、チェンバ7内に磁界を生じることができ、そうすることでおよそ10⁻²hPa未満という低いコンテナ圧で、高濃度のイオン生成に必要な電子サイクロトロン共鳴が得られる。

【0025】

例えば水晶ガラス製のコンテナ8がプラズマチェンバで用いられている場合、一方では入力連結点の近界用として、例えばスロットアンテナやロッドアンテナの形態で、或いはプラズマチェンバがそれに応じたサイズであるならば、その適用例にとって望ましい共振器モード、円筒形共振器の場合はn=0,1,2...のTM_{01n}等をプラズマ発生用にも使用することもできる。円筒形共振器のTM₀₁₀モードの場合、z軸に沿って延びたプラズマが発生する。nが0より大きいTM_{01n}の場合、その直径を共振器の長さの関数として選択してもよく、大容量のプラズマが得られる。

【0026】

マイクロ波発生器は、例えば、周波数2.45GHzのマグネトロン真空管を持つ。

【0027】

n=0,1,2...の円筒形モードTM_{01n}等、プラズマチェンバ内でマイクロ波モードを励起する場合では、スロットはリング共振器モードの同相最高点正面に配置されるように選択すべきである。しかしながら、スロットカプラーの近界がプラズマ発生目的で利用される場合、スロットを最高点毎に配置することも可能である。連結スロットの長さは同相領域を越えてはならず、最高入力パワー連結を得るためには、その長さは半波を正確にカバーするようなものでなければならない。

【0028】

装置が全構成要素の内幾つかを含んでいてもよい。

10

20

30

40

50

【0029】

本発明は、図面中に示す実施態様によって説明される。

【0030】

図1は本発明による装置を部分的にx軸及びz軸と共に示した断面図である。

【0031】

図2は、本装置を示すためのz軸方向の平面図である。

【0032】

図3は本発明による装置の一部を示す図であり、3つの共振器5が共通のマイクロ波発生器1と共通のプラズマチェンバ7に連結している。

【0033】

図1では、環状導波共振器5の矩形断面の短辺が、プラズマチェンバ7の円筒形壁にあり、マイクロ波発生器1から連結器2、チューニング・ユニット3、給送器4、カプラー9を介してマイクロ波を供給されている。それらの連結器はサーキュレーター2、スリーピン・チューナー等のチューニング・ユニット3、給送器4及び、Hジャンクション又はEジャンクション等の形状である入力マイクロ波連結点9で構成されている。図面中の矢印は、電界の方向を表し、xとzは軸を意味する。リング共振器5の矩形断面の短辺上に、突起中に（in the protrusion）示された連結スロット6があり、プラズマチェンバ7と共通しているこの共振器の壁を貫通している。この場合、磁気コイル10は電子サイクロトロン共鳴を励起させる。

【0034】

図2では、図1に示したスロット6を共振器5の環状壁と一致するように、コンテナ8を持つチェンバ7にマイクロ波が連結している。リング共振器5では、電界ベクトルが図面の水平面に対し垂直になっている。

【0035】

図3では、送出（delivery）共振器11を通しての給送を行うことにより、トロイド状矩形導波共振器5からプラズマチェンバ7にかけて三重の、望ましくは同相連結が存在する。短絡ディスク12が送出共振器のチューニングに使用される。共振器5はピンチューナー3を利用してチューニングされる。矢印はリング共振器での電界の配向を示しており、本発明によればそれはz軸に対し平行でマイクロ波連結スロットに対し垂直である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による装置を部分的にx軸及びz軸と共に示した断面図である。

【図2】 本発明の装置を示すためのz軸方向の平面図である。

【図3】 本発明による装置の一部を示す図であり、3つの共振器が共通のマイクロ波発生器と共通のプラズマチェンバに連結している例である。

【符号の説明】

1 マイクロ波発生器

2 サーキュレーター（連結器）

3 チューニング・ユニット

4 給送器

5 共振器

6 連結点

7 プラズマチェンバ

8 コンテナ

9 カプラー

10 磁気コイル

11 送出（delivery）共振器

12 短絡ディスク

10

20

30

40

【図 1】

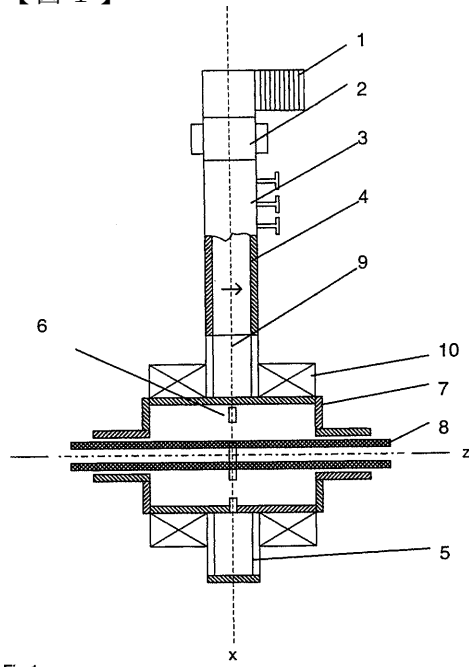


Fig.1

【図 2】

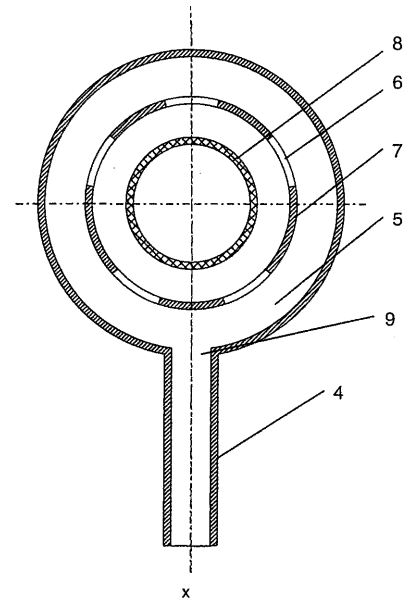


Fig.2

【図 3】

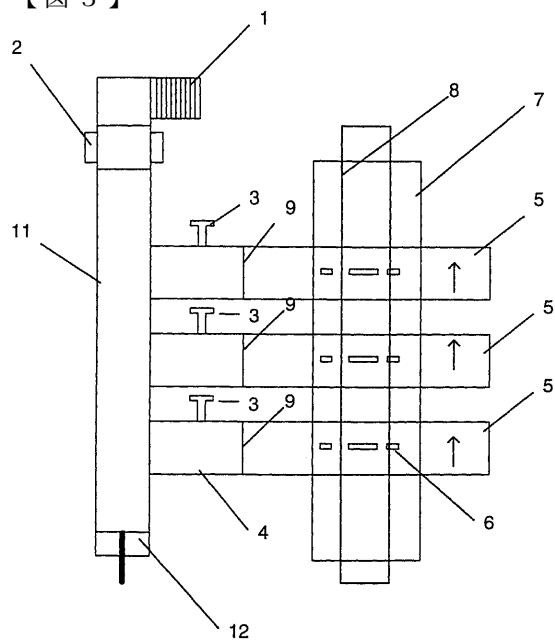


Fig.3

フロントページの続き

(72)発明者 アッシャーマン、ベネディクト
ドイツ、デー42111 ヴッパートール、イレックスヴェク 1アー

審査官 山口 敦司

(56)参考文献 米国特許第03577207 (US, A)
特開平05-036640 (JP, A)
特開昭63-103088 (JP, A)
特開平07-130494 (JP, A)
特開昭63-055112 (JP, A)
特開平06-120144 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H05H 1/46
H01J 37/32