

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5111806号
(P5111806)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int. Cl. F I
H05H 1/46 (2006.01) H05H 1/46 B
H01L 21/205 (2006.01) H01L 21/205
C23C 16/511 (2006.01) C23C 16/511
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/302 I O I D

請求項の数 17 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-211225 (P2006-211225)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成18年8月2日(2006.8.2)	(74) 代理人	100101557 弁理士 萩原 康司
(65) 公開番号	特開2008-41323 (P2008-41323A)	(74) 代理人	100096389 弁理士 金本 哲男
(43) 公開日	平成20年2月21日(2008.2.21)	(74) 代理人	100095957 弁理士 亀谷 美明
審査請求日	平成21年6月3日(2009.6.3)	(72) 発明者	北村 昌幸 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	堀口 貴弘 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置と方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マイクロ波を方形導波管の下面に複数形成されたスロットに通して処理室の上面に配置された誘電体中に伝播させ、誘電体表面で形成させた電磁界での電界エネルギーにより処理室内に供給された処理ガスをプラズマ化させて、基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記方形導波管内を伝播するマイクロ波のVSWR(Voltage Standing Wave Ratio)をプラズマ処理中に測定する測定部を設け、

前記測定部で測定されたVSWRに基づいて前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長をプラズマ処理中に変化させる制御部を設け、

前記制御部は、前記測定部で測定されるVSWRを最小にするように前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を変化させることを特徴とする、プラズマ処理装置。

【請求項2】

前記測定部は、方向性結合器であることを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】

前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を可変に構成したことを特徴とする、請求項1または2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】

前記方形導波管の上面部材を下面に対して昇降させることにより、前記方形導波管内を

伝播するマイクロ波の波長を変化させるように構成したことを特徴とする、請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記方形導波管の上部を開口させ、上方から方形導波管内に上面部材を昇降自在に挿入したことを特徴とする、請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記上面部材を昇降移動させる昇降ロッドと、前記上面部材を下面に対して常に平行な姿勢にさせるガイドロッドとを備えることを特徴とする、請求項 4 または 5 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記方形導波管の上面の下面に対する高さ h を示す目盛りを、前記ガイドロッドに設けたことを特徴とする、請求項 6 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記処理室の上方に前記方形導波管を複数本並列に配置したことを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記方形導波管の下面に、複数のスロットが等間隔に並んでいることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記方形導波管に対して複数の誘電体が取付けられており、かつ各誘電体毎に 1 または 2 以上のスロットが設けられていることを特徴とする、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記複数の誘電体の周囲に、処理室内に処理ガスを供給する 1 または 2 以上のガス噴射口をそれぞれ設けたことを特徴とする、請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】

前記複数の誘電体を支持する支持部材に、前記ガス噴射口を設けたことを特徴とする、請求項 11 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記複数の誘電体の周囲に、処理室内に第 1 の処理ガスを供給する 1 または 2 以上の第 1 のガス噴射口と、処理室内に第 2 の処理ガスを供給する 1 または 2 以上の第 2 のガス噴射口をそれぞれ設けたことを特徴とする、請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】

前記第 1 の噴射口と第 2 の噴射口の一方を他方よりも下方に配置したことを特徴とする、請求項 13 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 15】

マイクロ波を方形導波管の下面に複数形成されたスロットに通して処理室の上面に配置された誘電体中に伝播させ、誘電体表面で形成させた電磁界での電界エネルギーにより処理室内に供給された処理ガスをプラズマ化させて、基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理方法であって、

前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の $VSWR$ (Voltage Standing Wave Ratio) を測定部によって、プラズマ処理中に測定し、

前記測定部で測定された $VSWR$ に基いて、前記 $VSWR$ を最小にするように、前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を制御部によって、プラズマ処理中に変化させることを特徴とする、プラズマ処理方法。

【請求項 16】

前記 $VSWR$ を方向性結合器で測定することを特徴とする、請求項 15 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 17】

前記方形導波管の上面部材を下面に対して昇降移動させることにより、前記方形導波管

10

20

30

40

50

内を伝播するマイクロ波の波長を変化させることを特徴とする、請求項 15 または 16 に記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマを生成して基板に対して成膜などの処理を施すプラズマ処理装置と方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば LCD 装置などの製造工程においては、マイクロ波を利用して処理室内にプラズマを生成させ、LCD 基板に対して CVD 処理やエッチング処理等を施す装置が用いられている。かかるプラズマ処理装置として、処理室の上方に複数本の導波管を平行に並べたものが知られている（例えば、特許文献 1、2 参照）。この導波管の下面には複数のスロットが等間隔に並べて開口され、さらに、導波管の下面に沿って平板状の誘電体が設けられる。そして、スロットを通じて誘電体の表面にマイクロ波を伝播させ、処理室内に供給された処理ガスをマイクロ波のエネルギー（電磁界）によってプラズマ化させる構成となっている。

10

【0003】

【特許文献 1】特開 2004 - 200646 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 152876 号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

これら特許文献 1、2 では、導波管の下面に設けられた複数のスロットから効率良くマイクロ波を伝播させることができるように、スロット同士の間隔を、所定の等間隔（概ね初期設定時の管内波長 g' の半分（ $g'/2$ ）の間隔）に設定している。しかしながら、導波管内を伝播するマイクロ波の実際の管内波長 g は一定ではなく、処理室内で行われるプラズマ処理の条件、例えばガス種や圧力等によって処理室内（チャンバー内）のインピーダンスが変化すると、管内波長 g も変化する性質がある。このため、特許文献 1、2 のように導波管の下面に複数のスロットを所定の等間隔で形成した場合、プラズマ処理の条件（インピーダンス）によって管内波長 g が変化することにより、初期設定時の管内波長 g' と、実際の管内波長 g とにずれが発生する。その結果、複数の各スロットから誘電体を通して処理室内に均一にマイクロ波を伝播させることができなくなってしまう。

30

【0005】

ところが、管内波長 g は、導波管の外部からは容易に測定することができない。従来、例えば方形導波管の H 面（広壁面）にスリットを導波管長手方向に形成し、スリットから導波管内に電界プローブを挿入し、スリットに沿って移動させることにより、電界強度分布を測定する方法が知られている。しかしながら、導波管にスリットを形成すると、そこから外部にマイクロ波が漏れ出る心配がある。さらに、電界プローブを挿入することにより導波管内の電磁界分布に悪影響を与える可能性もある。また、マイクロ波を利用して処理室内にプラズマを生成させるプラズマ処理装置において、導波管 H 面にスリットを形成したり電界プローブを挿入することは、装置の制約上、実際には不可能な場合も多い。このため、プラズマ処理装置における管内波長 g を測定することは現実的に困難である。その結果、従来は、導波管の下面に設けられた複数のスロットから処理室内に効率良くマイクロ波を伝播させることが困難であった。

40

【0006】

従って本発明の目的は、導波管の下面に設けられた複数のスロットから処理室内に効率良くマイクロ波を伝播させることができるプラズマ処理装置と方法を提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明によれば、マイクロ波を方形導波管の下面に複数形成されたスロットに通して処理室の上面に配置された誘電体中に伝播させ、誘電体表面で形成させた電磁界での電界エネルギーにより処理室内に供給された処理ガスをプラズマ化させて、基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、前記方形導波管内を伝播するマイクロ波のVSWR (Voltage Standing Wave Ratio) をプラズマ処理中に測定する測定部を設け、前記測定部で測定されたVSWRに基いて前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長をプラズマ処理中に変化させる制御部を設け、前記制御部は、前記測定部で測定されるVSWRを最小にするように前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を変化させることを特徴とする、プラズマ処理装置が提供される。

10

【0008】

このプラズマ処理装置において、前記測定部は、例えば方向性結合器である。

【0009】

また、前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を可変に構成することが望ましい。この場合、前記方形導波管の上面部材を下面に対して昇降させることにより、前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を変化させるように構成することができる。また、前記方形導波管の上部を開口させ、上方から方形導波管内に上面部材を昇降自在に挿入しても良い。また、前記上面部材を昇降移動させる昇降ロッドと、前記上面部材を下面に対して常に平行な姿勢にさせるガイドロッドとを備えていても良い。更に、前記方形導波管の上面の下面に対する高さhを示す目盛りを、前記ガイドロッドに設けても良い。

20

【0011】

また、前記処理室の上方に前記方形導波管を複数本並列に配置しても良い。また、前記方形導波管の下面に、複数のスロットが等間隔に並んでいても良い。更に、前記方形導波管に対して複数の誘電体が取付けられており、かつ各誘電体毎に1または2以上のスロットが設けられていても良い。この場合、前記複数の誘電体の周囲に、処理室内に処理ガスを供給する1または2以上のガス噴射口をそれぞれ設けても良い。また、前記複数の誘電体を支持する支持部材に、前記ガス噴射口を設けても良い。あるいはまた、前記複数の誘電体の周囲に、処理室内に第1の処理ガスを供給する1または2以上の第1のガス噴射口と、処理室内に第2の処理ガスを供給する1または2以上の第2のガス噴射口をそれぞれ設けても良い。この場合、前記第1の噴射口と第2の噴射口の一方を他方よりも下方に配置しても良い。

30

【0012】

また、本発明によれば、マイクロ波を方形導波管の下面に複数形成されたスロットに通して処理室の上面に配置された誘電体中に伝播させ、誘電体表面で形成させた電磁界での電界エネルギーにより処理室内に供給された処理ガスをプラズマ化させて、基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理方法であって、前記方形導波管内を伝播するマイクロ波のVSWR (Voltage Standing Wave Ratio) を測定部によって、プラズマ処理中に測定し、前記測定部で測定されたVSWRに基いて、前記VSWRを最小にするように、前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を制御部によって、プラズマ処理中に変化させることを特徴とする、プラズマ処理方法が提供される。

40

【0013】

このプラズマ処理方法において、前記VSWRを方向性結合器で測定してもよい。

【0014】

また、前記方形導波管の上面部材を下面に対して昇降移動させることにより、前記方形導波管内を伝播するマイクロ波の波長を変化させても良い。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、プラズマ処理装置において、方形導波管内を伝播するマイクロ波のV

50

S W Rを測定して、方形導波管内における反射波の強弱を知ることにより、方形導波管に形成した複数の各スロットから誘電体を通して処理室内に効率良くマイクロ波を伝播させることができているかどうかを検出できる。本発明によれば、こうして測定されるV S W Rを最小にするように前記方形導波管の上面部材を下面に対して昇降移動させ、方形導波管内に発生する反射波を最小にさせることにより、複数の各スロットから誘電体を通して処理室内に効率良くマイクロ波を伝播させることができるようになる。

【0016】

なお、方形導波管内を伝播する管内波長 g は次式(1)で表される。

$$g = \lambda / \{1 - (\lambda / c)^2\} \quad (1)$$

但し、 λ : 自由空間波長 = C / f (m)、 c : 方形導波管のカットオフ波長 = C / f_c (m)、 C : 光速 = 2.99792458×10^8 (m/s) (真空中)、 f : 周波数 (Hz)、 f_c : 方形導波管のカットオフ周波数 (Hz)

10

【0017】

また、方形導波管のとき、次式(2)が成り立つ。

$$c = 2h \quad (2)$$

但し、 h : 方形導波管の下面に対する上面の高さ (m)

【0018】

即ち、方形導波管の下面に対する上面の高さ h を大きくすれば c も大きくなるので、 g は小さくなり、逆に、方形導波管の下面に対する上面の高さ h を小さくすれば c も小さくなるので、 g は大きくなる。したがって、方形導波管の下面に対する上面の高さ h を変えることによって、プラズマ処理の条件と共に変動する処理室内のインピーダンスによって変化した管内波長 g を修正し、スロット同士の間隔 ($g' / 2$) と、実際の管内波長 g の半分の間隔 ($g / 2$) との間のずれを解消する。これによって、方形導波管の下面に形成した複数の各スロットから処理室上面の誘電体中に効率良くマイクロ波を伝播させることができようになり、基板の上方全体に均一な電磁界を形成でき、基板の表面全体に均一なプラズマ処理を行うことが可能になる。また、このように管内波長 g の山部分と谷部分をスロットの位置に一致させて、方形導波管の下面に形成した複数の各スロットから処理室上面の誘電体中に効率良くマイクロ波を伝播させた場合は、方形導波管内に発生する反射波も最小となり、必然的にV S W Rも最小にすることができる。即ち換言すれば、方形導波管内を伝播するマイクロ波のV S W Rを最小にするように前記方形導波管の上面部材を下面に対して昇降移動させて、方形導波管内に発生する反射波を最小にさせれば、必然的に、スロット同士の間隔 ($g' / 2$) と、実際の管内波長 g の半分の間隔 ($g / 2$) との間のずれが小さくなり、方形導波管の下面に形成した複数の各スロットから処理室上面の誘電体中に効率良くマイクロ波が伝播されるようになる。

20

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態を、プラズマ処理の一例であるCVD (chemical vapor deposition) 処理を行うプラズマ処理装置1に基づいて説明する。図1は、本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置1の内部構造を示した縦断面図(図2中のX-X断面)である。図2は、このプラズマ処理装置1が備える蓋体3の下面図である。図3は、蓋体3の部分拡大縦断面図(図2中のY-Y断面)である。図4は、プラズマ処理装置1の概略的な構成の説明図である。

40

【0020】

このプラズマ処理装置1は、上部が開口した有底立方体形状の処理容器2と、この処理容器2の上方を塞ぐ蓋体3を備えている。処理容器2の上方を蓋体3で塞ぐことにより、処理容器2の内部には密閉空間である処理室4が形成されている。これら処理容器2と蓋体3は導電性を有する非磁性材料、例えばアルミニウムからなり、いずれも電氣的に接地された状態になっている。

【0021】

処理室4の内部には、基板として例えばガラス基板(以下「基板」という)Gを載置す

50

るための載置台としてのサセプタ10が設けられている。このサセプタ10は例えば窒化アルミニウムからなり、その内部には、基板Gを静電吸着すると共に処理室4の内部に所定のバイアス電圧を印加させるための給電部11と、基板Gを所定の温度に加熱するヒータ12が設けられている。給電部11には、処理室4の外部に設けられたバイアス印加用の高周波電源13がコンデンサなどを備えた整合器14を介して接続されると共に、静電吸着用の高圧直流電源15がコイル16を介して接続されている。ヒータ12には、同様に処理室4の外部に設けられた交流電源17が接続されている。

【0022】

サセプタ10は、処理室4の外部下方に設けられた昇降プレート20の上に、筒体21を介して支持されており、昇降プレート20と一体的に昇降することによって、処理室4内におけるサセプタ10の高さが調整される。但し、処理容器2の底面と昇降プレート20との間には、ベローズ22が装着してあるので、処理室4内の気密性は保持されている。

10

【0023】

処理容器2の底部には、処理室4の外部に設けられた真空ポンプなどの排気装置（図示せず）によって処理室4内の雰囲気気を排気するための排気口23が設けられている。また、処理室4内においてサセプタ10の周囲には、処理室4内におけるガスの流れを好ましい状態に制御するための整流板24が設けられている。

【0024】

蓋体3は、蓋本体30の下面にスロットアンテナ31を一体的に形成し、更にスロットアンテナ31の下面に、複数枚のタイル状の誘電体32を取り付けた構成である。蓋本体30及びスロットアンテナ31は、例えばアルミニウムなどの導電性材料で一体的に構成され、電気的に接地状態である。図1に示すように処理容器2の上方を蓋体3によって塞いだ状態では、蓋本体30の下面周辺部と処理容器2の上面との間に配置されたリング33と、後述する各スロット70の周りに配置されたリング（リングの配置位置を図5中に一点鎖線70'で示す）によって、処理室4内の気密性が保持されている。

20

【0025】

蓋本体30の内部には、断面形状が矩形状の方形導波管35が複数本水平に配置されている。この実施の形態では、何れも直線上に延びる6本の方形導波管35を有しており、各方形導波管35同士が互いに平行となるように並列に配置されている。各方形導波管35の断面形状（矩形状）の長辺方向がH面で垂直となり、短辺方向がE面で水平となるように配置されている。なお、長辺方向と短辺方向をどのように配置するかは、モードによって変る。また各方形導波管35の内部は、例えばフッ素樹脂（例えばテフロン（登録商標））の誘電部材36がそれぞれ充填されている。なお、誘電部材36の材質は、フッ素樹脂の他、例えば、 Al_2O_3 、石英などの誘電材料も使用できる。

30

【0026】

処理室4の外部には、図2に示されるように、この実施の形態では3つのマイクロ波供給装置40が設けられており、各マイクロ波供給装置40からは、例えば2.45GHzのマイクロ波が、蓋本体30の内部に設けられた2本ずつの方形導波管35に対してそれぞれ導入されるようになっている。各マイクロ波供給装置40と2本ずつの各方形導波管35との間には、2本の方形導波管35に対してマイクロ波を分配して導入させるためのY分岐管41がそれぞれ接続してある。

40

【0027】

また、このY分岐管41とマイクロ波供給装置40との間には、方形導波管35内を伝播するマイクロ波のVSWR（Voltage Standing Wave Ratio、定在波比）を測定する測定部としての方向性結合器120が取り付けられている。

【0028】

図1に示されるように、蓋本体30の内部に形成された各方形導波管35の上部は蓋本体30の上面において開口しており、そのように開口した各方形導波管35の上方から、各方形導波管35内に上面部材45が昇降自在に挿入されている。この上面部材45も導

50

電性を有する非磁性材料、例えばアルミニウムで構成される。

【 0 0 2 9 】

一方、蓋本体 3 0 の内部に形成された各方形導波管 3 5 の下面は、蓋本体 3 0 の下面に一体的に形成されたスロットアンテナ 3 1 を構成している。上述のように、断面形状が矩形状に形成された各方形導波管 3 5 内面の短辺方向が E 面であるので、方形導波管 3 5 の内部に臨んでいるこれら上面部材 4 5 の下面とスロットアンテナ 3 1 の上面が E 面となっている。蓋本体 3 0 の上方には、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を、水平な姿勢を保ったまま方形導波管 3 5 の下面（スロットアンテナ 3 1）に対して昇降移動させる昇降機構 4 6 が、各方形導波管 3 5 毎に設けられている。

【 0 0 3 0 】

図 3 に示すように、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 は、蓋本体 3 0 の上面を覆うように取付けられたカバー体 5 0 内に配置される。カバー体 5 0 の内部には、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を昇降させるために十分な高さを持った空間が形成されている。カバー体 5 0 の上面には、一対のガイド部 5 1 とガイド部 5 1 同士の間配置された昇降部 5 2 が配置されており、これらガイド部 5 1 と昇降部 5 2 によって方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を水平な姿勢を保ちながら昇降移動させる昇降機構 4 6 が構成されている。

【 0 0 3 1 】

方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 は、各ガイド部 5 1 に設けられた一対のガイドロッド 5 5 と、昇降部 5 2 に設けられた一対の昇降ロッド 5 6 を介して、カバー体 5 0 の上面から吊下げられている。昇降ロッド 5 6 はネジで構成されており、昇降ロッド 5 6 の下端を、上面部材 4 5 の上面に形成されたネジ孔 5 3 にネジ係合（螺合）させることにより、カバー体 5 0 の内部において、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を落下させずに支持している。

【 0 0 3 2 】

ガイドロッド 5 5 の下端には、ストッパー用のナット 5 7 が取付けてあり、このナット 5 7 を方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 の内部に形成された孔部 5 8 内で締め付けて固定することにより、上面部材 4 5 の上面に一対のガイドロッド 5 5 が垂直に固定された状態になっている。

【 0 0 3 3 】

これらガイドロッド 5 5 と昇降ロッド 5 6 の上端は、カバー体 5 0 の上面を貫通し、上方に突出している。ガイド部 5 1 において突出しているガイドロッド 5 5 の上端は、カバー体 5 0 の上面に固定されたガイド 6 0 内を貫通し、ガイド 6 0 内においてガイドロッド 5 5 が垂直方向にスライド移動できるようになっている。こうしてガイドロッド 5 5 が垂直方向にスライド移動することにより、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 は常に水平姿勢に保たれ、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 と下面（スロットアンテナ 3 1 の上面）が常に平行となる。

【 0 0 3 4 】

また、このようにガイド 6 0 内を貫通しているガイドロッド 5 5 の周面には、後に説明する方形導波管 3 5 の下面に対する方形導波管 3 5 の上面（上面部材 4 5 の下面）の高さ h を示す目盛り 5 4 が設けられている。

【 0 0 3 5 】

一方、昇降部 5 2 において突出している昇降ロッド 5 6 の上端には、タイミングプーリ 6 1 が固定されている。このタイミングプーリ 6 1 がカバー体 5 0 の上面に載っていることにより、昇降ロッド 5 6 の下端にネジ係合（螺合）している上面部材 4 5 が、カバー体 5 0 の内部において落下せずに支持されている。

【 0 0 3 6 】

一対の昇降ロッド 5 6 に取り付けられたタイミングプーリ 6 1 同士は、タイミングベルト 6 2 によって同期回転するようになっている。また、昇降ロッド 5 6 の上端部には、回転ハンドル 6 3 が取り付けられている。更にまた、昇降ロッド 5 6 の上端部には、昇降ロッド 5 6 を回転駆動させる駆動部としてのモータ 1 1 5 が接続してある。この回転ハンドル 6 3 を回転操作するか、あるいは、モータ 1 1 5 の回転駆動により、一対の昇降ロッド

10

20

30

40

50

56をタイミングプーリ61およびタイミングベルト62を介して同期回転させ、これによって、昇降ロッド56の下端にネジ係合（螺合）している上面部材45が、カバー体50の内部において昇降するようになっている。

【0037】

かかる昇降機構46にあつては、回転ハンドル63を回転操作するか、あるいは、モータ115の回転駆動によって、方形導波管35の上面部材45をカバー体50の内部において昇降移動させることができ、その際、ガイド部51に設けられたガイドロッド55がガイド60内を垂直方向にスライド移動するので、方形導波管35の上面部材45は常に水平姿勢に保たれ、方形導波管35の上面部材45と下面（スロットアンテナ31の上面）は常に平行となる。

10

【0038】

上述のように、方形導波管35の内部には誘電部材36が充填されているので、方形導波管35の上面部材45は、誘電部材36の上面に接する位置まで下降することができる。そして、このように誘電部材36の上面に接する位置を下限として、方形導波管35の上面部材45をカバー体50の内部で昇降移動させることにより、回転ハンドル63の回転操作か、あるいは、モータ115の回転駆動により、方形導波管35の下面（スロットアンテナ31の上面）に対する方形導波管35の上面（上面部材45の下面）の高さh（E面である方形導波管35の上面部材45の下面とスロットアンテナ31の上面の高さh）を任意に変えることが可能である。また、このように回転ハンドル63の回転操作もしくはモータ115の回転駆動で変えられた方形導波管35の下面に対する方形導波管35

20

【0039】

上面部材45は、例えばアルミニウムなどの導電性の非磁性材料からなり、上面部材45の周面部には、蓋本体30に対して電氣的に導通させるためのシールドスパイラル65が取り付けられている。このシールドスパイラル65の表面には、電気抵抗下げるために例えば金メッキなどが施されている。したがって、方形導波管35の内壁面全体は互いに電氣的に導通した導電性部材で構成されており、方形導波管35の内壁面全体に沿って放電せずに電流が円滑に流れるように構成されている。

30

【0040】

前述の方向性結合器120によって検出された方形導波管35内を伝播するマイクロ波のVSWRは、制御部116に入力されている。制御部116は、こうして方向性結合器120で測定されるVSWRを最小にさせるようにモータ115の回転駆動を制御し、方形導波管35の下面（スロットアンテナ31の上面）に対する方形導波管35の上面（上面部材45の下面）の高さh（E面である方形導波管35の上面部材45の下面とスロットアンテナ31の上面の高さh）を変えるようになっている。

40

【0041】

また図4では、マイクロ波アプリケーションのインピーダンス整合を行い、負荷からの反射電力を少なくするためのチューナー121、マイクロ波反射電力を吸収してマグネトロン（マイクロ波供給装置40）を保護するためのアイソレータ122も方形導波管35に接続した状態を示している。

【0042】

ここで、方形導波管35内を伝播するマイクロ波の進行波電力をP_f、反射波電力をP_rとすれば、方向性結合器120で測定されるVSWRは次式(3)によって求められる。

$$VSWR = (1 + (P_r / P_f)^{1/2}) / (1 - (P_r / P_f)^{1/2}) \quad (3)$$

【0043】

50

そして、プラズマ処理中は、マイクロ波供給装置 40 で発生させたマイクロ波が各方形導波管 35 に導入され、それぞれの各スロット 70 を通じて各誘電体 32 中を伝播していくが、各スロット 70 を通じて各誘電体 32 中にマイクロ波が効率良く伝播して、処理室 4 内にプラズマが多く生成されればされるほど、反射波電力 P_r が減るので、 $VSWR$ は小さくなる。逆に、各スロット 70 から各誘電体 32 中にマイクロ波が効率良く伝播せず、処理室 4 内でのプラズマ生成に消費されるマイクロ波が少なくなればなるほど、反射波電力 P_r が増えるので、 $VSWR$ は大きくなる。したがって、方向性結合器 120 で測定される $VSWR$ が最小のとき、各方形導波管 35 から各スロット 70 を通じて各誘電体 32 中にマイクロ波が効率良く伝播し、処理室 4 内のプラズマ生成に最も効率良く消費された状態となる。

10

【0044】

図 1 に示すように、スロットアンテナ 31 を構成する各方形導波管 35 の下面には、透孔としての複数のスロット 70 が、各方形導波管 35 の長手方向に沿って等間隔に配置されている。この実施の形態では、各方形導波管 35 毎に 12 個ずつ ($G5$ 相当) のスロット 70 が、それぞれ直列に並べて設けられており、スロットアンテナ 31 全体で、 12×6 列 = 72 箇所のスロット 70 が、蓋本体 30 の下面 (スロットアンテナ 31) 全体に均一に分布して配置されている。各スロット 70 同士の間隔は、各方形導波管 35 の長手方向において互いに隣接するスロット 70 間が中心軸同士で例えば $g' / 2$ (g' は、 2.45 GHz とした場合の初期設定時のマイクロ波の導波管内波長) となるように設定される。なお、各方形導波管 35 に形成されるスロット 70 の数は任意であり、例えば

20

【0045】

このようにスロットアンテナ 31 の全体に均一に分布して配置された各スロット 70 の内部には、例えば Al_2O_3 からなる誘電部材 71 がそれぞれ充填されている。なお、誘電部材 71 として、例えばフッ素樹脂、石英などの誘電材料を用いることもできる。また、これら各スロット 70 の下方には、上述のようにスロットアンテナ 31 の下面に取付けられた複数枚の誘電体 32 がそれぞれ配置されている。各誘電体 32 は長方形の平板状をなしており、例えば石英ガラス、 AlN 、 Al_2O_3 、サファイア、 SiN 、セラミック

30

【0046】

図 2 に示されるように、各誘電体 32 は、一つのマイクロ波供給装置 40 に対して Y 分岐管 41 を介して接続された 2 本の方形導波管 35 を跨ぐようにそれぞれ配置される。前述のように、蓋本体 30 の内部には全部で 6 本の方形導波管 35 が平行に配置されており、各誘電体 32 は、それぞれ 2 本ずつの方形導波管 35 に対応するように、3 列に配置されている。

【0047】

また前述のように、各方形導波管 35 の下面 (スロットアンテナ 31) には、それぞれ 12 個ずつのスロット 70 が直列に並べて配置されており、各誘電体 32 は、互いに隣接する 2 本の方形導波管 35 (Y 分岐管 41 を介して同じマイクロ波供給装置 40 に接続された 2 本の方形導波管 35) の各スロット 70 同士間を跨ぐように取り付けられている。これにより、スロットアンテナ 31 の下面には、全部で 12×3 列 = 36 枚の誘電体 32 が取り付けられている。スロットアンテナ 31 の下面には、これら 36 枚の誘電体 32 を 12×3 列に配列された状態で支持するための、格子状に形成された梁 75 が設けられている。なお、各方形導波管 35 の下面に形成するスロット 70 の個数は任意であり、例えば各方形導波管 35 の下面にそれぞれ 13 個ずつのスロット 70 を設け、スロットアンテナ 31 の下面に、全部で 13×3 列 = 39 枚の誘電体 32 を配列させても良い。

40

【0048】

ここで、図 5 は、蓋体 3 の下方から見た誘電体 32 の拡大図である。図 6 は、図 5 中の

50

X - X線における誘電体32の縦断面である。梁75は、各誘電体32の周囲を囲むように配置されており、各誘電体32をスロットアンテナ31の下面に密着させた状態で支持している。梁75は、例えばアルミニウムなどの非磁性の導電性材料からなり、スロットアンテナ31および蓋本体30と共に電氣的に接地された状態になっている。この梁75によって各誘電体32の周囲を支持することにより、各誘電体32の下面の大部分を処理室4内に露出させた状態にさせている。

【0049】

各誘電体32と各スロット70の間は、リング70'などのシール部材を用いて、封止された状態となっている。蓋本体30の内部に形成された各方形導波管35に対しては、例えば大気圧の状態でもマイクロ波が導入されるが、このように各誘電体32と各スロット70の間がそれぞれ封止されているので、処理室4内の気密性が保持されている。

10

【0050】

各誘電体32は、長手方向の長さLが真空引きされた処理室4内におけるマイクロ波の自由空間波長 λ = 約120mmよりも長く、幅方向の長さMが自由空間波長 λ よりも短い長方形に形成されている。マイクロ波供給装置40で例えば2.45GHzのマイクロ波を発生させた場合、誘電体の表面を伝播するマイクロ波の波長 λ_c は自由空間波長 λ にほぼ等しくなる。このため、各誘電体32の長手方向の長さLは、120mmよりも長く、例えば188mmに設定される。また、各誘電体32の幅方向の長さMは、120mmよりも短く、例えば40mmに設定される。

【0051】

20

また、各誘電体32の下面には、凹凸が形成されている。即ち、この実施の形態では、長方形に形成された各誘電体32の下面において、その長手方向に沿って7個の凹部80a、80b、80c、80d、80e、80f、80gが直列に並べて配置されている。これら各凹部80a~80gは、平面視ではいずれもほぼ等しい略長形状をなしている。また、各凹部80a~80gの内側面は、ほぼ垂直な壁面81になっている。

【0052】

各凹部80a~80gの深さdは、全てが同じ深さではなく、凹部80a~80gの深さの一部もしくは、全部の深さdが異なるように構成されている。図6に示した実施の形態では、スロット70に最も近い凹部80b、80fの深さdが最も浅くなっており、スロット70から最も遠い凹部80dの深さdが最も深くなっている。そして、スロット70真下の凹部80b、80fの両側に位置する凹部80a、80c及び凹部80e、80gは、スロット70真下の凹部80b、80fの深さdとスロット70から最も遠い凹部80dの深さdとの中間の深さdとなっている。

30

【0053】

但し、誘電体32の長手方向両端に位置する凹部80a、80gと2つのスロット70の内方に位置している凹部80c、80eに関しては、両端の凹部80a、80gの深さdは、スロット70の内方に位置する凹部80c、80eの深さdよりも浅くなっている。従って、この実施の形態では、各凹部80a~80gの深さdの関係は、スロット70に最も近い凹部80b、80fの深さd < 誘電体32の長手方向両端に位置する凹部80a、80gの深さd < スロット70の内方に位置する凹部80c、80eの深さd < スロット70から最も遠い凹部80dの深さdとなっている。

40

【0054】

また、凹部80aと凹部80gの位置での誘電体32の厚さ t_1 と、凹部80bと凹部80fの位置での誘電体32の厚さ t_2 と、凹部80cと凹部80eの位置での誘電体32の厚さ t_3 は、いずれも後述するように誘電体32の内部をマイクロ波が伝播する際に、凹部80a~80cの位置におけるマイクロ波の伝播と、凹部80e~80gの位置におけるマイクロ波の伝播を、それぞれ実質的に妨げない厚さに設定される。これに対して、凹部80dの位置での誘電体32の厚さ t_4 は、後述するように誘電体32の内部をマイクロ波が伝播する際に、凹部80dの位置においてはいわゆるカットオフを生じさせ、凹部80dの位置では実質的にマイクロ波を伝播させない厚さに設定される。これにより

50

、一方の方形導波管 35 のスロット 70 の側に配置された凹部 80 a ~ 80 c の位置におけるマイクロ波の伝播と、他方の方形導波管 35 のスロット 70 の側に配置された凹部 80 e ~ 80 g の位置におけるマイクロ波の伝播が、凹部 80 d の位置でカットオフされて、お互いに干渉し合わず、一方の方形導波管 35 のスロット 70 から出たマイクロ波と、他方の方形導波管 35 のスロット 70 から出たマイクロ波の干渉が防止されている。

【 0 0 5 5 】

各誘電体 32 を支持している梁 75 の下面には、各誘電体 22 の周囲において処理室 4 内に処理ガスを供給するためのガス噴射口 85 がそれぞれ設けられている。ガス噴射口 85 は、各誘電体 22 毎にその周囲を囲むように複数箇所に形成されることにより、処理室 4 の上面全体にガス噴射口 85 が均一に分布して配置されている。

10

【 0 0 5 6 】

図 1 に示すように、蓋本体 30 内部には処理ガス供給用のガス配管 90 と、冷却水供給用の冷却水配管 91 が設けられている。ガス配管 90 は、梁 75 の下面に設けられた各ガス噴射口 85 に連通している。

【 0 0 5 7 】

ガス配管 90 には、処理室 4 の外部に配置された処理ガス供給源 95 が接続されている。この実施の形態では、処理ガス供給源 95 として、アルゴンガス供給源 100、成膜ガスとしてのシランガス供給源 101 および水素ガス供給源 102 が用意され、各々バルブ 100 a、101 a、102 a、マスフローコントローラ 100 b、101 b、102 b、バルブ 100 c、101 c、102 c を介して、ガス配管 90 に接続されている。これにより、処理ガス供給源 95 からガス配管 90 に供給された処理ガスが、ガス噴射口 85 から処理室 4 内に噴射されるようになっている。

20

【 0 0 5 8 】

冷却水配管 91 には、処理室 4 の外部に配置された冷却水供給源 105 から冷却水を循環供給する冷却水供給配管 106 と冷却水戻り配管 107 が接続されている。これら冷却水供給配管 106 と冷却水戻り配管 107 を通じて冷却水供給源 105 から冷却水配管 91 に冷却水が循環供給されることにより、蓋本体 30 は所定の温度に保たれている。

【 0 0 5 9 】

さて、以上のように構成された本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 において、例えばアモルファスシリコン成膜する場合について説明する。処理する際には、処理室 4 内のサセプタ 10 上に基板 G を載置し、処理ガス供給源 95 からガス配管 90、ガス噴射口 85 を経て所定の処理ガス、例えばアルゴンガス / シランガス / 水素の混合ガスを処理室 4 内に供給しつつ、排気口 23 から排気して処理室 4 内を所定の圧力に設定する。この場合、蓋本体 30 の下面全体に分布して配置されているガス噴射口 85 から処理ガスを噴き出すことにより、サセプタ 10 上に載置された基板 G の表面全体に処理ガスを満遍なく供給することができる。

30

【 0 0 6 0 】

そして、このように処理ガスを処理室 4 内に供給する一方で、ヒータ 12 によって基板 G を所定の温度に加熱する。また、図 2 に示したマイクロ波供給装置 40 で発生させた例えば 2.45 GHz のマイクロ波が、Y 分岐管 41 を経て各方形導波管 35 に導入され、それぞれの各スロット 70 を通じて、各誘電体 32 中を伝播していく。

40

【 0 0 6 1 】

なお、方形導波管 35 に導入されたマイクロ波を各スロット 70 から各誘電体 32 に伝播させる場合、各スロット 70 内に例えばフッ素樹脂、 Al_2O_3 、石英などといった空気よりも誘電率の高い誘電部材 71 が充填されているので、方形導波管 35 に導入されたマイクロ波を各スロット 70 から各誘電体 32 に確実に伝播させることができる。

【 0 0 6 2 】

こうして、各誘電体 32 中に伝播させたマイクロ波のエネルギーによって、各誘電体 32 の表面において処理室 4 内に電磁界が形成され、電界エネルギーによって処理容器 2 内の前記処理ガスをプラズマ化することにより、基板 G 上の表面に対して、アモルファスシ

50

リコン成膜が行われる。この場合、各誘電体 3 2 の下面に凹部 8 0 a ~ 8 0 g が形成されているので、誘電体 3 2 中を伝播したマイクロ波のエネルギーによって、これら凹部 8 0 a ~ 8 0 g の内側面（壁面 8 1）に対してほぼ垂直の電界を形成させ、その近傍でプラズマを効率良く生成させることができる。また、プラズマの生成箇所も安定させることができる。また、各誘電体 3 2 の下面に形成された複数の凹部 8 0 a ~ 8 0 g の深さ d を互いに異ならせていることにより、各誘電体 3 2 の下面全体においてほぼ均一にプラズマを生成させることができる。また、誘電体 3 2 の横幅を例えば 4 0 mm としてマイクロ波の自由空間波長 λ_0 = 約 1 2 0 mm よりも狭くし、誘電体 3 2 の長手方向の長さを例えば 1 8 8 mm としてマイクロ波の自由空間波長 λ_0 管内波長 λ_g よりも長くしていることにより、表面波を誘電体 3 2 の長手方向にのみ伝播させることができる。また、各誘電体 3 2 の中央に設けられた凹部 8 0 d により、2 つのスロット 7 0 から伝播されたマイクロ波同士の干渉が防がれる。

10

【 0 0 6 3 】

なお、処理室 4 の内部では、例えば 0 . 7 e V ~ 2 . 0 e V の低電子温度、 $1 0^{11} \sim 1 0^{13} \text{ cm}^{-3}$ の高密度プラズマによって、基板 G へのダメージの少ない均一な成膜が行われる。アモルファスシリコン成膜の条件は、例えば処理室 4 内の圧力については、5 ~ 1 0 0 Pa、好ましくは 1 0 ~ 6 0 Pa、基板 G の温度については、2 0 0 ~ 4 5 0、好ましくは 2 5 0 ~ 3 8 0 が適当である。また、処理室 4 の大きさは、G 3 以上（G 3 は、基板 G の寸法：4 0 0 mm x 5 0 0 mm、処理室 4 の内部寸法：7 2 0 mm x 7 2 0 mm）が適当であり、例えば、G 4 . 5（基板 G の寸法：7 3 0 mm x 9 2 0 mm、処理室 4 の内部寸法：1 0 0 0 mm x 1 1 9 0 mm）、G 5（基板 G の寸法：1 1 0 0 mm x 1 3 0 0 mm、処理室 4 の内部寸法：1 4 7 0 mm x 1 5 9 0 mm）であり、マイクロ波供給装置のパワーの出力については、1 ~ 4 W / cm^2 、好ましくは 3 W / cm^2 が適当である。マイクロ波供給装置のパワーの出力が 1 W / cm^2 以上であれば、プラズマが着火し、比較的安定してプラズマを発生させることができる。マイクロ波供給装置のパワーの出力が 1 W / cm^2 未満では、プラズマの着火がしなかったり、プラズマの発生が非常に不安定になり、プロセスが不安定、不均一となって実用的でなくなってしまう。

20

【 0 0 6 4 】

ここで、処理室 4 内で行われるこのようなプラズマ処理の条件（例えばガス種、圧力、マイクロ波供給装置のパワー出力等）は、処理の種類などによって適宜設定されるが、一方で、プラズマ処理の条件を変えることによってプラズマ生成に対する処理室 4 内のインピーダンスが変わると、それに伴って各方形導波管 3 5 内を伝播するマイクロ波の波長（管内波長 λ_g ）も変化する性質がある。また一方で、上述したように各方形導波管 3 5 毎にスロット 7 0 が所定の間隔（ $\lambda_g' / 2$ ）で設けられているため、プラズマ処理の条件によってインピーダンスが変わり、それによって管内波長 λ_g が変化すると、スロット 7 0 同士の間隔（ $\lambda_g' / 2$ ）と、実際の管内波長 λ_g の半分の距離とが一致しなくなってしまう。その結果、各方形導波管 3 5 の長手方向に沿って並べられた複数の各スロット 7 0 から処理室 4 上面の各誘電体 3 2 に効率良くマイクロ波を伝播できなくなってしまう。

30

【 0 0 6 5 】

そこで本発明の実施の形態にあっては、上述のように、プラズマ処理中、方形導波管 3 5 内を伝播するマイクロ波の V S W R を方向性結合器 1 2 0 で測定しながら、制御部 1 1 6 の制御で昇降機構 4 6 のモータ 1 1 5 を駆動させ、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を昇降させる。そして、V S W R を最小にさせる高さに方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を移動させることにより、方形導波管 3 5 から各スロット 7 0 を通じて各誘電体 3 2 中にマイクロ波が効率良く伝播し、処理室 4 内のプラズマ生成に最も効率良く消費された状態とすることができる。また、このように方形導波管 3 5 内を伝播するマイクロ波の V S W R を最小にするように昇降機構 4 6 を制御して上面部材 4 5 を昇降移動させれば、必然的に、管内波長 λ_g の山部分と谷部分がスロット 7 0 の位置に一致することとなる。

40

【 0 0 6 6 】

即ち、処理室 4 内にてプラズマ処理が行われている間は、方向性結合器 1 2 0 によって

50

方形導波管 3 5 内を伝播するマイクロ波の V S W R が測定される (図 7 中のステップ 1) 。そして、制御部 1 1 6 において、方形導波管 3 5 内を伝播するマイクロ波の V S W R を最小にさせるために必要な、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 の昇降移動量 $d h$ が演算される (図 7 中のステップ 2) 。そして、このステップ 3 で演算された昇降移動量 $d h$ に従って、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 をカバー体 5 0 の内部において昇降させる (図 7 中のステップ 3) 。

【 0 0 6 7 】

この場合、上面部材 4 5 の昇降移動は、制御部 1 1 6 が、この演算した昇降移動量 $d h$ だけ方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を昇降させるように、モータ 1 1 5 に稼働信号を入力する。こうして、制御部 1 1 6 の制御で稼働させられたモータ 1 1 5 の駆動力によって、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 が昇降移動量 $d h$ だけ昇降し、方形導波管 3 5 内を伝播するマイクロ波の V S W R が最小にさせられる。

10

【 0 0 6 8 】

なお、方形導波管 3 5 内を伝播するマイクロ波の V S W R は方向性結合器 1 2 0 で求めても良いが、方向性結合器 1 2 0 で測定した進行波電力 $P f$ 、反射波電力 $P r$ を制御部 1 1 6 に入力して、制御部 1 1 6 で V S W R を演算しても良い。また、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を昇降させて、V S W R を最小にさせる高さに上面部材 4 5 を移動させる場合、昇降機構 4 6 の回転ハンドル 6 3 を手動操作で回転させても良い。そのように手動操作によって方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 をカバー体 5 0 の内部において昇降させる際には、昇降機構 4 6 のガイドロッド 5 5 の周面に設けられた目盛り 5 4 によって、方形導波管 3 5 の下面に対する方形導波管 3 5 の上面 (上面部材 4 5 の下面) の高さ h を正確に視認しながら操作することができる。

20

【 0 0 6 9 】

こうして、方形導波管 3 5 の下面に形成した複数の各スロット 7 0 から処理室 4 上面の各誘電体 3 2 に効率良くマイクロ波を伝播させることができようになり、基板 G の上方全体に均一な電磁界を形成でき、基板 G の表面全体に均一なプラズマ処理を行うことが可能になる。

【 0 0 7 0 】

加えて、この実施の形態のプラズマ処理装置 1 によれば、処理室 4 の上面にタイル状の誘電体 3 2 を複数枚取り付けていることにより、各誘電体 3 2 を小型化かつ軽量化することができる。このため、プラズマ処理装置 1 の製造も容易かつ低コストとなり、基板 G の大面化に対しての対応力を向上させることができる。また、各誘電体 3 2 毎にスロット 7 0 がそれぞれ設けてあり、しかも各誘電体 3 2 一つ一つの面積は著しく小さく、かつ、その下面には凹部 8 0 a ~ 8 0 g が形成されているので、各誘電体 3 2 の内部にマイクロ波を均一に伝播させて、各誘電体 3 2 の下面全体でプラズマを効率良く生成させることができる。そのため、処理室 4 内の全体で均一なプラズマ処理を行うことができる。また、誘電体 3 2 を支持する梁 7 5 (支持部材) も細くできるので、各誘電体 3 2 の下面の大部分が処理室 4 内に露出することとなり、処理室 4 内に電磁界を形成させる際に梁 7 5 がほとんど邪魔とならず、基板 G の上方全体に均一な電磁界を形成でき、処理室 4 内に均一なプラズマを生成できるようになる。

30

40

【 0 0 7 1 】

また、この実施の形態のプラズマ処理装置 1 のように誘電体 3 2 を支持する梁 7 5 に処理ガスを供給するガス噴射口 8 5 を設けても良い。また、この実施の形態で説明したように、梁 7 5 を例えばアルミニウムなどの金属で構成すれば、ガス噴射口 8 5 等の加工が容易である。

【 0 0 7 2 】

以上、本発明の好ましい実施の形態の一例を説明したが、本発明はここに示した形態に限定されない。例えば、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を昇降させる昇降機構 4 6 は、図示のようなガイド部 5 1 と昇降部 5 2 で構成されるものでなくても良く、シリンダーやその他の駆動機構を用いて方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を昇降させるものであっても良い

50

。また、図示の形態では、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 を昇降させる形態を説明したが、方形導波管 3 5 の下面（スロットアンテナ 3 1）を下降させることによって、方形導波管 3 5 の下面（スロットアンテナ 3 1）に対する上面部材 4 5 の高さ h を変更することも考えられる。

【 0 0 7 3 】

また、図 8 に示すように、各誘電体 3 2 の周囲において、第 1 の処理ガスとして例えばアルゴンガス供給源 1 0 0 から供給された Ar ガスを処理室 4 内に供給する 1 または 2 以上の第 1 のガス噴射口 1 3 0 と、第 2 の処理ガスとして例えばシランガス供給源 1 0 1 および水素ガス供給源 1 0 2 から供給された成膜ガスを処理室 4 内に供給する 1 または 2 以上の第 2 のガス噴射口 1 3 1 をそれぞれ別に設けても良い。図示の例では、誘電体 3 2 を支持している梁 7 5 の下面から適当な距離をあけて、梁 7 5 の下面と平行にパイプ 1 3 2 を支持部材 1 3 3 によって取り付けられている。そして、第 1 のガス噴射口 1 3 0 を誘電体 3 2 の下面近傍において支持部材 1 3 3 の側面に開口させ、アルゴンガス供給源 1 0 0 から供給された Ar ガスを、梁 7 5 および支持部材 1 3 3 の内部を通して第 1 のガス噴射口 1 3 0 から処理室 4 内に供給する。また、第 2 のガス噴射口 1 3 1 をパイプ 1 3 2 の下面に開口させ、シランガス供給源 1 0 1 および水素ガス供給源 1 0 2 から供給された成膜ガスを、梁 7 5、支持部材 1 3 3 およびパイプ 1 3 2 の内部を通して第 2 のガス噴射口 1 3 1 から処理室 4 内に供給する。

【 0 0 7 4 】

かかる構成によれば、成膜ガスを供給する第 2 のガス噴射口 1 3 1 を、Ar ガスを供給する第 1 のガス噴射口 1 3 0 よりも下方に配置したことにより、誘電体 3 2 の下面近傍で Ar ガスを供給し、誘電体 3 2 の下面から下方に離れた位置で成膜ガスを供給することができる。これにより、誘電体 3 2 の下面近傍においては、不活性な Ar ガスに対して比較的強い電界でプラズマを生成させることができるとともに、活性な成膜ガスに対しては、誘電体 3 2 の下面近傍よりも弱い電界でプラズマを生成させることができるので、成膜ガスとしてのシランガスがプリカーサー（前駆体）として SiH_3 ラジカルまで解離され、 SiH_2 ラジカルまでは過剰解離されないといった作用効果を楽しむことができるようになる。

【 0 0 7 5 】

また、各方形導波管 3 5 の断面形状（矩形状）の長辺方向が E 面で水平となり、短辺方向が H 面で垂直となるように配置しても良い。但し、図示した実施の形態のように方形導波管 3 5 の断面形状（矩形状）の長辺方向を H 面で垂直とし、短辺方向を E 面で水平とするように配置すれば、各方形導波管 3 5 同士の隙間を広くできるので、例えばガス配管 9 0 や冷却水配管 9 1 の配置がしやすく、また、方形導波管 3 5 の本数を更に増やしやすくなる。

【 0 0 7 6 】

以上の実施の形態では、プラズマ処理の一例であるアモルファスシリコン成膜を行うものについて説明したが、本発明は、アモルファスシリコン成膜の他、酸化膜成膜、ポリシリコン成膜、シランアンモニア処理、シラン水素処理、酸化膜処理、シラン酸素処理、その他の CVD 処理の他、エッチング処理にも適用できる。

【実施例】

【 0 0 7 7 】

（実施例 1）

図 1 等で説明した本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 において、基板 G の表面に SiN 成膜処理を行うに際し、方形導波管 3 5 の上面部材 4 5 の高さ h を変え、方形導波管 3 5 内の電界 E の位置の変化と処理室 4 内に生成されるプラズマへの影響を調べた。なお、実施例 1 では、プラズマ処理装置 1 の処理室 4 の内径を $720\text{ mm} \times 720\text{ mm}$ とし、サセプタ 1 0 上に $400\text{ mm} \times 500\text{ mm}$ の大きさのガラス基板 G を載置して実験した。

【 0 0 7 8 】

基板 G の表面に成膜された SiN 膜について、方形導波管 3 5 の終端からの距離に対す

10

20

30

40

50

る膜厚 A の変化を調べたところ、図 9 を得た。図 9 は、SiN 膜の膜厚 (A) と方形導波管 35 の終端からの距離 (mm) との関係を表している。プラズマ密度が大きいと Deposition Rate が大きくなり、その結果、SiN 膜の膜厚が厚くなるので、膜厚とプラズマ密度は比例関係にあると考えてよい。方形導波管 35 の上面部材 45 の高さ h を 78 mm、80 mm、82 mm、84 mm、87 mm に変化させ、各高さのときの膜厚 A を調べたところ、h = 84 mm の時に、方形導波管 35 の終端からの距離に対する膜厚 A の変化が最も少なくなり、基板 G の表面全体に均一な膜厚 A の SiN 膜を成膜できた。これに対して、h = 78 mm、80 mm、82 mm の時は、いずれも方形導波管 35 の手前側で膜厚 A が厚くなり、方形導波管 35 の終端側ほど膜厚 A が減少している。また、h = 87 mm の時は、方形導波管 35 の終端側で膜厚 A が厚くなり、方形導波管 35 の手前側ほど膜厚 A が減少している。

10

【0079】

次に、同じ条件において、方形導波管 35 内を伝播するマイクロ波の VSWR を最小にするように昇降機構 46 を制御して上面部材 45 を昇降移動させた。方形導波管 35 の上面部材 45 の高さ h を 75 mm、79 mm、82 mm、85 mm、87 mm に変化させ、各高さのときの方形導波管 35 中を伝播するマイクロ波の VSWR を方向性結合器 120 で測定した。その結果、図 10 に示すように、h = 84 ~ 85 mm の時に、VSWR が最も少なくなり、各方形導波管 35 から各スロット 70 を通じて各誘電体 32 中にマイクロ波が効率良く伝播し、処理室 4 内のプラズマ生成に最も効率良く消費された状態となった。

20

【0080】

これら図 9、10 の結果から、h = 84 ~ 85 mm の時は、実際の管内波長 g の半分の距離が、スロット 70 が所定の間隔 ($g/2$) に一致し、各スロット 70 を通じて各誘電体 32 中にマイクロ波が効率良く伝播したと考えられる。そのため、処理室 4 内において方形導波管 35 の長さ方向に渡って均一なプラズマが生成され、膜厚もほぼ均一となったと考えられる。このように、方形導波管 35 内を伝播するマイクロ波の VSWR を最小にするように、方形導波管 35 の上面部材 45 の高さ h を変えることによって、処理室 4 上面の誘電体 32 に効率良くマイクロ波を伝播できることが分かった。

【産業上の利用可能性】

【0081】

本発明は、例えば CVD 処理、エッチング処理に適用できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図 1】本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置の内部構造を示した縦断面図 (図 2 中の X-X 断面) である。

【図 2】蓋体の下面図である。

【図 3】蓋体の部分拡大縦断面図 (図 2 中の Y-Y 断面) である。

【図 4】プラズマ処理装置の概略的な構成の説明図である。

【図 5】蓋体の下方から見た誘電体の拡大図である。

【図 6】図 5 中の X-X 線における誘電体の縦断面である。

40

【図 7】制御部において行われる制御行程を示すフローチャートである。

【図 8】第 2 のガス噴射口を第 2 の噴射口よりも下方に配置した実施の形態の説明図である。

【図 9】方形導波管の上面の高さを変化させて、方形導波管の終端からの距離に対する膜厚の変化を調べた実施例の結果を示すグラフである。

【図 10】方形導波管の上面の高さを変化させた場合の、方形導波管内を伝播するマイクロ波の VSWR の変化を示したグラフである。

【符号の説明】

【0083】

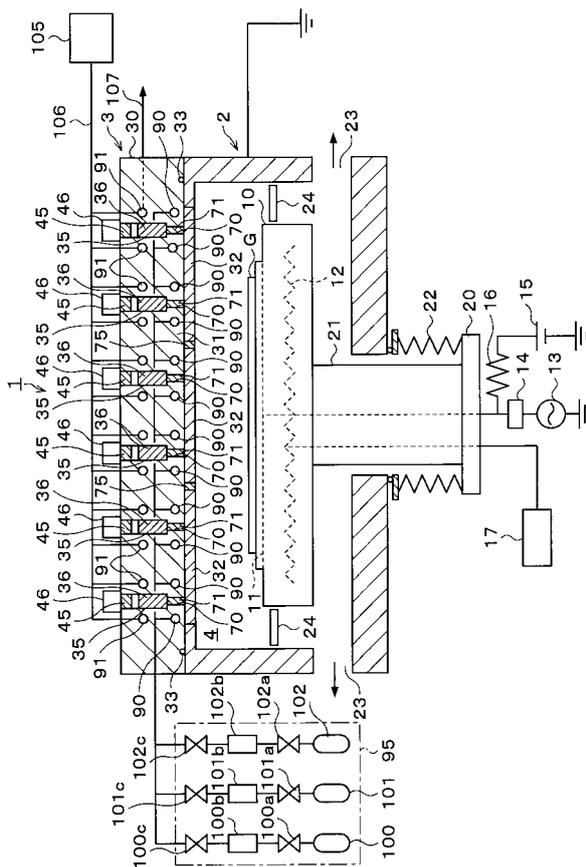
E 電界

50

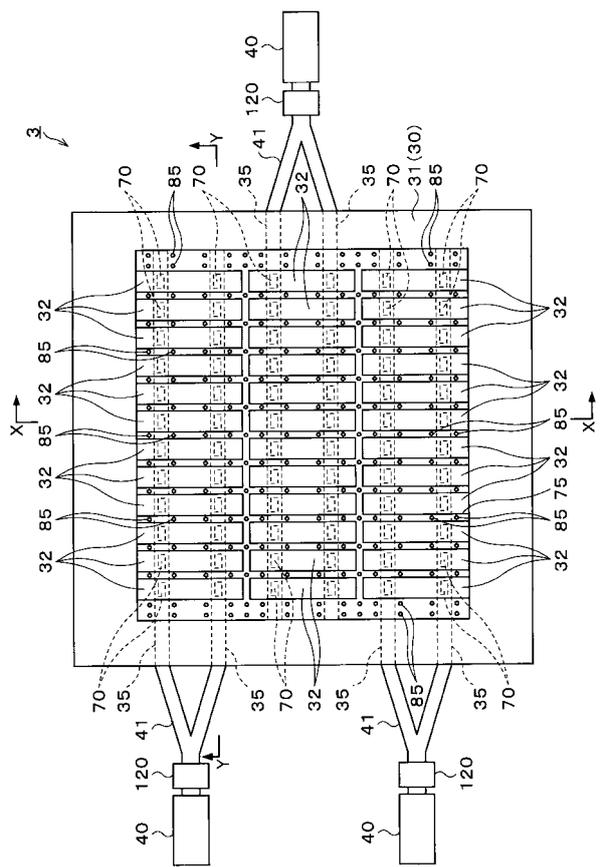
G	基板	
H	磁界	
I	電流	
1	プラズマ処理装置	
2	処理容器	
3	蓋体	
4	処理室	
1 0	サセプタ	
1 1	給電部	
1 2	ヒータ	10
1 3	高周波電源	
1 4	整合器	
1 5	高圧直流電源	
1 6	コイル	
1 7	交流電源	
2 0	昇降プレート	
2 1	筒体	
2 2	ベローズ	
2 3	排気口	
2 4	整流板	20
3 0	蓋本体	
3 1	スロットアンテナ	
3 2	誘電体	
3 3	リング	
3 5	方形導波管	
3 6	誘電部材	
4 0	マイクロ波供給装置	
4 1	Y分岐管	
4 5	上面	
4 6	昇降機構	30
5 0	カバー体	
5 1	ガイド部	
5 2	昇降部	
5 4	目盛り	
5 5	ガイドロッド	
5 6	昇降ロッド	
5 7	ナット	
5 8	孔部	
6 0	ガイド	
6 1	タイミングプーリ	40
6 2	タイミングベルト	
6 3	回転ハンドル	
7 0	スロット	
7 1	誘電部材	
7 5	梁	
8 0 a、8 0 b、8 0 c、8 0 d、8 0 e、8 0 f、8 0 g	凹部	
8 1	壁面	
8 5	ガス噴射口	
9 0	ガス配管	
9 1	冷却水配管	50

- 95 処理ガス供給源
- 100 アルゴンガス供給源
- 101 シランガス供給源
- 102 水素ガス供給源
- 105 冷却水供給源
- 115 モータ
- 116 制御部
- 120 方向性結合器

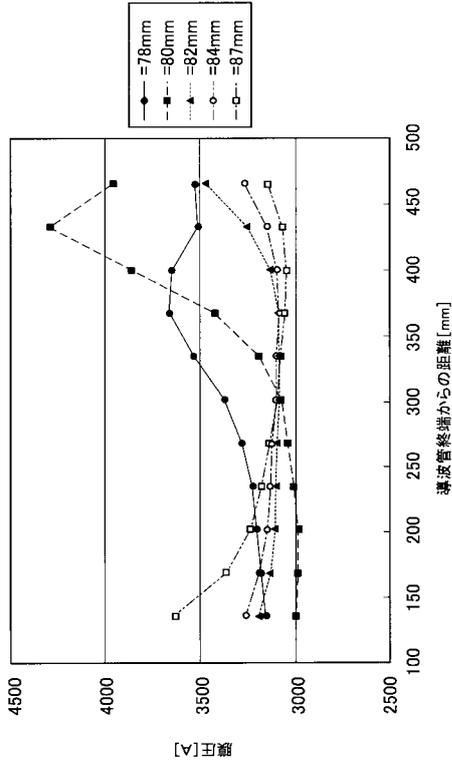
【図1】



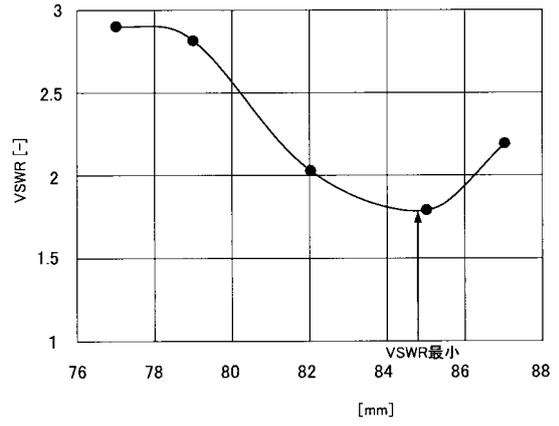
【図2】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

審査官 藤本 加代子

- (56)参考文献 特開平01 - 296599 (JP, A)
特開2001 - 203099 (JP, A)
特開2001 - 320227 (JP, A)
特開2006 - 128075 (JP, A)
特開平06 - 333842 (JP, A)
特開2001 - 135627 (JP, A)
特開平07 - 029695 (JP, A)
特開昭63 - 143798 (JP, A)
特開平05 - 129095 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H	1 / 46
C23C	16 / 511
H01L	21 / 205
H01L	21 / 3065