

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4673111号  
(P4673111)

(45) 発行日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)

(24) 登録日 平成23年1月28日 (2011. 1. 28)

(51) Int. Cl.

F I

H 0 5 H 1/46 (2006. 01)

H 0 5 H 1/46 B

C 2 3 C 16/511 (2006. 01)

C 2 3 C 16/511

H 0 1 L 21/205 (2006. 01)

H 0 1 L 21/205

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2005-101816 (P2005-101816)  
 (22) 出願日 平成17年3月31日 (2005. 3. 31)  
 (65) 公開番号 特開2006-286269 (P2006-286269A)  
 (43) 公開日 平成18年10月19日 (2006. 10. 19)  
 審査請求日 平成20年3月14日 (2008. 3. 14)

(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  
 (74) 代理人 100101557  
 弁理士 萩原 康司  
 (74) 代理人 100096389  
 弁理士 金本 哲男  
 (74) 代理人 100095957  
 弁理士 亀谷 美明  
 (72) 発明者 岡 信介  
 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  
 審査官 藤本 加代子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を収納する処理容器内の処理ガスをマイクロ波によってプラズマ化させ、基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記処理容器にマイクロ波を供給する複数のマイクロ波源を備え、

前記各マイクロ波源から処理容器にマイクロ波を伝送させる伝送導波管に、前記伝送導波管のインピーダンスを調整する駆動部材を有するチューナ部をそれぞれ備え、

前記各チューナ部における前記駆動部材の駆動範囲は、前記複数のマイクロ波源のうち該チューナ部に対応するマイクロ波源のみから供給されるマイクロ波によって前記処理容器内の処理ガスをプラズマ化させたときに前記処理容器からの反射波が抑制される範囲内でのみ、それぞれ制限されることを特徴とする、プラズマ処理装置。

10

【請求項 2】

前記駆動部材は、EチューナもしくはEHチューナにおけるショート板、又は、スタブチューナのスタブ棒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】

前記基板の上方に複数の誘電体が配置され、それら複数の誘電体毎に、前記各マイクロ波源から供給されたマイクロ波を誘電体に伝播させるスロットが設けられていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記伝送導波管から供給されたマイクロ波を導入する導波管を複数備え、それら複数の導

20

波管毎に複数の誘電体をそれぞれ設け、かつ各誘電体毎に１または２以上のスロットを設け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。

【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発生させ、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。かようなプラズマ処理装置の一例として、処理容器の上方に設けた導波管からスロットを通じて誘電体にマイクロ波を伝播させ、処理容器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が知られている。さらに、このような装置に関して、基板などの大型化に伴って大型化した処理容器に十分なマイクロ波を供給するため、複数のマイクロ波源を備え、各マイクロ波源に接続された導波管からマイクロ波を供給する構成が提案されている（例えば、特許文献１参照。）。また、プラズマ処理装置では、導波管、マイクロ波源と導波管との間を接続する伝送導波管、処理容器等を含む負荷のインピーダンスが、マイクロ波源のインピーダンスと整合していないと、処理容器からマイクロ波源に向かう反射波が生じるため、処理容器内にマイクロ波が効率的に供給されなくなる問題がある。かかる問題を解決すべく、伝送導波管内の反射波を検出する反射波検出部と、反射波検出部の検出値に基づいて伝送導波管のインピーダンスを調整するチューナを備えた構成が提案されている（例えば、特許文献２参照。）。

【０００３】

【特許文献１】特開２００４－２００６４６号公報

【特許文献２】特開平９－１９０９００号公報

【０００４】

しかしながら、従来のプラズマ処理装置にあっては、複数のマイクロ波源を備えた場合、反射波だけでなく、他のマイクロ波源から供給されたマイクロ波も、伝送導波管内に侵入する現象がある。この場合、反射波検出部は、他のマイクロ波源からの侵入波と実際の反射波との合成波を反射波として検出してしまう。そのため、チューナによるインピーダンス整合が正確に行われなくなり、反射波が適切に抑制されず、処理容器にマイクロ波のエネルギーを効率良く供給できなくなる問題があった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

本発明の目的は、複数のマイクロ波源を備えた場合も、処理容器にマイクロ波のエネルギーを効率的に供給できるプラズマ処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

上記課題を解決するため、本発明によれば、基板を収納する処理容器内の処理ガスをマイクロ波によってプラズマ化させ、基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、前記処理容器にマイクロ波を供給する複数のマイクロ波源を備え、前記各マイクロ波源から処理容器にマイクロ波を伝送させる伝送導波管に、前記伝送導波管のインピーダンスを調整する駆動部材を有するチューナ部をそれぞれ備え、前記各チューナ部における前記駆動部材の駆動範囲は、前記複数のマイクロ波源のうち該チューナ部に対応するマイクロ波源のみから供給されるマイクロ波によって前記処理容器内の処理ガスをプラズマ化させたときに前記処理容器からの反射波が抑制される範囲内でのみ、それぞれ制限されることを特徴とする、プラズマ処理装置が提供される。

## 【 0 0 0 8 】

このプラズマ処理装置にあっては、前記駆動部材は、EチューナもしくはEHチューナにおけるショート板、又は、スタブチューナのスタブ棒であっても良い。

## 【 0 0 0 9 】

また、前記基板の上方に複数の誘電体が配置され、それら複数の誘電体毎に、前記各マイクロ波源から供給されたマイクロ波を誘電体に伝播させるスロットが設けられていることとしても良い。さらに、前記伝送導波管から供給されたマイクロ波を導入する導波管を複数備え、それら複数の導波管毎に複数の誘電体をそれぞれ設け、かつ各誘電体毎に1または2以上のスロットを設けても良い。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明によれば、複数のマイクロ波源から互いに異なる周波数のマイクロ波を供給し、フィルタ部によって他のマイクロ波源からの侵入波が抑制される構成としたので、実際の反射波を反射波検出部で精度良く検出することができる。従って、チューナ部によって実際の反射波を適切に抑制し、処理容器にマイクロ波のエネルギーを効率的に供給することができる。

## 【 0 0 1 1 】

また、本発明によれば、チューナ部を制限された範囲内で調節する構成としたことにより、他のマイクロ波源からの侵入波が侵入しても、侵入波の影響によりチューナの調節が悪化することを防止できる。従って、チューナ部によって反射波を適切に抑制し、処理容器にマイクロ波のエネルギーを効率的に供給することができる。

20

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 2 】

以下、本発明の第一の実施の形態を、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の概略的な構成を示した縦断面図である。図2は、このプラズマ処理装置1が備える蓋体3の下面に支持された複数の誘電体22の配置を示す下面図、及び、マイクロ波源52、54からマイクロ波を伝送させるための伝送導波管51、53の構成を示している。

30

## 【 0 0 1 3 】

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。これら処理容器2と蓋体3は例えばアルミニウム(Al)からなり、いずれも接地された状態になっている。

## 【 0 0 1 4 】

処理容器2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を載置するための載置台としてのサセプタ4が設けられている。このサセプタ4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容器2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5と、基板Gを所定の温度に加熱するヒータ6が設けられている。給電部5には、処理容器2の外部に設けられたバイアス印加用の高周波電源7がコンデンサ等を備えた整合器7'を介して接続されると共に、と静電吸着用的高圧直流電源8がコイル8'を介して接続されている。ヒータ6には、同様に処理容器2の外部に設けられた交流電源9が接続されている。

40

## 【 0 0 1 5 】

サセプタ4は、処理容器2の外部下方に設けられた昇降プレート10の上に、筒体11を介して支持されており、昇降プレート10と一体的に昇降することによって、処理容器2内におけるサセプタ4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10との間には、ベローズ12が装着してあるので、処理容器2内の気密性は保持されている。

## 【 0 0 1 6 】

50

処理容器 2 の底部には、処理容器 2 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）によって処理容器 2 内の雰囲気気を排気するための排気口 1 3 が設けられている。また、処理容器 2 内においてサセプタ 4 の周囲には、処理容器 2 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 1 4 が設けられている。

【 0 0 1 7 】

蓋体 3 は、蓋本体 2 0 の下面に薄板状のスロットアンテナ 2 1 を取り付け、更にスロットアンテナ 2 1 の下面に、複数枚の誘電体 2 2 を取り付けた構成である。なお、蓋本体 2 0 とスロットアンテナ 2 1 は、一体的に構成される。蓋本体 2 0、スロットアンテナ 2 1 は、それぞれ導体、例えばアルミニウム等の金属からなる。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 2 0 の下面周辺部と処理容器 2 の上面との間に配置された O リング 2 3 によって、処理容器 2 内の気密性が保持されている。

10

【 0 0 1 8 】

蓋本体 2 0 の下面には、マイクロ波を導入する複数本の導波管 2 5 が形成されている。この実施の形態では、何れも直線上に延びる 6 本の導波管 2 5 を有しており、各導波管 2 5 同士が互いに平行となるように並列に配置されている。また各導波管 2 5 は、断面形状が矩形状のいわゆる矩形導波管に構成されており、例えば T E 1 0 モードの場合であれば、各導波管 2 5 の断面形状（矩形状）の長辺方向が H 面で水平となり、短辺方向が E 面で垂直となるように配置される。なお、長辺方向と短辺方向をどのように配置するかは、モードによって変わる。また各導波管 2 5 の内部は、例えば  $Al_2O_3$ 、石英、フッ素樹脂などによって充填されている。

20

【 0 0 1 9 】

その他、蓋本体 2 0 の内部には、処理容器 2 の外部に設けられた冷却水供給源 2 8 から冷却水が循環供給される水路 2 9 と、同様に処理容器 2 の外部に設けられた処理ガス供給源 3 0 から処理ガスが供給されるガス流路 3 1 が設けられている。本実施の形態においては、処理ガス供給源 3 0 として、アルゴンガス供給源 3 5、成膜ガスとしてのシランガス供給源 3 6 および水素ガス供給源 3 7 が用意され、各々バルブ 3 5 a、3 6 a、3 7 a、マスフローコントローラ 3 5 b、3 6 b、3 7 b、バルブ 3 5 c、3 6 c、3 7 c を介して、ガス流路 3 1 に接続されている。

【 0 0 2 0 】

蓋本体 2 0 の下面に一体的に形成されたスロットアンテナ 2 1 には、透孔としての複数のスロット 4 0 が、等間隔に配置されている。各スロット 4 0 同士の間隔は、例えば  $\lambda_g / 2$ （ $\lambda_g$  は、各導波管 2 5 における管内波長）に設定される。この形態では、各スロット 4 0 は、平面視でスリット形状の長孔に形成され、各スロット 4 0 の長手方向が導波管 2 5 の幅方向に向けられて配置されている。また、各導波管 2 5 毎に、それぞれ複数のスロット 4 0 が形成され、図示の形態では、6 本の各導波管 2 5 について、それぞれ 6 個ずつのスロット 4 0 が設けられており、合計で  $6 \times 6 = 36$  箇所のスロット 4 0 が、蓋本体 2 0 の下面全体に均一に分布して配置されている。

30

【 0 0 2 1 】

図 2 に示されるように、この形態では、スロットアンテナ 2 1 の下面に対して、正方形の平板状をなす複数枚の誘電体 2 2 を取り付けた構成になっている。各誘電体 2 2 は、例えば石英ガラス、 $AlN$ 、 $Al_2O_3$ 、サファイア、 $SiN$ 、セラミックス等からなる。各誘電体 2 2 は、スロットアンテナ 2 1 に形成された各スロット 4 0 毎に一枚ずつ取り付けられている。このため図示の形態では、合計で  $6 \times 6 = 36$  枚の誘電体 2 2 が、蓋本体 2 0 の下面全体に均一に分布して配置されている。このように、各導波管 2 5 毎に複数の誘電体 2 2 を設けると、各誘電体 2 2 を小型化かつ軽量化することができ、プラズマ処理装置 1 の製造も容易かつ低コストとなる。また、各誘電体 2 2 の面積が小さいため、各誘電体 2 2 の表面全体にマイクロ波を確実に伝播させることができる効果がある。

40

【 0 0 2 2 】

各誘電体 2 2 は、格子状に形成された支持部材 4 5 によって支持されることにより、スロットアンテナ 2 1 の下面に取付けられた状態を維持している。支持部材 4 5 は、例えば

50

アルミニウムからなり、スロットアンテナ 2 1 と共に接地された状態になっている。この支持部材 4 5 によって各誘電体 2 2 の下面周辺部を下から支持することにより、各誘電体 2 2 の下面の大部分を処理容器 2 内に露出させた状態にさせている。

#### 【 0 0 2 3 】

このように格子状に形成された支持部材 4 5 の各交差点部分には、各誘電体 2 2 の周囲において処理容器 2 内に処理ガスを供給するためのガス噴射口 4 6 がそれぞれ設けられており、蓋本体 2 0 の下面全体にガス噴射口 4 6 が均一に分布して配置されている。先に説明した処理ガス供給源 3 0 からガス流路 3 1 に供給された処理ガスは、各ガス噴射口 4 6 から処理容器 2 内に噴射されるようになっている。このように支持部材 4 5 にガス噴射口 4 6 を設けると、処理容器 2 内の誘電体 2 2 と基板 G との間に処理ガス供給用のシャワヘッドなどを配置する必要がなく、装置を簡略化できる。また、シャワヘッドなどを省略することにより、誘電体 2 2 と基板 G との距離を短くでき、成膜処理やエッチング処理速度の向上、装置の小型化、処理ガスの少量化がはかれる。

#### 【 0 0 2 4 】

図 2 に示されるように、先に説明した 6 本の導波管 2 5 のうち、左側の 3 本の導波管 2 5 の端部には、マイクロ波を伝送させる伝送導波管 5 1 の端部がそれぞれ接続されており、処理容器 2 の外部に設けられたマイクロ波源 5 2 で発生させた周波数  $f_1$  のマイクロ波が、この伝送導波管 5 1 を経て 3 本の導波管 2 5 にそれぞれ分配されて導入される。また、6 本の導波管 2 5 のうち、右側の 3 本の導波管 2 5 の端部には、マイクロ波を伝送させる伝送導波管 5 3 の端部がそれぞれ接続されており、処理容器 2 の外部に設けられたマイクロ波源 5 4 で発生させた周波数  $f_2$  のマイクロ波が、この伝送導波管 5 3 を経て 3 本の導波管 2 5 にそれぞれ分配されて導入される。周波数  $f_1$ 、 $f_2$  は、互いに異なる周波数である。

#### 【 0 0 2 5 】

マイクロ波源 5 2、5 4 としては、一般に周波数 2 . 4 5 G H z のマイクロ波を供給するマイクロ波供給装置が量産されているので、これを用いることにより安価に製造できる。また、このようなマイクロ波供給装置は、わずかに周波数を変更することが可能であり、マイクロ波源 5 2、5 4 の周波数  $f_1$ 、 $f_2$  を互いに異なるものに設定することが可能である。周波数  $f_1$ 、 $f_2$  は、例えば  $f_1 = 2 . 4 \text{ G H z}$ 、 $f_2 = 2 . 5 \text{ G H z}$  に設定すれば良い。また、 $f_1 = 2 . 4 \text{ G H z}$ 、 $f_2 = 2 . 4 5 \text{ G H z}$  としても良い。

#### 【 0 0 2 6 】

伝送導波管 5 1 は、断面形状が矩形状に形成されたいわゆる矩形導波管であり、例えば T E 1 0 モードの場合であれば、各伝送導波管 5 1 の断面形状（矩形状）の長辺方向が H 面（磁界面）で水平となり、短辺方向が E 面（電界面）で垂直となるように配置される。なお、長辺方向と短辺方向をどのように配置するかは、モードによって変わる。また各伝送導波管 5 1 の内面は、例えば  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、石英、フッ素樹脂などによって被覆されている。図 2 に示すように、伝送導波管 5 1 には、処理容器 2 から反射してマイクロ波源 5 2 側に向かう反射波の電力を検出する反射波検出部 6 1、及び、伝送導波管 5 1 のインピーダンスを調整するチューナ部 6 2 が介設されている。さらに、反射波検出部 6 1 と処理容器 2 との間に、周波数  $f_1$  のマイクロ波だけを選択的に通過させるフィルタ部 6 3 が介設されている。図 1 に示す例では、マイクロ波源 5 2 と 3 本の導波管 2 5 との間において、マイクロ波源 5 2 側から反射波検出部 6 1、チューナ部 6 2、フィルタ部 6 3 の順に設けられている。反射波検出部 6 1 としては、例えば方向性結合器などを用いることができる。

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 に示すように、チューナ部 6 2 は、E 面を調整する電界面調整器 7 1 と、E 面に直交する H 面を調整する磁界面調整器 7 2 とを備えた公知の E H チューナである。電界面調整器 7 1 は、伝送導波管 5 1 に対して直交した状態で E 面から分岐させた断面矩形状の調整管 8 1 を備えている。調整管 8 1 内にはショート板 8 2（短絡板）が備えられている。ショート板 8 2 は、ショート板駆動機構 8 3 の駆動により調整管 8 1 の長さ方向に沿って

移動可能である。磁界面調整器 7 2 は、伝送導波管 5 1 に対して直交した状態で H 面から分岐させた断面矩形状の調整管 8 5 を備えている。調整管 8 5 内にはショート板 8 6 が備えられている。ショート板 8 6 は、ショート板駆動機構 8 7 の駆動により調整管 8 5 の長さ方向に沿って移動可能である。そして、各ショート板 8 2、8 6 を調整管 8 1、8 5 に沿って適宜移動させることにより、電界及び磁界の位相を調整することができ、ひいては、伝送導波管 5 1 内のインピーダンスを変化させることができる構成となっている。即ち、伝送導波管 5 1、導波管 2 5、処理容器 2 を含む負荷全体のインピーダンスを、マイクロ波源 5 2 のインピーダンスと整合させることで、反射波の発生を防止できる構成になっている。

#### 【0028】

10

チューナ部 6 2 におけるショート板 8 2、8 6 の位置、即ち、伝送導波管 5 1 の E 面とショート板 8 2 との間の距離  $L_E$  と、伝送導波管 5 1 の H 面とショート板 8 6 との間の距離  $L_H$  とは、制御部 9 0 の制御命令によってショート板駆動機構 8 3、8 7 が駆動されることにより調節される。また、制御部 9 0 には、反射波検出部 6 1 の検出値が送信される。制御部 9 0 は、反射波検出部 6 1 の検出値に基づいてチューナ部 6 2 を制御するようになっている。

#### 【0029】

図 2 に示したフィルタ部 6 3 は、周波数  $f_1$  を含む帯域のマイクロ波を通過させ、例えば周波数  $f_2$  等を含む他の帯域の電磁波を抑制する構成となっている。即ち、マイクロ波源 5 2 から供給されるマイクロ波及びその反射波は通過させるが、例えばマイクロ波源 5 4 から供給され処理容器 2、導波管 2 5 を介して伝送導波管 5 1 に侵入するマイクロ波は抑制し、反射波検出部 6 1 側に侵入させないようにしている。

20

#### 【0030】

伝送導波管 5 3 は、伝送導波管 5 1 とほぼ同様の構成を有している。即ち、断面略矩形状に形成され、処理容器 2 から反射してマイクロ波源 5 4 側に向かう反射波の電力を検出する反射波検出部 1 0 1、及び、伝送導波管 5 3 のインピーダンスを調整するチューナ部 1 0 2 が介設されている。さらに、反射波検出部 1 0 1 と処理容器 2 との間に、周波数  $f_2$  のマイクロ波だけを選択的に通過させるフィルタ部 1 0 3 が介設されている。図 1 に示す例では、マイクロ波源 5 4 と導波管 2 5 との間において、マイクロ波源 5 4 側から反射波検出部 1 0 1、チューナ部 1 0 2、フィルタ部 1 0 3 の順に設けられている。反射波検出部 1 0 1 は反射波検出部 6 1 とほぼ同様の構成を有する。チューナ部 1 0 2 は、図 3 に示したチューナ部 6 2 とほぼ同様の構成を有する E H チューナであり、伝送導波管 5 3 の E 面から分岐させた調整管 8 1 と調整管 8 1 内で移動可能なショート板 8 2 とを有する電界面調整器 7 1、及び、伝送導波管 5 3 の H 面から分岐させた調整管 8 5 と調整管 8 5 内で移動可能なショート板 8 6 とを有する磁界面調整器 7 2 を備えている。チューナ部 1 0 2 におけるショート板 8 2、8 6 の位置は、制御部 1 0 5 の制御命令によってチューナ部 1 0 2 のショート板駆動機構 8 3、8 7 が駆動されることにより調節される。制御部 1 0 5 は、反射波検出部 1 0 1 の検出値に基づいてチューナ部 1 0 2 を制御する。

30

#### 【0031】

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、処理容器 2 内のサセプタ 4 上に基板 G を載置し、処理ガス供給源 3 0 からガス流路 3 1 からガス配管 4 7、ガス噴射口 4 6 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容器 2 内に供給しつつ、排気口 1 3 から排気して処理容器 2 内を所定の圧力に設定する。この場合、蓋本体 2 0 の下面全体に分布して配置されているガス噴射口 4 6 から処理ガスを噴き出すことにより、サセプタ 4 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。そして、このように処理ガスを処理容器 2 内に供給する一方で、ヒータ 6 によって基板 G を所定の温度に加熱する。

40

#### 【0032】

また、図 2 に示したマイクロ波源 5 2、5 4 からそれぞれ周波数  $f_1$ 、 $f_2$  のマイクロ

50

波が同時に供給される。周波数  $f_1$  のマイクロ波は、マイクロ波源 5 2 から伝送導波管 5 1 内に供給され、反射波検出部 6 1、チューナ部 6 2、フィルタ部 6 3 を通過して、左側の 3 本の導波管 2 5 にそれぞれ導入され、各スロット 4 0 を通じて各誘電体 2 2 に伝播される。周波数  $f_2$  のマイクロ波は、マイクロ波源 5 4 から伝送導波管 5 3 内に供給され、反射波検出部 1 0 1、チューナ部 1 0 2、フィルタ部 1 0 3 を通過して、右側の 3 本の導波管 2 5 にそれぞれ導入され、各スロット 4 0 を通じて各誘電体 2 2 に伝播される。

#### 【0033】

こうして、各誘電体 2 2 に伝播されたマイクロ波のエネルギーによって、処理容器 2 内に電磁界が形成され、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、アモルファスシリコン成膜が行われる。この場合、例えば  $0.7 \text{ eV} \sim 2.0 \text{ eV}$  の低電子温度、 $10^{11} \sim 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  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える。アモルファスシリコン成膜の条件は、例えば処理容器 2 内の圧力については、 $5 \sim 100 \text{ Pa}$ 、好ましくは  $10 \sim 60 \text{ Pa}$ 、基板 G の温度については、 $200 \sim 300$ 、好ましくは  $250 \sim 300$ 、マイクロ波源の出力については、 $500 \sim 5000 \text{ W}$ 、好ましくは  $1500 \sim 2500 \text{ W}$  が適当である。

#### 【0034】

ところで、処理容器 2 内では、プラズマの状態によってインピーダンスが変動する。この処理容器 2 と伝送導波管 5 1、導波管 2 5、誘電体 2 2 等を含む負荷のインピーダンスがマイクロ波源 5 2、5 4 のインピーダンスと整合していない状態で、マイクロ波源 5 2、5 4 からマイクロ波が供給されると、供給したマイクロ波の一部が処理容器 2 から反射され、各伝送導波管 5 1、5 3 内に反射波が発生する。かかる反射波を抑制するため、チューナ部 6 2、1 0 2 によるインピーダンスの調整が以下のように行われる。

#### 【0035】

先ず、伝送導波管 5 1 においては、マイクロ波源 5 2 から供給された周波数  $f_1$  のマイクロ波の反射波が発生する。この反射波は、フィルタ部 6 3、チューナ部 6 2 を通過して、反射波検出部 6 1 によって検出される。制御部 9 0 は、反射波検出部 6 1 の検出値を監視しながら、チューナ部 6 2 のショート板 8 2、8 6 の位置を調節して、反射波を低減させる制御を行う。チューナ部 6 2 が調節されると、伝送導波管 5 1 のインピーダンスが変化する。これにより、伝送導波管 5 1、導波管 2 5、誘電体 2 2、処理容器 2 内を含む負荷のインピーダンス全体が調整され、マイクロ波源 5 2 のインピーダンスと整合されると、反射波が抑制される。

#### 【0036】

また、伝送導波管 5 1 内には、周波数  $f_1$  の反射波の他に、マイクロ波源 5 4 から処理容器 2 内に供給された周波数  $f_2$  のマイクロ波の一部が、誘電体 2 2、スロット 4 0、導波管 2 5 を介して侵入して、マイクロ波源 5 2 側に向かって進行する。しかし、この周波数  $f_2$  の侵入波はフィルタ部 6 3 を通過できず、反射波検出部 6 1 側には侵入しない。そのため、反射波検出部 6 1 では侵入波の電力は検出されず、実際の反射波の電力が精度良く検出される。従って、制御部 9 0 は実際の反射波の検出値に基づいてチューナ部 6 2 を調節するので、伝送導波管 5 1 のインピーダンスが適切に調整される。

#### 【0037】

同様に、伝送導波管 5 3 でも、フィルタ部 1 0 3 が設けられていることにより、インピーダンスが適切に調整される。即ち、伝送導波管 5 3 においては、マイクロ波源 5 4 から供給された周波数  $f_2$  のマイクロ波の反射波が発生し、また、マイクロ波源 5 2 から処理容器 2 内に供給された周波数  $f_1$  のマイクロ波の一部が侵入するが、侵入波はフィルタ部 1 0 3 を通過できず、周波数が  $f_2$  である反射波はフィルタ部 1 0 3 を通過できる。そのため、反射波検出部 1 0 1 では侵入波の電力は検出されず、実際の反射波の電力が精度良く検出される。制御部 1 0 5 は実際の反射波に基づいてチューナ部 1 0 2 を調節し、伝送導波管 5 3 のインピーダンスを適切に調整する。そして、伝送導波管 5 3、導波管 2 5、誘電体 2 2、処理容器 2 内を含む負荷のインピーダンス全体がマイクロ波源 5 4 のインピーダンスと整合されることにより、伝送導波管 5 3 内の反射波が抑制される。

## 【 0 0 3 8 】

かかるプラズマ処理装置 1 によれば、2 個のマイクロ波源 5 2, 5 4 から互いに異なる周波数  $f_1$ ,  $f_2$  のマイクロ波をそれぞれ供給する構成とし、かつ、各マイクロ波源 5 2, 5 4 に対応させて各伝送導波管 5 1, 5 3 に設けたフィルタ部 6 3, 1 0 3 によって、他のマイクロ波源からの異なる周波数の侵入波が抑制される構成としたので、各伝送導波管 5 1, 5 3 における実際の反射波を各反射波検出部 6 1, 1 0 1 で精度良く検出することができる。従って、各伝送導波管 5 1, 5 3 において、チューナ部 6 2, 1 0 2 によるインピーダンスの調整が精度良く行われ、反射波を適切に抑制できるので、各マイクロ波源 5 2, 5 4 から供給されたマイクロ波の一部が無効電力になることを防止でき、各周波数  $f_1$ ,  $f_2$  のマイクロ波のエネルギーを処理容器 2 内の処理ガスに効率的に供給することができる。

10

## 【 0 0 3 9 】

次に、本発明の第二の実施の形態を説明する。図 4 は、第二の実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 2 0 が備える伝送導波管 5 1, 5 3 の構成を示している。この第二の実施形態にかかるプラズマ処理装置 1 2 0 は、伝送導波管 5 1, 5 3 にフィルタ部 6 3, 1 0 3 が設けられていない点を除けば、図 1 に示した第一の実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 とほぼ同様の構成を有する。よって、図 4 中に共通の符号を付することにより、重複した説明を省略する。

## 【 0 0 4 0 】

プラズマ処理装置 1 2 0 の伝送導波管 5 1, 5 3 には、図 3 に示したチューナ部 6 2, 1 0 2 がそれぞれ設けられている。制御部 9 0, 1 0 5 は、基板 G のプラズマ処理を行う際、各チューナ部 6 2, 1 0 2 を制限された範囲内で調節するように予め設定される。

20

## 【 0 0 4 1 】

チューナ部 6 2 の調節の範囲は、以下のような実験による方法で設定しても良い。先ず、マイクロ波源 5 2, 5 4 のうち、チューナ部 6 2 に対応するマイクロ波源 5 2 のみからマイクロ波を供給して処理容器 2 内の処理ガスをプラズマ化させる試験を行う。即ち、伝送導波管 5 1 内に他のマイクロ波源からの侵入波が侵入せず、反射波のみが発生する状態にする。そして、この状態でチューナ部 6 2 の調節を行い、反射波が好適に抑制されときの伝送導波管 5 1 の E 面とショート板 8 2 との間の距離  $L_E$ 、及び、伝送導波管 5 1 の H 面とショート板 8 6 との間の距離  $L_H$  を調べる。この実験結果に基づき、距離  $L_E$ ,  $L_H$  の制約範囲を設定する。例えば、反射波が抑制される最適な距離  $L_{EO}$ ,  $L_{HO}$  を求め、図 5 に示すように、距離  $L_E$  の制約範囲は距離  $L_{EO}$  を含む範囲  $L_{Emin} < L_E < L_{Emax}$  ( $L_{Emin} < L_{EO} < L_{Emax}$ ) とし、距離  $L_H$  の制約範囲は距離  $L_{HO}$  を含む範囲  $L_{Hmin} < L_H < L_{Hmax}$  ( $L_{Hmin} < L_{HO} < L_{Hmax}$ ) と決定する。そして、チューナ部 6 2 の調節状態がその制約範囲内にあるとき、即ち、距離  $L_E$ ,  $L_H$  の関係が図 5 において  $L_{Emin} < L_E < L_{Emax}$ ,  $L_{Hmin} < L_H < L_{Hmax}$  となる方形の領域 A 内にあるときのみ、反射波検出部 6 1 の検出値に基づいて各ショート板駆動機構 8 3, 8 7 の駆動量を調節するように、制御部 9 0 の制御条件を設定する。なお、距離  $L_{EO}$ ,  $L_{HO}$  の好ましい制約範囲は、処理容器 2 内で行われる処理のプロセスによって異なるので、処理容器 2 内で行われるプロセスの種類ごとに実験を行い、各プロセスにおける距離  $L_{EO}$ ,  $L_{HO}$  の制約範囲をそれぞれ調べるのが望ましい。

30

40

## 【 0 0 4 2 】

伝送導波管 5 3 のチューナ部 1 0 2 における調節の範囲も、同様にして決定できる。即ち、チューナ部 1 0 2 に対応するマイクロ波源 5 4 のみからマイクロ波を供給して処理容器 2 内の処理ガスをプラズマ化させた状態で、伝送導波管 5 3 のチューナ部 1 0 2 の調節を行い、反射波が適切に抑制されときの伝送導波管 5 3 の E 面とショート板 8 2 との間の距離  $L_E$ 、及び、伝送導波管 5 3 の H 面とショート板 8 6 との間の距離  $L_H$  を調べる。この実験結果より、伝送導波管 5 3 のチューナ部 1 0 2 における距離  $L_E$ ,  $L_H$  の制約範囲を決定し、チューナ部 1 0 2 の調節状態が例えば  $L_{Emin} < L_E < L_{Emax}$ ,  $L_{Hmin} < L_H < L_{Hmax}$  となる領域 A 内にあるときのみ、各ショート板駆動機構 8 3, 8 7 の駆動量を

50

調節するように、制御部 105 の制御条件を設定する。

【0043】

かかる構成において、基板 G のプラズマ処理を行う際、マイクロ波源 52, 54 からそれぞれマイクロ波が同時に供給され、伝送導波管 51 において反射波が発生するとともに、マイクロ波源 54 から処理容器 2 内に供給されたマイクロ波の一部が侵入すると、反射波検出部 61 は、実際の反射波と侵入波の合成波の電力を、反射波の電力として検出する。従って、実際の反射波の電力より大きな電力が検出される。制御部 90 は、予め制限された範囲内でのみ、反射波検出部 61 の検出値に基づいてチューナ部 62 の各ショート板駆動機構 83, 87 の駆動量を調節し、これにより、ショート板 82, 86 の距離  $L_E$ ,  $L_H$  が調節される。また、制御部 90 は、予め制限された範囲から逸脱しなければ検出値に相当する反射波を抑制することができないと判断したときは、ショート板駆動機構 83, 87 の駆動を停止させる。チューナ部 62 では、停止させたときの調節状態が維持される。

10

【0044】

ここで、制御部 90 に制限を与えない場合は、侵入波の影響により実際より大きく検出された反射波検出部 61 の検出値に応じて、図 5 において点線で示すように、チューナ部 62 における距離  $L_E$ ,  $L_H$  が必要以上に大きく調節されてしまう。この場合、マイクロ波の供給効率が悪化する。しかし、制御部 90 が上述したような制限を受けている場合は、図 5 において実線で示すように、距離  $L_E$ ,  $L_H$  が領域 A 内にあるときだけ、反射波検出部 61 の検出値に応じて距離  $L_E$ ,  $L_H$  が調節され、距離  $L_E$ ,  $L_H$  が領域 A を逸脱しなければ検出値の反射波を抑制できないと制御部 90 で判断されたときは、調節が停止され、距離  $L_E$ ,  $L_H$  が領域 A の境界に位置する値にある状態が維持される。従って、距離  $L_E$ ,  $L_H$  が必要以上に調節されないので、マイクロ波の供給効率が良好に維持される。

20

【0045】

同様に、伝送導波管 53 において反射波が発生するとともに、マイクロ波源 52 から処理容器 2 内に供給されたマイクロ波の一部が侵入すると、反射波検出部 101 は、実際の反射波と侵入波の合成波の電力を、反射波の電力として検出する。制御部 105 は、予め制限された範囲内でのみ、反射波検出部 101 の検出値に基づいてチューナ部 102 の各ショート板駆動機構 83, 87 の駆動量を調節するが、予め制限された範囲を逸脱しなければ検出値の反射波を抑制できないと判断したときは、ショート板駆動機構 83, 87 の駆動を停止させる。即ち、図 5 において実線で示すように、距離  $L_E$ ,  $L_H$  が領域 A 内にあるときだけ、反射波検出部 101 の検出値に応じて距離  $L_E$ ,  $L_H$  が調節され、距離  $L_E$ ,  $L_H$  が領域 A を逸脱しなければ検出値の反射波を抑制できないと制御部 105 で判断されたときは、調節が停止され、領域 A の境界における状態が維持される。従って、チューナ部 102 の距離  $L_E$ ,  $L_H$  が必要以上に調節されないので、マイクロ波源 54 からのマイクロ波の供給効率が良好に維持される。

30

【0046】

かかるプラズマ処理装置 120 によれば、ショート板 82, 86 が制限された領域 A 内にある範囲でチューナ部 62, 102 を調節する構成としたことにより、他のマイクロ波源からの侵入波が侵入しても、侵入波の影響によりチューニングが悪化することを防止できる。従って、各伝送導波管 51, 53 において、チューナ部 62, 102 によるインピーダンスの調整が好適に行われ、反射波を適切に抑制できるので、各マイクロ波源 52, 54 から供給されたマイクロ波の一部が無効電力になることを抑制して、マイクロ波のエネルギーを処理容器 2 内の処理ガスに効率的に供給することができる。

40

【0047】

なお、プラズマ処理装置 120 においては、マイクロ波源 52, 54 が供給するマイクロ波の周波数は、互いに異なっても同一であっても良い。いずれの場合も、チューナ部 62, 102 のショート板 82, 86 を制限された範囲 A 内でチューニングすることにより、チューニングが悪化することを防止できる。

【0048】

50

また，上記の第二の実施形態では，距離  $L_E$ ， $L_H$  が図 5 に示した方形の領域 A 内に  
ある範囲でチューナ部 62，102 を調節する場合を説明したが，チューナ部 62，102  
の調節を制限する方法は，かかるものに限定されない。例えば，図 5 における領域 A の形  
状は，距離  $L_{EO}$ ， $L_{HO}$  を中心とした略円形の領域にしても良い。

#### 【0049】

また，上記の第二の実施形態では，チューナ部 62，102 として E H チューナを用い  
る場合を説明したが，例えば E チューナ，スタブチューナ等の他のインピーダンス整合器  
を用いても良い。チューナ部 62，102 として E チューナを用いる場合は，E H チュー  
ナと同様に，各ショート板の位置を制限することで，チューニングの範囲を制限すれば良  
い。また，チューナ部 62，102 としてスタブチューナを用いる場合は，各スタブ棒の  
挿入長を制限することで，チューニングの範囲を制限すれば良い。また，チューナ部 62  
，102 の種類は，互いに異なるものであっても良い。

#### 【0050】

図 6 は，E H チューナに代えてチューナ部 62'，102' として設けられた E チュー  
ナの一例を示している。チューナ部 62' は，E 面を調整する 4 つの調整器 131A ~ 1  
31D を備えた公知のフォー E チューナである。調整器 131A は，伝送導波管 51 に対  
して直交した状態で E 面から分岐させた断面矩形状の調整管 135 を備えている。調整管  
135 内には，調整管 135 の長さ方向に沿って移動可能なショート板 136（短絡板）  
が備えられている。調整器 131B，131C，131D も，調整器 131A とほぼ同様  
の構成であり，伝送導波管 51 に対して直交した状態で E 面から分岐させた断面矩形状の  
調整管 135 と，調整管 135 内で移動可能なショート板 136 とをそれぞれ備えている  
。調整器 131A，131B，131C，131D は，マイクロ波源 52 側から導波管 2  
5 側に向かってこの順に並べて設けられている。なお，調整器 131A の調整管 135 と  
調整器 131B の調整管 135 との間隔は  $\lambda_{g2}/4$ （ $\lambda_{g2}$  は，マイクロ波源 52  
から供給されたマイクロ波の伝送導波管 51 における管内波長），調整器 131B の調整  
管 135 と調整器 131C の調整管 135 との間隔は  $\lambda_{g2}/8$ ，調整器 131C の  
調整管 135 と調整器 131D の調整管 135 との間隔は  $\lambda_{g2}/4$  となっている。  
マイクロ波源 52 と調整器 131A との間には，反射波検出部 61' が設けられている。

#### 【0051】

調整器 131A，131B の各ショート板 136 は，ショート板駆動機構 137 の駆動  
によって移動させられる。調整器 131A のショート板 136 の動作と，調整器 131A  
に隣接する調整器 131B のショート板 136 の動作とは，互いに連動させられており，  
例えば調整器 131A のショート板 136 が距離  $m$  だけ E 面から離隔する向きに移動させ  
られたとき，調整器 131B のショート板 136 が E 面に近接する向きに距離  $1/2m$  だ  
け移動させられるようになっている。また，調整器 131C，131D の各ショート板 1  
36 は，ショート板駆動機構 138 の駆動によって移動させられる。調整器 131C のシ  
ョート板 136 の動作と，調整器 131C に隣接する調整器 131D のショート板 136  
の動作とは，互いに連動させられており，例えば調整器 131C のショート板 136 が距  
離  $n$  だけ E 面から離隔する向きに移動させられたとき，調整器 131D のショート板 13  
6 が E 面に近接する向きに距離  $2n$  だけ移動させられるようになっている。そして，か  
かるショート板駆動機構 137，138 によって各調整器 131A ~ 131D のショート板  
136 を適宜移動させることにより，電界及び磁界の位相を調整することができ，ひいて  
は，伝送導波管 51 内のインピーダンスを変化させることができる構成となっている。即  
ち，伝送導波管 51，導波管 25，処理容器 2 を含む負荷全体のインピーダンスを，マイ  
クロ波源 52 のインピーダンスと整合させることで，反射波の発生を防止できる構成にな  
っている。なお，このように，調整器 131A，131B 同士，及び，調整器 131C，  
131D 同士を連動させることにより，チューナ部の制御を簡単にすることができる。

#### 【0052】

各調整器 131A ~ 131D のショート板 136 の位置は，制御部 90' の制御命令に  
よってショート板駆動機構 137，138 が駆動されることにより調節される。また，制

10

20

30

40

50

制御部 90' には、反射波検出部 61' の検出値が送信される。制御部 90' は、反射波検出部 61' の検出値に基づいてチューナ部 62' を制御するようになっている。

#### 【0053】

チューナ部 102' は、チューナ部 62' とほぼ同様の構成を有する E チューナであり、伝送導波管 53 の E 面から分岐させた調整管 135 と調整管 135 内で移動可能なショート板 136 とを有する 4 つの調整器 131A ~ 131D を備えている。チューナ部 102' においては、調整器 131A の調整管 135 と調整器 131B の調整管 135 との間隔は  $\lambda_{g3} / 4$  ( $\lambda_{g3}$  は、マイクロ波源 54 から供給されたマイクロ波の伝送導波管 53 における管内波長)、調整器 131B の調整管 135 と調整器 131C の調整管 135 との間隔は  $\lambda_{g3} / 8$ 、調整器 131C の調整管 135 と調整器 131D の調整管 135 との間隔は  $\lambda_{g3} / 4$  となっている。チューナ部 102' における各調整器 131A ~ 131D のショート板 136 の位置は、制御部 105' の制御命令によってチューナ部 102' のショート板駆動機構 137、138 が駆動されることにより調節される。制御部 105' は、反射波検出部 101' の検出値に基づいてチューナ部 102' を制御する。

#### 【0054】

制御部 90'、105' は、基板 G のプラズマ処理を行う際、各チューナ部 62'、102' を制限された範囲内で調節するように予め設定される。チューナ部 62' の調節の範囲は、以下のような実験による方法で設定しても良い。まず、マイクロ波源 52、54 のうち、チューナ部 62' に対応するマイクロ波源 52 のみからマイクロ波を供給して処理容器 2 内の処理ガスをプラズマ化させる試験を行う。即ち、伝送導波管 51 内に他のマイクロ波源からの侵入波が侵入せず、反射波のみが発生する状態にする。そして、この状態でチューナ部 62' の調節を行い、反射波が好適に抑制されるとき各調整器 131A ~ 131D のショート板 136 の位置関係、例えば、伝送導波管 51 の E 面と調整器 131A のショート板 136 との間隔  $L_{EA}$ 、及び、伝送導波管 51 の E 面と調整器 131C のショート板 136 との間隔  $L_{EC}$  を調べる。この実験結果に基づき、距離  $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$  の制約範囲を設定する。例えば、反射波が抑制される最適な距離  $L_{EA0}$ 、 $L_{EC0}$  を求め、図 5 に示すように、距離  $L_{EA}$  の制約範囲は距離  $L_{EA0}$  を含む範囲  $L_{EAmin} < L_{EA} < L_{EAmax}$  ( $L_{EAmin} < L_{EA0} < L_{EAmax}$ ) とし、距離  $L_{EC}$  の制約範囲は距離  $L_{EC0}$  を含む範囲  $L_{ECmin} < L_{EC} < L_{ECmax}$  ( $L_{ECmin} < L_{EC0} < L_{ECmax}$ ) と決定する。そして、チューナ部 62' の調節状態がその制約範囲内にあるとき、即ち、距離  $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$  の関係が図 7 において  $L_{EAmin} < L_{EA} < L_{EAmax}$ 、 $L_{ECmin} < L_{EC} < L_{ECmax}$  となる方形の領域 A2 内にあるときのみ、反射波検出部 61' の検出値に基づいて各ショート板駆動機構 137、138 の駆動量を調節するように、制御部 90' の制御条件を設定する。なお、伝送導波管 51 の E 面と調整器 131B のショート板 136 との間隔  $L_{EB}$ 、伝送導波管 51 の E 面と調整器 131D のショート板 136 との間隔  $L_{ED}$  は、それぞれ距離  $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$  と一定の関係にあるので、距離  $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$  が領域 A2 に制限されることで、距離  $L_{EB}$ 、 $L_{ED}$  も、領域 A2 に関連した所定の範囲内に制限されることとなる。

#### 【0055】

伝送導波管 53 のチューナ部 102' における調節の範囲も、同様にして決定できる。即ち、チューナ部 102' に対応するマイクロ波源 54 のみからマイクロ波を供給して処理容器 2 内の処理ガスをプラズマ化させた状態で、伝送導波管 53 のチューナ部 102' の調節を行い、反射波が適切に抑制されるとき伝送導波管 53 の E 面と調整器 131A のショート板 136 との間隔  $L_{EA}$ 、及び、伝送導波管 51 の E 面と調整器 131C のショート板 136 との間隔  $L_{EC}$  を調べる。この実験結果より、伝送導波管 53 のチューナ部 102' における距離  $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$  の制約範囲を決定し、チューナ部 102' の調節状態が例えば  $L_{EAmin} < L_{EA} < L_{EAmax}$ 、 $L_{ECmin} < L_{EC} < L_{ECmax}$  となる領域 A2 内にあるときのみ、各ショート板駆動機構 137、138 の駆動量を調節するように、制御部 105' の制御条件を設定する。なお、上記のチューナ部 62'、102'

’の調節を制限する方法は、かかるものに限定されない。例えば、図7における領域A2の形状は、距離 $L_{EA0}$ 、 $L_{ECO}$ を中心とした略円形の領域にしても良い。

【0056】

かかる構成において、基板Gのプラズマ処理を行う際、制御部90’は、予め制限された範囲内でのみ、反射波検出部61’の検出値に基づいてチューナ部62’の各ショート板駆動機構137、138の駆動量を調節し、これにより、調整器131A～131Dのショート板136の距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EB}$ 、 $L_{EC}$ 、 $L_{ED}$ が調節される。また、制御部90’は、予め制限された範囲から逸脱しなければ検出値に相当する反射波を抑制することができないと判断したときは、ショート板駆動機構137、138の駆動を停止させる。チューナ部62’では、停止させたときの調節状態が維持される。例えば制御部90’が上述したような制限を受けている場合は、図7において実線で示すように、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$ が領域A2内にあるときだけ、反射波検出部61’の検出値に応じて距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EB}$ 、 $L_{EC}$ 、 $L_{ED}$ が調節され、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$ が領域A2を逸脱しなければ検出値の反射波を抑制できないと制御部90’で判断されたときは、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EB}$ 、 $L_{EC}$ 、 $L_{ED}$ の調節が停止され、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$ が領域A2の境界に位置する値にある状態が維持される。従って、伝送導波管51に他のマイクロ波源54からの侵入波が侵入しても、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EB}$ 、 $L_{EC}$ 、 $L_{ED}$ が必要以上に調節されないのので、侵入波の影響によりチューニングが悪化することを防止でき、マイクロ波源52からのマイクロ波の供給効率が良好に維持される。

【0057】

同様に、制御部105’は、予め制限された範囲内でのみ、反射波検出部101’の検出値に基づいてチューナ部102’の各ショート板駆動機構137、138の駆動量を調節するが、予め制限された範囲を逸脱しなければ検出値の反射波を抑制できないと判断したときは、ショート板駆動機構137、138の駆動を停止させる。即ち、図7において実線で示すように、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$ が領域A2内にあるときだけ、反射波検出部101’の検出値に応じて $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$ が調節され、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EC}$ が領域A2を逸脱しなければ検出値の反射波を抑制できないと制御部105’で判断されたときは、距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EB}$ 、 $L_{EC}$ 、 $L_{ED}$ の調節が停止され、領域A2の境界における状態が維持される。従って、伝送導波管53に他のマイクロ波源52からの侵入波が侵入しても、チューナ部102’の距離 $L_{EA}$ 、 $L_{EB}$ 、 $L_{EC}$ 、 $L_{ED}$ が必要以上に調節されないのので、侵入波の影響によりチューニングが悪化することを防止でき、マイクロ波源54からのマイクロ波の供給効率が良好に維持される。

【0058】

なお、以上では調整器131A、131Cの各ショート板136の位置に基づいて、チューナ部62’（102’）の調節を制限することとしたが、かかる制限は、他の調整器同士の組み合わせに基づいて設定しても良い。例えば、調整器131A（又は131B）と調整器131Dの各ショート板136の位置に基づいて制限しても良い。

【0059】

以上、本発明にかかる第一及び第二の実施の形態の好適な例を示したが、本発明はここで説明した形態に限定されない。例えば、上記第一及び第二の実施形態では、6本の導波管25のそれぞれに対して何れも6個ずつの誘電体22とスロット40を設けたが、導波管25は任意の複数本で良く、また、各導波管25毎に設けられる誘電体22やスロット40の個数も、1個又は任意の複数個で良い。また、各導波管25毎に設けられる誘電体22の個数は互いに同じでも異なっても良い。また、各誘電体22毎にスロット30を一つずつ設けた例を示したが、各誘電体22毎に複数のスロット30をそれぞれ設けても良いし、また、各誘電体22毎に設けられるスロット30の個数が異なっても良い。

【0060】

第一及び第二の実施形態では、2個のマイクロ波源52、54を備える構成としたが、マイクロ波源の個数は任意の複数で良い。また、1つのマイクロ波源52（54）から3

10

20

30

40

50

本の導波管 25 に対してマイクロ波を導入する構成としたが、1つのマイクロ波源からマイクロ波が導入される導波管の本数は、1本又は任意の複数本であっても良い。各マイクロ波源毎のマイクロ波が導入される導波管の本数は、互いに同じでも異なっても良い。

#### 【0061】

第一及び第二の実施形態では、スロットアンテナ 21 に複数のスロット 40 を導波管 25 毎に等間隔に配置した構成としたが、スロットを渦巻状や同心円状に配置したいわゆるラジアルラインスロットアンテナを構成することもできる。また、誘電体 22 の形状は正方形でなくても良く、例えば長方形、三角形、任意の多角形、円板、楕円等としても良い。また、各誘電体 22 同士は互いに同じ形状でも、異なる形状でも良い。

10

#### 【0062】

以上に示した第一の実施形態では、チューナ部 62、102 としては E H チューナを用いることとしたが、例えば E チューナ、スタブチューナ等の他のインピーダンス整合器を用いても良い。E チューナとしては、例えば第二の実施形態中で説明したフォー E チューナ (図 6) を用いても良い。

#### 【0063】

また、上記第一の実施形態では、伝送導波管 51、53 においてフィルタ部 63、103 によって侵入波を抑制することで反射波を精度良く検出し、インピーダンス調整の高精度化を図ることとし、第二の実施形態では、伝送導波管 51、53 におけるチューナ部 62、102 (62'、102') の調節を制限することで、インピーダンス調整の悪化防止を図ることとしたが、伝送導波管 51、53 は、互いに異なる構成であっても良い。即ち、複数の伝送導波管に対して、第一の実施形態における伝送導波管の構成、第二の実施形態における伝送導波管の構成のいずれかを別々に適用しても良い。例えば、伝送導波管 51 には第一の実施形態に示したフィルタ部 63 を有する構成を適用し、他方の伝送導波管 53 にはフィルタ部 103 を設けず、制御部 105 (105') に対して第二の実施形態に示した制限付きの制御を行うように設定する。なお、この場合、マイクロ波源 52、54 が供給するマイクロ波の周波数は互いに異なっている必要がある。このような形態にしても、チューナ部 62、102 (62'、102') によって反射波を適切に抑制し、処理容器 2 に各マイクロ波源 52、54 からのマイクロ波のエネルギーを効率的に供給することができる。逆に、伝送導波管 53 に第一の実施形態に示したフィルタ部 103 を有する構成を適用し、他方の伝送導波管 51 にはフィルタ部 63 を設けず、制御部 90 (90') に対して第二の実施形態に示した制限付きの制御を行うように設定しても良い。また、各伝送導波管 51、53 に設けるチューナ部は、互いに異なる種類のインピーダンス整合器であっても良い。例えば、伝送導波管 51 に設けるチューナ部は E H チューナとし、伝送導波管 53 に設けるチューナ部は E チューナとしても良く、逆に、伝送導波管 51 に設けるチューナ部を E チューナとし、伝送導波管 53 に設けるチューナ部を E H チューナとしても良い。

20

30

#### 【0064】

第一及び第二の実施形態では、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。

40

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0065】

本発明は、例えば CVD 処理、エッチング処理に適用できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0066】

【図 1】第一の実施形態にかかるプラズマ処理装置の概略的な構成を示した縦断面図である。

【図 2】第一の実施形態にかかる蓋体の下面に支持された複数の誘電体、及び、マイクロ

50

波源，伝送導波管の構成を説明する説明図である。

【図 3】チューナ部の構成を示した斜視図である。

【図 4】第二の実施形態にかかるプラズマ処理装置における蓋体の下面に支持された複数の誘電体，及び，マイクロ波源，伝送導波管の構成を説明する説明図である。

【図 5】電界面調整器のショート板の位置（距離  $L_E$ ）を横軸とし，磁界面調整器のショート板の位置（距離  $L_H$ ）を縦軸として示し，各ショート板の位置に関する制約範囲の一例を説明したグラフである。

【図 6】E チューナの一例の構成を示した概略断面図である。

【図 7】E チューナにおける調整器のショート板の位置（距離  $L_{EA}$ ）を横軸とし，他の調整器のショート板の位置（距離  $L_{EC}$ ）を縦軸として示し，各ショート板の位置に関する制約範囲の一例を説明したグラフである。

10

【符号の説明】

【 0 0 6 7 】

A 領域

$f_1$  ,  $f_2$  マイクロ波の周波数

G 基板

$L_E$  伝送導波管の E 面とショート板との間の距離

$L_H$  伝送導波管の H 面とショート板との間の距離

1 プラズマ処理装置

2 処理容器

20

3 蓋体

4 サセプタ

1 3 排気口

2 0 蓋本体

2 1 スロットアンテナ

2 2 誘電体

2 5 導波管

4 0 スロット

4 6 ガス噴射口

5 1 , 5 3 伝送導波管

30

5 2 , 5 4 マイクロ波源

6 1 , 1 0 1 反射波検出部

6 2 , 1 0 2 チューナ部

6 3 , 1 0 3 フィルタ部

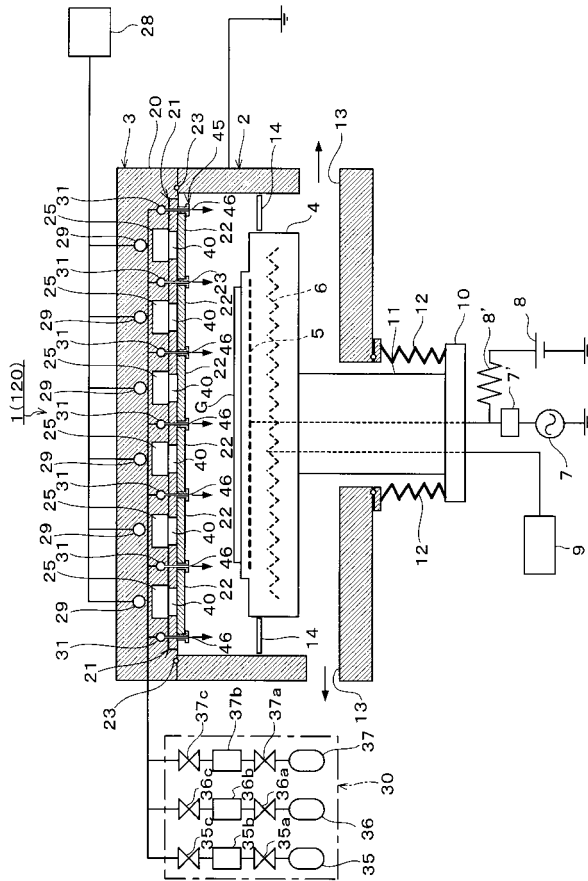
7 1 電界面調整器

7 2 磁界面調整器

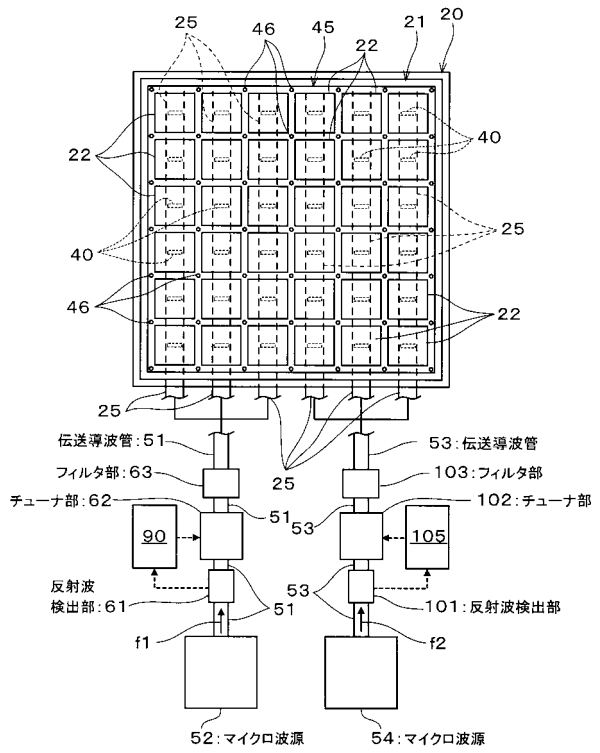
8 2 , 8 6 ショート板

9 0 , 1 0 5 制御部

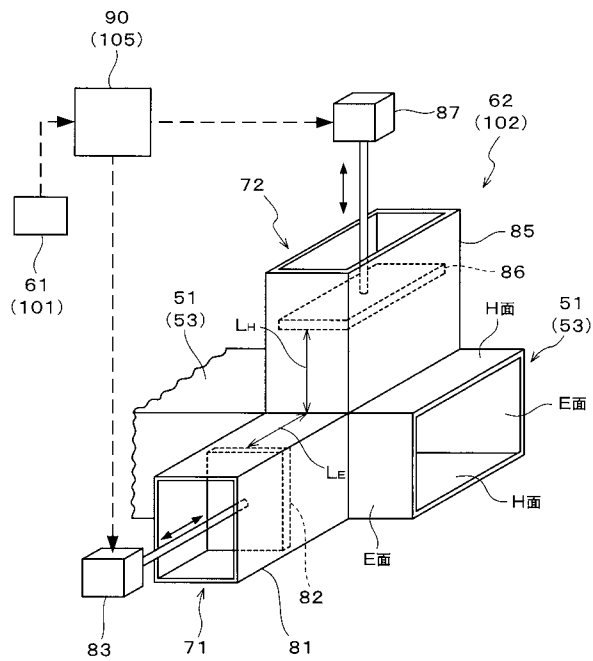
【図 1】



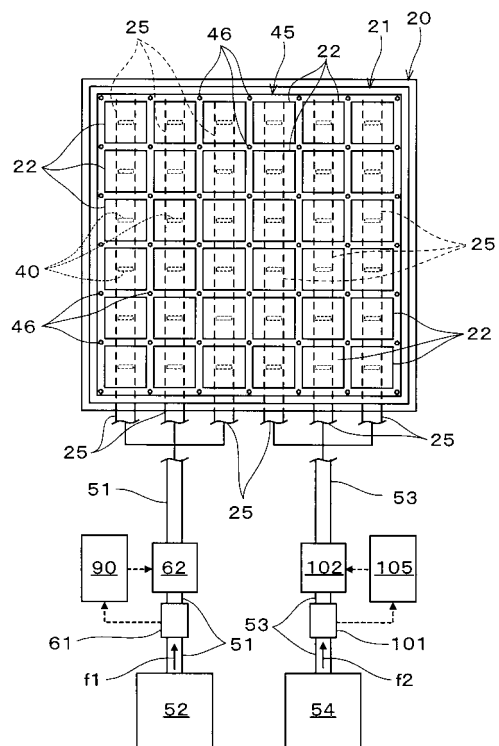
【図 2】



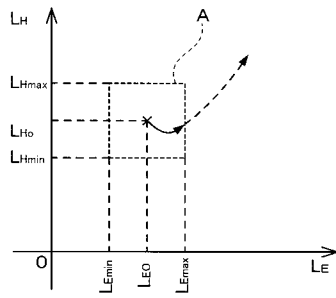
【図 3】



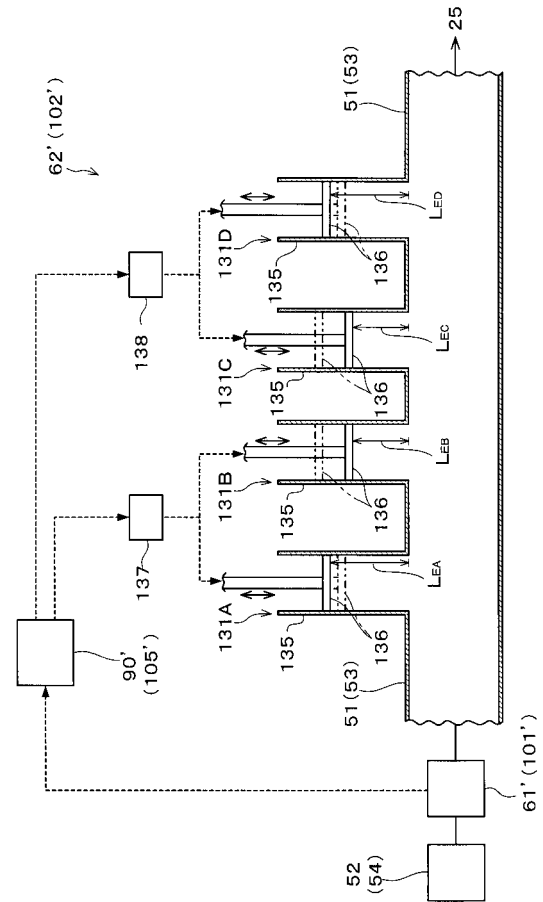
【図 4】



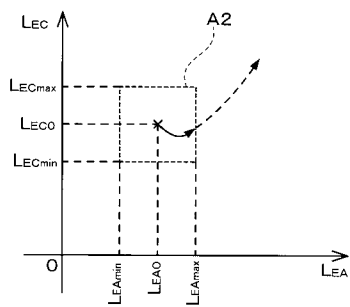
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-044793(JP,A)  
特開2003-179030(JP,A)  
特開平09-190900(JP,A)  
特開昭64-011403(JP,A)  
特開2004-266268(JP,A)  
特開2003-073836(JP,A)  
特開平07-272897(JP,A)  
特開2001-284331(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|      |        |
|------|--------|
| H05H | 1/46   |
| C23C | 16/511 |
| H01L | 21/205 |