

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年2月24日(24.02.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/021607 A1

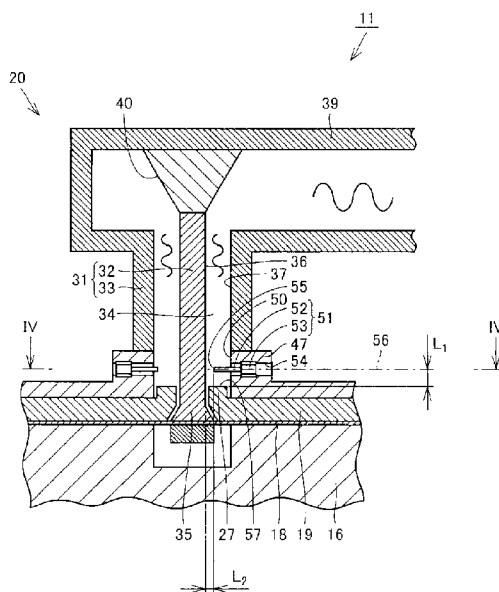
- (51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)
C23C 16/511 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/063831
- (22) 国際出願日: 2010年8月16日(16.08.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-191700 2009年8月21日(21.08.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石橋 清隆 (ISHIBASHI, Kiyotaka) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Hyogo (JP). 森田 治(MORITA, Osamu) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロン技術研究所株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 伊藤 英彦, 外(ITO, Hidehiko et al.); 〒5420082 大阪府大阪市中央区島之内1丁目21番19号 オリエンタル堺筋ビル アイミー国際特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PROCESSING APPARATUS AND SUBSTRATE PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置および基板処理方法

[図2]



(57) Abstract: A microwave supply means (20) provided in a plasma processing apparatus (11) comprises stub members (51) able to extend from an outer conductor (33) side toward the inner conductor (32) side. The stub members (51) are used as changing means for changing a distance, in the radial direction, between a portion of a peripheral surface (36) of an inner conductor (32) and an opposing part opposing that portion of the peripheral surface of the inner conductor (32) in the radial direction. The opposing part is a cooling plate projected part (47). Each stub member (51) includes a bar-shaped part (52) supported on the outer conductor (33) side so as to extend in the radial direction, and a screw (53) serving as a movement amount adjustment member for adjusting the amount of movement of the bar-shaped member (52) in the radial direction.

(57) 要約: プラズマ処理装置 11 に備えられるマイクロ波供給手段 20 は、内導体 32 の外周面 36 の一部と、径方向において内導体 32 の外周面の一部に対向する対向部、ここでは冷却板突出部 47 との径方向の距離を変更させる変更手段として、外導体 33 側から内導体 32 側へ向かって延出可能なスタブ部材 51 を備える。スタブ部材 51 は、外導体 33 側で支持され、径方向に延びるように設けられる棒状部 52 と、棒状部 52 の径方向の移動量を調整する移動量調整部材としてのねじ部 53 とを含む。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置および基板処理方法

技術分野

- [0001] この発明は、プラズマ処理装置および基板処理方法に関するものであり、特に、プラズマ源としてマイクロ波を用いたプラズマ処理装置およびこのようなプラズマ処理装置を用いて行う基板処理方法に関するものである。

背景技術

- [0002] L S I (L a r g e S c a l e I n t e g r a t e d c i r c u i t) 等の半導体装置は、半導体基板にエッチングやCVD (C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n) 、スパッタリング等の処理を施して製造される。エッチングやCVD、スパッタリング等の処理については、そのエネルギー供給源としてプラズマを用いた処理方法、すなわち、プラズマエッチングやプラズマCVD、プラズマスパッタリング等がある。
- [0003] ここで、プラズマを発生させる際にマイクロ波を用いるマイクロ波プラズマ処理装置に関する技術が、特開2006-179477号公報（特許文献1）に開示されている。特許文献1によると、円形矩形導波管と円偏波変換器との間の円筒導波管にダミーロードが接続されている。このダミーロードの軸線は、マイクロ波の反射体で反射される定在波の管内波長の1/4波長Lだけ、反射体から円偏波変換器の方向へ向かって離れているよう構成されている。これにより、ラジアル導波箱から反射してきたマイクロ波を、ダミーロードにより効果的に吸収することとしている。

先行技術文献

特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2006-179477号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 特許文献1に代表される従来の一般的なプラズマ処理装置の構成について

、簡単に説明する。図 15 は、従来における一般的なプラズマ処理装置の一部を拡大して示す概略断面図である。なお、図 15 において、紙面上下方向を装置の上下方向とする。また、図 15 中において、所定の箇所にマイクロ波をイメージとして図示している。

[0006] 図 15 を参照して、プラズマ処理装置 101 は、その内部で被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、処理容器内にマイクロ波を透過させる円板状の誘電体板 102 と、薄板円板状であって、板厚方向に貫通する複数のスロット孔（図示せず）が設けられており、誘電体板 102 の上方側に配置されてマイクロ波を誘電体板 102 に放射するスロットアンテナ板 103 と、スロットアンテナ板 103 の上方側に配置されて径方向にマイクロ波を伝播する円板状の遅波板 104 と、処理容器の外部に配置されてマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器 105 と、マイクロ波発生器 105 により発生させたマイクロ波を処理容器内に供給するマイクロ波供給手段 106 とを備える。

[0007] マイクロ波供給手段 106 は、上下方向に延びるように設けられており、スロットアンテナ板 103 に接続される同軸導波管 107 を含む。同軸導波管 107 は、丸棒状の内導体 108、および内導体 108 と径方向のすき間 110 を開けて内導体 108 の外径側に設けられる円筒状の外導体 109 を備える。

[0008] 同軸導波管 107 については、誘電体板 102 の下方側に生成させるプラズマの周方向における均一性の確保の観点から、内導体 108 の径方向の中心が、スロットアンテナ板 103 の径方向の中心と一致するように接続される。また、外導体 109 については、外導体 109 の径方向の中心が、内導体 108 の径方向の中心と一致するように設けられる。

[0009] このような構成を有するプラズマ処理装置 101 において、一般的に、同軸導波管 107 を構成する内導体 108 および外導体 109 は、それぞれ別体で製造される。そして、別体で製造された内導体 108 および外導体 109 は、内導体 108 の径方向の中心と外導体 109 の径方向の中心とが一致

するように組み合わされる。その後、スロットアンテナ板 103 の径方向の中心と、内導体 108 の径方向の中心とを一致させるようにして、プラズマ処理装置 101 に組み込まれる。なお、図 15 において、内導体 108 の径方向の中心を示す中心線を一点鎖線 111 で示し、外導体 109 の径方向の中心を示す中心線を二点鎖線 112 で示す。

[0010] ここで、同軸導波管 107 の形成時、具体的には、内導体 108 と外導体 109 とを組み合わせる際に、内導体 108 の径方向の中心と外導体 109 の径方向の中心との位置のずれが生じてしまう。このずれは、図 15 中の長さ寸法 X で示され、實際上、およそ 0.05 mm 程度である。なお、理解の容易の観点から、長さ寸法 X で示されるずれを、誇張して図示している。

[0011] このずれが生じると、内導体 108 と外導体 109 との間の径方向のすき間 110 の距離が、同軸導波管 107 の周方向の位置において異なってしまうことになる。そうすると、同軸導波管 107 内を伝播するマイクロ波の強度が、同軸導波管 107 の周方向の位置において、異なってしまうこととなる。その結果、誘電体板 102 に伝播されるマイクロ波の強度が周方向に不均一となり、誘電体板 102 の下方側に形成される電磁界分布が偏ってしまう。このような電磁界分布の偏りは、処理容器内において発生させるプラズマの周方向における不均一を生じさせ、その結果、被処理基板の面内の処理の不均一を発生させてしまう。

[0012] ここで、同軸導波管 107 の組み立て時において、プラズマの不均一を生じさせない程度に内導体 108 の中心と外導体 109 の中心とのずれを低減させることは、非常に困難であり、かつ、コスト増大の要因ともなる。遅波板、誘電体板の取り付けについても、同様である。

[0013] この発明の目的は、発生させるプラズマを誘電体板の下面側において均一にすることができるプラズマ処理装置を提供することである。

[0014] この発明の他の目的は、被処理基板の面内における処理を均一にすることができる基板処理方法を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0015] この発明に係るプラズマ処理装置は、上部側が開口しており、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、処理容器内にプラズマ処理用のガスを供給するガス供給部と、処理容器内に配置され、その上に被処理基板を保持する保持台と、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、処理容器の開口を覆うように配置されて処理容器を密封すると共に、マイクロ波を処理容器内へ透過させる誘電体板と、複数のスロット孔が設けられており、誘電体板の上方側に配置され、マイクロ波を誘電体板に放射するスロットアンテナ板と、スロットアンテナ板の上方側に配置され、マイクロ波を径方向に伝播させる遅波板と、マイクロ波発生器により発生させたマイクロ波をスロットアンテナ板に供給するマイクロ波供給手段とを備える。マイクロ波供給手段は、一方端部がスロットアンテナ板の中心に接続される略丸棒状の内導体および内導体との径方向のすき間を開けて内導体の外径側に設けられる略円筒状の外導体を含む同軸導波管、および内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段を備える。
- [0016] このようなプラズマ処理装置によると、製造時等において同軸導波管の内導体の中心と外導体の中心とがずれていても、内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段により、内導体の外周面の一部と内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の長さを調整して、同軸導波管を伝播するマイクロ波の強度を、周方向において非対称とすることができる。したがって、内導体の中心と外導体の中心とのずれに起因して誘電体板に形成される電磁界分布の周方向における偏りをなくして、処理容器内で発生させるプラズマを誘電体板の下面側において均一にすることができる。この場合、例えば、遅波板の取り付け誤差等に起因する電磁界分布の周方向における偏りにも対応することができる。その結果、被処理基板の面内における処理を均一にすることができる。
- [0017] 好ましくは、変更手段は、外導体側から内導体側へ向かって延出可能なス

タブ部材を含む。

[0018] さらに好ましくは、スタブ部材は、外導体側で支持され、径方向に延びるように設けられる棒状部と、棒状部の径方向の移動量を調整する移動量調整部材とを含む。

[0019] また、スタブ部材は、同軸導波管が延びる方向に間隔を開けて複数設けられるよう構成してもよい。

[0020] さらに好ましくは、スタブ部材は、周方向に間隔を開けて複数設けられる。

[0021] さらに好ましい一実施形態として、複数のスタブ部材は、周方向に略等配に設けられる。

[0022] さらに好ましくは、スタブ部材のうち、少なくともすき間に位置可能な部分の材質は、誘電体である。

[0023] さらに好ましい一実施形態として、同軸導波管における軸方向において、遅波板の上方側の端部とスタブ部材との距離は、10 mm以下である。

[0024] さらに好ましい一実施形態として、変更手段は、内導体の外周面の一部と一部に対向する部分との径方向の距離を、4 mm以下に変更可能である。

[0025] さらに好ましくは、マイクロ波発生器は、マグネトロンと、アイソレータと、チューナとを含む。

[0026] この発明の他の局面においては、基板処理方法は、上部側が開口しており、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、処理容器内にプラズマ処理用のガスを供給するガス供給部と、処理容器内に配置され、その上に被処理基板を保持する保持台と、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、処理容器の開口を覆うように配置されて処理容器を密封すると共に、マイクロ波を処理容器内へ透過させる誘電体板と、複数のスロット孔が設けられており、誘電体板の上方側に配置され、マイクロ波を誘電体板に放射するスロットアンテナ板と、スロットアンテナ板の上方側に配置され、マイクロ波を径方向に伝播させる遅波板と、マイクロ波発生器により発生させたマイクロ波をスロットアンテナ板に供給するマイク

口波供給手段とを備え、マイクロ波供給手段は、一方端部がスロットアンテナ板の中心に接続される略丸棒状の内導体および内導体との径方向のすき間を開けて内導体の外径側に設けられる略円筒状の外導体を含む同軸導波管、および内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段を備えるプラズマ処理装置を準備し、保持台に被処理基板を保持させ、マイクロ波発生器によりマイクロ波を発生させ、変更手段により、内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させて、処理容器内で発生させるプラズマを誘電体板の下面側において均一にして、被処理基板に対するプラズマ処理を行う。

[0027] このような基板処理方法によると、被処理基板の面内における処理を均一にすることができる。

発明の効果

[0028] このようなプラズマ処理装置によると、製造時等において同軸導波管の内導体の中心と外導体の中心とがずれていても、内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段により、内導体の外周面の一部と内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の長さを調整して、同軸導波管を伝播するマイクロ波の強度を、周方向において非対称とすることができる。したがって、内導体の中心と外導体の中心とのずれに起因して誘電体板に形成される電磁界分布の周方向における偏りをなくして、処理容器内で発生させるプラズマを誘電体板の下面側において均一にすることができる。この場合、例えば、遅波板の取り付け誤差等に起因する電磁界分布の周方向における偏りにも対応することができる。その結果、被処理基板の面内における処理を均一にすることができる。

[0029] また、このような基板処理方法によると、被処理基板の面内における処理を均一にすることができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1] この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

[図2] 図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。

[図3] 図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられるスロットアンテナ板を、図 1 中の矢印 I I I の方向から見た図である。

[図4] 図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管を、図 2 中の I V - I V で切断した場合の断面図である。

[図5] スタブ部材を設けていない場合の同軸導波管を軸に垂直な平面で切断した場合の概略断面図である。

[図6] 図 5 に図示する電気力線の一次元等価回路を示す概略図である。

[図7] スタブ部材を設けた場合の同軸導波管を軸に垂直な平面で切断した場合の概略断面図である。

[図8] 図 7 に図示する電気力線の一次元等価回路を示す概略図である。

[図9] この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置に備えられ、6 個のスタブ部材を設けた同軸導波管の断面図であり、各スタブ部材の位置を示すものである。

[図10] 誘電体板の各方向における相対エネルギー積分値を示す図であり、一部のスタブ部材の先端と内導体の外周面との距離が基準距離であるときを示す。

[図11] 誘電体板の各方向における相対エネルギー積分値を示す図であり、一部のスタブ部材の先端と内導体の外周面との距離が 6 mm であるときを示す。

[図12] 誘電体板の各方向における相対エネルギー積分値を示す図であり、一部のスタブ部材の先端と内導体の外周面との距離が 4 mm であるときを示す。

[図13] 誘電体板の各方向における相対エネルギー積分値を示す図であり、一部のスタブ部材の先端と内導体の外周面との距離が 2 mm であるときを示す。

。

[図14] この発明の他の実施形態に係るプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。

[図15] 従来における一般的なプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。

[図16] マイクロ波発生器の構成を示す概略図である。

[図17] この発明のさらに他の実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

[図18] 図 17 に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、この発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。図 1 は、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。図 2 は、図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。図 3 は、図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられるスロットアンテナ板を、図 1 中の矢印 I I I の方向から見た図である。図 4 は、図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管を、図 2 中の I V - I V で切断した場合の断面図である。なお、図 1 および図 2 においては、紙面上下方向を装置の上下方向とする。また、本願明細書中、径方向とは、図 4 において、同軸導波管に含まれる内導体から外導体へ向かう方向を指す。

[0032] 図 1 ～図 4 を参照して、プラズマ処理装置 11 は、上部側が開口しており、その内部において被処理基板 W にプラズマ処理を行う処理容器 12 と、処理容器 12 内にプラズマ励起用のガスおよびプラズマ処理用のガスを供給するガス供給部 13 と、処理容器 12 内に配置され、その上に被処理基板 W を保持する保持台 14 と、処理容器 12 の外部に配置され、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器 15 と、処理容器 12 の開口を覆うように配置されて処理容器 12 を密封すると共に、マイクロ波を処理容器

12内へ透過させる誘電体板16と、複数のスロット孔17が設けられており、誘電体板16の上方側に配置され、マイクロ波を誘電体板16に放射する薄板状のスロットアンテナ板18と、スロットアンテナ板18の上方側に配置され、マイクロ波を径方向に伝播する遅波板19と、マイクロ波発生器15により発生させたマイクロ波を処理容器12内に供給するマイクロ波供給手段20と、プラズマ処理装置11全体を制御する制御部（図示せず）とを備える。制御部は、ガス供給部13におけるガス流量、処理容器12内の圧力等、被処理基板Wをプラズマ処理するためのプロセス条件を制御する。なお、マイクロ波発生器15については、図1中の一点鎖線で示している。

[0033] 処理容器12は、保持台14の下方側に位置する底部21と、底部21の外周部から上方向に延びる側壁22とを含む。側壁22は、円筒状である。処理容器12の底部21の径方向中央側には、排気用の排気孔23が設けられている。処理容器12の上部側は開口しており、処理容器12の上部側に配置される誘電体板16、および誘電体板16と処理容器12との間に介在するシール部材としてのリング24によって、処理容器12は密封可能に構成されている。なお、上記したガス供給部13の一部は、側壁22に埋め込まれるようにして設けられており、処理容器12の外部から処理容器12内へガスを供給する。

[0034] 誘電体板16の下方側の面25は、平らである。誘電体板16の材質は、誘電体である。誘電体板16の具体的な材質としては、石英やアルミナ等が挙げられる。

[0035] スロットアンテナ板18の板厚方向の両面は、それぞれ平らである。スロットアンテナ板18には、板厚方向に貫通する複数のスロット孔17が設けられている。スロット孔17は、2つの矩形状の開口部が一对となって、略T字状となるように配置されて構成されている。設けられたスロット孔17は、内周側に配置される内周側スロット孔群26aと、外周側に配置される外周側スロット孔群26bとに大別される。内周側スロット孔群26aは、図3中の点線で囲まれた範囲内に設けられた8個のスロット孔17である。

外周側スロット孔群 26 b は、図 3 中の一点鎖線で囲まれた範囲内に設けられた 16 個のスロット孔 17 である。内周側スロット孔群 26 a において、8 個のスロット孔 17 はそれぞれ、環状に等間隔に配置されている。外周側スロット孔群 26 b において、16 個のスロット孔 17 はそれぞれ、環状に等間隔に配置されている。スロットアンテナ板 18 は、径方向の中心 28 を中心とした回転対称性を有し、例えば、中心 28 を中心として 45° 回転しても同じ形状となる。

[0036] 遅波板 19 の中央には、後述する同軸導波管 31 に備えられる内導体 32 を配置させるための開口が設けられている。開口の周囲を形成する遅波板 19 の内径側の端部は、板厚方向に突出している。すなわち、遅波板 19 は、内径側の端部から板厚方向に突出するリング状の遅波板突出部 27 を備える。遅波板 19 は、遅波板突出部 27 が上側になるように取り付けられる。遅波板 19 の材質は、誘電体である。遅波板 19 の具体的な材質としては、石英やアルミナ等が挙げられる。遅波板 19 の内部を伝播するマイクロ波の波長は、大気中を伝播するマイクロ波の波長よりも短くなる。

[0037] 誘電体板 16、スロットアンテナ板 18、および遅波板 19 はいずれも、円板状である。プラズマ処理装置 11 を製造する際には、誘電体板 16 の径方向の中心と、スロットアンテナ板 18 の径方向の中心 28 と、遅波板 19 の径方向の中心とを、それぞれ一致するように製造される。こうすることにより、中心側から外径側に向かって伝播されるマイクロ波において、周方向におけるマイクロ波の伝播度合いを同じにして、誘電体板 16 の下方側に生じさせるプラズマの周方向における均一性を確保するようにしている。なお、ここでは、スロットアンテナ板 18 の径方向の中心 28 を基準とする。

[0038] マイクロ波供給手段 20 は、一方端部 35 がスロットアンテナ板 18 の中心 28 に接続される略丸棒状の内導体 32、および内導体 32 と径方向のすき間 34 を開けて内導体 32 の外径側に設けられる略円筒状の外導体 33 を含む同軸導波管 31 を備える。すなわち、内導体 32 の外周面 36 と外導体 33 の内周面 37 とが対向するように内導体 32 と外導体 33 とを組み合わせ

せて、同軸導波管 31 が構成されている。同軸導波管 31 は、図 1 中の紙面上下方向に延びるように設けられている。内導体 32 および外導体 33 はそれぞれ、別体で製造される。そして、内導体 32 の径方向の中心と外導体 33 の径方向の中心とを一致させるようにして組み合わせられる。

[0039] また、マイクロ波供給手段 20 は、マイクロ波発生器 15 に一方端部 38 が接続される導波管 39 と、マイクロ波のモードを変換するモード変換器 40 とを含む。導波管 39 は、横方向、具体的には、図 1 中の紙面左右方向に延びるように設けられている。なお、導波管 39 としては、断面が円形状のものや断面が矩形状のものが使用される。

[0040] ここで、マイクロ波発生器 15 の詳細について簡単に説明すると、以下の通りである。図 16 は、マイクロ波発生器 15 の構成を示す概略図である。図 16 を参照して、マイクロ波発生器 15 は、最上流側においてマイクロ波を生成するマグネトロン 29a と、マグネトロン 29a の下流側に設けられており、マグネトロン 29a で生成したマイクロ波を下流側に供給した際に、下流側から反射されてくる反射波を除去するアイソレータ 29b と、アイソレータ 29b の下流側に配置されており、マグネトロン 29a で生成したマイクロ波を下流側に伝播する際のマイクロ波の位相を調整するマッチングユニットとしての 4E チューナ 29c とを備える。なお、ここでは、マイクロ波が伝播されていく方向を、上流から下流とするものである。すなわち、マグネトロン 29a が最上流に位置することとなり、アイソレータ 29b、4E チューナ 29c の順に下流側となる。4E チューナ 29c は、マイクロ波の伝播方向に設けられ、導波管から外径側に凹んだ 4 つの凹部 30a、30b、30c、30d と、4 つの凹部 30a ~ 30d のそれぞれの内部に配置され、径方向に可動可能であって、凹部 30a ~ 30d の蓋をするような形状の 4 つの可動短絡板 30e、30f、30g、30h とを含む構成である。ここでいう径方向とは、図 16 における上下方向である。4 つの可動短絡板 30e ~ 30h をそれぞれ径方向に移動させ、導波管 39 内を伝播させるマイクロ波の位相を調整する。図 16 における左側の端部 30i が、図 1

における端部 38 に接続されるものである。

- [0041] マイクロ波発生器 15 において発生させたマイクロ波は、導波管 39 および同軸導波管 31 を介して、処理容器 12 内に伝播される。マイクロ波発生器 15 において発生させるマイクロ波の周波数としては、例えば、2.45 GHz が選択される。
- [0042] 例えば、マイクロ波発生器 15 で発生させた TE モードのマイクロ波は、導波管 39 内を図 1 中の矢印 A_1 で示す紙面左方向に伝播し、モード変換器 40 により TEM モードへ変換される。そして、TEM モードへ変換されたマイクロ波は、同軸導波管 31 内を図 1 中の矢印 A_2 で示す紙面下方向へ伝播する。具体的には、すき間 34 が形成される内導体 32 と外導体 33 との間、および内導体 32 と冷却板突出部 47 との間において、マイクロ波は伝播する。同軸導波管 31 を伝播したマイクロ波は、遅波板 19 内を径方向に伝播し、スロットアンテナ板 18 に設けられた複数のスロット孔 17 から誘電体板 16 に放射される。誘電体板 16 を透過したマイクロ波は、誘電体板 16 の直下に電界を生じさせ、処理容器 12 内にプラズマを生成させる。
- [0043] さらにプラズマ処理装置 11 は、側壁 22 の開口側の上方端部の上方側に配置され、誘電体板 16 を上方側から押さえる誘電体板押さえリング 41 と、誘電体板押さえリング 41 の上方側に配置され、スロットアンテナ板 18 等を上方側から押さえるアンテナ押さえ 42 と、遅波板 19 の上方側に配置され、遅波板 19 等を冷却する冷却板 43 と、アンテナ押さえ 42 と冷却板 43 との間に介在するように配置され、処理容器 12 内外で電磁界を遮蔽する電磁遮蔽弾力体 44 と、スロットアンテナ板 18 の外周部を固定する外周固定リング 45 と、スロットアンテナ板 18 の中心を固定する中心固定板 46 とを備える。
- [0044] 冷却板 43 の中央には、同軸導波管 31 を配置させるための開口が設けられている。開口の周囲を形成する冷却板 43 の内径側の端部は、板厚方向に突出している。すなわち、冷却板 43 は、内径側の端部から板厚方向に突出するリング状の冷却板突出部 47 を備える。冷却板 43 は、冷却板突出部 4

7が上側になるように取り付けられる。

[0045] 冷却板突出部47の上方側には、円筒状の外導体33が配置される。冷却板突出部47の上方側端部と外導体33の下方側端部とが当接する構成である。この場合、外導体33の内周面37と冷却板突出部47の内周面50とが連なって、内導体32の外周面36と外導体33の内周面37との径方向の距離、および内導体32の外周面36と冷却板突出部47の内周面50との径方向の距離が同じとなるように構成される。なお、上記した遅波板突出部27の上方側には、内導体32と外導体33との間に形成されるすき間34が位置することとなる。

[0046] また、冷却板43の外周部分には、誘電体板16側にリング状に突出する遅波板位置決め部48が設けられている。遅波板19は、遅波板位置決め部48により径方向に位置決めされる。遅波板位置決め部48が設けられた径方向の位置において、外周固定リング45は、スロットアンテナ板18を固定する。

[0047] なお、誘電体板16の上方側の面のうち、径方向の中央には、中心固定板46を受け入れるように、誘電体板16の上方側の面から板厚を減ずるように凹んだ受け入れ凹部49が設けられている。

[0048] ここで、マイクロ波供給手段20は、内導体32の外周面36の一部と、径方向において内導体32の外周面の一部に対向する対向部、ここでは冷却板突出部47との径方向の距離を変更させる変更手段として、外導体33側から内導体32側へ向かって延出可能なスタブ部材51を備える。

[0049] スタブ部材51は、外導体33側で支持され、径方向に延びるように設けられる棒状部52と、棒状部52の径方向の移動量を調整する移動量調整部材としてのねじ部53とを含む。ねじ部53は、棒状部52の外径側端部に設けられている。

[0050] スタブ部材51は、冷却板突出部47に取り付けられている。具体的には、冷却板突出部47には、径方向に真直ぐに延びて貫通するねじ孔54が設けられており、このねじ孔54とねじ部53とを螺合させるようにして、ス

タブ部材 5 1 が冷却板突出部 4 7 に取り付けられている。すなわち、スタブ部材 5 1 は、外導体 3 3 側において、冷却板突出部 4 7 に設けられたねじ孔 5 4 に螺合されたねじ部 5 3 によって、支持されている。

[0051] ねじ部 5 3 を回転させることにより、棒状部 5 2 を含むスタブ部材 5 1 全体を径方向に移動させることができる。図 2 においては、スタブ部材 5 1 は、紙面左右方向に移動可能である。また、その移動量は、ねじ部 5 3 の回転量により調整される。

[0052] スタブ部材 5 1 は、周方向に略等配となるように合計 6 個設けられている（図 4 参照）。すなわち、6 個のスタブ部材は、周方向において隣り合うスタブ部材間の角度が、 60° 間隔となるよう配置されている。

[0053] 6 個のスタブ部材 5 1 はそれぞれ独立して、径方向に移動することができる。すなわち、各スタブ部材 5 1 に含まれる棒状部 5 2 の先端部 5 5 の径方向の位置を、それぞれ別個に調整することができる。

[0054] このようなプラズマ処理装置によると、製造時等において同軸導波管の内導体の中心と外導体の中心とがずれていても、内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段により、内導体の外周面の一部と内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の長さを調整して、同軸導波管を伝播するマイクロ波の強度を、周方向において非対称とすることができる。したがって、内導体の中心と外導体の中心とのずれに起因して誘電体板に形成される電磁界分布の周方向における偏りをなくして、処理容器内で発生させるプラズマを誘電体板の下面側において均一にすることができる。この場合、例えば、遅波板の取り付け誤差等に起因する電磁界分布の周方向における偏りにも対応することができる。その結果、被処理基板の面内における処理を均一にすることができる。

[0055] すなわち、この発明の一実施形態に係る基板処理方法は、上部側が開口しており、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、処理容器内にプラズマ処理用のガスを供給するガス供給部と、処理容器内に配

置され、その上に被処理基板を保持する保持台と、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、処理容器の開口を覆うように配置されて処理容器を密封すると共に、マイクロ波を処理容器内へ透過させる誘電体板と、複数のスロット孔が設けられており、誘電体板の上方側に配置され、マイクロ波を誘電体板に放射するスロットアンテナ板と、スロットアンテナ板の上方側に配置され、マイクロ波を径方向に伝播させる遅波板と、マイクロ波発生器により発生させたマイクロ波をスロットアンテナ板に供給するマイクロ波供給手段とを備え、マイクロ波供給手段は、一方端部がスロットアンテナ板の中心に接続される略丸棒状の内導体および内導体との径方向のすき間を開けて内導体の外径側に設けられる略円筒状の外導体を含む同軸導波管、および内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段を備えるプラズマ処理装置を準備し、保持台に被処理基板を保持させ、マイクロ波発生器によりマイクロ波を発生させ、変更手段により、内導体の外周面の一部と径方向において内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させて、処理容器内で発生させるプラズマを誘電体板の下面側において均一にして、被処理基板に対するプラズマ処理を行う。

[0056] ここで、本願発明の原理について説明する。図5は、スタブ部材が設けられていない従来の同軸導波管内における電気力線を示す模式図である。図6は、図5に示す点線上において、図5に示す電気力線の一次元等価回路を示す概念図である。図7は、スタブ部材を設けた本願発明に係る同軸導波管内における電気力線を示す模式図である。図8は、図7に示す点線上において、図7に示す電気力線の一次元等価回路を示す概念図である。なお、上記した電気力線の総本数は、マイクロ波のパワーに起因する。また、理解の容易の観点から、同軸導波管に含まれる内導体および外導体のみを示している。

[0057] 図5および図6を参照して、スタブ部材がない場合、同軸導波管61内において、内導体62から外導体63に向かって延びる電気力線64は、周方向において均一である。一次等価回路65においても、左右のコンデンサ6

6、67の容量は同じとなる。このような電気力線64は、内導体62の径方向の中心と外導体63の径方向の中心とがほぼ完全に一致した場合に発生するものである。

[0058] ここで、内導体62の径方向の中心と外導体63の径方向の中心とがずれてしまうと、上記した電気力線64のバランスが崩れてしまう。そうすると、結果として、発生させるプラズマの周方向における均一性が損なわれてしまうことになる。この場合、発生させるプラズマの周方向における均一性を確保するためには、図5に示すように、内導体62の径方向の中心と外導体63の径方向の中心とをほぼ完全に一致するよう、組み立て直すしかない。具体的には、上記した図15に示す径方向の中心間のずれを示す長さ寸法Xが、0.01mmとなるレベルである。

[0059] 一方、図7および図8を参照して、スタブ部材が設けられている本願発明においては、同軸導波管71において、内導体72の径方向の中心と外導体73の径方向の中心とがずれてしまった場合、スタブ部材74の径方向の距離を変更する。電気力線75は、内導体72の外周面と他部材、ここではスタブ部材74との径方向の距離の短い部分が存在すれば、その部分に集中する。そうすると、一次等価回路76において、左側のコンデンサ77に対し、右側のコンデンサ78は、図8中のハッチング79で示すスタブ部材74の影響で、その容量が大きくなる。したがって、スタブ部材74の径方向の移動量、具体的には、内導体72の外周面とスタブ部材74との径方向の距離を変更し、電気力線75の周方向におけるバランスを調整して、発生させるプラズマの周方向における均一性を確保するものである。

[0060] 次に、スタブ部材と内導体との距離を変更した場合の影響について説明する。図9は、同軸導波管の断面図であり、各スタブ部材の位置を示すものである。なお、図9に示す断面は、図4に示す断面を左回りに90度回転させた図に該当する。図10、図11、図12および図13はそれぞれ、誘電体板の各方向において、シミュレーション結果に基づく相対エネルギー積分値を示す図である。具体的には、図10～図13における径方向の数値は、誘

電体板を周方向の6領域に分割し、各領域における電界強度エネルギー積分値を計算し、各領域の電界強度エネルギー積分値を、電界強度エネルギー積分値の6領域における平均値で除算した値である。なお、この計算では、スロット孔の配置は、 60° 回転しても同じ形状となる回転対称性を有するモデルを用いたが、スロット孔の回転対称性とスタブ部材の回転対称性とは、必ずしも同じである必要はない。

[0061] 図9におけるスタブ部材に付された番号と、図10～図13における誘電体のエネルギー積分値の径方向の各軸に付された番号とは、同じ周方向の位置を示すものである。すなわち、図9に示す番号1のスタブ部材の位置は、周方向において同じ位置の誘電体板の領域を示すものである。図10は、全てのスタブ部材の位置が同じである場合を示し、基準となるものである。図11は、番号1、2、3のスタブ部材の先端部と内導体の外周面との距離が6mmである場合を示す。図12は、番号1、2、3のスタブ部材の先端部と内導体の外周面との距離が4mmである場合を示す。図13は、番号1、2、3のスタブ部材の先端部と内導体の外周面との距離が2mmである場合を示す。また、周方向の均一性については、図10における 1σ の値は0.8%、図11における 1σ の値は1.9%、図12における 1σ の値は3.8%、図13における 1σ の値は7.6%である。なお、 σ は、標準偏差を示す。

[0062] 図9～図13を参照して、スタブ部材の位置を変更すると、具体的には、棒状部の先端部と内導体の外周面との距離を変更すると、誘電体板における相対エネルギー積分値が大きく変わる。ここで、製造時において内導体の径方向の中心と外導体の径方向の中心とがずれ、相対エネルギー積分値が、図10に示す場合と大きく異なっても、スタブ部材を径方向に移動させて、各領域における相対エネルギー積分値を調整することができる。そして、内導体と外導体とを組み立てなおさなくても、図10に示す基準に近づけることができる。すなわち、発生させるプラズマを誘電体板の下面側において均一にすることができる。

- [0063] なお、スタブ部材の材質としては、スタブ部材のうち、少なくともすき間に位置可能な部分の材質は、誘電体であることが好ましい。こうすることにより、スタブ部材の長寿命化を図ることができる。誘電体としては、例えば、石英やアルミナ等が挙げられる。もちろん、スタブ部材の全体について、メタルで構成することとしてもよい。
- [0064] また、同軸導波管における軸方向において、遅波板の上方側の端部とスタブ部材との距離は、10 mm以内であることが好ましい。具体的には、再び図2を参照して、図2に示す断面において、スタブ部材51に備えられる棒状部52の軸方向の中心線56と、遅波板突出部47の上方側の端部57との軸方向の距離 L_1 を、10 mm以内とする。上記した構成のプラズマ処理装置11においては、同軸導波管31の下方側領域における電磁界の強度分布の影響を強く受ける。ここで、距離 L_1 が10 mmよりも長くなると、周方向において非対称としたマイクロ波の強度が、再び対称、すなわち、元に戻ってしまうおそれがある。したがって、このように構成することにより、より効率的に電磁界分布を周方向において均一にすることができる。
- [0065] 本実施例では、スタブ部材の延伸方向が水平方向、すなわち、スタブ部材が径方向に真直ぐに延びる例を示したが、図14に示すように、スタブ部材の延伸方向が斜め下方向であってもよい。図14は、この場合のプラズマ処理装置の同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図であり、図2に相当する。図14を参照して、この発明の他の実施形態に係るプラズマ処理装置81に備えられる冷却板82の冷却板突出部83には、内径側を下側とした斜め下方向に延びるように冷却板突出部83の一部を貫通する複数のねじ孔84が設けられている。そして、各ねじ孔84について、スタブ部材85が斜め下方向に延伸するように取り付けられている。このように構成することにより、スタブ部材85の作用するポイント、具体的には、スタブ部材85の先端部分を遅波板19に近づけるようにすることができる。電磁界分布の周方向の偏りをなくすためには、できるだけ遅波板19に近い位置で調整できることが好ましい。したがって、スタブ部材85を斜め下方向に延伸できる

ように設けることにより、より効果的に電磁界分布の周方向における調整を行うことができる。

[0066] この場合、スタブ部材 8 5 と遅波板 8 6 とは、スタブ部材 8 5 を延伸したときに、スタブ部材 8 5 の先端部 8 7 と遅波板突出部 8 8 の上方側の端部 8 9 との間の距離 L_3 が、10 mm 以下となるようにすればよい。なお、上記した構成のプラズマ処理装置において、変更手段は、内導体の外周面の一部と一部に対向する部分との径方向の距離を、4 mm 以下に変更可能であるよう構成することが好ましい。具体的には、図 2 を参照して、内導体 3 2 の外周面 3 6 と、スタブ部材 5 1 に備えられる棒状部 5 2 の先端部 5 5 との径方向の距離 L_2 を、4 mm 以下に変更可能なように構成する。こうすることにより、より広い範疇で周方向におけるプラズマの均一性を向上させることができる。

[0067] また、上記の実施の形態においては、スタブ部材は、冷却板突出部で支持されることとしたが、これに限らず、外導体で支持される構成としてもよい。具体的には、外導体において、径方向に貫通するねじ孔を設け、このねじ孔とねじ部とを螺合させるようにしてスタブ部材を取り付けるようにする。この場合、内導体の外周面の一部に対向する対向部は、外導体の内周面の一部となる。

[0068] なお、本実施例では、スタブ部材は、回転対称性を有する等間隔な配置としたが、回転対称性を有すれば、スタブ部材の配置は等間隔でなくともよい。

[0069] また、上記の実施の形態においては、スタブ部材は、周方向に合計 6 個設けることとしたが、この個数に限られず、例えば、4 個、8 個等、必要に応じて任意の個数のスタブ部材が設けられる。

[0070] なお、上記の実施の形態においては、同軸導波管の延びる方向に一つ、すなわち、上下方向の同じ位置に 6 個のスタブ部材を設けることとしたが、これに限らず、スタブ部材を、同軸導波管の延びる方向に間隔を開けて複数設けることとしてもよい。電磁界調整手段としてのスタブ部材を設けると、マ

マイクロ波の一部が上記した棒状部によって上方向に反射する。ここで、反射波の電界強度を入射波の電界強度で除した値で示される反射率の分、パワーロスを生じるおそれがあると共に、この反射波における影響で、電磁界の調整が複雑になり、電磁界分布を均一にすることが困難になるおそれがある。そこで、同軸導波管の延びる方向に間隔を開けて複数スタブ部材を設けることにより、スタブ部座による反射波の影響を大きく低減し、電磁界の調整を容易にして、電磁界分布を周方向により均一にすることができる。

[0071] これについて、具体的に説明する。図 17 は、この場合におけるプラズマ処理装置の一部を示す断面図であり、図 2 に相当する断面である。図 17 を参照して、この発明のさらに他の実施形態に係るプラズマ処理装置 91 には、図 17 における上下方向において、二つのスタブ部材群 92a、92b が設けられている。下方側に設けられる電磁界調整機構としての第一のスタブ部材群 92a は、図 1 に示すプラズマ処理装置 11 に設けられる場合と同様に、冷却板 43 のうちの冷却板突出部 47 に設けられている。第一のスタブ部材群 92a のうちの各スタブ部材は、図 1 に示すプラズマ処理装置に設けられるスタブ部材と同様の構成である。すなわち、第一のスタブ部材群 92a に備えられる各スタブ部材は、径方向に延出可能であって、径方向に真直ぐに延び、冷却板突出部 47 に設けられたねじ孔に螺合するように設けられたねじ部および棒状部を備える構成である。一方、上方側に設けられる反射波補償機構としての第二のスタブ部材群 92b は、同軸導波管 31 のうちの外導体 33 に設けられている。第二のスタブ部材群 92b に備えられる各スタブ部材についても、第一のスタブ部材群 92a に備えられる各スタブ部材と同様の構成であり、径方向に延出可能であって、径方向に真直ぐに延び、外導体 33 に設けられたねじ孔に螺合するように設けられたねじ部および棒状部を備える構成である。

[0072] 2つのスタブ部材群のうち、第一のスタブ部材群 92a については、図 1 に示す場合と同様にスタブ部材が周方向に略等配に 6 個設けられている。第二のスタブ部材群 92b についても、スタブ部材が周方向に略等配に 6 個設

けられている。なお、ここでいう2つのスタブ部材群とは、周方向に間隔を空けて設けられた6個のスタブ部材から構成されるスタブ部材の群が、上下方向においてそれぞれ間隔を空けて設けられているという意味である。

[0073] 第一および第二のスタブ部材群92a、92bのうちの各スタブ部材が設けられる周方向の位置については、第一のスタブ部材群92aのうちの各スタブ部材と第二のスタブ部材群92bのうちの各スタブ部材とが同じ位置となるように構成されている。すなわち、図17における上方向から見た場合に、図4に示すように見え、第一のスタブ部材群92aのうちのそれぞれのスタブ部材と第二のスタブ部材群92bのうちのそれぞれのスタブ部材とが重なって見えるように構成されている。また、第一のスタブ部材群92aと第二のスタブ部材群92bとの上下方向の間隔、すなわち、第一のスタブ部材群92aと第二のスタブ部材群92bの間の距離 L_4 については、同軸導波管31の管内波長の4分の1となるように構成されている。第一のスタブ部材群92aと第二のスタブ部材群92bの間の距離 L_4 は、図17中の一点鎖線で示す第一のスタブ部材群92aにおける軸方向、すなわち、上下方向の中央の位置と、図17中の二点鎖線で示す第二のスタブ部材群92bにおける上下方向の中央の位置との間の距離である。また、第一のスタブ部材群92aに備えられる各スタブ部材におけるマイクロ波の反射率と、第二のスタブ部材群92bに備えられる各スタブ部材におけるマイクロ波の反射率とが同じとなるように構成されている。第一および第二のスタブ部材群92a、92bに備えられる各スタブ部材の材質は、例えば、アルミナや金属等である。

[0074] このように構成することにより、電磁界調整機構として作用する第一のスタブ部材群92a、および反射波補償機構として作用する第二のスタブ部材群92bにより、より効率的に電磁界分布を均一にすることができる。なお、図1および図2に示すプラズマ処理装置11と同様の構成については、図17および後述する図18において同一の符号で示し、それらの説明を省略する。

[0075] ここで、上記した図 17 に示すプラズマ処理装置 91 における原理について説明する。図 18 は、図 17 に示すプラズマ処理装置 91 に備えられる同軸導波管 31 の近辺を拡大して示す概略断面図である。なお、理解の容易の観点から、図 18 において、第一および第二のスタブ部材群 92a、92b の構成等を概略的に図示している。

[0076] 図 17 および図 18 を参照して、上側から下方向に向けて入射される入射波 C_1 が電磁界調整機構としての第一のスタブ部材群 92a に備えられるスタブ部材に到達した後に、その一部が反射波 C_2 として上方向に反射する。また、入射波 D_1 が反射波補償機構としての第二のスタブ部材群 92b に備えられるスタブ部材に到達した後に、その一部が反射波 D_2 として上方向に反射する。ここで、第一のスタブ部材群 92a と第二のスタブ部材群 92b の間の距離 L_4 の往復の道のりの分だけ時間が遅れた反射波 C_2 が、反射波 D_2 と干渉する。この場合において、第一のスタブ部材群 92a と第二のスタブ部材群 92b の間の距離 L_4 は、同軸導波管 31 の管内波長の 4 分の 1 であるため、第一のスタブ部材群 92a と第二のスタブ部材群 92b の間の距離の往復の道のりは、同軸導波管 31 の管内波長の 2 分の 1 となる。そうすると、それぞれの反射波 C_2 、 D_2 の位相が、180 度ずれることになる。ここで、第一のスタブ部材群 92a に備えられるスタブ部材における反射率と第二のスタブ部材群 92b に備えられるスタブ部材における反射率とが同じであるため、反射波 C_2 、 D_2 が丁度打ち消しあうこととなり、反射波の影響の大きく低減された電磁界調整が可能となる。したがって、より効率的に電磁界を均一に供給することができる。なお、上記したマイクロ波発生器 15 に備えられ、可動短絡板 30e ~ 30h を含む 4E チューナ 29c は、導波管 39 に設けられ、マグネトロン 29a により発生させたマイクロ波の位相を単に調整するものであり、同軸導波管 31 に設けられ、スタブ部材を備え、下流側に配置される第一のスタブ部材群 92a から反射される反射波を打ち消すように反射波補償機構として作用する第二のスタブ部材群 92b とは、大きくその構成が異なるものである。

- [0077] ここで、第一のスタブ部材群 9 2 a に備えられるスタブ部材の反射率と第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材の反射率とを同じにすることとしたが、具体的な実施形態によると、それぞれの反射率が 0.1 ~ 0.2 となり、トータルとして反射率を 0.03 以下とすることができる。しかし、厳密には、上記の入射波 C_1 は、第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材により一部反射されて小さくなる。そこで、この影響を考慮して、第一のスタブ部材群 9 2 a に備えられるスタブ部材の反射率と、第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材の反射率を変えることとしてもよい。
- [0078] なお、上記の図 1 7 に示す実施の形態においては、第一のスタブ部材群と第二のスタブ部材群との上下方向の間隔は、同軸導波管の管内波長の 4 分の 1 とすることとしたが、これに限らず、同軸導波管の管内波長の 4 分の 1 の奇数倍としてもよい。こうすることによっても、それぞれの反射波の位相を 180 度ずらすことができ、上記した効果を奏することができる。また、同軸導波管の管内波長の 4 分の 1 の奇数倍よりも多少ずれていても、反射波の影響を低減することができる。
- [0079] また、上記の図 1 7 に示す実施の形態においては、第一のスタブ部材群に備えられる各スタブ部材の周方向の位置と第二のスタブ部材群に備えられる各スタブ部材の周方向の位置とを同じとすることとしたが、これに限らず、多少周方向にずれていても構わない。また、第一のスタブ部材群に備えられるスタブ部材の数と、第二のスタブ部材群に備えられるスタブ部材の数とを異ならせることとしてもよい。
- [0080] なお、上記の図 1 7 に示す実施の形態においては、第一および第二のスタブ部材群に備えられる各スタブ部材について、径方向に真直ぐに延びるように設けることとしたが、これに限らず、各スタブ部材の延伸方向を斜め下方方向とすることにしてもよい。この場合、第一および第二のスタブ部材群のうちのいずれか一方の群に備えられるスタブ部材において、延伸方向を斜め下方方向としてもよいし、第一および第二のスタブ部材群の双方に備えられる各

スタブ部材において、延伸方向を斜め下方向としてもよい。

[0081] なお、上記の実施の形態においては、スタブ部材を変更手段とすることとしたが、これに限らず、変更手段は、他の構成であってもよい。すなわち、例えば、外導体の内周面において、径方向に延出可能であって、延出距離を調整可能な突起部を設け、これを変更手段とすることとしてもよい。また、外導体の外径面を凹ませれば、この凹みに応じて外導体の内周面と内導体の外周面との距離が変更される構成としてもよい。

[0082] また、上記の実施の形態においては、外導体側に変更手段を設けることとしたが、これに限らず、内導体側に変更手段を設けることとしてもよい。具体的には、変更手段を、内導体側において、内導体の外周面を外径側、すなわち、すき間が形成されている方向に向かって延出可能であって、延出距離を調整可能な構成とする。このような構成としてもよい。

[0083] また、上記の実施の形態においては、誘電体板の下方側の面を平らとしたが、これに限らず、例えば、誘電体板の下方側の面において、誘電体板の内方側、すなわち、上側に凹んだ凹部を設けることにしてもよい。

[0084] 以上、図面を参照してこの発明の実施形態を説明したが、この発明は、図示した実施形態のものに限定されない。図示した実施形態に対して、この発明と同一の範囲内において、あるいは均等の範囲内において、種々の修正や変形を加えることが可能である。

産業上の利用可能性

[0085] この発明に係るプラズマ処理装置は、プラズマ処理する際に、被処理基板の面内において均一な処理が要求される場合に有効に利用される。

符号の説明

[0086] 11, 81, 91 プラズマ処理装置、12 処理容器、13 ガス供給部、14 保持台、15 マイクロ波発生器、16 誘電体板、17 スロット孔、18 スロットアンテナ板、19, 86 遅波板、20 マイクロ波供給手段、21 底部、22 側壁、23 排気孔、24 オリング、25 面、26a 内周側スロット孔群、26b 外周側スロット孔群、27,

88 遅波板突出部、28 中心、29a マグネトロン、29b アイソレータ、29c 4Eチューナ、30a, 30b, 30c, 30d 凹部、30e, 30f, 30g, 30h 可動短絡板、31, 61, 71 同軸導波管、32, 62, 72 内導体、33, 63, 73 外導体、34 すき間、30i, 35, 38, 57, 89 端部、36 外周面、37, 50 内周面、39 導波管、40 モード変換器、41 誘電体押さえリング、42 アンテナ押さえ、43, 82 冷却板、44 電磁遮蔽弾力体、45 外周固定リング、46 中心固定板、47, 83 冷却板突出部、48 遅波板位置決め部、49 受け入れ凹部、51, 74, 85 スタブ部材、52 棒状部、53 ねじ部、54, 84 ねじ孔、55, 87 先端部、56 中心線、64, 75 電気力線、65, 76 一次元等価回路、66, 67, 77, 78 コンデンサ、79 ハッチング、92a, 92b スタブ部材群。

請求の範囲

- [請求項1] 上部側が開口しており、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、
- 前記処理容器内にプラズマ処理用のガスを供給するガス供給部と、
- 前記処理容器内に配置され、その上に前記被処理基板を保持する保持台と、
- プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、
- 前記処理容器の開口を覆うように配置されて前記処理容器を密封すると共に、マイクロ波を前記処理容器内へ透過させる誘電体板と、
- 複数のスロット孔が設けられており、前記誘電体板の上方側に配置され、マイクロ波を前記誘電体板に放射するスロットアンテナ板と、
- 前記スロットアンテナ板の上方側に配置され、マイクロ波を径方向に伝播させる遅波板と、
- 前記マイクロ波発生器により発生させたマイクロ波を前記スロットアンテナ板に供給するマイクロ波供給手段とを備え、
- 前記マイクロ波供給手段は、一方端部が前記スロットアンテナ板の中心に接続される略丸棒状の内導体および前記内導体との径方向のすき間を開けて前記内導体の外径側に設けられる略円筒状の外導体を含む同軸導波管、および前記内導体の外周面の一部と径方向において前記内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段を備える、プラズマ処理装置。
- [請求項2] 前記変更手段は、前記外導体側から前記内導体側へ向かって延出可能なスタブ部材を含む、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3] 前記スタブ部材は、前記外導体側で支持され、径方向に延びるように設けられる棒状部と、前記棒状部の径方向の移動量を調整する移動量調整部材とを含む、請求項2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4] 前記スタブ部材は、前記同軸導波管が延びる方向に間隔を開けて複数設けられる、請求項2に記載のプラズマ処理装置。

- [請求項5] 前記スタブ部材は、周方向に間隔を開けて複数設けられる、請求項2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項6] 前記複数のスタブ部材は、周方向に略等配に設けられる、請求項5に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項7] 前記スタブ部材のうち、少なくとも前記すき間に位置可能な部分の材質は、誘電体である、請求項2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項8] 前記同軸導波管における軸方向において、前記遅波板の上方側の端部と前記スタブ部材との距離は、10 mm以下である、請求項2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項9] 前記変更手段は、前記内導体の外周面の一部と前記一部に対向する対向部との径方向の距離を、4 mm以下に変更可能である、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項10] 前記マイクロ波発生器は、マグネトロンと、アイソレータと、チューナとを含む、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項11] 上部側が開口しており、その内部において被処理基板にプラズマ処理を行う処理容器と、前記処理容器内にプラズマ処理用のガスを供給するガス供給部と、前記処理容器内に配置され、その上に前記被処理基板を保持する保持台と、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生器と、前記処理容器の開口を覆うように配置されて前記処理容器を密封すると共に、マイクロ波を前記処理容器内へ透過させる誘電体板と、複数のスロット孔が設けられており、前記誘電体板の上方側に配置され、マイクロ波を前記誘電体板に放射するスロットアンテナ板と、前記スロットアンテナ板の上方側に配置され、マイクロ波を径方向に伝播させる遅波板と、前記マイクロ波発生器により発生させたマイクロ波を前記スロットアンテナ板に供給するマイクロ波供給手段とを備え、前記マイクロ波供給手段は、一方端部が前記スロットアンテナ板の中心に接続される略丸棒状の内導体および前記内導体との径方向のすき間を開けて前記内導体の外径側に設けられる略円筒

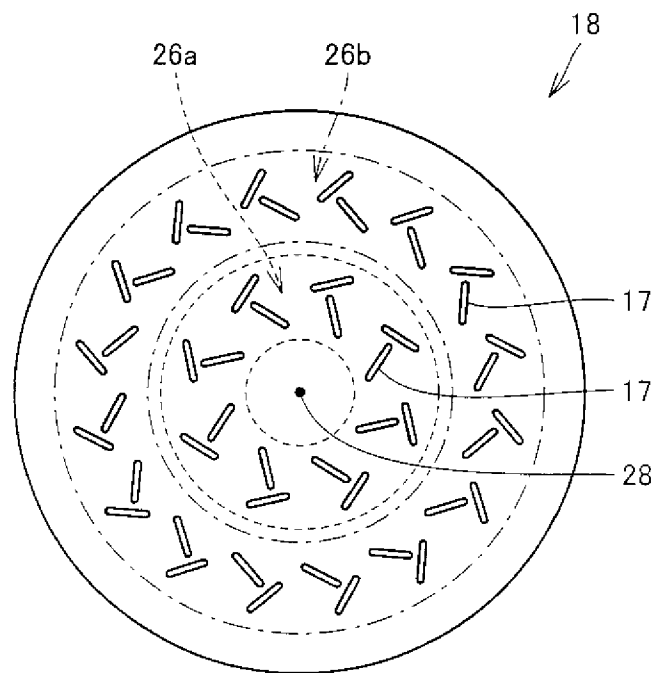
状の外導体を含む同軸導波管、および前記内導体の外周面の一部と径方向において前記内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段を備えるプラズマ処理装置を準備し、

前記保持台に被処理基板を保持させ、

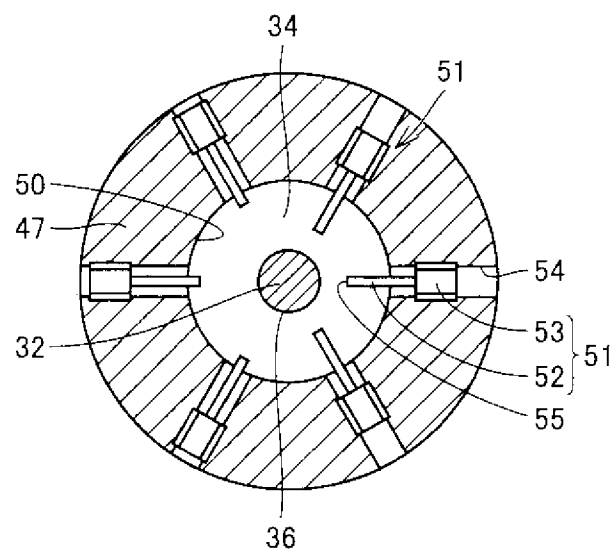
前記マイクロ波発生器によりマイクロ波を発生させ、

前記変更手段により、前記内導体の外周面の一部と径方向において前記内導体の外周面の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させて、前記処理容器内で発生させるプラズマを前記誘電体板の下面側において均一にして、前記被処理基板に対するプラズマ処理を行う、基板処理方法。

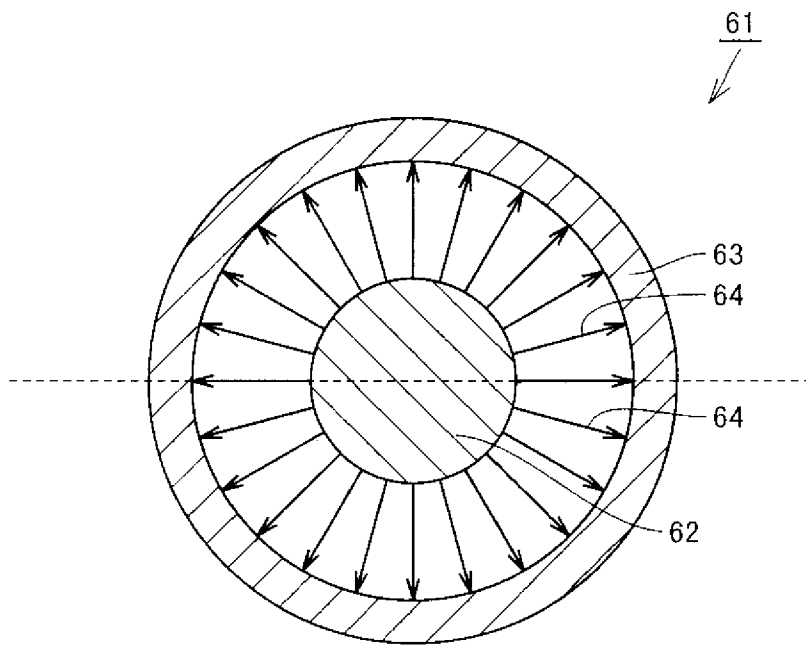
[図3]



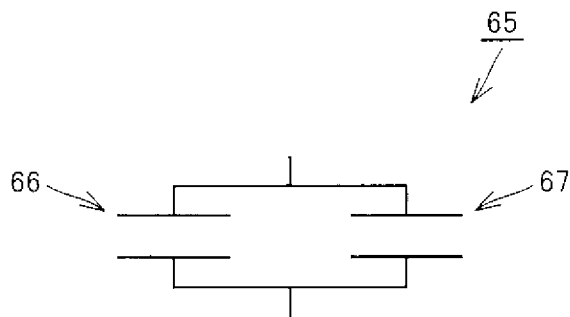
[図4]



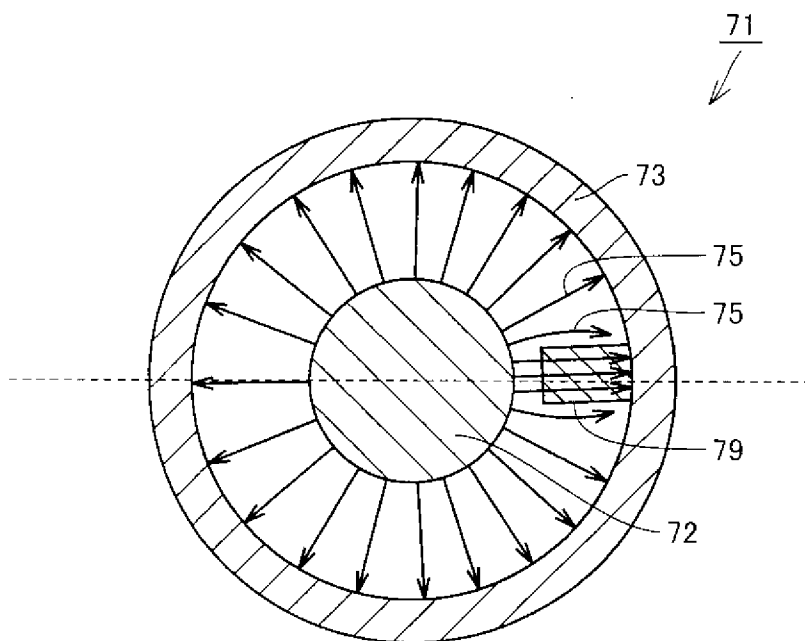
[図5]



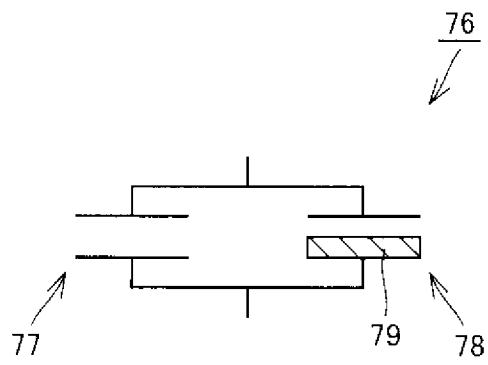
[図6]



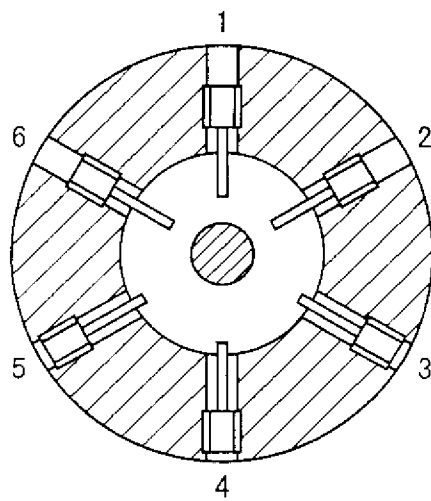
[図7]



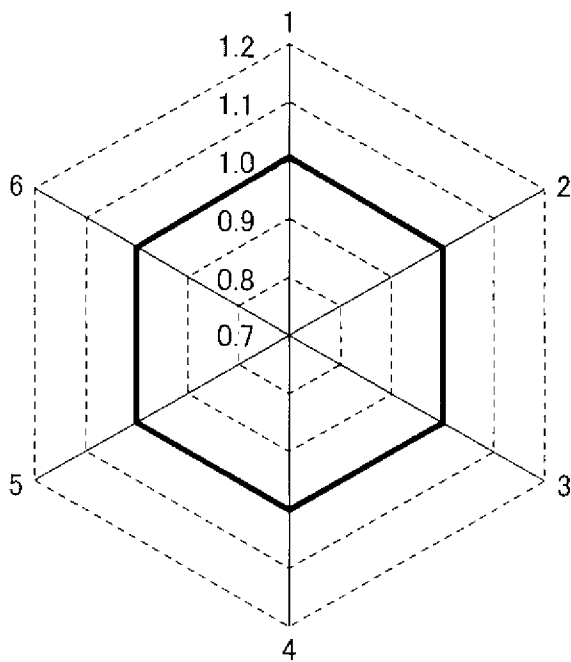
[図8]



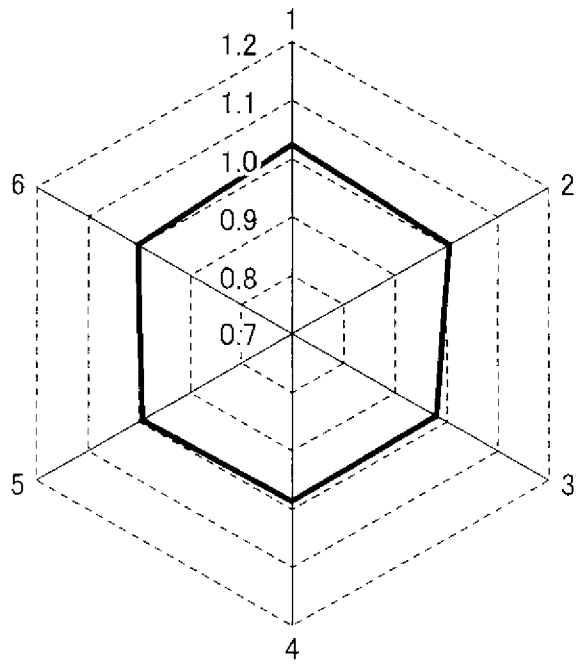
[図9]



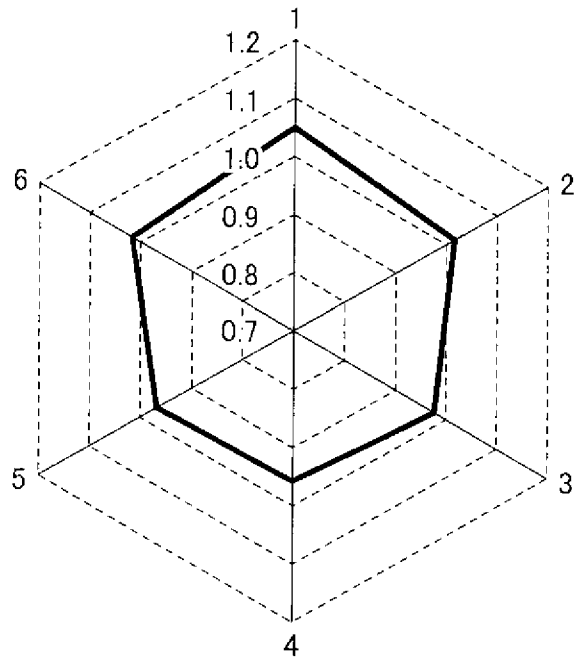
[図10]



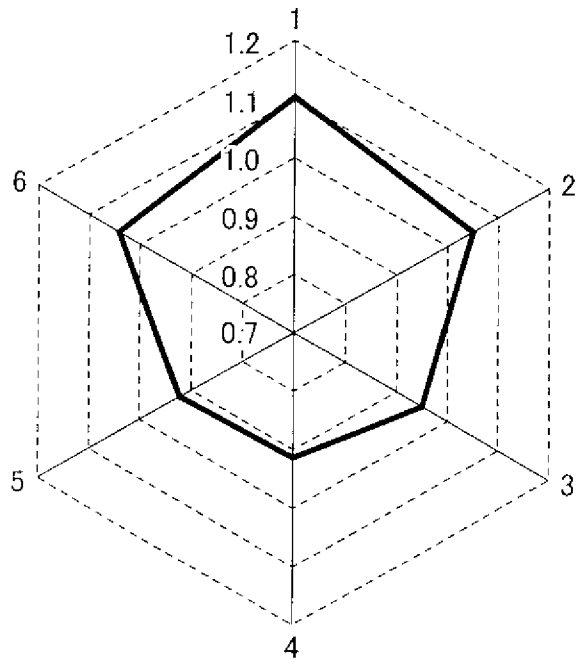
[図11]



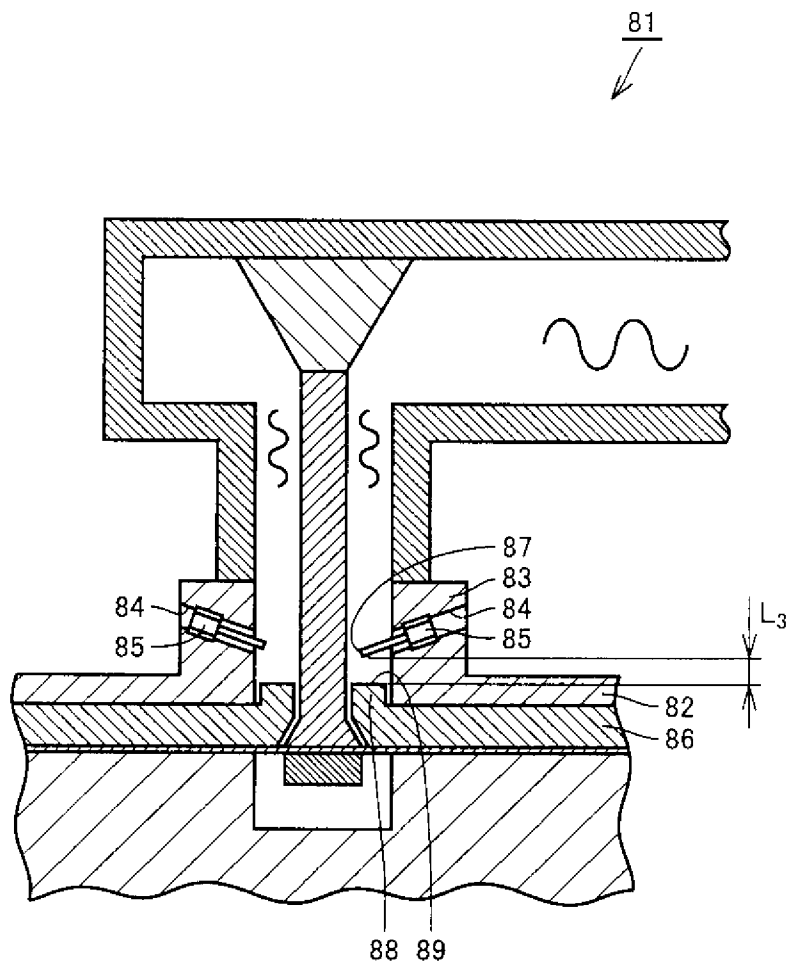
[図12]



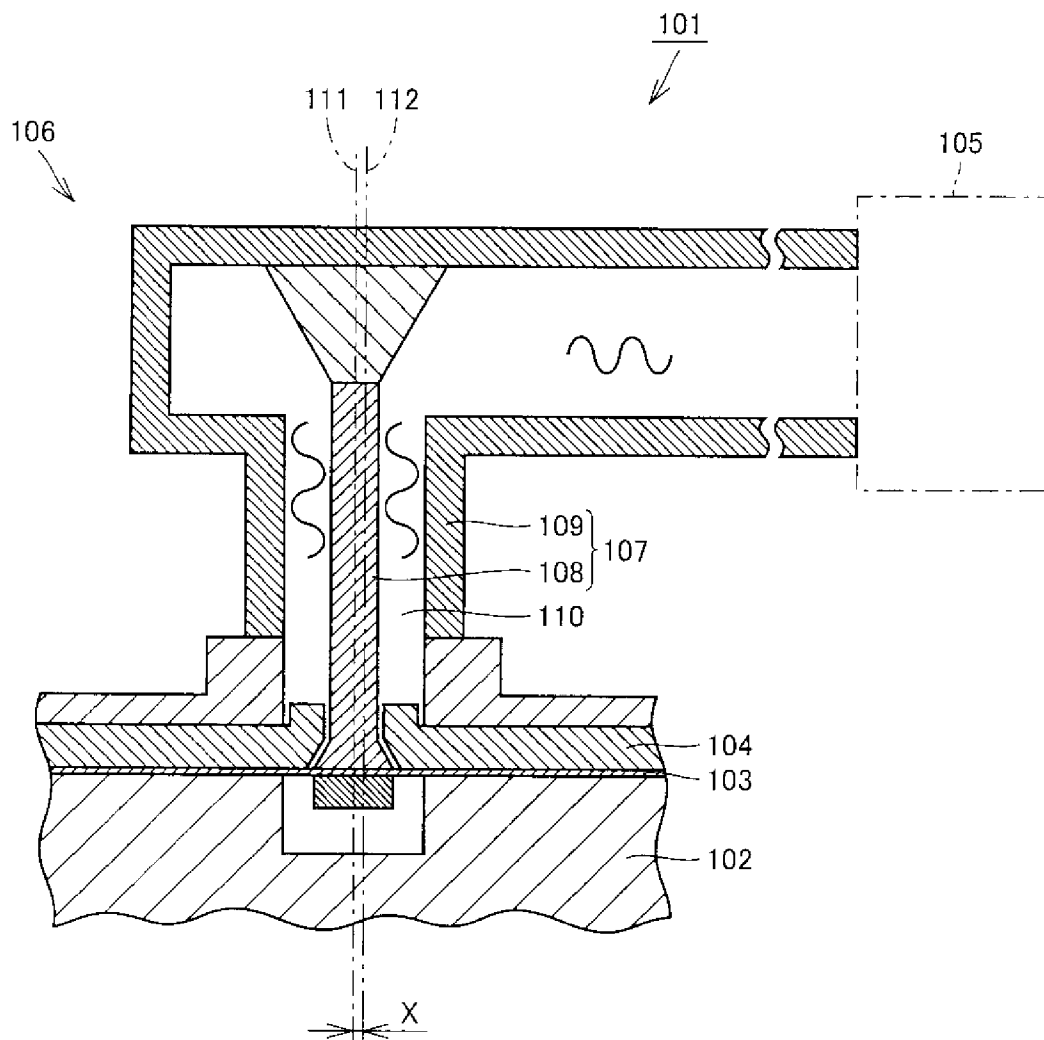
[図13]



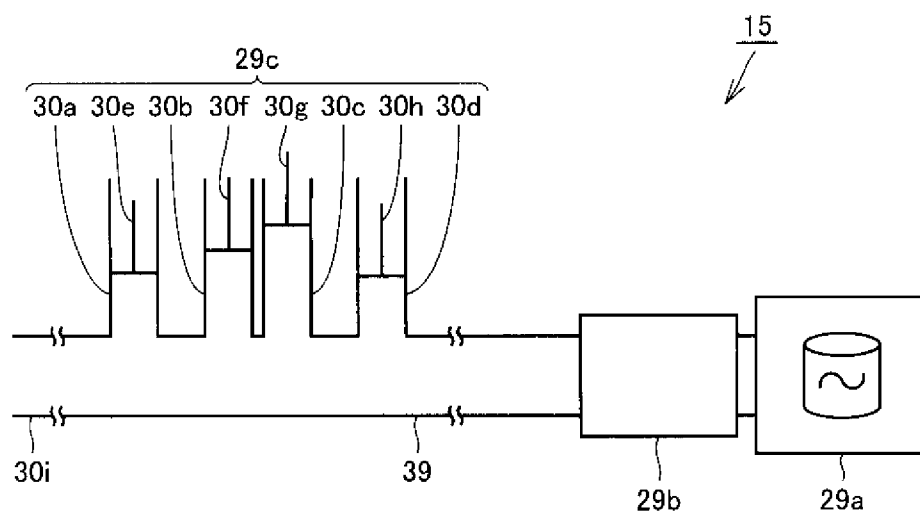
[図14]



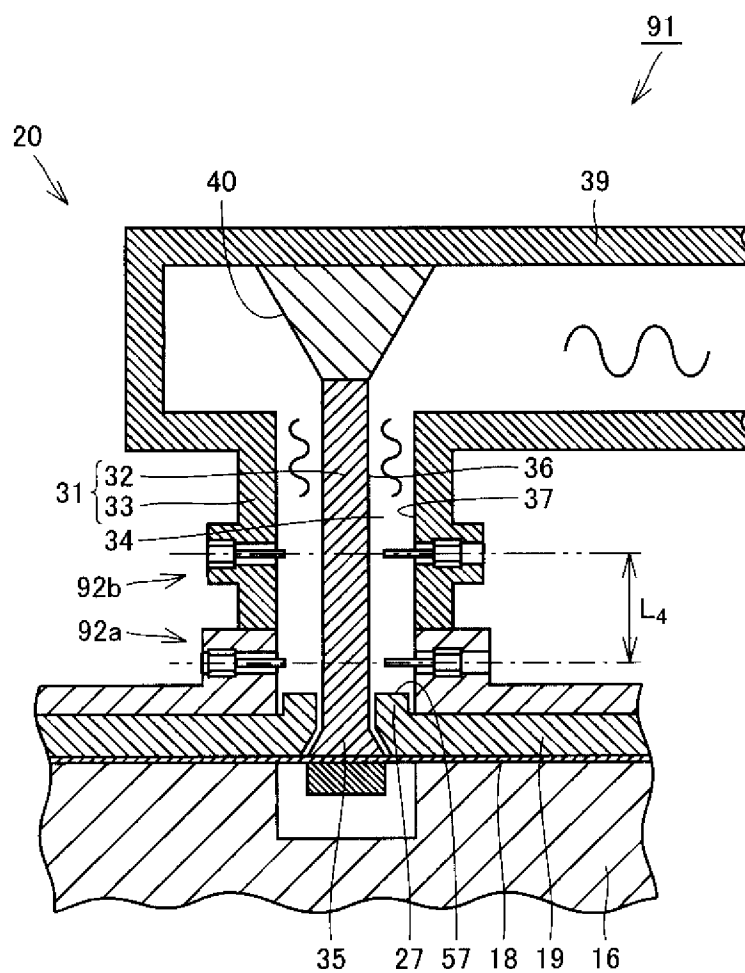
[図15]



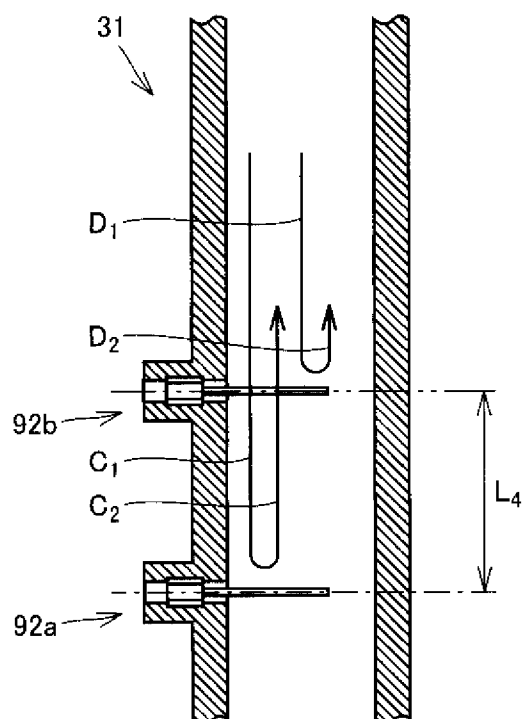
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/063831

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H1/46(2006.01) i, C23C16/511(2006.01) i, H01L21/205(2006.01) i,
H01L21/3065(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05H1/46, C23C16/511, H01L21/205, H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-234327 A (Tokyo Electron Ltd.), 22 August 2003 (22.08.2003), paragraphs [0001], [0012] to [0024], [0030] to [0036]; fig. 1, 7, 8 & US 2005/0082004 A1 & WO 2003/067939 A1 & CN 1628495 A	1-11
Y	JP 2001-176857 A (Noriyoshi SATO), 29 June 2001 (29.06.2001), paragraphs [0001], [0071] to [0076]; fig. 8 & US 2001/0026575 A1	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 September, 2010 (09.09.10)

Date of mailing of the international search report
21 September, 2010 (21.09.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/063831

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-179477 A (Tokyo Electron Ltd.), 06 July 2006 (06.07.2006), paragraphs [0001], [0037], [0068], [0069]; fig. 1, 17 & US 6910440 B2 & US 2005/0211382 A1 & EP 1276356 A1 & WO 2001/076329 A1 & TW 497367 B	5, 6
A	JP 2002-124196 A (Hitachi, Ltd.), 26 April 2002 (26.04.2002), entire text; all drawings & US 2002/0043937 A1 & KR 10-2002-0046922 A	1-11
A	JP 2004-265611 A (Tokyo Electron Ltd.), 24 September 2004 (24.09.2004), entire text; all drawings & US 2006/0124244 A1 & WO 2004/068917 A1 & KR 10-2005-0094464 A & CN 1742522 A	1-11
A	JP 2008-182713 A (Tokyo Electron Ltd.), 07 August 2008 (07.08.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H05H1/46(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H05H1/46, C23C16/511, H01L21/205, H01L21/3065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2003-234327 A (東京エレクトロン株式会社) 2003.08.22, 段落【0001】、【0012】～【0024】、【0030】～【0036】、図1、図7、図8 & US 2005/0082004 A1 & WO 2003/067939 A1 & CN 1628495 A	1 - 1 1
Y	JP 2001-176857 A (佐藤 徳芳) 2001.06.29, 段落【0001】、【0071】～【0076】、図8 & US 2001/0026575 A1	1 - 1 1

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 9 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 9 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

林 靖

2 I

3 4 8 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-179477 A (東京エレクトロン株式会社) 2006.07.06, 段落【0001】、【0037】、【0068】、【0069】、図1、図17 & US 6910440 B2 & US 2005/0211382 A1 & EP 1276356 A1 & WO 2001/076329 A1 & TW 497367 B	5, 6
A	JP 2002-124196 A (株式会社日立製作所) 2002.04.26, 全文、全図 & US 2002/0043937 A1 & KR 10-2002-0046922 A	1 - 1 1
A	JP 2004-265611 A (東京エレクトロン株式会社) 2004.09.24, 全文、全図 & US 2006/0124244 A1 & WO 2004/068917 A1 & KR 10-2005-0094464 A & CN 1742522 A	1 - 1 1
A	JP 2008-182713 A (東京エレクトロン株式会社) 2008.08.07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 1 1