

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年1月31日 (31.01.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/013112 A1

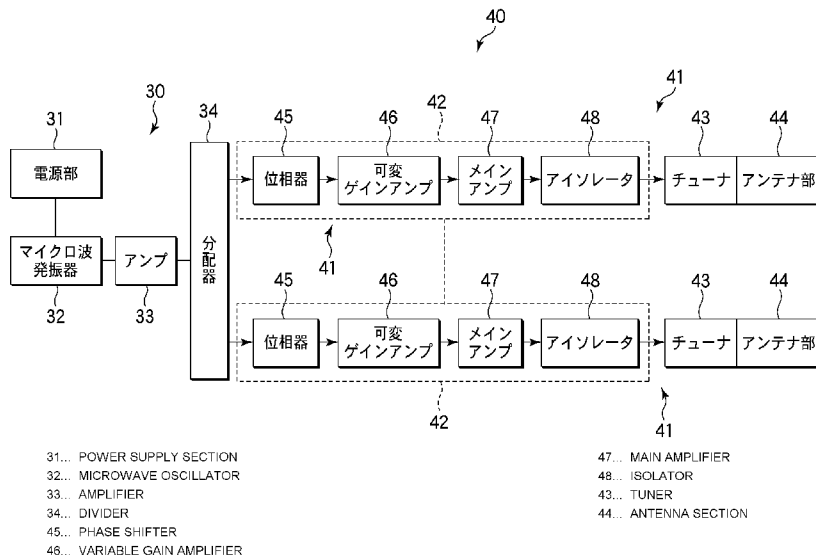
- (51) 国際特許分類: H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01) [JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
C23C 16/511 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/064345
- (22) 国際出願日: 2007年7月20日 (20.07.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-206260 2006年7月28日 (28.07.2006) JP
特願2007-168661 2007年6月27日 (27.06.2007) JP
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 河西 繁 (KASAI, Shigeru) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンA T株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 高山 宏志 (TAKAYAMA, Hiroshi); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目10番8号第一信和ビル7階 Tokyo (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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,

[続葉有]

(54) Title: MICROWAVE PLASMA SOURCE AND PLASMA PROCESSING APPARATUS

(54) 発明の名称: マイクロ波プラズマ源およびプラズマ処理装置

2



(57) Abstract: A microwave plasma source (2) is provided with a microwave outputting section (30) which outputs microwaves in a plurally divided state, and a plurality of antenna modules (41) for guiding the plurally divided microwaves into a chamber. Each antenna module (41) is provided with an amplifier section (42) having an amplifier (47) for amplifying the microwaves, an antenna section (44) having an antenna (51) for radiating the amplified microwaves into the chamber, and a tuner (43) for adjusting impedance in a microwave transmission path. The tuner (43) is integrally arranged with the antenna section (44) to be close to the amplifier (47).

(57) 要約: マイクロ波プラズマ源2は、マイクロ波を複数に分配した状態で出力するマイクロ波出力部30と、複数に分配されたマイクロ波を前記チャンバ内に導く複数のアンテナモジュール41とを具備し、各アンテナモジュール41は、マイクロ波を増

[続葉有]



WO 2008/013112 A1



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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

幅するアンブ47を有するアンブ部42と、増幅されたマイクロ波をチャンバ内に放射するアンテナ51を有するアンテナ部44と、マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナ43とを具備し、チューナ43は、アンテナ部44と一体的に設けられ、アンブ47に近接して設けられている。

明 細 書

マイクロ波プラズマ源およびプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、マイクロ波プラズマ源およびそれを用いたプラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスや液晶表示装置の製造工程においては、半導体ウエハやガラス基板といった被処理基板にエッチング処理や成膜処理等のプラズマ処理を施すために、プラズマエッチング装置やプラズマCVD成膜装置等のプラズマ処理装置が用いられる。

[0003] プラズマ処理装置におけるプラズマの発生方法としては、平行平板電極が配置されたチャンバ内に処理ガスを供給し、この平行平板電極に所定の電力を供給して、電極間の容量結合によってプラズマを発生させる方法や、マイクロ波によって発生する電場とチャンバ外に配置された磁場発生装置によって発生した磁場とによって電子を加速し、この電子が処理ガスの中性分子と衝突して中性分子を電離させることによってプラズマを発生させる方法等が知られている。

[0004] 後者のマイクロ波による電場と磁場発生装置による磁場のマグネトロン効果を利用する方法の場合には、所定電力のマイクロ波を導波管／同軸管を通してチャンバ内に配置されたアンテナに供給し、アンテナからマイクロ波をチャンバ内の処理空間に放射させている。

[0005] 従来一般的なマイクロ波導入装置は、所定電力に調整されたマイクロ波を出力するマグネトロンおよびマグネトロンに直流のアノード電流を供給するマイクロ波発生電源を有するマイクロ波発振器を備え、このマイクロ波発振器から出力されたマイクロ波をアンテナを介してチャンバ内の処理空間に放射するように構成されていた。

[0006] しかしながら、マグネトロンの寿命は約半年と短いために、このようなマグネトロンを用いたマイクロ波導入装置では、装置コストおよびメンテナンスコストが高いという問題がある。また、マグネトロンの発振安定性は約1%あり、しかも出力安定性が3%程度とばらつきが大きいために、安定したマイクロ波を発振することが困難であった。

- [0007] そこで、半導体増幅素子を用いたアンプ、いわゆるソリッドステートアンプで低電力のマイクロ波を増幅して必要な大電力のマイクロ波を生成し、装置寿命が長く、出力の安定したマイクロ波を得る技術が特開2004-128141号公報に記載されている。この技術は、マイクロ波を分配器で分配した後、分配器から出力されたマイクロ波をソリッドステートアンプで増幅し、各ソリッドステートアンプにおいて増幅されたマイクロ波を合成器で合成するものである。
- [0008] また、特開2004-128141号公報の技術では、合成器で精密なインピーダンス整合が求められること、合成器から出力された大電力のマイクロ波がアイソレータに伝送されるため、アイソレータとして大型なものが必要となること、アンテナの面内でマイクロ波の出力分布を調整することができないことから、このような点を解決する技術として、特開2004-128385号公報には、マイクロ波を分配器で複数に分配した後にアンプで増幅し、その後合成器で合成せずに複数のアンテナからマイクロ波を放射し、空間で合成する技術が提案されている。
- [0009] しかしながら、このような技術では、分配された各チャンネルに2つ以上の大がかりなスタブチューナを組み込んで、不整合部のチューニングを行う必要があるため、装置が複雑なものとならざるを得ない。また、必ずしも不整合部のインピーダンス調整を高精度で行うことができないという問題もある。

発明の開示

- [0010] 本発明の目的は、装置の大型化および複雑化を回避することができ、高精度でインピーダンスを整合させることができるマイクロ波プラズマ源を提供することにある。
- また、本発明の他の目的は、そのようなマイクロ波プラズマ源を用いたプラズマ処理装置を提供することにある。
- [0011] 本発明の第1の観点によれば、チャンバ内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源であって、マイクロ波を出力するためのマイクロ波出力部と、マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と、マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナとを具備し、前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設けられているマイクロ波プラズマ源が提供される。

- [0012] 上記第1の観点において、前記アンテナは、平面状をなし、複数のスロットが形成されているものを用いることができる。
- [0013] 本発明の第2の観点によれば、チャンバ内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源であって、マイクロ波を複数に分配された状態で出力するマイクロ波出力部と、複数に分配された状態で出力されたマイクロ波を前記チャンバ内に導く複数のアンテナモジュールとを具備し、前記各アンテナモジュールは、マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と、マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナとを具備し、前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設けられているマイクロ波プラズマ源が提供される。
- [0014] 上記第2の観点において、前記各アンテナモジュールを介して前記チャンバ内に導かれたマイクロ波は前記チャンバ内の空間で合成されるように構成することができる。また、前記アンプ部は、マイクロ波の位相を調整する位相器を有してもよい。さらに、前記アンテナは、平面状をなし、複数のスロットが形成されているものを用いることができる。このように複数のスロットが形成されている場合にも、前記アンプ部は、マイクロ波の位相を調整する位相器を有することができ、その場合には、前記複数のアンテナモジュールを、隣接するアンテナモジュール間でスロットが90°ずれるように配置するとともに、前記位相器により隣接するアンテナモジュール間で位相が90°ずれるようにすることにより、円偏波を実現することができる。
- [0015] 上記第1、第2の観点のマイクロプラズマ源において、前記アンテナが上述のような平面状をなし複数のスロットが形成されているものである場合には、前記スロットとしては扇形のものが好適である。この場合に、前記アンテナ部として、前記アンテナから放射されたマイクロ波を透過する誘電体からなる天板と、前記アンテナの天板とは反対側に設けられ、前記アンテナに到達するマイクロ波の波長を短くする誘電体からなる遅波材とを有するものを用いることができ、前記遅波材の厚さを調整することにより、マイクロ波の位相が調整することができる。また、前記天板は四角形状とされることが好ましく、中央で2分割されていることがより好ましい。
- [0016] 上記第1、第2の観点のマイクロ波プラズマ源において、前記チューナと前記アンテナ

ナとは集中定数回路を構成してよく、また、前記チューナと前記アンテナとは共振器として機能するようにしてよい。また、前記チューナとして、誘電体からなる2つのスラグを有するスラグチューナを用いることができる。

- [0017] 前記アンプとしては、半導体増幅素子を有しているものを好適に用いることができる。また、前記チューナおよび前記アンテナ部は、共通の筐体内に配置されて一体化されていることが好ましく、前記アンプは、前記筐体から上方に伸びるコネクタにより前記チューナを介して前記アンテナ部に直列に接続されているか、あるいは、前記筐体の上面に直接実装されている構成とすることが好ましい。さらに、前記アンプ部は、前記アンプから前記アンテナへ出力されたマイクロ波の内、反射マイクロ波を分離するアイソレータをさらに有するものとすることができる。
- [0018] 上記第1、第2の観点のマイクロ波プラズマ源において、前記アンプから前記チューナへマイクロ波電力を適切に給電するための給電変換部をさらに有する構成とすることができる。
- [0019] 前記給電変換部は、誘電体およびアンテナを介した非接触給電を行う給電励起部材を有する構成であってよく、前記給電励起部材は、誘電体に形成されたオープンスタブからなるマイクロストリップラインと、前記マイクロストリップラインに前記アンプから給電するためのコネクタと、前記マイクロストリップラインからのマイクロ波電力を透過し、共振器として機能する誘電体部材と、誘電体部材を透過したマイクロ波を前記チューナへ放射するためのスロットアンテナとを有する構成とすることができる。この場合に、前記給電変換部は、前記コネクタおよび前記マイクロストリップラインを複数有し、各コネクタにアンプが接続され、これらアンプからのマイクロ波電力が各マイクロストリップラインを経て空間合成される構成とすることができる。
- [0020] また、給電励起部材は、誘電体に形成されたパッチアンテナと、前記パッチアンテナに前記アンプから給電するコネクタと、前記パッチアンテナから放射されたマイクロ波電力を透過して前記チューナへ放射する誘電体部材とを有する構成とすることもできる。この場合に、前記コネクタおよび前記パッチアンテナを複数有し、各コネクタにアンプが接続され、これらアンプからのマイクロ波電力が各パッチアンテナを経て空間合成される構成とすることができる。

- [0021] 前記給電励起部材は、そのマイクロ波電力放射面と反対側の面に設けられたマイクロ波電力を反射する反射板をさらに有する構成とすることができる。
- [0022] 本発明の第3の観点によれば、被処理基板を収容するチャンバと、前記チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、前記チャンバ内に供給されたガスをマイクロ波によりプラズマ化するマイクロ波プラズマ源とを具備し、前記チャンバ内の被処理基板に対してプラズマにより処理を施すマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記マイクロ波プラズマ源は、マイクロ波を出力するためのマイクロ波出力部と、マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と、マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナとを有し、前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設けられている、プラズマ処理装置が提供される。
- [0023] 本発明の第4の観点によれば、被処理基板を収容するチャンバと、前記チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、前記チャンバ内に供給されたガスをマイクロ波によりプラズマ化するマイクロ波プラズマ源とを具備し、前記チャンバ内の被処理基板に対してプラズマにより処理を施すマイクロ波プラズマ処理装置であって、前記マイクロ波プラズマ源は、マイクロ波を複数に分配された状態で出力するマイクロ波出力部と、複数に分配された状態で出力されたマイクロ波を前記チャンバ内に導く複数のアンテナモジュールとを備え、前記各アンテナモジュールは、マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と、マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナとを有し、前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設けられている、プラズマ処理装置が提供される。
- [0024] 上記第3または第4の観点において、前記ガス供給機構としては、プラズマ生成用ガスを導入する第1ガス供給機構と、処理ガスを導入する第2ガス供給機構とを有し、最初に前記第1ガス供給機構からのプラズマ生成用ガスがマイクロ波によってプラズマ化し、前記第2ガス供給機構からの処理ガスが、そのプラズマによりプラズマ化され

るものを用いることができる。

- [0025] 本発明によれば、チャンバ内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源において、チューナをアンテナ部と一体的に設けたので、これらが別体の場合よりも大幅にコンパクト化することができ、マイクロ波プラズマ源自体を著しくコンパクト化することができる。また、アンプ、チューナおよびアンテナを近接して設けることにより、インピーダンス不整合が存在するアンテナ取り付け部分においてチューナにより高精度でチューニングすることができ、反射の影響を確実に解消することができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明の一実施形態に係るマイクロ波プラズマ源が搭載されたプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図。
- [図2]本発明の一実施形態に係るマイクロ波プラズマ源の概略構成を説明するためのブロック図。
- [図3]メインアンプの回路構成の例を示す図。
- [図4]図1の装置におけるチューナおよびアンテナ部を示す断面図。
- [図5]平面スロットアンテナの好ましい形態を示す平面図。
- [図6]四角状の天板を有するアンテナ部を示す斜視図。
- [図7]四角状の天板を仕切り板で2分割した状態のアンテナ部を示す斜視図。
- [図8]円偏波を発生する際の複数のアンテナモジュールの配置例を説明するためのアンテナユニットの一部分を示す底面図。
- [図9]メインアンプからチューナへ給電する際の給電変換部の他の例としての給電励起板を示す断面図。
- [図10]図9の給電励起板のプリント配線基板の裏面を示す図。
- [図11]図9の給電励起板の誘電体部材の裏面を示す図。
- [図12]図9の給電励起板のスロットアンテナを示す底面図。
- [図13]メインアンプからチューナへ給電する際の給電変換部のさらに他の例としての他の給電励起板を示す断面図。
- [図14]図13の給電励起板を示す平面図。
- [図15]図13の給電励起板のプリント配線基板の裏面を示す図。

[図16]シミュレーションに用いたアンテナ部およびチューナ部の構成を説明するための図。

[図17]シミュレーション結果を示す図。

[図18A]シミュレーション結果を示す図。

[図18B]シミュレーション結果を示す図。

[図19A]シミュレーション結果を示す図。

[図19B]シミュレーション結果を示す図。

[図20]平面スロットアンテナの他の好ましい形態を示す平面図。

発明を実施するための最良の形態

[0027] 以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態に係るマイクロ波プラズマ源が搭載されたプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図であり、図2は本実施形態に係るマイクロ波プラズマ源の構成を示す構成図である。

[0028] プラズマ処理装置100は、ウエハに対してプラズマ処理として例えばエッチング処理を施すプラズマエッチング装置として構成されており、気密に構成されたアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属材料からなる略円筒状の接地されたチャンバ1と、チャンバ1内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源2とを有している。チャンバ1の上部には開口部1aが形成されており、マイクロ波プラズマ源2はこの開口部1aからチャンバ1の内部に臨むように設けられている。

[0029] チャンバ1内には被処理体であるウエハWを水平に支持するためのサセプタ11が、チャンバ1の底部中央に絶縁部材12a介して立設された筒状の支持部材12により支持された状態で設けられている。サセプタ11および支持部材12を構成する材料としては、表面をアルマイト処理(陽極酸化処理)したアルミニウム等が例示される。

[0030] また、図示はしていないが、サセプタ11には、ウエハWを静電吸着するための静電チャック、温度制御機構、ウエハWの裏面に熱伝達用のガスを供給するガス流路、およびウエハWを搬送するために昇降する昇降ピン等が設けられている。さらに、サセプタ11には、整合器13を介して高周波バイアス電源14が電氣的に接続されている。この高周波バイアス電源14からサセプタ11に高周波電力が供給されることにより、

ウエハW側にイオンが引き込まれる。

- [0031] チャンバ1の底部には排気管15が接続されており、この排気管15には真空ポンプを含む排気装置16が接続されている。そしてこの排気装置16を作動させることによりチャンバ1内が排気され、チャンバ1内が所定の真空度まで高速に減圧することが可能となっている。また、チャンバ1の側壁には、ウエハWの搬入出を行うための搬入出口17と、この搬入出口17を開閉するゲートバルブ18とが設けられている。
- [0032] チャンバ1内のサセプタ11の上方位置には、プラズマエッチングのための処理ガスをウエハWに向けて吐出するシャワープレート20が水平に設けられている。このシャワープレート20は、格子状に形成されたガス流路21と、このガス流路21に形成された多数のガス吐出孔22とを有しており、格子状のガス流路21の間は空間部23となっている。このシャワープレート20のガス流路21にはチャンバ1の外側に延びる配管24が接続されており、この配管24には処理ガス供給源25が接続されている。
- [0033] 一方、チャンバ1のシャワープレート20の上方位置には、リング状のプラズマガス導入部材26がチャンバ壁に沿って設けられており、このプラズマガス導入部材26には内周に多数のガス吐出孔が設けられている。このプラズマガス導入部材26には、プラズマガスを供給するプラズマガス供給源27が配管28を介して接続されている。プラズマガスとしてはArガスが好適に用いられる。
- [0034] プラズマガス導入部材26からチャンバ1内に導入されたプラズマガスは、マイクロ波プラズマ源2からチャンバ1内に導入されたマイクロ波によりプラズマ化され、このArプラズマがシャワープレート20の空間部23を通過しシャワープレート20のガス吐出孔22から吐出された処理ガスを励起し、処理ガスのプラズマを形成する。
- [0035] マイクロ波プラズマ源2は、チャンバ1の上部に設けられた支持リング29により支持されており、これらの間は気密にシールされている。図2に示すように、マイクロ波プラズマ源2は、複数経路に分配してマイクロ波を出力するマイクロ波出力部30と、マイクロ波出力部30から出力されたマイクロ波をチャンバ1に導き、チャンバ1内に放射するためのアンテナユニット40とを有している。
- [0036] マイクロ波出力部30は、電源部31と、マイクロ波発振器32と、発振されたマイクロ波を増幅するアンプ33と、増幅されたマイクロ波を複数に分配する分配器34とを有

している。

- [0037] マイクロ波発振器32は、所定周波数(例えば、2.45GHz)のマイクロ波を例えばPLL発振させる。分配器34では、マイクロ波の損失ができるだけ起こらないように、入力側と出力側のインピーダンス整合を取りながらアンプ33で増幅されたマイクロ波を分配する。なお、マイクロ波の周波数としては、2.45GHzの他に、8.35GHz、5.8GHz、1.98GHz等を用いることができる。
- [0038] アンテナユニット40は、分配器34で分配されたマイクロ波を導く複数のアンテナモジュール41を有している。各アンテナモジュール41は、分配されたマイクロ波を主に増幅するアンプ部42と、インピーダンスを整合させるためのチューナ43と、増幅されたマイクロ波をチャンバ1内に放射するアンテナ部44とを有している。そして、このように複数のアンテナモジュール41のアンテナ部44からチャンバ1内にマイクロ波を放射してチャンバ内空間でマイクロ波を合成するようになっている。
- [0039] アンプ部42は、位相器45と、可変ゲインアンプ46と、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ47と、アイソレータ48とを有している。
- [0040] 位相器45は、スラグチューナによりマイクロ波の位相を変化させることができるように構成されており、これを調整することにより放射特性を変調させることができる。例えば、各アンテナモジュール毎に位相を調整することにより指向性を制御してプラズマ分布を変化させることや、後述するように隣り合うアンテナモジュールにおいて90°ずつ位相をずらすようにして円偏波を得ることができる。ただし、このような放射特性の変調が不要な場合には位相器45は設ける必要はない。
- [0041] 可変ゲインアンプ46は、メインアンプ47へ入力するマイクロ波の電力レベルを調整し、個々のアンテナモジュールのばらつきを調整またはプラズマ強度調整のためのアンプである。可変ゲインアンプ46を各アンテナモジュール毎に変化させることによって、発生するプラズマに分布を生じさせることもできる。
- [0042] ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ47は、例えば、図3に示すように、入力整合回路61と、半導体増幅素子62と、出力整合回路63と、高Q共振回路64とを有する構成とすることができる。半導体増幅素子62としては、E級動作が可能となる、GaAsHEMT、GaNHEMT、LD-MOSを用いることができる。特に、半導体増幅

素子62として、GaNHEMTを用いた場合には、可変ゲインアンプは一定値になり、E級動作アンプの電源電圧を可変とし、パワー制御を行う。

- [0043] アイソレータ48は、アンテナ部44で反射してメインアンプ47に向かう反射マイクロ波を分離するものであり、サーキュレータとダミーロード(同軸終端器)とを有している。サーキュレータは、アンテナ部44で反射したマイクロ波をダミーロードへ導き、ダミーロードはサーキュレータによって導かれた反射マイクロ波を熱に変換する。
- [0044] 本実施形態では、複数のアンテナモジュール41を設け、各アンテナモジュールのアンテナ部44から放射したマイクロ波を空間合成するので、アイソレータ48は小型のものでよく、メインアンプ47に隣接して設けることが可能である。
- [0045] チューナ43とアンテナ部44とは、図4に示すように、一体的なユニットとして構成されており、共通の筐体50を有している。そして、筐体50の下部にアンテナ部44が配置され、上部にチューナ43が配置される。筐体50は金属製であり円筒状をなしており、同軸管の外側導体を構成している。
- [0046] アンテナ部44は、平面状をなしスロット51aを有する平面スロットアンテナ51を有しており、この平面スロットアンテナ51から上方に向けて同軸管の内側導体をなす金属棒52が垂直に延びている。
- [0047] 筐体50の上端には、給電変換部53が取り付けられており、給電変換部53の上端には同軸コネクタ(N形コネクタ)65が取り付けられている。そして、上記メインアンプ47はこの同軸コネクタ65に同軸ケーブル66を介して接続されている。同軸ケーブル66の途中にはアイソレータ48が介在されている。メインアンプ47はパワーアンプであって大電力を取り扱うので、E級等高効率の動作をするが、その熱は数十～数百kWに相当するため放熱の観点からアンテナ部44に直列に装着する。給電変換部53は、マイクロ波を伝送するために、同軸コネクタ65から筐体50に至るまで、伝送路が徐々に大きくなるように形成されている。
- [0048] 筐体50の上面は接地のため金属面となっているが、マイクロ波の伝送方式を工夫することで、筐体50の上面に直接メインアンプ47を実装することもできる。これにより、よりコンパクトでかつ放熱特性が良好なアンテナモジュールを構築することができる。

- [0049] なお、アイソレータ48は、メインアンプ47に隣接して設けられている。また、給電変換部53の上端の金属棒52と接触する部分には絶縁部材54が設けられている。
- [0050] アンテナ部44は、平面スロットアンテナ51の上面に設けられた遅波材55を有している。遅波材55は、真空よりも大きい誘電率を有しており、例えば、石英、セラミックス、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂やポリイミド系樹脂により構成されており、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてプラズマを調整する機能を有している。遅波材55は、その厚さによりマイクロ波の位相を調整することができ、平面スロットアンテナ51が定在波の「はら」になるようにその厚さを調整する。これにより、反射が最小で、平面スロットアンテナ51の放射エネルギーが最大となるようにすることができる。
- [0051] また、平面スロットアンテナ51の下面には、真空シールのための誘電体部材、例えば石英やセラミックス等からなる天板56が配置されている。そして、メインアンプ47で増幅されたマイクロ波が金属棒52と筐体50の周壁の間を通過して平面スロットアンテナ51のスロット51aから天板56を透過してチャンバ1内の空間に放射される。
- [0052] このときのスロット51aは、図5に示すように扇形のものが好ましく、図示している2個、または4個設けることが好ましい。また、天板56は、図6に示すように、四角い形状(直方体)であることが好ましい。これにより、マイクロ波をTEモードで効率的に伝達させることができる。さらに、図7のように四角い天板を仕切り板57で2分割することがより好ましい。これにより天板56中を疑似TE波が伝達できるため、より同調範囲を広げることができる。
- [0053] チューナ43は、筐体50のアンテナ部44より上の部分に、2つのスラグ58を有し、スラグチューナを構成している。スラグ58は誘電体からなる板状体として構成されており、金属棒52と筐体50の外壁の間に円環状に設けられている。そして、コントローラ60からの指令に基づいて駆動部59によりこれらスラグ58を上下動させることによりインピーダンスを調整するようになっている。コントローラ60は、終端が例えば50Ωになるようにインピーダンス調整を実行させる。2つのスラグのうち一方のみを動かすと、スミスチャートの原点を通る軌跡を描き、両方同時に動かすと位相のみが回転する。
- [0054] 本実施形態において、メインアンプ47と、チューナ43と、平面スロットアンテナ51と

は近接配置している。そして、チューナ43と平面スロットアンテナ51とは一波長内に存在する集中定数回路を構成しており、かつこれらは共振器として機能する。

[0055] プラズマ処理装置100における各構成部は、マイクロプロセッサを備えた制御部70により制御されるようになっていて、制御部70はプロセスレシピを記憶した記憶部や、入力手段およびディスプレイ等を備えており、選択されたレシピに従ってプラズマ処理装置を制御するようになっていて、

[0056] 次に、以上のように構成されるプラズマ処理装置における動作について説明する。

まず、ウエハWをチャンバ1内に搬入し、サセプタ11上に載置する。そして、プラズマガス供給源27から配管28およびプラズマガス導入部材26を介してチャンバ1内にプラズマガス、例えばArガスを導入しつつ、マイクロ波プラズマ源2からマイクロ波をチャンバ1内に導入してプラズマを形成する。

[0057] 次に、処理ガス、例えばCl₂ガス等のエッチングガスが処理ガス供給源25から配管24およびシャワープレート20を介してチャンバ1内に吐出される。吐出された処理ガスは、シャワープレート20の空間部23を通過してきたプラズマにより励起されてプラズマ化し、このように形成された処理ガスのプラズマによりウエハWにプラズマ処理、例えばエッチング処理が施される。

[0058] この場合に、マイクロ波プラズマ源2では、マイクロ波出力部30のマイクロ波発振器32から発振されたマイクロ波はアンプ33で増幅された後、分配器34により複数に分配され、分配されたマイクロ波はアンテナユニット40において複数のアンテナモジュール41に導かれる。アンテナモジュール41においては、このように複数に分配されたマイクロ波を、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ47で個別に増幅し、平面スロットアンテナ51を用いて個別に放射した後に空間で合成するので、大型のアイソレータや合成器が不要となる。また、アンテナ部44とチューナ43とが同一筐体内に一体となって設けられているので極めてコンパクトになる。このため、マイクロ波プラズマ源2自体が従来に比べて著しくコンパクト化することができる。さらに、メインアンプ47、チューナ43および平面スロットアンテナ51が近接して設けられ、特にチューナ43と平面スロットアンテナ51とは集中定数回路を構成し、かつ共振器として機能することにより、インピーダンス不整合が存在する平面スロットアンテナ取り付け部分

においてチューナ43により高精度でチューニングすることができ、反射の影響を確実に解消することができる。

[0059] さらに、このようにチューナ43と平面スロットアンテナ51とが近接し、集中定数回路を構成してかつ共振器として機能することにより、平面スロットアンテナ51に至るまでのインピーダンス不整合を高精度で解消することができ、実質的に不整合部分をプラズマ空間とすることができるので、チューナ43により高精度のプラズマ制御が可能となる。さらに平面スロットアンテナ51に装着する天板56を四角状にすることにより、マイクロ波をTE波として高効率で放射することができ、さらに、四角状の天板56を仕切り板57で2分割することにより天板56中を疑似TE波が伝達できるため、より同調範囲を広げることができ、プラズマの制御性がさらに良好になる。

[0060] さらにまた、位相器により、各アンテナモジュールの位相を変化させることにより、マイクロ波の指向性制御を行うことができ、プラズマ等の分布の調整を容易に行うことができる。また、図8に示すように、複数のアンテナモジュール41を、隣接するアンテナモジュール間でスロット51aが90°ずれるように配置するとともに、位相器45により隣接するアンテナモジュール間で位相が90°ずれるようにすることにより、円偏波を実現することができる。なお、図8はアンテナユニット40の一部を示すものである。

[0061] 次に、メインアンプ47からチューナ43へマイクロ波電力を伝送する方式の他の例について説明する。

上記実施形態においては、メインアンプ47からチューナ43へのマイクロ波電力の伝送(給電)を同軸コネクタ65を介して同軸構造の給電変換部53を用いて行ったが、この場合には、給電変換部53の伝送路を徐々に大きくする必要があるため、装置の小型化を十分に図ることができない。また、上記実施形態では、チューナ43へ1個のアンプが接続された形態となっているが、これでは十分な出力が得られない場合が生じる。

[0062] このような点を改良するために、図9に示すように、給電変換部として、誘電体およびアンテナを介した非接触給電を行う給電励起板80を用いることができる。給電励起板80は、メインアンプ47から伝送されたマイクロ波電力をチューナ43へ放射供給するものであり、誘電体ボード75にマイクロストリップライン76が形成されてなるプリン

ト配線基板(PCB)71と、PCB71の下に誘電結合するように設けられた誘電体部材72と、誘電体部材72の下面に設けられたスロットアンテナ73と、プリント配線基板(PCB)71の上面に設けられた反射板74とを有している。なお、図9において、図4と同じものには同じ符号を付して説明を省略する。

- [0063] PCB71は、図10に示すように、誘電体ボード75の裏面に、Cu等の導体からなるマイクロストリップライン76が形成されており、誘電体ボード75の周面のマイクロストリップライン76に対応する部分にコネクタ78が取り付けられている。マイクロストリップライン76はオープンスタブとして形成されており、そのスロットアンテナとの位置関係は電流密度最大値がスロット中心になるように設計する。コネクタ78およびマイクロストリップライン76は、2つずつ設けられており、2つのアンプが接続可能となっている。これら2つのコネクタ78から給電された場合には、共振部分で電力合成(空間合成)されチューナ43に放射供給される。なお、コネクタ78およびマイクロストリップライン76は1個でも3個以上でもよく、3個以上のときも2個の場合と同様、供給されたマイクロ波が空間合成される。
- [0064] 誘電体部材72は、例えば石英で構成され、スロットアンテナ73とともに共振器として機能するものであり、図11に示すように、その中心にはスロットアンテナ73に至る中心導体77が貫通している。
- [0065] スロットアンテナ73は、例えばCuからなり、図12に示すように、誘電体部材72の裏面に例えばめっきにより形成されたものであり、例えば扇形のスロット73aが形成されている。スロット73aは、図示するように2つ設けられており、その長さは約 $1/2 \times \lambda_g$ となっている。なお、スロットは他の形状でもよい。また、スロットは2つに限らず例えば4つ設けてもよい。さらにスロットアンテナ73を削除して、波長が $1/4 \times \lambda_g$ のモノポールアンテナとして電力供給を行うこともできる。
- [0066] 反射板74は例えばCuからなり、PCB71の上面に例えばめっきにより形成されており、マイクロ波電力を反射させてマイクロ波電力が輻射により漏出することを防止する。
- [0067] このように構成された給電励起板80においては、メインアンプ47からのマイクロ波は、コネクタ78を介してPCB71のマイクロストリップライン76へ供給され、誘電体部

材72を介してスロットアンテナ73に至り、そこに形成されたスロット73aからチューナ43へ放射供給される。

[0068] この場合の給電方式は、従来のような同軸ケーブルを用いたものとは異なり、誘電体およびアンテナを介した非接触給電であり、誘電体を共振器として用いるので給電変化部である給電励起板80を小型化することができる。また、コネクタ78およびマイクロストリップライン76を2個以上設けることにより、複数のメインアンプから給電することができ、共振部分で電力合成されてチューナ43へ放射供給されるが、この場合の合成は空間合成であり、基板上で合成する場合と比較して合成容量を大きくとることができ、給電変換部53を非常にコンパクトにすることができる。また、コネクタ78とマイクロストリップライン76を複数設けるだけで電力合成することができるので極めて簡易な構造でよい。

[0069] 図9のマイクロ波プラズマ源においては、チューナまでの回路のインピーダンスは、例えば50Ωとなる。また、チューナとアンテナ間の電気長は1/2波長以内となり、その間でマッチングを取ることで集中定数回路とみなされ、定在波の発生が最小になる。

[0070] メインアンプ47からチューナ43へマイクロ波電力を伝送するさらに他の方法としては、図13に示すパッチアンテナを利用した給電励起板を用いたものを挙げることができる。図13の給電励起板90は、上記給電励起板80と同様、誘電体およびアンテナを介した非接触給電を行うものであり、メインアンプ47から伝送されたマイクロ波をチューナ43へ放射供給する。この給電励起板90は、誘電体ボード84にパッチアンテナ85が形成されてなるプリント配線基板(PCB)81と、PCB81の下に誘電結合するように設けられた誘電体部材82と、PCB81の上面に設けられた反射板83とを有している。なお、図13において、図4と同じものには同じ符号を付して説明を省略する。

[0071] PCB81の上面には給電のための2つのコネクタ87が取り付けられており、図14に示すように、PCB81の上面のコネクタ87以外の部分は反射板83で覆われている。図15に示すように、PCB81の裏面の2つのコネクタ87に対応する位置に、それぞれ扇状のパッチアンテナ85が誘電体ボード84から突出して設けられており、コネクタ87を介してパッチアンテナ85へ給電されるようになっている。パッチアンテナ85への

給電点85aは中心位置からずれた位置となっている。2つのコネクタ87には、それぞれメインアンプが接続可能であり、メインアンプからコネクタ87を介して各パッチアンテナ85へ給電されるようになっている。なお、コネクタ87およびパッチアンテナ85は1個でも3個以上でもよい。

- [0072] 誘電体部材82は、例えば石英で構成され、パッチアンテナ85から放射された電力を透過してチューナ43へ放射する機能を有している。この際にマイクロ波の波長は誘電体部材82の比誘電率 ϵ_r により $\lambda_g = \lambda / \epsilon_r^{1/2}$ と短縮される。その中心には金属棒52に至る中心導体86が貫通している。
- [0073] 反射板83は例えばCuからなり、PCB81の上面に例えばめっきにより形成されており、マイクロ波電力を反射させてマイクロ波電力が輻射により漏出することを防止する。
- [0074] このように構成された給電励起板90においては、メインアンプ47からのマイクロ波電力は、コネクタ87を介してPCB81のパッチアンテナ85へ供給され、パッチアンテナ85で共振し、誘電体部材82を経由してチューナ43へ放射供給される。
- [0075] この場合の給電方式は、従来のような同軸ケーブルを用いたものとは異なり、誘電体およびアンテナを介した非接触給電であり、パッチアンテナ85および誘電体を共振器として用いるので給電変換部である給電励起板90を小型化することができる。また、誘電体部材82において、マイクロ波の波長は $\lambda_g = \lambda / \epsilon_r^{1/2}$ と短縮されるのでパッチアンテナ85を小さくすることができる。さらに、コネクタ87およびパッチアンテナ85を2個以上設けることにより、複数のメインアンプから給電することができ、共振部分で電力合成されてチューナ43へ放射供給されるが、この場合の合成は空間合成であり、基板上で合成する場合と比較して合成容量を大きくとることができ、非常にコンパクトにすることができる。また、コネクタ87とパッチアンテナ85を複数設けるだけで電力合成することができるので極めて簡易な構造でよい。
- [0076] 次に、シミュレーション結果について説明する。

ここでは、図16に示すように、平面スロットアンテナ51に2つの扇形のスロット51aを設け、チューナ43の2つのスラグ58により距離L1, L2を可変とし、図中のA~Fを最適化し、さらに四角状の天板を設けた場合についてシミュレーションを行った。なお、

Aは給電点からスロット51aまでの距離、Bはスロット51aの角度、Cはスロット51aからアンテナ端までの距離、Dはアンテナ51の外径寸法、Eはアンテナ51から内側導体の端部までの距離、Fはスラグ58の厚さである。例えば、A=15mm、B=78度、C=20mm、D=90mm、E=172mm、F=15mmとした。

[0077] その結果を図17に示す。図17において、横軸は天板56の幅であり、縦軸は S_{11} （反射係数）の最大有能電力利得(MAG:Maximum Available Power Gain)である。図17より、 S_{11} の最大有能電力利得が0.2dB付近まで低下して、電磁波が効率的に放射され、天板寸法に対して安定であり、TE10モードを安定して伝達できることが確認された。ただし、天板を四角状にただけでは、同調範囲が必ずしも十分ではないため、図7に示すように、天板56の中央に仕切り板を入れて同様にシミュレーションした結果、スラグ58の一方のみを移動させた場合のポラーチャートおよびスミスチャートは図18A、図18Bに示すようになり、両方を移動させた場合のポラーチャートおよびスミスチャートは図19Aおよび図19Bに示すようになって、SWWRが20レベルまでチューニングすることが可能であることが確認された。

[0078] なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく、本発明の思想の範囲内において種々変形可能である。例えば、マイクロ波出力部30の回路構成やアンテナユニット40、メインアンプ47の回路構成等は、上記実施形態に限定されるものではない。具体的には、平面スロットアンテナから放射されるマイクロ波の指向性制御を行ったり円偏波にしたりする必要がない場合には、位相器は不要である。また、アンテナユニット40は、必ずしも複数のアンテナモジュール41で構成する必要はなく、リモートプラズマ等、小さいプラズマ源で十分な場合には1個のアンテナモジュールで十分である。さらに、メインアンプ47においては、半導体増幅素子の個数は複数であってもよい。

[0079] 平面スロットアンテナ51に形成されるスロットは、それ自体の長さを低減できコンパクト化できることから扇形が好ましいが、これに限るものではない。また、スロットの数も上記実施形態に限るものではない。例えば、図20に示すように4つのスロット51bを設けた平面スロットアンテナ51'を好適に用いることができる。この図では各スロット51bが直線状であるが、もちろん扇形であってもよい。

[0080] さらに、上記実施形態においては、プラズマ処理装置としてエッチング処理装置を例示したが、これに限らず、成膜処理、酸化膜処理、アッシング処理等の他のプラズマ処理にも用いることができる。また、被処理基板は半導体ウエハWに限定されず、LCD(液晶ディスプレイ)用基板に代表されるFPD(フラットパネルディスプレイ)基板や、セラミックス基板等の他の基板であってもよい。

請求の範囲

- [1] チャンバ内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源であって、
マイクロ波を出力するためのマイクロ波出力部と、
マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、
増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と
、
マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナと
を具備し、
前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設け
られている、マイクロ波プラズマ源。
- [2] 前記アンテナは、平面状をなし、複数のスロットが形成されている、請求項1に記載
のマイクロ波プラズマ源。
- [3] 前記スロットは扇形を有する、請求項2に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [4] 前記アンテナ部は、前記アンテナから放射されたマイクロ波を透過する誘電体から
なる天板と、前記アンテナの天板とは反対側に設けられ、前記アンテナに到達するマ
イクロ波の波長を短くする誘電体からなる遅波材とを有する、請求項2に記載のマイク
ロ波プラズマ源。
- [5] 前記遅波材の厚さを調整することにより、マイクロ波の位相が調整される、請求項4
に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [6] 前記天板は四角形状とされる、請求項4に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [7] 前記天板は中央で2分割されていることを特徴とする請求項6に記載のマイクロ波
プラズマ源。
- [8] 前記チューナと前記アンテナとは集中定数回路を構成している、請求項1に記載の
マイクロ波プラズマ源。
- [9] 前記チューナと前記アンテナとは共振器として機能する、請求項1に記載のマイク
ロ波プラズマ源。
- [10] 前記チューナは、誘電体からなる2つのスラグを有するスラグチューナである、請求
項1に記載のマイクロ波プラズマ源。

- [11] 前記アンプは、半導体増幅素子を有している、請求項1に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [12] 前記チューナおよび前記アンテナ部は、共通の筐体内に配置されて一体化されている、請求項1に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [13] 前記アンプは、前記筐体から上方に延びるコネクタにより前記チューナを介して前記アンテナ部に直列に接続されている、請求項12に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [14] 前記アンプは、前記筐体の上面に直接実装されている、請求項12に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [15] 前記アンプ部は、前記アンプから前記アンテナへ出力されたマイクロ波の内、反射マイクロ波を分離するアイソレータをさらに有することを特徴とする請求項1に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [16] 前記アンプから前記チューナへマイクロ波電力を適切に給電するための給電変換部をさらに有する、請求項1に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [17] 前記給電変換部は、誘電体およびアンテナを介した非接触給電を行う給電励起部材を有する、請求項16に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [18] 前記給電励起部材は、誘電体に形成されたオープンスタブからなるマイクロストリップラインと、前記マイクロストリップラインに前記アンプから給電するためのコネクタと、前記マイクロストリップラインからのマイクロ波電力を透過し、共振器として機能する誘電体部材と、誘電体部材を透過したマイクロ波を前記チューナへ放射するためのスロットアンテナとを有する、請求項17に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [19] 前記コネクタおよび前記マイクロストリップラインを複数有し、各コネクタにアンプが接続され、これらアンプからのマイクロ波電力が各マイクロストリップラインを経て空間合成される、請求項18に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [20] 前記給電励起部材は、誘電体に形成されたパッチアンテナと、前記パッチアンテナに前記アンプから給電するコネクタと、前記パッチアンテナから放射されたマイクロ波電力を透過して前記チューナへ放射する誘電体部材とを有することを特徴とする請求項17に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [21] 前記コネクタおよび前記パッチアンテナを複数有し、各コネクタにアンプが接続され

、これらアンプからのマイクロ波電力が各パッチアンテナを経て空間合成される、請求項17に記載のマイクロ波プラズマ源。

[22] 前記給電励起部材は、そのマイクロ波電力放射面と反対側の面に設けられたマイクロ波電力を反射する反射板をさらに有する、請求項17に記載のマイクロ波プラズマ源。

[23] チャンバ内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源であって、マイクロ波を複数に分配された状態で出力するマイクロ波出力部と、複数に分配された状態で出力されたマイクロ波を前記チャンバ内に導く複数のアンテナモジュールと

を具備し、

前記各アンテナモジュールは、

マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、

増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と

、

マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナと

を具備し、

前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設けられている、マイクロ波プラズマ源。

[24] 前記各アンテナモジュールを介して前記チャンバ内に導かれたマイクロ波は前記チャンバ内の空間で合成される、請求項23に記載のマイクロ波プラズマ源。

[25] 前記アンプ部は、マイクロ波の位相を調整する位相器を有する、請求項23に記載のマイクロ波プラズマ源。

[26] 前記アンテナは、平面状をなし、複数のスロットが形成されている、請求項23に記載のマイクロ波プラズマ源。

[27] 前記アンプ部は、マイクロ波の位相を調整する位相器を有する、請求項26に記載のマイクロ波プラズマ源。

[28] 前記複数のアンテナモジュールを、隣接するアンテナモジュール間でスロットが90°ずれるように配置するとともに、前記位相器により隣接するアンテナモジュール間

で位相が90° ずれるようにする、請求項25に記載のマイクロ波プラズマ源。

- [29] 前記チューナおよび前記アンテナ部は、共通の筐体内に配置されて一体化されている、請求項23に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [30] 前記アンプは、前記筐体から上方に延びるコネクタにより前記チューナを介して前記アンテナ部に直列に接続されている、請求項29に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [31] 前記アンプは、前記筐体の上面に直接実装されている、請求項29に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [32] 前記アンプから前記チューナへマイクロ波電力を適切に給電するための給電変換部をさらに有する、請求項23に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [33] 前記給電変換部は、誘電体およびアンテナを介した非接触給電を行う給電励起部材を有する、請求項32に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [34] 前記給電励起部材は、誘電体に形成されたオープンスタブからなるマイクロストリップラインと、前記マイクロストリップラインに前記アンプから給電するためのコネクタと、前記マイクロストリップラインからのマイクロ波電力を透過し、共振器として機能する誘電体部材と、誘電体部材を透過したマイクロ波を前記チューナへ放射するためのスロットアンテナとを有する、請求項33に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [35] 前記コネクタおよび前記マイクロストリップラインを複数有し、各コネクタにアンプが接続され、これらアンプからのマイクロ波電力が各マイクロストリップラインを経て空間合成される、請求項34に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [36] 前記給電励起部材は、誘電体に形成されたパッチアンテナと、前記パッチアンテナに前記アンプから給電するコネクタと、前記パッチアンテナから放射されたマイクロ波電力を透過して前記チューナへ放射する誘電体部材とを有する、請求項33に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [37] 前記コネクタおよび前記パッチアンテナを複数有し、各コネクタにアンプが接続され、これらアンプからのマイクロ波電力が各パッチアンテナを経て空間合成される、請求項36に記載のマイクロ波プラズマ源。
- [38] 前記給電励起部材は、そのマイクロ波電力放射面と反対側の面に設けられたマイクロ波電力を反射する反射板をさらに有する、請求項33に記載のマイクロ波プラズマ

源。

- [39] 被処理基板を収容するチャンバと、
前記チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、
前記チャンバ内に供給されたガスをマイクロ波によりプラズマ化するマイクロ波プラズマ源と
を具備し、
前記チャンバ内の被処理基板に対してプラズマにより処理を施すマイクロ波プラズマ処理装置であつて、
前記マイクロ波プラズマ源は、
マイクロ波を出力するためのマイクロ波出力部と、
マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、
増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と
、
マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナと
を有し、
前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設けられている、プラズマ処理装置。
- [40] 前記ガス供給機構は、プラズマ生成用ガスを導入する第1ガス供給機構と、処理ガスを導入する第2ガス供給機構とを有し、最初に前記第1ガス供給機構からのプラズマ生成用ガスがマイクロ波によってプラズマ化し、前記第2ガス供給機構からの処理ガスが、そのプラズマによりプラズマ化される、請求項39に記載のプラズマ処理装置。
- [41] 被処理基板を収容するチャンバと、
前記チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、
前記チャンバ内に供給されたガスをマイクロ波によりプラズマ化するマイクロ波プラズマ源と
を具備し、
前記チャンバ内の被処理基板に対してプラズマにより処理を施すマイクロ波プラズマ

マ処理装置であって、

前記マイクロ波プラズマ源は、

マイクロ波を複数に分配された状態で出力するマイクロ波出力部と、

複数に分配された状態で出力されたマイクロ波を前記チャンバ内に導く複数のアンテナモジュールと

を備え、

前記各アンテナモジュールは、

マイクロ波を増幅するアンプを有するアンプ部と、

増幅されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射するアンテナを有するアンテナ部と

、

マイクロ波の伝送路におけるインピーダンス調整を行うチューナと

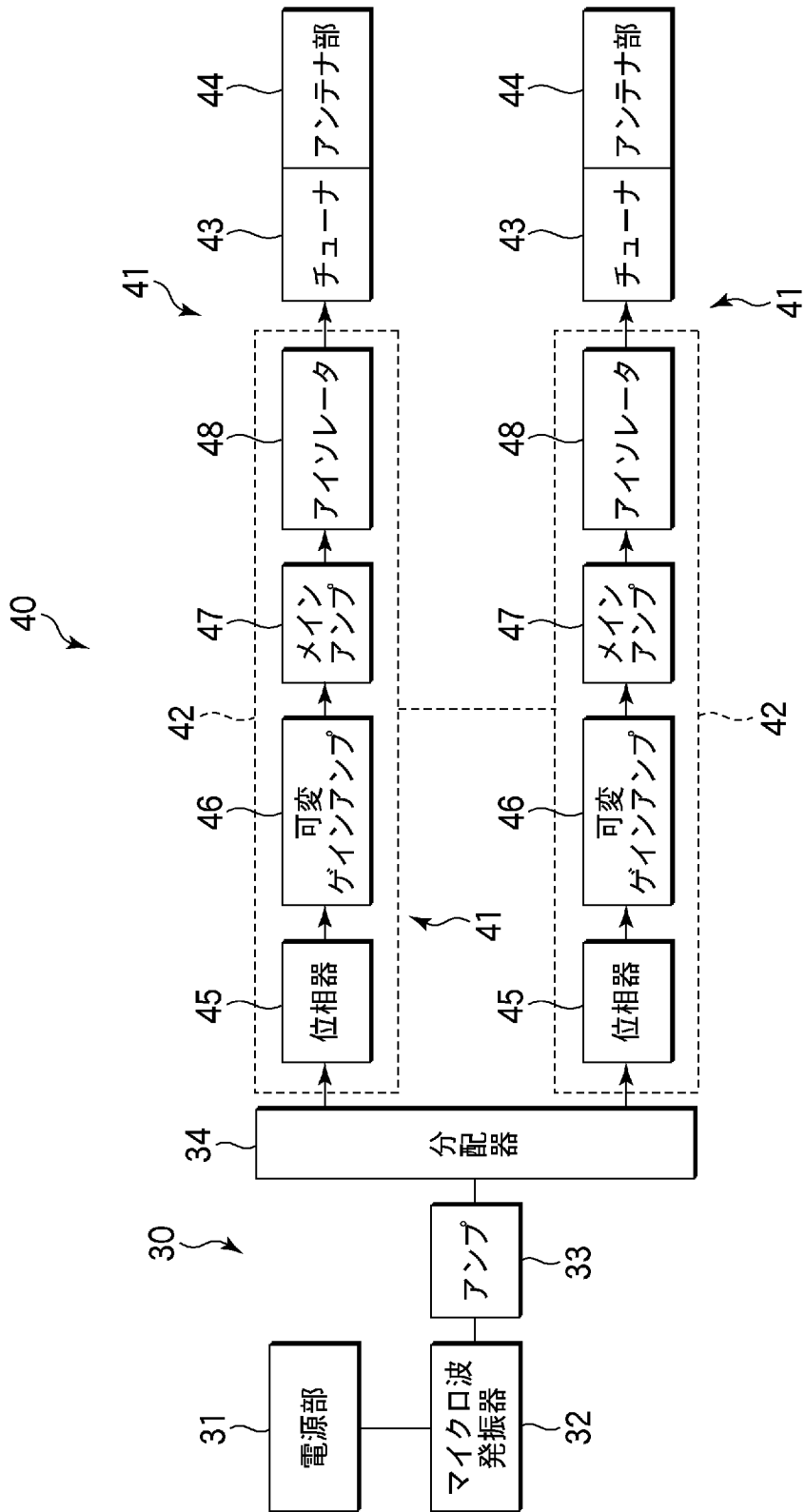
を有し、

前記チューナは、前記アンテナ部と一体的に設けられ、前記アンプに近接して設けられている、プラズマ処理装置。

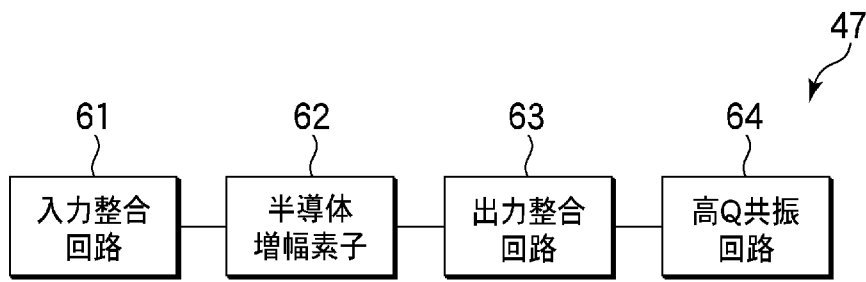
- [42] 前記ガス供給機構は、プラズマ生成用ガスを導入する第1ガス供給機構と、処理ガスを導入する第2ガス供給機構とを有し、最初に前記第1ガス供給機構からのプラズマ生成用ガスがマイクロ波によってプラズマ化し、前記第2ガス供給機構からの処理ガスが、そのプラズマによりプラズマ化される、請求項41に記載のプラズマ処理装置。

[図2]

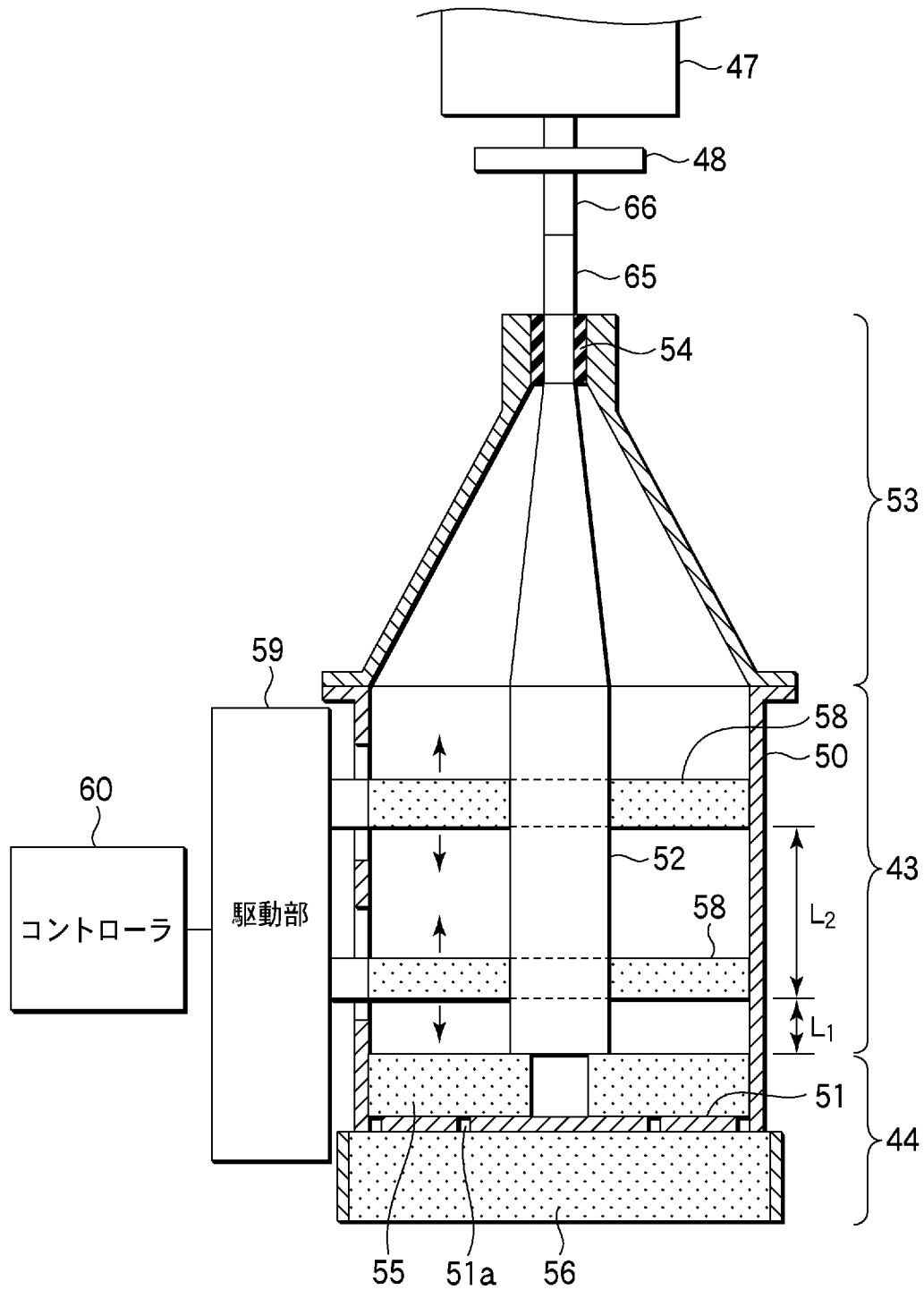
2



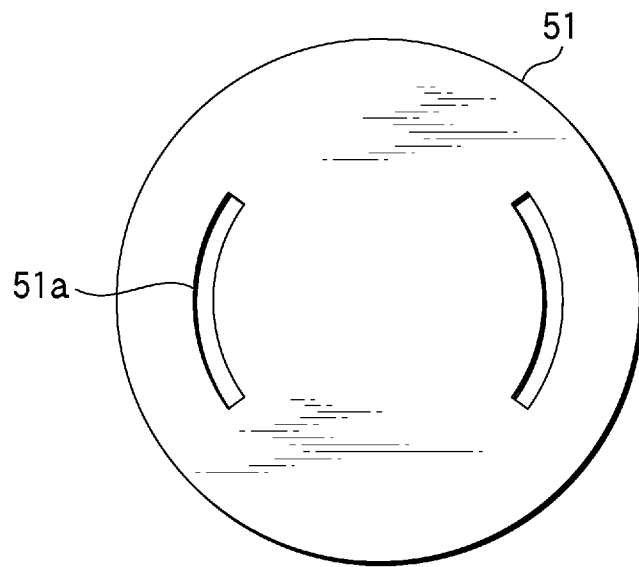
[図3]



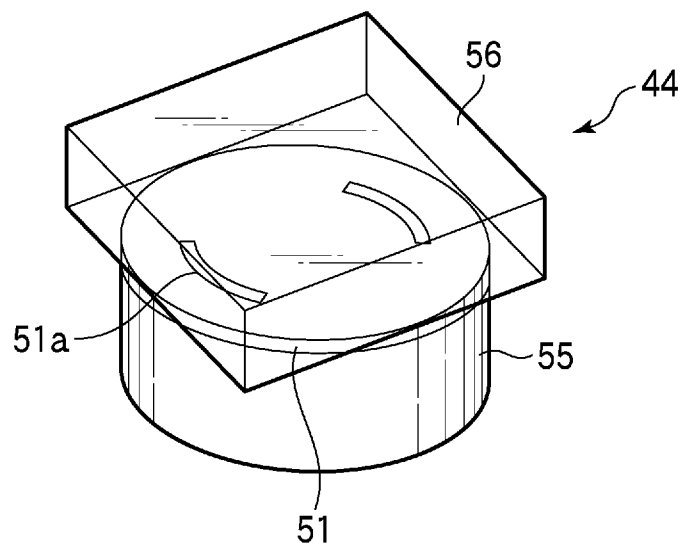
[図4]



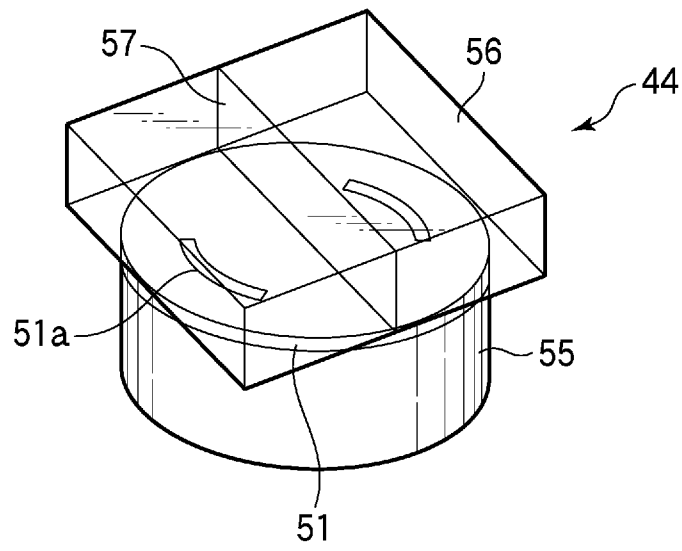
[図5]



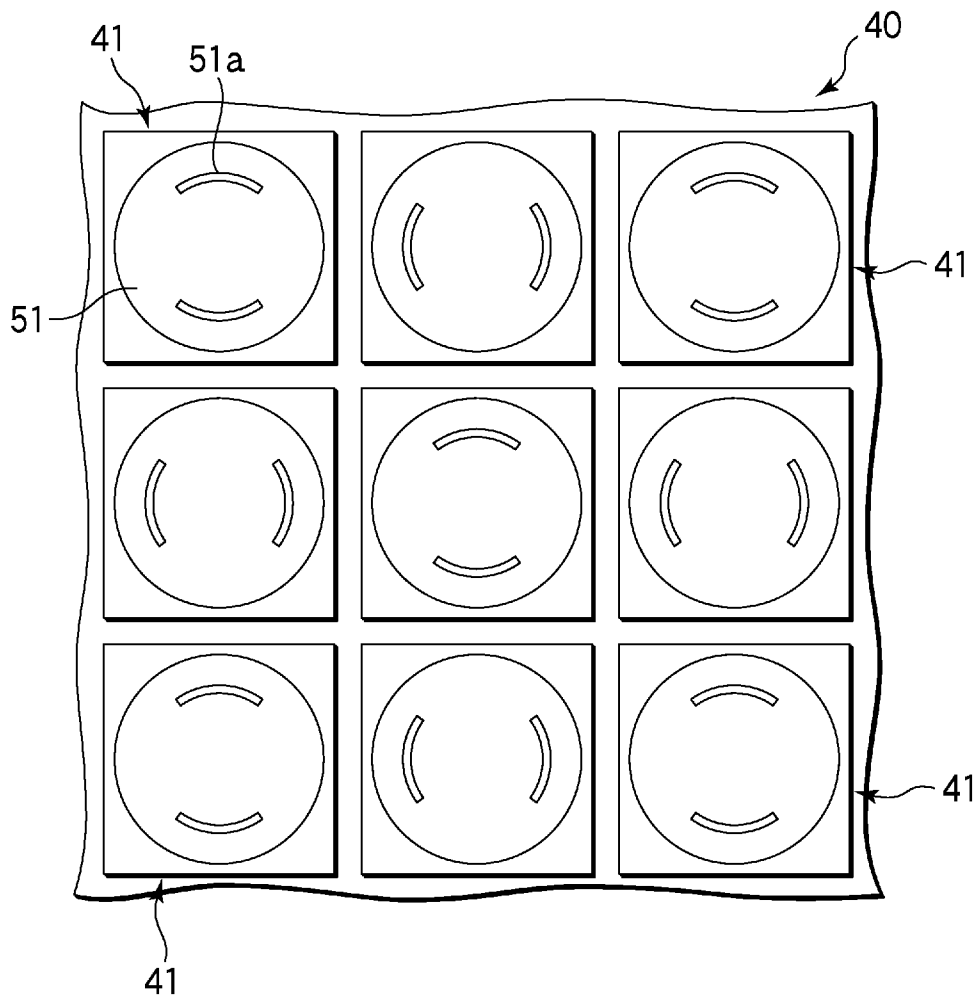
[図6]



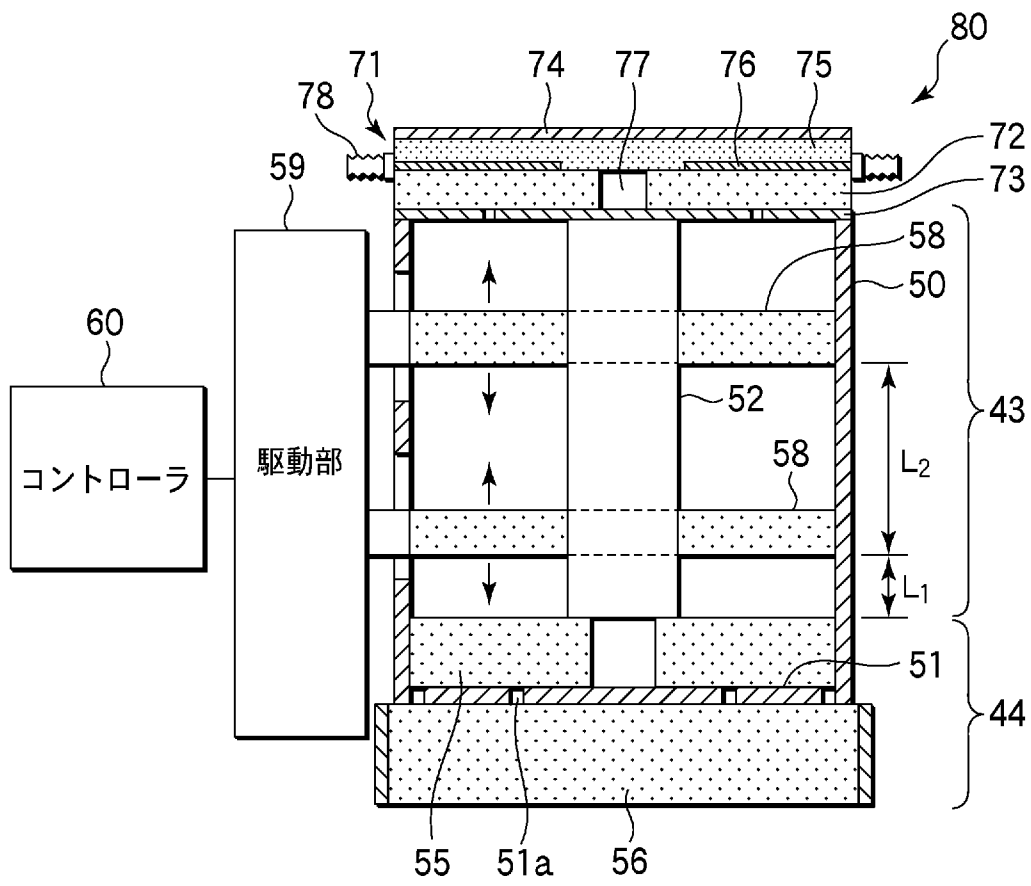
[図7]



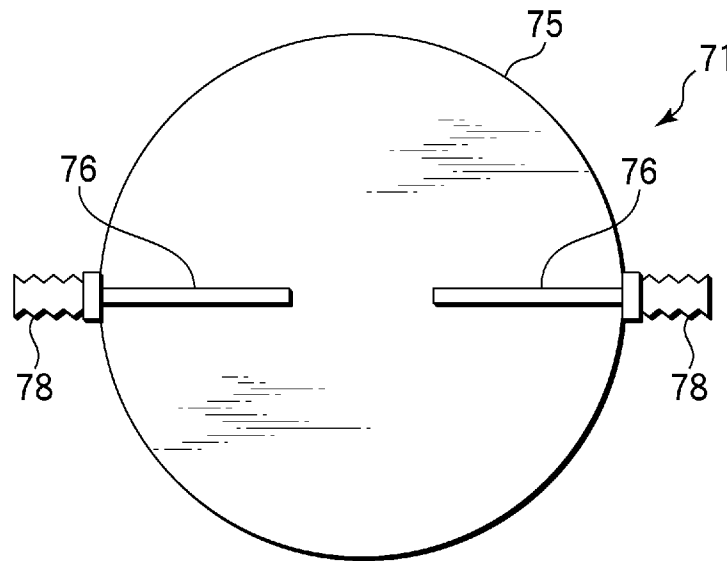
[図8]



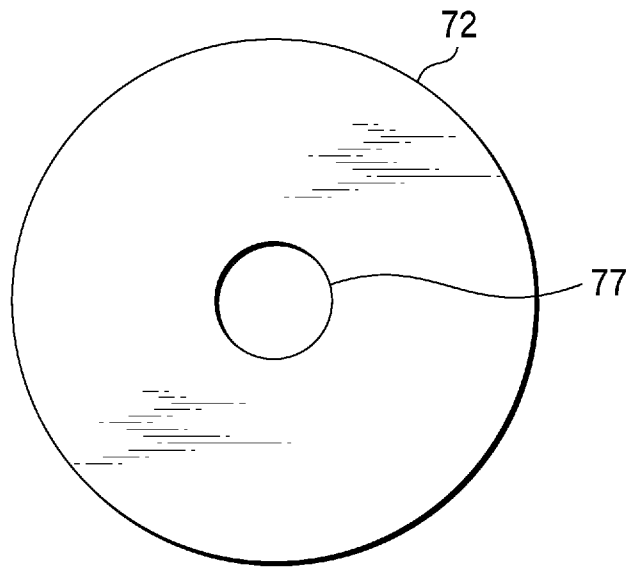
[図9]



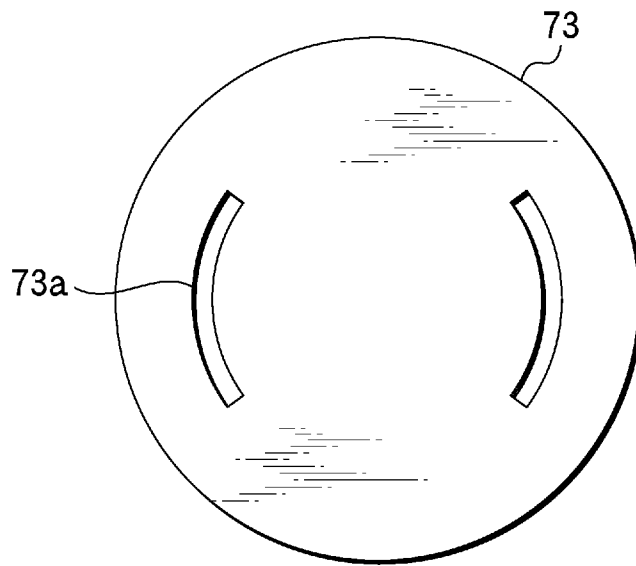
[図10]



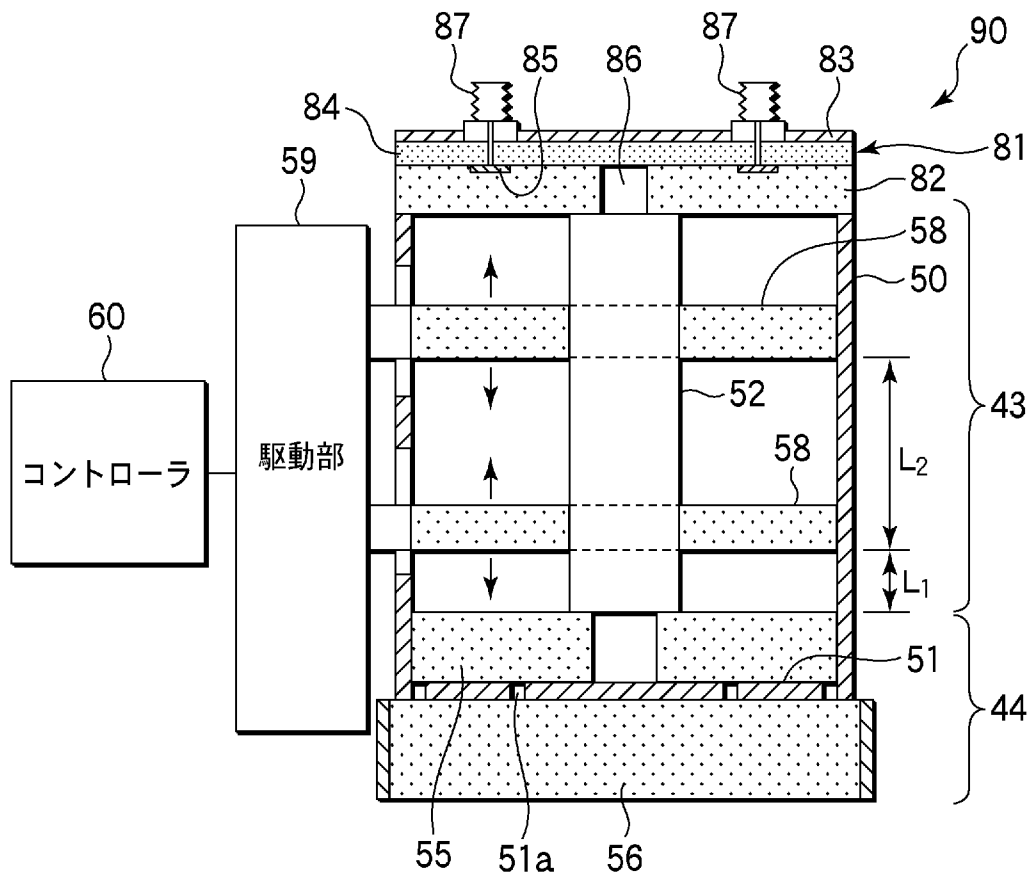
[図11]



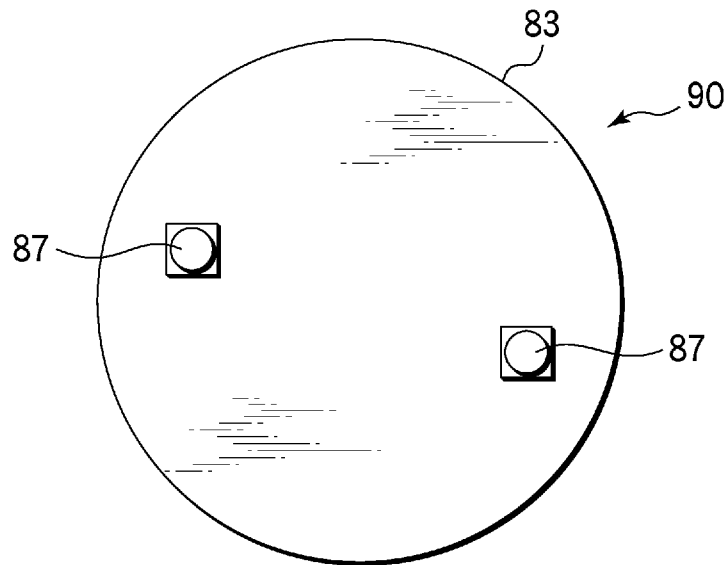
[図12]



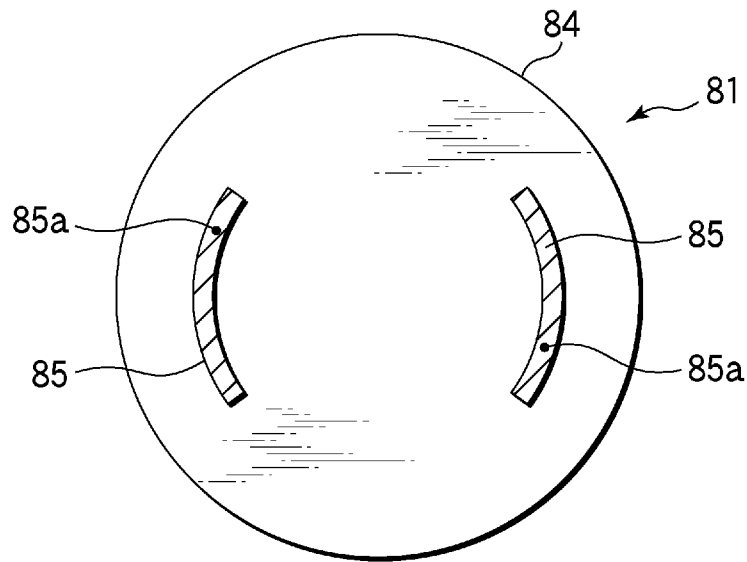
[図13]



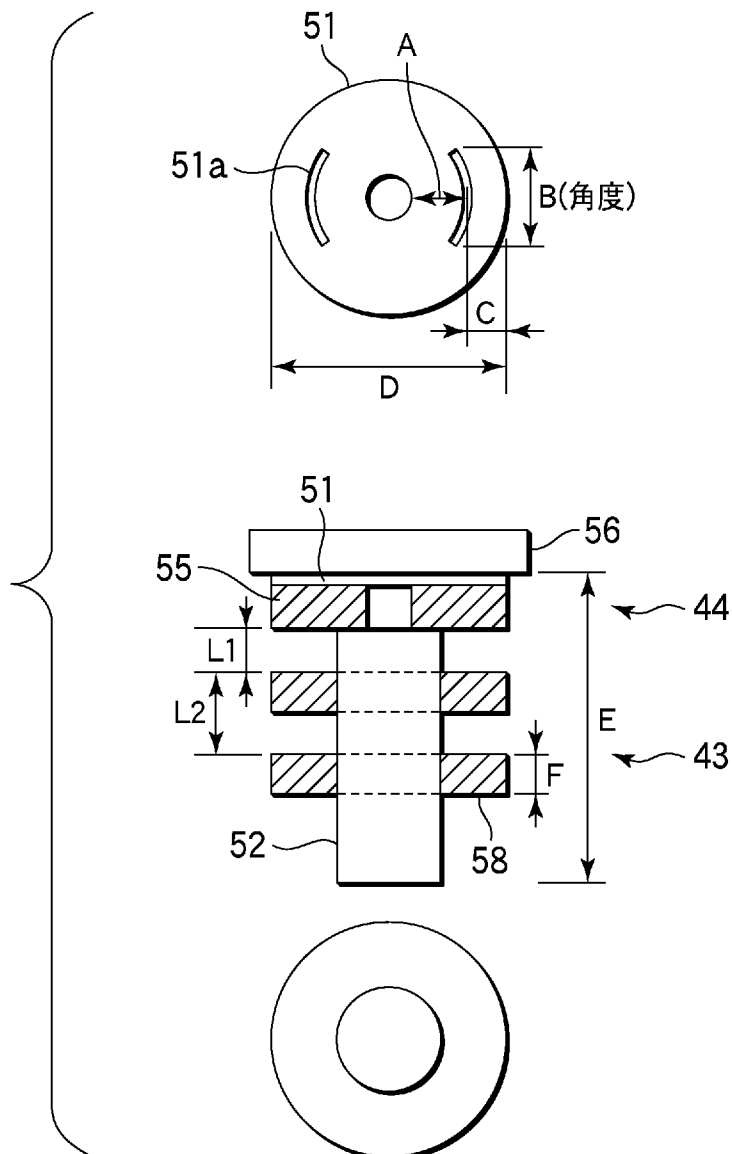
[図14]



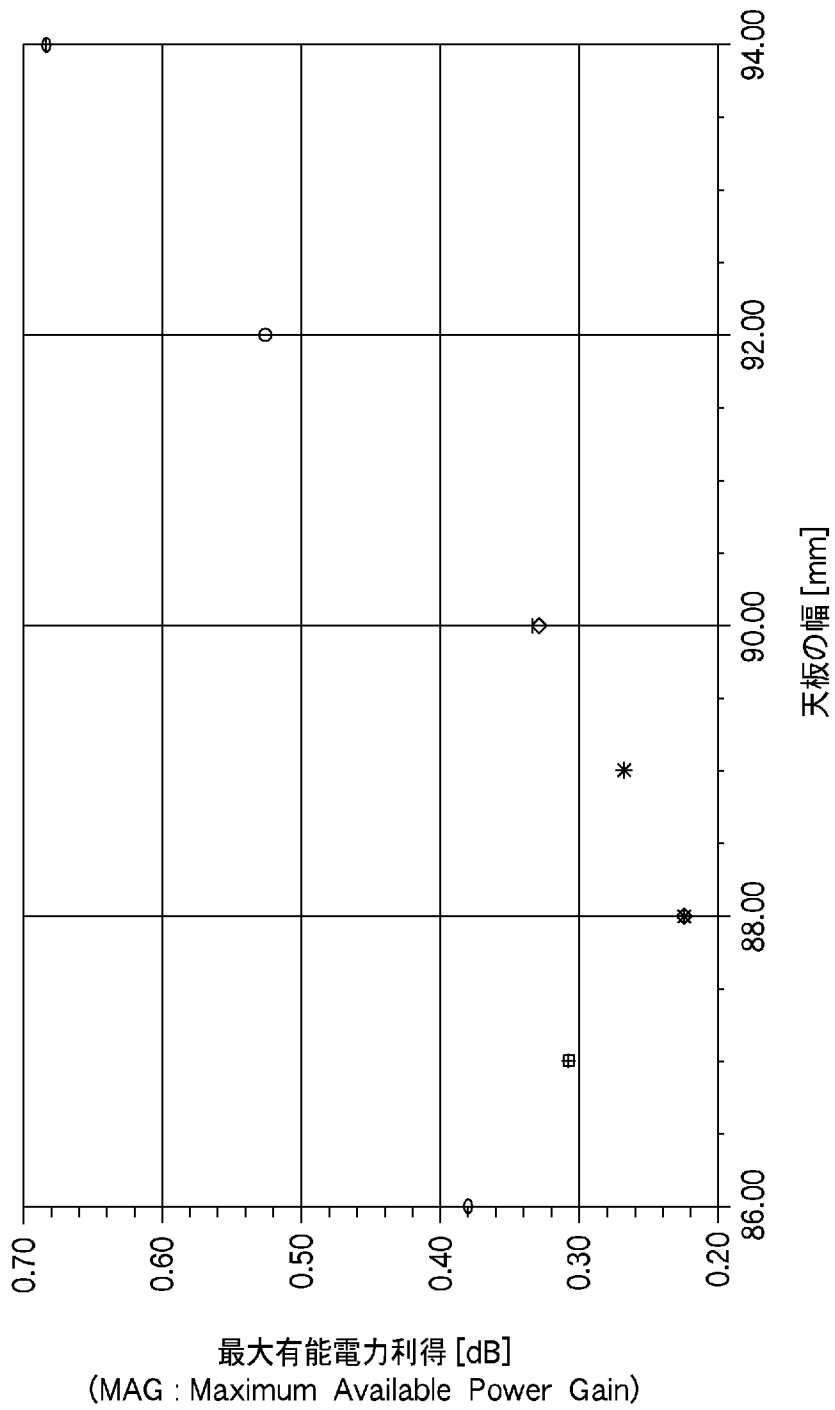
[図15]



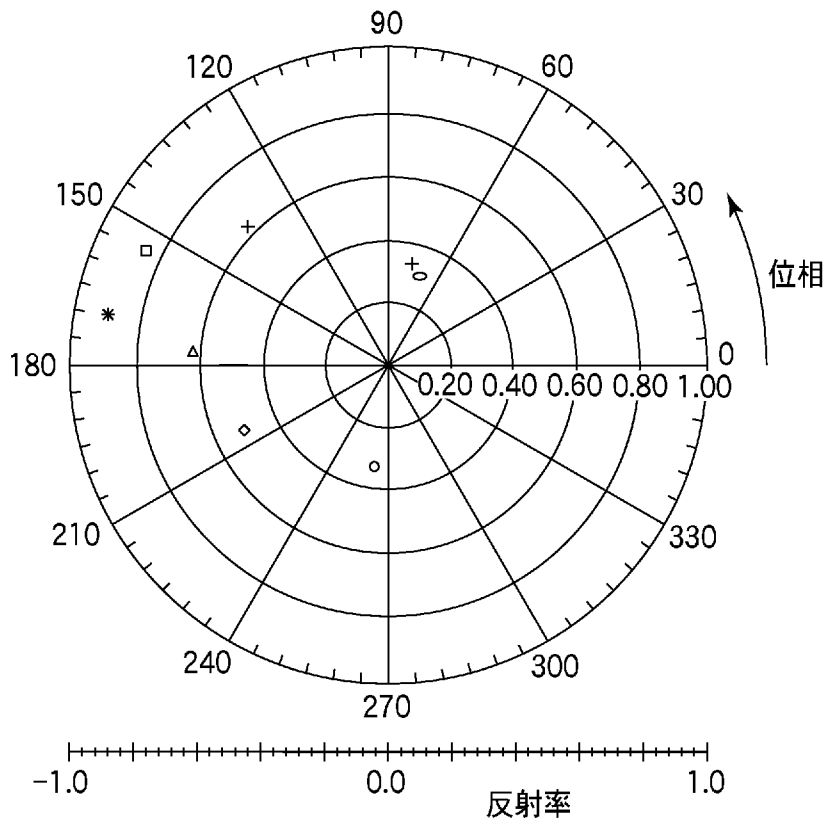
[図16]



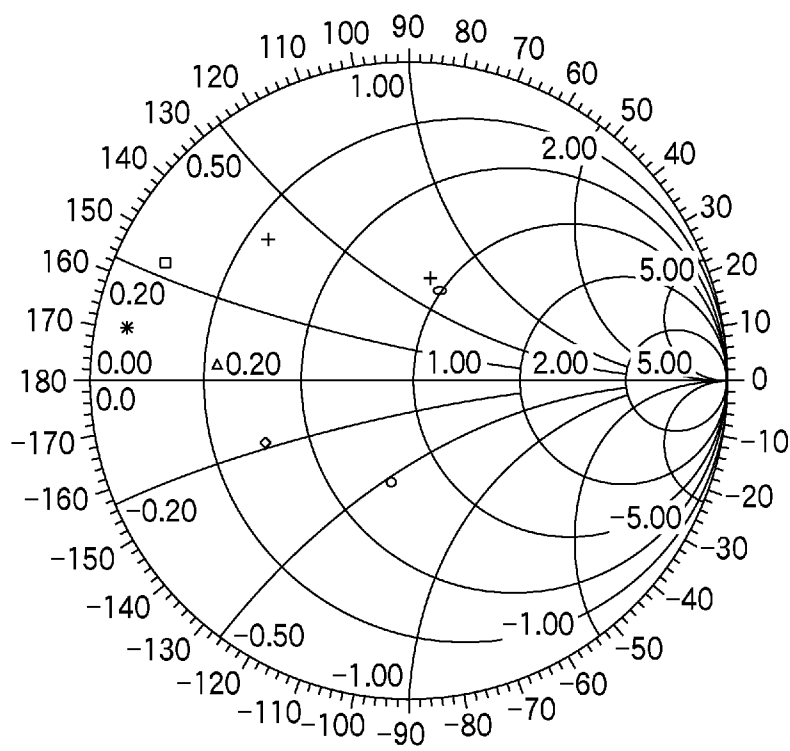
[図17]



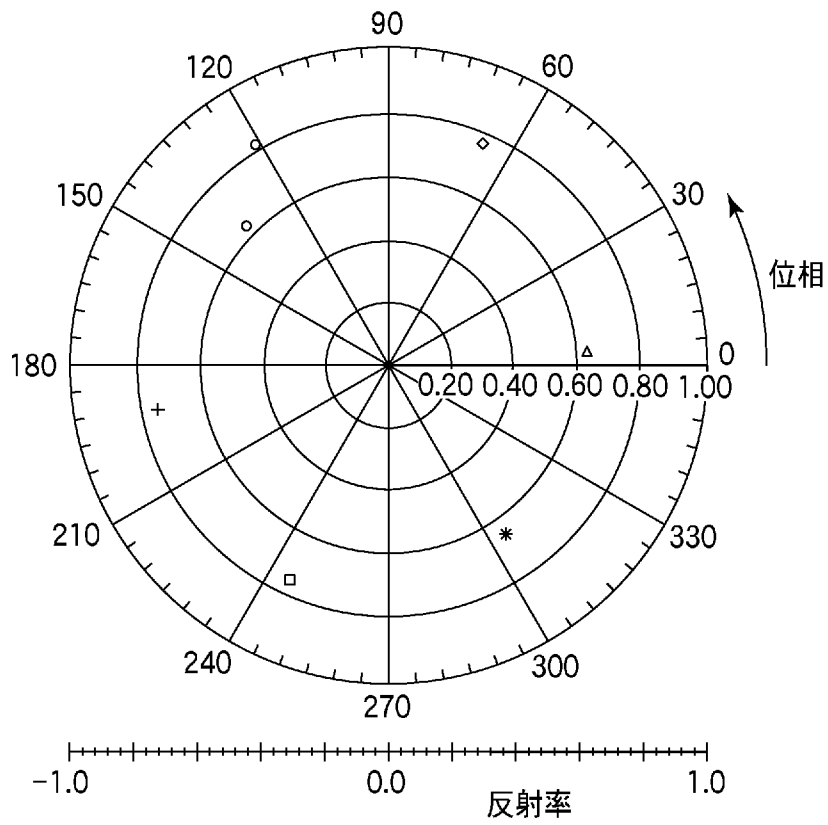
[図18A]



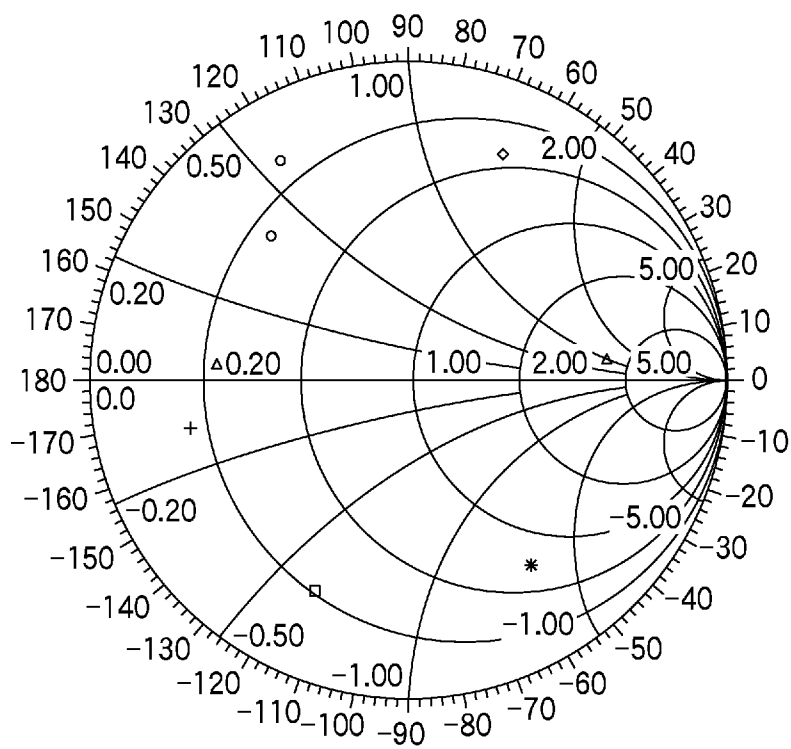
[図18B]



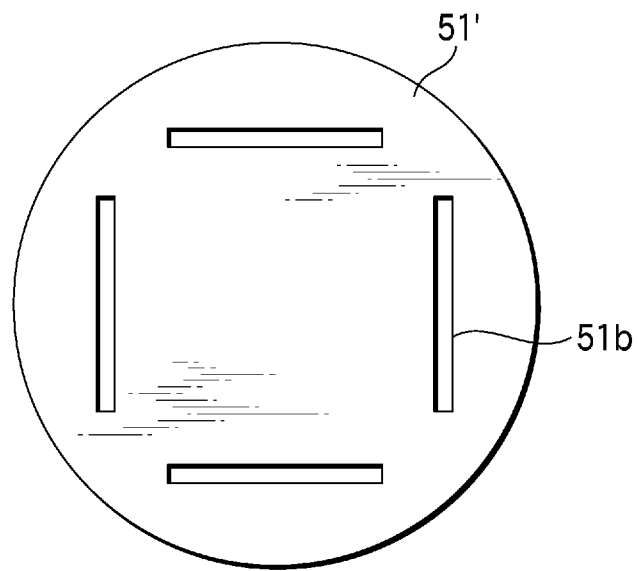
[図19A]



[図19B]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L21/3065(2006.01) i, C23C16/511(2006.01) i, H01L21/205(2006.01) i, H05H1/46(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) H01L21/3065, C23C16/511, H01L21/205, H05H1/46		
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 1996-2007 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007		
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 2004-128385 A (Tokyo Electron Ltd.), 22 April, 2004 (22.04.04), Full text; all drawings	1-13, 15-17, 22-30, 32, 33, 38-42
A	& WO 2004/32219 A1 & US 2005/160987 A1	14, 18-21, 31, 34-37
Y	JP 2004-152832 A (Nagano Nihon Musen Kabushiki Kaisha), 27 May, 2004 (27.05.04), Par. Nos. [0012] to [0029]; Figs. 1 to 7 & US 6819052 B2	1-13, 15-17, 22-30, 32, 33, 38-42
Y	WO 2004/10746 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 29 January, 2004 (29.01.04), Claims 1, 5, 6; page 4, lines 8 to 40; Fig. 1 & US 2006/42546 A1	1-13, 15-17, 22-30, 32, 33, 38-42
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 22 October, 2007 (22.10.07)		Date of mailing of the international search report 30 October, 2007 (30.10.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064345

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 2002-231637 A (Nihon Koshuha Co., Ltd.), 16 August, 2002 (16.08.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-13, 15-17, 22-30, 32, 33, 38-42
Y	JP 2003-188103 A (Tokyo Electron Ltd.), 04 July, 2003 (04.07.03), Par. Nos. [0011] to [0025]; Fig. 1 & WO 2003/52807 A1 & US 7226524 B2	1-13, 15-17, 22-30, 32, 33, 38-42
Y	JP 11-195500 A (Anelva Corp.), 21 July, 1999 (21.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-13, 15-17, 22-30, 32, 33, 38-42

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H05H1/46(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 (IPC)) Int.Cl. H01L21/3065, C23C16/511, H01L21/205, H05H1/46		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 請求の範囲の番号
Y	JP 2004-128385 A (東京エレクトロン株式会社) 2004.04.22, 全文, 全図 & WO 2004/32219 A1 & US 2005/160987 A1	1-13, 15-17, 2 2-30, 32, 33, 3 8-42
A		14, 18-21, 31, 34-37
Y	JP 2004-152832 A (長野日本無線株式会社) 2004.05.27, 段落 0012-0029, 図 1-7 & US 6819052 B2	1-13, 15-17, 2 2-30, 32, 33, 3 8-42
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 22. 10. 2007	国際調査報告の発送日 30. 10. 2007	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 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) 山口 敦司 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21 9216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 請求の範囲の番号
Y	WO 2004/10746 A1 (東京エレクトロン株式会社) 2004. 01. 29, 請求の範囲第 1, 5, 6 項, 第 4 頁第 8-40 行, 図 1 & US 2006/42546 A1	1-13, 15-17, 2 2-30, 32, 33, 3 8-42
Y	JP 2002-231637 A (日本高周波株式会社) 2002. 08. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13, 15-17, 2 2-30, 32, 33, 3 8-42
Y	JP 2003-188103 A (東京エレクトロン株式会社) 2003. 07. 04, 段落 0011-0025, 図 1 & WO 2003/52807 A1 & US 7226524 B2	1-13, 15-17, 2 2-30, 32, 33, 3 8-42
Y	JP 11-195500 A (アネルバ株式会社) 1999. 07. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13, 15-17, 2 2-30, 32, 33, 3 8-42