

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年9月25日 (25.09.2003)

PCT

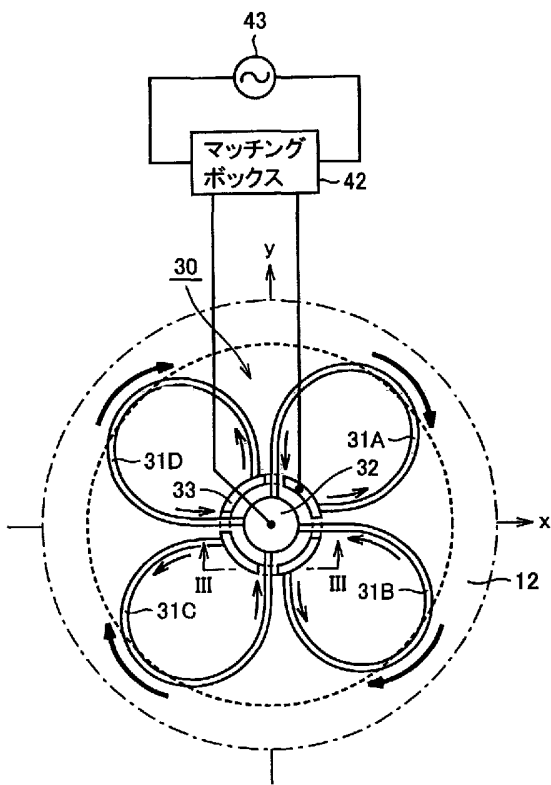
(10) 国際公開番号
WO 03/079740 A1

- (51) 国際特許分類: H05H 1/46, (ISHII,Nobuo) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県 尼崎市 扶桑町 1-8 東京エレクトロン株式会社内 Hyogo (JP).
H01L 21/3065, 21/205, C23C 16/505
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/02567
- (22) 国際出願日: 2002年3月18日 (18.03.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3番 6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): 石井 信雄
- (74) 代理人: 深見 久郎, 外(FUKAMI,Hisao et al.); 〒530-0054 大阪府 大阪市 北区南森町 2丁目 1番 29号 三井住友銀行南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許

[続葉有]

(54) Title: PLASMA DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ装置



42...MATCHING BOX

(57) Abstract: An antenna (30) of an etching device is connected to a high frequency power source (43) via a matching box (42). A columnar conductor pillar (32) and a cylindrical conductor ring (33) are disposed in the center of a dielectric plate (12). Between the conductor pillar (32) and the conductor ring (33), four conductive wires (31A, 31B, 31C, 31D) forming generally circular loops outside the conductor ring (33) are connected in parallel to the high frequency power source (43). The loops formed by the conductive wires (31A-31D) are arranged around the conductor pillar (32) at regular intervals in a rotation-symmetric manner around the axis perpendicular to a mounting base (22). These loops (the conductive wires (31A-31D)) are disposed on the same plane with each loop surface facing the mounting base (22).

(57) 要約: エッチング装置におけるアンテナ (30) はマッチングボックス (42) を介して高周波電源 (43) に接続されている。誘電体板 (12) の中央部には、円柱状の導体柱 (32) と円筒状の導体リング (33) とが配置されている。導体柱 (32) と導体リング (33) との間には、導体リング (33) の外側で略円形のループを形成する4つの導体線 (31A, 31B, 31C, 31D) が、高周波電源 (43) に対して並列に接続されている。各導体線 (31A~31D) が形成するループは、導体柱 (32) を中心として、載置台 (22) に垂直な軸の周りに回転対称となるように等間隔で配置されている。これらのループ (導体線 31A~31D) は、それぞれのループ面が載置台 (22) と対向するように同一平面上に配置されている。

WO 03/079740 A1



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明細書

プラズマ装置

5 技術分野

本発明は、高周波によりプラズマを生成して所定の処理を行うプラズマ装置に関するものである。

背景技術

10 半導体装置やフラットパネルディスプレイの製造においては、酸化膜の形成や半導体層の結晶成長、エッチング、また、アッシングなどの処理を行うために、プラズマ装置が多用されている。

これらのプラズマ装置の中に、アンテナから処理容器内へ高周波を導入して高密度プラズマを発生させる高周波プラズマ装置がある。この高周波プラズマ装置
15 は、プラズマガスの圧力が比較的低くても安定してプラズマを生成することができるので、用途が広いという特色がある。

図8は、従来の高周波プラズマ装置を用いたエッチング装置の構成を示す断面図である。このエッチング装置では、上部が開いた円筒形状の処理容器511と、この処理容器511の上部開口を塞ぐ誘電体板512とにより、密閉容器が
20 形成されている。

処理容器511の底部には真空排気用の排気口515が設けられている。また、処理容器511の側壁にはエッチングガス導入用のノズル517が設けられている。処理容器511内には、エッチング対象の基板521を置くための載置台522が収容されている。この載置台522はバイアス用の高周波電源526に接
25 続されている。

誘電体板512の上部には、この誘電体板512を介して処理容器511内に高周波を供給するダイポールアンテナ530が配置されている。また、誘電体板512及びアンテナ530の周囲はシールド部材518によって覆われている。ダイポールアンテナ530は給電用の高周波電源543に接続されている。

図9Aは、図8に示したダイポールアンテナ530の構成を示す図であり、図8におけるIX-IX線方向からみたダイポールアンテナ530の平面図である。また、図9Bは、その座標系を示す図である。

ダイポールアンテナ530は、誘電体板512の主面と平行に直線状に配置された2つの導体棒531, 532を有している。ダイポールアンテナ530上における電磁界の波長を λ_g とすると、導体棒531, 532の長さは共に略 $\lambda_g/4$ であり、アンテナ530の全長Lは略 $\lambda_g/2$ である。一方、導体棒531, 532の向かい合う端部は離間しており、これらの端部に給電用の高周波電源543が接続されている。

ここで、説明の便宜のため、次のように直交座標系を定める。すなわち、導体棒531, 532の中心軸をx軸とし、導体棒531, 532の向かい合う端部の中央を原点Oとする。また、x軸に直交してかつ誘電体板512の主面と平行にy軸をとり、誘電体板512の主面と垂直にz軸をとる。

次に、図8に示されたエッチング装置の動作について説明する。基板521が載置台522の上面に置かれた状態で、処理容器511内を所定の真空度にした後、ノズル517からエッチングガスを流量制御して供給する。この状態で、高周波電源545よりダイポールアンテナ530に給電を開始すると、アンテナ530の全長Lが略 $\lambda_g/2$ であるので共振が起こり、アンテナ530に大きな電流が流れ、アンテナ530より高周波が放射される。この高周波は誘電体板512を透過して処理容器へ導入される。

処理容器511内に導入された高周波の電界は、処理容器511内のガスを電離させて、処理対象の基板521の上部空間550にプラズマを生成する。このプラズマは処理容器511内に拡散して行き、載置台522に印加されたバイアス電圧（数百kHz～数MHz）によってプラズマのエネルギーや異方性がコントロールされて、エッチング処理に利用される。

図10Aおよび図10Bは、図9Aに示したダイポールアンテナ530の放射特性を示す概念図であり、図10Aはxz面における電界強度分布を示し、図10Bはyz面における電界強度分布を示している。

ダイポールアンテナ530が形成する電界の強度は、ダイポールアンテナ53

0の中心である原点Oにおいて最も強く、原点Oからx軸方向又はy軸方向に離れるにつれて徐々に弱くなって行く。ただし、ダイポールアンテナ530より放射される高周波はx軸に平行な直線偏波であるので、yz面における電界強度分布の勾配は緩やかであるが、xz面における電界強度分布の勾配は急である。

5 図10Aおよび図10Bに示したような強度分布の電界を用いてプラズマを生成すると、基板521の上部空間550の外周部(xy面と平行な面における周縁部)ではプラズマの密度が低くなる。

一方、空間550で生成されたプラズマは載置台522に向かって拡散して行くが、空間550の外周部から処理容器511の側壁に向かったプラズマは失活する。このため、仮に上部空間550におけるプラズマの密度が均一であったとしても、基板521上面の周縁付近に到達するプラズマは中央付近に到達するプラズマよりも少なくなり、基板521上面の周縁付近におけるプラズマ密度は中央付近よりも低くなる。

15 これら2つの相乗作用により、ダイポールアンテナ530を用いてプラズマを生成すると、プラズマ密度が低い基板521の周縁付近ではプラズマ処理速度が遅くなるという問題があった。

発明の開示

20 本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、基板などの被処理体上面の周縁付近におけるプラズマの分布を改善してプラズマ処理速度の均一性が図られるプラズマ装置を提供することである。

本発明に係るプラズマ装置は、処理容器とアンテナと高周波電源とを備えている。処理容器は、被処理体を收容して被処理体に所定の処理を施す。アンテナは、それぞれ導体線より形成された複数のループを有して、処理容器内に高周波を供給する。高周波電源はアンテナに給電する。複数のループのそれぞれは、実質的に同じ周囲長を有して高周波電源に対して互いに並列に接続されるとともに、処理容器内に被処理体が收容された状態で被処理体と対向する一平面上に配置されている。

この構造によれば、複数のループによってアンテナを構成したことにより、被

処理体の上面の周縁と対向する位置に強い電界が作られて、この領域に高密度のプラズマを生成することができる。これにより、処理容器内壁に向かい失活するプラズマがあっても、被処理体上面の周縁付近におけるプラズマの分布を改善することができて、プラズマ処理速度の均一性を向上することができる。

5 ここで、アンテナは、処理容器内に被処理体が収容された状態で被処理体の中央部と対向する位置に配置されるとともに、高周波電源の一端に接続された第1の導体部材と、第1の導体部材の周囲に配置されるとともに、高周波電源の他端に接続された第2の導体部材とをさらに備え、複数のループのそれぞれにおいては、導体線の一端が第1の導体部材に接続されるとともに、導体線の他端が第2
10 の導体部材に接続され、複数のループのそれぞれは、第2の導体部材の外側に配置されていることが好ましい。

 また、アンテナは、処理容器内に被処理体が収容された状態で被処理体の中央部と対向する位置に配置されるとともに、高周波電源に接続された第1の導体部材と、第1の導体部材の周囲に配置されるとともに、接地された第2の導体部材
15 とをさらに備え、複数のループのそれぞれにおいては、導体線の一端が第1の導体部材に接続されるとともに、導体線の他端が第2の導体部材に接続され、複数のループのそれぞれは、第2の導体部材の外側に配置されていることが好ましい。

 また、複数のループのそれぞれにおいては、導体線の一部が処理容器内に被処理体が収容された状態で被処理体の周縁と対向するように配置されていることが
20 好ましい。

 また、複数のループのそれぞれは、処理容器内に被処理体が収容された状態で被処理体に垂直な軸の周りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されていることが好ましい。

 このように構成すると、各ループのうち、第1の導体部材および第2の導体部材から遠いところに位置する外周部における同位相の高周波電流の作用により、
25 それぞれのループの外周部を繋いだ領域にループ状電流が形成されたのと同様の効果が得られる。このループ状電流の径は各導体線のそれぞれが形成するループの径よりも大きいので、このループ状電流により擬似的に径が大きいループのアンテナを形成することができる。なお、第2の導体部材を処理容器の壁面とは別

途用意することにより、アンテナを流れる電流による誘導電界が処理容器の壁面に向かうことがなくなるため、プラズマを構成する荷電粒子が処理容器の壁面をスパッタすることがなくなる。その結果、プロセス中のダストの発生を防止することができる。

- 5 また、アンテナは、複数のループとして偶数個のループを備え、複数のループのそれぞれが配置された一平面上に位置し、第1の導体部材の中心を通る直線に対して対称となるように、偶数個のループのそれぞれが配置され、偶数個のループのうち、第1の導体部材の中心を通る直線を挟んで一方の側に位置するループのそれぞれは、処理容器内に被処理体が収容された状態で被処理体に垂直な軸の
- 10 回りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されていることが好ましい。

- このように構成すると、各ループの外周部における高周波電流の作用により2つのダイポール電流が形成され、各ループの基部すなわち各導体線が第1、第2の導体部材と接続された部分である接続部付近における高周波電流の作用により
- 15 1つのダイポール電流が形成される。すなわち、擬似的に多重のダイポールアンテナを形成することができる。

 また、複数のループのそれぞれの周囲長は、そのループを形成する導体線を流れる高周波電流の波長の略自然数倍であることが好ましい。

 これにより、共振が起こり大きい高周波電流が流れるので、高出力を得られる。

- また、複数のループのそれぞれの周囲長は、そのループを形成する導体線を流
- 20 れる高周波電流の波長よりも短くしてもよい。

図面の簡単な説明

- 図1は、本発明の実施の形態1に係るエッチング装置の構成を示す断面図である。
- 25 図2Aは、同実施の形態において、図1に示すアンテナの構成を示す図である。
- 図2Bは、同実施の形態において、図2Aに示すアンテナの座標系を示す図である。
- 図3は、同実施の形態において、図2Aに示す断面線I I I - I I Iにおける断面図である。

図 4 A は、同実施の形態において、図 1 に示すアンテナの放射特性を示す第 1 の概念図である。

図 4 B は、同実施の形態において、図 1 に示すアンテナの放射特性を示す第 2 の概念図である。

5 図 5 は、本発明の実施の形態 2 に係るエッチング装置に使用されるアンテナの構成を示す平面図である。

図 6 は、本発明の実施の形態 3 に係るエッチング装置に使用されるアンテナの構成を示す平面図である。

10 図 7 A は、同実施の形態において、図 6 に示すアンテナの作用効果を説明するための第 1 の図である。

図 7 B は、同実施の形態において、図 6 に示すアンテナの作用効果を説明するための第 2 の図である。

図 8 は、従来の高周波プラズマ装置を用いたエッチング装置の構成を示す断面図である。

15 図 9 A は、図 8 に示されたダイポールアンテナの構成を示す図である。

図 9 B は、図 9 A に示されたダイポールアンテナの座標系を示す図である。

図 10 A は、図 9 A に示されたダイポールアンテナの放射特性を示す第 1 の概念図である。

20 図 10 B は、図 9 A に示されたダイポールアンテナの放射特性を示す第 2 の概念図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係るプラズマ装置をエッチング装置に適用した場合を例に挙げて説明する。

25 (実施の形態 1)

図 1 に示すように、本発明の実施の形態 1 に係るエッチング装置は、上部が開口した円筒形状の処理容器 11 を有している。この処理容器 11 は、アルミニウムなどの導体部材で形成されている。

処理容器 11 の上部開口には、厚さ 20～30 mm 程度の石英ガラス又は (A

1₂ O₃ や AlN などの) セラミックなどからなる誘電体板 1₂ が配置されている。処理容器 1₁ と誘電体板 1₂ との接合部には、Oリングなどのシール部材 1₃ が介在されており、これにより処理容器 1₁ 内部の気密性が確保される。

5 処理容器 1₁ の底部には、セラミックなどからなる絶縁板 1₄ が設けられている。また、この絶縁板 1₄ 及び処理容器 1₁ 底部を貫通する排気口 1₅ が設けられている。この排気口 1₅ に連通する真空ポンプ (図示せず) により、処理容器 1₁ 内を所望の真空度にする事ができる。

10 また、処理容器 1₁ の側壁には、処理容器 1₁ 内に Ar などのプラズマガスを導入するためのプラズマガス供給ノズル 1₆ と、エッチングガスを導入するための処理ガス供給ノズル 1₇ とが上下に設けられている。これらのノズル 1₆, 1₇ は石英パイプなどで形成される。

15 処理容器 1₁ 内には、エッチング対象の基板 (被処理体) 2₁ を上面に置く載置台 2₂ が収容されている。この載置台 2₂ は、処理容器 1₁ の底部を遊貫する昇降軸 2₃ によって支持されており、上下動自在となっている。載置台 2₂ はまた、マッチングボックス 2₅ を介して、周波数範囲が数百 kHz ~ 十数 MHz であるバイアス用の高周波電源 2₆ に接続されている。なお、処理容器 1₁ 内の気密性を確保するため、載置台 2₂ と絶縁板 1₄ との間に、昇降軸 2₃ を囲むようにベローズ 2₄ が設けられている。

20 また、誘電体板 1₂ の上部には、この誘電体板 1₂ を介して処理容器 1₁ 内に高周波を供給するアンテナ 3₀ が配置されている。このアンテナ 3₀ は、誘電体板 1₂ により処理容器 1₁ から隔離されており、処理容器 1₁ 内で生成されるプラズマから保護されている。

25 また、誘電体板 1₂ 及びアンテナ 3₀ の周囲は、底部が開口している円筒形状のシールド部材 1₈ によって覆われている。このシールド部材 1₈ は、例えばアルミニウムなどの金属で形成され、接地されている。アンテナ 3₀ から放射された高周波は、このシールド部材 1₈ により遮蔽されるので、高周波がエッチング装置の外部に漏れることはない。

アンテナ 3₀ はマッチングボックス 4₂ を介して給電用の高周波電源 4₃ に接続されている。高周波電源 4₃ からは、周波数が 100 MHz ~ 8 GHz の高周

波が出力される。また、マッチングボックス 42 によってインピーダンスのマッチングを図ることにより、電力の使用効率を向上させることができる。

次に、図 1 に示したアンテナ 30 の構成について説明する。図 2 A および図 2 B に示すように、載置台 22 の中央部上方の誘電体板 12 の中央部には、円柱状の導体柱（第 1 の導体部材） 32 が配置されている。この導体柱 32 の周囲には、円筒状の導体リング（第 2 の導体部材） 33 が配置されている。導体柱 32 はマッチングボックス 42 を介して高周波電源 43 の一端に接続されている。導体リング 33 は、同じくマッチングボックス 42 を介して高周波電源 43 の他端に接続されている。

導体柱 32 と導体リング 33 との間には、導体リング 33 の外側で略円形のループを形成する 4 つの導体線 31 A, 31 B, 31 C, 31 D が、高周波電源 43 に対して並列に接続されている。

各導体線 31 A ~ 31 D は、導体柱 32 の周りに 90° 間隔で配置されている。すなわち、各導体線 31 A ~ 31 D が形成するループは、導体柱 32 を中心として、載置台 22 に垂直な軸の周りに回転対称となるように等間隔で配置されている。

これらのループ（導体線 31 A ~ 31 D）は、それぞれのループ面が載置台 22 と対向するように同一平面上に配置されている。すなわち、導体線 31 A ~ 31 D は、被処理体 21 が載置台 22 に載置された状態で被処理体 21 と対向する一平面上に配置されている。

このとき、各ループ（導体線 31 A ~ 31 D）の外周部（導体柱 32 から最も遠い部分）が、載置台 22 上に置かれる基板 21 の周縁の直上付近に位置するように配置される。

導体線 31 A ~ 31 D と導体リング 33 とが交差する部分の構造について、導体線 31 C を例に挙げて説明する。図 3 に示すように、導体リング 33 には貫通孔が形成されている。導体線 31 C はこの貫通孔内を通過して導体リング 33 の内側から外側へと延在している。また、貫通孔内における導体線 31 C と導体リング 33 との接触を避けるため、貫通孔の内壁には絶縁部材 34 が取り付けられている。他の導体線 31 A, 31 B, 31 D についても同様である。なお、導体リ

ング 3 3 は、シールド部材 1 8 に直接電氣的に接続されていてもよいし、接続されていなくてもよい。

5 以上の導体線 3 1 A ~ 3 1 D、導体柱 3 2 及び導体リング 3 3 は、銅又はアルミニウムなどで形成される。また、各導体線 3 1 A ~ 3 1 D は同じ部材で形成され、各導体線 3 1 A ~ 3 1 D のインピーダンス、各導体線 3 1 A ~ 3 1 D が形成するループの形状及び周囲長はすべて等しい。ここでは、各ループ（導体線 3 1 A ~ 3 1 D）の周囲長は、導体線 3 1 A ~ 3 1 D を流れる高周波電流の波長 λ_g と実質的に等しいものとする。

10 次に、アンテナ 3 0 の動作について説明する。図 2 A に示すように、4 つの導体線 3 1 A ~ 3 1 D は高周波電源 4 3 から電氣的に等距離にある導体柱 3 2 の側壁下端に接続され、また、それぞれのインピーダンスは等しいので、各導体線 3 1 A ~ 3 1 D には等位相かつ等振幅で給電される。また、各導体線 3 1 A ~ 3 1 D が形成するループの周囲長が λ_g であるので、各導体線 3 1 A ~ 3 1 D に供給された高周波電流は共振して定在波となる。

15 このとき、各ループ（導体線 3 1 A ~ 3 1 D）の基部、すなわち各導体線 3 1 A ~ 3 1 D が導体柱 3 2 及び導体リング 3 3 と接続された部分である接続部付近では、隣り合う導体線の高周波電流（図 2 A に示された細い実線矢印を参照）が逆方向に流れることになる。このため、その高周波電流の効果は互いにキャンセルされる。

20 その一方で、導体線 3 1 A ~ 3 1 D に同位相の定在波が生じることにより、各ループ（導体線 3 1 A ~ 3 1 D）の外周部には、同位相の大きい高周波電流（図 2 A に示されたの太い実線矢印を参照）が流れる。

25 これらの同位相の高周波電流により、各ループ（導体線 3 1 A ~ 3 1 D）の外周部を繋いだ領域にループ状電流（図 2 A に示された太い点線を参照）が形成されたのと同様の効果が得られる。このループ状電流の径は各導体線 3 1 A ~ 3 1 D が形成するループの径よりも大きいので、このループ状電流により擬似的に径が大きいループのアンテナが形成されることになる。

ループの径が小さいほどインダクタンスが小さいので、このアンテナ 3 0 は径が大きいループのアンテナと等価でありながら、そのインダクタンスは相対的に

小さいものとなる。これにより、同じパワーの高周波電源43を用いて給電しても、より大きい電流を流すことができ、高利得を得ることができる。また、このアンテナ30は共振を利用して大きい電流が流れるようにしているので、高出力を得ることができる。

5 次に、図1に示したアンテナ30の放射特性について説明する。前述したようにアンテナ30は径が大きい1つのループアンテナとして作用し、図4Aに示すように、太い点線で示されたループ状電流により電界が作られる。

したがって、xz面における電界強度分布は図4Bに示すようになり、上記ループ状電流の近く、すなわち各導体線31A~31Dが形成するループの外周部
10 を繋いだ領域の近くで強い電界が作られることになる。yz面における電界強度分布も図4Bに示される分布と同様になり、やはり上記ループ状電流の近くで強い電界が作られることになる。

次に、図1に示されるエッチング装置の動作について説明する。基板21が載置台22の上面に置かれた状態で、処理容器11内を例えば0.01~10Pa
15 程度の真空度にする。この真空度を維持しつつ、プラズマガス供給ノズル16からプラズマガスとしてArを供給し、処理ガス供給ノズル17からCF₄などのエッチングガスを流量制御して供給する。

処理容器11内にプラズマガス及びエッチングガスが供給された状態で、高周波電源43よりアンテナ30に給電する。これによりアンテナ30から高周波が
20 放射される。この高周波は誘電体板12を透過して処理容器11内に導入されて、処理容器11内に電界が形成される。

その電界強度分布は図4Bに示される分布となり、図2Aにおける太い点線で示されたループ状電流の近く、すなわち各導体線31A~31Dが形成するループの外周部を繋いだ領域の近くで他の領域より強い電界が作られることになる。

25 前述したように、各ループ（導体線31A~31D）の外周部は処理対象の基板21の周縁の直上付近に位置しているので、基板21の周縁の直上付近で比較的強い電界が作られることになる。

このような強度分布をもつ電界は処理容器11内のArを電離させて、基板21の上部空間50にプラズマを生成する。電界強度が大きいほど効率的にプラズ

マが生成されるので、空間 5 0 の外周部である基板 2 1 周縁の直上付近におけるプラズマの密度が他の領域より高くなる。

このエッチング装置では、空間 5 0 で生成されたプラズマは、拡散しつつ下降して行く。空間 5 0 の外周部から処理容器 1 1 内壁に向かい失活するプラズマもあるが、空間 5 0 の外周部には比較的高密度にプラズマが存在しているので、基板 2 1 上面の周縁付近に到達するプラズマを中央付近に到達するプラズマと同程度とすることができる。

その結果、基板 2 1 上面におけるプラズマ密度を均一にすることができるので、このプラズマによるエッチング処理の処理速度を基板 2 1 の全域で一定にすることができる。

なお、ここではアンテナ 3 0 のループ（導体線 3 1 A～3 1 D）の周囲長を、導体線 3 1 A～3 1 D を流れる高周波電流の波長 λ_g と等しいとしたが、 λ_g の自然数倍としてもよい。

また、アンテナ 3 0 が 4 つの導体線 3 1 A～3 1 D を有している場合を例に挙げて説明したが、導体線は 2 つ以上であればよい。

（実施の形態 2）

次に、本発明の実施の形態 2 に係るエッチング装置に使用されるアンテナの構成について図 5 を用いて説明する。なお、図 5 において、図 2 A と同一部分を同一符号をもって示し、適宜その説明を省略する。

図 5 に示されるアンテナ 1 3 0 では、4 つの導体線 1 3 1 A, 1 3 1 B, 1 3 1 C, 1 3 1 D がそれぞれ形成するループの周囲長が、その導体線 1 3 1 A～1 3 1 D を流れる高周波電流の波長 λ_g より短くされている。ここでは、ループ（導体線 1 3 1 A～1 3 1 D）の周囲長は $\lambda_g/4$ 程度とされる。

導体柱 1 3 2 はマッチングボックス 1 4 2 を介して高周波電源 4 3 に接続されているが、導体リング 1 3 3 は接地されている。各導体線 1 3 1 A～1 3 1 D には等振幅かつ等位相にて給電される。このとき各導体線 1 3 1 A～1 3 1 D にはそれぞれの両端間で振幅が正弦波的に変化する高周波電流が流れる。これら 4 つのループ（導体線 1 3 1 A～1 3 1 D）により、複数の電流素子からなるアンテナが形成される。

各導体線131A～131Dに流れる高周波電流の振幅は、導体柱132に接続される一端で零であり、両端間で正弦波的に変化して、導体リング133に接続される他端で最大となる。

したがって、各導体線131A～131Dの他端が接続される導体リング133の直径を変化させることにより、各導体線131A～131Dにおいて大きい高周波電流の流れる箇所を処理容器11の径方向で調整することができる。

導体線131A～131Dを流れる高周波電流が処理容器11内に誘導電界を形成して、処理対象である基板21の上部空間50にプラズマを生成するのは、図1および図2Aに示されたアンテナ30と同様である。よって、このアンテナ130でも、基板21周縁の直上付近において大きい高周波電流が流れるように調整することで、空間50の外周部におけるプラズマの密度を高くし、基板21上面におけるプラズマの分布を改善することができるので、従来よりも均一な速度により基板21の全域にエッチング処理を施すことができる。

(実施の形態3)

次に、本発明の実施の形態3に係るエッチング装置に使用されるアンテナの構成について図6を用いて説明する。図6に示されるアンテナ230は、4つの導体線の接続を変化させたものである。各導体線231A, 231B, 231C, 231Dが導体柱32の周りに90°間隔で配置されていることは、図2Aに示されたアンテナ30と同様である。

ただし、導体線231A, 231Bがそれぞれ形成するループと導体線231D, 231Cがそれぞれ形成するループとは、導体柱32の中心を通るy軸に対して対称となるように、導体柱32及び導体リング33と接続されている。

また、導体線231Aが形成するループと導体線231Bが形成するループとは、導体柱32を中心として載置台22に垂直な軸の周りに90°回転対称となるように導体柱32及び導体リング33と接続され、導体線231Cが形成するループと導体線231Dが形成するループとは、同じく導体柱32を中心として載置台22に垂直な軸の周りに90°回転対称となるように導体柱32及び導体リング33と接続されている。

各導体線231A～231Dがそれぞれ形成するループは、二等辺三角形の角

を丸めた形状をしている。ここでは、各ループ（導体線 231A～231D）の周囲長は、導体線 231A～231D を流れる高周波電流の波長 λ_g と等しいものとされる。その他の点は、図 2A に示されたアンテナ 30 と同様であるので、その説明を省略する。

5 図 7A では、アンテナ 230 に形成されるダイポール電流が示されており、図 7B では、 xz 面における電界強度分布を示している。アンテナ 230 では、図 2A に示されたアンテナ 30 と同様に、各導体線 231A～231D は等位相かつ等振幅で給電され、また、各導体線 231A～231D に供給された高周波電流は共振して定在波となる。

10 このとき、各導体線 231A～231D が形成するループの外周部における大きい高周波電流 $I_{A2} \sim I_{D2}$ が、ループ（導体線 231A～231D）の外周部付近に 2 つのダイポール電流 I_1, I_2 を形成する。

具体的には、導体線 231A, 231B が形成するループの外周部における高周波電流 I_{A2}, I_{B2} がダイポール電流 I_1 を形成し、導体線 231C, 231D が形成するループの外周部における高周波電流 I_{C2}, I_{D2} がダイポール電流 I_2 を形成する。

さらに、各導体線 231A～231D の接続部付近における高周波電流 $I_{A1} \sim I_{D1}, I_{A3} \sim I_{D3}$ で、相互にキャンセルされずに残ったものが、ダイポール電流 I_3 を形成する。このように、擬似的に多重のダイポールアンテナが形成される。したがって、 xz 面における電界強度分布は図 7B に示す分布となつて、ダイポール電流 $I_1 \sim I_3$ の近くで強い電界が作られることになる。

ダイポール電流 $I_1 \sim I_3$ が処理容器 11 内に誘導電界を形成して、処理対象である基板 21 の上部空間 50 にプラズマを生成するのは、図 2A に示されたアンテナ 30 と同じである。

25 ダイポール電流 I_1, I_2 は、導体線 231A～231D がそれぞれ形成するループの外周部付近に作られるので、空間 50 の外周部におけるプラズマの密度を高くし、基板 21 上面の周縁付近におけるプラズマの密度を高くすることができる。これにより、基板 21 上面の周縁付近におけるエッチング速度を従来より速くすることができる。

5 なお、アンテナ 230 が 4 つの導体線 231A ~ 231D を有している場合を例に挙げて説明したが、導体線は 2 つ以上の偶数であればよい。この場合、y 軸に対して一方の側（例えば $x > 0$ ）に位置する複数のループを、導体柱 32 を中心として載置台 22 に垂直な軸の周りに回転対称となるように等間隔で配置するとよい。y 軸に対して他方の側（例えば $x < 0$ ）に位置する複数のループについても同様である。

以上では本発明のプラズマ装置をエッチング装置に適用した場合を例に挙げて説明したが、例えばプラズマ CVD 装置などの他のプラズマ装置に適用してもよい。

10 以上説明したように、本発明のプラズマ装置では、処理容器内に高周波を供給するアンテナとして、それぞれがループを形成する複数の導体線を高周波電源に並列に接続して構成したものを使用する。これにより、載置台上に置かれた被処理体上面の周縁と対向する位置に強い電界が形成されて、この領域に高密度のプラズマを生成することができる。

15 したがって、処理容器内壁に向かい失活するプラズマがあっても、被処理体上面の周縁付近におけるプラズマの分布を高くすることができる。その結果、この領域での処理速度を改善することができる。

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきであり、本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

25 この発明は、プラズマ装置においてプラズマの均一性を向上する構造に有効に適用される。

請求の範囲

1. 被処理体（21）を收容して、被処理体（21）に所定の処理を施すための処理容器（11）と、
- 5 それぞれ導体線（31A～31D、131A～131D、231A～231D）より形成された複数のループを有して、前記処理容器（11）内に高周波を供給するアンテナ（30、130、230）と、
- 前記アンテナ（30、130、230）に給電するための高周波電源（43）と
- 10 を備え、
- 前記複数のループのそれぞれは、実質的に同じ周囲長を有して前記高周波電源（43）に対して互いに並列に接続されるとともに、前記処理容器（11）内に被処理体（21）が收容された状態で被処理体（21）と対向する一平面上に配置された、プラズマ装置。
- 15 2. 請求項1に従属するプラズマ装置であって、
- 前記アンテナ（30、130、230）は、
- 前記処理容器（11）内に被処理体（21）が收容された状態で被処理体（21）の中央部と対向する位置に配置されるとともに、前記高周波電源（43）の一端に接続された第1の導体部材（32）と、
- 20 前記第1の導体部材（32）の周囲に配置されるとともに、前記高周波電源（43）の他端に接続された第2の導体部材（33）と
- をさらに備え、
- 前記複数のループのそれぞれにおいては、前記導体線（31A～31D、131A～131D、231A～231D）の一端が前記第1の導体部材（32）に
- 25 接続されるとともに、前記導体線（31A～31D、131A～131D、231A～231D）の他端が前記第2の導体部材（33）に接続され、
- 前記複数のループのそれぞれは、前記第2の導体部材（33）の外側に配置されている。
3. 請求項2に従属するプラズマ装置であって、

前記複数のループのそれぞれにおいては、前記処理容器（１１）内に被処理体（２１）が収容された状態で前記導体線（３１Ａ～３１Ｄ、１３１Ａ～１３１Ｄ、２３１Ａ～２３１Ｄ）の一部が被処理体（２１）の周縁と対向するように配置されている。

5 4. 請求項２に従属するプラズマ装置であって、

前記複数のループのそれぞれは、前記処理容器（１１）内に被処理体（２１）が収容された状態で被処理体（２１）に垂直な軸の周りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されている。

5. 請求項２に従属するプラズマ装置であって、

10 前記アンテナ（３０、１３０、２３０）は、前記複数のループとして偶数個のループを備え、

前記複数のループのそれぞれが配置された前記一平面上に位置し、前記第１の導体部材（３２、１３２）の中心を通る直線に対して対称となるように、前記偶数個のループのそれぞれが配置され、

15 前記偶数個のループのうち、前記第１の導体部材（３２）の中心を通る前記直線を挟んで一方の側に位置するループのそれぞれは、前記処理容器（１１）内に被処理体（２１）が収容された状態で被処理体（２１）に垂直な軸の回りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されている。

6. 請求項２に従属するプラズマ装置であって、

20 前記複数のループのそれぞれの前記周囲長は、そのループを形成する導体線（３１Ａ～３１Ｄ、１３１Ａ～１３１Ｄ、２３１Ａ～２３１Ｄ）を流れる高周波電流の波長の略自然数倍である。

7. 請求項１に従属するプラズマ装置であって、

前記アンテナ（３０、１３０、２３０）は、

25 前記処理容器（１１）内に収容される被処理体（２１）の中央部と対向する位置に配置されるとともに、前記高周波電源（４３）に接続された第１の導体部材（１３２）と、

前記第１の導体部材（１３２）の周囲に配置されるとともに、接地された第２の導体部材（１３３）と

をさらに備え、

前記複数のループのそれぞれにおいては、前記導体線（31A～31D、131A～131D、231A～231D）の一端が前記第1の導体部材（132）に接続されるとともに、前記導体線（31A～31D、131A～131D、231A～231D）の他端が前記第2の導体部材（133）に接続され、

前記複数のループのそれぞれは、前記第2の導体部材（133）の外側に配置されている。

8. 請求項7に従属するプラズマ装置であって、

前記複数のループのそれぞれにおいては、前記導体線（31A～31D、131A～131D、231A～231D）の一部が前記処理容器（11）内に収容された前記被処理体（21）の周縁と対向するように配置されている。

9. 請求項7に従属するプラズマ装置であって、

前記複数のループのそれぞれは、前記処理容器（11）内に収容された前記被処理体（21）に垂直な軸の周りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されている。

10. 請求項7に従属するプラズマ装置であって、

前記アンテナ（30、130、230）は、前記複数のループとして偶数個のループを備え、

前記複数のループのそれぞれが配置された前記一平面上に位置し、前記第1の導体部材（132）の中心を通る直線に対して対称となるように、前記偶数個のループのそれぞれが配置され、

前記偶数個のループのうち、前記第1の導体部材（132）の中心を通る前記直線を挟んで一方の側に位置するループのそれぞれは、前記処理容器（11）内に被処理体（21）が収容された状態で被処理体（21）に垂直な軸の回りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されている。

11. 請求項7に従属するプラズマ装置であって、

前記複数のループのそれぞれの前記周囲長は、そのループを形成する導体線（31A～31D、131A～131D、231A～231D）を流れる高周波電流の波長よりも短い。

- 1 2. 請求項 1 に従属するプラズマ装置であって、
前記複数のループのそれぞれにおいては、前記導体線（3 1 A～3 1 D、1 3 1 A～1 3 1 D、2 3 1 A～2 3 1 D）の一部が前記処理容器（1 1）内に收容された前記被処理体（2 1）の周縁と対向するように配置されている。
- 5 1 3. 請求項 1 2 に従属するプラズマ装置であって、
前記複数のループのそれぞれは、前記処理容器（1 1）内に收容された前記被処理体（2 1）に垂直な軸の周りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されている。
- 1 4. 請求項 1 3 に従属するプラズマ装置であって、
10 前記アンテナ（3 0、1 3 0、2 3 0）は、前記複数のループとして偶数個のループを備え、
前記複数のループのそれぞれが配置された前記一平面上に位置し、前記第 1 の導体部材（3 2、1 3 2）の中心を通る直線に対して対称となるように、前記偶数個のループのそれぞれが配置され、
- 15 前記偶数個のループのうち、前記第 1 の導体部材（3 2、1 3 2）の中心を通る前記直線を挟んで一方の側に位置するループのそれぞれは、前記処理容器（1 1）内に被処理体（2 1）が收容された状態で被処理体（2 1）に垂直な軸の回りに回転対称となるように互いに等間隔で配置されている。
- 1 5. 請求項 1 に従属するプラズマ装置であって、
20 前記複数のループのそれぞれの前記周囲長は、そのループを形成する導体線（3 1 A～3 1 D、1 3 1 A～1 3 1 D、2 3 1 A～2 3 1 D）を流れる高周波電流の波長の略自然数倍である。
- 1 6. 請求項 1 に従属するプラズマ装置であって、
前記複数のループのそれぞれの前記周囲長は、そのループを形成する導体線
25 （3 1 A～3 1 D、1 3 1 A～1 3 1 D、2 3 1 A～2 3 1 D）を流れる高周波電流の波長よりも短い。

FIG.1

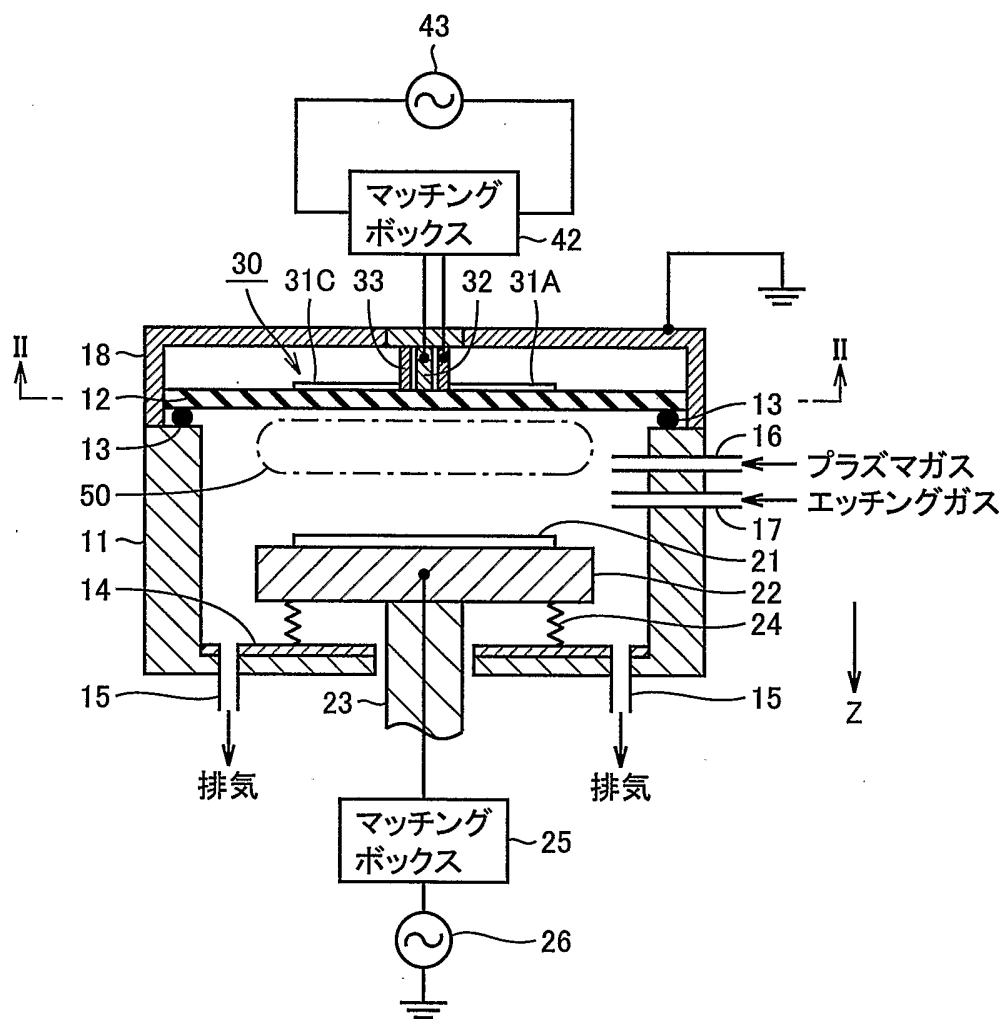


FIG.2A

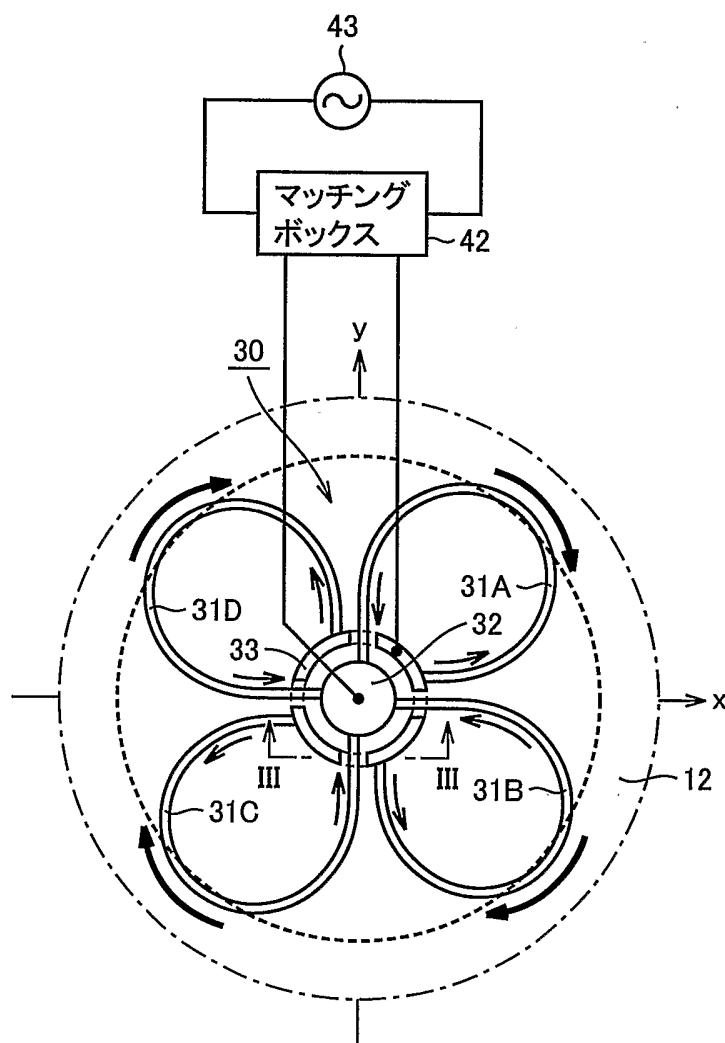


FIG.2B

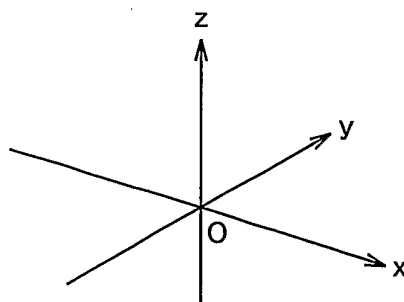


FIG.3

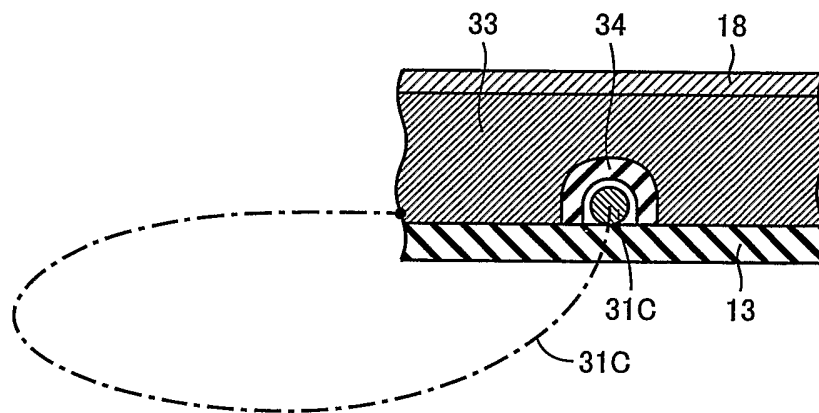


FIG.4A

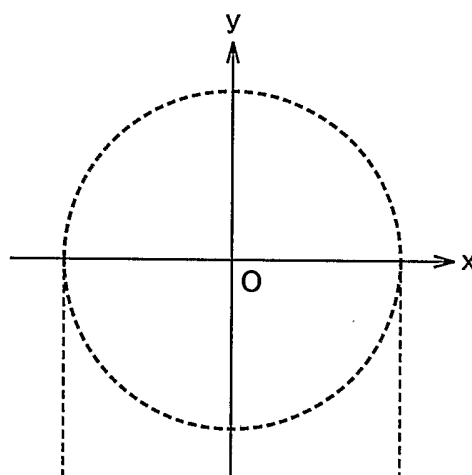


FIG.4B

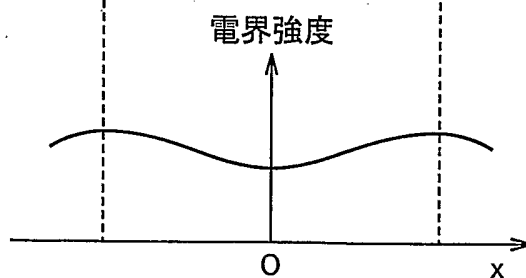


FIG.5

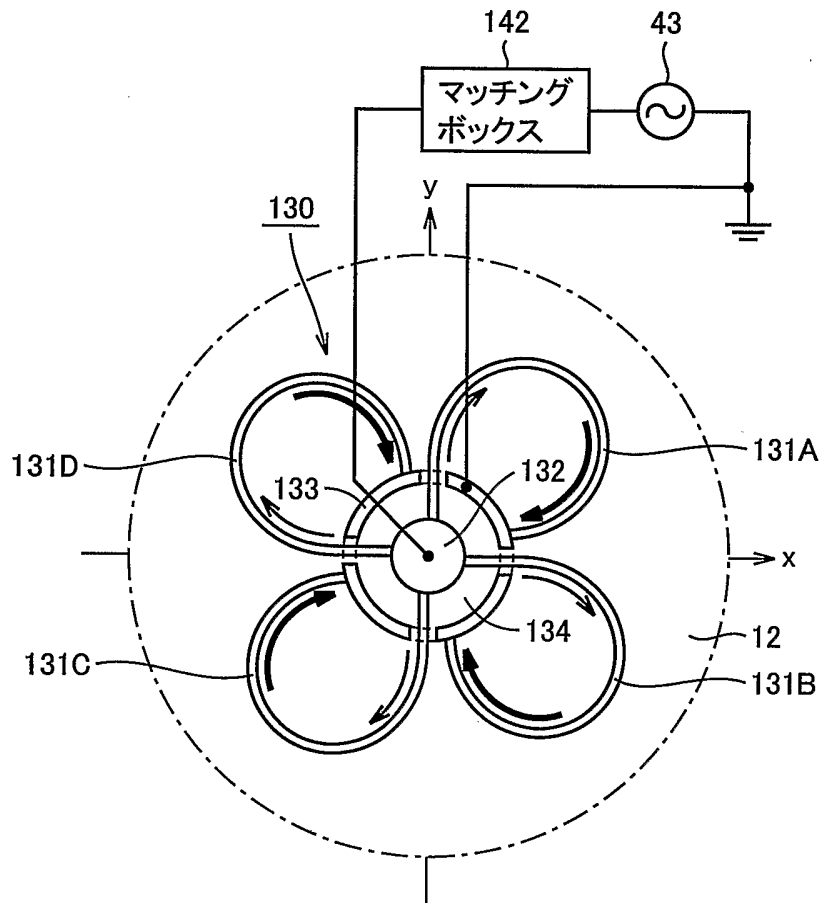


FIG.6

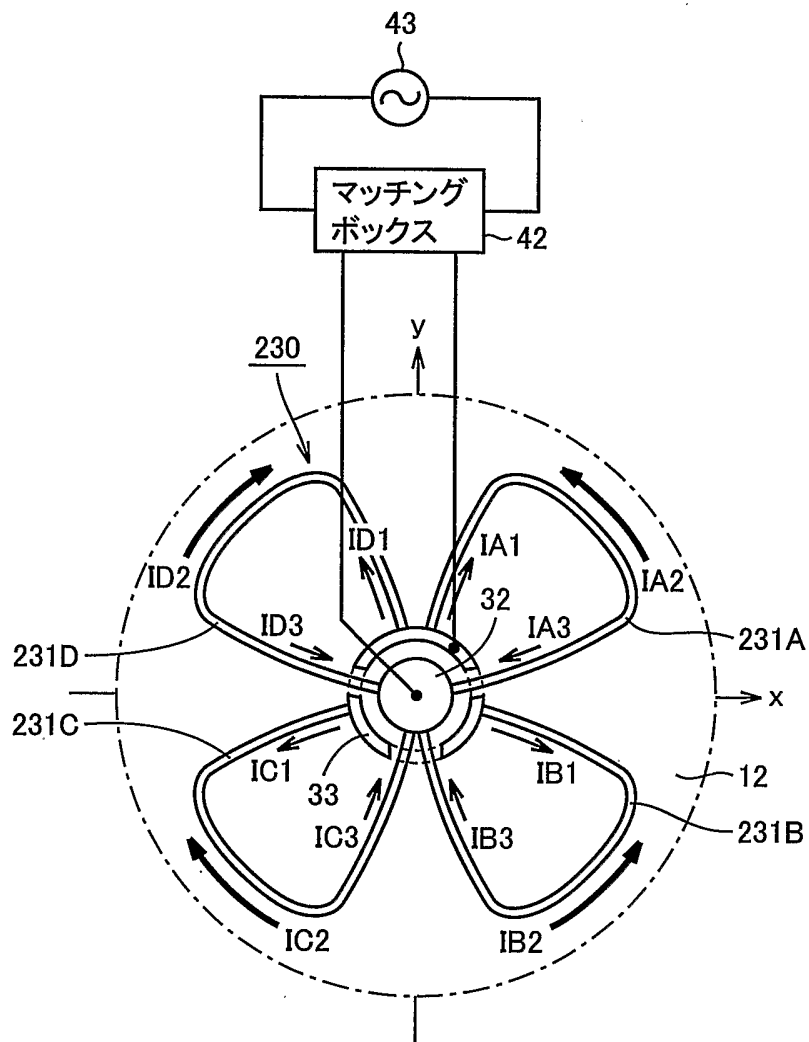


FIG.7A

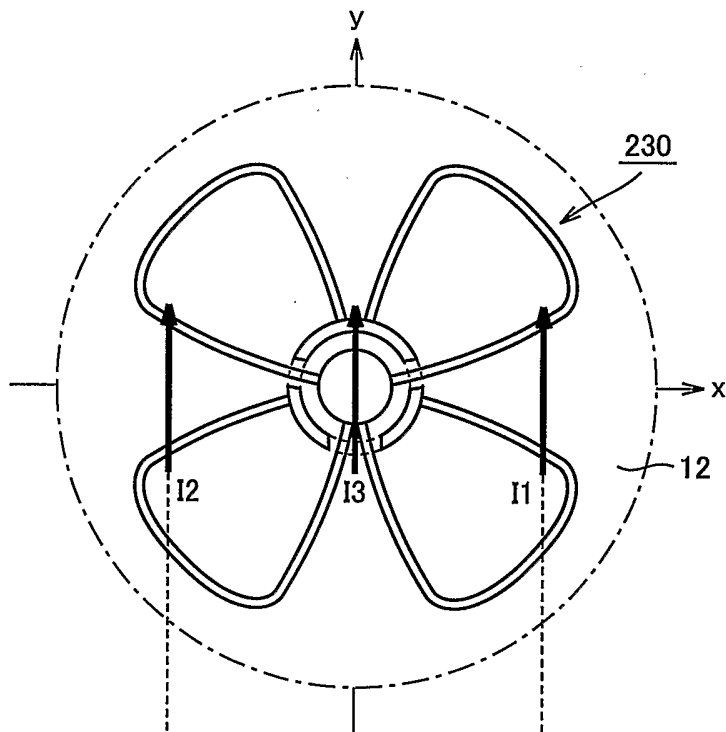


FIG.7B

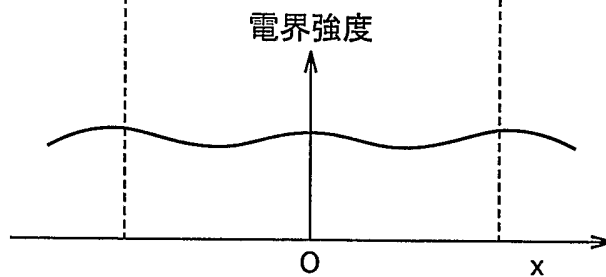


FIG.8

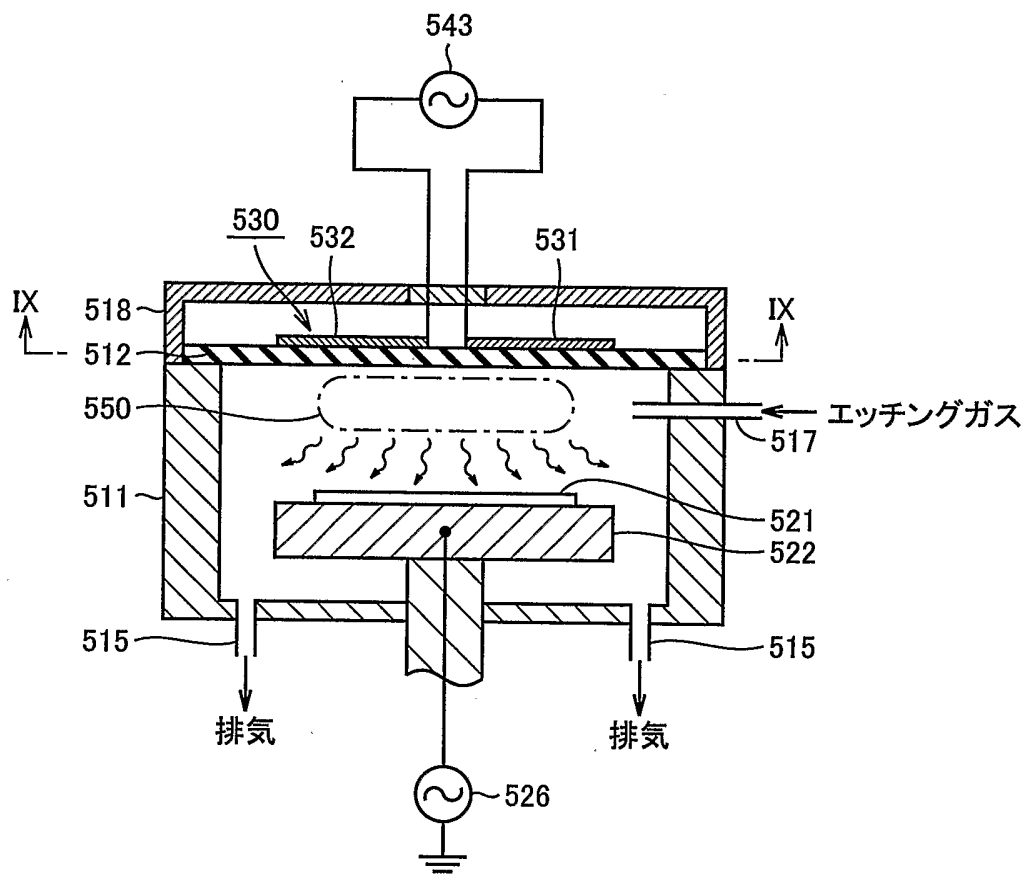


FIG.9A

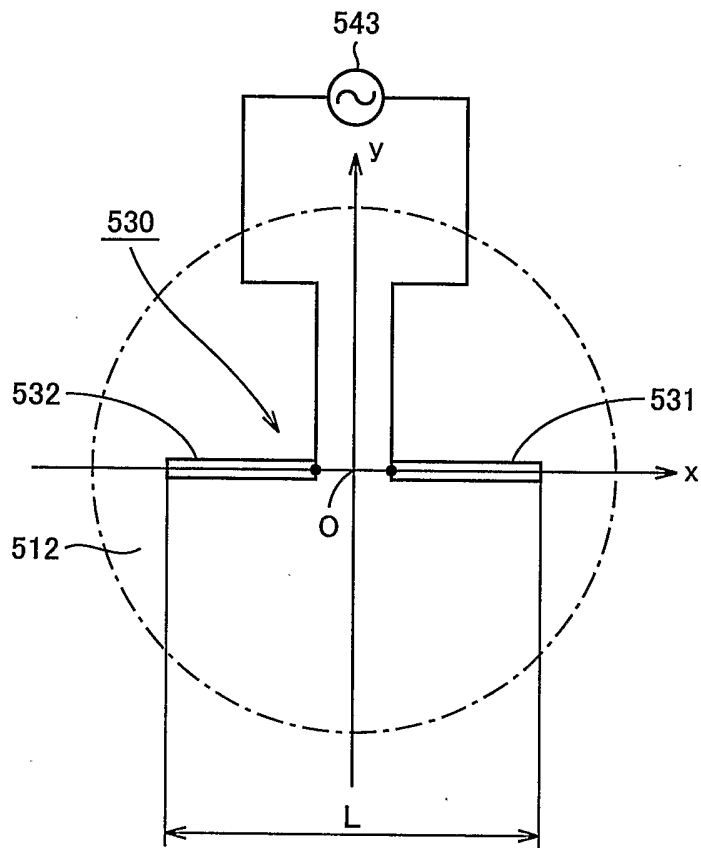


FIG.9B

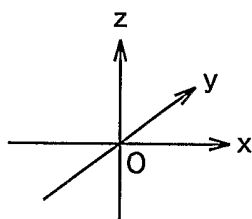


FIG.10A

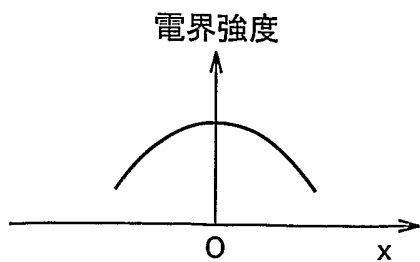
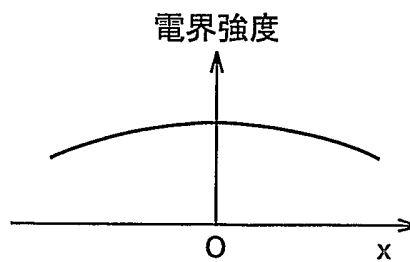


FIG.10B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02567

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H05H1/46, H01L21/3065, H01L21/205, C23C16/505		
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) Int.Cl ⁷ H05H1/46, H01L21/3065, H01L21/205, C23C16/505		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002		
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.
X	EP 1130948 A (ANELVA Corp.), 05 September, 2001 (05.09.01), Par. Nos. [0064] to [0070]; Fig. 3 & WO 01/19144 A	1, 15
Y	US 5571366 A (Tokyo Electron Ltd.), 05 November, 1996 (05.11.96), Column 11, line 10 to column 11, line 22; Fig. 11 & JP 7-122399 A	1
Y	JP 8-195296 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 July, 1996 (30.07.96), Par. Nos. [0012] to [0013]; Fig. 1 (Family: none)	1
<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 document 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 11 June, 2002 (11.06.02)		Date of mailing of the international search report 25 June, 2002 (25.06.02)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/02567

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 2000-310697 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 07 November, 2000 (07.11.00), Par. Nos. [0037] to [0040]; Fig. 3 (Family: none)	1
Y	US 5919382 A (Applied Materials, Inc.), 06 July, 1999 (06.07.99), Column 1, line 20 to column 7, line 44; column 11, line 57 to column 12, line 9; Figs. 1 to 5, 36 & JP 8-227878 A	1,7-9,11-13, 15-16
Y	JP 9-293600 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 November, 1997 (11.11.97), Par. Nos. [0016] to [0086]; Fig. 1 (Family: none)	1,7-9,11-13, 15-16
Y	JP 3-68773 A (Plasma and Materials Technologies, Inc.), 25 March, 1991 (25.03.91), Page 9, lower right column to page 10, upper left Column; Fig. 4 (Family: none)	2-6
E,X	JP 2002-100615 A (Tokyo Electron Ltd.), 05 April, 2002 (05.04.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 59-154803 A (Mitsubishi Electric Corp.), 03 September, 1984 (03.09.84), Full text; all drawings (Family: none)	1-16
E,A	JP 2002-100610 A (Tokyo Electron Ltd.), 05 April, 2002 (05.04.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-16

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int. Cl⁷ H05H1/46, H01L21/3065, H01L21/205, C23C16/505</p>														
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>Int. Cl⁷ H05H1/46, H01L21/3065, H01L21/205, C23C16/505</p>														
<p>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</p> <p>日本国実用新案公報 1940-1996年</p> <p>日本国公開実用新案公報 1971-2002年</p> <p>日本国登録実用新案公報 1994-2002年</p> <p>日本国実用新案登録公報 1996-2002年</p>														
<p>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)</p>														
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求の範囲の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>EP 1130948 A(ANELVA CORPORATION) 2001.09.05 paragraph 0064-0070, Figure 3 &WO 01/19144 A</td> <td>1, 15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 5571366 A(Tokyo Electron Limited) 1996.11.05 column 11, line 10-column 11, line 22, figure 11 &JP 7-122399 A</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 8-195296 A(松下電器産業株式会社) 1996.07.30 段落0012-0013, 図1 (ファミリーなし)</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>			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	X	EP 1130948 A(ANELVA CORPORATION) 2001.09.05 paragraph 0064-0070, Figure 3 &WO 01/19144 A	1, 15	Y	US 5571366 A(Tokyo Electron Limited) 1996.11.05 column 11, line 10-column 11, line 22, figure 11 &JP 7-122399 A	1	Y	JP 8-195296 A(松下電器産業株式会社) 1996.07.30 段落0012-0013, 図1 (ファミリーなし)	1
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												
X	EP 1130948 A(ANELVA CORPORATION) 2001.09.05 paragraph 0064-0070, Figure 3 &WO 01/19144 A	1, 15												
Y	US 5571366 A(Tokyo Electron Limited) 1996.11.05 column 11, line 10-column 11, line 22, figure 11 &JP 7-122399 A	1												
Y	JP 8-195296 A(松下電器産業株式会社) 1996.07.30 段落0012-0013, 図1 (ファミリーなし)	1												
<p><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。</p>														
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p>														
<p>国際調査を完了した日</p> <p>11.06.02</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>25.06.02</p>													
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁 (ISA/JP)</p> <p>郵便番号100-8915</p> <p>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>特許庁審査官 (権限のある職員)</p> <p>山口 敦司</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 6234</p>	<p>2G 9216</p> <p>印</p>												

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 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-310697 A(富士電機株式会社) 2000.11.07 段落0037-0040, 図3 (ファミリーなし)	1
Y	US 5919382 A(Applied Materials, Inc.) 1999.07.06 column 1, line 20-column 7, line 44, column 11, line 57-column 12, line 9, figure 1-5, 36 &JP 8-227878 A	1, 7-9, 11-13, 15-16
Y	JP 9-293600 A(松下電器産業株式会社) 1997.11.11 段落0016-0086, 図1 (ファミリーなし)	1, 7-9, 11-13, 15-16
Y	JP 3-68773 A(プラズマ・アンド・マテリアルズ・テクノロジーズ、 インコーポレイテッド) 1991.03.25 第9頁右下欄-第10頁左上欄, 図4 (ファミリーなし)	2-6
E, X	JP 2002-100615 A(東京エレクトロン株式会社) 2002.04.05 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 59-154803 A(三菱電機株式会社) 1984.09.03 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16
E, A	JP 2002-100610 A(東京エレクトロン株式会社) 2002.04.05 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-16