

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5369733号
(P5369733)

(45) 発行日 平成25年12月18日 (2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日 (2013.9.27)

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

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2009-26423 (P2009-26423)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成21年2月6日 (2009.2.6)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-231271 (P2009-231271A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成21年10月8日 (2009.10.8)	(74) 代理人	110001586
審査請求日	平成24年2月2日 (2012.2.2)		特許業務法人アイミー国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2008-45697 (P2008-45697)	(74) 代理人	100091409
(32) 優先日	平成20年2月27日 (2008.2.27)		弁理士 伊藤 英彦
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100096792
			弁理士 森下 八郎
		(74) 代理人	100091395
			弁理士 吉田 博由
		(72) 発明者	松本 直樹
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

上部開口を有する処理容器と、

下面に厚み寸法が連続的に変化するように傾斜する傾斜面を有し、前記処理容器の上部開口を閉鎖するように配置される誘電体と、

前記誘電体の上面に配置され、前記誘電体にマイクロ波を供給して前記誘電体の下面にプラズマを発生させるアンテナとを備え、

前記アンテナは、前記傾斜面の鉛直上方に位置する複数のスロットを有し、

前記誘電体の下面には、内周側壁面および外周側壁面が前記傾斜面であるリング形状の凹溝が形成されており、

前記複数のスロットは、前記内周側壁面および前記外周側壁面それぞれの鉛直上方に位置し、

前記複数のスロットは、中央部領域の鉛直上方に位置する第1のスロット群と、前記内周側壁面の鉛直上方に位置する第2のスロット群と、前記凹溝の底壁の鉛直上方に位置する第3のスロット群と、前記外周側壁面の鉛直上方に位置する第4のスロット群とに区分されており、

前記第1のスロット群と前記第2のスロット群とで内側スロット対をなし、前記第3のスロット群と前記第4のスロット群とで外側スロット対をなす、プラズマ処理装置。

【請求項2】

前記第1のスロット群を構成するスロットおよび前記第3のスロット群を構成するスロツ

トはそれぞれ、前記アンテナの中心と各スロットとを結んだ直線に対して一方方向に同一角度傾くよう周方向に間隔を開けて設けられており、

前記第2のスロット群を構成するスロットおよび前記第4のスロット群を構成するスロットはそれぞれ、前記アンテナの中心と各スロットとを結んだ直線に対して他方方向に同一角度傾くよう周方向に間隔を開けて設けられている、請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】

前記複数のスロットは、前記内側スロット対と前記外側スロット対とで二重に構成されている、請求項1または2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】

前記第2のスロット群は、7個のスロットから構成されている、請求項1～3のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】

前記第4のスロット群は、26個のスロットから構成されている、請求項1～4のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、プラズマ処理装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来のプラズマ処理装置は、例えば、特開2005-100931号公報（特許文献1）に開示されている。同公報に開示されているプラズマ処理装置は、被処理基板を収納するプラズマ発生室と、マイクロ波によって駆動されて電磁界を発生するアンテナと、アンテナの下部に設けられ、プラズマ発生室の開口部を封止する天板と、天板の下面側に形成されたテーパ状の凸部または凹部とを備える。

【0003】

上記構成のプラズマ処理装置は、天板の径方向の厚さを連続的に変化させることにより、どのような条件化においても最適な共振領域を形成することができる。その結果、安定したプラズマの発生が可能になると記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-100931号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記構成のプラズマ処理装置においては、アンテナに形成されたスロットから天板に向かってマイクロ波が放射される。したがって、安定したプラズマの発生を実現するためには、天板とスロットとの位置関係も重要であると考えられる。

【0006】

そこで、この発明の目的は、誘電体とスロットとの位置関係を規定することにより、よりプラズマ着火性および着火安定性に優れたプラズマ処理装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係るプラズマ処理装置は、上部開口を有する処理容器と、下面に厚み寸法が連続的に変化するように傾斜する傾斜面を有し、処理容器の上部開口を閉鎖するように配置される誘電体と、誘電体の上面に配置され、誘電体にマイクロ波を供給して誘電体の下面にプラズマを発生させるアンテナとを備える。そして、アンテナは、傾斜面の鉛直上方に位置する複数のスロットを有する。

【 0 0 0 8 】

上記構成とすることにより、マイクロ波はスロットを通過して傾斜面に放射される。傾斜面のいずれかの位置でマイクロ波の波長と誘電体の厚み寸法とが合致すれば、誘電体の下面の電界強度が増加する。その結果、プラズマ着火性および着火安定性が向上する。

【 0 0 0 9 】

好ましくは、誘電体の下面には、内周側壁面および外周側壁面が傾斜面であるリング形状の凹溝が形成されている。そして、スロットは、内周側壁面および外周側壁面それぞれの鉛直上方に位置する。一実施形態として、傾斜面は円錐面である。

【 0 0 1 0 】

好ましくは、複数のスロットは、アンテナの中心と各スロットとを結んだ直線に対して同一方向に同一角度傾いている。これにより、エッチングレート（ E/R ）分布が均一化される。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

この発明によれば、スロットを傾斜面の鉛直上方に配置することにより、よりプラズマ着火性および着火安定性に優れたプラズマ処理装置を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置を示す図である。

【 図 2 】 図 1 に示す誘電体の断面図である。

【 図 3 】 図 1 に示す誘電体とスロットアンテナとを重ね合わせた平面図である。

【 図 4 】 図 2 に示す誘電体の電界強度を示す図である。

【 図 5 】 溝幅を 7.1 mm とした場合の電界強度を示す図である。

【 図 6 】 溝幅を 6.1 mm とした場合の電界強度を示す図である。

【 図 7 】 溝幅を 5.6 mm とした場合の電界強度を示す図である。

【 図 8 】 溝幅を 5.1 mm とした場合の電界強度を示す図である。

【 図 9 】 溝幅を 4.6 mm とした場合の電界強度を示す図である。

【 図 10 】 溝幅を 4.1 mm とした場合の電界強度を示す図である。

【 図 11 】 溝幅を 3.6 mm とした場合の電界強度を示す図である。

【 図 12 】 比較例 1 としての誘電体の断面図である。

【 図 13 】 比較例 2 としての誘電体の断面図である。

【 図 14 】 比較例 3 としての誘電体の断面図である。

【 図 15 】 実施例 1 の電子数分布を示す図である。

【 図 16 】 比較例 1 の電子数分布を示す図である。

【 図 17 】 比較例 2 の電子数分布を示す図である。

【 図 18 】 比較例 3 の電子数分布を示す図である。

【 図 19 】 実施例 1 の E/R 分布を示す図である。

【 図 20 】 比較例 1 の E/R 分布を示す図である。

【 図 21 】 比較例 2 の E/R 分布を示す図である。

【 図 22 】 比較例 3 の E/R 分布を示す図である。

【 図 23 】 比較例 4 としての誘電体の断面図である。

【 図 24 】 比較例 4 としての誘電体とスロットアンテナとを重ね合わせた平面図である。

【 図 25 】 比較例 5 としてのスロットアンテナと誘電体とを重ね合わせた平面図である。

【 図 26 】 実施例 1 の E/R 分布を示す図である。

【 図 27 】 比較例 5 の E/R 分布を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 3 】

図 1 ~ 図 3 を参照して、この発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置 11 を説明する。なお、図 1 はプラズマ処理装置 11 を示す図、図 2 は誘電体 15 の断面図、図 3 は誘電体 15 とスロットアンテナ 24 とを重ね合わせた平面図である。まず、図 1 を参照して

10

20

30

40

50

、プラズマ処理装置 11 は、プラズマ処理空間 S を構成する処理容器 12 および誘電体 15 と、マイクロ波供給装置 18 と、排気装置 26 とを主に備える。

【0014】

処理容器 12 は、上部開口を有する有底円筒体であって、内部に半導体ウェハ W を保持する保持台としてのサセプタ 13 と、処理ガスを導入するガス導入部 14 とを備える。サセプタ 13 は、半導体ウェハ W の表面温度の管理を行うと共に、バイアス用の高周波信号を発生させる交流電源 13a に接続されている。処理ガス導入部 14 は、処理容器 12 の側壁面に設けられて、処理ガス供給源（図示省略）からの処理ガスを処理空間 S に供給する。処理ガスは、アルゴンガスや C_4F_8 ガス等を処理内容によって使い分けている。

【0015】

誘電体 15 は、石英によって形成される円盤形状の部材であって、処理容器 12 の上部開口を閉鎖するように配置される。また、処理容器 12 と誘電体 15 との当接面には、処理空間 S を密閉するためのシール材 12a が設けられている。

【0016】

次に、図 2 を参照して、誘電体 15 の構成を詳しく説明する。誘電体 15 の下面には、リング形状の凹溝 16 と、処理容器 12 をプラズマから保護するスカート 17 とが設けられている。

【0017】

凹溝 16 の側壁面 16a, 16b は、誘電体 15 の厚み寸法が連続的に変化するように傾斜する傾斜面となっている。この実施形態においては、内周側壁面 16a および外周側壁面 16b は、それぞれ円錐面（円錐の側壁面）、つまり断面形状が直線となっているが、これに限ることなく、断面形状が曲線形状（図 23 の傾斜部 34c）であってもよい。

【0018】

また、誘電体 15 の中心から $R/4$ （ R は誘電体 15 の半径）の領域を中央部領域、中央部領域の外側を端部領域と定義すると、凹溝 16 は、誘電体 15 の端部領域に配置される。つまり、凹溝 16 の内径は、 $R/4$ より大きい。

【0019】

なお、この実施形態においては、誘電体 15 の直径を 458 mm、凹溝 16 の内径を 190 mm、凹溝 16 の外径を 381 mm、凹溝 16 の溝幅 w （底壁の幅）を 66 mm、中央部領域における誘電体 15 の肉厚を 30 mm、凹溝 16 の底壁における誘電体 15 の肉厚を 15 mm、中央部領域の下面と内周側壁面 16a とのなす角を 45° 、中央部領域の下面と外周側壁面 16b とのなす角を 60° としている。

【0020】

ここで、凹溝 16 の溝幅（底壁の幅）の理論値 w_0 は、光速を c 、マイクロ波の周波数を f 、誘電体を構成する材料の比誘電率を ϵ_r とすると、数式（1）によって算出される。

【0021】

【数 1】

$$w_0 = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \dots \dots \dots (1)$$

【0022】

この実施形態においては、光速 $c = 2.99792458 \times 10^{11}$ (mm/s)、マイクロ波の周波数 $f = 2.45 \times 10^9$ (Hz)、誘電体 15 を構成する石英の比誘電率 $\epsilon_r = 3.8$ であるので、 $w_0 = 63$ mm となる。

【0023】

さらに、現実の溝幅 w には理論値 w_0 の $\pm 50\%$ のマージンが許容されるので、数式（2）を満たす範囲内、この実施形態においては、33 mm $\leq w \leq 93$ mm の範囲内で溝幅 w を設定することができる。

【0024】

10

20

30

40

50

【数 2】

$$\frac{c}{f\sqrt{\epsilon r}} \times 0.5 \leq w \leq \frac{c}{f\sqrt{\epsilon r}} \times 1.5 \dots \dots \dots (2)$$

【0025】

なお、上記の実施形態においては、誘電体 15 を構成する材料として石英を採用した例を示したが、これに限ることなく、例えば、A1N等のセラミックス（比誘電率 9.5 ~ 9.6）を採用してもよい。この場合、凹溝 16 の溝幅 w は、20mm w 60mm となる。

【0026】

マイクロ波供給装置 18 は、誘電体 15 の下面にプラズマを発生させるために、誘電体 15 にマイクロ波を供給する装置であって、所定の周波数 f のマイクロ波を発生させるマイクロ波発生源 19、負荷整合器 20、同軸導波管 21、遅波板 22、遅波板 22 を覆うアンテナカバー 23、およびスロットアンテナ 24 で構成されている。

【0027】

同軸導波管 21 は、内側導体 21a と、内側導体 21a を覆う外管 21b とで構成されている。内側導体 21a は、その一方側端部が負荷整合器 20 を介してマイクロ波発生源 19 に、他方側端部がスロットアンテナ 24 に接続されており、マイクロ波発生源 19 で発生したマイクロ波をスロットアンテナ 24 に供給する。また、内側導体 21a の他方側端部（スロットアンテナ 24 側）の形状は、スロットアンテナ 24 に向かって広がる円錐形状であって、スロットアンテナ 24 に対して効率よくマイクロ波を伝播することができる。

【0028】

スロットアンテナ 24 は、導電性を有する材質、例えば Ag, Au 等がメッキされた銅の薄い円板であり、誘電体 15 の上面に配置される。また、スロットアンテナ 24 には、厚み方向に貫通する長孔形状の複数のスロット 25 が設けられている。マイクロ波発生源 19 で発生したマイクロ波は、このスロット 25 を通って誘電体 15 に放射される。

【0029】

図 3 を参照して、誘電体 15 とスロットアンテナ 24 とを重ね合わせると、スロット 25 の少なくとも一部は、傾斜面である内周側壁面 16a および外周側壁面 16b の鉛直上方に位置している。この実施形態におけるスロット 25 は、中央部領域の鉛直上方に位置する第 1 のスロット群 25a と、内周側壁面 16a の鉛直上方に位置する第 2 のスロット群 25b と、凹溝 16 の底壁の鉛直上方に位置する第 3 のスロット群 25c と、外周側壁面 16b の鉛直上方に位置する第 4 のスロット群 25d とに区分される。

【0030】

また、スロット 25 は、スロットアンテナ 24 の中心と各スロット 25 とを結んだ直線に対して一方方向（時計回り方向）に同一角度 θ_1 だけ傾いたスロット（第 1 および第 3 のスロット群 25a, 25c）と、他方方向（反時計回り方向）に同一角度 θ_2 だけ傾いているスロット（第 2 および第 4 のスロット群 25b, 25d）とが径方向に交互に配置されている（このような配置形態を「ラジアルラインスロット」という）。

【0031】

排気装置 26 は、処理空間 S 内の処理ガスを外部に排出するための装置であって、処理容器 12 に接続される排気管 27 と、排気管 27 を介して処理空間 S 内から処理ガスを排出する真空ポンプ 28 とで構成される。

【0032】

次に、上記構成のプラズマ処理装置 11 の動作を説明する。

【0033】

まず、サセプタ 13 上に半導体ウェハ W を載置する。プラズマ処理中は、サセプタ 13 によって半導体ウェハ W の表面温度が管理されると共に、交流電源 13a から半導体ウェハ W にバイアス高周波が印加される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

次に、ガス導入部 1 4 から処理ガスが処理空間 S 内に供給されると共に、余分な処理ガスを排気装置 2 6 によって排出する。これらによって、処理空間 S 内を所定の圧力にすることができる。

【 0 0 3 5 】

そして、マイクロ波発生源 1 9 でマイクロ波を発生させて、負荷整合器 2 0、同軸導波管 2 1、遅波板 2 2、およびスロットアンテナ 2 4 を介して誘電体 1 5 にマイクロ波を供給すると、誘電体 1 5 の下面に電界が発生する。これにより、処理空間 S 内の処理ガスが電離してプラズマ化され、処理ガスの種類等を選択することで、半導体ウェハ W に対して所定のプラズマ処理、例えばエッチング処理、アッシング処理、成膜処理等の各種のプラズマ処理を実施できる。

10

【 0 0 3 6 】

次に、図 4 ~ 図 1 1 を参照して、凹溝 1 6 の溝幅 w を変更した場合の電界強度の変化について説明する。図 4 は、図 2 に示す実施形態、つまり溝幅 $w = 6.6 \text{ mm}$ とした場合の電界強度を示す図である。図 5 ~ 図 1 1 は、溝幅を 7.1 mm (図 5)、 6.1 mm (図 6)、 5.6 mm (図 7)、 5.1 mm (図 8)、 4.6 mm (図 9)、 4.1 mm (図 10)、 3.6 mm (図 11) とした場合の電界強度を示す図である。なお、図 4 ~ 図 1 1 は、電界強度が強い程明るく(色が薄く)、弱い程暗く(色が濃く)になっている。

【 0 0 3 7 】

図 4 ~ 図 1 1 を参照して、全ての誘電体 1 5 で所定値以上の電界強度が確認された。また、溝幅 6.6 mm (図 4) の誘電体 1 5 の電界強度が最も高く、凹溝 1 6 の溝幅が大きく、または小さくなるにつれて電界強度が低くなっていることが確認された。

20

【 0 0 3 8 】

つまり、数式 (2) の範囲内、この実施形態では $3.3 \text{ mm} \leq w \leq 9.3 \text{ mm}$ の範囲内で溝幅 w を規定することにより、凹溝 1 6 の幅方向でマイクロ波が共鳴して、誘電体 1 5 の下面の電界強度を増加させる。その結果、処理に必要なプラズマ着火性を確保することができる。

【 0 0 3 9 】

特に、溝幅 6.6 mm (図 4)、溝幅 7.1 mm (図 5)、および溝幅 6.1 mm (図 6) の誘電体 1 5 においては、所定の間隔を空けて電界強度が特に高い部分が存在することが確認された。すなわち、溝幅 6.6 mm の誘電体 1 5 を基準として $\pm 5 \text{ mm}$ ($\pm 7.5\%$) の範囲内で溝幅 w を規定することにより、処理空間 S 内を低圧(例えば、 50 mT 以下)とした場合でもプラズマ処理装置 1 1 のプラズマ着火性が大幅に向上する。

30

【 0 0 4 0 】

一方、溝幅 5.6 mm 以下の誘電体 1 5 においては、凹溝 1 6 の位置でも電界強度があまり高くならなかった。これらの誘電体 1 5 を使用する場合、処理空間 S 内を高圧(例えば、 100 mT 以上)とすれば十分にプラズマが着火すると考えられるが、低圧環境下ではプラズマ着火性が低下すると考えられる。

【 0 0 4 1 】

また、マイクロ波を共鳴させるという観点からは、溝幅 w を 7.1 mm より大きくすることも可能であるが、溝幅 w の上限値は、誘電体 1 5 の直径によっても制限される。つまり、誘電体 1 5 の直径に対して溝幅 w が大きくなりすぎると、誘電体 1 5 の強度が低下する等の問題を生じるおそれがある。

40

【 0 0 4 2 】

なお、全ての場合(図 4 ~ 図 1 1)において、凹溝 1 6 の位置で電界強度が高く、凹溝 1 6 から遠ざかるにつれて電界強度が低くなっていることが確認された。つまり、凹溝 1 6 位置によってプラズマの着火開始点を制御することができる。具体的には、凹溝 1 6 を誘電体 1 5 の中央部領域に配置すれば、中央部領域を起点としてプラズマが着火する(センタファースト)。一方、凹溝 1 6 を誘電体 1 5 の端部領域に配置すれば、端部領域を起点としてプラズマが着火する(エッジファースト)。

50

【 0 0 4 3 】

次に、図 2 および図 1 2 ~ 図 2 2 を参照して、凹溝 1 6 の位置や大きさを変更した場合のプラズマの均一性の変化について説明する。なお、図 2 および図 1 2 ~ 図 1 4 は誘電体の形状を示す図（比較例 1 ~ 3）、図 1 5 ~ 図 1 8 は各誘電体を使用した場合の電子数 N_e の分布を示す図、図 1 9 ~ 図 2 2 は各誘電体を使用した場合のエッチングレート（ E/R ）の分布を示す図である。

【 0 0 4 4 】

まず、実施例 1 は、図 2 に示す誘電体 1 5 である。比較例 1 としての誘電体 3 1（図 1 2）は、中央部領域に位置する内周溝 3 1 a と、端部領域に位置する外周溝 3 1 b とを有する。比較例 2 としての誘電体 3 2（図 1 3）は、凹溝 1 6 より溝幅の狭い凹溝 3 2 a が外側に偏って（外径が凹溝 1 6 と一致）設けられている。比較例 3 としての誘電体 3 3（図 1 4）は、凹溝 1 6 より溝幅の狭い凹溝 3 3 a が内側に偏って（内径が凹溝 1 6 と一致）設けられている。

10

【 0 0 4 5 】

なお、比較例 1 における内周溝は、この発明における溝の対象ではない。

【 0 0 4 6 】

図 1 5 ~ 図 1 8 を参照して、全ての誘電体において電子数 N_e は、中央部領域で多く、端部領域に向かって少なくなる傾向がある。特に、比較例 1 では、中央部領域と端部領域とで電子数 N_e の差が大きいことが確認された（図 1 6）。したがって、凹溝は、誘電体の中央部領域ではなく端部領域にのみ設けるのが望ましい。

20

【 0 0 4 7 】

また、比較例 3 では、凹溝 3 3 a の内側（ $\pm 100\text{ mm}$ ）では電子数 N_e が均一であるが、その外側では急激に電子数 N_e が減少することが確認された（図 1 8）。一方、実施例 1 および比較例 2 では、凹溝 1 6、3 2 a の外径位置（ $\pm 190\text{ mm}$ ）まで電子数 N_e が均一であった。したがって、凹溝は、誘電体のより外側に配置するのが望ましい。

【 0 0 4 8 】

さらに、中央部領域の電子数 N_e は、実施例 1 が最も多くなることが確認された（図 1 5）。具体的には、比較例 2 の中央部領域の電子数 N_e は実施例 1 の 60% 程度（図 1 5、1 7）、比較例 3 の中央部領域の電子数 N_e は実施例 1 の 70% 程度であった（図 1 5、1 8）。したがって、凹溝の溝幅は、ある程度以上大きい（図 4 ~ 図 1 1 によれば 61

30

【 0 0 4 9 】

次に、図 1 9 ~ 図 2 2 を参照して、 E/R は、実施例 1 が最も均一（図 1 9）であり、比較例 1 が最も不均一（図 2 0）であることが確認された。また、凹溝を中央部領域より配置（比較例 1、3）すると中央部領域の E/R が端部領域より高くなり（図 2 0、2 2）、凹溝を端部領域より配置（比較例 2）すると端部領域の E/R が中央部領域より高くなる（図 2 1）傾向が確認された。

【 0 0 5 0 】

次に、図 3、図 2 3、図 2 4、表 1、および表 2 を参照して、スロット 2 5 と傾斜面 1 6 a、1 6 b との位置関係に対するプラズマ着火性の変化を説明する。なお、図 2 3 は比較例 4 としての誘電体 3 4 を示す図、図 2 4 は誘電体 3 4 とスロットアンテナ 2 4 とを重ね合わせた平面図、表 1 および表 2 はマイクロ波の出力および処理空間 S 内の圧力を変えた場合のプラズマ着火性を示す表である。

40

【 0 0 5 1 】

図 2 3 を参照して、比較例 4 としての誘電体 3 4 は、下面の中央部領域 3 4 a の肉厚が相対的に薄く、端部領域 3 4 b の肉厚が相対的に厚くなっている。また、中央部領域 3 4 a と端部領域 3 4 b との間には、肉厚が連続的に変化する傾斜部 3 4 c が設けられている。次に、図 2 4 を参照して、全てのスロット 2 5 は、傾斜部 3 4 c の内側、すなわち平坦な中央部領域 3 4 a に配置されている。

【 0 0 5 2 】

50

表 1 は、マイクロ波の出力（500W、1000W、1500W、2000W、2200W、3000W）と、処理空間 S 内の圧力（5mT、20mT、30mT、50mT、100mT）との組合せによる実施例 1（図 2，3）のプラズマ着火性を確認した結果である。表 2 は、上記と同様の実験を比較例 4（図 23，24）について行った結果である。なお、表中の ○印は着火性が良好であることを、△印は着火するものの安定しないことを、×印は着火しないことを、- 印は当該条件で試験を行っていないことを示す。

【0053】

実施例 1 では、マイクロ波の出力および処理空間 S 内の圧力の全ての組合せでプラズマ着火性が良好であることが確認された（表 1）。一方、比較例 4 では、マイクロ波の出力が大きく、かつ処理空間 S 内の圧力が高くなるにつれてプラズマ着火性が改善するものの、全体としてプラズマ着火性が低いことが確認された（表 2）。

【0054】

したがって、プラズマ着火性の観点からは、傾斜面、つまり内周側壁面 16a および外周側壁面の鉛直上方にスロット 25 を設けるのが望ましい。傾斜面のいずれかの位置でマイクロ波の波長と誘電体の厚み寸法とが合致すれば、誘電体の下面の電界強度が増加する。その結果、プラズマ着火性および着火安定性が向上する。これは、マイクロ波の出力が小さく、かつ処理空間 S 内の圧力が低い場合に特に有利な効果を奏する。

【0055】

【表 1】

	5mT	20mT	30mT	50mT	100mT
500W	—	○	—	—	—
1000W	—	○	—	—	—
1500W	—	—	○	—	—
2000W	○	○	—	○	○
2200W	○	—	○	○	○
3000W	—	—	○	—	—

【0056】

【表 2】

	5mT	20mT	30mT	50mT	100mT
500W	—	×	—	—	—
1000W	—	×	—	—	—
1500W	—	—	×	—	—
2000W	×	×	—	△	○
2200W	×	—	×	△	○
3000W	—	—	△	—	—

【0057】

次に、図 3、および図 25～図 27 を参照して、スロット 25 の配置と E/R との関係について説明する。なお、図 25 は比較例 5 としてのスロットアンテナ 35 と誘電体 15 とを重ね合わせた平面図、図 26 および図 27 は実施例 1 および比較例 5 の E/R の分布を示す図である。

【0058】

まず、図 25 を参照して、比較例 5 としてのスロットアンテナ 35 は、図 3 に示す第 1 のスロット群 25a と、第 3 のスロット群 25c とを省略している。つまり、スロットアンテナ 35 に設けられた全てのスロット 36 は、傾斜面、すなわち内周側壁面 16a および外周側壁面 16b のいずれかの鉛直上方に位置する。また、全てのスロット 36 は、スロットアンテナ 35 の中心と各スロット 36 とを結んだ直線に対して同一方向に同一角度

だけ傾いている（このような配置形態を「パラレルスロット」という）。

【 0 0 5 9 】

図 2 6 および図 2 7 を参照して、 E/R は、比較例 5 のほうが僅かに均一であることが確認された。したがって、 E/R の均一性の観点からは、スロットを傾斜面の鉛直上方にのみ設けるのが望ましい。

【 0 0 6 0 】

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】

10

【 0 0 6 1 】

この発明は、プラズマ処理装置に有利に利用される。

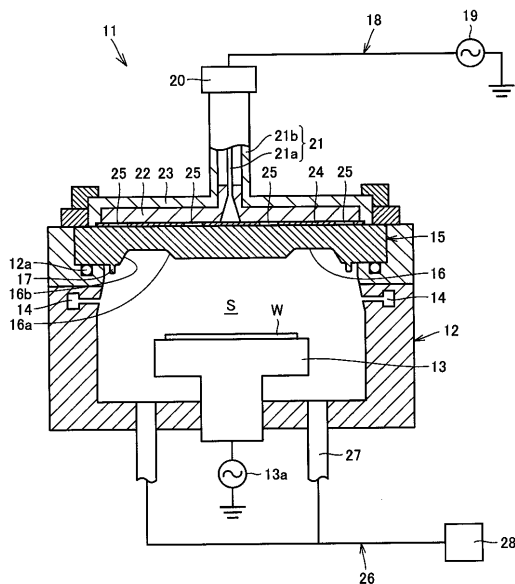
【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

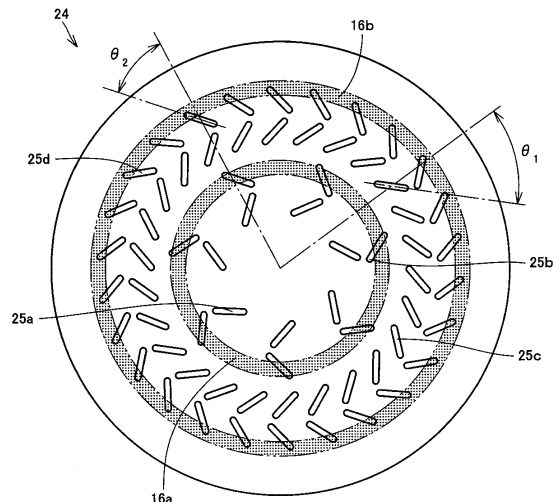
11 プラズマ処理装置、12 処理容器、12a シール材、13 サセプタ、13a 交流電源、14 ガス導入部、15, 31, 32, 33, 34 誘電体、16, 31a, 31b, 32a, 33a 凹溝、16a, 16b 側壁面、17 スカート、18 マイクロ波供給装置、19 マイクロ波発生源、20 負荷整合器、21 同軸導波管、21a 内側導体、21b 外管、22 遅波板、23 アンテナカバー、24, 35 スロットアンテナ、25, 36 スロット、25a, 25b, 25c, 25d スロット群、26 排気装置、27 排気管、28 真空ポンプ、34a 中央部領域、34b 端部領域、34c 傾斜部。

20

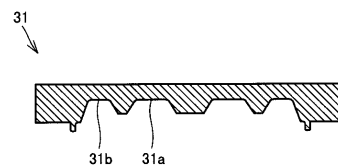
【図 1】



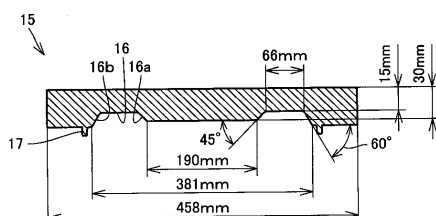
【図 3】



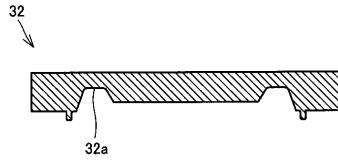
【図 1 2】



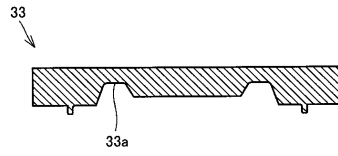
【図 2】



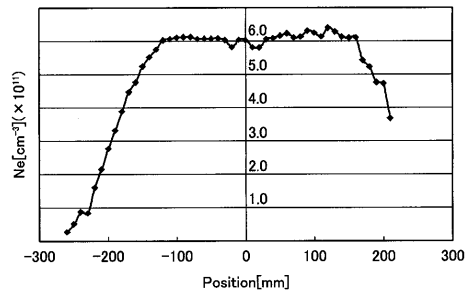
【図 13】



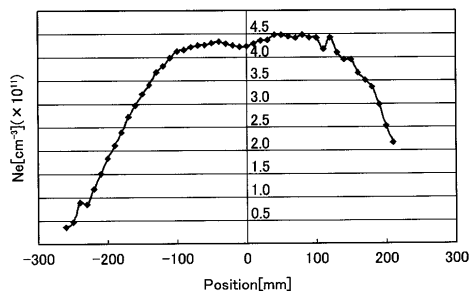
【図 14】



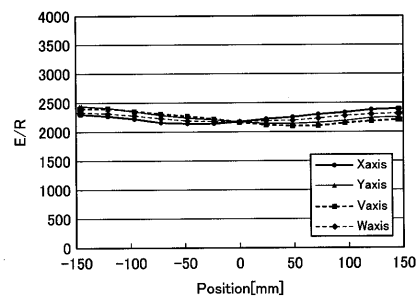
【図 15】



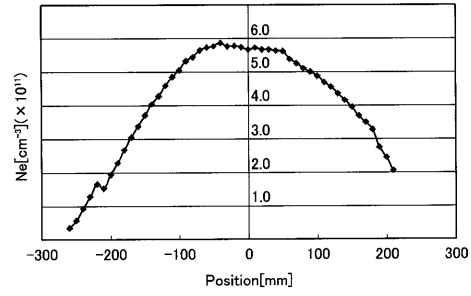
【図 18】



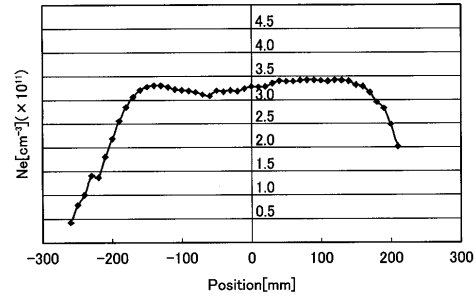
【図 19】



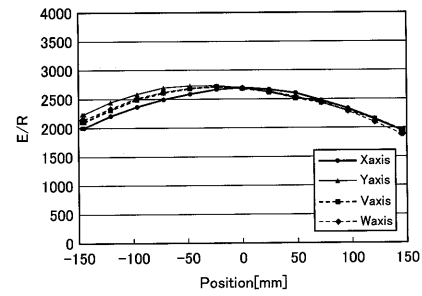
【図 16】



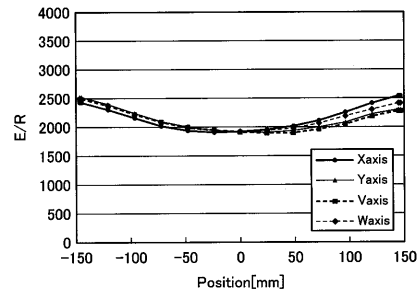
【図 17】



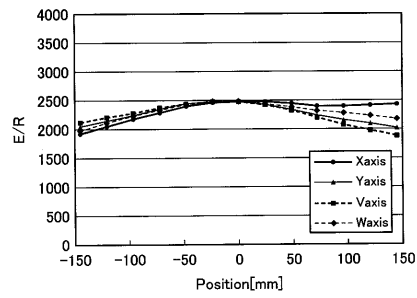
【図 20】



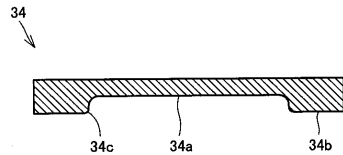
【図 21】



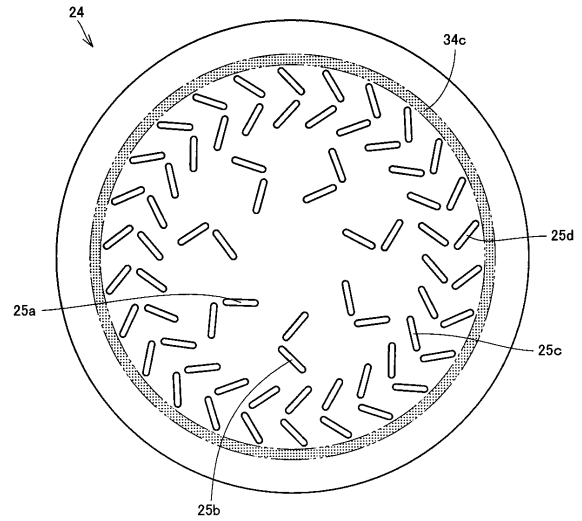
【図 2 2】



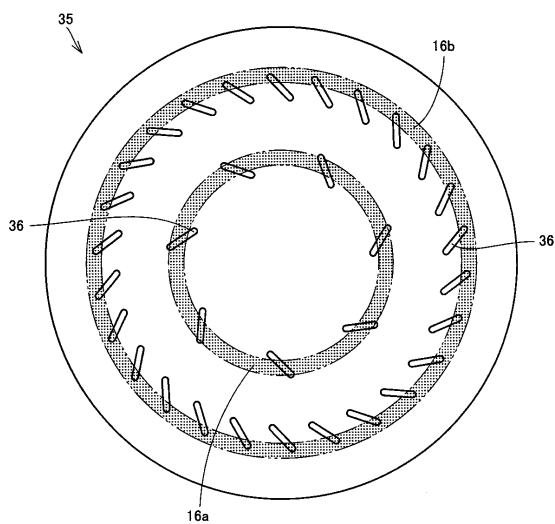
【図 2 3】



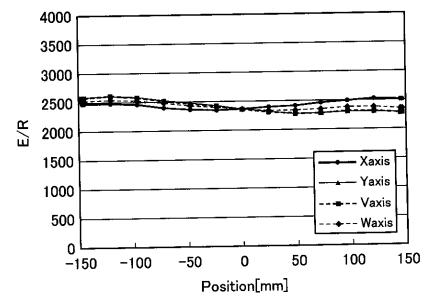
【図 2 4】



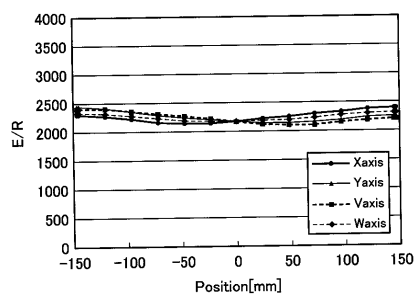
【図 2 5】



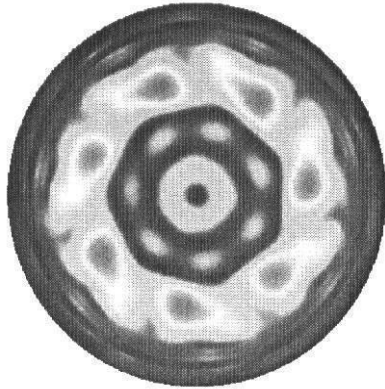
【図 2 7】



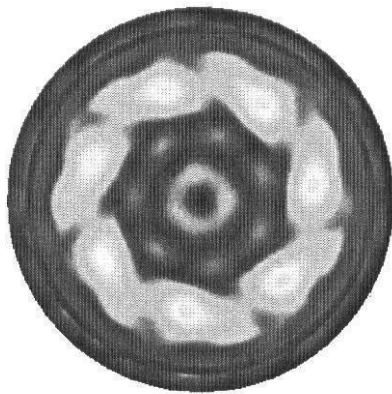
【図 2 6】



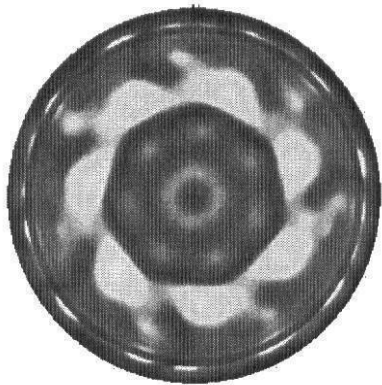
【図 4】



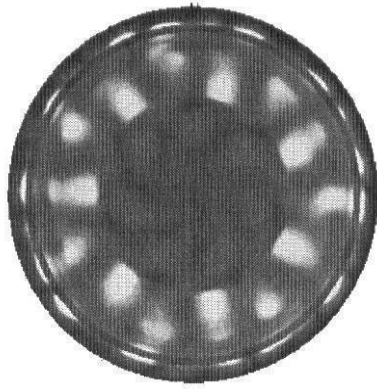
【図 5】



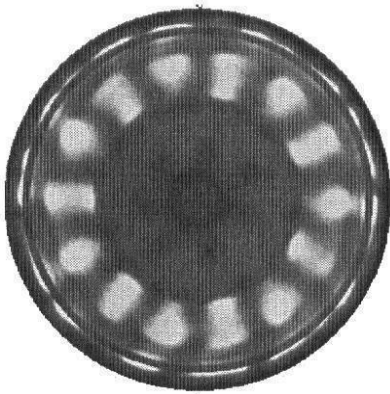
【図 6】



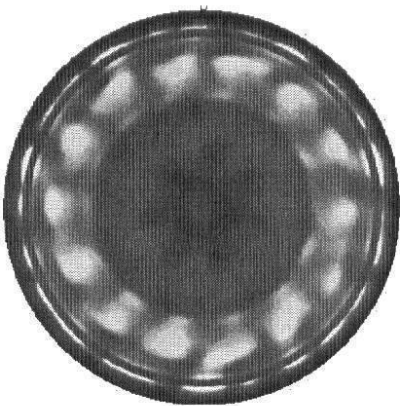
【図 7】



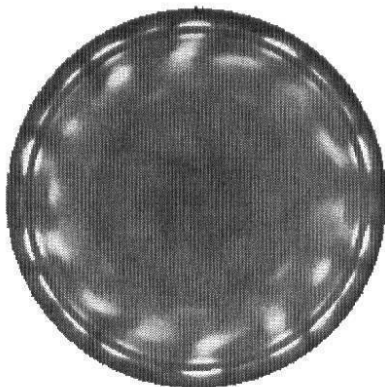
【図 8】



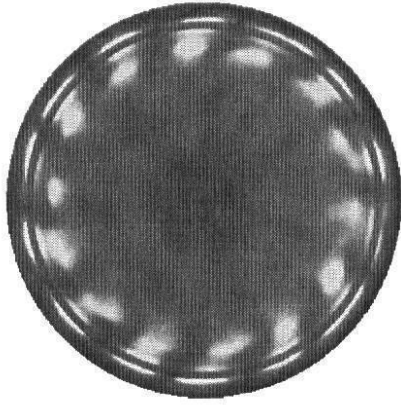
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 加藤 和行
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 四方 政史
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 高橋 慎伍
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 林 靖

- (56)参考文献 特開2005-100931(JP,A)
特開2004-014262(JP,A)
特開2002-299240(JP,A)
特開2004-200307(JP,A)
特開2005-123406(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H	1/00 - 1/54
C23C	14/00 - 14/58
C23C	16/00 - 16/56
H01L	21/302
H01L	21/304
H01L	21/461
H01L	21/3065
H01L	21/205
H01L	21/31
H01L	21/365
H01L	21/469
H01L	21/86