

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2012-216525
(P2012-216525A)

(43) 公開日 平成24年11月8日 (2012.11.8)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

H O 5 H 1/46 (2006.01)

H O 5 H 1/46 B

5 F 0 0 4

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 D

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-72759 (P2012-72759)	(71) 出願人	000219967
(22) 出願日	平成24年3月28日 (2012. 3. 28)		東京エレクトロン株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2011-78029 (P2011-78029)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(32) 優先日	平成23年3月31日 (2011. 3. 31)	(74) 代理人	100101557
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 萩原 康司
		(74) 代理人	100096389
			弁理士 金本 哲男
		(74) 代理人	100095957
			弁理士 亀谷 美明
		(72) 発明者	池田 太郎
			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
		(72) 発明者	小松 智仁
			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

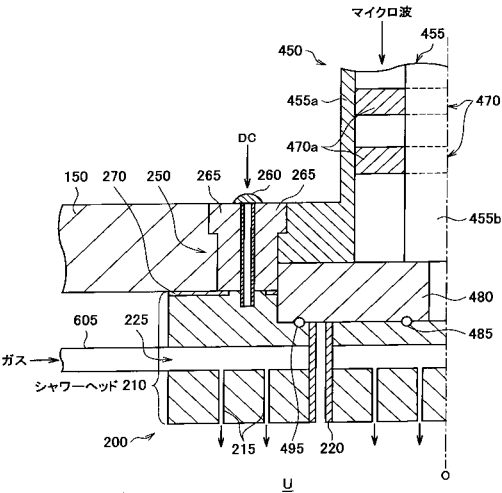
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ発生用アンテナ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ガス及び電磁波を供給可能な、プラズマ処理装置及びプラズマ発生用アンテナを提供する。

【解決手段】プラズマ処理装置は、プラズマ処理が行われる処理容器と、供給された電磁波を透過する遅波板480と、遅波板480に隣接して設けられたシャワーヘッド210とを有するプラズマ発生用アンテナ200とを備え、シャワーヘッド210は、導電体で形成され、複数のガス穴215が形成され、複数のガス穴215と分離した位置に電磁波を通す複数のスロット220を有する。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

プラズマ処理が行われる処理容器と、
供給された電磁波を透過する遅波板と、
前記遅波板に隣接して設けられたシャワーヘッドを有するプラズマ発生用アンテナと、
を備え、
前記シャワーヘッドは、導電体で形成され、複数のガス穴が形成され、該複数のガス穴と分離した位置に電磁波を通す複数のスロットを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記プラズマ処理装置は、複数の前記プラズマ発生用アンテナを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記シャワーヘッドは、プラズマ空間側に露出した面に表面波を伝搬させることを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記シャワーヘッドには、前記複数のスロットの内側及び外側に前記複数のガス孔が形成されている請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記複数のスロットを区切る部分を通り、前記スロットより内側に形成された複数のガス穴にガスを供給するガス経路を更に備えたことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記ガス経路は、複数のガスを別々に供給可能な複数のガス経路に分かれて形成される請求項 5 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記ガス経路は、前記シャワーヘッドの中心軸に対して同心円状に形成される請求項 6 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

複数の前記プラズマ発生用アンテナには、前記表面波の電力を調整する電磁波伝送機構がそれぞれ設けられている請求項 3 ～ 7 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記シャワーヘッドに直流電圧を印加する機構を更に備えたことを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記シャワーヘッドに直流電圧を印加する機構は、前記同軸管との間に絶縁部材を有することを特徴とする請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記複数のスロットには、誘電部材が充填されていることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】

前記複数のスロットは、前記プラズマ発生用アンテナの中心軸に対して、軸対称に形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記シャワーヘッドの表面には、溶射が施されるか又は天板が固定され、前記複数のスロット及び前記複数のガス穴に連通する開口が形成されることを特徴とする請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】

前記シャワーヘッドは、シリコンにより形成され、該シャワーヘッドの表面は露出していることを特徴とする請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

導電体で形成され、複数のガス穴と、該複数のガス穴と分離した位置に電磁波を通す複数のスロットとを有するシャワーヘッドを備えることを特徴とするプラズマ発生用アンテナ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置及びプラズマ発生用アンテナに関する。特に、プラズマ発生用アンテナの構造及びこれを用いたプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

プラズマ処理は、半導体デバイスの製造に不可欠な技術である。近年、LSIの高集積化及び高速化の要請から、LSIを構成する半導体素子の更なる微細加工が求められている。

【0003】

ところが、容量結合型プラズマ処理装置や誘導結合型プラズマ処理装置では、生成されるプラズマの電子温度が高く、かつプラズマ密度の高い領域が限定される。このため、半導体素子の更なる微細加工の要請に応じたプラズマ処理を実現することは難しかった。

【0004】

したがって、このような微細加工を実現するためには、低電子温度かつ高プラズマ密度のプラズマを生成することが必要となる。これに応じるために、マイクロ波により処理容器内で表面波プラズマを生成し、これにより半導体ウエハをプラズマ処理する装置が提案されている（例えば、特許文献1、2を参照）。

20

【0005】

特許文献1、2では、マイクロ波を同軸管に伝送させて処理容器内に放射し、マイクロ波の表面波が持つ電界エネルギーによってガスを励起させることにより、低電子温度で高プラズマ密度の表面波プラズマを発生させるプラズマ処理装置が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

30

【特許文献1】特開2003-188103号公報

【特許文献2】特開2003-234327号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献1のプラズマ処理装置では、マイクロ波を同軸管から処理容器内に放射するために、天板は、表面波プラズマとスロットとの間を石英等の誘電体板で挟んだ構造となっており、ガスは処理容器の側壁から処理容器内に供給される構造となっていた。このように、ガスを天板外から供給していたため、ガスの流れを制御することができず、良好なプラズマ制御が難しかった。また、天板を導電体で形成した場合にも、天板から処理容器内に電磁波を放射できる機構は開示されていなかった。

40

【0008】

上記課題に対して、本発明の目的とするところは、ガス及び電磁波を供給可能な、プラズマ処理装置及びプラズマ発生用アンテナを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

また、上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、プラズマ処理が行われる処理容器と、供給された電磁波を透過する遅波板と、前記遅波板に隣接して設けられたシャワーヘッドを有するプラズマ発生用アンテナと、を備え、前記シャワーヘッドは、導電体で形成され、複数のガス穴が形成され、該複数のガス穴と分離した位置に電磁波を通

50

す複数のスロットを有することを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【0010】

前記プラズマ処理装置は、複数の前記プラズマ発生用アンテナを備えてもよい。

【0011】

前記シャワーヘッドは、プラズマ空間側に露出した面に表面波を伝搬させてもよい。

【0012】

前記シャワーヘッドには、前記複数のスロットの内側及び外側に前記複数のガス孔が形成されてもよい。

【0013】

前記複数のスロットを区切る部分を通り、前記スロットより内側に形成された複数のガス穴にガスを供給するガス経路を更に備えてもよい。

10

【0014】

前記ガス経路は、複数のガスを別々に供給可能な複数のガス経路に分かれて形成されてもよい。

【0015】

前記シャワーヘッドに直流電圧を印加する機構を更に備えてもよい。

【0016】

前記シャワーヘッドに直流電圧を印加する機構は、前記同軸管との間に絶縁部材を有してもよい。

【0017】

20

前記複数のスロットには、誘電部材が充填されてもよい。

【0018】

前記複数のスロットは、前記プラズマ発生用アンテナの中心軸に対して、軸対称に形成されてもよい。

【0019】

前記シャワーヘッドの表面には、溶射が施されるか又は天板が固定され、前記複数のスロット及び前記複数のガス穴に連通する開口が形成されてもよい。

【0020】

前記シャワーヘッドは、シリコンにより形成され、該シャワーヘッドの表面は露出してもよい。

30

【0021】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、導電体で形成され、複数のガス穴と、該複数のガス穴と分離した位置に電磁波を通す複数のスロットとを有するシャワーヘッドを備えることを特徴とするプラズマ発生用アンテナが提供される。

【発明の効果】

【0022】

以上説明したように、本発明によれば、ガス及び電磁波を供給可能な、プラズマ処理装置及びプラズマ発生用アンテナを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

40

【図1】第1実施形態に係るプラズマ処理装置の概略縦断面図である。

【図2】第1実施形態に係るマイクロ波の出力側の機構を示した図である。

【図3】第1実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの拡大図である。

【図4】第1実施形態に係るシャワーヘッドの下面図である。

【図5】スロット形状の変形例を示した図である。

【図6】第2実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの拡大図である。

【図7】変形例に係るプラズマ発生用アンテナの拡大図である。

【図8】第3実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの拡大図である。

【図9】第4実施形態に係るプラズマ発生用アンテナを示した図である。

【図10】第4実施形態に係るマイクロ波の出力側の機構を示した図である。

50

【図 1 1】第 4 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの変形例を示した図である。

【図 1 2】第 4 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの変形例を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0025】

なお、本発明の実施形態は、第 1 ～ 第 4 実施形態の順に以下の内容で説明される。

< 第 1 実施形態 >

[プラズマ処理装置の構成]

[プラズマ発生用アンテナの構成]

[スロットの変形例]

< 第 2 実施形態 >

[プラズマ発生用アンテナの構成]

< 第 3 実施形態 >

[プラズマ発生用アンテナの構成]

< 第 4 実施形態 >

[プラズマ発生用アンテナの構成]

[プラズマ発生用アンテナの動作]

【0026】

< 第 1 実施形態 >

[プラズマ処理装置の構成]

まず、本発明の第 1 実施形態に係るプラズマ処理装置の全体構成について、図 1 を参照しながら説明する。図 1 は、プラズマ処理装置を概略的に示した縦断面図である。

【0027】

本実施形態では、半導体ウエハ W (以下、ウエハ W と称呼する。) にプラズマ処理としてエッチング処理を施すエッチング装置を例に挙げてプラズマ処理装置 10 を説明する。プラズマ処理装置 10 は、気密に保持された内部にてウエハ W をプラズマ処理する処理容器 100 を有する。処理容器 100 は円筒状で、たとえばアルミニウム等の金属から形成され、接地されている。

【0028】

処理容器 100 の底部には、ウエハ W を載置するサセプタ 105 が設けられている。サセプタ 105 は、アルミニウム等の金属から形成されていて、絶縁体 110 を介して支持部材 115 により支持され、処理容器 100 の底部に設置されている。これにより、サセプタ 105 は、電氣的に浮いた状態になっている。サセプタ 105 及び支持部材 115 の材料としては、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挙げられる。

【0029】

サセプタ 105 には、整合器 120 を介してバイアス用の高周波電源 125 が接続されている。高周波電源 125 は、サセプタ 105 にバイアス用の高周波電力を印加する、これにより、ウエハ W 側にプラズマ中のイオンが引き込まれる。なお、図示していないが、サセプタ 105 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ためのガス流路、ウエハ W を搬送する際に昇降する昇降ピン等が設けられてもよい。

【0030】

処理容器 100 の底部には排気口 130 が設けられ、排気口 130 には、図示しない真空ポンプを含む排気装置 135 が接続されている。排気装置 135 を作動させると、処理容器 100 の内部が排気され、所望の真空度まで減圧される。処理容器 100 の側壁には、搬入出口 140 が形成され、搬入出口 140 を開閉可能なゲートバルブ 145 の開閉に

10

20

30

40

50

より、ウエハWが搬入出される。

【0031】

サセプタ105の上方には、ガスを供給しつつ、電磁波（ここではマイクロ波）の供給が可能なプラズマ発生用アンテナ200（以下、アンテナ200と称呼する）が装着されている。アンテナ200は、蓋体150の開口部分に設けられている。これにより、サセプタ105とアンテナ200との間にプラズマ空間Uが形成される。アンテナ200の上部には、マイクロ波を伝送する電磁波伝送機構としてのマイクロ波伝送機構400が連結され、マイクロ波出力部300から出力されたマイクロ波をアンテナ200に伝えるようになっている。

【0032】

制御装置500は、後述するようにアンテナ200に印加するDC電圧等を制御する。制御装置500は、制御部505及び記憶部510を有している。制御部505は、記憶部510に記憶されたレシピに従い、プロセス毎にアンテナ200に印加するDC電圧を制御する。なお、制御装置500への指令は、専用の制御デバイスあるいはプログラムを実行するCPU（図示せず）により実行される。プロセス条件を設定したレシピは、ROMや不揮発性メモリ（ともに図示せず）に予め記憶されていて、CPUが、これらのメモリからレシピの条件を読み出し実行する。

【0033】

図2を参照しながら、マイクロ波出力部300及びマイクロ波伝送機構400の構成について説明する。図2の左側には、マイクロ波出力部300の内部構成が示されている。図2の右側には、マイクロ波伝送機構400の内部構成が示されている。

【0034】

マイクロ波出力部300は、マイクロ波電源305、マイクロ波発振器310及びアンプ315を有している。マイクロ波電源305は、2.45GHz、8.35GHz、5.8GHz、1.98GHz等の周波数のマイクロ波を出力する。マイクロ波電源305は、電磁波源の一例であり、マイクロ波帯の電磁波を出力する。電磁波源は、マイクロ波に限らず、100MHzのRF帯から3GHzのマイクロ波帯までの電磁波を出力する電源である。マイクロ波発振器310は、例えば、2.45GHzの所定周波数のマイクロ波をPLL発振させる。アンプ315は、発振されたマイクロ波を増幅する。

【0035】

マイクロ波伝送機構400は、アンテナモジュール410とマイクロ波導入機構450とを有している。アンテナモジュール410は、位相器412、可変ゲインアンプ414、メインアンプ416及びアイソレータ418を有していて、マイクロ波出力部300から出力されたマイクロ波をマイクロ波導入機構450に伝送する。

【0036】

位相器412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ように構成され、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。これによれば、指向性を制御してプラズマ分布を変化させることができる。なお、このような放射特性の変調が不要な場合には位相器412は設ける必要はない。

【0037】

可変ゲインアンプ414は、メインアンプ416へ入力するマイクロ波の電力レベルを調整し、プラズマ強度の調整を行う。メインアンプ416は、ソリッドステートアンプを構成する。ソリッドステートアンプは、図示していない入力整合回路、半導体増幅素子、出力整合回路及び高Q共振回路を有する構成とすることができる。

【0038】

アイソレータ418は、アンテナ200で反射してメインアンプ416に戻るマイクロ波の反射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200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マイクロ波の反射波を熱に変換する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

[プラズマ発生用アンテナの構成]

次に、第 1 実施形態に係るマイクロ波導入機構 4 5 0 及びプラズマ発生用アンテナ 2 0 0 の構成について図 3 を参照しながら説明する。図 3 は、第 1 実施形態に係るマイクロ波導入機構 4 5 0 及びアンテナ 2 0 0 の拡大図（左半分）である。

【 0 0 4 0 】

マイクロ波導入機構 4 5 0 は、同軸管 4 5 5 及び遅波板 4 8 0 を有している。同軸管 4 5 5 は、筒状の外部導体 4 5 5 a 及びその中心に設けられた棒状の内部導体 4 5 5 b からなる同軸状の導波管を有している。同軸管 4 5 5 の下端には、遅波板 4 8 0 を介してアンテナ 2 0 0 が設けられている。同軸管 4 5 5 は、内部導体 4 5 5 b が給電側、外部導体 4 5 5 a が接地側になっている。同軸管 4 5 5 には、チューナ 4 7 0 が設けられている。チューナ 4 7 0 は、2 つのスラグ 4 7 0 a を有し、スラグチューナを構成している。スラグ 4 7 0 a は誘電部材の板状体として構成されており、同軸管 4 5 5 の内部導体 4 5 5 b と外部導体 4 5 5 a との間に円環状に設けられている。チューナ 4 7 0 は、制御部 5 0 5 からの指令に基づき、図示しないアクチュエータによりスラグ 4 7 0 a 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。制御部 5 0 5 は、例えば、同軸管 4 5 5 の終端で 5 0 の特性インピーダンスになるようにインピーダンスを調整する。

【 0 0 4 1 】

遅波板 4 8 0 は、同軸管 4 5 5 の下面に隣接して設けられている。遅波板 4 8 0 は、円板状の誘電部材から形成されている。遅波板 4 8 0 は、同軸管 4 5 5 を伝送されたマイクロ波を透過し、アンテナ 2 0 0 へと導く。

【 0 0 4 2 】

アンテナ 2 0 0 は、シャワーヘッド(ガスシャワーヘッド) 2 1 0 及びシャワーヘッド 2 1 0 に直流電圧を印加する機構(以下、D C 印加機構 2 5 0 と称呼する)を有する。シャワーヘッド 2 1 0 は、遅波板 4 8 0 の下面に隣接して設けられている。シャワーヘッド 2 1 0 は、遅波板 4 8 0 より径が大きな円板状であり、アルミニウムや銅等の電気伝導率が高い導電体から形成されている。シャワーヘッド 2 1 0 は、プラズマ空間 U 側に露出し、露出した下面に表面波を伝搬させる。ここでは、シャワーヘッド 2 1 0 の金属面がプラズマ空間 U 側に露出している。このように露出した下面に伝搬する表面波を以下、金属表面波という。

【 0 0 4 3 】

シャワーヘッド 2 1 0 は、複数のガス穴 2 1 5 と、それらのガス穴 2 1 5 と分離した位置にマイクロ波を通す複数のスロット 2 2 0 を有している。シャワーヘッド 2 1 0 には、その側面を貫通し、シャワーヘッド 2 1 0 の径方向にガス経路 2 2 5 が形成されている。ガスは、ガス供給源 6 0 0 (図 1 参照) から供給され、ガス供給管 6 0 5 を通ってガス経路 2 2 5 から複数のガス穴 2 1 5 に入り、各ガス穴 2 1 5 から処理容器内に導入される。シャワーヘッド 2 1 0 のプラズマ側に露出した面は、溶射により例えばアルミナ (Al_2O_3) やイットリア (Y_2O_3) の被膜 2 9 0 で覆い、導体面がプラズマ空間側に露出しないようにしている。被膜 2 9 0 には、複数のスロット 2 2 0 及び複数のガス穴 2 1 5 に連通する開口が形成される。

【 0 0 4 4 】

シャワーヘッド 2 1 0 には図示しない冷却路が設けられ、シャワーヘッド 2 1 0 を冷却するようになっている。シャワーヘッド 2 1 0 は、電気伝導率が高い導電体であるため、マイクロ波の伝送経路であるスロット 2 2 0 からの熱を効率よく処理容器本体側へと逃がすことができる。

【 0 0 4 5 】

複数のスロット 2 2 0 は、ガスの供給経路であるガス経路 2 2 5 及び複数のガス穴 2 1 5 と分離した位置に設けられ、シャワーヘッド 2 1 0 の径方向と垂直な方向に貫通している。スロット 2 2 0 の一端は、遅波板 4 8 0 に隣接し、他端は、プラズマ空間 U 側に開口している。マイクロ波は、同軸管 4 5 5 を伝送し、遅波板 4 8 0 を透過した後、複数のス

10

20

30

40

50

ロット 2 2 0 に通され、プラズマ空間 U に放射される。

【 0 0 4 6 】

図 4 は、シャワーヘッド 2 1 0 のプラズマ空間 U に露出した面（下面）を示した図である。複数のガス穴 2 1 5 が概ね均等に配置されている。ガス穴 2 1 5 は、略リング状のロット 2 2 0 の外周側及び内周側に設けられている。ロット 2 2 0 は、完全なリング状には形成されておらず、4 つに区切られた扇状となっている。ロット 2 2 0 が区切られた部分 A には、ガス経路 2 2 5 がロット 2 2 0 と連通しないように形成され、ロット 2 2 0 の内周側に設けられたガス穴 2 1 5 にガスを供給するようになっている。よって、ロット 2 2 0 には、ガス経路 2 2 5 を通すための区切りが少なくとも一つ必要である。よって、本実施形態では、ロット 2 2 0 は 4 つであるが、これに限られず、少なくとも一つ以上の区切り部分を有していればよい。

10

【 0 0 4 7 】

複数のロット 2 2 0 は、アンテナ 2 0 0 の中心軸（図 3 の中心軸 O）に対して、軸対称に形成されている。これにより、ロット 2 2 0 からより均一にマイクロ波を放射することができる。

【 0 0 4 8 】

ガス穴 2 1 5 は、プラズマ空間 U に放射されたマイクロ波が当該ガス穴 2 1 5 の内部に入り込まないように細穴となっている。また、ロット 2 2 0 とガス穴 2 1 5 とは、シャワーヘッド 2 1 0 内にて完全に分離されている。これにより、ガス経路 2 2 5 やガス穴 2 1 5 での異常放電を防止することができる。

20

【 0 0 4 9 】

再び図 3 に戻って、遅波板 4 8 0 とシャワーヘッド 2 1 0 との接触面には O リング 4 8 5 及び O リング 4 9 5 が設けられ、大気側に設けられたマイクロ波伝送機構 4 0 0 からシャワーヘッド 2 1 0 及び処理空間 1 0 0 の内部を真空シールしている。これにより、プラズマ空間 U、ロット 2 2 0、ガス経路 2 2 5、ガス穴 2 1 5 の内部を真空状態にすることができる。

【 0 0 5 0 】

本実施形態のように、シャワーヘッド 2 1 0 が導電体の場合には、シャワーヘッド 2 1 0 に D C 電圧（直流電圧）を印加できる。具体的には、制御部 5 0 5 の指令に従い、D C 電源 2 5 5 から出力された D C 電圧は、D C 印加機構 2 5 0 に供給される。D C 印加機構 2 5 0 は、D C 電極 2 6 0、絶縁部材 2 6 5 及び絶縁シート 2 7 0 を有する。D C 電極 2 6 0 は、筒状の導電体 2 6 0 a を有し、筒状の導電体 2 6 0 a を介してシャワーヘッド 2 1 0 に接続され、これにより、シャワーヘッド 2 1 0 に D C 電圧を印加する。D C 電極 2 6 0 は、筒状の導電体 2 6 0 a の下端に設けられた図示しない絶縁ソケットによりシャワーヘッド 2 1 0 にネジ止めされている。

30

【 0 0 5 1 】

D C 電極 2 6 0 は同軸管 4 5 5 の外部導体 4 5 5 a 及び蓋体 1 5 0 に近接している。そこで、D C 電極 2 6 0 と同軸管 4 5 5 及び D C 電極 2 6 0 と蓋体 1 5 0 を D C 的に絶縁するために D C 電極 2 6 0 を絶縁部材 2 6 5 で覆い、D C 電極 2 6 0 と同軸管 4 5 5 及び D C 電極 2 6 0 と蓋体 1 5 0 を絶縁する。また、シャワーヘッド 2 1 0 と同軸管 4 5 5 及びシャワーヘッド 2 1 0 と蓋体 1 5 0 を D C 的に絶縁するために、シャワーヘッド 2 1 0 と同軸管 4 5 5 との間、及びシャワーヘッド 2 1 0 と蓋体 1 5 0 との間に絶縁シート 2 7 0 を挟む。このようにして、処理容器 1 0 0 を D C 的に絶縁することにより、D C 電圧がシャワーヘッド 2 1 0 のみに印加され、D C 電圧のかかる部材をできるだけ少なくすることができる。なお、シャワーヘッド 2 1 0 が絶縁体で形成されている場合には、D C 電圧をシャワーヘッド 2 1 0 に印加することはできない。ただし、その場合、R F 電圧を印加すれば、同様な効果を期待できる。

40

【 0 0 5 2 】

以上に説明したように、本実施形態に係るプラズマ処理装置 1 0 によれば、同軸管 4 5 5 から導入されたマイクロ波は、遅波板 4 8 0 を通り、シャワーヘッド 2 1 0 を貫通して

50

形成された複数のスロット 220 を通してプラズマ空間 U へ放射される。そのとき、シャワーヘッド 210 の表面にはプラズマシースを境界条件として分散関係で特徴付けられる波長をもった定在波（金属表面波）が発生し、表面波プラズマに吸収される。ガス供給源 600 から供給されたガスもまた、シャワーヘッド 210 を通ってプラズマ空間 U へ導入される。導入されたガスは、表面波プラズマにより励起される。これにより、処理容器 100 内のプラズマ空間 U に低電子温度かつ高プラズマ密度のプラズマが生成される。生成されたプラズマは、ウエハ W のエッチング処理に使われる。プラズマは低電子温度であるため、ウエハ W はダメージを受けにくく、また、高プラズマ密度であるため、ウエハ W に高速に微細加工を施すことができる。また、シャワーヘッド 210 を導電体で形成することにより、反応性エッチング等のプロセスを実行することができる。

10

【0053】

一般的な表面波プラズマ源の場合、アンテナスロットの下部には誘電体が設置され、誘電体にシャワーヘッド構造を作製した場合、電磁波は誘電体を透過するために、その内部で異常放電が発生する可能性が高くなり、一般的な表面波プラズマ源でシャワーヘッド構造を採用することは極めて困難であった。例えば、アルゴンプラズマにおいて、シャワーヘッド空間内に 10 mm の空間が空いている場合、その距離に沿って約 120 ボルトの電圧がシャワーヘッド内部に生じると、圧力 1 Torr でシャワーヘッド内部で異常放電が発生する可能性が高くなる。

【0054】

これに対して、本実施形態に係るプラズマ処理装置 10 は、シャワーヘッド 210 が金属などの導電体でできているため、シャワーヘッド 210 内部に電磁波は進入せず、シャワーヘッド 210 内部の電界は無いに等しい。そのため、異常放電は起こらない。電磁波とガスは、シャワーヘッド 210 内部で隔離されており、処理容器 100 内に入って始めてそれらは接触する。それゆえ、本実施形態に係るプラズマ処理装置 10 を用いることで、シャワーヘッド 210 で均一にガスを放出させながら、異常放電無く、表面波プラズマを生成することができる。

20

【0055】

また、本実施形態に係るプラズマ処理装置 10 によれば、シャワーヘッド 210 に DC 電圧を印加しながら、同一のシャワーヘッド 210 にマイクロ波を印加することができる。これにより、プラズマ処理装置 10 を多様なプロセスに適用することができる。例えば、マイクロ波が印加されると、シャワーヘッド 210 の表面に表面波が伝搬する。このとき、シャワーヘッド 210 の表面にはシース領域が発生し、シースの中を表面波が伝搬する。DC 電圧は、そのシースの厚さを制御する。例えば、DC 電圧をシャワーヘッド 210 に印加するとシースを厚く制御することができ、その結果、シャワーヘッド 210 の表面を伝搬する表面波の伝搬距離を長くすることができる。このように DC 電圧の制御によりプラズマシース電圧を操作することによって、表面波の伝搬距離を制御し、プラズマの電子密度及びラジカル密度を最適化することができる。

30

【0056】

〔スロットの変形例〕

アンテナ 200 に形成されるスロットの変形例について図 5 を参照しながら説明する。図 5 の上側、中央、下側には、それぞれ異なる形状のスロット 220 が図示されている。図 5 の上側のスロットは、6 つのスロット 220 に区切られている。各スロット 220 は中央で厚く両端部が薄い同一形状である。隣接するスロット 220 の両端部は互いに対向している。

40

【0057】

図 5 の中央のスロットは、6 つのスロット 220 に区切られている。各スロット 220 の中央は両端部と同じ薄さである。各スロット 220 は、やや湾曲しながら斜め方向に傾いた同一形状である。隣接するスロット 220 の両端部は互いに対向している。

【0058】

図 5 の下側のスロットは、外周側が 4 つのスロット 220 に区切られ、内周側も 4 つの

50

スロット 2 2 0 に区切られた 2 段のスロット構造となっている。各スロット 2 2 0 は同じ厚さの円弧状であり、同一形状である。外周側のスロット 2 2 0 間の区切りが内周側のスロット 2 2 0 の中央に位置し、内周側のスロット 2 2 0 間の区切りが外周側のスロット 2 2 0 の中央に位置するように配置されている。

【 0 0 5 9 】

いずれの変形例においても、複数のスロット 2 2 0 は、アンテナ 2 0 0 の中心軸に対して、軸対称に形成されている。これにより、マイクロ波を処理容器 1 0 0 内に均一に放射することができる。また、複数のスロット 2 2 0 は、少なくとも 1 つ以上の区切り部分を有している。これにより、スロット 2 2 0 の外周側及び内周側に形成された図示しないガス穴 2 1 5 からガスを供給することができる。

【 0 0 6 0 】

< 第 2 実施形態 >

[プラズマ発生用アンテナの構成]

次に、第 2 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの構成について図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、第 2 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナ 2 0 0 の拡大図（左半分）である。第 2 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナ 2 0 0 は、第 1 実施形態に係るアンテナに替えて、図 1 のプラズマ処理装置 1 0 のアンテナ部分に適用され得る。

【 0 0 6 1 】

第 2 実施形態に係る複数のスロット 2 2 0 には、誘電部材 2 2 0 a が充填されている。誘電部材 2 2 0 a としては、石英等を用いてもよい。これにより、スロット 2 2 0 内にプラズマが進入することを防ぐことができる。

【 0 0 6 2 】

第 2 実施形態では、例えばアルミニウムで形成されたシャワーヘッド 2 1 0 のプラズマ空間側の露出面には、シリコンの天板 7 0 0 が固定されている。これにより、プラズマによりダメージを受けた天板 7 0 0 を交換することができ、シャワーヘッド 2 1 0 の寿命を延ばすことができる。天板 7 0 0 には、複数のスロット 2 2 0 及び複数のガス穴 2 1 5 に連通する開口が形成される。スロット 2 2 0 と連通する開口には、スロット 2 2 0 と同様に誘電部材 2 2 0 a が充填される。

【 0 0 6 3 】

< 変形例 >

上記実施形態の変形例として、シャワーヘッド 2 1 0 がシリコンで形成されている場合を挙げる。その場合には、シャワーヘッド 2 1 0 に溶射を施すことや天板 7 0 0 を設けることなく、図 7 に示したように、そのままシャワーヘッド 2 1 0 のシリコン表面を露出する。

【 0 0 6 4 】

第 2 実施形態及び変形例の場合にも、シャワーヘッド 2 1 0 に D C 電圧を印加しながら、同一のシャワーヘッド 2 1 0 にマイクロ波を印加することができる。これにより、プラズマ処理装置 1 0 を多様なプロセスに適用することができる。例えば、マイクロ波が印加されると、シャワーヘッド 2 1 0 の表面に表面波が伝搬する。このとき、シャワーヘッド 2 1 0 の表面にはシース領域が発生し、シースの中を表面波が伝搬する。D C 電圧は、そのシースの厚さを制御する。例えば、D C 電圧をシャワーヘッド 2 1 0 に印加するとシースを厚く制御することができ、その結果、シャワーヘッド 2 1 0 の表面を伝搬する表面波の伝搬距離を長くすることができる。このように D C 電圧の制御によりプラズマシース電圧を操作することによって、表面波の伝搬距離を制御し、プラズマの電子温度を最適化することができる。さらに、変形例の場合には、D C 電圧をシャワーヘッド 2 1 0 に印加すると、シャワーヘッド 2 1 0 からシリコンをたたき出して、これによりエッチングの選択比を高めることも可能となる。

【 0 0 6 5 】

プラズマ生成時のガス種、圧力及び高周波電力の大きさによっては、スロット 2 2 0 の近傍にプラズマが過度に集中し、プラズマの均一性を乱す恐れがある。しかしながら、以

10

20

30

40

50

上に説明したように、本実施形態に係るプラズマ処理装置 10 によれば、スロット 220 の内部に誘電部材 220a が充填されている。このため、スロット 220 内にプラズマが進入することを防ぐことができる。これにより、プラズマの均一性を高めることができる。また、スロット 220 内の誘電部材 220a により、スロット内を通るマイクロ波の実効的な波長を短くすることができる。これにより、シャワーヘッド 210 の厚さを薄くすることができる。

【0066】

< 第 3 実施形態 >

[プラズマ発生用アンテナの構成]

次に、第 3 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの構成について図 8 を参照しながら説明する。図 8 は、第 3 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの拡大図（左半分）である。第 3 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナ 200 は、第 1 実施形態に係るアンテナに替えて、図 1 のプラズマ処理装置 10 のアンテナ部分に適用され得る。

【0067】

第 3 実施形態に係るシャワーヘッド 200 のガス経路は、第 1 のガス経路 225a 及び第 2 のガス経路 225b に分かれている。第 1 のガス経路 225a 及び第 2 のガス経路 225b は、完全に分離されている。第 1 のガス経路 225a は、ガス供給管 605a に接続されている。また、第 2 のガス経路 225b は、ガス供給管 605b に接続されている。所望のガス 1 は、ガス供給源 600（図 1 参照）から供給され、ガス供給管 605a を通ってガス経路 225a から複数のガス穴 215 に入り、各ガス穴 215 から処理容器内に導入される。所望のガス 2 は、ガス供給源 600（図 1 参照）から供給され、ガス供給管 605b を通ってガス経路 225b から別の複数のガス穴 215 に入り、各ガス穴 215 から処理容器内に導入される。これにより、隣接するガス穴から異なる種類のガスを交互に導入することができる。

【0068】

以上に説明したように、本実施形態に係るプラズマ処理装置 10 によれば、シャワーヘッド 200 中に独立した 2 つのシャワーヘッド空間（マトリクスシャワー）が設けられ、これにより 2 系統のガスの流れを制御する。ガスは、各シャワーヘッドから処理容器 100 に供給され、処理容器内の空間で混合され、2 種以上のガスを反応させることができる（ポストミックス）。これによれば、ガス種によってガスの導入位置を最適化でき、所望のプラズマを生成することができる。なお、ガス経路は、2 系統に限られず、3 種類以上のガスを混合せずに別々に供給可能な 3 系統以上のガス経路に分かれていてもよい。

【0069】

< 第 4 実施形態 >

[プラズマ発生用アンテナの構成]

次に、第 4 実施形態に係るプラズマ発生用アンテナの構成について図 9 及び図 10 を参照しながら説明する。図 9 は、第 4 実施形態に係るプラズマ処理装置のアンテナ部分を示した図である。図 9 では、アンテナ 200 より下の部分を省略しているが、第 4 実施形態に係るプラズマ処理装置 10 は、第 1 実施形態に係るプラズマ処理装置と同様の構成である。図 10 は、マイクロ波出力部 300 及びマイクロ波伝送機構 400 の構成を示した図である。

【0070】

第 4 実施形態に係るプラズマ処理装置 10 では、3 つのアンテナ 200 が、蓋体 150 に設けられている。各アンテナ 200 の基本的構造は第 1 実施形態にて説明したのでここでは説明を省略する。

【0071】

第 4 実施形態に係るプラズマ処理装置 10 では、マイクロ波は、図 10 のマイクロ波出力部 300 内に示した、マイクロ波電源 305 から出力され、マイクロ波発振器 310 及びアンプ 315 を介して分配器 320 にて分配される。

【0072】

10

20

30

40

50

具体的には、マイクロ波発振器 310 は、例えば、2.45GHz の所定周波数のマイクロ波を PLL 発振させる。アンプ 315 は、発振されたマイクロ波を増幅する。分配器 320 は、増幅されたマイクロ波を複数に分配する。分配器 320 では、マイクロ波ができるだけ損失されないように、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 315 で増幅されたマイクロ波を分配する。分配されたマイクロ波は、各アンテナモジュールに 410 に伝送される。

【0073】

本実施形態では、マイクロ波伝送機構 400 は、分配器 320 で分配されたマイクロ波を伝送する 3 つのアンテナモジュール 410 を有している。各アンテナモジュール 410 は、マイクロ波を各アンテナモジュール 410 に接続された同軸管 455 から処理容器 100 内に放射し、その内部でマイクロ波を空間合成する。よって、アイソレータ 418 は小型のものでよく、メインアンプ 416 に隣接して設けることができる。

10

【0074】

各アンテナモジュール 410 の位相器 412 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ように構成され、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、アンテナモジュール 410 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、隣り合うアンテナモジュール 410 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。なお、このような放射特性の変調が不要な場合には位相器 412 は設ける必要はない。

【0075】

20

可変ゲインアンプ 414 は、メインアンプ 416 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 410 のパラツキの調整やプラズマ強度の調整を行う。可変ゲインアンプ 414 をアンテナモジュール 410 毎に変化させることにより、発生するプラズマに分布を生じさせることもできる。

【0076】

メインアンプ 416 は、ソリッドステートアンプを構成する。ソリッドステートアンプは、図示していない入力整合回路、半導体増幅素子、出力整合回路及び高 Q 共振回路を有する構成とすることができる。

【0077】

アイソレータ 418 は、アンテナ 200 で反射してメインアンプ 416 に向かうマイクロ波の反射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 200 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マイクロ波の反射波を熱に変換する。アンテナモジュール 410 から出力されたマイクロ波は、マイクロ波導入機構 450 に伝送され、アンテナ 200 に導かれる。

30

【0078】

なお、本実施形態では、3 つのアンテナ 200 を蓋体 150 に個別に設け、それぞれにガス供給管 605 を設けていた、換言すれば、各アンテナ 200 ごとに独立してシャワーヘッド 210 が設けられていたが、複数のシャワーヘッド 210 を蓋体 150 に設けるよりも、複数のアンテナ 200 に対して 1 つのシャワーヘッド 210 を設けるほうが製作が容易である。したがって、本実施形態の変形例として、例えば図 11 に示すように、3 つのアンテナ 200 に対して 1 つのシャワーヘッド 210 を共通で設けてもよい。かかる場合、共通のシャワーヘッド 210 に対してガス供給管 605 が 1 つ設けられる。なお、図 11 において、各アンテナ 200 の基本的構造は、シャワーヘッド 210 とガス供給管 605 が複数のアンテナ 200 に対して共通化されている点を除き図 9 に示す場合と同様である。

40

【0079】

また、複数のアンテナ 200 を 1 つのシャワーヘッド 210 に共通して設ける場合、例えばそれぞれ独立した環状のガス経路 225 を蓋体 150 の中心軸を中心として同心円状に形成してもよい。かかる場合、各ガス経路 225 は互いに隔離される。具体的には、例

50

例えば図 1 2 に示すように、シャワーヘッド 2 1 0 に内外 2 系統の環状のガス経路 2 2 5 c、2 2 5 d を形成する。それぞれのガス経路 2 2 5 c、2 2 5 d には、ガス供給管 6 0 5 がそれぞれ設けられる。こうすることで、プラズマ空間 U へ導入するガスの流速や導入するガスの種類を、シャワーヘッド 2 1 0 の中心側の領域と、外側の領域とでそれぞれ異なるものとすることができる。

【 0 0 8 0 】

[プラズマ発生用アンテナの動作]

最後に、第 1 ~ 第 4 実施形態にかかるプラズマ処理装置 1 0 の動作について、図 1 を参照しながら説明する。まず、ウエハ W を処理容器 1 0 0 内に搬入し、サセプタ 1 0 5 上に載置する。そして、例えば Ar ガス等のプラズマガスは、ガス供給源 6 0 0 から供給され、ガス供給管 6 0 5 を通ってシャワープレート 2 0 0 から処理容器 1 0 0 内に導入される。マイクロ波は、マイクロ波出力部 3 0 0 から出力され、マイクロ波伝送機構 4 0 0 及び遅波板 4 8 0、スロット 2 2 0 を通って処理容器 1 0 0 内に導入される。マイクロ波の電界エネルギーによりプラズマガスが励起され、プラズマが生成される。

【 0 0 8 1 】

次に、例えば C l₂ ガス等のエッチングガスが、ガス供給源 6 0 0 から供給され、複数の分岐したガス供給管 6 0 5 を通ってシャワープレート 2 0 0 から処理容器 1 0 0 内に導入される。エッチングガスは、同様に励起されてプラズマ化する。このようにして形成された処理ガスのプラズマによりウエハ W に、例えばエッチング処理が施される。プラズマは低電子温度であるため、ウエハ W はダメージを受けにくく、また、高プラズマ密度であるため、ウエハ W に高速に微細加工を施すことができる。

【 0 0 8 2 】

特に、第 4 実施形態にかかるプラズマ処理装置 1 0 では、マイクロ波発振器 3 1 0 から発振されたマイクロ波は、アンプ 3 1 5 で増幅された後、分配器 3 2 0 により複数の分配される。分配されたマイクロ波は、複数のアンテナモジュール 4 1 0 に導かれる。各アンテナモジュール 4 1 0 において、このように複数の分配されたマイクロ波は、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 4 1 6 で個別に増幅し、各マイクロ波導入機構 4 5 0 に伝送される。各マイクロ波導入機構 4 5 0 では、同軸管 4 5 5 を用いてマイクロ波が遅波板 4 8 0 に伝送される。遅波板 4 8 0 を透過したマイクロ波は、各シャワーヘッド 2 0 0 のスロット 2 2 0 から処理容器内に放射される。

【 0 0 8 3 】

以上、各実施形態によれば、ガス及び電磁波を分離して供給可能な、プラズマ発生用アンテナ 2 0 0 及びプラズマ処理装置 1 0 を提供することができる。

【 0 0 8 4 】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【 0 0 8 5 】

例えば、上記実施形態では、プラズマ処理装置内にて実行されるプラズマ処理としてエッチング処理を例に挙げて説明したが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、本発明に係るプラズマ処理装置は、成膜やアッシング等、あらゆるプラズマ処理を実行可能である。

【 0 0 8 6 】

また、本発明に係るプラズマ発生用アンテナは、上記実施形態に示したマイクロ波プラズマ処理装置に限られず、誘導結合型 I C P (I n d u c t i v e l y C o u p l e d P l a s m a) のプラズマ処理装置、容量結合型のプラズマ処理装置等いずれのプラズマ処理装置にも使用することができる。そして、本発明に係るプラズマ処理装置は、表面波プラズマを使うプロセス、I C P プラズマを使うプロセス、C C P プラズマを使うプロ

セスに適用可能である。

【 0 0 8 7 】

また、各実施形態では、プラズマ処理装置に取り付けられたプラズマ発生用アンテナは1つ又は3つであった。しかしながら、本発明に係るプラズマ処理装置に取り付けるプラズマ発生用アンテナの数は、これに限定されず、2つ又は4つ又はそれ以上であってもよい。ただし、ウエハWをイオンによってたたく工程を含むプロセスの場合には、複数のプラズマ発生用アンテナを持ったプラズマ処理装置が好ましい。一方、ウエハWをラジカルで反応させるプロセスの場合には、1つのプラズマ発生用アンテナを持ったプラズマ処理装置が好ましい。

【 0 0 8 8 】

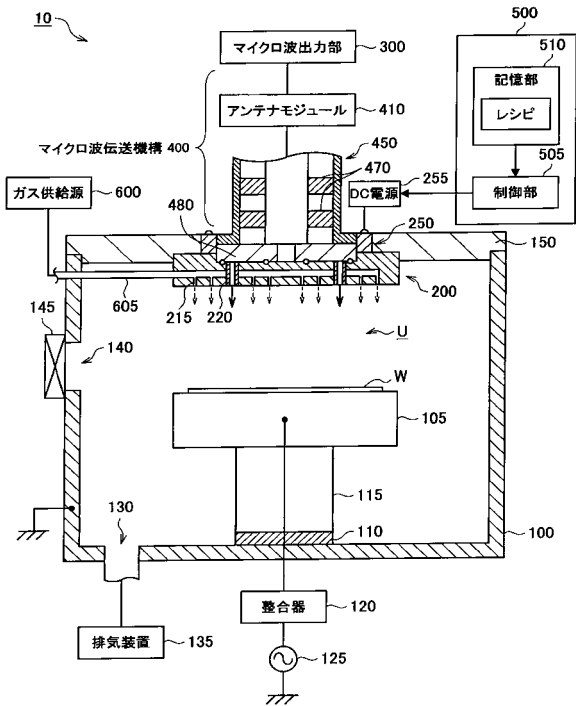
また、本発明に係るプラズマ処理装置の処理容器は、円筒状に限られず、例えば六角形や四角形でもよい。従って、本発明に係るプラズマ処理装置にて処理される被処理体は、円盤状の半導体ウエハに限らず、例えば、矩形の基板であってもよい。

【 符号の説明 】

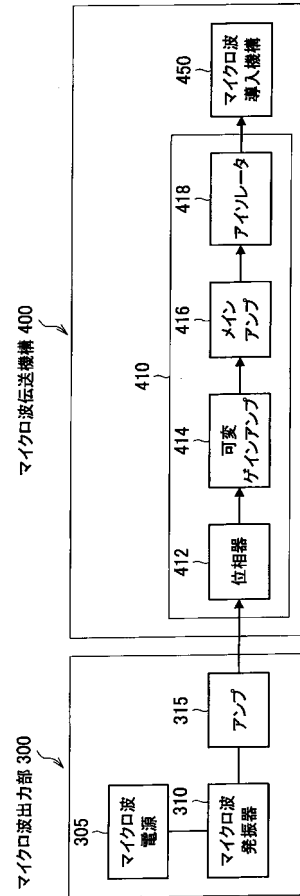
【 0 0 8 9 】

1 0	プラズマ処理装置	
1 0 0	処理容器	
1 0 5	サセプタ	
1 5 0	蓋体	
2 0 0	プラズマ発生用アンテナ	20
2 1 0	シャワーヘッド	
2 1 5	ガス穴	
2 2 0	スロット	
2 2 5	ガス経路	
2 2 5 a	第1のガス経路	
2 2 5 b	第2のガス経路	
2 5 0	D C 印加機構	
2 5 5	D C 電源	
2 6 0	D C 電極	
3 0 0	マイクロ波出力部	30
4 0 0	マイクロ波伝送機構	
4 1 0	アンテナモジュール	
4 5 0	マイクロ波導入機構	
4 5 5	同軸管	
4 5 5 a	外部導体	
4 5 5 b	内部導体	
4 8 0	遅波板	
5 0 0	制御装置	
5 0 5	制御部	
6 0 0	ガス供給源	40
U	プラズマ空間	

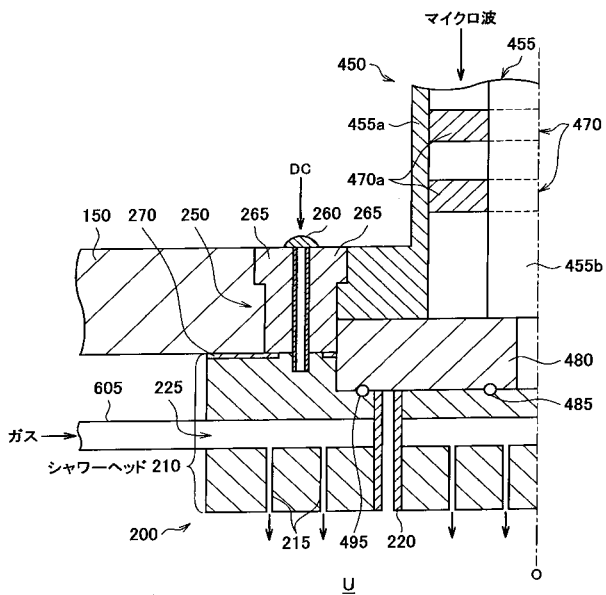
【 図 1 】



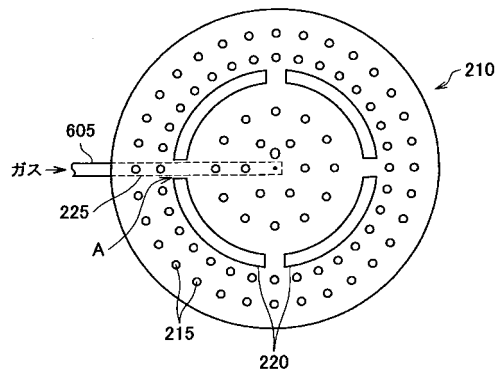
【 図 2 】



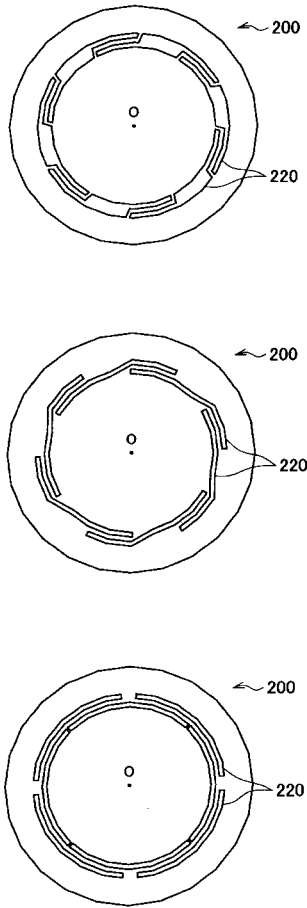
【 図 3 】



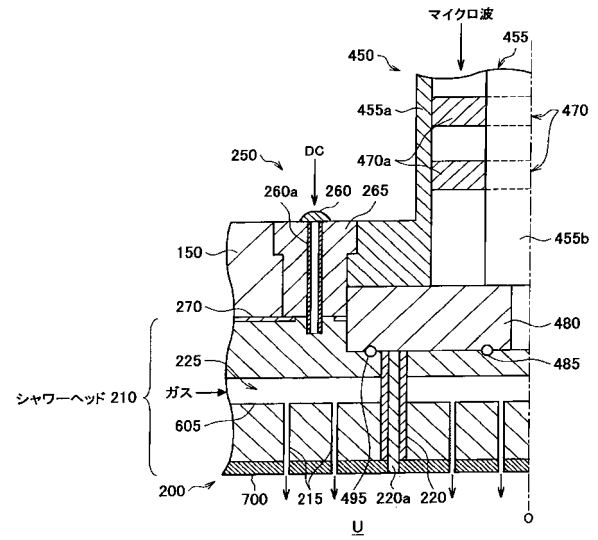
【 図 4 】



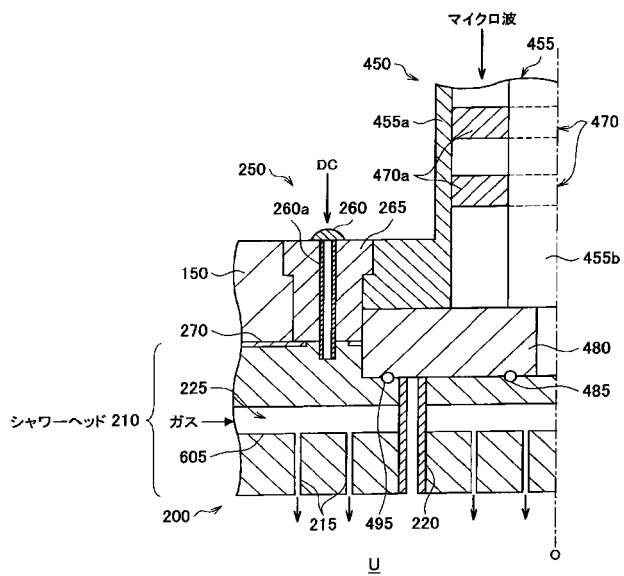
【図 5】



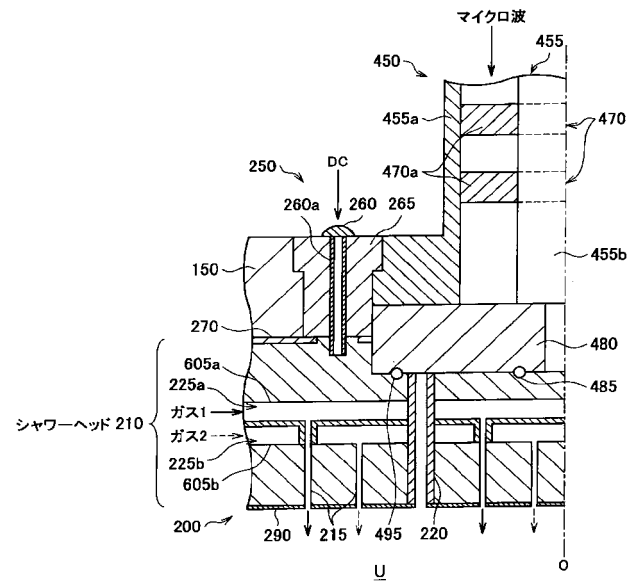
【図 6】



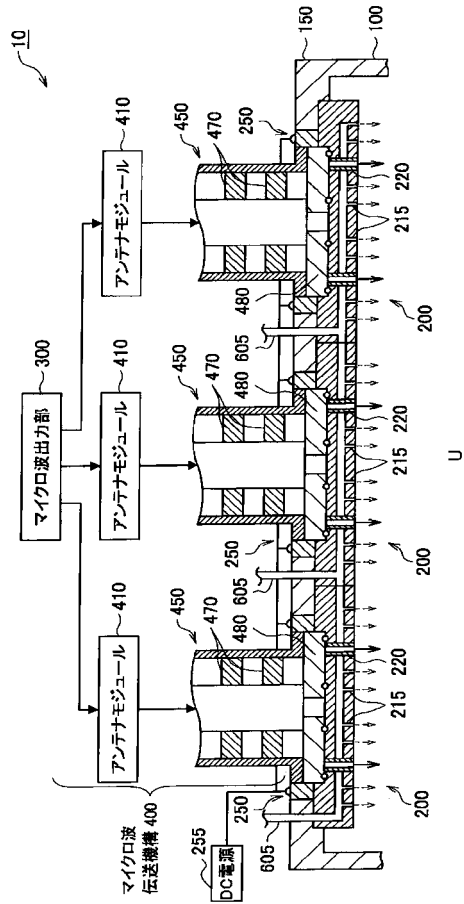
【図 7】



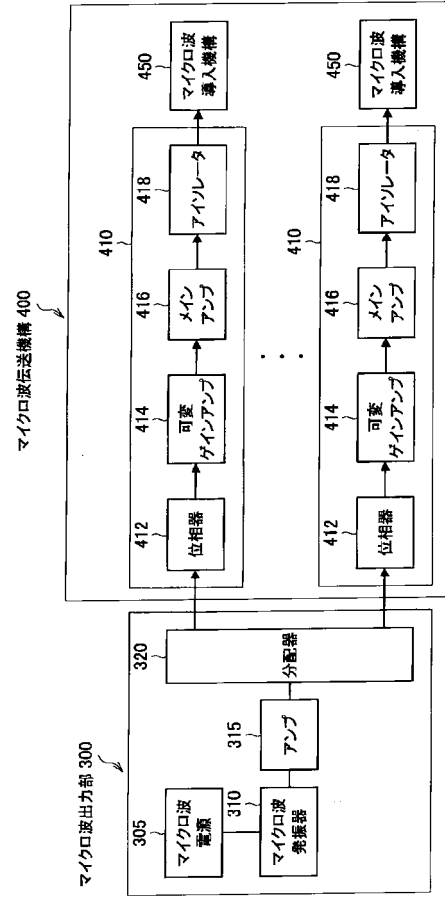
【図 8】



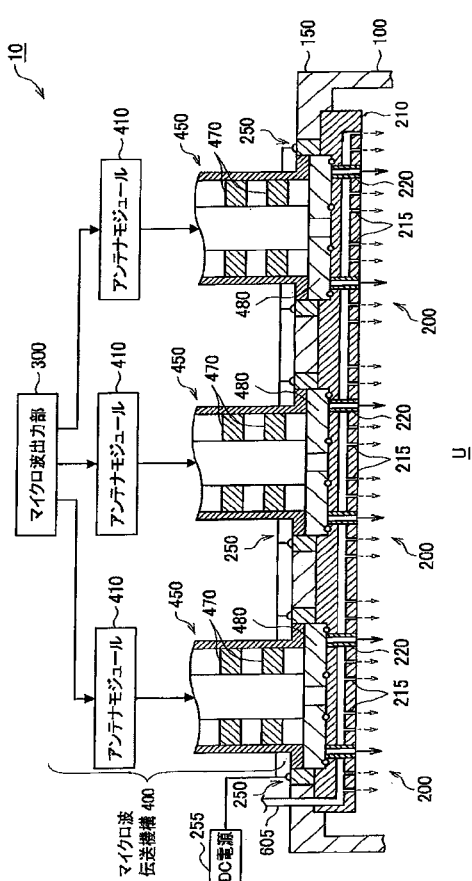
【図 9】



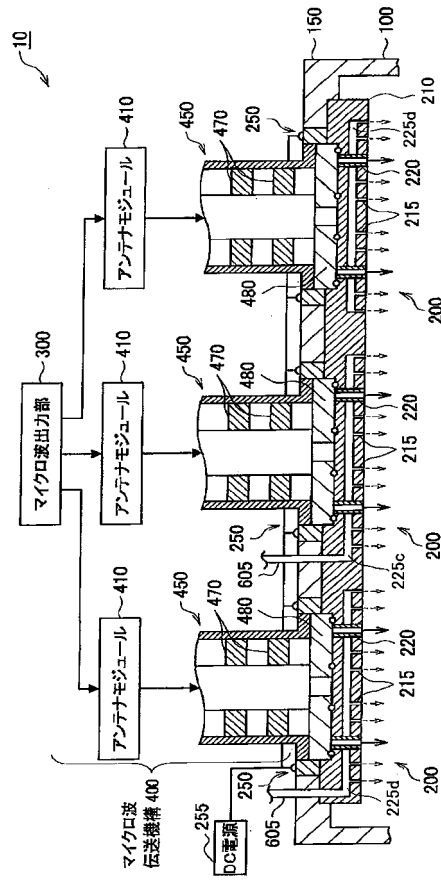
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 河西 繁

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

F ターム(参考) 5F004 AA01 BA20 BB14 BB28 CA03 CA06