

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6404111号  
(P6404111)

(45) 発行日 平成30年10月10日(2018.10.10)

(24) 登録日 平成30年9月21日(2018.9.21)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>HO 1 L</b>	<b>21/31</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 1 L</b>	21/31	C
<b>HO 5 H</b>	<b>1/46</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 5 H</b>	1/46	B
<b>C 2 3 C</b>	<b>16/511</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>C 2 3 C</b>	16/511	
<b>C 2 3 C</b>	<b>16/455</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>C 2 3 C</b>	16/455	

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-256294 (P2014-256294)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成26年12月18日(2014.12.18)	(74) 代理人	100096389 弁理士 金本 哲男
(65) 公開番号	特開2016-119325 (P2016-119325A)	(74) 代理人	100095957 弁理士 亀谷 美明
(43) 公開日	平成28年6月30日(2016.6.30)	(74) 代理人	100101557 弁理士 萩原 康司
審査請求日	平成29年10月26日(2017.10.26)	(74) 代理人	100167634 弁理士 扇田 尚紀
		(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

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】

処理容器内に第1のガスと第2のガスを供給するシャワープレートを備えたプラズマ発生用アンテナを有し、マイクロ波の供給によって前記シャワープレート表面に形成された表面波によりプラズマを形成して基板を処理するプラズマ処理装置であって、前記シャワープレートの下端面から下方に突出する、導電体により構成された垂下部材を有し、前記垂下部材の外側面は、上端部から下端部に向かって外側に広がり、前記シャワープレートは、前記処理容器内に第1のガスを供給する複数の第1のガス供給口と第2のガスを供給する複数の第2のガス供給口とを備え、前記垂下部材の下端面には、上方に窪む窪み部が形成され、前記垂下部材の内部には、当該垂下部材の上端面から前記窪み部に連通する貫通孔が形成され、前記第1のガス供給口は、前記垂下部材の外側面よりも内側に配置され且つ前記貫通孔に接続され、前記第2のガス供給口は、前記垂下部材の外側面よりも外側に配置され、前記貫通孔には、当該貫通孔よりも断面積が小さなオリフィス部が形成され、前記垂下部材の電位は、接地電位であることを特徴する、プラズマ処理装置。

【請求項2】

前記垂下部材の外側面は、下に向かって次第に外側に広がる放物線形状であることを特徴

とする、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記第 1 のガスは、前記第 2 のガスよりも、プラズマにより分解されやすいガスであることを特徴とする、請求項 1 または 2 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記第 1 のガスは原料ガスであり、前記第 2 のガスはプラズマ生成用のガスであることを特徴とする、請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記シャワープレートには、前記処理容器内にマイクロ波を放射するマイクロ波放射孔が設けられ、

マイクロ波放射孔は、平面視において、前記垂下部材の外周端部よりも内側に位置するように配置されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、処理容器内に所定のガスを供給するシャワープレートを備えたプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

20

【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】

そのため、近年では、従来プラズマ処理に用いられている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よりも、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できるマイクロ波により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）。

【0004】

30

特許文献 1 には、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プラズマ発生用のガスを励起させて、処理容器内に低電子温度で高プラズマ密度の表面波プラズマを生成するプラズマ処理装置が開示されている。

【0005】

しかしながら、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、その天井部は、表面波プラズマとアンテナとの間を石英等の誘電体板で挟んだ構造となっており、処理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、ガスを天井部以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。

40

【0006】

そこで、引用文献 2 では、アンテナの下面にシャワープレートを設け、処理ガスをこのシャワープレートから鉛直下方に処理容器内に導入する技術が提案されている。シャワープレートは誘電体により形成されており、厚み方向に貫通する多数のガス供給口から処理ガスが供給される。ガス供給口の先端部は、処理容器内からガス供給口へのガスの逆拡散を防止するために絞ったオリフィス形状を有している。これにより、処理容器内に鉛直方向のガス流を形成して処理ガスを均一に供給し、均一なプラズマが形成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

50

【特許文献1】特開2003-188103号公報

【特許文献2】特開2005-196994号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、例えば引用文献2のようなアンテナ及びシャワープレートを有するプラズマ処理装置においては、表面波プラズマにより、シャワープレート近傍の領域におけるプラズマの電子温度が、シャワープレートの表面から離れた位置の電子温度より高くなる。そのため、成膜処理において、例えばモノシランガス( $\text{SiH}_4$ )などの原料ガスがシャワープレート近傍で過剰に分解され、シャワープレートに成膜体積してしまう。そうすると、オリフィス形状を有するガス供給口の先端部で詰りが発生しておそれがある。そして、詰りが生じると、処理容器内の処理ガスの流れに偏りが生じてしまう。

10

【0009】

原料ガスの過剰な分解を防ぐためには、アンテナへ供給するマイクロ波の出力を低下させればよい。しかしながら、マイクロ波の出力を低下させるとプラズマ発生用のガスの励起が不十分となり、安定したプラズマが形成できないという問題がある。また、生産性の観点からも、プラズマ発生用のガスを効率的に励起して、例えば成膜処理における成膜レートを向上させることが望まれる。

【0010】

そこで本発明者らは、原料ガスの過剰な分解が抑制するために、例えばシャワープレートの下面に、上端部から下端部に向かって外側に広がりながら下方に突出する垂下部を設け、垂下部の内部に形成されたガス供給口を介して処理容器内にモノシランガスなどの原料ガスを供給すると共に、垂下部の外側面よりも外側にプラズマ生成用のガスを供給することに想到した。こうすることで、原料ガスがシャワープレート表面の電子温度が高い領域を通過することが無くなり、原料ガスの過剰な分解が抑制される。また、垂下部の外側面が上端部から下端部に向かって外側に広がっているので、当該垂下部の外側面でマイクロ波が横方向や斜め上方向に反射される。その結果、垂下部の外側面近傍における電界強度が高くなり、プラズマ生成用のガスを効率的に励起してプラズマを発生させることができると考えられる。そして、実際に垂下部を有するシャワープレートを用いて確認試験を行ったところ、原料ガスの過剰な分解を抑制できると共に、プラズマ生成用の適切に励起

20

30

【0011】

しかしながら、垂下部を有するシャワープレートを用いた場合であっても、依然としてガス供給口のオリフィス部において詰りの発生が確認された。そして、この詰りの原因となっている物質について調査したところ、 $\text{SiH}_x$ や $\text{Si}_x\text{N}_y$ といった、原料ガスやプラズマ生成ガス由来の生成物であることが確認された。したがって、これら生成物の発生原因は、シャワープレート表面のマイクロ波(表面波)によりガス供給口のオリフィス部近傍で電子温度が上昇し、オリフィス部近傍で、モノシランガスに電子が衝突して $\text{SiH}_2$ や $\text{Si}$ が生成されたり、例えば窒素ガスなどのプラズマ生成用ガスのラジカルが衝突することで、 $\text{SiN}$ が生成されたりすることであると考えられる。したがって、ガス供給口のオリフィス部近傍での電子温度を抑制したり、生成物の発生を抑制したりする必要がある。

40

【0012】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、処理容器内にガスを導入するシャワープレートを有し、マイクロ波により表面波プラズマを発生させるプラズマ処理装置において、シャワープレートのガス供給口への堆積物を抑制すると共に、効率的にプラズマを発生させることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記目的を達成するため、本発明は、処理容器内に第1のガスと第2のガスを供給する

50

シャワープレートを備えたプラズマ発生用アンテナを有し、マイクロ波の供給によって前記シャワープレート表面に形成された表面波によりプラズマを形成して基板を処理するプラズマ処理装置であって、前記シャワープレートの下端面から下方に突出する、導電体により構成された垂下部材を有し、前記垂下部材の外側面は、上端部から下端部に向かって外側に広がり、前記シャワープレートは、前記処理容器内に第1のガスを供給する複数の第1のガス供給口と第2のガスを供給する複数の第2のガス供給口とを備え、前記垂下部材の下端面には、上方に窪む窪み部が形成され、前記垂下部材の内部には、当該垂下部材の上端面から前記窪み部に連通する貫通孔が形成され、前記第1のガス供給口は、前記垂下部材の外側面よりも内側に配置され且つ前記貫通孔に接続され、前記第2のガス供給口は、前記垂下部材の外側面よりも外側に配置され、前記貫通孔には、当該貫通孔よりも断面積が小さな絞り部が形成されていることを特徴としている。

10

【0014】

本発明によれば、垂下部材の外側面よりも内側に第1のガス供給口が設けられ、第1のガス供給口が垂下部材に形成された貫通孔に接続されているので、電子温度が高い領域を通過させることなく第1のガスを処理容器内に導入できる。したがって、例えば第1のガスとして原料ガスを用いても、当該原料ガスが表面波プラズマにより過剰に分解されることを避けることができる。また、垂下部材の外側面が上端部から下端部に向かって外側に広がっているので、当該垂下部材の外側面でマイクロ波が横方向や斜め上方向に反射される。その結果、垂下部材の外側面近傍における電界強度が高くなり、例えば第2のガス供給口からプラズマ生成用のガスを供給すると、当該ガスを効率的に励起してプラズマを発生させることができる。加えて、垂下部材の下端面には、上方に窪む窪み部が形成され、オリフィス部を有する貫通孔は窪み部の上方に設けられているので、オリフィス部と垂下部材の下端面との間に所定の距離を確保できる。そして、垂下部材は接地電位となっているので、窪み部への表面波の進入を抑制することで、オリフィス部近傍での電子温度を抑制したり、オリフィス部近傍への電子やラジカルなどの到達を抑制したりできる。その結果、オリフィス部への生成物の堆積を抑制し、オリフィス部、即ちガス供給口の詰りを防止できる。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、処理容器内にガスを導入するシャワープレートを有し、マイクロ波により表面波プラズマを発生させるプラズマ処理装置において、シャワープレートのガス孔への反応生成と気相反応による堆積物を抑制すると共に、効率的にプラズマを発生させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施の形態にかかるプラズマ処理装置の構成の概略を示す縦断面図である。

【図2】マイクロ波の出力側の機構を示した図である。

【図3】マイクロ波伝送機構の構成を模式的に示す平面図である。

【図4】マイクロ波導入機構近傍の構成の概略を示す拡大縦断面図である。

【図5】垂下部材のオリフィス部近傍の構成の概略を示す拡大縦断面図である。

40

【図6】近傍垂下部材近傍の断面形状を示す斜視図である。

【図7】従来のシャワープレート近傍における電子温度の分布を示す説明図である。

【図8】従来のシャワープレートの近傍における電界強度の分布を示す説明図である。

【図9】垂下部材を備えたシャワープレートの近傍における電界強度の分布を示す説明図である。

【図10】垂下部材を備えたシャワープレートの近傍における電子温度の分布を示す説明図である。

【図11】垂下部材を備えたシャワープレートの近傍における電子密度の分布を示す説明図である。

【図12】他の実施の形態にかかるプラズマ処理装置の構成の概略を示す縦断面図である

50

。【図13】他の実施の形態にかかる垂下部材の構成の概略を示す側面図である。

【図14】他の実施の形態にかかる垂下部材の構成の概略を示す側面図である。

【図15】他の実施の形態にかかる垂下部材の構成の概略を示す縦断面図である。

【図16】他の実施の形態にかかる垂下部材近傍の断面形状を示す斜視図である。

【図17】他の実施の形態にかかる垂下部材近傍の断面形状を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

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。

10

【0018】

まず、本実施の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1を概略的に示した縦断面図である。

【0019】

本実施形態では、半導体ウェハW（以下、ウェハWと称呼する。）にプラズマ処理として成膜処理を施すCVD装置を例に挙げてプラズマ処理装置1を説明する。プラズマ処理装置1は、気密に保持された内部にてウェハWをプラズマ処理する処理容器10を有している。処理容器10は、上面が開口した略円筒状で、たとえばアルミニウム等の金属から形成されている。この処理容器10は、接地されている。

20

【0020】

処理容器10の底部には、ウェハWを載置するサセプタ11が設けられている。サセプタ11は、絶縁体12aを介して支持部材12により支持され、処理容器10の底部に設置されている。これにより、サセプタ11は、電気的に処理容器10とは絶縁された状態になっている。サセプタ11及び支持部材12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。

【0021】

サセプタ11には、整合器13を介してバイアス用の高周波電源14が接続されている。高周波電源14は、サセプタ11にバイアス用の高周波電力を印加する、これにより、ウェハ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11には、ウェハWを静電吸着するための静電チャック、温度制御機構、ウェハWの裏面に熱伝達用のガスを供給するためのガス流路、ウェハ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。

30

【0022】

処理容器10の底部には排気口15が設けられ、排気口15には真空ポンプを含む排気装置16が接続されている。排気装置16を作動させると、処理容器10の内部が排気され、処理容器10内が所望の真空度まで減圧される。また、処理容器10の側壁には、搬入出口17が形成され、搬入出口17を開閉可能なゲートバルブ18の開閉により、ウェハWが搬入出される。

【0023】

サセプタ11の上方には、処理容器10内にガスを供給しつつ、マイクロ波の供給が可能なプラズマ発生用アンテナ20（以下、単に「アンテナ20」という。）が装着されている。アンテナ20は、処理容器10上部の開口を塞ぐように設けられている。これにより、サセプタ11とアンテナ20との間にプラズマ空間Uが形成される。アンテナ20の上部には、マイクロ波を伝送するマイクロ波伝送機構30が連結され、マイクロ波出力部40から出力されたマイクロ波をアンテナ20に伝えるようになっている。

40

【0024】

マイクロ波出力部40は、例えば図2に示すように、マイクロ波用電源41、マイクロ波発振器42、アンプ43及び増幅されたマイクロ波を複数に分配する分配器44を有している。マイクロ波用電源41は、マイクロ波発振器42に対して電力を供給する。マイ

50

クロ波発振器 4 2 は、例えば、860MHz の所定周波数のマイクロ波を PLL 発振させる。アンプ 4 3 は、発振されたマイクロ波を増幅する。分配器 4 4 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 4 3 で増幅されたマイクロ波を分配する。

【0025】

マイクロ波伝送機構 3 0 は、分配器 4 4 で分配されたマイクロ波を処理容器内へ導く複数のアンテナモジュール 5 0 とマイクロ波導入機構 5 1 とを有している。なお、図 2 では、マイクロ波伝送機構 3 0 が 2 つのアンテナモジュール 5 0 と 2 つのマイクロ波導入機構 5 1 を備えている状態を模式的に描図しているが、本実施の形態では、例えば図 3 に示すように、マイクロ波伝送機構 3 0 はアンテナモジュール 5 0 を例えば 7 個有しており、6 10  
個のアンテナモジュール 5 0 が同一円周状に、その中心に 1 個のアンテナモジュール 5 0 がアンテナ 2 0 の上部に配置されている。

【0026】

アンテナモジュール 5 0 は、位相器 5 2、可変ゲインアンプ 5 3、メインアンプ 5 4 及びアイソレータ 5 5 を有していて、マイクロ波出力部 4 0 から出力されたマイクロ波をマイクロ波導入機構 5 1 に伝送する。

【0027】

位相器 5 2 は、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マイクロ波の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 20  
には位相器 5 2 は設ける必要はない。

【0028】

可変ゲインアンプ 5 3 は、メインアンプ 5 4 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 5 4 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。

【0029】

アイソレータ 5 5 は、アンテナ 2 0 で反射してメインアンプ 5 4 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 2 0 で反射したマイクロ波をダミーロードへ導き、ダミ 30  
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。

【0030】

次に、マイクロ波導入機構 5 1 及びプラズマ発生用アンテナ 2 0 の構成について図 4 を参照しながら説明する。図 4 は、本実施の形態に係るマイクロ波導入機構 5 1 及びアンテナ 2 0 の例えば左半分の構成の概略を拡大して示した縦断面図である。

【0031】

マイクロ波導入機構 5 1 は、同軸管 6 0 及び遅波板 7 0 を有している。同軸管 6 0 は、筒状の外部導体 6 0 a 及びその中心に設けられた棒状の内部導体 6 0 b からなる同軸状の導波管を有している。同軸管 6 0 の下端には、遅波板 7 0 を介してアンテナ 2 0 が設けられている。同軸管 6 0 は、内部導体 6 0 b が給電側、外部導体 6 0 a が接地側になっている 40  
。同軸管 6 0 には、チューナ 8 0 が設けられている。チューナ 8 0 は、例えば 2 つのスラグ 8 0 a を有し、スラグチューナを構成している。スラグ 8 0 a は誘電部材の板状体として構成されており、同軸管 6 0 の内部導体 6 0 b と外部導体 6 0 a との間に円環状に設けられている。チューナ 8 0 は、後述する制御部 5 0 0 からの指令に基づき、図示しない駆動機構によりスラグ 8 0 a を上下動させることにより、同軸管 6 0 のインピーダンスを調整するようになっている。

【0032】

遅波板 7 0 は、同軸管 6 0 の下面に隣接して設けられている。遅波板 7 0 は、円板状の誘電体部材から形成されている。遅波板 7 0 は、同軸管 6 0 を伝送されたマイクロ波を透過し、アンテナ 2 0 へと導く。

10

20

30

40

50

## 【0033】

アンテナ20は、シャワープレート100を有している。シャワープレート100は、遅波板70の下面に隣接して設けられている。シャワープレート100は、遅波板70より径が大きな略円盤形状であり、アルミニウムや銅等の電気伝導率が高い導電体により形成されている。シャワープレート100は、処理容器10のプラズマ空間U側に露出し、露出した下面に表面波を伝播させる。ここでは、シャワープレート100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播する表面波を以下、金属表面波という。

## 【0034】

シャワープレート100の下面であって、同軸管60の下方に対応する位置には、下方、即ちプラズマ空間U側に突出する垂下部材101が設けられている。垂下部材101は、円形の底面形状を有する略円錐台形状であり、シャワープレート100と同様に、アルミニウムや銅等の電気伝導率が高い導電体により形成されている。したがって、垂下部材101の電位も、処理容器10と同様に接地電位となっている。垂下部材101の外側面は、例えばその上端面から下端面に向けて次第に外側に広がる、例えばシャワープレート100と垂下部材101の外側面との接点を原点とする放物線形状を有している。

## 【0035】

シャワープレート100は、略円盤形状の上部プレート110と、同じく略円盤形状の下部プレート120を上下に重ねた構成となっている。上部プレート110には、その上面を貫通し、当該上部プレート110の径方向にガスを流通させるガス流路130が形成されている。ガス流路130には、第1のガスを供給する第1のガス供給源131が供給管132を介して接続されている。なお、第1のガスは、複数の種類のガスであってもよく、また、それらの混合ガスであってもよい。第1のガスとしては、原料ガスとしての例えばモノシランガス( $\text{SiH}_4$ )などが用いられる。

## 【0036】

上部プレート110の下面であって垂下部材101の外側面よりも内側の位置には、ガス流路130に連通する複数の第1のガス供給口133が鉛直上方に延伸して設けられている。また、上部プレート110の第1のガス供給口133とは異なる位置には、マイクロ波を通すマイクロ波放射孔としてのスロット220が複数形成されている。なお、当該スロット220の中心から鉛直下方に向けて引いた仮想線が、垂下部材101の外側面と交わるように、垂下部材101の形状とスロット220の配置が設定されていることが好ましい。換言すれば、平面視において、スロット220の中心が、垂下部材101下面の外周端部よりも内側に位置するように、スロット220が配置されていることが好ましい。

## 【0037】

下部プレート120における、上部プレート110の各第1のガス供給口133に対応する位置には、当該下部プレート120を上下方向に貫通する貫通孔150がそれぞれ形成されている。これにより、第1のガス供給口133から供給される第1のガスは貫通孔150を通過して下部プレート120の下端面に到達できる。また、下部プレート120における、上部プレート110のスロット220に対応する位置には、上部プレート110と同様に、スロット220が形成されている。

## 【0038】

垂下部材101の下端面であって、各貫通孔150の下端に対応する位置には、図5に示すように、上方に窪む窪み部160がそれぞれ形成されている。窪み部160は略円柱形状であり、例えば半径が概ね1~2mm、高さが概ね7~10mmに設定されている。窪み部の形状の設定方法については後述する。垂下部材101の内部であって、各貫通孔150の下端に対応する位置には、当該垂下部材101の上端面から窪み部160に連通する貫通孔161がそれぞれ形成されている。貫通孔161と窪み部160の間には、貫通孔161や窪み部160よりも直径の小さな開口を有するオリフィス部162が形成されている。換言すれば、オリフィス部162の断面積は、貫通孔161や窪み部160

10

20

30

40

50

よりも小さく設定されている。なお、本実施の形態では、オリフィス部162の開口の直径は概ね0.3mm程度に設定されているが、オリフィス部162の開口の直径の値は本実施の形態の内容に限定されるものではなく、処理容器10内のプラズマ空間Uから貫通孔161へガスが逆拡散しない程度の差圧を確保できるものであれば、任意に設定できる。

#### 【0039】

また、垂下部材101は、図4に示すように、下部プレート120の下端から鉛直下方に所定の長さLだけ突出して設けられている。したがって、第1のガス供給源131からガス流路130に供給された第1のガスは、この複数の貫通孔161を通して、下部プレート120よりも所定の長さLだけ低い位置から処理容器10のプラズマ空間Uに導入される。

10

#### 【0040】

下部プレート120には、その側面を貫通し、当該下部プレート120の径方向にガスを流通させるガス流路140が形成されている。ガス流路140には、第2のガスを供給する第2のガス供給源141が供給管142を介して接続されている。第2のガスとしては、プラズマ発生用の例えば窒素ガス、アルゴンガス、水素ガス、又はこれらのガスを混合したガスなどが用いられる。なお、ガス流路140を流通するガスとガス流路130を流通するガスがシャワープレート100内で混合することがないように、ガス流路140はガス流路130とは完全に独立して設けられている。

#### 【0041】

下部プレート120の下面であって垂下部材101の外側面よりも外側の位置で且つスロット220とは異なる位置には、ガス流路140に連通する複数の第2のガス供給口151が鉛直上方に延伸して設けられている。第2のガス供給源141からガス流路140に供給された第2のガスは各第2のガス供給口151を通して、下部プレート120の下面から処理容器10のプラズマ空間Uに導入される。なお、図4では、シャワープレート100は、上部プレート110と下部プレート120とにより構成されている、第1のガスのガス流路130および第2のガスのガス流路140とが独立して形成され、シャワープレート100の内部でガスが混ざらない構成となっていれば、シャワープレート100をどのように構成するかについては本実施の形態に限定されるものではなく、任意に設定が可能である。

20

30

#### 【0042】

上述した複数のスロット220は、ガスの供給経路であるガス流路130、140、複数の第1のガス供給口133、第2のガス供給口151及び貫通孔150、161とは異なる位置に設けられ、シャワープレート100を厚み方向に貫通している。スロット220の一端は、遅波板70に隣接し、他端は、処理容器10のプラズマ空間U側に開口している。マイクロ波は、同軸管60を伝播し、遅波板70を透過した後、複数のスロット220に通されて処理容器10内に放射される。なお、スロット220の内部を石英などの誘電体で満たす構造としてもよい。

#### 【0043】

第2のガス供給口151の直径は、処理容器10内に放射されたマイクロ波が第2のガス供給口151の内部に入り込まないような大きさとなっている。本実施の形態では、例えば0.6mmである。また、スロット220と第1のガス供給口133、第2のガス供給口151及び貫通孔150、161とはシャワープレート100内にて完全に分離されている。これにより、第1のガス供給口133、第2のガス供給口151や貫通孔150、161での異常放電を防止することができる。

40

#### 【0044】

なお、遅波板70、上部プレート110及び下部プレート120の接触面は、それぞれ図示しないリングによりシールされている。これにより、処理容器10やスロット220の内部を真空状態にすると共に、シャワープレート100内で第1のガスと第2のガスが混合することを避けることができる。

50

## 【 0 0 4 5 】

なお、シャワープレート100のプラズマ側に露出した面、即ち、下部プレート120の下面及び垂下部材101の表面は、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(図示せず)で覆われていてもよい。それにより、導体面がプラズマ空間側に露出しないようにしてもよい。

## 【 0 0 4 6 】

図6は、シャワープレート100、垂下部材101、下部プレート120と、第1のガス供給口133及び垂下部材101に形成された貫通孔161並びに窪み部160との概略の位置関係の一例を示すものであり、垂下部材101近傍の断面を斜め下方から見た状態を示した斜視図である。例えば図6に示すように、垂下部材101に設けられた窪み部160及び貫通孔161は、当該垂下部材101の中央部近傍に同心円状に複数配置されている。なお、図6では、1つの同心円上にのみ窪み部160、貫通孔161及び第1のガス供給口133を形成すると共に、貫通孔150、スロット220については、その記載を省略した状態を描図している。また、上述のとおり、第1のガス供給口133は、貫通孔161に対応する位置に設けられている。そのため、本実施の形態においては、第1のガス供給口133も、例えば図6に示すように垂下部材101と同心円状の配置となっている。

## 【 0 0 4 7 】

次に、シャワープレート100及び垂下部材101近傍の構成について、本発明の原理と併せて説明する。マイクロ波を用いたプラズマ処理において、ウェハWに成膜する際に原料ガスとして用いられる、例えばモノシラン( $SiH_4$ )を $SiH_3$ に分解するためには、約8.75 eV以上のエネルギーが必要となる。その一方、プラズマ発生用のガスとして用いられる、例えば窒素ガスは、その結合エネルギーが約9.91 eVである。即ち、窒素ガスを励起して窒素プラズマや窒素ラジカルを生成するには、約9.91 eV以上のエネルギーを与える必要がある。したがって、かかる場合のマイクロ波プラズマ処理においてアンテナ20へ供給するマイクロ波の出力は、より高いエネルギー、即ちプラズマ発生用ガスを励起するためのエネルギーを基準として決定される。ここで、金属表面波を用いたマイクロ波プラズマ処理(特にエバネッセント波を応用した表面波によるプラズマ処理)においては、通常、アンテナ20の下端近傍、例えばアンテナ下面から概ね5 mm以内の領域は、アンテナ下面から概ね5 mm以上離れた領域と比較して電子温度が高くなる。

## 【 0 0 4 8 】

また、本発明者らが調査したところ、電子温度は、シャワープレート100に形成されたスロット220の近傍で特に高くなることが確認された。図7にスロット220が外周部に形成されたシャワープレート100近傍における電子温度の分布を示す。図7の縦軸は、処理容器10内における高さ、横軸は同軸管60の中心軸からの水平方向の距離である。なお、図7では、スロット220の中心が同軸管60の中心軸から概ね35 mmである場合の電子温度分布について描図している。また、図7に示す破線は、電子温度が1 eVとなる境界線である。図7では、当該破線よりもスロット220寄りの領域X(スロット220を中心として、概ね半径35 mm程度の領域)では電子温度が1 eVより高くなっており、スロット220の近傍が高電子温度の領域になっていることを表している。即ち、当該領域Xにおいてはプラズマ発生用ガス及び原料ガスが活発に電離する。そのため、従来のように、シャワープレートからプラズマ発生用のガスとして窒素ガスと、原料ガスとしてモノシランガスの双方を供給すると、窒素ガスは電子温度が高い領域Xにおいては分解されて窒素イオン、窒素原子ラジカル、窒素原子となるが、電子温度が低い領域ではエネルギーが十分でないため、反応性の高い原子状窒素はほとんど生成されない。その一方、モノシランガスは、領域Xの外側においても $SiH_3$ に分解されるが、電子温度が高くなる領域Xにおいて $SiH_2$ 、 $SiH$ が多く生成されるため、この領域Xで $SiH_2$ 、 $SiH$ が過剰に生成されてシリコンが成膜され、シャワープレートのガス供給口に堆積してしまっていた。

10

20

30

40

50

## 【0049】

反応生成と気相反応による堆積物を抑制するためにはアンテナ20に供給するマイクロ波の出力を下げ、それにより領域Xにおける電子温度を低下させればよい。しかしながら、 $SiH_2$ 、 $SiH$ の過剰生成を防止することを目的としてマイクロ波の出力を下げると、プラズマ発生用ガスを分解するための所定の電子温度が得られなくなる。そのため、マイクロ波の出力を下げるにも限界がある。

## 【0050】

そこで、本発明者らは、ガス供給口へ堆積する不要な反応生成と気相反応による堆積物を抑制するために、シャワープレート100から供給される原料ガスを、電子温度が高い領域Xを通過させることなく処理容器10内に導入する方法について鋭意検討した。ただし、従来のように処理容器10の側壁から処理容器10内に原料ガスを供給すると、処理容器10内のガスの流れを制御することが困難となり、均一なプラズマが得られない。

## 【0051】

そこで本発明者らは、シャワープレート100の内部でプラズマ発生用のガスと原料ガスとが混合しないようにそれぞれ個別にガス流路130、140を設け、さらにプラズマ発生用のガスを領域Xまたは領域Xの近傍に供給し、その一方で原料ガスを領域Xから離れた場所にそれぞれ供給すれば、原料ガスの過剰な分解が避けられ且つプラズマ発生用のガスを効率的に励起できる点に着想した。そしてこの着想に基づき、例えば図4に示したような垂下部材101を、シャワープレート100の下端に設けることに想到した。

## 【0052】

垂下部材101を、シャワープレート100の下端に設けるにあたって、本発明者らは先ず、シャワープレート100近傍の電界強度について調査した。図8及び図9に、スロット220が外周部に形成されたシャワープレート100近傍の電界強度の分布及びその方向について示す。図8はシャワープレート100のみの場合、図9はシャワープレート100の下端に垂下部材101を設けた場合の電界強度分布を示している。図8、図9の三角形の大きさは電界強度の強さ、三角形の向きは電界の向きをそれぞれ表している。図8に示すように垂下部材101を設けていないシャワープレート100においては、電界は主に下方に向いているが、垂下部材101を設けることで、図9に示すように、垂下部材101の外側面近傍で横方向の電界強度が高くなることが確認された。このことから、垂下部材101の外側面近傍で高電子温度が得られるものと推察される。これは、垂下部材101の外側面が上端部から下端部に向かって外側に広がっているので、当該垂下部材101の外側面でマイクロ波が横方向や斜め上方向に反射され、垂下部材101の外側面近傍において高エネルギーの状態が形成されていることが原因と考えられる。

## 【0053】

次に、シャワープレート100に垂下部材101を設けた場合の、シャワープレート100近傍の電子温度の分布を図10示す。なお、図10においても同軸管60の中心軸とスロット220の中心までの距離は、図7の場合と同様に概ね35mmであり、垂下部材101の下面の半径は概ね45mmである。垂下部材101を設けることで、電子温度が1eV以上となる領域Xは、スロット220の近傍で且つ垂下部材101の外側面に分布し、垂下部材101の下面では、電子温度は概ね1eV以下となることが図10から確認できる。これは、上述のように、垂下部材101の外側面が上端部から下端部に向かって外側に広がっているため、当該垂下部材101の外側面でマイクロ波が横方向や斜め上方向に反射され、それにより垂下部材の外側面近傍における電界強度が高くなることが原因と推察される。

## 【0054】

したがって、図4に示すように、第2のガス供給口151を垂下部材101の外側面の外側に配置し、第1のガス供給口133及び貫通孔150、161を垂下部材101の外側面よりも内側に配置することで、一方では、領域Xにプラズマ発生用ガスを集中的に供給し、他方では、分解しやすい原料ガスを、領域Xを通過させることなく処理容器10内に導入できる。かかる場合、原料ガスが領域Xで過剰に分解されることを抑制できるので

10

20

30

40

50

、原料ガスによるプリカーサの生成を抑え、貫通孔 1 6 1 や第 2 のガス供給口 1 5 1 が閉塞することを防止できる。

【 0 0 5 5 】

なお、垂下部材 1 0 1 を設けた場合のシャワープレート 1 0 0 近傍の電子密度についても確認したところ、図 1 1 に示すように、スロット 2 2 0 の近傍で且つ垂下部材 1 0 1 の外側面近傍に高密度の領域が形成されていることが確認された。このことから、領域 X は高エネルギーの状態となっており、当該領域 X においてプラズマ発生用のガスが効率的に励起されることが確認できる。

【 0 0 5 6 】

ここで、例えば図 1 0 から確認できるように、電子温度が高い領域 X は、垂下部材 1 0 1 の外側面から外側方向に分布しており、例えば垂下部材を下方から見た場合に、垂下部材 1 0 1 底面の外側の位置にも領域 X が分布している。そのため、第 2 のガス供給口 1 5 1 は、必ずしも、垂下部材 1 0 1 の外側面の近傍に設ける必要はなく、領域 X に面した位置に設けられていればよい。なお、本発明者らによれば、例えば本実施の形態のように、垂下部材 1 0 1 の外側面が、シャワープレート 1 0 0 の下部プレート 1 2 0 と垂下部材 1 0 1 の接点を原点とする放物線形状を有する場合、当該放物線の焦点近傍で高エネルギー状態となることが確認されている。かかる場合、第 2 のガス供給口 1 5 1 は焦点近傍に面した位置に設けることが好ましい。

【 0 0 5 7 】

なお、下部プレート 1 2 0 に突起物である垂下部材 1 0 1 を設けることにより、当該垂下部材 1 0 1 にも表面波が伝播することで、プラズマ空間 U における均一なプラズマの生成が阻害される可能性がある。そのため、垂下部材 1 0 1 の長さ L は、最大でも処理容器 1 0 内に導入するマイクロ波の波長以下とすることが好ましく、波長の 1 / 2 以下とすることが更に好ましい。本発明者らによれば、このように垂下部材 1 0 1 の長さ L を設定することで、垂下部材 1 0 1 での表面波の伝播を抑制し、処理容器 1 0 内に安定的にプラズマを生成することができていることが確認されている。本実施の形態では、波長が 3 4 8 . 6 m m である 8 6 0 M H z のマイクロ波を用いるので、垂下部材 1 0 1 の長さ L は概ね 1 0 m m ~ 6 0 m m の範囲で設定することが好ましく、2 0 m m ~ 4 0 m m の範囲で設定することがより好ましい。

【 0 0 5 8 】

また、本発明者らによれば、垂下部材 1 0 1 の下面の表面波プラズマにより、垂下部材 1 0 1 の下面近傍での電子温度が 1 e V よりも高くなることが確認されている。かかる場合、オリフィス部 1 6 2 を垂下部材 1 0 1 の下端面に形成すると、当該オリフィス部 1 6 2 の近傍でモノシランガスに電子が衝突して  $S i H_2$  や  $S i$  が生成されたり、例えば窒素ガスなどのプラズマ生成用ガスのラジカルが衝突することで、 $S i N$  が生成されたりして、反応生成物が発生してしまう。そうすると、オリフィス部 1 6 2 に反応生成物が成膜、堆積して、オリフィス部 1 6 2 が閉塞してしまう。

【 0 0 5 9 】

そこで本発明者らは、例えば図 6 に示すように、垂下部材 1 0 1 の下端面に、上方に窪む窪み部 1 6 0 を形成し、その上方にオリフィス部 1 6 2 を設けるようにした。換言すれば、オリフィス部 1 6 2 と垂下部材 1 0 1 の下端面との間に所定の距離を確保するようにした。そして、垂下部材 1 0 1 は接地電位となっているので、窪み部 1 6 0 への表面波の進入を抑制することで、オリフィス部 1 6 2 近傍での電子温度を抑制したり、オリフィス部 1 6 2 近傍への電子やラジカルなどの到達を抑制したりできる。その結果、オリフィス部 1 6 2 への反応生成物の成膜、堆積を抑制し、オリフィス部 1 6 2、即ち第 1 のガス供給口 1 3 3 の詰りを防止できる。

【 0 0 6 0 】

なお、窪み部 1 6 0 の大きさを決定するにあたり、本発明者らは、窪み部 1 6 0 の高さを 3 ~ 1 0 m m の範囲で、半径を 1 ~ 3 m m の範囲で変化させて、窪み部 1 6 0 の上端部近傍（オリフィス部 1 6 2 の下端部近傍）における電子温度がどのように変化するかを試

10

20

30

40

50

験により確認した。その際、垂下部材 101 の長さ L は、概ね 16 mm とした。その結果、半径を概ね 1 mm とした場合は、窪み部 160 の高さを概ね 3 ~ 7 mm とした場合、上端部での電子温度は概ね 0.9 eV ~ 0.95 eV であった。また、半径を概ね 2 mm とした場合は、窪み部 160 の高さを概ね 5 ~ 10 mm とした場合、窪み部 160 の上端部での電子温度は概ね 0.71 ~ 0.81 eV であった。また、半径を概ね 3 mm とした場合は、窪み部 160 の高さを概ね 5 mm とした場合、窪み部 160 の上端部での電子温度は概ね 1.0 eV であった。したがって、この試験の結果から、窪み部 160 の半径は 1 ~ 3 mm の範囲とすることが好ましく、2 mm 程度とすることがより好ましい。また、窪み部 160 の高さは 3 ~ 10 mm 程度とすることが好ましく、5 mm ~ 7 mm 程度とすることがより好ましい。本実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 は以上のような知見に基づくものである。

10

#### 【0061】

また、プラズマ処理装置 1 には、図 1 に示すように制御部 500 が設けられている。制御部 500 は、例えばコンピュータであり、プログラム格納部（図示せず）を有している。プログラム格納部には、プラズマ処理装置 1 におけるウェハ W の処理を制御するプログラムが格納されている。なお、前記プログラムは、例えばコンピュータ読み取り可能なハードディスク（HD）、フレキシブルディスク（FD）、コンパクトディスク（CD）、マグネットオプティカルディスク（MO）、メモリーカードなどのコンピュータに読み取り可能な記憶媒体に記録されていたものであって、その記憶媒体から制御部 500 にインストールされたものであってもよい。

20

#### 【0062】

本実施の形態にかかるプラズマ処理装置 1 は以上のように構成されており、次に、プラズマ処理装置 1 を用いて行われる処理について、ウェハ W に窒化シリコン膜を形成する場合を例に説明する。

#### 【0063】

まず、ウェハ W を処理容器 10 内に搬入し、サセプタ 11 上に載置する。そして、第 2 のガス供給源 141 から、プラズマ発生用のガスとして窒素ガス、アルゴンガス及び水素ガスを混合したガスをシャワープレート 100 の下部プレート 120 を介して処理容器 10 内に導入する。次いで、マイクロ波がマイクロ波出力部 40 から出力され、マイクロ波伝送機構 30 及び遅波板 70、スロット 220 を通って処理容器 10 内にマイクロ波が導入される。これにより、アンテナ 20 及び垂下部材 101 の表面に形成された金属表面波により表面波プラズマが生成される。この際、スロット 220 が設けられた垂下部材 101 の外側面近傍の領域 X は高エネルギーの状態となっているので、当該領域 X に設けられた第 2 のガス供給口 151 から供給されるプラズマ発生用のガスは、この領域 X で高エネルギーにより励起され、効率的に窒素ラジカルが生成される。それと共に、第 1 のガス供給源 131 から、原料ガスとしてのモノシランガスが第 1 のガス供給口 133、貫通孔 150、161 を介して処理容器 10 内に導入される。

30

#### 【0064】

処理容器 10 内に導入されたモノシランガスは、プラズマにより励起されて  $\text{SiH}_3$  に分解される。この際、モノシランガスは垂下部材 101 の底面から処理容器 10 のプラズマ空間 U に導入されるので、モノシランガスは電子温度が高い領域 X を通過することがない。その結果、過剰な  $\text{SiH}_3$  による反応生成と気相反応が抑えられる。また、窪み部 160 によりオリフィス部 162 近傍の電子温度が抑制されるので、オリフィス部 162 近傍での反応生成物の発生が抑制される。

40

#### 【0065】

そして、窒素ラジカル及び  $\text{SiH}_3$  は、シャワープレート 100 からウェハ W に向かう鉛直下方のガス流れに随伴してウェハ W の表面に到達し、ウェハ W 上面に窒化シリコンとして堆積する。これにより、ウェハ W の上面に窒化シリコン膜が形成される。

#### 【0066】

以上の実施の形態によれば、垂下部材 101 の外側面よりも内側に第 1 のガス供給口 1

50

33が設けられているので、第1のガスが、シャワープレート100に形成されたスロット220近傍の電子温度が高い領域Xを通過することがない。したがって、モノシランガスが表面波プラズマにより過剰に分解されることを避けることができる。その結果、シャワープレート100を用いてウェハWにプラズマ処理を施すにあたり、シャワープレート100の貫通孔161や第2のガス供給口151といったガス孔に反応生成と気相反応による堆積物、本実施の形態ではシリコン膜が成膜することを抑制できる。

#### 【0067】

加えて、垂下部材101の下端面には、上方に窪む窪み部160が形成され、オリフィス部162を有する貫通孔161は窪み部160の上方に設けられているので、オリフィス部162と垂下部材101の下端面との間に所定の距離を確保できる。そして、垂下部材101は接地電位となっているので、窪み部160への表面波の進入を抑制することで、オリフィス部162近傍での電子温度を抑制したり、オリフィス部162近傍への電子やラジカルなどの到達を抑制したりできる。その結果、オリフィス部162への反応生成物の成膜、堆積を抑制し、オリフィス部162、即ち第1のガス供給口133の詰りを防止できる。

#### 【0068】

また、垂下部材101の外側面が放物線形状を有し且つスロット220の中心から鉛直下方に向けて引いた仮想線とこの放物線が交わるように垂下部材101の形状とスロット220の配置が設定されているので、当該垂下部材101の外側面でマイクロ波が横方向や斜め上方向に反射される。そのため、垂下部材101の外側面近傍における電界強度が高くなり、垂下部材101の外側面に高エネルギー状態の領域Xが形成される。その結果、第2のガス供給口から供給される第2のガスは、領域Xにおいて効率的に励起されるので、効率的にプラズマを発生させることができる。なお、スロット220と垂下部材101との位置関係は、必ずしも本実施の形態の内容に限定されるものではなく、スロット220が垂下部材101外側面の放物線形状の外側に位置していても、スロット220から導入されるマイクロ波は垂下部材101の外側面により反射されるので、垂下部材101の外側面近傍に電界強度の高い領域を形成することができる。

#### 【0069】

また、本実施の形態によれば、シャワープレート100の下面に垂下部材101を設けることで、例えば図9に示すように、垂下部材101の外側面近傍で横方向の電界強度が高くなる。ここで、垂下部材101を設けない従来のシャワープレートにおいては、例えば図8に示すように、当該シャワープレートから横方向への電界の広がりが小さく、同軸管60の下方に対応する領域の電界強度は、それ以外の領域の電界強度よりも相対的に高くなる傾向があった。その結果、処理容器内の電界強度が不均一となり、プラズマ処理の均一性には限界があった。この点、本実施の形態のように垂下部材101を設けることで、横方向の電界強度を高めて、従来よりも電界強度分布を均一化できる。したがって、本実施の形態にかかるプラズマ処理装置1によれば、従来よりも均一性の高いプラズマ処理を行うことができる。

#### 【0070】

なお、下部プレート120の下面近傍は表面波プラズマにより高温になるため、ガス流路140内を流通するガスもこのプラズマの熱により温度上昇する。その結果、ガス流路140内のガスの内部エネルギーが増加し、表面波プラズマにより分解しやすい状態となる。したがって、分解しにくいガス、即ちこの場合にはプラズマ発生用のガスをガス流路140内に流通させれば、表面波プラズマによる分解を促進できる。したがって、プラズマ発生用のガスを供給する第2のガス供給源141は下部プレート120のガス流路140に接続することが好ましい。

#### 【0071】

なお、以上の実施の形態では、第1のガス供給口133は、垂下部材101に対応する位置にのみ設けられていたが、第1のガス供給口133は、垂下部材101に対応する位置以外に設けられていてもよく、例えば図12に示すように、シャワープレート100の

10

20

30

40

50

下面に、第2のガス供給口151と第1のガス供給口133が概ね等間隔となるように配置してもよい。なお、下部プレート120の第1のガス供給口133に対応する位置には、貫通孔150が形成される。かかる場合、下部プレート120下面の電子温度が高い領域を原料ガスである第1のガスが通過することにより、反応生成と気相反応による堆積物が第2のガス供給口151や貫通孔150といったガス孔を塞ぐことを防止するため、貫通孔150の下端には所定の長さの供給ノズル200を設けてもよい。なお、図12では、供給ノズル200の長さは垂下部材101の長さLと等しい状態を描図しているが、供給ノズル200の長さは本実施の形態の内容に限定されるものではなく、例えば上述のようにシャワープレート100の下面から概ね5mm以内の、電子温度が比較的高い領域を通過する長さであれば任意に設定できる。また、突起物である供給ノズル200を設けることにより、当該供給ノズル200にも表面波が伝播して共振を起こし、プラズマ空間Uにおける均一なプラズマの生成が阻害される可能性がある。そのため、供給ノズル200の長さは、処理容器10内に導入するマイクロ波の波長の $1/16 \sim 3/16$ 程度、より好ましくは $1/8$ 程度とすることが好ましい。

10

#### 【0072】

また、以上の実施の形態では、垂下部材101の外側面は放物線形状を有していたが、垂下部材101の形状は、本実施の形態の内容に限定されるものではなく、外側面が、上端部から下端部に向かって外側に広がる形状であれば、任意に設定が可能である。例えば、図13に示すように、外側面が直線状に形成された、略円錐台形状の垂下部材300を用いてもよく、例えば、図14に示すように、外側面の接線方向が徐々に斜め方向から鉛直方向に変化する略2次曲線形状である垂下部材310を用いてもよい。本発明者らによれば、垂下部材101の外側面が、上端部から下端部に向かって外側に広がる形状を有していれば、垂下部材101の外側面でマイクロ波が横方向や斜め上方向に反射されるので、垂下部材101の外側面近傍において高エネルギーの状態を形成できる。

20

#### 【0073】

以上の実施の形態では、垂下部材101の内部に上下方向に貫通する貫通孔161を形成していたが、貫通孔161は例えば斜め方向に延伸していてもよく、例えばモノシランガスといった原料ガスが過剰に分解されることが無いように、領域Xと面しない位置に形成されていれば、その形状は任意に設定できる。また、例えば図15に示すように、垂下部材101の内部に、下部プレート120の貫通孔150と連通するガス室101aを形成し、当該ガス室101aの下方に貫通孔161を形成するようにしてもよい。なお、図15では、オリフィス部162についてはその記載を省略している。

30

#### 【0074】

以上の実施の形態では、上部プレート110のガス流路130及び下部プレート120のガス流路140にそれぞれ一つの供給管132、142を介して第1のガス供給源131、第2のガス供給源141を接続したが、例えばガス流路130、ガス流路140をそれぞれ独立した環状で同心円状の流路とし、それぞれのガス流路に複数の供給管132及び供給管142を複数設け、各流路に供給するガスの流量を制御するようにしてもよい。そうすることで、下部プレート120の各領域ごとにガスの供給量を制御することが可能となり、例えば電界強度分布に対応して原料ガスやプラズマ発生用ガスの供給量を制御して、ウェハWに対してより均一なプラズマ処理を行うことができる。

40

#### 【0075】

特に、従来のように垂下部材101を有さないシャワープレート100を用いて、原料ガスとしてモノシランガスを処理容器10内に供給する場合、シャワープレート100下面で原料ガスが過剰に分解されるために、 $SiH_3$ の生成量を制御することが困難であったが、本発明では垂下部材101を介してモノシランガスを供給することで、過剰な $SiH_3$ の生成を抑えることができる。したがって、モノシランガスの供給量を制御することで容易に $SiH_3$ の生成量を調整でき、これにより、ウェハW上の成膜量を制御することが可能となる。かかる場合、さらに供給管132及び供給管142を複数設けて下部プレート120の所定の領域ごとにガスの供給量を制御することで、各領域ごとにさらに厳密

50

に窒素ラジカルと $\text{SiH}_3$ の生成量を調整できるので、ウェハWに対してより均一なプラズマ処理を施すことが可能となる

【0076】

以上の実施の形態では、窪み部160は円柱形状を有していたが、窪み部160の形状は、垂下部材101の上方に窪む形状であれば任意に設定が可能であり、例えば、図16に示すように、環状のスリット形状を有する窪み部250であってもよい。かかる場合も、窪み部250の幅及び高さを適切に設定することで、オリフィス部162への反応生成物の成膜、堆積を抑制できることが確認されている。

【0077】

また、垂下部材101の下端面に、例えば図17に示すように、さらに下方に延伸する第2の垂下部材260を設け、当該第2の垂下部材260の下端面に、上方に窪む窪み部261を形成するようにしてもよい。

10

【0078】

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。

【符号の説明】

【0079】

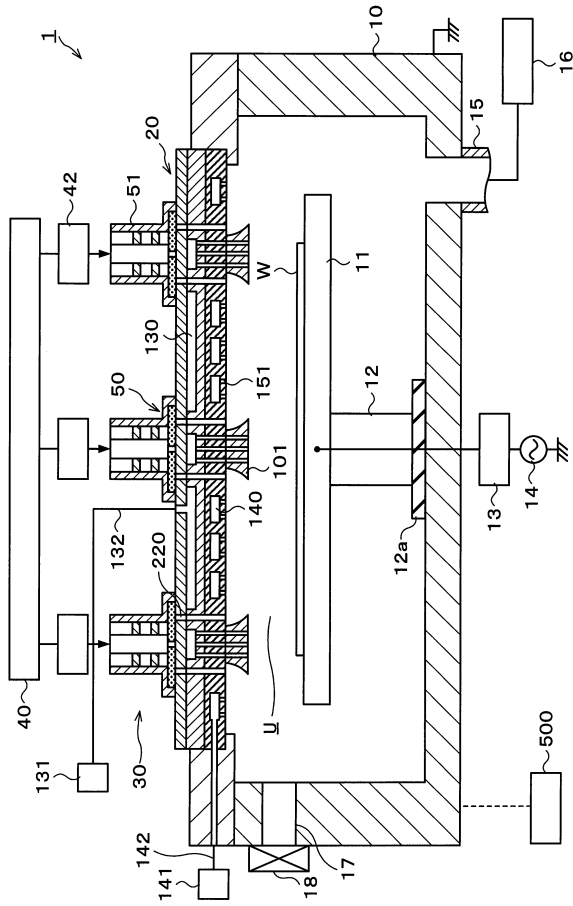
20

- 1 プラズマ処理装置
- 10 処理容器
- 11 サセプタ
- 12 支持部材
- 13 整合器
- 14 高周波電源
- 30 マイクロ波伝送機構
- 40 マイクロ波出力部
- 50 アンテナモジュール
- 100 シャワープレート
- 101 スイカ部材
- 110 上部プレート
- 120 下部プレート
- 130 ガス流路
- 133 第1のガス供給口
- 140 ガス流路
- 151 第2のガス供給口
- 160 窪み部
- 161 貫通孔
- 220 スロット
- 500 制御装置
- U プラズマ空間
- W ウェハ
- X 領域

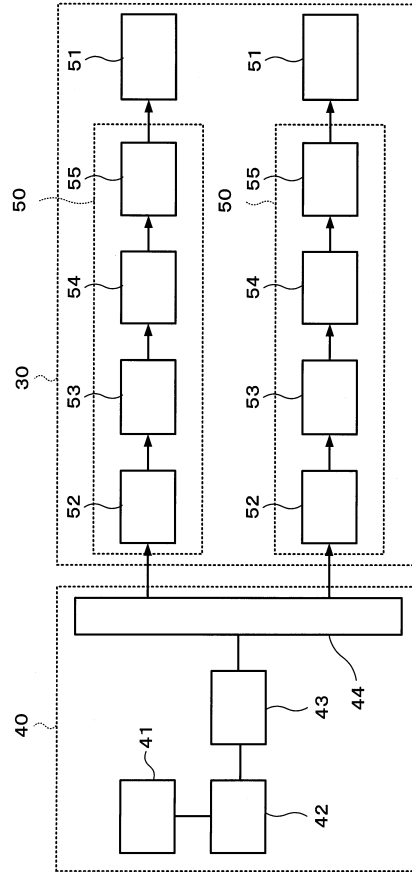
30

40

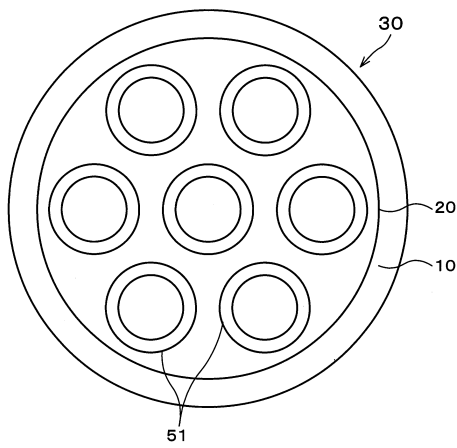
【図1】



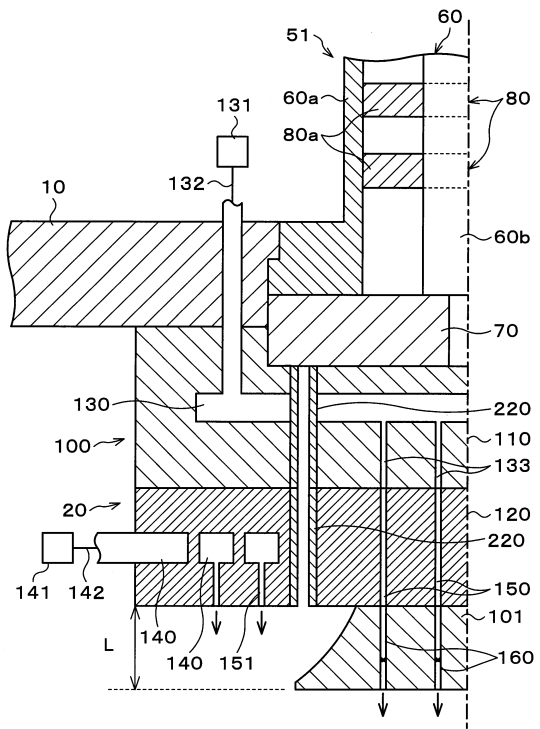
【図2】



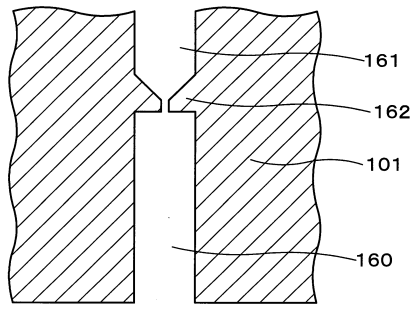
【図3】



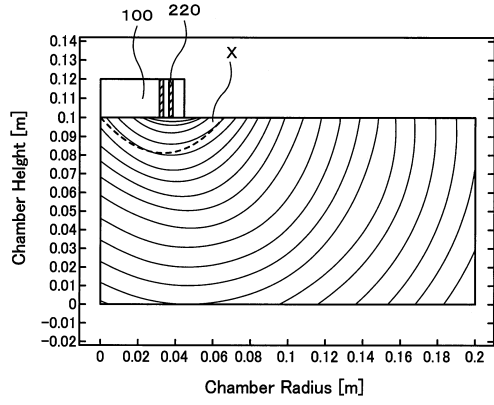
【図4】



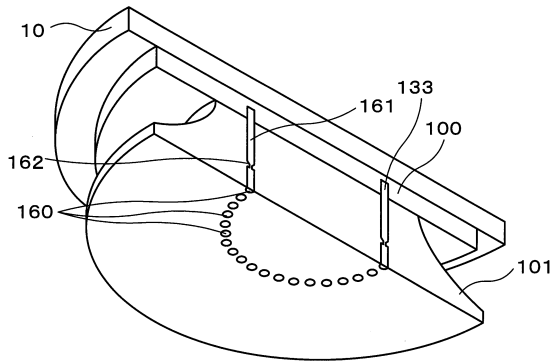
【 5 】



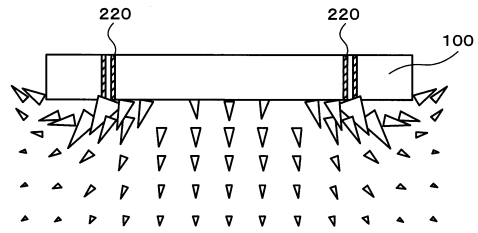
【 7 】



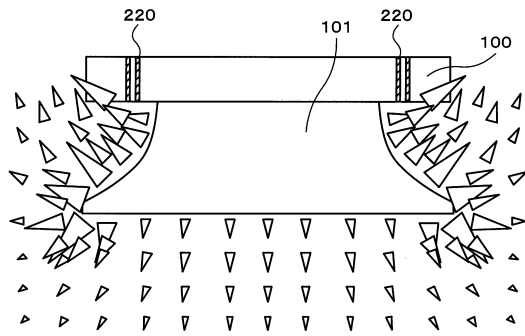
【 6 】



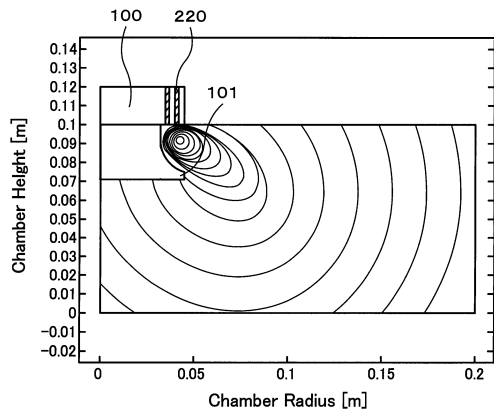
【 8 】



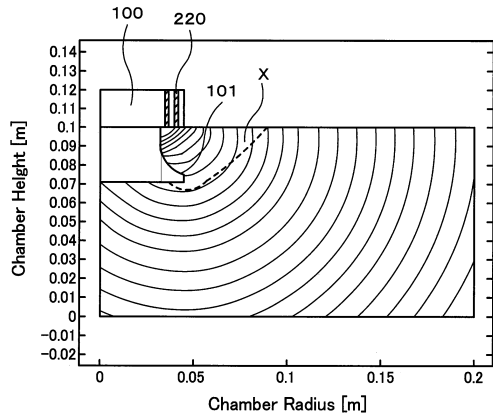
【 9 】



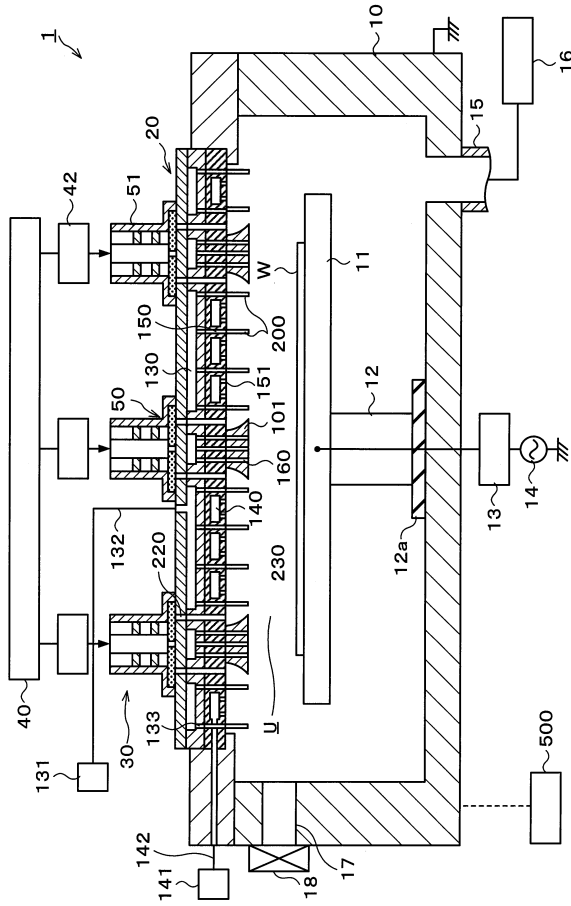
【 1 1 】



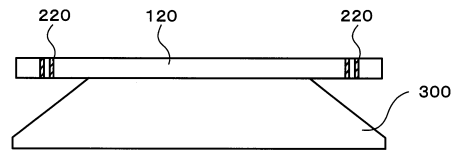
【 1 0 】



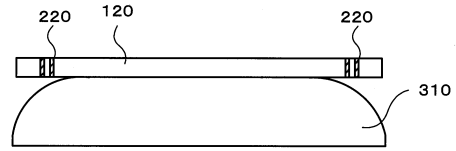
【図12】



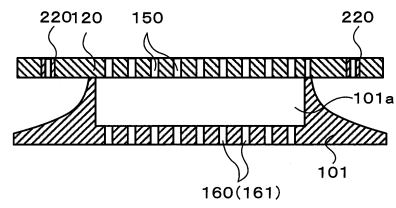
【図13】



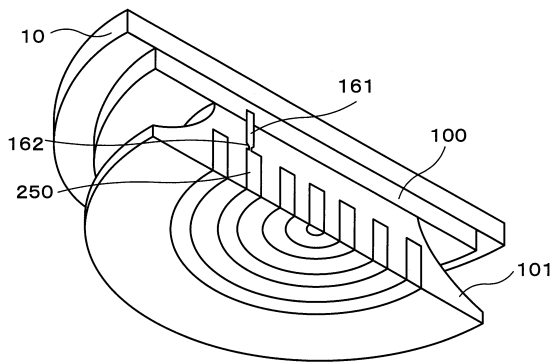
【図14】



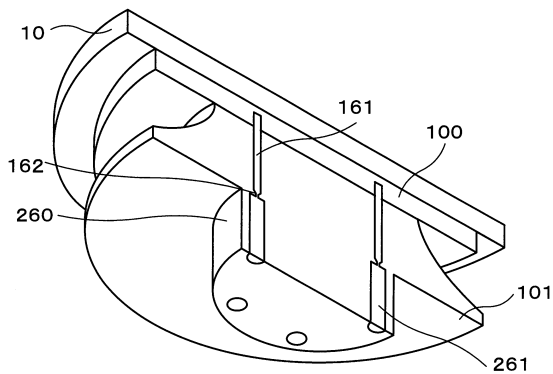
【図15】



【図16】



【図17】



---

フロントページの続き

審査官 山本 一郎

(56)参考文献 特開2015-079735(JP,A)  
特開2009-302205(JP,A)  
実開昭62-002244(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/31
C23C	16/455
C23C	16/511
H05H	1/46