

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6195528号
(P6195528)

(45) 発行日 平成29年9月13日(2017.9.13)

(24) 登録日 平成29年8月25日(2017.8.25)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/31 (2006.01)	HO 1 L 21/31 C
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 I O I G
C 2 3 C 16/52 (2006.01)	C 2 3 C 16/52
HO 5 H 1/46 (2006.01)	HO 5 H 1/46 L

請求項の数 18 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2014-29179 (P2014-29179)	(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2月19日(2014.2.19)	(74) 代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(65) 公開番号	特開2015-154025 (P2015-154025A)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(43) 公開日	平成27年8月24日(2015.8.24)	(72) 発明者	三浦 繁博 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
審査請求日	平成28年9月1日(2016.9.1)	(72) 発明者	加藤 寿 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その運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の出力を有する第1の高周波電力を電極に供給してプラズマを発生させ、被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置の運転方法であって、

前記プラズマ処理装置の前の運転終了からの時間間隔が所定間隔を超えたときに、前記所定の出力よりも小さい出力を有する第2の高周波電力を前記電極に間欠的に複数回供給する電荷蓄積工程を行ってから前記プラズマ処理を行うプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項 2】

前記電荷蓄積工程は、プラズマが発生したら終了する請求項1に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項 3】

前記電荷蓄積工程は、直前に前記電極に供給した前記第2の高周波電力の出力よりも大きい出力を有する前記第2の高周波電力を前記電極に供給するシーケンスを含む請求項2に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項 4】

前記シーケンスは、第1回目の高周波電力から、前記第2の高周波電力の出力が所定の蓄積用最大高周波電力に到達するまで行われる請求項3に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項 5】

前記第2の高周波電力が前記所定の蓄積用最大高周波電力に到達した後は、前記所定の

蓄積用最大高周波電力が前記電極に所定回数を最大限度として供給される請求項4に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項6】

前記所定の蓄積用最大高周波電力が前記電極に前記所定回数供給されてもプラズマが発生しなかったときには、異常アラームを出力する請求項5に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項7】

前記所定の蓄積用最大高周波電力は、前記第1の高周波電力の前記所定の出力の半分以下である請求項5又は6に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項8】

前記所定間隔は、30分～2時間の範囲内である請求項1乃至7のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項9】

前記電荷蓄積工程を、前記プラズマ処理よりもプラズマが発生し易い条件に設定して行う請求項1乃至8のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項10】

前記プラズマが発生し易い条件は、前記プラズマ処理を行う圧力よりも低圧である請求項9に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項11】

前記プラズマが発生し易い条件は、前記プラズマ処理に用いるプラズマガスよりもプラズマが発生し易いプラズマガスを用いる請求項9又は10に記載のプラズマ処理装置の運転方法。

【請求項12】

被処理体をプラズマ処理するための処理室と、
該処理室内にプラズマガスを供給するプラズマガス供給手段と、
前記プラズマガスからプラズマを生成するために前記処理室内に導入する電界及び/又は磁界を発生させるための電極と、
該電極に高周波電力を可変で供給可能である高周波電源と、
前記処理室内での前回の前記プラズマ処理の終了時からの経過時間を計測する時間計測手段と、

前記プラズマ処理を開始させるための操作スイッチと、

該操作スイッチが操作され、前記プラズマ処理を開始するときに、前記時間計測手段により計測された前記経過時間が所定の時間間隔より短いときには、前記高周波電源の前記高周波電力を所定の処理用高周波電力に設定して前記プラズマ処理を直ちに行い、前記経過時間が前記所定の時間間隔より長いときには、前記高周波電源の前記高周波電力を前記所定の処理用高周波電力よりも小さい電荷蓄積用高周波電力を間欠的に複数回前記電極に供給する電荷蓄積制御を行った後に前記プラズマ処理を行う制御手段と、を有するプラズマ処理装置。

【請求項13】

前記制御手段は、前記電荷蓄積用高周波電力を前記電極に供給してプラズマが発生したときには、前記電荷蓄積制御を終了させる制御を行う請求項12に記載のプラズマ処理装置。

【請求項14】

前記制御手段は、直前に前記電極に供給した前記電荷蓄積用高周波電力よりも大きい前記電荷蓄積用高周波電力を前記電極に供給するシーケンスを実行する請求項13に記載のプラズマ処理装置。

【請求項15】

前記制御手段は、前記シーケンスを、第1回目の前記電荷蓄積用高周波電力から、前記電荷蓄積用高周波電力が所定の電荷蓄積用最大高周波電力に到達するまで行う請求項14に記載のプラズマ処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記制御手段は、前記電荷蓄積制御を、前記プラズマ処理よりもプラズマが発生し易い条件に設定して行う請求項 15 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 17】

前記処理室内の圧力を変化させる圧力可変手段を更に備え、

前記制御手段は、前記圧力可変手段による設定圧力を、前記プラズマ処理を行う圧力よりも低い圧力に制御する請求項 16 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 18】

前記制御手段は、前記プラズマガス供給手段から、前記プラズマ処理に用いるプラズマガスよりもプラズマが発生し易いプラズマガスを前記処理室に供給させる請求項 16 又は 17 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、プラズマ処理装置及びその運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、高品質かつメタルコンタミレスが要求される成膜工程において、チャンパー内部でプラズマを発生させる手法として、チャンパーの外部にコイル状の電極を設け、高周波を印加した電極から発生する電界、磁界を石英やアルミナ等の高純度の誘電体窓を通してチャンパー内部に導入し、チャンパー内部でプラズマ放電を発生させる成膜装置及び成膜方法が知られている。かかるプラズマ処理を利用した成膜装置及び成膜方法では、より高品質な膜を得るために、高温でのプラズマ処理を可能とする成膜装置及び成膜方法も知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 253313 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

しかしながら、このようなプラズマを用いた成膜装置では、プラズマ処理後に数時間～数日間以上の期間チャンパーの運転を停止させてプラズマ放電を停止させていた場合、特に、メンテナンスや装置の初期の立ち上げ時において運転を再開したときに、プラズマ放電が容易に発生しない現象が生じる場合があった。

【0005】

また、このような現象は、成膜装置だけでなく、エッチング装置等、プラズマ処理を行う総てのプラズマ処理装置に発生し得る。

【0006】

そこで、本発明は、装置停止時間が長くなった場合であっても、プラズマ放電を安定的に発生させ、高品質なプラズマ処理を維持することができるプラズマ処理装置及びその運転方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明の一態様に係るプラズマ処理装置の運転方法は、所定の出力を有する第 1 の高周波電力を電極に供給してプラズマを発生させ、被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置の運転方法であって、

前記プラズマ処理装置の回目の運転終了からの時間間隔が所定間隔を超えたときに、前記所定の出力よりも小さい出力を有する第 2 の高周波電力を前記電極に間欠的に複数回供給する電荷蓄積工程を行ってから前記プラズマ処理を行う。

50

【 0 0 0 8 】

本発明の他の態様に係るプラズマ処理装置は、被処理体をプラズマ処理するための処理室と、

該処理室内にプラズマガスを供給するプラズマガス供給手段と、

前記プラズマガスからプラズマを生成するために前記処理室内に導入する電界及び／又は磁界を発生させるための電極と、

該電極に高周波電力を可変で供給可能である高周波電源と、

前記処理室内での前回の前記プラズマ処理の終了時からの経過時間を計測する時間計測手段と、

前記プラズマ処理を開始させるための操作スイッチと、

該操作スイッチが操作され、前記プラズマ処理を開始するとき、前記時間計測手段により計測された前記経過時間が所定の時間間隔より短いときには、前記高周波電源の前記高周波電力を所定の処理用高周波電力に設定して前記プラズマ処理を直ちに行い、前記経過時間が前記所定の時間間隔より長いときには、前記高周波電源の前記高周波電力を前記所定の処理用高周波電力よりも小さい電荷蓄積用高周波電力を間欠的に複数回前記電極に供給する電荷蓄積制御を行った後に前記プラズマ処理を行う制御手段と、を有する。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、プラズマ処理装置を長時間停止した場合であっても、プラズマ放電を安定して発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の一例を示す縦断面である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の横断面図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の横断平面図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の内部の一部を示す分解斜視図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の内部の一部を示す縦断面図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の内部の一部を示す斜視図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の内部の一部を示す縦断面図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置の内部の一部を示す平面図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置のファラデーシールドの一部を示す斜視図である。

【図 10】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を適用した成膜装置のサイドリングを示す分解斜視図である。

【図 11】本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法の処理フローの一例を示した図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法の処理フローの一例を示した図である。

【図 13】実験を行ったときの条件を示した表である。

【図 14】処理室内を 400 とした場合と 600 とした場合のプラズマ放電を比較した図である。図 14 (A) は、処理室内を 400 とした場合のプラズマ放電を示した図であり、図 14 (B) は、処理室内を 600 とした場合のプラズマ放電を示した図であ

10

20

30

40

50

る。

【図15】前回のプラズマ処理から12時間経過してからプラズマ放電を発生させたときのVppの電圧値を示した図である。図15(A)は、処理室1内を600としたときの1回目のプラズマ放電のVpp値の時間変化を示した図である。図15(B)は、処理室1内を600とし、10回プラズマ放電を発生させたときの各Vpp値を示した図である。また、図15(C)は、処理室1内を400としたときの1回目のプラズマ放電のVpp値の時間変化を示した図である。図15(D)は、処理室1内を400とし、10回プラズマ放電を発生させたときの各Vpp値を示した図である。

【図16】プラズマ放電を発生させる際に印加する高周波電圧が、時間間隔の大きさによりどのように変化するかを示した図である。図16(A)は、プラズマ放電を発生させた際のVppの時間変化を示した図である。図16(B)は、時間間隔の大きさとVppのピーク値の大きさとの関係を示した図である。

【図17】本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置及びその運転方法による電荷蓄積工程を実施した際の電荷蓄積用高周波の印加パターンを示した図である。

【図18】前回のプラズマ処理終了からの経過時間を1時間としたときの第1の実施例の結果を示した図である。

【図19】前回のプラズマ処理終了からの経過時間を3時間としたときの第2の実施例の結果を示した図である。

【図20】前回のプラズマ処理終了からの経過時間を16時間としたときの第3の実施例の結果を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態の説明を行う。

【0012】

まず、本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置及びその運転方法を適用した成膜装置の一例について説明する。本発明に係るプラズマ処理装置及びその運転方法は、成膜装置の他、エッチング装置等、プラズマ処理を行う総ての装置に適用可能であるが、本実施形態においては、一例として、本発明に係るプラズマ処理装置を成膜装置として構成した実施形態について説明する。

【0013】

本発明の第1の実施形態に係るプラズマ装置を適用した成膜装置の一例について、図1～図11を参照して説明する。この成膜装置は、図1及び図2に示すように、平面形状が概ね円形である処理室1と、この処理室1内に設けられ、処理室1の中心に回転中心を有する回転テーブル2と、を備えている。そして、この成膜装置では、後で詳述するように、ALD法によりウエハWの表面に反応生成物を積層して薄膜を成膜すると共に、この薄膜に対してプラズマ改質を行うように構成されている。この時、プラズマ改質を行うにあたって、プラズマによって電気的なダメージが、被処理体であるウエハWに加わらないように、あるいは前記ダメージができるだけ小さくなるように、成膜装置が構成されている。続いて、成膜装置の各部について詳述する。

【0014】

処理室1は、天板11及び容器本体12を備えており、天板11が容器本体12から着脱できるように構成されている。天板11の上面側における中央部には、処理室1内の中心部領域Cにおいて互いに異なる処理ガス同士が混ざり合うことを抑制するために、N₂(窒素)ガスを分離ガスとして供給するための分離ガス供給管51が接続されている。また、図1中、容器本体12の上面の周縁部にリング状に設けられたシール部材13、例えばOリングが示されている。

【0015】

回転テーブル2は、中心部にて概略円筒形状のコア部21に固定されており、このコア部21の下面に接続されると共に鉛直方向に伸びる回転軸22によって、鉛直軸回りこの例では時計回りに回転自在に構成されている。図1中23は回転軸22を鉛直軸回りに回

10

20

30

40

50

転させる駆動部であり、20は回転軸22及び駆動部23を収納するケース体である。このケース体20は、上面側のフランジ部分が処理室1の底面部14の下面に気密に取り付けられている。また、このケース体20には、回転テーブル2の下方領域にN₂ガスをパーティガスとして供給するためのパーティガス供給管72が接続されている。処理室1の底面部14におけるコア部21の外周側は、回転テーブル2に下方側から近接するようにリング状に形成されて突出部12aをなしている。

【0016】

回転テーブル2の表面部には、図2及び図3に示すように、回転方向（周方向）に沿って複数枚例えば5枚の基板であるウエハWを載置するための円形状の凹部24が基板載置領域として設けられている。凹部24は、直径寸法が例えば300mmサイズのウエハWを当該凹部24に落とし込む（収納する）と、ウエハWの表面と回転テーブル2の表面（ウエハWが載置されない領域）とが揃うように、直径寸法及び深さ寸法が設定されている。凹部24の底面には、ウエハWを下方側から突き上げて昇降させるための例えば後述する3本の昇降ピンが貫通する貫通孔（図示せず）が形成されている。

10

【0017】

図2及び図3に示すように、回転テーブル2における凹部24の通過領域と各々対向する位置には、各々例えば石英からなる5本のノズル31、32、34、41、42が処理室1の周方向（回転テーブル2の回転方向）に互いに間隔をおいて放射状に配置されている。これら各ノズル31、32、34、41、42は、例えば処理室1の外周壁から中心部領域Cに向かってウエハWに対向して水平に伸びるように各々取り付けられている。この例では、後述の搬送口15から見て時計回り（回転テーブル2の回転方向）にプラズマガス供給ノズル34、分離ガスノズル41、第1の処理ガスノズル31、分離ガスノズル42及び第2の処理ガスノズル32がこの順番で配列されている。プラズマガス供給ノズル34の上方側には、図1に示すように、プラズマガス供給ノズル34から吐出されるガスをプラズマ化するために、プラズマ発生部80が設けられている。このプラズマ発生部80については後で詳述する。

20

【0018】

処理ガスノズル31、32は、夫々第1の処理ガス供給部、第2の処理ガス供給部をなし、分離ガスノズル41、42は、各々分離ガス供給部をなしている。なお、図2はプラズマガス供給ノズル34が見えるようにプラズマ発生部80及び後述の筐体90を取り外した状態、図3はこれらプラズマ発生部80及び筐体90を取り付けた状態を表している。また、図1では、プラズマ発生部80について、模式的に一点鎖線で示している。

30

【0019】

各ノズル31、32、34、41、42は、流量調整バルブを介して夫々以下の各ガス供給源（図示せず）に夫々接続されている。即ち、第1の処理ガスノズル31は、Si（シリコン）を含む第1の処理ガス例えばBTBAS（ビスターシャルブチルアミノシラン、SiH₂（NH-C（CH₃）₃）₂）ガスなどの供給源に接続されている。第2の処理ガスノズル32は、第2の処理ガス例えばO₃（オゾン）ガスとO₂（酸素）ガスとの混合ガスの供給源に接続されている。プラズマガス供給ノズル34は、例えばAr（アルゴン）ガスとO₂ガスとの混合ガス（Ar：O₂ = 100：0.5～100：20程度の体積比）の供給源に接続されている。分離ガスノズル41、42は、分離ガスであるN₂（窒素）ガスのガス供給源に各々接続されている。なお、以下においては、便宜上第2の処理ガスをO₃ガスとして説明する。また、第2の処理ガスノズル32にはO₃ガスを生成させるためのオゾナイザーが設けられているが、ここでは図示を省略している。

40

【0020】

ガスノズル31、32、41、42の下面側には、回転テーブル2の半径方向に沿って複数箇所にガス吐出孔33が例えば等間隔に形成されている。プラズマガス供給ノズル34の側面には、回転テーブル2の回転方向上流側（第2の処理ガスノズル32側）且つ下方側（斜め下）を向くように、当該プラズマガス供給ノズル34の長さ方向に沿って例えば開口径が0.3～0.5mmのガス吐出孔33が複数箇所に例えば等間隔で形成されて

50

いる。このようにプラズマガス供給ノズル34のガス吐出孔33の向きを設定した理由については、後で説明する。これら各ノズル31、32、34、41、42は、当該ノズル31、32、34、41、42の下端縁と回転テーブル2の上面との離間距離が例えば1~5mm程度となるように配置されている。

【0021】

処理ガスノズル31、32の下方領域は、夫々Si含有ガスをウエハWに吸着させるための第1の処理領域P1及びウエハWに吸着したSi含有ガスとO₃ガスを反応させるための第2の処理領域P2となる。分離ガスノズル41、42は、各々第1の処理領域P1と第2の処理領域P2とを分離する分離領域Dを形成するためのものである。この分離領域Dにおける処理室1の天板11には、図2及び図3に示すように、概略扇形の凸状部4が設けられており、分離ガスノズル41、42は、この凸状部4に形成された溝部43内に収められている。従って、分離ガスノズル41、42における回転テーブル2の周方向両側には、各処理ガス同士の混合を阻止するために、前記凸状部4の下面である低い天井面44（第1の天井面）が配置され、この天井面44の前記周方向両側には、当該天井面44よりも高い天井面45（第2の天井面）が配置されている。凸状部4の周縁部（処理室1の外縁側の部位）は、各処理ガス同士の混合を阻止するために、回転テーブル2の外端面に対向すると共に容器本体12に対して僅かに離間するように、L字型に屈曲している。

10

【0022】

次に、プラズマ発生部80について詳述する。このプラズマ発生部80は、例えば銅（Cu）などの金属線からなる電極（又は「アンテナ」と呼んでもよい。）83をコイル状に巻回して構成されており、処理室1の内部領域から気密に区画されるように、処理室1の天板11上に設けられている。この例では、電極83は、銅の表面にニッケルメッキ及び金メッキをこの順番で施した材質により構成されている。具体的には、図4に示すように、プラズマガス供給ノズル34の上方側（詳しくはこのノズル34よりも僅かに回転テーブル2の回転方向上流側の位置からこのノズル34の前記回転方向下流側の分離領域Dよりも僅かにノズル34側に寄った位置まで）における天板11には、平面的に見た時に概略扇形に開口する開口部11aが形成されている。

20

【0023】

開口部11aは、回転テーブル2の回転中心から例えば60mm程度外周側に離間した位置から、回転テーブル2の外縁よりも80mm程度外側に離れた位置までに亘って形成されている。また、開口部11aは、処理室1の中心部領域Cに設けられた後述のラビリンス構造部110に干渉しない（避ける）ように、平面で見た時に回転テーブル2の中心側における端部が当該ラビリンス構造部110の外縁に沿うように円弧状に窪んでいる。そして、開口部11aは、図4及び図5に示すように、天板11の上端側から下端側に向かって開口部11aの開口径が段階的に小さくなるように、例えば3段の段部11bが周方向に亘って形成されている。これら段部11bのうち最下段の段部（口縁部）11bの上面には、図5に示すように、周方向に亘って溝11cが形成されており、溝11c内にはシール部材、例えばOリング11dが配置されている。なお、溝11c及びOリング11dについては、図4では図示を省略している。

30

40

【0024】

開口部11aには、図6にも示すように、上方側の周縁部が周方向に亘ってフランジ状に水平に伸び出してフランジ部90aを形成すると共に、中央部が下方側の処理室1の内部領域に向かって窪むように形成された筐体90が配置されている。この筐体90は、例えば石英などの誘電体により構成された透磁体（磁力を透過させる材質）であり、図9に示すように、窪んだ部分の厚み寸法tが例えば20mmとなっている。また、筐体90は、筐体90の下方にウエハWが位置した時に、中心部領域C側における筐体90の内壁面とウエハWの外縁との間の距離が70mmとなり、回転テーブル2の外周側における筐体90の内壁面とウエハWの外縁との間の距離が70mmとなるように構成されている。従って、回転テーブル2の回転方向上流側及び下流側における開口部11aの2つの辺と回

50

転テーブル2の回転中心とのなす角度は、例えば68°となっている。

【0025】

なお、筐体90は、高純度石英の他、高純度アルミナ、イットリア等、耐プラズマエッチング性能に優れた材料で構成されるか、少なくとも表層部位を上述の材料でコーティングして構成する。よって、筐体90は、基本的には誘電体で構成される。

【0026】

筐体90を開口部11a内に落とし込むと、フランジ部90aと段部11bのうち最下段の段部11bとが互いに係止する。そして、O-リング11dによって、段部11b(天板11)と筐体90とが気密に接続される。また、開口部11aの外縁に沿うように枠状に形成された押圧部材91によってフランジ部90aを下方側に向かって周方向に亘って押圧すると共に、押圧部材91を図示しないボルトなどにより天板11に固定することにより、処理室1の内部雰囲気気密に設定される。このように筐体90を天板11に気密に固定した時の当該筐体90の下面と回転テーブル2上のウエハWの表面との間の離間寸法hは、4~60mmこの例では30mmとなっている。なお、図6は、筐体90を下方側から見た図を示している。

10

【0027】

筐体90の下面は、当該筐体90の下方領域へのN₂ガスやO₃ガスなどの侵入を阻止するために、図1及び図5~図7に示すように、外縁部が周方向に亘って下方側(回転テーブル2側)に垂直に伸び出して、ガス規制用の突起部92をなしている。そして、この突起部92の内周面、筐体90の下面及び回転テーブル2の上面により囲まれた領域には、回転テーブル2の回転方向上流側に、プラズマガス供給ノズル34が収納されている。

20

【0028】

即ち、筐体90の下方領域(プラズマ空間10)においてプラズマガス供給ノズル34から供給されるガスがプラズマ化されるので、当該下方領域にN₂ガスが侵入すると、N₂ガスのプラズマとO₃ガス(O₂ガス)のプラズマとが互いに反応してNO_xガスが生成する。このNO_xガスが発生すると、処理室1内の部材が腐食してしまう。そこで、筐体90の下方領域にN₂ガスが侵入しにくくなるように、筐体90の下面側に突起部92を形成している。

【0029】

プラズマガス供給ノズル34の基端側(処理室1の側壁側)における突起部92は、プラズマガス供給ノズル34の外形に沿うように概略円弧状に切りかかっている。突起部92の下面と回転テーブル2の上面との間の離間寸法dは0.5~4mmであり、この例では2mmとなっている。突起部92の幅寸法及び高さ寸法は、夫々例えば10mm及び28mmとなっている。なお、図7は、回転テーブル2の回転方向に沿って処理室1を切断した縦断面図を示している。

30

【0030】

また、成膜処理中には回転テーブル2が時計回りに回転するので、N₂ガスがこの回転テーブル2の回転に連れられて回転テーブル2と突起部92との間の隙間から筐体90の下方側に侵入しようとする。そのため、前記隙間を介して筐体90の下方側へのN₂ガスの侵入を阻止するために、隙間に対して筐体90の下方側からガスを吐出させている。具体的には、プラズマガス供給ノズル34のガス吐出孔33について、図5及び図7に示すように、この隙間を向くように、即ち回転テーブル2の回転方向上流側且つ下方を向くように配置している。鉛直軸に対するプラズマガス供給ノズル34のガス吐出孔33の向く角度は、図7に示すように例えば45°程度となっている。

40

【0031】

ここで、筐体90の下方(プラズマ空間10)側から天板11と筐体90との間の領域をシールするO-リング11dを見ると、図5に示すように、プラズマ空間10とO-リング11dとの間に突起部92が周方向に亘って形成されている。そのため、O-リング11dは、プラズマに直接曝されないように、プラズマ空間10から隔離されている。従って、プラズマ空間10中のプラズマが例えばO-リング11d側に拡散しようとしても

50

、突起部 9 2 の下方を經由して行くことになるので、O - リング 1 1 d に到達する前にプラズマが失活することになる。

【 0 0 3 2 】

筐体 9 0 の内部（筐体 9 0 において下方側に窪んだ領域）には、当該筐体 9 0 の内部形状に概略沿うように形成された厚み寸法 k が例えば 1 mm 程度の導電性の板状体である金属板からなる、接地されたファラデーシールド 9 5 が収納されている。この例では、ファラデーシールド 9 5 は、銅（Cu）板または銅板にニッケル（Ni）膜及び金（Au）膜を下側からメッキした板材により構成されている。即ち、ファラデーシールド 9 5 は、筐体 9 0 の底面に沿うように水平に形成された水平面 9 5 a と、水平面 9 5 a の外周端から周方向に亘って上方側に伸びる垂直面 9 5 b と、を備えており、上方側から見た時に筐体 9 0 の内縁に沿って概略扇状となるように構成されている。ファラデーシールド 9 5 は、例えば金属板の圧延加工により、あるいは金属板における水平面 9 5 a の外側に対応する領域を上方側に折り曲げることにより形成されている。

10

【 0 0 3 3 】

また、回転テーブル 2 の回転中心からファラデーシールド 9 5 を見た時の右側及び左側におけるファラデーシールド 9 5 の上端縁は、夫々右側及び左側に水平に伸び出して支持部 9 6 をなしている。そして、ファラデーシールド 9 5 を筐体 9 0 の内部に収納すると、ファラデーシールド 9 5 の下面と筐体 9 0 の上面とが互いに接触すると共に、支持部 9 6 が筐体 9 0 のフランジ部 9 0 a により支持される。水平面 9 5 a 上には、ファラデーシールド 9 5 の上方に載置されるプラズマ発生部 8 0 との絶縁を取るために、厚み寸法が例えば 2 mm 程度の例えば石英からなる絶縁板 9 4 が積層されている。水平面 9 5 a には、多数のスリット 9 7 が形成されているが、スリット 9 7 の形状や配置レイアウトについては、プラズマ発生部 8 0 の電極 8 3 の形状と併せて後述する。なお、絶縁板 9 4 については、後述の図 8 及び図 9 などでは描画を省略している。

20

【 0 0 3 4 】

プラズマ発生部 8 0 は、ファラデーシールド 9 5 の内部に収納されるように構成されている。従って図 4 及び図 5 に示すように、筐体 9 0、ファラデーシールド 9 5 及び絶縁板 9 4 を介して処理室 1 の内部（回転テーブル 2 上のウエハ W）に対向するように配置されている。このプラズマ発生部 8 0 は、電極 8 3 を鉛直軸回りに巻回して構成されており、この例では 2 つのプラズマ発生部 8 0、8 0 が設けられている。各々のプラズマ発生部 8 1、8 2 は、電極 8 3 が各々 3 重に巻回されている。これら 2 つのプラズマ発生部 8 0、8 0 のうち一方を第 1 のプラズマ発生部 8 1、他方を第 2 のプラズマ発生部 8 2 と呼ぶと、第 1 のプラズマ発生部 8 1 は、図 4 及び図 5 に示すように、平面的に見た時に筐体 9 0 の内縁に沿うように概略扇状となっている。また、第 1 のプラズマ発生部 8 1 は、第 1 のプラズマ発生部 8 1 の下方にウエハ W が位置した時に、このウエハ W における中心部領域 C 側の端部と回転テーブル 2 の外縁側の端部との間に亘ってプラズマを照射（供給）できるように、中心部領域 C 側及び外周側の端部が各々筐体 9 0 の内壁面に近接するように配置されている。なお、電極 8 3 内部には冷却水の通流する流路が形成されているが、ここでは省略している。

30

【 0 0 3 5 】

このように、プラズマ発生部 8 0 の電極 8 3 を処理室 1 の外部に配置し、外部から電界、磁界を処理室 1 内に導入する構成とすれば、処理室 1 内に電極 8 3 が配置されないので、処理室 1 内のメタルコンタミを防止することができ、高品質の成膜を行うことができる。しかしながら、筐体 9 0 は高純度石英等の誘電体であるため、電極 8 3 が処理室 1 内にある構成と比較して、プラズマ放電が発生し難くなる場合がある。本実施形態に係る成膜装置においては、かかる電極 8 3 を処理室 1 外に設ける構成を採用しつつも、プラズマ放電を安定的に発生させることができる成膜装置及びその運転方法を提供するが、その詳細は後述する。

40

【 0 0 3 6 】

第 2 のプラズマ発生部 8 2 は、回転テーブル 2 の半径方向外周側においてウエハ W にブ

50

ラズマを供給できるように、回転テーブル 2 上のウエハ W の中心位置から 200 mm 程度外周側に離間した位置と、回転テーブル 2 の外縁から 90 mm 程度外周側に離間した位置と、の間に配置されている。即ち、回転テーブル 2 が回転すると、中心部側に比べて外周部側では周速度が速くなる。そのため、外周部側では内周部側よりもウエハ W に供給されるプラズマの量が少なくなる場合がある。そこで、回転テーブル 2 の半径方向においてウエハ W に供給されるプラズマの量を揃えるために、いわば第 1 のプラズマ発生部 8 1 によってウエハ W に供給されるプラズマの量を補償するために、第 2 のプラズマ発生部 8 2 を設けている。

【 0 0 3 7 】

第 1 のプラズマ発生部 8 1 及び第 2 のプラズマ発生部 8 2 における夫々の電極 8 3 は、各々整合器 8 4 を介して周波数が例えば 13.56 MHz 及び出力電力が例えば 5000 W の高周波電源 8 5 に個別に接続されており、第 1 のプラズマ発生部 8 1 及び第 2 のプラズマ発生部 8 2 に対して独立して高周波電力を調整できるように構成されている。なお、図 3 などにおいては整合器 8 4 及び高周波電源 8 5 について簡略化している。また、図 1、図 3 及び図 4 において、各々のプラズマ発生部 8 1、8 2 と整合器 8 4 及び高周波電源 8 5 とを電氣的に接続するための接続電極 8 6 が示されている。

【 0 0 3 8 】

ここで、高周波電源 8 5 は、電極 8 3 に供給する高周波電力の出力（以下、単に「高周波出力」とも言う。）を可変とすることができる。高周波電源 8 5 の出力は、例えば、処理室 600、1.8 Torr 通常の成膜におけるプラズマ処理では 3300 W に設定されている。本実施形態に係るプラズマ処理装置及びその運転方法においては、成膜装置の運転の間が長く空いて運転を再開する場合、例えば、前回の成膜処理の終了時から 30 分を超えてプラズマ処理を行う場合には、成膜処理を行う前に、通常の成膜処理で電極 8 3 に供給される高周波電力よりも小さい値の高周波電力を電極 8 3 に供給する電荷蓄積工程を行う。電荷蓄積工程は、石英等の誘電体で形成された処理室 1 に電荷を蓄積し、処理室 1 内部でプラズマ放電が発生し易い状態を作り出す工程である。処理室 1 内でプラズマ処理が行われている最中や、プラズマ処理が行われた直後は、プラズマ発生部 8 0 の上方の筐体 9 0 に電荷が蓄積しており、電極 8 3 に高周波電力が供給されれば、プラズマ放電が発生し易い状態である。しかしながら、長時間が経過すると、筐体 9 0 から電荷が逃げてしまい、通常のプラズマ処理を行う際の高周波電力を電極 8 3 に印加しても、放電が発生しない。そこで、本実施形態に係るプラズマ処理装置及びその運転方法においては、通常のプラズマ処理を行う高周波電力よりも低い値の高周波電力を電極 8 3 に供給し、電極 8 3 を経由して筐体 9 0 に電荷を蓄積させ、プラズマ放電が発生し易い状態にしてから、本来的なプラズマ処理を行うようにする。

【 0 0 3 9 】

電荷蓄積工程において電極 8 3 に供給する高周波電力は、プラズマ処理が 3300 W で行われるとすれば、700 W ~ 1500 W 程度のプラズマ処理の半分以下程度の高周波電力で行われる。これにより、突発的な放電を防ぎつつ、筐体 9 0 に電荷を徐々に蓄積させ、低い高周波電力でプラズマ処理が可能な条件を整えてゆくことができる。よって、高周波電源 8 5 は、種々のパワーの高周波電力を出力可能な出力可変式の高周波電源 8 5 として構成される。

【 0 0 4 0 】

次に、ファラデーシールド 9 5 のスリット 9 7 について詳述する。スリット 9 7 は、各々のプラズマ発生部 8 1、8 2 において発生する電界及び磁界（電磁界）のうち電界成分が下方のウエハ W に向かうことを阻止すると共に、磁界をウエハ W に到達させるためのものである。即ち、電界がウエハ W に到達すると、ウエハ W の内部に形成されている電気配線が電氣的にダメージを受けてしまう場合がある。一方、ファラデーシールド 9 5 は、接地された金属板により構成されているので、スリット 9 7 を形成しないと、電界に加えて磁界も遮断してしまう。また、電極 8 3 の下方に大きな開口部を形成すると、磁界だけでなく電界も通過してしまう。そこで、電界を遮断して磁界を通過させるために、以下のよ

10

20

30

40

50

うに寸法及び配置レイアウトを設定したスリット97を形成している。

【0041】

具体的には、スリット97は、図8に示すように、第1のプラズマ発生部81及び第2のプラズマ発生部82の各々の電極83の巻回方向に対して直交する方向に伸びるように、周方向に亘って電極83の下方位置に各々形成されている。従って、例えば回転テーブル2の半径方向に沿って電極83が配置された領域においては、スリット97は回転テーブル2の接線方向あるいは円周方向に沿うように直線状または円弧状に形成されている。また、回転テーブル2の外縁に沿うように円弧状に電極83が配置された領域においては、スリット97は回転テーブル2の回転中心から外縁に向かう方向に直線状に形成されている。そして、2つの領域間において電極83が屈曲する部分では、スリット97は当該屈曲する部分における電極83の伸びる方向に対して直交するように、回転テーブル2の周方向及び半径方向に対して各々傾斜する向きに形成されている。従って、スリット97は、電極83の伸びる方向に沿って多数配列されている。

10

【0042】

ここで、電極83には、既述のように周波数が13.56MHzの高周波電源85が接続されており、この周波数に対応する波長は22mである。そのため、スリット97は、この波長の1/10000以下程度の幅寸法となるように、図9に示すように、幅寸法d1が1~5mmこの例では2mm、スリット97、97間の離間寸法d2が1~5mmこの例では2mmとなるように形成されている。また、このスリット97は、図8に示すように、電極83の伸びる方向から見た時に、長さ寸法が例えば各々60mmとなるように、電極83の右端よりも30mm程度右側に離間した位置から、電極83の左端よりも30mm程度左側に離間した位置までに亘って形成されている。これらスリット97の形成領域から外れた領域、即ち電極83の巻回された領域の中央側には、回転テーブル2の回転中心側及び外周側においてファラデーシールド95に開口部98が形成されている。なお、図3ではスリット97を省略している。また、図4及び図5などではスリット97について簡略化しているが、スリット97は、例えば150本程度形成されている。スリット97は、開口部98に近接する領域から当該開口部98から離れた領域に向かうにつれて、幅寸法d1が広がるように形成されているが、ここでは図示を省略している。

20

【0043】

続いて、処理室1の各部の説明に戻る。回転テーブル2の外周側において当該回転テーブル2よりも僅かに下位置には、図2、図5及び図10に示すように、カバー体であるサイドリング100が配置されている。サイドリング100は、例えば装置のクリーニング時において、各処理ガスに代えてフッ素系のクリーニングガスを通流させた時に、クリーニングガスから処理室1の内壁を保護するためのものである。即ち、サイドリング100を設けないと、回転テーブル2の外周部と処理室1の内壁との間には、横方向に気流（排気流）が形成される凹部状の気流通路が周方向に亘ってリング状に形成されている。そのため、このサイドリング100は、気流通路に処理室1の内壁面ができるだけ露出しないように、気流通路に設けられている。この例では、各分離領域D及び筐体90における外縁側の領域は、このサイドリング100の上方側に露出している。

30

【0044】

サイドリング100の上面には、互いに周方向に離間するように2箇所排気口61、62が形成されている。言い換えると、気流通路の下方側に2つの排気口が形成され、これら排気口に対応する位置におけるサイドリング100に、排気口61、62が形成されている。これら2つの排気口61、62のうち一方及び他方を夫々第1の排気口61及び第2の排気口62と呼ぶと、第1の排気口61は、第1の処理ガスノズル31と、第1の処理ガスノズル31よりも回転テーブルの回転方向下流側における分離領域Dとの間において、分離領域D側に寄った位置に形成されている。第2の排気口62は、プラズマガス供給ノズル34と、プラズマガス供給ノズル34よりも回転テーブルの回転方向下流側における分離領域Dとの間において、分離領域D側に寄った位置に形成されている。第1の排気口61は、第1の処理ガス及び分離ガスを排気するためのものであり、第2の排気口

40

50

62は、第2の処理ガス及び分離ガスに加えて、プラズマ発生用ガスを排気するためのものである。これら第1の排気口61及び第2の排気口62は、図1に示すように、各々バタフライバルブなどの圧力調整部65の介設された排気管63により、真空排気機構である例えば真空ポンプ64に接続されている。

【0045】

ここで、上述のように、中心部領域C側から外縁側に亘って筐体90を設けているので、筐体90よりも回転テーブル2の回転方向上流側に吐出された各ガスは、筐体90によって第2の排気口62に向かおうとするガス流がいわば規制されてしまう。そこで、筐体90の外側における既述のサイドリング100の上面に、第2の処理ガス及び分離ガスが流れるための溝状のガス流路101を形成している。具体的には、このガス流路101は、図3に示すように、筐体90における回転テーブル2の回転方向上流側の端部よりも例えば60mm程度第2の処理ガスノズル32側に寄った位置から、第2の排気口62までの間に亘って、深さ寸法が例えば30mmとなるように円弧状に形成されている。従って、このガス流路101は、筐体90の外縁に沿うように、また上方側から見た時に筐体90の外縁部に跨がるように形成されている。このサイドリング100は、図示を省略しているが、フッ素系ガスに対する耐腐食性を持たせるために、表面が例えばアルミナなどによりコーティングされているか、あるいは石英カバーなどにより覆われている。

10

【0046】

天板11の下面における中央部には、図2に示すように、凸状部4における中心部領域C側の部位と連続して周方向に亘って概略リング状に形成されると共に、その下面が凸状部4の下面(天井面44)と同じ高さ形成された突出部5が設けられている。この突出部5よりも回転テーブル2の回転中心側におけるコア部21の上方側には、中心部領域Cにおいて第1の処理ガスと第2の処理ガスとが互いに混ざり合うことを抑制するためのラビリンス構造部110が配置されている。即ち、図1から分かるように、筐体90を中心部領域C側に寄った位置まで形成しているので、回転テーブル2の中央部を支持するコア部21は、回転テーブル2の上方側の部位が筐体90を避けるように回転中心側に寄った位置に形成されている。従って、中心部領域C側では、外縁部側よりも例えば処理ガス同士が混ざりやすい状態となっている。そこで、ラビリンス構造部110を形成することにより、ガスの流路を稼いで処理ガス同士が混ざり合うことを防止している。

20

【0047】

回転テーブル2と処理室1の底面部14との間の空間には、図1に示すように、加熱機構であるヒータユニット7が設けられ、回転テーブル2を介して回転テーブル2上のウエハWを例えば300に加熱するようになっている。図1中、ヒータユニット7の側方側に設けられたカバー部材71a、ヒータユニット7の上方側を覆う覆い部材7aが示されている。また、処理室1の底面部14には、ヒータユニット7の下方側において、ヒータユニット7の配置空間をパージするためのパージガス供給管73が周方向に亘って複数箇所設けられている。

30

【0048】

処理室1の側壁には、図2及び図3に示すように図示しない外部の搬送アームと回転テーブル2との間においてウエハWの受け渡しを行うための搬送口15が形成されており、この搬送口15はゲートバルブGより気密に開閉自在に構成されている。また、回転テーブル2の凹部24は、この搬送口15に臨む位置にて搬送アームとの間でウエハWの受け渡しが行われることから、回転テーブル2の下方側において当該受け渡し位置に対応する部位には、凹部24を貫通してウエハWを裏面から持ち上げるための受け渡し用の昇降ピン及びその昇降機構(いずれも図示せず)が設けられている。

40

【0049】

また、図1に示すように、成膜装置には、装置全体の動作のコントロールを行うためのコンピュータからなる制御部120が設けられている。制御部120は、CPU(Central Processing Unit、中央処理装置)121、メモリ122、タイマ123を備える。制御部120のメモリ122内には後述の成膜処理及び改質処理を行うためのプログラムが

50

格納されており、CPU 121がプログラムを読み込んでプログラムを実行する。このプログラムは、後述の装置の動作を実行するようにステップ群が組まれており、ハードディスク、コンパクトディスク、光磁気ディスク、メモリカード、フレキシブルディスクなどの記憶媒体である記憶部121から制御部120内のメモリ122にインストールされる。

【0050】

制御部120は、プロセスレシピに従い、プラズマ処理を含めた成膜処理全体の制御を行うとともに、上述の電荷蓄積工程の制御、つまり電荷蓄積制御も行う。電荷蓄積工程における電荷蓄積制御は、最後に実施したプラズマ処理から所定の時間間隔を超える時間間隔が経過したときに、通常のプラズマ処理を含めた成膜処理の前に、筐体90等に電荷を蓄積してプラズマ放電が発生し易い状態を作るための制御である。よって、制御部120は、前回のプラズマ処理からの経過時間を計測すべく、時間計測手段としてタイマ123を備えてよい。なお、時間計測手段は、タイマ123として制御部120内に内蔵されてもよいし、制御部120の外部に設けられ、制御部120が外部の時間計測手段を参照するような構成であってもよい。図1においては、制御部120内に時間計測手段としてタイマ123が内蔵された構成が示されている。また、時間計測手段は、時間を計測することができれば、タイマ123以外の手段であってもよい。

10

【0051】

また、電荷蓄積制御の具体的な制御・処理内容は、プロセスレシピと同様に、コンデショニングレシピのような状態で与えられてもよい。プロセスレシピ、コンデショニングレシピは、例えば、記憶部121から制御部120内のメモリ122にインストールされ、CPU121により実行されてもよい。

20

【0052】

成膜装置の起動は、操作スイッチ130により行われる。運転者により操作スイッチ130がオンとされたときには、制御部120に運転開始の指令信号が入力され、制御部120が成膜装置1の個々の要素を制御するが、本実施形態に係る成膜装置においては、該当する場合には、上述の電荷蓄積制御を行う。具体的には、操作スイッチ130が操作され、成膜装置の起動指令があったときには、制御部120は、時間計測手段122を参照し、最後の成膜処理（プラズマ処理）から所定の時間間隔が経過したか否かを判定する。例えば、所定の時間間隔は、20分～5時間の範囲の適切な値に設定されてもよく、例えば、30分に設定されてもよい。最後の成膜処理から所定の時間間隔が経過していると制御部120が判定したときには、制御部120は、電荷蓄積制御を実行し、成膜装置に電荷蓄積工程を行わせる。具体的には、成膜時に用いる処理ガスを導入すること無く、高周波電源85から電極83に、成膜時よりも低い所定の高周波電力を供給させる制御を行う。

30

【0053】

また、図1においては、異常警報手段150が示されている。異常警報手段150は、成膜プロセス中に成膜装置又はプロセス自体に異常が発生したときに、運転者に異常を知らせるべく異常アラームを発する手段である。図1においては、異常警報手段150の具体例として、スピーカ151と警報灯152が示されている。即ち、異常が発生したときには、スピーカ151により音声で異常アラームを発するとともに、警報灯152で視覚的に異常アラームを発する構成となっている。異常アラームは、制御部120が異常を検出したときに、制御部120の指令で作動するように構成される。

40

【0054】

本実施形態に係る成膜装置においては、異常アラームは、成膜処理工程の異常だけでなく、電荷蓄積工程の際にも発せられてよい。電荷蓄積工程では、単に筐体90等に電荷を蓄積させるだけでなく、より成膜工程でのプラズマ放電を確実にするために、プラズマ放電が発生するまで電荷蓄積工程を行うことが好ましい。電荷蓄積工程では、コンマ数秒～数秒という秒単位で高周波電源85から電極83に高周波電力が間欠的に供給される。つまり、秒単位の所定期間高周波電力が電極83に供給され、やはり秒単位の所定期間の時

50

間隔を空けて高周波電力を電極 8 2 に供給する、という動作を複数回繰り返すことにより行う。その際、必要に応じて、徐々に供給する高周波電力の出力を増加させるという制御を行う。例えば、最初に 7 0 0 W の高周波電力を電極 8 3 に供給し、次いで 8 0 0 W の高周波電力を電極 8 3 に供給し、更に次に 9 0 0 W の高周波電力を電極 8 3 に供給する、というような、段階的に供給する高周波電力の出力を増加させ、プラズマ放電を発生させるような制御を行う。高周波電力の供給は、プラズマ放電が発生するまで行われるが、その際、最大の高周波電力の出力を予め定めておき、所定の電荷蓄積用の最大高周波電力に到達した後は、最大高周波電力を間欠的に電極 8 3 に供給する。最大高周波電力を間欠的に電極 8 3 に供給する回数は、予め定めた所定回数に設定しておき、最大高周波電力を所定回数電極 8 3 に供給してもプラズマが発生しない場合には、何らかの異常があると判断し、制御部 1 2 0 は、異常警報手段 1 5 0 に異常アラームを発報させる制御を行う。

10

【 0 0 5 5 】

このように、異常警報手段 1 5 0 は、成膜処理時だけでなく、電荷蓄積制御を行っているときにも用いることができる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態に係る成膜装置は、放電検出器 1 4 0 を有する。放電検出器 1 4 0 は、プラズマ放電の発生を検出するためのセンサであり、例えば、筐体 9 0 の上方に設けられる。放電検出器 1 4 0 は、例えば、所定輝度以上の明るさを検出するセンサが用いられてもよい。プラズマ放電が発生すると、プラズマ空間 1 0 が明るくなるので、明るさを検出する放電検出器 1 4 0 を筐体 9 0 の上方に配置すれば、筐体 9 0 は透明であるので、筐体 9 0 のプラズマ窓を通して明るさが所定輝度以上であることを検出でき、これによりプラズマ放電の発生を検出することができる。

20

【 0 0 5 7 】

なお、放電検出器 1 4 0 の検出信号は制御部 1 2 0 に送信され、制御部 1 2 0 が行う電荷蓄積制御に利用される。

【 0 0 5 8 】

次に、本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法について説明する。プラズマ処理装置としては、上述の成膜装置を例に挙げて説明する。また、既に説明した構成要素については、同一の参照符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法の処理フローの一例を示した図である。

30

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 0 0 では、操作スイッチ 1 3 0 (図 1 参照) がオンされたことを制御部 1 2 0 が検出する。操作スイッチ 1 3 0 は、運転者により操作されてもよいし、自動でオンとされてもよい。操作スイッチ 1 3 0 がオンされたら、操作スイッチオン信号が制御部 1 2 0 に送信され、制御部 1 2 0 は操作スイッチ 1 3 0 がオンとなったことを検出する。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 1 0 では、前回のプラズマ処理装置 (成膜装置) の運転終了から、操作スイッチ 1 3 0 のオンが検出された時の時間間隔が、所定の時間間隔を超えたか否かを制御部 1 2 0 が判定する。前回のプラズマ処理装置の運転終了時刻は、タイマ 1 2 3 により計測され、メモリ 1 2 2 に記憶されていてもよい。そして、操作スイッチ 1 3 0 のオンを検出したら、メモリ 1 2 2 に記憶された前回運転終了時刻と、操作スイッチオン時刻との時間間隔を CPU 1 2 1 が算出し、算出した時間間隔が予め設定された所定の時間間隔を超えたか否かを判断してもよい。

40

【 0 0 6 2 】

所定の時間間隔は、プラズマ処理装置が、通常のプラズマ処理の運転条件で運転を開始したときにプラズマ放電がし難くなる時間間隔に基づいて定められてよい。例えば、前回の運転終了時から 3 0 分経過するとプラズマが発生し難くなる場合には、所定の時間間隔を 3 0 分に設定してもよい。このように、所定の時間間隔は、プラズマ処理装置や処理内

50

容に応じて個別に適切な時間間隔が定められてよい。例えば、ALD法を用いた上述の成膜装置で600、1.8 Torrの高温高压条件下でSiO₂を成膜する場合には、30分以上の時間間隔が存在するとプラズマが発生し難くなるので、このような場合には、所定の時間間隔を30分に設定してもよい。また、2時間間隔を空けたらプラズマ放電が発生し難くなるプラズマ処理装置、プラズマ処理プロセスであれば、2時間を所定の時間間隔に設定してもよい。このように、所定の時間間隔は用途に応じて種々設定できるが、例えば、30分～5時間の範囲で設定してもよい。

【0063】

ステップS110において、操作スイッチ130のオン時が所定の時間間隔を超えていると制御部120が判定したときには、ステップS120に進む。一方、所定の時間間隔を超えていないと判定したときには、ステップS150に進み、電荷蓄積制御を行うことなくプラズマ処理（成膜処理）に移行する。時間間隔が大きくないので、そのまま通常運転を行えば、問題無くプラズマが発生すると考えられるからである。

10

【0064】

ステップS120では、制御部120からの指令により、高周波電源85から所定の電荷蓄積用高周波電力が電極83に供給される。所定の電荷蓄積用高周波電力は、本来のプラズマ処理で供給される高周波電力よりも低い高周波電力を有する。例えば、処理室1内の温度が600、圧力が1.8 Torrであり、処理ガスとしてSiガス、O₃ガス、プラズマガスとしてAr、NH₃を用いるSiO₂成膜プロセスであって、3300Wの高周波を電極83に印加するプラズマ処理プロセスでは、700W、800Wといったレベルのそのままではプラズマがまず発生しないであろうレベルから電荷蓄積用高周波電力の供給を開始する。

20

【0065】

なお、所定の電荷蓄積用高周波電力は、0コンマ数秒～数秒程度の時間を1回として、間欠的に複数回供給することが好ましい。長時間印加すると、整合器84の整合機能に異常が発生する場合があるので、長くても数秒以下程度の時間を1回として電荷蓄積用高周波電力を電極83に供給するようにする。

【0066】

なお、図11の処理フローにおいては、ステップS120では、1回だけ電荷蓄積用高周波電力を供給する。つまり、電荷蓄積用高周波電力を複数回間欠的に電極83に供給する場合には、処理フロー的には、S120～S140の間を、供給の回数だけ循環することになる。しかしながら、内容的には、本ステップで電荷蓄積用高周波電力の供給方法を説明した方が、理解が容易であるので、電荷蓄積用高周波電力を複数回供給する場合についても、ここで説明する。

30

【0067】

電荷蓄積用高周波電力を複数回間欠的に供給する場合、低い出力から供給を開始し、徐々に出力を上げていくことが好ましい。例えば、700Wからスタートしたら、次の供給時は800W、更に次の供給時は900W、その更に次は1000Wの供給、そして次は1500Wの供給、というように、徐々に高周波電力を増加させてゆくことが好ましい。連続的にプラズマ処理装置が運転され、プラズマ放電が継続的に発生している場合には、誘電体である筐体90の内壁には電荷が蓄積し、放電が発生し易い状態となっている。しかしながら、運転終了から一定時間が経過すると、それらの電荷は筐体90付近から移動して逃げてしまい、電荷が消滅した状態となっている。特に、600程度の高温のプロセスを行った場合には、高温の処理室1内と常温の処理室1外との温度差が大きいが、電荷は高温の場所から低温の場所に移動し易いため、筐体90の内壁から処理室1外部への電荷の移動が顕著であり、内面に残留する電荷も少ない。よって、電荷蓄積工程では、電荷が状滅した状態を元に戻す必要があるが、高周波電力を供給できる箇所は電極83だけであるので、電極83を経由して、徐々に筐体90を含む処理室83の内面に電荷を蓄積させるやり方が好ましい。電荷蓄積工程では、完全に処理室1内がプラズマを発生できる状態に戻ったことを確認するため、電荷蓄積工程で用いる低出力の高周波電力を用いて、

40

50

プラズマ放電を発生させることが好ましい。そのようなプラズマ放電を発生させるためには、処理室1の内面に十分に電荷を蓄積する必要があるが、まずは電極83に電荷を蓄積させ、次いでその先の筐体90、というように、確実にかつ速やかに電荷を蓄積させてゆくことが好ましい。よって、本実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法では、最初は放電がまず発生しない程度の高周波電力を供給し、徐々に高周波電力を増加させて低出力のプラズマ放電の発生まで確実にかつ速やかに持っていくようにする。

【0068】

ステップS130では、プラズマ放電が未発生か否かが判定される。プラズマ放電が発生したときには、放電検出器140で放電を検出し、放電検出器140から制御部120に放電検出信号が送信され、制御部120が、プラズマ放電が発生したとの判定を行う。一方、放電検出器140で放電が検出されず、制御部120が放電検出信号を受信しない限り、制御部120はプラズマ放電が未発生との判定を行う。

10

【0069】

ステップS130において、制御部120が、プラズマ放電が発生したと判定したときには、処理室1内をプラズマ生成可能な状態にするという電荷蓄積工程の目的は達成されたので、ステップS150に進み、目的とする成膜等のプラズマ処理を行う。一方、制御部120が、プラズマ放電は未発生であると判定したときには、ステップS140に進む。

【0070】

ステップS140では、電荷蓄積工程において、最大限の高周波電力に設定されている電荷蓄積用最大高周波電力を、最大限の供給回数として設定した所定回数電極83に供給したか否かを制御部120が判定する。電荷蓄積用最大高周波電力は、電荷蓄積工程で用いる高周波電力の最大出力であり、基本的には、電荷蓄積用最大高周波電力を間欠的に所定回数供給するまでには、処理室1内でプラズマ放電が発生するような設定とされている。よって、所定回数電極83に供給してもプラズマ放電が発生しない場合には、何らかの異常がプラズマ処理装置に発生していると考えられる。

20

【0071】

よって、ステップS140で、電荷蓄積用最大高周波電力を最大限の所定回数電極83に供給しても、プラズマ放電が発生しなかったときには、ステップS160に進み、異常アラームを発報し、処理フローを終了する。また、異常アラームの発報については、制御部120が、異常報知手段150に動作指令を送信し、スピーカ151、警報灯152等が異常アラームを発するようにしてよい。

30

【0072】

一方、高周波電源85が、電荷蓄積用最大高周波電力を出力していない、又は電荷蓄積用最大高周波電力を出力していても、未だ最大回数に達していないと制御部120が判定したときには、ステップS120に戻り、所定の時間間隔を空けて次の電荷蓄積用高周波電力を電極83に供給する。

【0073】

ステップS120～S140は、ステップS130においてプラズマ放電が発生した、又はステップS140において電荷蓄積用最大高周波電力を最大回数供給したと判定されるまで、循環して繰り返されることになる。また、ステップS120においては、電荷蓄積用高周波電力の出力を徐々に上げていく、又は電荷蓄積用最大高周波電力を継続的に供給する、等の高周波電力の設定が、必要に応じて循環の度に行われる。

40

【0074】

このように、電荷蓄積工程においては、プラズマ放電が発生したら、本来のプラズマ処理工程に入る準備が整ったと判断して電荷蓄積工程を終了する一方で、電荷蓄積工程を最大限行っても、プラズマ放電が発生しなかったら、異常ありと判断してプラズマ処理装置の点検を行うことにより、電荷蓄積工程を終了させる。かかる電荷蓄積工程を実施することにより、目的とするプラズマ処理工程で確実にプラズマ放電を発生させることができ、プラズマ放電が発生しないことによる不良品の発生を確実に防止することができる。

50

【0075】

図12は、本発明の第2の実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法の処理フローの一例を示した図である。第2の実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法では、図11に示した第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の運転方法の処理フローに、ステップS115を追加した点のみが異なっている。

【0076】

ステップS100、S110の内容は、図11における説明と同様であるので、その説明を省略する。

【0077】

ステップS110において、プラズマ処理装置の停止時間が、所定の時間間隔を超えていると制御部120が判定したときには、ステップS115に進む。

10

【0078】

ステップS115では、制御部120が、本来のプラズマ処理工程よりもプラズマ放電が発生し易い条件に処理条件を変更する。具体的には、プラズマ放電は、高圧下よりも、低圧下の方が発生し易い。つまり、成膜工程においては、膜の密着性を良くするために処理室1内を高圧下にする必要があるが、成膜を行わずにプラズマ放電のみを発生させる場合には、処理室1内を成膜工程よりも低圧にした方が、プラズマが発生し易い。よって、例えば、処理室1内の圧力を1.8 Torrに設定して成膜工程を行う場合には、圧力を低下させて1.0 Torrに設定して電荷蓄積工程を行うようにする。これにより、電荷蓄積工程において、より短時間でプラズマ放電を発生させることができ、電荷蓄積工程を速やかに終了して本来の目的とするプラズマ処理工程（成膜工程）に入ることができる。なお、処理室1内の圧力の変更は、制御部120が圧力調整部65を制御し、電荷蓄積工程用の所定の圧力に処理室1内を調整してよい。

20

【0079】

また、プラズマ放電が発生し易いように、プラズマ処理工程と混合比率が異なるプラズマガスを用いたり、プラズマ処理工程と異なるプラズマガスを用いたりするようにしてもよい。例えば、プラズマ処理工程（成膜工程）で、ArとO₃の混合ガスをプラズマガスとして用いる場合に、電荷蓄積工程においては、ArとNH₃の混合ガスをプラズマガスとして用い、ガスの種類を変更するようにしてもよい。なお、プラズマガスの変更は、例えば、制御部120から、そのようなガス種類の変更をするような指令を、プラズマガス供給ラインに設置された流量制御バルブに送ったり、プラズマガス供給源を切り替える切り替えバルブに送ったりして行ってもよい。

30

【0080】

このように、本ステップにおいては、プラズマ処理工程よりもプラズマ放電が発生し易い条件に種々の設定を変更し、プラズマ発生までの時間を短縮することができる。なお、上記の例では、処理室1内の圧力と、プラズマガスを変更する例を挙げて説明したが、プラズマが発生し易くなる種々の他の項目についても、本ステップで条件を変更することができる。

【0081】

ステップS115で条件を変更した後は、ステップS120に進む。ステップS120では、高周波電源85から、電荷蓄積用高周波が電極83に印加されるが、ステップS120以降のステップS120～S160は、図11の内容と同様である。よって、同一のステップ番号を付してその説明を省略する。

40

【0082】

実施形態2に係るプラズマ処理装置の運転方法によれば、電荷蓄積工程において、より短時間でプラズマ放電を発生させ、より早くプラズマ処理工程に移行することができる。

【0083】

なお、第1及び第2の実施形態において、電荷蓄積工程においてプラズマ放電を発生させるまで電荷蓄積用高周波を電極83に印加する例を挙げて説明したが、プラズマ放電を発生させない場合であっても、処理室1の内面に電荷を蓄積させ、プラズマ処理工程にお

50

いてプラズマ放電を発生させ易くする一定の効果は得られるので、プラズマ放電の発生は必ずしも必須ではない。

【 0 0 8 4 】

〔 実験結果 〕

次に、プラズマ処理装置において、プラズマが発生し難くなった状態が、どのように引き起こされるかを調べるために行った実験結果について説明する。

【 0 0 8 5 】

図 1 3 は、実験を行ったときの条件を示した表である。図 1 3 に示すように、主な条件は、処理室 1 内の温度は 6 0 0 、圧力は 1 . 8 T o r r 、回転速度は 1 0 r p m 、プラズマガスの種類と流量は、A r ガスが 1 5 0 0 0 s c c m 、N H ₃ ガスが 1 0 0 s c c m である。また、高周波電源 8 5 は可変であり、電極 8 3 を冷却する冷却水の電気伝導性は 1 . 5 m S / m である。また、放電を評価するオシロスコープは 0 . 0 0 4 s e c のサンプリング周期であり、分離領域等のパーシ領域には、N₂ ガスが供給されている。

【 0 0 8 6 】

図 1 4 は、処理室 1 内を 4 0 0 とした場合と 6 0 0 とした場合のプラズマ放電を比較した図である。図 1 4 (A) は、処理室 1 内を 4 0 0 とした場合のプラズマ放電を示した図であり、図 1 4 (B) は、処理室 1 内を 6 0 0 とした場合のプラズマ放電を示した図である。

【 0 0 8 7 】

図 1 4 (A) 、 (B) において、横軸は時間 T [秒] 、縦軸は、電極 8 3 の両端に掛かる電圧の Peak to Peak 値 (最大から最小までの振幅値) V p p [V] である。図 1 4 (A) 、 (B) のいずれにおいても、波形のピークがプラズマ放電発生のタイミングを示しており、双方とも、0 . 0 5 秒内に、6 , 0 0 0 V 以下の高周波電圧の印加でプラズマ放電が発生している。図 1 4 (A) と図 1 4 (B) の特性は、大きな相違点無く、4 0 0 であっても、6 0 0 であっても、プラズマ放電の発生には大きな差が無いことが示されている。

【 0 0 8 8 】

図 1 5 は、前回のプラズマ処理から 1 2 時間経過してからプラズマ放電を発生させたときの V p p の電圧値を示した図である。図 1 5 (A) は、処理室 1 内を 6 0 0 としたときの 1 回目のプラズマ放電の V p p 値の時間変化、図 1 5 (B) は、処理室 1 内を 6 0 0 とし、1 0 回プラズマ放電を発生させたときの各 V p p 値を示した図である。また、図 1 5 (C) は、処理室 1 内を 4 0 0 としたときの 1 回目のプラズマ放電の V p p 値の時間変化、図 1 5 (D) は、処理室 1 内を 4 0 0 とし、1 0 回プラズマ放電を発生させたときの各 V p p 値を示した図である。

【 0 0 8 9 】

図 1 5 (A) 、 (B) に示すように、1 2 時間の時間間隔を空けて 6 0 0 の処理室 1 内でプラズマ放電を発生させた場合には、1 0 0 0 0 V を超える高周波電圧が印加されてようやくプラズマ放電が発生する。

【 0 0 9 0 】

また、図 1 5 (C) 、 (D) に示すように、1 2 時間の時間間隔を空けて 4 0 0 の処理室 1 内でプラズマ放電を発生させた場合には、8 0 0 0 V を超える高周波電圧が印加されてプラズマ放電が発生する。

【 0 0 9 1 】

図 1 4 に示したように、時間間隔を空けずにプラズマ放電を発生させた場合には、6 0 0 0 V 未満でプラズマ放電が発生していたが、1 2 時間もの間隔を空けると、8 0 0 0 V を超える高周波電圧を印加しないとプラズマ放電が発生しなくなる。更に、より高温の 6 0 0 の処理室 1 では、1 0 0 0 0 V を超える高周波電圧を印加しないとプラズマ放電が発生しない。このように、前回のプラズマ放電発生から大きな時間間隔を空けると、プラズマ放電を発生させるためにより高い高周波電圧を印加しなければならず、また、その高周波電圧の上昇割合は、より高温の処理室 1 が高くなることが示された。

【 0 0 9 2 】

図 1 6 は、プラズマ放電を発生させる際に印加する高周波電圧が、時間間隔の大きさによりどのように変化するかを示した図である。図 1 6 (A) は、プラズマ放電を発生させた際の V p p の時間変化を示した図であり、図 1 6 (B) は、時間間隔の大きさと V p p のピーク値の大きさとの関係を示した図である。

【 0 0 9 3 】

図 1 6 (B) に示されるように、経過時間が 3 0 分を超えると、V p p のピーク値は 6 0 0 0 V を超えてしまい、1 時間以上では、1 0 0 0 0 V 以上となってしまう。よって、経過時間が 3 0 分を超えたときには、電荷蓄積工程を実施することが好ましいことが分かる。

10

【 0 0 9 4 】

なお、図 1 6 (A) においても、図 1 6 (B) と合致する結果が得られており、経過時間が 3 0 分を超えると V p p のピーク値が 6 0 0 0 V を超え、特に、経過時間が 1 時間を超えたときには、V p p のピーク値が 1 0 0 0 0 V を超えてしまうことが示されている。かかる結果から、前回のプラズマ処理工程の実施から 3 0 分を経過してからプロセスを再開する場合には、本発明の実施形態に係る電荷蓄積工程を実施することが好ましく、1 時間を超えた場合には、必ず電荷蓄積工程を実施するような設定とすることが好ましいことが分かる。

【 0 0 9 5 】

[実施例]

次いで、本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置及びその運転方法を実施した実施例について説明する。

20

【 0 0 9 6 】

図 1 7 は、本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置及びその運転方法による電荷蓄積工程を実施した際の電荷蓄積用高周波電力の供給パターンを示した図である。本実施例においては、プラズマ処理を実施する際に、3 3 0 0 W の高周波電力を 1 0 秒間電極 8 3 への供給する場合において、電荷蓄積工程における第 1 回目の電荷蓄積用高周波電力は 7 0 0 W の出力で 1 . 5 秒の電極 8 3 への供給、第 2 回目の電荷蓄積用高周波電力は 8 0 0 W の出力で 1 . 5 秒の供給、第 3 回目の電荷蓄積用高周波電力は 9 0 0 W の出力で 1 . 5 秒の供給、第 4 回目の電荷蓄積用高周波電力は 1 0 0 0 W の出力で 1 . 5 秒の供給、その後

は 1 5 0 0 W を電荷蓄積用最大高周波出力電力とし、これを 1 0 回まで供給するのを最大限の許容供給回数とした。なお、図 1 7 においては、電荷蓄積用最大高周波電力の供給は 1 回しか示されていないが、1 5 0 0 W の高周波電力を 1 回供給してもプラズマ放電が発生せず、この供給を複数回繰り返す場合には、1 5 0 0 W の出力で 1 . 5 秒の供給が繰り返されることになる。

30

【 0 0 9 7 】

なお、高周波電力を供給する間隔は、整合器 8 4 の性能に応じて、0 コンマ数秒～数秒の間隔で適宜設定することができる。また、処理室 1 内の圧力、温度といった条件は、図 1 3 に示した条件と同様である。

【 0 0 9 8 】

図 1 8 は、前回のプラズマ処理終了からの経過時間を 1 時間としたときの第 1 の実施例の結果を示した図である。第 1 の実施例では、電荷蓄積工程において、7 0 0 W の出力の高周波を印加した際には、緩やかなプラズマ放電しか発生しなかったが、次の 8 0 0 W の出力の高周波電力を供給した際には、プラズマ放電が発生した。以後の 9 0 0 W 、 1 0 0 0 W 、 1 5 0 0 W では当然にプラズマ放電が発生し、本来のプラズマ処理工程に移り、3 3 0 0 W の高周波電力を電極 8 3 に供給した場合も、正常にプラズマ放電が発生した。

40

【 0 0 9 9 】

図 1 9 は、前回のプラズマ処理終了からの経過時間を 3 時間としたときの第 2 の実施例の結果を示した図である。第 2 の実施例では、電荷蓄積工程において、第 1 回目の 7 0 0 W 及び第 2 回目の 8 0 0 W の出力の高周波電力を供給した際には、緩やかなプラズマ放電

50

しか発生しなかったが、次の900Wの出力の高周波電力を供給した際には、プラズマ放電が発生した。以後の1000W、1500Wでは当然にプラズマ放電が発生し、本来のプラズマ処理工程に移り、3300Wの高周波電力を電極83に供給した場合も、正常にプラズマ放電が発生した。

【0100】

図20は、前回のプラズマ処理終了からの経過時間を16時間としたときの第3の実施例の結果を示した図である。第3の実施例では、電荷蓄積工程において、第1回目～第3回目の700W～900Wの出力の高周波電力を供給した際には、プラズマ放電が発生せず、第4回目の1,000Wの出力の電力供給で緩やかなプラズマ放電が発生し、次の1500Wの出力の高周波電力を供給した際には、プラズマ放電が発生した。次いで、本来のプラズマ処理工程に移り、3300Wの高周波電力を電極83に供給した場合も、正常にプラズマ放電が発生した。

10

【0101】

このように、第1～第3のいずれの実施例においても、電荷蓄積工程でプラズマ放電を発生させ、本来のプラズマ処理工程に移行した際にも、適切にプラズマ放電を発生させることができた。

【0102】

本発明の実施形態及び実施例に係るプラズマ処理装置及びその運転方法では、プラズマ処理装置を成膜装置として構成し、その運転方法について主に説明を行ったが、プラズマ処理を行う装置であれば、エッチング装置等、他のプラズマ処理装置にも好適に本発明を適用することができる。

20

【0103】

以上、本発明の好ましい実施形態及び実施例について詳説したが、本発明は、上述した実施形態及び実施例に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなく、上述した実施形態及び実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

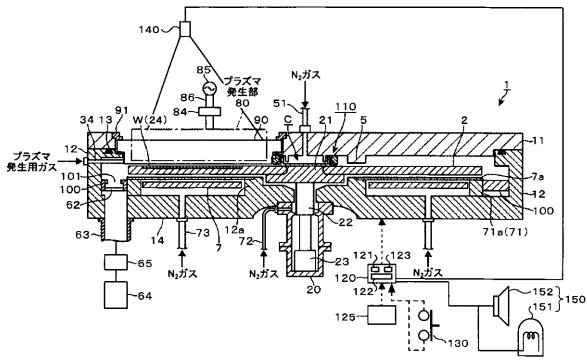
【符号の説明】

【0104】

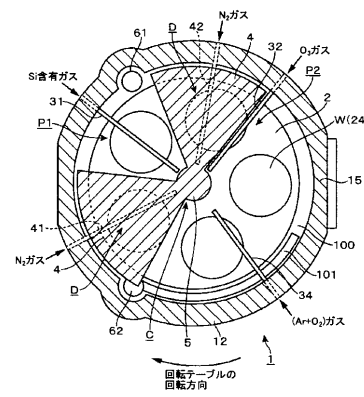
- 1 処理室
- 10 プラズマ空間
- 34 プラズマガス供給ノズル
- 80、81、82 プラズマ発生部
- 83 電極
- 90 筐体
- 95 ファラデーシールド
- 97 スリット
- 120 制御部
- 130 操作スイッチ
- 140 放電検出器
- 150 異常報知手段

30

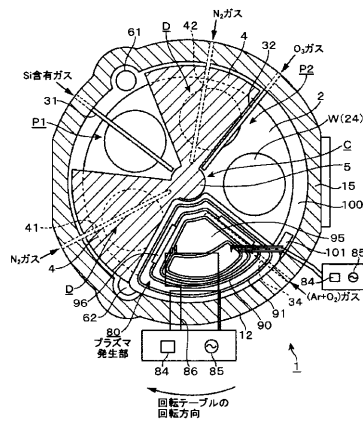
【図1】



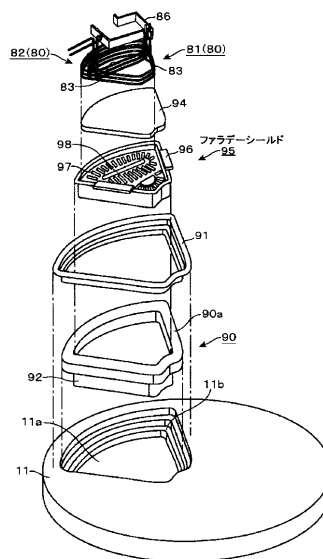
【図2】



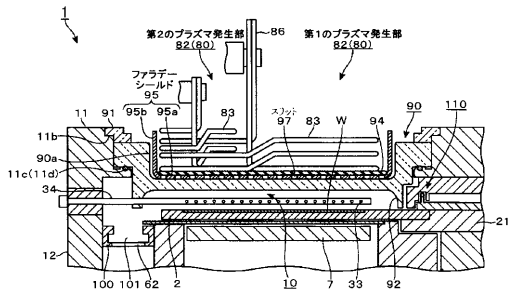
【図3】



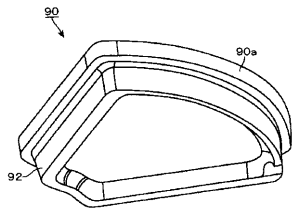
【図4】



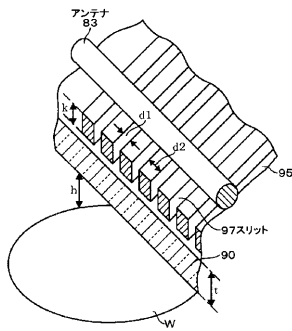
【図5】



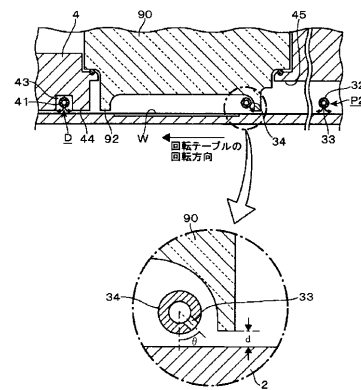
【図6】



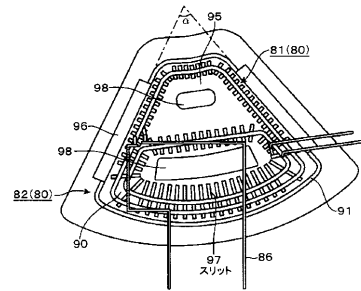
【図9】



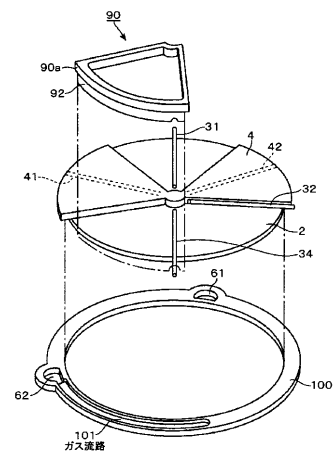
【図7】



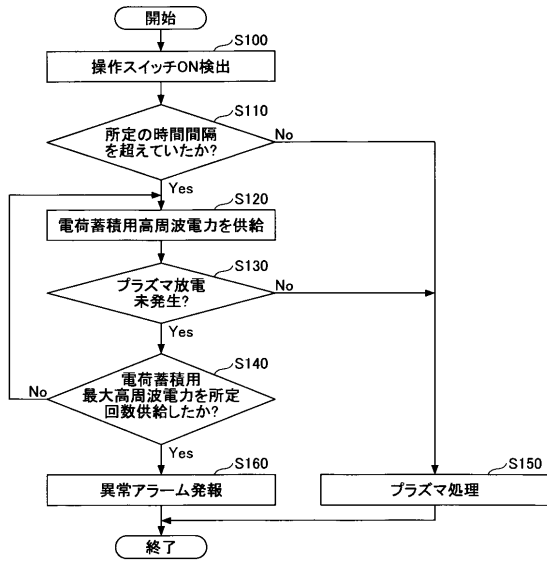
【図8】



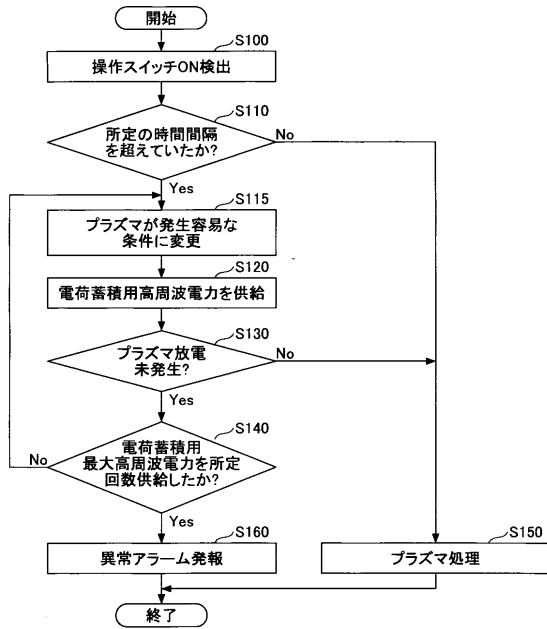
【図10】



【図11】



【図12】

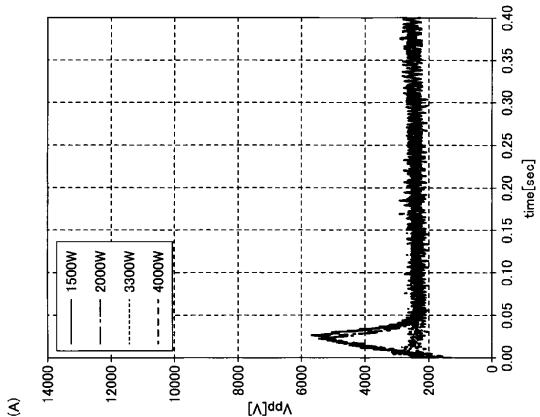
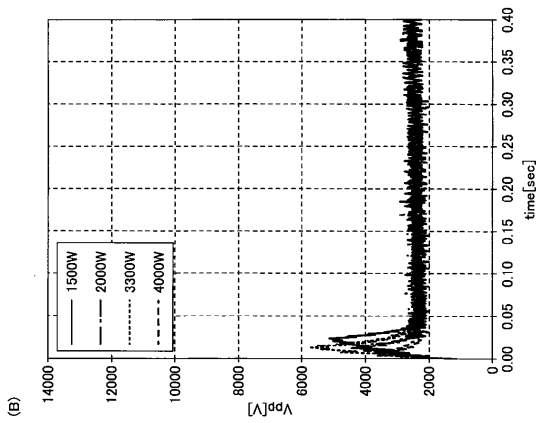


【図13】

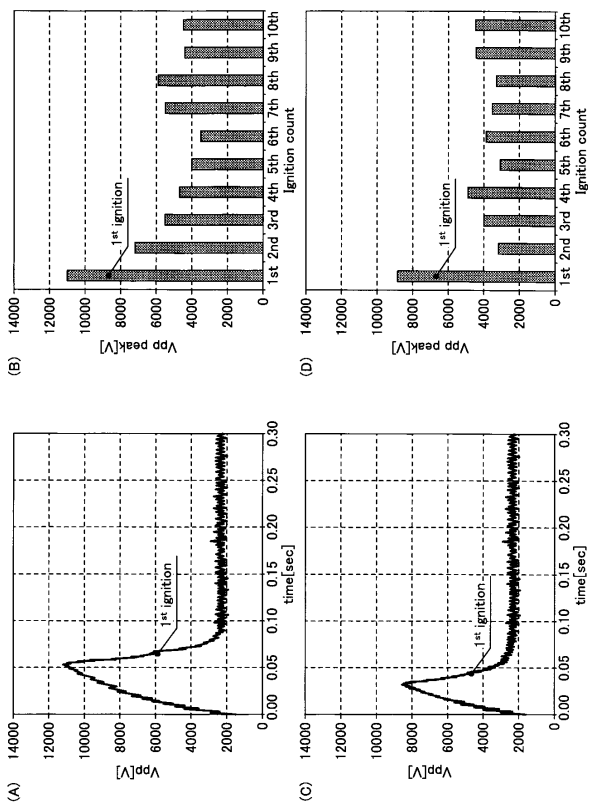
Parameter	setting
Temp. [deg.C]	600
Pressure [Torr]	1.8
Rotation speed [rpm]	10
Area-N ₂ [sccm]	1000
TOP Block N ₂ [sccm]	2000
Plasma line Ar [sccm]	15000
Plasma line NH ₃ [sccm]	100
Si line N ₂ [sccm]	1000
O ₃ line N ₂ [sccm]	500
Heater N ₂ [sccm]	0
Lifter N ₂ [sccm]	0
RF PWR [W]	Variable

Kind of Cooling water for RF antenna	
Water	A
Electrical Inductivity [mS/m]	1.5 (same as NRD)

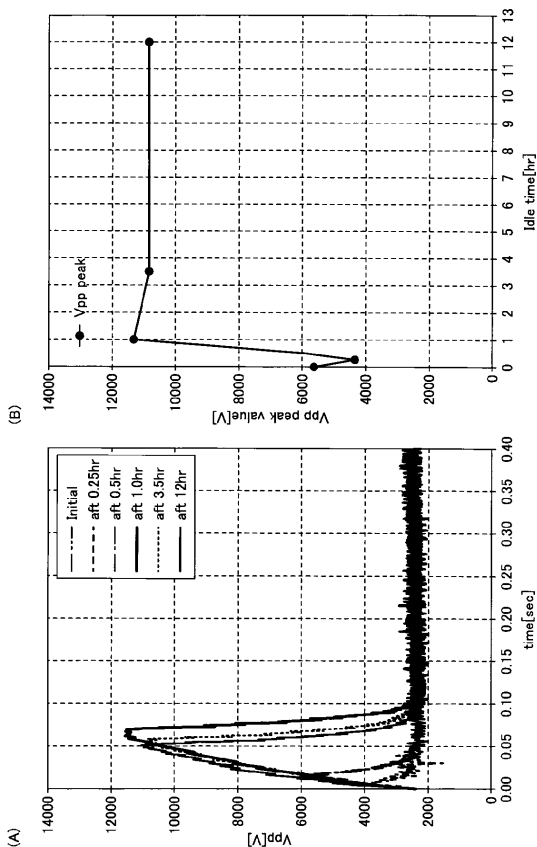
【図14】



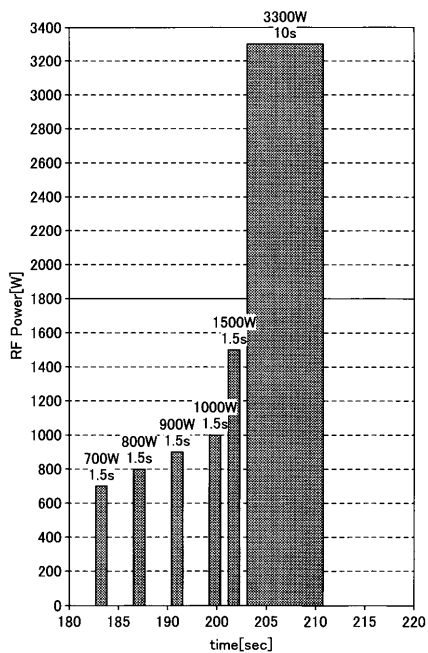
【 15 】



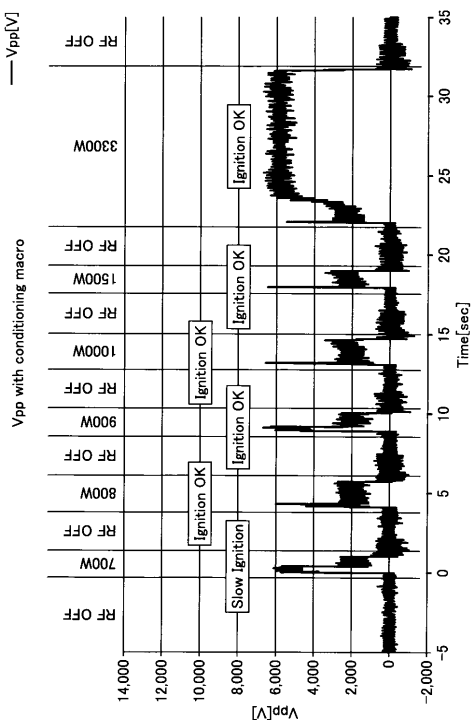
【 16 】



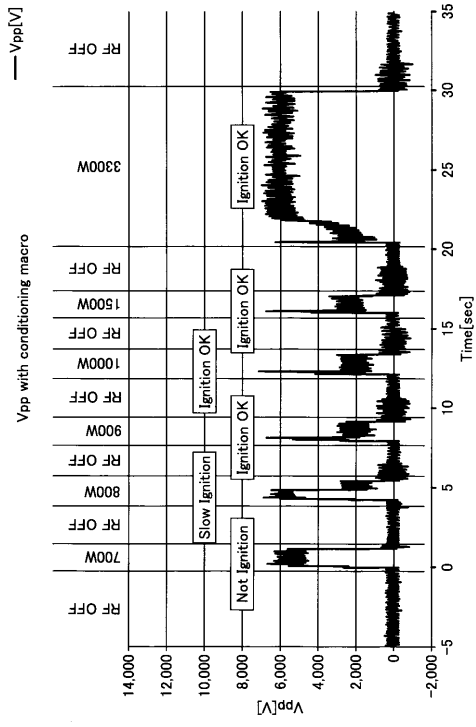
【 17 】



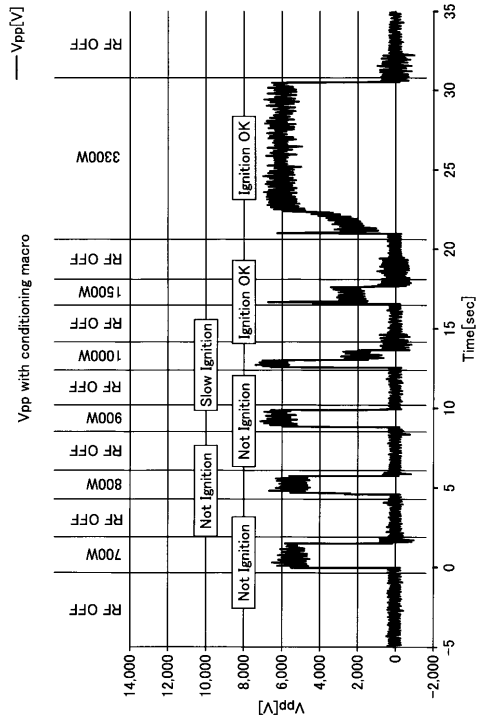
【 18 】



【 19 】



【 20 】



フロントページの続き

- (72)発明者 佐藤 潤
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 小林 健
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 米澤 雅人
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 長谷川 直也

- (56)参考文献 特開平10-046372(JP,A)
特開2005-064017(JP,A)
特開平08-115901(JP,A)
特開2002-343600(JP,A)
特表2011-527521(JP,A)
特開2007-048982(JP,A)
特開2007-266605(JP,A)
特開2009-141014(JP,A)
特開平11-061456(JP,A)
特開2007-208302(JP,A)
特開2005-236138(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205、21/302、21/3065、
21/31-21/32、21/365、21/461、
21/469-21/475、21/86、
H05H 1/00-1/54、
C23C 16/00-16/56