

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4854317号
(P4854317)

(45) 発行日 平成24年1月18日(2012.1.18)

(24) 登録日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 2

H O 1 L 21/302 1 O 1 D

請求項の数 4 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2006-23098 (P2006-23098)
 (22) 出願日 平成18年1月31日(2006.1.31)
 (65) 公開番号 特開2007-207894 (P2007-207894A)
 (43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)
 審査請求日 平成20年11月17日(2008.11.17)

(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
 (74) 代理人 100125254
 弁理士 別役 重尚
 (74) 代理人 100118278
 弁理士 村松 聡
 (74) 代理人 100138922
 弁理士 後藤 夏紀
 (74) 代理人 100136858
 弁理士 池田 浩
 (74) 代理人 100135633
 弁理士 二宮 浩康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

疑似 SiO₂ 層である SiOB_r 層で覆われた CF 系有機物層が表面に形成された基板を処理容器内の載置台に載置して前記基板に処理を施す基板処理方法であって、

前記 SiOB_r 層をガス分子と化学反応させて前記表面上に生成物を生成する化学反応処理ステップと、

前記生成物が前記表面に生成された前記基板を加熱して前記生成物を気化するステップと、

前記生成物が気化して前記 CF 系有機物層が露出した前記基板の上方へ向けて酸素ガスを供給すると共に、前記酸素ガスが供給された基板の上方へマイクロ波を導入して前記 CF 系有機物層を除去するステップとを有することを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】

前記生成物を気化するステップと前記 CF 系有機物層を除去するステップは、同じ処理容器内で連続して行われることを特徴とする請求項1に記載の基板処理方法。

【請求項3】

前記生成物を気化するステップ及び前記 CF 系有機物層を除去するステップでは、前記処理容器内に窒素ガスを導入して粘性流を生じさせることを特徴とする請求項1又は2に記載の基板処理方法。

【請求項4】

前記 CF 系有機物層を除去するステップでは、前記基板の上方へ向けてさらに希ガスが

導入されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板処理方法に関し、特に、有機物層を除去する基板処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

シリコンウエハ（以下、単に「ウエハ」という。）から電子デバイスを製造する電子デバイスの製造方法では、ウエハの表面に導電膜や絶縁膜を成膜する C V D (Chemical Vapor Deposition) 等の成膜工程、成膜された導電膜や絶縁膜上に所望のパターンのフォトレジスト層を形成するリソグラフィ工程、及びフォトレジスト層をマスクとして用いて処理ガスから生成されたプラズマによって導電膜をゲート電極に成形し、或いは絶縁膜に配線溝やコンタクトホールを成形するエッチング工程が順次繰り返して実行される。

10

【0003】

例えば、或る電子デバイスの製造方法では、ウエハ上に形成された、S i N (窒化珪素) 層及びポリシリコン層からなるフローティングゲートを H B r (臭化水素) 系の処理ガスを用いてエッチングし、フローティングゲート下の層間 S i O₂ 膜を C H F₃ 系の処理ガスを用いてエッチングし、さらに、層間 S i O₂ 膜の下の S i 層を H B r (臭化水素) 系の処理ガスを用いてエッチングすることがある。この場合、ウエハ上に形成されたトレンチ（溝）180 の側面に 3 つの層からなるデポジット膜 181 が形成される（図 13 参照。）。このデポジット膜は、上述した各処理ガスに対応して S i O B r 層 182、C F 系デポジット層 183 及び S i O B r 層 184 からなる。S i O B r 層 182、184 は S i O₂ 層に似た性質を有する疑似 S i O₂ 層であり、C F 系デポジット層 183 は有機物層である。

20

【0004】

ところで、これらの S i O B r 層 182、184 及び C F 系デポジット層 183 は電子デバイスの不具合、例えば、導通不良の原因となるため、除去する必要がある。

【0005】

疑似 S i O₂ 層の除去方法として、ウエハに C O R (Chemical Oxide Removal) 処理及び P H T (Post Heat Treatment) 処理を施す基板処理方法が知られている。C O R 処理は、疑似 S i O₂ 層とガス分子を化学反応させて生成物を生成する処理であり、P H T 処理は、C O R 処理が施されたウエハを加熱して、C O R 処理の化学反応によってウエハに生成された生成物を気化・熱酸化 (Thermal Oxidation) させて該ウエハから除去する処理である。

30

【0006】

この C O R 処理及び P H T 処理からなる基板処理方法を実行する基板処理装置として、化学反応処理装置と、該化学反応処理装置に接続された熱処理装置とを備える基板処理装置が知られている。化学反応処理装置はチャンバを備え、該チャンバに収容されたウエハに C O R 処理を施す。熱処理装置もチャンバを備え、該チャンバに収容されたウエハに P H T 処理を施す（例えば、特許文献 1 参照。）。

40

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2004 / 0185670 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述した基板処理装置で疑似 S i O₂ 層である S i O B r 層 184 を除去した場合、C F 系デポジット層 183 が露出する。該 C F 系デポジット層 183 は熱処理を施しても気化することがなく、また、ガス分子と化学反応して生成物を生成することがないため、上述した基板処理装置で C F 系デポジット層 183 を除去するのは困難である。すなわち、S i O B r 層 184 及び C F 系デポジット層 183 を効率良く除去することは困難である。

50

【0008】

本発明の目的は、酸化物層及び有機物層を効率良く除去することができる基板処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、請求項1記載の基板処理方法は、疑似SiO₂層であるSiOBr層で覆われたCF系有機物層が表面に形成された基板を処理容器内の載置台に載置して前記基板に処理を施す基板処理方法であって、前記SiOBr層をガス分子と化学反応させて前記表面上に生成物を生成する化学反応処理ステップと、前記生成物が前記表面に生成された前記基板を加熱して前記生成物を気化するステップと、前記生成物が気化して前記CF系有機物層が露出した前記基板の上方へ向けて酸素ガスを供給すると共に、前記酸素ガスが供給された基板の上方へマイクロ波を導入して前記CF系有機物層を除去するステップとを有することを特徴とする。

10

請求項2記載の基板処理方法は、請求項1に記載の基板処理方法において、前記生成物を気化するステップと前記CF系有機物層を除去するステップは、同じ処理容器内で連続して行われることを特徴とする。

請求項3記載の基板処理方法は、請求項1又は2に記載の基板処理方法において、前記生成物を気化するステップ及び前記CF系有機物層を除去するステップでは、前記処理容器内に窒素ガスを導入して粘性流を生じさせることを特徴とする。

請求項4記載の基板処理方法は、請求項1～3のいずれか1項に記載の基板処理方法において、前記CF系有機物層を除去するステップでは、前記基板の上方へ向けてさらに希ガスが導入されることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0017】

請求項1記載の基板処理方法によれば、SiOBr層で覆われたCF系有機物層が表面に形成された基板において、SiOBr層がガス分子と化学反応して基板の表面上に生成物が生成され、該生成物が表面に生成された基板が加熱されて生成物が気化し、CF系有機物層が露出した基板の上方へ向けて酸素ガスが供給されると共にマイクロ波が導入されてCF系有機物層が分解する。したがって、SiOBr層に続けてCF系有機物層を連続的に除去することができ、もって、酸化物層及び有機物層を効率良く除去することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0019】

まず、本発明の第1の実施の形態に係る基板処理装置について説明する。

【0020】

図1は、本実施の形態に係る基板処理装置の概略構成を示す平面図である。

【0021】

図1において、基板処理装置10は、電子デバイス用のウエハ（以下、単に「ウエハ」という。）（基板）Wにエッチング処理を施す第1のプロセスシップ11と、該第1のプロセスシップ11と平行に配置され、第1のプロセスシップ11においてエッチング処理が施されたウエハWに後述するCOR処理、PHT処理及び有機物層除去処理を施す第2のプロセスシップ12と、第1のプロセスシップ11及び第2のプロセスシップ12がそれぞれ接続された矩形状の共通搬送室としてのローダーユニット13とを備える。

40

【0022】

ローダーユニット13には、上述した第1のプロセスシップ11及び第2のプロセスシップ12の他、25枚のウエハWを収容する容器としてのフープ（Front Opening Unified Pod）14がそれぞれ載置される3つのフープ載置台15と、フープ14から搬出されたウエハWの位置をプリアライメントするオリエンタ16と、ウエハWの表面状態を計測

50

する第1及び第2のIMS (Integrated Metrology System, Therma-Wave, Inc.) 17, 18とが接続されている。

【0023】

第1のプロセスシップ11及び第2のプロセスシップ12は、ローダーユニット13の長手方向における側壁に接続されると共にローダーユニット13を挟んで3つのフープ載置台15と対向するように配置され、オリエンタ16はローダーユニット13の長手方向に関する一端に配置され、第1のIMS17はローダーユニット13の長手方向に関する他端に配置され、第2のIMS18は3つのフープ載置台15と並列に配置される。

【0024】

ローダーユニット13は、内部に配置された、ウエハWを搬送するスカラ型デュアルアームタイプの搬送アーム機構19と、各フープ載置台15に対応するように側壁に配置されたウエハWの投入口としての3つのロードポート20とを有する。搬送アーム機構19は、フープ載置台15に載置されたフープ14からウエハWをロードポート20経由で取り出し、該取り出したウエハWを第1のプロセスシップ11、第2のプロセスシップ12、オリエンタ16、第1のIMS17や第2のIMS18へ搬出入する。

10

【0025】

第1のIMS17は光学系のモニタであり、搬入されたウエハWを載置する載置台21と、該載置台21に載置されたウエハWを指向する光学センサ22とを有し、ウエハWの表面形状、例えば、表面層の膜厚、及び配線溝やゲート電極等のCD (Critical Dimension) 値を測定する。第2のIMS18も光学系のモニタであり、第1のIMS17と同様に、載置台23と光学センサ24とを有し、ウエハWの表面におけるパーティクル数を計測する。

20

【0026】

第1のプロセスシップ11は、ウエハWにエッチング処理を施す第1のプロセスユニット25と、該第1のプロセスユニット25にウエハWを受け渡すリンク型シングルピックタイプの第1の搬送アーム26を内蔵する第1のロード・ロックユニット27とを有する。

【0027】

第1のプロセスユニット25は、円筒状の処理室容器(チャンバ)と、該チャンバ内に配置された上部電極及び下部電極を有し、該上部電極及び下部電極の間の距離はウエハWにエッチング処理を施すための適切な間隔に設定されている。また、下部電極はウエハWをクーロン力等によってチャックするESC28をその頂部に有する。

30

【0028】

第1のプロセスユニット25では、チャンバ内部に処理ガスを導入し、上部電極及び下部電極間に電界を発生させることによって導入された処理ガスをプラズマ化してイオン及びラジカルを発生させ、該イオン及びラジカルによってウエハWにエッチング処理を施す。

【0029】

第1のプロセスシップ11では、ローダーユニット13の内部圧力は大気圧に維持される一方、第1のプロセスユニット25の内部圧力は真空中に維持される。そのため、第1のロード・ロックユニット27は、第1のプロセスユニット25との連結部に真空ゲートバルブ29を備えると共に、ローダーユニット13との連結部に大気ゲートバルブ30を備えることによって、その内部圧力を調整可能な真空予備搬送室として構成される。

40

【0030】

第1のロード・ロックユニット27の内部には、略中央部に第1の搬送アーム26が設置され、該第1の搬送アーム26より第1のプロセスユニット25側に第1のバッファ31が設置され、第1の搬送アーム26よりローダーユニット13側には第2のバッファ32が設置される。第1のバッファ31及び第2のバッファ32は、第1の搬送アーム26の先端部に配置されたウエハWを支持する支持部(ピック)33が移動する軌道上に配置され、エッチング処理が施されたウエハWを一時的に支持部33の軌道の上方に待避させ

50

ることにより、エッチング未処理のウエハWとエッチング処理済みのウエハWとの第1のプロセスユニット25における円滑な入れ換えを可能とする。

【0031】

第2のプロセスシップ12は、ウエハWにCOR処理を施す第2のプロセスユニット34(化学反応処理装置)と、該第2のプロセスユニット34に真空ゲートバルブ35を介して接続された、ウエハWにPHI処理及び有機物層除去処理を施す第3のプロセスユニット36(熱処理装置)と、第2のプロセスユニット34及び第2のプロセスユニット36にウエハWを受け渡すリンク型シングルピックタイプの第2の搬送アーム37を内蔵する第2のロード・ロックユニット49とを有する。

【0032】

図2は、図1における第2のプロセスユニットの断面図であり、(A)は図1における線II-IIに沿う断面図であり、(B)は図2(A)におけるA部の拡大図である。

【0033】

図2(A)において、第2のプロセスユニット34は、円筒状の処理室容器(チャンバ)38と、該チャンバ38内に配置されたウエハWの載置台としてのESC39と、チャンバ38の上方に配置されたシャワーヘッド40と、チャンバ38内のガス等を排気するTMP(Turbo Molecular Pump)41と、チャンバ38及びTMP41の間に配置され、チャンバ38内の圧力を制御する可変式バタフライバルブとしてのAPC(Adaptive Pressure Control)バルブ42とを有する。

【0034】

ESC39は、内部に直流電圧が印加される電極板(図示しない)を有し、直流電圧により発生するクーロン力又はジョンソン・ラーベック(Johnsen-Rahbek)力によってウエハWを吸着して保持する。また、ESC39は調温機構として冷媒室(図示しない)を有する。この冷媒室には所定温度の冷媒、例えば、冷却水やガルゲン液が循環供給され、当該冷媒の温度によってESC39の上面に吸着保持されたウエハWの処理温度が制御される。さらに、ESC39は、ESC39の上面とウエハの裏面との間に伝熱ガス(ヘリウムガス)を満遍なく供給する伝熱ガス供給系統(図示しない)を有する。伝熱ガスは、COR処理の間、冷媒によって所望の指定温度に維持されたESC39とウエハとの熱交換を行い、ウエハを効率よく且つ均一に冷却する。

【0035】

また、ESC39は、その上面から突出自在なリフトピンとしての複数のプッシャーピン56を有し、これらのプッシャーピン56は、ウエハWがESC39に吸着保持されるときにはESC39に収容され、COR処理が施されたウエハWをチャンバ38から搬出するときには、ESC39の上面から突出してウエハWを上方へ持ち上げる。

【0036】

シャワーヘッド40は2層構造を有し、下層部43及び上層部44のそれぞれに第1のバッファ室45及び第2のバッファ室46を有する。第1のバッファ室45及び第2のバッファ室46はそれぞれガス通気孔47, 48を介してチャンバ38内に連通する。すなわち、シャワーヘッド40は、第1のバッファ室45及び第2のバッファ室46にそれぞれ供給されるガスのチャンバ38内への内部通路を有する、階層状に積み重ねられた2つの板状体(下層部43、上層部44)からなる。

【0037】

ウエハWにCOR処理を施す際、第1のバッファ室45にはNH₃(アンモニア)ガスが後述するアンモニアガス供給管57から供給され、該供給されたアンモニアガスはガス通気孔47を介してチャンバ38内へ供給されると共に、第2のバッファ室46にはHF(弗化水素)ガスが後述する弗化水素ガス供給管58から供給され、該供給された弗化水素ガスはガス通気孔48を介してチャンバ38内へ供給される。

【0038】

また、シャワーヘッド40はヒータ(図示しない)、例えば、加熱素子を内蔵する。この加熱素子は、好ましくは、上層部44上に配置されて第2のバッファ室46内の弗化水

10

20

30

40

50

素ガスの温度を制御する。

【 0 0 3 9 】

また、図 2 (B) に示すように、ガス通気孔 4 7 , 4 8 におけるチャンバ 3 8 内への開口部は末広がり状に形成される。これにより、アンモニアガスや弗化水素ガスをチャンバ 3 8 内へ効率よく拡散することができる。さらに、ガス通気孔 4 7 , 4 8 は断面がくびれ形状を呈するので、チャンバ 3 8 で発生した堆積物がガス通気孔 4 7 , 4 8 、引いては、第 1 のバッファ室 4 5 や第 2 のバッファ室 4 6 へ逆流するのを防止する。なお、ガス通気孔 4 7 , 4 8 は螺旋状の通気孔であってもよい。

【 0 0 4 0 】

この第 2 のプロセスユニット 3 4 は、チャンバ 3 8 内の圧力と、アンモニアガス及び弗化水素ガスの体積流量比を調整することによってウエハ W に C O R 処理を施す。また、この第 2 のプロセスユニット 3 4 は、チャンバ 3 8 内において初めてアンモニアガス及び弗化水素ガスが混合するように設計されている (ポストミックス設計) ため、チャンバ 3 8 内に上記 2 種類のガスが導入されるまで、該 2 種類の混合ガスが混合するのを防止して、弗化水素ガスとアンモニアガスとがチャンバ 3 8 内への導入前に反応するのを防止する。

【 0 0 4 1 】

また、第 2 のプロセスユニット 3 4 では、チャンバ 3 8 の側壁がヒータ (図示しない) 、例えば、加熱素子を内蔵し、チャンバ 3 8 内の雰囲気温度が低下するのを防止する。これにより、C O R 処理の再現性を向上することができる。また、側壁内の加熱素子は、側壁の温度を制御することによってチャンバ 3 8 内に発生した副生成物が側壁の内側に付着するのを防止する。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、図 1 における第 3 のプロセスユニットの断面図である。

【 0 0 4 3 】

図 3 において、第 3 のプロセスユニット 3 6 は、筐体状の処理室容器 (チャンバ) 5 0 と、該チャンバ 5 0 の天井部 1 8 5 と対向するように、チャンバ 5 0 内に配置されたウエハ W の載置台としてのステージヒータ 5 1 と、該ステージヒータ 5 1 の近傍に配置され、ステージヒータ 5 1 に載置されたウエハ W を上方に持ち上げるバッファアーム 5 2 とを有する。

【 0 0 4 4 】

ステージヒータ 5 1 は、表面に酸化皮膜が形成されたアルミからなり、内蔵された電熱線等からなるヒータ 1 8 6 によって上面に載置されたウエハ W を所定の温度まで加熱する。具体的には、ステージヒータ 5 1 は載置したウエハ W を少なくとも 1 分間に亘って 1 0 0 ~ 2 0 0 、好ましくは約 1 3 5 まで直接加熱する。なお、ヒータ 1 8 6 の発熱量はヒータ制御装置 1 8 7 によって制御される。また、ステージヒータ 5 1 は調温機構としてヒータ 1 8 6 の他に冷媒室 2 2 9 を有する。この冷媒室 2 2 9 には所定温度の冷媒、例えば、冷却水やガルゲン液が循環供給され、有機物層除去処理の際に、当該冷媒の温度によってステージヒータ 5 1 の上面に載置されたウエハ W を所定の温度まで冷却する。さらに、ステージヒータ 5 1 は、ステージヒータ 5 1 の上面とウエハの裏面との間に伝熱ガス (ヘリウムガス) を満遍なく供給する伝熱ガス供給系統 (図示しない) を有する。伝熱ガスは、有機物層除去処理の間、冷媒によって所望の指定温度に維持されたステージヒータ 5 1 とウエハ W との熱交換を行い、ウエハ W を効率よく且つ均一に冷却する。

【 0 0 4 5 】

チャンバ 5 0 の側壁にはカートリッジヒータ 1 8 8 が内蔵され、該カートリッジヒータ 1 8 8 はチャンバ 5 0 の側壁の壁面温度を 2 5 ~ 8 0 に制御する。これにより、チャンバ 5 0 の側壁に副生成物が付着するのを防止し、付着した副生成物に起因するパーティクルの発生を防止してチャンバ 5 0 のクリーニング周期を延伸する。なお、チャンバ 5 0 の外周は熱シールド (図示しない) によって覆われており、カートリッジヒータ 1 8 8 の発熱量はヒータ制御装置 1 8 9 によって制御される。

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

50

ウエハWを上方から加熱するヒータとして、シートヒータや紫外線放射(UV radiation)ヒータを天井部185に配してもよい。紫外線放射ヒータとしては、波長190~400nmの紫外線を放射する紫外線ランプ等が該当する。

【0047】

バッファアーム52は、COR処理が施されたウエハWを一時的に第2の搬送アーム37における支持部53の軌道の上方に待避させることにより、第2のプロセスユニット34や第3のプロセスユニット36におけるウエハWの円滑な入れ換えを可能とする。

【0048】

この第3のプロセスユニット36は、ウエハWを加熱することによってウエハWにPHT処理を施す。

【0049】

また、第3のプロセスユニット36は、マイクロ波源190と、アンテナ装置191(マイクロ波導入装置)と、酸素ガス供給系192と、放電ガス供給系193とを備える。

【0050】

酸素ガス供給系192は、酸素ガス源194と、バルブ195と、MFC(Mass Flow Controller)196と、これらを接続する酸素ガス供給路197とを有する。また、酸素ガス供給系192は酸素ガス供給路197によってチャンバ50の側壁に配された石英製の酸素ガス供給リング198に接続されている。

【0051】

有機物層除去処理の際、酸素ガス源194は酸素ガスを供給し、バルブ195は開口し、MFC196は、例えば、ブリッジ回路、増幅回路、コンパレータ制御回路、流量調節バルブ等を有し、酸素ガスの流れに伴う熱移動を検出することによって流量測定を行い、該測定結果に基づいて流量調節バルブによって酸素ガスの流量を制御する。

【0052】

図4は、図3における酸素ガス供給リングの概略構成を示す平面図である。

【0053】

図4において、酸素ガス供給リング198は、石英からなるリング形状の本体部204と、酸素ガス供給路197に接続された導入口199と、導入口199に接続された円環状の流路200と、流路200に接続された複数の酸素ガス供給ノズル201と、流路200及び後述するガス排出路202に接続された排出口203とを有する。複数の酸素ガス供給ノズル201は本体部204の円周方向に沿って等間隔で配置されており、チャンバ50内に均一な酸素ガスの流れを形成する。

【0054】

また、酸素ガス供給リング198の流路200及び酸素ガス供給ノズル201はガス排出路202に接続され、該ガス排出路202はPCV(Pressure Control Valve)205を介して、例えば、TMP、スパッターイオンポンプ、ゲッターポンプ、ソーブションポンプ、若しくはクライオポンプからなる真空ポンプ206に接続されている。したがって、流路200及び酸素ガス供給ノズル201内の(残留)酸素ガスや水分は排出口203から排気可能である。これにより、後述する第3のプロセスユニット排気系67では完全に除去することが困難な、流路200及び酸素ガス供給ノズル201内の(残留)酸素ガスや水分等の残留物を効果的に除去することができる。

【0055】

PCV205は、バルブ195の開口時に閉口され、バルブ195の閉口時に開口されるように制御される。これにより、バルブ195が開口される有機物層除去処理時には真空ポンプ206は閉口されて、酸素ガスを有機物層除去処理に効率的に使用可能にする。一方、有機物層除去処理の終了後等の有機物層除去処理以外の期間において真空ポンプ206は開口され、酸素ガス供給リング198の流路200及び酸素ガス供給ノズル201内の残留物が確実に排気される。これにより、以降の有機物層除去処理において残留物の存在に起因する酸素ガス供給ノズル201からの酸素ガスの不均一な導入や残留物そのもののウエハWへの付着を防止することができる。

10

20

30

40

50

【0056】

放電ガス供給系193は、放電ガス源207と、バルブ208と、MFC209と、これらを接続する放電ガス供給路210とを有する。また、放電ガス供給系193は放電ガス供給路210によってチャンバ50の側壁に配された石英製の放電ガス供給リング211に接続されている。

【0057】

有機物層除去処理の際、放電ガス源207は放電ガス、例えば、希ガス（ネオンガス、キセノンガス、アルゴンガス、ヘリウムガス、ラドンガス、若しくはクリプトンガスのいずれか）に N_2 及び H_2 が混合されたガスを供給する。なお、バルブ208、MFC209、放電ガス供給路210及び放電ガス供給リング211は、それぞれバルブ195、MFC196、酸素ガス供給路197及び酸素ガス供給リング198と同様の構成を有するため、これらの説明を省略する。

10

【0058】

また、放電ガス供給リング211の流路及び放電ガス供給ノズル（いずれも図示しない）はガス排出路212に接続され、該ガス排出路212はPCV213を介して真空ポンプ214に接続されている。なお、ガス排出路212、PCV213及び真空ポンプ214は、それぞれガス排出路202、PCV205及び真空ポンプ206と同様の構成及び機能を有するため、これらの説明を省略する。

【0059】

マイクロ波源190は、例えば、マグネトロンからなり、通常2.45GHzのマイクロ波を、例えば、5kWの出力で発生することができる。また、マイクロ波源190は導波管215を介してアンテナ装置191に接続されている。導波管215の途中にはモード変換器216が配されている。モード変換器216はマイクロ波源190が発生したマイクロ波の伝送形態をTM、TE、若しくはTEMモード等に変換する。なお、図3では、反射してマグネトロンへ戻るマイクロ波を吸収するアイソレータや、この他、EHチューナ、若しくはスタブチューナが省略されている。

20

【0060】

アンテナ装置191は、円板状の温調板217と、円筒状の収納部材218と、円板状のスロット電極219（アンテナ）と、円板状の誘電板220と、収納部材218の側面を囲む円環状の電磁波吸収体221と、温調板217に接続された温度制御装置222と、円板状の遅波材223とを備える。

30

【0061】

収納部材218は、上部において温調板217を載置すると共に、その内部に遅波材223と該遅波材223の下部に接触するスロット電極219とを収納する。また、スロット電極219の下方には誘電板220が配置されている。収納部材218及び遅波材223は熱伝導率が高い材料からなり、その結果、収納部材218及び遅波材223の温度は温調板217の温度とほぼ同じ温度となる。

【0062】

遅波材223は、マイクロ波の波長を短くする所定の誘電率であって、熱伝導率が高い所定の材料からなる。また、チャンバ50に導入されるマイクロ波の密度を均一にするためにスロット電極219に多くの後述するスリット224を形成する必要があるが、遅波材223は、マイクロ波の波長を短くすることによってスロット電極219に多くのスリット224を形成することを可能にする。

40

【0063】

遅波材223の材料としては、例えば、アルミナ系セラミック、SiN、AlNを用いるのが好ましい。例えば、AlNは比誘電率 ϵ_t が約9であり、 $1/(\epsilon_t)^{1/2}$ で表される波長短縮率nが約0.33である。これにより、遅波材223を通過したマイクロ波の速度及び波長はそれぞれは約0.33倍となり、スロット電極219におけるスリット224の間隔を短くすることができ、スロット電極219においてより多くのスリット224を形成することができる。

50

【0064】

スロット電極219は、遅波材223にねじ止めされており、例えば、直径50cm、厚さ1mm以下の銅板から構成される。スロット電極219は、本発明の属する技術分野においてラジアルラインスロットアンテナ(RLSA)(又は超高能率平面アンテナ)と称される。なお、本実施の形態においてRLSA以外の形式のアンテナ、例えば、一層構造導波管平面アンテナや誘電体基板平行平板スロットアレーを用いてもよい。

【0065】

図5は、図3におけるスロット電極の概略構成を示す平面図である。

【0066】

図5において、スロット電極219の表面は互いに同じ面積を有する複数の領域に仮想的に分割され、各領域においてスリット224a及び224bからなる1つのスリット組225を有する。したがって、スロット電極219の表面におけるスリット組225の密度はほぼ一定となる。これにより、スロット電極219の下方に配置されている誘電板220の表面において均一にイオンエネルギーが分布するため、イオンエネルギーの偏在に起因する誘電板220からの元素脱離(遊離)の発生を防止することができる。その結果、誘電板220から脱離した元素が酸素ガスに不純物として混入するのを防止することができ、もって、高品質な有機物層除去処理をウエハWに施すことができる。

【0067】

また、各スリット組225においてスリット224a及び224bは略T字状に配置されると共に互いに僅かに離間する。

【0068】

各スリット224a、224bは、その長さL1が導波管215内におけるマイクロ波の波長(以下、「管内波長」という。)の略0.5倍乃至自由空間における波長の略2.5倍のいずれかに設定されると共に、その幅が略1mmに設定され、隣接するスリット組225同士の間隔L2は管内波長と略同一に設定されている。具体的には、各スリット224a、224bの長さL1は、下記式で示される範囲内に設定される。

【0069】

【数1】

$$\frac{\lambda_0}{2} \times \frac{1}{\sqrt{\epsilon_t}} \leq L1 \leq \lambda_0 \times 2.5 \quad \epsilon_t: \text{比誘電率}$$

【0070】

各スリット224a、224bはそれぞれスロット電極219の中心からの放射線に対して45°だけ斜交するように配置されている。また、各スリット組225の大きさはスロット電極219の中心から離間するにつれて大きくなる。例えば、中心から所定の距離に配置されたスリット組225に対して、該所定の距離の2倍に該当する距離に配置されたスリット組225の大きさは1.2倍乃至2倍のいずれかに設定される。

【0071】

なお、スロット電極219の表面上におけるスリット組の密度を略一定にできる限り、スリット224の形状や配置は、上述したものに限られず、また、分割された各領域の形状も上述したものに限られない。例えば、各領域は同一形状を有してもよいし、異なる形状を有してもよい。また、同一形状を有する場合でもその形状は六角形に限定されず、三角形や四角形等の任意の形状を採用することができる。また、各スリット組225は同心円状又は渦巻状に配列されてもよい。

【0072】

本実施の形態において用いることができるスロット電極としては、図5に示すスロット電極219に限られず、図6(A)乃至(C)に示すスロット電極226、スロット電極227又はスロット電極228も該当する。図6(A)乃至(C)に示すスロット電極226乃至228において各領域は4角形を有する。また、スロット電極226、227は

10

20

30

40

50

いずれもT字形のスリット組225を有するが、互いにスリット224の寸法と配置において相違する。また、スロット電極228では各スリット組225において2つのスリットがV字形を呈するように配置されている。

【0073】

また、スロット電極219の周縁部、引いては、収納部材218の側面を囲むように幅数mm程度のマイクロ波電力反射防止用放射素子からなる円環状の電磁波吸収体221が配されている。電磁波吸収体221はスロット電極219からのマイクロ波における定在波(横波)を吸収して該定在波の発生を抑制することができ、これにより、チャンバ50内におけるマイクロ波の分布が定在波によって乱されるのを防止することができ、また、スロット電極219のアンテナ効率を上げることができる。

10

【0074】

温度制御装置222は、温調板217に接続された温度センサ及びヒータ(共に図示しない)を有し、温調板217に導入される冷却水や冷媒(アルコール、ガルデン液、フロン等)の流量、温度等を調節することによって温調板217の温度を所定の温度に制御する。温調板217は、熱伝導率が高く、流路を内部に成形し易い材料、例えば、ステンレスからなる。また、遅波材223及びスロット電極219は収納部材218を介して温調板217に接触しているため、該温調板217によって温度が制御される。したがって、マイクロ波によって温度が上昇する遅波材223及びスロット電極219の温度を所望の温度に制御することができ、その結果、遅波材223及びスロット電極219が熱膨張して変形するのを防ぐことができ、もって、遅波材223及びスロット電極219の変形に起因する、チャンバ50内におけるマイクロ波の不均一な分布の発生を防止することができる。以上により、マイクロ波の不均一な分布に起因する有機物層除去処理の品質低下を防止することができる。

20

【0075】

誘電板220は絶縁体からなり、スロット電極219とチャンバ50との間に配置されている。スロット電極219と誘電板220は、例えば、ロウにより強固にかつ機密に面接合される。なお、焼成されたセラミック又は窒化アルミニウム(AlN)からなる誘電板220の裏面に、スクリーン印刷等によって銅薄膜を焼き付けるようにスリットを含むスロット電極219を形成してもよい。

【0076】

誘電板220は、チャンバ50内の低圧力に起因するスロット電極219の変形、並びに、スロット電極219の被スパッタや銅汚染の発生を防止する。また、誘電板220は絶縁体からなるので、スロット電極219からのマイクロ波は誘電板220を透過してチャンバ50内に導入される。さらに、誘電板220を熱伝導率の低い材質で構成することによって、スロット電極219がチャンバ50の温度から影響を受けるのを防止してもよい。

30

【0077】

本実施の形態における誘電板220の厚みは該誘電板220を透過するマイクロ波の波長の0.5倍から0.75倍のいずれか、好ましくは、約0.6倍から約0.7倍のいずれかに設定されている。2.45GHzのマイクロ波は真空中で約122.5mmの波長を有する。誘電板220がAlNから構成されれば、上述したように、比誘電率 ϵ_t が約9であるため波長短縮率が約0.33となり、誘電板220内のマイクロ波の波長は約40.8mmとなる。したがって、誘電板220がAlNから構成されれば、誘電板220の厚さは約20.4mmから約30.6mmのいずれか、好ましくは、約24.5mmから約28.6mmのいずれかに設定される。より一般的には、誘電板220の厚さHは、誘電板220を透過するマイクロ波の波長 λ_0 を用いて、 $0.5 < H < 0.75$ を満足し、より好ましくは、 $0.6 < H < 0.7$ を満足するのが好ましい。ここで、誘電板220を透過するマイクロ波の波長 λ は、真空中のマイクロ波の波長 λ_0 と波長短縮率 $n = 1 / (\epsilon_t)^{1/2}$ とを用いて、 $\lambda = \lambda_0 \times n$ で示される。

40

【0078】

50

ステージヒータ51には、バイアス用高周波電源230とマッチングボックス(整合器)231が接続されている。バイアス用高周波電源230はウエハWに負の直流バイアス(例えば、13.56MHzの高周波)を印加する。したがって、ステージヒータ51は下部電極としても機能する。マッチングボックス231は、並列及び直列に配置されたバリコンを有し、チャンバ50内の電極浮遊容量やストレーインダクタンス等の影響を防止し、且つ負荷に対してマッチング行うことができる。また、ウエハWに負の直流バイアスが印加されると、ウエハWに向かってイオンがそのバイアス電圧によって加速されてイオンによる処理が促進される。イオンエネルギーはバイアス電圧によって定まり、バイアス電圧はバイアス用高周波電源230から印加される高周波電力によって制御することができる。バイアス用高周波電源230が印加する高周波電力の周波数はスロット電極219のスリット224の形状、数及び分布に応じて調節することができる。

10

【0079】

チャンバ50内は第3のプロセスユニット排気系67によって所望の低圧力、例えば、真空に維持される。第3のプロセスユニット排気系67はチャンバ50内を均一に排気することによって該チャンバ50内のプラズマ密度を均一に保つ。第3のプロセスユニット排気系67は、例えば、TMPやDP(Dry Pump)(共に図示しない)を有し、DP等はPCV(図示しない)やAPCバルブ69を介してチャンバ50に接続されている。PCVとしては、例えば、コンダクタンスバルブ、ゲートバルブ又は高真空バルブ等が該当する。

【0080】

20

この第3のプロセスユニット36は、PHT処理が施されたウエハWに該PHT処理に続けて有機物層除去処理を施す。

【0081】

図1に戻り、第2のロード・ロックユニット49は、第2の搬送アーム37を内蔵する筐体状の搬送室(チャンバ)70を有する。また、ローダーユニット13の内部圧力は大気圧に維持される一方、第2のプロセスユニット34及び第3のプロセスユニット36の内部圧力は真空若しくは大気圧以下に維持される。そのため、第2のロード・ロックユニット49は、第3のプロセスユニット36との連結部に真空ゲートバルブ54を備えると共に、ローダーユニット13との連結部に大気ドアバルブ55を備えることによって、その内部圧力を調整可能な真空予備搬送室として構成される。

30

【0082】

図7は、図1における第2のプロセスシップの概略構成を示す斜視図である。

【0083】

図7において、第2のプロセスユニット34は、第1のバッファ室45へアンモニアガスを供給するアンモニアガス供給管57と、第2のバッファ室46へ弗化水素ガスを供給する弗化水素ガス供給管58と、チャンバ38内の圧力を測定する圧力ゲージ59と、ESC39内に配設された冷却系統に冷媒を供給するチラーユニット60とを備える。

【0084】

アンモニアガス供給管57にはMFC(図示しない)が設けられ、該MFCは第1のバッファ室45へ供給するアンモニアガスの流量を調整すると共に、弗化水素ガス供給管58にもMFC(図示しない)が設けられ、該MFCは第2のバッファ室46へ供給する弗化水素ガスの流量を調整する。アンモニアガス供給管57のMFCと弗化水素ガス供給管58のMFCは協働して、チャンバ38へ供給されるアンモニアガスと弗化水素ガスの体積流量比を調整する。

40

【0085】

また、第2のプロセスユニット34の下方には、DP(図示しない)に接続された第2のプロセスユニット排気系61が配置される。第2のプロセスユニット排気系61は、チャンバ38とAPCバルブ42の間に配設された排気ダクト62と連通する排気管63と、TMP41の下方(排気側)に接続された排気管64とを有し、チャンバ38内のガス等を排気する。なお、排気管64はDPの手前において排気管63に接続される。

50

【 0 0 8 6 】

第3のプロセスユニット36は、チャンバ50内の圧力を測定する圧力ゲージ66と、チャンバ50内の窒素ガス等を排気する第3のプロセスユニット排気系67とを備える。

【 0 0 8 7 】

第3のプロセスユニット排気系67は、チャンバ50に連通すると共にDP（図示しない）に接続された本排気管68と、該本排気管68の途中に配されたAPCバルブ69と、本排気管68からAPCバルブ69を回避するように分岐し、且つDPの手前において本排気管68に接続される副排気管68aとを有する。APCバルブ69は、チャンバ50内の圧力を制御する。

【 0 0 8 8 】

第2のロード・ロックユニット49は、チャンバ70へ窒素ガスを供給する窒素ガス供給管71と、チャンバ70内の圧力を測定する圧力ゲージ72と、チャンバ70内の窒素ガス等を排気する第2のロード・ロックユニット排気系73と、チャンバ70内を大気開放する大気連通管74とを備える。

【 0 0 8 9 】

窒素ガス供給管71にはMFC（図示しない）が設けられ、該MFCはチャンバ70へ供給される窒素ガスの流量を調整する。第2のロード・ロックユニット排気系73は1本の排気管からなり、該排気管はチャンバ70に連通すると共に、DPの手前において第3のプロセスユニット排気系67における本排気管68に接続される。また、第2のロード・ロックユニット排気系73及び大気連通管74はそれぞれ開閉自在な排気バルブ75及びリリーフバルブ76を有し、該排気バルブ75及びリリーフバルブ76は協働してチャンバ70内の圧力を大気圧から所望の真空度までのいずれかに調整する。

【 0 0 9 0 】

図8は、図7における第2のロード・ロックユニットのユニット駆動用ドライエア供給系の概略構成を示す図である。

【 0 0 9 1 】

図8において、第2のロード・ロックユニット49のユニット駆動用ドライエア供給系77のドライエア供給先としては、大気ドアバルブ55が有するスライドドア駆動用のドアバルブシリンダ、N₂パージユニットとしての窒素ガス供給管71が有するMFC、大気開放用のリリーフユニットとしての大気連通管74が有するリリーフバルブ76、真空引きユニットとしての第2のロード・ロックユニット排気系73が有する排気バルブ75、及び真空ゲートバルブ54が有するスライドゲート駆動用のゲートバルブシリンダが該当する。

【 0 0 9 2 】

ユニット駆動用ドライエア供給系77は、第2のプロセスシップ12が備える本ドライエア供給管78から分岐された副ドライエア供給管79と、該副ドライエア供給管79に接続された第1のソレノイドバルブ80及び第2のソレノイドバルブ81とを備える。

【 0 0 9 3 】

第1のソレノイドバルブ80は、ドライエア供給管82, 83, 84, 85の各々を介してドアバルブシリンダ、MFC、リリーフバルブ76及びゲートバルブシリンダに接続され、これらへのドライエアの供給量を制御することによって各部の動作を制御する。また、第2のソレノイドバルブ81は、ドライエア供給管86を介して排気バルブ75に接続され、排気バルブ75へのドライエアの供給量を制御することによって排気バルブ75の動作を制御する。なお、窒素ガス供給管71におけるMFCは窒素(N₂)ガス供給系87にも接続されている。

【 0 0 9 4 】

また、第2のプロセスユニット34や第3のプロセスユニット36も、上述した第2のロード・ロックユニット49のユニット駆動用ドライエア供給系77と同様の構成を有するユニット駆動用ドライエア供給系を備える。

【 0 0 9 5 】

図 1 に戻り、基板処理装置 10 は、第 1 のプロセスシップ 11、第 2 のプロセスシップ 12 及びローダーユニット 13 の動作を制御するシステムコントローラと、ローダーユニット 13 の長手方向に関する一端に配置されたオペレーションパネル 88 を備える。

【0096】

オペレーションパネル 88 は、例えば LCD (Liquid Crystal Display) からなる表示部を有し、該表示部は基板処理装置 10 の各構成要素の動作状況を表示する。

【0097】

また、図 9 に示すように、システムコントローラは、EC (Equipment Controller) 89 と、3 つの MC (Module Controller) 90, 91, 92 と、EC 89 及び各 MC を接続するスイッチングハブ 93 とを備える。該システムコントローラは EC 89 から LAN (Local Area Network) 170 を介して、基板処理装置 10 が設置されている工場全体の製造工程を管理する MES (Manufacturing Execution System) としての PC 171 に接続されている。MES は、システムコントローラと連携して工場における工程に関するリアルタイム情報を基幹業務システム (図示しない) にフィードバックすると共に、工場全体の負荷等を考慮して工程に関する判断を行う。

【0098】

EC 89 は、各 MC を統括して基板処理装置 10 全体の動作を制御する主制御部 (マスタ制御部) である。また、EC 89 は、CPU、RAM、HDD 等を有し、オペレーションパネル 88 においてユーザ等によって指定されたウエハ W の処理方法、すなわち、レシピに対応するプログラムに応じて CPU が各 MC に制御信号を送信することにより、第 1 のプロセスシップ 11、第 2 のプロセスシップ 12 及びローダーユニット 13 の動作を制御する。

【0099】

スイッチングハブ 93 は、EC 89 からの制御信号に応じて EC 89 の接続先としての MC を切り替える。

【0100】

MC 90, 91, 92 は、それぞれ第 1 のプロセスシップ 11、第 2 のプロセスシップ 12 及びローダーユニット 13 の動作を制御する副制御部 (スレーブ制御部) である。各 MC は、DIST (Distribution) ボード 96 によって GHOST ネットワーク 95 を介して各 I/O (入出力) モジュール 97, 98, 99 にそれぞれ接続される。GHOST ネットワーク 95 は、各 MC が有する MC ボードに搭載された GHOST (General High-Speed Optimum Scalable Transceiver) と称される LSI によって実現されるネットワークである。GHOST ネットワーク 95 には、最大で 31 個の I/O モジュールを接続可能であり、GHOST ネットワーク 95 では、MC がマスタに該当し、I/O モジュールがスレーブに該当する。

【0101】

I/O モジュール 98 は、第 2 のプロセスシップ 12 における各構成要素 (以下、「エンドデバイス」という。) に接続された複数の I/O 部 100 からなり、各エンドデバイスへの制御信号及び各エンドデバイスからの出力信号の伝達を行う。I/O モジュール 98 において I/O 部 100 に接続されるエンドデバイスには、例えば、第 2 のプロセスユニット 34 におけるアンモニアガス供給管 57 の MFC、弗化水素ガス供給管 58 の MFC、圧力ゲージ 59 及び APC バルブ 42、第 3 のプロセスユニット 36 における MFC 196、MFC 209、マイクロ波源 190、圧力ゲージ 66、APC バルブ 69、バッファアーム 52 及びステージヒータ 51、第 2 のロード・ロックユニット 49 における窒素ガス供給管 71 の MFC、圧力ゲージ 72 及び第 2 の搬送アーム 37、並びにユニット駆動用ドライエア供給系 77 における第 1 のソレノイドバルブ 80 及び第 2 のソレノイドバルブ 81 等が該当する。

【0102】

なお、I/O モジュール 97, 99 は、I/O モジュール 98 と同様の構成を有し、第 1 のプロセスシップ 11 に対応する MC 90 及び I/O モジュール 97 の接続関係、並び

10

20

30

40

50

にローダーユニット13に対応するMC92及びI/Oモジュール99の接続関係も、上述したMC91及びI/Oモジュール98の接続関係と同様の構成であるため、これらの説明を省略する。

【0103】

また、各GHOSTネットワーク95には、I/O部100におけるデジタル信号、アナログ信号及びシリアル信号の入出力を制御するI/Oボード(図示しない)も接続される。

【0104】

基板処理装置10において、ウエハWにCOR処理を施す際には、COR処理のレシピに対応するプログラムに応じてEC89のCPUが、スイッチングハブ93、MC91、GHOSTネットワーク95及びI/Oモジュール98におけるI/O部100を介して、所望のエンドデバイスに制御信号を送信することによって第2のプロセスユニット34においてCOR処理を実行する。

10

【0105】

具体的には、CPUが、アンモニアガス供給管57のMFC及び弗化水素ガス供給管58のMFCに制御信号を送信することによってチャンバ38におけるアンモニアガス及び弗化水素ガスの体積流量比を所望の値に調整し、TMP41及びAPCバルブ42に制御信号を送信することによってチャンバ38内の圧力を所望の値に調整する。また、このとき、圧力ゲージ59がチャンバ38内の圧力値を出力信号としてEC89のCPUに送信し、該CPUは送信されたチャンバ38内の圧力値に基づいて、アンモニアガス供給管57のMFC、弗化水素ガス供給管58のMFC、APCバルブ42やTMP41の制御パラメータを決定する。

20

【0106】

また、ウエハWにPHT処理を施す際には、PHT処理のレシピに対応するプログラムに応じてEC89のCPUが、所望のエンドデバイスに制御信号を送信することによって第3のプロセスユニット36においてPHT処理を実行する。

【0107】

具体的には、CPUが、APCバルブ69に制御信号を送信することによってチャンバ50内の圧力を所望の値に調整し、ステージヒータ51に制御信号を送信することによってウエハWの温度を所望の温度に調整する。また、このとき、圧力ゲージ66がチャンバ50内の圧力値を出力信号としてEC89のCPUに送信し、該CPUは送信されたチャンバ50内の圧力値に基づいて、APCバルブ69の制御パラメータを決定する。

30

【0108】

さらに、ウエハWに有機物層除去処理を施す際には、有機物層除去処理のレシピに対応するプログラムに応じてEC89のCPUが、所望のエンドデバイスに制御信号を送信することによって第3のプロセスユニット36において有機物層除去処理を実行する。

【0109】

具体的には、CPUが、MFC196及びMFC209に制御信号を送信することによってチャンバ50内に酸素ガス及び放電ガスを導入し、APCバルブ69に制御信号を送信することによってチャンバ50内の圧力を所望の値に調整し、ステージヒータ51に制御信号を送信することによってウエハWの温度を所望の温度に調整し、マイクロ波源190に制御信号を送信することによってアンテナ装置191のスロット電極219からチャンバ50内へマイクロ波を導入する。また、このとき、例えば、圧力ゲージ66がチャンバ50内の圧力値を出力信号としてEC89のCPUに送信し、該CPUは送信されたチャンバ50内の圧力値に基づいて、APCバルブ69の制御パラメータを決定する。

40

【0110】

図9のシステムコントローラでは、複数のエンドデバイスがEC89に直接接続されることなく、該複数のエンドデバイスに接続されたI/O部100がモジュール化されてI/Oモジュールを構成し、該I/OモジュールがMC及びスイッチングハブ93を介してEC89に接続されるため、通信系統を簡素化することができる。

50

【0111】

また、EC89のCPUが送信する制御信号には、所望のエンドデバイスに接続されたI/O部100のアドレス、及び当該I/O部100を含むI/Oモジュールのアドレスが含まれているため、スイッチングハブ93は制御信号におけるI/Oモジュールのアドレスを参照し、MCのGHOSTが制御信号におけるI/O部100のアドレスを参照することによって、スイッチングハブ93やMCがCPUに制御信号の送信先の問い合わせを行う必要を無くすことができ、これにより、制御信号の円滑な伝達を実現することができる。

【0112】

ところで、先に述べたように、ウエハW上におけるフローティングゲートや層間SiO₂膜のエッチングの結果、ウエハW上に形成されたトレンチの側面にSiOBr層、CF系デポジット層及びSiOBr層からなるデポジット膜が形成される。なお、SiOBr層は、上述したようにSiO₂層に似た性質を有する疑似SiO₂層である。これらのSiOBr層及びCF系デポジット層は電子デバイスの不具合、例えば、導通不良の原因となるため、除去する必要がある。

10

【0113】

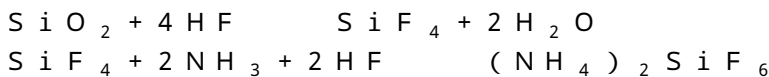
本実施の形態に係る基板処理方法は、これに対応して、デポジット膜がトレンチの側面に形成されたウエハWにCOR処理、PHT処理及び有機物層除去処理を施す。

【0114】

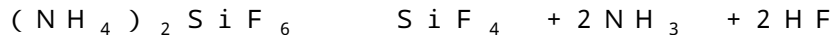
本実施の形態に係る基板処理方法では、COR処理においてアンモニアガス及び弗化水素ガスを用いる。ここで、弗化水素ガスは疑似SiO₂層の腐食を促進し、アンモニアガスは、酸化膜と弗化水素ガスとの反応を必要に応じて制限し、最終的には停止させるための反応副生成物(By-product)を合成する。具体的には、本実施の形態に係る基板処理方法では、COR処理及びPHT処理において以下の化学反応を利用する。

20

(COR処理)



(PHT処理)



尚、PHT処理においては、N₂及びH₂も若干量発生する。

30

【0115】

また、本実施の形態に係る基板処理方法では、有機物層除去処理において酸素ガスから生成された酸素ラジカルを用いる。ここで、COR処理及びPHT処理が施されたウエハWでは、トレンチの側面のデポジット膜において最表層のSiOBr層が除去されて有機物層であるCF系デポジット層が露出する。酸素ラジカルは露出したCF系デポジット層を分解する。具体的には、酸素ラジカルに暴露されたCF系デポジット層は化学反応によってCO、CO₂やF₂等に分解される。これにより、トレンチの側面のデポジット膜においてCF系デポジット層が除去される。

【0116】

図10は、本実施の形態に係る基板処理方法としてのデポジット膜除去処理のフローチャートである。

40

【0117】

図10において、基板処理装置10において、まず、トレンチの側面にSiOBr層、CF系デポジット層及びSiOBr層からなるデポジット膜が形成されたウエハWを第2のプロセスユニット34のチャンバ38に収容し、該チャンバ38内の圧力を所定の圧力に調整し、チャンバ38内にアンモニアガス、弗化水素ガス及び希釈ガスとしてのアルゴン(Ar)ガスを導入して、チャンバ38内をこれらから成る混合気体の雰囲気とし、最表層のSiOBr層を所定の圧力下において混合気体に暴露する。これにより、SiOBr層、アンモニアガス及び弗化水素ガスを化学反応させて錯体構造を有する生成物((NH₄)₂SiF₆)を生成する(ステップS101)(化学反応処理ステップ)。このと

50

き、最表層のSiOBr層が混合気体に暴露される時間は2～3分であるのが好ましく、また、ESC39の温度は10～100のいずれかに設定されるのが好ましい。

【0118】

チャンバ38内における弗化水素ガスの分圧は6.7～13.3Pa(50～100mTorr)であるのが好ましい。これにより、チャンバ38内の混合気体の流量比等が安定するため、生成物の生成を助長することができる。また、温度が高いほどチャンバ38内に発生した副生成物が付着しにくいことから、チャンバ38内の内壁温度は、側壁に埋設されたヒータ(図示しない)によって50に設定されるのが好ましい。

【0119】

次いで、生成物が生成されたウエハWを第3のプロセスユニット36のチャンバ50内のステージヒータ51上に載置し、該チャンバ50内の圧力を所定の圧力に調整し、チャンバ50内に放電ガス供給リング211等から窒素ガスを導入して粘性流を生じさせ、ステージヒータ51によってウエハWを所定の温度に加熱する(ステップS102)(熱処理ステップ)。このとき、熱によって生成物の錯体構造が分解し、生成物は四弗化珪素(SiF₄)、アンモニア、弗化水素に分離して気化する。気化したこれらのガス分子はチャンバ50内に導入された窒素ガスの粘性流に巻き込まれて第3のプロセスユニット排気系67によってチャンバ50から排出される。

【0120】

第3のプロセスユニット36において、生成物は配位結合を含む錯化合物(Complex compound)であり、錯化合物は結合力が弱く、比較的低温においても熱分解が促進されるので、加熱されたウエハWの所定の温度は80～200であるのが好ましく、さらに、ウエハWにPHH処理を施す時間は、30～120秒であるのが好ましい。また、チャンバ50に粘性流を生じさせるためには、チャンバ50内の真空度を高めるのは好ましくなく、また、一定の流量のガス流が必要である。したがって、該チャンバ50における所定の圧力は、 $6.7 \times 10^{-1} \sim 1.3 \times 10^{-2}$ Pa(500mTorr～1Torr)であるのが好ましく、窒素ガスの流量は500～3000SCCMであるのが好ましい。これにより、チャンバ50内において粘性流を確実に生じさせることができるため、生成物の熱分解によって生じたガス分子を確実に除去することができる。

【0121】

次いで、第3のプロセスユニット36のチャンバ50内に、放電ガス供給系193から放電ガス供給リング211を介して放電ガスを所定の流量で供給すると共に、酸素ガス供給系192から酸素ガス供給リング198を介して酸素ガスを所定の流量で供給する。酸素ガス供給リング198の各酸素ガス供給ノズル201は、図4に示すように、チャンバ50の中心に向けて開口する。また、ステージヒータ51は平面視においてチャンバ50の略中心に配置されている。したがって、酸素ガス供給リング198はステージヒータ51に載置されたウエハWの上方へ向けて酸素ガスを供給する(酸素ガス供給ステップ)(ステップS103)。

【0122】

次いで、マイクロ波源190からマイクロ波を、導波管215を介して遅波材223に、例えば、TEMモードで導入する。遅波材223に導入されたマイクロ波は、該遅波材223を透過する際にその波長が短縮される。遅波材223を透過したマイクロ波はスロット電極219に入射し、スロット電極219は各スリット組225からチャンバ50内にマイクロ波を導入する。すなわち、スロット電極219は酸素ガスが供給されたチャンバ50内へマイクロ波を導入する(マイクロ波導入ステップ)(ステップS104)。このとき、マイクロ波が印加された酸素ガスは励起して酸素ラジカルを発生する。発生した酸素ラジカルは最表層のSiOBr層が除去されて露出したCF系デポジット層を化学反応によってCO、CO₂やF₂等のガス分子に分解する。これらのガス分子は放電ガス供給リング211から供給された窒素ガスの粘性流に巻き込まれて第3のプロセスユニット排気系67によってチャンバ50から排出される。このとき、酸素ガスをチャンバ50内に供給する時間は10秒前後であるのが好ましく、また、ステージヒータ51の温度は1

10

20

30

40

50

00 ~ 200 のいずれかに設定されるのが好ましい。なお、酸素ガス供給孔 197 から供給される酸素ガスの流量は 1 ~ 5 S L M であるのが好ましい。

【0123】

また、ステップ S 104 において、遅波材 223 及びスリット電極 219 は所望の温度に維持されて熱膨張等の変形を発生しないので、各スリット組 225 のスリット 224 は最適な長さを維持することができ、これにより、マイクロ波は、均一に（部分的集中なしに）且つ所望の密度で（密度の低下なしに）チャンバ 50 内に導入される。

【0124】

次いで、トレンチの側面のデポジット膜において C F 系デポジット層が除去されて最下層の S i O B r 層が露出したウエハ W を第 2 のプロセスユニット 34 のチャンバ 38 に収容し、上述したステップ S 101 と同様の処理を該ウエハ W に施し（ステップ S 105）、さらに、該ウエハ W を第 3 のプロセスユニット 36 のチャンバ 50 内のステージヒータ 51 上に載置し、上述したステップ S 102 と同様の処理を該ウエハ W に施す（ステップ S 106）。これにより、最下層の S i O B r 層を除去し、その後、本処理を終了する。

【0125】

なお、上述したステップ S 103 及び S 104 が有機物層除去処理に該当する。

【0126】

上述した本実施の形態に係る基板処理装置によれば、第 3 のプロセスユニット 36 はチャンバ 50 内に酸素ガスを供給する酸素ガス供給系 192 及び酸素ガス供給リング 198 と、チャンバ 50 内にマイクロ波を導入するアンテナ装置 191 とを備える。最表層の S i O B r 層で覆われた C F 系デポジット層がトレンチの側面に形成されたウエハ W において、アンモニアガス及び弗化水素ガスとの化学反応によって S i O B r 層から生成された生成物が加熱されると、該生成物は気化して C F 系デポジット層が露出する。また、酸素ガスが供給されたチャンバ 50 内にマイクロ波が導入されると、酸素ガスが励起されて酸素ラジカルが発生する。露出した有機物層は発生した酸素ラジカルに暴露され、該酸素ラジカルは C F 系デポジット層を化学反応によって C O、C O₂ や F₂ 等のガス分子に分解する。したがって、最表層の S i O B r 層に続けて C F 系デポジット層を連続的に除去することができ、もって、S i O B r 層及び C F 系デポジット層を効率良く除去することができる。

【0127】

上述した本実施の形態に係る基板処理装置は、図 1 に示すような互いに平行に配されたプロセスシップを 2 つ備えるパラレルタイプの基板処理装置に限られず、図 11 や図 12 に示すように、ウエハ W に所定の処理を施す真空処理室としての複数のプロセスユニットが放射状に配置された基板処理装置も該当する。

【0128】

図 11 は、上述した本実施の形態に係る基板処理装置の第 1 の変形例の概略構成を示す平面図である。なお、図 11 においては、図 1 の基板処理装置 10 における構成要素と同様の構成要素には同じ符号を付し、その説明を省略する。

【0129】

図 11 において、基板処理装置 137 は、平面視六角形のトランスファユニット 138 と、該トランスファユニット 138 の周囲において放射状に配置された 4 つのプロセスユニット 139 ~ 142 と、ローダーユニット 13 と、トランスファユニット 138 及びローダーユニット 13 の間に配置され、トランスファユニット 138 及びローダーユニット 13 を連結する 2 つのロード・ロックユニット 143, 144 とを備える。

【0130】

トランスファユニット 138 及び各プロセスユニット 139 ~ 142 は内部の圧力が真空に維持され、トランスファユニット 138 と各プロセスユニット 139 ~ 142 とは、それぞれ真空ゲートバルブ 145 ~ 148 を介して接続される。

【0131】

基板処理装置 137 では、ローダーユニット 13 の内部圧力が大気圧に維持される一方

10

20

30

40

50

、トランスファユニット138の内部圧力は真空中に維持される。そのため、各ロード・ロックユニット143, 144は、それぞれトランスファユニット138との連結部に真空ゲートバルブ149, 150を備えると共に、ローダーユニット13との連結部に大気ドアバルブ151, 152を備えることによって、その内部圧力を調整可能な真空予備搬送室として構成される。また、各ロード・ロックユニット143, 144はローダーユニット13及びトランスファユニット138の間において受渡されるウエハWを一時的に載置するためのウエハ載置台153, 154を有する。

【0132】

トランスファユニット138はその内部に配置された屈伸及び旋回自在になされたフロッグレグタイプの搬送アーム155を有し、該搬送アーム155は、各プロセスユニット139~142や各ロード・ロックユニット143, 144の間においてウエハWを搬送する。

10

【0133】

各プロセスユニット139~142は、それぞれ処理が施されるウエハWを載置する載置台156~159を有する。ここで、プロセスユニット139, 140は基板処理装置10における第1のプロセスユニット25と同様の構成を有し、プロセスユニット141は第2のプロセスユニット34と同様の構成を有し、プロセスユニット142は第3のプロセスユニット36と同様の構成を有する。したがって、プロセスユニット139, 140はウエハWにエッチング処理を施し、プロセスユニット141はウエハWにCOR処理を施し、プロセスユニット142はウエハWにPHT処理及び有機物層除去処理を施すことができる。

20

【0134】

基板処理装置137では、トレンチの側面にSiOBr層、CF系デポジット層及びSiOBr層からなるデポジット膜が形成されたウエハWを、プロセスユニット141に搬入してCOR処理を施し、さらにプロセスユニット142に搬入してPHT処理及び有機物層除去処理を施すことにより、上述した本実施の形態に係る基板処理方法を実行する。

【0135】

なお、基板処理装置137における各構成要素の動作は、基板処理装置10におけるシステムコントローラと同様の構成を有するシステムコントローラによって制御される。

【0136】

図12は、上述した本実施の形態に係る基板処理装置の第2の変形例の概略構成を示す平面図である。なお、図12においては、図1の基板処理装置10及び図11の基板処理装置137における構成要素と同様の構成要素には同じ符号を付し、その説明を省略する。

30

【0137】

図12において、基板処理装置160は、図11の基板処理装置137に対して、2つのプロセスユニット161, 162が追加され、これに対応して、トランスファユニット163の形状も基板処理装置137におけるトランスファユニット138の形状と異なる。追加された2つのプロセスユニット161, 162は、それぞれ真空ゲートバルブ164, 165を介してトランスファユニット163と接続されると共に、ウエハWの載置台166, 167を有する。プロセスユニット161は第1のプロセスユニット25と同様の構成を有し、プロセスユニット162は第2のプロセスユニット34と同様の構成を有する。

40

【0138】

また、トランスファユニット163は、2つのスカラアームタイプの搬送アームからなる搬送アームユニット168を備える。該搬送アームユニット168は、トランスファユニット163内に配設されたガイドレール169に沿って移動し、各プロセスユニット139~142, 161, 162や各ロード・ロックユニット143, 144の間においてウエハWを搬送する。

【0139】

50

基板処理装置160では、基板処理装置137と同様に、トレンチの側面にSiOBr層、CF系デポジット層及びSiOBr層からなるデポジット膜が形成されたウエハWを、プロセスユニット141又はプロセスユニット162に搬入してCOR処理を施し、さらにプロセスユニット142に搬入してPHT処理及び有機物層除去処理を施すことにより、上述した本実施の形態に係る基板処理方法を実行する。

【0140】

なお、基板処理装置160における各構成要素の動作も、基板処理装置10におけるシステムコントローラと同様の構成を有するシステムコントローラによって制御される。

【0141】

本発明の目的は、上述した本実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、EC89に供給し、EC89のコンピュータ(またはCPUやMPU等)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行することによっても達成される。

【0142】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述した本実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコード及び該プログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【0143】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フロッピー(登録商標)ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW等の光ディスク、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM等を用いることができる。または、プログラムコードをネットワークを介してダウンロードしてもよい。

【0144】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上記本実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS(オペレーティングシステム)等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって上述した本実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0145】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その拡張機能を拡張ボードや拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した本実施の形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0146】

上記プログラムコードの形態は、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラムコード、OSに供給されるスクリプトデータ等の形態から成ってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0147】

【図1】本発明の実施の形態に係る基板処理装置の概略構成を示す平面図である。

【図2】図1における第2のプロセスユニットの断面図であり、(A)は図1における線II-IIに沿う断面図であり、(B)は図2(A)におけるA部の拡大図である。

【図3】図1における第3のプロセスユニットの断面図である。

【図4】図3における酸素ガス供給リングの概略構成を示す平面図である。

【図5】図3におけるスロット電極の概略構成を示す平面図である。

【図6】図5のスロット電極の変形例を示す平面図であり、(A)は第1の変形例を示す図であり、(B)は第2の変形例を示す図であり、(C)は第3の変形例を示す図である。

。

【図7】図1における第2のプロセスシップの概略構成を示す斜視図である。

【図8】図7における第2のロード・ロックユニットのユニット駆動用ドライエア供給系

10

20

30

40

50

の概略構成を示す図である。

【図9】図1の基板処理装置におけるシステムコントローラの概略構成を示す図である。

【図10】本実施の形態に係る基板処理方法としてのデポジット膜除去処理のフローチャートである。

【図11】本実施の形態に係る基板処理装置の第1の変形例の概略構成を示す平面図である。

【図12】本実施の形態に係る基板処理装置の第2の変形例の概略構成を示す平面図である。

【図13】SiOBr層、CF系デポジット層及びSiOBr層からなるデポジット膜を示す断面図である。

10

【符号の説明】

【0148】

W ウエハ

10, 137, 160 基板処理装置

11 第1のプロセスシップ

12 第2のプロセスシップ

13 ローダーユニット

17 第1のIMS

18 第2のIMS

25 第1のプロセスユニット

20

34 第2のプロセスユニット

36 第3のプロセスユニット

37 第2の搬送アーム

38, 50, 70 チャンバ

39 ESC

40 シャワーヘッド

41 TMP

42, 69 APCバルブ

45 第1のバッファ室

46 第2のバッファ室

30

47, 48 ガス通気孔

49 第2のロード・ロック室

51 ステージヒータ

57 アンモニアガス供給管

58 弗化水素ガス供給管

59, 66, 72 圧力ゲージ

61 第2のプロセスユニット排気系

71 窒素ガス供給管

67 第3のプロセスユニット排気系

73 第2のロード・ロックユニット排気系

40

74 大気連通管

89 EC

90, 91, 92 MC

93 スイッチングハブ

95 GHOSTネットワーク

97, 98, 99 I/Oモジュール

100 I/O部

138, 163 トランスファユニット

139, 140, 141, 142, 161, 162 プロセスユニット

170 LAN

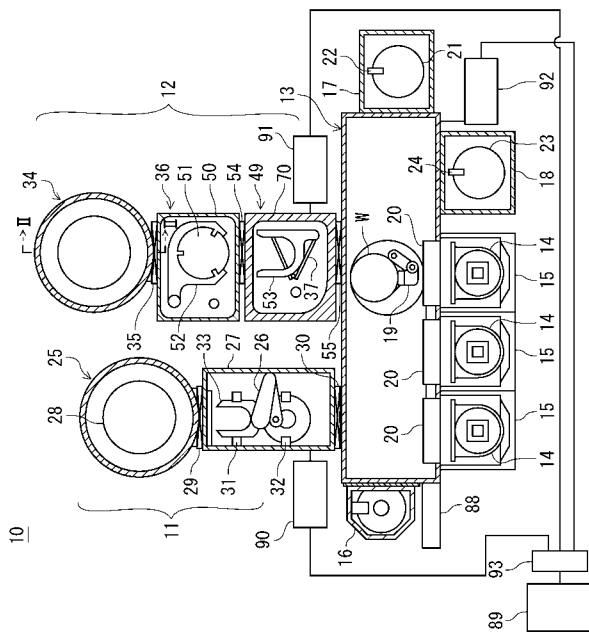
50

- 171 PC
- 180 トレンチ
- 181 デポジット膜
- 182, 184 SiOBr層
- 183 CF系デポジット層
- 190 マイクロ波源
- 191 アンテナ装置
- 192 酸素ガス供給系
- 193 放電ガス供給系
- 198 酸素ガス供給リング
- 206, 214 真空ポンプ
- 211 放電ガス供給リング
- 217 温調板
- 218 収納部材
- 219, 226, 227, 228 スロット電極
- 220 誘電板
- 221 電磁波吸収体
- 222 温度制御装置
- 223 遅波材
- 224, 224a, 224b スリット
- 225 スリット組

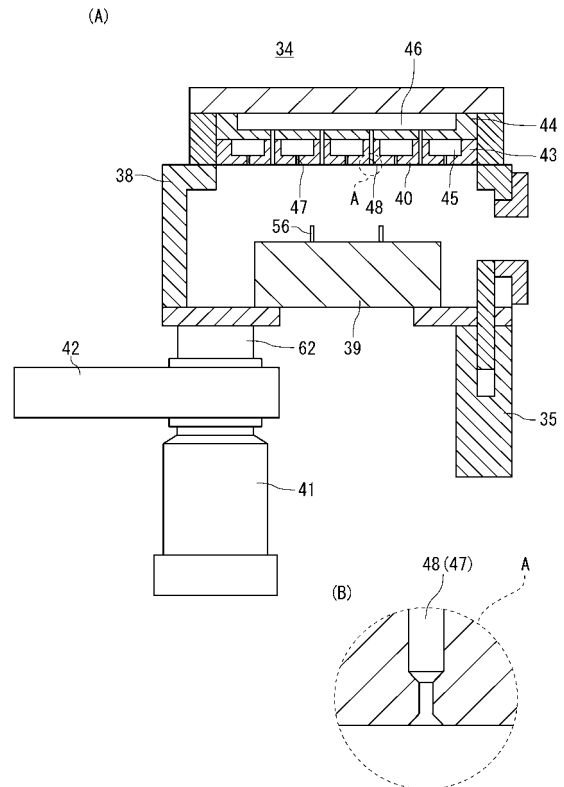
10

20

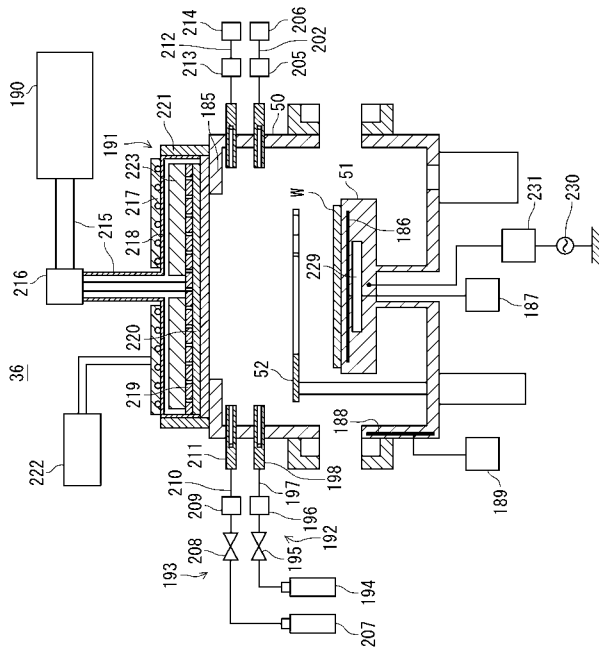
【図1】



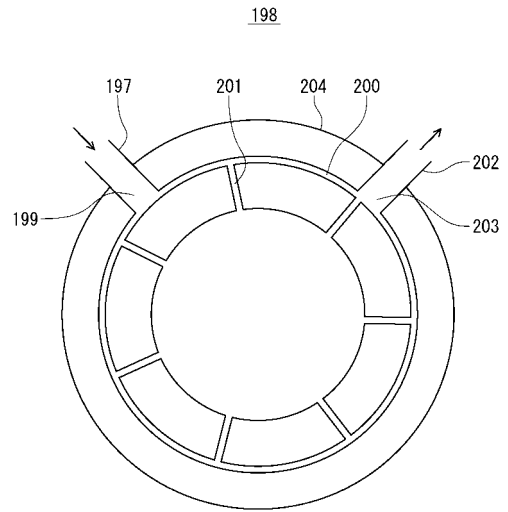
【図2】



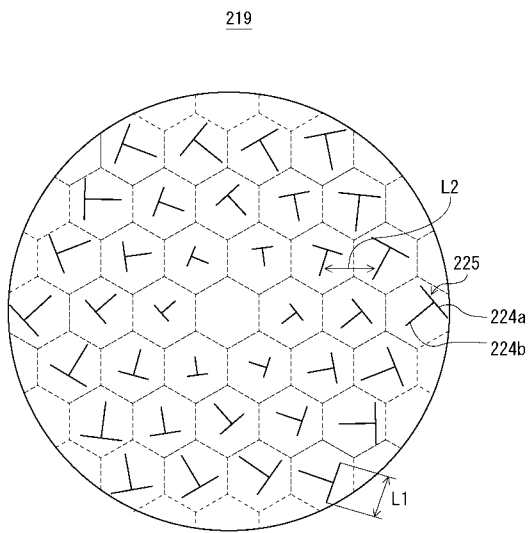
【 図 3 】



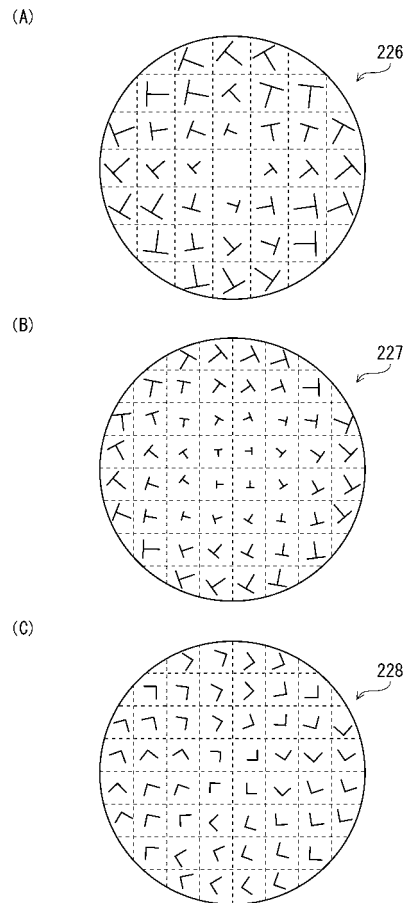
【 図 4 】



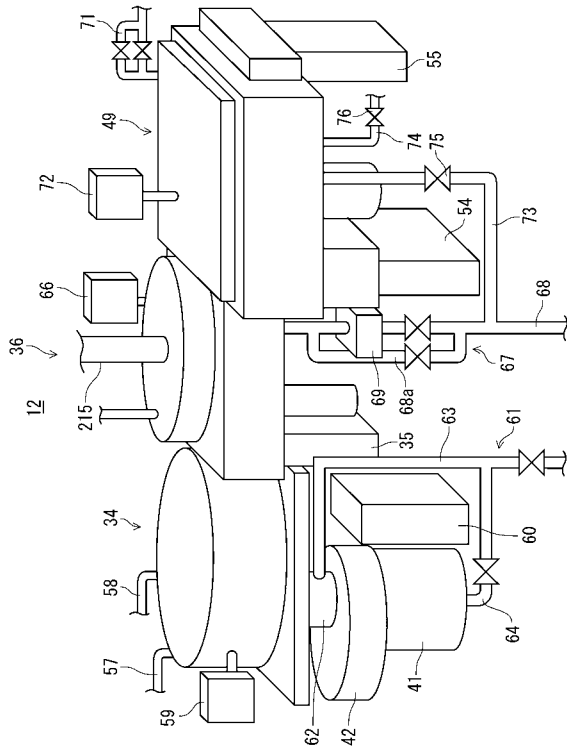
【 図 5 】



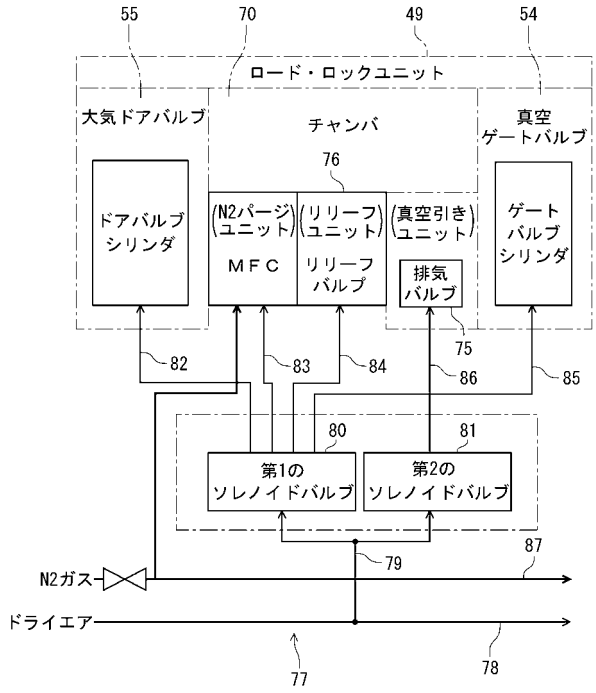
【 図 6 】



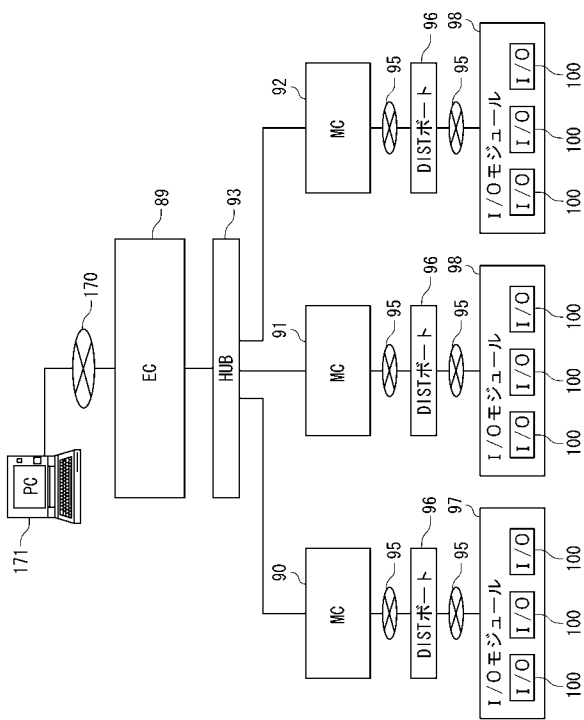
【図7】



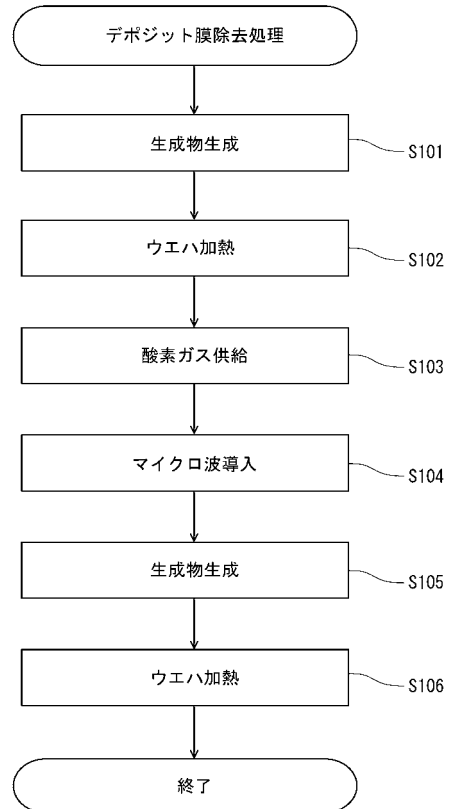
【図8】



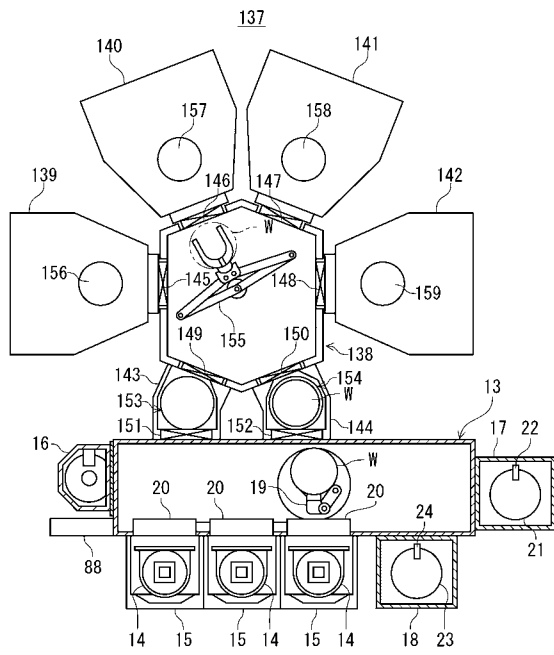
【図9】



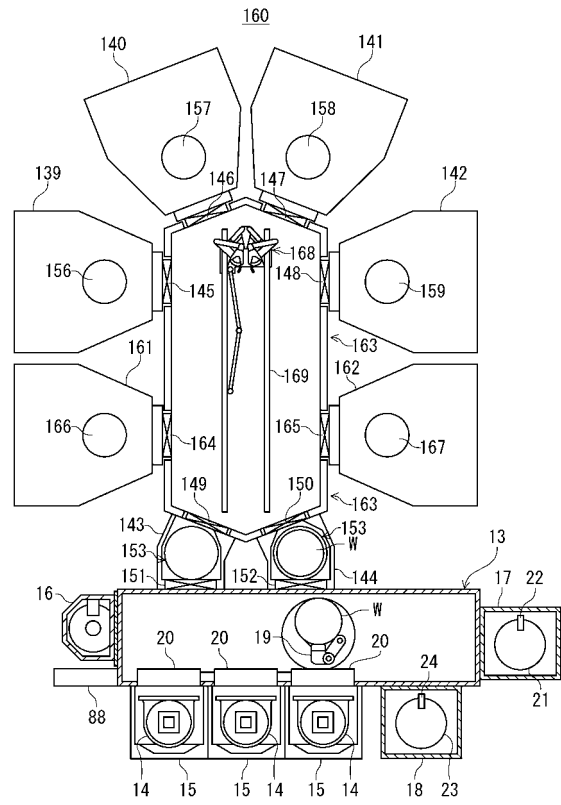
【図10】



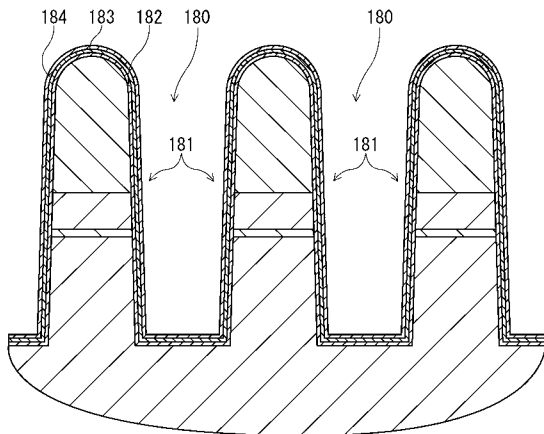
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 西村 栄一
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 菊地 貴倫
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 宮崎 園子

- (56)参考文献 国際公開第2005/062336(WO, A1)
特開2000-091308(JP, A)
特開2001-223171(JP, A)
特開平06-097123(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/3065