

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-190787
(P2006-190787A)

(43) 公開日 平成18年7月20日(2006.7.20)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/31 (2006.01)	H01L 21/31 B	4K030
C23C 16/455 (2006.01)	C23C 16/455	5F045

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-974 (P2005-974)</p> <p>(22) 出願日 平成17年1月5日 (2005.1.5)</p>	<p>(71) 出願人 000001122 株式会社日立国際電気 東京都千代田区外神田四丁目14番1号</p> <p>(74) 代理人 100090136 弁理士 油井 透</p> <p>(74) 代理人 100091362 弁理士 阿仁屋 節雄</p> <p>(74) 代理人 100105256 弁理士 清野 仁</p> <p>(72) 発明者 高石 賢治 東京都中野区東中野三丁目14番20号 株式会社日立国際電気内</p> <p>Fターム(参考) 4K030 AA14 BA42 BA43 BA44 EA03 KA24 5F045 AA03 AB31 AB32 AC11 AD08 AD09 DP19 DQ05 EE19</p>
--	--

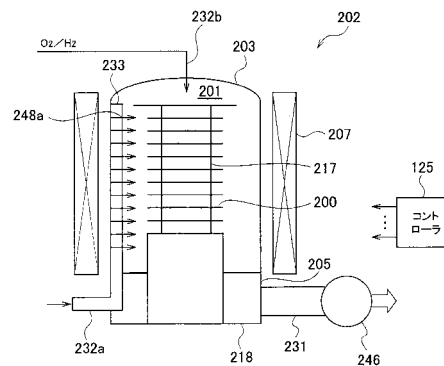
(54) 【発明の名称】 基板処理装置及び半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 酸素を含む高品質な薄膜の形成が可能で、水分発生器やオゾン発生器を必要とせず、低コスト化を実現する。

【解決手段】 処理室201と、処理室内を加熱するヒータ207と、第1の原料ガスを供給する第1のガス供給配管232aと、O含有ガスとH含有ガスとを含むガスを供給する第2のガス供給配管232bと、処理室201内の雰囲気気を排気する排気配管231と、処理室内のウェハ200に対してSi系ガスと酸化性ガスを互いに混合することなく交互に供給するよう制御する制御手段121とを備える。制御手段121により、処理室201内のウェハ200に対してSi系ガスを供給して第1の原料をウェハ上に吸着させ、酸化性ガスを供給してラジカルとOHラジカルを発生させ、これらのラジカルにより、第1の原料が吸着したウェハ表面で酸化反応を行わせ、ウェハ200上に酸化膜を形成するようにする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を収容する処理室と、
 前記基板および処理室内を加熱する加熱手段と、
 前記第 1 の原料ガスを前記処理室へ供給する第 1 のガス供給手段と、
 前記第 1 の原料ガスとは異なる O 含有ガスと H 含有ガスとを含む第 2 の原料ガスを前記
 処理室へ供給する第 2 のガス供給手段と、
 前記処理室内の雰囲気を排気する排気手段と、
 処理室内の基板に対して第 1 の原料ガスと前記第 2 の原料ガスとを互いに混合すること
 なく交互に供給するよう制御する制御手段とを備えて、
 前記処理室内の基板に対して第 1 の原料ガスを供給して第 1 の原料を基板上に吸着させ
 、第 2 の原料ガスを供給して O ラジカルと OH ラジカルを発生させ、前記ラジカルにより
 、前記第 1 の原料が吸着した基板表面で表面反応を行わせ、基板上に酸化膜を形成するよ
 うにしたことを特徴とする基板処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、第 1 の原料ガスと第 2 の原料ガスとを交互に供給することにより基板上に薄
 膜を形成する基板処理装置に関するものである。

【背景技術】

20

【0002】

図 3 に、半導体デバイスである MOSFET 構造を示す。基板 10 上に成長したエピタ
 キシャル層 11 に素子分離層 12 を設けることにより区画形成したトランジスタ領域に埋
 込み層 13 を設け、その上に歪チャンネル層 17 が形成される。歪チャンネル層 17 には
 、ソース領域 (n^+ 領域) 15 及びドレイン領域 (n^+ 領域) 16、及びソース領域 15 と
 ドレイン領域 16 とに挟まれたゲート領域を形成する。ゲート領域の上にゲート絶縁膜 1
 8、ゲート電極 19、ゲート電極 20 が積層され、その外側がオフセットスペーサ 21 を
 介してスペーサ 22 で覆われている (これらの部分をゲート部という)。ソース領域 15
 上にはコンタクト 23 を介してコンタクトプラグ (W) 24 及びメタル配線層 (Cu) 2
 5 が設けられる。ドレイン領域 16 上にもコンタクト 26 を介してコンタクトプラグ 27
 及びメタル配線層 28 が設けられる。なお、符号 30 は層間絶縁膜である。

30

【0003】

上述した MOSFET は微細化により、ゲート絶縁膜 18、あるいはゲート部のオフセ
 ットスペーサ 21 及びスペーサ 22 (以下、スペーサ部分という) の薄膜化や、成膜時の
 低温化が進んでいる。ゲート絶縁膜やスペーサ部分は酸素を含む薄膜で構成される。例え
 ば、ゲート絶縁膜は高誘電体膜 (High-k 膜) となる HfO_2 膜や ZrO_2 膜で形成さ
 れ、スペーサ部分は SiO_2 膜で形成されることが多い。

薄膜化及び低温化に対応するために、ゲート絶縁膜やスペーサ部分を原子層成長と呼ば
 れる ALD (Atomic Layer Deposition) により成膜することが検討されている。ALD
 とは、複数種類、例えば 2 種類の原料を交互に供給し、原子層を 1 層ずつ増やして薄膜を
 成長させる成膜方法である。

40

【0004】

ALD は、原料供給サイクル内で各原料の供給が十分であれば基板表面の形状に関係無
 く原料供給のサイクル毎に一定した厚さの膜が形成され、膜の成長速度は時間ではなく、
 原料供給サイクルの数に比例するだけであって、原料供給量などの工程条件に敏感ではな
 いため薄い膜の厚みを精密に制御することができる。

【0005】

ALD の特長は、

(1) 非常に薄い膜の形成ができる。

(2) 基板の面積が広くても均一した厚さの膜を形成することができ、300mm ウェ 50

八にも適用できる。

(3) 基板の凸凹に関係無く一定した厚さの膜形成ができるため段差被覆性に優れている。

(4) 形成されている膜にはピンホールがない。

(5) 粉末のような物質にも均一した厚さの膜を形成することができる。

【0006】

このALDを用いて、酸素を含む薄膜を成膜する場合、2種類の原料ガスのうち一方の原料ガスに膜原料ガスを用い、他方の原料ガスに酸化性ガスを使用する。例えば、シリコン酸化膜(SiO_2)を形成する場合は、シリコンを含むSi系ガスと酸化性ガスとの2種類のガスを用いて、原子層を1層ずつ増やして薄膜を成長させ、 SiO_2 膜を成膜させる。なお、酸素を含む薄膜には、その他に、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 Y_2O_3 、 La_2O_3 等がある。

10

【0007】

上記酸化性ガスには、 H_2O (水)や O_3 (オゾン)が多く用いられ、一般的には H_2O (水)が良く使用される。 H_2O (水)は、直接、水分を直接供給する方法と、水分を直接供給しない方法の2種類がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ALDでは、専ら水分を直接供給するやり方が用いられるが、この場合、水分の純度が低く、形成される薄膜の品質に問題があり、良質な膜生成が困難であった。なお、水分を直接供給しない場合は、水分発生器が必要となりコスト高になってしまう。さらに、 O_3 を用いる場合も、オゾン発生器が大掛かりになるという問題点があった。

20

本発明の課題は、上述した従来技術の問題点を解消して、酸素を含む高品質な膜形成が可能で、水分発生器やオゾン発生器を必要とせず、低コスト化を実現することが可能な基板処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の発明は、基板を収容する処理室と、前記基板および処理室内を加熱する加熱手段と、前記第1の原料ガスを前記処理室へ供給する第1のガス供給手段と、前記第1の原料ガスとは異なるO含有ガスとH含有ガスとを含む第2の原料ガスを前記処理室へ供給する第2のガス供給手段と、前記処理室内の雰囲気を排気する排気手段と、処理室内の基板に対して第1の原料ガスと前記第2の原料ガスとを互いに混合することなく交互に供給するよう制御する制御手段とを備えて、前記処理室内の基板に対して第1の原料ガスを供給して第1の原料を基板上に吸着させ、第2の原料ガスを供給してOラジカルとOHラジカルを発生させ、前記ラジカルにより、前記第1の原料が吸着した基板表面で表面反応を行わせ、基板上に酸化膜を形成するようにしたことを特徴とする基板処理装置である。

30

制御手段により処理室内に交互に供給する第1の原料ガスと第2の原料ガスのうち、第2の原料ガスにO含有ガス(酸化性ガス)とH含有ガス(還元性ガス)とを含むガスを用いて、処理室内でOラジカルとOHラジカルを発生させ、第1の原料が吸着した基板表面で表面反応を行わせるようにしたので、簡単な構造でありながら、水分を酸化性ガスとして使用するときのような純度の悪化を解決し、また水分発生器やオゾン発生器を必要とせず、低コスト化を実現することができる。

40

【0010】

第2の発明は、処理室内の基板に対して第1の原料ガスを供給して基板上に第1の原料を吸着させる工程と、その後処理室内のパーズを行う工程と、前記パーズ後、処理室内の基板上に吸着させた第1の原料に対して、前記第1の原料ガスとは異なるO含有ガスとH含有ガスとを含む第2の原料ガスを供給して、OラジカルとOHラジカルを発生させ、前記ラジカルにより、前記第1の原料が吸着した基板表面で表面反応を行わせ、基板上に酸化膜を形成する工程と、その後処理室内のパーズを行う工程と、を複数回繰り返す半導体

50

デバイスの製造方法である。

第2の原料ガスにO含有ガスとH含有ガスとを含むガスを用いて、処理室内でOラジカルとOHラジカルを発生させることにより、第1の原料が吸着した基板表面で表面反応を行わせるようにしたので、簡単な方法でありながら、水分を酸化性ガスとして使用するときのような純度の悪化を解決し、また水分発生器やオゾン発生器を必要とせず、低コスト化を実現することができる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、酸素を含む高品質な膜形成が可能で、水分発生器やオゾン発生器を必要とせず、低コスト化を実現することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下に本発明の実施の形態について説明する。

【0013】

図4、図5において本発明が適用される基板処理装置の一例である半導体製造装置についての概略を説明する。

【0014】

筐体101内部の前面側には、図示しない外部搬送装置との間で基板収納容器としてのカセット100の授受を行う保持具授受部材としてのカセットステージ105が設けられ、該カセットステージ105の後側には昇降手段としてのカセットエレベータ115が設けられ、該カセットエレベータ115には搬送手段としてのカセット移載機114が取り付けられている。又、前記カセットエレベータ115の後側には、前記カセット100の載置手段としてのカセット棚109が設けられると共に前記カセットステージ105の上方にも予備カセット棚110が設けられている。前記予備カセット棚110の上方にはクリーンユニット118が設けられクリーンエアを前記筐体101の内部を流通させるように構成されている。

20

【0015】

前記筐体101の後部上方には、処理炉202が設けられ、該処理炉202の下方には基板としてのウェハ200を水平姿勢で多段に保持する基板保持手段としてのポート217を該処理炉202に昇降させる昇降手段としてのポートエレベータ121が設けられ、該ポートエレベータ121に取りつけられた昇降部材122の先端部には蓋体としてのシールキャップ219が取り付けられ該ポート217を垂直に支持している。前記ポートエレベータ121と前記カセット棚109の間には昇降手段としての移載エレベータ113が設けられ、該移載エレベータ113には搬送手段としてのウェハ移載機112が取り付けられている。又、前記ポートエレベータ121の横には、開閉機構を持ち前記処理炉202の下面を塞ぐ遮蔽部材としての炉口シャッタ116が設けられている。

30

【0016】

前記ウェハ200が装填された前記カセット100は、図示しない外部搬送装置から前記カセットステージ105に該ウェハ200が上向き姿勢で搬入され、該ウェハ200が水平姿勢となるよう該カセットステージ105で90°回転させられる。更に、前記カセット100は、前記カセットエレベータ115の昇降動作、横行動作及び前記カセット移載機114の進退動作、回転動作の協働により前記カセットステージ105から前記カセット棚109又は前記予備カセット棚110に搬送される。

40

【0017】

前記カセット棚109には前記ウェハ移載機112の搬送対象となる前記カセット100が収納される移載棚123があり、前記ウェハ200が移載に供される該カセット100は前記カセットエレベータ115、前記カセット移載機114により該移載棚123に移載される。

【0018】

前記カセット100が前記移載棚123に移載されると、前記ウェハ移載機112の進

50

退動作、回転動作及び前記移載エレベータ 1 1 3 の昇降動作の協働により該移載棚 1 2 3 から降下状態の前記ポート 2 1 7 に前記ウェハ 2 0 0 を移載する。

【 0 0 1 9 】

前記ポート 2 1 7 に所定枚数の前記ウェハ 2 0 0 が移載されると前記ポートエレベータ 1 2 1 により該ポート 2 1 7 が前記処理炉 2 0 2 に挿入され、前記シールキャップ 2 1 9 により前記処理炉 2 0 2 が気密に閉塞される。気密に閉塞された前記処理炉 2 0 2 内では前記ウェハ 2 0 0 が加熱されると共に処理ガスが該処理炉 2 0 2 内に供給され、前記ウェハ 2 0 0 に処理がなされる。

【 0 0 2 0 】

前記ウェハ 2 0 0 への処理が完了すると、該ウェハ 2 0 0 は上記した作動の逆の手順により、前記ポート 2 1 7 から前記移載棚 1 2 3 の前記カセット 1 0 0 に移載され、該カセット 1 0 0 は前記カセット移載機 1 1 4 により該移載棚 1 2 3 から前記カセットステージ 1 0 5 に移載され、図示しない外部搬送装置により前記筐体 1 0 1 の外部に搬出される。尚、前記炉口シャッタ 1 1 6 は、前記ポート 2 1 7 が降下状態の際に前記処理炉 2 0 2 の下面を塞ぎ、外気が該処理炉 2 0 2 内に巻き込まれるのを防止している。

10

【 0 0 2 1 】

前記カセット移載機 1 1 4 等の搬送動作は、搬送制御手段 1 2 4 により制御される。

【 0 0 2 2 】

次に図 1 を用いて、実施の形態による縦型 A L D 装置の処理炉 2 0 2 の概略について説明する。

20

加熱手段としてのヒータ 2 0 7 の内側に、ウェハ 2 0 0 を収容する処理室 2 0 1 を構成する反応管 2 0 3 が設けられる。反応管 2 0 3 は炉口フランジ 2 0 5 によって支持される。炉口フランジ 2 0 5 の下端開口はシールキャップ 2 1 8 により気密に閉塞され、シールキャップ 2 1 8 上にポート 2 1 7 が立設されて反応管 2 0 3 内に挿入される。ポート 2 1 7 にはバッチ処理される複数のウェハ 2 0 0 が水平姿勢で管軸方向に多段に積載される。前記ヒータ 2 0 7 は反応管 2 0 3 内のウェハ 2 0 0 を所定の温度に加熱する。

【 0 0 2 3 】

反応管 2 0 3 に、第 1 及び第 2 の原料ガスを反応管 2 0 3 内に供給する供給手段としての 2 本のガス供給配管 2 3 2 a、2 3 2 b が設けられる。第 1 の原料ガスを供給する第 1 のガス供給配管 2 3 2 a は、反応管 2 0 3 を支持する炉口フランジ 2 0 5 に接続されている。また、第 2 の原料ガスとは異なる O 含有ガスと H 含有ガスとを含む第 1 の原料ガスを供給する第 2 のガス供給配管 2 3 2 b は、反応管 2 0 3 の頂部に接続されている。炉口フランジ 2 0 5 の第 1 のガス供給配管 2 3 2 a とは反対側に、処理室 2 0 1 を排気する排気手段としての排気配管 2 3 1 が設けられ、排気配管 2 3 1 には真空ポンプ 2 4 6 が設けられ、処理室 2 0 1 内を真空排気するようになっている。

30

【 0 0 2 4 】

第 1 のガス供給配管 2 3 2 a は、反応管 2 0 3 内においてポート 2 1 7 に沿って立設されたノズル 2 3 3 に連結される。このノズル 2 3 3 には、多段に積載された多数枚の各ウェハ 2 0 0 と対向するように多数の出口穴 2 4 8 a がノズル軸方向に沿って設けられる。

【 0 0 2 5 】

出口穴 2 4 8 a は、ガス上流のウェハ 2 0 0 からガス下流のウェハ 2 0 0 まで第 2 の原料ガスを均一に供給するために、ガス上流の出口穴径を小さくし、ガス下流の出口穴径を大きくすることによりコンダクタンスを変化させて、上流でも下流でも均等にガスが吹き出す構造とするとよい。

40

【 0 0 2 6 】

また、上述した 2 種類の原料ガスの供給方法、及びウェハ 2 0 0 の成膜温度を制御する制御手段としてのコントローラ 1 2 5 が設けられる。コントローラ 1 2 5 は、2 種類のガスを一種類ずつ交互に繰り返し流すように、第 1 のガス供給配管 2 3 2 a 及び第 2 のガス供給配管 2 3 2 b に設けたバルブ（図示せず）を制御するガス供給制御手段と、ヒータ加熱によるウェハ温度が成膜温度となるようにヒータ 2 0 7 を制御する温度制御手段とを内

50

部に有している。

【0027】

次に上述した縦型ALD装置の処理炉202を用いて成膜する方法を、図2を用いて説明する。膜はSiO₂を形成する。第1の原料ガスにDCS(SiH₂Cl₂:ジクロルシラン)を用い、第2の原料ガスに酸素(O₂:酸化性ガス)及び水素(H₂:還元性ガス)を用いる。

【0028】

成膜しようとするウェハ200をポート217に装填し、反応管203内(以下、単に炉内ともいう)に搬入する。次にウェハ上にSiO₂膜の成膜を行なう。このときの炉内温度は、下地膜と密着性がよく界面の欠陥の少ない膜が形成される温度、例えば450~600である。この成膜には、DCSとO₂及びH₂とを交互に流して1原子層ずつ膜を形成するALDを用いる。

10

【0029】

まず第1のガス供給配管232aから処理室201内にDCSを供給しつつ排気配管231から排気する。DCSは上記炉内温度で反応する。このとき、炉内圧力は比較的低い圧力13Pa(0.1Torr)~1333Pa(10Torr)に維持しつつ、DCSを10sccm~300slm、0.1秒~60秒間供給する。処理室201内に供給される原料ガスはDCSだけなので、DCSは気相反応を起こすことなく、ウェハ200上の下地膜と表面反応して、下地膜にSi原子が吸着する。

【0030】

Si原子を吸着させた後、例えば第1のガス供給配管232aから処理室201内をN₂パージして第1のガス供給配管232a及び処理室201内の残留ガスを排気する。このときのパージN₂ガス流量は10sccm~100slm、パージ時間は0.1秒~60秒間である。

20

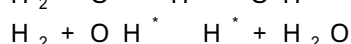
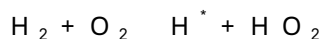
【0031】

つぎに第2のガス供給配管232bから酸素及び水素を処理室210内に供給する。O₂及びH₂の供給により、後述するように酸素活性種O^{*}を発生させ、この酸素活性種と下地膜上のSi原子とを表面反応させて、SiO₂膜を成膜させる。

【0032】

H₂とO₂を使用すると、H₂は、500~600でO₂と反応を開始する。このとき処理室内では下記反応が起こっていると考えられる。

30



O^{*}(酸素活性種)、OH^{*}(水酸基活性種)

【0033】

よって、O₂及びH₂の供給時の炉内温度は500以上とする。また、O^{*}(酸素活性種)は炉内圧力が266Pa(2Torr)以下の低圧力下であると、活性種の寿命が伸びる。したがって、ウェハ面内、ウェハ面間の薄膜均一性向上のために、このときの炉内圧力は266Pa以下とする。

40

また、このとき流すH₂流量は10sccm~30slm、O₂流量は10sccm~30slm、H₂/O₂ガス供給時間は0.1~60秒間である。

【0034】

SiO₂膜を形成させた後、処理室201内をN₂パージして処理室201内の残留ガスを排気する。このときのパージN₂ガス流量は10sccm~100slm、パージ時間は0.1秒~60秒間である。

【0035】

上述したDCSと酸素及び水素とを交互に流す工程を1サイクルとする。このサイクルを繰り返すことにより、所定厚のSiO₂膜が形成される。

50

これらのサイクル制御はコントローラ 125 によって行われる。

【0036】

上述したように、本実施の形態によれば、DCSを用いてALDによりSiO₂膜を形成するために、Si原子とO₂原子とを1層ずつ増やしてSiO₂を堆積させる。この場合、減圧下の炉内にO₂とH₂を導入し、酸素活性種O^{*}を発生させるようにしている。したがって、純度の低い水分を用いる場合と比べて、高品質な酸素活性種が得られ、高品質な膜生成を実現でき、半導体素子の性能を向上でき生産性を高めることができる。また、炉内温度をH₂がO₂と反応を開始する500~600 としておけば、O₂及びH₂を処理室内に供給するだけで、酸素活性種O^{*}を発生させることができるので、水分発生器もオゾン発生器も必要とせず、一般的に使用されるO₂、H₂といった容易に入手でき且つ安価なガスを使用するので、低コスト化を実現できる。

10

特に本実施の形態によるSiO₂の成膜方法を、MOSFETのスペーサ部分に適用すれば、オフセットスペーサ及びスペーサの成膜の低温化、及びオフセットスペーサ及びスペーサの薄膜化を実現できる。

【0037】

上述した実施の形態では、酸素を含む薄膜としてSiO₂膜を形成する場合について説明した、本発明はこれに限定されない。例えば、HfO₂やZrO₂などについても上述した装置及び方法を用いて適用可能である。

【0038】

ここに、HfO₂、ZrO₂の成膜条件を共通に例示すれば次の通りである。

20

炉内温度：450 ~ 600 (但し、O₂/H₂供給時の炉内温度：50 ~ 600)

炉内圧力：13 Pa (0.1 Torr) ~ 1333 Pa (10 Torr) (但し、O₂/H₂供給時の炉内圧力は266 Pa以下)

HfCl₄/ZrCl₄：10 sccm ~ 300 slm (昇華時のガス流量)

H₂流量：10 sccm ~ 30 slm

O₂流量：10 sccm ~ 30 slm

パーシN₂流量：10 sccm ~ 100 slm

また、1サイクル当り各ガスを流す時間は次の通りである。

HfCl₄/ZrCl₄：0.1秒 ~ 500秒

30

パーシガス(N₂)：0.1秒 ~ 180秒

H₂/O₂：0.1秒 ~ 180秒

パーシガス(N₂)：0.1秒 ~ 120秒

【0039】

このように酸化性ガスとしてO₂及びH₂を用いて酸素活性種O^{*}を発生させ、これをウェハに吸着したHf原子やZr原子と表面反応させることにより、ウェハ上に高品質のHfO₂やZrO₂を堆積させることもできる。特に本実施の形態によるHfO₂やZrO₂の成膜方法を、MOSFETのゲート絶縁膜に適用すれば、ゲート絶縁膜の成膜の低温化、及びゲート絶縁膜の薄膜化を実現できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】実施の形態における縦型ALD装置の処理炉の概略図である。

【図2】実施の形態におけるALDによるH₂/O₂ガスとSi系ガスとのガスフロー図である。

【図3】半導体デバイスであるMOSFET構造の断面図である。

【図4】実施の形態における半導体製造装置の透視斜視図である。

【図5】実施の形態における半導体製造装置の縦断面図である

【符号の説明】

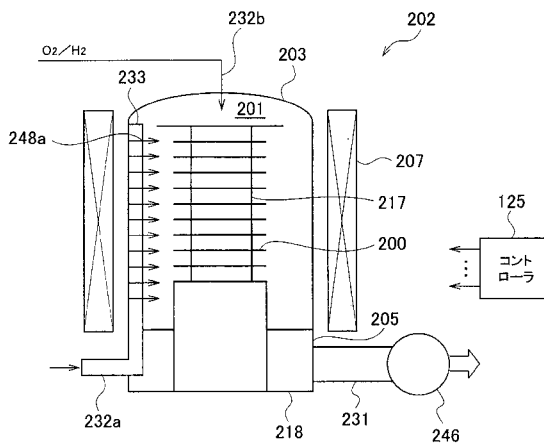
【0041】

200 ウェハ(基板)

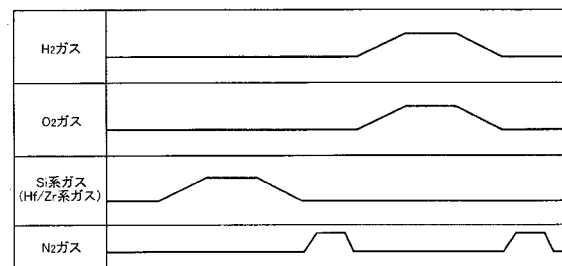
50

- 201 処理室
- 207 ヒータ（加熱手段）
- 232 a 第1のガス供給配管（第1のガス供給手段）
- 232 b 第2のガス供給配管（第2のガス供給手段）
- 231 排気配管（排気手段）
- 125 コントローラ（制御手段）

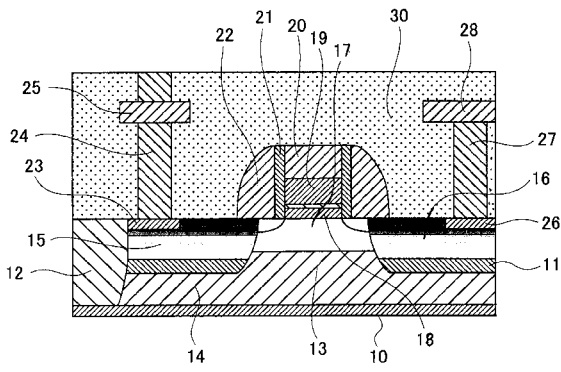
【図1】



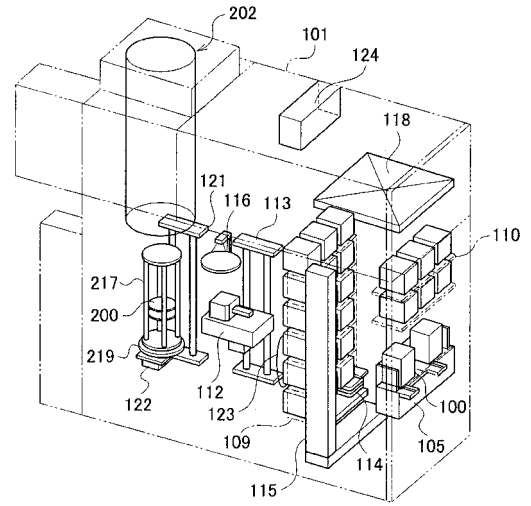
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

