

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6222833号
(P6222833)

(45) 発行日 平成29年11月1日(2017. 11. 1)

(24) 登録日 平成29年10月13日(2017. 10. 13)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/31 (2006. 01)	H O 1 L 21/31 B
H O 1 L 21/316 (2006. 01)	H O 1 L 21/316 X
C 2 3 C 16/40 (2006. 01)	C 2 3 C 16/40

請求項の数 7 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2014-5264 (P2014-5264)	(73) 特許権者	000001122
(22) 出願日	平成26年1月15日 (2014. 1. 15)		株式会社日立国際電気
(65) 公開番号	特開2014-168046 (P2014-168046A)		東京都港区西新橋二丁目15番12号
(43) 公開日	平成26年9月11日 (2014. 9. 11)	(72) 発明者	竹林 雄二
審査請求日	平成28年6月17日 (2016. 6. 17)		富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株
(31) 優先権主張番号	特願2013-16181 (P2013-16181)		式会社日立国際電気内
(32) 優先日	平成25年1月30日 (2013. 1. 30)	(72) 発明者	島田 真一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株
			式会社日立国際電気内
		(72) 発明者	守川 敦史
			富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株
			式会社日立国際電気内
		審査官	桑原 清
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を収容する処理室と、

原料ガスを前記処理室に供給する原料ガス供給系と、

前記処理室に第1の位置で接続され、 O_3 ガスを生成する O_3 生成器であって所定の O_3 ガス生成能力を有する O_3 生成器が設けられた第1の O_3 ガス供給管を介して O_3 ガスを前記処理室に供給する第1の O_3 ガス供給系と、

一端が前記第1の O_3 ガス供給管に前記 O_3 生成器と前記処理室の間で接続され、他端が前記第1の位置とは異なる第2の位置で前記処理室に接続された第2の O_3 ガス供給管を介して前記 O_3 ガスを前記処理室に供給する第2の O_3 ガス供給系であって、前記第2の O_3 ガス供給管には前記 O_3 ガスを溜めるガス溜め部が設けられ、該ガス溜め部を介して前記 O_3 ガスを前記処理室に供給する第2の O_3 ガス供給系と、

前記原料ガス供給系、前記第1の O_3 ガス供給系および前記第2の O_3 ガス供給系を制御して、前記原料ガスを基板が収容された前記処理室に供給しつつ前記ガス溜め部に O_3 ガスを溜める処理と、前記ガス溜め部に溜められた O_3 ガスと O_3 生成器によりリアルタイムに生成された O_3 ガスを同時に前記第1の O_3 ガス供給管および前記第2の O_3 ガス供給管から供給して、前記 O_3 ガス生成能力を超える量の O_3 ガスを前記処理室に供給する処理と、を交互に行うことにより前記基板上に酸化膜を形成するよう構成される制御部と、

を有する基板処理装置。

【請求項 2】

前記第 2 の O_3 ガス供給系は前記第 1 の O_3 ガス供給系および前記第 2 の O_3 ガス供給系を制御して、前記ガス溜め部に設けられた圧力計と、前記 O_3 ガス活性化装置と前記ガス溜め部との間の前記第 2 の O_3 ガス供給管に接続されたベントラインと、を有し、

前記制御部は、前記 O_3 ガスを前記ガス溜め部に溜める際、前記圧力計の値が所定の値となった場合に前記 O_3 ガスの前記ガス溜め部への供給を停止して前記 O_3 ガスを前記ベントラインへ供給するよう構成される請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 3】

前記処理室は複数の基板を積層して収容するよう構成され、

前記原料ガス供給系は、前記原料ガス供給管と接続され、前記処理室内に前記複数の基板の積層方向に沿って延在し、前記処理室に前記原料ガスを噴出する原料ガス噴出孔を有する原料ガスノズルと、

前記第 1 の O_3 ガス供給系は、前記第 1 の O_3 ガス供給管と接続され、前記処理室内に前記複数の基板の積層方向に沿って延在し、前記処理室に前記 O_3 ガスを噴出する第 1 の O_3 ガス噴出孔を有する第 1 の O_3 ガスノズルと、

前記第 2 の O_3 ガス供給系は、前記第 2 の O_3 ガス供給管と接続され、前記処理室内に前記複数の基板の積層方向に沿って延在し、前記処理室に前記 O_3 ガスを噴出する第 2 の O_3 ガス噴出孔を有する第 2 の O_3 ガスノズルと、

を有する請求項 1 もしくは請求項 2 のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項 4】

前記処理室の内壁に、径方向外側に突出して設けられたノズル収容部を有し、

前記原料ガスノズル、前記第 1 の O_3 ガスノズル、前記第 2 の O_3 ガスノズルは前記ノズル収容部に配設される請求項 3 に記載の基板処理装置。

【請求項 5】

一端が前記第 1 の O_3 ガス供給管に前記 O_3 生成器と前記処理室の間に接続され、他端が前記第 1 の位置及び前記第 2 の位置とは異なる第 3 の位置で前記処理室に接続される第 3 の O_3 ガス供給管と、該第 3 の O_3 ガス供給管に設けられた第 2 ガス溜め部と、を有する第 3 の O_3 ガス供給系を有し、

前記制御部は、前記第 1 の O_3 ガス供給系、前記第 2 の O_3 ガス供給系、前記第 3 の O_3 ガス供給系を制御して、前記 O_3 ガスを前記処理室に供給する際は、前記第 1 の O_3 ガス供給管、前記第 2 の O_3 ガス供給管、前記第 3 の O_3 ガス供給管から同時に O_3 ガスを供給するよう構成される請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項 6】

基板が収容された処理室に原料ガスを供給しつつ前記ガス溜め部に O_3 ガスを溜める工程と、

第 1 の位置で前記処理室に接続され、前記 O_3 ガスを生成する O_3 生成器であって所定の O_3 ガス生成能力を有する O_3 生成器が設けられた第 1 の O_3 ガス供給管と、一端が前記第 1 の O_3 ガス供給管に接続され、他端が前記第 1 の位置とは異なる第 2 の位置で前記処理室に接続され、前記 O_3 ガスを溜める前記ガス溜め部が設けられた第 2 の O_3 ガス供給管から、前記ガス溜め部に溜められた O_3 ガスと O_3 生成器によりリアルタイムに生成された O_3 ガスを同時に供給して、前記 O_3 ガス生成能力を超える量の O_3 ガスを前記処理室に供給する工程と、

を交互に行うことにより前記基板上に酸化膜を形成する半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

基板が収容された基板処理装置の処理室に原料ガスを供給しつつ前記ガス溜め部に O_3 ガスを溜める手順と、

第 1 の位置で前記処理室に接続され、前記 O_3 ガスを生成する O_3 生成器であって所定の O_3 ガス生成能力を有する O_3 生成器が設けられた第 1 の O_3 ガス供給管と、一端が前記第 1 の O_3 ガス供給管に接続され、他端が前記第 1 の位置とは異なる第 2 の位置で前記処理室に接続され、前記 O_3 ガスを溜める前記ガス溜め部が設けられた第 2 の O_3 ガス供

給管から、前記ガス溜め部に溜められた O_3 ガスと O_3 生成器によりリアルタイムに生成された O_3 ガスを同時に供給して、前記 O_3 ガス生成能力を超える量の O_3 ガスを前記処理室に供給する手順と、

を交互に行うことにより前記基板上に酸化膜を形成する手順をコンピュータにより前記基板処理装置に実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程の一工程として、処理ガスとしての原料ガスと反応ガスを交互に供給し、基板上に膜を形成する技術が有る。特許文献1、2参照。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-142367号公報

【特許文献2】特開2012-134311号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

半導体装置の微細化により、ウエハ表面積が増加し、また、より深い溝への成膜等の微細な処理が必要となってきた。また、半導体装置の製造スループットの向上の為に、ウエハの大型化又は、処理枚数の増加により、ウエハが収容される処理室も大型化している。この大型化したウエハに均一な処理を施すために、処理ガスの供給量を増加させることが要求されている。

【0005】

本発明の主な目的は、半導体装置の製造品質の向上と、半導体装置の製造スループットを向上させることである。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様によれば、

基板を収容する処理室と、

原料ガスを前記基板に供給する原料ガス供給系と、

第1反応ガス供給管を介して反応ガスを前記基板に供給する第1反応ガス供給系と、前記第1反応ガス供給管に接続された第2反応ガス供給管を介して前記反応ガスを前記基板に供給する第2反応ガス供給系であって、前記第2反応ガス供給管には前記反応ガスを溜めるガス溜め部が設けられ、該ガス溜め部を介して前記反応ガスを前記基板に供給する第2反応ガス供給系と、

40

前記原料ガス供給系、前記第1反応ガス供給系および前記第2反応ガス供給系を制御して、前記原料ガスを基板に供給する処理と、第1反応ガス供給管および前記第2反応ガス供給管から前記反応ガスを前記基板に供給する処理と、を行うよう構成される制御部と、を有する基板処理装置が提供される。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、半導体装置の品質の向上と、半導体装置の製造スループットを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

50

【図 1】本発明の好ましい実施の形態の基板処理装置の縦型処理炉を説明するための概略構成図であり、処理炉部分の縦断面図を示す。

【図 2】図 1 に示されている縦型処理炉の処理炉部分を図 1 における A - A 線断面図で示す概略横断面図である。

【図 3】本発明の好ましい実施の形態の基板処理装置の原料供給系を説明するための概略図である。

【図 4】本発明の好ましい実施の形態の基板処理装置のコントローラを説明するための概略図である。

【図 5】本発明の好ましい実施の形態の基板処理装置を使用してジルコニウム酸化膜を製造するプロセスを説明するためのフローチャートである。

10

【図 6】本発明の好ましい実施の形態の基板処理装置を使用してジルコニウム酸化膜を製造するプロセスの一例を説明するためのタイミングチャートである。

【図 7】環境温度と O_3 ガスの寿命の関係を示す図である。

【図 8】本発明の好ましい実施の形態の基板処理装置を使用してジルコニウム酸化膜を製造するプロセスの他の例を説明するためのタイミングチャートである。

【図 9】本発明の好ましい実施の形態の基板処理装置およびシーケンスを用いた実施例における O_3 ガス流量と従来技術における O_3 ガス流量の比較図である。

【図 10】本発明の他の実施形態に係る縦型処理炉の処理炉部分を示す図 1 の A - A 線概略横断面図である。

【図 11】本発明の他の実施形態に係る縦型処理炉の処理炉部分を示す図 1 の A - A 線概略横断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0009】

次に、本発明の好ましい実施の形態について説明する。

【0010】

近年、半導体デバイスの高密度化に伴いデバイスを形成する際の絶縁膜より薄い膜が求められてきた。しかし、絶縁膜を薄くするとトンネル電流が流れるので、実効的には薄くしても実際にはトンネル効果が生じない厚さにしたいという要望がある。このような膜として、高誘電率を有する絶縁膜である高誘電率膜 (High - k 膜) がある。例えば、シリコン酸化膜 (SiO_2 膜) であれば 4 . 5 nm の厚さであっても SiO_2 膜換算で同等の誘電率を得ることができる。

30

【0011】

High - k 膜の登場により、DRAM (Dynamic Random Access Memory) のキャパシタを中心とした絶縁膜として、ハフニウム酸化膜 (HfO_2 膜) やジルコニウム酸化膜 (ZrO_2 膜) 等が適用されるようになった。これらの絶縁膜を形成する際には、原料ガス (第 1 処理ガス) として有機系高誘電化合物 (有機系化合物) を気化器等によりガス化して用い、反応ガス (第 2 処理ガス) として酸化ガスであるオゾン (O_3 ガス) を用いて、原料ガスと反応ガスを交互に基板に供給する方法が用いられる場合がある。

【0012】

40

しかし、このような方法における有機系化合物の成膜温度は 200 ~ 300 程度と低温であるため、反応ガスが十分に活性化されない状態で基板に供給されて基板上に High - k 膜が形成されると、所望の成膜速度が得られないのみならず、トレンチ (溝) 構造を有するパターン基板の基板中央部において膜厚が低下して段差被覆性が低下したり、パターンの疎密により膜厚が変動したり (ローディング効果) する問題が生じる場合がある。

【0013】

このとき、成膜速度を増大させ段差被覆性やローディング効果を改善するために反応ガスの供給量や供給時間を長くすることが考えられる。しかし、それにより、オゾナイザに対するコストの増加や成膜時間の増大を招いてしまい、結果的にスループット (生産性)

50

が悪化したり、原料消費量の増大による製造コストが増大してC O O (C o s t O f O w n e r s h i p : 1枚あたりの製造コスト)の悪化を招いたりする可能性がある。

【0014】

発明者等は、これらの問題を解決し、基板としてのウエハへ供給する複数の処理ガスの供給量を増加させることで、ウエハに形成された微細な構造への均一な処理や、ウエハ表面全体への均一な処理を施すことができることを見出した。そして以下に説明するように、成膜等の基板処理時間を長くすることなくウエハへ供給する処理ガスの供給量を増加させるために、処理ガスの1回当たりの供給量を多くし、また、処理ガスの供給時間を短時間に供給する技術を発明した。

【0015】

10

(第1の実施形態)

以下に、本発明の好ましい実施の形態について図面を参照してより詳細に説明する。

【0016】

まず、本発明の好ましい実施形態で使用される基板処理装置について説明する。この基板処理装置は、半導体装置の製造工程の一工程で使用される半導体装置の製造装置の一例として構成されているものである。

【0017】

下記の説明では、基板処理装置の一例として、一度に複数枚の基板に対し成膜処理等を行うパッチ式の縦型装置である基板処理装置を使用した場合について述べる。

【0018】

20

図1および図2を参照して、基板処理装置の処理炉202について説明する。

【0019】

(処理室)

処理炉202は、中心線が垂直になるように縦向きに配されて筐体(図示せず)によって固定的に支持された反応管としての縦形のプロセスチューブ205を備えている。プロセスチューブ205は、インナチューブ204とアウトチューブ203とを備えている。インナチューブ204およびアウトチューブ203は、例えば、石英(SiO_2)又は炭化珪素(SiC)、石英や炭化珪素の複合材料等の耐熱性の高い材料によって、円筒形状にそれぞれ一体成形されている。

【0020】

30

インナチューブ204は、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。インナチューブ204内には、基板保持具としてのポート217によって水平姿勢で多段に積層されたウエハ200を収納して処理する処理室201が形成されている。インナチューブ204の下端開口は、ウエハ200群を保持したポート217を出し入れするための炉口を構成している。したがって、インナチューブ204の内径は、ウエハ200群を保持したポート217の最大外径よりも大きくなるように設定されている。アウトチューブ203は、インナチューブ204と一部同心円形状であって、その内径はインナチューブ204に対して大きく、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されており、インナチューブ204の外側を取り囲むようにインナチューブ204と同心円に被せられている。アウトチューブ203の間の下端部は、マニホールド209上部のフランジ209aに

40

【0021】

(排気ユニット)

50

マニホールド 209 の側壁の一部には、処理室 201 内の雰囲気気を排気する排気管 231 が接続されている。マニホールド 209 と排気管 231 との接続部には、処理室 201 内の雰囲気気を排気する排気口が形成されている。排気管 231 内は、排気口を介して、インナチューブ 204 とアウトチューブ 203 との間に形成された隙間からなる排気路内に連通している。なお、排気路の横断面形状は、略円形リング形状になっている。これにより、後述する、インナチューブ 204 に形成された、排気孔 204a の上端から下端まで均一に排気することができる。即ち、ポート 217 に載置された複数枚のウエハ 200 全てから均一に排気することができる。排気管 231 には、上流から順に、圧力センサ 245、圧力調整器としての APC (Auto Pressure Controller) バルブ 231a、真空排気装置としての真空ポンプ 231c が設けられている。真空ポンプ 231c は、処理室 201 内の圧力が所定の圧力（真空度）となるよう真空排気し得るように構成されている。APC バルブ 231a および圧力センサ 245 には、コントローラ 280 が電氣的に接続されている。コントローラ 280 は、処理室 201 内の圧力が所望のタイミングにて所望の圧力となるように、圧力センサ 245 により検出された圧力に基づいて APC バルブ 231a の開度を制御するように構成されている。主に、排気管 231、圧力センサ 245、APC バルブ 231a により、本実施形態に係る排気ユニット（排気系）が構成される。また、真空ポンプ 231c を排気ユニットに含めてもよい。また、排気管 231 には、排気ガス中の反応副生成物や未反応の原料ガス等を捕捉するトラップ装置や排気ガス中に含まれる腐食性成分や有毒成分等を除害する除害装置が接続されている場合がある。その場合、トラップ装置や除害装置を排気ユニットに含めても良い。なお、排気管 231 内を排気ラインと呼ぶこともある。

10

20

【0022】

(基板保持具)

マニホールド 209 には、マニホールド 209 の下端開口を閉塞するシールキャップ 219 が垂直方向下側から当接される。シールキャップ 219 は、アウトチューブ 203 の外径と同等以上の外径を有する円盤形状に形成されており、プロセスチューブ 205 の外部に垂直に設備された後述のポートエレベータ 115 によって水平姿勢で垂直方向に昇降される。

【0023】

シールキャップ 219 上には、ウエハ 200 を保持する基板保持手段（基板保持具）としての基板保持部材であるポート 217 が垂直に立脚されて支持されている。ポート 217 は、上下で一对の端板 217c と、端板 217c 間に垂直に設けられた複数本の保持部材 217a とを備えている。端板 217c および保持部材 217a は、例えば石英 (SiO_2) 又は炭化珪素 (SiC)、石英や炭化珪素の複合材料等の耐熱性材料からなる。各保持部材 217a には、多数条の保持溝 217b が長手方向に等間隔に設けられている。ウエハ 200 の円周縁が複数本の保持部材 217a における同一の段の保持溝 217b 内にそれぞれ挿入されることにより、複数枚のウエハ 200 は水平姿勢かつ互いに中心を揃えた状態で多段に積層されて保持される。

30

【0024】

また、ポート 217 とシールキャップ 219 との間には、上下で一对の補助端板 217d が複数本の補助保持部材 218 によって支持されて設けられている。各補助保持部材 218 には、多数条の保持溝が設けられている。保持溝には、例えば石英 (SiO_2) や炭化珪素 (SiC) 等の耐熱性材料からなる円板形状をした複数枚の断熱板 216 が、水平姿勢で多段に装填される。断熱板 216 によって、後述するヒータユニット 207 からの熱がマニホールド 209 側に伝わりにくくなっている。また、ポート 217 に載置される複数枚のウエハ 200 の下側での温度低下を抑制できるようになっている。

40

【0025】

シールキャップ 219 の処理室 201 と反対側には、ポート 217 を回転させる回転機構 267 が設けられている。回転機構 267 の回転軸 255 は、シールキャップ 219 を貫通してポート 217 を下方から支持している。回転軸 255 を回転させることで処理室

50

201 内にてウエハ200を回転させることができる。シールキャップ219は、搬送手段（搬送機構）としてのポートエレベータ115によって垂直方向に昇降されるように構成されており、これによりポート217を処理室201内外に搬送することが可能となっている。

【0026】

（ヒータユニット）

アウトチューブ203の外部には、プロセスチューブ205内を全体にわたって均一または所定の温度分布に加熱する加熱手段（加熱機構）としてのヒータユニット207が、アウトチューブ203を包囲するように設けられている。ヒータユニット207は、基板処理装置の筐体（図示せず）に支持されることにより垂直に据え付けられた状態になっており、例えばカーボンヒータ等の抵抗加熱ヒータとして構成されている。プロセスチューブ205内には、温度検出器としての温度センサ269が設置されている。主に、ヒータユニット207、温度センサ269により、本実施形態に係る加熱ユニット（加熱系）が構成される。

【0027】

（ガス供給ユニット）

インナチューブ204の側壁（後述する排気孔204aとは180度反対側の位置）には、チャンネル形状の予備室201aが、インナチューブ204の側壁からインナチューブ204の径方向外向きに突出して垂直方向に長く延在するように形成されている。予備室201aの側壁はインナチューブ204の側壁の一部を構成している。また、予備室201aの内壁は処理室201の内壁の一部を形成している。予備室201aの内部には、予備室201aの内壁（すなわち処理室201の内壁）に沿うように、予備室201aの内壁の下部より上部に沿ってウエハ200の積層方向に延在されて処理室201内にガスを供給するノズル249a、249b、249c、249d、249gが設けられている。すなわち、ノズル249a、249b、249c、249d、249gは、ウエハ200が配列されるウエハ配列領域の側方の、ウエハ配列領域を水平に取り囲む領域に、ウエハ配列領域に沿うように設けられている。ノズル249a、249b、249c、249d、249gはL字型のロングノズルとして構成されており、その水平部はマニホールド209を貫通するように設けられており、その垂直部は少なくともウエハ配列領域の一端側から他端側に向かって立ち上がるように設けられている。便宜上、図1には1本のノズルを記載しているが、実際には図2に示すように5本のノズル249a、249b、249c、249d、249gが設けられている。ノズル249a、249b、249c、249d、249gの側面には、ガスを供給する多数のガス供給孔250a、250b、250c、250d、250gがそれぞれ設けられている。ガス供給孔250a、250b、250c、250d、250gは、下部から上部にわたってそれぞれ同一または、大きさに傾斜をつけた開口面積を有し、さらに同じ開口ピッチで設けられている。

【0028】

マニホールド209を貫通したノズル249a、249b、249c、249d、249gの水平部の端部は、プロセスチューブ205の外部で、ガス供給ラインとしてのガス供給管232a、232b、232c、232d、232gとそれぞれ接続されている。

【0029】

このように、本実施の形態におけるガス供給の方法は、予備室201a内に配置されたノズル249a、249b、249c、249d、249gを経由してガスを搬送し、ノズル249a、249b、249c、249d、249gにそれぞれ開口されたガス供給孔250a、250b、250c、250d、250gからウエハ200の近傍で初めてインナチューブ204内にガスを噴出させている。

【0030】

インナチューブ204の側壁であってノズル249a、249b、249c、249d、249gに対向した位置、すなわち予備室201aとは180度反対側の位置には、例えばスリット状の貫通孔である排気孔204aが垂直方向に細長く開設されている。処理

10

20

30

40

50

室 201 と、インナチューブ 204 とアウトチューブ 203 との間に形成された隙間からなる排気路 206 とは排気孔 204a を介して連通している。従って、ノズル 249a、249b、249c、249d、249g のガス供給孔 250a、250b、250c、250d、250g から処理室 201 内に供給されたガスは、排気孔 204a を介して排気路 206 内へと流れた後、排気口を介して排気管 231 内に流れ、処理炉 202 外へと排出される。このとき、ガス供給孔 250a、250b、250c、250d、250g から処理室 201 内のウエハ 200 の近傍に供給されたガスは、水平方向、すなわちウエハ 200 の表面と平行な方向に向かって流れた後、排気孔 204a を介して排気路 206 内へと流れる。つまり処理室 201 内におけるガスの主たる流れは水平方向、すなわちウエハ 200 の表面と平行な方向となる。このような構成にすることで、各ウエハ 200 へ均一にガスを供給でき、各ウエハ 200 に形成される薄膜の膜厚を均一にできる効果がある。なお、排気孔 204a はスリット状の貫通孔として構成される場合に限らず、複数個の孔により構成されていてもよい。

10

【0031】

次に、図 3 を参照して本実施形態に係るガス供給系について説明する。

【0032】

(不活性ガス供給系)

ガス供給管 232a には、上流側から順に、流量制御装置(流量制御部)としての MFC (マスフローコントローラ) 235a および開閉弁であるバルブ 233a がそれぞれ設けられており、例えば不活性ガスである窒素(N_2) ガスがガス供給管 232a およびノズル 249a を通って処理室 201 へ供給される。主に、ノズル 249a、ガス供給管 232a、MFC 235a、バルブ 233a により第 1 の不活性ガス供給系が構成される。

20

【0033】

ガス供給管 232g には、上流側から順に、流量制御装置(流量制御部)としての MFC (マスフローコントローラ) 235g および開閉弁であるバルブ 233g がそれぞれ設けられており、例えば不活性ガスである N_2 ガスがガス供給管 232g およびノズル 249g を通って処理室 201 へ供給される。主に、ノズル 249g、ガス供給管 232g、MFC 235g、バルブ 233g により第 2 の不活性ガス供給系が構成される。

【0034】

不活性ガス供給系は、第 1 の不活性ガス供給系と第 2 の不活性ガス供給系のいずれかまたは両方で構成される。基板への処理によって 2 つを使い分けても良いが、第 1 の不活性ガス供給系と第 2 の不活性ガス供給系の両方を用いることで、基板に均一な処理を施すことができる。また、図 2 に示すように、ノズル 249a とノズル 249g は、他のノズルを挟むように配置することが好ましい。このように配置することで、ウエハ 200 への処理均一性を向上させることができる。ただし、不活性ガス供給系は設けなくてもよい。

30

【0035】

(反応ガス供給系)

ガス供給管 232b には、上流方向から順に、反応ガス活性化装置としてのオゾン生成器であるオゾナイザ 220、開閉弁であるバルブ 233b、流量制御器(流量制御部)であるマスフローコントローラ(MFC) 235b および開閉弁であるバルブ 233b が設けられている。ガス供給管 232b の先端部には、上述のノズル 249b が接続されている。

40

【0036】

ガス供給管 232b の上流側は、反応ガスとして例えば酸化ガスである酸素(O_2) ガスを供給する図示しない酸素ガス供給源に接続されている。オゾナイザ 220 に供給された O_2 ガスは、第 1 の反応ガスとしての酸化ガスであるオゾン(O_3) ガスとなり、処理室 201 内に供給される。主にノズル 249b、ガス供給管 232b、MFC 235b、バルブ 233b により第 1 反応ガス供給系(第 1 酸化ガス供給系、第 1 処理ガス供給系とも呼ぶ)が構成される。なお、オゾナイザ 220 を第 1 反応ガス供給系に含めてもよい。

【0037】

50

発明者等は、このウエハ 2 0 0 へ供給する O_3 ガスの供給量を増やすことにより、ウエハ 2 0 0 に形成された微細な構造への均一な処理や、ウエハ 2 0 0 の表面全体への均一な処理を施すことができることを見出した。更には、一度に複数枚のウエハを処理する際に、複数枚のウエハ群に均一な処理を施すことができることを見出した。

【 0 0 3 8 】

ウエハ 2 0 0 へ供給する O_3 ガスの供給量を増やす方法としては、上述のオゾナイザ 2 2 0 の数を増やすことが考えられる。しかしながら、オゾナイザ 2 2 0 は、非常に高価であり、コストがかかってしまう。そこで、後述のガスタンク 6 0 3 c、6 0 4 c を有する第 2 反応ガス供給系を設けることにより、安価にできることを見出した。以下にこの構成について説明する。

10

【 0 0 3 9 】

まず、ガス供給管 2 3 2 b の M F C 2 3 5 b の上流側にガス供給管 2 3 2 h が接続され、さらにガス供給管 2 3 2 h にガス供給管 2 3 2 c が接続される。ガス供給管 2 3 2 c には、上流方向から順に、 O_3 ガスを不活性化しない不活性化機構（除害機構）としてのオゾンキラー（不図示）へガスを排気する除害ラインであるベントライン 6 0 0 c と、オゾンキラーへのガス供給を O N / O F F を制御するバルブ 6 0 1 c と、バルブ 6 0 2 c と、ガスを溜めるガス溜め部としてのガスタンク（オゾン貯蔵機構）6 0 3 c と、ガスタンク内の圧力を測定する圧力センサ 6 0 4 c と、M F C 2 3 5 c と、バルブ 2 3 3 c が設けられている。ガスの流れは、例えば、オゾナイザ 2 2 0 で生成された O_3 ガスがガス供給管 2 3 2 b、2 3 2 h を介してガス供給管 2 3 2 c を通ってガスタンク 6 0 3 c に供給され、ガスタンク 6 0 3 c に所定の圧力になるまで貯蔵される。ガスタンク 6 0 3 c から、M F C 2 3 5 c で流量が調整された後、バルブ 2 3 3 c を介して処理室 2 0 1 へ O_3 ガスが供給される。主に、ノズル 2 4 9 c、ガス供給管 2 3 2 c、M F C 2 3 5 c、バルブ 2 3 3 b、ガスタンク 6 0 3 c、圧力センサ 6 0 4 c により第 2 反応ガス供給系（第 2 酸化ガス供給系、第 2 処理ガス供給系とも呼ぶ）が構成される。なお、必要に応じてバルブ 6 0 1 c、バルブ 6 0 2 c、ベントライン 6 0 0 c を用いて、ガスタンク 6 0 3 c 内の圧力が所定の圧力以上になった時に発生する余分な O_3 ガスをベントライン 6 0 0 c からオゾンキラーへと処理室 2 0 1 を介す事無く排気する。

20

【 0 0 4 0 】

反応ガス供給系は、第 1 反応ガス供給系と第 2 反応ガス供給系で構成される。また、反応ガス供給系はオゾン供給機構と呼ぶ場合もある。

30

【 0 0 4 1 】

（原料ガス供給系）

ガス供給管 2 3 2 d には気化装置（気化部）であり液体原料を気化して原料ス（第 1 の原料ガス）としての気化ガスを生成する気化器 2 7 0 d が設けられており、さらに、気化器 2 7 0 d の下流側から順に、開閉弁であるバルブ 2 3 3 d、ガスフィルタ 3 0 1 d が設けられている。なお、気化器 2 7 0 d は用いる液体原料に応じた温度となるよう維持される。ガス供給管 2 3 2 d の先端部には、上述のノズル 2 4 9 d が接続されている。バルブ 2 3 3 d を開けることにより、気化器 2 7 0 d 内にて生成された気化ガスがノズル 2 4 9 d を介して処理室 2 0 1 内へ供給される。主に、ノズル 2 4 9 d、バルブ 2 3 3 d、ガス供給管 2 3 2 d、ガスフィルタ 3 0 1 d により原料ガス供給系（第 1 の原料ガス供給系、第 3 処理ガス供給系とも呼ぶ）が構成される。また、気化器 2 7 0 d を原料ガス供給系に含めても良い。

40

【 0 0 4 2 】

また、後述する液体原料供給系やキャリアガス供給系も原料ガス供給系に含めても良い。

【 0 0 4 3 】

（液体原料供給系）

ガス供給管 2 3 2 d の気化器 2 7 0 d よりも上流には、液体原料タンク 2 9 1 d、液体流量制御装置（L M F C）2 9 5 d、バルブ 2 9 3 d が上流側から順に設けられている。

50

気化器 270 d 内への液体原料の供給量（すなわち、気化器 270 d 内で気化され処理室 201 内へ供給される気化ガスの供給流量）は、LMFC295 d によって制御される。主に、ガス供給管 232 d、LMFC295 d、バルブ 293 d により液体原料供給系（第 1 液体原料供給系）が構成される。また、液体原料タンク 291 d を液体原料供給系に含めても良い。

【0044】

（キャリアガス供給系）

気化器 270 d には、キャリアガスとしての不活性ガス（例えば N_2 ガス）がガス供給管 232 j から供給される。ガス供給管 232 j には、MFC235 j とバルブ 233 j とが設けられている。気化器 270 d で生成された気化ガスをキャリアガスで希釈することにより、ポート 217 に搭載されるウエハ 200 間の膜厚均一性等のウエハ 200 間におけるウエハ 200 の処理の均一性を調整することができる。主に、ガス供給管 232 j、MFC235 j、バルブ 233 j によりキャリアガス供給系（第 1 キャリアガス供給系）が構成される。

10

【0045】

ガス供給管 232 d からは、例えば、金属含有ガスである原料ガスとしてジルコニウム原料ガス、すなわちジルコニウム（Zr）元素を含むガス（ジルコニウム含有ガス）が第 1 の原料ガスとして、LMFC295 d、気化器 270 d、ガスフィルタ 301 d、ノズル 249 d 等を介して処理室 201 内へ供給される。ジルコニウム含有ガスとしては、例えばテトラキスエチルメチルアミノジルコニウム（TEMAZ、 $Zr[N(CH_3)C_2H_5]_4$ ）を用いることができる。TEMAZ は、常温常圧で液体である。液体の TEMAZ は、液体原料として、液体原料供給タンク 291 d 内に貯留される。また、このとき、気化器 270 d は TEMAZ に適した温度となるよう維持されており、例えば 120 ~ 150 に加熱した状態で維持される。

20

【0046】

（制御部）

図 4 に本実施形態に係る制御部と各構成の接続例を示す。制御部（制御手段）であるコントローラ 280 は、CPU（Central Processing Unit）280 a、RAM（Random Access Memory）280 b、記憶装置 280 c、I/Oポート 280 d を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 280 b、記憶装置 280 c、I/Oポート 280 d は、内部バス 280 e を介して、CPU 280 a とデータ交換可能なように構成されている。コントローラ 280 には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置 282 が接続されている。

30

【0047】

記憶装置 280 c は、例えばフラッシュメモリ、HDD（Hard Disk Drive）等で構成されている。記憶装置 280 c 内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述する基板処理の手順や条件などが記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。なお、プロセスレシピは、後述する基板処理工程における各手順をコントローラ 280 に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わせられたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単にプログラムともいう。なお、本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、プロセスレシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。また、RAM 280 b は、CPU 280 a によって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

40

【0048】

I/Oポート 280 d は、MFC235 a、235 b、235 c、235 d、235 g、バルブ 233 a、233 b、233 c、233 d、233 g、233 h、233 i、233 j、233 k、293 d、601 c、602 c、圧力センサ 245、604 c、APCバルブ 231 a、真空ポンプ 231 c、ヒータユニット 207、温度センサ 269、回

50

転機構 267、ポートエレベータ 115、オゾナイザ 220、気化器 270d、LMFC 295d 等に接続されている。

【0049】

CPU 280a は、記憶装置 280c から制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置 282 からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置 280c からプロセスレシビを読み出す。そして、CPU 280a は、読み出したプロセスレシビの内容に沿うように、MFC 235a、235b、235c、235d、235g による各種ガスの流量調整動作、LMFC 295d、295e による液体原料の流量制御、バルブ 233a、233b、233c、233d、233g、233h、233i、233j、233k、293d、293e、601c、602c の開閉動作、圧力センサ 604c によるガスタンク内圧力制御動作、APC バルブ 231a の開閉動作および APC バルブ 231a による圧力センサ 245 に基づく圧力調整動作、温度センサ 269 に基づくヒータユニット 207 の温度調整動作、真空ポンプ 231c の起動および停止、回転機構 267 によるポート 217 の回転および回転速度調節動作、ポートエレベータ 115 によるポート 217 の昇降動作、等を制御する。

10

【0050】

なお、コントローラ 280 は、専用のコンピュータとして構成されている場合に限らず、汎用のコンピュータとして構成されていてもよい。例えば、上述のプログラムを格納した外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、CD や DVD 等の光ディスク、MO 等の光磁気ディスク、USB メモリ（USB Flash Drive）やメモ리카ード等の半導体メモリ）283 を用意し、外部記憶装置 283 を用いて汎用のコンピュータにプログラムをインストールすること等により、本実施形態に係るコントローラ 280 を構成することができる。なお、コンピュータにプログラムを供給するための手段は、外部記憶装置 283 を介して供給する場合に限らない。例えば、インターネットや専用回線等の通信手段を用い、外部記憶装置 283 を介さずにプログラムを供給するようにしてもよい。なお、記憶装置 280c や外部記憶装置 283 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成される。以下、これらを総称して、単に記録媒体ともいう。なお、本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置 280c 単体のみを含む場合、外部記憶装置 283 単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。

20

30

【0051】

（基板処理工程）

次に、上述の基板処理装置の処理炉を用いて半導体装置（半導体デバイス）の製造工程の一工程として、基板上に絶縁膜であって、例えば高誘電率（High- κ ）膜である金属酸化膜としてジルコニウム酸化膜（ ZrO_2 、以下 ZrO と称する）を成膜するシーケンス例について、図 5、図 6 を参照して説明する。なお、以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ 280 により制御される。

【0052】

なお、本明細書において「ウエハ」という言葉を用いた場合は、「ウエハそのもの」を意味する場合や、「ウエハとその表面に形成された所定の層や膜等との積層体（集合体）」を意味する場合（すなわち、表面に形成された所定の層や膜等を含めてウエハと称する場合）がある。また、本明細書において「ウエハの表面」という言葉を用いた場合は、「ウエハそのものの表面（露出面）」を意味する場合や、「ウエハ上に形成された所定の層や膜等の表面、すなわち、積層体としてのウエハの最表面」を意味する場合がある。

40

【0053】

従って、本明細書において「ウエハに対して所定のガスを供給する」と記載した場合は、「ウエハそのものの表面（露出面）に対して所定のガスを直接供給する」ことを意味する場合や、「ウエハ上に形成されている層や膜等に対して、すなわち、積層体としてのウエハの最表面に対して所定のガスを供給する」ことを意味する場合がある。また、本明細書において「ウエハ上に所定の層（又は膜）を形成する」と記載した場合は、「ウエハそ

50

のものの表面（露出面）上に所定の層（又は膜）を直接形成する」ことを意味する場合や、「ウエハ上に形成されている層や膜等の上、すなわち、積層体としてのウエハの最表面の上に所定の層（又は膜）を形成する」ことを意味する場合がある。

【0054】

なお、本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も「ウエハ」という言葉を用いた場合と同様であり、その場合、上記説明において、「ウエハ」を「基板」に置き換えて考えればよい。

【0055】

基板処理工程について説明する。

【0056】

まず、複数枚のウエハ200がポート217に装填（ウエハチャージ）されると（図5、ステップS101参照）、図1に示されているように、複数枚のウエハ200を支持したポート217は、ポートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201内に搬入（ポートロード）される（図5、ステップS102参照）。この状態で、シールキャップ219はマニホールド209の下端をシールした状態となる。

【0057】

処理室201内が所望の圧力（真空度）となるように真空ポンプ231cによって真空排気される。この際、処理室201内の圧力は、圧力センサ245で測定され、この測定された圧力に基づきAPCバルブ231aが、フィードバック制御される（圧力調整）（図5、ステップS103参照）。また、処理室201内が所望の温度となるようにヒータユニット207によって加熱される。この際、処理室201内が所望の温度分布となるように、温度センサ269が検出した温度情報に基づきヒータユニット207への通電具合がフィードバック制御される（温度調整）（図5、ステップS103参照）。続いて、回転機構267により、ポート217が回転されることで、ウエハ200が回転される。

【0058】

なお、真空ポンプ246は、少なくともウエハ200に対する処理が終了するまでの間は常時作動させた状態を維持する。また、処理室201内が所望の温度となるようにヒータユニット207によって加熱される。この際、処理室201内が所望の温度分布となるように、温度センサ269が検出した温度情報に基づきヒータユニット207への通電具合がフィードバック制御される（温度調整）。なお、ヒータユニット207による処理室201内の加熱は、少なくとも、ウエハ200に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。続いて、回転機構267によりポート217およびウエハ200の回転を開始する。なお、回転機構267によるポート217およびウエハ200の回転は、少なくとも、ウエハ200に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。

【0059】

次に、TEMAZガスとO₃ガスを処理室201内に供給することにより絶縁膜であるZrO膜を成膜する絶縁膜形成工程（図5、ステップS104参照）を行う。絶縁膜形成工程では次の4つのステップを順次実行する。

【0060】

（ZrO膜形成工程）

<ステップS105>

ステップS105（図5、図6参照、第1の工程、TEMAZ供給工程）では、まずTEMAZガスを流す。ガス供給管232dのバルブ233dを開き、気化器270d、ガスフィルタ301dを介してガス供給管232d内にTEMAZガスを流す。ガス供給管232d内を流れるTEMAZガスは、液体マスフローコントローラ295dにより流量調整される。流量調整されたTEMAZガスはノズル249dのガス供給孔250dから処理室201内に供給され、ガス排気管231から排気される。このとき、同時にバルブ233jを開き、不活性ガス供給管232j内にN₂ガス等の不活性ガスを流す。不活性ガス供給管232j内を流れるN₂ガスは、マスフローコントローラ235jにより流量調整される。流量調整されたN₂ガスはTEMAZガスと一緒に処理室201内に供給さ

10

20

30

40

50

れ、ガス排気管 2 3 1 から排気される。また、バルブ 2 3 3 a を開いて、ガス供給管 2 3 2 a、ノズル 2 4 9 a、ガス供給孔 2 5 0 a から N_2 ガス等の不活性ガスを流し、バルブ 2 3 3 g を開いて、ガス供給管 2 3 2 g、ノズル 2 4 9 g、ガス供給孔 2 5 0 g から N_2 ガス等の不活性ガスを流す。

【 0 0 6 1 】

このとき、A P C バルブ 2 3 1 a を適正に調整して処理室 2 0 1 内の圧力を、例えば 2 0 ~ 5 0 0 P a の範囲内の圧力とする。液体マスフローコントローラ 2 9 5 d で制御する T E M A Z ガスの供給流量は、例えば 0 . 1 ~ 0 . 5 g / 分の範囲内の流量とする。ウエハ 2 0 0 を T E M A Z に曝す時間、すなわちガス供給時間（照射時間）は、例えば 1 0 ~ 3 0 0 秒間の範囲内の時間とする。このときヒータユニット 2 0 7 の温度は、ウエハ 2 0 0 の温度が、例えば 1 5 0 ~ 3 0 0 の範囲内の温度となるような温度に設定する。T E M A Z ガスの供給により、ウエハ 2 0 0 上に Z r 含有層が形成される。

10

【 0 0 6 2 】

< ステップ S 1 0 6 >

ステップ S 1 0 6（図 5、図 6 参照、第 2 の工程）では、バルブ 2 3 3 d を閉じ、処理室 2 0 1 内への T E M A Z ガスの供給を停止する。このとき、ガス排気管 2 3 1 の A P C バルブ 2 3 1 a は開いたままとして、真空ポンプ 2 3 1 c により処理室 2 0 1 内を真空排気し、処理室 2 0 1 内に残留する未反応もしくはジルコニウム含有層形成に寄与した後の T E M A Z ガスを処理室 2 0 1 内から排除する。

【 0 0 6 3 】

20

なお、このとき、バルブ 2 3 3 g は開いたままとして、不活性ガスとしての N_2 ガスの処理室 2 0 1 内への供給を維持する。 N_2 ガスはパージガスとして作用し、これにより、処理室 2 0 1 内に残留する未反応もしくは Z r 含有層形成に寄与した後の T E M A Z ガスを処理室 2 0 1 内から排除する効果を更に高めることができる。

【 0 0 6 4 】

また、このとき、処理室 2 0 1 内に残留するガスを完全に排除しなくてもよく、処理室 2 0 1 内を完全にパージしなくてもよい。処理室 2 0 1 内に残留するガスが微量であれば、その後に行われるステップ S 1 0 7 において悪影響が生じることはない。このとき処理室 2 0 1 内に供給する N_2 ガスの流量も大流量とする必要はなく、例えば、反応管 2 0 3（処理室 2 0 1）の容積と同程度の量を供給することで、ステップ S 1 0 7 において悪影響が生じない程度のパージを行うことができる。このように、処理室 2 0 1 内を完全にパージしないことで、パージ時間を短縮し、スループットを向上させることができる。また、 N_2 ガスの消費も必要最小限に抑えることが可能となる。

30

【 0 0 6 5 】

また、図 6 に示すように、ステップ S 1 0 5 とステップ S 1 0 6 と並行して、オゾナイザ 2 2 0 からガスタンク 6 0 3 c への O_3 ガスを供給し、ガスタンク 6 0 3 c に O_3 ガスを貯留するようにする。また、このとき、ガスタンク 6 0 3 c は、内部が 5 0 以下となるように維持する。図 7 に環境温度と O_3 ガスの寿命の関係を示す。 O_3 ガスは環境温度が上昇するにつれて寿命が短くなるため、 O_3 ガスを数時間備蓄可能とするためにはガスタンク 6 0 3 c の内部が 5 0 以下で維持されることが望ましい。

40

【 0 0 6 6 】

< ステップ S 1 0 7 >

ステップ S 1 0 7（図 5、図 6 参照、第 3 の工程、 O_3 ガス供給工程）では、処理室 2 0 1 内に O_3 ガスをノズル 2 4 9 b、2 4 9 c のガス供給孔 2 5 0 b、2 5 0 c から同時に供給する。なお、「同時」とは、ノズル 2 4 9 b、2 4 9 c のガス供給孔 2 5 0 b、2 5 0 c から共に供給するタイミングがあればよく、供給し始めるタイミングおよび/もしくは供給を停止するタイミングは必ずしも同じである必要はない。また、ノズル 2 4 9 b のガス供給孔 2 5 0 b から O_3 ガスを供給する時間とノズル 2 4 9 c のガス供給孔 2 5 0 c から O_3 ガスを供給する時間とは必ずしも同じである必要はない。

【 0 0 6 7 】

50

具体的には、処理室 201 内の残留ガスを除去した後、ガス供給管 232 b のバルブ 233 c およびバルブ 233 i を開き、ベントライン 600 c のバルブ 601 c とバルブ 602 c とバルブ 233 i を閉めることで、オゾナイザ 220 によって生成された O_3 ガスおよびガスタンク 603 c に貯蔵されている O_3 ガスは、マスフローコントローラ 235 b、235 c により流量調整され、ノズル 249 b、249 c のガス供給孔 250 b、250 c から処理室 201 内に供給され、ガス排気管 231 から排気される。また、バルブ 233 a を開いて、ガス供給管 232 a、ノズル 249 a、ガス供給孔 250 a から N_2 ガス等の不活性ガスを流し、バルブ 233 g を開いて、ガス供給管 232 g、ノズル 249 g、ガス供給孔 250 g から N_2 ガス等の不活性ガスを流す。なお、S107 ではバルブ 233 i を開けておいてもよい。

10

【0068】

O_3 ガスを流すときは、APC バルブ 231 a を適正に調整して処理室 201 内の圧力を、例えば 50 ~ 500 Pa の範囲内の圧力とする。マスフローコントローラ 235 b、235 c で制御する O_3 ガスの供給流量は、例えば 5 ~ 30 s l m の範囲内の流量とする。 O_3 ガスにウエハ 200 を晒す時間、すなわちガス供給時間（照射時間）は、例えば 10 ~ 300 秒間の範囲内の時間とする。このときのヒータユニット 207 の温度は、ステップ 105 と同様、ウエハ 200 の温度が 150 ~ 300 の範囲内の温度となるような温度に設定する。 O_3 ガスの供給により、ステップ S105 でウエハ 200 上に形成された Zr 含有層が酸化されて ZrO 層が形成される。

【0069】

20

<ステップ S108>

ステップ S108（図 5、図 6 参照、第 3 の工程）では、ガス供給管 232 b のバルブ 233 c を閉じ、バルブ 233 i、バルブ 233 f、バルブ 602 c を開けて処理室 201 内への O_3 ガスの供給を停止し、 O_3 ガスをガスタンク 603 c へ流す。このとき、ガス排気管 231 の APC バルブ 31 a は開いたままとして、真空ポンプ 231 g により処理室 201 内を真空排気し、処理室 201 内に残留する未反応もしくは酸化に寄与した後の O_3 ガスを処理室 201 内から排除する。また、ガスタンク 603 c 内の圧力が、所定の圧力になったら、バルブ 602 c を閉め、バルブ 601 c を開き、余分な O_3 ガスをベントライン 600 c へ流す。なお、このとき、バルブ 233 g は開いたままとして、不活性ガスとしての N_2 ガスの処理室 201 内への供給を維持する。 N_2 ガスはパージガスとして作用し、これにより、処理室 201 内に残留する未反応もしくは ZrO 層形成に寄与した後の O_3 ガスを処理室 201 内から排除する効果を更に高めることができる。

30

【0070】

また、このとき、処理室 201 内に残留するガスを完全に排除しなくてもよく、処理室 201 内を完全にパージしなくてもよい。処理室 201 内に残留するガスが微量であれば、その後にステップ S105 を行なう場合であっても悪影響が生じることはない。このとき処理室 201 内に供給する N_2 ガスの流量も大流量とする必要はなく、例えば、反応管 203（処理室 201）の容積と同程度の量を供給することで、次にステップ S105 を行なう場合であってもステップ S105 に悪影響が生じない程度のパージを行なうことができる。このように、処理室 201 内を完全にパージしないことで、パージ時間を短縮し、スループットを向上させることができる。また、 N_2 ガスの消費も必要最小限に抑えることが可能となる。

40

【0071】

また、図 6 に示すようにステップ S108 と並行して、オゾナイザ 220 からガスタンク 603 c へ O_3 ガスを供給し、ガスタンク 603 c に O_3 ガスを貯留する。なお、図 6 は、ステップ S108 から、次のサイクルのステップ S106 まで継続して O_3 ガスを貯留する例を示している。場合によっては、ステップ S108 で終わらせてもよい。

【0072】

上述したステップ S105 ~ S108 を 1 サイクルとして、このサイクルを少なくとも 1 回以上行う（ステップ S109）ことにより、ウエハ 200 上に所定膜厚のジルコニウ

50

ムおよび酸素を含む高誘電率膜、すなわち、ZrO膜を成膜することができる。尚、上述のサイクルは、複数回繰り返すのが好ましい。これにより、ウエハ200上に所定膜厚のZrO膜が形成される。

【0073】

ZrO膜を形成後、ガス供給管232aのバルブ243aを閉じ、ガス供給管232bのバルブ233bを閉じ、ガス供給管232cのバルブ233cを閉じ、不活性ガス供給管232aのバルブ233aを開き、不活性ガス供給管232gのバルブ233gを開いて、処理室201内にN₂ガスを流す。N₂ガスはパージガスとして作用し、これにより、処理室201内が不活性ガスでパージされ、処理室201内に残留するガスが処理室201内から除去される（パージ、ステップS110）。その後、処理室201内の雰囲気

10

【0074】

その後、ポートエレベータ115によりシールキャップ219が下降されて、マニホールド209の下端が開口されるとともに、処理済のウエハ200がポート217に保持された状態でマニホールド209の下端からプロセスチューブ205の外部に搬出（ポートアンロード、ステップS112）される。その後、処理済みのウエハ200はポート217より取り出される（ウエハディスチャージ、ステップS113）。

【0075】

以上の様な工程により、基板上に高誘電率膜が形成される。

20

【0076】

なお、図8（2007年第9回オゾン研究会資料から引用）に示すように、ステップS105とステップS106と並行して、オゾナイザ220からガスタンク603cへのO₃ガスを供給し、ガスタンク603cにO₃を貯留するようにする際は、ガスタンク603cの内部が所定の圧力になるまでO₃ガスを貯留するよう制御するとよい。その場合、ガスタンク603c内の圧力が所定の圧力以上になった時に発生する余分なO₃ガスは、ベントライン600cからオゾンキラーへと処理室201を介す事無く排気する。

【0077】

具体的には、処理室201内の残留ガスを除去した後、ガス供給管232bのバルブ233cを開き、バルブ601c、バルブ602cおよびバルブ233iを閉めることで、オゾナイザ220によって生成されたO₃ガスおよびガスタンク603cに貯蔵されているO₃ガスは、マスフローコントローラ235b、235cにより流量調整され、ノズル249b、249cのガス供給孔250b、250cから処理室201内に供給され、ガス排気管231から排気される。また、バルブ233aを開いて、ガス供給管232a、ノズル249a、ガス供給孔250aからN₂ガス等の不活性ガスを流し、バルブ233gを開いて、ガス供給管232g、ノズル249g、ガス供給孔250gからN₂ガス等の不活性ガスを流す。

30

【0078】

また、S107でO₃ガスを処理室201内に供給する際は、マスフローコントローラ235cの流量制御に必要な圧力を監視し規格に応じてO₃ガスの処理室201への供給有無を制御してもよい。流量制御に必要な圧力に応じて、適宜ガス供給管232bのバルブ233cを閉めて、バルブ601cを開け、O₃ガスをベントライン600cからオゾンキラーへと流してもよい。

40

【0079】

なお、ここでは、O₃ガスを処理室201に供給するノズルとしてノズル249bおよびノズル249cの2つのノズルを設ける例について説明したが、例えばガス供給管232cの両端をガス供給管232bに接続し、O₃ガスを処理室201に供給するノズルをノズル249bの1つのみとすることも可能である。ただし、その場合は、ガス供給管232bの内部の圧力が高いため、ガスタンク603cを有するガス供給管232cからO₃ガスが流れにくくなる可能性がある。したがって、ガスタンクを設けるガス供給ライン

50

とガスタンクを設けないガス供給ラインは別ラインとしてそれぞれノズルを処理室内に設置の方が好ましい。なお、1本のノズルに流せる O_3 ガスの流量にはノズルのコンダクタンス等により上限値が存在する。

【0080】

また、ガスタンク603cの容量は、S107で供給する際に必要な O_3 ガスの量を溜められる容量であればよく、好適には1回のステップで必要とされる O_3 ガスの量を溜められる容量であっても、数回のステップで必要とされる O_3 ガスの量を溜められる容量であってもよい。たとえば1リットル以上の容量であって、好適には50リットル以上であって、たとえば150リットルほどの容量のガスタンクを設けることが考えられる。

【0081】

(本実施形態による効果)

本実施形態によれば、以下に示す1つまたは複数の効果を奏する。

【0082】

(a)本実施形態によれば、

O_3 ガスの供給量を増やすことができ、ウエハに形成された微細な構造への均一な処理を行うことができる。

【0083】

(b)また、オゾナイザの数を増やすことなく、オゾンの供給量を増やすことができる。

【0084】

(c)また、第2反応ガス供給系を、第1反応ガス供給系と独立して設けることにより、ガス供給系それぞれで O_3 ガスの流量を精密に制御することができる。

【0085】

(d)また、一般的なオゾナイザは成膜に要求されるような短時間で O_3 ガスの発生/停止を行うことができないため、処理室に O_3 ガスを供給したい場合はベントラインを介して除害設備へ O_3 ガスを流して無害化を行うため、 O_3 ガスの利用効率が悪くなるが、ガスタンクを設けることにより、従来、捨てていた O_3 ガスを貯蔵して成膜に使用することができ、 O_3 の利用効率を向上させることができる。

【0086】

(e)また、従来捨てていた O_3 ガスの量を少なくすることができ、除害装置の負荷を低減することができる。

【0087】

(f)また、ガスタンクに圧力センサを設けることにより、ガスタンクの異常な圧力上昇を防止できる。また、ガスタンクから常に同じ流量を供給可能なように制御できる。

【0088】

(g)また、処理室に O_3 ガスを供給する時間(タイミング)以外の時間帯に生成した O_3 ガスをガスタンクに溜めておき、その蓄えられた O_3 ガスと、オゾナイザでリアルタイムに生成した O_3 ガスを同時に処理室に供給することにより、オゾナイザの本来の O_3 ガス生成能力より多量の O_3 ガスを処理室に供給することができる。

【0089】

(第2の実施形態)

以下に、第2の実施形態について図3および図10を用いて説明する。図10は本実施形態に係る処理炉202の構成を説明する図である。上述の第1の実施形態では、反応ガス供給系に、ガスタンクを有する O_3 ガスの供給ラインを1系統設ける例を示したが、本実施形態では、反応ガス供給系にガスタンクを有する O_3 ガスの供給ラインを2系統設ける。すなわち、反応ガス供給系は3系統の O_3 ガスの供給ラインを設けるように構成され、具体的には図3に示すようにガス供給管232fを有する第3の反応ガス供給系を設ける。その他の構成については上述の第1の実施形態と同様であり、図10において、図1、図2および図3で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。以下、本実施形態の処理炉202の構成について詳細に説明する。

【0090】

ガス供給管 232f には、上流方向から順に、オゾンキラーへガスを排気するベントライン 600f と、オゾンキラーへのガス ON/OFF を制御するバルブ 601f と、バルブ 602f と、ガスタンク 603f と、ガスタンク内の圧力を測定する圧力センサ 604f と、MFC 235f と、バルブ 233f が設けられている。ガスの流れは、例えば、上流側からガスタンク 603f に供給され、ガスタンク 603f に所定の圧力になるまで貯蔵される。ガスタンク 603f から、MFC 235f で流量が調整された後、バルブ 233f を介して処理室 201 へ O_3 ガスが供給される。図 10 に示すように、ガス供給管 232f には、ノズル 249f が接続されている。ノズル 249f はノズル 249a 等と同様の形状を有する。ノズル 249f には、ガス供給孔 250f が設けられている。主に、ノズル 249f、ガス供給管 232f、MFC 235f、バルブ 233f、ガスタンク 603f、圧力センサ 604f により第 3 の反応ガス供給系が構成される。なお、必要に応じてバルブ 601f、バルブ 602f、ベントライン 600f を設けて、ガスタンク 603f 内の圧力が所定の圧力以上になった時に発生する余分な O_3 ガスをベントライン 600f からオゾンキラーへと排気できるように構成しても良い。

【0091】

また、ガス供給管 232h に、バルブ 233h とバルブ 233i を設けてもよい。バルブ 233h とバルブ 233i の開閉を制御することによって、第 2 の反応ガス供給系と第 3 の O_3 ガスの供給系といずれか若しくは両方の使用不使用を制御することができる。

【0092】

上述のような構成とした場合、MFC 235f、バルブ 233f、233h、233i、601f、圧力センサ 604f は上述の I/O ポート 280d にそれぞれ接続されており、CPU 280a は入出力装置 282 からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置 280c から読み出したプロセスレシピの内容に沿うように、MFC 235f による各種ガスの流量調整動作、バルブ 233f、233h、233i、601f の開閉動作、圧力センサ 604f によるガスタンク内圧力制御動作等を制御する。

【0093】

このようにガスタンクを設けた O_3 ガスの供給ラインを複数（2 系統もしくは 3 系統以上）設けても良い。すなわち、 O_3 ガスの供給ラインを合計で 3 系統もしくは 4 系統以上設けても良い。必要とされる O_3 ガスのウエハ 200 への供給量、オゾナイザ 220 の性能、各ガス供給管の圧力等の条件に応じて、ガスタンクを設ける O_3 ガスの供給ラインの数を選択することにより、必要とされる量の O_3 ガスをより短時間でウエハ 200 へ供給することが可能となる。また、 O_3 ガスの供給ラインを複数設けた場合は、各供給ラインからの O_3 ガスの供給を全て同じタイミングで流し始めてもよく、同じタイミングで止めてもよいし、それぞれ異なるタイミングで流し始めてもよく、それぞれ異なるタイミングで止めてもよい。さらに、各供給ラインから 1 つのラインごとに順に O_3 ガスを供給していてもよい。

【0094】

（第 3 の実施形態）

以下に、第 3 の実施形態について図 3 および図 11 を用いて説明する。図 11 は本実施形態に係る処理炉 202 の構成を説明する図である。上述の第 1 の実施形態では、原料ガス供給系を一つ設ける基板処理装置の例を示したが、本実施形態では基板処理装置に原料ガス供給系を二つ設ける。すなわち、図 3 に示すようにガス供給管 232d を有する第 2 の原料ガス供給系を設けることができる。その他の構成については第 1 の実施形態もしくは第 2 の実施形態と同様であり、図 11 において、図 1、図 2 および図 3 で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。以下、本実施形態の基板処理装置に係る処理炉 202 の構成について詳細に説明する。

【0095】

ガス供給管 232e には、ガス供給管 232d と同様の構成が設けられる。すなわち、ガス供給管 232e には気化器 270e が設けられており、さらに、気化器 270e の下流側から順に、開閉弁であるバルブ 233e、ガスフィルタ 301e が設けられている。

図 11 に示すように、ガス供給管 232e の先端部には、ノズル 249e が接続されている。ノズル 249e はノズル 249a 等と同様の形状を有し、ガス供給孔 250e が設けられている。主に、ノズル 249e、バルブ 233e、ガス供給管 232e、ガスフィルタ 301e により第 2 の原料供給系が構成される。また、気化器 207e を第 2 の原料ガス供給系に含めても良い。また、後述する第 2 の液体原料供給系や第 2 のキャリアガス供給系も第 2 の原料ガス供給系に含めても良い。なお、第 2 の原料ガスは第 1 の原料ガスと同じガスであっても良いし、異なるガスであっても良い。

【0096】

(第 2 の液体原料供給系)

ガス供給管 232e の気化器 270e よりも上流には、液体原料タンク 291e、液体流量制御装置 (LMFC) 295e、バルブ 293e が設けられている。気化器 270e 内への液体原料の供給量 (即ち、気化器 270e 内で気化され処理室 201 内へ供給される気化ガスの供給流量) は、LMFC 295e によって制御される。主に、ガス供給管 232e、LMFC 295e、バルブ 294e により、第 2 の液体原料供給系が構成される。なお、液体原料タンク 291e を第 2 の液体原料供給系に含めても良い。

【0097】

(第 2 のキャリアガス供給系)

気化器 270e には、キャリアガスとしての不活性ガスがガス供給管 232k から供給される。ガス供給管 232k には、バルブ 233k と MFC 235k が設けられている。気化器 270e で生成された気化ガスをキャリアガスで希釈することにより、ポート 217 に搭載されるウエハ 200 間の膜厚均一性等のウエハ 200 間におけるウエハ 200 の処理の均一性を調整することができる。主に、ガス供給管 232k、バルブ 233k、MFC 235k により、第 2 のキャリアガス供給系が構成される。

【0098】

上述のような構成とした場合、MFC 235e、235k、バルブ 233e、233k、294e、気化器 207e、LMFC 295e は上述の I/O ポート 280d にそれぞれ接続されており、CPU 280a は入出力装置 282 からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置 280c から読み出したプロセスレシピの内容に沿うように、MFC 235e、235k による各種ガスの流量調整動作、バルブ 233e、233k、294e の開閉動作、気化器 207e による液体原料の気化等を制御する。

【0099】

この様に、第 2 原料ガス供給系を設けることによって、原料ガスを 2 種類用いてウエハ 200 上に膜を形成することが可能となる。すなわち、第 1 の原料ガスとしての TEMAZ ガス、第 1 の反応ガスとしての O_3 ガスに加えて、第 2 の原料ガスとして例えばトリメチルアルミニウム (TMA、 $Al(CH_3)_3$) ガスを用いることにより、ジルコニウムアルミニウム酸化膜 (ZrAlO 膜) 等の三元系化合物を形成することが可能となる。または、二元系化合物に他の元素をドーピングすることができる。

【0100】

(実施例)

上述の第 1 の実施形態における装置構成およびシーケンスにより、ウエハ上に HfO 膜を形成して、 O_3 ガス流量に対するオゾナイザ (オゾン生成器) の限界値と、ガスタンクを用いて O_3 ガスを備蓄しつつオゾナイザから処理室へ O_3 ガスを供給した場合における処理室への O_3 ガス供給量を比較した。その比較した図を図 9 に示す。本実施例では、原料ガスとして TE MAH ガスを用い、反応ガスとして O_3 ガスを用いて、図 5 の成膜フローおよび図 6 のガス供給タイミングにより HfO 膜を形成した。

【0101】

S107 において、 $300\text{ g/N}\cdot\text{m}^3$ の濃度で、第 1 反応ガス供給管からの O_3 ガス供給量 (図 9 における「生成器」) を 10 s l m で 1 分間、処理室に供給する。その場合、 10 リットル以上のガスタンクを第 2 反応ガス供給管に設け、同様に 1 分間に 10 s l m を供給する。図 8 に示すように、一般的なオゾン生成器は、 O_3 ガス濃度と許容ガス流

10

20

30

40

50

量が反比例の関係にあり、高濃度の O_3 ガスを流す場合には小流量の O_3 ガスしか供給できなくなってしまうが、本実施例のようにガスタンクを用いることにより、2倍以上の流量の O_3 ガスを供給することが可能となる。

【0102】

上述の各実施形態や各変形例や各応用例等は、適宜組み合わせる用いることができる。さらに、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【0103】

上述の実施の形態では、一度に複数枚の基板を処理するバッチ式の縦型装置である基板処理装置を用いて成膜する例について説明したが、本発明はこれに限定されず、一度に1枚または数枚の基板を処理する枚葉式の基板処理装置を用いて成膜する場合にも、好適に適用できる。また、上述の実施形態では、ホットウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて成膜する例について説明したが、本発明はこれに限定されず、コールドウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて成膜する場合にも、好適に適用できる。

【0104】

また、本発明は、蒸気圧が低い原料であれば、TEMAZ以外のガス種にも適用可能である。例えば、テトラキスエチルメチルアミノジルコニウム(TEMAZ、 $Zr[N(CH_3)C_2H_5]_4$)、テトラキスジエチルアミノジルコニウム(TDEAZ、 $Zr[N(C_2H_5)_2]_4$)、テトラキスジメチルアミノジルコニウム(TDMAZ、 $Zr[N(CH_3)_2]_4$)、 $Zr(MeCp)(NMe_2)_3$ 、テトラキスエチルメチルアミノハフニウム(TEMAH、 $Hf[N(CH_3)C_2H_5]_4$)、テトラキスジエチルアミノハフニウム(TDEAH、 $Hf[N(C_2H_5)_2]_4$)、テトラキスジメチルアミノハフニウム(TDMAH、 $Hf[N(CH_3)_2]_4$)、トリメチルアルミニウム(TMA、 $Al(CH_3)_3$)、四塩化チタン($TiCl_4$)、トリスジメチルアミノシラン(TDMAS)、塩化タンタル($TaCl_5$)、Nickel Bis[N,N'-di-tert-butylacetamidinate](BDTBANi、 $Ni(tBu)_2-amd_2$)、 $(tBu)NC(CH_3)N(tBu)_2Ni$)、 $Co-amd[(tBu)NC(CH_3)N(tBu)_2Co]$ 、2,4-ジメチルペンタジエニル(エチルシクロペンタジエニル)ルテニウム(DER)等が好適に適用できる。

【0105】

また、上述の各実施形態では、反応ガスとして、酸化ガスである O_3 ガスを用いて酸化膜を形成する例について説明したが、本発明は、これに限らず、酸素(O_2)、水蒸気(H_2O)、過酸化水素(H_2O_2)、亜酸化窒素(N_2O)、 O_2 および水素(H_2)の組合せ、アンモニア(NH_3)、窒素(N_2)等の酸化ガスおよび窒化ガスが好適に適用できる。

【0106】

また、本発明は、蒸気圧が低い原料を用いる膜種であれば、ZrO膜以外の膜種にも適用可能である。例えば、上述の原料を用いて、ハフニウム酸化膜(HfO膜)、アルミニウム酸化膜(AlO膜)、チタン酸化膜(TiO膜)、ルテニウム酸化膜(RuO膜)、チタン窒化膜(TiN膜)、タンタル窒化膜(TaN膜)、コバルト膜(Co膜)、ニッケル膜(Ni膜)、ルテニウム膜(Ru膜)、等を成膜する場合に好適に適用される。また、これらの膜種を組み合わせたジルコニウムシリコン酸化膜(ZrSiO膜)、ハフニウムシリコン酸化膜(HfSiO膜)、ジルコニウムアルミニウム酸化膜(ZrAlO膜)、ハフニウムアルミニウム酸化膜(HfAlO膜)、チタン炭窒化膜(TiCN膜)、等の三元系化合物を成膜することができる。または、二元系化合物に他の元素をドーピングすることができる。

【0107】

また、不活性ガスとしては、 N_2 ガスの他、Arガス、Heガス、Neガス、Xeガス等の希ガスをを用いてもよい。

【0108】

また、本発明は、例えば、既存の基板処理装置のガス供給系を改造し、プロセスレシピを変更することでも実現できる。プロセスレシピを変更する場合は、本発明に係るプロセスレシピを電気通信回線や当該プロセスレシピを記録した記録媒体を介して既存の基板処理装置にインストールしたり、また、既存の基板処理装置の入出力装置を操作し、そのプロセスレシピ自体を本発明に係るプロセスレシピに変更したりすることも可能である。

【0109】

以上、本発明の種々の典型的な実施の形態として成膜技術について説明してきたが、本発明はそれらの実施の形態に限定されない。例えば、酸化膜や窒化膜、金属膜等の種々の膜を形成する成膜処理や、拡散処理、酸化処理、窒化処理、リソグラフィ処理等の他の基板処理を行う場合にも適用できる。また、本発明は、アニール処置装置の他、薄膜形成装置、エッチング装置、酸化処理装置、窒化処理装置、塗布装置、加熱装置等の他の基板処理装置にも適用できる。また、本発明は、これらの装置が混在していてもよい。従って、本発明の範囲は、次の特許請求の範囲によってのみ限定されるものである。

【0110】

(本発明の好ましい態様)

以下に、本発明の好ましい態様について付記する。

【0111】

(付記1)

本発明の好ましい一態様によれば、

基板を収容する処理室と、

原料ガスを前記基板に供給する原料ガス供給系と、

第1反応ガス供給管を介して反応ガスを前記基板に供給する第1反応ガス供給系と、
前記第1反応ガス供給管に接続された第2反応ガス供給管を介して前記反応ガスを前記基板に供給する第2反応ガス供給系であって、前記第2反応ガス供給管には前記反応ガスを溜めるガス溜め部が設けられ、該ガス溜め部を介して前記反応ガスを前記基板に供給する第2反応ガス供給系と、
前記原料ガス供給系、前記第1反応ガス供給系および前記第2反応ガス供給系を制御して、前記原料ガスを基板に供給する処理と、第1反応ガス供給管および前記第2反応ガス供給管から前記反応ガスを前記基板に供給する処理と、を行うよう構成される制御部と、
を有する基板処理装置が提供される。

【0112】

(付記2)

好ましくは、前記制御部は前記第1反応ガス供給系および前記第2反応ガス供給系を制御して、前記原料ガスを前記基板に供給する際、同時に前記ガス溜め部に前記反応ガスを溜めるよう構成される。

【0113】

(付記3)

好ましくは、前記第1反応ガス供給系は、さらに、前記第2反応ガス供給管との接続部より上流側の前記第1反応ガス供給管に設けられた反応ガス活性化装置を有し、

前記制御部は前記第1反応ガス供給系および前記第2反応ガス供給系を制御して、前記原料ガスを前記基板に供給する際に、前記反応ガス活性化装置から前記第2反応ガス供給管を介して前記反応ガスを前記ガス溜め部に溜めるよう構成される。

【0114】

(付記4)

好ましくは、

前記制御部は前記第1反応ガス供給系および前記第2反応ガス供給系を制御して、前記原料ガスを前記基板に供給する処理と、前記反応ガスを前記基板に供給する処理とを交互に複数回行うよう構成される。

【0115】

(付記5)

好ましくは、

前記第 2 反応ガス供給系は前記第 1 反応ガス供給系および前記第 2 反応ガス供給系を制御して、前記ガス溜め部に設けられた圧力計と、前記反応ガス活性化装置と前記ガス溜め部との間の前記第 2 反応ガス供給管に接続されたベントラインと、を有し、

前記制御部は、前記反応ガスを前記ガス溜め部に溜める際、前記圧力計の値が所定の値となった場合に前記反応ガスの前記ガス溜め部への供給を停止して前記反応ガスを前記ベントラインへ供給するよう構成される。

【 0 1 1 6 】

(付記 6)

好ましくは、前記反応ガスは、酸化ガスである。

10

【 0 1 1 7 】

(付記 7)

好ましくは、前記酸化ガスは、酸素ガスであり、反応ガス活性化装置はオゾナイザであり、前記反応ガス活性化装置を介して前記処理室に供給される酸化ガスはオゾンである。

【 0 1 1 8 】

(付記 8)

好ましくは、さらに、前記第 1 反応ガス供給管に接続され、第 3 反応ガス供給管を介して前記反応ガスを前記基板に供給する第 3 反応ガス供給系であって、前記第 3 反応ガス供給管には前記反応ガスを溜める第 2 ガス溜め部が設けられ、該第 2 ガス溜め部を介して前記反応ガスを前記基板に供給する第 3 反応ガス供給系を有し、

20

前記制御部は前記第 1 反応ガス供給系、前記第 2 反応ガス供給系および前記第 3 反応ガス供給系を制御して、前記反応ガスを前記基板に供給する際は、前記基板に第 1 反応ガス供給管、前記第 2 反応ガス供給管および前記第 3 反応ガス供給管から前記反応ガスを前記基板に供給するよう構成される。

【 0 1 1 9 】

(付記 9)

本発明の他の態様によれば、

基板を収容する処理室と、

前記処理室に接続され、前記処理室に収容された基板に反応ガスを供給する第 1 反応ガス供給ラインと、

30

前記第 1 反応ガス供給ラインの開閉を行う第 1 バルブと、

一端が前記第 1 バルブより上流側で前記第 1 反応ガス供給ラインに接続され、他端が前記処理室に接続され、前記処理室に収容された基板に反応ガスを供給する第 2 反応ガス供給ラインと、

前記第 2 反応ガス供給ラインに設けられたガス溜め部と、

前記第 1 反応ガス供給ラインと前記ガス溜め部の間に設けられ、前記第 2 反応ガス供給ラインの開閉を行う第 2 バルブと、

前記ガス溜め部と前記処理室の間に設けられ、前記第 2 反応ガス供給ラインの開閉を行う第 3 バルブと、

前記第 1 バルブ、前記第 2 バルブおよび前記第 3 バルブを制御して、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを閉じた状態で前記第 2 バルブを開けて前記反応ガスを前記ガス溜め部に溜め、処理室に収容した基板に前記反応ガスを供給する際は、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを開けて前記第 1 反応ガス供給ラインおよび前記第 2 反応ガス供給ラインから同時に前記反応ガスを前記基板に供給するよう構成される制御部と、

40

を有する基板処理装置が提供される。

【 0 1 2 0 】

(付記 1 0)

好ましくは、前記第 2 バルブを開けた状態で前記反応ガスを前記基板に供給する。

【 0 1 2 1 】

(付記 1 1)

50

好ましくは、前記第 2 バルブを閉じた状態で前記反応ガスを前記基板に供給する。

【 0 1 2 2 】

(付記 1 2)

好ましくは、前記処理室に収容された基板に原料ガスを供給する原料ガス供給ラインと

、
前記原料ガス供給ラインを開閉する第 4 バルブと、
を有し、

前記制御部は、前記第 1 バルブ、前記第 2 バルブ、前記第 3 バルブおよび前記第 4 バルブを制御して、前記第 1 バルブを閉じた状態で前記第 4 バルブを開けて前記原料ガス供給ラインから前記処理室に収容された基板に前記原料ガスを供給する処理と、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを閉じた状態で前記第 2 バルブを開けて前記反応ガスを前記ガス溜め部に溜める処理と、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを開けて前記第 1 反応ガス供給ラインおよび前記第 2 反応ガス供給ラインから同時に前記反応ガスを前記基板に供給する処理と、を行うよう構成される。

10

【 0 1 2 3 】

(付記 1 3)

好ましくは、前記制御部は、前記第 1 バルブ、前記第 2 バルブ、前記第 3 バルブおよび前記第 4 バルブを制御して、前記基板に前記原料ガスを供給する処理と前記反応ガスを前記ガス溜め部に溜める処理を同時に行うよう構成される。

【 0 1 2 4 】

(付記 1 4)

さらに他の態様によれば、
基板を収容する処理室と、

前記基板に反応ガスを供給する第 1 反応ガス供給系と、

前記第 1 反応ガス供給系に接続され、前記反応ガスを溜めるガスタンクを有し、前記基板に反応ガスを供給する第 2 反応ガス供給系と、

前記処理室内の基板に対して、前記ガスタンクに前記反応ガスを溜める処理と、前記基板に前記第 1 反応ガス供給系を介して前記反応ガスを供給するとともに、前記ガスタンクに溜められた前記反応ガスを前記第 2 反応ガス供給系を介して供給する処理と、を行うことにより、前記基板を処理するよう前記原料ガス供給系、前記第 1 反応ガス供給系および前記第 2 反応ガス供給系とを制御する制御部と、

30

を有する基板処理装置が提供される。

【 0 1 2 5 】

(付記 1 5)

さらに他の態様によれば、
基板を収容する処理室と、

前記基板に原料ガスを供給する原料ガス供給系と、

前記基板に反応ガスを供給する第 1 反応ガス供給系と、

前記第 1 反応ガス供給系に接続され、前記反応ガスを溜めるガスタンクを有し、前記基板に反応ガスを供給する第 2 反応ガス供給系と、

40

前記処理室内の基板に対して、前記原料ガスを供給する処理と、前記ガスタンクに前記反応ガスを溜める処理と、前記基板に前記第 1 反応ガス供給系を介して前記反応ガスを供給するとともに、前記ガスタンクに溜められた前記反応ガスを前記第 2 反応ガス供給系を介して供給する処理と、を行うことにより、前記基板上に膜を形成するよう前記原料ガス供給系、前記第 1 反応ガス供給系および前記第 2 反応ガス供給系とを制御する制御部と、

を有する基板処理装置が提供される。

【 0 1 2 6 】

(付記 1 6)

本発明の他の態様によれば、

処理室に収容された基板に原料ガスを供給する工程と、

50

第 1 反応ガス供給管およびガス溜め部が設けられた第 2 反応ガス供給管から同時に前記基板に反応ガスを供給する工程と、

前記ガス溜め部に前記反応ガスを溜める工程と、
を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【 0 1 2 7 】

(付 記 1 7)

好ましくは、前記原料ガスを供給する工程と、前記ガス溜め部に前記反応ガスを溜める工程とを同時に行う。

【 0 1 2 8 】

(付 記 1 8)

好ましくは、前記反応ガスを溜める工程では、前記反応ガスは前記第 1 反応ガス供給管に設けられた反応ガス活性化装置を介して前記ガス溜め部に前記反応ガスを溜める。

【 0 1 2 9 】

(付 記 1 9)

さらに他の態様によれば、
処理室に接続され反応ガスを供給する第 1 の反応ガス供給ラインに接続された第 2 の反応ガス供給ラインに設けられたガスタンクに前記反応ガスを溜める工程と、

前記処理室に収容された基板に、前記第 1 の反応ガス供給ラインを介して前記反応ガスを供給するとともに、前記ガスタンクに溜められた前記反応ガスを前記第 2 の反応ガス供給ラインを介して供給する工程と、

を行うことにより、前記基板を処理する工程を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【 0 1 3 0 】

(付 記 2 0)

さらに他の態様によれば、
処理室に収容された基板に原料ガスを供給する工程と、

前記処理室に接続され反応ガスを供給する第 1 反応ガス供給系に接続された第 2 反応ガス供給系に設けられたガスタンクに前記反応ガスを溜める工程と、

前記基板に、前記第 1 反応ガス供給系を介して前記反応ガスを供給するとともに、前記ガスタンクに溜められた前記反応ガスを前記第 2 の反応ガス供給ラインを介して供給する工程と、

を行うことにより、前記基板上に膜を形成する工程を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【 0 1 3 1 】

(付 記 2 1)

さらに他の態様によれば、

基板を収容する処理室にオゾンを提供するオゾン供給機構であって、
オゾン生成器で生成したオゾンをリアルタイムに前記処理室に供給する第 1 機構と、
前記処理室にオゾンを提供する時間以外で生成したオゾンを貯蔵する第 2 機構と、
前記第 1 機構と前記第 2 機構を制御して、前記処理室にオゾンを提供する際は、リアルタイムに生成したオゾンと貯蔵されたオゾンを同時に供給するよう構成される制御部と、
を有するオゾン供給機構が提供される。

【 0 1 3 2 】

(付 記 2 2)

さらに他の態様によれば、

反応ガスの活性化装置と、

当該活性化装置に接続され、当該活性化装置で活性化された反応ガスを基板に供給する第 1 ノズルと、

前記活性化装置に接続され、前記活性化された反応ガスを貯蔵するガスタンクを有し、ガスタンクから前記基板に反応ガスを供給する第 2 ノズルと、

を有する反応ガス供給系が提供される。

【0133】

(付記23)

さらに、本発明の他の態様によれば、
処理室に収容された基板に原料ガスを供給する手順と、

第1反応ガス供給管および第2反応ガス供給管から前記基板に反応ガスを供給する手順と、

前記第2反応ガス供給管に設けられたガス溜め部に前記反応ガスを溜める手順と、
をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。

【0134】

(付記24)

さらに、本発明の他の態様によれば、
処理室に収容された基板に原料ガスを供給する手順と、

第1反応ガス供給管および第2反応ガス供給管から前記基板に反応ガスを供給する手順と、

前記第2反応ガス供給管に設けられたガス溜め部に前記反応ガスを溜める手順と、
をコンピュータに実行させるプログラムが格納されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【0135】

(付記25)

さらに他の態様によれば、
第1反応ガス供給系とガスタンクを有する第2反応ガス供給系から前記基板に反応ガスを供給する手順と、

処理室に収容された基板に原料ガスを供給する手順と、

前記処理室に接続され反応ガスを供給する第1の反応ガス供給ラインに接続された第2の反応ガス供給ラインに設けられたガスタンクに前記反応ガスを溜める手順と、

前記基板に、前記第1の反応ガス供給ラインを介して前記反応ガスを供給するとともに、前記ガスタンクに溜められた前記反応ガスを前記第2の反応ガス供給ラインを介して供給する手順と、をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。

【0136】

(付記26)

さらに他の態様によれば、
第1反応ガス供給系とガスタンクを有する第2反応ガス供給系から前記基板に反応ガスを供給する手順と、

処理室に収容された基板に原料ガスを供給する手順と、

前記処理室に接続され反応ガスを供給する第1の反応ガス供給ラインに接続された第2の反応ガス供給ラインに設けられたガスタンクに前記反応ガスを溜める手順と、

前記基板に、前記第1の反応ガス供給ラインを介して前記反応ガスを供給するとともに、前記ガスタンクに溜められた前記反応ガスを前記第2の反応ガス供給ラインを介して供給する手順と、をコンピュータに実行させるプログラムが格納されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【符号の説明】

【0137】

200 ウエハ

201 処理室

202 処理炉

205 プロセスチューブ

220 オゾナイザ

232 a、232 b、232 c、232 d、232 e、232 f、232 g、232 h、

232 j、232 k ガス供給管

10

20

30

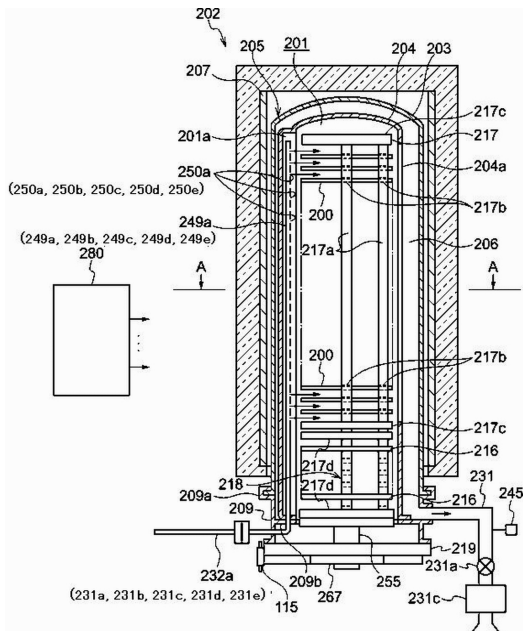
40

50

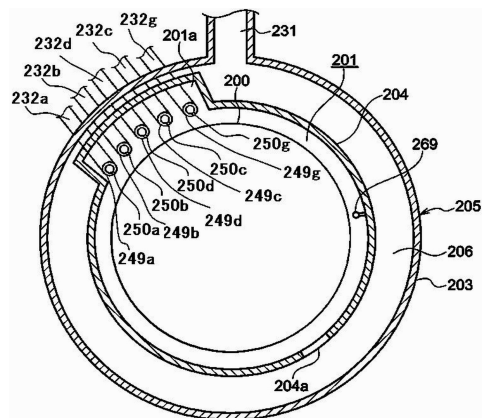
235 a、235 b、235 c、235 d、235 e、235 f、235 g マスフロー
 コントローラ
 295 d、295 e 液体マスフローコントローラ
 249 a、249 b、249 c、249 d、249 e、249 f、249 g ノズル
 269 温度センサ
 270 d、270 e 気化器
 280 コントローラ
 301 d、301 e ガスフィルタ
 245、604 c、604 f 圧力センサ
 603 c、603 f ガスタンク

10

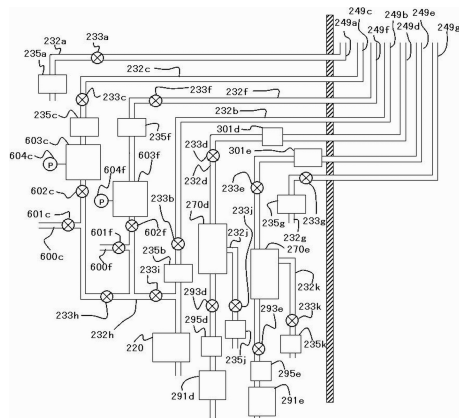
【図 1】



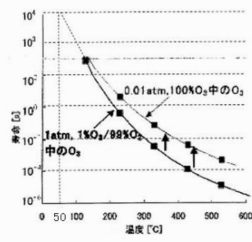
【図 2】



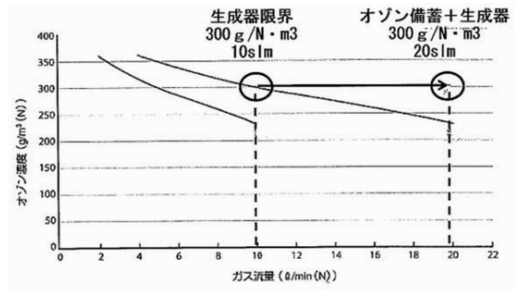
【図 3】



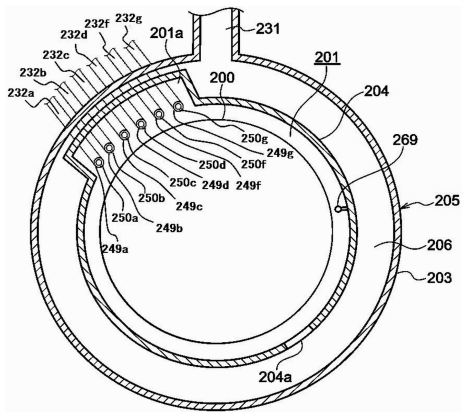
【図 8】



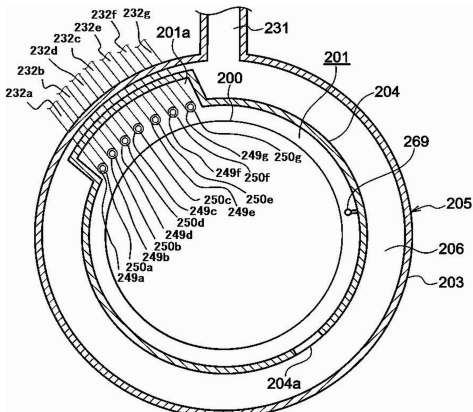
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-134466(JP,A)
特開2012-195564(JP,A)
特開平07-176519(JP,A)
特開2012-124255(JP,A)
特開2010-028095(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/31
H01L	21/316
C23C	16/40