

(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2010-28094

(P2010-28094A)

(43) 公開日 平成22年2月4日 (2010. 2. 4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 B	4 K O 3 O
C 2 3 C 16/448 (2006.01)	C 2 3 C 16/448	5 F O 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-114861 (P2009-114861)	(71) 出願人	000001122
(22) 出願日	平成21年5月11日 (2009. 5. 11)		株式会社日立国際電気
(31) 優先権主張番号	特願2008-156499 (P2008-156499)		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(32) 優先日	平成20年6月16日 (2008. 6. 16)	(74) 代理人	100090136
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 油井 透
		(74) 代理人	100091362
			弁理士 阿仁屋 節雄
		(74) 代理人	100105256
			弁理士 清野 仁
		(74) 代理人	100145872
			弁理士 福岡 昌浩
		(72) 発明者	竹林 雄二
			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

最終頁に続く

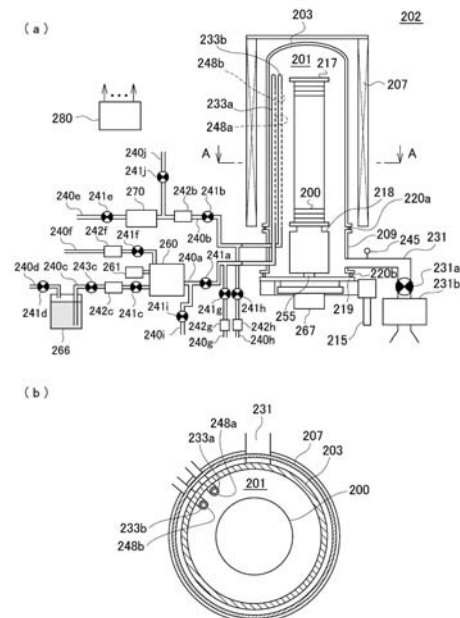
(54) 【発明の名称】 基板処理装置及び半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 気化器を分解することなく気化器内部における残留物の蓄積具合を把握し、気化器内部をメンテナンスすべきタイミングを事前に把握する。

【解決手段】 基板が収容される処理室と、気化空間を有し気化空間内に供給された液体原料を気化して気化ガスを生成する気化器と、気化空間内に液体原料を供給する液体原料供給ラインを有する液体原料供給系と、気化ガスを処理室内へ供給する気化ガス供給ラインを有する気化ガス供給系と、処理室内の雰囲気気を排気する排気系と、気化空間内の圧力を測定する圧力計と、気化空間内にキャリアガスを供給するキャリアガス供給ラインを有するキャリアガス供給系と、気化空間内へキャリアガスが供給されている時の圧力計の測定値に基づいて気化器の状態を判断する制御部と、を有する。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板が収容される処理室と、
気化空間を有し、該気化空間内に供給された液体原料を気化して気化ガスを生成する気化器と、
前記気化空間内に前記液体原料を供給する液体原料供給ラインを有する液体原料供給系と、
前記気化ガスを前記処理室内へ供給する気化ガス供給ラインを有する気化ガス供給系と、
前記処理室内の雰囲気気を排気する排気系と、
前記気化空間内の圧力を測定する圧力計と、
前記気化空間内にキャリアガスを供給するキャリアガス供給ラインを有するキャリアガス供給系と、
前記気化空間内へ前記キャリアガスが供給されている時の前記圧力計の測定値に基づいて前記気化器の状態を判断する制御部と、を有することを特徴とする基板処理装置。

10

【請求項 2】

前記気化器の状態を判断する時は、前記気化空間内に前記キャリアガスのみを供給することを特徴とする請求項 1 に記載の基板処理装置。

20

【請求項 3】

前記気化器と前記処理室との間である接続部にて前記液体原料供給ラインに接続される不活性ガス供給ラインと、
前記液体原料供給ラインにおける前記接続部と前記処理室との間に設置されるフィルタと、
前記不活性ガス供給ラインに設置される第 2 の圧力計と、を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の基板処理装置。

【請求項 4】

気化空間内に液体原料を供給して生成した気化ガスを処理室内に収容された基板へ供給する成膜工程と、
前記気化空間内に前記液体原料を供給せずにキャリアガスを供給する気化空間パージ工程と、
を交互に繰り返し、
前記繰り返される各気化空間パージ工程では、
前記気化空間内に同一流量の前記キャリアガスを供給しつつ、前記気化空間内の圧力を測定し、
前記圧力の測定値が所定の圧力値未満であれば前記気化器のメンテナンスが不要であると判断し、前記圧力の測定値が所定の圧力値以上であれば前記気化器のメンテナンスが必要であると判断することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

30

【請求項 5】

処理室内に基板を搬入する基板搬入工程と、
前記処理室内の圧力を減圧する減圧工程と、
前記基板の温度を昇温する昇温工程と、
気化空間内に液体原料を供給して生成した気化ガスを前記処理室内に収容された前記基板へ供給する成膜工程と、
前記処理室内の圧力を昇圧する昇圧工程と、
前記基板を前記処理室外へ搬出する基板搬出工程と、
前記気化空間内に前記液体原料を供給せずにキャリアガスを供給しつつ前記気化空間内の圧力を測定する圧力測定工程と、を有することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板を処理する基板処理装置、及び基板を処理する工程を有する半導体デバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、高密度化が進むDRAM等の半導体デバイスでは、ゲート絶縁膜やキャパシタ絶縁膜として、例えばハフニウム(Hf)元素やジルコニウム(Zr)元素を含む高誘電率膜(High-k膜)が用いられるようになってきた。例えば、1.6nmのHfO₂膜は、4.5nmのSiO₂膜と同程度の高い誘電率を得ることができるためである。Hf元素やZr元素を含む高誘電率膜を形成するには、例えば、Hf元素やZr元素を含むガスと、酸素(O)元素を含むガスとをシリコンウエハ等の基板上に交互に供給するALD(Atomic Layer Deposition)法等が広く用いられるようになってきた。

10

【0003】

Hf元素やZr元素を含むガスは、例えばTEMAH(Hf[N(CH₃)CH₂CH₃]₄:テトラキスメチルエチルアミノハフニウム)やTEMAZ(Zr[N(CH₃)CH₂CH₃]₄:テトラキスエチルメチルアミノジルコニウム)等の有機系化合物(液体原料)を気化器により気化させることにより生成していた。気化器は、所定の温度雰囲気

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

TEMAHやTEMAZといった有機系化合物(液体原料)は、気化器内部にて気化される際に炭素系化合物等を含む残留物を生じさせてしまう。かかる残留物は、半導体デバイスの製造歩留りを悪化させる一要因となり得る。例えば、気化を繰り返し行うことにより気化器内部に残留物が蓄積すると、気化器内部の詰まりを生じさせ、気化器内部の圧力を上昇させて気化不良を引き起こし、処理室内に供給されるガスの流量不足を招いてしまう場合がある。また、残留物は、ガスと共に処理室内に入り込み、基板処理の品質低下を引き起こす異物となり得る。従って、残留物の蓄積量が増えてきたら、気化器内部をメンテナンスする必要がある。

30

【0005】

しかしながら、従来の基板処理装置においては、気化器を分解することなく残留物の蓄積具合(詰まり具合)を把握することは困難であった。そのため、気化器内をメンテナンスすべきタイミングを逸してしまい、製造歩留まりが突然悪化してしまう場合があった。

【0006】

本発明は、気化器を分解することなく気化器内部における残留物の蓄積具合を把握することが可能であり、気化器内部をメンテナンスすべきタイミングを事前に把握することが容易な基板処理装置及び半導体デバイスの製造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】

本発明の一態様によれば、基板が収容される処理室と、気化空間を有し、該気化空間内に供給された液体原料を気化して気化ガスを生成する気化器と、前記気化空間内に前記液体原料を供給する液体原料供給ラインを有する液体原料供給系と、前記気化ガスを前記処理室内へ供給する気化ガス供給ラインを有する気化ガス供給系と、前記処理室内の雰囲気を排気する排気系と、前記気化空間内の圧力を測定する圧力計と、前記気化空間内にキャリアガスを供給するキャリアガス供給ラインを有するキャリアガス供給系と、前記気化空間内へ前記キャリアガスが供給されている時の前記圧力計の測定値に基づいて前記気化器

50

の状態を判断する制御部と、を有する基板処理装置が提供される。

【0008】

本発明の他の態様によれば、気化空間内に液体原料を供給して生成した気化ガスを処理室内に収容された基板へ供給する成膜工程と、前記気化空間内に前記液体原料を供給せずにキャリアガスを供給する気化空間パージ工程と、を交互に繰り返し、前記繰り返される各気化空間パージ工程では、前記気化空間内に同一流量の前記キャリアガスを供給しつつ、前記気化空間内の圧力を測定し、前記圧力の測定値が所定の圧力値未満であれば前記気化器のメンテナンスが不要であると判断し、前記圧力の測定値が所定の圧力値以上であれば前記気化器のメンテナンスが必要であると判断する半導体デバイスの製造方法が提供される。

10

【0009】

本発明の更に他の態様によれば、処理室内に基板を搬入する基板搬入工程と、前記処理室内の圧力を減圧する減圧工程と、前記基板の温度を昇温する昇温工程と、気化空間内に液体原料を供給して生成した気化ガスを前記処理室内に収容された前記基板へ供給する成膜工程と、前記処理室内の圧力を昇圧する昇圧工程と、前記基板を前記処理室外へ搬出する基板搬出工程と、前記気化空間内に前記液体原料を供給せずにキャリアガスを供給しつつ前記気化空間内の圧力を測定する圧力測定工程と、を有する半導体デバイスの製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0010】

20

本発明にかかる基板処理装置及び半導体デバイスの製造方法によれば、気化器を分解することなく気化器内部における残留物の蓄積具合を把握することが可能となり、気化器内部をメンテナンスすべきタイミングを事前に把握することが容易となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の一実施形態にかかる基板処理装置の概略構成図である。

【図2】本発明の一実施形態にかかる基板処理装置が備える処理炉の概略構成図であり、(a)は処理炉の縦断面概略図を、(b)は処理炉の横断面概略図をそれぞれ示している。

【図3】本発明の一実施形態にかかる基板処理装置が備える気化器の概略構成図である。

30

【図4】成膜工程と気化空間パージ工程とを交互に繰り返した時の気化空間内の圧力変化の様子を例示するグラフ図である。

【図5】気化空間内の圧力変化と気化器の状態との関係を例示するグラフ図である。

【図6】本発明の一実施形態としての基板処理工程を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

(1) 基板処理装置の構成

まず、本発明の一実施形態にかかる基板処理装置101の構成例について、図1を用いて説明する。

【0013】

40

図1に示すように、本実施形態にかかる基板処理装置101は筐体111を備えている。シリコン等からなるウエハ(基板)200を筐体111内外へ搬送するには、複数のウエハ200を収納するウエハキャリア(基板収納容器)としてのカセット110が使用される。筐体111内側の前方(図中の右側)には、カセットステージ(基板収納容器受渡し台)114が設けられている。カセット110は、図示しない工程内搬送装置によってカセットステージ114上に載置され、また、カセットステージ114上から筐体111外へ搬出されるように構成されている。

【0014】

カセット110は、工程内搬送装置によって、カセット110内のウエハ200が垂直姿勢となり、カセット110のウエハ出し入れ口が上方向を向くように、カセットステー

50

ジ 1 1 4 上に載置される。カセットステージ 1 1 4 は、カセット 1 1 0 を筐体 1 1 1 の後方に向けて縦方向に 90°回転させ、カセット 1 1 0 内のウエハ 2 0 0 を水平姿勢とさせ、カセット 1 1 0 のウエハ出し入れ口を筐体 1 1 1 内の後方を向かせることが可能なように構成されている。

【 0 0 1 5 】

筐体 1 1 1 内の前後方向の略中央部には、カセット棚（基板収納容器載置棚）1 0 5 が設置されている。カセット棚 1 0 5 には、複数段、複数列にて複数個のカセット 1 1 0 が保管されるように構成されている。カセット棚 1 0 5 には、後述するウエハ移載機構 1 2 5 の搬送対象となるカセット 1 1 0 が収納される移載棚 1 2 3 が設けられている。また、カセットステージ 1 1 4 の上方には、予備カセット棚 1 0 7 が設けられ、予備的にカセット 1 1 0 を保管するように構成されている。

10

【 0 0 1 6 】

カセットステージ 1 1 4 とカセット棚 1 0 5 との間には、カセット搬送装置（基板収納容器搬送装置）1 1 8 が設けられている。カセット搬送装置 1 1 8 は、カセット 1 1 0 を保持したまま昇降可能なカセットエレベータ（基板収納容器昇降機構）1 1 8 a と、カセット 1 1 0 を保持したまま水平移動可能な搬送機構としてのカセット搬送機構（基板収納容器搬送機構）1 1 8 b と、を備えている。これらカセットエレベータ 1 1 8 a とカセット搬送機構 1 1 8 b との連携動作により、カセットステージ 1 1 4、カセット棚 1 0 5、予備カセット棚 1 0 7、移載棚 1 2 3 の間で、カセット 1 1 0 を搬送するように構成されている。

20

【 0 0 1 7 】

カセット棚 1 0 5 の後方には、ウエハ移載機構（基板移載機構）1 2 5 が設けられている。ウエハ移載機構 1 2 5 は、ウエハ 2 0 0 を水平方向に回転ないし直動可能なウエハ移載装置（基板移載装置）1 2 5 a と、ウエハ移載装置 1 2 5 a を昇降させるウエハ移載装置エレベータ（基板移載装置昇降機構）1 2 5 b と、を備えている。なお、ウエハ移載装置 1 2 5 a は、ウエハ 2 0 0 を水平姿勢で保持するツイーザ（基板移載用治具）1 2 5 c を備えている。これらウエハ移載装置 1 2 5 a とウエハ移載装置エレベータ 1 2 5 b との連携動作により、ウエハ 2 0 0 を移載棚 1 2 3 上のカセット 1 1 0 内からピックアップして後述するポート（基板支持部材）2 1 7 へ装填（チャージング）したり、ウエハ 2 0 0 をポート 2 1 7 から脱装（ディスチャージング）して移載棚 1 2 3 上のカセット 1 1 0 内へ収納したりするように構成されている。

30

【 0 0 1 8 】

筐体 1 1 1 の後部上方には、処理炉 2 0 2 が設けられている。処理炉 2 0 2 の下端部には開口が設けられ、かかる開口は炉口シャッタ（炉口開閉機構）1 4 7 により開閉されるように構成されている。なお、処理炉 2 0 2 の構成については後述する。

【 0 0 1 9 】

処理炉 2 0 2 の下方には、ポート 2 1 7 を昇降させて処理炉 2 0 2 内外へ搬送する昇降機構としてのポートエレベータ（基板支持部材昇降機構）1 1 5 が設けられている。ポートエレベータ 1 1 5 の昇降台には、連結具としてのアーム 1 2 8 が設けられている。アーム 1 2 8 上には、ポート 2 1 7 を垂直に支持するとともに、ポートエレベータ 1 1 5 によりポート 2 1 7 が上昇したときに処理炉 2 0 2 の下端部を気密に閉塞する蓋体としてのシールキャップ 2 1 9 が水平姿勢で設けられている。

40

【 0 0 2 0 】

ポート 2 1 7 は複数本の保持部材を備えており、複数枚（例えば、50枚～150枚程度）のウエハ 2 0 0 を、水平姿勢で、かつその中心を揃えた状態で垂直方向に整列させて多段に保持するように構成されている。ポート 2 1 7 の詳細な構成については後述する。

【 0 0 2 1 】

カセット棚 1 0 5 の上方には、供給ファンと防塵フィルタとを備えたクリーンユニット 1 3 4 a が設けられている。クリーンユニット 1 3 4 a は、清浄化した雰囲気であるクリーンエアを筐体 1 1 1 の内部に流通させるように構成されている。

50

【 0 0 2 2 】

また、ウエハ移載装置エレベータ 1 2 5 b およびポートエレベータ 1 1 5 側と反対側である筐体 1 1 1 の左側端部には、クリーンエアを供給するよう供給ファンと防塵フィルタとを備えたクリーンユニット（図示せず）が設置されている。図示しない前記クリーンユニットから吹き出されたクリーンエアは、ウエハ移載装置 1 2 5 a 及びポート 2 1 7 の周囲を流通した後に、図示しない排気装置に吸い込まれて、筐体 1 1 1 の外部に排気されるように構成されている。

【 0 0 2 3 】

(2) 基板処理装置の動作

次に、本実施形態にかかる基板処理装置 1 0 1 の動作について説明する。

10

【 0 0 2 4 】

まず、カセット 1 1 0 が、図示しない工程内搬送装置によって、ウエハ 2 0 0 が垂直姿勢となりカセット 1 1 0 のウエハ出し入れ口が上方向を向くように、カセットステージ 1 1 4 上に載置される。その後、カセット 1 1 0 は、カセットステージ 1 1 4 によって、筐体 1 1 1 の後方に向けて縦方向に 9 0 ° 回転させられる。その結果、カセット 1 1 0 内のウエハ 2 0 0 は水平姿勢となり、カセット 1 1 0 のウエハ出し入れ口は筐体 1 1 1 内の後方を向く。

【 0 0 2 5 】

カセット 1 1 0 は、カセット搬送装置 1 1 8 によって、カセット棚 1 0 5 ないし予備カセット棚 1 0 7 の指定された棚位置へ自動的に搬送されて受け渡されて一時的に保管された後、カセット棚 1 0 5 又は予備カセット棚 1 0 7 から移載棚 1 2 3 に移載されるか、もしくは直接移載棚 1 2 3 に搬送される。

20

【 0 0 2 6 】

カセット 1 1 0 が移載棚 1 2 3 に移載されると、ウエハ 2 0 0 は、ウエハ移載装置 1 2 5 a のツイーザ 1 2 5 c によって、ウエハ出し入れ口を通じてカセット 1 1 0 からピックアップされ、ウエハ移載装置 1 2 5 a とウエハ移載装置エレベータ 1 2 5 b との連続動作によって移載室 1 2 4 の後方にあるポート 2 1 7 に装填（チャージング）される。ポート 2 1 7 にウエハ 2 0 0 を受け渡したウエハ移載機構 1 2 5 は、カセット 1 1 0 に戻り、次のウエハ 2 0 0 をポート 2 1 7 に装填する。

【 0 0 2 7 】

30

予め指定された枚数のウエハ 2 0 0 がポート 2 1 7 に装填されると、炉口シャッタ 1 4 7 によって閉じられていた処理炉 2 0 2 の下端部が、炉口シャッタ 1 4 7 によって開放される。続いて、シールキャップ 2 1 9 がポートエレベータ 1 1 5 によって上昇されることにより、ウエハ 2 0 0 群を保持したポート 2 1 7 が処理炉 2 0 2 内へ搬入（ローディング）される。ローディング後は、処理炉 2 0 2 にてウエハ 2 0 0 に任意の処理が実施される。かかる処理については後述する。処理後は、ウエハ 2 0 0 およびカセット 1 1 0 は、上述の手順とは逆の手順で筐体 1 1 1 の外部へ払出される。

【 0 0 2 8 】

(3) 処理炉の構成

40

続いて、本発明の一実施形態にかかる処理炉 2 0 2 の構成について、図面を参照しながら説明する。図 2 は、本発明の一実施形態にかかる基板処理装置が備える処理炉 2 0 2 の概略構成図であり、(a) は処理炉の縦断面概略図を、(b) は図 2 (a) に示す処理炉 2 0 2 の横断面概略図をそれぞれ示している。図 3 は、本発明の一実施形態にかかる基板処理装置が備える気化器の概略構成図である。

【 0 0 2 9 】

(処理室)

本発明の一実施形態にかかる処理炉 2 0 2 は、反応管 2 0 3 とマニホールド 2 0 9 とを有している。反応管 2 0 3 は、例えば石英 (SiO_2) や炭化珪素 (SiC) 等の耐熱性を有する非金属材料から構成され、上端部が閉塞され、下端部が開放された円筒形状となっている。マニホールド 2 0 9 は、例えば SUS 等の金属材料から構成され、上端部及び

50

下端部が開放された円筒形状となっている。反応管 203 は、マニホールド 209 により下端部側から縦向きに支持されている。反応管 203 とマニホールド 209 とは、同心円状に配置されている。マニホールド 209 の下端部は、上述したポートエレベータ 115 が上昇した際に、シールキャップ 219 により気密に封止されるように構成されている。マニホールド 209 の下端部とシールキャップ 219 との間には、処理室 201 内を気密に封止するリングなどの封止部材 220 が設けられている。

【0030】

反応管 203 及びマニホールド 209 の内部には、基板としてのウエハ 200 が収容される処理室 201 が形成されている。処理室 201 内には、基板保持具としてのポート 217 が下方から挿入されるように構成されている。反応管 203 及びマニホールド 209 の内径は、ウエハ 200 を装填したポート 217 の最大外形よりも大きくなるように構成されている。

10

【0031】

ポート 217 は、複数枚（例えば 75 枚から 100 枚）のウエハ 200 を、略水平状態で所定の隙間（基板ピッチ間隔）をもって多段に保持するように構成されている。ポート 217 は、ポート 217 からの熱伝導を遮断する断熱キャップ 218 上に搭載されている。断熱キャップ 218 は、回転軸 255 により下方から支持されている。回転軸 255 は、処理室 201 内の気密を保持しつつ、シールキャップ 219 の中心部を貫通するように設けられている。シールキャップ 219 の下方には、回転軸 255 を回転させる回転機構 267 が設けられている。回転機構 267 により回転軸 255 を回転させることにより、処理室 201 内の気密を保持したまま、複数のウエハ 200 を搭載したポート 217 を回転させることが出来るように構成されている。

20

【0032】

反応管 203 の外周には、反応管 203 と同心円状に加熱手段（加熱機構）としてのヒータ 207 が設けられている。ヒータ 207 は円筒形状であり、保持板としてのヒータベース（図示せず）に支持されることにより垂直に据え付けられている。

【0033】

（気化ガス供給系）

マニホールド 209 には、気化ガス導入部としての気化ガスノズル 233a が設けられている。気化ガスノズル 233a は、垂直部と水平部とを有する L 字形状に構成されている。気化ガスノズル 233a の垂直部は、反応管 203 の内壁を沿うように鉛直方向に配設されている。気化ガスノズル 233a の垂直部側面には、気化ガス供給孔 248a が鉛直方向に複数設けられている。気化ガス供給孔 248a の開口径は、それぞれ下部から上部にわたって同一とされていてもよく、下部から上部にわたって徐々に大きくされていてもよい。気化ガスノズル 233a の水平部は、マニホールド 209 の側壁を貫通するように設けられている。

30

【0034】

マニホールド 209 の側壁から突出した気化ガスノズル 233a の水平端部（上流側）には、気化ガスを処理室 201 内へ供給する気化ガス供給系としての気化ガス供給管 240a が接続されている。気化ガス供給系としての気化ガス供給管 240a の上流側には、気化器 260 が接続されている。図 3 に示すように、気化器 260 は圧力容器 262 を備えている。圧力容器 262 の内部には、所定の温度雰囲気に加熱される気化空間 261 が形成されている。気化空間 261 内には液体原料が供給されるように構成されている。圧力容器 262 の外周には、気化空間 261 を加熱する通電加熱ヒータ 264 が設けられている。通電加熱ヒータ 264 により気化空間 261 が所定の温度雰囲気に加熱されると、気化空間 261 内に供給された液体原料が気化されて、気化ガス（原料ガス）が生成されるように構成されている。気化ガス供給管 240a には開閉バルブ 241a が設けられている。開閉バルブ 241a を開けることにより、気化器 260 にて生成された気化ガスが処理室 201 内へ供給されるように構成されている。なお、圧力容器 262 と気化ガス供給管 240a との接続箇所 262d には、液体の通過を抑制しつつガスの通過のみを許容

40

50

する液体フィルタ 2 6 0 f が設けられている。

【 0 0 3 5 】

主に、気化ガスノズル 2 3 3 a、気化ガス供給管 2 4 0 a、気化器 2 6 0、圧力容器 2 6 2、気化空間 2 6 1、通電加熱ヒータ 2 6 4、開閉バルブ 2 4 1 a、接続箇所 2 6 2 d、液体フィルタ 2 6 0 f により、本実施形態に係る気化ガス供給系が構成されている。

【 0 0 3 6 】

(液体原料供給系及びキャリアガス供給系)

気化器 2 6 0 の上流側には、気化空間 2 6 1 内に液体原料を供給する液体原料供給ラインとしての液体原料供給管 2 4 0 c と、気化空間 2 6 1 内にキャリアガスを供給するキャリアガス供給ラインとしてのキャリアガス供給管 2 4 0 f と、気化空間 2 6 1 内の圧力を測定する圧力計 2 6 3 と、がそれぞれ接続されている。圧力容器 2 6 2 と液体原料供給管 2 4 0 c との接続箇所には液体原料供給ポート 2 6 2 a が構成されており、圧力容器 2 6 2 とキャリアガス供給管 2 4 0 f との接続箇所にはキャリア供給ポート 2 6 2 b が構成されており、圧力容器 2 6 2 と圧力計 2 6 3 との接続箇所には圧力計接続ポート 2 6 2 c が構成されている。

10

【 0 0 3 7 】

なお、圧力計接続ポート 2 6 2 c は、圧力計接続ポート 2 6 2 c 内に液体原料が侵入しにくい位置に配置することが好ましく、また、液体原料が気化しにくい低温部に配置することが好ましい。すなわち、圧力計 2 6 3 は、液体原料が熱分解する領域に隣接した空間の圧力を測定するように構成されていることが好ましい。例えば、圧力計接続ポート 2 6 2 c は、液体原料供給ポート 2 6 2 a とキャリア供給ポート 2 6 2 b との間であって、キャリア供給ポート 2 6 2 b の近傍に設けられることが好ましい。圧力計 2 6 3 に原料成分(液体原料や気化ガス)が付着して、正確かつ安定した圧力測定が阻害されてしまうことを抑制するためである。

20

【 0 0 3 8 】

液体原料供給ラインとしての液体原料供給管 2 4 0 c の上流側は、液体原料としての T E M A H や T E M A Z 等の有機系化合物を貯留する液体原料供給タンク 2 6 6 に接続されている。液体原料供給管 2 4 0 c の上流側端部は、液体原料供給タンク 2 6 6 内に貯留された液体原料内に浸されている。液体原料供給管 2 4 0 c には、上流側から順に、開閉バルブ 2 4 3 c、液体流量コントローラ (L M F C) 2 4 2 c、開閉バルブ 2 4 1 c が設けられている。液体原料供給タンク 2 6 6 の上面部には、H e ガス等の不活性ガスを供給する圧送ガス供給管 2 4 0 d が接続されている。圧送ガス供給管 2 4 0 d の上流側は、圧送ガスとしての H e ガス等の不活性ガスを供給する図示しない圧送ガス供給源に接続されている。圧送ガス供給管 2 4 0 d には、開閉バルブ 2 4 1 d が設けられている。開閉バルブ 2 4 1 d を開けることにより液体原料供給タンク 2 6 6 内に圧送ガスが供給され、さらに開閉バルブ 2 4 3 c、開閉バルブ 2 4 1 c を開けることにより、液体原料供給タンク 2 6 6 内の液体原料が気化空間 2 6 1 内へと圧送(供給)されるように構成されている。なお、気化空間 2 6 1 内への液体原料の供給流量(すなわち、気化空間 2 6 1 内で生成され処理室 2 0 1 内へ供給される気化ガスの流量)は、液体流量コントローラ 2 4 2 c によって制御可能なように構成されている。

30

40

【 0 0 3 9 】

キャリアガス供給ラインとしてのキャリアガス供給管 2 4 0 f の上流側は、キャリアガスとしてのヘリウム (H e)、ネオン (N e)、アルゴン (A r)、窒素 (N₂) 等の不活性ガスを供給する図示しないキャリアガス供給源に接続されている。キャリアガス供給管 2 4 0 f には、上流から順に、流量コントローラ (M F C) 2 4 2 f、開閉バルブ 2 4 1 f が設けられている。開閉バルブ 2 4 1 f 及び開閉バルブ 2 4 1 a を開けることにより気化空間 2 6 1 内にキャリアガスが供給され、気化ガスとキャリアガスとの混合ガスが気化ガス供給管 2 4 0 a を介して処理室 2 0 1 内に供給されるように構成されている。気化空間 2 6 1 内にキャリアガスを供給することにより、気化ガスの気化空間 2 6 1 内からの排出及び処理室 2 0 1 内への供給を促すことが可能となる。気化空間 2 6 1 内へのキャリ

50

アガスの供給流量（すなわち、処理室 201 内へのキャリアガスの供給流量）は、流量コントローラ 242 f によって制御可能なように構成されている。なお、本実施形態においては、気化空間 261 内に液体原料を供給していない時（気化ガスを生成していない時）であっても、気化空間 261 内に常に一定量のキャリアガスを供給し続けることができるように構成されている。

【0040】

主に、液体原料供給管 240 c、液体原料供給タンク 266、開閉バルブ 243 c、液体流量コントローラ（LMFC）242 c、開閉バルブ 241 c 圧送ガス供給管 240 d、開閉バルブ 241 d、液体原料供給ポート 262 a により、本実施形態に係る液体原料供給系が構成されている。また、主に、キャリアガス供給管 240 f、流量コントローラ（MFC）242 f、開閉バルブ 241 f、図示しないキャリアガス供給源、キャリア供給ポート 262 b により、本実施形態に係るキャリアガス供給系が構成されている。

10

【0041】

（反応ガス供給系）

マニホールド 209 には、反応ガス導入部としての反応ガスノズル 233 b が設けられている。反応ガスノズル 233 b は、垂直部と水平部とを有する L 字形状に構成されている。反応ガスノズル 233 b の垂直部は、反応管 203 の内壁を沿うように鉛直方向に配設されている。反応ガスノズル 233 b の垂直部側面には、反応ガス供給孔 248 b が鉛直方向に複数設けられている。反応ガス供給孔 248 b の開口径は、それぞれ下部から上部にわたって同一とされていてもよく、下部から上部にわたって徐々に大きくされていてもよい。反応ガスノズル 233 b の水平部は、マニホールド 209 の側壁を貫通するように設けられている。

20

【0042】

マニホールド 209 の側壁から突出した反応ガスノズル 233 b の水平端部（上流側）には、反応ガスを処理室 201 内へ供給する反応ガス供給系としての反応ガス供給管 240 b が接続されている。反応ガス供給系としての反応ガス供給管 240 b の上流側には、反応ガスとしてのオゾン（ O_3 ）ガス（酸化ガス）を生成するオゾナイザ 270 が接続されている。反応ガス供給管 240 b には、上流から順に、流量コントローラ（MFC）242 b、開閉バルブ 241 b が設けられている。オゾナイザ 270 には、酸素ガス供給管 240 e が接続されている。酸素ガス供給管 240 e の上流側は、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。酸素ガス供給管 240 e には開閉バルブ 241 e が設けられている。開閉バルブ 241 e を開けることによりオゾナイザ 270 に酸素ガスが供給され、開閉バルブ 241 b を開けることによりオゾナイザ 270 にて生成されオゾンガスが反応ガス供給管 240 b を介して処理室 201 内へ供給されるように構成されている。なお、処理室 201 内へのオゾンガスの供給流量は、流量コントローラ 242 b によって制御することが可能なように構成されている。

30

【0043】

主に、反応ガスノズル 233 b、反応ガス供給管 240 b、オゾナイザ 270、流量コントローラ（MFC）242 b、開閉バルブ 241、酸素ガス供給管 240 e、図示しない酸素ガス供給源、開閉バルブ 241 e により、本実施形態に係る反応ガス供給系が構成されている。

40

【0044】

（ベント管）

気化ガス供給管 240 a における気化器 260 と開閉バルブ 241 a との間には、気化ガスベント管 240 i の上流側が接続されている。気化ガスベント管 240 i の下流側は、後述する排気管 231 の下流側（後述する APC バルブ 231 a と真空ポンプ 231 b との間）に接続されている。気化ガスベント管 240 i には開閉バルブ 241 i が設けられている。開閉バルブ 241 a を閉め、開閉バルブ 241 i を開けることにより、気化器 260 における気化ガスの生成を継続したまま、処理室 201 内への気化ガスの供給を停止することが可能なように構成されている。気化ガスを安定して生成するには所定の時間

50

を要するが、開閉バルブ 2 4 1 a、開閉バルブ 2 4 1 i の切り替え動作によって、処理室 2 0 1 内への気化ガスの供給・停止をごく短時間で切り替えることが可能なように構成されている。

【 0 0 4 5 】

同様に、反応ガス供給管 2 4 0 b におけるオゾナイザ 2 7 0 と流量コントローラ 2 4 2 b との間には、反応ガスベント管 2 4 0 j の上流側が接続されている。反応ガスベント管 2 4 0 j の下流側は、排気管 2 3 1 の下流側 (A P C バルブ 2 3 1 a と真空ポンプ 2 3 1 b との間) に接続されている。反応ガスベント管 2 4 0 j には開閉バルブ 2 4 1 j が設けられている。開閉バルブ 2 4 1 b を閉め、開閉バルブ 2 4 1 j を開けることにより、オゾナイザ 2 7 0 によるオゾンガスの生成を継続したまま、処理室 2 0 1 内へのオゾンガスの供給を停止することが可能なように構成されている。オゾンガスを安定して生成するには所定の時間を要するが、開閉バルブ 2 4 1 b、開閉バルブ 2 4 1 j の切り替え動作によって、処理室 2 0 1 内へのオゾンガスの供給・停止をごく短時間で切り替えることが可能なように構成されている。

10

【 0 0 4 6 】

(パージガス供給管)

気化ガス供給管 2 4 0 a における開閉バルブ 2 4 1 a の下流側には、第 1 パージガス管 2 4 0 g の下流側が接続されている。第 1 パージガス管 2 4 0 g には、上流側から順に、 N_2 ガス等の不活性ガスを供給する図示しないパージガス供給源、流量コントローラ (M F C) 2 4 2 g、開閉バルブ 2 4 1 g が設けられている。開閉バルブ 2 4 1 a を閉め、開閉バルブ 2 4 1 i 及び開閉バルブ 2 4 1 g を開けることにより、気化ガスの生成を継続したまま処理室 2 0 1 内への気化ガスの供給を停止すると共に、処理室 2 0 1 内へのパージガスの供給を開始することが可能なように構成されている。処理室 2 0 1 内へパージガスを供給することにより、処理室 2 0 1 内からの気化ガスの排出を促すことが可能となる。

20

【 0 0 4 7 】

同様に、反応ガス供給管 2 4 0 b における開閉バルブ 2 4 1 b の下流側には、第 2 パージガス管 2 4 0 h の下流側が接続されている。第 2 パージガス管 2 4 0 h には、上流側から順に、 N_2 ガス等の不活性ガスを供給する図示しないパージガス供給源、流量コントローラ (M F C) 2 4 2 h、開閉バルブ 2 4 1 h が設けられている。開閉バルブ 2 4 1 b を閉め、開閉バルブ 2 4 1 j 及び開閉バルブ 2 4 1 h を開けることにより、処理室 2 0 1 内へのオゾンガスの供給を停止すると共に、オゾンガスの生成を継続したまま処理室 2 0 1 内へのパージガスの供給を開始することが可能なように構成されている。処理室 2 0 1 内へパージガスを供給することにより、処理室 2 0 1 内からのオゾンガスの排出を促すことが可能となる。

30

【 0 0 4 8 】

(排気系)

マニホールド 2 0 9 の側壁には、処理室 2 0 1 内の雰囲気気を排気する排気系としての排気管 2 3 1 が接続されている。排気管 2 3 1 には、上流側から順に、圧力検出器としての圧力センサ 2 4 5、圧力調整器としての A P C (A u t o P r e s s u r e C o n t r o l l e r) バルブ 2 3 1 a、真空排気装置としての真空ポンプ 2 3 1 b が設けられている。真空ポンプ 2 3 1 b を作動させつつ、A P C バルブ 2 4 2 の開閉弁の開度を調整することにより、処理室 2 0 1 内を所望の圧力とすることが可能なように構成されている。

40

【 0 0 4 9 】

主に、排気管 2 3 1、圧力センサ 2 4 5、A P C バルブ 2 3 1 a、真空ポンプ 2 3 1 b により、本実施形態に係る排気系が構成されている。

【 0 0 5 0 】

(シールキャップ)

マニホールド 2 0 9 の下方には、マニホールド 2 0 9 の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ 2 1 9 が設けられている。シールキャップ 2 1 9 は、マニホールド 2 0 9 の下端に垂直方向下側から当接されるようになっている。シールキャップ

50

219は、例えばステンレス等の金属からなり、円盤状に形成されている。シールキャップ219の上面には、マニホールド209の下端と当接するシール部材としてのリング220bが設けられている。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が設置されている。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おり、回転機構267を作動させることでウエハ200を回転させることが可能のように構成されている。シールキャップ219は、反応管203の外部に垂直に配置された昇降機構としてのポートエレベータ215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。

【0051】

(コントローラ)

制御部(制御手段)であるコントローラ280は、ヒータ207、APCバルブ231a、真空ポンプ231b、回転機構267、ポートエレベータ215、通電加熱ヒータ264、開閉バルブ241a, 241b, 242c, 243c, 241d, 241e, 241f, 241g, 241h, 241i, 241j、液体流量コントローラ242c、流量コントローラ242b, 242f, 242g, 242h等に接続されている。コントローラ280により、ヒータ207の温度調整動作、APCバルブ231aの開閉及び圧力調整動作、真空ポンプ231bの起動・停止、回転機構267の回転速度調節、ポートエレベータ215の昇降動作、開閉バルブ241a, 241b, 242c, 243c, 241d, 241e, 241f, 241g, 241h, 241i, 241jの開閉動作、液体流量コントローラ242c、流量コントローラ242b, 242f, 242g, 242hの流量調整等の制御が行われる。

【0052】

また、コントローラ280は、圧力計263に接続され、圧力計263から気化空間261内の圧力の測定値を受信することができるよう構成されている。また、コントローラ280は、後述する気化空間パージ工程(S60)において、気化空間261内に常に同一流量のキャリアガスを供給するように流量コントローラ242fを制御するように構成されている。また、コントローラ280は、圧力計263から測定値を受信し、受信した測定値が所定の圧力値未満であれば気化器260のメンテナンスが不要であると判断し、受信した測定値が所定の圧力値以上であれば気化器260のメンテナンスが必要であると判断するように構成されている。かかる動作については後述する。

【0053】

(4) 基板処理工程

続いて、本発明の一実施形態としての基板処理工程について、図6を参照しながら説明する。図6は、本発明の一実施形態としての基板処理工程を示すフロー図である。なお、本実施形態は、CVD(Chemical Vapor Deposition)法の中の1つであるALD法を用いてウエハ200の表面に高誘電率膜を成膜する方法であり、半導体デバイスの製造工程の一工程として実施される。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。

【0054】

(基板搬入工程(S10))

まず、複数枚のウエハ200をポート217に装填(ウエハチャージ)する。そして、複数枚のウエハ200を保持したポート217を、ポートエレベータ215によって持ち上げて処理室201内に搬入(ポートローディング)する。この状態で、シールキャップ219はリング220bを介してマニホールド209の下端をシールした状態となる。基板搬入工程(S10)においては、開閉バルブ241g、開閉バルブ241hを開けて、処理室201内にパージガスを供給し続けることが好ましい。

【0055】

(減圧及び昇温工程(S20))

続いて、開閉バルブ241g、開閉バルブ241hを閉め、処理室201内が所望の圧

10

20

30

40

50

力（真空度）となるように、処理室 201 内を真空ポンプ 231b により排気する（S20）。この際、処理室 201 内の圧力を圧力センサ 245 で測定して、この測定された圧力に基づき、APC バルブ 231a の開度をフィードバック制御する。また、処理室 201 内が所望の温度となるように、ヒータ 207 によって加熱する（S20）。この際、処理室 201 内が所望の温度分布となるように、温度センサが検出した温度情報に基づきヒータ 207 への通電具合をフィードバック制御する。そして、回転機構 267 によりポート 217 を回転させ、ウエハ 200 を回転させる。

【0056】

（成膜工程（S30））

続いて、成膜工程（S30）を実施する。成膜工程（S30）では、ウエハ 200 上に気化ガスを供給する工程（S31）と、処理室 201 内をパージする工程（S32）と、ウエハ 200 上に反応ガスを供給する工程（S33）と、処理室 201 内をパージする工程（S34）と、を 1 サイクルとしてこのサイクルを所定回数繰り返す。

10

【0057】

気化ガスを供給する工程（S31）では、開閉バルブ 241d を開けて、液体原料供給タンク 266 内に圧送ガスを供給する。そして、開閉バルブ 243c、241c を開け、液体原料供給タンク 266 内の液体原料（TEMAH や TE MA Z 等の有機系化合物）を気化空間 261 内へと圧送（供給）する。そして、通電加熱ヒータ 264 により気化空間 261 が所定の温度雰囲気（例えば 120 から 150 ）になるように加熱し、気化空間 261 内に供給された液体原料を気化させて気化ガス（原料ガス）を生成する。また、開閉バルブ 241f を開けて気化空間 261 内にキャリアガスを供給する。気化ガスが安定して生成されるまでは、開閉バルブ 241a を閉め、開閉バルブ 241i を開けて、気化ガスとキャリアガスとの混合ガスを気化ガスベント管 240i から排出しておく。気化ガスが安定して生成されるようになったら、開閉バルブ 241i を閉め、開閉バルブ 241a を開けて、気化ガスとキャリアガスとの混合ガスを処理室 201 内へと供給する。その結果、積層されたウエハ 200 間に混合ガスが供給され、ウエハ 200 の表面に気化ガスのガス分子が吸着する。混合ガスの供給を所定時間継続したら、開閉バルブ 241a を閉め、開閉バルブ 241i を開けて、気化ガスの生成を継続したまま処理室 201 内への混合ガスの供給を停止する。

20

【0058】

処理室 201 内をパージする工程（S32）では、開閉バルブ 241g を開けて処理室 201 内へパージガスを供給し、処理室 201 内からの気化ガスの排出を促す。処理室 201 内の雰囲気がパージガスに置換されたら、開閉バルブ 241g を閉めて処理室 201 内へのパージガスの供給を停止する。

30

【0059】

ウエハ 200 上に反応ガスを供給する工程（S33）では、開閉バルブ 241e を開けてオゾナイザ 270 に酸素ガスを供給し、反応ガスとしてのオゾンガスを生成する。反応ガスが安定して生成されるまでは、開閉バルブ 241b を閉め、開閉バルブ 241j を開けて、反応ガスを反応ガスベント管 240j から排出しておく。反応ガスが安定して生成されるようになったら、開閉バルブ 241j を閉め、開閉バルブ 241b を開けて、反応ガスを処理室 201 内へ供給する。その結果、積層されたウエハ 200 間に反応ガスが供給され、ウエハ 200 の表面に吸着している気化ガスのガス分子と反応ガスとが化学反応し、ウエハ 200 の表面に 1 原子層から数原子層の H f 元素や Z r 元素を含む高誘電率膜（H i g h - k 膜）が生成される。反応ガスの供給を所定時間継続したら、開閉バルブ 241b を閉め、開閉バルブ 241j を開けて、反応ガスの生成を継続したまま処理室 201 内への反応ガスの供給を停止する。

40

【0060】

処理室 201 内をパージする工程（S34）では、開閉バルブ 241h を開けて処理室 201 内へパージガスを供給し、処理室 201 内からの反応ガス及び反応生成物の排出を促す。処理室 201 内の雰囲気がパージガスに置換されたら、開閉バルブ 241h を閉め

50

て処理室 201 内へのパージガスの供給を停止する。

【0061】

以上、ウエハ 200 上に気化ガスを供給する工程 (S31) ~ 処理室 201 内をパージする工程 (S34) を 1 サイクルとして、このサイクルを所定回数繰り返すことにより、ウエハ 200 上に所望の厚さの高誘電率膜が形成されたら成膜工程 (S30) を終了する。なお、成膜工程 (S30) における気化空間 261 内の圧力を気化圧力と呼ぶ。成膜工程 (S30) においては、気化空間 261 内に連続的あるいは断続的に液体原料が供給されると共に気化空間 261 内に気化ガスが随時生成されており、また、開閉バルブ 241a, 241i の切り替えも随時行われるため、気化圧力は不安定となる。なお、成膜工程 (S30) を実施すると (気化空間 261 内に液体原料を供給して気化ガスを生成すると)、気化器 260 内部に炭素系化合物等を含む残留物が生じることとなる。

10

【0062】

(昇圧工程 (S40)、基板搬出工程 (S50))

続いて、APC バルブ 231a の開度を小さくし、開閉バルブ 241g、開閉バルブ 241h を開けて、処理室 201 内の圧力が大気圧になるまで処理室 201 内にパージガスを供給する (S40)。そして、基板搬入工程 (S10) と逆の手順により、成膜済のウエハ 200 を処理室 201 内から搬出する (S50)。基板搬出工程 (S50) においては、開閉バルブ 241g、開閉バルブ 241h を開けて、処理室 201 内にパージガスを供給し続けることが好ましい。

【0063】

20

(気化空間パージ工程 (S60))

続いて、気化空間 261 内に液体原料を供給せずにキャリアガスのみを供給する気化空間パージ工程 (S60) を実施する。

【0064】

なお、従来の基板処理工程では、気化空間パージ工程 (S60) を実施せず、基板搬入工程 (S10) ~ 基板搬出工程 (S50) を 1 サイクルとして、このサイクルを繰り返し実施していた。しかしながら、上述したように、成膜工程 (S30) を実施すると、気化器 260 内部に炭素系化合物等を含む残留物が生じてしまう。そして、成膜工程 (S30) を繰り返し実施することにより残留物が気化器 260 内部に蓄積し、気化器 260 内部の詰まりを生じさせ、気化空間 261 内の圧力を上昇させて気化不良を引き起こし、処理室内に供給されるガスの流量不足を招いてしまう場合があった。そして、従来の基板処理工程では、気化器 260 を分解することなく残留物の蓄積具合 (詰まり具合) を把握することは困難であったため、気化器 260 内をメンテナンスすべきタイミングを逸してしまい、製造歩留まりが突然悪化してしまう場合があった。

30

【0065】

発明者の知見によれば、気化器 260 内部に蓄積した残留物は、気化空間 261 内の圧力上昇を生じさせることから、気化空間 261 内の圧力の変化をモニタすることにより、気化器 260 を分解することなく残留物の蓄積具合を把握することが可能となる。しかしながら、成膜工程 (S30) における気化空間 261 内の圧力 (気化圧力) は不安定であるため、気化圧力の微量な変化をモニタすることは困難であり、残留物の蓄積具合を正確に把握することは困難であった。

40

【0066】

そこで本実施形態にかかる基板処理工程では、気化空間 261 内に液体原料や溶媒を流さずに、気体 (キャリアガス) のみを流し、気化空間 261 内の圧力 (ベース圧力と呼ぶ) を安定させつつ、気化空間 261 内の圧力の変化のモニタする気化空間パージ工程 (S60) をさらに実施することとしている。そして、基板搬入工程 (S10) ~ 気化空間パージ工程 (S60) を 1 サイクルとしてこのサイクルを繰り返し、繰り返される各気化空間パージ工程 (S60) で気化空間 261 内の圧力の変化をモニタすることにより、残留物の蓄積具合を把握することとしている。なお、気化空間パージ工程 (S60) は、成膜工程 (S30) と気化空間パージ工程 (S60) とを交互に実施される限り、図 6 に示す

50

ように昇圧工程（Ｓ４０）や基板搬出工程（Ｓ５０）の後に実施してもよいし、昇圧工程（Ｓ４０）や基板搬出工程（Ｓ５０）と並行して実施してもよい。

【００６７】

気化空間パージ工程（Ｓ６０）では、開閉バルブ２４１ｄ、開閉バルブ２４３ｃ、開閉バルブ２４１ｃを閉め、開閉バルブ２４１ｆを開けることにより、気化空間２６１内に液体原料を供給せずにキャリアガスのみを供給する。そして、開閉バルブ２４３ａ及び開閉バルブ２４３ｉのうち少なくともいずれか一バルブを開けることにより、気化空間２６１内に供給されたキャリアガスを気化空間２６１内から排気する。また、繰り返し実施する各気化空間パージ工程（Ｓ６０）においては、気化空間２６１内に供給するキャリアガスの流量が常に一定量、かつ同一量となるように流量コントローラ２４２ｆを制御する。その結果、ベース圧力がキャリアガスの流量に応じた所定の圧力値に安定することになり、残留物の蓄積に起因する気化空間２６１内の微量な圧力変化を検出することが容易となり、残留物の蓄積具合（詰まり具合）を正確に把握することが可能となる。

10

【００６８】

図４は、成膜工程（Ｓ３０）と気化空間パージ工程（Ｓ６０）とを交互に繰り返した時の気化空間２６１内の圧力変化の様子を例示するグラフ図である。図４によれば、成膜工程（Ｓ３０）と気化空間パージ工程（Ｓ６０）とが交互に繰り返されることにより、気化器２６０内部における残留物の蓄積が進行し、気化空間２６１内の圧力（ベース圧力及び気化圧力）が上昇していく様子が分かる。ここで、成膜工程（Ｓ３０）における気化圧力は不安定であるのに対し、気化空間パージ工程（Ｓ６０）におけるベース圧力は比較的安定していることから、ベース圧力の方が圧力上昇をモニタすることが容易であることが分かる、すなわち、ベース圧力の変化をモニタすることにより、残留物の蓄積具合を把握することが容易であることが分かる。

20

【００６９】

そして、本実施形態にかかる気化空間パージ工程（Ｓ６０）においては、気化空間２６１内へ液体原料が供給されずキャリアガスのみが供給されている時の圧力計２６３の測定値に基づいて、気化器２６０の状態を判断する。すなわち、圧力計２６３から受信したベース圧力の測定値が所定の圧力値未満であれば気化器２６０のメンテナンスが不要であると判断し、受信したベース圧力の測定値が所定の圧力値以上であれば「気化器２６０のメンテナンスが必要である」と判断する。

30

【００７０】

図５は、気化空間２６１内の圧力変化と気化器２６０の状態との関係を例示するグラフ図である。例えば、図５に示すように、ベース圧力の測定値が、安定気化領域内であってメンテナンス領域外であれば「今のところ気化器２６０のメンテナンスは不要である」と判断し、ベース圧力の測定値が安定気化領域内であるもののメンテナンス領域内であれば、「そろそろ気化器２６０のメンテナンスが必要である」と判断し、ベース圧力の測定値が気化不良領域内であれば「気化器２６０のメンテナンスが必要である」と判断する。

【００７１】

（５）本実施形態にかかる効果

本実施形態によれば、以下に示す１つ又は複数の効果を奏する。

40

【００７２】

本実施形態にかかる基板処理装置は、気化空間２６１内の圧力を測定する圧力計２６３と、圧力計２６３から圧力の測定値を受信するコントローラ２８０と、を備えている。そして、コントローラ２８０は、成膜工程（Ｓ３０）の後に、気化空間２６１内に液体原料を供給せずにキャリアガスのみを供給する気化空間パージ工程（Ｓ６０）を実施し、気化空間パージ工程（Ｓ６０）における気化空間２６１内の圧力（ベース圧力）の変化をモニタすることにより、気化器２６０の状態を判断する。かかる構成によれば、気化器２６０を分解することなく残留物の蓄積具合を把握することが可能となり、気化器２６０内をメンテナンスすべきタイミングを事前に把握することが容易となる。そして、気化器２６０のメンテナンスを計画的に行うことが可能となり、緊急対応による無駄なコストを削減で

50

きる。

【 0 0 7 3 】

また、本実施形態にかかる基板処理装置は、気化空間パージ工程（ S 6 0 ）を実施する際に、開閉バルブ 2 4 1 d、開閉バルブ 2 4 3 c、開閉バルブ 2 4 1 c を閉め、開閉バルブ 2 4 1 f を開けることにより、気化空間 2 6 1 内に液体原料を供給せずにキャリアガスのみを供給する。そして、開閉バルブ 2 4 3 a 又は開閉バルブ 2 4 3 i の少なくともいずれか一のバルブを開けることにより、気化空間 2 6 1 内に供給されたキャリアガスを気化空間 2 6 1 内から排気する。また、本実施形態にかかる基板処理装置は、繰り返し実施する各気化空間パージ工程（ S 6 0 ）において、気化空間 2 6 1 内に供給するキャリアガスの流量が常に一定量かつ同一量となるように流量コントローラ 2 4 2 f を制御する。かかる構成によれば、ベース圧力はキャリアガスの流量に応じた所定の圧力値に安定するため、残留物の蓄積に起因する気化空間 2 6 1 内の微量な圧力変化を検出することが容易となり、残留物の蓄積具合（詰まり具合）を正確に把握することが可能となる。

10

【 0 0 7 4 】

また、本実施形態にかかる基板処理装置は、気化空間パージ工程（ S 6 0 ）において、気化空間 2 6 1 内へ液体原料が供給されずキャリアガスのみが供給されている時の圧力計 2 6 3 の測定値に基づいて、気化器 2 6 0 の状態を判断する。すなわち、圧力計 2 6 3 から受信したベース圧力の測定値が所定の圧力値未満であれば気化器 2 6 0 のメンテナンスが不要であると判断し、受信したベース圧力の測定値が所定の圧力値以上であれば「気化器 2 6 0 のメンテナンスが必要である」と判断する。かかる構成によれば、気化器 2 6 0 内をメンテナンスすべきタイミングを事前に把握することが容易となり、製造歩留まりが突然悪化してしまうことを抑制できる。

20

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態にかかる基板処理装置において、圧力計接続ポート 2 6 2 c は、圧力計接続ポート 2 6 2 c に液体原料が侵入しにくい位置に配置することができ、また、液体原料が気化しにくい低温部に配置することができる。例えば、液体原料供給ポート 2 6 2 a とキャリア供給ポート 2 6 2 b との間であって、キャリア供給ポート 2 6 2 b の近傍等に設けることができる。かかる構成によれば、圧力計接続ポート 2 6 2 c 近傍にはキャリアガスが常に流されるため、圧力計接続ポート 2 6 2 c 内に液体原料が侵入し難くなる。また、キャリア供給ポート 2 6 2 b が、液体原料が気化し難い低温部（気化空間 2 6 1 内の上流側）に配置されているため、圧力計接続ポート 2 6 2 c 内に気化ガスが侵入し難くなる。すなわち、圧力計 2 6 3 に原料成分（液体原料や気化ガス）が付着してしまうことを抑制でき、圧力測定をより正確かつ安定して行うことが可能となり、残留物の蓄積具合をより正確に把握することが可能となる。

30

【 0 0 7 6 】

< 本発明の他の実施形態 >

上述の実施形態では、成膜工程（ S 3 0 ）と気化空間パージ工程（ S 6 0 ）とを交互に繰り返していたが、本発明は係る形態に限定されない。

【 0 0 7 7 】

例えば、気化空間パージ工程（ S 6 0 ）を、処理室 2 0 1 内をパージする工程（ S 3 2 や S 3 4 ）を実施する際に併せて行うようにしてもよい。係る場合、処理室 2 0 1 内をパージする工程（ S 3 2 や S 3 4 ）（気化空間パージ工程（ S 6 0 ））において、開閉バルブ 2 4 1 d、開閉バルブ 2 4 3 c、開閉バルブ 2 4 1 c を閉め、開閉バルブ 2 4 1 f を開けることにより、気化空間 2 6 1 内に液体原料を供給せずにキャリアガスのみを供給する。そして、開閉バルブ 2 4 3 a を開けることにより、気化空間 2 6 1 内に供給されたキャリアガスをパージガスとして処理室 2 0 1 内へ供給する。そして、気化空間 2 6 1 内の圧力の変化をモニタし、気化空間 2 6 1 内の残留物の蓄積具合を把握する。

40

【 0 0 7 8 】

また同様に、気化空間パージ工程（ S 6 0 ）を、ウエハ 2 0 0 上に反応ガスを供給する工程（ S 3 3 ）を実施する際に併せて行うようにしてもよい。係る場合、ウエハ 2 0 0 上

50

に反応ガスを供給する工程（Ｓ３３）（気化空間パージ工程（Ｓ６０））において、開閉バルブ２４１ｄ、開閉バルブ２４３ｃ、開閉バルブ２４１ｃを閉め、開閉バルブ２４１ｆを開けることにより、気化空間２６１内に液体原料を供給せずにキャリアガスのみを供給する。そして、開閉バルブ２４３ｉを開けることにより、気化空間２６１内に供給されたキャリアガスを、気化ガスベント管２４０ｉから排出しておく。そして、気化空間２６１内の圧力の変化をモニタし、気化空間２６１内の残留物の蓄積具合を把握する。

【００７９】

上述の実施形態では、液体原料を気化させた気化ガスを処理室２０１内に供給し、ウエハ２００上に高誘電率膜を形成する場合について説明したが、本発明は係る形態に限定されない。例えば、固体原料や固体原料を溶媒に溶解させた原料を気化させた気化ガスを処理室２０１内に供給し、ウエハ２００上にＢＳＴ膜、ＳＴＯ膜、ＰＺＴ膜等の強誘電体膜（強誘電率膜）を形成する場合にも、本発明は好適に適用可能である。すなわち、固体原料や固体原料を溶媒に溶解させた原料を気化させる気化器の状態を判断する場合にも、本発明は好適に適用可能である。係る場合、気化器の気化空間内に、固体原料や固体原料を溶媒に溶解させた原料を供給せずに、キャリアガスのみを供給し、気化空間内の圧力を安定させつつ、圧力計により気化空間内の圧力をモニタして、気化器の状態を判断する。なお、原料の気化状態を監視したい場合には、気化空間内に原料を供給し、原料が安定して気化されているか否かを確認する。

【００８０】

上述の実施形態では、気化ガスと反応ガスとをウエハ２００上へ交互に供給するＡＬＤ法を実施する場合について説明したが、本発明はかかる形態に限定されない。すなわち、液体原料、固体原料、固体原料を溶媒に溶解させた原料を気化させた気化ガスを用いる限り、例えば、ＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）法等の他の方法を実施する場合にも好適に適用可能である。また、本発明は、高誘電率膜を形成する場合に限定されず、気化器を用いて基板上に窒化膜、酸化膜、金属膜、半導体膜等の他の膜を形成する基板処理装置、及び半導体デバイスの製造方法にも好適に適用可能である。

【００８１】

< 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。

【００８２】

本発明の一態様によれば、

基板が収容される処理室と、

気化空間を有し、該気化空間内に供給された液体原料を気化して気化ガスを生成する気化器と、

前記気化空間内に前記液体原料を供給する液体原料供給ラインを有する液体原料供給系と、

前記気化ガスを前記処理室内へ供給する気化ガス供給ラインを有する気化ガス供給系と

、

前記処理室内の雰囲気気を排気する排気系と、

前記気化空間内の圧力を測定する圧力計と、

前記気化空間内にキャリアガスを供給するキャリアガス供給ラインを有するキャリアガス供給系と、

前記気化空間内へ前記キャリアガスが供給されている時の前記圧力計の測定値に基づいて前記気化器の状態を判断する制御部と、を有する基板処理装置が提供される。

【００８３】

好ましくは、前記気化器の状態を判断する時は、前記気化空間内に前記キャリアガスのみを供給する。

【００８４】

また好ましくは、前記圧力計は、前記液体原料が気化しにくい前記気化空間内の低温部

に配置される。

【0085】

また好ましくは、前記圧力計は、前記液体原料供給ラインと前記キャリアガス供給ラインとの間であって、より前記キャリアガス供給ラインに近い位置に設けられる。

【0086】

また好ましくは、

前記気化器と前記処理室との間である接続部にて前記液体原料供給ラインに接続される不活性ガス供給ラインと、

前記液体原料供給ラインにおける前記接続部と前記処理室との間に設置されるフィルタと、

前記不活性ガス供給ラインに設置される第2の圧力計と、を有する。

【0087】

本発明の他の態様によれば、

気化空間内に液体原料を供給して生成した気化ガスを処理室内に収容された基板へ供給する成膜工程と、

前記気化空間内に前記液体原料を供給せずにキャリアガスを供給する気化空間パージ工程と、

を交互に繰り返し、

前記繰り返される各気化空間パージ工程では、

前記気化空間内に同一流量の前記キャリアガスを供給しつつ、前記気化空間内の圧力を測定し、

前記圧力の測定値が所定の圧力値未満であれば前記気化器のメンテナンスが不要であると判断し、前記圧力の測定値が所定の圧力値以上であれば前記気化器のメンテナンスが必要であると判断する半導体デバイスの製造方法が提供される。

【0088】

本発明の更に他の態様によれば、

処理室内に基板を搬入する基板搬入工程と、

前記処理室内の圧力を減圧する減圧工程と、

前記基板の温度を昇温する昇温工程と、

気化空間内に液体原料を供給して生成した気化ガスを前記処理室内に収容された前記基板へ供給する成膜工程と、

前記処理室内の圧力を昇圧する昇圧工程と、

前記基板を前記処理室外へ搬出する基板搬出工程と、

前記気化空間内に前記液体原料を供給せずにキャリアガスを供給しつつ前記気化空間内の圧力を測定する圧力測定工程と、を有する

半導体デバイスの製造方法が提供される。

【0089】

好ましくは、前記圧力測定工程を、前記基板搬出工程の前に行う。

【0090】

また好ましくは、前記基板搬入工程から前記圧力調製工程を順に繰り返し、前記気化空間内の圧力変化を監視して、前記圧力の測定値が所定の圧力値未満であれば前記気化器のメンテナンスが不要であると判断し、前記圧力の測定値が所定の圧力値以上であれば前記気化器のメンテナンスが必要であると判断する。

【0091】

本発明の更に他の態様によれば、

基板が収容される処理室と、

所定の温度雰囲気に加熱される気化空間を有し、前記気化空間内に供給された液体原料を気化して気化ガスを生成する気化器と、

前記気化器にて生成された気化ガスを前記処理室内へ供給する供給系と、

前記処理室内の雰囲気を排気する排気系と、

前記気化空間内の圧力を測定する圧力計と、
前記気化空間内にキャリアガスを供給するキャリアガス供給ラインと、
前記気化空間内へ前記液体原料が供給されず前記キャリアガスのみが供給されている時の前記圧力計の測定値に基づいて前記気化器の状態を判断する制御手段と、
を有する基板処理装置が提供される。

【0092】

本発明の更に他の態様によれば、
基板が収容される処理室と、
所定の温度雰囲気に加熱される気化空間を有し、前記気化空間内に供給された液体原料を気化して気化ガスを生成する気化器と、
前記気化器にて生成された気化ガスを前記処理室内へ供給する供給系と、
前記処理室内の雰囲気を排気する排気系と、
前記気化空間内の圧力を測定する圧力計と、
前記気化空間内にキャリアガスを供給するキャリアガス供給ラインと、
前記供給系、前記キャリアガス供給ライン、前記排気系の動作を制御すると共に、前記圧力計から測定値を受信可能なように接続された制御手段と、を有し、
前記制御手段は、
前記気化空間内に液体原料を供給して生成した前記気化ガスを前記気化空間内から前記処理室内に収容された基板上へ供給する成膜工程と、
前記気化空間内に前記液体原料を供給せずに前記キャリアガスのみを供給する気化空間パージ工程と、を交互に繰り返し、
前記繰り返される各気化空間パージ工程では、
前記気化空間内に常に同一流量の前記キャリアガスを供給しつつ、前記圧力計から測定値を受信し、
前記受信した測定値が所定の圧力値未満であれば前記気化器のメンテナンスが不要であると判断し、前記受信した測定値が所定の圧力値以上であれば前記気化器のメンテナンスが必要であると判断する
基板処理装置が提供される。

【0093】

好ましくは、前記圧力計は、前記圧力計と前記液体原料とが接触し難い位置に配置される。また好ましくは、前記圧力計は、液体原料が気化しにくい前記気化空間内の低温部に配置される。さらに好ましくは、前記圧力計は、前記気化空間内に前記液体原料を供給する液体原料ラインと前記キャリアガス供給ラインとの間であって、前記キャリアガス供給ラインの近傍に設けられる。

【0094】

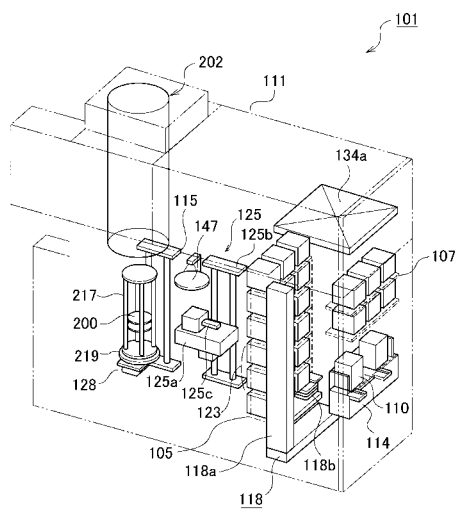
本発明の更に他の態様によれば、
所定の温度雰囲気に加熱された気化空間内に液体原料を供給して生成した気化ガスを処理室内に収容された基板上へ供給する成膜工程と、
前記気化空間内に前記液体原料を供給せずにキャリアガスのみを供給する気化空間パージ工程と、
を交互に繰り返し、
前記繰り返される各気化空間パージ工程では、
前記気化空間内に常に同一流量の前記キャリアガスを供給しつつ、前記気化空間内の圧力を測定し、
前記圧力の測定値が所定の圧力値未満であれば前記気化器のメンテナンスが不要であると判断し、前記圧力の測定値が所定の圧力値以上であれば前記気化器のメンテナンスが必要であると判断する
半導体デバイスの製造方法が提供される。

【符号の説明】

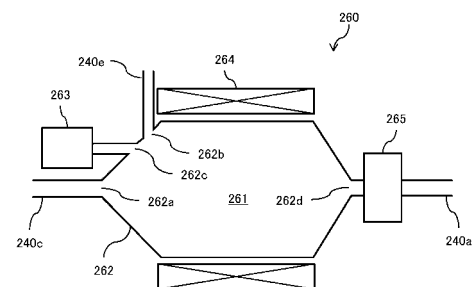
【0095】

- 1 0 1 基板処理装置
- 2 0 1 処理室
- 2 3 1 排気管（排気系）
- 2 4 0 a 気化ガス供給管（供給系）
- 2 4 0 f キャリアガス供給管（キャリアガス供給ライン）
- 2 6 0 気化器
- 2 6 1 気化空間
- 2 6 3 圧力計
- 2 8 0 コントローラ（制御手段）

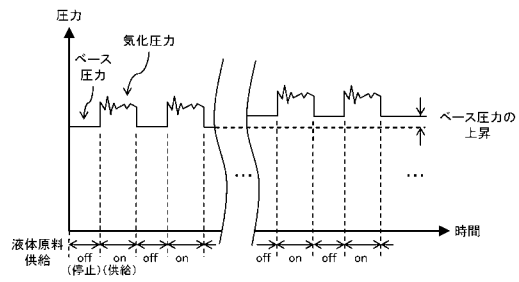
【 図 1 】



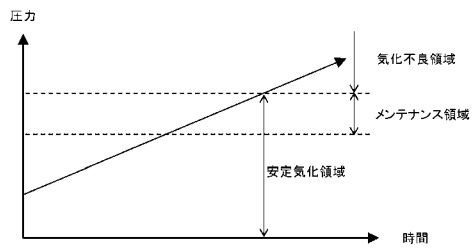
【 図 3 】



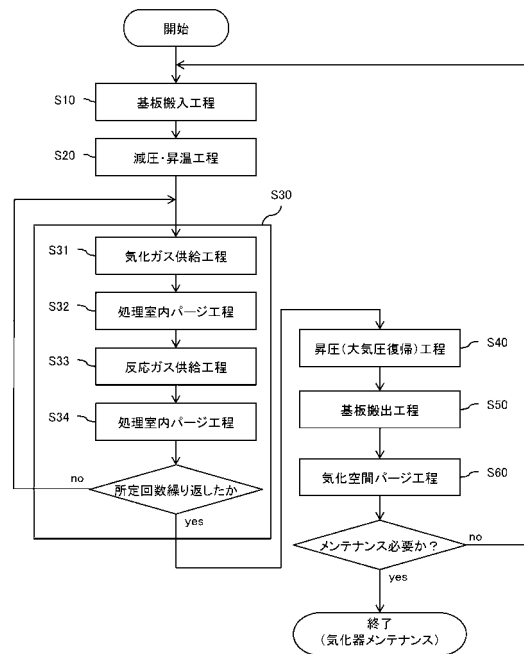
【図4】



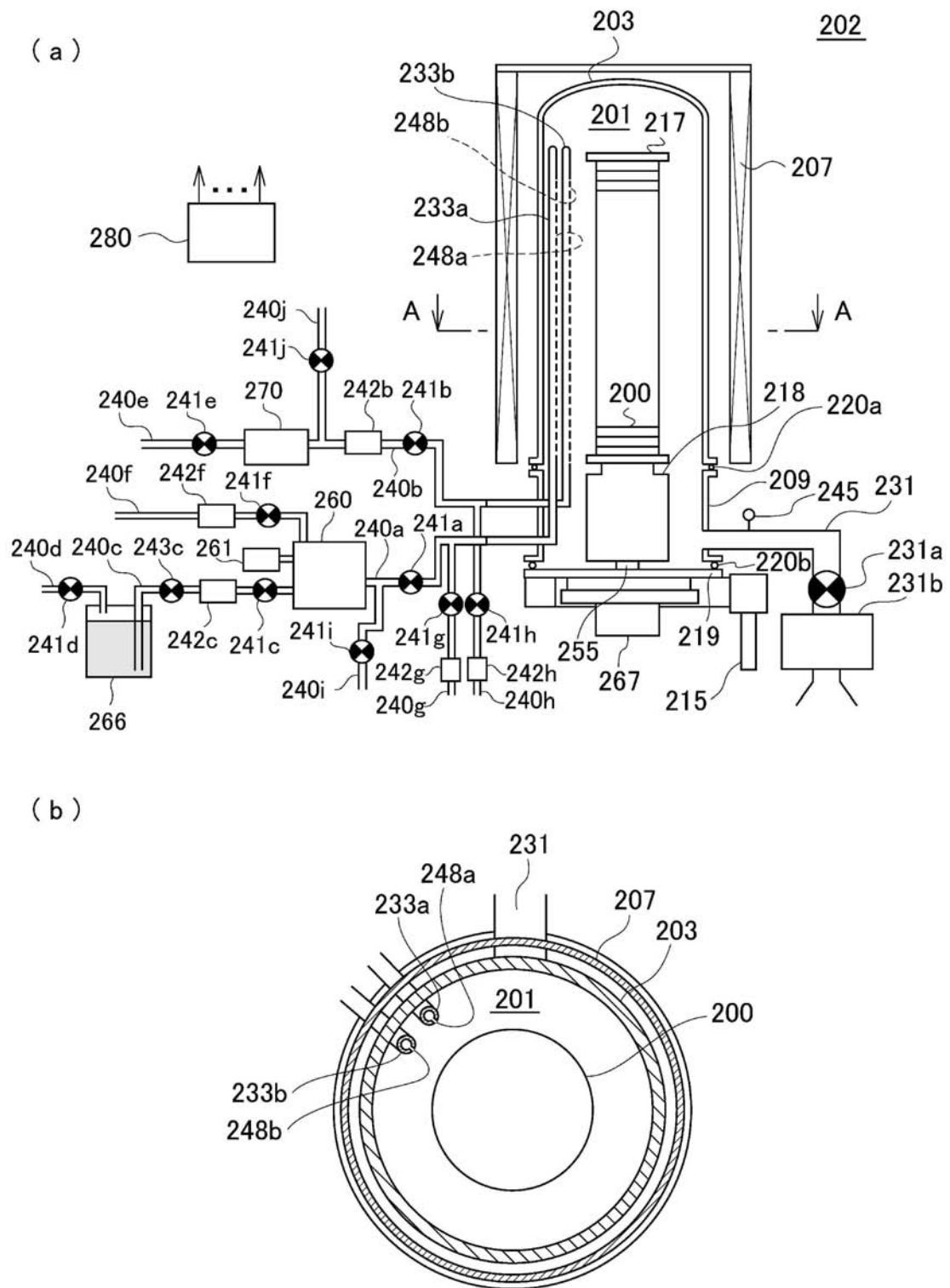
【図5】



【図6】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 境 正憲

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 加藤 努

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 大野 健治

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

F ターム(参考) 4K030 AA11 AA14 BA10 BA22 BA42 CA04 CA12 EA01 FA10 GA07
HA01 KA04 LA02 LA15
5F045 AA04 AA06 AB31 AC07 AC11 AC15 AC16 AC17 DP19 DP28
EB05 EE02 EE19 EF03 EF08 EF09 EK06 GB06