(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5154591号
(P5154591)

(45)発行日　平成25年2月27日(2013.2.27)　(24)登録日　平成24年12月14日(2012.12.14)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/31	(2006.01)	H01L	21/31	F
H01L 21/316	(2006.01)	H01L	21/31	B
C23C 16/448	(2006.01)	H01L	21/316	X
		C23C	16/448	

請求項の数 8　(全 36 頁)

(21)出願番号	特願2010-44940(P2010-44940)
(22)出願日	平成22年3月2日(2010.3.2)
(62)分割の表示	特願2008-171947(P2008-171947)の分割
原出願日	平成20年7月1日(2008.7.1)
(65)公開番号	特開2010-135846(P2010-135846A)
(43)公開日	平成22年6月17日(2010.6.17)
審査請求日	平成22年3月2日(2010.3.2)
(31)優先権主張番号	特願2007-224654(P2007-224654)
(32)優先日	平成19年8月30日(2007.8.30)
(33)優先権主張国	日本国(JP)
(31)優先権主張番号	特願2008-29272(P2008-29272)
(32)優先日	平成20年2月8日(2008.2.8)
(33)優先権主張国	日本国(JP)

(73)特許権者　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
(74)代理人　100090136
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　堀井　貞義
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】半導体装置の製造方法及び基板処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板を収容した処理室内に複数種類の反応物質を複数回供給することにより基板を処理する工程を有する半導体装置の製造方法であって、

前記複数種類の反応物質のうち少なくともいずれか一つは、液体原料を気化部で気化させた原料ガスを含み、

前記基板を処理する工程では、前記気化部に前記液体原料を溶解することのできる溶媒を連続的に流すと共に、前記気化部に前記液体原料を供給して気化させる気化動作を間欠的に行い、

前記液体原料の前記気化動作時以外の時であって、前記液体原料の前記気化動作を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を、前記液体原料の前記気化動作時に供給する前記溶媒の流量よりも大流量で流すフラッシング動作を行う

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項２】

前記フラッシング動作時に前記気化部に流す前記溶媒の流量は、前記液体原料の前記気化動作時に前記気化部に供給する前記溶媒の流量の倍以上である

ことを特徴とする請求項１記載の半導体装置の製造方法。

【請求項３】

前記フラッシング動作時に前記気化部に流す前記溶媒の流量は、前記液体原料の前記気化動作時に前記気化部に供給する前記溶媒の流量の２～２０倍である

ことを特徴とする請求項１記載の半導体装置の製造方法。
【請求項４】
前記液体原料の前記気化動作時以外の時に、前記気化部に流した溶媒は、前記処理室内に供給することなく排気する
ことを特徴とする請求項１記載の半導体装置の製造方法。
【請求項５】
前記フラッシング動作時に前記気化部に前記溶媒を前記大流量で流す際、一旦、前記気化部に前記溶媒を前記液体原料の前記気化動作時に供給する前記溶媒の流量で流し、その後、前記気化部に供給する前記溶媒の流量を前記大流量に変更する
ことを特徴とする請求項１記載の半導体装置の製造方法。
【請求項６】
前記フラッシング動作時に前記気化部に前記溶媒を前記大流量で流す際、一旦、それよりも小さな流量で前記溶媒を前記気化部に流し、その後、前記気化部に供給する前記溶媒の流量を前記大流量に変更する
ことを特徴とする請求項１記載の半導体装置の製造方法。
【請求項７】
前記フラッシング動作時に前記気化部に前記溶媒を前記大流量で流す際、一旦、それよりも小さな流量で前記溶媒を前記気化部に流し、その後、前記大流量での前記溶媒の前記気化部への供給を開始する
ことを特徴とする請求項１記載の半導体装置の製造方法。
【請求項８】
基板を処理する処理室と、
液体原料を気化する気化部と、
前記気化部に液体原料を供給する液体原料供給系と、
前記気化部で前記液体原料を気化させた原料ガスを前記処理室内に供給する原料ガス供給系と、
前記原料ガスとは異なる反応ガスを前記処理室内に供給する反応ガス供給系と、
前記液体原料を溶解することのできる溶媒を前記気化部に供給する溶媒供給系と、
前記処理室内への前記原料ガスの供給及び前記反応ガスの供給を複数回行い、その際、前記気化部に前記溶媒を連続的に流すと共に、前記気化部に前記液体原料を供給して気化させる気化動作を間欠的に行い、前記液体原料の前記気化動作時以外の時であって、前記液体原料の前記気化動作を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を、前記液体原料の前記気化動作時に供給する前記溶媒の流量よりも大流量で流すフラッシング動作を行うように、前記液体原料供給系、前記気化部、前記原料ガス供給系、前記溶媒供給系、および、前記反応ガス供給系を制御するコントローラと、を有する
ことを特徴とする基板処理装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、液体原料を気化させた原料ガスにより基板を処理する半導体装置の製造方法、及び基板処理装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
ウェハ等の基板上に原子層単位で薄膜を形成する方法として、いわゆるＡＬＤ（Ａｔｏｍｉｃ　Ｌａｙｅｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法が使用されている。ＡＬＤ法では、例えば、（１）基板を収容した処理室内に第１の処理ガスを供給して基板表面に吸着させる工程と、（２）処理室内に残留している第１の処理ガスを除去するために処理室内に不活性ガスを導入してパージする工程と、（３）第２の処理ガスを処理室内に供給して基板表面に吸着している第１の処理ガスと反応させて薄膜を形成する工程と、（４）処理室内に残留している第２の処理ガスや反応副生成物を除去するために処理室内に不活性ガスを導入

してパージする工程と、を１サイクルとしてこのサイクルを繰り返す工程を有している。
【０００３】
ここで、上述した第１の処理ガスとしては、例えば、常温で液体である液体原料を気化させて得られるガスが用いられる場合がある。そして、液体原料を気化させる装置として、気化器が用いられる場合がある。気化器は、例えば、液体原料を気化させてガスを発生させる気化室と、この気化室へ液体原料を吐出するまでの流路である液体原料流路と、気化室にて発生させた原料ガスを外部に対して供給する供給口と、を有している。
【０００４】
なお、液体原料流路には、液体原料の供給を制御する開閉バルブが設けられる。そして、上述の（１）の工程では、液体原料流路に設けられている開閉バルブを開けることにより、気化室への液体原料の供給を開始する。また、（１）以外の工程では、該開閉バルブを閉じることにより気化室への液体原料の供給を停止すると共に、液体原料流路内に残留した液体原料が変質して液体原料流路が閉塞されてしまうことを防ぐために、液体原料流路内に不活性ガスを供給してパージする。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ここで、上述の液体原料としては、例えば、Ｓｒ（ストロンチウム）、Ｂａ（バリウム）、Ｌａ（ランタン）などの元素を含む有機金属液体原料が用いられる場合がある。これらの有機金属液体原料は蒸気圧が低く粘性が高いため、上述の有機金属液体原料を、例えばＥＣＨ（エチルシクロヘキサン）やＴＨＦ（テトラヒドロフラン）などの溶媒（ソルベント）により希釈してから用いる場合が多い。
【０００６】
しかしながら、上述した溶媒は、溶質である有機金属液体原料よりも蒸気圧が高い。そのため、上述の（１）以外の工程において、液体原料流路内に不活性ガスを供給してパージすると、溶媒だけが先に蒸発してしまい、有機金属液体原料だけが液体原料流路内に残留してしまう場合がある。そして、有機金属液体原料は高粘性であるため、液体原料流路内に不活性ガスを供給してパージしても除去することは困難であり、液体原料流路内が液体原料により閉塞されてしまう場合がある。
【０００７】
本発明にかかる半導体装置の製造方法及び基板処理装置は、気化器の液体原料流路内からの有機金属液体原料の除去を促進させ、液体原料流路内の閉塞を抑制することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明の一態様によれば、処理室内に基板を搬入する工程と、前記処理室内に複数種類の反応物質を複数回供給することにより前記基板を処理する工程と、処理後の前記基板を前記処理室内から搬出する工程と、を有し、前記複数種類の反応物質のうち少なくともいずれか一つは、液体原料を気化部で気化させた原料ガスを含み、前記基板を処理する工程では、前記気化部に前記液体原料を供給して気化させる気化動作を間欠的に行うと共に、少なくとも前記液体原料の前記気化動作時以外の時に、前記気化部に前記液体原料を溶解することのできる溶媒を第１の流量で流し、前記液体原料の前記気化動作時以外の時であって、前記液体原料の前記気化動作を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を前記第１の流量よりも大きな第２の流量で流す半導体装置の製造方法が提供される。
【０００９】
本発明の他の態様によれば、基板を処理する処理室と、液体原料を気化する気化部と、前記気化部に液体原料を供給する液体原料供給系と、前記気化部で前記液体原料を気化させた原料ガスを前記処理室内に供給する原料ガス供給系と、前記原料ガスとは異なる反応ガスを前記処理室内に供給する反応ガス供給系と、前記液体原料を溶解することのできる溶媒を前記気化部に供給する溶媒供給系と、前記処理室内への前記原料ガスの供給及び前

記反応ガスの供給を複数回行い、その際、前記気化部に前記液体原料を供給して気化させる気化動作を間欠的に行うと共に、少なくとも前記液体原料の前記気化動作時以外の時に、前記気化部に前記溶媒を第１の流量で流し、前記液体原料の前記気化動作時以外の時であって、前記液体原料の前記気化動作を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を前記第１の流量よりも大きな第２の流量で流すように、前記液体原料供給系、前記気化部、前記原料ガス供給系、前記溶媒供給系、および、前記反応ガス供給系を制御するコントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

【発明の効果】

【００１０】

本発明にかかる半導体装置の製造方法及び基板処理装置によれば、気化器の液体原料流路内からの有機金属液体原料の除去を促進させ、液体原料流路内の閉塞を抑制させることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置におけるガス供給系の構成図である。

【図２】本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置における各バルブの開閉タイミングを示すシーケンス図である。

【図３】本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置のウェハ処理時における断面構成図である。

【図４】本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置のウェハ搬送時における断面構成図である。

【図５】本発明の第１実施形態にかかる基板処理工程のフロー図である。

【図６】本発明の第１実施形態にかかる気化器の概略構成図である。

【図７】本発明の第３実施形態にかかる縦型ＡＬＤ装置の縦型処理炉の概略構成図であり、（ａ）は、処理炉部分を縦断面で示し、（ｂ）は、処理炉部分を（ａ）のＡ－Ａ線断面図で示す。

【図８】本発明の第２実施形態にかかる基板処理装置におけるガス供給系の構成図である。

【図９】本発明の第２実施形態にかかる基板処理工程における気化器への原料供給、溶媒供給、フラッシング動作のタイミングを示すシーケンス図である。

【図１０】図９に示すシーケンス図の変形例であり、フラッシング動作の開始タイミングを遅延させる場合の溶媒供給のタイミングを示している。

【図１１】図１０に示すシーケンス図の変形例であり、（ａ）は各気化サイクルにおいて溶媒を流さない場合の溶媒供給のタイミングを示し、（ｂ）は気化サイクルでの溶媒の流量を洗浄サイクルでの溶媒の流量よりも少なくした場合の溶媒供給のタイミングを示している。

【図１２】図１０に示すシーケンス図の変形例であり、（ａ）は気化サイクルを行う毎に大流量のフラッシング動作を実施する場合の溶媒供給のタイミングを示し、（ｂ）は気化サイクルを行う毎に小流量のフラッシング動作を実施しつつ、気化サイクルを所定回数行う毎にさらに大流量のフラッシング動作を実施する場合の溶媒供給のタイミングを示している。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

（第１実施形態）

（１）基板処理装置の構成

まず、本実施形態にかかる基板処理装置の構成について、図３，４を参照しながら説明する。図４は、本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置のウェハ搬送時における断面構成図であり、図３は、本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置のウェハ処理時における断面構成図である。

【００１３】
＜処理室＞
図３，４に示すとおり、本実施形態にかかる基板処理装置は、処理容器２０２を備えている。処理容器２０２は、例えば横断面が円形であり扁平な密閉容器として構成されている。また、処理容器２０２は、例えばアルミニウム（Ａｌ）やステンレス（ＳＵＳ）など金属材料により構成されている。処理容器２０２内には、基板としてのウェハ２００を処理する処理室２０１が構成されている。
【００１４】
処理室２０１内には、ウェハ２００を支持する支持台２０３が設けられている。ウェハ２００が直接触れる支持台２０３の上面には、例えば、石英（SiO_2）、カーボン、セラミックス、炭化ケイ素（ＳｉＣ）、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、又は窒化アルミニウム（ＡｌＮ）などから構成された支持板としてのサセプタ２１７が設けられている。また、支持台２０３には、ウェハ２００を加熱する加熱手段としてのヒータ２０６が内蔵されている。なお、支持台２０３の下端部は、処理容器２０２の底部を貫通している。
【００１５】
処理室２０１の外部には、昇降機構２０７ｂが設けられている。この昇降機構２０７ｂを作動させることにより、サセプタ２１７上に支持されるウェハ２００を昇降させることが可能となっている。支持台２０３は、ウェハ２００の搬送時には図４で示される位置（ウェハ搬送位置）まで下降し、ウェハ２００の処理時には図３で示される位置（ウェハ処理位置）まで上昇する。なお、支持台２０３の下端部、及び昇降機構２０７ｂの周囲は、ベローズ２０３ａにより覆われており、処理室２０１内は気密に保持されている。
【００１６】
また、処理室２０１の底面（床面）には、例えば３本のリフトピン２０８ｂが鉛直方向に設けられている。また、支持台２０３には、かかるリフトピン２０８ｂを貫通させるための貫通孔２０８ａが、リフトピン２０８ｂに対応する位置にそれぞれ設けられている。そして、支持台２０３をウェハ搬送位置まで下降させた時には、リフトピン２０８ｂの上端部が支持台２０３の上面から突出して、リフトピン２０８ｂがウェハ２００を下方から支持するように構成されている。また、支持台２０３をウェハ処理位置まで上昇させたときには、リフトピン２０８ｂは支持台２０３の上面から埋没して、支持台２０３上面に設けられたサセプタ２１７がウェハ２００を下方から支持するように構成される。なお、リフトピン２０８ｂは、ウェハ２００と直接触れるため、例えば、石英やアルミナなどの材質で形成することが望ましい。
【００１７】
＜ウェハ搬送口＞
処理室２０１の内壁側面には、処理室２０１の内外にウェハ２００を搬送するためのウェハ搬送口２５０が設けられている。ウェハ搬送口２５０にはゲートバルブ２５１が設けられており、ゲートバルブ２５１を開けることにより、処理室２０１内と搬送室（予備室）２７１内とが連通するように構成されている。搬送室２７１は密閉容器２７２内に形成されており、搬送室２７１内にはウェハ２００を搬送する搬送ロボット２７３が設けられている。搬送ロボット２７３には、ウェハ２００を搬送する際にウェハ２００を支持する搬送アーム２７３ａが備えられている。支持台２０３をウェハ搬送位置まで下降させた状態で、ゲートバルブ２５１を開くことにより、搬送ロボット２７３により処理室２０１内と搬送室２７１内との間でウェハ２００を搬送することが可能なように構成されている。処理室２０１内に搬送されたウェハ２００は、上述したようにリフトピン２０８ｂ上に一時的に載置される。
【００１８】
＜排気系＞
処理室２０１の内壁側面であって、ウェハ搬送口２５０の反対側には、処理室２０１内の雰囲気を排気する排気口２６０が設けられている。排気口２６０には排気管２６１が接続されており、排気管２６１には、処理室２０１内を所定の圧力に制御するＡＰＣ（Ａｕ

ｔｏ　Ｐｒｅｓｓｕｒｅ　Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）等の圧力調整器２６２、原料回収トラップ２６３、及び真空ポンプ２６４が順に直列に接続されている。主に、排気口２６０、排気管２６１、圧力調整器２６２、原料回収トラップ２６３、真空ポンプ２６４により排気系（排気ライン）が構成される。

【００１９】

＜ガス導入口＞

処理室２０１の上部に設けられる後述のシャワーヘッド２４０の上面（天井壁）には、処理室２０１内に各種ガスを供給するためのガス導入口２１０が設けられている。なお、ガス導入口２１０に接続されるガス供給系の構成については後述する。

【００２０】

＜シャワーヘッド＞

ガス導入口２１０と、ウェハ処理位置におけるウェハ２００との間には、ガス分散機構としてのシャワーヘッド２４０が設けられている。シャワーヘッド２４０は、ガス導入口２１０から導入されるガスを分散させるための分散板２４０ａと、分散板２４０ａを通過したガスをさらに均一に分散させて支持台２０３上のウェハ２００の表面に供給するためのシャワー板２４０ｂと、を備えている。分散板２４０ａおよびシャワー板２４０ｂには、複数の通気孔が設けられている。分散板２４０ａは、シャワーヘッド２４０の上面及びシャワー板２４０ｂと対向するように配置されており、シャワー板２４０ｂは、支持台２０３上のウェハ２００と対向するように配置されている。なお、シャワーヘッド２４０の上面と分散板２４０ａとの間、および分散板２４０ａとシャワー板２４０ｂとの間には、それぞれ空間が設けられており、かかる空間は、ガス導入口２１０から供給されるガスを分散させるための分散室（第１バッファ空間）２４０ｃ、および分散板２４０ａを通過したガスを拡散させるための第２バッファ空間２４０ｄとしてそれぞれ機能する。

【００２１】

＜排気ダクト＞

処理室２０１の内壁側面には、段差部２０１ａが設けられている。そして、この段差部２０１ａは、コンダクタンスプレート２０４をウェハ処理位置近傍に保持するように構成されている。コンダクタンスプレート２０４は、内周部にウェハ２００を収容する穴が設けられた１枚のドーナツ状（リング状）をした円板として構成されている。コンダクタンスプレート２０４の外周部には、所定間隔を開けて周方向に配列された複数の排出口２０４ａが設けられている。排出口２０４ａは、コンダクタンスプレート２０４の外周部がコンダクタンスプレート２０４の内周部を支えることができるよう、不連続に形成される。

【００２２】

一方、支持台２０３の外周部には、ロワープレート２０５が係止している。ロワープレート２０５は、リング状の凹部２０５ｂと、凹部２０５ｂの内側上部に一体的に設けられたフランジ部２０５ａとを備えている。凹部２０５ｂは、支持台２０３の外周部と、処理室２０１の内壁側面との隙間を塞ぐように設けられる。凹部２０５ｂの底部のうち排気口２６０付近の一部には、凹部２０５ｂ内から排気口２６０側へガスを排出（流通）させるためのプレート排気口２０５ｃが設けられている。フランジ部２０５ａは、支持台２０３の上部外周縁上に係止する係止部として機能する。フランジ部２０５ａが支持台２０３の上部外周縁上に係止することにより、ロワープレート２０５が、支持台２０３の昇降に伴い、支持台２０３と共に昇降されるようになっている。

【００２３】

支持台２０３がウェハ処理位置まで上昇したとき、ロワープレート２０５もウェハ処理位置まで上昇する。その結果、ウェハ処理位置近傍に保持されているコンダクタンスプレート２０４が、ロワープレート２０５の凹部２０５ｂの上面部分を塞ぎ、凹部２０５ｂの内部をガス流路領域とする排気ダクト２５９が形成されることとなる。なお、このとき、排気ダクト２５９（コンダクタンスプレート２０４及びロワープレート２０５）及び支持台２０３によって、処理室２０１内が、排気ダクト２５９よりも上方の処理室上部と、排気ダクト２５９よりも下方の処理室下部と、に仕切られることとなる。なお、コンダクタ

ンスプレート２０４およびロワープレート２０５は、排気ダクト２５９の内壁に堆積する反応生成物をエッチングする場合を考慮して、高温保持が可能な材料、例えば、耐高温高負荷用石英で構成することが好ましい。

【００２４】

ここで、ウェハ処理時における処理室２０１内のガスの流れについて説明する。まず、ガス導入口２１０からシャワーヘッド２４０の上部へと供給されたガスは、分散室（第１バッファ空間）２４０ｃを経て分散板２４０ａの多数の孔から第２バッファ空間２４０ｄへと入り、さらにシャワー板２４０ｂの多数の孔を通過して処理室２０１内に供給され、ウェハ２００上に均一に供給される。そして、ウェハ２００上に供給されたガスは、ウェハ２００の径方向外側に向かって放射状に流れる。そして、ウェハ２００に接触した後の余剰なガスは、支持台２０３の外周に設けられた排気ダクト２５９上（すなわちコンダクタンスプレート２０４上）を、ウェハ２００の径方向外側に向かって放射状に流れ、排気ダクト２５９上に設けられた排出口２０４ａから、排気ダクト２５９内のガス流路領域内（凹部２０５ｂ内）へと排出される。その後、ガスは排気ダクト２５９内を流れ、プレート排気口２０５ｃを経由して排気口２６０へと排気される。以上の通り、処理室２０１の下部への、すなわち支持台２０３の裏面や処理室２０１の底面側へのガスの回り込みが抑制される。

【００２５】

続いて、上述したガス導入口２１０に接続されるガス供給系の構成について、図１，６を参照しながら説明する。図１は、本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置の有するガス供給系（ガス供給ライン）の構成図であり、図６は、本発明の第１実施形態にかかる気化器の概略構成図である。

【００２６】

本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置の有するガス供給系は、液体原料を気化する気化部と、気化部に液体原料を供給する液体原料供給系と、気化部にて液体原料を気化させた原料ガスを処理室２０１内に供給する原料ガス供給系と、原料ガスとは異なる反応ガスを処理室２０１内に供給する反応ガス供給系と、気化部に洗浄液（溶媒）を供給する洗浄液供給系（溶媒供給系）と、を有している。さらに、本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置は、パージガス供給系と、ベント（バイパス）系とを有している。以下に、各部の構成について説明する。

【００２７】

＜液体原料供給系＞

処理室２０１の外部には、液体原料としてのＳｒ（ストロンチウム）元素を含む有機金属液体原料（以下第１液体原料という）を供給する第１液体原料供給源２２０ｓ、Ｂａ（バリウム）元素を含む有機金属液体原料（以下第２液体原料という）を供給する第２液体原料供給源２２０ｂ、及びＴｉ（チタニウム）元素を含む有機金属液体原料（以下第３液体原料という）を供給する第３液体原料供給源２２０ｔが設けられている。第１液体原料供給源２２０ｓ、第２液体原料供給源２２０ｂ、及び第３液体原料供給源２２０ｔは、内部に液体原料を収容（充填）可能なタンク（密閉容器）としてそれぞれ構成されている。なお、Ｓｒ，Ｂａ，Ｔｉ元素を含む各有機金属液体原料は、例えば、ＥＣＨ（エチルシクロヘキサン）やＴＨＦ（テトラヒドロフラン）などの溶媒（ソルベント）により０．０５ｍｏｌ／Ｌ～０．２ｍｏｌ／Ｌに希釈されてから、タンク内にそれぞれ収容される。

【００２８】

ここで、第１液体原料供給源２２０ｓ、第２液体原料供給源２２０ｂ、及び第３液体原料供給源２２０ｔには、第１圧送ガス供給管２３７ｓ、第２圧送ガス供給管２３７ｂ、及び第３圧送ガス供給管２３７ｔがそれぞれ接続されている。第１圧送ガス供給管２３７ｓ、第２圧送ガス供給管２３７ｂ、及び第３圧送ガス供給管２３７ｔの上流側端部には、図示しない圧送ガス供給源が接続されている。また、第１圧送ガス供給管２３７ｓ、第２圧送ガス供給管２３７ｂ、及び第３圧送ガス供給管２３７ｔの下流側端部は、それぞれ第１液体原料供給源２２０ｓ、第２液体原料供給源２２０ｂ、及び第３液体原料供給源２２０

ｔ内の上部に存在する空間に連通しており、この空間内に圧送ガスを供給するように構成されている。なお、圧送ガスとしては、液体原料とは反応しないガスを用いることが好ましく、例えばＡｒガス等の不活性ガスが好適に用いられる。

【００２９】

また、第１液体原料供給源２２０ｓ、第２液体原料供給源２２０ｂ、及び第３液体原料供給源２２０ｔには、第１液体原料供給管２１１ｓ、第２液体原料供給管２１１ｂ、及び第３液体原料供給管２１１ｔがそれぞれ接続されている。ここで、第１液体原料供給管２１１ｓ、第２液体原料供給管２１１ｂ、及び第３液体原料供給管２１１ｔの上流側端部は、それぞれ第１液体原料供給源２２０ｓ、第２液体原料供給源２２０ｂ、及び第３液体原料供給源２２０ｔ内に収容した液体原料内に浸されている。また、第１液体原料供給管２１１ｓ、第２液体原料供給管２１１ｂ、及び第３液体原料供給管２１１ｔの下流側端部は、液体原料を気化させる気化部としての気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔにそれぞれ接続されている。なお、第１液体原料供給管２１１ｓ、第２液体原料供給管２１１ｂ、及び第３液体原料供給管２１１ｔには、液体原料の供給流量を制御する流量制御手段としての液体流量コントローラ（ＬＭＦＣ）２２１ｓ，２２１ｂ，２２１ｔと、液体原料の供給を制御する開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１と、がそれぞれ設けられている。なお、開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１は、それぞれ気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの内部に設けられている。

【００３０】

上記構成により、開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１を開けるとともに、第１圧送ガス供給管２３７ｓ、第２圧送ガス供給管２３７ｂ、及び第３圧送ガス供給管２３７ｔから圧送ガスを供給することにより、第１液体原料供給源２２０ｓ、第２液体原料供給源２２０ｂ、及び第３液体原料供給源２２０ｔから気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔへと液体原料を圧送（供給）することが可能となる。主に、第１液体原料供給源２２０ｓ、第２液体原料供給源２２０ｂ、第３液体原料供給源２２０ｔ、第１圧送ガス供給管２３７ｓ、第２圧送ガス供給管２３７ｂ、第３圧送ガス供給管２３７ｔ、第１液体原料供給管２１１ｓ、第２液体原料供給管２１１ｂ、第３液体原料供給管２１１ｔ、液体流量コントローラ２２１ｓ，２２１ｂ，２２１ｔ、開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１により液体原料供給系（液体原料供給ライン）が構成される。

【００３１】

＜気化部＞

液体原料を気化する気化部としての気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔは、図６にその詳細構造を示すように、液体原料をヒータ２３ｓ，２３ｂ，２３ｔで加熱して気化させて原料ガスを発生させる気化室２０ｓ，２０ｂ，２０ｔと、この気化室２０ｓ，２０ｂ，２０ｔへ液体原料を吐出するまでの流路である液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔと、液体原料の気化室２０ｓ，２０ｂ，２０ｔ内への供給を制御する上述の開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１と、気化室２０ｓ，２０ｂ，２０ｔにて発生させた原料ガスを後述する第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔへ供給するアウトレットとしての原料ガス供給口２２ｓ，２２ｂ，２２ｔと、を有している。上述の第１液体原料供給管２１１ｓ、第２液体原料供給管２１１ｂ、及び第３液体原料供給管２１１ｔの下流側端部は、それぞれ開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１を介して液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔの上流側端部に接続されている。液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔには、それぞれキャリアガス供給系（キャリアガス供給ライン）としてのキャリアガス供給管２４ｓ，２４ｂ，２４ｔが接続されており、気化室２０ｓ，２０ｂ，２０ｔ内にＡｒ等のキャリアガスを供給するように構成されている。

【００３２】

＜原料ガス供給系＞

上記の気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの原料ガス供給口２２ｓ，２２ｂ，２２ｔには、処理室２０１内に原料ガスを供給する第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、及び第３原料ガス供給管２１３ｔの上流側端部がそれぞれ接続されてい

る。第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、及び第３原料ガス供給管２１３ｔの下流側端部は、合流するように一本化して原料ガス供給管２１３となり、一本化した原料ガス供給管２１３は、ガス導入口２１０に接続されている。なお、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、及び第３原料ガス供給管２１３ｔには、処理室２０１内への原料ガスの供給を制御する開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３がそれぞれ設けられている。

【００３３】

上記構成により、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔにて液体原料を気化させて原料ガスを発生させるとともに、開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３を開けることにより、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、及び第３原料ガス供給管２１３ｔから原料ガス供給管２１３を介して処理室２０１内へと原料ガスを供給することが可能となる。主に、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、原料ガス供給管２１３、開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３により、原料ガス供給系（原料ガス供給ライン）が構成される。

【００３４】

＜洗浄液供給系（溶媒供給系）＞

また、処理室２０１の外部には、洗浄液としての溶媒（ソルベント）であるＥＣＨ（エチルシクロヘキサン）を供給する洗浄液供給源（溶媒供給源）２２０ｅが設けられている。洗浄液供給源２２０ｅは、内部に洗浄液を収容（充填）可能なタンク（密閉容器）として構成されている。なお、洗浄液としては、ＥＣＨに限定されず、ＴＨＦ（テトラヒドロフラン）などの溶媒を用いることが出来る。

【００３５】

ここで、洗浄液供給源２２０ｅには、洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅが接続されている。洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅの上流側端部には、図示しない圧送ガス供給源が接続されている。また、洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅの下流側端部は、洗浄液供給源２２０ｅ内の上部に存在する空間に連通しており、この空間内に圧送ガスを供給するように構成されている。なお、圧送ガスとしては、Ａｒガス等の不活性ガスが好適に用いられる。

【００３６】

また、洗浄液供給源２２０ｅには洗浄液供給管（溶媒供給管）２１２が接続されている。洗浄液供給管２１２の上流側端部は洗浄液供給源２２０ｅ内に収容した洗浄液内に浸されている。洗浄液供給管２１２の下流側端部は、３本のライン、すなわち、第１洗浄液供給管２１２ｓ、第２洗浄液供給管２１２ｂ、及び第３洗浄液供給管２１２ｔに分岐するように接続されている。第１洗浄液供給管２１２ｓ、第２洗浄液供給管２１２ｂ、及び第３洗浄液供給管２１２ｔの下流側端部は、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔにそれぞれ接続されている。なお、第１洗浄液供給管２１２ｓ、第２洗浄液供給管２１２ｂ、及び第３洗浄液供給管２１２ｔには、洗浄液の供給流量を制御する流量制御手段としての液体流量コントローラ２２２ｓ，２２２ｂ，２２２ｔと、洗浄液の供給を制御する開閉バルブｖｓ２，ｖｂ２，ｖｔ２とが、それぞれ設けられている。なお、開閉バルブｖｓ２，ｖｂ２，ｖｔ２は、それぞれ気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの内部に設けられている。

【００３７】

上記構成により、洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅから圧送ガスを供給するとともに、開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１を閉じ、開閉バルブｖｓ２，ｖｂ２，ｖｔ２を開けることにより、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内に洗浄液を圧送（供給）して、液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内を洗浄することが可能となる。主に、洗浄液供給源２２０ｅ、洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅ、洗浄液供給管２１２、第１洗浄液供給管２１２ｓ、第２洗浄液供給管２１２ｂ、第３洗浄液供給管２１２ｔ、液体流量コントローラ２２２ｓ，２２２ｂ，２２２ｔ、開閉バルブｖｓ２，ｖｂ２，ｖｔ２により、洗浄液供給系（溶媒供給系）、すなわち洗浄液供給ライン（溶媒供給ライン）が構成される。

【００３８】
＜反応ガス供給系＞
また、処理室２０１の外部には、酸素（O_2）ガスを供給する酸素ガス供給源２３０ｏが設けられている。酸素ガス供給源２３０ｏには、第１酸素ガス供給管２１１ｏの上流側端部が接続されている。第１酸素ガス供給管２１１ｏの下流側端部には、プラズマにより酸素ガスから反応ガス（反応物）すなわち酸化剤としてのオゾンガスを生成させるオゾナイザ２２９ｏが接続されている。なお、第１酸素ガス供給管２１１ｏには、酸素ガスの供給流量を制御する流量制御手段としての流量コントローラ２２１ｏが設けられている。
【００３９】
オゾナイザ２２９ｏのアウトレットとしてのオゾンガス供給口２２ｏには、反応ガス供給管としてのオゾンガス供給管２１３ｏの上流側端部が接続されている。また、オゾンガス供給管２１３ｏの下流側端部は、原料ガス供給管２１３に合流するように接続されている。すなわち、オゾンガス供給管２１３ｏは、反応ガスとしてのオゾンガスを処理室２０１内に供給するように構成されている。なお、オゾンガス供給管２１３ｏには、処理室２０１内へのオゾンガスの供給を制御する開閉バルブｖｏ３が設けられている。
【００４０】
なお、第１酸素ガス供給管２１１ｏの流量コントローラ２２１ｏよりも上流側には、第２酸素ガス供給管２１２ｏの上流側端部が接続されている。また、第２酸素ガス供給管２１２ｏの下流側端部は、オゾンガス供給管２１３ｏの開閉バルブｖｏ３よりも上流側に接続されている。なお、第２酸素ガス供給管２１２ｏには、酸素ガスの供給流量を制御する流量制御手段としての流量コントローラ２２２ｏが設けられている。
【００４１】
上記構成により、オゾナイザ２２９ｏに酸素ガスを供給してオゾンガスを発生させるとともに、開閉バルブｖｏ３を開けることにより、処理室２０１内へオゾンガスを供給することが可能となる。なお、処理室２０１内へのオゾンガスの供給中に、第２酸素ガス供給管２１２ｏから酸素ガスを供給するようにすれば、処理室２０１内へ供給するオゾンガスを酸素ガスにより希釈して、オゾンガス濃度を調整することが可能となる。主に、酸素ガス供給源２３０ｏ、第１酸素ガス供給管２１１ｏ、オゾナイザ２２９ｏ、流量コントローラ２２１ｏ、オゾンガス供給管２１３ｏ、開閉バルブｖｏ３、第２酸素ガス供給管２１２ｏ、流量コントローラ２２２ｏにより反応ガス供給系（反応ガス供給ライン）が構成される。
【００４２】
＜パージガス供給系＞
また、処理室２０１の外部には、パージガスとしてのＡｒガスを供給するためのＡｒガス供給源２３０ａが設けられている。Ａｒガス供給源２３０ａには、パージガス供給管２１４の上流側端部が接続されている。パージガス供給管２１４の下流側端部は、４本のライン、すなわち、第１パージガス供給管２１４ｓ、第２パージガス供給管２１４ｂ、第３パージガス供給管２１４ｔ、及び第４パージガス供給管２１４ｏに分岐するように接続されている。第１パージガス供給管２１４ｓ、第２パージガス供給管２１４ｂ、第３パージガス供給管２１４ｔ、及び第４パージガス供給管２１４ｏの下流側端部は、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、及びオゾンガス供給管２１３ｏの開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３，ｖｏ３の下流側にそれぞれ接続されている。なお、第１パージガス供給管２１４ｓ、第２パージガス供給管２１４ｂ、第３パージガス供給管２１４ｔ、及び第４パージガス供給管２１４ｏには、Ａｒガスの供給流量を制御する流量制御手段としての流量コントローラ２２４ｓ，２２４ｂ，２２４ｔ，２２４ｏと、Ａｒガスの供給を制御する開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４とが、それぞれ設けられている。主に、Ａｒガス供給源２３０ａ、パージガス供給管２１４、第１パージガス供給管２１４ｓ、第２パージガス供給管２１４ｂ、第３パージガス供給管２１４ｔ、及び第４パージガス供給管２１４ｏ、流量コントローラ２２４ｓ，２２４ｂ，２２４ｔ，２２４ｏ、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４によりパージガス

供給系（パージガス供給ライン）が構成される。
【００４３】
＜ベント（バイパス）系＞
また、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、及びオゾンガス供給管２１３ｏの開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３，ｖｏ３の上流側には、第１ベント管２１５ｓ、第２ベント管２１５ｂ、第３ベント管２１５ｔ、第４ベント管２１５ｏの上流側端部がそれぞれ接続されている。また、第１ベント管２１５ｓ、第２ベント管２１５ｂ、第３ベント管２１５ｔ、第４ベント管２１５ｏの下流側端部は合流するように一本化してベント管２１５となり、ベント管２１５は排気管２６１の原料回収トラップ２６３よりも上流側に接続されている。第１ベント管２１５ｓ、第２ベント管２１５ｂ、第３ベント管２１５ｔ、第４ベント管２１５ｏには、ガスの供給を制御するための開閉バルブｖｓ５，ｖｂ５，ｖｔ５，ｖｏ５がそれぞれ設けられている。
【００４４】
上記構成により、開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３，ｖｏ３を閉め、開閉バルブｖｓ５，ｖｂ５，ｖｔ５，ｖｏ５を開けることで、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、及びオゾンガス供給管２１３ｏ内を流れるガスを、処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスさせ、処理室２０１外へとそれぞれ排気することが可能となる。
【００４５】
また、第１パージガス供給管２１４ｓ、第２パージガス供給管２１４ｂ、第３パージガス供給管２１４ｔ、及び第４パージガス供給管２１４ｏの開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４よりも上流側であって流量コントローラ２２４ｓ，２２４ｂ，２２４ｔ，２２４ｏよりも下流側には、第５ベント管２１６ｓ、第６ベント管２１６ｂ、第７ベント管２１６ｔ、第８ベント管２１６ｏがそれぞれ接続されている。また、第５ベント管２１６ｓ、第６ベント管２１６ｂ、第７ベント管２１６ｔ、第８ベント管２１６ｏの下流側端部は合流するように一本化してベント管２１６となり、ベント管２１６は排気管２６１の原料回収トラップ２６３よりも下流側であって真空ポンプ２６４よりも上流側に接続されている。第５ベント管２１６ｓ、第６ベント管２１６ｂ、第７ベント管２１６ｔ、第８ベント管２１６ｏには、ガスの供給を制御するための開閉バルブｖｓ６，ｖｂ６，ｖｔ６，ｖｏ６がそれぞれ設けられている。
【００４６】
上記構成により、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４を閉め、開閉バルブｖｓ６，ｖｂ６，ｖｔ６，ｖｏ６を開けることで、第１パージガス供給管２１４ｓ、第２パージガス供給管２１４ｂ、第３パージガス供給管２１４ｔ、及び第４パージガス供給管２１４ｏ内を流れるＡｒガスを、処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスさせ、処理室２０１外へとそれぞれ排気することが可能となる。なお、開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３，ｖｏ３を閉め、開閉バルブｖｓ５，ｖｂ５，ｖｔ５，ｖｏ５を開けることで、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、及びオゾンガス供給管２１３ｏ内を流れるガスを、処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスさせ、処理室２０１外へとそれぞれ排気する場合には、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４を開けることにより、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、及びオゾンガス供給管２１３ｏ内にＡｒガスを導入して、各原料ガス供給管内をパージするように設定されている。また、開閉バルブｖｓ６，ｖｂ６，ｖｔ６，ｖｏ６は、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４と逆動作を行うように設定されており、Ａｒガスを各原料ガス供給管内に供給しない場合には、処理室２０１をバイパスしてＡｒガスを排気するようになっている。主に、第１ベント管２１５ｓ、第２ベント管２１５ｂ、第３ベント管２１５ｔ、第４ベント管２１５ｏ、ベント管２１５、第５ベント管２１６ｓ、第６ベント管２１６ｂ、第７ベント管２１６ｔ、第８ベント管２１６ｏ、ベント管２１６、開閉バルブｖｓ５，ｖｂ５，ｖｔ５，ｖｏ５、開閉バルブｖｓ６，ｖｂ６，ｖｔ６，ｖｏ６によりベント系（

バイパス系）、すなわちベントライン（バイパスライン）が構成される。
【００４７】
＜コントローラ＞
なお、本実施形態にかかる基板処理装置は、基板処理装置の各部の動作を制御するコントローラ２８０を有している。コントローラ２８０は、ゲートバルブ２５１、昇降機構２０７ｂ、搬送ロボット２７３、ヒータ２０６、圧力調整器（ＡＰＣ）２６２、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔ、オゾナイザ２２９ｏ、真空ポンプ２６４、開閉バルブｖｓ１～ｖｓ６，ｖｂ１～ｖｂ６，ｖｔ１～ｖｔ６，ｖｏ３～ｖｏ６、液体流量コントローラ２２１ｓ，２２１ｂ，２２１ｔ、２２２ｓ、２２２ｂ、２２２ｔ、流量コントローラ２２４ｓ，２２４ｂ，２２４ｔ，２２１ｏ，２２２ｏ，２２４ｏ等の動作を制御する。
【００４８】
以上、述べたように、本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置が構成される。
【００４９】
（２）基板処理工程
続いて、本発明の第１実施形態にかかる半導体装置の製造工程の一工程として、上述の基板処理装置を用いてＡＬＤ法によりウェハ上に薄膜を形成する基板処理工程について、図５及び図２を参照しながら説明する。図５は、本発明の第１実施形態にかかる基板処理工程のフロー図である。また、図２は、本発明の第１実施形態にかかる基板処理装置が有する各バルブの開閉タイミングを示すタイミングチャートとしてのシーケンス図である。このタイミングチャートにおいて、Ｈｉｇｈレベルはバルブ開を、Ｌｏｗレベルはバルブ閉を示している。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によって制御される。
【００５０】
＜基板搬入工程（Ｓ１）、基板載置工程（Ｓ２）＞
まず、昇降機構２０７ｂを作動させ、支持台２０３を、図４に示すウェハ搬送位置まで下降させる。そして、ゲートバルブ２５１を開き、処理室２０１と搬送室２７１とを連通させる。そして、搬送ロボット２７３により搬送室２７１内から処理室２０１内へ処理対象のウェハ２００を搬送アーム２７３ａで支持した状態で搬入する（Ｓ１）。処理室２０１内に搬入したウェハ２００は、支持台２０３の上面から突出しているリフトピン２０８ｂ上に一時的に載置される。搬送ロボット２７３の搬送アーム２７３ａが処理室２０１内から搬送室２７１内へ戻ると、ゲートバルブ２５１が閉じられる。
【００５１】
続いて、昇降機構２０７ｂを作動させ、支持台２０３を、図３に示すウェハ処理位置まで上昇させる。その結果、リフトピン２０８ｂは支持台２０３の上面から埋没し、ウェハ２００は、支持台２０３上面のサセプタ２１７上に載置される（Ｓ２）。
【００５２】
＜圧力調整工程（Ｓ３）、昇温工程（Ｓ４）＞
続いて、圧力調整器（ＡＰＣ）２６２により、処理室２０１内の圧力が所定の処理圧力となるように制御する（Ｓ３）。また、ヒータ２０６に供給する電力を調整し、ウェハ２００の表面温度が所定の処理温度となるように制御する（Ｓ４）。
【００５３】
なお、基板搬入工程（Ｓ１）、基板載置工程（Ｓ２）、圧力調整工程（Ｓ３）、及び昇温工程（Ｓ４）においては、真空ポンプ２６４を作動させつつ、開閉バルブｖｓ３，ｖｂ３，ｖｔ３，ｖｏ３を閉じ、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４を開けることで、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておく（ｉｄｌｅ）。これにより、ウェハ２００上へのパーティクルの付着を抑制することが可能となる。
【００５４】
工程Ｓ１～Ｓ４と並行して、第１液体原料（Ｓｒ元素を含む有機金属液体原料）を気化させた原料ガス（以下、第１原料ガスという）を生成（予備気化）させておく（Ｓｅｔｕｐ）。すなわち、開閉バルブｖｓ２を閉めたまま、開閉バルブｖｓ１を開けるとともに

、第１圧送ガス供給管２３７ｓから圧送ガスを供給して、第１液体原料供給源２２０ｓから気化器２２９ｓへと第１液体原料を圧送（供給）させ、気化器２２９ｓにて第１液体原料を気化させて第１原料ガスを生成させておく。この予備気化工程では、真空ポンプ２６４を作動させつつ、開閉バルブｖｓ３を閉めたまま、開閉バルブｖｓ５を開けることにより、第１原料ガスを処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスして排気しておく。

【００５５】

また、工程Ｓ１～Ｓ４と並行して、反応物としてのオゾンガスを生成させておく（Ｓｅｔ　ｕｐ）ことが好ましい。すなわち、酸素ガス供給源２３０ｏからオゾナイザ２２９ｏへと酸素ガスを供給して、オゾナイザ２２９ｏにてオゾンガスを生成させておく。この際、真空ポンプ２６４を作動させつつ、開閉バルブｖｏ３を閉めたまま、開閉バルブｖｏ５を開けることにより、オゾンガスを処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスして排気しておく。

【００５６】

気化器２２９ｓにて第１原料ガスを安定して生成させたり、あるいはオゾナイザ２２９ｏにてオゾンガスを安定して生成させたりするには所定の時間を要する。このため、本実施形態では、第１原料ガスあるいはオゾンガスを予め生成させておき、開閉バルブｖｓ３，ｖｓ５，ｖｏ３，ｖｏ５の開閉を切り替えることにより、第１原料ガスやオゾンガスの流路を切り替える。その結果、開閉バルブの切り替えにより、処理室２０１内への第１原料ガスやオゾンガスの安定した供給を迅速に開始あるいは停止できるようになり、好ましい。この予備気化工程の実施と同時に、開閉バルブｖｂ２，ｖｔ２を開き、気化器２２９ｂ、２２９ｔの液体原料流路２１ｂ，２１ｔ内の洗浄を開始する。なお、洗浄方法の詳細については後述する。

【００５７】

＜第１原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ６）＞

続いて、真空ポンプ２６４を作動させたまま、開閉バルブｖｓ４，ｖｓ５を閉じ、開閉バルブｖｓ３を開けて、処理室２０１内への第１原料ガスの供給を開始する（Ｓｒ）。第１原料ガスは、シャワーヘッド２４０により分散されて処理室２０１内のウェハ２００上に均一に供給されて、ウェハ２００表面に第１原料ガスのガス分子が吸着する。余剰な第１原料ガスは、排気ダクト２５９内を流れ、排気口２６０へと排気される。なお、処理室２０１内への第１原料ガスの供給時には、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、オゾンガス供給管２１３ｏ内への第１原料ガスの侵入を防止するように、また、処理室２０１内における第１原料ガスの拡散を促すように、開閉バルブｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておくことが好ましい。

【００５８】

開閉バルブｖｓ３を開け、第１原料ガスの供給を開始した後、所定時間が経過したら、開閉バルブｖｓ３を閉じ、開閉バルブｖｓ４，ｖｓ５を開けて、処理室２０１内への第１原料ガスの供給を停止する。また、同時に、開閉バルブｖｓ１を閉めて、気化器２２９ｓへの第１液体原料の供給も停止する。

【００５９】

ここで、開閉バルブｖｓ３を閉め、第１原料ガスの供給を停止した後は、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておく。これにより、処理室２０１内に残留している第１原料ガスを除去し、処理室２０１内をＡｒガスによりパージする（ＰＳ１）。

【００６０】

また、開閉バルブｖｓ１を閉め、第１液体原料の供給を停止した後は、気化器２２９ｓ内の洗浄を開始する（ＰＳ１～）。すなわち、洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅから圧送ガスを供給するとともに、開閉バルブｖｓ１を閉じたまま、開閉バルブｖｓ２を開け、気化器２２９ｓの液体原料流路２１ｓ内に洗浄液を供給して、液体原料流路２１ｓ内を洗浄す

る。このとき開閉バルブｖｓ１，ｖｓ３は閉、開閉バルブｖｓ２，ｖｓ５は開とされるので、液体原料流路２１ｓ内に供給された洗浄液は、液体原料流路２１ｓ内を洗浄した後、気化室２０ｓ内へ供給されて気化される。このとき、液体原料流路２１ｓ内に残留していた第１液体原料及び溶媒も一緒に気化室２０ｓ内へ供給されて気化される。そして、気化された洗浄液、第１液体原料、及び溶媒は、第１原料ガス供給管２１３ｓを通り、処理室２０１内へ供給されることなく、ベント管２１５ｓより処理室２０１をバイパスして排気される。なお、気化器２２９ｓの液体原料流路２１ｓ内の洗浄は、例えば、次回の気化器２２９ｓへの第１液体原料の供給開始時まで（Ｓ９のＴｉまで）継続させる。

【００６１】

処理室２０１内のパージが完了したら、開閉バルブｖｏ４，ｖｏ５を閉じ、開閉バルブｖｏ３を開けて、処理室２０１内へのオゾンガスの供給を開始する（ＯｘＳ）。オゾンガスは、シャワーヘッド２４０により分散されて処理室２０１内のウェハ２００上に均一に供給され、ウェハ２００表面に吸着している第１原料ガスのガス分子と反応して、ウェハ２００上にＳｒ元素を含む薄膜としてＳｒＯ膜を生成する。余剰なオゾンガスや反応副生成物は、排気ダクト２５９内を流れ、排気口２６０へと排気される。なお、処理室２０１内へのオゾンガスの供給時には、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ内へのオゾンガスの侵入を防止するように、また、処理室２０１内におけるオゾンガスの拡散を促すように、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておくことが好ましい。

【００６２】

開閉バルブｖｏ３を開け、オゾンガスの供給を開始した後、所定時間が経過したら、開閉バルブｖｏ３を閉じ、開閉バルブｖｏ４，ｖｏ５を開けて、処理室２０１内へのオゾンガスの供給を停止する。

【００６３】

開閉バルブｖｏ３を閉め、オゾンガスの供給を停止した後は、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておく。これにより、処理室２０１内に残留しているオゾンガスや反応副生成物を除去し、処理室２０１内をＡｒガスによりパージする（ＰＳ２）。

【００６４】

なお、第１原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ６）においては、第３液体原料（Ｔｉ元素を含む有機金属液体原料）を気化させた原料ガス（以下、第３原料ガスという）を予め生成（予備気化）させておく（ＰＳ１～）。すなわち、開閉バルブｖｔ２を閉じ、開閉バルブｖｔ１を開けるとともに、第３圧送ガス供給管２３７ｔから圧送ガスを供給して、第３液体原料供給源２２０ｔから気化器２２９ｔへと第３液体原料を供給させ、気化器２２９ｔにて第３液体原料を気化させて、第３原料ガスを生成させておく。第１原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ６）では、真空ポンプ２６４を作動させつつ、開閉バルブｖｔ３を閉めたまま、開閉バルブｖｔ５を開けることにより、第３原料ガスを処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスして排気しておく。このように、第３原料ガスを予め生成させておき、後述の第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ７）において開閉バルブｖｔ３，ｖｔ５の開閉を切り替えることで、第３原料ガスの流路を切り替える。これにより、第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ７）において処理室２０１内への第３原料ガスの安定した供給を迅速に開始あるいは停止できるようになり、好ましい。

【００６５】

＜第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ７）＞

続いて、真空ポンプ２６４を作動させたまま、開閉バルブｖｔ４，ｖｔ５を閉じ、開閉バルブｖｔ３を開けて、処理室２０１内への第３原料ガスの供給を開始する（Ｔｉ）。第３原料ガスは、シャワーヘッド２４０により分散されて処理室２０１内のウェハ２００上に均一に供給されて、ウェハ２００表面に第３原料ガスのガス分子が吸着する。余剰な第３原料ガスは、排気ダクト２５９内を流れ、排気口２６０へと排気される。なお、処理室２０１内への第３原料ガスの供給時には、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供

給管２１３ｂ、オゾンガス供給管２１３ｏ内への第３原料ガスの侵入を防止するように、また、処理室２０１内における第３原料ガスの拡散を促すように、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておくことが好ましい。

【００６６】

開閉バルブｖｔ３を開け、第３原料ガスの供給を開始した後、所定時間が経過したら、開閉バルブｖｔ３を閉じ、開閉バルブｖｔ４，ｖｔ５を開けて、処理室２０１内への第３原料ガスの供給を停止する。また、同時に、開閉バルブｖｔ１を閉めて、気化器２２９ｔへの第３液体原料の供給も停止する。

【００６７】

ここで、開閉バルブｖｔ３を閉め、第３原料ガスの供給を停止した後は、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておく。これにより、処理室２０１内に残留している第３原料ガスを除去し、処理室２０１内をＡｒガスによりパージする（ＰＴ１）。

【００６８】

また、開閉バルブｖｔ１を閉め、第３液体原料の供給を停止した後は、気化器２２９ｔ内の洗浄を開始する（ＰＴ１～）。すなわち、洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅから圧送ガスを供給するとともに、開閉バルブｖｔ１を閉じたまま、開閉バルブｖｔ２を開け、気化器２２９ｔの液体原料流路２１ｔ内に洗浄液を供給して、液体原料流路２１ｔ内を洗浄する。このとき開閉バルブｖｔ１，ｖｔ３は閉、開閉バルブｖｔ２，ｖｔ５は開とされるので、液体原料流路２１ｔ内に供給された洗浄液は、液体原料流路２１ｔ内を洗浄した後、気化室２０ｔ内へ供給されて気化される。このとき、液体原料流路２１ｔ内に残留していた第３液体原料及び溶媒も一緒に気化室２０ｓ内へ供給されて気化される。そして、気化された洗浄液、第３液体原料、及び溶媒は、第３原料ガス供給管２１３ｔを通り、処理室２０１内へ供給されることなく、ベント管２１５ｔより処理室２０１をバイパスして排気される。なお、気化器２２９ｔの液体原料流路２１ｔ内の洗浄は、例えば、次回の気化器２２９ｔへの第３液体原料の供給開始時まで（Ｓ８のＢａまで）継続させる。

【００６９】

処理室２０１内のパージが完了したら、開閉バルブｖｏ４，ｖｏ５を閉じ、開閉バルブｖｏ３を開けて、処理室２０１内へのオゾンガスの供給を開始する（ＯｘＴ）。オゾンガスは、シャワーヘッド２４０により分散されて処理室２０１内のウェハ２００上に均一に供給され、ウェハ２００表面に吸着している第３原料ガスのガス分子と反応して、ウェハ２００上にＴｉ元素を含む薄膜としてＴｉO_2膜を生成する。余剰なオゾンガスや反応副生成物は、排気ダクト２５９内を流れ、排気口２６０へと排気される。なお、処理室２０１内へのオゾンガスの供給時には、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ内へのオゾンガスの侵入を防止するように、また、処理室２０１内におけるオゾンガスの拡散を促すように、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておくことが好ましい。

【００７０】

開閉バルブｖｏ３を開け、オゾンガスの供給を開始した後、所定時間が経過したら、開閉バルブｖｏ３を閉じ、開閉バルブｖｏ４，ｖｏ５を開けて、処理室２０１内へのオゾンガスの供給を停止する。

【００７１】

開閉バルブｖｏ３を閉め、オゾンガスの供給を停止した後は、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておく。これにより、処理室２０１内に残留しているオゾンガスや反応副生成物を除去し、処理室２０１内をＡｒガスによりパージする（ＰＴ２）。

【００７２】

なお、第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ７）においては、第２液体原料（Ｂａ元素を含む有機金属液体原料）を気化させた原料ガス（以下、第２原料ガスという）を予め生

成（予備気化）させておく（ＰＴ１～）。すなわち、開閉バルブｖｂ２を閉じ、開閉バルブｖｂ１を開けるとともに、第２圧送ガス供給管２３７ｂから圧送ガスを供給して、第２液体原料供給源２２０ｂから気化器２２９ｂへと第２液体原料を供給させ、気化器２２９ｂにて第２液体原料を気化させて、第２原料ガスを生成させておく。第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ７）では、真空ポンプ２６４を作動させつつ、開閉バルブｖｂ３を閉めたまま、開閉バルブｖｂ５を開けることにより、第２原料ガスを処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスして排気しておく。このように、第２原料ガスを予め生成させておき、後述の第２原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ８）において開閉バルブｖｂ３，ｖｂ５の開閉を切り替えることにより、第２原料ガスの流路を切り替える。これにより、第２原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ８）において処理室２０１内への第２原料ガスの安定した供給を迅速に開始あるいは停止できるようになり、好ましい。

【００７３】

＜第２原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ８）＞

続いて、真空ポンプ２６４を作動させたまま、開閉バルブｖｂ４，ｖｂ５を閉じ、開閉バルブｖｂ３を開けて、処理室２０１内への第２原料ガスの供給を開始する（Ｂａ）。第２原料ガスは、シャワーヘッド２４０により分散されて処理室２０１内のウェハ２００上に均一に供給されて、ウェハ２００表面に第２原料ガスのガス分子が吸着する。余剰な第２原料ガスは、排気ダクト２５９内を流れ、排気口２６０へと排気される。なお、処理室２０１内への第２原料ガスの供給時には、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第３原料ガス供給管２１３ｔ、オゾンガス供給管２１３ｏへの第２原料ガスの侵入を防止するように、また、処理室２０１内における第２原料ガスの拡散を促すように、開閉バルブｖｓ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておくことが好ましい。

【００７４】

開閉バルブｖｂ３を開け、第２原料ガスの供給を開始した後、所定時間が経過したら、開閉バルブｖｂ３を閉じ、開閉バルブｖｂ４，ｖｂ５を開けて、処理室２０１内への第２原料ガスの供給を停止する。また、同時に、開閉バルブｖｂ１を閉めて、気化器２２９ｂへの第２液体原料の供給も停止する。

【００７５】

ここで、開閉バルブｖｂ３を閉め、第２原料ガスの供給を停止した後は、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておく。これにより、処理室２０１内に残留している第２原料ガスを除去し、処理室２０１内をＡｒガスによりパージする（ＰＢ１）。

【００７６】

また、開閉バルブｖｂ１を閉め、第２液体原料の供給を停止した後は、気化器２２９ｂ内の洗浄を開始する（ＰＢ１～）。すなわち、洗浄液圧送ガス供給管２３７ｅから圧送ガスを供給するとともに、開閉バルブｖｂ１を閉じたまま、開閉バルブｖｂ２を開け、気化器２２９ｂの液体原料流路２１ｂ内に洗浄液を供給して、液体原料流路２１ｂ内を洗浄する。このとき開閉バルブｖｂ１，ｖｂ３は閉、開閉バルブｖｂ２，ｖｂ５は開とされるので、液体原料流路２１ｂ内に供給された洗浄液は、液体原料流路２１ｂ内を洗浄した後、気化室２０ｂ内へ供給されて気化される。このとき、液体原料流路２１ｂ内に残留していた第２液体原料及び溶媒も一緒に気化室２０ｂ内へ供給されて気化される。そして、気化された洗浄液、第２液体原料、及び溶媒は、第２原料ガス供給管２１３ｂを通り、処理室２０１内へ供給されることなく、ベント管２１５ｂより処理室２０１をバイパスして排気される。なお、気化器２２９ｂの液体原料流路２１ｂ内の洗浄は、例えば、次回の気化器２２９ｂへの第２液体原料の供給開始時まで（次回のＳ７のＴｉまで）継続させる。

【００７７】

処理室２０１内のパージが完了したら、開閉バルブｖｏ４，ｖｏ５を閉じ、開閉バルブｖｏ３を開けて、処理室２０１内へのオゾンガスの供給を開始する（ＯｘＢ）。オゾンガスは、シャワーヘッド２４０により分散されて処理室２０１内のウェハ２００上に均一に

供給され、ウェハ２００表面に吸着している第２原料ガスのガス分子と反応して、ウェハ２００上にＢａ元素を含む薄膜としてＢａＯ膜を生成する。余剰なオゾンガスや反応副生成物は、排気ダクト２５９内を流れ、排気口２６０へと排気される。なお、処理室２０１内へのオゾンガスの供給時には、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、第３原料ガス供給管２１３ｔ内へのオゾンガスの侵入を防止するように、また、処理室２０１内におけるオゾンガスの拡散を促すように、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておくことが好ましい。

【００７８】

開閉バルブｖｏ３を開け、オゾンガスの供給を開始した後、所定時間が経過したら、開閉バルブｖｏ３を閉じ、開閉バルブｖｏ４，ｖｏ５を開けて、処理室２０１内へのオゾンガスの供給を停止する。

【００７９】

開閉バルブｖｏ３を閉め、オゾンガスの供給を停止した後は、開閉バルブｖｓ４，ｖｂ４，ｖｔ４，ｖｏ４は開けたままとし、処理室２０１内にＡｒガスを常に流しておく。これにより、処理室２０１内に残留しているオゾンガスや反応副生成物を除去し、処理室２０１内をＡｒガスによりパージする（ＰＢ２）。

【００８０】

なお、第２原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ８）においては、第３液体原料（Ｔｉ元素を含む有機金属液体原料）を気化させた原料ガス（以下、第３原料ガスという）を予め生成（予備気化）させておく（ＰＢ１～）。すなわち、開閉バルブｖｔ２を閉じ、開閉バルブｖｔ１を開けるとともに、第３圧送ガス供給管２３７ｔから圧送ガスを供給して、第３液体原料供給源２２０ｔから気化器２２９ｔへと第３液体原料を供給させ、気化器２２９ｔにて第３液体原料を気化させて、第３原料ガスを生成させておく。第２原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ８）では、真空ポンプ２６４を作動させつつ、開閉バルブｖｔ３を閉めたまま、開閉バルブｖｔ５を開けることにより、第３原料ガスを処理室２０１内に供給することなく処理室２０１をバイパスして排気しておく。このように、第３原料ガスを予め生成させておき、後述の第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ９）において開閉バルブｖｔ３，ｖｔ５の開閉を切り替えることにより、第３原料ガスの流路を切り替える。これにより、第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ９）において処理室２０１内への第３原料ガスの安定した供給を迅速に開始あるいは停止できるようになり、好ましい。

【００８１】

＜第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ９）＞

続いて、上述した第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ７）と同様の工程を再度実施して、ウェハ２００上にＴｉ元素を含む薄膜としてＴｉO_2膜を生成する。

【００８２】

＜繰り返し工程（Ｓ１０）＞

第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ９）の後、工程Ｓ６～Ｓ９までを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、ウェハ２００上に所望の膜厚のＢＳＴ（チタン酸バリウムストロンチウム）薄膜、すなわち（Ｂａ，Ｓｒ）ＴｉO_3薄膜を形成する。

【００８３】

＜基板搬出工程（Ｓ１１）＞

その後、上述した基板搬入工程（Ｓ１）、基板載置工程（Ｓ２）に示した手順とは逆の手順により、所望膜厚の薄膜を形成した後のウェハ２００を処理室２０１内から搬送室２７１内へ搬出して、本実施形態にかかる基板処理工程を完了する。

【００８４】

なお、薄膜形成工程をＡＬＤ法により行う場合、処理温度を原料ガスが自己分解しない程度の温度帯となるように制御する。この場合、各原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ６～Ｓ９）において各原料ガスを供給する際には、原料ガスは熱分解することなくウェハ２００上に吸着する。また、オゾンガスを供給する際には、ウェハ２００上に吸着している原

料ガス分子とオゾンガスとが反応することにより、ウェハ２００上に１原子層未満（１Å未満）程度の薄膜が形成される。なお、このとき、オゾンガスにより薄膜中に混入するＣ，Ｈ等の不純物を脱離させることが出来る。

【００８５】

なお、本実施の形態におけるウェハ２００の処理条件としては、例えば（Ｂａ，Ｓｒ）TiO_3の薄膜を形成する場合、

処理温度：２５０～４５０℃、

処理圧力：１０～２００Ｐａ、

第１液体原料Ｓｒ（$C_{14}O_4H_{25}$）$_2$（略称；Ｓｒ（ＭＥＴＨＤ）$_2$）　０．１ｍｏｌ／Ｌ　ＥＣＨ希釈）供給流量：０．０１～０．５ｃｃ／ｍｉｎ、

第２液体原料Ｂａ（$C_{14}O_4H_{25}$）$_2$（略称；Ｂａ（ＭＥＴＨＤ）$_2$）　０．１ｍｏｌ／Ｌ　ＥＣＨ希釈）供給流量：０．０１～０．５ｃｃ／ｍｉｎ、

第３液体原料Ｔｉ（$C_6O_2H_{11}$）（$C_{11}O_2H_{19}$）$_2$（略称；Ｔｉ（ＭＰＤ）（ＴＨＤ）$_2$）　０．１ｍｏｌ／Ｌ　ＥＣＨ希釈）供給流量：０．０１～０．５ｃｃ／ｍｉｎ、

反応物（オゾンガス）供給流量：５００～２０００ｓｃｃｍ（オゾン濃度２０～２００ｇ／Nm^3）、

洗浄液（ＥＣＨ）供給流量：０．０５～０．５ｃｃ／ｍｉｎ、

気化器（気化室）内温度：２５０℃程度、

気化器（気化室）内圧力：数～１０Ｔｏｒｒ、

が例示される。なお、本実施形態では、各液体原料を希釈する溶媒、および洗浄液として、同一の物質（ＥＣＨ）を用いている。

【００８６】

（３）第１実施形態にかかる効果

本実施形態によれば、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔで液体原料を気化して得た原料ガスを処理室２０１内へ供給する時以外の時に、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内に不活性ガスを供給してパージするのではなく、液体原料を希釈する溶媒（ＥＣＨ等）を供給することにより、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔ内の洗浄を実施している。これにより、液体原料を溶媒で希釈したままの粘性の低い状態で、液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内を洗浄することが出来る。すなわち、液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内において溶媒だけが先に蒸発してしまい、有機金属液体原料だけが残留してしまうことを抑制することが出来る。

【００８７】

また、本実施形態によれば、開閉バルブｖｓ１，ｖｂ１，ｖｔ１を閉めた直後、すなわち、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔへの液体原料の供給を停止した直後に、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔ内の洗浄を開始している。そのため、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔへの液体原料の供給停止後、液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内に有機金属液体原料が残留し、液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内が有機金属液体原料により閉塞されてしまうことを抑制することが可能となる。

【００８８】

以上のとおり、本実施形態によれば、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔへの液体原料の供給停止時に気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内からの有機金属液体原料の除去が促進され、有機金属液体原料による液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内の閉塞が抑制される。

【００８９】

＜本発明の他の実施態様＞

上述の実施形態では、第１原料ガス供給管２１３ｓ、第２原料ガス供給管２１３ｂ、及び第３原料ガス供給管２１３ｔの下流側端部は、合流するように一本化して原料ガス供給管２１３となり、一本化した原料ガス供給管２１３が、ガス導入口２１０に接続されているが、本発明は上述の実施形態に限定されない。すなわち、第１原料ガス供給管２１３ｓ

、第２原料ガス供給管２１３ｂ、及び第３原料ガス供給管２１３ｔの下流側端部が、シャワーヘッド２４０の上面（天井壁）にそれぞれ直接に接続されていても良い。

【００９０】

また、上述の実施形態では、オゾンガス供給管２１３ｏの下流側端部は、原料ガス供給管２１３に合流するように接続されているが、本発明は上述の実施形態に限定されない。すなわち、オゾンガス供給管２１３ｏの下流側端部が、シャワーヘッド２４０の上面（天井壁）に直接に接続されていても良い。

【００９１】

また、上述の実施形態では、各原料ガスの処理室２０１への１回の供給動作毎に（気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔへの各液体原料の１回の吐出動作毎に）、各気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内を洗浄する場合について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されない。すなわち、気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内の洗浄は、各原料ガスの複数回の供給動作毎に、例えば、２回の供給動作毎に行うこととしても良い。ただし、上述の実施形態のように１回の供給動作毎に洗浄を行う方が、各気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内の洗浄が促され、液体原料の気化動作がより安定するため好ましい。

【００９２】

また、上述の実施形態では、各気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内の洗浄動作を、気化動作を行う時以外の時は常に行うようにしているが、本発明は上述の実施形態に限定されない。例えば、各気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内の洗浄動作は、液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内の有機金属液体原料が除去されれば、気化動作を行う時以外の時であっても停止してよい。

【００９３】

また、逆に、各気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内の洗浄動作は、液体原料の気化動作を行う時以外の時だけでなく、液体原料の気化動作を行う時にも行うようにしてもよい。すなわち、液体原料の気化動作を行う時やそれ以外の時にかかわらず、常時、各気化器２２９ｓ，２２９ｂ，２２９ｔの液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内に洗浄液を供給し続けるようにしてもよい。その場合、液体原料の気化動作を行う時に、液体原料流路２１ｓ，２１ｂ，２１ｔ内に供給する洗浄液は、液体原料を希釈する溶媒の一部としても機能することとなる。この場合、上述の実施形態のように、液体原料を希釈する溶媒と洗浄液とは同一の物質とするのが好ましい。なお、液体原料の気化動作中に洗浄液を供給する場合には、処理室２０１内へ供給される原料ガスの供給流量や濃度が所望の値になるように、液体原料、希釈溶媒、洗浄液の分量比率を適宜調整することが好ましい。その場合、例えば、液体原料の気化動作時に供給する洗浄液の流量よりも、液体原料の気化動作時以外の時に供給する洗浄液の流量の方が多くなるようにし、液体原料の気化動作時以外の時に積極的に洗浄を行うようにしてもよい。また、液体原料の気化動作時に供給する洗浄液の流量と液体原料の気化動作時以外の時に供給する洗浄液の流量を一定とし、液体原料の気化動作時以外の時であって、液体原料の気化動作を所定回数行う毎に、洗浄液の流量を液体原料の気化動作時に供給する洗浄液の流量よりも大流量とするフラッシング動作を行うようにしてもよい。

【００９４】

（第２実施形態）

次に本発明の第２実施形態について説明する。第２実施形態では、主に上述のフラッシング動作等について説明する。

【００９５】

上述のように、半導体製造過程において金属元素を含んだ薄膜を作成する場合、金属原子に炭素、水素、窒素などを化学的に付加させた有機金属材料を原料として用いる場合がある。有機金属とすることで蒸気圧が上がり、常温近傍の温度で液体として原料を取り扱

うことができる。また常温で固体の有機金属や粘性の非常に高い液体原料であっても、有機溶媒に可溶であれば溶媒に希釈（溶解）して液体化した原料（以下、液体化原料と称す）とすることで低粘性の液体として取り扱うことができる。このような液体原料、液体化原料（本明細書では、これらを総称して、単に液体原料という場合もある。）は気化器によって気化された後、半導体製造装置の反応室内に供給されて成膜に寄与するが、これまでの気化器には以下のような問題点があった。

【００９６】

スプレーのような噴霧機構で気化を行う気化器の場合、液体原料を細い配管（ノズル）を通して気化室内に噴霧することで原料を霧化して気化させる。したがって粘性のある原料を気化する場合は噴霧器の細い配管内に原料が吸着、残留して配管閉塞を起こす場合があった。また気化室内は通常霧化した原料を気化させるために高温に保持されているが、粘性の低い液体であってもその熱輻射により噴霧機構近傍の液体原料が分解し、分解生成物が配管を閉塞させる場合もあった。分解生成物は溶媒に溶解しない場合が多く、除去には分解清掃等の手段をとるしかない。

【００９７】

また液体化原料においてもいわゆる「先飛び」現象による配管閉塞が起こることが多かった。これは通常気化室内が減圧に保たれているのに対し、原料は常圧で供給されるため、噴霧器の細い配管の内部は気化室に近づくにつれて減圧となり、気化しやすい溶媒が先に気化室内に蒸発してしまい、溶質である固体原料や粘性の高い液体原料が細い配管内に残ってしまうことによる。この固体や粘性の強い液体が配管の閉塞をもたらしていた。

【００９８】

本実施形態では、特に気化器の噴霧機構部に閉塞が発生しやすい原料を長期間安定的に気化させるための気化器の運用方法、すなわち、フラッシング動作等により、液体原料流路内の閉塞を、より一層抑制する方法について説明する。

【００９９】

図８に第２実施形態における基板処理装置のガス供給系の構成例を示す。なお、図８に示す第２実施形態における基板処理装置のガス供給系は、図１に示す第１実施形態における基板処理装置のガス供給系のうち２つの原料供給ライン、すなわちＳｒ原料（第１原料）を供給するラインと、Ｔｉ原料（第３原料）を供給するラインと、更にオゾンガス（反応ガス）を供給するラインの一部分を抜き出したものである。第２実施形態における各供給ライン及び基板処理装置の構成は、第１実施形態における各供給ライン及び基板処理装置の構成と同様である。なお、図８において、図１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。

【０１００】

本実施形態における気化器には、液体原料を供給する配管（液体原料供給管）と、その原料を溶解することのできる溶媒を供給する配管（溶媒供給管）と、キャリアガス配管（キャリアガス供給管）が、それぞれ流量調節器を介して接続されている。本実施形態では本構成をもつ気化器を２つ使用する。すなわち、本実施形態における気化器２２９ｔ、２２９ｓには、液体原料供給管２１１ｔ、２１１ｓと、溶媒供給管（洗浄液供給管）２１２ｔ、２１２ｓと、キャリアガス供給管２１８ｔ、２１８ｓが、それぞれ流量調節器２２１ｔ、２２１ｓ、２２２ｔ、２２２ｓ、２２５ｔ、２２５ｓを介して接続されている。

【０１０１】

以下、上述の第２実施形態の基板処理装置を用いて、半導体装置の製造工程の一工程として、２種類の原料を使用して、ＡＬＤ法によりウェハ上に薄膜を形成する基板処理工程について、図９を参照しながら説明する。図９は、本発明の第２実施形態にかかる基板処理工程における気化器２２９ｔ、２２９ｓへの原料供給による気化動作、溶媒供給による洗浄動作、溶媒大流量供給によるフラッシング動作のタイミングを示すタイミングチャートとしてのシーケンス図である。このタイミングチャートにおいて、横軸は時間、縦軸は原料、溶媒の流量を示している。なお、図９では、キャリアガス供給のタイミングについては省略してある。また、この図では、処理室２０１内で行われる各ステップ（Ａ、Ｂ、

Ｐ）の流れも示している。処理室２０１内で行われる各ステップを示すＡ、Ｂ、Ｐは、それぞれ、原料Ａ（Ｔｉ原料）の供給、原料Ｂ（Ｓｒ原料）の供給、パージ及び酸化剤の供給（パージ／酸化剤の供給／パージ）を示している。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によって制御される。

【０１０２】

第２実施形態おける基板処理工程が、第１実施形態における基板処理工程と異なるのは、第１実施形態の基板処理工程のうちＳ６～Ｓ１０の工程、すなわち、実質的に薄膜を形成する工程である成膜工程だけであり、その他の工程は同様である。以下、成膜工程について説明する。

【０１０３】

成膜のための気化動作を始める場合は、まずバルブｖｔ２、ｖｓ２、ｖｔ７、ｖｓ７を開け、原料Ａ、Ｂ双方の系統における溶媒供給管２１２ｔ、２１２ｓの流量調節器２２２ｔ、２２２ｓでそれぞれ流量調整された溶媒を、キャリアガス供給管２１８ｔ、２１８ｓの流量調整器２２５ｔ、２２５ｓでそれぞれ流量調整されたキャリアガスと共に、気化器２２９ｔ、２２９ｓの気化室２０ｔ、２０ｓ内に供給して気化させる。このときバルブｖｔ３、ｖｓ３は閉じ、バルブｖｔ５、ｖｓ５は開けた状態とするので、気化された溶媒はベントライン２１５ｔ、２１５ｓに排気される。なお、このとき、溶媒は気化室２０ｔ，２０ｓ内に第１の流量で流すようにする。

【０１０４】

次に原料Ａを供給する液体原料供給管２１１ｔのバルブｖｔ１を開け、流量調節器２２１ｔで流量調整された原料Ａを気化器２２９ｔの気化室２０ｔ内に導入して気化させる（気化サイクル）。この際にバルブｖｔ２は開けたままとし、溶媒供給管２１２ｔから気化室２０ｔ内へ供給する溶媒は止めることなく流し続け、気化室２０ｔ内で原料Ａと溶媒の混合気体を生成させる。なお、この際、バルブｖｔ７も開けたままとする。このときバルブｖｔ３、ｖｓ３は閉じ、バルブｖｔ５、ｖｓ５は開けたままの状態とするので、原料Ａと溶媒の混合気体はベントライン２１５ｔに排気される。なお、このときも、溶媒は気化室２０ｔ内に第１の流量で流すようにする。ただし液体原料が固体や粘性のある液体を溶媒に溶かした液体化原料である場合、原料中には既に溶媒が含まれているため、気化サイクルでの溶媒供給管２１２ｔから気化室２０ｔ内への溶媒供給は必須ではなく、省略しても良い。

【０１０５】

次にベントライン２１５ｔと原料ガス供給管２１３ｔのバルブｖｔ５、ｖｔ３を切り替える。すなわち、ベントライン２１５ｔのバルブｖｔ５を閉じ、原料ガス供給管２１３ｔのバルブｖｔ３を開くことで、処理室２０１内に原料Ａと溶媒の混合気体を導入する（Ａ）。

【０１０６】

所定時間が経過したら、原料ガス供給管２１３ｔとベントライン２１５ｔのバルブｖｔ３、ｖｔ５を切り替える。すなわち、原料ガス供給管２１３ｔのバルブｖｔ３を閉じ、ベントライン２１５ｔのバルブｖｔ５を開くことで、処理室２０１内への原料Ａと溶媒の混合気体の導入を停止する。同時に、パージガス供給管２１４ｔのバルブｖｔ４を開け処理室２０１内にパージガスを導入する。気化器２２９ｔ側ではバルブｖｔ１を閉じて原料Ａの気化室２０ｔ内への供給を停止し、バルブｖｔ２、ｖｔ７を開けたままとして溶媒とキャリアガスのみを気化室２０ｔ内へ供給することで、気化器２２９ｔ、特に噴霧機構としての噴霧管（液体原料流路２１ｔ）付近に残留した原料を洗い流す（洗浄サイクル）。なお、このときも、溶媒は気化室２０ｔ内に第１の流量で流すようにする。なお、洗浄サイクルは、次の気化サイクル、すなわち、次に原料Ａを気化器２２９ｔの気化室２０ｔ内へ供給する時まで継続して行われる。この間に処理室２０１内の原料Ａの残留ガスはパージガスによってパージされ、パージがなされた後、処理室２０１内に酸化剤（オゾンガス）が供給され、所定時間が経過したら、再び処理室２０１内がパージガスによりパージされる（Ｐ）。

【０１０７】
次に原料Ｂを供給する液体原料供給管２１１ｓのバルブｖｓ１を開け、流量調節器２２１ｓで流量調整された原料Ｂを気化器２２９ｓの気化室２０ｓ内に導入して気化させる（気化サイクル）。この際にバルブｖｓ２は開けたままとし、溶媒供給管２１２ｓから気化室２０ｓ内へ供給する溶媒は止めることなく流し続け、気化室２０ｓ内で原料Ｂと溶媒の混合気体を生成させる。なお、この際、バルブｖｓ７も開けたままとする。このときバルブｖｔ３、ｖｓ３は閉じ、バルブｖｔ５、ｖｓ５は開けたままの状態とするので、原料Ｂと溶媒の混合気体はベントライン２１５ｓに排気される。なお、このときも、溶媒は気化室２０ｓ内に第１の流量で流すようにする。ただし液体原料が固体や粘性のある液体を溶媒に溶かした液体化原料である場合、原料中には既に溶媒が含まれているため、気化サイクルでの溶媒供給管２１２ｓから気化室２０ｓ内への溶媒供給は必須ではなく、省略しても良い。

【０１０８】
次にベントライン２１５ｓと原料ガス供給管２１３ｓのバルブｖｓ５、ｖｓ３を切り替える。すなわち、ベントライン２１５ｓのバルブｖｓ５を閉じ、原料ガス供給管２１３ｓのバルブｖｓ３を開くことで、処理室２０１内に原料Ｂと溶媒の混合気体を導入する（Ｂ）。

【０１０９】
所定時間が経過したら、原料ガス供給管２１３ｓとベントライン２１５ｓのバルブｖｓ３、ｖｓ５を切り替える。すなわち、原料ガス供給管２１３ｓのバルブｖｓ３を閉じ、ベントライン２１５ｓのバルブｖｓ５を開くことで、処理室２０１内への原料Ｂと溶媒の混合気体の導入を停止する。同時に、パージガス供給管２１４ｓのバルブｖｓ４を開け処理室２０１内にパージガスを導入する。気化器２２９ｓ側ではバルブｖｓ１を閉じて原料Ｂの気化室２０ｓ内への供給を停止し、バルブｖｓ２、ｖｓ７を開けたままとして溶媒とキャリアガスのみを気化室２０ｓ内へ供給することで、気化器２２９ｓ、特に噴霧機構としての噴霧管（液体原料流路２１ｓ）付近に残留した原料を洗い流す（洗浄サイクル）。なお、このときも、溶媒は気化室２０ｓ内に第１の流量で流すようにする。なお、洗浄サイクルは、次の気化サイクル、すなわち、次に原料Ｂを気化器２２９ｓの気化室２０ｓ内へ供給する時まで継続して行われる。この間に処理室２０１内の原料Ｂの残留ガスはパージガスによってパージされ、パージがなされた後、処理室２０１内に酸化剤（オゾンガス）が供給され、所定時間が経過したら、再び処理室２０１内がパージガスによりパージされる（Ｐ）。

【０１１０】
図９に示すように、処理室２０１内では、原料Ａの供給（Ａ）、パージ、酸化剤の供給、パージ（Ｐ）、原料Ｂの供給（Ｂ）、パージ、酸化剤の供給、パージ（Ｐ）を１サイクル（成膜サイクル）として、このサイクルを所定回数繰り返す。これにより、ウェハ２００上に所望の膜厚のＳＴＯ（チタン酸ストロンチウム）薄膜、すなわち$SrTiO_3$薄膜が形成される。この間、気化器２２９ｔ、２２９ｓでは、気化サイクルと洗浄サイクルが交互に繰り返される。なお、成膜サイクルでは、原料Ａの供給（Ａ）、パージ、酸化剤の供給、パージ（Ｐ）、原料Ｂの供給（Ｂ）、パージ、酸化剤の供給、パージ（Ｐ）、を１サイクル（成膜サイクル）として、このサイクルを所定回数繰り返すようにしたが、例えば、原料Ａの供給（Ａ）、パージ、原料Ｂの供給（Ｂ）、パージ、酸化剤の供給、パージ、を１サイクル（成膜サイクル）として、このサイクルを所定回数繰り返すようにしてもよい。これらの場合も、気化器２２９ｔ、２２９ｓでは、気化サイクルと洗浄サイクルが交互に繰り返される。なお、図９の場合、気化サイクルにおいても気化器２２９ｔ、２２９ｓには溶媒が連続的に流れるので、気化サイクルでは、原料の気化と同時に気化器２２９ｔ、２２９ｓの洗浄も行われることとなる。すなわち、気化サイクル、洗浄サイクルにかかわらず、気化器２２９ｔ、２２９ｓの洗浄は連続的に行われることとなる。

【０１１１】
これまで述べた通り、気化サイクル後の洗浄サイクルにより気化器２２９ｔ、２２９ｓ

の閉塞を抑制できるが、原料の性質によっては、気化サイクル中も気化器２２９ｔ、２２９ｓに対し溶媒を流し続ける場合、あるいは溶媒を流さないで閉止する場合や流量を変更する場合もあることは先に述べたとおりである。

【０１１２】

以下、気化器２２９ｔ、２２９ｓの閉塞を更に抑制するためのフラッシング動作について述べる。フラッシング動作とは、気化サイクル時以外の時すなわち洗浄サイクル時であって、気化サイクルを所定回数行う毎に、気化器２２９ｔ、２２９ｓに供給する溶媒の流量を、通常の洗浄サイクル時や気化サイクル時に供給する溶媒の流量すなわち第１の流量よりも大流量である第２の流量として、気化器２２９ｔ、２２９ｓを洗浄する動作のことである。図９では、フラッシング動作を、処理室２０１内での成膜サイクル（４）で実施する例、すなわち気化サイクルを４回行う毎に実施する例を示している。図９では、成膜サイクル（４）での気化サイクル後の洗浄サイクルで、溶媒の流量を通常の洗浄サイクル時や気化サイクル時の少なくとも２倍以上として、気化器２２９ｔ、２２９ｓに一時的に供給している。この際キャリアガスの流量も変化させてもよい。

【０１１３】

気化サイクル毎に通常の洗浄サイクルを実施するのみでは、気化器２２９ｔ，２２９ｓ内に付着したり残留したりしている原料残渣を完全に除去することは困難な場合がある。そして、原料残渣を完全に除去することなく気化サイクルと洗浄サイクルとを定常的に繰り返すこととすれば、繰り返しに伴って気化器２２９ｔ，２２９ｓ内の原料残渣が累積的に増加してしまう場合がある。これに対し、所定回数の気化サイクルを実施する毎に気化器２２９ｔ、２２９ｓの噴霧機構部分（液体原料流路２１ｔ、２１ｓ）に通常より多量の溶媒を高速度で流すことにより、洗浄効果は通常の洗浄サイクルでの洗浄効果より非常に大きいものとなり、通常の洗浄サイクルで除去しきれなかった原料残渣などを除去できる。すなわち、所定回数の気化サイクルを実施する毎にフラッシング動作を実施することとすれば、気化サイクルと洗浄サイクルとの定常的な繰り返しに変化を与えることができ、累積的に増加してしまった気化器２２９ｔ，２２９ｓ内の原料残渣を除去することができる。そして、気化器２２９ｔ、２２９ｓのメンテナンス周期を長くすることができる。

【０１１４】

この動作サイクルをフラッシングサイクルと呼ぶ。通常の洗浄サイクルに対するフラッシングサイクルの実施頻度、および時間、溶媒流量は原料物性により異なるため、実験的に決められるが、実施頻度については、概ね数十回の気化サイクル毎に実施することが効果的である。

【０１１５】

なお、本実施形態の気化サイクル及び通常の洗浄サイクルのそれぞれにおける気化器２２９ｔ、２２９ｓ（気化室２０ｔ、２０ｓ）内の温度、圧力、溶媒（ＥＣＨ）流量、キャリアガス流量としては、

気化器（気化室）内温度：２５０℃程度、

気化器（気化室）内圧力：数～１０Ｔｏｒｒ、

溶媒供給流量（第１の流量）：０．０５～０．５ｃｃ／ｍｉｎ、

キャリアガス供給流量：１～４ｓｌｍ、

が例示される。

【０１１６】

また、本実施の形態のフラッシングサイクルにおける気化器２２９ｔ、２２９ｓ（気化室２０ｔ、２０ｓ）内の温度、圧力、溶媒（ＥＣＨ）流量、キャリアガス流量としては、

気化器（気化室）内温度：２５０℃程度、

気化器（気化室）内圧力：数～１０Ｔｏｒｒ以上、

溶媒供給流量（第２の流量）：第１の流量の２～２０倍、好ましくは２～１０倍、

キャリアガス供給流量：１～１０ｓｌｍ、

が例示される。なお、フラッシングサイクルにおいては、気化器２２９ｔ，２２９ｓへ供給する溶媒の流量を増やすため、気化サイクルや洗浄サイクルよりも気化器２２９ｔ，２

２９ｓ内の圧力は高くなる。

【０１１７】

本実施形態によれば、気化器に対し溶媒を常に流すことにより、原料に起因する気化器の、特に噴霧機構部分の閉塞をより抑制することができる。また気化器に対し定期的にフラッシング動作を行うことにより、通常の配管洗浄サイクルを実施しているにもかかわらず噴霧機構部分に残留、堆積してしまう原料を効果的に除去することができ、噴霧機構部分の閉塞をより一層抑制することができる。上記効果により、配管閉塞に達する時間を大幅に延長することができるため、気化器閉塞時のメンテナンスによる装置の不稼働時間（ダウンタイム）を大幅に縮小することができる。

【０１１８】

なお、図９に示す基板処理工程において、気化サイクル終了直後は、気化器２２９ｔ，２２９ｓの液体原料流路２１ｔ，２１ｓ内に原料が残留している場合がある。このような場合、フラッシングサイクル開始直後（気化サイクル終了直後）にフラッシング動作を行うと、液体原料流路２１ｔ，２１ｓ内に残留している原料が、第１の流量よりも流量の大きな第２の流量の溶媒によって一気に気化室２０ｔ、２０ｓ内へ押し流されてしまい、気化室２０ｔ，２０ｓ内の原料濃度が一時的に増大してしまうこととなる。そして、気化室２０ｔ，２０ｓ内の原料濃度が気化器２２９ｔ，２２９ｓの気化能力を超えてしまい、原料を完全に気化させることができず、気化不良が発生してしまう場合がある。

【０１１９】

そこで本実施形態では、気化器２２９ｔ，２２９ｓに第２の流量で溶媒を流す際（成膜サイクル（４）でフラッシングサイクルを実施する際）、一旦、気化器２２９ｔ，２２９ｓに溶媒を第２の流量よりも小さな流量で流し、その後、気化器２２９ｔ，２２９ｓへの第２の流量での溶媒の供給を開始するようにしてもよい。この場合、一旦、気化器２２９ｔ，２２９ｓに、少なくとも開閉バルブｖｔ１，ｖｓ１から気化室２０ｔ，２０ｓに至るまでの液体原料流路２１ｔ，２１ｓ内の配管容量に匹敵する容量の溶媒を第２の流量よりも小さな流量で流した後に、気化器２２９ｔ，２２９ｓへの第２の流量での溶媒の供給を開始するのが好ましい。

【０１２０】

図１０は、図９に示すシーケンス図の変形例であり、フラッシング動作の開始タイミングを遅延させる場合の溶媒供給のタイミングを示している。図１０によれば、気化器２２９ｔ，２２９ｓに第２の流量で溶媒を流す際、一旦、気化器２２９ｔ，２２９ｓに溶媒を第１の流量で流し、その後、気化器２２９ｔ，２２９ｓに供給する溶媒の流量を第１の流量から第２の流量に変更してフラッシング動作を開始するようにしている。このように、フラッシングサイクルの開始直後（気化サイクルの終了直後）、通常の洗浄サイクルと同様に気化室２２９ｔ，２２９ｓ内に第１の流量で溶媒を供給し、液体原料流路２１ｔ，２１ｓ内に残留している原料を気化室２０ｔ，２０ｓ内に押し出して溶媒に置換しておくことにより、気化室２０ｔ，２０ｓ内の原料濃度が気化器２２９ｔ，２２９ｓの気化能力を超えてしまうことを抑制でき、気化不良の発生を抑制でき、液体原料流路２１ｔ，２１ｓ内の閉塞を抑制できる。

【０１２１】

フラッシング動作の開始タイミングの遅延時間、すなわちフラッシングサイクルの開始時（気化サイクルの終了時）からフラッシング動作を開始するまでの時間は、例えば、開閉バルブｖｔ１，ｖｓ１から気化室２０ｔ，２０ｓに至るまでの液体原料流路２１ｔ，２１ｓ内の配管容量に匹敵する容量の溶媒を流すのに要する時間を基準として算定することができる。また、図１０において、フラッシングサイクル開始直後（気化サイクル終了直後）に気化器２２９ｔ，２２９ｓに供給する溶媒の流量（フラッシング動作を開始するまでの間に気化器２２９ｔ，２２９ｓに供給する溶媒の流量）は、気化室２０ｔ，２０ｓ内の原料濃度の増大を緩やかにし、気化不良の発生を抑制することができる流量であれば、必ずしも第１の流量に限定されない。

【０１２２】

なお、第２実施形態では、気化サイクル及び通常の洗浄サイクルにおいて気化室２０ｔ，２０ｓ内に溶媒を常に第１の流量で流すこととしていたが、本発明はかかる形態に限定されない。すなわち、気化サイクルにおいて気化室２０ｔ，２０ｓ内に溶媒を流さない場合や、気化サイクルにおいて気化室２０ｔ，２０ｓ内に第１の流量よりも少ない流量で溶媒を流す場合にも、フラッシングサイクルは好適に実施可能である。図１１は、図１０に示すシーケンス図の変形例であり、図１０における気化器２２９ｔ，２２９ｓのうち１つの気化器に対する気化サイクル、洗浄サイクル、フラッシングサイクルのタイミングを抜き出したものである。図１１の（ａ）は各気化サイクルにおいて溶媒を流さない場合の溶媒供給のタイミングを示し、（ｂ）は気化サイクルでの溶媒の流量を洗浄サイクルでの溶媒の流量よりも少なくした場合の溶媒供給のタイミングを示している。いずれの場合においても、図１１に示すようにフラッシング動作の開始タイミングを遅延させることができる。

【０１２３】

第２実施形態では、気化サイクルを所定回数行う毎にフラッシングサイクルを実施することとしていたが、本発明はかかる形態に限定されない。すなわち、本発明は、気化サイクルを行う毎にフラッシングサイクルを実施することとしてもよい。このとき、各フラッシング動作で流す溶媒の流量は、一定量である場合に限らず変化させてもよい。例えば、気化サイクル行う毎に大流量のフラッシング動作を実施することとしてもよく、気化サイクル行う毎に小流量のフラッシング動作を実施しつつ、気化サイクルを所定回数行う毎に大流量のフラッシング動作を実施することとしてもよい。図１２は、図１０に示すシーケンス図の変形例であり、図１０における気化器２２９ｔ，２２９ｓのうち１つの気化器に対する気化サイクル、洗浄サイクル、フラッシングサイクルのタイミングを抜き出したものである。図１２の（ａ）は気化サイクルを行う毎に大流量のフラッシング動作を実施する場合の溶媒供給のタイミングを示し、（ｂ）は気化サイクルを行う毎に小流量のフラッシング動作を実施しつつ、気化サイクルを所定回数行う毎にさらに大流量のフラッシング動作を実施する場合の溶媒供給のタイミングを示している。いずれの場合においても、図１２に示すようにフラッシング動作の開始タイミングを遅らせることができる。

【０１２４】

（第３実施形態）

次に本発明の第３実施形態について説明する。上述の第１実施形態、第２実施形態では、基板処理装置として１度に１枚の基板を処理する枚葉式のＡＬＤ装置を用いて成膜する例について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されない。例えば、基板処理装置として１度に複数枚の基板を処理するバッチ式の縦型ＡＬＤ装置を用いて成膜するようにしてもよい。以下、この縦型ＡＬＤ装置について説明する。

【０１２５】

図７は、第３実施形態で好適に用いられる縦型ＡＬＤ装置の縦型処理炉の概略構成図であり、（ａ）は、処理炉３０２部分を縦断面で示し、（ｂ）は、処理炉３０２部分を図７（ａ）のＡ－Ａ線断面図で示す。

【０１２６】

図７（ａ）に示されるように、処理炉３０２は加熱手段（加熱機構）としてのヒータ３０７を有する。ヒータ３０７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。

【０１２７】

ヒータ３０７の内側には、ヒータ３０７と同心円状に反応管としてのプロセスチューブ３０３が配設されている。プロセスチューブ３０３は、例えば石英（SiO_2）や炭化シリコン（ＳｉＣ）等の耐熱性材料からなり、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。プロセスチューブ３０３の筒中空部には処理室３０１が形成されており、基板としてのウェハ２００を、後述するボート３１７によって水平姿勢で垂直方向に多段に整列した状態で収容可能に構成されている。

【０１２８】

プロセスチューブ３０３の下方には、プロセスチューブ３０３と同心円状にマニホールド３０９が配設されている。マニホールド３０９は、例えばステンレス等からなり、上端及び下端が開口した円筒形状に形成されている。マニホールド３０９は、プロセスチューブ３０３に係合しており、プロセスチューブ３０３を支持するように設けられている。なお、マニホールド３０９とプロセスチューブ３０３との間には、シール部材としてのＯリング３２０ａが設けられている。マニホールド３０９がヒータベースに支持されることにより、プロセスチューブ３０３は垂直に据え付けられた状態となっている。プロセスチューブ３０３とマニホールド３０９とにより反応容器が形成される。

【０１２９】

マニホールド３０９には、第１ガス導入部としての第１ノズル３３３ａと、第２ガス導入部としての第２ノズル３３３ｂとが、マニホールド３０９の側壁を貫通するように、また、その一部が処理室３０１内に連通するように接続されている。第１ノズル３３３ａと第２ノズル３３３ｂは、それぞれ水平部と垂直部とを有するＬ字形状であり、水平部がマニホールド３０９に接続され、垂直部が処理室３０１を構成している反応管３０３の内壁とウェハ２００との間における円弧状の空間に、反応管３０３の下部より上部の内壁にウェハ２００の積載方向に沿って設けられている。第１ノズル３３３ａ、第２ノズル３３３ｂの垂直部の側面には、ガスを供給する供給孔である第１ガス供給孔３４８ａ、第２ガス供給孔３４８ｂがそれぞれ設けられている。この第１ガス供給孔３４８ａ、第２ガス供給孔３４８ｂは、それぞれ下部から上部にわたって同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。

【０１３０】

第１ノズル３３３ａ、第２ノズル３３３ｂに接続されるガス供給系は、上述の実施形態と同様である。ただし、本実施形態では、第１ノズル３３３ａに原料ガス供給管２１３が接続され、第２ノズル３３３ｂにオゾンガス供給管２１３ｏが接続される点が、上述の実施形態と異なる。すなわち、本実施形態では、原料ガス（第１原料ガス、第２原料ガス、第３原料ガス）と、オゾンガスとを、別々のノズルにより供給する。なお、さらに各原料ガスを別々のノズルにより供給するようにしてもよい。

【０１３１】

マニホールド３０９には、処理室３０１内の雰囲気を排気する排気管３３１が設けられている。排気管３３１のマニホールド３０９との接続側と反対側である下流側には、圧力検出器としての圧力センサ３４５及び圧力調整器としてのＡＰＣ（Ａｕｔｏ　Ｐｒｅｓｓｕｒｅ　Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）バルブ３４２を介して、真空排気装置としての真空ポンプ３４６が接続されており、処理室３０１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。なお、ＡＰＣバルブ３４２は弁を開閉して処理室３０１の真空排気・真空排気停止ができ、更に弁開度を調整して処理室３０１内の圧力を調整することができるよう構成されている開閉弁である。

【０１３２】

マニホールド３０９の下方には、マニホールド３０９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３１９が設けられている。シールキャップ３１９は、マニホールド３０９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３１９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３１９の上面には、マニホールド３０９の下端と当接するシール部材としてのＯリング３２０ｂが設けられる。シールキャップ３１９の処理室３０１と反対側には、後述するボート３１７を回転させる回転機構３６７が設置されている。回転機構３６７の回転軸３５５は、シールキャップ３１９を貫通して、ボート３１７に接続されており、ボート３１７を回転させることでウェハ２００を回転させるように構成されている。シールキャップ３１９は、プロセスチューブ３０３の外部に垂直に配置された昇降機構としてのボートエレベータ３１５によって、垂直方向に昇降されるように構成されており、これによりボート３１７を処理室３０１に対し搬入搬出することが可能となっている。

【０１３３】

基板保持具としてのボート３１７は、例えば石英や炭化珪素等の耐熱材料からなり、複数枚のウェハ２００を水平姿勢でかつ互いに中心を揃えた状態で整列させて多段に保持するように構成されている。なお、ボート３１７の下部には、例えば石英や炭化珪素等の耐熱材料からなる断熱部材３１８が設けられており、ヒータ３０７からの熱がシールキャップ３１９側に伝わりにくくなるよう構成されている。なお、断熱部材３１８は、石英や炭化珪素等の耐熱性材料からなる複数枚の断熱板と、これら断熱板を水平姿勢で多段に保持する断熱板ホルダとにより構成してもよい。プロセスチューブ３０３内には、温度検出器としての温度センサ３６３が設置されており、温度センサ３６３により検出された温度情報に基づきヒータ３０７への通電具合を調整することにより、処理室３０１内の温度が所定の温度分布となるように構成されている。温度センサ３６３は、第１ノズル３３３ａ及び第２ノズル３３３ｂと同様に、プロセスチューブ３０３の内壁に沿って設けられている。

【０１３４】

制御部（制御手段）であるコントローラ３８０は、ＡＰＣバルブ３４２、ヒータ３０７、温度センサ３６３、真空ポンプ３４６、ボート回転機構３６７、ボートエレベータ３１５、開閉バルブｖｓ１～ｖｓ６、ｖｂ１～ｖｂ６、ｖｔ１～ｖｔ６、ｖｏ３～ｖｏ６、液体流量コントローラ２２１ｓ，２２１ｂ，２２１ｔ，２２２ｓ，２２２ｂ，２２２ｔ、流量コントローラ２２４ｓ，２２４ｂ，２２４ｔ，２２１ｏ，２２２ｏ，２２４ｏ等の動作を制御する。

【０１３５】

次に、上記構成にかかる縦型ＡＬＤ装置の処理炉３０２を用いて、半導体装置の製造工程の一工程として、ＡＬＤ法によりウェハ２００上に薄膜を形成する基板処理工程について説明する。なお、以下の説明において、縦型ＡＬＤ装置を構成する各部の動作は、コントローラ３８０により制御される。

【０１３６】

複数枚のウェハ２００をボート３１７に装填（ウェハチャージ）する。そして、図７（ａ）に示すように、複数枚のウェハ２００を保持したボート３１７を、ボートエレベータ３１５によって持ち上げて処理室３０１内に搬入（ボートロード）する。この状態で、シールキャップ３１９はＯリング３２０ｂを介してマニホールド３０９の下端をシールした状態となる。

【０１３７】

処理室３０１内が所望の圧力（真空度）となるように、真空排気装置３４６によって真空排気する。この際、処理室３０１内の圧力を圧力センサ３４５で測定して、この測定された圧力に基づき、圧力調節器３４２をフィードバック制御する。また、処理室３０１内が所望の温度となるように、ヒータ３０７によって加熱する。この際、処理室３０１内が所望の温度分布となるように、温度センサ３６３が検出した温度情報に基づきヒータ３０７への通電具合をフィードバック制御する。続いて、回転機構３６７によりボート３１７を回転させることで、ウェハ２００を回転させる。

【０１３８】

その後、上述の第１実施形態と同様に、第１原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ６）、第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ７）、第２原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ８）、第３原料ガスを用いたＡＬＤ工程（Ｓ９）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（Ｓ１０）、ウェハ２００上に所望の膜厚の（Ｂａ，Ｓｒ）TiO_3薄膜を形成する。もしくは、上述の第２実施形態と同様に、原料Ａの供給（Ａ）、パージ、酸化剤の供給、パージ（Ｐ）、原料Ｂの供給（Ｂ）、パージ、酸化剤の供給、パージ（Ｐ）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、ウェハ２００上に所望の膜厚の$SrTiO_3$薄膜を形成する。

【０１３９】

その後、ボートエレベータ３１５によりシールキャップ３１９を下降させて、マニホールド３０９の下端を開口させるとともに、所望膜厚の薄膜が形成された後のウェハ２００

を、ボート３１７に保持させた状態でマニホールド３０９の下端からプロセスチューブ３０３の外部に搬出（ボートアンロード）する。その後、処理済ウェハ２００をボート３１７より取り出す（ウエハディスチャージ）。

【０１４０】

＜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。

【０１４１】

本発明の一態様によれば、処理室内に基板を搬入する工程と、前記処理室内に複数種類の反応物質を複数回供給することにより前記基板を処理する工程と、処理後の前記基板を前記処理室内から搬出する工程と、を有し、前記複数種類の反応物質のうち少なくともいずれか一つは、液体原料を気化部で気化させた原料ガスを含み、前記基板を処理する工程では、前記気化部に前記液体原料を供給して気化させる気化動作を間欠的に行うと共に、少なくとも前記液体原料の前記気化動作時以外の時に、前記気化部に前記液体原料を溶解することのできる溶媒を第１の流量で流し、前記液体原料の前記気化動作時以外の時であって、前記液体原料の前記気化動作を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を前記第１の流量よりも大きな第２の流量で流す半導体装置の製造方法が提供される。

【０１４２】

好ましくは、前記基板を処理する工程では、前記液体原料の１回の前記気化動作後、その次に前記気化動作を行うまでの間は、前記気化部に前記溶媒を連続的に流す。

【０１４３】

また好ましくは、前記基板を処理する工程では、前記液体原料の前記気化動作にかかわらず、前記気化部に前記溶媒を連続的に流す。

【０１４４】

また好ましくは、前記液体原料の前記気化動作時以外の時に、前記気化部に流した溶媒は、前記処理室内に供給することなく排気する。

【０１４５】

また好ましくは、前記第２の流量は前記第１の流量の倍以上である。

【０１４６】

また好ましくは、前記気化部に前記溶媒を前記第２の流量で流す際、一旦、前記気化部に前記溶媒を前記第１の流量で流した後に、前記気化部に供給する前記溶媒の流量を前記第１の流量から前記第２の流量に変更する。

【０１４７】

また好ましくは、前記気化部に前記溶媒を前記第２の流量で流す際、一旦、前記気化部に前記溶媒を前記第２の流量よりも小さな流量で流し、その後、前記気化部への前記第２の流量での前記溶媒の供給を開始する。

【０１４８】

本発明の他の態様によれば、基板を処理する処理室と、液体原料を気化する気化部と、前記気化部に液体原料を供給する液体原料供給系と、前記気化部で前記液体原料を気化させた原料ガスを前記処理室内に供給する原料ガス供給系と、前記原料ガスとは異なる反応ガスを前記処理室内に供給する反応ガス供給系と、前記液体原料を溶解することのできる溶媒を前記気化部に供給する溶媒供給系と、前記処理室内への前記原料ガスの供給及び前記反応ガスの供給を複数回行い、その際、前記気化部に前記液体原料を供給して気化させる気化動作を間欠的に行うと共に、少なくとも前記液体原料の前記気化動作時以外の時に、前記気化部に前記溶媒を第１の流量で流し、前記液体原料の前記気化動作時以外の時であって、前記液体原料の前記気化動作を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を前記第１の流量よりも大きな第２の流量で流すように、前記液体原料供給系、前記気化部、前記原料ガス供給系、前記溶媒供給系、および、前記反応ガス供給系を制御するコントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

【０１４９】

本発明の更に他の態様によれば、基板を収容した処理室内に複数種類の反応物を複数回

供給することにより基板を処理する工程を有する半導体装置の製造方法であって、前記複数種類の反応物のうち少なくともいずれか一つは、液体原料を気化部で気化させた原料ガスを含み、前記基板を処理する工程では、前記気化部に、前記液体原料を間欠的に供給して気化すると共に、前記液体原料を溶解することのできる溶媒を連続的に供給して気化し、前記気化部に前記液体原料を供給する時以外の時であって、前記液体原料の供給を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を、前記液体原料を供給する時に供給する前記溶媒の流量よりも大きな流量で流すフラッシング動作を行う半導体装置の製造方法が提供される。

【０１５０】

本発明の更に他の態様によれば、基板を処理する処理室と、液体原料を気化する気化部と、前記気化部に前記液体原料を供給する液体原料供給管と、前記気化部にて前記液体原料を気化させた原料ガスを前記処理室内に供給する原料ガス供給管と、前記原料ガスとは異なる反応ガスを前記処理室内に供給する反応ガス供給管と、前記気化部に前記液体原料を溶解することのできる溶媒を供給する溶媒供給管と、前記処理室内への前記原料ガスの供給及び前記反応ガスの供給を複数回行うことで基板を処理するように制御し、その際、前記気化部に、前記液体原料を間欠的に供給して気化すると共に、前記溶媒を連続的に供給して気化し、前記気化部に前記液体原料を供給する時以外の時であって、前記液体原料の供給を所定回数行う毎に、前記気化部に前記溶媒を、前記液体原料を供給する時に供給する前記溶媒の流量よりも大きな流量で流すフラッシング動作を行うように制御するコントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

【０１５１】

本発明の更に他の態様によれば、半導体製造装置に使用され、内部に噴霧機構を有する液体原料の気化器で、液体原料と、原料を溶解することのできる溶媒を混合して供給、または別系統で供給して内部で混合し気化する運用において、原料の供給は半導体製造装置側の必要に応じて間欠的に行い、一方で溶媒は原料の供給サイクルに関わらず連続して供給、気化し続けることで噴霧機構近傍に残留した原料やその分解物による噴霧機構部の閉塞を抑制する気化器の運用方法が提供される。

【０１５２】

ここで、原料が固体原料や粘性の高い液体原料を溶媒に溶解して液体化した液体化原料である場合は原料自体に溶媒が含まれるため、溶媒は原料の供給・気化サイクルに関わらず連続して供給、気化し続ける以外に、液体化原料を供給していないサイクルでのみ溶媒を供給・気化することで噴霧機構近傍に残留した原料やその分解物による噴霧機構部の閉塞を抑制することもできる。

【０１５３】

好ましくは、溶媒のみを流すサイクルにおいて、原料気化サイクルでの溶媒流量に比べて少なくとも２倍以上の流量の溶媒を流して気化ノズル近傍の原料流速や圧力を変化させ、効果的にノズル近傍に残留する原料を洗浄するフラッシング動作をさせる。さらに好ましくは、溶媒に窒素などのパージガスを混合して流すことで洗浄効率を向上させる。さらに好ましくは、フラッシング洗浄動作を、原料気化サイクル毎、あるいは噴霧機構部を閉塞させない範囲で原料気化サイクルを数回繰り返す毎に実施する。

【０１５４】

本発明の更に他の態様によれば、基板を収容した処理室内に複数種類の反応物を複数回供給することにより基板を処理する工程を有する半導体装置の製造方法であって、前記複数種類の反応物のうち少なくともいずれか一つは、液体原料を気化部で気化させた原料ガスを含み、前記気化部で気化させた前記原料ガスの前記処理室内への少なくとも１回の供給動作後、その次に前記液体原料を前記気化部で気化させるまでの間に、前記気化部を洗浄液で洗浄する半導体装置の製造方法が提供される。

【０１５５】

好ましくは、前記気化器の洗浄は前記原料ガスの１回の供給動作毎に行う。また、好ましくは、前記液体原料は溶媒で希釈されており、前記洗浄液は前記液体原料を希釈する前

記溶媒である。また、好ましくは、前記溶媒は、エチルシクロヘキサンまたはテトラヒドロフランである。また、好ましくは、前記気化部を洗浄する際、前記気化部で前記洗浄液を気化して、前記気化した洗浄液を前記処理室外に排気する。また、好ましくは、前記液体原料は、Ｓｒ、Ｂａ、Ｔｉのうち少なくとも何れか一つを含む液体原料である。また、好ましくは、前記液体原料は、Ｓｒ液体原料、Ｂａ液体原料、及びＴｉ液体原料を含む。

【０１５６】

本発明の更に他の態様によれば、基板を処理する処理室と、液体原料を気化する気化部と、前記気化部に液体原料を供給する液体原料供給管と、前記気化部にて液体原料を気化させた原料ガスを前記処理室内に供給する原料ガス供給管と、前記原料ガスとは異なる反応物を前記処理室内に供給する反応物供給管と、前記気化部に洗浄液を供給する洗浄液供給管と、前記処理室内への前記原料ガスの供給及び前記処理室内への前記反応物の供給を複数回行うことで基板を処理するように制御すると共に、前記原料ガスの少なくとも１回の供給動作後、その次に前記液体原料を前記気化部で気化させるまでの間に、前記気化部に前記洗浄液を供給することで前記気化部を洗浄するように制御するコントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

【０１５７】

好ましくは、前記コントローラは、前記気化器の洗浄を前記原料ガスの１回の供給動作毎に行うように制御する。また、好ましくは、前記液体原料は溶媒で希釈されており、前記洗浄液は前記液体原料を希釈する前記溶媒である。また、好ましくは、前記溶媒は、エチルシクロヘキサンまたはテトラヒドロフランである。また、好ましくは、前記コントローラは、前記気化部を洗浄する際、前記気化部で前記洗浄液を気化して、前記気化した洗浄液を前記処理室外に排気するように制御する。また、好ましくは、前記液体原料は、Ｓｒ、Ｂａ、Ｔｉのうち少なくとも何れか一つを含む液体原料である。また、好ましくは、前記液体原料は、Ｓｒ液体原料、Ｂａ液体原料、及びＴｉ液体原料を含む。

【０１５８】

本発明の更に他の態様によれば、一つの反応物を基板上に供給する工程と、他の反応物を前記基板上に供給する工程と、を１サイクルとしてこのサイクルを複数回繰り返す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であって、前記反応物のうち少なくとも何れか一つが液体原料を気化部で気化させた原料ガスを含み、前記液体原料の前記気化部への少なくとも１回の供給動作後、他の液体で前記気化部を洗浄する半導体装置の製造方法が提供される。

【０１５９】

本発明の更に他の態様によれば、基板を処理する処理室と、液体原料を気化する気化部と、前記気化部に液体原料を供給する液体原料供給管と、前記気化部にて液体原料を気化させた原料ガスを前記処理室内に供給する原料ガス供給管と、前記原料ガスとは異なる反応物を前記処理室内に供給する反応物供給管と、前記気化部に洗浄液を供給する洗浄液供給管と、を有し、前記処理室内への前記原料ガスの供給と前記反応物の供給を複数回行うことで基板を処理するように制御すると共に、前記液体原料の前記気化部への少なくとも１回の供給動作後、前記気化部に前記洗浄液を供給することで前記気化部を洗浄するように制御するコントローラと、を有する基板処理装置が提供される。

【０１６０】

本発明の更に他の態様によれば、基板を収容した処理室内に液体原料を気化部で気化させた原料ガスを供給する工程と、前記処理室内に酸化剤を供給する工程と、を複数回繰り返す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であって、前記気化部で気化させた前記原料ガスの前記処理室内への少なくとも１回の供給動作後、その次に前記液体原料を前記気化部で気化させるまでの間に、前記気化部を洗浄液で洗浄する半導体装置の製造方法が提供される。

【０１６１】

本発明の更に他の態様によれば、基板を収容した処理室内に複数種類の液体原料をそれぞれ異なる気化部で別々に気化させて得た複数種類の原料ガスを供給する工程と、前記処

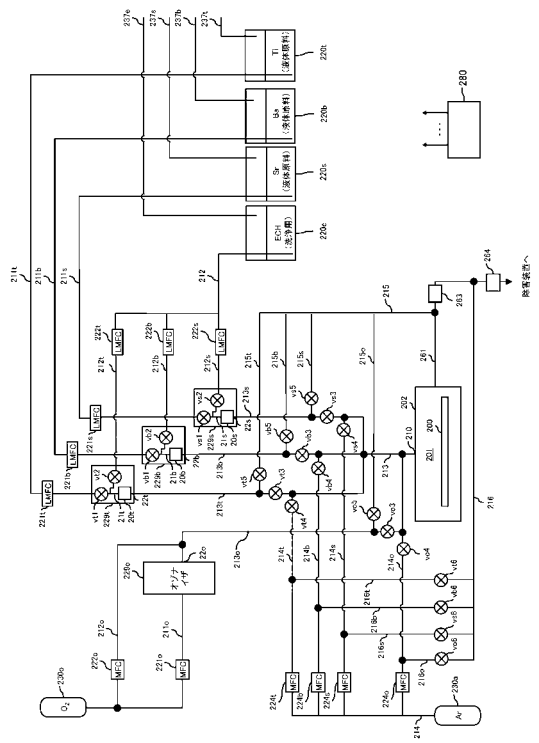
理室内に酸化剤を供給する工程と、を複数回繰り返すことにより前記基板を処理する工程を有する半導体装置の製造方法であって、前記それぞれの原料ガスの前記処理室内への少なくとも１回の供給動作後、その次に前記それぞれの液体原料を前記それぞれの気化部で気化させるまでの間に、前記それぞれの気化部を洗浄液で洗浄する半導体装置の製造方法が提供される。

【符号の説明】

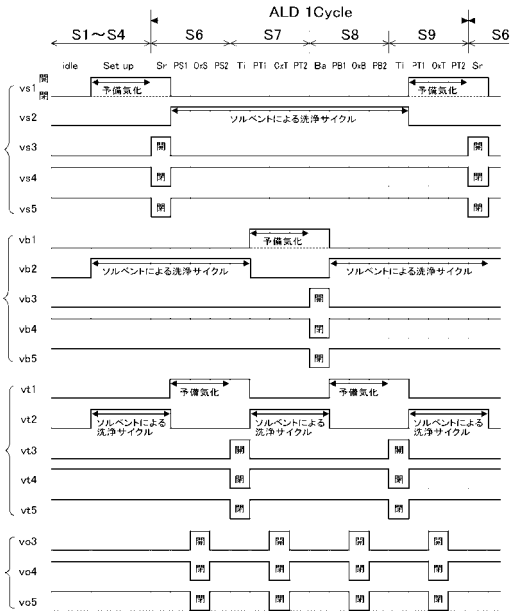
【０１６２】

２００　ウェハ（基板）
２０１　処理室
２１１ｓ　第１液体原料供給管
２１１ｂ　第２液体原料供給管
２１１ｔ　第３液体原料供給管
２１２ｓ　第１洗浄液供給管
２１２ｂ　第２洗浄液供給管
２１２ｔ　第３洗浄液供給管
２１３ｓ　第１原料ガス供給管
２１３ｂ　第２原料ガス供給管
２１３ｔ　第３原料ガス供給管
２１３ｏ　オゾンガス供給管（反応物供給管）
２２９ｓ　気化器
２２９ｂ　気化器
２２９ｔ　気化器
２８０　コントローラ

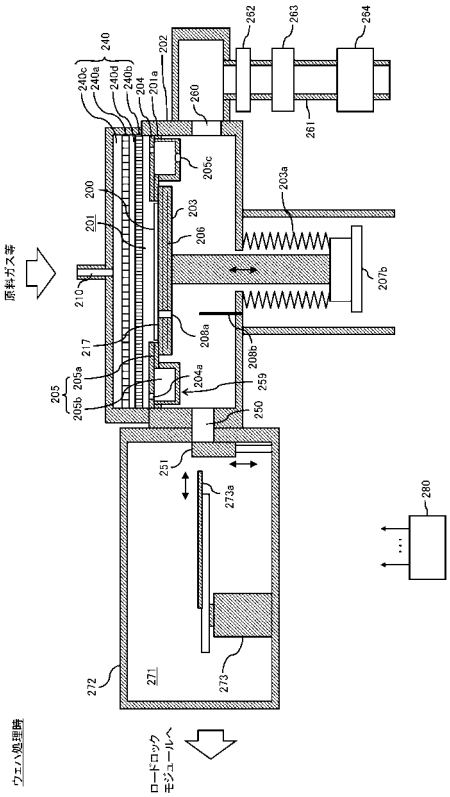
【図１】



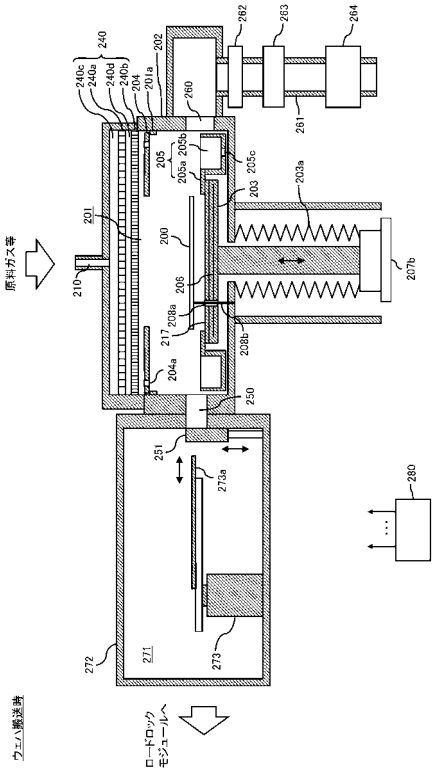
【図２】



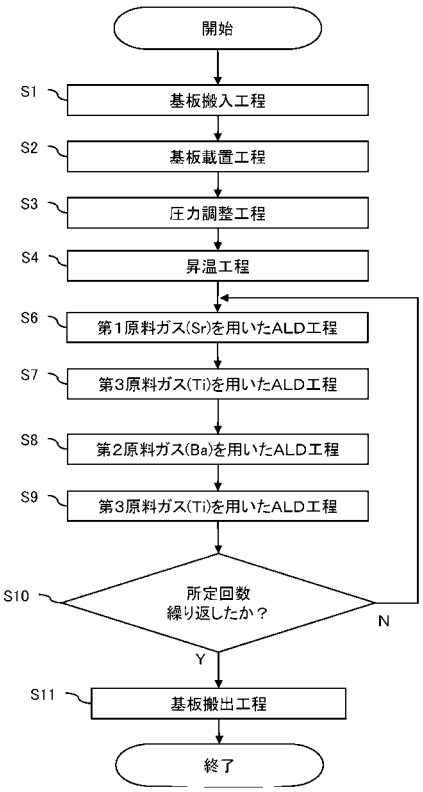
【図３】


原料ガス等
ウエハ処理時
ロードロックモジュールへ

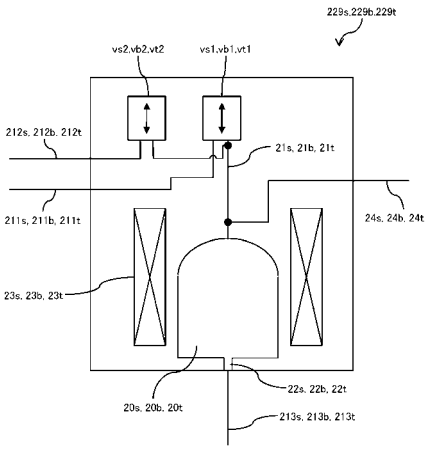
【図４】


原料ガス等
ウエハ搬送時
ロードロックモジュールへ

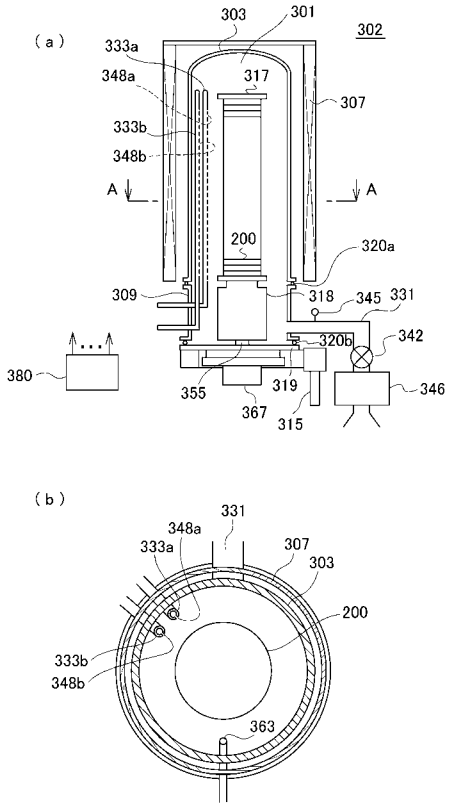
【図５】


開始
S1
基板搬入工程
S2
基板載置工程
S3
圧力調整工程
S4
昇温工程
S6
第1原料ガス(Sr)を用いたALD工程
S7
第3原料ガス(Ti)を用いたALD工程
S8
第2原料ガス(Ba)を用いたALD工程
S9
第3原料ガス(Ti)を用いたALD工程
S10
所定回数
繰り返したか？
N
Y
S11
基板搬出工程
終了

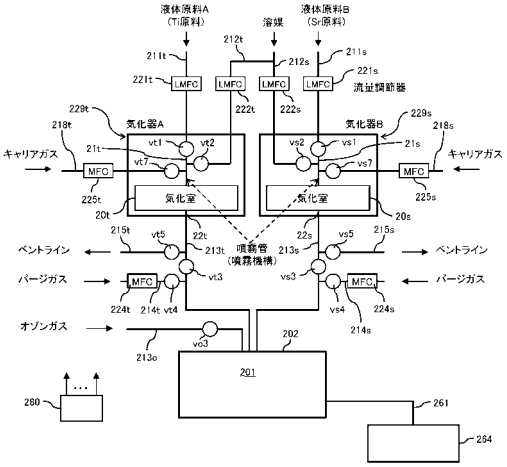
【図６】


229s.229b.229t
vs2.vb2.vt2
vs1.vb1.vt1
212s. 212b. 212t
21s. 21b. 21t
211s. 211b. 211t
24s. 24b. 24t
23s. 23b. 23t
22s. 22b. 22t
20s. 20b. 20t
213s. 213b. 213t

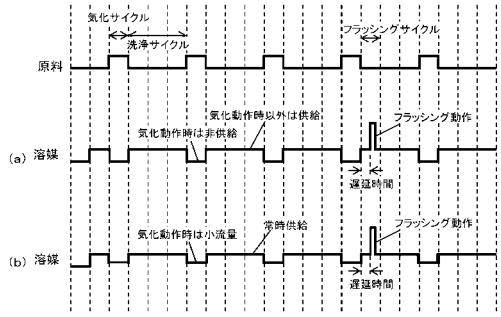
【図７】


(a)
303
301
302
333a
348a
317
307
333b
348b
A
A
200
320a
309
318
345
331
320b
342
380
355
319
346
367
315
(b)
331
348a
333a
307
303
200
333b
348b
363

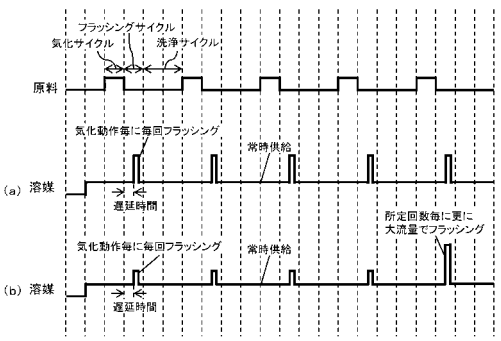
【図８】


液体原料A
(Ti原料)
溶媒
液体原料B
(Sr原料)
LMFC
流量調節器
気化器A
気化器B
キャリアガス
MFC
気化室
ベントライン
パージガス
オゾンガス
噴霧管
(噴霧機構)
201
202
261
264

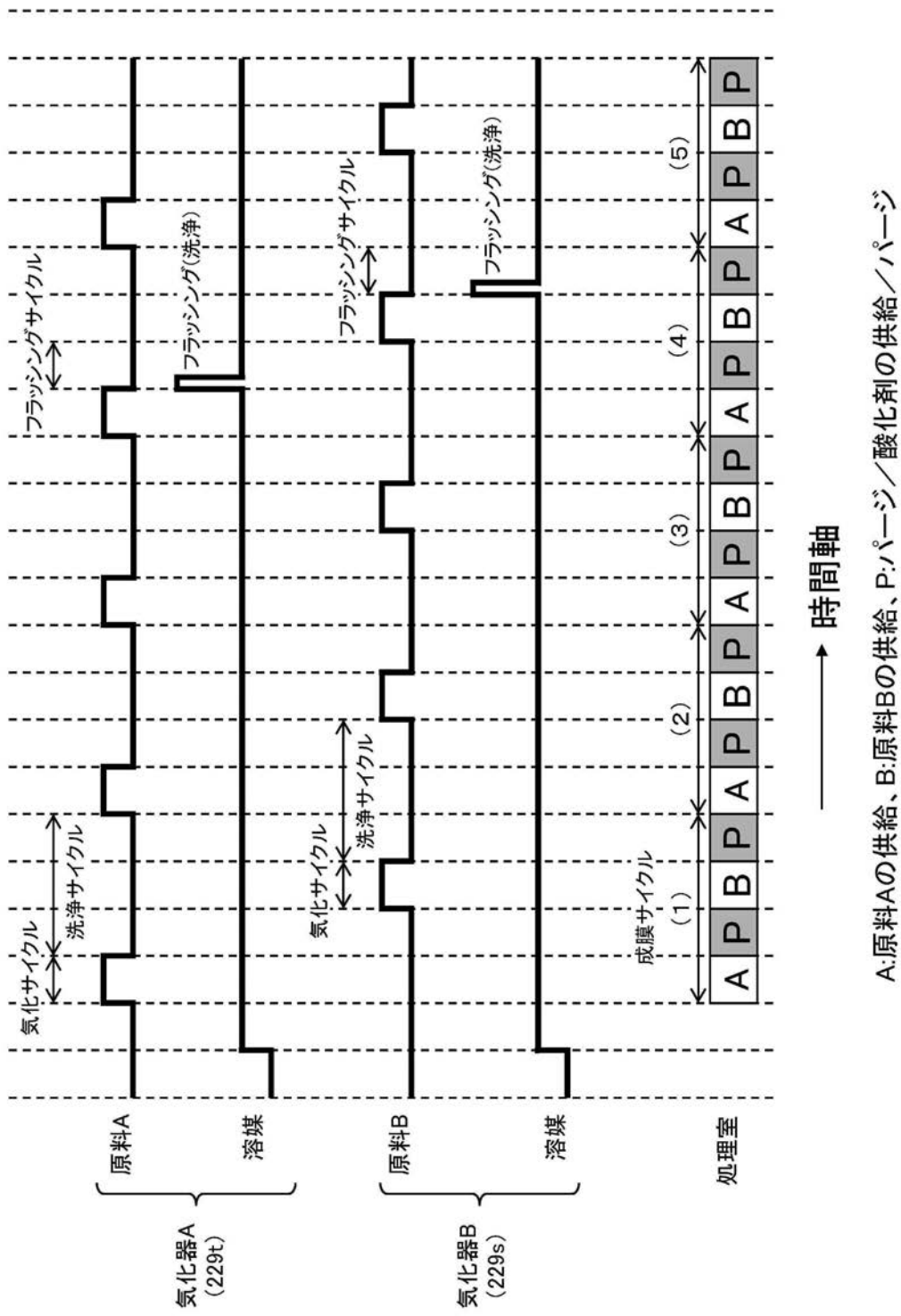
【図１１】


気化サイクル
洗浄サイクル
フラッシングサイクル
原料
(a) 溶媒
気化動作時以外は供給
気化動作時は非供給
フラッシング動作
遅延時間
(b) 溶媒
気化動作時は小流量
常時供給
フラッシング動作
遅延時間

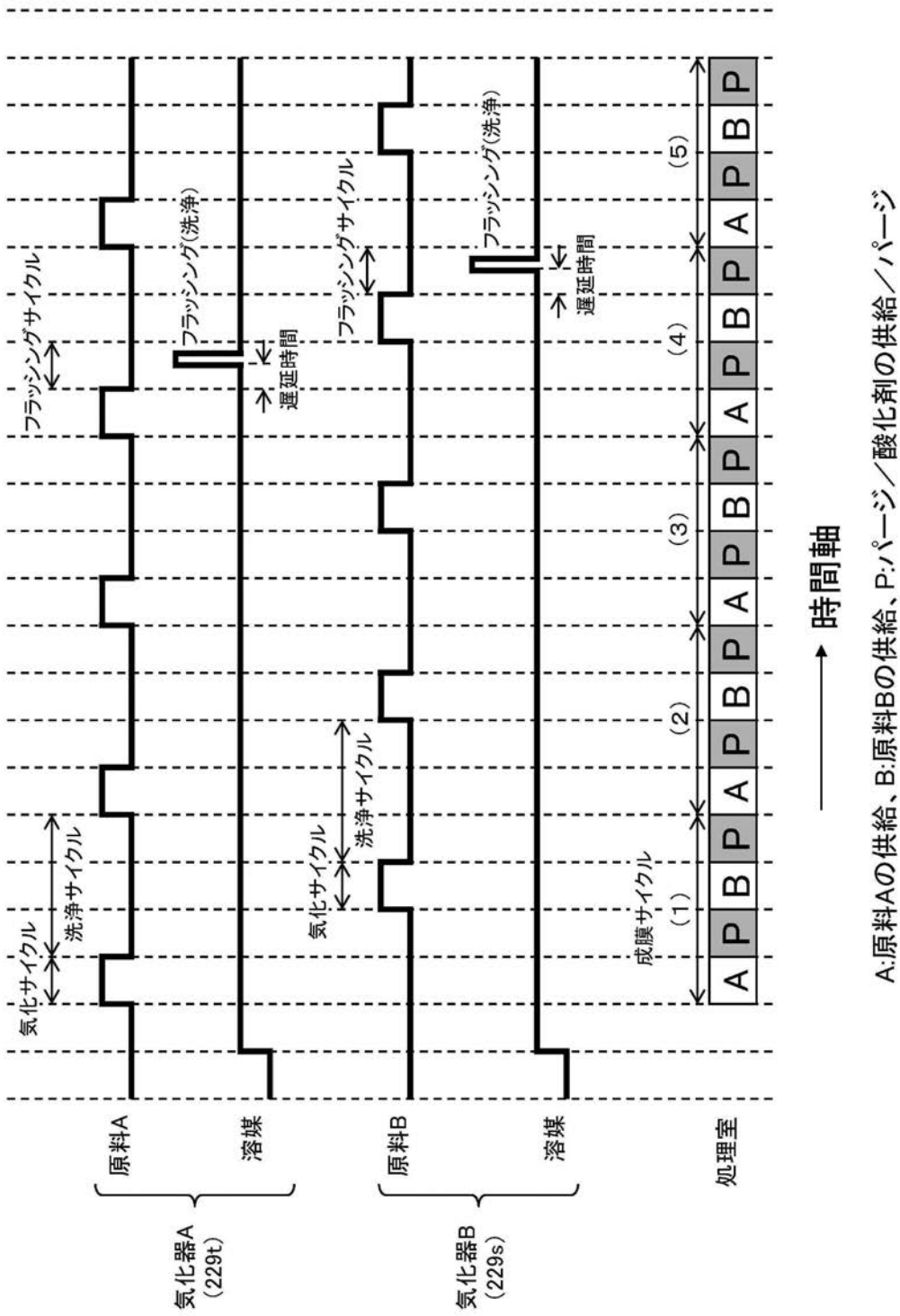
【図１２】


フラッシングサイクル
気化サイクル
洗浄サイクル
原料
気化動作毎に毎回フラッシング
常時供給
(a) 溶媒
遅延時間
所定回数毎に更に
大流量でフラッシング
気化動作毎に毎回フラッシング
常時供給
(b) 溶媒
遅延時間

【図９】


気化サイクル
洗浄サイクル
フラッシングサイクル
フラッシング(洗浄)
気化サイクル
洗浄サイクル
フラッシングサイクル
フラッシング(洗浄)
成膜サイクル
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
A P B P A P B P A P B P A P B P A
原料A
溶媒
原料B
溶媒
処理室
気化器A
(229t)
気化器B
(229s)
時間軸
A:原料Aの供給、B:原料Bの供給、P:パージ／酸化剤の供給／パージ

【図１０】


気化サイクル
洗浄サイクル
フラッシングサイクル
フラッシング(洗浄)
遅延時間
気化サイクル
洗浄サイクル
フラッシングサイクル
フラッシング(洗浄)
遅延時間
成膜サイクル
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
A P B P A P B P A P B P A P B P A
原料A
溶媒
原料B
溶媒
処理室
気化器A
(229t)
気化器B
(229s)
時間軸
A:原料Aの供給、B:原料Bの供給、P:パージ／酸化剤の供給／パージ

フロントページの続き

(72)発明者　今井　義則
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　大塚　徹

(56)参考文献　国際公開第２００７／０９７０２４（WO，Ａ１）
特開２００６－３５１８２８（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－３５１８２７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１９５６５９（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０９４４２６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／２０５
Ｈ０１Ｌ　２１／３１
Ｈ０１Ｌ　２１／３１６