

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4803578号
(P4803578)

(45) 発行日 平成23年10月26日(2011.10.26)

(24) 登録日 平成23年8月19日(2011.8.19)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 3 C 16/44	(2006.01)	C 2 3 C	16/44 A
C 2 3 C 16/18	(2006.01)	C 2 3 C	16/18
C 2 3 C 16/34	(2006.01)	C 2 3 C	16/34
H O 1 L 21/285	(2006.01)	H O 1 L	21/285 C

請求項の数 11 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2005-355152 (P2005-355152)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成17年12月8日(2005.12.8)	(74) 代理人	100099944 弁理士 高山 宏志
(65) 公開番号	特開2007-154297 (P2007-154297A)	(72) 発明者	軍司 勲男 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
(43) 公開日	平成19年6月21日(2007.6.21)	(72) 発明者	河野 有美子 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成20年10月27日(2008.10.27)	審査官	吉田 直裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

減圧排気可能な処理室内に配備された載置台に基板を載置し、基板表面に薄膜を堆積させる成膜方法であって、

前記処理室内に原料ガスを導入し、成膜原料を基板上に吸着させる吸着工程と、

前記吸着工程の後で、前記処理室内にエネルギー媒体ガスを導入し、基板上に吸着した前記成膜原料に熱エネルギーを供給して成膜反応を生じさせる反応工程と、
を含み、

前記エネルギー媒体ガスはHe、Ar、Kr、Xeの少なくとも一種を加熱したガスであり、

前記反応工程では、前記処理室内にエネルギー媒体ガスのみを導入することを特徴とする、成膜方法。

【請求項2】

さらに、前記処理室内にパージガスを導入するパージ工程を含むことを特徴とする、請求項1に記載の成膜方法。

【請求項3】

前記吸着工程と、前記反応工程と、を交互に行なうとともに、その間にパージ工程を実施することを特徴とする、請求項2に記載の成膜方法。

【請求項4】

さらに、前記反応工程の前に前記処理室内の圧力を昇圧する昇圧工程を含むことを特徴

とする、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の成膜方法。

【請求項 5】

さらに、前記反応工程の終了と同時にもしくはその後、前記処理室内の圧力を減圧する減圧工程を含むことを特徴とする、請求項 4 に記載の成膜方法。

【請求項 6】

前記載置台上に載置された基板表面に対して平行なガス流れ方向を形成するように、前記原料ガスの導入と排気を行うことを特徴とする、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の成膜方法。

【請求項 7】

前記載置台上に載置された基板表面に対して衝突するガス流れ方向を形成するように、前記原料ガスの導入と排気を行うことを特徴とする、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の成膜方法。

10

【請求項 8】

前記エネルギー媒体ガスを、前記載置台上に載置され、前記成膜原料が吸着された基板表面に対して吹付けることを特徴とする、請求項 6 または請求項 7 に記載の成膜方法。

【請求項 9】

前記載置台上に載置される基板の温度を、前記成膜原料が吸着可能な温度に制御して前記吸着工程を行なうことを特徴とする、請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の成膜方法。

【請求項 10】

20

前記成膜原料が、Al、Si、Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ge、Zr、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、Ba、Hf、Ta、W、Re、Ir および Pt よりなる群から選択された少なくとも 1 種の金属元素を含むことを特徴とする、請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の成膜方法。

【請求項 11】

原子層堆積法により、1 サイクル毎に基板上の 1 分子吸着層または多分子吸着層の成膜原料に成膜反応を生じさせ、複数サイクルを繰り返すことにより薄膜を堆積させて成膜を行なうものである、請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、成膜方法に関し、詳細には、原子層堆積法 (ALD; Atomic Layer Deposition) の原理により基板表面に所望の薄膜を形成する成膜方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウエハなどの基板表面に固体薄膜を形成する成膜方法の代表的なものとして、CVD (Chemical Vapor Deposition) が知られている。CVD により成膜を行なう場合には、原料ガスにエネルギーを与えて原料を活性化させる必要がある。そのため、基板を載置する載置台上にヒーターを設けて基板を加熱し、基板を通じて原料ガスに熱エネルギーを供給する熱 CVD 法や、基板の上方空間にプラズマを発生させ、原料ガスをその雰囲気中に導入することによってプラズマのエネルギーを供給するプラズマ CVD 法が採用されてきた。

40

【0003】

ところで、最先端の超大規模集積回路を製造するための成膜装置には、半導体ウエハ表面に予め形成された数十ナノメートル程度の直径を持つ穴や、同程度の幅を持つ溝の表面に沿って、均一な厚みで良質な薄膜を形成する性能 (段差被覆性能) が必要とされている。

【0004】

良好な段差被覆性能を得るには、原料ガスを基板上方の気相空間で活性化させるのではなく、基板最表面で優先的に活性化させて表面反応を起こさせる必要がある。しかし、原

50

料ガス、反応性ガスおよびエネルギーを連続的に供給しながら成膜を行なうCVD法では、原料ガスの種類によっては、気相中で過度に活性化し、気相反応を起こしてしまうことがある。この気相反応が起こると、段差被覆性能が大きく損なわれる。よって、段差被覆性能を良好に保つためには、気相反応を抑制し、表面反応を促進させる必要がある。

【0005】

また、基板表面に薄膜を形成する別の方法として、原子層堆積法(ALD)が知られている。このALDは、真空容器内に配置された基板の上に、原料化合物の分子を1分子吸着層毎もしくは多分子吸着層毎に表面吸着させて、そこにエネルギーを供給して反応を生じさせる成膜と、真空容器内の雰囲気置換するパージとを繰り返し行なうことにより、段差被覆性に優れた薄膜を形成できる方法である。気相反応を抑制しながら成膜するALD法は、1977年にサントーラら(Suntola et al)によって提案された(特許文献1)。

この手法は、例えば図24に示すように、原料ガスと反応性ガスを時間的に分離して交互に基板に供給し、かつ、原料ガスおよび反応性ガスの供給前に、気相に残存する前のサイクルの原料ガスおよび副生成ガスを不活性なパージガスによって取り除く方法である。このサイクルを繰り返すことによって、気相反応を抑制し、反応する場所を基板の最表面に限定することによって、段差被覆性能を良好に保つことが可能であるとされる。このALD法については、数々の報告がなされている(例えば、非特許文献1)。

10

【0006】

初期のALD法では、図24に示すように、原料ガスと反応性ガスを分離しているが、エネルギー(熱)の供給は連続的に行なわれる。これは、初期のALD法では、熱CVDと同じように、基板全体を加熱することによって基板を介して熱エネルギーを基板表面へ供給しているため、エネルギー供給のON/OFF制御が時間応答性良くできないためである(例えば、特許文献2)。このようなALD法を熱ALD法という。この場合、原料ガス供給工程においても、エネルギーが供給され続けるために、原料ガスによっては基板から気相へ伝導してきた熱エネルギーを受けて気相で自己熱分解反応を起こし、やはり段差被覆性能を悪化させてしまう、という問題があった。

20

また、プロセス中、常時基板全体を加熱しているために、それ以前のプロセスによって成膜されている固体層が熱により劣化してしまう、という問題が生じる。

【0007】

これらの問題を回避するために、ALDにおいて、RF電源で生成されるラジカルによってエネルギー供給を行なう方法がシャルマンら(Sherman et al.)らによって提案された(特許文献3)。また、チャングら(Chiang et al)は、プラズマによって生成されるラジカルおよびイオンによってエネルギー供給を行なう方法を提案した(特許文献4)。これらの方法は、いずれもRF電源により生成した化学的活性種(ラジカル、イオン、その混合種)をエネルギーとして供給する方法であり、熱としてエネルギーを供給しないので、エネルギー供給のON/OFF制御を時間応答性よく行なうことが可能な方法である。このようなALD法をプラズマ支援ALD法という。

30

【0008】

プラズマ支援ALD法では、原料ガス供給工程とエネルギー供給工程を時間的に分離することが可能になり、熱エネルギーの連続供給で問題になった原料ガス供給時における原料ガスの自熱分解反応を回避することが可能である。また、基板を常時加熱しながら基板を通してエネルギーを供給する方法ではないので、それ以前のプロセスによって成膜されている固体層が熱により劣化してしまう、という問題が回避される。

40

【0009】

しかし、プラズマによって生成されたラジカルやイオンをエネルギー源とする手法においては、以下のような新たな問題が存在する。

第1に、プラズマで生成される活性種(ラジカル、イオン、電子)のエネルギーが高すぎるため、成膜対象である基板の下地膜に深刻な物理的損傷や化学的変質による劣化を引き起こすことである(例えば、非特許文献2)。

第2に、プラズマが接する基板以外の装置内面にも、活性種が衝突することで、物理的

50

スパッタリングを引き起こし、基板表面へ不純物として取り込まれてしまうことである。

第3に、原料ガス中に含まれる、反応により取り除きたい側鎖基に対しても活性種によりエネルギーが与えられるため、望ましくない不純物として膜中に取り込まれてしまうことが挙げられる。

第4に、装置内部に電位勾配が生じて、これが基板に形成されていた微細な集積回路を電氣的に破壊してしまうことである。

第5に、プラズマから生じる高エネルギーの紫外光が、基板の下地膜に劣化を引き起こすことである。

以上の課題は、プラズマを利用してエネルギーを供給する限り、その影響を軽減することは出来ても、回避することは困難である。

10

【0010】

上述のようなプラズマによるエネルギー供給の欠点を回避するため、エネルギーを光によって供給する方法がチャンgra (Chiang et al) によって提案されている (特許文献5)。しかし、基板表面に光を照射してエネルギーを与える場合には、基板上方に光を透過させる窓が必要になる。成膜プロセスの場合、この窓の表面がプロセス中に汚れて光を反射もしくは吸収してしまい、基板へ到達する光の照度を低下させてしまう。また、プロセス対象である基板表面が金属種である場合、基板表面でも光の反射が起こり、反応に必要なエネルギーを供給できないこともある。

【特許文献1】米国特許第4,058,430号公報

【特許文献2】米国特許第4,389,973号公報

20

【特許文献3】米国特許第5,916,365号公報

【特許文献4】米国特許第6,416,822号公報

【特許文献5】米国特許第6,878,402号公報

【非特許文献1】R.L.Puurunen, "Surface chemistry of atomic layer deposition: A case study for the triethylaluminum/water process", Journal of Applied Physics, APPLIED PHYSICS REVIEW, vol. 97, p121301 (2005).

【非特許文献2】A. Grill et al, "Hydrogen plasma effects on ultralow-k porous SiC OH dielectric", Journal of Applied Physics, vol. 98, p074502 (2005).

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0011】

本発明の目的は、基板上に既に形成された薄膜を熱により劣化させたり、プラズマダメージを生じさせたりせずに、基板表面に良質な薄膜を良好な段差被覆性をもって形成できる成膜方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、前記ALD法に着目し、そのエネルギー供給の方法を工夫することによって、上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成した。

【0013】

すなわち、本発明の第1の観点では、減圧排気可能な処理室内に配備された載置台に基板を載置し、基板表面に薄膜を堆積させる成膜方法であって、

40

前記処理室内に原料ガスを導入し、成膜原料を基板の上に吸着させる吸着工程と、

前記吸着工程の後で、前記処理室内にエネルギー媒体ガスを導入し、基板の上に吸着した前記成膜原料に熱エネルギーを供給して成膜反応を生じさせる反応工程と、
を含み、

前記エネルギー媒体ガスはHe、Ar、Kr、Xeの少なくとも一種を加熱したガスであり、

前記反応工程では、前記処理室内にエネルギー媒体ガスのみを導入することを特徴とする、成膜方法を提供する。

【0014】

50

上記第1の観点において、さらに、前記処理室内にパージガスを導入するパージ工程を含むことが好ましい。また、前記吸着工程と、前記反応工程と、を交互に行なうとともに、その間にパージ工程を実施することが好ましい。さらに、前記反応工程の前に前記処理室内の圧力を昇圧する昇圧工程を含むことが好ましい。この場合、さらに、前記反応工程の終了と同時にしくはその後、前記処理室内の圧力を減圧する減圧工程を含むことが好ましい。

【0015】

また、前記載置台に載置された基板表面に対して平行なガス流れ方向を形成するように、前記原料ガスの導入と排気を行うことが好ましい。また、前記載置台に載置された基板表面に対して衝突するガス流れ方向を形成するように、前記原料ガスの導入と排気を行うことが好ましい。また、前記エネルギー媒体ガスを、前記載置台に載置され、前記成膜原料が吸着された基板表面に対して吹付けることが好ましい。

10

また、前記載置台に載置される基板の温度を、前記成膜原料が吸着可能な温度に制御して前記吸着工程を行なうことが好ましい。

【0016】

また、前記成膜原料が、Al、Si、Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ge、Zr、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、Ba、Hf、Ta、W、Re、IrおよびPtよりなる群から選択された少なくとも1種の金属元素を含むことが好ましい。また、上記成膜方法は、原子層堆積法により、1サイクル毎に基板上の1分子吸着層または多分子吸着層の成膜原料に成膜反応を生じさせ、複数サイクルを繰り返すことにより薄膜を堆積させて成膜を行なうものであることが好ましい。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明の成膜方法によれば、処理室内に原料ガスを導入し、成膜原料を基板上に吸着させる吸着工程と、処理室内にHe、Ar、Kr、Xeの少なくとも一種を加熱したガスであるエネルギー媒体ガスのみを導入し、基板上に吸着した成膜原料に熱エネルギーを供給して成膜反応を生じさせる反応工程と、を時間的に分けて行なうことにより、基板全体を長時間加熱する必要がない。また、エネルギー媒体ガスとしてHe、Ar、Kr、Xeの少なくとも一種を加熱したガスを使用して熱エネルギーの供給を行なうので、基板表面だけを加熱すれば済む。したがって、従来の熱ALD法における固体層の熱による劣化、気相での原料ガスの自己熱分解による段差被覆性能の低下などの問題を生じさせることがない。また、プラズマ支援ALD法におけるプラズマダメージによる基板損傷、スパッタリングや原料ガスの過活性化による膜質の劣化などの問題も生じさせることがない。さらに、プロセス全体のエネルギー効率も優れた方法である。

30

【0024】

また、本発明の成膜装置によれば、基板を高温に保持するためのステージヒーターや、プラズマ発生装置などの設備が不要であり、簡易な構成で良質な薄膜を形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図面を参照しながら、本発明の好ましい形態について説明する。

図1は、本発明の成膜方法を実施するために好適に用いることが可能な成膜装置の一例を模式的に示す断面図である。この成膜装置100は、気密に構成された略円筒状のチャンバ1を有している。チャンバ1の底壁1aの中央部には円形の開口部2が形成されており、この開口部2には、チャンバ1内で半導体基板であるウエハWを水平に支持するためのAlN等のセラミックスからなる載置台3が配備されている。載置台3と底壁1aの間には断熱部4が設けられており、チャンバ1の底壁1aと気密に接合されている。

40

【0026】

チャンバ1の側壁1bには、排気口5が形成されており、そこに接続された排気管6を介して、高速真空ポンプを含む排気装置7が接続されている。排気管6にはコンダクタン

50

ス可変バルブ 6 a が設けられており、チャンバ 1 からの排気量を調節できるようになっている。このコンダクタンス可変バルブ 6 a としては、例えばバタフライバルブなどを用いることが可能である。そしてこの排気装置 7 を作動させることによりチャンバ 1 内のガスが排気され、排気管 6 を介してチャンバ 1 内を所定の真空度まで高速に減圧することが可能となっている。

【 0 0 2 7 】

チャンバ 1 の天壁 1 c には、シャワーヘッド 1 0 が設けられている。このシャワーヘッド 1 0 の上壁には、シャワーヘッド 1 0 内にガスを導入するガス導入口 1 2 が設けられており、このガス導入口 1 2 にエネルギー媒体ガスである He、Ar、Kr、Xe、H₂、N₂、CO₂、CH₄などを供給する配管 1 3 が接続されている。ガス導入口 1 2 に接続する配管 1 3 の他端は、二つに分岐しており、その一方はマスフローコントローラ 2 1 a とその前後のバルブ 2 2 a、2 2 a を介してエネルギー媒体ガス供給源 2 3 a に接続され、もう一方は、マスフローコントローラ 2 1 b とその前後のバルブ 2 2 b、2 2 b を介して反応性ガス供給源 2 3 b に接続されている。

10

【 0 0 2 8 】

シャワーヘッド 1 0 の内部には拡散室 1 4 が形成されており、ガス導入口 1 2 から導入されたガスは、この拡散室 1 4 の空間で拡散させられる。シャワーヘッド 1 0 の下部には、載置台 3 に向けてエネルギー媒体ガスおよび反応性ガスを吐出するための多数の吐出孔 1 1 が形成されている。吐出孔 1 1 の配置は任意であり、例えば図 2 (a) に図示するように同心円状に形成してもよく、あるいは図 2 (b) に示すように、格子状に形成することも可能である。また、吐出孔 1 1 の孔径や個数も目的とする膜種に応じて適宜選択できる。

20

【 0 0 2 9 】

シャワーヘッド 1 0 の各吐出孔 1 1 の周囲には、シャワーヘッド 1 0 内でエネルギー媒体ガスを加熱するための加熱手段であるヒーター 1 5 が設けられている。このヒーター 1 5 の周囲は、熱伝導率の低い材料、例えば耐熱性合成樹脂、石英、セラミックスなどによる断熱部 1 6 が設けられ、断熱されている。ヒーター 1 5 の構成例を図 3 に示す。ヒーター 1 5 は、吐出孔 1 1 を囲むように形成された筒状のセラミックス部材 1 5 a と、該セラミックス部材 1 5 a の中にコイル状に内蔵された抵抗体 (電熱線) 2 0 1 とを有しており、この抵抗体 2 0 1 に図示しないヒーター電源からリード線 2 0 2 を通じて通電することにより、抵抗体 (電熱線) 2 0 1 の内側を通過するエネルギー媒体ガスを、瞬時に、かつ効率よく加熱できるようになっている。

30

【 0 0 3 0 】

チャンバ 1 の側壁 1 b の排気口 5 と対向する側には、ガス導入口 1 7 が設けられており、チャンバ 1 内に原料ガスとパージガスを供給するための配管 1 8 が接続されている。配管 1 8 の他端側は二つに分岐しており、その一方は、マスフローコントローラ 2 4 a とその前後のバルブ 2 5 a、2 5 a を介して成膜用原料ガス供給源 2 6 に接続され、また、他方はマスフローコントローラ 2 4 b とその前後のバルブ 2 5 b、2 5 b を介してパージガス供給源 2 7 に接続されている。

【 0 0 3 1 】

成膜用原料ガス供給源 2 6 は、原料ガスを供給できるように構成されている。原料ガスとしては、金属元素を分子構造の一部に含むガスであり、反応することで生成される薄膜の主要素となる金属を供給するガスである。ここで金属元素としては、例えば、周期表の第 3 周期の元素である Al、Si など、周期表の第 4 周期の元素である Ti、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ge など、周期表の第 5 周期の元素である Zr、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag など、周期表の第 6 周期の元素である Ba、Hf、Ta、W、Re、Ir、Ptなどを挙げるができる。

40

【 0 0 3 2 】

原料ガスを構成する金属化合物としては、以下に例示するものを用いることができる。

Al: Al(CH₃)₃

50

Ti: $Ti[N(CH_3)_2]_4$; テトラキス(ジメチルアミノ)チタン(TDMA
T)

Cr: $Cr(CO)_6$

Mn: $Mn_2(CO)_{10}$

Fe: $Fe(CO)_5$ 、 $Fe_2(CO)_9$ 、 $Fe_3(CO)_{12}$

Co: $Co_2(CO)_8$

Ni: $Ni(CO)_4$ 、 $Ni(acac)_2$; ここで、acacは、アセチルアセトン(2,4-ペンタジオン)を意味する。

Cu: $(Hfac)CuTMVS$; ここで、Hfacは、ヘキサフルオロアセチルアセトン、TMVSは、トリメチルビニルシランを意味する。 10

Zn: $Zn(CH_3)_2$

Ge: $Ge(OCH_3)_4$

Zr: $Zr(O-t-C_4H_9)_4$

Mo: $Mo(CO)_6$

Ru: $Ru_3(CO)_{12}$ 、 $Ru(EtCp)_2$; ここで、EtCpは、エチルシクロペンタジエンを意味する。

Rh: $Rh_4(CO)_{12}$

Pd: $Pd(OAc)_2$; OAcは酢酸を意味する。

Ag: $Ag[O_2C-C(CH_3)_3]$; 2,2-ジメチルプロピオネート銀(1)

Ba: $Ba(O_2C_{11}H_{19})_2$; ビスジピバロイルメタナートバリウム 20

Hf: $Hf(C_{11}H_{19}O_2)_4$

Ta: $Ta(N-t-C_5H_{11})[N(CH_3)_2]_3$; (ターシャリーアミルイミド)トリス(ジメチルアミノタンタル)

W: $W(CO)_6$

Re: $Re_2(CO)_{10}$

Ir: $Ir(C_5H_4C_2H_5)(C_8H_{12})$; エチルシクロペンタジエニル(1,5-シクロオクタジエン)イリジウム

Pt: $Pt(C_5H_4C_2H_5)(CH_3)_3$; エチルシクロペンタジエニル(トリメチル)白金

【0033】 30

成膜用原料ガス供給源26は、必要により複数種類の原料ガスの供給源を備えていてもよい(図示を省略)。また、原料ガスをチャンバ内に導入するため、Arなどのキャリアガスを供給するキャリアガス供給源のほか、例えば固体状の成膜原料を昇華させるための加熱設備や、液体状の成膜原料を気化させるための気化器などを併設することが可能である(いずれも図示を省略)。

【0034】

一方、パージガス供給源27は、パージガスを供給できるように構成されている。パージガスは、気相中に残留した原料ガス、反応により生成した気相中の副生成物、および熱エネルギーを多く含むエネルギー媒体ガスをパージするためのガスであり、例えばArガス、Heガス、 N_2 ガス等の不活性ガスや H_2 ガス等を挙げることができる。このパージガスを導入することにより、配管18内の残留原料ガスの排気や、チャンバ1内雰囲気 40の置換による反応副生成物の除去、ウエハWの冷却などを行うことができる。

【0035】

載置台3の外縁部にはウエハWを固定するためのクランプリング28が設けられている。このクランプリング28は、昇降機構29によって上下に昇降し、載置台3上に載置されたウエハWを上から押さえ込み固定する。なお、図1ではクランプリング28の厚さを誇張して描いているが、実際には、原料ガスとウエハW表面との接触を妨げない程度の厚さに設定される。また、載置台3には、ウエハWを支持して昇降させるため、例えば3本のウエハ支持ピン(図示せず)が載置台3の表面に対して突没可能に設けられている。

【0036】 50

載置台 3 の内部には、温度調節媒体室 3 0 が形成されており、導入路 3 1 a から、予め所定の温度に設定された温度調節媒体として、例えば水やフッ素系不活性液体であるガルドン（商品名）などを導入し、排出路 3 1 b から排出することによって載置台 3 の温度を調節できるように構成されている。

また、載置台 3 の内部には、ガス流路 3 2 が形成されており、このガス流路 3 2 は、載置台 3 の下部から載置台 3 の上面、すなわちウエハ W の載置面まで貫通して設けられるとともに、該載置面付近で複数の噴出孔 3 2 a に分岐して、ウエハ W の裏面側に He などの熱媒体ガスを複数箇所から所定圧力で供給できるようになっている。このようにして、載置台 3 の温度がウエハ W に伝達され、温度調節が行なわれる。

以上のように、温度調節媒体を通流させる温度調節媒体室 3 0 と、熱媒体ガスをウエハ W の裏面に供給するガス流路 3 2 とは、協働してウエハ W の温度を調節する温度調節手段として機能する。

【 0 0 3 7 】

チャンバ 1 の側壁 1 b には、成膜装置 1 0 0 に隣接する搬送室（図示せず）との間でウエハ W の搬入出を行うための搬入出口と、この搬入出口を開閉するゲートバルブとが設けられている（いずれも図示を省略）。

【 0 0 3 8 】

成膜装置 1 0 0 の各構成部は、CPU を備えたプロセスコントローラ 5 0 に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ 5 0 には、工程管理者が成膜装置 1 0 0 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、成膜装置 1 0 0 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース 5 1 が接続されている。

【 0 0 3 9 】

また、プロセスコントローラ 5 0 には、成膜装置 1 0 0 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 5 0 の制御にて実現するための制御プログラム（ソフトウェア）や処理条件データ等が記録されたレシピが格納された記憶部 5 2 が接続されている。

【 0 0 4 0 】

そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース 5 1 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 5 2 から呼び出してプロセスコントローラ 5 0 に実行させることで、プロセスコントローラ 5 0 の制御下で、成膜装置 1 0 0 での所望の成膜処理が行われる。例えば、各マスフローコントローラ、各バルブ、排気装置 7 などは、プロセスコントローラ 5 0 によって制御され、これにより原料ガスやキャリアガス、パージガスなどの供給・停止およびこれらのガスを所定の流量に制御するようになっている。また、前記制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、例えば CD - ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリなどに格納された状態のものを利用したり、あるいは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用したりすることも可能である。

【 0 0 4 1 】

このような成膜装置 1 0 0 を用いて、目的の膜を成膜する手順について、図 4 を参照しながら説明する。まず、図示しないゲートバルブを開にして搬入出口から、ウエハ W をチャンバ 1 内に搬入し、載置台 3 上に載置する（ステップ S 1 1）。次いで、温度調節媒体室 3 0 に所定温度の温度調節媒体を導入するとともに、ガス流路 3 2 に He などの熱媒体ガスを導入し、複数の噴出孔 3 2 a からウエハ W の裏面に噴射することによって、成膜原料がウエハ W の表面に吸着しやすい温度になるまでウエハ W の温度調節を行う（ステップ S 1 2）。この際の温度は、成膜原料の種類等により異なるが、例えば - 2 0 ~ 1 0 0 とすることができる。

【 0 0 4 2 】

そして、排気装置 7 の真空ポンプによりチャンバ 1 内を排気して、バルブ 2 5 a , 2 5 a を開にして、成膜用原料ガス供給源 2 6 から原料ガスをマスフローコントローラ 2 4 a によって流量制御しつつガス導入口 1 7 を介してチャンバ 1 内に供給する。そして、排気

10

20

30

40

50

装置7を作動させて排気を行うことにより、図1中に白矢印で示すように、ガス導入口17から排気口5へ向けて、載置台3に載置されたウエハWの表面に平行な方向に原料ガスの流れが形成される。このような原料ガスの流れにより、ウエハW表面に成膜原料が、物理吸着もしくは化学吸着される(ステップS13)。この吸着工程におけるチャンバ1内の圧力は、原料の種類によって異なるが、例えば10~1000Paに調整することが好ましい。

【0043】

次に、バルブ25a, 25aを閉じ、バルブ25b, 25bを開にして、パージガス供給源27からパージガスをマスフローコントローラ24bによって流量制御しつつガス導入口17を介してチャンバ1内に供給する。そして、排気装置7を作動させて排気を行うことにより、チャンバ1内雰囲気はパージガスにより置換され、気相の残留原料ガスが除去される(ステップS14)。

【0044】

次に、ステップS15では、エネルギー媒体ガスをチャンバ内に導入する前に、一旦、チャンバ1内の昇圧を行なう。この昇圧工程は、後のステップS16で、エネルギー媒体ガスをチャンバ内に導入する際に、エネルギー媒体ガスの膨張による温度低下を防止するとともに、ウエハWの表面に吸着している原料ガスの脱離、拡散を抑制する意義を有する。

昇圧は、例えば、プロセスコントローラ50の制御の下で、引き続きパージガスを導入しながら、排気口5と排気装置7との間の排気管6に介在配備されたコンダクタンス可変バルブ6aにより、排気コンダクタンスを調節することにより行なうことが可能である。この場合、排気装置7およびコンダクタンス可変バルブ6aは協働して圧力調節手段として機能する。ステップS15における昇圧は、チャンバ1内の圧力が例えば500~5000Paとなる範囲内から圧力を選択して設定することが好ましい。

なお、ステップS15における昇圧は、上記のように、ステップS14のパージ工程である程度原料ガスがパージされた段階で、パージガスをそのまま用いて、前記圧力調節手段により排気量を調節することによりチャンバ1内の圧力を高める、という段階を踏むことが好ましい。ただし、処理時間を短縮する目的で、ステップS14とステップS15とを同時に実施すること、つまり、チャンバ1内へのパージガス導入開始と同時に前記圧力調節手段により排気量を調節して昇圧することも可能である。

【0045】

次に、バルブ25b, 25bを閉じ、バルブ22a, 22aを開けて、エネルギー媒体ガス供給源23aからエネルギー媒体ガスをマスフローコントローラ21aによって流量制御しつつガス導入口12を介してシャワーヘッド10の拡散室14内に導入する。エネルギー媒体ガスは、ヒーター等の加熱手段により与えられた熱エネルギーをウエハW(基板)の表面に吸着された原料ガスに輸送し、成膜反応を促すためのガスである。

そして、拡散室14内に導入されたエネルギー媒体ガスを、シャワーヘッド10の下部に設けられた多数の吐出孔11を通して、図1中黒矢印で示すように対向配置されたウエハWの表面にほぼ垂直に噴射させる。この際、エネルギー媒体ガスはエネルギー媒体ガスを加熱するための加熱手段であるヒーター15により所定の高温まで加熱され、十分な熱エネルギーを持った状態でウエハWの表面に衝突する。

エネルギー媒体ガスをシャワーヘッド10の拡散室14内に導入する際には、エネルギー媒体ガスへの熱の移動が効果的に行なわれるように、各ヒーター15への投入パワーをパルス状に上昇させることが好ましい。このような各ヒーター15の制御は、プロセスコントローラ50により行なわれる。

エネルギー媒体ガスの加熱温度は、目的とする膜の種類により異なるが、例えば300~1000とすることが好ましい。この際、チャンバ内圧力は、成膜反応を効率よく進行させる観点から、前記昇圧工程(ステップS15)の圧力を維持することが好ましい。

【0046】

前記のとおり、ウエハWの表面には、原料ガス中の成膜原料が吸着された状態になっており、そこに高温のエネルギー媒体ガスが吹き付けられることにより成膜反応に必要な熱

10

20

30

40

50

エネルギーが効率良く供給される。その結果、ウエハWの表面で成膜反応が進行し、ウエハW表面に吸着した原料ガスの1分子吸着層もしくは多分子吸着層に相当する薄膜が形成される(ステップS16)。なお、エネルギー媒体ガスは、シャワーヘッド10内に導入する以前に予め外部の加熱手段により所定温度まで加熱しておくことも可能であり、この場合、シャワーヘッド10の下部に設けられたヒーター15は、エネルギー媒体ガスの温度を最終調節するための補助加熱手段として機能させることができる。

【0047】

なお、複数金属元素種を供給するために原料ガスとして二種以上のガスを用いる場合には、一種類のガス毎にステップS13の吸着工程およびステップS14のパーズ工程を行なうことができる。さらに、ステップS16の反応工程では、エネルギー媒体ガスとともに、成膜反応に化学的に関与する作用を持つ反応性ガスを導入することも可能である。すなわち、バルブ22b, 22bを開にして反応性ガス供給源23bから反応性ガスをマスフローコントローラ21bにより流量を制御しつつシャワーヘッド10の拡散室14内に導入し、チャンバ1内に噴射する。

10

【0048】

反応性ガスは、金属元素を分子構造に含まず、かつ成膜原料と反応して成膜原料に含まれる金属元素を酸化、還元、炭化、窒化等させるガスであり、例えば、酸化ガス(O_2 、 O_3 、 H_2O など)、還元ガス(H_2 、 $HCOOH$ 、 CH_3COOH などの有機酸、 CH_3OH 、 C_2H_5OH などのアルコール類等)、炭化ガス(CH_4 、 C_2H_6 、 C_2H_4 、 C_2H_2 など)、窒化ガス(NH_3 、 NH_2NH_2 、 N_2 など)などを挙げることができる。なお、本発明における「反応性ガス」には、前記 H_2O 、有機酸、アルコール類、 NH_2NH_2 などのように常温常圧で液体であるものも含まれる。反応性ガスを構成する元素は、反応の結果、形成される膜中に取り込まれる場合もあるが、反応を促すだけで取り込まれない場合もある。反応性ガスを使用するか否かは、成膜原料の種類と目的とする膜種に応じて決定される。

20

また、反応性ガスを加熱することにより、反応性ガスをエネルギー媒体ガスとして用いることも可能である。

【0049】

ステップS16の反応工程の後には、バルブ22a, 22aを閉じ、エネルギー媒体ガスの導入を停止するとともに、チャンバ1内の圧力を降下させる減圧工程を実施することが好ましい(ステップS17)。反応工程の後にチャンバ1内を減圧することにより、エネルギー媒体ガスを排気してウエハWの表面へのエネルギー供給停止を短時間で行ない、かつウエハW表面の熱を取り除くことにより、次の原料ガス吸着工程に備える作用、副生成物のウエハW表面からの脱離を促進する作用、および反応後の気相副生成物の排出を促してガスパーズ工程を短縮する作用が期待できる。

30

【0050】

減圧は、例えば、プロセスコントローラ50の制御の下で、排気口5と排気装置7との間の排気管6に介在配備されたコンダクタンス可変バルブ6aを全開にして、排気装置7によりチャンバ1内を排気することにより行なわれる。減圧は、ステップS15の昇圧工程で昇圧した圧力分だけを降下させることが好ましい。これにより次回のサイクルで原料ガス供給時の圧力調節を兼ねることが可能になる。

40

【0051】

次に、バルブ25b, 25bを開にして、再びパーズガス供給源27からパーズガスをマスフローコントローラ24bによって流量制御しつつガス導入口17を介してチャンバ1内に供給する。そして、排気装置7を介して排気を行うことにより、チャンバ1内雰囲気が低温度のパーズガスにより置換される。これにより、エネルギー媒体ガスによって輸送された熱エネルギーを取り除き、且つ、反応によって生じた気相中およびウエハW表面に吸着された副生成物が除去される(ステップS18)。つまり、ステップS18のパーズ工程では、エネルギー媒体ガスをパーズすることによって、ウエハW表面の熱を取り去り、次のサイクルの原料ガスの吸着に備える作用と、気相中の反応副生成物をパーズする

50

ことによって、膜の不純物濃度の低下を図る作用が奏される。

【0052】

成膜装置100においては、主要な工程として、以上のように、成膜原料をウエハWの表面に吸着させる吸着工程、パージガスによってチャンバ内雰囲気置換するパージ工程、エネルギー媒体ガスによってウエハW表面の成膜原料に熱エネルギーを供給して成膜反応を起こさせる反応工程、を行なうことにより、ウエハW上に成膜原料の1分子吸着層もしくは多分子吸着層に対応した良質な薄膜を形成できる。したがって、図4のステップS12～ステップS18までの工程を繰り返し実施することにより、ウエハWの表面に順次薄膜を堆積させていくことが可能になる。なお、ステップS15の昇圧工程およびステップS17の減圧工程は、任意の工程であり、チャンバ1内を一定圧力に維持した状態でステップS14のパージ工程、ステップS16の反応工程およびステップS18のパージ工程を実施することも可能である。

10

所定の膜厚で目的とする膜が形成された後は、図示しないゲートバルブを開にして搬入出口からウエハWを搬出する(ステップS19)。以上のようにして、1枚のウエハWに対して成膜処理が終了する。

【0053】

次に、本発明の成膜方法の主要な工程手順の例について図5～図10を参照しながら説明を行なう。図5は、反応工程においてエネルギー媒体ガスとは別に反応性ガスをチャンバ1内に導入して成膜反応を行なう例を示すフロー図である。また、図6には、図5のフローに基づくタイミングチャートを示した。なお、図6では、便宜上第1～第3のサイクルまでを図示しているが、サイクル数は目的とする薄膜に応じて1回でもよく、4回以上でもよい(図8、図10、図14～図21において同様である)。また、各工程の詳細な内容は前記のとおりであり、ここでは説明を省略する。

20

まず、ステップS21では、原料ガスをウエハWに表面吸着させる。この際、前記したように予めウエハWの温度調節を行なっておくことが好ましい。

【0054】

次にステップS22では、気相原料ガスをパージする目的で第1のパージ工程を実施する(気相原料ガスパージ工程)。そして、ステップS23の昇圧工程では、パージガスを導入しながら排気コンダクタンスを調節してチャンバ1内を昇圧する。この際、ステップS22のパージ工程と、ステップS23の昇圧工程を時間的にオーバーラップさせる。その後、ステップS24の反応工程では、チャンバ内にエネルギー媒体ガスと、これとは別の反応性ガスを同時に供給し、成膜反応を生じさせる。

30

【0055】

エネルギー媒体ガスおよび反応性ガスの導入を停止すると同時に、ステップS25では、チャンバ1内を昇圧前の圧力まで減圧し、次いで熱エネルギーを含むエネルギー媒体ガスと反応副生成物をパージする目的で第2のパージ工程を実施する(ステップS26)。

以上のステップS21～ステップS26を1サイクルとして複数サイクルを繰り返す。なお、ステップS22の第1のパージ工程とステップS23の昇圧工程、ステップS25の減圧工程とステップS26の第2のパージ工程は、それぞれ同時に行なうことが可能である。

40

【0056】

図7は、反応工程において、エネルギー媒体ガスとして反応性ガスとしての機能を持つガスをチャンバ1内に導入して成膜反応を行なう例を示すフロー図である。換言すれば、反応ガスを加熱してエネルギー媒体ガスとして使用できる場合である。また、図8には、図7のフローに基づくタイミングチャートを示した。なお、各工程の詳細な内容は前記のとおりであり、ここでは説明を省略する。

まず、ステップS31では、原料ガスをウエハWに表面吸着させる。この際、前記したように予めウエハWの温度調節を行なっておくことが好ましい。

【0057】

次にステップS32では、気相原料ガスをパージする目的で第1のパージ工程を実施す

50

る（気相原料ガスパージ工程）。そして、ステップS 3 3の昇圧工程では、パージガスを導入しながら排気コンダクタンスを調節してチャンバ1内を昇圧する。この際、ステップS 3 2のパージ工程と、ステップS 3 3の昇圧工程を時間的にオーバーラップさせる。その後、ステップS 3 4の反応工程では、チャンバ内に反応性ガスとしての機能を持つエネルギー媒体ガスを供給し、成膜反応を生じさせる。ここで、反応性ガスとしての機能を備えたエネルギー媒体ガスとしては、例えば、 H_2 、 NH_3 、 N_2 、 N_2H_4 、 $HCOOH$ 、 CH_3COOH 、 CH_3OH 、 H_2O （水蒸気）、 O_3 、 CO などのガスを挙げることができる。

【0058】

エネルギー媒体ガスの導入を停止すると同時に、ステップS 3 5では、チャンバ1内を昇圧前の圧力まで減圧し、次いで熱エネルギーを含むエネルギー媒体ガスと反応副生成物をパージする目的で第2のパージ工程を実施する（ステップS 3 6）。

以上のステップS 3 1～ステップS 3 6を1サイクルとして複数サイクルを繰り返す。なお、ステップS 3 2の第1のパージ工程とステップS 3 3の昇圧工程、ステップS 3 5の減圧工程とステップS 3 6の第2のパージ工程は、それぞれ同時に行なうことが可能である。

【0059】

図9は、反応工程においてエネルギー媒体ガスのみをチャンバ1内に導入して成膜反応を行なう例を示すフロー図である。つまり、反応性ガスを使用しなくても、エネルギー媒体ガスのみによる熱エネルギーの供給により成膜反応が進行する場合である。また、図10には、図9のフローに基づくタイミングチャートを示した。なお、各工程の詳細な内容は前記のとおりであり、ここでは説明を省略する。

まず、ステップS 4 1では、原料ガスをウエハWに表面吸着させる。この際、前記したように予めウエハWの温度調節を行なっておくことが好ましい。

【0060】

次にステップS 4 2では、気相原料ガスをパージする目的で第1のパージ工程を実施する（気相原料ガスパージ工程）。そして、ステップS 4 3の昇圧工程では、パージガスを導入しながら排気コンダクタンスを調節してチャンバ1内を昇圧する。この際、ステップS 4 2のパージ工程と、ステップS 4 3の昇圧工程を時間的にオーバーラップさせる。その後、ステップS 4 4の反応工程では、チャンバ内にエネルギー媒体ガスのみを供給し、成膜反応を生じさせる。

【0061】

エネルギー媒体ガスの導入を停止すると同時に、ステップS 4 5では、チャンバ1内を昇圧前の圧力まで減圧し、次いで熱エネルギーを含むエネルギー媒体ガスと反応副生成物をパージする目的で第2のパージ工程を実施する（ステップS 4 6）。

以上のステップS 4 1～ステップS 4 6を1サイクルとして複数サイクルを繰り返す。なお、ステップS 4 2の第1のパージ工程とステップS 4 3の昇圧工程、ステップS 4 5の減圧工程とステップS 4 6の第2のパージ工程は、それぞれ同時に行なうことが可能である。

【0062】

次に、図11(a)～図11(i)は、本実施形態における成膜プロセスの原理を模式的に示すものである。図11(a)は、温度調節し、原料の吸着が起こりやすい温度に調整されたウエハWを示している。図11(b)では、所定温度に調節されたウエハWの表面に原料ガスを接触させ、原料 S_1 を吸着させる。その後、図11(c)に示すようにパージガスPを用いてパージを行うことによって、気相中に存在する余分な原料 S_1 が除去される。このように原料 S_1 が吸着された状態のウエハWに対し、必要に応じてチャンバ1内を昇圧した後、高温に加熱されたエネルギー媒体ガス（図示せず）と反応性ガス S_2 を噴射することにより、図11(d)に示すように、反応に必要な熱エネルギーEが供給され、この例では原料 S_1 と反応性ガス S_2 との間で化学反応が生じ、図11(e)のように第1層目の薄膜 D_1 が形成される。なお、反応性ガス S_2 の使用は任意である。

【 0 0 6 3 】

その後、必要に応じてチャンバ1内を昇圧前の圧力まで降圧した後、図11(f)に示すように再びパージガスPを用いてパージを行うことによって、熱エネルギーを含むエネルギー媒体ガスや反応副生成物などが除去される。そして、2層目の処理として、ウエハW上(薄膜D₁上)に再度原料S₁を吸着させ[図11(g)]、パージを行い[図11(h)]、必要に応じてチャンバ1内を昇圧した後、エネルギー媒体ガスとともに反応性ガスS₂を噴射し[図11(i)]、化学反応を生じさせることにより第2層目の薄膜D₂が形成される[図11(j)]。以降の工程は、第1層目と同様であるため、図示および説明を省略するが、以上の操作を繰り返すことにより、ウエハW表面に順次第3層目、第4層目と所望の膜厚となるまで薄膜が形成されて成膜が行われる。なお、図11では、ウエハW上に吸着された1分子吸着層毎にエネルギーを供給して成膜を行なう例を挙げたが、多分子吸着層にエネルギーを供給して薄膜を堆積させることも可能である。

10

【 0 0 6 4 】

図12は、本発明の第2の実施形態に係る成膜装置101の概略構成を示す断面図である。この成膜装置101では、第1の実施形態の成膜装置100とは異なり、チャンバ1の底壁1aに排気口5が形成されており、そこに接続された排気管6を介して、高速真空ポンプを含む排気装置7が接続されている。排気口5と排気装置7との間の排気管6には、圧力調節手段としてのコンダクタンス可変バルブ6aが介在配備されている。そして、この排気装置7を作動させることによりチャンバ1内のガスが排気され、圧力調節をしながら排気管6を介してチャンバ1内を所定の真空度まで高速に減圧することが可能となる。排気口5をこの図12のように配置しても、ガス導入口17から排気口5へ向かう原料ガスのガス流れ方向を、同図において白矢印で示すように、載置台3上に載置されたウエハWの表面とほぼ平行に形成することが可能になるので、成膜原料を効率よくウエハW表面に吸着させることが可能になる。第2の実施形態に係る成膜装置101の他の構成は第1の実施形態に係る成膜装置100と同様であるため、同じ構成には同一の符号を付して説明を省略する。

20

【 0 0 6 5 】

図13は、本発明の第3の実施形態に係る成膜装置102の概略構成を示す断面図である。この成膜装置102では、第1の実施形態の成膜装置100や第2の実施形態の成膜装置101とは異なり、原料ガス、パージガス、反応性ガスおよびエネルギー媒体ガスのすべてを、シャワーヘッドを介して供給する方式を採用している。

30

【 0 0 6 6 】

具体的には、チャンバ1の天壁1cには、シャワーヘッド60が設けられている。このシャワーヘッド60は、上段ブロック体61、中段ブロック体62、下段ブロック体63で構成されている。そして、下段ブロック体63にはガスを吐出する吐出孔64と65とが交互に形成されている。上段ブロック体61の上面には、第1のガス導入口66と、第2のガス導入口67とが形成されている。第1のガス導入口66は、途中で2分岐しているガスライン72を介してエネルギー媒体ガス供給源23aおよび反応性ガス供給源23bへ接続され、第2のガス導入口67は、途中で2分岐しているガスライン73を介して成膜用原料ガス供給源26およびパージガス供給源27に接続されている。なお、反応性ガスを加熱してエネルギー媒体ガスとして利用することが可能であり、その場合には、反応性ガス供給源23bをエネルギー媒体ガス供給源23と区別して設ける必要はない。

40

【 0 0 6 7 】

上段ブロック体61の中では、第1のガス導入口66から多数のガス通路68が分岐している。中段ブロック体62にはガス通路69が形成されており、上記ガス通路68がこれらガス通路69に連通している。さらにこのガス通路69が下段ブロック体63の複数の吐出孔64に連通している。

また、上段ブロック体61の中では、第2のガス導入口67から多数のガス通路70が分岐している。中段ブロック体62にはガス通路71が形成されており、上記ガス通路70がこれらガス通路71に連通している。さらにこのガス通路71が下段ブロック体63

50

の吐出孔 65 に連通している。

【0068】

また、各吐出孔 64 の周囲には、シャワーヘッド 60 内でエネルギー媒体ガスおよび反応性ガスを加熱するための加熱手段であるヒーター 74 が設けられている。さらに、ヒーター 74 の周囲は、熱伝導率の低い材料として、例えば耐熱性合成樹脂、石英、セラミックスなどによる断熱部 75 が設けられ、断熱されている。

【0069】

チャンバ 1 の底壁 1a には、2カ所に排気口 76a, 76b が形成されており、そこに接続された排気管 77a, 77b を介して、高速真空ポンプを含む排気装置 7 が接続されている。そして、この排気装置 7 を作動させることによりチャンバ 1 内のガスが排気され、排気管 77a, 77b を介してチャンバ 1 内を所定の真空度まで高速に減圧することが可能となる。また、排気口 76a, 76b と排気装置 7 との間の排気管 77a, 77b に介在配備されたコンダクタンス可変バルブ 77c, 77d により、プロセスコントローラ 50 の制御の下で、排気コンダクタンスを調節し、チャンバ 1 内の圧力を調節し、昇圧あるいは降圧させることができる。この場合、排気装置 7 およびコンダクタンス可変バルブ 77c, 77d は協働して圧力調節手段として機能する。

【0070】

図 13 のようにシャワーヘッド 60 にガスライン 73 を接続し、成膜用原料ガス供給源 26 からの原料ガスを、第 2 のガス導入口 67、ガス通路 70、ガス通路 71 を介して、ウエハ W に対向して設けられた下段ブロック体 63 の吐出孔 65 から吐出させることにより、ウエハ W の表面に対してほぼ垂直に原料ガスを衝突させることができる。そして、チャンバ 1 の底壁 1a に形成された排気口 76a, 76b を介して排気を行うことにより、ウエハ W 表面に衝突した後で排気口 76a, 76b へ向かう原料ガスのガス流れ方向を、載置台 3 上に載置されたウエハ W の表面に沿って、ほぼ平行に形成することが可能になるので、成膜原料を効率よくウエハ W 表面に吸着させることが可能になる。

【0071】

また、シャワーヘッド 60 にガスライン 72 を接続し、エネルギー媒体ガス供給源 23a からのエネルギー媒体ガスおよび必要に応じて反応性ガス供給源 23b からの反応性ガスを、第 1 のガス導入口 66、ガス通路 68、ガス通路 69 を介してウエハ W に対向して設けられた下段ブロック体 63 の吐出孔 64 から吐出させる。これにより、ウエハ W の表面に対してほぼ垂直にエネルギー媒体ガスおよび反応性ガスを衝突させ、熱エネルギーを効率よく反応場であるウエハ W 表面に供給することができる。

第 3 の実施形態に係る成膜装置 102 の他の構成は第 1 の実施形態に係る成膜装置 100 と同様であるため、同じ構成には同一の符号を付して説明を省略する。

【0072】

以下、実施例を挙げ、本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれによって制約されるものではない。

実施例 1

図 1 に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して 300mm 径のウエハ W を搬入し、予め設定温度 100 に温度調節した載置台上に載置した。

原料の $Ru(EtCp)_2$ は、液体状態で 150 に加熱された気化器に導入され、気化したガスは Ar ガスをキャリアガスとして真空成膜装置に流入するように構成した。酸化ガス（反応性ガス）として、酸素を用い、チャンバ 1 内には、 $Ru(EtCp)_2$ 、キャリアおよび希釈用の Ar、成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしての Ar および反応性ガスとしての O_2 を導入できるように構成した。

【0073】

そして、次の第 1 ~ 第 4 のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図 14 に示した。

第 1 のステップ；

10

20

30

40

50

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、Ru (Et Cp)₂ を0.1 g / min、キャリアArガス100 mL / min (sccm) を20秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のArガス500 mL / min (sccm) を10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定したまま、500 に加熱したO₂ およびArを流量比O₂ / Ar = 500 / 500 mL / min (sccm) で10秒間フローした。

10

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のAr 1000 mL / min (sccm) を10秒間フローしてパージした。

【0074】

以上の第1ステップから第4ステップまでを10回繰り返すことにより、膜厚30 nmのRu膜を形成することができた。

【0075】

実施例2

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して300 mm径のウエハWを搬入し、予め設定温度100 に温度調節した載置台上に載置した。

20

原料のRu (Et Cp)₂ は、液体状態で150 に加熱された気化器に導入され、気化したガスはArガスをキャリアガスとして真空成膜装置に流入するように構成した。チャンバ内には、Ru (Et Cp)₂、キャリアおよび希釈用のAr、成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしてのArおよび反応性ガスとしてのH₂を導入できるように構成した。

【0076】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図15に示した。

30

第1のステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、Ru (Et Cp)₂ を0.2 g / min、キャリアArガス100 mL / min (sccm) を20秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のArガス500 mL / min (sccm) を10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定したまま、500 に加熱したH₂ およびArを流量比H₂ / Ar = 500 / 500 mL / min (sccm) で10秒間フローした。

40

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のAr 1000 mL / min (sccm) を10秒間フローしてパージした。

【0077】

以上の第1ステップから第4ステップまでを8回繰り返すことにより、膜厚27 nmのRu膜を形成することができた。

【0078】

実施例3

50

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して300mm径のウエハWを搬入し、予め設定温度100に温度調節した載置台上に載置した。

原料のRu(EtCp)₂は、液体状態で150に加熱された気化器に導入され、気化したガスはArガスをキャリアガスとして真空成膜装置に流入するように構成した。また、チャンバ内には、Ru(EtCp)₂、キャリアおよび希釈用のAr、並びに成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしてのArを導入できるように構成した。

【0079】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図16に示した。

10

第1のステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、Ru(EtCp)₂を0.2g/min、キャリアArガス100mL/min(sccm)を20秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、パージガスとしての希釈用のArガス500mL/min(sccm)を10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定し昇圧した。

20

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定したまま、500に加熱したArを流量1000mL/min(sccm)で10秒間フローした。

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、パージガスとしての希釈用のAr1000mL/min(sccm)を10秒間フローしてパージした。

【0080】

以上の第1ステップから第4ステップまでを8回繰り返すことにより、膜厚29nmのRu膜を形成することができた。

【0081】

実施例4

30

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して300mm径のウエハWを搬入し、予め設定温度100に温度調節した載置台上に載置した。

原料のRu(EtCp)₂は、液体状態で150に加熱された気化器に導入され、気化したガスはArガスをキャリアガスとして真空成膜装置に流入するように構成した。そして、チャンバ内には、Ru(EtCp)₂、キャリアおよび希釈用のAr、成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしてのArを導入できるように構成した。

【0082】

そして、次の第1～第5のステップを組み合わせることで成膜処理を行なった。

第1のステップ；

40

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、Ru(EtCp)₂を0.5g/min、キャリアArガス100mL/min(sccm)を20秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、パージガスとしての希釈用のArガスを流量500mL/min(sccm)で10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定したまま、500に加熱したArを流量比Ar=1000mL/min(sccm)で10秒間フローした。

50

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用の Ar を流量1000 mL/min (sccm) で10秒間フローしてパージした。

第5ステップ；

チャンバ内圧力を666.6 Pa (5 Torr) に設定し、Ru (EtCp)₂ を0.5 g/min、キャリア Ar ガスを流量100 mL/min (sccm) で20秒間フローした。

【0083】

核生成 (nucleation) 工程として、第1ステップから第4ステップまでを4回、メイン成膜 (main deposition) 工程として、第5、第2、第3、第4ステップを6回繰り返すことにより、膜厚32 nmの Ru 膜を形成することができた。

10

【0084】

実施例5

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して300 mm径のウエハWを搬入し、予め設定温度100に温度調節した載置台上に載置した。

原料の Ru₃(CO)₁₂ は、50に温度制御された容器の中に固体の状態で投入されているものを用い、Arガスをキャリアとするバブリング法で前記真空成膜装置に流入するように構成した。

チャンバ内には、Ru₃(CO)₁₂、キャリアおよび希釈用 Ar、成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしての Ar を導入できるように構成した。

20

【0085】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図17に示した。

第1のステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、Ru₃(CO)₁₂ を流量1 mL/min (sccm) およびキャリア Ar ガスを流量100 mL/min (sccm) で20秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用の Ar ガスを流量500 mL/min (sccm) で10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定し昇圧した。

30

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定したまま、500に加熱した Ar を1000 mL/min (sccm) で10秒間フローした。

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用の Ar を流量1000 mL/min (sccm) で10秒間フローしてパージした。

【0086】

以上の第1ステップから第4ステップまでを50回繰り返すことにより、膜厚5 nmの Ru 膜を形成することができた。

40

【0087】

実施例6

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して300 mm径のウエハWを搬入し、予め設定温度100に温度調節した載置台上に載置した。

原料の Ta (Nt - Am) (NMe₂)₃ (= TA I M A T A) は、50に加熱された配管中を通して、120に加熱された気化器に導入され、気化したガスは Ar ガスをキャリアガスとして真空成膜装置に流入するようになっている。チャンバ内には、Ta (

50

Nt - Am) (NMe₂)₃、キャリアおよび希釈用Ar、成膜反応に用いる高温に加熱した反応性ガスとしてのNH₃およびエネルギー媒体ガスとしてのArを導入できるように構成した。

【0088】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図18に示した。

第1のステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、Ta(Nt - Am)(NMe₂)₃を流量0.2g/min(sccm)およびキャリアArガスを流量100mL/min(sccm)で20秒間フローした。

10

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、パージガスとしての希釈用のArガスを流量500mL/min(sccm)で10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定したまま、500℃に加熱したNH₃とArを流量比NH₃/Ar=700/300mL/min(sccm)で10秒間フローした。

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、パージガスとしての希釈用のArを流量1000mL/min(sccm)で10秒間フローしてパージした。

20

【0089】

以上の第1ステップから第4ステップまでを8回繰り返すことにより、膜厚54nmのTa₂N膜を形成することができた。

【0090】

実施例7

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して300mm径のウエハWを搬入し、予め設定温度100℃に温度調節した載置台上に載置した。原料のTa(Nt - Am)(NMe₂)₃は、500℃に加熱された配管中を通過して、120℃に加熱された気化器に導入され、気化したガスはArガスをキャリアガスとして真空成膜装置に流入するようになっている。チャンバ内には、Ta(Nt - Am)(NMe₂)₃、キャリアおよび希釈用Ar、成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしてのArを導入できるように構成した。

30

【0091】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図19に示した。

第1のステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、Ta(Nt - Am)(NMe₂)₃を流量0.2g/min(sccm)およびキャリアArガスを流量100mL/min(sccm)で20秒間フローした。

40

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400Pa(3Torr)に設定し、パージガスとしての希釈用のArガスを流量500mL/min(sccm)で10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333Pa(10Torr)に設定したまま、500℃に加熱したArを流量1000mL/min(sccm)で10秒間フローした。

第4ステップ；

50

チャンバ内圧力を 400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用の Ar を流量 1000 mL/min (sccm) で 10 秒間フローしてパージした。

【0092】

以上の第1ステップから第4ステップまでを 10 回繰り返すことにより、膜厚 25 nm の Ta-N 膜を形成することができた。

【0093】

実施例 8

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して 300 mm 径のウエハ W を搬入し、予め設定温度 100 に温度調節した載置台上に載置した。

原料の $\text{Ta}(\text{Nt}-\text{Am})(\text{NMe}_2)_3$ は、 50 に加熱された配管中を通過して、 120 に加熱された気化器に導入され、気化したガスは Ar ガスをキャリアガスとして真空成膜装置に流入するようになっている。チャンバ内には、 $\text{Ta}(\text{Nt}-\text{Am})(\text{NMe}_2)_3$ 、キャリアおよび希釈用 Ar 、成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしての Ar を導入できるように構成した。

【0094】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。

第1のステップ；

チャンバ内圧力を 400 Pa (3 Torr) に設定し、 $\text{Ta}(\text{Nt}-\text{Am})(\text{NMe}_2)_3$ を流量 0.2 g/min (sccm) およびキャリア Ar ガスを流量 100 mL/min (sccm) で 20 秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を 400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用の Ar ガスを流量 500 mL/min (sccm) で 10 秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を 1333 Pa (10 Torr) に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を 1333 Pa (10 Torr) に設定したまま、 500 に加熱した Ar を流量 1000 mL/min (sccm) で 10 秒間フローした。

第4ステップ；

チャンバ内圧力を 400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用の Ar を流量 1000 mL/min (sccm) で 10 秒間フローしてパージした。

【0095】

以上の第1ステップから第4ステップまでを 10 回繰り返すことにより、膜厚 25 nm の Ta-N 膜を形成することができた。

【0096】

実施例 9

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して 300 mm 径のウエハ W を搬入し、予め設定温度 100 に温度調節した載置台上に載置した。

原料の $\text{W}(\text{CO})_6$ は、 50 に温度制御された容器の中に固体の状態投入されているものを用い、 Ar ガスをキャリアガスとするバブリング法で真空成膜装置に流入するようになっている。チャンバ内には、 $\text{W}(\text{CO})_6$ 、キャリアおよび希釈用 Ar 、成膜反応に用いる高温に加熱したエネルギー媒体ガスとしての Ar を導入できるように構成した。

【0097】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図20に示した。

第1のステップ；

チャンバ内圧力を 400 Pa (3 Torr) に設定し、 $\text{W}(\text{CO})_6$ を流量 5 mL/min (sccm) およびキャリア Ar ガスを流量 100 mL/min (sccm) で 20

10

20

30

40

50

秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のArガスを流量500 mL/min (sccm) で10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定したまま、500 に加熱したArを流量1000 mL/min (sccm) で10秒間フローした。

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のArを流量1000 mL/min (sccm) で10秒間フローしてパージした。

【0098】

以上の第1ステップから第4ステップまでを20回繰り返すことにより、膜厚10 nmのW膜を形成することができた。

【0099】

実施例10

図1に示すものと同様に、温度調節可能な載置台を備えたアルミ製の真空成膜装置に、図示しない搬送ロボットを介して300 mm径のウエハWを搬入し、予め設定温度10 に温度調節した載置台上に載置した。

原料のW(CO)₆は、50 に温度制御された容器の中に固体の状態では投入されているものを用い、Arガスをキャリアガスとするバブリング法で真空成膜装置に流入するようになっている。チャンバ内には、W(CO)₆、キャリアおよび希釈用Ar、成膜反応に用いる高温に加熱した反応性ガスとしてのH₂およびエネルギー媒体ガスとしてのArを導入できるように構成した。

【0100】

そして、次の第1～第4のステップで成膜処理を行なった。なお、本実施例における成膜処理のタイミングチャートを図21に示した。

第1のステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、W(CO)₆を流量5 mL/min (sccm) およびキャリアArガスを流量100 mL/min (sccm) で20秒間フローした。

第2ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のArガスを流量500 mL/min (sccm) で10秒間フローしてパージした。続いて、パージガスをフローしたまま、チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定し昇圧した。

第3ステップ；

チャンバ内圧力を1333 Pa (10 Torr) に設定したまま、500 に加熱したH₂とArを流量比H₂/Ar = 800/200 mL/min (sccm) で10秒間フローした。

第4ステップ；

チャンバ内圧力を400 Pa (3 Torr) に設定し、パージガスとしての希釈用のArを流量1000 mL/min (sccm) で10秒間フローしてパージした。

【0101】

以上の第1ステップから第4ステップまでを20回繰り返すことにより、膜厚10 nmのW膜を形成することができた。

【0102】

以上、本発明の実施形態を述べたが、本発明は上記実施形態に制約されることはなく、種々の変形が可能である。

10

20

30

40

50

例えば図1の成膜装置100では、シャワーヘッド10の吐出孔11の周囲に、エネルギー媒体ガスを加熱するヒーター15を配備したが、ヒーターは例えばシャワーヘッド10の拡散室14内に配備することも可能である。この場合、例えば図22および図23に示すように、耐熱性合成樹脂、石英、セラミックスなどの断熱性材料により長尺な円筒形に形成された外筒211の中に棒状の抵抗体212を配備したシリンダ型のヒーター210を用いることができる。棒状の抵抗体212は、リード線215を通じて図示しないヒーター電源と接続されており、そこから通電することにより、外筒211内を急速加熱することができる。外筒211の上部には1カ所にガス入口213が設けられ、外筒211の下部には、シャワーヘッド10の吐出孔11に連通するように対応して複数のガス出口214が形成されており、エネルギー媒体ガスが外筒211内を通過する間に急速加熱できる構成されている。このシリンダ型のヒーター210は、例えばシャワーヘッド10の拡散室14内に複数個を横置きして並列配備することができる。

10

【0103】

また、上記第1～第3の実施形態では載置台3として固定式のものを用いたが、載置台3として、水平方向に回転可能な機構を備えたものを用いることもできる。この場合、成膜原料をウエハW表面に吸着させる吸着工程や、ウエハW表面で成膜反応を生じさせる反応工程において、ウエハW表面の薄膜の膜厚や膜質をよりいっそう均一化できる。

【産業上の利用可能性】

【0104】

本発明は、例えば各種半導体装置の製造過程で半導体ウエハなどの基板上に目的の膜を形成する際に好適に利用可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】第1実施形態に係る成膜装置の概略構成を示す断面図である。

【図2】シャワーヘッド下面の吐出孔の配置を示しており、(a)は同心円状に配置した例を示し、(b)は格子状に配置した例を示す図面である。

【図3】吐出孔の周囲に設けたヒーターの概略構成を示す図面である。

【図4】本発明の成膜方法の工程例を説明するフロー図である。

【図5】本発明の成膜方法の別の工程例を説明するフロー図である。

【図6】図5の工程例におけるタイミングチャートを示す図である。

30

【図7】本発明の成膜方法のさらに別の工程例を説明するフロー図である。

【図8】図7の工程例におけるタイミングチャートを示す図である。

【図9】本発明の成膜方法の他の工程例を説明するフロー図である。

【図10】図9の工程例におけるタイミングチャートを示す図である。

【図11】本発明の成膜方法の原理を説明する模式図である。

【図12】第2実施形態に係る成膜装置の概略構成を示す断面図である。

【図13】第3実施形態に係る成膜装置の概略構成を示す断面図である。

【図14】実施例1の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

【図15】実施例2の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

【図16】実施例3の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

40

【図17】実施例5の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

【図18】実施例6の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

【図19】実施例7の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

【図20】実施例9の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

【図21】実施例10の成膜におけるタイミングチャートを示す図である。

【図22】シリンダ型のヒーターを配備したシャワーヘッドの概略構成を示す断面図である。

【図23】シリンダ型のヒーターの概略構成を示す断面図である。

【図24】従来技術の熱ALDのタイミングチャートを示す図である。

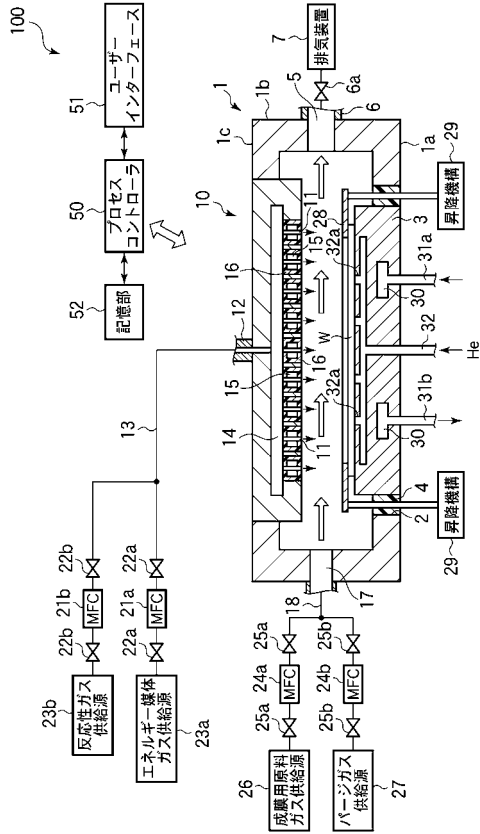
【符号の説明】

50

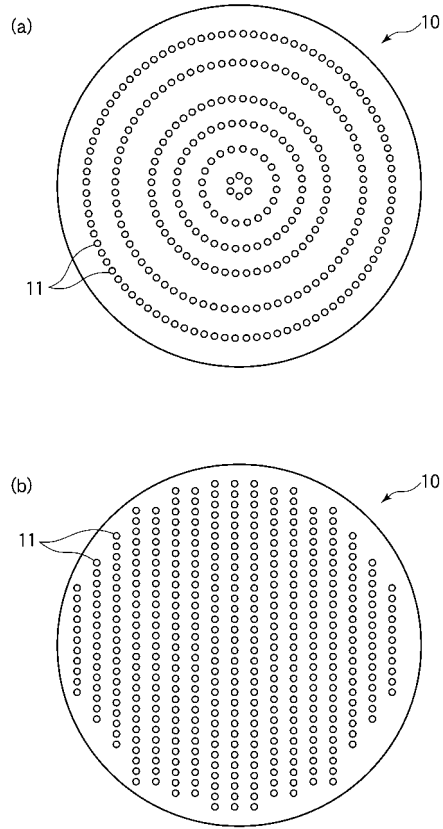
【 0 1 0 6 】

1	チャンバ	
1 a	底壁	
1 b	側壁	
1 c	天壁	
2	開口部	
3	載置台	
4	断熱部	
5	排気口	
6	排気管	10
7	排気装置	
1 0	シャワーヘッド	
1 1	吐出孔	
1 2	ガス導入口	
1 3	配管	
1 4	拡散室	
1 5	ヒーター	
1 6	断熱部	
1 7	ガス導入口	
2 3 a	エネルギー媒体ガス供給源	20
2 3 b	反応性ガス供給源	
2 6	成膜用原料ガス供給源	
2 7	パージガス供給源	
2 8	クランプリング	
2 9	昇降機構	
3 0	温度調節媒体室	
3 2	ガス流路	
5 0	プロセスコントローラ	
1 0 0 , 1 0 1 , 1 0 2 ;	成膜装置	

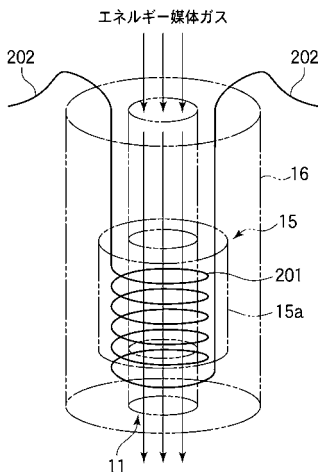
【図1】



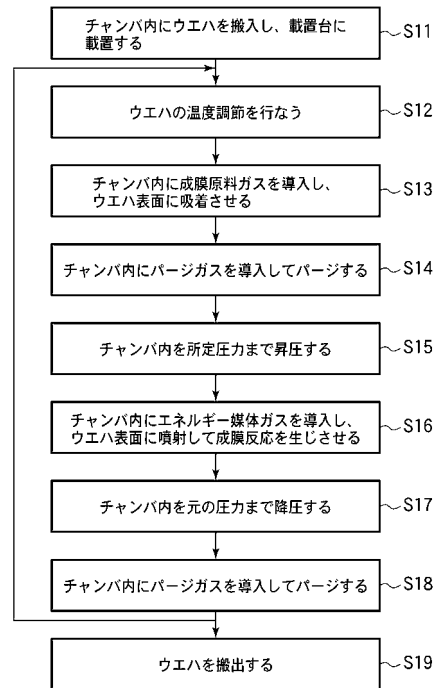
【図2】



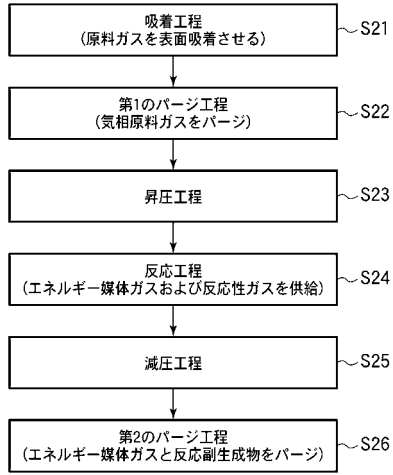
【図3】



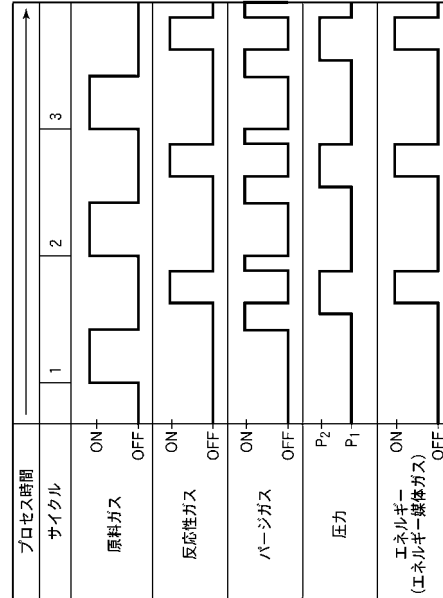
【図4】



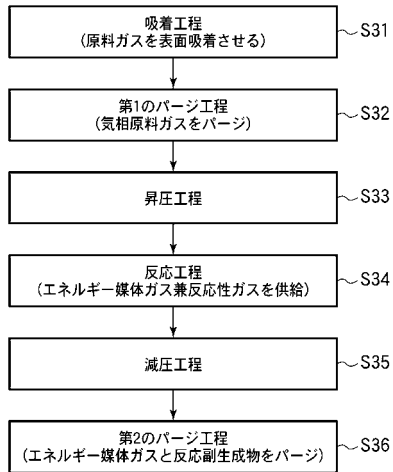
【 図 5 】



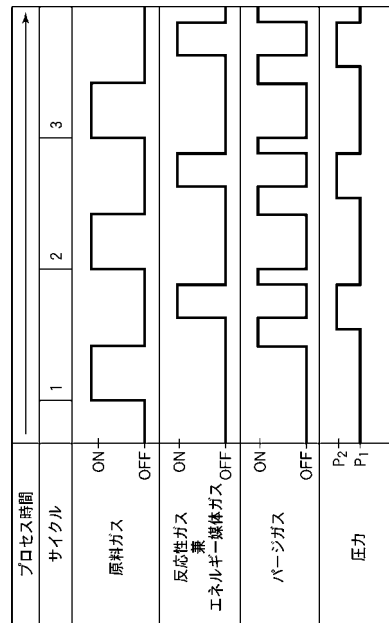
【 図 6 】



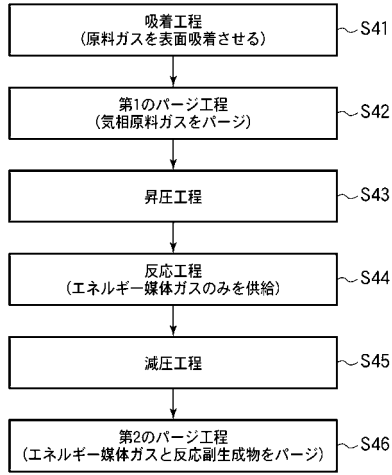
【 図 7 】



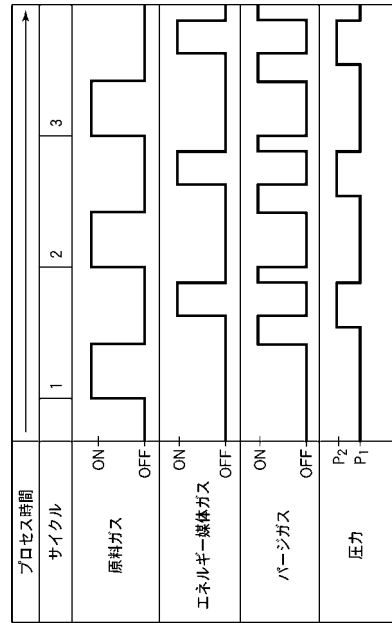
【 図 8 】



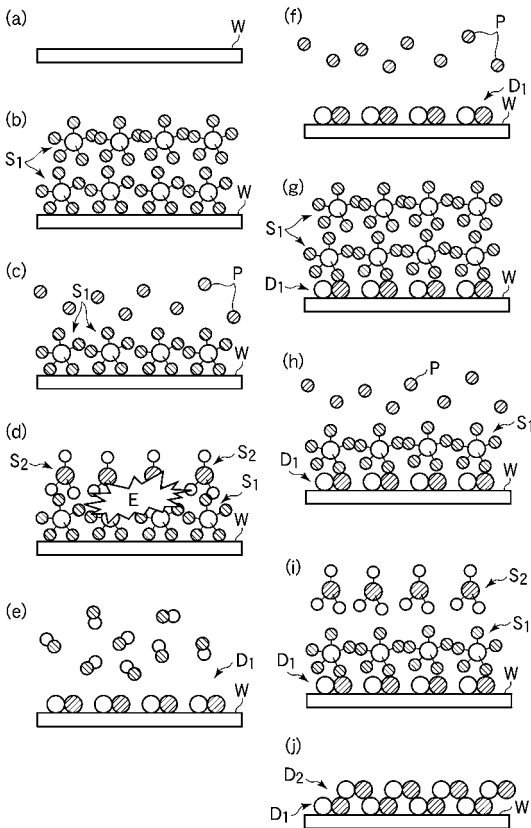
【図9】



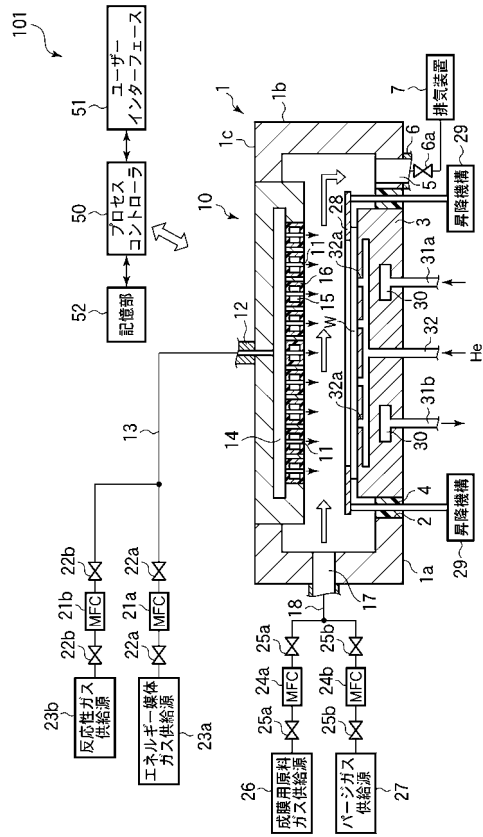
【図10】



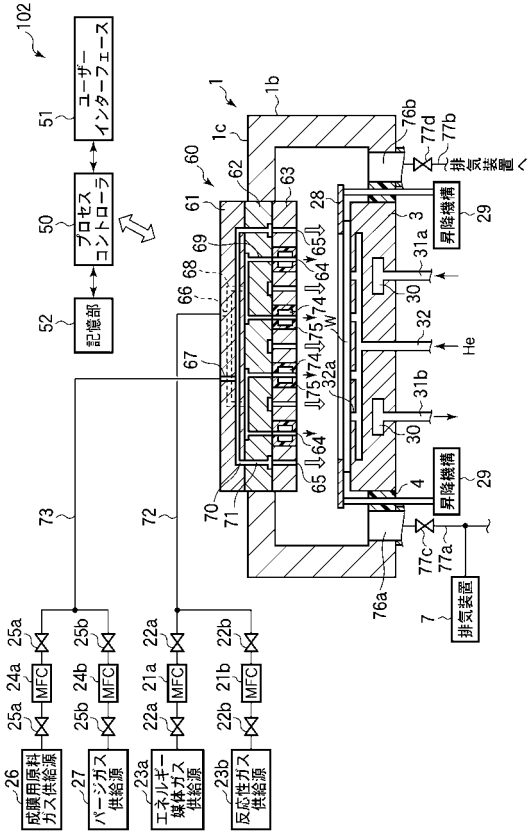
【図11】



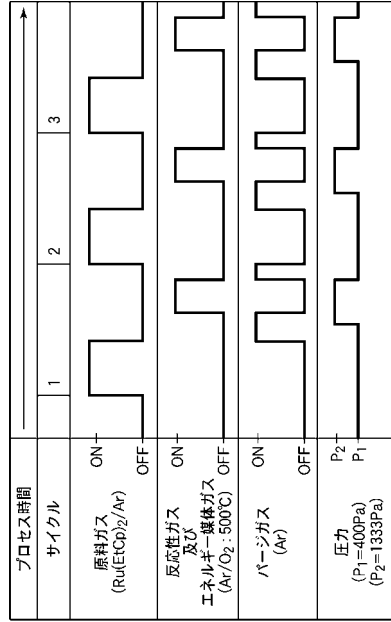
【図12】



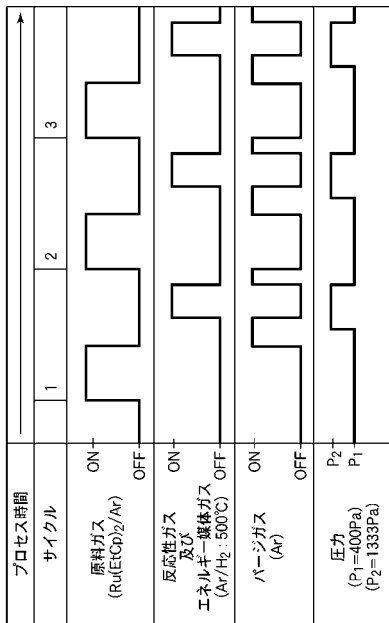
【図 13】



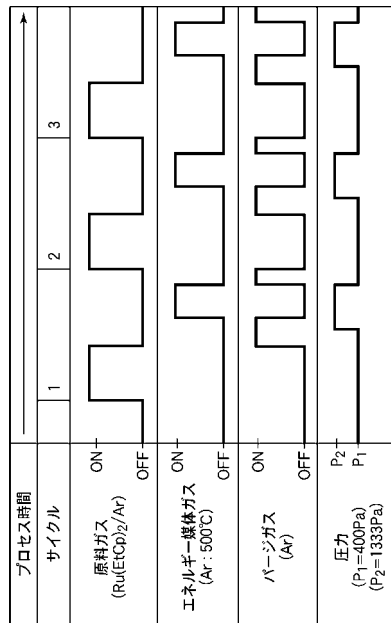
【図 14】



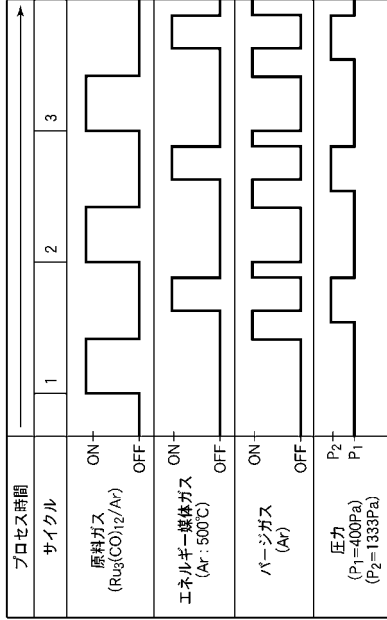
【図 15】



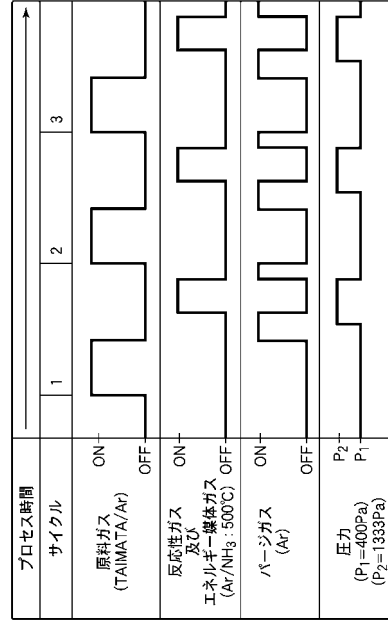
【図 16】



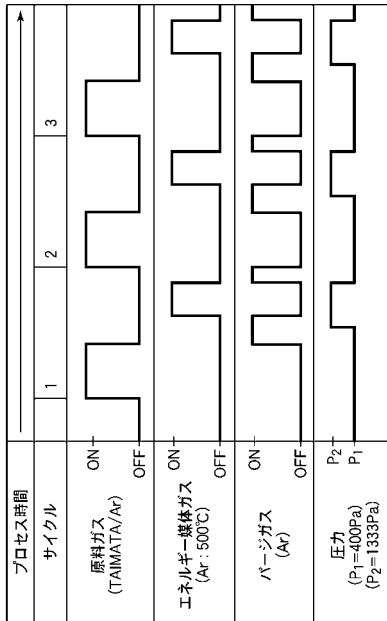
【 図 1 7 】



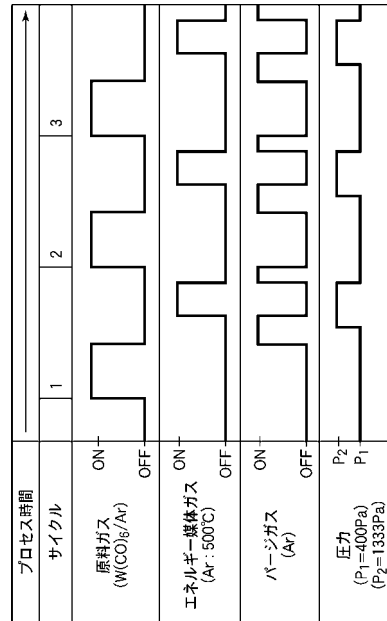
【 図 1 8 】



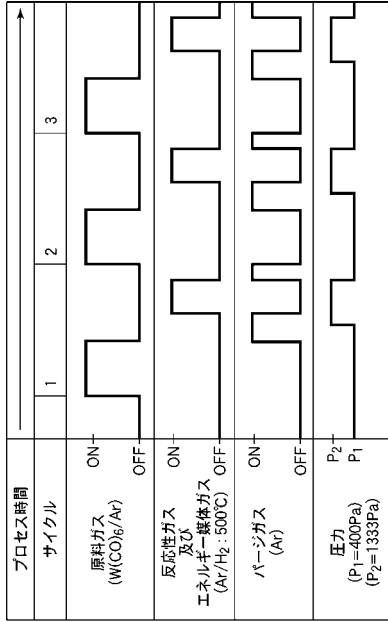
【 図 1 9 】



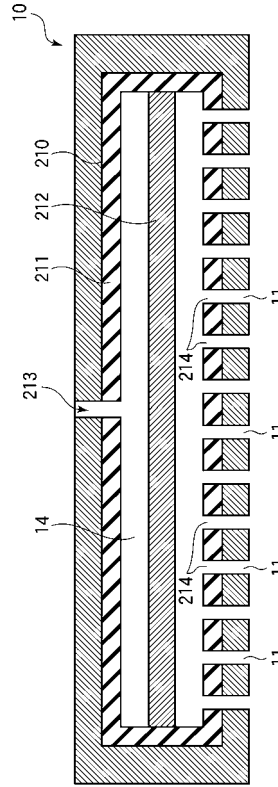
【 図 2 0 】



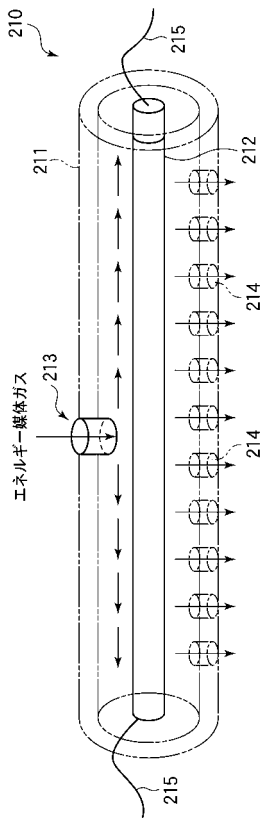
【図 2 1】



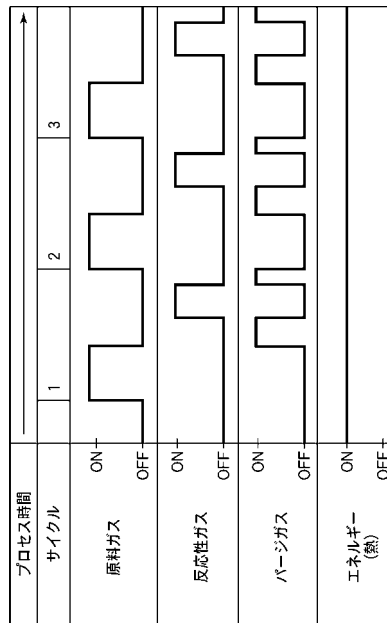
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-302822(JP,A)
特開2003-209103(JP,A)
特開2005-086185(JP,A)
特開2005-101101(JP,A)
特表2007-504357(JP,A)
特開平01-290221(JP,A)
特開2004-228601(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56
H01L 21/205、21/31
H01L 21/285