

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3987312号
(P3987312)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月20日(2007.7.20)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205	
C 2 3 C 16/44 (2006.01)	C 2 3 C 16/44	J
C 2 3 C 16/52 (2006.01)	C 2 3 C 16/52	
HO 1 L 21/31 (2006.01)	HO 1 L 21/31	B
	HO 1 L 21/31	E

請求項の数 19 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2001-264867 (P2001-264867)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成13年8月31日(2001.8.31)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2003-77842 (P2003-77842A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成15年3月14日(2003.3.14)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成17年3月14日(2005.3.14)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100092196
			弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100070437
			弁理士 河井 将次

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造装置および製造方法ならびに半導体製造装置のクリーニング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の処理が施される被処理基板が収容される処理室と、
この処理室の内部に連通するように接続されて前記処理に用いられる処理用ガスを前記処理室の内部に導入するガス導入管と、

前記処理室の内部に連通するように接続されて前記処理室の内部のガスを前記処理室の外部に排出するガス排出管と、

前記処理室の内部、前記ガス導入管、および前記ガス排出管のうちの2箇所以上の異なる位置に設けられて、前記処理室の内部のガス、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガス、および前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのうち、前記処理室の内部のガスの成分、または少なくとも異なる2種類のガスの成分を測定する成分測定装置と、

前記処理室の内部、前記ガス導入管、および前記ガス排出管の2箇所以上の異なる位置に設けられて、前記処理室の内部のガス、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガス、および前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのうち、前記処理室の内部のガスの成分ごとの濃度、または少なくとも異なる2種類のガスのそれぞれの成分ごとの濃度を測定する濃度測定装置と、

前記成分測定装置および前記濃度測定装置が測定した各測定値に基づいて、前記被処理基板に適正な処理が施されるように、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに前記処理室の内部の雰囲気調整する制御装置と、

10

20

を具備することを特徴とする半導体装置の製造装置。

【請求項 2】

前記成分測定装置および前記濃度測定装置は、前記ガス導入管から前記処理室の内部を経て前記ガス排出管へと流れる前記処理用ガスおよび前記処理室の内部のガスの流れにおいて、前記処理室の内部に収容された前記被処理基板の上流側および下流側にそれぞれ 1 個ずつ以上設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項 3】

前記成分測定装置および前記濃度測定装置は、前記ガス導入管および前記ガス排出管にそれぞれ 1 個ずつ以上設けられることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置の製造装置。

10

【請求項 4】

前記成分測定装置および前記濃度測定装置は、前記処理室の内部において前記被処理基板の上流側および下流側にそれぞれ 1 個ずつ以上設けられることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項 5】

前記処理室の内部には前記被処理基板が複数枚収容されるとともに、前記成分測定装置および前記濃度測定装置は、前記処理室の内部において、前記複数枚の被処理基板のうち最も上流側に配置されている被処理基板よりも上流側、および前記複数枚の被処理基板のうち最も下流側に配置されている被処理基板よりも下流側にそれぞれ 1 個ずつ以上設けられることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置の製造装置。

20

【請求項 6】

前記成分測定装置および前記濃度測定装置は、前記ガス導入管の前記処理室の内部に連通している側の端部に開口されて設けられているガス導入口の付近、および前記ガス排出管の前記処理室の内部に連通している側の端部に開口されて設けられているガス排出口の付近に、それぞれ 1 個ずつ以上設けられることを特徴とする請求項 2 ~ 5 のうちのいずれか一項に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項 7】

前記成分測定装置が測定した測定値に基づいて、その測定値の測定時刻と略同時刻における前記処理室の内部の所定の位置のガスの成分を求める成分演算部、および前記濃度測定装置が測定した測定値に基づいて、その測定値の測定時刻と略同時刻における前記処理室の内部の所定の位置のガスの成分ごとの濃度を求める濃度演算部を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のうちのいずれか一項に記載の半導体装置の製造装置。

30

【請求項 8】

前記制御装置は、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、前記処理室の内部の雰囲気、ならびに前記処理の進行状態をそれぞれ所定の状態に設定するための複数の処理パラメータを、前記成分演算部および前記濃度演算部がそれぞれ演算を行うごとに求められた各演算値に基づいて更新するとともに、それら更新された各処理パラメータに基づいて、前記被処理基板に適正な状態で処理が施されるように、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、前記処理室の内部の雰囲気、ならびに前記処理の進行状態をそれぞれ調整することを特徴とする請求項 7 に記載の半導体装置の製造装置。

40

【請求項 9】

前記制御装置は、前記被処理基板に施される前記所定の処理の工程が予め設定されている処理シーケンスを複数種類備えているとともに、前記成分演算部および前記濃度演算部がそれぞれ演算を行う際に行われている処理工程の次に行われる処理工程の条件を満たす処理シーケンスを、前記成分演算部および前記濃度演算部が求めた各演算値に基づいて、前記被処理基板に適正な処理が施されるように前記複数種類の処理シーケンスの中から選択して、次の処理を行わせることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項 10】

所定の処理が施される被処理基板が収容される処理室の内部に前記被処理基板を配置し

50

、前記処理に用いられる処理用ガスを前記処理室の内部に導入することにより前記処理を行う半導体装置の製造方法において、

前記処理室の内部、前記処理室の内部に連通するように接続されて前記処理に用いられる処理用ガスを前記処理室の内部に導入するガス導入管、および前記処理室の内部に連通するように接続されて前記処理室の内部のガスを前記処理室の外部に排出するガス排出管のうち2箇所以上の異なる位置において、前記処理室の内部のガス、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガス、および前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのうち、前記処理室の内部のガスの成分、または少なくとも異なる2種類のガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度を測定する工程と、

それら各測定値に基づいて、前記被処理基板に適正な処理が施されるように、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに前記処理室の内部の雰囲気調整する工程と、

を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項11】

前記ガス導入管から前記処理室の内部を経て前記ガス排出管へと流れる前記処理用ガスおよび前記処理室の内部のガスの流れにおいて、前記処理室の内部に收容された前記被処理基板の上流側の少なくとも1箇所において、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガスおよび前記処理室の内部のガスのいずれか一方の成分およびその成分ごとの濃度を測定するとともに、前記被処理基板の下流側の少なくとも1箇所において、前記処理室の内部のガスおよび前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのいずれか一方の成分およびその成分ごとの濃度を測定することを特徴とする請求項10に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】

前記ガス導入管の少なくとも1箇所において、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度を測定するとともに、前記ガス排出管の少なくとも1箇所において、前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのいずれか一方の成分およびその成分ごとの濃度を測定することを特徴とする請求項11に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】

前記処理室の内部、かつ、前記処理室の内部に收容された前記被処理基板の上流側および下流側それぞれの少なくとも1箇所において、前記処理室の内部のガスの成分およびその成分ごとの濃度を測定することを特徴とする請求項11に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】

前記処理室の内部に前記被処理基板を複数枚收容するとともに、前記処理室の内部において、前記複数枚の被処理基板のうち最も上流側に配置されている被処理基板よりも上流側の少なくとも1箇所、および前記複数枚の被処理基板のうち最も下流側に配置されている被処理基板よりも下流側の少なくとも1箇所において、前記処理室の内部のガスの成分およびその成分ごとの濃度を測定することを特徴とする請求項11に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】

前記ガス導入管と前記処理室との接続部に開口されて設けられているガス導入口の付近の少なくとも1箇所、および前記処理室と前記ガス排出管の接続部に開口されて設けられているガス排出口の付近の少なくとも1箇所において、前記処理室の内部のガスの成分およびその成分ごとの濃度を測定することを特徴とする請求項11～14のうちのいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】

前記処理室の内部のガスの成分およびその成分ごとの濃度を測定するとともに、それら各測定値に基づいて前記測定と略同時刻における前記処理室の内部の所定の位置のガスの成分およびその成分ごとの濃度を求め、かつ、それらの成分および濃度を求めるごとに、

10

20

30

40

50

それらの各値に基づいて、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、前記処理室の内部の雰囲気、ならびに前記処理の進行状態をそれぞれ所定の状態に設定するための複数の処理パラメータを更新し、それら更新された各処理パラメータに基づいて、前記被処理基板に適正な処理が施されるように、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、前記処理室の内部の雰囲気、ならびに前記処理の進行状態をそれぞれ調整することを特徴とする請求項 10 ~ 15 のうちのいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 17】

前記被処理基板に対して前記所定の処理を複数回施すとともに、各回ごとに前記処理室の内部の所定の位置のガスの成分およびその成分ごとの濃度を求め、かつ、それらガスの成分およびその成分ごとの濃度を求める際に行われている処理工程の次に行われる処理工程の条件を満たす処理シーケンスを、前記処理室の内部の所定の位置のガスの成分およびその成分ごとの濃度の各値に基づいて、前記被処理基板に適正な処理が施されるように前記被処理基板に施される前記所定の処理の工程が予め複数種類設定されている処理シーケンスの中から選択して、次の処理を行うことを特徴とする請求項 16 に記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項 18】

請求項 10 ~ 17 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法によって前記被処理基板に前記所定の処理を施した後、前記所定の処理が施された前記被処理基板を前記処理室の内部から取り出し、前記各測定値に基づいて、前記ガス導入管、前記処理室の内部、および前記ガス排出管に残っている残留物を除去できる成分および濃度からなるクリーニング用ガスを生成して、このクリーニング用ガスを前記ガス導入管から前記処理室を経て前記ガス排出管に向けて流すことを特徴とする半導体製造装置のクリーニング方法。

20

【請求項 19】

請求項 17 に記載の半導体装置の製造方法によって前記被処理基板に前記所定の処理を複数回施すとともに、各回の処理が終わるごとに、各回において選択された前記各処理シーケンスに応じて、前記各測定値および前記各測定値に基づいて求めた前記処理室の内部の所定の位置のガスの成分およびその成分ごとの濃度の各値のうち、少なくとも一方の各値に基づいて前記クリーニング用ガスの成分およびその成分ごとの濃度を調整するとともに、前記更新された各処理パラメータに基づいて前記処理室の内部の雰囲気を調整しつつ前記クリーニング用ガスを流すことを特徴とする請求項 18 に記載の半導体製造装置のクリーニング方法。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法に関し、特に熱酸化、アニール、CVD、RTP など、半導体製造プロセスにおけるホットプロセスに用いられる半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体装置の製造プロセスにおいては、種々の原料ガスを用いて、それら原料ガスと半導体基板（ウェーハ）の一般的な主材料であるシリコン、あるいは複数種類の原料ガス同士の熱反応または化学反応などを利用して、ウェーハ上に薄膜を形成する成膜工程が非常に重要である。特に、いわゆる熱処理プロセス（Hot Process）として、例えば、基板シリコンの熱酸化および熱窒化、アニール、RTP（Rapid Thermal Process）、あるいは化学的気相成長（CVD：Chemical Vapor Deposition）と呼ばれる工程が非常に重要である。

40

【0003】

これらの工程は通常、半導体基板となるシリコンウェーハを所定の成膜装置の反応炉内に 1 枚ないし複数枚配置し、反応炉内に原料ガスを導入することにより行う。この際、所望

50

通りの膜質特性（例えば、膜厚、膜組成、および膜抵抗など。）を得るために、原料ガスの流量、反応炉内の圧力、温度、処理時間などを予め設定しておく。そして、その設定通りに成膜装置が作動するようにコントローラで制御する。近年、半導体装置は、その内部構造の微細化および高密度化が著しく進んでいる。したがって、半導体装置の製造プロセスにおいては、複雑かつ高性能な半導体装置が適正な状態で安定して作動できるように、良質な薄膜を得ることが極めて重要になりつつある。そのために、前述した原料ガスの流量、反応炉内の圧力、温度、処理時間など、成膜工程における各種制御パラメータ（成膜用パラメータ）を非常に高い精度で制御する必要性がますます高まっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

前述したように、良質な薄膜を得るために、成膜工程における各種成膜用パラメータを非常に高い精度で制御する必要性が高まっている。ところが、一般の成膜装置では、各種成膜用パラメータを制御するコントローラ自体の制御能力の精度を高めても、所望通りの十分な精度で制御することができない成膜用パラメータが幾つか存在する。

【0005】

例えば、熱酸化プロセスを複数回（複数ラン）繰り返し行う際に、酸化温度、酸化時間、酸素流量、および酸素圧力などを各回（各ラン）とも正確に同一条件になるように制御して、熱酸化プロセスを行うように設定する。このような設定の熱酸化プロセスによれば、成膜された薄膜の膜厚は、理論上は各回とも殆ど同じ厚さになるはずである。ところが、経験的には、成膜された薄膜の膜厚を各ランごとに比較すると、それらの間には無視し得ないばらつき、すなわち許容できない誤差が生じる場合がある。

【0006】

このような膜厚の誤差が生じる原因は幾つか考えられる。例えば、酸化炉（反応炉）内における酸化剤の分圧が、酸化炉内に導入される酸素の流量および酸化炉内の圧力以外の要因で各ランごとに変化している場合が考えられる。具体的には、前のランで水分を含む処理を行った場合には、次のランまでに反応炉の外部に排出（パージ）しきれない水分が炉内に吸着している場合がある。このような場合、水分はシリコンに対して酸化剤として働くため、炉内に水分が殆ど存在していない状態での成膜工程と比較すると、炉内に水分が残った状態での成膜工程で形成される酸化膜は、その膜厚が厚くなる。

【0007】

また、反応炉の内部が大気に晒される構造の成膜装置では、各ランごとにウェーハを反応炉の外部から内部に搬入する際に、大気中の水分がウェーハとともに反応炉内に運び込まれる。この場合、大気中の水分濃度（湿度）は、各ランの開始時および終了時に一定であるとは限らないため、炉内の湿度が各ランごとに異なっているおそれがある。

【0008】

このように、反応炉内の吸着水分や、あるいは大気中から炉内に運び込まれる水分などは、それらの量が極めて不安定であるとともに、その変動量も大きい。したがって、それら吸着水分や、炉内に運び込まれる水分などの量は、一般の成膜装置では制御可能な成膜用パラメータとしては設定されていない。たとえそれらの水分量を成膜用パラメータとして設定しても、前述したように水分を含む処理を行ったり、あるいは反応炉の内部が大気に晒される構造の成膜装置を使用したりする限り、形成される酸化膜の膜厚は大きくばらつくおそれが高い。

【0009】

あるいは、前述したように、炉内外の水分量などの極めて不安定な要素を成膜用パラメータとして用いる代わりに、反応炉の内部からその外部に排出される成膜工程に使われた後の使用済みの原料ガスを含む排気ガスの成分などを分析（測定、観察、モニタリング）することにより、成膜中の炉内のガスの状態および雰囲気把握して、それらが適正な状態に保持されるように制御する方法も考えられる。ところが、この方法では実際の炉内のガスの状態および雰囲気を正確にモニタリングしていることにはならない。

【0010】

10

20

30

40

50

なぜなら、反応炉の内部に導入される原料ガスの成分および濃度などは、反応炉の内部と外部とで大きく異なっているおそれがあるためである。すなわち、原料ガスの成分および濃度などは、成膜中の熱反応や化学反応などによって、成膜工程を開始する前、成膜工程の最中、および成膜工程の終了後のそれぞれで大きく異なっているおそれがある。特に、原料ガスの反応性あるいは分解性が高くなれば高くなる程、その傾向は強くなる。また、原料ガスの成分および濃度などを分析する分析計の位置によっても、それらの分析結果が大きく異なっているおそれもある。

【0011】

また、成膜される膜の厚さがばらつく原因として、反応炉の内部に溜まった原料ガスの残りかすが関与しているおそれもある。例えば、成膜工程を複数ラン繰り返す際に、前回のランで用いた原料ガスの成分が完全に反応しきらないまま反応炉の内壁に付着して固化する。この状態で次のランを行うと、その反応炉の内壁に付着して固化した原料ガスの成分が、反応炉内の熱などによって再び気化し、新しく反応炉内に導入された原料ガスと混じり合う。すると、各ランごとに略同一の量となるように予め設定された量よりも多量の原料ガスが、実質的に、反応炉内に存在することになる。これにより、成膜反応に寄与する原料ガスの量が各ランごとに異なってくるので、成膜される膜の厚さが各ランごとにばらつくと考えられる。ランの回数が増えれば増える程、原料ガスの残りかすが反応炉の内部に溜まり易くなるので、このような現象はランの回数が増えるにつれて顕著になる。

10

【0012】

さらに、1台の成膜装置で異なる複数種類の成膜工程を行う場合、一般にはそれら各成膜工程ごとに用いる原料が異なるので、前回の成膜工程で用いた原料の成分が完全に反応しきらないまま反応炉の内部に溜まっていると、次の成膜工程において、不要な成分が混入するおそれがある。不要な成分が混入すると、形成される薄膜の膜厚が大きく変動するだけでなく、全く所望外の性質の薄膜が形成されたり、あるいは極めて粗悪な性質の薄膜が形成されたりするおそれがある。

20

【0013】

本発明は、以上説明したような課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、被処理基板に施す処理の種類に拘らず、適正な状態で被処理基板に処理を施して、良質な半導体装置を容易に得ることができる半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法を提供することにある。

30

【0014】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明に係る半導体装置の製造装置は、所定の処理が施される被処理基板が収容される処理室と、この処理室の内部に連通するように接続されて前記処理に用いられる処理用ガスを前記処理室の内部に導入するガス導入管と、前記処理室の内部に連通するように接続されて前記処理室の内部のガスを前記処理室の外部に排出するガス排出管と、前記処理室の内部、前記ガス導入管、および前記ガス排出管のうちの2箇所以上の異なる位置に設けられて、前記処理室の内部のガス、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガス、および前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのうち、前記処理室の内部のガスの成分、または少なくとも異なる2種類のガスの成分を測定する成分測定装置と、前記処理室の内部、前記ガス導入管、および前記ガス排出管の2箇所以上の異なる位置に設けられて、前記処理室の内部のガス、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガス、および前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのうち、前記処理室の内部のガスの成分ごとの濃度、または少なくとも異なる2種類のガスのそれぞれの成分ごとの濃度を測定する濃度測定装置と、前記成分測定装置および前記濃度測定装置が測定した各測定値に基づいて、前記被処理基板に適正な処理が施されるように、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに前記処理室の内部の雰囲気調整する制御装置と、を具備することを特徴とするものである。

40

【0015】

この半導体装置の製造装置においては、処理室の内部、ガス導入管、およびガス排出管の

50

うちの2箇所以上の異なる位置に、処理室の内部のガス、処理室の内部に導入される前の処理用ガス、および処理室の外部に排出される処理室の内部のガスのうち、処理室の内部のガスの成分、または少なくとも異なる2種類のガスの成分を測定する成分測定装置、およびそれらの成分ごとの濃度を測定する濃度測定装置が設けられている。それとともに、各成分測定装置および各濃度測定装置が測定した各測定値に基づいて、被処理基板に適正な処理が施されるように、処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに処理室の内部の雰囲気調整する制御装置を具備している。これにより、各ガスの成分および成分ごとの濃度を、2箇所以上異なる位置に配置された各成分測定装置および各濃度測定装置を用いて直接かつ高い精度で測定できるとともに、それら各測定値に基づいて、被処理基板に適正な処理が施されるように、処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、なら

10

【0016】

また、前記課題を解決するために、本発明に係る半導体装置の製造方法は、所定の処理が施される被処理基板が収容される処理室の内部に前記被処理基板を配置し、前記処理に用いられる処理用ガスを前記処理室の内部に導入することにより前記処理を行う半導体装置の製造方法において、前記処理室の内部、前記処理室の内部に連通するように接続されて前記処理に用いられる処理用ガスを前記処理室の内部に導入するガス導入管、および前記処理室の内部に連通するように接続されて前記処理室の内部のガスを前記処理室の外部に排出するガス排出管のうち2箇所以上の異なる位置において、前記処理室の内部のガス、前記処理室の内部に導入される前の前記処理用ガス、および前記処理室の外部に排出される前記処理室の内部のガスのうち、前記処理室の内部のガスの成分、または少なくとも異なる2種類のガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度を測定する工程と、それら各測定値に基づいて、前記被処理基板に適正な処理が施されるように、前記処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに前記処理室の内部の雰囲気調整する工程と、を含むことを特徴とするものである。

20

【0017】

この半導体装置の製造方法においては、処理室の内部、処理室の内部に連通するように接続されて処理に用いられる処理用ガスを処理室の内部に導入するガス導入管、および処理室の内部に連通するように接続されて処理室の内部のガスを処理室の外部に排出するガス排出管のうち2箇所以上の異なる位置において、処理室の内部のガス、処理室の内部に導入される前の処理用ガス、および処理室の外部に排出される処理室の内部のガスのうち、処理室の内部のガスの成分、または少なくとも異なる2種類のガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度を測定する。それとともに、それら各測定値に基づいて、被処理基板に適正な処理が施されるように、処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに処理室の内部の雰囲気調整する。これにより、各ガスの成分および成分ごとの濃度を、2箇所以上異なる位置において直接かつ高い精度で測定できるとともに、それら各測定値に基づいて、被処理基板に適正な処理が施されるように、処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに処理室の内部の雰囲気調整できる。

30

【0018】

また、前記課題を解決するために、本発明に係る半導体製造装置のクリーニング方法は、本発明に係る半導体装置の製造方法によって前記被処理基板に前記所定の処理を施した後、前記所定の処理が施された前記被処理基板を前記処理室の内部から取り出し、前記各測定値に基づいて、前記ガス導入管、前記処理室の内部、および前記ガス排出管に残っている残留物を除去できる成分および濃度からなるクリーニング用ガスを生成して、このクリーニング用ガスを前記ガス導入管から前記処理室を経て前記ガス排出管に向けて流すことを特徴とするものである。

40

【0019】

この半導体製造装置のクリーニング方法においては、被処理基板に所定の処理を施し終わった後、所定の処理が施された被処理基板を処理室の内部から取り出し、処理中に測定したガスの成分および成分ごとの濃度の測定値に基づいて、ガス導入管、処理室の内部、お

50

よびガス排出管に残っている残留物を除去できる成分および濃度からなるクリーニング用ガスを生成して、このクリーニング用ガスをガス導入管から処理室を経てガス排出管に向けて流す。これにより、被処理基板に対する所定の処理が適正な状態で施されるように、被処理基板に処理を施し終わった後のガス導入管、処理室の内部、およびガス排出管から、処理に干渉するおそれのある余計な成分を排除して、それらの内部を清浄な状態に保持できる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1～第5の実施の形態に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法を、図1～図7に基づいて各実施形態ごとに説明する。

10

【0021】

(第1の実施の形態)

まず、本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法を、図1および図2を参照しつつ説明する。

【0022】

図1は、この第1実施形態の半導体装置の製造装置1の構成の概略を示す図である。また、図2は、図1に示す半導体装置の製造装置1が備える処理室3の内部の所定の位置におけるガスの濃度の求め方を示す図である。

【0023】

20

本実施形態の半導体装置の製造装置1は、図1に示すように、所定の処理が施される被処理基板2が収容される処理室3と、処理に用いられる処理用ガス4を処理室3の内部に導入するガス導入管5と、処理室3の内部のガスを処理室3の外部に排出するガス排出管6と、ガス導入管5に設けられて、処理室3の内部に導入される前の処理用ガス4の成分を測定する成分測定装置7およびその成分ごとの濃度を測定する濃度測定装置8と、ガス排出管6に設けられて、処理室3の外部に排出される処理室3の内部のガスの成分を測定する成分測定装置7およびその成分ごとの濃度を測定する濃度測定装置8と、各成分測定装置7および各濃度測定装置8が測定した各測定値に基づいて、被処理基板2に適正な処理が施されるように、処理用ガス4の成分およびその成分ごとの濃度、ならびに処理室3の内部の雰囲気調整する制御装置9などから構成されている。

30

【0024】

本実施形態の半導体装置の製造装置は、処理室3の内部に被処理基板としてのウェーハ2が1枚収容された状態で成膜処理が施される、いわゆる枚葉式の成膜装置1である。

【0025】

処理室としての反応炉3の外側には、反応炉3の内部の温度を所定の値に設定するための温度調節装置としてのヒータ10が複数個設けられている。また、反応炉3には、その内部の温度を測定する温度計11、および反応炉3の内部の圧力を測定する圧力計12が取り付けられている。

【0026】

ガス導入管5は、反応炉3の内部に連通して接続されている。ガス導入管5の反応炉3の内部に連通している側の端部には、成膜処理に用いられる処理用ガス4をガス導入管5から反応炉3の内部に導くためのガス導入口13が開口されて設けられている。処理用ガス4は、ガス導入管5を通り、ガス導入口13を経て反応炉3の内部に導入される。

40

【0027】

また、ガス導入管5の反応炉3に接続されている側とは反対側には、図1中一点鎖線で囲んで示すように、処理用ガス4をガス導入管5に送り込む原料供給装置としてのマスフローコントローラ14が、処理用ガス4の種類ごとに1台ずつ接続されている。本実施形態においては、処理用ガス4として、A、B、Cの3種類の原料ガスを用いる。したがって、マスフローコントローラ14は、原料ガスA用の第1マスフローコントローラ14a、原料ガスB用の第2マスフローコントローラ14b、および原料ガスC用の第3マスフ

50

ーコントローラ 14c の 3 台から構成されている。

【0028】

さらに、ガス導入管 5 には、ガス導入口 14 の付近、かつ、図 1 中破線で示すガスの流れにおけるガス導入口 14 よりも上流側の 1 箇所に、反応炉 3 の内部に導入される前の処理用ガス 4 の成分を測定（モニタリング）する成分測定装置 7 と、反応炉 3 の内部に導入される前の処理用ガス 4 の成分ごとの濃度を測定（モニタリング）する濃度測定装置 8 とが接続されている。これらガス導入管 5 に接続された成分測定装置 7 および濃度測定装置 8 は、本実施形態においては一体構造となっている。具体的には、ガス導入管 5 に接続された成分測定装置 7 および濃度測定装置 8 には、処理用ガス 4 の成分および成分ごとの濃度の両方を 1 台で同時に測定可能な質量分析計が用いられる。このように、ガス導入管 5 に接続されて、反応炉 3 の内部に導入される前の処理用ガス 4 の成分および成分ごとの濃度を測定する質量分析計を第 1 質量分析計 15 とする。

10

【0029】

第 1 質量分析計 15 は、具体的には、原料ガス A、原料ガス B、および原料ガス C の組み合わせからなる、反応炉 3 の内部に導入される前の処理用ガス 4 の組成、およびその処理用ガス 4 に含まれる各ガスの濃度、すなわち含有率（割合、組成比）を同時に測定することができる。

【0030】

ガス排出管 6 は、図 1 中破線で示すガスの流れにおいて、反応炉 3 の内部に收容されたウェーハ 2 を挟んで、ガス導入管 5 の下流側に位置するように、反応炉 3 の内部に連通して接続されている。ガス排出管 6 の反応炉 3 の内部に連通している側の端部には、反応炉 3 の内部のガスをガス排出管 6 に導くためのガス排出口 16 が開口されて設けられている。反応炉 3 の内部のガスは、ガス排出口 16 を経て、ガス排出管 6 を通って反応炉 3 の外部に排出される。

20

【0031】

また、ガス排出管 6 の反応炉 3 に接続されている側とは反対側には、開閉弁 17 および排気ポンプ 18 が接続されている。これら開閉弁 17 および排気ポンプ 18 のそれぞれを作動させたり、あるいはそれらの作動を停止させたりすることにより、ガス排出管 6 を介して、反応炉 3 の内部のガスを反応炉 3 の外部に排出できる。また、開閉弁 17 は、本実施形態においては、排気ポンプ 18 の作動および非作動と併せて、反応炉 3 の内部の圧力を所定の大きさに設定して保持できる圧力制御バルブとしての役割も有している。

30

【0032】

さらに、ガス排出管 6 には、ガス排出口 16 の付近、かつ、図 1 中破線で示すガスの流れにおけるガス排出口 16 よりも下流側の 1 箇所に、反応炉 3 の内部からその外部に排出されるガスの成分を測定（モニタリング）する成分測定装置 7 と、反応炉 3 の内部からその外部に排出されるガスの成分ごとの濃度を測定（モニタリング）する濃度測定装置 8 とが接続されている。これらガス排出管 6 に接続された成分測定装置 7 および濃度測定装置 8 は、前述したガス導入管 5 に接続された成分測定装置 7 および濃度測定装置 8 と同様に、本実施形態においては一体構造となっている。具体的には、ガス排出管 6 に接続された成分測定装置 7 および濃度測定装置 8 にも、反応炉 3 の内部からその外部に排出されるガスの成分および成分ごとの濃度の両方を 1 台で同時に測定可能な質量分析計が用いられる。このように、ガス排出管 6 に接続されて、反応炉 3 の内部からその外部に排出されるガスの成分および成分ごとの濃度を測定する質量分析計を第 2 質量分析計 19 とする。

40

【0033】

第 2 質量分析計 19 は、具体的には、反応炉 3 の内部に導入されて成膜反応に寄与していない未使用の処理用ガス 4、反応炉 3 の内部に導入されて成膜反応に寄与している処理用ガス 4、および反応炉 3 の内部において成膜反応に寄与し終わった使用済みのガスなどによって混成された反応炉 3 の内部からその外部に排出されるガス（排気ガス）の組成、およびその排気ガスに含まれる各成分の濃度、すなわち含有率（割合、組成比）を同時に測定することができる。

50

【0034】

以上説明したように、本実施形態の成膜装置1においては、第1質量分析計15および第2質量分析計19は、図1中破線で示すように、ガス導入管5から反応炉3の内部を経てガス排出管6へと流れるガスの流れにおいて、反応炉3の内部に収容されたウェーハ2の上流側および下流側にそれぞれ1個ずつ設けられている。

【0035】

制御装置としてのコントローラ9は、図1に示すように、ヒータ10、温度計11、圧力計12、第1～第3のマスフローコントローラ14a、14b、14c、第1質量分析計15、第2質量分析計19、開閉弁17、および排気ポンプ18などに接続されている。図1中の実線矢印は、コントローラ9と、これに接続されている前記各装置との間における電気信号の流れの向きを示すものである。なお、図1においては、図面を見易くするために、第1～第3のマスフローコントローラ14a、14b、14cは、3台まとめて1台のマスフローコントローラ14としてコントローラ9と信号の送受信を行うとともに、3台まとめてコントローラ9によってそれらの作動状態を制御されるように描いてある。しかし、実際には、第1～第3のマスフローコントローラ14a、14b、14cは、それぞれ互いに独立にコントローラ9と信号の送受信を行うとともに、それぞれ互いに独立にコントローラ9によってそれらの作動状態を制御される設定となっている。

10

【0036】

また、コントローラ9は、温度計11、圧力計12、第1～第3のマスフローコントローラ14a、14b、14c、第1質量分析計15、および第2質量分析計19などから送られてくる信号によって、ウェーハ2上に形成される薄膜の成膜状態を高い精度で判断できるように設定されている。

20

【0037】

コントローラ9の内部には、ウェーハ2に対して適正な状態で成膜処理を施すことができるように、処理用ガス4の成分およびその成分ごとの濃度、反応炉3内の温度や圧力などの雰囲気、ならびに成膜処理の進行状態をそれぞれ適正な状態に制御するための理想的な複数種類の処理パラメータが予め複数個与えられている。換言すれば、これらの各処理パラメータは、ウェーハ2に対して適正な状態で成膜処理を施して、所望する膜質の薄膜を有する半導体装置を得ることができるように、成膜処理の処理条件（実行環境）を適正な状態に設定するものである。

30

【0038】

各処理パラメータは、例えば実験やコンピュータ・シミュレーションなどによって予め求められる。各処理パラメータは、本実施形態の成膜装置1においては、図1中二点鎖線で囲んで示すように、コントローラ9の内部に設けられた処理パラメータ用データベース部20に保存されている設定とする。処理パラメータ用データベース部20に保存されている処理パラメータの数が多ければ多い程、ウェーハ2に対してより適正な状態で成膜処理を施すことができるように、処理用ガス4の成分およびその成分ごとの濃度、反応炉3内の温度や圧力などの雰囲気、ならびに成膜処理の進行状態をそれぞれより適正な状態に制御できる。

【0039】

温度計11および圧力計12が反応炉3内の実際の温度や圧力を所定の時間間隔で逐次測定して、それらの各測定値（測定データ）を電気信号としてコントローラ9に送る。それらの電気信号を受け取ったコントローラ9は、予め有している各処理パラメータに基づいて、ウェーハ2に対して適正な状態で成膜処理が施されるように、ヒータ10、開閉弁17、および排気ポンプ18などの作動状態を適宜、適正な状態に調節する。

40

【0040】

また、本実施形態のコントローラ9は、第1質量分析計15および第2質量分析計19が、それぞれの設置位置において測定したガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度の各測定値（測定データ）に基づいて、ウェーハ2に対して適正な状態で成膜処理を施すことができるように、処理用ガス4の成分およびその成分ごとの濃度を適正な状態に制御でき

50

るように設定されている。また、本実施形態のコントローラ 9 は、図 1 に示すように、第 1 ~ 第 3 のマスフローコントローラ 14 a , 14 b , 14 c が流す原料ガス A、原料ガス B、および原料ガス C のそれぞれの流量および流速などの設定データも、処理用ガス 4 の成分およびその成分ごとの濃度を適正な状態に制御するためのデータとして活用できるように設定されている。

【0041】

第 1 質量分析計 15 および第 2 質量分析計 19 が、それぞれの設置位置においてガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度を所定の時間間隔で逐次測定して、それらの各測定値（測定データ）を電気信号としてコントローラ 9 に送る。それとともに、コントローラ 9 には、第 1 ~ 第 3 のマスフローコントローラ 14 a , 14 b , 14 c から、それらが流している原料ガス A、原料ガス B、および原料ガス C のそれぞれの流量および流速などの設定データが、互いに独立に所定の時間間隔で逐次電気信号として送られてくる。それらの各電気信号を受け取ったコントローラ 9 は、予め有している各処理パラメータに基づいて、ウェーハ 2 に対して適正な状態で成膜処理が施されるように、第 1 ~ 第 3 のマスフローコントローラ 14 a , 14 b , 14 c の作動状態を適宜、適正な状態に調節する。すなわち、コントローラ 9 は、予め有している各処理パラメータに基づいて、ウェーハ 2 に対して適正な状態で成膜処理が施されるように、第 1 ~ 第 3 のマスフローコントローラ 14 a , 14 b , 14 c から流される原料ガス A、原料ガス B、および原料ガス C のそれぞれの流量および流速などを適宜、適正な状態に調節する。

【0042】

また、コントローラ 9 は、ウェーハ 2 に対して適正な状態で成膜処理が施されるように、成膜処理の進行状態を、各処理パラメータに基づいて制御できる設定となっている。具体的には、コントローラ 9 は、所望の膜質の薄膜を有する半導体装置を得るまでに掛かる成膜処理の処理時間を、各処理パラメータに基づいて所定の長さに設定できる。

【0043】

さらに、本実施形態の成膜装置 1 は、第 1 質量分析計 15 および第 2 質量分析計 19 が、それぞれの設置位置において測定したガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度の各測定値（測定データ）に基づいて、それら各測定値の測定時刻と略同時刻における反応炉 3 内の所定の位置のガスの成分を求める成分演算部 21、およびそれらの成分ごとの濃度を求める濃度演算部 22 を備えている。それら成分演算部 21 および濃度演算部 22 は、第 1 質量分析計 15 および第 2 質量分析計 19 と同様に、反応炉 3 内の所定の位置のガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度を、所定の時間間隔で逐次演算して求めるように設定されている。成分演算部 21 および濃度演算部 22 は、本実施形態の成膜装置 1 においては、図 1 中二点鎖線で囲んで示すように、コントローラ 9 に内蔵されている設定とする。

【0044】

ここで、具体例として、反応炉 3 内の所定の位置におけるガスの一成分の濃度を求める計算モデルについて、図 2 を参照しつつ説明する。本実施形態の成膜装置 1 においては、ガス導入口 13 の付近に設けられた第 1 質量分析計 15 およびガス排出口 16 の付近に設けられた第 2 質量分析計 19 の 2 台の質量分析計によってガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度を測定（モニタリング）している。このような場合、反応炉 3 内の所定の位置におけるガスの一成分の濃度は、最も簡単な計算モデルを用いると、図 2 中破線で示すように、第 1 質量分析計 15 による測定値と第 2 質量分析計 19 による測定値とを、単純に一次関数（直線）で結んだ内挿値として求めることができる。

【0045】

ただし、実際に成膜処理が行われている最中の反応炉 3 の内部の所定の位置におけるガスの成分、およびその成分ごとの濃度の分布は、前述したように単純に一次関数で表すことが実質的に殆ど不可能なほど複雑である。したがって、反応炉 3 内の所定の位置におけるガスの一成分の濃度をより正確に求めるためには、より複雑な計算モデルとして、図 1 中一点鎖線で示すように、第 1 質量分析計 15 による測定値と第 2 質量分析計 19 による測

10

20

30

40

50

定値とを、複雑な関数（曲線）で結んだ内挿値として求めることが好ましい。

【0046】

以上説明した計算モデルは、反応炉3内の所定の位置におけるガスの成分を求める場合においても同様に用いられる。

【0047】

実際に成膜処理が行われている最中の反応炉3の内部の所定の位置におけるガスの成分、およびその成分ごとの濃度を求めるための計算モデルは、前述した各処理パラメータと同様に、例えば実験やコンピュータ・シミュレーションなどによって予め求められる。各計算モデルは、本実施形態の成膜装置1においては、図1中二点鎖線で囲んで示すように、コントローラ9の内部に設けられた計算モデル用データベース部23に保存されている設定とする。計算モデル用データベース部23に保存されている各計算モデルの数が多ければ多い程、実際に成膜処理が行われている最中の反応炉3の内部の所定の位置におけるガスの成分、およびその成分ごとの濃度を、より正確な内挿値として求めることができる。

10

【0048】

また、本実施形態のコントローラ9は、実際に成膜処理が行われている最中であっても、ウェーハ2に対して適正な状態で成膜処理が施されるように、成分演算部21および濃度演算部22が求めた反応炉3の内部の所定の位置におけるガスの成分、およびその成分ごとの濃度の各演算値に基づいて、各処理パラメータを所定の時間間隔で逐次更新するように設定されている。それとともに、コントローラ9は、それら更新された各処理パラメータに基づいて、ウェーハ2に適正な状態で成膜処理が施されるように前記各装置を作動状態を制御して、処理用ガス4の成分およびその成分ごとの濃度、反応炉3内の雰囲気、ならびに成膜処理の進行状態を適宜、適正な状態に調整するように設定されている。

20

【0049】

さらに、コントローラ9は、成分演算部21および濃度演算部22が求めた各演算値に基づいて更新された各処理パラメータの値と、成膜処理の開始時に予め設定されていた各処理パラメータの初期値との差を計算して、その差に基づいて、反応炉3内の温度や圧力、原料ガスA、原料ガスB、および原料ガスCのそれぞれの流量および流速、ならびに成膜処理を行う時間などを適宜、適正な状態に変更（補正）することもできるように設定されている。このような設定によっても、ウェーハ2に適正な状態で成膜処理を施して、所望の膜質の薄膜を有する半導体装置を得ることができる。

30

【0050】

また、以上説明したような成分演算部21および濃度演算部22が求めた各演算値に基づいて更新された各処理パラメータの値、およびそれら更新された各処理パラメータの値と成膜処理の開始時に予め設定されていた各処理パラメータの初期値との差は、更新および計算が行われるごとに処理パラメータ用データベース部20に保存される設定となっている。このような設定によれば、成膜装置1を用いて成膜処理を行う回数が増えるごとに、ウェーハ2に適正な状態で成膜処理を施すための処理条件の選択枝が増える。したがって、より適正な状態でウェーハ2に成膜処理を施して、より良質な薄膜を有する半導体装置を得ることができる。

【0051】

さらに、本実施形態のコントローラ9は、例えば成膜装置1だけを用いて、適正な状態でウェーハ2に複数種類の成膜処理を施すことができるように、複数種類の成膜処理の工程が予め設定されている処理シーケンスを複数種類備えた設定となっている。それとともにコントローラ9は、前述したように成分演算部21および濃度演算部22が演算を行う際に実行中の成膜処理工程の次に行われる成膜処理工程の条件を満たす処理シーケンスを、複数種類の処理シーケンスの中から選択して、次の処理を行わせることができるように設定されている。実行中の成膜処理工程の次に行われる成膜処理工程の条件とは、具体的には、ウェーハ2に適正な状態で成膜処理が施されるように、実行中の成膜処理工程の処理後の影響を受け難い性質を有することである。そのような条件を満たす処理シーケンスは、成分演算部21および濃度演算部22が求めた各演算値に基づいて選択される

40

50

【 0 0 5 2 】

各処理シーケンスは、本実施形態の成膜装置 1 においては、図 1 中二点鎖線で囲んで示すように、コントローラ 9 の内部に設けられた処理シーケンス用データベース部 2 4 に保存されている設定とする。処理シーケンス用データベース部 2 4 に保存されている処理シーケンスの数（種類）が多ければ多い程、より適正な状態でウェーハ 2 に成膜処理を施して、より良質な薄膜を有する半導体装置を得ることができる。

【 0 0 5 3 】

以上説明したように、本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体装置の製造装置としての成膜装置 1 は、反応炉 3 内に収容されたウェーハ 2 の上流側および下流側となるガス導入管 5 およびガス排出管 6 のそれぞれ 1 箇所において、ウェーハ 2 に成膜処理を施している最中のガスの成分およびその成分ごとの濃度をリアルタイムで直接測定（モニタリング）する。また、それらの測定値に基づいて、反応炉 3 内の所定の位置におけるガスの成分およびその成分ごとの濃度の値をリアルタイムで演算して求める。しかる後、ウェーハ 2 に適正な状態で成膜処理が施されるように、それらの求められた各演算値を実行中の成膜処理の処理条件にリアルタイムでフィードバックさせて、適正なプロセス制御を行いつつ成膜処理を行うことができる構成に設定されている。

【 0 0 5 4 】

このような構成からなる成膜装置 1 によれば、ウェーハ 2 に成膜処理を施している最中であっても、反応炉 3 内の所定の位置におけるガスの成分およびその成分ごとの濃度をリアルタイムで、かつ高い精度で求めることができる。それとともに、成膜装置 1 が具備するコントローラ 9 は、温度計 1 1、圧力計 1 2、第 1 ~ 第 3 のマスフローコントローラ 1 4 a, 1 4 b, 1 4 c、第 1 質量分析計 1 5、および第 2 質量分析計 1 9 などから送られてくる信号によって、ウェーハ 2 上に形成される薄膜の成膜状態を高い精度で判断できるように設定されている。これにより、ウェーハ 2 に施す成膜処理の種類に拘らず、薄膜の成膜状態に応じて、ウェーハ 2 に適正な状態で成膜処理が施されるように、処理パラメータ（制御パラメータ）を適宜、適正な値に変更して、所望の膜質の薄膜を有する半導体装置を容易に得ることが可能になる。

【 0 0 5 5 】

また、前述したような構成からなる成膜装置 1 によれば、反応炉 3 内の所定の位置におけるガスの成分およびその成分ごとの濃度に基づくコントローラ 9 のリアルタイムなフィードバック制御により、処理パラメータ、計算モデル、および処理シーケンスなどを逐次更新したり、あるいは選択したりできる。これにより、例えば従来の技術において説明したように、反応炉 3 内に運び込まれる水分量などの実質的に制御不可能な外乱（制御できない要因、制御できないパラメータ）を処理パラメータとして組み込む必要なく、そのような外乱に対してロバストな（影響を受け難い）、安定した成膜処理の制御が可能になる。

【 0 0 5 6 】

次に、本実施形態の半導体装置の製造方法について説明する。この第 1 実施形態の半導体装置の製造方法は、前述した成膜装置 1 を用いた、いわゆる成膜方法である。

【 0 0 5 7 】

この成膜方法は、まず、反応炉 3 の内部、ガス導入管 5、およびガス排出管 6 のうちの 2 箇所以上の異なる位置において、反応炉 3 の内部のガス、反応炉 3 の内部に導入される前の処理用ガス 4、および反応炉 3 の外部に排出される反応炉 3 の内部のガスのうち、反応炉 3 の内部のガスの成分、または少なくとも異なる 2 種類のガスの成分、およびそれらの成分ごとの濃度を測定する。それとともに、それら各測定値に基づいて、反応炉 3 内に収容されているウェーハ 2 に適正な成膜処理が施されるように、処理用ガス 4 の成分およびその成分ごとの濃度、ならびに反応炉 3 の内部の雰囲気を整えつつ成膜処理を行うことを前提とするものである。

【 0 0 5 8 】

本実施形態の成膜方法は、前述した成膜装置 1 を用いて行うので、その作用および効果は成膜装置 1 の作用および効果と同様である。すなわち、本実施形態の半導体装置の製造方法としての成膜方法によれば、ウェーハ 2 に施す成膜処理の種類に拘らず、薄膜の成膜状態に応じて、ウェーハ 2 に適正な状態で成膜処理が施されるように、処理パラメータ（制御パラメータ）を適宜、適正な値に変更して、所望の膜質の薄膜を有する半導体装置を容易に得ることが可能になる。

【 0 0 5 9 】

次に、本実施形態の半導体製造装置のクリーニング方法について説明する。この第 1 実施形態の半導体製造装置のクリーニング方法は、前述した成膜装置 1 を用いて行われる。

【 0 0 6 0 】

一般に、酸化や CVD などの成膜処理（成膜プロセス）を行う成膜装置、例えば CVD 装置においては、成膜処理が終わった後に反応炉 3 の内壁に堆積した残留物（付着物）を除去するためのクリーニング処理が必要となる。このクリーニング処理においても、本発明に係る成膜装置 1 を有効に適用することが可能である。

【 0 0 6 1 】

一般に、クリーニング処理においては、除去対象物としての付着物の種類によって最適な処理条件が異なる。例えば、複数の種類の成膜プロセスを 1 台の成膜装置で行っている場合は、クリーニング処理を行う時点（段階）によって、除去対象となる付着物の種類が異なるおそれがある。このような場合、本発明に係る成膜装置 1 によれば、前述したように反応炉 3 の内部のガスの成分および成分ごとの濃度をリアルタイムで把握できるので、クリーニング処理を行う時点における除去対象物の種類を極めて容易に判断できるとともに、その除去対象物の種類に応じて最適なクリーニング処理条件を容易に設定して、反応炉 3 内などを容易にクリーニングできる。

【 0 0 6 2 】

また、複数の種類の膜の原料が堆積して付着している場合も考えられる。このように、付着物が複数種類の原料からなる積層構造であった場合、その除去対象物の種類に応じてクリーニング処理の条件を適宜変更する必要がある。このような場合においても、本発明に係る成膜装置 1 によれば、前述したように反応炉 3 内のガスの成分および濃度の変化をリアルタイムでモニタリングしているので、除去対象物の種類に応じて最適なクリーニング処理条件を適宜容易に設定して、反応炉 3 内などを容易にクリーニングできる。

【 0 0 6 3 】

すなわち、本発明に係る成膜装置 1 によれば、反応炉 3 の内部などのクリーニング・プロセスにおいて、炉内に蓄積された残留物の種類や成分などを容易に把握（検知）して、その種類や成分などに応じた最適なクリーニング・シーケンスを選択することができる。

【 0 0 6 4 】

以上説明したように、本発明に係る半導体製造装置のクリーニング方法は、先ず、前述した成膜装置 1 を用いて成膜処理を行った後、成膜処理が施されたウェーハ 2 を反応炉 3 の内部から取り出し、第 1 質量分析計 15 および第 2 質量分析計 19 が測定した各測定値に基づいて、ガス導入管 5 の内部、反応炉 3 の内部、およびガス排出管 6 の内部に残っている残留物を除去できる成分および濃度からなるクリーニング用ガスを生成する。併せて、反応炉 3 の内部に残っているガスおよびその残留物の流動性が高まるように反応炉 3 の内部の雰囲気を設定する。しかる後、ガス導入管 5 の内部、反応炉 3 の内部、およびガス排出管 6 の内部に残っている残留物が、それらの内部から排出されるまで、クリーニング用ガスをガス導入管 5 から反応炉 3 を経てガス排出管 6 に向けて流すことを前提とするものである。

【 0 0 6 5 】

また、1 台の成膜装置 1 を用いて、ウェーハ 2 に複数回の成膜処理を施す場合には、先ず、各回の成膜処理が終わるごとに、各回において選択された前記各処理シーケンスに応じて、第 1 質量分析計 15 および第 2 質量分析計 19 が測定した各測定値、およびそれら各測定値に基づいて求めた反応炉 3 の内部の所定の位置のガスの成分およびその成分ごと

10

20

30

40

50

の濃度の各演算値のうち、少なくとも一方の各値に基づいてクリーニング用ガスの成分およびその成分ごとの濃度を調整する。それとともに、前述したように更新された各処理パラメータに基づいて反応炉 3 の内部の雰囲気調整しつつクリーニング用ガスを流せばよい。

【 0 0 6 6 】

以上説明した本発明に係る半導体製造装置のクリーニング方法によれば、ウェーハ 2 に対する成膜処理が適正な状態で施されるように、成膜処理に干渉するおそれのある余計な成分をウェーハ 2 に成膜処理を施し終わった後のガス導入管 5 および反応炉 3 の内部から排除して、ガス導入管 5 および反応炉 3 の内部を清浄な状態に保持できる。したがって、ウェーハ 2 に施す成膜処理の種類に拘らず、適正な状態でウェーハ 2 に成膜処理を施して、良質な半導体装置を容易に得ることができる。

10

【 0 0 6 7 】

(第 2 の実施の形態)

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法を、図 3 を参照しつつ説明する。

【 0 0 6 8 】

この第 2 実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法は、図 3 に示すように、半導体装置の製造に用いる原料、ならびに構成および工程の一部が、前述した第 1 実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法に用いる原料、ならびに構成および工程の一部原料と異なっているだけで、その他の構成、工程、作用、および効果は同様である。また、この第 2 実施形態の半導体製造装置のクリーニング方法については、前述した第 1 実施形態と同様である。したがって、それらの異なっている部分について説明するとともに、前述した第 1 実施形態と同一の構成部分などについては同一符号を付してそれらの説明を省略する。

20

【 0 0 6 9 】

また、後述する本発明の第 3 ~ 第 5 の実施の形態に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法についても同様の方法で説明する。

【 0 0 7 0 】

図 3 に示すように、本実施形態の半導体装置の製造装置としての成膜装置 3 1 は、処理用ガス 3 2 として水素および酸素を用いるウェット酸化方式である。水素および酸素から構成される処理用ガス 3 2 は、水素用の第 1 マスフローコントローラ 3 3 a および酸素用の第 2 マスフローコントローラ 3 3 b からなるマスフローコントローラ 3 3 によってガス導入管 5 から反応炉 3 の内部に導入される前に、ガス導入管 5 に取り付けられた燃焼装置 3 4 に送り込まれる。水素および酸素から構成される処理用ガス 3 2 は、この燃焼装置 3 4 において燃焼された後、反応炉 3 の内部に導入される。

30

【 0 0 7 1 】

この第 2 実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法は、以上説明した点以外は、第 1 実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法と同じであり、本発明が解決しようとする課題を解決できるのはもちろんである。

40

【 0 0 7 2 】

(第 3 の実施の形態)

次に、本発明の第 3 の実施の形態に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法を、図 4 を参照しつつ説明する。

【 0 0 7 3 】

図 4 に示すように、本実施形態の半導体装置の製造装置としての成膜装置 4 1 においては、第 1 質量分析計 4 2 が、反応炉 3 の内部において、ウェーハ 2 の上流側かつガス導入口 1 3 付近に 1 個設けられている。それとともに、第 2 質量分析計 4 3 が、反応炉 3 の内部において、ウェーハ 2 の下流側かつガス排出口 1 6 付近に 1 個設けられている。

【 0 0 7 4 】

50

この第3実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法は、以上説明した点以外は、第1実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法と同じであり、本発明が解決しようとする課題を解決できるのはもちろんである。その上で、前述した位置に第1質量分析計42および第2質量分析計43が取り付けられた本実施形態の成膜装置41、およびこの成膜装置41を用いる本実施形態の半導体装置の製造方法、および半導体製造装置のクリーニング方法は、以下の点で優れている。

【0075】

第1質量分析計42が、反応炉3の内部において、ウェーハ2の上流側かつガス導入口13付近に取り付けられているとともに、第2質量分析計43が、反応炉3の内部において、ウェーハ2の下流側かつガス排出口16付近に1個取り付けられている。このような位置関係で反応炉3内のガスの成分および成分ごとの濃度をモニタリングすることにより、反応炉3内の所定の位置におけるガスの成分および成分ごとの濃度をより高い精度で求めることができる。したがって、ウェーハ2に施す成膜処理の種類に拘らず、より適正な状態でウェーハ2に成膜処理を施して、より良質な半導体装置を容易に得ることができる。

【0076】

(第4の実施の形態)

次に、本発明の第4の実施の形態に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法を、図5を参照しつつ説明する。

【0077】

図5に示すように、本実施形態の半導体装置の製造装置としての成膜装置51は、反応炉3の内部にウェーハ2が複数枚、例えば6枚同時に収容されるバッチ式の成膜装置である。この成膜装置51においては、ガス導入管5のガス導入口13が6枚のウェーハ2のうち最も上層に配置されているウェーハ2の付近に位置するように、ガス導入管5は、反応炉3の内部において天井近くまで延ばされている。また、第1質量分析計52が、反応炉3の内部において、6枚のウェーハ2のうち最も上流側(上層)に配置されているウェーハ2よりも上流側かつガス導入口13付近に1個設けられている。それとともに、第2質量分析計53が、反応炉3の内部において、6枚のウェーハ2のうち最も下流側(下層)に配置されているウェーハ2よりも下流側かつガス排出口16付近に1個設けられている。

【0078】

この第4実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法は、以上説明した点以外は、第1実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法と同じであり、本発明が解決しようとする課題を解決できるのはもちろんである。その上で、前述したように、反応炉の内部にウェーハが複数枚収容されるバッチ式を採用するとともに、前述した位置に第1質量分析計52および第2質量分析計53が取り付けられた本実施形態の成膜装置51、およびこの成膜装置51を用いる本実施形態の半導体装置の製造方法、および半導体製造装置のクリーニング方法は、以下の点で優れている。

【0079】

前述したような位置に第1質量分析計52および第2質量分析計53を取り付けることにより、バッチ式を採用しても反応炉3内の所定の位置におけるガスの成分および成分ごとの濃度をより高い精度で求めることができる。したがって、ウェーハ2に施す成膜処理の種類に拘らず、より適正な状態でウェーハ2に成膜処理を施して、より良質な半導体装置を容易に得ることができる。さらには、バッチ式を採用することにより、そのような良質な半導体装置を効率よく生産できる。

【0080】

(第5の実施の形態)

次に、本発明の第5の実施の形態に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法を、図6および図7を参照しつつ説明する。

【0081】

図6に示すように、本実施形態の半導体装置の製造装置としての成膜装置61は、反応炉3の内部において、ガスの流れに沿って第1～第4の4個の質量分析計62, 63, 64, 65が設けられている。第1質量分析計62は、反応炉3の内部において、ウェーハ2の上流側かつガス導入口13付近に1個設けられている。第2質量分析計63は、反応炉3の内部において、ウェーハ2の上流側かつウェーハ2の直近に1個設けられている。第3質量分析計64は、反応炉3の内部において、ウェーハ2の下流側かつウェーハ2の直近に1個設けられている。第4質量分析計43が、反応炉3の内部において、ウェーハ2の下流側かつガス排出口16付近に1個設けられている。

【0082】

この第5実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法は、以上説明した点以外は、第1実施形態の半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法と同じであり、本発明が解決しようとする課題を解決できるのはもちろんである。その上で、前述したように、反応炉3の内部に、ガスの流れに沿って第1～第4の4個の質量分析計62, 63, 64, 65が設けられている本実施形態の成膜装置61、およびこの成膜装置61を用いる本実施形態の半導体装置の製造方法、および半導体製造装置のクリーニング方法は、以下の点で優れている。

【0083】

前述したような位置に第1～第4の4個の質量分析計62, 63, 64, 65を取り付けることにより、図7中破線で示すように、反応炉3内の所定の位置におけるガスの成分および成分ごとの濃度を極めて高い精度で求めることができる。したがって、ウェーハ2に施す成膜処理の種類に拘らず、極めて適正な状態でウェーハ2に成膜処理を施して、極めて良質な半導体装置を容易に得ることができる。

【0084】

なお、本発明に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法は、前述した第1～第5の実施の形態には制約されない。本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、それらの構成や、あるいは工程などの一部を種々様々な設定に変更したり、あるいは各種設定を組み合わせて用いたりして実施することができる。

【0085】

例えば、以上述べた各実施形態では、ガス導入管5内の処理用ガス、反応炉3内のガス、およびガス排出管6内の排気ガスのそれぞれの成分、およびその成分ごとの濃度のモニタリング手段として、成分測定装置と濃度測定装置が一体に構成された質量分析計を用いているが、これに限るものではない。ガスの成分および濃度を正確に分析できるものであれば、その他の装置を用いても構わない。例えば、成分測定装置と濃度測定装置とは別体であっても構わない。

【0086】

また、以上述べた各実施形態では、処理パラメータ用データベース部20、成分演算部21、濃度演算部22、計算モデル用データベース部23、および処理シーケンス用データベース部24はコントローラ9の内部に一体に構成されているが、これに限るものではない。例えば、処理パラメータ用データベース部20、成分演算部21、濃度演算部22、計算モデル用データベース部23、および処理シーケンス用データベース部24は、それぞれコントローラ9とは別体、かつ、互いに独立した装置として本発明に係る半導体装置の製造装置に備えられる構成としても構わない。

【0087】

さらに、本発明に係る半導体装置の製造装置および製造方法、ならびに半導体製造装置のクリーニング方法は、熱酸化および熱窒化、アニール、RTP、およびCVDなど、様々なホットプロセスに適用できる。

【0088】

【発明の効果】

10

20

30

40

50

本発明に係る半導体装置の製造装置製造方法によれば、ガス導入管、処理室、およびガス排出管のそれぞれの内部のガスの成分および成分ごとの濃度を、2箇所以上異なる位置において直接かつ高い精度で測定できるとともに、それら各測定値に基づいて、被処理基板に適正な処理が施されるように、処理用ガスの成分およびその成分ごとの濃度、ならびに処理室の内部の雰囲気制御装置によって調整できる。したがって、被処理基板に施す処理の種類に拘らず、適正な状態で被処理基板に処理を施して、良質な半導体装置を容易に得ることができる。

【0089】

また、本発明に係る半導体製造装置のクリーニング方法によれば、被処理基板に対する所定の処理が適正な状態で施されるように、処理に干渉するおそれのある余計な成分を被処理基板に処理を施し終わった後のガス導入管、処理室の内部、およびガス排出管から排除して、それらの内部を清浄な状態に保持できる。したがって、被処理基板に施す処理の種類に拘らず、適正な状態で被処理基板に処理を施して、良質な半導体装置を容易に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の製造装置としての成膜装置の構成を簡略して示す図。

【図2】図1の成膜装置が備える反応炉内のガスの濃度の求め方を示す図。

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置の製造装置としてのウェット酸化方式の成膜装置の構成を簡略して示す図。

【図4】本発明の第3の実施の形態に係る半導体装置の製造装置としての成膜装置の構成を簡略して示す図。

【図5】本発明の第4の実施の形態に係る半導体装置の製造装置としてのバッチ式の成膜装置の構成を簡略して示す図。

【図6】本発明の第5の実施の形態に係る半導体装置の製造装置としての成膜装置の構成を簡略して示す図。

【図7】図6の成膜装置が備える反応炉内のガスの濃度の求め方を示す図。

【符号の説明】

1, 31, 41, 51, 61 ... 成膜装置 (半導体装置の製造装置)

2 ... ウェーハ (被処理基板)

3 ... 処理室 (反応炉)

4, 32 ... 処理用ガス (原料ガスA、原料ガスB、原料ガスC、水素、酸素)

5 ... ガス導入管

6 ... ガス排出管

7 ... 成分測定装置

8 ... 濃度測定装置

9 ... コントローラ (制御装置)

13 ... ガス導入口

15, 42, 52, 62 ... 第1質量分析計 (成分測定装置および濃度測定装置)

16 ... ガス排出口

19, 43, 53, 63 ... 第2質量分析計 (成分測定装置および濃度測定装置)

21 ... 成分演算部

22 ... 濃度演算部

64 ... 第3質量分析計 (成分測定装置および濃度測定装置)

65 ... 第4質量分析計 (成分測定装置および濃度測定装置)

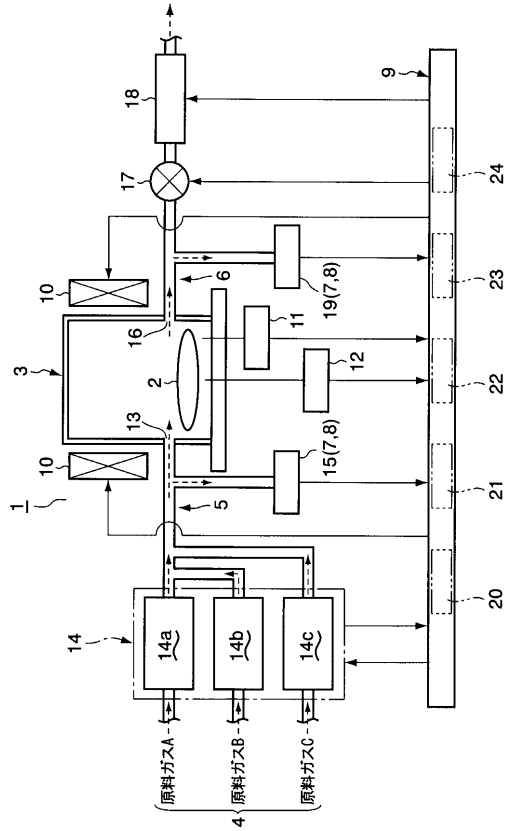
10

20

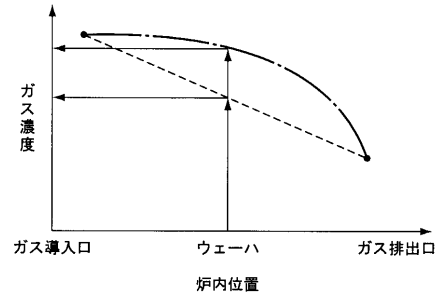
30

40

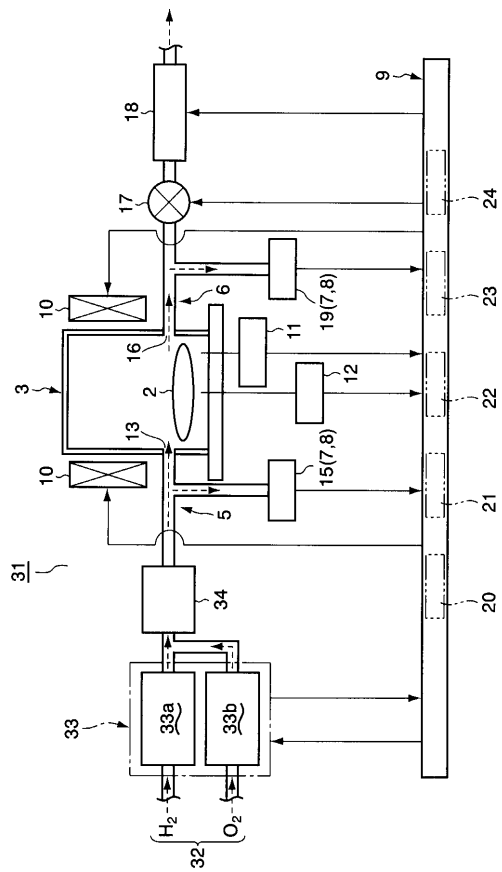
【 図 1 】



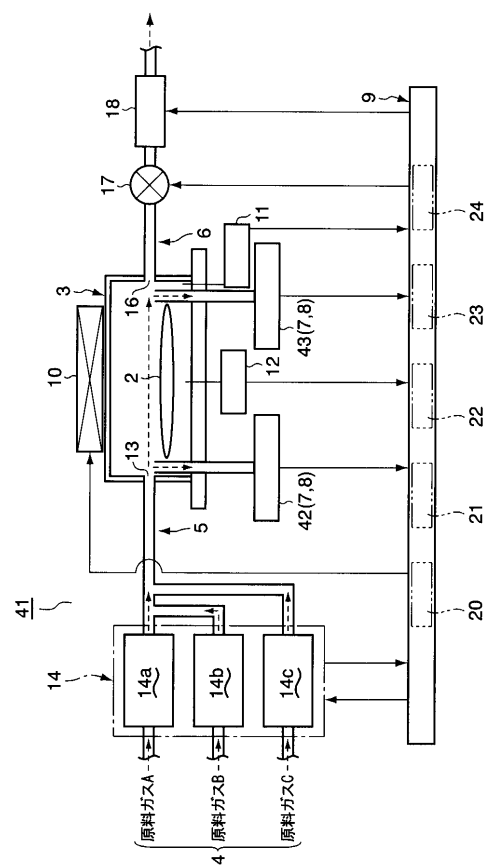
【 図 2 】



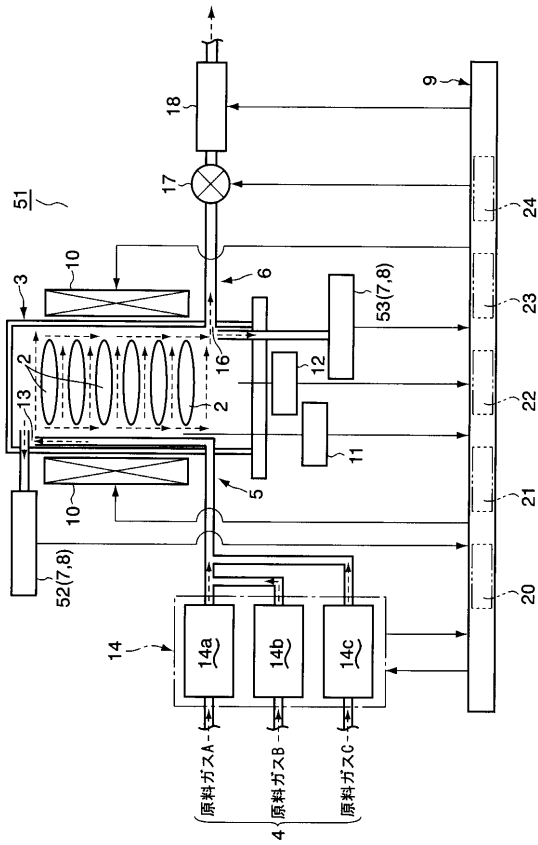
【 図 3 】



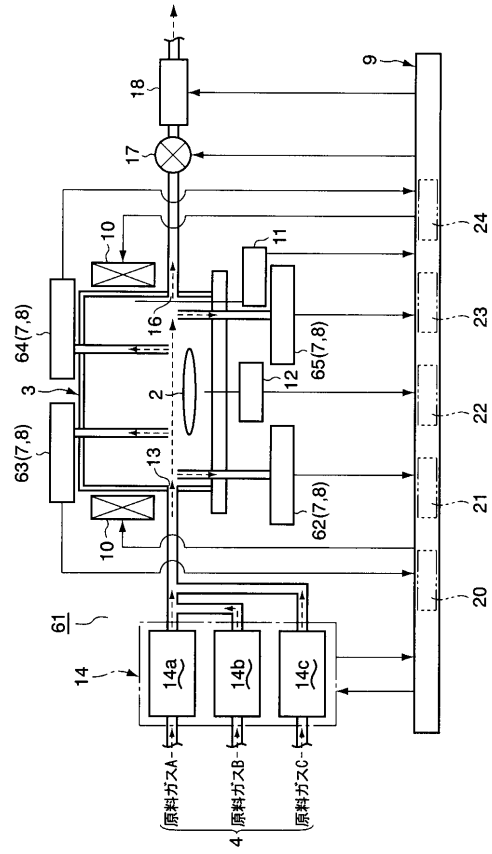
【 図 4 】



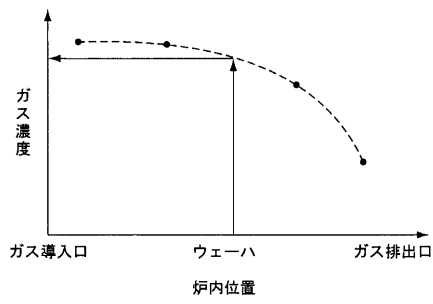
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 清水 敬
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内
- (72)発明者 山本 明人
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

審査官 田代 吉成

- (56)参考文献 特開平10-12601(JP,A)
特開平3-18016(JP,A)
特開平10-50686(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205
C23C 16/44
C23C 16/52
H01L 21/31