

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4272484号  
(P4272484)

(45) 発行日 平成21年6月3日 (2009.6.3)

(24) 登録日 平成21年3月6日 (2009.3.6)

(51) Int. Cl. F I  
**H O 1 L 21/205 (2006.01)** H O 1 L 21/205  
**C 2 3 C 16/46 (2006.01)** C 2 3 C 16/46

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-304297 (P2003-304297)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成15年8月28日 (2003.8.28)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-79131 (P2005-79131A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成17年3月24日 (2005.3.24)	(74) 代理人	100095407
審査請求日	平成18年6月16日 (2006.6.16)		弁理士 木村 満
前置審査		(72) 発明者	藤田 武彦
			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
		(72) 発明者	田村 明威
			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
		(72) 発明者	鈴木 啓介
			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
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数枚の被処理体を減圧下で熱処理する熱処理方法であって、  
 前記複数枚の被処理体を所定ピッチ間隔で保持した保持具を反応室内に搬入する搬入工程と、

前記搬入工程で被処理体を保持した保持具が搬入された反応室内を昇温及び減圧する昇温減圧工程と、を備え、

前記昇温減圧工程では、前記反応室内の昇温を開始してから1分～5分後に反応室内の減圧を開始する、ことを特徴とする熱処理方法。

【請求項 2】

複数枚の被処理体を減圧下で熱処理する熱処理方法であって、  
 前記複数枚の被処理体を所定ピッチ間隔で保持した保持具を反応室内に搬入する搬入工程と、

前記搬入工程で被処理体を保持した保持具が搬入された反応室内を昇温及び減圧する昇温減圧工程と、を備え、

前記昇温減圧工程では、前記反応室内を前記被処理体または前記保持具のチップングが反応室外に排出されない圧力まで一旦減圧した後、前記チップングを反応室外に排出可能な前記減圧した圧力より高い圧力に維持した状態で、前記反応室内を所定の温度に昇温する、ことを特徴とする熱処理方法。

【請求項 3】

10

20

前記昇温減圧工程では、前記反応室内を133Pa未満まで一旦減圧した後、前記反応室内を133Pa～2660Paに維持した状態で、前記反応室内を所定の温度に昇温する、ことを特徴とする請求項2に記載の熱処理方法。

【請求項4】

前記昇温減圧工程では、不活性ガスを反応室内に供給する、ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の熱処理方法。

【請求項5】

前記昇温減圧工程では、前記反応室内に少なくとも10リットル/分の不活性ガスを供給する、ことを特徴とする請求項4に記載の熱処理方法。

【請求項6】

前記被処理体に半導体ウエハが用いられ、前記保持具が石英により形成されている、ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱処理方法に関し、詳しくは、被処理体、例えば、半導体ウエハへのパーティクルの付着を抑制する熱処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程では、CVD (Chemical Vapor Deposition) 等の処理により、被処理体、例えば、半導体ウエハに熱処理を施す熱処理装置が用いられている。例えば、熱処理装置としてバッチ式縦型熱処理装置を用いた場合には、以下のような熱処理が行われる。

【0003】

まず、熱処理装置の反応管内をヒータにより所定のロード温度、例えば、400に昇温（加熱）し、複数枚の半導体ウエハを収容したウエハポートをロードする。次に、反応管内をヒータにより所定の処理温度、例えば、800に加熱するとともに、排気ポートから反応管内のガスを排気し、反応管内を所定の圧力、例えば、53.2Pa (0.4 Torr) に減圧する。反応管内が所定の温度及び圧力に維持されると、処理ガス導入管から反応管内に処理ガスを供給する。反応管内に処理ガスが供給されると、例えば、処理ガスが熱反応を起こし、熱反応により生成された反応生成物が半導体ウエハの表面に堆積して、半導体ウエハの表面に薄膜が形成されるように、半導体ウエハに所定の処理が施される。

【0004】

ところで、反応管内を所定の圧力に減圧するとともにロード温度から処理温度まで昇温すると、チッピング（半導体ウエハやウエハポートのかげら）が発生してしまう。このようにチッピングが発生するのは、半導体ウエハを構成するシリコンと、ウエハポートを構成する石英との熱膨張率の違いによる膨張差に起因して、半導体ウエハとウエハポートとの接触部分が擦れ、半導体ウエハやウエハポートがかけてしまうためである。そして、発生したチッピングが、その下方の半導体ウエハに落下し、半導体ウエハ上にパーティクルが付着してしまうという問題がある。

【0005】

かかる問題を解決するため、例えば、ウエハポートの搬入速度を速くするとともに、常圧下で反応管内を所定の処理温度に加熱した後に反応管内を減圧することにより、パーティクルの発生を抑制する方法が提案されている（例えば、特許文献1）。

【特許文献1】特開2003-100645号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、近年、半導体装置の製造においては、少品種大量生産から多品種変量生産に

10

20

30

40

50

移行しつつある。多品種変量生産に対応するためには、製造装置の短T A T (Turn Around Time) 性が重要であり、例えば、反応管内をロード温度から処理温度まで昇温する昇温速度を速くする必要がある。

【0007】

このため、特許文献1に記載された昇温速度(5 /分)のようにゆっくりと昇温するのではなく、例えば、50 /分~200 /分のように昇温速度を速くして、ロード温度から処理温度まで昇温するとともに所定の減圧速度、例えば、532 Pa (4 Torr) /秒の減圧速度で、反応管内を所定の圧力に減圧することが求められている。

【0008】

しかし、このように昇温速度を大幅に速くすると、半導体ウエハとウエハポートとの接触部分がさらに擦れやすくなり、チップング(パーティクル)が発生しやすくなる。この結果、半導体ウエハ上にパーティクルが付着しやすくなってしまふ。また、生産性、コスト向上の観点から、半導体ウエハの大口径化が進んでいるが、半導体ウエハの口径が大きくなると、チップング(パーティクル)はさらに発生しやすくなる。この一方で、半導体ウエハ上に付着するパーティクルの低減に関する要求は、ますます厳しくなっている。

10

【0009】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、被処理体へのパーティクルの付着を抑制することができる熱処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0010】

上記目的を達成するため、この発明の第1の観点にかかる熱処理方法は、複数枚の被処理体を減圧下で熱処理する熱処理方法であって、前記複数枚の被処理体を所定ピッチ間隔で保持した保持具を反応室内に搬入する搬入工程と、

前記搬入工程で被処理体を保持した保持具が搬入された反応室内を昇温及び減圧する昇温減圧工程と、を備え、

前記昇温減圧工程では、前記反応室内の昇温を開始してから1分~5分後に反応室内の減圧を開始する、ことを特徴とする。

【0011】

30

この構成によれば、反応室内の昇温を開始してから1分~5分後に反応室内の減圧を開始するので、反応室内を常圧に近い高圧下で昇温(加熱)する時間が長くなる。このため、反応室内の加熱により発生する被処理体または保持具のチップング(パーティクル)が反応室外に排出されやすくなり、被処理体へのパーティクルの付着を抑制することができる。

【0014】

この発明の第2の観点にかかる熱処理方法は、複数枚の被処理体を減圧下で熱処理する熱処理方法であって、前記複数枚の被処理体を所定ピッチ間隔で保持した保持具を反応室内に搬入する搬入工程と、

40

前記搬入工程で被処理体を保持した保持具が搬入された反応室内を昇温及び減圧する昇温減圧工程と、を備え、

前記昇温減圧工程では、前記反応室内を前記被処理体または前記保持具のチップングが反応室外に排出されない圧力まで一旦減圧した後、前記チップングを反応室外に排出可能な前記減圧した圧力より高い圧力に維持した状態で、前記反応室内を所定の温度に昇温する、ことを特徴とする。

【0015】

この構成によれば、反応室内を、被処理体または保持具のチップングが反応室外に排出されない圧力まで一旦減圧した後、チップングを反応室外に排出可能な減圧した圧力より高い圧力に維持した状態で、反応室内を所定の温度に昇温するので、反応室内の昇温(加

50

熱)により発生したチップングが反応室外に排出されやすくなり、被処理体へのパーティクルの付着を抑制することができる。

【0016】

前記昇温減圧工程では、前記反応室内を133Pa未満まで一旦減圧した後、前記反応室内を133Pa~2660Paに維持した状態で、前記反応室内を所定の温度に昇温することが好ましい。

【0017】

前記昇温減圧工程では、不活性ガスを反応室内に供給することが好ましい。この場合、発生したチップングが反応室外にさらに排出されやすくなり、被処理体へのパーティクルの付着をさらに抑制することができる。前記昇温減圧工程では、前記反応室内に少なくとも10リットル/分の不活性ガスを供給することが好ましい。

10

【0018】

前記被処理体としては、例えば、半導体ウエハが用いられる。また、前記保持具は、例えば、石英により形成されている。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、被処理体へのパーティクルの付着を抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明の実施の形態にかかる熱処理方法及び熱処理装置について、図1に示すバッチ式縦型熱処理装置1の場合を例に説明する。

20

【0030】

図1に示すように、熱処理装置1は、長手方向が垂直方向に向けられた略円筒状の反応管2を備えている。反応管2は、耐熱材料、例えば、石英により形成されている。

【0031】

反応管2の上端には、上端側の径が縮径するように略円錐状に形成された頂部3が設けられている。頂部3の中央には、反応管2内のガスを排気するための排気口4が設けられている。排気口4には排気管5が気密に接続されている。排気管5には、図示しないバルブ、真空ポンプなどの圧力調整機構が設けられ、反応管2内を所望の圧力(真空度)に制御する。

30

【0032】

反応管2の下方には、蓋体6が配置されている。蓋体6は、図示しないポートエレベータにより上下動可能に構成されている。そして、ポートエレベータにより蓋体6が上昇すると、反応管2の下方側(炉口部分)が閉鎖され、ポートエレベータにより蓋体6が下降すると、反応管2の下方側(炉口部分)が開口される。

【0033】

蓋体6の上部には、保温筒7が設けられている。保温筒7は、反応管2の炉口部分からの放熱による反応管2内の温度低下を防止する抵抗発熱体からなる平面状のヒータ8と、このヒータ8を蓋体6の上面から所定の高さに支持する筒状の支持体9とから主に構成されている。

40

【0034】

また、保温筒7の上方には、回転テーブル10が設けられている。回転テーブル10は、被処理体、例えば、半導体ウエハWを収容するウエハポート11を回転可能に載置する載置台として機能する。具体的には、回転テーブル10の下部には回転支柱12が設けられ、回転支柱12はヒータ8の中央部を貫通して回転テーブル10を回転させる回転機構13に接続されている。回転機構13は図示しないモータと、蓋体6の下面側から上面側に気密状態で貫通導入された回転軸14を備える回転導入部15とから主に構成されている。回転軸14は回転テーブル10の回転支柱12に連結され、モータの回転力を回転支柱12を介して回転テーブル10に伝える。このため、回転機構13のモータにより回転軸14が回転すると、回転軸14の回転力が回転支柱12に伝えられて回転テーブル10

50

が回転する。

【 0 0 3 5 】

ウエハポート 1 1 は、半導体ウエハ W が垂直方向に所定の間隔をおいて複数枚、例えば、1 0 0 枚収容可能に構成されている。ウエハポート 1 1 は、例えば、石英により形成されている。このように、回転テーブル 1 0 上にウエハポート 1 1 が載置されているので、回転テーブル 1 0 が回転するとウエハポート 1 1 が回転し、ウエハポート 1 1 内に収容された半導体ウエハ W が回転する。

【 0 0 3 6 】

反応管 2 の周囲には、反応管 2 を取り囲むように、例えば、抵抗発熱体からなる昇温用ヒータ 1 6 が設けられている。この昇温用ヒータ 1 6 により反応管 2 の内部が所定の温度に昇温（加熱）され、この結果、半導体ウエハ W が所定の温度に加熱される。

10

【 0 0 3 7 】

反応管 2 の下端近傍の側面には、反応管 2 内に処理ガスを導入する処理ガス導入管 1 7 が挿通されている。処理ガス導入管 1 7 は、図示しないマスフローコントローラ（MFC）を介して図示しない処理ガス供給源に接続されている。処理ガス導入管 1 7 は、例えば、ステンレス鋼（SUS）により形成されている。なお、図 1 では処理ガス導入管 1 7 を一つだけ描いているが、例えば、反応管 2 の下端近傍の側面に、複数本の処理ガス導入管 1 7 が挿通されていてもよい。この場合、複数本の処理ガス導入管 1 7 から反応管 2 内に処理ガスが供給され、反応管 2 内に処理ガスをより均一に導入することができる。

【 0 0 3 8 】

20

また、反応管 2 の下端近傍の側面には、パージガス供給管 1 8 が挿通されている。パージガス供給管 1 8 には、図示しない MFC を介して図示しないパージガス供給源に接続されており、所望量のパージガスが反応管 2 内に供給される。

【 0 0 3 9 】

また、排気管 5 に設けられた圧力調整機構、ポートエレベータ、ヒータ 8、回転機構 1 3 のモータ、昇温用ヒータ 1 6、処理ガス導入管 1 7 及びパージガス供給管 1 8 に設けられた MFC には、制御部 1 0 0 が接続されている。制御部 1 0 0 は、マイクロプロセッサ、プロセスコントローラ等から構成され、熱処理装置 1 の各部の温度や圧力等を測定し、測定データに基づいて、上記各部に制御信号等を出力し、熱処理装置 1 の各部を図 2 ～ 図 4 に示すようなレシピ（タイムシーケンス）に従って制御する。

30

【 0 0 4 0 】

次に、以上のように構成された熱処理装置 1 を用いた熱処理方法について説明する。本実施の形態では、反応管 2 内に処理ガスを導入して半導体ウエハ W 上に薄膜を形成する場合を例に、図 2 ～ 図 4 のレシピに示す 3 つの熱処理方法について説明する。また、以下の説明において、熱処理装置 1 を構成する各部の動作は、制御部 1 0 0 によりコントロールされている。

【 0 0 4 1 】

まず、図 2 のレシピに示す熱処理方法について説明する。この熱処理方法は、図 2 の安定化工程における反応管 2 内の圧力を減圧する減圧速度を遅くすることにより、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制する方法である。

40

【 0 0 4 2 】

昇温用ヒータ 1 6 により反応管 2 内を所定のロード温度、例えば、図 2（a）に示すように、4 0 0 に昇温（加熱）する。また、図 2（c）に示すように、パージガス供給管 1 8 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスを供給した後、半導体ウエハ W が収容されたウエハポート 1 1 を蓋体 6 上に載置し、図示しないポートエレベータにより蓋体 6 を上昇させ、反応管 2 を密封する（ロード工程）。

【 0 0 4 3 】

次に、図 2（c）に示すように、パージガス供給管 1 8 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスを供給するとともに、昇温用ヒータ 1 6 により反応管 2 内を所定の成膜温度（処理温度）、例えば、図 2（a）に示すように、2 0 0 / 分の昇温速度で、8 0 0 に加熱す

50

る。また、反応管 2 内のガスを排出し、反応管 2 を所定の圧力、例えば、図 2 ( b ) に示すように、 $53.2 \text{ Pa}$  ( $0.4 \text{ Torr}$ ) に減圧する。この減圧操作は、 $266 \text{ Pa}$  ( $2 \text{ Torr}$ ) / 秒より遅い減圧速度、例えば、図 2 ( a ) に示すように、 $133 \text{ Pa}$  ( $1 \text{ Torr}$ ) / 秒の減圧速度で、反応管 2 を  $53.2 \text{ Pa}$  ( $0.4 \text{ Torr}$ ) に減圧する。そして、この減圧及び加熱操作を、反応管 2 が所定の圧力及び温度で安定するまで行う (安定化工程)。

#### 【0044】

ここで、反応管 2 内を加熱すると、半導体ウエハ W を構成するシリコンとウエハポート 11 を構成する石英との熱膨張率の違いによる膨張差に起因して、半導体ウエハ W とウエハポート 11 との接触部分が擦れ、半導体ウエハ W やウエハポート 11 のかけら (チップング) が発生する。特に、本実施の形態では、反応管 2 内を  $200$  / 分の昇温速度で加熱しているので、チップングが発生しやすくなる。しかし、本実施の形態では、減圧速度を  $266 \text{ Pa}$  ( $2 \text{ Torr}$ ) / 秒より遅くしているので、反応管 2 内を常圧に近い高圧下で加熱する時間が長くなり、発生したチップングが、その下方の半導体ウエハ W に落下せずに、排気口 4、排気管 5 を介して、反応管 2 外に排出 (パージアウト) されやすくなる。この結果、昇温速度を速くしてチップングが発生しやすい状況であっても、発生したチップングは半導体ウエハ W に落下しにくくなる。このため、昇温速度を速くしても半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制することができる。一方、反応管 2 内をロード温度から処理温度まで、 $200$  / 分の昇温速度で昇温しているので、熱処理装置 1 は短 TAT 性に優れ、多品種変量生産に対応することができる。

#### 【0045】

この減圧速度は、発生したチップングをさらに反応管 2 外にパージアウトしやすくするために、 $266 \text{ Pa}$  ( $2 \text{ Torr}$ ) / 秒より遅ければよいが、 $66.5 \text{ Pa}$  ( $0.5 \text{ Torr}$ ) / 秒以上であることが好ましい。減圧速度を  $66.5 \text{ Pa}$  ( $0.5 \text{ Torr}$ ) / 秒より遅くすると、短 TAT (Turn Around Time) 性に悪影響を及ぼすためである。また、減圧速度は、 $66.5 \text{ Pa}$  ( $0.5 \text{ Torr}$ ) / 秒 ~  $200 \text{ Pa}$  ( $1.5 \text{ Torr}$ ) / 秒であることが好ましく、 $66.5 \text{ Pa}$  ( $0.5 \text{ Torr}$ ) / 秒 ~  $133 \text{ Pa}$  ( $1 \text{ Torr}$ ) / 秒であることがさらに好ましい。減圧速度を  $200 \text{ Pa}$  ( $1.5 \text{ Torr}$ ) / 秒より遅くすることにより発生したチップングがさらに反応管 2 外にパージアウトされやすくなり、減圧速度を  $133 \text{ Pa}$  ( $1 \text{ Torr}$ ) / 秒より遅くすることにより、発生したチップングがより反応管 2 外にパージアウトされやすくなるためである。

#### 【0046】

さらに、本実施の形態では、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスが供給されているので、発生したチップングが排気口 4、排気管 5 を介して、反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。これは、反応管 2 内に窒素ガスを供給することにより、反応管 2 内にパージガス供給管 18 から排気口 4 (反応管 2 内の下から上) に流れるガスの流れができ、発生したチップングが排気口 4 方向に移動しやすくなるためである。この結果、発生したチップングが、その下方に配置された半導体ウエハ W に移動しにくくなり、半導体ウエハ W に付着しにくくなる。

#### 【0047】

パージガス供給管 18 から反応管 2 内に供給される窒素ガスは、チップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなるように、例えば、 $10$  リットル / 分以上のような大流量であることが好ましく、 $30$  リットル / 分以上であることがさらに好ましい。ただし、パージガス供給管 18 からの窒素ガスの供給量を大きくしすぎると、反応管 2 内の圧力を低圧に調整することが困難になるため、 $50$  リットル / 分以下であることが好ましい。

#### 【0048】

また、回転機構 13 のモータを制御して、回転テーブル 10 を回転させ、ウエハポート 11 を回転させる。ウエハポート 11 を回転させることにより、ウエハポート 11 に収容された半導体ウエハ W も回転し、半導体ウエハ W が均一に加熱される。

#### 【0049】

反応管 2 内が所定の圧力及び温度で安定すると、パージガス供給管 18 からの窒素ガスの供給を停止する。そして、図 2 ( d ) に示すように、処理ガス導入管 17 から所定量の酸素を反応管 2 内に導入する。反応管 2 内に導入された酸素が反応管 2 内の熱により熱分解反応を起こし、半導体ウエハ W の表面にシリコン酸化膜が形成される ( 成膜工程 ) 。

【 0 0 5 0 】

半導体ウエハ W の表面に所定厚のシリコン酸化膜が形成されると、処理ガス導入管 17 から酸素の供給を停止する。そして、反応管 2 内のガスを排出するとともに、図 2 ( c ) に示すように、パージガス供給管 18 から所定量の窒素ガスを供給して、反応管 2 内のガスを排気管 5 に排出する ( パージ工程 ) 。なお、反応管 2 内のガスを確実に排出するために、反応管 2 内のガスの排出及び窒素ガスの供給を複数回繰り返すサイクルパージを行うことが好ましい。そして、昇温用ヒータ 16 により、反応管 2 内を、所定の温度、例えば、図 2 ( a ) に示すように、400 にするとともに、図 2 ( b ) に示すように、反応管 2 内の圧力を常圧に戻す。最後に、図示しないポートエレベータにより蓋体 6 を下降させることにより、アンロードする ( アンロード工程 ) 。

【 0 0 5 1 】

この熱処理方法によれば、減圧速度を 266 Pa ( 2 Torr ) / 秒より遅くしているので、常圧に近い高圧下で反応管 2 内を加熱する時間が長くなり、発生したチップングは半導体ウエハ W に落下しにくくなる。このため、昇温速度を速くしても半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制することができる。

【 0 0 5 2 】

また、この熱処理方法によれば、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスが供給されているので、発生したチップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。このため、発生したチップングは、その下方に配置された半導体ウエハ W に移動しにくくなり、半導体ウエハ W に付着しにくくなる。

【 0 0 5 3 】

次に、図 3 のレシピに示す熱処理方法について説明する。この熱処理方法は、図 3 の安定化工程における反応管 2 内を減圧するタイミングを遅くすることにより、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制する方法である。

【 0 0 5 4 】

まず、昇温用ヒータ 16 により反応管 2 内を所定のロード温度、例えば、図 3 ( a ) に示すように、400 に昇温 ( 加熱 ) する。また、図 3 ( c ) に示すように、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスを供給した後、半導体ウエハ W が収容されたウエハポート 11 を蓋体 6 上に載置し、図示しないポートエレベータにより蓋体 6 を上昇させ、反応管 2 を密封する ( ロード工程 ) 。

【 0 0 5 5 】

次に、図 3 ( c ) に示すように、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスを供給するとともに、昇温用ヒータ 16 により反応管 2 内を所定の処理温度、例えば、図 3 ( a ) に示すように、200 / 分の昇温速度で、800 に加熱する。続いて、図 3 ( b ) に示すように、昇温用ヒータ 16 により反応管 2 内の昇温を開始してから 1 分以上後、例えば、3 分後に、反応管 2 内のガスを排出し、反応管 2 を所定の圧力、例えば、532 Pa ( 4 Torr ) / 秒の減圧速度で、53.2 Pa ( 0.4 Torr ) に減圧する。

【 0 0 5 6 】

このように、反応管 2 内の昇温を開始してから 1 分以上後に、反応管 2 の減圧を開始するので、常圧に近い高圧下で反応管 2 内を昇温 ( 加熱 ) する時間が長くなり、発生したチップングは、排気口 4、排気管 5 を介して、反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。さらに、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスが供給されているので、チップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。この結果、昇温速度を速くしてチップングが発生しやすい状況であっても、発生したチップングは半導体ウエハ W に落下しにくくなる。このため、昇温速度を速くしても半導体ウエハ W へのパーティクルの付

着を抑制することができる。一方、反応管 2 内をロード温度から処理温度まで、200 / 分の昇温速度で昇温しているのので、熱処理装置 1 は短 T A T 性に優れ、多品種変量生産に対応することができる。

【0057】

減圧を開始するタイミングは、発生したチップングを反応管 2 外にパージアウトしやすくするために、反応管 2 内の昇温を開始してから 2 分以上後にすることが好ましく、3 分以上後にすることがさらに好ましい。ただし、このタイミングを遅くしすぎると、短 T A T (Turn Around Time) 性に悪影響を及ぼすことから、5 分以下にすることが好ましい。

【0058】

また、半導体ウエハ W が均一に加熱されるように、回転機構 13 のモータを制御して、回転テーブル 10 を回転させ、ウエハポート 11 を回転させる。そして、この減圧及び加熱操作を、反応管 2 が所定の圧力及び温度で安定するまで行う (安定化工程)。

10

【0059】

反応管 2 内が所定の圧力及び温度で安定すると、パージガス供給管 18 から窒素ガスの供給を停止する。そして、図 3 (d) に示すように、処理ガス導入管 17 から所定量の酸素を反応管 2 内に導入する。反応管 2 内に導入された酸素が反応管 2 内の熱により熱分解反応を起こし、半導体ウエハ W の表面にシリコン酸化膜が形成される (成膜工程)。

【0060】

半導体ウエハ W の表面に所定厚のシリコン酸化膜が形成されると、処理ガス導入管 17 から酸素の供給を停止する。そして、反応管 2 内のガスを排出するとともに、図 3 (c) に示すように、パージガス供給管 18 から所定量の窒素ガスを供給して、反応管 2 内のガスを排気管 18 に排出する (パージ工程)。そして、昇温用ヒータ 16 により、反応管 2 内を、所定の温度、例えば、図 3 (a) に示すように、400 にするとともに、図 3 (b) に示すように、反応管 2 内の圧力を常圧に戻す。最後に、図示しないポートエレベータにより蓋体 6 を下降させることにより、アンロードする (アンロード工程)。

20

【0061】

この熱処理方法によれば、反応管 2 内の昇温を開始してから 1 分以上後に、反応管 2 の減圧を開始するので、常圧に近い高圧下で反応管 2 内を昇温 (加熱) する時間が長くなり、発生したチップングが半導体ウエハ W に落下しにくくなる。このため、昇温速度を速くしても半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制することができる。

30

【0062】

また、この熱処理方法によれば、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスが供給されているので、発生したチップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。このため、発生したチップングは、その下方に配置された半導体ウエハ W に移動しにくくなり、半導体ウエハ W に付着しにくくなる。

【0063】

次に、図 4 のレシピに示す熱処理方法について説明する。この熱処理方法は、図 4 の安定化工程において、反応管 2 内を一旦、極めて低圧になるように減圧した後、チップングをパージアウト可能な圧力に維持した状態で、反応管 2 内を所定の温度に昇温することにより、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制する方法である。

40

【0064】

まず、昇温用ヒータ 16 により反応管 2 内を所定のロード温度、例えば、図 4 (a) に示すように、300 にする。また、図 4 (c) に示すように、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスを供給した後、半導体ウエハ W が収容されたウエハポート 11 を蓋体 6 上に載置し、図示しないポートエレベータにより蓋体 6 を上昇させ、反応管 2 を密封する (ロード工程)。

【0065】

次に、図 4 (c) に示すように、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスを供給するとともに、反応管 2 内のガスを排出し、反応管 2 を一旦極めて低圧、例えば、図 4 (b) に示すように、0.266 Pa (0.002 Torr) まで減圧する。こ

50



ここで、反応管 2 内を一旦極めて低圧にまで減圧しているのので、反応管 2 内の大気成分をほぼ確実に排気することができる。このため、半導体ウエハ W 上に自然酸化膜が形成されるのを抑制することができる。

【 0 0 6 6 】

続いて、反応管 2 内の圧力を、チップングをパージアウト可能な圧力、例えば、図 4 ( b ) に示すように、 $1000\text{ Pa}$  ( $7.6\text{ Torr}$ ) にする。反応管 2 内が  $1000\text{ Pa}$  ( $7.6\text{ Torr}$ ) に維持されると、昇温用ヒータ 16 により反応管 2 内を所定の処理温度、例えば、図 4 ( a ) に示すように、 $200$  / 分の昇温速度で、 $620$  に昇温 ( 加熱 ) する。すなわち、昇温時圧力をチップングをパージアウト可能な圧力とした後に、反応管 2 内を所定の処理温度に加熱する。

10

【 0 0 6 7 】

このように、反応管 2 を、チップングをパージアウト可能な圧力に維持した状態で、反応管 2 内を所定の処理温度に加熱しているので、発生したチップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。さらに、パージガス供給管 18 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスが供給されているので、チップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。また、反応管 2 を一旦極めて低圧まで減圧した後、チップングをパージアウト可能な圧力に維持しているので、反応管 2 内に、その下から上 ( 排気口 4 ) に向かう流れができ、発生したチップングが排気口 4 方向に移動しやすくなり、チップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。この結果、昇温速度を速くしてチップングが発生しやすい状況であっても、発生したチップングは半導体ウエハ W に落下しにくくなる。このため、昇温速度を速くしても半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制することができる。一方、反応管 2 内をロード温度から処理温度まで、 $200$  / 分の昇温速度で昇温しているので、熱処理装置 1 は短 T A T 性に優れ、多品種変量生産に対応することができる。

20

【 0 0 6 8 】

ここで、チップングをパージアウト可能な圧力としては、 $133\text{ Pa}$  ( $1\text{ Torr}$ ) ~  $2660\text{ Pa}$  ( $20\text{ Torr}$ ) であることが好ましく、 $400\text{ Pa}$  ( $3\text{ Torr}$ ) ~  $1330\text{ Pa}$  ( $10\text{ Torr}$ ) であることがさらに好ましい。

【 0 0 6 9 】

反応管 2 内が所定の処理温度に昇温されると、反応管 2 内のガスを排出し、反応管 2 を所定の圧力、例えば、図 4 ( b ) に示すように、 $53.2\text{ Pa}$  ( $0.4\text{ Torr}$ ) に減圧する。

30

【 0 0 7 0 】

また、半導体ウエハ W が均一に加熱されるように、回転機構 13 のモータを制御して、回転テーブル 10 を回転させ、ウエハポート 11 を回転させる。そして、この減圧及び加熱操作を、反応管 2 内が所定の圧力及び温度で安定するまで行う ( 安定化工程 ) 。

【 0 0 7 1 】

反応管 2 内が所定の圧力及び温度で安定すると、パージガス供給管 18 からの窒素ガスの供給を停止する。そして、図 4 ( d ) に示すように、処理ガス導入管 17 から所定量のモノシラン ( $\text{SiH}_4$ ) を反応管 2 内に導入する。反応管 2 内に導入されたモノシランが反応管 2 内の熱により熱分解反応を起こし、半導体ウエハ W の表面にポリシリコン膜が形成される ( 成膜工程 ) 。

40

【 0 0 7 2 】

半導体ウエハ W の表面に所定厚のポリシリコン膜が形成されると、処理ガス導入管 17 からモノシランの供給を停止する。そして、反応管 2 内のガスを排出するとともに、図 4 ( c ) に示すように、パージガス供給管 18 から所定量の窒素ガスを供給して、反応管 2 内のガスを排気管 5 に排出する ( パージ工程 ) 。そして、昇温用ヒータ 16 により、反応管 2 内を、所定の温度、例えば、図 4 ( a ) に示すように、 $300$  にするとともに、図 4 ( b ) に示すように、反応管 2 内の圧力を常圧に戻す。最後に、図示しないポートエレベータにより蓋体 6 を下降させることにより、アンロードする ( アンロード工程 ) 。

【 0 0 7 3 】

50

この熱処理方法によれば、反応管 2 内を一旦、極めて低圧になるように減圧した後、チップングをパージアウト可能な圧力に維持した状態で、反応管 2 内を昇温するので、発生したチップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。このため、昇温速度を速くしても半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制することができる。

【 0 0 7 4 】

さらに、この熱処理方法によれば、反応管 2 内を一旦極めて低圧にまで減圧しているので、反応管 2 内の大気成分をほぼ確実に排気することができ、半導体ウエハ W 上に自然酸化膜が形成されるのを抑制することができる。

【 0 0 7 5 】

また、この熱処理方法によれば、パージガス供給管 1 8 から反応管 2 内に所定量の窒素ガスが供給されているので、発生したチップングが反応管 2 外にパージアウトされやすくなる。このため、発生したチップングは、その下方に配置された半導体ウエハ W に移動しにくくなり、半導体ウエハ W に付着しにくくなる。

【 0 0 7 6 】

次に、以上のような熱処理方法により、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制することができるか否かについての確認を行った。具体的には、図 2 ～ 4 のレシピに示す方法で半導体ウエハ W を熱処理し、熱処理した半導体ウエハ W へのパーティクルの付着状態を測定した。

【 0 0 7 7 】

図 5 は、熱処理した半導体ウエハ W へのパーティクルの付着状態を示した模式図である。図 5 ( a ) に、安定化工程での減圧タイミングを遅くした図 3 のレシピに示す方法で半導体ウエハ W を熱処理した場合を示す。図 5 ( b )、( c ) に、安定化工程での減圧速度を遅くした図 2 に示すレシピの方法で半導体ウエハ W を熱処理した場合を示し、図 5 ( b ) では減圧時の窒素ガス供給量を 1 リットル / 分とし、図 5 ( c ) では 3 0 リットル / 分とした。なお、比較のため、5 3 2 P a ( 4 T o r r ) / 秒の減圧速度とした以外は図 2 のレシピに示す方法 ( 安定化工程での減圧タイミングを遅くしない以外は図 3 のレシピに示す方法 ) で半導体ウエハ W を熱処理した場合の半導体ウエハ W へのパーティクルの付着状態を示した模式図を図 5 ( d ) に示す。

【 0 0 7 8 】

図 5 ( a ) と図 5 ( d ) とに示すように、安定化工程での減圧タイミングを遅くすることにより、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着数を大きく減少させることができ、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制できることが確認できた。このため、図 3 のレシピに示す熱処理方法は、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制する方法であることが確認できた。

【 0 0 7 9 】

図 5 ( b ) と図 5 ( d ) とに示すように、安定化工程での減圧速度を遅くすることにより、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着数を大きく減少させることができ、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制できることが確認できた。このため、図 2 のレシピに示す熱処理方法は、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着を抑制する方法であることが確認できた。

【 0 0 8 0 】

さらに、図 5 ( b ) と図 5 ( c ) とに示すように、減圧時の窒素ガス供給量を大流量 ( 3 0 リットル / 分 ) とすることにより、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着数をさらに減少できることが確認できた。このため、減圧時の窒素ガス供給量を大流量にすれば、半導体ウエハ W へのパーティクルの付着をさらに抑制できることが確認できた。

【 0 0 8 1 】

また、反応管 2 内の温度設定を変更した場合について、熱処理した半導体ウエハ W へのパーティクルの付着状態を測定した。具体的には、ロード温度を 4 5 0 とし、反応管 2 内を昇温速度 2 0 0 / 分で処理温度 5 3 0 に昇温し、安定化工程での減圧タイミングを遅くした場合及び安定化工程での減圧速度を遅くした場合について半導体ウエハ W を熱

10

20

30

40

50

処理し、熱処理した半導体ウエハWへのパーティクルの付着状態を測定した。この結果、図5(a)~(c)と同様の傾向を示し、安定化工程での減圧タイミングを遅くしたり、安定化工程での減圧速度を遅くしたりすることにより、半導体ウエハWへのパーティクルの付着数を大きく減少させることができることが確認できた。このため、本発明の熱処理方法が図2または図3のレシピに示す温度に限定されるものでないことが確認できた。

#### 【0082】

図6は、図4のレシピに示す方法で半導体ウエハWを熱処理し、熱処理後の半導体ウエハW上に付着したパーティクル数の測定結果を示す。本例では、昇温速度を50 /分及び100 /分として、昇温時圧力を変化させた場合について、ウエハポート11の上部に收容された半導体ウエハW(T)、ウエハポート11の中央に收容された半導体ウエハW(C)、及び、ウエハポート11の下部に收容された半導体ウエハW(B)上に付着した0.1 µm以上のパーティクルの数を測定した。

#### 【0083】

図6に示すように、昇温時圧力がチップングをパージアウト不可能な圧力である100 Pa(0.76 Torr)の場合と、チップングをパージアウト可能な圧力(例えば、133 Pa(1 Torr)以上)の場合とを比較すると、昇温時圧力をチップングをパージアウト可能な圧力にすることにより、0.1 µm以上のパーティクルの数が大きく減少していることが確認できた。例えば、昇温速度が50 /分、ウエハポート11の上部に收容された半導体ウエハW(T)の場合、昇温時圧力を100 Pa(0.76 Torr)から240 Pa(1.8 Torr)にすることにより、半導体ウエハW上に付着した0.1 µm以上のパーティクルの数を1/3以下(29個から9個)に減少させることができた。これは、昇温時圧力をチップングをパージアウト可能な圧力にすることにより、発生したチップングが反応管2外にパージアウトされているためである。このため、図4のレシピに示す熱処理方法は、半導体ウエハWへのパーティクルの付着を抑制する方法であることが確認できた。

#### 【0084】

なお、本発明は、上記の実施の形態に限られず、種々の変形、応用が可能である。以下、本発明に適用可能な他の実施の形態について説明する。

#### 【0085】

上記実施の形態では、図2~図4に示す熱処理方法の安定化工程において、パージガス供給管18から窒素を供給した場合を例に本発明を説明したが、安定化工程において窒素を供給しなくともよい。また、安定化工程において供給されるガスは、熱処理に悪影響を与えない不活性ガスであればよく、ヘリウム、アルゴン、ネオン等であってもよい。この場合にも、半導体ウエハWへのパーティクルの付着をさらに抑制できる。

#### 【0086】

上記実施の形態では、反応管2内に処理ガス導入管17から酸素またはモノシランを導入して、半導体ウエハWの表面にシリコン酸化膜またはポリシリコン膜が形成された場合を例に本発明を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、被処理体に所定の熱処理を行うものであればよく、例えば、被処理体にシリコン窒化膜を形成する場合であってもよい。

#### 【0087】

上記実施の形態では、被処理体として半導体ウエハWを用い、保持具としてのウエハポート11が石英により形成されている場合を例に本発明を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、被処理体及び保持具は、被処理体の材質と被処理体を收容する保持具の材質との熱膨張係数の違いによる膨張差に起因して、被処理体と保持具との接触部分が擦れ、チップングが発生するような組み合わせであればよい。

#### 【0088】

本実施の形態では、熱処理装置として、単管構造のバッチ式熱処理装置の場合を例に本発明を説明したが、例えば、反応管2が内管と外管とから構成された二重管構造のバッチ式縦型熱処理装置に本発明を適用することも可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0089】

【図1】本発明の実施の形態の熱処理装置を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態の熱処理方法を説明するためのレシピを示した図である。

【図3】本発明の実施の形態の熱処理方法を説明するためのレシピを示した図である。

【図4】本発明の実施の形態の熱処理方法を説明するためのレシピを示した図である。

【図5】減圧タイミング、減圧速度を変化させた場合の半導体ウエハ上に付着したパーティクルの付着状態を示す図である。

【図6】昇温速度及び昇温時圧力を変化させた場合の半導体ウエハ上に付着したパーティクル数を示した表である。

10

## 【符号の説明】

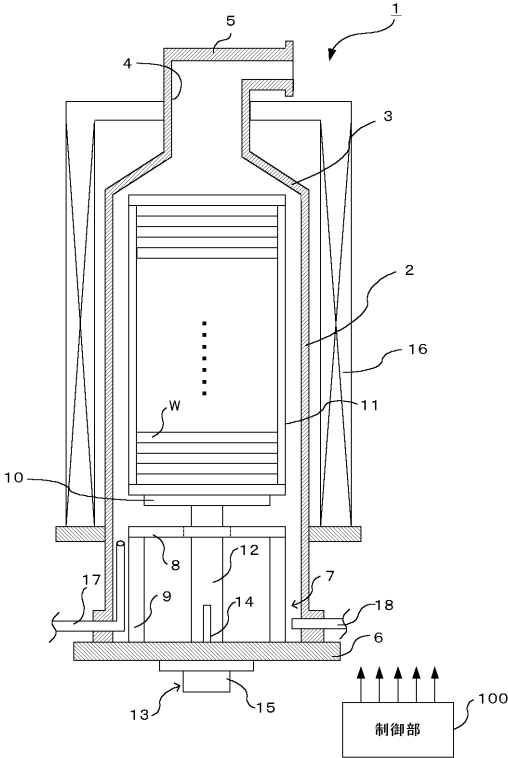
## 【0090】

- 1 熱処理装置
- 2 反応管
- 3 頂部
- 4 排気口
- 5 排気管
- 6 蓋体
- 7 保温筒
- 8 ヒータ
- 9 支持体
- 10 回転テーブル
- 11 ウエハポート
- 12 回転支柱
- 13 回転機構
- 14 回転軸
- 15 回転導入部
- 16 昇温用ヒータ
- 17 処理ガス導入管
- 18 パージガス供給管
- 100 制御部
- W 半導体ウエハ

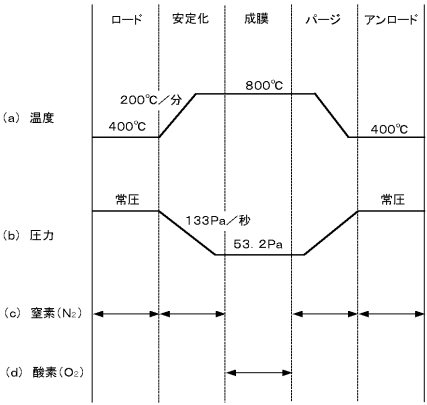
20

30

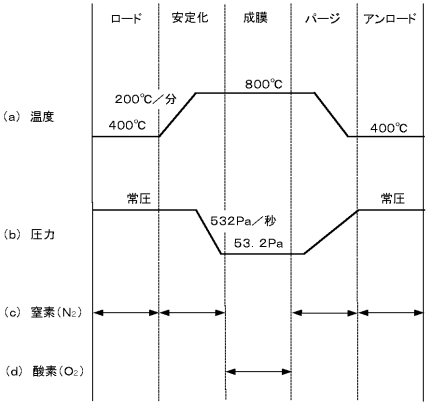
【図 1】



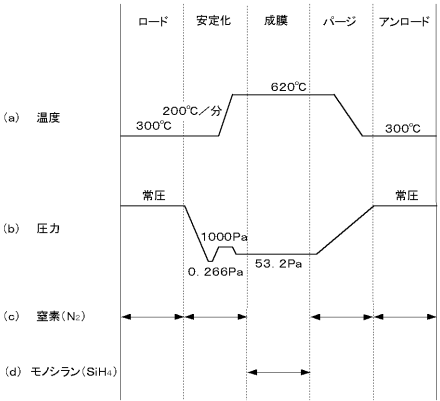
【図 2】



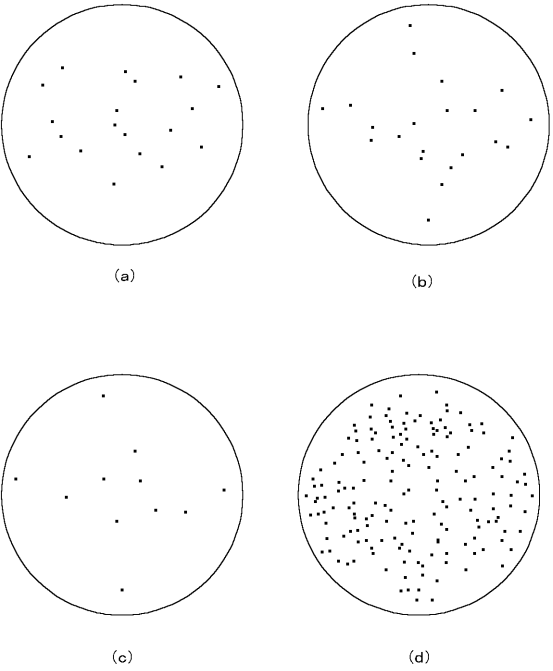
【図 3】



【図 4】



【図 5】



## 【図 6】

(a)

昇温速度 \ 昇温時圧力		100Pa	240Pa	465Pa	1000Pa
50°C/分	T	29	9	1	6
	C	18	9	0	4
	B	12	3	2	0

(個)

(b)

昇温速度 \ 昇温時圧力		100Pa	1000Pa	6650Pa
100°C/分	T	90	5	3
	C	19	8	3
	B	73	9	0

(個)

---

フロントページの続き

(72)発明者 長谷部 一秀

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

(72)発明者 岡田 充弘

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

審査官 田代 吉成

(56)参考文献 特開平09-082594(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205

C23C 16/46