

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5647712号
(P5647712)

(45) 発行日 平成27年1月7日(2015.1.7)

(24) 登録日 平成26年11月14日(2014.11.14)

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

請求項の数 7 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2013-120112 (P2013-120112)	(73) 特許権者	000001122
(22) 出願日	平成25年6月6日(2013.6.6)		株式会社日立国際電気
(62) 分割の表示	特願2007-231252 (P2007-231252) の分割		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
原出願日	平成19年9月6日(2007.9.6)	(72) 発明者	杉下 雅士
(65) 公開番号	特開2013-191882 (P2013-191882A)		富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株
(43) 公開日	平成25年9月26日(2013.9.26)		式会社日立国際電気内
審査請求日	平成25年6月6日(2013.6.6)	(72) 発明者	上野 正昭
(31) 優先権主張番号	特願2007-15716 (P2007-15716)		富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株
(32) 優先日	平成19年1月26日(2007.1.26)		式会社日立国際電気内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	林田 晃
			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	宮本 靖史
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法、半導体装置の製造方法および半導体製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を処理する処理室を加熱装置で加熱しつつ、前記処理室と前記加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記冷却ガス流路における圧力値に基づいて、制御部により前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する工程と、

現在使用している第1の圧力設定値で前記基板を処理する工程にて処理された基板の第1の膜厚値と、予め第2の圧力値で処理された基板の予め測定された第2の膜厚値とを比較し、前記第1の膜厚値と前記第2の膜厚値とが異なる場合には、少なくとも前記第1の膜厚値と予め取得していた所定の圧力である第3の圧力値で前記基板に形成された薄膜の第3の膜厚値に基づいて、前記第2の膜厚値と前記第3の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記第3の圧力値との差の比率から、前記第2の膜厚値と前記第1の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記現在使用している第1の圧力設定値との差である圧力補正值の比率を求めて前記圧力補正值を算出し、該圧力補正值により前記第1の圧力設定値を補正する工程と、

を有することを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】

前記処理室を前記加熱装置で加熱しつつ、前記冷却ガス流路内に前記冷却装置により冷却ガスを流し、前記圧力補正值に基づいて、前記制御部により前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する工程をさらに有する請求項1記載の基板処理方法。

【請求項3】

基板を処理する処理室を加熱装置で加熱しつつ、前記処理室と前記加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記冷却ガス流路における圧力値に基づいて、制御部により前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する工程と、

現在使用している第1の圧力設定値で前記基板を処理する工程にて処理された基板の第1の膜厚値と、予め第2の圧力値で処理された基板の予め測定された第2の膜厚値との差を求め、少なくとも前記差と予め取得していた所定の圧力である第3の圧力値で前記基板に形成された薄膜の第3の膜厚値に基づいて、前記第2の膜厚値と前記第3の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記第3の圧力値との差の比率から、前記第2の膜厚値と前記第1の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記現在使用している第1の圧力設定値との差である圧力補正値の比率を求めて前記圧力補正値を算出し、該圧力補正値により前記第1の圧力設定値を補正する工程と、

を有することを特徴とする基板処理方法。

【請求項4】

現在使用している第1の圧力設定値で前記基板を処理する工程にて処理された基板の膜厚を測定して第1の膜厚値を取得して、前記第1の膜厚値と第2の圧力値で処理された基板の予め測定された第2の膜厚値とを比較し、前記第1の膜厚値と前記第2の膜厚値とが異なる場合には、少なくとも前記第1の膜厚値と予め取得していた所定の圧力である第3の圧力値で前記基板に形成された薄膜の第3の膜厚値に基づいて、前記第2の膜厚値と前記第3の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記第3の圧力値との差の比率から、前記第2の膜厚値と前記第1の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記現在使用している第1の圧力設定値との差である圧力補正値の比率を求めて前記基板を処理する処理室と加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路における圧力値の前記圧力補正値を算出し、該圧力補正値により現在使用している前記第1の圧力設定値を補正する工程と、

前記処理室を前記加熱装置で加熱しつつ、前記冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記補正後の前記第1の圧力設定値に基づいて、制御部により前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する工程と、

を有することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項5】

現在使用している第1の圧力設定値で前記基板を処理する工程にて処理された基板の膜厚を測定して第1の膜厚値を取得して、前記第1の膜厚値と第2の圧力値で処理された基板の予め測定された第2の膜厚値との差を求め、少なくとも前記差と予め取得していた所定の圧力である第3の圧力値で前記基板に形成された薄膜の第3の膜厚値に基づいて、前記第2の膜厚値と前記第3の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記第3の圧力値との差の比率から、前記第2の膜厚値と前記第1の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記現在使用している第1の圧力設定値との差である圧力補正値の比率を求めて前記基板を処理する処理室と加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路における圧力値の前記圧力補正値を算出し、該圧力補正値により現在使用している前記第1の圧力設定値を補正する工程と、

前記処理室を前記加熱装置で加熱しつつ、前記冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記補正後の前記第1の圧力設定値に基づいて、制御部により前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する工程と、

を有することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項6】

基板を処理する処理室と、

前記処理室を加熱する加熱装置と、

前記処理室と前記加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路と、

前記冷却ガス流路における圧力値を測定する圧力検出器と、

前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する制御部と、

10

20

30

40

50

を有し、

前記制御部は、現在使用している第1の圧力設定値で前記基板を処理して得られた前記基板の膜厚を測定して第1の膜厚値を取得して、前記第1の膜厚値と第2の圧力値で処理された基板の予め測定された第2の膜厚値とを比較し、前記第1の膜厚値と前記第2の膜厚値とが異なる場合には、少なくとも前記第1の膜厚値と予め取得していた所定の圧力である第3の圧力値で前記基板に形成された薄膜の第3の膜厚値に基づいて、前記第2の膜厚値と前記第3の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記第3の圧力値との差の比率から、前記第2の膜厚値と前記第1の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記現在使用している第1の圧力設定値との差である圧力補正值の比率を求めて前記冷却ガス流路における圧力値の前記圧力補正值を算出し、該圧力補正值により前記第1の圧力設定値を補正し、前記処理室を前記加熱装置で加熱しつつ、前記冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記補正後の前記第1の圧力設定値に基づいて、前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理することを特徴とする半導体製造装置。

10

【請求項7】

基板を処理する処理室と、

前記処理室を加熱する加熱装置と、

前記処理室と前記加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路と、

前記冷却ガス流路における圧力値を測定する圧力検出器と、

前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する制御部と、

を有し、

20

現在使用している第1の圧力設定値で前記基板を処理して得られた前記基板の膜厚を測定して第1の膜厚値を取得して、前記第1の膜厚値と第2の圧力値で処理された基板の予め測定された第2の膜厚値との差を求め、少なくとも前記差と予め取得していた所定の圧力である第3の圧力値で前記基板に形成された薄膜の第3の膜厚値に基づいて、前記第2の膜厚値と前記第3の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記第3の圧力値との差の比率から、前記第2の膜厚値と前記第1の膜厚値との差に対する、前記第2の圧力値と前記現在使用している第1の圧力設定値との差である圧力補正值の比率を求めて前記冷却ガス流路における圧力値の前記圧力補正值を算出し、該圧力補正值により前記第1の圧力設定値を補正し、前記処理室を前記加熱装置で加熱しつつ、前記冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記補正後の前記第1の圧力設定値に基づいて、前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理することを特徴とする半導体製造装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウエハ等の基板を処理する基板処理方法、半導体装置の製造方法および半導体製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献1は、基板の加熱温度を所定時間内に変化させたときに発生する基板端部の温度と中心部の温度との偏差と、基板端部の温度と中心部の温度との定常偏差とを用いて、所望の平均温度偏差Mを実現するための変化温度量Nを求め、基板に対する加熱温度を制御して、基板に形成される膜厚を均一にする基板処理装置を開示する。

40

しかしながら、所望の平均温度偏差Mを実現しても、基板に形成される膜厚の均一性に限度があった。

【0003】

また、炉内の温度を検出するために、温度センサを複数設置し、炉内の温度を検出し、検出された温度に基づいて温度制御装置を用いて炉内を特定温度に制御する半導体製造装置が知られている。

しかしながら、このような半導体製造装置では、装置のメンテナンスや、温度センサの取替え作業をする際に、装置の使用を新たに開始した時と比較して、炉内の温度の変動が

50

生じやすく、基板に形成される薄膜の膜厚に変動が生じやすいという問題点があった。

この問題点の主な原因は、温度センサや、アウトチューブ、インナチューブ等の例えば石英からなる部材の取り付け時の誤差にあると考えられるが、取り付け時の誤差を完全になくすことは極めて困難である。

【0004】

さらに、炉内の温度を急速に冷却するための急冷機構を備える半導体製造装置が知られている。この半導体製造装置の急冷機構では、急冷プロアの排気口と、半導体製造装置が設置される工場等の排気設備とが接続されている。

しかしながら、このような半導体製造装置においては、排気設備の排気圧力の変動を原因として、成膜時に冷却機構の冷却性能の変動が生じることを原因として、形成される薄膜の層厚（膜厚）や膜質が不均一になってしまうことがあるという問題点があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2005/008755号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、基板に形成する膜の厚さや、膜質の均一性を制御することができる基板処理方法、半導体装置の製造方法および半導体製造装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一つの態様に係る基板処理方法は、基板を処理する処理室を加熱装置で加熱しつつ、前記処理室と前記加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記冷却ガス流路における圧力値に基づいて、制御部により前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する工程と、予め処理された基板の予め測定された第1の膜厚値と、前記基板を処理する工程にて処理された基板の第2の膜厚値とを比較し、前記第1の膜厚値と前記第2の膜厚値とが異なる場合には、前記第2の膜厚値に基づいて圧力補正値を算出し、該圧力補正値により前記圧力値を補正する工程と、を有することを特徴とする。

【0008】

また、本発明の一つの態様に係る半導体の製造方法は、基板の膜厚を測定して第1の膜厚値を取得して、前記第1の膜厚値と予め測定された第2の膜厚値とを比較し、前記第1の膜厚値と前記第2の膜厚値とが異なる場合には、前記第1の膜厚値に基づいて、基板を処理する処理室と加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路における圧力値の圧力補正値を算出し、該圧力補正値により前記圧力値を補正する工程と、前記処理室を前記加熱装置で加熱しつつ、前記冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記補正後の圧力値に基づいて、制御部により前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する工程と、を有することを特徴とする。

【0009】

また、本発明の一つの態様に係る半導体製造装置は、基板を処理する処理室と、前記処理室を加熱する加熱装置と、前記処理室と前記加熱装置との間に設けられた冷却ガス流路と、前記冷却ガス流路における圧力値を測定する圧力検出器と、前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理する制御部と、を有し、前記制御部は、基板の膜厚を測定して第1の膜厚値を取得して、前記第1の膜厚値と予め測定された第2の膜厚値とを比較し、前記第1の膜厚値と前記第2の膜厚値とが異なる場合には、前記第1の膜厚値に基づいて、前記冷却ガス流路における圧力値の圧力補正値を算出し、該圧力補正値により前記圧力値を補正し、前記処理室を前記加熱装置で加熱しつつ、前記冷却ガス流路内に冷却装置により冷却ガスを流し、前記補正後の圧力値に基づいて、前記加熱装置及び前記冷却装置を制御して基板を処理することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、基板に形成する膜の厚さの均一性を制御することができる基板処理方法、半導体装置の製造方法および半導体製造装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の前提となる半導体処理装置の全体構成を示す図である。

【図2】図1に示したポート及びウエハを収容した状態の処理室を例示する図である。

【図3】図1、図2に示した処理室の周辺の構成部分、及び、処理室に対する制御を行う第1の制御プログラムの構成を示す図である。

10

【図4】図1に示した制御部の構成を示す図である。

【図5】半導体処理装置における処行象となるウエハの形状を例示する図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る半導体処理装置の構成を示す図である。

【図7】本発明の第2の実施形態に係る半導体ウエハ置の構成を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る半導体処理装置の圧力設定値の演算の一例を説明する図である。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置の構成を模式的に示す図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置が有する反応管の構成を模式的に示す図である。

【図11】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置が有する中心部熱電対の詳細な構成の一例を示す図である。

20

【図12】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置が有する天井部熱電対の詳細な構成の一例を示す図である。

【図13】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置が有する下部熱電対の詳細な構成の一例を示す図である。

【図14】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置の構成を模式的に示す図である。

【図15】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置で、ウエハの中心部温度補正值を用いて設定温度を補正する構成・方法について説明する説明図である。

【図16】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置で取得された中心部温度偏差のデータを示す図表である。

30

【図17】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置の圧力補正量の算出について説明する第1の図である。

【図18】本発明の第3の実施形態に係る半導体製造装置の圧力補正量の算出について説明する第2の図である。

【図19】本発明の第4の実施形態に係る半導体製造装置で処理されたウエハの、膜厚等のデータを示す図表である。

【図20】本発明の第4の実施形態に係る半導体製造装置の圧力補正量の算出について説明する第1の図である。

【図21】本発明の第4の実施形態に係る半導体製造装置の圧力補正量の算出について説明する第2の図である。

40

【図22】本発明の第5の実施形態に係る半導体製造装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[本発明の背景]

本発明の理解を助けるために、実施形態の説明に先立って、まず、本発明がなされるに至った背景を説明する。

【0013】

[半導体処理装置1]

図1は、本発明の前提となる半導体処理装置1の全体構成を示す図である。

50

図 2 は、図 1 に示したポート 1 4 及びウエハ 1 2 を収容した状態の処理室 3 を例示する図である。

図 3 は、図 1、図 2 に示した処理室 3 の周辺の構成部分、及び、処理室 3 に対する制御を行う第 1 の制御プログラム 4 0 の構成を示す図である。

【 0 0 1 4 】

半導体処理装置 1 は、半導体製造装置として用いられ、例えば半導体などの基板を処理するいわゆる減圧 C V D 装置である。

図 1 に示すように、半導体処理装置 1 は、カセット授受ユニット 1 0 0、カセット授受ユニット 1 0 0 の背面側に設けられたカセットストッカ 1 0 2、カセットストッカ 1 0 2 の上方に設けられたバッファカセットストッカ 1 0 4、カセットストッカ 1 0 2 の背面側に設けられたウエハ移動機 1 0 6、ウエハ移動機 1 0 6 の背面側に設けられ、ウエハ 1 2 がセットされたポート 1 4 を搬送するポートエレベータ 1 0 8、ウエハ移動機 1 0 6 の上方に設けられた処理室 3、及び、制御部 2 (制御装置) から構成される。

【 0 0 1 5 】

[処理室 3]

図 2 に示すように、図 1 に示した処理室 3 は、加熱手段として用いられる中空のヒータ 3 2、外管 (アウトチューブ) 3 6 0、内管 (インナチューブ) 3 6 2、ガス導入ノズル 3 4 0、炉口蓋 3 4 4、排気管 3 4 6、回転軸 3 4 8、例えばステンレスからなるマニホールド 3 5 0、Oリング 3 5 1、冷却ガス流路 3 5 2、排気路 3 5 4、排気部 3 5 5 (排気装置) 及び処理ガス流量制御装置などその他の構成部分 (図 3 を参照して後述) から構成され、側部が断熱材 3 0 0 - 1 により覆われ、上部が断熱材 3 0 0 - 2 により覆われている。

また、ポート 1 4 の下部には、複数の断熱板 1 4 0 が設けられている。

【 0 0 1 6 】

アウトチューブ 3 6 0 は、光を透過させる例えば石英からなり、下部に開口を有する円筒状の形態に形成されている。

インナチューブ 3 6 2 は、光を透過させる例えば石英からなり、円筒状の形態に形成され、アウトチューブ 3 6 0 の内側に、これの同心円上に配設される。

したがって、アウトチューブ 3 6 0 とインナチューブ 3 6 2 との間には円筒状の空間が形成される。

【 0 0 1 7 】

ヒータ 3 2 は、それぞれに対する温度の設定及び調整が可能な 4 つの温度調整部分 (U, C U, C L, L) 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 を含む。また、アウトチューブ 3 6 0 の外側に配設される熱電対などの外部温度センサ 3 2 2 - 1 ~ 3 2 2 - 4、及び、温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 に対応してアウトチューブ 3 6 0 内に配設される熱電対などの内部温度センサ (炉内 T C) 3 2 4 - 1 ~ 3 2 4 - 4 が配設される。

内部温度センサ 3 2 4 - 1 ~ 3 2 4 - 4 は、インナチューブ 3 6 2 の内側に設けられてもよいし、インナチューブ 3 6 2 とアウトチューブ 3 6 0 との間に設けられてもよいし、温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 ごとにそれぞれが折り曲げられていて、ウエハ 1 2 とウエハ 1 2 との間のウエハ中心部の温度を検出するように設けられてもよい。

【 0 0 1 8 】

ヒータ 3 2 の温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 それぞれは、例えばウエハ 1 2 を光加熱するための光をアウトチューブ 3 6 0 の周囲から放射し、アウトチューブ 3 6 0 を透過してウエハ 1 2 に吸収される光によってウエハ 1 2 を昇温 (加熱) する。

【 0 0 1 9 】

冷却ガス流路 3 5 2 は、冷却ガスなどの流体を通過させるように断熱材 3 0 0 - 1 とアウトチューブ 3 6 0 との間に形成されており、断熱材 3 0 0 - 1 の下端部に設けられた吸気口 3 5 3 から供給される冷却ガスをアウトチューブ 3 6 0 の上方に向けて通過させる。

冷却ガスは、例えば空気又は窒素 (N₂) などである。

【 0 0 2 0 】

10

20

30

40

50

また、冷却ガス流路 3 5 2 は、温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 それぞれの間からアウトチューブ 3 6 0 に向けて冷却ガスが吹き出すようにされている。

冷却ガスはアウトチューブ 3 6 0 を冷却し、冷却されたアウトチューブ 3 6 0 はポート 1 4 にセットされたウエハ 1 2 を周方向（外周側）から冷却する。

つまり、冷却ガス流路 3 5 2 を通過する冷却ガスにより、アウトチューブ 3 6 0、及びポート 1 4 にセットされたウエハ 1 2 が周方向（外周側）から冷却されるようになっている。

【 0 0 2 1 】

冷却ガス流路 3 5 2 の上方には、冷却ガス排気路として用いられる排気路 3 5 4 が設けられている。排気路 3 5 4 は、吸気口 3 5 3 から供給されて冷却ガス流路 3 5 2 を上方に向けて通過した冷却ガスを断熱材 3 0 0 - 2 の外側へ導く。

10

【 0 0 2 2 】

また、排気路 3 5 4 には、冷却ガスを排気する排気部 3 5 5（排気装置）が設けられている。

排気部 3 5 5 は、冷却装置として用いられ、ブロワ等からなる冷却ガス排気装置 3 5 6 及びラジエタ 3 5 7 を有し、排気路 3 5 4 により断熱材 3 0 0 - 2 の外側に導かれた冷却ガスを排気口 3 5 8 から排気する。

ラジエタ 3 5 7 は、処理室 3 内でアウトチューブ 3 6 0 及びウエハ 1 2 などを冷却することにより昇温した冷却ガスを冷却水などにより冷却する。

【 0 0 2 3 】

20

尚、吸気口 3 5 3 及びラジエタ 3 5 7 の近傍には、それぞれシャッタ 3 5 9 が設けられており、図示しないシャッタ制御部（シャッタ制御装置）によって冷却ガス流路 3 5 2 及び排気路 3 5 4 の開閉が制御されている。

【 0 0 2 4 】

また、図 3 に示すように、処理室 3 には、温度制御装置 3 7 0、温度測定装置 3 7 2、処理ガス流量制御装置（マスフローコントローラ；MFC）3 7 4、ポートエレベータ制御装置（エレベータコントローラ；EC）3 7 6、圧力センサ（PS）3 7 8、圧力調整装置（APC；Auto Pressure Control（valve））3 8 0、処理ガス排気装置（EP）3 8 2 及びインバータ 3 8 4 が付加される。

【 0 0 2 5 】

30

温度制御装置 3 7 0 は、制御部 2（制御装置）からの制御に従って温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 それぞれを駆動する。

温度測定装置 3 7 2 は、温度センサ 3 2 2 - 1 ~ 3 2 2 - 4、3 2 4 - 1 ~ 3 2 4 - 4 それぞれの温度を検出し、温度測定値として制御部 2 に対して出力する。

【 0 0 2 6 】

ポートエレベータ制御装置（EC）3 7 6 は、制御部 2 からの制御に従ってポートエレベータ 1 0 8 を駆動する。圧力調整装置（以下、APC）3 8 0 としては、例えば、APC、N2 バラスト制御器などが用いられる。また、EP 3 8 2 としては、例えば、真空ポンプなどが用いられる。インバータ 3 8 4 は、冷却ガス排気装置 3 5 6 のプロアとしての回転数を制御する。

40

【 0 0 2 7 】

[制御部 2]

図 4 は、図 1 に示した制御部 2 の構成を示す図である。

図 4 に示すように、制御部 2 は、CPU 2 0 0、メモリ 2 0 4、表示装置、タッチパネル及びキーボード・マウスなどを含む表示・入力部 2 2（入力装置）、及び、HD・CD などの記録部 2 4（記録装置）から構成される。

つまり、制御部 2 は、半導体処理装置 1 を制御可能な一般的なコンピュータとしての構成部分を含む。

制御部 2 は、これらの構成部分により、減圧 CVD 処理用の制御プログラム（例えば、図 3 に示した制御プログラム 4 0）を実行し、半導体処理装置 1 の各構成部分を制御して

50

、ウエハ 1 2 に対して、以下に述べる減圧 C V D 処理を実行させる。

【 0 0 2 8 】

[第 1 の制御プログラム 4 0]

再び図 3 を参照する。

図 3 に示すように、制御プログラム 4 0 は、プロセス制御部 4 0 0 (プロセス制御装置)、温度制御部 4 1 0 (温度制御装置)、処理ガス流量制御部 4 1 2 (処理ガス流量制御装置)、駆動制御部 4 1 4 (駆動制御装置)、圧力制御部 4 1 6 (圧力制御装置)、処理ガス排気装置制御部 4 1 8 (処理ガス制御装置)、温度測定部 4 2 0 (温度測定装置)、冷却ガス流量制御部 4 2 2 (冷却ガス制御装置) 及び温度設定値記憶部 4 2 4 (温度設定値記憶装置) から構成される。

10

制御プログラム 4 0 は、例えば、記録媒体 2 4 0 (図 4) を介して制御部 2 に供給され、メモリ 2 0 4 にロードされて実行される。

【 0 0 2 9 】

温度設定値記憶部 4 2 4 は、ウエハ 1 2 に対する処理レシピの温度設定値を記憶し、プロセス制御部 4 0 0 に対して出力する。

プロセス制御部 4 0 0 は、制御部 2 の表示・入力部 2 2 (図 4) に対するユーザの操作、あるいは、記録部 2 4 に記録された処理の手順 (処理レシピ) などに従って、制御プログラム 4 0 の各構成部分を制御し、後述するように、ウエハ 1 2 に対する減圧 C V D 処理を実行する。

【 0 0 3 0 】

20

温度測定部 4 2 0 は、温度測定装置 3 7 2 を介して温度センサ 3 2 2 , 3 2 4 の温度測定値を受け入れ、プロセス制御部 4 0 0 に対して出力する。

温度制御部 4 1 0 は、プロセス制御部 4 0 0 から温度設定値及び温度センサ 3 2 2 , 3 2 4 の温度測定値を受け、温度調整部分 3 2 0 に対して供給する電力をフィードバック制御して、アウトチューブ 3 6 0 内部を加熱し、ウエハ 1 2 を所望の温度とさせる。

【 0 0 3 1 】

処理ガス流量制御部 4 1 2 は、M F C 3 7 4 を制御し、アウトチューブ 3 6 0 内部に供給する処理ガス又は不活性ガスの流量を調整する。

駆動制御部 4 1 4 は、ポートエレベータ 1 0 8 を制御して、ポート 1 4 及びこれに保持されたウエハ 1 2 の昇降を行わせる。

30

また、駆動制御部 4 1 4 は、ポートエレベータ 1 0 8 を制御して、回転軸 3 4 8 を介してポート 1 4 及びこれに保持されたウエハ 1 2 を回転させる。

【 0 0 3 2 】

圧力制御部 4 1 6 は、P S 3 7 8 によるアウトチューブ 3 6 0 内の処理ガスの圧力測定値を受け、A P C 3 8 0 に対する制御を行い、アウトチューブ 3 6 0 内部の処理ガスを所望の圧力とする。

処理ガス排気装置制御部 4 1 8 は、E P 3 8 2 を制御し、アウトチューブ 3 6 0 内部の処理ガス又は不活性ガスを排気させる。

【 0 0 3 3 】

冷却ガス流量制御部 4 2 2 は、インバータ 3 8 4 を介して冷却ガス排気装置 3 5 6 が排気する冷却ガスの流量を制御する。

40

【 0 0 3 4 】

尚、以下の説明においては、温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 など、複数ある構成部分のいずれかを特定せずに示す場合には、単に、温度調整部分 3 2 0 と略記することがある。

また、以下の説明において、温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 など、構成部分の個数を示す場合があるが、構成部分の個数は、説明の具体化・明確化のために例示されたものであって、本発明の技術的範囲を限定することを意図して挙げられたものではない。

【 0 0 3 5 】

アウトチューブ 3 6 0 の下端とマニホールド 3 5 0 の上部開口部との間、及び炉口蓋 3

50

44とマニホールド350の下部開口部との間には、リング351が配設され、アウトチューブ360とマニホールド350の間は気密にシールされる。

アウトチューブ360の下方に位置するガス導入ノズル340を介して、不活性ガスあるいは処理ガスがアウトチューブ360内に導入される。

【0036】

マニホールド350の上部には、PS378、APC380及びEP382に連結された排気管346(図2)が取り付けられている。

アウトチューブ360とインナチューブ362の間を流れる処理ガスは、排気管346、APC380及びEP382を介して外部に排出される。

【0037】

APC380は、PS378によるアウトチューブ360内の圧力測定値に基づく制御に従って、アウトチューブ360内部が、予め設定された所望の圧力になるように、圧力制御部416の指示に従って調整する。

つまり、APC380は、アウトチューブ360内を常圧とするよう不活性ガスが導入されるべき時には、アウトチューブ360内が常圧になるように、圧力制御部416の指示に従って調整し、あるいは、アウトチューブ360内を低圧とし、ウエハ12を処理するよう処理ガスが導入されるべき時には、アウトチューブ360内が所望の低い圧力になるように、圧力制御部416の指示に従って調整する。

【0038】

多数の半導体基板(ウエハ)12を保持するポート14は、ポート14の下部回転軸348が連結されている。

さらに、回転軸348は、ポートエレベータ108(図1)に連結され、ポートエレベータ108は、EC376を介した制御に従って、所定のスピードでポート14を昇降させる。

また、ポートエレベータ108は、回転軸348を介して、ウエハ12及びポート14を所定のスピードで回転させる。

【0039】

被処理物として用いられ、基板として用いられるウエハ12は、ウエハカセット490(図1)に装填された状態で搬送され、カセット授受ユニット100に授載される。

カセット授受ユニット100は、このウエハ12を、カセットストッカ102又はバッファカセットストッカ104に移載する。

ウエハ移動機106は、カセットストッカ102からウエハ12を取り出し、ポート14に水平な状態で多段に装填する。

【0040】

ポートエレベータ108は、ウエハ12が装填されたポート14を上昇させて処理室3内に導く。

また、ポートエレベータ108は、処理済みのウエハ12が装填されたポート14を下降させて処理室3内から取り出す。

【0041】

[ウエハ12の温度と膜厚]

図5は、半導体処理装置1(図1)における処理の対象となるウエハ12の形状を例示する図である。

ウエハ12の面(以下、ウエハ12の面を、単にウエハ12とも記す)は、図5に示すような形状をしており、ポート14において、水平に保持される。

また、ウエハ12は、温度調整部分320-1~320-4が放射してアウトチューブ360を透過した光により、アウトチューブ360の周囲から加熱される。

【0042】

したがって、ウエハ12は、端部が多くの光を吸収し、冷却ガス流路352に冷却ガスが流されない場合には、ウエハ12の面の端部の温度が中心部の温度に比べて高くなる。

つまり、温度調整部分320-1~320-4によって、ウエハ12の外周に近ければ

10

20

30

40

50

近いほど温度が高く、中心部に近ければ近いほど温度が低いという、ウエハ 1 2 の端部から中心部にかけてすり鉢状の温度偏差がウエハ 1 2 に生じることになる。

【 0 0 4 3 】

また、反応ガスなどの処理ガスも、ウエハ 1 2 の外周側から供給されるので、ウエハ 1 2 に形成される膜の種類によっては、ウエハ 1 2 の端部と中心部とで反応速度が異なることがある。

例えば、反応ガスなどの処理ガスは、ウエハ 1 2 の端部で消費され、その後、ウエハ 1 2 の中心部に至るため、ウエハ 1 2 の中心部では、ウエハ 1 2 の端部に比べて処理ガスの濃度が低くなってしまふ。

したがって、仮に、ウエハ 1 2 の端部と中心部との間に温度偏差が生じていないとしても、反応ガスのウエハ 1 2 の外周側からの供給に起因して、ウエハ 1 2 に形成される膜の厚さが、端部と中心部とで不均一になることがある。

【 0 0 4 4 】

一方、冷却ガスが冷却ガス流路 3 5 2 を通過すると、上述したように、アウトチューブ 3 6 0、及びポート 1 4 にセットされたウエハ 1 2 が周方向（外周側）から冷却される。つまり、処理室 3 は、温度調整部分 3 2 0 によってウエハ 1 2 の中心部の温度を所定の設定温度（処理温度）まで加熱し、必要に応じて冷却ガス流路 3 5 2 に冷却ガスを通過させてウエハ 1 2 の外周側を冷却することにより、ウエハ 1 2 の中心部及び端部それぞれに対して異なる温度を設定することができる。

【 0 0 4 5 】

このように、ウエハ 1 2 に、均一な膜を形成するために、ウエハ 1 2 上に膜を形成する反応速度などに応じて、膜厚を調整するための加熱制御（加熱と冷却とを含む制御など）がなされる。加熱制御は、制御部 2 が、内部温度センサ 3 2 4 の測定値を用いて、ヒータ 3 2 の温度調整部分 3 2 0 を制御するか、制御部 2 が冷却ガス流量制御部 4 2 2 及びインバータ 3 8 4 を介し、冷却ガス排気装置 3 5 6 を制御するかの少なくとも一方によってなされる。

【 0 0 4 6 】

[半導体処理装置 1 による減圧 C V D 処理の概要]

半導体処理装置 1 は、制御部 2（図 1、図 4）上で実行される制御プログラム 4 0（図 3）の制御により、処理室 3 内に所定の間隔で並べられた半導体ウエハ 1 2 に対して、C V D により、 $S i_3 N_4$ 膜、 $S i O_2$ 膜及びポリシリコン（P o l y - S i）膜などの形成を行う。

【 0 0 4 7 】

処理室 3 を用いた膜形成をさらに説明する。

まず、ポートエレベータ 1 0 8 は、ポート 1 4 を下降させる。

下降したポート 1 4 には、処理の対象となるウエハ 1 2 が、所望の枚数、セットされ、ポート 1 4 は、セットされたウエハ 1 2 を保持する。

【 0 0 4 8 】

次に、ヒータ 3 2 の 4 つの温度調整部分 3 2 0 - 1 ~ 3 2 0 - 4 それぞれは、設定に従って、アウトチューブ 3 6 0 の内部を加熱し、ウエハ 1 2 の中心部が予め設定された一定の温度になるように加熱する。

一方、冷却ガス流路 3 5 2 には、設定に従って冷却ガスが流され、アウトチューブ 3 6 0、及びポート 1 4 にセットされたウエハ 1 2 が周方向（外周側）から冷却される。

【 0 0 4 9 】

次に、ガス導入ノズル 3 4 0（図 2）を介して、M F C 3 7 4 は、導入するガスの流量を調整して、アウトチューブ 3 6 0 内に不活性ガスを導入し、充填する。

ポートエレベータ 1 0 8 は、ポート 1 4 を上昇させ、所望の処理温度の不活性ガスが充填された状態のアウトチューブ 3 6 0 内に移動させる。

【 0 0 5 0 】

次に、アウトチューブ 3 6 0 内の不活性ガスは E P 3 8 2 により排気され、アウトチュ

10

20

30

40

50

ープ360内部は真空状態とされ、ポート14及びこれに保持されているウエハ12は、回転軸348を介して回転させられる。

この状態で、ガス導入ノズル340を介して処理ガスがアウトチューブ360内に導入されると、導入された処理ガスは、アウトチューブ360内を上昇し、ウエハ12に対して均等に供給される。

【0051】

EP382は、減圧CVD処理中のアウトチューブ360内から、排気管346を介して処理ガスを排気し、APC380は、アウトチューブ360内の処理ガスを、所望の圧力とする。

以上のように、ウエハ12に対して、減圧CVD処理が所定時間、実行される。

10

【0052】

減圧CVD処理が終了すると、次のウエハ12に対する処理に移るべく、アウトチューブ360の内部の処理ガスが不活性ガスにより置換され、さらに常圧とされる。

さらに、冷却ガス流路352に冷却ガスが流されて、アウトチューブ360内が所定の温度まで冷却される。

この状態で、ポート14及びこれに保持された処理済みのウエハ12は、ポートエレベータ108により下降させられ、アウトチューブ360から取り出される。

ポートエレベータ108は、次に減圧CVD処理の対象となるウエハ12が保持されたポート14を上昇させ、アウトチューブ360内にセットする。

このようにセットされたウエハ12に対して、次の減圧CVD処理が実行される。

20

【0053】

尚、冷却ガスは、ウエハ12の処理前から処理終了までの間に流されれば、膜厚を制御することができるが、ウエハ12をセットしたポート14をアウトチューブ360内に移動させる場合、及びアウトチューブ360内からポート14を取り出す場合にも、流されることが好ましい。

これにより、処理室3の熱容量により、処理室3内に熱がこもって温度が変動してしまうことを防止することができるとともに、スループットを向上させることができる。

【0054】

以上で説明した膜形成処理において、ヒータ32は、設定温度どおりにウエハ12の中心部温度を一定温度に維持するように制御しつつ、冷却ガスによりウエハ12の端部（周縁）温度と中心部温度とに温度差を設けるように温度制御すれば、膜質を変えることなく、ウエハ12の面内膜厚均一性、さらには、面間の膜厚均一性を向上することができる。

30

例えば、 Si_3N_4 膜等のCVD膜を成膜する場合、処理温度を変動させながら成膜処理すると、膜の屈折率が処理温度に応じて変動してしまったり、処理温度を高温から低温へ降下させつつ成膜処理すると、エッチングレートが低い膜から高い膜へと処理温度に応じて変化してしまったりする。

また、 Si_3N_4 膜の生成においては、処理温度を高温から低温へ降下させつつ成膜処理すると、ストレス値が高い膜から低い膜へと処理温度に応じて変化してしまう。

【0055】

そこで、半導体処理装置1では、制御部2が温度調整部分320の温度、及び冷却ガス流路352を通過する冷却ガス流量を制御することにより、アウトチューブ360の温度を制御して、ウエハ12などの基板の面内温度を制御すれば、膜質が変化することを防止しつつ、基板に形成する膜の厚さの均一性を制御することができるようにしている。

40

【0056】

[排気圧力と膜厚]

上述のように、半導体処理装置1でウエハ12に膜形成がなされる際には、制御部2が、内部温度センサ324の測定値を用いて、ヒータ32の温度調整部分320を制御するか、制御部2が冷却ガス流量制御部422及びインバータ384を介し、冷却ガス排気装置356を制御するか少なくとも一方によって加熱制御がなされる。そして、冷却ガス流路352に冷却ガスを流す際には、冷却ガスは冷却ガス流路352、排気路354を通

50

り、排気部 355 により排気口 358 から排気されている。排気口 358 には、図示を省略する工場等の排気施設に接続されている。この排気施設が施設排気圧力で排気路 354 から冷却ガスを吸引することにより、排気路 354 から排気がなされる。

【0057】

施設排気圧力は、排気施設から排気口 358 までの間の配管の距離、配管の形状、配管の経路等起因するコンダクタンスの影響、又は工場等の排気施設に接続されている装置の数等による影響を受けるため、排気施設ごとに違いがあり、同じ排気施設であっても変動することがある。

施設圧力が変化した場合、同じ量の冷却ガスを供給したとしても、冷却ガス流路 352 を流れるガスの量が変化する。

例えば、施設排気圧力が、200 Pa から 150 Pa に変化したとすると、施設排気圧力が変動した影響により冷却ガス流路 352 を流れる冷却ガスの流量は少なくなる。

一方、施設排気圧力が、150 Pa から 200 Pa に変化したとすると、施設排気圧力が変動した影響により冷却ガス流路 352 を流れる冷却ガスの流量は多くなる。

【0058】

このように施設圧力の変化によって冷却ガス流路 352 を流れる冷却ガスの流量が変化すると、冷却ガスを流すことによる冷却能力に影響を与えて、例えば、予めウエハ 12 の中心部が所定の設定温度（処理温度）となり、ウエハ 12 の端部が処理温度よりも低くなるように内部温度センサ 324 により測定値に基づき温度制御及び冷却ガス流量制御を行ったとしても、アウトチューブ 360 及びポート 14 にセットされたウエハ 12 に対する周方向からの冷却性能が変化してしまう。

そして、周方向からの冷却性能が変化した場合に、例えば、ウエハ 12 の端部が処理温度よりも高くなり、ウエハ 12 面内の膜厚の再現性が取れなくなるとの問題が生じる虞があった。

【0059】

このように、本発明が適応されうる半導体処理装置 1 では、施設排気圧力が一定に保たれている場合はウエハ 12 の膜厚の再現性が良好であるものの、施設排気圧が一定でないと、ウエハ 12 の膜厚の再現性が取れず、膜厚を均一にすることができないことがあった。

【0060】

そこで、本発明では、施設排気圧力にばらつきや変化があったとしてもウエハ 12 の膜厚を均一とすることができるように独自の工夫を施している。

【0061】

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態に係る半導体処理装置 1 の構成を示す図である。

本発明の第 1 の実施形態に係る半導体処理装置 1 は、先述の図 1 乃至 4 に示される本発明が適応されうる半導体処理装置 1 が備える構成に加えて、設備排気圧力にばらつきや変化があったとしても、ウエハ 12 の膜厚を均一なものとするための独自の構成を有している。

【0062】

図 6 に示すように、半導体処理装置 1 は、排気部 355 の配管の冷却ガス排気装置 356 とラジエタ 357 との間を結ぶ配管に、配管内の圧力を検出する圧力センサ 31 が設けられている。圧力センサ 31 が設けられる位置としては、冷却ガス排気装置 356 とラジエタ 357 とを結ぶ配管の中でも、ラジエタ 357 にできる限り近い位置に設けることが望ましい。圧力センサ 31 をラジエタ 357 に近い位置に設置することで、ラジエタ 357 から圧力センサ 31 へ至るまでの間に、配管の長さ、配管の経路、配管の形状等の影響を受けて冷却ガスに圧力損失が生じることを防ぐことが可能となるためである。

【0063】

制御プログラム 40 は、先述の本発明の前提となる半導体処理装置 1 と同様に、プロセス制御部 400（プロセス制御装置）、温度制御部 410（温度制御装置）、処理ガス流量制御部 412（処理ガス流量制御装置）、駆動制御部 414（駆動制御装置）、圧力制

10

20

30

40

50

御部 4 1 6 (圧力制御装置)、処理ガス排気装置制御部 4 1 8 (処理ガス排気制御装置)、温度測定部 4 2 0 (温度制御装置)、冷却ガス流量制御部 4 2 2 (冷却ガス制御装置) 及び温度設定値記憶部 4 2 4 (温度制御装置) から構成されている。

図 6 には、プロセス制御部 4 0 0 と冷却ガス流量制御部 4 2 2 を示し、温度制御部 4 1 0、処理ガス流量制御部 4 1 2、駆動制御部 4 1 4、圧力制御部 4 1 6、処理ガス排気装置制御部 4 1 8、温度測定部 4 2 0、及び温度設定値記憶部 4 2 4 は図示を省略している。

制御プログラムは、先述の本発明の前提となる半導体処理装置 1 と同様に、例えば記録媒体 2 4 0 (図 4) を介して制御部 2 に供給され、メモリ 2 0 4 にロードされて実行される。

【 0 0 6 4 】

冷却ガス流量制御部 4 2 2 は、減算器 4 2 2 0 と、PID 演算器 4 2 2 2 と、周波数変換器 4 2 2 4 と、周波数指示器 4 2 2 6 とから構成される。

減算器 4 2 2 0 には、プロセス制御部 4 0 0 から圧力目標値 S が入力される。

ここで、圧力目標値 S は、ウエハ 1 2 の中心部が所定の設定温度 (処理温度) となり、ウエハ 1 2 の端部が処理温度よりも低くなるように予め求められていて、例えば、温度設定値記憶部 4 2 4 内に記憶された内部温度センサ 3 2 4 の温度補正值と、この温度補正值に対応した圧力値とを用いることができる。

減算器 4 2 2 0 には、圧力目標値 S に加えて、圧力センサ 3 1 によって計測された圧力値 A が入力され、減算器 4 2 2 0 で、圧力目標値 S から圧力値 A を減算した偏差 D が出力される。

【 0 0 6 5 】

偏差 D は、PID 演算器 4 2 2 2 に入力される。PID 演算器 4 2 2 2 では、入力された偏差 D に基づいて PID 演算がなされ操作量 X が算出される。算出された操作量 X は、周波数変換器 4 2 2 4 に入力され、周波数変換器 4 2 2 4 で周波数 W へと変換され出力される。

出力された周波数 W はインバータ 3 8 4 へと入力され、冷却ガス排気装置 3 5 6 の周波数が変更される。

【 0 0 6 6 】

圧力センサ 3 1 からの圧力値 A は、常時又は所定時間間隔で減算器 4 2 2 0 へと入力され、この圧力値 A に基づいて、圧力目標値 S と圧力値 A との偏差 D が 0 となるように、冷却ガス排気装置 3 5 6 の周波数の制御が続けられる。

以上のように、圧力センサ 3 1 によって計測された圧力値 A と予め定められた圧力目標値 S との偏差 D がなくなるように、冷却ガス排気装置 3 5 6 の周波数がインバータ 3 8 4 を介して制御される。すなわち、偏差 D がなくなるように制御された周波数を偏差が 0 である場合の周波数でフィードバック制御し、フィードバック後の値を基に冷却ガス流量制御部 4 2 2 が冷却ガスの流量を制御する。

【 0 0 6 7 】

PID 演算器 4 2 2 2 で周波数 W を演算することに替えて、プロセス制御部 4 0 0 から周波数指示器 4 2 2 6 に周波数設定値 T を入力して、周波数指示器 4 2 2 6 から周波数 W をインバータ 3 8 4 へと入力することで、冷却ガス排気装置 3 5 6 の周波数を変更しても良い。

【 0 0 6 8 】

以上の制御により、排気口 3 5 8 に接続される設備排気圧力にばらつきや変化があっても、冷却ガス流路 3 5 2 を流れる冷却媒体の流量が変化することを原因として、ウエハ 1 2 に形成される膜厚が不均一になることを防止することができる。

【 0 0 6 9 】

図 7 は、本発明の第 2 の実施形態に係る半導体処理装置 1 の構成を示す図である。

先述の第 1 の実施形態では、半導体処理装置 1 は、圧力検出器として用いられる圧力センサ 3 1 が検出した圧力値に基づいて、制御部 2 が冷却ガス排気装置 3 5 6 を制御してい

10

20

30

40

50

た。これに対して、この第2の実施形態では、半導体処理装置1は、圧力センサ31が検出した圧力値に基づいて、制御部2が、冷却ガス排気装置356と、加熱装置として用いられるヒータ32とを制御している。

【0070】

第2の実施形態に用いられる制御プログラム40（制御装置）は、プロセス制御部400（プロセス制御装置）、温度制御部410（温度制御装置）、処理ガス流量制御部412（処理ガス流量制御装置）、駆動制御部414（駆動制御装置）、圧力制御部416（圧力制御装置）、処理ガス排気装置制御部418（処理ガス排気装置制御装置）、温度測定部420（温度測定装置）、冷却ガス流量制御部422（冷却ガス流量制御装置）、及び温度設定値記憶部424（温度設定記憶装置）から構成されている。

10

図7には、プロセス制御部400、温度制御部410、冷却ガス流量制御部422、及び温度設定値記憶部424を示し、処理ガス流量制御部412、駆動制御部414、圧力制御部416、処理ガス排気装置制御部418、及び温度測定部420は図示を省略している。制御プログラムは、先述の本発明の前提となる半導体処理装置1と同様に、例えば記録媒体240（図4）を介して制御部2に供給され、メモリ204にロードされて実行される。

【0071】

温度制御部410は、圧力設定値調整部4102（圧力設定調整装置）を有する。圧力設定値調整部4102は予め温度設定値記憶部424に登録されている膜厚と温度分布との相関関係テーブル等を用いて、ウエハ12の所望の温度分布を演算し、設定する。

20

【0072】

圧力設定値調整部4102は、温度測定装置372により測定された温度と温度設定値記憶部424に登録された温度分布とを比較して、ウエハ12の温度分布を設定された分布とするための冷却ガス排気装置356上流の位置の圧力設定値を演算する。そして、プロセス制御部400を介して冷却ガス流量制御部422に圧力設定値を指示する。ここで、圧力設定値調整部4102からプロセス制御部400を介して冷却ガス流量制御部422に圧力値を指示することに替えて、圧力設定値調整部4102から直接に冷却ガス流量制御部422に圧力設定値を指示しても良い。

【0073】

圧力設定値調整部4102からの指示による冷却ガス排気装置356の制御は、温度分布が設定値になるまでなされ、例えば、先述の第1の実施形態と同様にPID演算が用いられ、PID定数の設定によって、過度の温度変動を抑制しつつ、迅速且つ安定した温度制御が実現される。

30

また、圧力設定値調整部4102を含む温度制御部410は、冷却ガス排気装置356に圧力設定値を指示することで冷却ガス排気装置356の上流の位置の圧力を制御するとともに、温度測定装置372によって測定された温度と、圧力設定値調整部4102によって設定された温度分布とに基づいて、温度制御装置370を介してヒータ32の制御を行っている。

【0074】

図8には、圧力設定値調整部4102による圧力設定値の演算の一例が説明されている。

40

演算に先立ち、予めウエハ12の各温度分布に対応する圧力設定値を、例えば温度設定値記憶部424に登録しておき、圧力設定値と温度分布値との相関テーブルデータを取得し、入力しておく。入力は、膜厚と温度分布との相関テーブルデータを取得する際に同時に取得しても良い。

【0075】

演算では、冷却ガス排気装置356にある圧力設定値を指示し、その時に、ウエハ12の温度分布値に予め登録してある温度分布登録値とのズレがある場合、圧力設定値と温度分布登録値との相関テーブルデータを基に、圧力設定値に対して補正量を演算し、その結果を冷却ガス流量制御部422に指示する。

50

【 0 0 7 6 】

具体的には、図 8 に示されるように、 $T_1 < T_2 < T_3$ との関係にある温度分布登録値について、温度分布登録値が T_1 の時の圧力登録値 P_1 、温度分布登録値が T_2 の時の圧力登録値 P_2 、温度分布登録値が T_3 の時の圧力設定値 P_3 が登録されているとして、現在指示した圧力設定値を P_s 、その時のウエハ 1 2 の温度分布を t_0 とすると、圧力補正值に対する補正量 P_c は、 t_0 が以下に示す (式 1) で示される範囲にある場合、以下に示す (式 2) で求められる。

【 0 0 7 7 】

$$T_1 < t_0 < T_2 \dots (式 1)$$

【 0 0 7 8 】

$$P_c = \{ (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1) \} \times (t_0 - T_1) \dots (式 2)$$

【 0 0 7 9 】

また、補正量 P_c は、 t_0 が以下に示す (式 3) で示される範囲にある場合、以下に示す (式 4) で、 t_0 が以下に示す (式 5) で示される範囲にある場合、以下に示す (式 6) で、 t_0 が以下に示す (式 7) で示される範囲にある場合、以下に示す (式 8) で求められる。

【 0 0 8 0 】

$$t_0 < T_1 \dots (式 3)$$

【 0 0 8 1 】

$$P_c = \{ (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1) \} \times (T_1 - t_0) \dots (式 4)$$

【 0 0 8 2 】

$$T_3 < t_0 \dots (式 5)$$

【 0 0 8 3 】

$$P_c = \{ (P_3 - P_2) / (T_3 - T_2) \} \times (t_0 - T_3) \dots (式 6)$$

【 0 0 8 4 】

$$T_2 < t_0 < T_3 \dots (式 7)$$

【 0 0 8 5 】

$$P_c = \{ (P_3 - P_2) / (T_3 - T_2) \} \times (t_0 - T_2) \dots (式 8)$$

【 0 0 8 6 】

以上のように、第 2 の実施形態に係る半導体処理装置 1 では、圧力センサ 3 1 が検出した圧力値に基づいて、冷却ガス排気装置 3 5 6 のみならず、ヒータ 3 2 の制御がなされている。尚、第 1 の実施形態との同一部分については、図 7 に同一番号を付して説明を省略する。

【 0 0 8 7 】

先述の第 1 の実施形態では、半導体処理装置 1 は、圧力検出器として用いられる圧力センサ 3 1 が検出した圧力値に基づいて、制御部 2 が冷却ガス排気装置 3 5 6 を制御し、前述の第 2 の実施形態では、半導体処理装置 1 は、圧力センサ 3 1 が検出した圧力値に基づいて、制御部 2 が冷却ガス排気装置 3 5 6 及びヒータ 3 2 とを制御しているが、制御部 2 は、圧力センサ 3 1 が検出した圧力値に基づいて、冷却ガス排気装置 3 5 6 又はヒータ 3 2 の少なくとも一方を制御するものであれば良い。

【 0 0 8 8 】

次に、本発明の第 3 の実施形態を、図 9 乃至図 1 3 を参照しつつ説明する。

図 9 には、本発明の第 3 の実施形態に係る半導体製造装置 1 0 1 0 の構成が模式的に示されている。

【 0 0 8 9 】

半導体製造装置 1 0 1 0 は、均熱管 1 0 1 2 を有し、均熱管 1 0 1 2 は、例えば SiC 等の耐熱性材料からなり、上端が閉塞され、下端に開口を有する円筒状の形状をしている。均熱管 1 0 1 2 の内側には、反応容器として用いられる反応管 1 0 1 4 が設けられている。反応管 1 0 1 4 は、例えば、石英 (SiO_2) 等の耐熱性材料からなり下端に開口を有する円筒状の形状を有し、均熱管 1 0 1 2 内に同心円状に配置されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 0 】

反応管 1 0 1 4 の下部には、例えば石英からなるガスの供給管 1 0 1 6 と、排気管 1 0 1 8 が連結されている。供給管 1 0 1 6 には、連結するように、反応管にガスを導入する導入口が形成された導入部材 1 0 2 0 が設けられていて、供給管 1 0 1 6、及び導入部材 1 0 2 0 は、反応管 1 0 1 4 下部から、反応管 1 0 1 4 側部に添って、例えば細管状に立ち上がり、反応管 1 0 1 4 の天井部で反応管 1 0 1 4 内部に到達するようになっている。

また、排気管 1 0 1 8 は、反応管 1 0 1 4 に形成された排気口 1 0 2 2 に接続されている。

【 0 0 9 1 】

供給管 1 0 1 6 は、反応管 1 0 1 4 の天井部から反応管 1 0 1 4 の内部にガスを流し、
 反応管 1 0 1 4 下部に接続された排気管 1 0 1 8 は、反応管 1 0 1 4 下部からの排気に用
 10
 いられる。反応管 1 0 1 4 には、導入部材 1 0 2 0、供給管 1 0 1 6 を介して、反応管 1
 0 1 4 で用いられる処理用のガスが供給されるようになっている。また、ガスの供給管 1
 0 1 6 には、ガスの流量を制御する流量制御手段として用いられる M F C (マスフローコ
 ントローラ) 1 0 2 4、又は図示を省略する水分発生器とが接続されている。M F C 1 0
 2 4 は、制御部 1 2 0 0 (制御装置) が備えるガス流量制御部 1 2 0 2 (ガス流量制御装
 置) に接続されていて、ガス流量制御部 1 2 0 2 によって、供給するガスや水蒸気 (H₂
 0) の流量が、例えば、予め定められた所定の量に制御される。

【 0 0 9 2 】

制御部 1 2 0 0 は、先述のガス流量制御部 1 2 0 2 と併せて、温度制御部 1 2 0 4 (温
 20
 度制御装置)、圧力制御部 1 2 0 6 (圧力制御装置)、及び駆動制御部 1 2 0 8 (駆動制
 御装置) を有している。また、制御部 1 2 0 0 は、上位コントローラ 1 3 0 0 に接続され
 ている、上位コントローラ 1 3 0 0 によって制御される。

【 0 0 9 3 】

排気管 1 0 1 8 には、圧力調整器として用いられる A P C 1 0 3 0 と、圧力検出手段と
 して用いられる圧力センサ 1 0 3 2 とが取り付けられている。A P C 1 0 3 0 は、圧力セ
 ンサ 1 0 3 2 によって検出された圧力に基づいて、反応管 1 0 1 4 内から流出するガスの
 量を制御し、反応管 1 0 1 4 内を、例えば一定の圧力になるように制御する。

【 0 0 9 4 】

また、反応管 1 0 1 4 の下端に形成された開口部には、例えば石英からなり、例えば円
 30
 板形状を有し、保持体として用いられるベース 1 0 3 4 が、リング 1 0 3 6 を介して取
 り付けられている。ベース 1 0 3 4 は、反応管 1 0 1 4 に対して着脱が可能であり、反応
 管 1 0 1 4 に装着された状態で、反応管 1 0 1 4 を気密にシールする。ベース 1 0 3 4 は
 、例えば、略円板形状からなるシールキャップ 1 0 3 8 の重力方向上向きの面に取り付け
 られている。

【 0 0 9 5 】

シールキャップ 1 0 3 8 には、回転手段として用いられる回転軸 1 0 4 0 が連結されて
 いる。回転軸 1 0 4 0 は、図示省略する駆動源からの駆動伝達を受けて回転し、保持体と
 して用いられる石英キャップ 1 0 4 2、基板保持部材として用いられるポート 1 0 4 4、
 及びポート 1 0 4 4 に保持され基板にあたるウエハ 1 4 0 0 を回転させる。回転軸 1 0 4
 40
 0 が回転する速度は、先述の制御部 1 2 0 0 によって制御がなされる。

【 0 0 9 6 】

また、半導体製造装置 1 0 1 0 は、ポート 1 0 4 4 を上下方向に移動させるために用い
 られるポートエレベータ 1 0 5 0 を有しており、先述の制御部 1 2 0 0 によって制御がな
 される。

【 0 0 9 7 】

反応管 1 0 1 4 の外周には、加熱手段として用いられるヒータ 1 0 5 2 が同心円状に配
 置されている。ヒータ 1 0 5 2 は、反応管 1 0 1 4 内の温度を上位コントローラ 1 3 0 0
 で設定された処理温度にするように、第 1 の熱電対 1 0 6 2、第 2 の熱電対 1 0 6 4、第
 3 の熱電対 1 0 6 6 にある温度検出部 1 0 6 0 (温度検出装置) で検出された温度に基づ
 50

いて、温度制御部 1 2 0 4 によって制御される。

【 0 0 9 8 】

第 1 の熱電対 1 0 6 2 はヒータ 1 0 5 2 の温度を検出するために用いられ、第 2 の熱電対 1 0 6 4 は均熱管 1 0 1 2 と反応管 1 0 1 4 の間の温度を検出するために用いられる。

ここで、第 2 の熱電対 1 0 6 4 は、反応管 1 0 1 4 とポート 1 0 4 4 との間に設置し、反応管 1 0 1 4 内の温度を検出することもできるようにしても良い。

第 3 の熱電対 1 0 6 6 は、反応管 1 0 1 4 とポート 1 0 4 4 との間に設置され、第 2 の熱電対 1 0 6 4 よりもポート 1 0 4 4 に近い位置に設置され、よりポート 1 0 4 4 に近い位置の温度を検出する。また、第 3 の熱電対 1 0 6 6 は、温度安定期における反応管 1 0 1 4 内の温度の均一性を測定する用途で使用されている。

10

【 0 0 9 9 】

図 1 0 には、反応管 1 0 1 4 の周辺の構成が模式的に示されている。

半導体製造装置 1 0 1 0 は、先述のように温度検出部 1 0 6 0 を有し、温度検出部 1 0 6 0 は、第 1 の熱電対 1 0 6 2、第 2 の熱電対 1 0 6 4、及び第 3 の熱電対 1 0 6 6 を備えている。これらに加え、図 1 0 に示すように、温度検出部 1 0 6 0 は、ウエハ 1 4 0 0 の略中心部の位置の温度を検出する中心部熱電対 1 0 6 8 と、ポート 1 0 4 4 の天井部付近の温度を検出する天井部熱電対 1 0 7 0 とを有している。また、半導体製造装置 1 0 1 0 に、後述する下部熱電対 1 0 7 2 (図 1 3 参照) を設けても良い。

尚、中心部熱電対 1 0 6 8 は第 3 の熱電対 1 0 6 6 の代替としての機能を有することも可能である為、第 3 の熱電対 1 0 6 6 はなくても良い。

20

【 0 1 0 0 】

図 1 1 には、中心部熱電対 1 0 6 8 の詳細な構成の一例が示されている。

図 1 1 に示されるように、中心部熱電対 1 0 6 8 は、第 3 の熱電対 1 0 6 6 とほぼ同じ高さのウエハ 1 4 0 0 の中心部近傍の温度を測定するために、例えば複数箇所が L 字状に形成された熱電対であり、温度測定値を出力する。また、中心部熱電対 1 0 6 8 は、半導体製造装置 1 0 1 0 がウエハ 1 4 0 0 の処理を開始する以前に、ウエハ 1 4 0 0 の中心部近傍の温度を複数箇所測定し、半導体製造装置 1 0 1 0 がウエハ 1 4 0 0 の処理を行う場合には取り外されるようになっている。このように、中心部熱電対 1 0 6 8 は、反応管 1 0 1 4 から取り外すことができるように構成されているため、ポート 1 0 4 4 を回転させる場合や、ウエハ 1 4 0 0 をポート 1 0 4 4 に移載する場合に、中心部熱電対 1 0 6 8 を取り外すことで、中心部熱電対 1 0 6 8 が他の部材に接触することを防止することができる。また、中心部熱電対 1 0 6 8 は、シールキャップ 1 0 3 8 に継ぎ手を介在して気密にシールされるようになっている。

30

【 0 1 0 1 】

図 1 2 には、天井部熱電対 1 0 7 0 の詳細な構成の一例が示されている。

図 1 2 に示されるように、天井部熱電対 1 0 7 0 は、いわゆる L 字形状を有し、ポート 1 0 4 4 の天板の上部に設置され、ポート 1 0 4 4 の天井部付近の温度を測定する為に用いられ、温度測定値を出力する。天井部熱電対 1 0 7 0 は、中心部熱電対 1 0 6 8 とは異なり、ポート 1 0 4 4 の天板より上部に設置される。このため、ポート 1 0 4 4 のロードあるいはアンロード、また、ポート 1 0 4 4 の回転が可能であるので、半導体製造装置 1 0 1 0 がウエハ 1 4 0 0 の処理を行う場合でも、設置したままでポート 1 0 4 4 の天井部付近の温度を測定することができる。なお、天井部熱電対 1 0 7 0 は、中心部熱電対 1 0 6 8 と同様に、シールキャップ 1 0 3 8 に継ぎ手を介在して気密にシールされるようになっている。

40

【 0 1 0 2 】

図 1 3 には、下部熱電対 1 0 7 2 の詳細な構成の一例が示されている。

図 1 3 に示されるように、下部熱電対 1 0 7 2 は、いわゆる L 字形状を有し、ポート 1 0 4 4 の下部の断熱板間に設置され、ポート 1 0 4 4 の下部付近の温度を測定する為に用いられ、温度測定値を出力する。下部熱電対 1 0 7 2 は、ポート 1 0 4 4 の下方に複数設けられた断熱板のうち、互いに上下方向に隣り合う断熱板の間の位置に設けることに替

50

えて、複数の断熱板のうち最も上方に位置する断熱板の上方の位置や、複数の断熱板のうち最も下方に位置する断熱板の下方の位置に設置しても良い。

【0103】

下部熱電対1072は、ポート1044と同じく設置した状態で、ロードあるいはアンロード、また、ポート1044の回転が可能であるので、半導体製造装置1010が、ウエハ1400の処理を行う場合でも設置したままでポート1044下部付近の温度を測定することができる。なお、下部熱電対1072は、シールキャップ1038に継ぎ手を介在して気密にシールされるようになっている。

【0104】

以上のように構成された半導体製造装置1010において、反応管1014内で、ウエハ1400の酸化、拡散処理がなされる場合の動作の一例を説明する(図9参照)。

まず、ポートエレベータ1050によりポート1044を下降させる。次に、ポート1044に複数枚のウエハ1400を保持する。次いで、ヒータ1052により加熱し、反応管1014内の温度を予め定められた所定の処理温度にする。

【0105】

そして、ガスの供給管1016に接続されたMFC1024により、予め反応管1014内を不活性ガスで充填しておき、ポートエレベータ1050により、ポート1044を上昇させて反応管1014内に移し、反応管1014の内部温度を所定の処理温度に維持する。反応管1014内を所定の圧力に保った後、回転軸1040により、ポート1044及びポート1044に保持されているウエハ1400を回転させる。同時に、ガスの供給管1016から処理用のガスを供給するか、又は水分発生器(不図示)から水蒸気を供給する。供給されたガスは、反応管1014を下降し、ウエハ1400に対して均等に供給される。

【0106】

酸化・拡散処理中の反応管1014内においては、排気管1018を介して排気され、所定の圧力になるようAPC1030により圧力が制御され、所定時間、ウエハ1400の酸化・拡散処理がなされる。この酸化・拡散処理が終了すると、連続して処理がなされるウエハ1400のうち、次の処理がなされるウエハ1400の酸化・拡散処理に移るべく、反応管1014内のガスを不活性ガスで置換するとともに、圧力を常圧にし、その後、ポートエレベータ1050によりポート1044を下降させて、ポート1044及び処理済のウエハ1400を反応管1014から取出す。

反応管1014から取出されたポート1044上の処理済のウエハ1400は、未処理のウエハ1400と交換され、再度、反応管1014内に上昇され、ウエハ1400に酸化・拡散処理がなされる。

【0107】

図14には、図9乃至図13に示される構成に加えて半導体製造装置1010が備える構成が模式的に示されている。これらの構成により、処理されるウエハ1400に形成される薄膜の膜厚のばらつきを抑制し、形成される薄膜の膜厚を均一にすることが可能となる。

【0108】

図14に示すように、半導体製造装置1010は、排気管1082を備え、冷却ガスを排気する排気部1080(排気装置)を有する。排気管1082は、冷却ガス排気路として用いられ、基端側が反応管1014の例えば上部に接続され、先端側が半導体製造装置1010の設置される工場等の排気施設に接続されていて、排気管1082を介して冷却ガスの排気がなされる。

【0109】

また、排気部1080は、例えばプロア等からなる冷却ガス排気装置1084と、ラジエタ1086とを有する。冷却ガス排気装置1084は、排気管1082の先端側に装着されていて、ラジエタ1086は、排気管1082の基端部と冷却ガス排気装置1084との間の位置に装着されている。冷却ガス排気装置1084にはインバータ1078が接

10

20

30

40

50

続されていて、例えばプロアの回転数を制御する等の方法で、インバータ1078は、冷却ガス排気装置1084が排気するガスの流量を制御する。

【0110】

また、排気管1082のラジエタ1086の冷却ガスの流れる方向における上流側と下流側には、それぞれシャッタ1090、1090が設けられている。シャッタ1090、1090は、図示を省略するシャッタ制御部（シャッタ制御装置）によって制御されて開閉する。

【0111】

また、排気管1082の、ラジエタ1086と冷却ガス排気装置1084との間の位置には、排気管1082内の圧力を検出する検出部（検出装置）として用いられる圧力センサ1092が設けられている。ここで、圧力センサ1092が設けられる位置としては、先述の第1の実施形態と同様に、冷却ガス排気装置1084とラジエタ1086とを結ぶ排気管1082中でも、ラジエタ1086にできる限り近い位置に設けることが望ましい。

10

【0112】

制御部1200（制御装置）は、先述のように、ガス流量制御部1202（ガス流量制御装置）、温度制御部1204（温度制御装置）、圧力制御部1206（圧力制御装置）、及び駆動制御部1208（駆動制御装置）を有し（図9参照）、併せて、図11に示されるように冷却ガス流量制御部1220（冷却ガス制御装置）を有する。

【0113】

冷却ガス流量制御部1220は、減算器1222と、PID演算器1224と、周波数変換器1226と、周波数指示器1228とから構成される。

20

減算器1222には、上位コントローラ1300から圧力目標値Sが入力される。また、減算器1222には、圧力目標値Sに加えて、圧力センサ1092によって計測された圧力値Aが入力され、減算器1222で、圧力目標値Sから圧力値Aを減算した偏差Dが出力される。

【0114】

偏差Dは、PID演算器1224に入力される。PID演算器1224では、入力された偏差Dに基づいてPID演算がなされ操作量Xが算出される。算出された操作量Xは、周波数変換器1226に入力され、周波数変換器1226で周波数Wへと変換され出力される。出力された周波数Wはインバータ1078へと入力され、冷却ガス排気装置1084の周波数が変更される。

30

圧力センサ1092からの圧力値Aは、常時又は所定時間間隔で減算器1222へと入力され、この圧力値Aに基づいて、圧力目標値Sと圧力値Aとの偏差Dが0となるように、冷却ガス排気装置1084の周波数の制御が続けられる。

【0115】

PID演算器1224で周波数Wを演算することに替えて、上位コントローラ1300から周波数指示器1220に周波数設定値Tを入力して、周波数指示器1220から周波数Wをインバータ1078に入力することで、冷却ガス排気装置1084の周波数を変更しても良い。

40

【0116】

以上のように、半導体製造装置1010では、冷却ガス排気装置1084を用いて、ヒータ1052の内側と反応管1014との間に冷却媒体として用いられる空気を流すことで冷却を行う機構を用いて、ヒータ1052を構成する素線や、反応管1014を冷却し、温度制御がなされる。このため、反応管1014内に保持されるウエハ1400の温度制御性が良好である。

【0117】

すなわち、伝熱には輻射による伝熱と伝達による伝熱があり、半導体製造装置1010では、輻射による伝熱のみがウエハ1400に伝わってウエハ1400の温度上昇に寄与する一方で、伝達による伝熱は、ほとんどがヒータ1052内側と反応管1014との間

50

に流れるエアにより空冷され放熱されている。このため、ヒータ1052の素線付近で、空気の冷却によって放出する熱量を補うために、ヒータ1052の出力を増加させる。そしてヒータ1052出力の増加により、ヒータ1052の素線温度はより高くなり、輻射熱が増大する。ここで、輻射による伝熱は、伝達による伝熱に比べてはるかに伝播速度が速い。このため、輻射熱により、反応管1014内のウエハの加熱がなされる半導体製造装置1010は、温度制御性が良好である。

【0118】

また、反応管1014温度も、空気による冷却で低下する。そして、反応管1014温度が低下すると、ウエハ1400のエッジ部から反応管1014への熱伝達が行われる。そして、この結果、ウエハ1400の温度分布が、中央部よりエッジ部の方が低くなり、エッジ部の温度が中央部の温度よりも高い、いわゆる凹型の温度分布から、エッジ部の温度が中央部の温度よりも低い、いわゆる凸型の温度分布にすることが可能になる。

10

【0119】

ウエハ1400に形成される薄膜の膜厚は、仮にウエハ1400の温度分布が均一である場合、エッジ部の膜厚が中央部の膜厚よりも厚い凹型となってしまう。これに対して、上述のように温度を制御することで、ウエハ1400の温度分布を凸型とすれば、ウエハ1400の膜厚の均一性を向上させることができる。

【0120】

また、半導体製造装置1010では、先述のように、排気管1082の先端側が半導体製造装置1010の設置される工場等の排気施設に接続されていて、排気管1082を介して反応管1014から冷却ガスの排気が行われるため、冷却ガス排気装置1084による冷却の効果は、工場等の排気施設の排気圧力によって大きく変動する可能性がある。そして、冷却ガス排気装置1084による冷却の効果変動すると、ウエハ1400表面での温度分布にも影響を与えるため、排気管1082からの排気圧が一定となるように、冷却ガス排気装置1084の周波数を制御していることは、前述の通りである。

20

【0121】

また、半導体製造装置1010では、例えば、第1の熱電対1062等の熱電対を交換するなどのメンテナンスをした際に、第1の熱電対1062を取り付ける位置に誤差が生じてしまい、メンテナンスの前に処理したウエハ1400とメンテナンス後に処理したウエハ1400とで形成される薄膜の膜厚に差異が生じる虞がある。また、同一仕様の半導体製造装置1010が複数ある場合、それぞれの半導体製造装置1010で形成される薄膜の膜厚に差異が生じる虞がある。

30

そこで、本発明に係る半導体製造装置1010では、例えばメンテナンスの前後や、同一仕様の複数の半導体製造装置1010の間で形成される薄膜の均一性を向上させるため、さらなる工夫を施している。

【0122】

すなわち、半導体製造装置1010では、第2の熱電対1064からの出力に基づいて、ウエハ1400が予め定められた温度となるように制御されているときの、中心部熱電対1068からの値であるウエハ1400の中心部の温度と、天井部熱電対1070からの値であるポート1044の天井部の温度を取得しておき、例えばメンテナンスを行った後に、これらの取得しておいたデータから圧力設定値(大気との差圧)に対する補正値を算出するようにしている。以下、具体的に説明する。

40

【0123】

図15は、ウエハ1400の中心部温度補正値を用いて設定温度を補正する構成・方法について説明する説明図である。先述の制御部1200は、ウエハ中心部温度補正演算部1240(ウエハ中心部温度補正演算装置)を有している。

ここでは、第2の熱電対1064を600とする場合を例として説明する。ウエハ中心部温度補正演算部1240は、第2の熱電対1064で制御したときの、中心部熱電対1068の出力値(ウエハ中心部温度)と、天井部熱電対1070の出力値(天井部温度)を取得し、それぞれ第2の熱電対1064の出力値(内部温度)との偏差を記憶する。

50

【 0 1 2 4 】

このとき、

内部温度 - ウエハ中心部温度 = ウエハ中心部温度偏差

又は、

内部温度 - 天井部温度 = 天井部温度偏差

として記憶する。また、その時の圧力設定値も同時に記憶する。設定温度は一定で、圧力設定値を変更し、複数個の条件で上記データを取得しておく。

【 0 1 2 5 】

例えば、設定温度が 6 0 0 、内部温度が 6 0 0 、ウエハ中心部温度が 6 0 7 の場合を例とすると、内部温度をウエハ 1 4 0 0 のエッジ部の温度と見ると、設定温度は 6 0 0 であるものの、ウエハ中心部温度は 6 0 7 とズレが発生している事になる。

そこで、

ウエハ中心部温度偏差 = 6 0 0 - 6 0 7 = - 7

を上位コントローラ 1 3 0 0 に出力し、設定値に対して補正する事で、上位コントローラ 1 3 0 0 を用いてウエハ 1 4 0 0 の中心部を 6 0 0 に変化させることが可能となる。

図 1 6 に、取得された複数のデータの一例を示す。

【 0 1 2 6 】

続いて、圧力補正值の算出について説明する。

例えば、現在のポート天井部温度偏差を t_1 、現在の圧力設定値を p_1 、 p_1 に対応したポート天井部温度補正值を b_1 、取得されたデータにおけるプラス側の圧力測定値を p_p 、プラス側のポート天井部温度補正值を t_p 、取得されたデータにおけるマイナス側の圧力測定値を p_m 、マイナス側のポート天井部温度補正值を t_m とすると、圧力補正量 p_x は、 t_1 と b_1 との大小に応じ、以下に示す式 (1 1)、式 (1 2) で求められる。

【 0 1 2 7 】

すなわち、

$t_1 < b_1$ の場合は、

$$p_x = (b_1 - t_1) * \{ (p_1 - p_m) / (b_1 - t_m) \} \dots (式 1 1)$$

$t_1 > b_1$ の場合は、

$$p_x = (b_1 - t_1) * \{ (p_p - p_1) / (t_p - b_1) \} \dots (式 1 2)$$

で求められる。

以下、 $t_1 < b_1$ の場合と、 $t_1 > b_1$ の場合のそれぞれについて、具体例を示しつつ説明する。

【 0 1 2 8 】

図 1 7 は、 $t_1 < b_1$ の場合の圧力補正量 p_x の算出について説明する説明図である。

まず、 $b_1 - t_1$ として、予め取得したポート天井部温度偏差 b_1 と現在のポート天井部温度偏差 t_1 との温度偏差を求める。

次に、 $(p_1 - p_m) / (b_1 - t_m)$ として、予め取得したデータから「現在の圧力設定値 p_1 とそれに対応したポート天井部温度偏差 b_1 」と「マイナス側の圧力値 p_m とそれに対応したポート天井部温度偏差 t_m 」との関係から、ポート天井部温度偏差を + 1 するための圧力補正量を求める。

【 0 1 2 9 】

図 1 7 に示される例では、3 0 0 P a に対応したポート天井部温度補正值は - 4 であり、マイナス側として図 1 6 における No. 4 の - 6 が抽出される。また、予め取得したデータから、圧力設定値 p_1 が 3 0 0 p a で、ポート天井部温度偏差 b_1 は、- 4 になる。また、圧力設定値 p_m が 5 0 0 p a で、ポート天井部温度偏差 t_m を、- 6 から - 4 に + 2 変化させるには、

$$3 0 0 P a (p_1) - 5 0 0 P a (p_m) = - 2 0 0 P a$$

の圧力補正量が必要となる。

【 0 1 3 0 】

10

20

30

40

50

現在の圧力測定値が300 Pa、測定結果から得られる現在のポート天井部温度偏差が-5の場合を例とする。

この場合、まず、現在使用している圧力設定値に対応したポート天井部温度補正値を検索キーとして、検索キーからプラス側とマイナス側とで、それぞれ最も近いポート天井部補正値を図16に示される取得された複数のデータから選択し、選択されたデータから算出を行う。

以上から、

+1分の圧力補正量 = $-200 \text{ Pa} / +2 = -100 \text{ Pa} /$
が求められる。

つまり、 $(b_1 - t_1)$ を+1分補正したいので、

+1 * $(-100 \text{ Pa} /) = -100 \text{ Pa}$

の圧力補正量が算出される。

【0131】

図18は、 $t_1 > b_1$ の場合の圧力補正量 p_x の算出について説明する説明図である。

【0132】

まず、予め取得したポート天井部温度偏差 b_1 と現在のポート天井部温度偏差 t_1 との温度偏差を求める。

次に、 $(p_p - p_1) / (t_p - b_1)$ として、予め取得したデータから、「現在の圧力設定値 p_1 とそれに対応したポート天井部温度偏差 b_1 」と「取得されたデータにおけるプラス側の圧力値 p_p とそれに対応したポート天井部温度偏差 t_p 」との関係から、ポート天井部温度偏差を-1するための圧力補正量を求める。

【0133】

ここでは、現在の圧力測定値が300 Pa、測定結果から得られる現在ポート天井部温度偏差が-3の場合を例とすると、図16に示される予め取得したデータによると圧力設定値 p_p が、300 Paでポート天井部温度 b_1 は-4になる。また、圧力設定値 p_1 が200 Paで、ポート天井部温度偏差 t_p は-2となる。

このため、予め取得したデータからポート天井部温度偏差 t_p である-2から、 b_1 である-4へ、-2温度を変化させるには、

$300 \text{ Pa} (p_1) - 200 \text{ Pa} (p_p) = +100 \text{ Pa}$

の圧力補正量が必要となる。

【0134】

すなわち、300 Paに対応したポート天井部温度補正値は-4であり、プラス側として、図16におけるNo.2の-2が検出される。

以上から、

+1分の圧力補正量 = $-100 \text{ Pa} / 2 = -50 \text{ Pa} /$ が求められる。

この例では、 $(b_1 - t_1) = -1$ 分補正したいので、

-1 * $(-50 \text{ Pa} /) = +50 \text{ Pa}$ の圧力補正量が算出される。

【0135】

以上で、ポート天井部温度偏差を t_1 、及びポート天井部温度補正値を b_1 のいずれか一方が他方よりも大きい場合における圧力補正量 p_x について説明をしたが、 t_1 と b_1 とが同じ値である場合は補正の必要はない。

【0136】

また、以上で説明をした圧力補正値の算出で、検出したプラス側あるいはマイナス側の圧力値と、それに対応したポート天井部温度偏差と、現在の圧力設定値 p_1 及びそれに対応したポート天井部温度偏差 b_1 の関係からポート天井部温度偏差を1上昇させるための圧力補正量を求めているのは、ポート天井部温度によって圧力補正量は変化することが考えられるからである。

例えば、ポート天井部温度補正値を-6から-4に+2変化する為の圧力補正量と、-4から-2に+2変化する為の圧力補正量とは、ヒータ1052の素線から

10

20

30

40

50

の輻射熱の変化、ウエハ1400のエッジ部から反応管1014への熱伝達、ウエハ1400の中央部とウエハ1400のエッジ部の熱伝達の関係が変化することによって、必ずしも一致するとは限らない。

【0137】

そこで、この実施形態に係る半導体製造装置1010では、より近いポート天井部温度補正值の偏差変化状況から圧力補正量を算出する為に、現在の圧力設定値に対応したポート天井部温度偏差より、現在のポート天井部温度偏差が低い場合は、マイナス側のポート天井部温度偏差及び圧力設定値を用いて圧力補正量を算出し、現在の圧力設定値に対応したポート天井部温度偏差より、現在のポート天井部温度偏差が高い場合は、プラス側のポート天井部温度偏差及び圧力設定値を用いて圧力補正量を算出している。

10

【0138】

次に本発明の第4の実施形態を説明する。

先述の第3の実施形態では、圧力補正量 p_x を、ポート天井部の温度補正值を用いて求めていたのに対して、この第4の実施形態では、圧力補正量 P_x を、事前に薄膜形成処理がなされたウエハ1400の膜厚を用いて求めている。以下、詳細に説明する。説明にあたっては、図19に示す、予め所定の条件で薄膜形成がなされたウエハ1400に、測定された膜厚等のデータを用いる。

【0139】

ウエハ1400の現在の膜厚を a_1 、現在の圧力設定値を p_1 、現在の圧力設定値 p_1 に対応した膜厚を c_1 、検索されたプラス側の圧力測定値を p_p 、予め取得された複数のデータ中におけるプラス側の膜厚を p_c 、予め取得された複数のデータ中におけるマイナス側の圧力測定値を p_m 、マイナス側の膜厚を t_c とすると、圧力補正量 p_x は、現在の膜厚 a_1 と現在の圧力設定値 p_1 に対応した膜厚を c_1 との大小に応じ、以下に示す式(21)、式(22)で求められる。

20

【0140】

すなわち、

$a_1 < c_1$ の場合は、

$$p_x = (c_1 - a_1) * \{ (p_1 - p_m) / (c_1 - t_c) \} \dots (式21)$$

$a_1 > c_1$ の場合は、

$$p_x = (c_1 - a_1) * \{ (p_p - p_1) / (p_c - c_1) \} \dots (式22)$$

30

で求められる。

【0141】

以下、 $a_1 < c_1$ の場合と、 $a_1 > c_1$ の場合とのそれぞれについて、具体例を示しつつ説明する。

【0142】

図20は、 $a_1 < c_1$ の場合の圧力補正量 p_x の算出について説明する説明図である。

まず、 $c_1 - a_1$ として、予め取得した膜厚 c_1 と現在の膜厚 a_1 との差を求める。

次に、 $(p_1 - p_m) / (c_1 - t_c)$ として、予め取得したデータから、「現在の圧力設定値 p_1 とそれに対応した膜厚 c_1 」と、「検出したマイナス側の圧力値 p_m とそれに対応した膜厚 t_c 」との関係から、膜厚を -1 するための圧力補正量を求める。すなわち、図19に示されるように、圧力測定値 300 Pa に対応した膜厚は 630 であり、マイナス側のデータとして No. 2 の 580 が抽出される。

40

【0143】

図19に示される予め取得したデータによると、圧力設定値 p_1 が 300 Pa で、膜厚 c_1 は 630 になる。また、圧力設定値 p_m が 200 Pa で、膜厚 t_c は 580 となる。つまり、膜厚 t_c を 580 から 630 に 50 変化させるには、

$$300 \text{ Pa} (p_1) - 200 \text{ Pa} (p_m) = +100 \text{ Pa}$$

の圧力補正量が必要となる。

【0144】

50

現在の圧力測定値が300 Pa、測定結果から得られる膜厚が600 の場合を例とする。

この場合、まず、現在使用している圧力設定値に対応した膜厚を検索キーとして、検索キーからプラス側とマイナス側とで、それぞれ最も近い膜厚を記憶したデータを図19に示される予め測定された値から選択し、その選択されたデータから算出を行う。

以上から、

$$+1 \text{ 分の圧力補正量} = +100 \text{ Pa} / 50 = +2 \text{ Pa} /$$

が求められる。

つまり、

$$c1 - a1 = +30 \text{ 分補正したいので、}$$

$$+30 * (+2 \text{ Pa} /) = +60 \text{ Pa の圧力補正量が算出される。}$$

10

【0145】

図21は、 $a1 > c1$ の場合の圧力補正量 p_x を算出する式について説明する説明図である。

【0146】

まず、先述の $a1 < c1$ の場合と同様に、予め取得した膜厚 $c1$ と現在の膜厚 $a1$ との差を求める。

次に、 $(p_p - p_1) / (p_c - c_1)$ として、予め取得したデータから「現在の圧力設定値 p_1 とそれに対応した膜厚 c_1 」と、「検出したプラス側の圧力値 p_p とそれに対応した膜厚 p_c 」との関係から、膜厚を+1 増加させるための圧力補正量を求める。すなわち、図19に示されるように、300 Paに対応した膜厚は630 であり、プラス側のデータとして、図19におけるNo.4の730 が検出される。

20

【0147】

図19に示される予め取得したデータによると、圧力設定値 p_1 が300 Paで、膜厚 c_1 は630 になる。また、圧力設定値 p_p が500 Paで、膜厚 p_c は730 となる。つまり、膜厚を730 から630 に-100 変化させるには、
 $300 \text{ Pa} (p_1) - 500 \text{ Pa} (p_p) = -200 \text{ Pa}$
 の圧力補正量が必要となる。

【0148】

例えば、現在の圧力測定値が300 Pa、測定結果から得られる膜厚が680 の場合を例とする。

30

この場合、まず、現在使用している圧力設定値に対応した膜厚を検索キーとして、検索キーからプラス側とマイナス側とで、それぞれ最も近い膜厚を記憶したデータを図19に示される予め測定された値から選択し、その選択されたデータから算出を行う。

以上から、

$$+1 \text{ 分の圧力補正量} = -200 \text{ Pa} / -100 = +2 \text{ Pa} /$$

が求められる。

つまり、

$$(c1 - a1) = -50 \text{ 分補正したいので、}$$

$$-50 * (+2 \text{ Pa} /) = -100 \text{ Pa の圧力補正量が算出される。}$$

40

【0149】

以上で、ウエハ1400の現在の膜厚を a_1 、及び現在の圧力設定値 p_1 に対応した膜厚 c_1 のいずれか一方が他方よりも大きい場合における圧力補正量 p_x について説明をしたが、 a_1 と c_1 とが同じ値である場合は補正の必要はない。

【0150】

また、以上で説明をした圧力補正值の算出で、検出したプラス側あるいはマイナス側の圧力値と、それに対応した膜厚と、現在の圧力設定値 p_1 及びそれに対応した膜厚 c_1 の関係から、膜厚を1 増加させるための圧力補正量を求めているのは、膜厚によって圧力補正量は変化することが考えられるからである。

例えば、膜厚を580 から630 に+50 変化させるための圧力補正量と、63

50

0 から 680 に +50 変化させるための圧力補正量とは、ヒータ 1052 の素線からの輻射熱の変化、ウエハ 1400 のエッジ部から反応管 1014 への熱伝達、ウエハ 1400 の中央部とウエハ 1400 のエッジ部の熱伝達の変化することによって、ウエハ 1400 が受ける熱量が変化する為、必ずしも一致するとは限らない。

【0151】

そこで、この実施形態に係る半導体製造装置 1010 では、より近い膜厚の変化状況から圧力補正量を算出する為、現在の圧力設定値に対応した膜厚より、現在の膜厚が低い時は、マイナス側の膜厚及び圧力設定値を用いて圧力補正量を算出し、現在の圧力設定値に対応した膜厚より、現在の膜厚が高い時は、プラス側の膜厚及び圧力設定値を用いて圧力補正量を算出している。

10

【0152】

また、以上で説明をした第 3 及び第 4 の実施形態では、天井部熱電対 1070 で測定したポート 1044 の天井部温度補正值を使用して圧力補正量を求めているが、下部熱電対 1072、又は中心部熱電対 1068 による測定値で代用することができる。

また、例えば、天井部熱電対 1070 で測定したポート天井部温度補正值と、下部熱電対 1072 で測定した下部温度補正值の 2 つの平均温度偏差、又は中心部熱電対 1068 で測定したウエハ 1400 の中心部の温度補正值を加えた 3 つの平均温度偏差から圧力補正值を算出してもよい。

【0153】

図 22 には、本発明の第 5 の実施形態に係る半導体製造装置 1010 が示されている。

20

第 3 又は第 4 の実施形態に係る半導体製造装置 1010 では、冷却ガス排気装置 1084 は反応管 1014 の排気側に設置されていたのに対して、この第 5 の実施形態では、冷却ガス排気装置 1084 は、供給側に設けられている。

【0154】

また、第 3 及び第 4 の実施形態では、圧力センサ 1092 は、排気側に設けられた冷却ガス排気装置 1084 とラジエタ 1086 との間に設置されていたが、この第 5 の実施形態では、圧力センサ 1092 は、冷却ガス排気装置 1084 の場所にあわせて、例えば、供給側に設けられ冷却ガス排気機構 1084 とシャッタ 1090 と間に設置する等、設置場所を変更可能である。

【0155】

30

また、第 3 及び第 4 の実施形態と同様に、第 1 及び第 2 の実施形態においても、冷却ガス排気装置 356 を供給側に設けても良く、圧力センサ 31 を設ける位置は変更可能である。

【産業上の利用可能性】

【0156】

以上述べたように、本発明は、基板に形成する膜の厚さの均一性を制御する基板処理装置及び基板処理方法に利用することができる。

【符号の説明】

【0157】

- 1・・・半導体処理装置
- 12・・・ウエハ
- 14・・・ポート
- 100・・・カセット授受ユニット
- 102・・・カセットストッカ
- 104・・・パuffァカセットストッカ
- 106・・・ウエハ移動機
- 108・・・ポートエレベータ
- 490・・・ウエハカセット
- 2・・・制御部(制御装置)
- 22・・・表示・入力部(表示・入力装置)

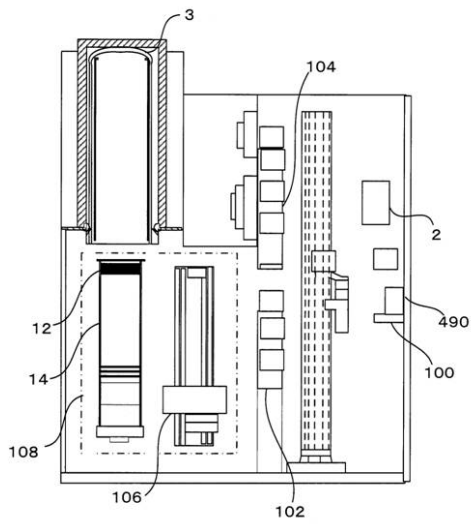
40

50

2 0 0 . . .	C P U ウ エ 八	
2 4 . . .	記 録 部 (記 録 装 置)	
2 4 0 . . .	記 録 媒 体	
4 0 . . .	制 御 プ ロ グ ラ ム	
4 0 0 . . .	プ ロ セ ス 制 御 部 (プ ロ セ ス 制 御 装 置)	
4 1 0 . . .	温 度 制 御 部 (温 度 制 御 装 置)	
4 1 0 2 . . .	圧 力 設 定 値 調 整 部 (圧 力 設 定 値 調 整 装 置)	
4 1 2 . . .	処 理 ガ ス 流 量 制 御 部 (処 理 ガ ス 流 量 制 御 装 置)	
4 1 4 . . .	駆 動 制 御 部 (駆 動 制 御 装 置)	
4 1 6 . . .	圧 力 制 御 部 (圧 力 制 御 装 置)	10
4 1 8 . . .	処 理 ガ ス 排 気 装 置 制 御 部 (処 理 ガ ス 排 気 装 置 制 御 装 置)	
4 2 0 . . .	温 度 測 定 部 (温 度 測 定 装 置)	
4 2 2 . . .	冷 却 ガ ス 流 量 制 御 部 (冷 却 ガ ス 流 量 制 御 装 置)	
4 2 2 0 . . .	減 算 器	
4 2 2 2 . . .	P I D 演 算 器	
4 2 2 4 . . .	周 波 数 変 換 器	
4 2 2 6 . . .	周 波 数 指 示 器	
4 2 4 . . .	温 度 設 定 値 記 憶 部 (温 度 設 定 値 記 憶 装 置)	
3 . . .	処 理 室	
3 0 0 . . .	断 熱 材 (1 4 0 . . . 断 熱 板)	20
3 1 . . .	圧 力 セ ン サ	
3 2 . . .	ヒ ー タ	
3 2 0 . . .	温 度 調 整 部 分	
3 2 2 , 3 2 4 . . .	温 度 セ ン サ	
3 4 0 . . .	ガ ス 導 入 ノ ズ ル	
3 4 4 . . .	炉 口 蓋	
3 4 6 . . .	排 気 管	
3 4 8 . . .	回 転 軸	
3 5 0 . . .	マ ニ ホ ー ル ド	
3 5 1 . . .	オ リ ン グ	30
3 5 2 . . .	冷 却 ガ ス 流 路	
3 5 3 . . .	吸 気 口	
3 5 4 . . .	排 気 路	
3 5 5 . . .	排 気 部	
3 5 6 . . .	冷 却 ガ ス 排 気 装 置	
3 5 7 . . .	ラ ジ エ タ	
3 5 8 . . .	排 気 孔	
3 5 9 . . .	シャ ッ タ	
3 6 0 . . .	ア ウ タ チ ュ ー ブ	
3 6 2 . . .	イ ン ナ チ ュ ー ブ	40
3 7 0 . . .	温 度 制 御 装 置	
3 7 2 . . .	温 度 測 定 装 置	
3 7 4 . . .	M F C	
3 7 6 . . .	E C	
3 7 8 . . .	P S	
3 8 0 . . .	A P C	
3 8 2 . . .	E P	
3 8 4 . . .	イ ン バ ー タ	
1 0 1 0 . . .	半 導 体 製 造 装 置	
1 0 1 2 . . .	均 熱 管	50

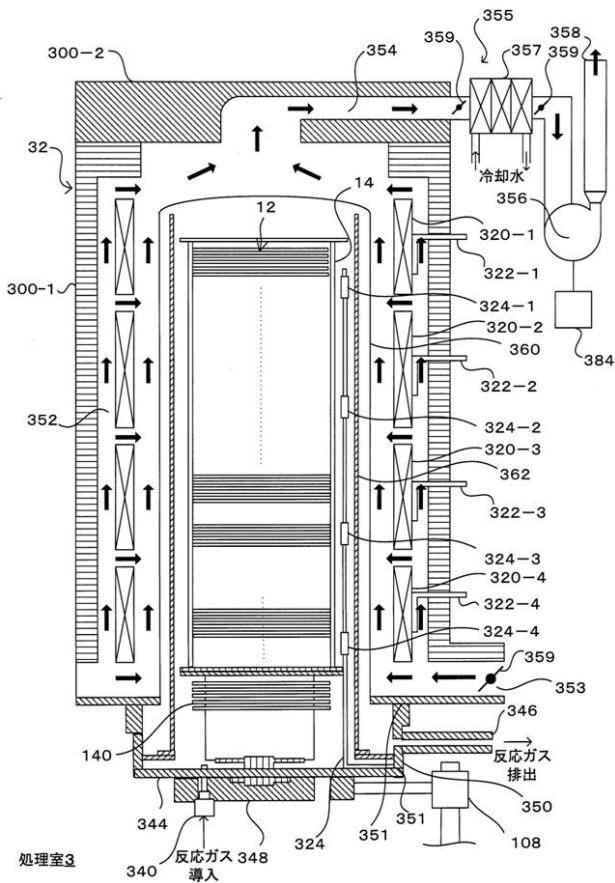
1 0 1 4 . . .	反応管	
1 0 1 6 . . .	供給管	
1 0 1 8 . . .	排気管	
1 0 2 0 . . .	導入部材	
1 0 2 2 . . .	排気口	
1 0 2 4 . . .	M F C	
1 0 3 0 . . .	A P C	
1 0 3 2 . . .	圧力センサ	
1 0 3 4 . . .	ベース	
1 0 3 6 . . .	リング	10
1 0 3 8 . . .	シールキャップ	
1 0 4 0 . . .	回転軸	
1 0 4 2 . . .	石英キャップ	
1 0 4 4 . . .	ポート	
1 0 5 0 . . .	ポートエレベータ	
1 0 5 2 . . .	ヒータ	
1 0 6 0 . . .	温度検出部 (温度検出装置)	
1 0 6 2 . . .	第 1 の熱電対	
1 0 6 4 . . .	第 2 の熱電対	
1 0 6 6 . . .	第 3 の熱電対	20
1 0 6 8 . . .	中心部熱電対	
1 0 7 0 . . .	天井部熱電対	
1 0 7 2 . . .	下部熱電対	
1 0 7 8 . . .	インバータ	
1 0 8 0 . . .	排気部	
1 0 8 2 . . .	排気管	
1 0 8 4 . . .	冷却ガス排気装置	
1 0 8 6 . . .	ラジエタ	
1 0 9 0 . . .	シャッタ	
1 0 9 2 . . .	圧力センサ	30
1 2 0 0 . . .	制御部 (制御装置)	
1 2 0 2 . . .	ガス流量制御部 (ガス流量制御装置)	
1 2 0 4 . . .	温度制御部 (温度制御装置)	
1 2 0 6 . . .	圧力制御部 (圧力制御装置)	
1 2 0 8 . . .	駆動制御部 (駆動制御装置)	
1 2 2 0 . . .	冷却ガス流量制御部 (冷却ガス流量制御装置)	
1 2 2 2 . . .	減算器	
1 2 2 4 . . .	P I D 演算器	
1 2 2 6 . . .	周波数変換器	
1 2 2 8 . . .	周波数指示器	40
1 2 4 0 . . .	ウエハ中心部温度補正演算部 (ウエハ中心部温度補正演算装置)	
1 3 0 0 . . .	上位コントローラ	
1 4 0 0 . . .	ウエハ	

【図1】

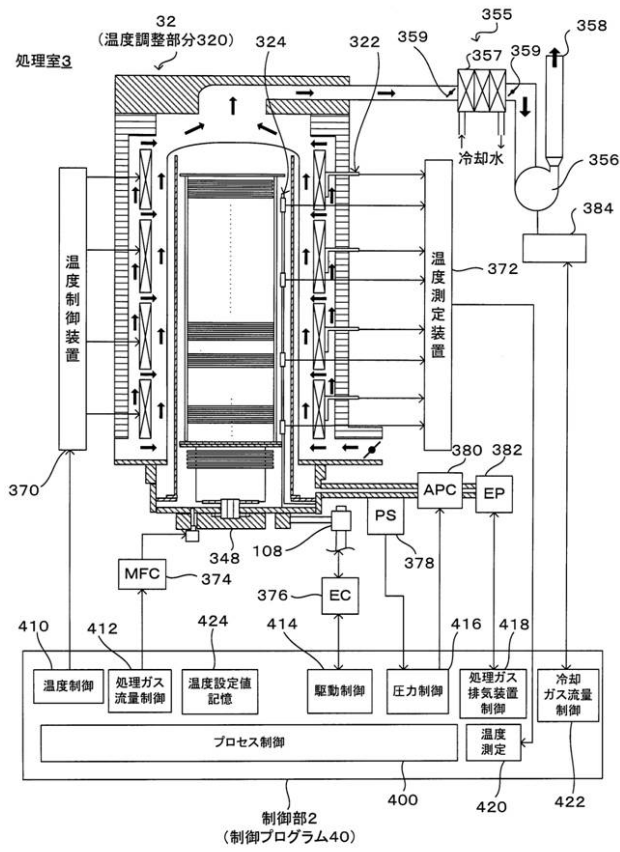


半導体処理装置
1

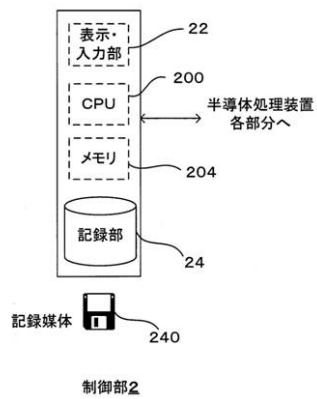
【図2】



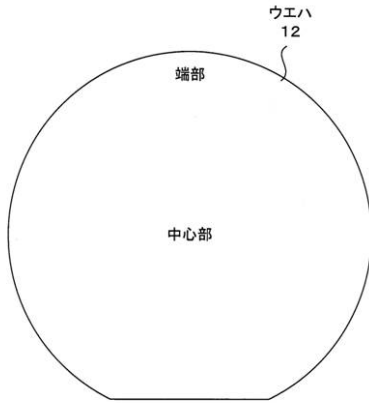
【図3】



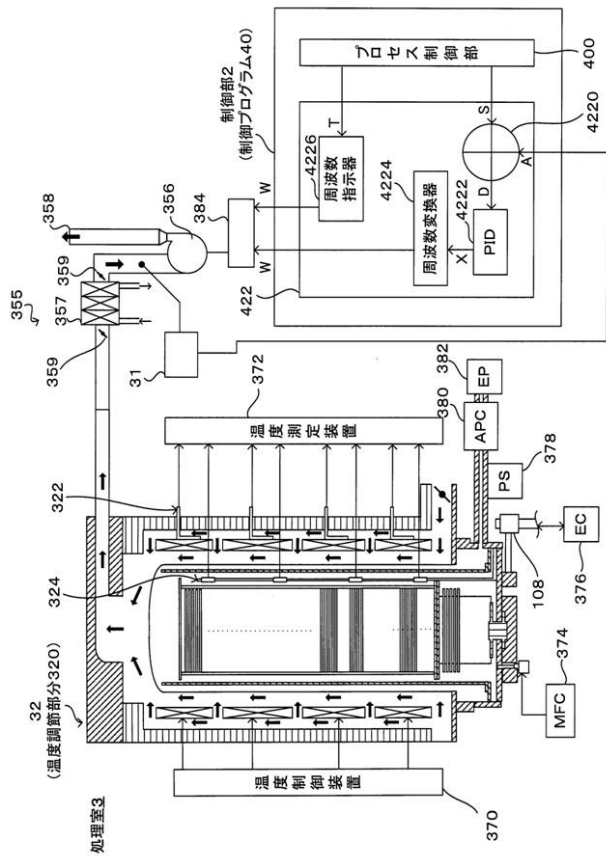
【図4】



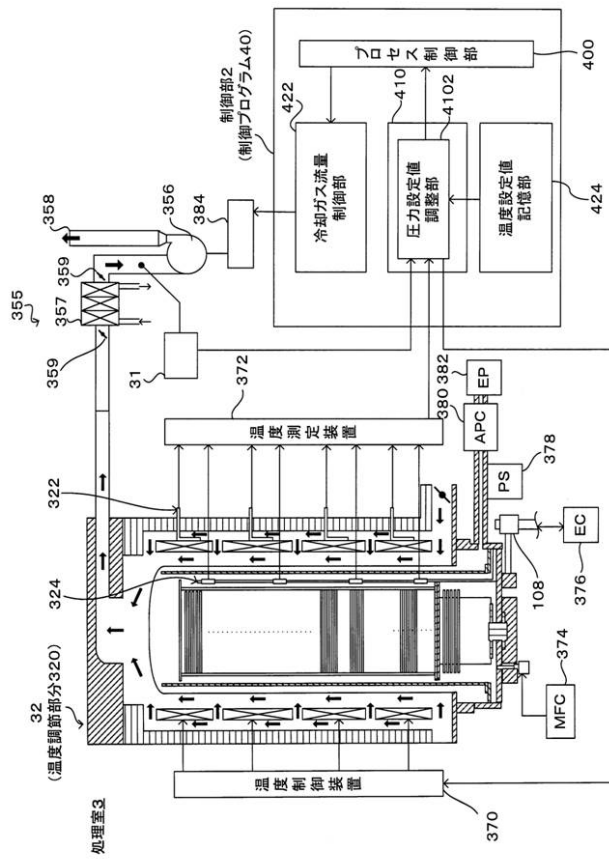
【図5】



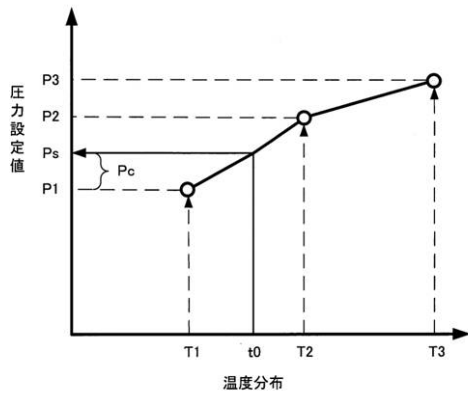
【図6】



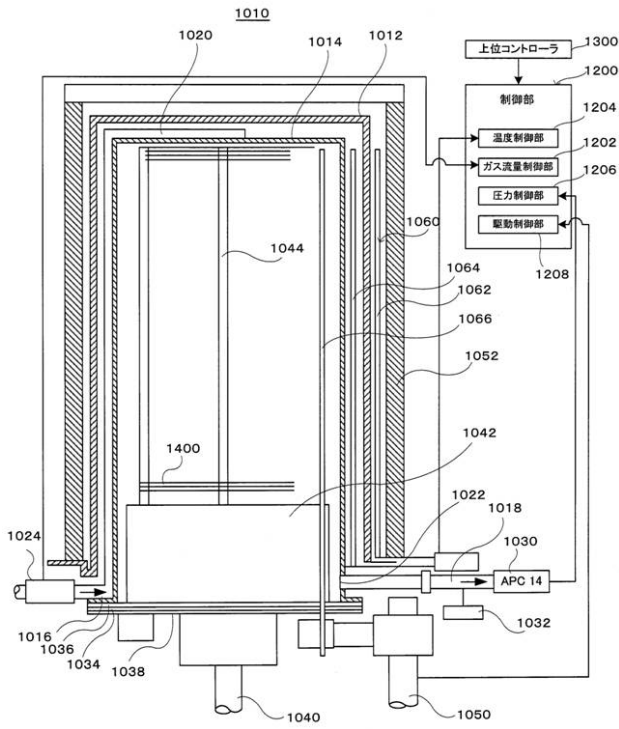
【 図 7 】



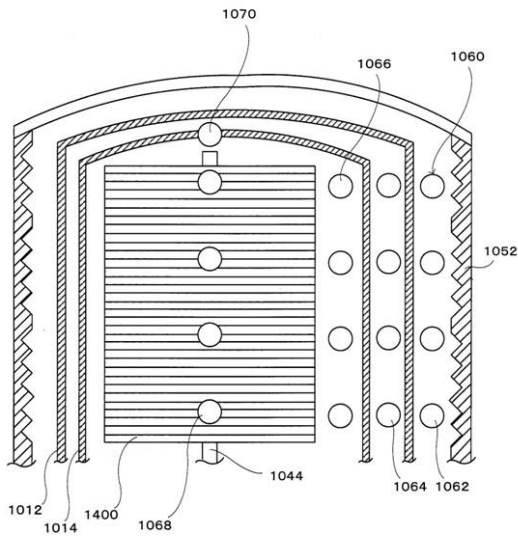
【 図 8 】



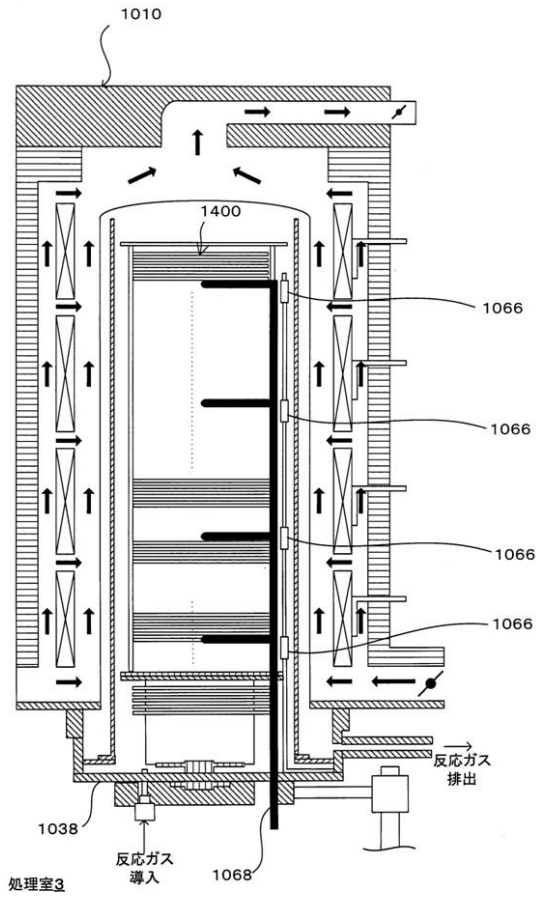
【図9】



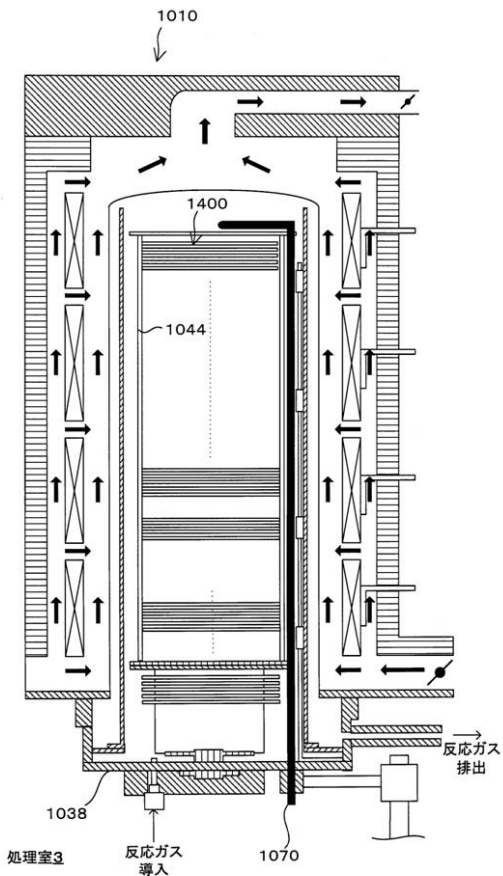
【図10】



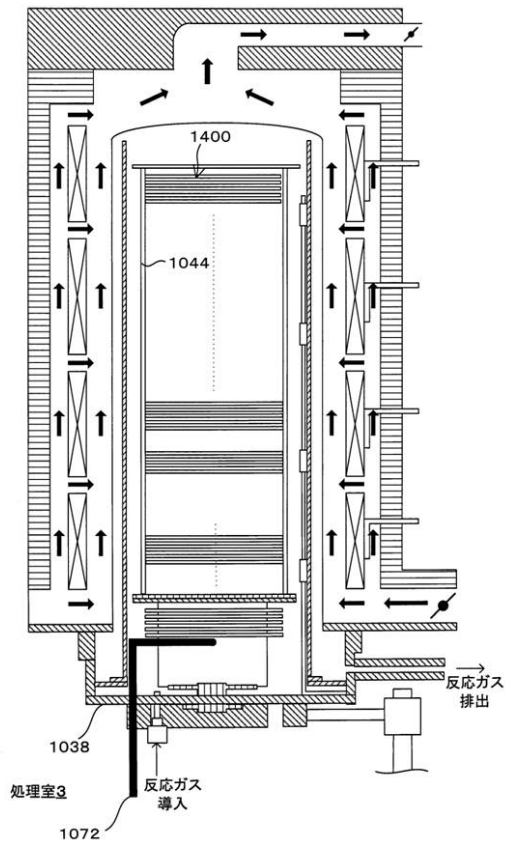
【図11】



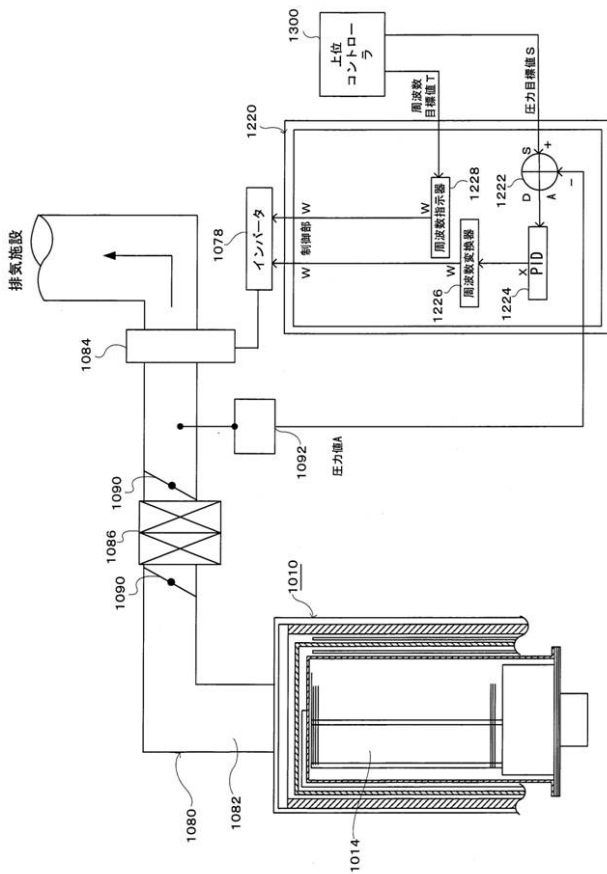
【図12】



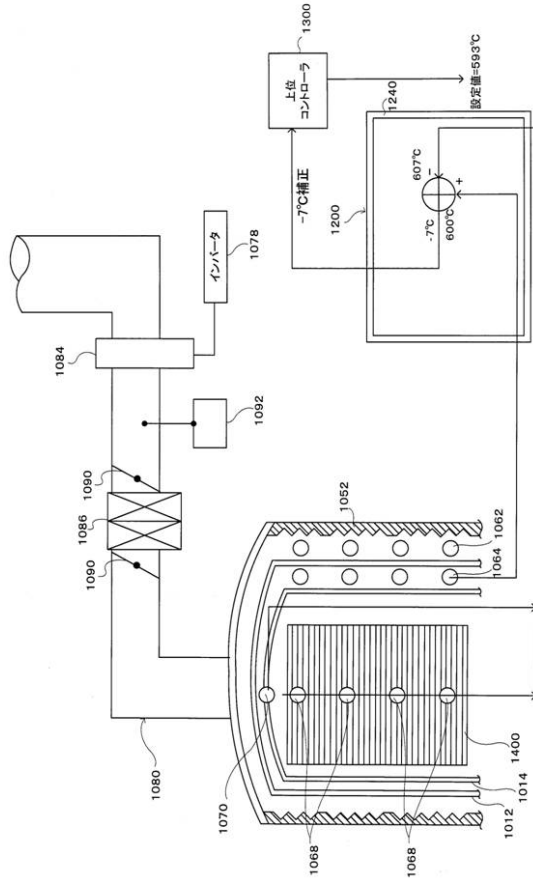
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 15 】



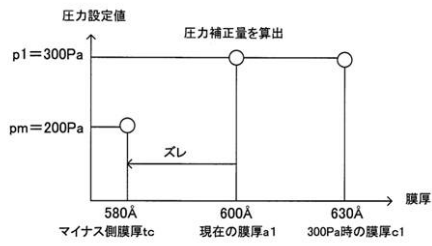
【 図 16 】

NO	温度設定値	圧力測定値	ウエハ中心部温度補正值	ボート天井部温度補正值
1	600°C	0Pa	0°C	0°C
2	600°C	200Pa	-5°C	-2°C
3	600°C	300Pa	-7°C	-4°C
4	600°C	500Pa	-10°C	-6°C
5	600°C	800Pa	-13°C	-9°C

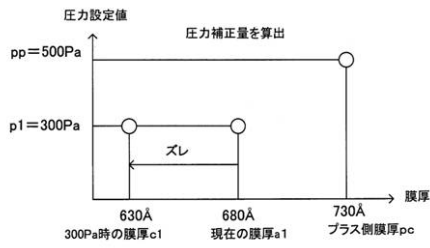
【 図 19 】

NO	温度設定値	圧力測定値	膜厚
1	600°C	0Pa	500Å
2	600°C	200Pa	580Å
3	600°C	300Pa	630Å
4	600°C	500Pa	730Å
5	600°C	800Pa	850Å

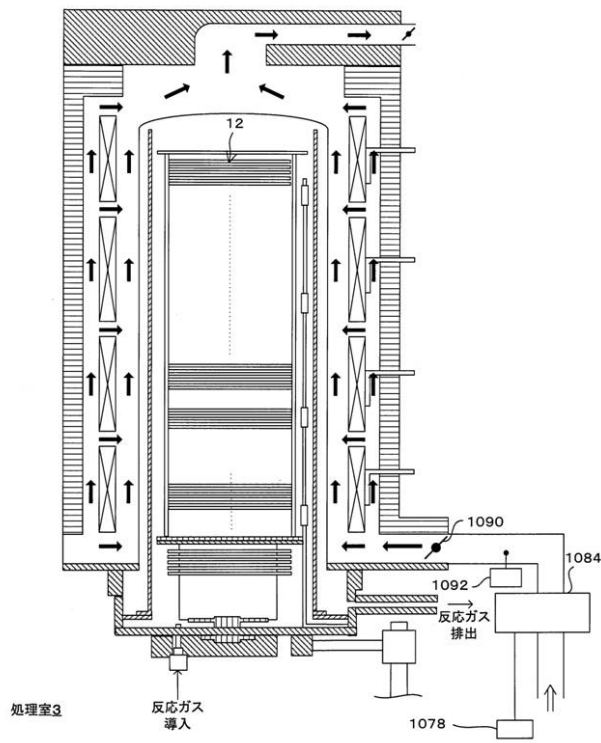
【 図 20 】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-197373(JP,A)
国際公開第2005/008755(WO,A1)
特開2004-134729(JP,A)
特開平01-093130(JP,A)
特開2002-313734(JP,A)
特開平04-065820(JP,A)
特開平05-121361(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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