

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4464979号
(P4464979)

(45) 発行日 平成22年5月19日 (2010.5.19)

(24) 登録日 平成22年2月26日 (2010.2.26)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/31 (2006.01)	HO 1 L 21/31 E
HO 1 L 21/22 (2006.01)	HO 1 L 21/22 5 1 1 S
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 21/02 Z

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-54092 (P2007-54092)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成19年3月5日 (2007.3.5)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2008-218709 (P2008-218709A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成20年9月18日 (2008.9.18)	(74) 代理人	100095407
審査請求日	平成20年2月4日 (2008.2.4)		弁理士 木村 満
		(72) 発明者	片岡 勇樹
			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	山口 達也
			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	王 文凌
			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】 処理システム、処理方法、及び、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理体または該被処理体の検査用基板を収容する処理室内に処理ガスを供給する処理ガス供給手段と、

前記処理ガス供給手段から供給する処理ガスの流量を含む、処理内容に応じた処理条件を記憶する処理条件記憶手段と、

前記被処理体と前記検査用基板との違いに起因する処理結果の誤差に関する誤差情報を記憶する誤差情報記憶手段と、

処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶するモデル記憶手段と、

前記誤差情報記憶手段に記憶された誤差情報に基づいて、前記被処理体の目標処理結果から前記検査用基板の目標処理結果を算出し、算出した前記検査用基板の目標処理結果に対応する処理条件を前記処理条件記憶手段により記憶された処理条件から抽出する処理条件抽出手段と、

前記処理条件抽出手段により抽出された処理条件で前記検査用基板を処理する検査用基板処理手段と、

前記検査用基板処理手段により処理された処理結果が、前記検査用基板の目標処理結果の所定の範囲内に含まれるか否かを判別する判別手段と、

前記判別手段により所定の範囲内に含まれないと、前記検査用基板を処理した処理結果と、前記モデル記憶手段により記憶された流量処理結果関係モデルとに基づいて、処理ガ

スの流量を算出する流量算出手段と、

前記流量算出手段により処理ガスの流量が算出されると、前記処理条件の処理ガスの流量を、前記流量算出手段により算出された処理ガスの流量に変更して、前記検査用基板処理手段に検査用基板を処理させる流量変更手段と、

を備え、

前記処理ガス供給手段は、前記処理室内に挿通され、同一の処理ガスを供給する高さの異なる複数の処理ガス供給管を有し、

前記処理室は、その高さ方向に複数のゾーンに区分けされ、

前記モデル記憶手段は、前記ゾーンごとの処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶し、

前記流量算出手段は、前記処理ガス供給管ごとに供給する流量を算出する、ことを特徴とする処理システム。

【請求項 2】

前記判別手段により所定の範囲内に含まれると、前記処理条件抽出手段により抽出された処理条件で被処理体を処理する被処理体処理手段を、さらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の処理システム。

【請求項 3】

前記誤差情報記憶手段は、前記被処理体と前記検査用基板とのローディング効果に関する誤差情報を記憶する、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の処理システム。

【請求項 4】

前記流量処理結果関係モデルは、前記処理条件を構成する各要件について 2 以上の異なる条件での処理結果に基づいて作成され、前記処理条件が変更されても対応可能である、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の処理システム。

【請求項 5】

前記処理条件記憶手段に記憶された処理ガスの流量を、前記流量算出手段により算出された処理ガスの流量に更新する処理条件更新手段を、さらに備える、ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の処理システム。

【請求項 6】

前記処理内容は成膜処理である、ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の処理システム。

【請求項 7】

被処理体または該被処理体の検査用基板を収容する処理室内に処理ガスを供給する処理ガス供給工程と、

前記処理ガス供給工程で供給する処理ガスの流量を含む、処理内容に応じた処理条件を記憶する処理条件記憶工程と、

前記被処理体と前記検査用基板との違いに起因する処理結果の誤差に関する誤差情報を記憶する誤差情報記憶工程と、

処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶するモデル記憶工程と、

前記誤差情報記憶工程で記憶された誤差情報に基づいて、前記被処理体の目標処理結果から前記検査用基板の目標処理結果を算出し、算出した前記検査用基板の目標処理結果に対応する処理条件を前記処理条件記憶工程で記憶された処理条件から抽出する処理条件抽出工程と、

前記処理条件抽出工程により抽出された処理条件で前記検査用基板を処理する検査用基板処理工程と、

前記検査用基板処理工程により処理された処理結果が、前記検査用基板の目標処理結果の所定の範囲内に含まれるか否かを判別する判別工程と、

前記判別工程により所定の範囲内に含まれないと、前記検査用基板を処理した処理結果と、前記モデル記憶工程により記憶された流量処理結果関係モデルとに基づいて、処理ガスの流量を算出する流量算出工程と、

10

20

30

40

50

前記流量算出工程により処理ガスの流量が算出されると、前記処理条件の処理ガスの流量を、前記流量算出工程により算出された処理ガスの流量に変更して、前記検査用基板処理工程で検査用基板を処理させる流量変更工程と、
を備え、

前記処理室内には、同一の処理ガスを供給する高さの異なる複数の処理ガス供給管が挿通され、

前記処理室は、その高さ方向に複数のゾーンに区分けされ、

前記モデル記憶工程では、前記ゾーンごとの処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶し、

前記流量算出工程では、前記処理ガス供給管ごとに供給する流量を算出する、ことを特徴とする処理方法。

10

【請求項 8】

前記判別工程で所定の範囲内に含まれると、前記処理条件抽出工程により抽出された処理条件で被処理体を処理する被処理体処理工程を、さらに備える、ことを特徴とする請求項 7 に記載の処理方法。

【請求項 9】

前記誤差情報記憶工程では、前記被処理体と前記検査用基板とのローディング効果に関する誤差情報を記憶する、ことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の処理方法。

【請求項 10】

前記流量処理結果関係モデルは、前記処理条件を構成する各要件について 2 以上の異なる条件での処理結果に基づいて作成され、前記処理条件が変更されても対応可能である、ことを特徴とする請求項 7 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の処理方法。

20

【請求項 11】

前記処理条件記憶工程で記憶された処理ガスの流量を、前記流量算出工程により算出された処理ガスの流量に更新する更新工程を、さらに備える、ことを特徴とする請求項 7 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の処理方法。

【請求項 12】

前記処理内容は成膜処理である、ことを特徴とする請求項 7 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の処理方法。

【請求項 13】

30

コンピュータを、
被処理体または該被処理体の検査用基板を収容する処理室内に処理ガスを供給する処理ガス供給手段、

前記処理ガス供給手段から供給する処理ガスの流量を含む、処理内容に応じた処理条件を記憶する処理条件記憶手段、

前記被処理体と前記検査用基板との違いに起因する処理結果の誤差に関する誤差情報を記憶する誤差情報記憶手段、

処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶するモデル記憶手段、

前記誤差情報記憶手段に記憶された誤差情報に基づいて、前記被処理体の目標処理結果から前記検査用基板の目標処理結果を算出し、算出した前記検査用基板の目標処理結果に対応する処理条件を前記処理条件記憶手段により記憶された処理条件から抽出する処理条件抽出手段、

40

前記処理条件抽出手段により抽出された処理条件で前記検査用基板を処理する検査用基板処理手段、

前記検査用基板処理手段により処理された処理結果が、前記検査用基板の目標処理結果の所定の範囲内に含まれるか否かを判別する判別手段、

前記判別手段により所定の範囲内に含まれないと、前記検査用基板を処理した処理結果と、前記モデル記憶手段により記憶された流量処理結果関係モデルとに基づいて、処理ガスの流量を算出する流量算出手段、

50

前記流量算出手段により処理ガスの流量が算出されると、前記処理条件の処理ガスの流量を、前記流量算出手段により算出された処理ガスの流量に変更して、前記検査用基板処理手段に検査用基板を処理させる流量変更手段、
として機能させ、

前記処理ガス供給手段は、前記処理室内に挿通され、同一の処理ガスを供給する高さの異なる複数の処理ガス供給管を有し、

前記処理室は、その高さ方向に複数のゾーンに区分けされ、

前記モデル記憶手段は、前記ゾーンごとの処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶し、

前記流量算出手段は、前記処理ガス供給管ごとに供給する流量を算出する、ことを特徴とするプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウエハ等の被処理体を処理する処理システム、処理方法、及び、プログラムに関し、特に、被処理体を多数枚一括して処理するバッチ式の処理システム、処理方法、及び、プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程では、多数枚の被処理体、例えば、半導体ウエハの成膜処理、酸化処理あるいは拡散処理などを一括して行うバッチ式の処理システムが用いられている。バッチ式の処理システムでは、効率的に半導体ウエハを処理することが可能であるが、多数枚の半導体ウエハの処理について、その処理の均一性を確保することは困難である。

20

【0003】

このような問題を解決する技術として、例えば、特許文献1には、拡散炉内へガスを導入するガスインジェクターを上部用、中央部用、下部用の3本以上複数本有し、各々独立して流量を制御することによりガスの供給量を均一にし、半導体装置の歩留まりを向上させる方法が提案されている。

【0004】

特許文献2には、熱処理中にキャリアガスの流量を変えることにより被処理体のプロセス面内の少なくとも中央部と周辺部との間で処理ガスの供給位置を変え、均一処理を行うことができる熱処理方法が提案されている。

30

【0005】

特許文献3には、複数の配管から供給する反応ガスの流量と基板上での膜の成長速度との関係を推定し、複数の配管から供給する反応ガスの流量を制御して成膜を行う方法が提案されている。

【特許文献1】特開平11-121389号公報

【特許文献2】特許第3081969号公報

【特許文献3】特開2003-166066号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、バッチ式の処理システムでは、当初は適切に処理されていても、処理操作を複数回繰り返したり、外部要因の変化等により、当初の予定とは異なる処理になってしまうおそれがある。例えば、半導体ウエハの成膜処理の場合、当初は半導体ウエハの表面に適切な膜厚で成膜することが可能であったにも拘わらず、成膜処理を繰り返すうちに、半導体ウエハの表面に成膜される膜厚が変化してしまうことがある。これは、ガスの供給量が、処理システムの処理炉の経時変化や外部環境の変化に対応していないことが考えられる。このため、処理システムの操作者が、経験や勘をもとにガスの流量を調整し、半導体ウエハの表面に成膜される膜厚の均一性を確保している。このように、成膜処理において

50

、その膜厚の均一性を確保することは困難である。このため、処理システムやプロセスに関する知識や経験のない操作者であっても、ガス流量を容易に調整することができるような処理システム及び処理方法が求められている。

【0007】

本発明は、上記実状に鑑みてなされたものであり、ガス流量を容易に調整することができる処理システム、処理方法、及び、プログラムを提供することを目的とする。

また、本発明は、経時変化や外部環境の変化に拘わらず、適切な処理を行うことができる処理システム、処理方法、及び、プログラム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】

【0009】

上記目的を達成するため、本発明の第1の観点にかかる処理システムは、
被処理体または該被処理体の検査用基板を収容する処理室内に処理ガスを供給する処理ガス供給手段と、

前記処理ガス供給手段から供給する処理ガスの流量を含む、処理内容に応じた処理条件を記憶する処理条件記憶手段と、

前記被処理体と前記検査用基板との違いに起因する処理結果の誤差に関する誤差情報を記憶する誤差情報記憶手段と、

処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶するモデル記憶手段と、

前記誤差情報記憶手段に記憶された誤差情報に基づいて、前記被処理体の目標処理結果から前記検査用基板の目標処理結果を算出し、算出した前記検査用基板の目標処理結果に対応する処理条件を前記処理条件記憶手段により記憶された処理条件から抽出する処理条件抽出手段と、

前記処理条件抽出手段により抽出された処理条件で前記検査用基板を処理する検査用基板処理手段と、

前記検査用基板処理手段により処理された処理結果が、前記検査用基板の目標処理結果の所定の範囲内に含まれるか否かを判別する判別手段と、

前記判別手段により所定の範囲内に含まれないと、前記検査用基板を処理した処理結果と、前記モデル記憶手段により記憶された流量処理結果関係モデルとに基づいて、処理ガスの流量を算出する流量算出手段と、

前記流量算出手段により処理ガスの流量が算出されると、前記処理条件の処理ガスの流量を、前記流量算出手段により算出された処理ガスの流量に変更して、前記検査用基板処理手段に検査用基板を処理させる流量変更手段と、
を備え、

前記処理ガス供給手段は、前記処理室内に挿通され、同一の処理ガスを供給する高さの異なる複数の処理ガス供給管を有し、

前記処理室は、その高さ方向に複数のゾーンに区分けされ、

前記モデル記憶手段は、前記ゾーンごとの処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶し、

前記流量算出手段は、前記処理ガス供給管ごとに供給する流量を算出する、ことを特徴とする。

【0010】

前記判別手段により所定の範囲内に含まれると、前記処理条件抽出手段により抽出された処理条件で被処理体を処理する被処理体処理手段を、さらに備えることが好ましい。

前記誤差情報記憶手段は、例えば、前記被処理体と前記検査用基板とのローディング効果に関する誤差情報を記憶する。

【0011】

前記流量処理結果関係モデルは、例えば、前記処理条件を構成する各要件について2以上の異なる条件での処理結果に基づいて作成される。この場合、前記処理条件が変更されても対応可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

前記処理条件記憶手段に記憶された処理ガスの流量を、前記流量算出手段により算出された処理ガスの流量に更新する処理条件更新手段を、さらに備えてもよい。

前記処理内容は、例えば、成膜処理である。

【 0 0 1 4 】

本発明の第2の観点にかかる処理方法は、

被処理体または該被処理体の検査用基板を収容する処理室内に処理ガスを供給する処理ガス供給工程と、

前記処理ガス供給工程で供給する処理ガスの流量を含む、処理内容に応じた処理条件を記憶する処理条件記憶工程と、

前記被処理体と前記検査用基板との違いに起因する処理結果の誤差に関する誤差情報を記憶する誤差情報記憶工程と、

処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶するモデル記憶工程と、

前記誤差情報記憶工程で記憶された誤差情報に基づいて、前記被処理体の目標処理結果から前記検査用基板の目標処理結果を算出し、算出した前記検査用基板の目標処理結果に対応する処理条件を前記処理条件記憶工程で記憶された処理条件から抽出する処理条件抽出工程と、

前記処理条件抽出工程により抽出された処理条件で前記検査用基板を処理する検査用基板処理工程と、

前記検査用基板処理工程により処理された処理結果が、前記検査用基板の目標処理結果の所定の範囲内に含まれるか否かを判別する判別工程と、

前記判別工程により所定の範囲内に含まれないと、前記検査用基板を処理した処理結果と、前記モデル記憶工程により記憶された流量処理結果関係モデルとに基づいて、処理ガスの流量を算出する流量算出工程と、

前記流量算出工程により処理ガスの流量が算出されると、前記処理条件の処理ガスの流量を、前記流量算出工程により算出された処理ガスの流量に変更して、前記検査用基板処理工程で検査用基板を処理させる流量変更工程と、

を備え、

前記処理室内には、同一の処理ガスを供給する高さの異なる複数の処理ガス供給管が挿通され、

前記処理室は、その高さ方向に複数のゾーンに区分けされ、

前記モデル記憶工程では、前記ゾーンごとの処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶し、

前記流量算出工程では、前記処理ガス供給管ごとに供給する流量を算出する、ことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

前記判別工程で所定の範囲内に含まれると、前記処理条件抽出工程により抽出された処理条件で被処理体を処理する被処理体処理工程を、さらに備えてもよい。

前記誤差情報記憶工程では、例えば、前記被処理体と前記検査用基板とのローディング効果に関する誤差情報を記憶する。

【 0 0 1 6 】

前記流量処理結果関係モデルは、前記処理条件を構成する各要件について2以上の異なる条件での処理結果に基づいて作成されていてもよい。この場合、前記処理条件が変更されても対応可能である。

【 0 0 1 8 】

前記処理条件記憶工程で記憶された処理ガスの流量を、前記流量算出工程により算出された処理ガスの流量に更新する更新工程を、さらに備えてもよい。

前記処理内容は、例えば、成膜処理である。

【 0 0 2 0 】

10

20

30

40

50

本発明の第3の観点にかかるプログラムは、
 コンピュータを、
 被処理体または該被処理体の検査用基板を収容する処理室内に処理ガスを供給する処理ガス供給手段、
 前記処理ガス供給手段から供給する処理ガスの流量を含む、処理内容に応じた処理条件を記憶する処理条件記憶手段、
 前記被処理体と前記検査用基板との違いに起因する処理結果の誤差に関する誤差情報を記憶する誤差情報記憶手段、
 処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶するモデル記憶手段、
 前記誤差情報記憶手段に記憶された誤差情報に基づいて、前記被処理体の目標処理結果から前記検査用基板の目標処理結果を算出し、算出した前記検査用基板の目標処理結果に対応する処理条件を前記処理条件記憶手段により記憶された処理条件から抽出する処理条件抽出手段、
 前記処理条件抽出手段により抽出された処理条件で前記検査用基板を処理する検査用基板処理手段、
 前記検査用基板処理手段により処理された処理結果が、前記検査用基板の目標処理結果の所定の範囲内に含まれるか否かを判別する判別手段、
 前記判別手段により所定の範囲内に含まれないと、前記検査用基板を処理した処理結果と、前記モデル記憶手段により記憶された流量処理結果関係モデルとに基づいて、処理ガスの流量を算出する流量算出手段、
 前記流量算出手段により処理ガスの流量が算出されると、前記処理条件の処理ガスの流量を、前記流量算出手段により算出された処理ガスの流量に変更して、前記検査用基板処理手段に検査用基板を処理させる流量変更手段、
 として機能させ、
前記処理ガス供給手段は、前記処理室内に挿通され、同一の処理ガスを供給する高さの異なる複数の処理ガス供給管を有し、
前記処理室は、その高さ方向に複数のゾーンに区分けされ、
前記モデル記憶手段は、前記ゾーンごとの処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルを記憶し、
前記流量算出手段は、前記処理ガス供給管ごとに供給する流量を算出する、ことを特徴とする。

10

20

30

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、ガス流量を容易に調整することができる処理システム、処理方法、及び、プログラムを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

(第1の実施の形態)

以下、本発明の処理システム、処理方法、及び、プログラムを、図1に示すバッチ式の縦型熱処理装置に適用した場合を例に第1の実施の形態を説明する。また、本実施の形態では、被処理体への処理として、 O_2 ガス、 H_2 ガスをを用いた低圧ラジカル酸化(LPRO)法により、半導体ウエハに SiO_2 膜を形成する場合を例に本発明を説明する。

40

【0023】

図1に示すように、本実施の形態の縦型熱処理装置1は、略円筒状で有天井の反応管2を備えている。反応管2は、その長手方向が垂直方向に向くように配置されている。反応管2は、耐熱及び耐腐食性に優れた材料、例えば、石英により形成されている。

【0024】

反応管2の下側には、略円筒状のマニホール3が設けられている。マニホール3は、その上端と反応管2の下端とは気密に接合されている。マニホール3には、反応管2

50

内のガスを排気するための排気管 4 が気密に接続されている。排気管 4 には、バルブ、真空ポンプなどからなる圧力調整部 5 が設けられており、反応管 2 内を所望の圧力（真空度）に調整する。

【 0 0 2 5 】

マニホールド 3（反応管 2）の下方には、蓋体 6 が配置されている。蓋体 6 は、ポートエレベータ 7 により上下動可能に構成され、ポートエレベータ 7 により蓋体 6 が上昇するとマニホールド 3（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 7 により蓋体 6 が下降すると反応管 2 の下方側（炉口部分）が開口されるように配置されている。

【 0 0 2 6 】

蓋体 6 の上部には、保温筒（断熱体）8 を介して、ウエハポート 9 が設けられている。ウエハポート 9 は、被処理体、例えば、半導体ウエハ W を収容（保持）するウエハ保持具であり、本実施の形態では、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、150 枚収容可能に構成されている。そして、ウエハポート 9 に半導体ウエハ W を収容し、ポートエレベータ 7 により蓋体 6 を上昇させることにより、半導体ウエハ W が反応管 2 内にロードされる。

【 0 0 2 7 】

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ヒータ部 10 が設けられている。このヒータ部 10 により反応管 2 の内部が所定の温度に加熱され、この結果、半導体ウエハ W が所定の温度に加熱される。ヒータ部 10 は、例えば、5 段に配置されたヒータ 11 ~ 15 から構成され、図示しない電力コントローラにより、それぞれ独立して電力が供給される。なお、反応管 2 内は、このヒータ 11 ~ 15 により、後述する図 3 に示すような 5 つのゾーンに区分されていると考えることができる。

【 0 0 2 8 】

また、マニホールド 3 には、反応管 2 内にガスを供給する複数のガス供給管が設けられている。本実施の形態では、反応管 2 内に O_2 ガスを供給する O_2 ガス供給管 16 と、反応管 2 内に H_2 ガスを供給する 4 本の H_2 ガス供給管 17 ~ 20 が設けられている。 O_2 ガス供給管 16 は、マニホールド 3 の側方からウエハポート 9 の上部近傍まで延びるように形成され、ウエハポート 9 の上部近傍から反応管 2 内に O_2 ガスを供給する。 H_2 ガス供給管 17 ~ 20 は、その先端の高さが一定の間隔で異なる高さとなるように形成されている。すなわち、 H_2 ガス供給管 17 ~ 20 の先端の位置（高さ）が等間隔で低くなるように形成されている。

【 0 0 2 9 】

本例では、 H_2 ガス供給管 17 は、マニホールド 3 の側方からウエハポート 9 の上部近傍まで延びるように形成され、ウエハポート 9 の上部近傍から反応管 2 内に H_2 ガスを供給する。 H_2 ガス供給管 18 は、マニホールド 3 の側方からウエハポート 9 の高さの $2/3$ 付近まで延びるように形成され、ウエハポート 9 の高さの $2/3$ 付近から反応管 2 内に H_2 ガスを供給する。 H_2 ガス供給管 19 は、マニホールド 3 の側方からウエハポート 9 の高さの $1/3$ 付近まで延びるように形成され、ウエハポート 9 の高さの $1/3$ 付近から反応管 2 内に H_2 ガスを供給する。 H_2 ガス供給管 20 は、マニホールド 3 の側方からウエハポート 9 の下部近傍まで延びるように形成され、ウエハポート 9 の下部近傍から反応管 2 内にガスを供給する。なお、本実施の形態では、 H_2 ガス供給管 17 が H_2 ガスのメイン供給管であり、 H_2 ガス供給管 18 ~ 20 が H_2 ガスのサブ供給管 1 ~ 3 である。

【 0 0 3 0 】

各ガス供給管 16 ~ 20 には、それぞれガス流量を調整するためのマスフローコントローラ（MFC）などからなる流量調整部 21 ~ 25 が設けられている。このため、流量調整部 21 ~ 25 により調整された所望量のガスが各ガス供給管 16 ~ 20 を介して反応管 2 内に供給される。

【 0 0 3 1 】

また、縦型熱処理装置 1 は、反応管 2 内のガス流量、圧力、処理雰囲気温度といった

10

20

30

40

50

処理パラメータを制御するための制御部（コントローラ）50を備えている。制御部50は、流量調整部21～25、圧力調整部5、図示しない電力コントローラに制御信号を出力する。図2に制御部50の構成を示す。

【0032】

図2に示すように、制御部50は、モデル記憶部51と、レシピ記憶部52と、ROM53と、RAM54と、I/Oポート55と、CPU56と、これらを相互に接続するバス57と、から構成されている。

【0033】

モデル記憶部51には、処理ガスの流量と処理結果との関係を示す流量処理結果関係モデルが記憶されている。本実施の形態では、モデル記憶部51には、各ガス供給管16～20から供給されるそれぞれのガスの流量と、半導体ウエハW上に形成される膜厚との関係を示す膜厚流量関係モデルが記憶されている。この膜厚流量関係モデルは、処理条件（プロセス条件）を構成する、反応管2内の温度、圧力、ガスの総流量などについて2以上の異なる条件での処理結果（膜厚結果）に基づいて作成されている。このため、膜厚流量関係モデルは、プロセス条件の変更にも対応（補間）可能であり、反応管2内の温度、圧力、ガスの総流量などのプロセス条件、及び、必要な膜厚に基づいて、ガス供給管16～20から供給するガスの流量を算出する。なお、膜厚流量関係モデルの詳細については、後述する。

【0034】

レシピ記憶部52には、この熱処理装置で実行される成膜処理の種類に応じて、制御手順を定めるプロセス用レシピが記憶されている。プロセス用レシピは、ユーザが実際に行う処理（プロセス）毎に用意されるレシピであり、反応管2への半導体ウエハWのロードから、処理済みの半導体ウエハWをアンロードするまでの、各部の温度の変化、反応管2内の圧力変化、ガスの供給の開始及び停止のタイミングと供給量などを規定する。

【0035】

ROM53は、EEPROM、フラッシュメモリ、ハードディスクなどから構成され、CPU56の動作プログラムなどを記憶する記録媒体である。

RAM54は、CPU56のワークエリアなどとして機能する。

【0036】

I/Oポート55は、温度、圧力、ガスの流量に関する測定信号をCPU56に供給すると共に、CPU56が出力する制御信号を各部（電力コントローラ、流量調整部21～25、圧力調整部5）へ出力する。また、I/Oポート55には、操作者が縦型熱処理装置1を操作する操作パネル58が接続されている。

【0037】

CPU（Central Processing Unit）56は、制御部50の中枢を構成し、ROM53に記憶された動作プログラムを実行し、操作パネル58からの指示に従って、レシピ記憶部52に記憶されているプロセス用レシピに沿って、縦型熱処理装置1の動作を制御する。

【0038】

また、CPU56は、半導体ウエハW上に形成された膜厚結果と、モデル記憶部51に記憶されている膜厚流量関係モデルとに基づいて、各ガス供給管16～20から供給されるそれぞれのガスの適切な流量を算出する。そして、ガス供給管16～20から供給されるガスの流量が算出した流量となるように、流量調整部21～25に制御信号を出力する。また、CPU56は、対応するレシピ記憶部52に記憶されているレシピのガスの流量を、算出したガスの流量に更新する。すなわち、CPU56は、半導体ウエハW上に形成された膜厚結果に基づいてレシピの更新を行う。

バス57は、各部の間で情報を伝達する。

【0039】

次に、モデル記憶部51に記憶されている膜厚流量関係モデルについて説明する。膜厚流量関係モデルは、ガス供給管16～20から供給されるガスの流量と、半導体ウエハW上に形成される膜厚の変動量との関係を示すモデルであり、複数のプロセス条件での実験

10

20

30

40

50

値から作成することができる。以下、膜厚流量関係モデルの作成方法について説明する。

【0040】

まず、図4に示すように、所定のプロセス条件、例えば、プロセス条件1（反応管2内の温度：900、水素分圧比：10%、圧力：0.3 Torr（40 Pa）、ガス総流量：5000 sccm）で、H₂ガス供給管18～20（H₂ガスのサブ供給管1～3）の流量を変動させた場合（条件1-1～1-4）について、半導体ウエハW上にSiO₂膜を形成する。そして、図3に示す反応管2のゾーン1～5ごとに收容された半導体ウエハWを取り出し、取り出した半導体ウエハW上に形成されたSiO₂の膜厚を測定する。

【0041】

次に、図5、図6に示すように、プロセス条件の一部を変更して同様の試験を行い、ゾーン1～5ごとに半導体ウエハW上に形成されるSiO₂の膜厚を測定する。なお、プロセス条件2では反応管2内の温度を800に変更し、プロセス条件3では水素分圧比を5%に変更し、プロセス条件4では圧力を0.5 Torr（67 Pa）に変更し、プロセス条件5ではガス総流量を3500 sccmに変更している。

【0042】

続いて、変更したプロセス条件ごとに膜厚データを補間し、対象とするレシピ条件における膜厚を算出する。本例では、対象とするレシピのプロセス条件が、反応管2内の温度：850、水素分圧比：18.4%、圧力：0.4 Torr（53 Pa）、ガス総流量：4655 sccmの場合を例に説明する。

【0043】

まず、反応管2内の温度に関する膜厚データを補間する。本例では、図7（a）に示す、反応管2内の温度が900の時の各ゾーン1～5の半導体ウエハW上に形成されたSiO₂の膜厚（基準膜厚）と、図7（b）に示す、反応管2内の温度が800の時の各ゾーン1～5の半導体ウエハW上に形成されたSiO₂の膜厚（変動膜厚）とから、反応管2内の温度をレシピの条件である、850としたときに半導体ウエハW上に形成されるSiO₂の膜厚を算出（補間）する。

【0044】

補間の方法については、各種の方法を用いることが可能であり、本例では、べき乗近似（ $Thick = aT^b$ ）により、反応管2内の温度が850の時の各ゾーン1～5の半導体ウエハW上に形成されるSiO₂の膜厚（補間後膜厚）を算出した。補間後膜厚を図7（c）に示す。

【0045】

次に、補間後膜厚の値から、反応管2内の温度変動による変動率を算出する。本例では、変動率 = （補間後膜厚 - 基準膜厚） / 基準膜厚、として、温度変動による変動率を算出した。温度変動による変動率を図7（d）に示す。

【0046】

続いて、同様の手順により、水素分圧比、圧力、及び、ガス総流量についても、膜厚データの補間を行い、水素分圧比変動、圧力変動、及び、ガス総流量変動による変動率を算出した。水素分圧比変動による変動率を図8（a）に示し、圧力変動による変動率を図8（b）に示し、ガス総流量変動による変動率を図8（c）に示す。

【0047】

そして、これらの変動したプロセス条件の要因を加え合わせる、すなわち、基準膜厚 × （1 + 温度変動による変動率 + 水素分圧比変動による変動率 + 圧力変動による変動率 + ガス総流量変動による変動率）とすることにより、対象となるレシピに対するガス流量と膜厚変動量との関係を求めることができ、図9に示す膜厚流量関係モデルが作成できる。

【0048】

この膜厚流量関係モデルを式で表すと、 $y = Mu$ で表すことができる。ここで、 $y = [y(1), y(2), \dots, y(n)]^T$ は膜厚の変動量、 $u = [u(1), u(2), \dots, u(m)]^T$ はガス流量の変動量、 $M(n \times m)$ はガス流量の変動量と膜厚の変動量の変換行列である。ただし、実際には、機体差、モデル化差、測定誤差等の誤差要

10

20

30

40

50

因を含むことから、これらの誤差をひとまとめにして修正する項 $x = [x(1), x(2), \dots, x(n)]^T$ を加え、 $y = Mu + x$ で表される。カルマンフィルタで x を推定し、 u に対する膜厚 y の推定値を求め、この推定値と目標値との差分をなくするためのガス流量変動量を求めることができる。なお、実際のガスの流量には制約があることから、例えば、二次計画法を用いてガス流量を求めることが好ましい。

【0049】

このように、膜厚流量関係モデルは、物理現象を定式化する必要がない。このため、精度の高いモデルを容易に求めることができる。また、温度、圧力、総流量などのプロセス条件が変更された場合でも、予め作成しておいた線形モデルを補間することで、精度の高い膜厚流量関係モデルを作ることができる。このため、温度、圧力、総流量などのプロセス条件が変更されても、新たに実験から膜厚流量関係モデルを作る必要がなくなる。

10

【0050】

次に、上記のような構成の縦型熱処理装置 1 を用いて、半導体ウエハ W に酸化膜を形成する成膜方法を例に、本発明の処理方法について、図 10 を参照して説明する。

【0051】

まず、オペレータが操作パネル 58 に処理の内容（酸化膜の形成）を入力する。CPU 56 は、入力があるか否かを判別し（ステップ S1）、入力があると（ステップ S1; Yes）、入力された指示（処理の内容）に応答した酸化膜形成用のレシピをレシピ記憶部 52 から読み出す（ステップ S2）。

【0052】

次に、CPU 56 は、ヒータ部 10 により反応管 2 内を、レシピに定められたロード温度、例えば、400 に設定し、被処理体である半導体ウエハ W をウエハポート 9 に所定枚数、例えば、150 枚載置し、ポートエレベータ 7 により蓋体 6 を上昇させる。そして、CPU 56 は、マニホールド 3 の下端のフランジと蓋体 6 とを気密状態とし、半導体ウエハ W を反応管 2 内にロードする（ステップ S3）。

20

【0053】

CPU 56 は、半導体ウエハ W のロードが完了すると、反応管 2 内を読み出したレシピに従った成膜条件に設定する。具体的には、CPU 56 は、圧力調整部 5 を含む排気系を制御して、排気動作を開始する。また、CPU 56 は、ヒータ部 10 に供給する電力を増加させて昇温を開始する。そして、CPU 56 は、レシピに従って、流量調整部 21 ~ 25 を制御し、ガス供給管 16 ~ 20 から反応管 2 内に所定量の処理ガスを供給し、成膜処理を実行する（ステップ S4）。

30

【0054】

続いて、CPU 56 は、成膜処理が終了したか否かを判別し（ステップ S5）、成膜処理が終了すると（ステップ S5; Yes）、処理ガスの供給を停止する。そして、CPU 56 は、反応管 2 内を冷却し、レシピに定められたアンロード温度、例えば、400 に設定し、ウエハポート 9（半導体ウエハ W）をアンロードする（ステップ S6）。

【0055】

次に、CPU 56 は、アンロードしたウエハポート 9 に載置された半導体ウエハ W から、ゾーン 1 ~ 5 ごとに少なくとも 1 枚の半導体ウエハ W（モニタウエハ）を取り出し、例えば、図示しない測定装置に搬送する（ステップ S7）。

40

【0056】

各モニタウエハの膜厚が測定装置により測定されると、測定装置から測定したモニタウエハの膜厚の結果に関する測定結果情報が縦型熱処理装置 1（CPU 56）に送信される。CPU 56 は、測定結果情報を受信したか否かを判別し（ステップ S8）、測定結果情報を受信すると（ステップ S8; Yes）、形成された SiO_2 膜の膜厚に問題があるか否かを判別し（ステップ S9）、問題なければ（ステップ S9; No）、この処理を終了する。

【0057】

問題があれば（ステップ S9; Yes）、測定結果情報（測定されたモニタウエハの膜

50

厚)と、モデル記憶部51に記憶されている膜厚流量関係モデルとに基づいて、次の成膜処理における各ガス供給管16~20から供給する処理ガスの流量を算出する(ステップS10)。すなわち、測定されたモニタウエハの膜厚と目標膜厚との差分をなくするためのガス流量変動量を膜厚流量関係モデルを用いて求めることにより、次の成膜処理における各ガス供給管16~20から供給する処理ガスの流量を算出する。

【0058】

CPU56は、各ガス供給管16~20から供給する処理ガスの流量を算出すると、算出した処理ガスの流量を次の成膜処理時の処理ガスの流量としてRAM54に格納し、レシピの更新する(ステップS11)。なお、オペレータが、操作パネル58から、算出された処理ガスの流量を次の成膜処理時の処理ガスの流量としてレシピの更新を行ってもよい。

10

【0059】

以上説明したように、本実施の形態によれば、成膜処理された半導体ウエハW(モニタウエハ)の膜厚と、膜厚流量関係モデルとに基づいて、次の成膜処理における各ガス供給管16~20から供給する処理ガスの流量を算出することができるので、ガス流量を容易に調整することができる。さらに、前回の成膜処理の結果(膜厚)を用いて、処理ガスの流量を調整しているので、装置の経時変化や成膜環境(外部温度、大気圧力)の変化などが発生しても、適切な膜厚での成膜が可能となる。

【0060】

(第2の実施の形態)

20

第1の実施の形態では、半導体ウエハW(製品ウエハ)の成膜処理において、処理ガスの流量を調整する場合を例に本発明を説明した。

第2の実施の形態では、検査用基板、いわゆるダミーウエハを用いて成膜条件を確認し、確認した条件で製品ウエハ(半導体ウエハW)に成膜処理を施す場合を例に本発明を説明する。このように、ダミーウエハを用いて成膜条件を確認するのは、製品ウエハはコストが高く、また、同じ製品ウエハを繰り返し使用すると製品ウエハのパターンが崩れてしまい、多くの実験データを得ることが難しいためである。

【0061】

また、ダミーウエハを用いて成膜条件を確認する場合、ダミーウエハと製品ウエハとの違いに起因する処理結果の誤差、例えば、ローディング効果による膜厚差が生じてしまう。また、一般に、同一の成膜条件にて成膜した場合、ダミーウエハの方が製品ウエハよりも厚く成膜される。このため、第2の実施の形態の処理方法においては、まず、ローディング効果による膜厚差の問題を考慮し、後述するローディング効果データベースを用いて、製品ウエハの目標膜厚に対応するダミーウエハの目標膜厚を決定する。そして、この決定した目標膜厚と一致するようなガス流量を、第1の実施の形態と同様の手法により決定する。

30

【0062】

このため、第2の実施の形態では、第1の実施の形態の制御部50に、ローディング効果データベース100を備えている点が第1の実施の形態と異なっている。以下、第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

40

【0063】

図11に本実施の形態の制御部50の構成を示す。図11に示すように、制御部50は、モデル記憶部51と、レシピ記憶部52と、ROM53と、RAM54と、I/Oポート55と、CPU56と、さらにローディング効果データベース100とを備え、これらはバス57に相互に接続されている。

【0064】

ローディング効果データベース100は、例えば、図12に示すように、各ゾーンにおける、ダミーウエハと製品ウエハとのローディング効果による膜厚差(膜厚減少量)が記憶されている。例えば、Bare Siでのゾーン1における目標膜厚が80の場合、ダミーウエハにおける目標膜厚は、85.08となる。以下、ローディング効果データベース

50

100の作成手法について説明する。

【0065】

ローディング効果を見積るには、ダミーウエハの膜厚データと製品ウエハの膜厚データとが必要になる。しかし、製品ウエハはコストが高く、また、同じ製品ウエハを使いまわすとウエハのパターンが崩れてくるため、多くの実験データを得ることが難しい。そこで、本例では、シュミレータで求めたデータから、ダミーウエハと製品ウエハとの膜厚差を算出し、様々なプロセス条件でのローディング効果を見積る場合を例に説明する。

【0066】

酸化膜厚の時間依存性は、以下の式(1)で近似することができる。

$$x^2 - d_0^2 = Bt \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、 x は膜厚、 t は時間、 B は2次酸化係数、 d_0 は時間をゼロとした場合の初期酸化膜である。

【0067】

また、2次酸化係数 B は、以下の式(2)で表すことができる。

$$B = 2DC_0 / C_1 \quad \dots \text{式(2)}$$

ここで、 D は拡散係数、 C_0 は表面の酸化物質濃度、 C_1 は酸化膜中の酸化物質濃度である。

【0068】

これらの値のうち、初期酸化膜 d_0 は実験値から求めることができる。また、酸化膜中の酸化物質濃度 C_1 は酸化物質に対して一定と考えられ、拡散係数 D は温度に依存し直線で近似できる。このため、2次酸化係数 B が濃度 C_0 に比例し、式(3)で表すことができる。

$$B = C_0 \quad \dots \text{式(3)}$$

【0069】

比例係数は温度帯ごとに実験値から求められる。例えば、 k は、図13(a)に示す温度と k との関係から、直線近似により所定の温度における値を求めることができる。酸素ラジカル濃度 C_0 は、シュミレータを用いて計算することができる。例えば、図13(b)のようなレシピの場合、各ゾーンにおける酸素ラジカル濃度 C_0 は、図13(c)に示すような値になる。なお、ウエハ表面の膜種、表面積の違いから酸化物質の濃度に差が現れるので、本例では、図12及び図13に示すように、Bare Siと、パターン 表面積5倍の2つについてローディング効果による膜厚減少量を算出した。

【0070】

比例係数 k と、表面の酸化物質濃度 C_0 とにより2次酸化係数 B が求まるので、式(1)、式(3)を用いて、膜厚 x は、式(4)で表される。

$$x = \left(x C_0 \times t + d_0^2 \right)^{0.5} \quad \dots \text{式(4)}$$

【0071】

例えば、図13(b)のレシピに示す850における k の値は図13(a)の関係から直線近似すれば120となる。実験値より初期酸化膜厚が27、プロセス時間が15分(900秒)の場合、式(4)から、 SiO_2 Dummy、Bare Si、パターン 表面積5倍の膜厚量 x は、図13(d)に示すようになる。このため、ローディング効果による膜厚減少量は、図12に示す値となる。

なお、この計算をポートポジションの数点に対して行えば、面間方向に対しての膜厚分布が求められる。

【0072】

次に、ダミーウエハを用いて、成膜条件を確認した後、確認した条件で製品ウエハ(半導体ウエハW)に成膜処理を施す場合を例に、本発明の処理方法について、図14、15を参照して説明する。

【0073】

まず、オペレータが操作パネル58に処理の内容(酸化膜の形成)、製品ウエハの目標膜厚を入力する。CPU56は、入力があるか否かを判別し(ステップS21)、入力が

10

20

30

40

50

あると(ステップS21; Yes)、ダミーウエハでの目標膜厚を算出するとともに(ステップS22)、対応する酸化膜形成用のレシピをレシピ記憶部52から読み出す(ステップS23)。

【0074】

次に、CPU56は、ヒータ部10により反応管2内を、レシピに定められたロード温度に設定し、ゾーン1~5ごとに少なくとも1枚のダミーウエハをウエハポート9に載置し、ポートエレベータ7により蓋体6を上昇させる。そして、CPU56は、マニホールド3の下端のフランジと蓋体6とを気密状態とし、ダミーウエハを反応管2内にロードする(ステップS24)。

【0075】

CPU56は、ダミーウエハのロードが完了すると、反応管2内を読み出したレシピに従った成膜条件に設定し、レシピに従って、流量調整部21~25を制御して、ガス供給管16~20から反応管2内に所定量の処理ガスを供給し、成膜処理を実行する(ステップS25)。続いて、CPU56は、成膜処理が終了したか否かを判別し(ステップS26)、成膜処理が終了すると(ステップS26; Yes)、処理ガスの供給を停止する。そして、CPU56は、反応管2内を冷却し、レシピに定められたアンロード温度に設定し、ダミーウエハをアンロードする(ステップS27)。

【0076】

次に、CPU56は、モニタウエハを取り出し、例えば、図示しない測定装置に搬送する(ステップS28)。各モニタウエハの膜厚が測定装置により測定されると、測定装置から測定したモニタウエハの膜厚に関する測定結果情報が縦型熱処理装置1(CPU56)に送信される。CPU56は、測定結果情報を受信したか否かを判別し(ステップS29)、膜厚に問題があるか否かを判別する(ステップS30)。膜厚に問題があるか否かは、例えば、測定結果がダミーウエハでの目標膜厚から所定の範囲内にあるか否かにより行う。

【0077】

問題があれば(ステップS30; Yes)、CPU56は、測定されたモニタウエハの膜厚と、モデル記憶部51に記憶されている膜厚流量関係モデルとに基づいて、次の成膜処理における各ガス供給管16~20から供給する処理ガスの流量を算出する(ステップS31)。そして、CPU56は、算出した処理ガスの流量を次の成膜処理時の処理ガスの流量としてRAM54に格納し、レシピの更新し(ステップS32)、ステップS24にリターンする。すなわち、更新したレシピで再びダミーウエハを成膜処理を実行する。

【0078】

問題なければ(ステップS30; No)、CPU56は、製品ウエハ(半導体ウエハW)をウエハポート9に載置して製品ウエハを反応管2内にロードし(ステップS33)、レシピに従って、製品ウエハで成膜処理を実行する(ステップS34)。続いて、CPU56は、成膜処理が終了したか否かを判別し(ステップS35)、成膜処理が終了すると(ステップS35; Yes)、レシピに従って、製品ウエハをアンロードする(ステップS36)。

【0079】

次に、CPU56は、モニタウエハを取り出し、図示しない測定装置に搬送する(ステップS37)。そして、CPU56は、測定結果情報を受信したか否かを判別し(ステップS38)、膜厚に問題があるか否かを判別する(ステップS39)。

【0080】

問題があれば(ステップS39; Yes)、CPU56は、ステップS22にリターンする。すなわち、ダミーウエハでの目標膜厚を算出しなおし、今一度、好ましいレシピを選定(ガス流量を計算)する。

【0081】

問題がなければ(ステップS39; No)、このレシピに従って、第1の実施の形態と同様に、製品ウエハによる成膜処理を実施し、半導体ウエハWにSiO₂膜を成膜する(

10

20

30

40

50

ステップS40)。

【0082】

次に、ダミーウエハにおいて、ガス流量の調整を行った結果を図16、17に示す。図16は、目標膜厚がポートポジションに拘わらず一定の場合であり、図17は、ポートポジションの位置により目標膜厚が変化する場合である。図16に示すように、目標膜厚がポートポジションに拘わらず一定の場合、2度の調整により、目標膜厚に一致させることができた。また、面間均一性も当初 $\pm 4.39\%$ であったものが、2度の調整により、 $\pm 0.26\%$ まで改善できた。また、図17に示すように、ポートポジションの位置により目標膜厚が変化する場合も同様に、目標膜厚に一致させることができた。

【0083】

以上説明したように、本実施の形態によれば、第1の実施の形態と同様に、ガス流量を容易に調整することができる。

【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、反応管2内の温度、圧力、ガスの総流量、水素分圧比の変更にも対応可能な膜厚流量関係モデルを例に本発明を説明したが、膜厚流量関係モデルは、他のプロセス条件の変更にも対応可能なものであってもよい。また、反応管2内の温度の変更にも対応可能なものであってもよいが、少なくとも2以上の変更に対応可能なものであることが好ましい。

【0086】

上記実施の形態では、半導体ウエハWとダミーウエハとの違いに起因する膜厚差に関する情報としてローディング効果の場合を例に本発明を説明したが、両者の違いに起因して膜厚差が大きくなるものであれば、これ以外のものであってもよい。

【0087】

上記実施の形態では、酸化膜形成用の熱処理装置を例に本発明を説明したが、処理の種類は任意であり、他種類の膜を形成するCVD装置、窒化装置、エッチング装置などの様々なバッチ式の熱処理装置に適用可能である。この場合、制御部50のモデル記憶部51に、処理の種類に応じた流量処理結果関係モデルが記憶される。

【0088】

上記実施の形態では、4本の H_2 ガス供給管17~20が設けられている場合を例に本発明を説明したが、 H_2 ガス供給管の数が複数なくてもよい。この場合にも、容易に最適なガス流量に調整することができる。ただし、 H_2 ガス供給管を複数設けることにより反応管2内に H_2 ガスを均一に供給しやすいことから、 H_2 ガス供給管を複数設けることが好ましい。

【0089】

また、上記実施の形態では、1本の O_2 ガス供給管16が設けられている場合を例に本発明を説明したが、例えば、さらにマニホールド3の側方からウエハポート9の下部近傍まで延びるように形成された O_2 ガス供給管を設けるように、 O_2 ガス供給管を複数設けてもよい。

【0090】

上記実施の形態では、各半導体ウエハWの温度条件を変化させず、処理ガスの流量を調整する場合を例に本発明を説明したが、さらに、各種の調整方法と組み合わせてもよい。例えば、複数のヒータ11~15を独立に駆動して各ゾーン内の半導体ウエハWの温度を所定温度に一致するように制御し、成膜処理の結果に応じて、所定の半導体ウエハWの温度を調整してもよい。また、モデル記憶部51に、膜厚流量関係モデルと同様の膜厚温度関係モデルを記憶し、この膜厚温度関係モデルを用いて膜厚を微調整してもよい。

【0091】

また、上記実施の形態では、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

10

20

30

40

50

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。

【0092】

また、上記実施の形態においては、成膜処理により形成された膜の膜厚を調整する例について説明したが、例えば、不純物拡散処理での拡散濃度或いは拡散深さ、エッチングレート、反射率、埋め込み特性、ステップカーバレッジなどの様々な処理の結果を適正化するために有効である。

【0093】

また、ヒータの段数（ゾーンの数）や、各ゾーンから抽出するモニタウエハの数などは任意に設定可能である。

【0094】

また、本発明は、半導体ウエハの処理に限定されず、例えば、FPD基板もしくはガラス基板等や、PDP基板の処理などにも適用可能である。

【0095】

本発明の実施の形態にかかる制御部 50 は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、汎用コンピュータに、上述の処理を実行するためのプログラムを格納した記録媒体（フレキシブルディスク、CD-ROM など）から当該プログラムをインストールすることにより、上述の処理を実行する制御部 50 を構成することができる。

【0096】

そして、これらのプログラムを供給するための手段は任意である。上述のように所定の記録媒体を介して供給できる他、例えば、通信回線、通信ネットワーク、通信システムなどを介して供給してもよい。この場合、例えば、通信ネットワークの掲示板（BBS）に当該プログラムを掲示し、これをネットワークを介して搬送波に重畳して提供してもよい。そして、このように提供されたプログラムを起動し、OSの制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、上述の処理を実行することができる。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る熱処理装置の構造を示す図である。

【図2】図1の制御部の構成例を示すブロック図である。

【図3】反応管内のゾーンを示す図である。

【図4】プロセス条件1でのゾーンごとの膜厚量を示す図である。

【図5】プロセス条件2、3でのゾーンごとの膜厚量を示す図である。

【図6】プロセス条件4、5でのゾーンごとの膜厚量を示す図である。

【図7】温度変化による変動率の算出方法を説明する図である。

【図8】水素分圧比変化、圧力変化、ガス総流量変化による変動率を示す図である。

【図9】膜厚流量関係モデルを説明する図である。

【図10】第1の実施の形態の処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図11】第1の実施の形態の制御部の構成例を示すブロック図である。

【図12】ローディング効果による膜厚減少量を示す図である。

【図13】ローディング効果による膜厚減少量の算出方法を説明する図である。

【図14】第2の実施の形態の処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図15】第2の実施の形態の処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図16】ダミーウエハにおいてガス流量の調整を行った結果を示す図である。

【図17】ダミーウエハにおいてガス流量の調整を行った結果を示す図である。

【符号の説明】

【0098】

- 1 縦型熱処理装置
- 2 反応管
- 3 マニホールド

10

20

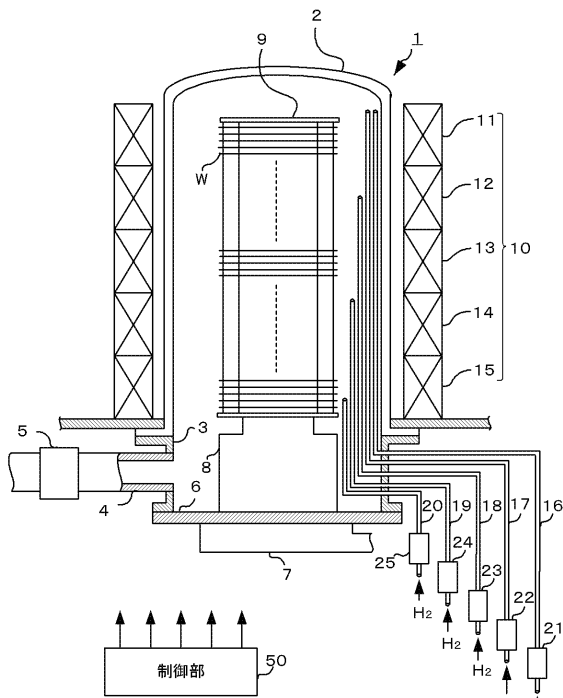
30

40

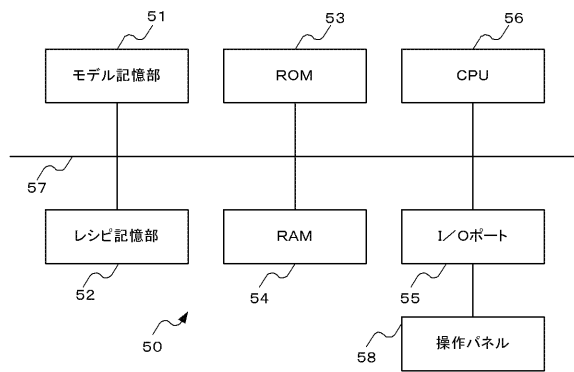
50

- 6 蓋体
- 9 ウエハポート
- 16 O₂ ガス供給管
- 17 ~ 20 H₂ ガス供給管
- 21 ~ 25 流量調整部
- 50 制御部
- 51 モデル記憶部
- 52 レシピ記憶部
- 53 ROM
- 54 RAM
- 56 CPU
- W 半導体ウエハ

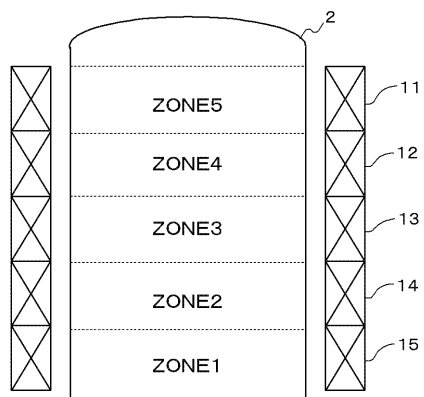
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

プロセス条件1(温度:900°C、水素分圧比10%、圧力:40Pa、ガス総流量:5000sccm)

	サブ供給管の流量			ゾーンごとの膜厚量				
	サブ1	サブ2	サブ3	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
条件1-1	100	100	100	9.2	9.1	9.3	9.2	9.1
条件1-2	200	100	100	9.4	9.6	10.1	9.8	9.7
条件1-3	100	200	100	9.2	9.2	9.5	9.8	9.8
条件1-4	100	100	200	9.2	9.1	9.3	9.4	9.7

(sccm) (nm)

【図6】

プロセス条件4(温度:900°C、水素分圧比10%、圧力:67Pa、ガス総流量:5000sccm)

	サブ供給管の流量			ゾーンごとの膜厚量				
	サブ1	サブ2	サブ3	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
条件4-1	100	100	100	10.3	10	9.8	9.7	9.5
条件4-2	200	100	100	10.6	10.6	10.5	10.2	9.8
条件4-3	100	200	100	10.4	10.1	10.1	10.3	9.9
条件4-4	100	100	200	10.3	10	9.8	10	10.1

(sccm) (nm)

(a)

プロセス条件5(温度:900°C、水素分圧比10%、圧力:40Pa、ガス総流量:3500sccm)

	サブ供給管の流量			ゾーンごとの膜厚量				
	サブ1	サブ2	サブ3	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
条件5-1	100	100	100	8.7	8.6	8.7	8.5	8.3
条件5-2	200	100	100	8.9	9.1	9.5	9.1	8.9
条件5-3	100	200	100	8.7	8.7	8.9	9.1	9
条件5-4	100	100	200	8.7	8.6	8.7	8.7	8.9

(sccm) (nm)

(b)

【図5】

プロセス条件2(温度:800°C、水素分圧比10%、圧力:40Pa、ガス総流量:5000sccm)

	サブ供給管の流量			ゾーンごとの膜厚量				
	サブ1	サブ2	サブ3	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
条件2-1	100	100	100	6.5	6.4	6.6	6.4	6.5
条件2-2	200	100	100	6.7	6.8	7.1	7	6.8
条件2-3	100	200	100	6.5	6.4	6.7	7.1	6.8
条件2-4	100	100	200	6.5	6.4	6.5	6.6	6.9

(sccm) (nm)

(a)

プロセス条件3(温度:900°C、水素分圧比5%、圧力:40Pa、ガス総流量:5000sccm)

	サブ供給管の流量			ゾーンごとの膜厚量				
	サブ1	サブ2	サブ3	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
条件3-1	100	100	100	8.9	8.8	8.9	8.7	8.7
条件3-2	200	100	100	9.1	9.3	9.7	9.3	9.2
条件3-3	100	200	100	8.9	8.9	9.1	9.3	9.2
条件3-4	100	100	200	8.9	8.9	8.8	8.9	9.3

(sccm) (nm)

(b)

【図7】

(a) 基準膜厚

ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
9.2	9.1	9.3	9.2	9.1
9.4	9.6	10.1	9.8	9.7
9.2	9.2	9.5	9.8	9.8
9.2	9.1	9.3	9.4	9.7

(nm)

(b) 変動膜厚

ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
6.5	6.4	6.6	6.4	6.5
6.7	6.8	7.1	7	6.8
6.5	6.4	6.7	7.1	6.8
6.5	6.4	6.5	6.6	6.9

(nm)

(c) 補間後膜厚

ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
7.8	7.7	7.9	7.8	7.7
8	8.1	8.5	8.3	8.2
7.8	7.7	8	8.4	8.2
7.8	7.7	7.8	7.9	8.2

(nm)

(d) 温度変動による変動率

ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
-0.15	-0.16	-0.16	-0.15	-0.15
-0.15	-0.16	-0.16	-0.14	-0.16
-0.15	-0.15	-0.16	-0.16	-0.15

【図 8】

(a) 水素分圧変動による変動率

ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
0.03	0.03	0.04	0.05	0.04
0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
0.03	0.03	0.04	0.05	0.06
0.03	0.02	0.05	0.05	0.04

(b) 圧力変動による変動率

ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
0.07	0.05	0.03	0.03	0.02
0.07	0.06	0.02	0.02	0.01
0.08	0.05	0.03	0.03	0.01
0.07	0.05	0.03	0.03	0.02

(c) ガス総流量変化による変動率

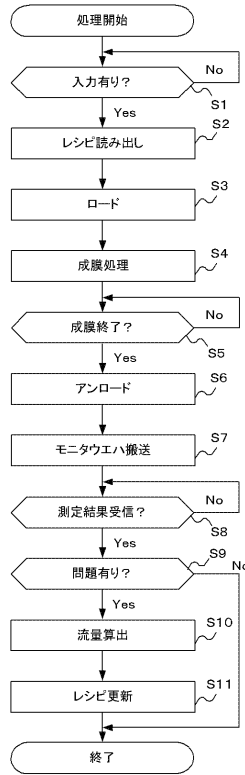
ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02

【図 9】

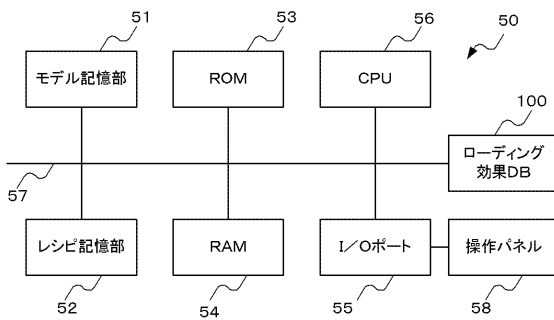
ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
8.48	8.29	8.41	8.39	8.04
8.77	8.78	8.92	8.81	8.54
8.56	8.29	8.51	9.00	8.62
8.48	8.21	8.39	8.49	8.54

(nm)

【図 10】



【図 11】



【図 12】

	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
Bare Si	-5.08	-4.81	-5.62	-5.73	-5.84
パターン表面積5倍	-8.95	-9.19	-10.14	-11.95	-12.20

(Å)

【図 13】

(a) 温度と α との関係

温度	絶対温度	絶対温度の逆数($\times 1000$)	α
800	1073	0.93	77
900	1173	0.85	149
1000	1273	0.79	258

(b) レシピ例

温度(°C)	850
圧力(Pa)	40
O ₂ メイン(sccm)	4000
H ₂ メイン(sccm)	500
H ₂ サブ1(sccm)	100
H ₂ サブ2(sccm)	100
H ₂ サブ3(sccm)	100

(c) 各ゾーンの酸素ラジカル濃度

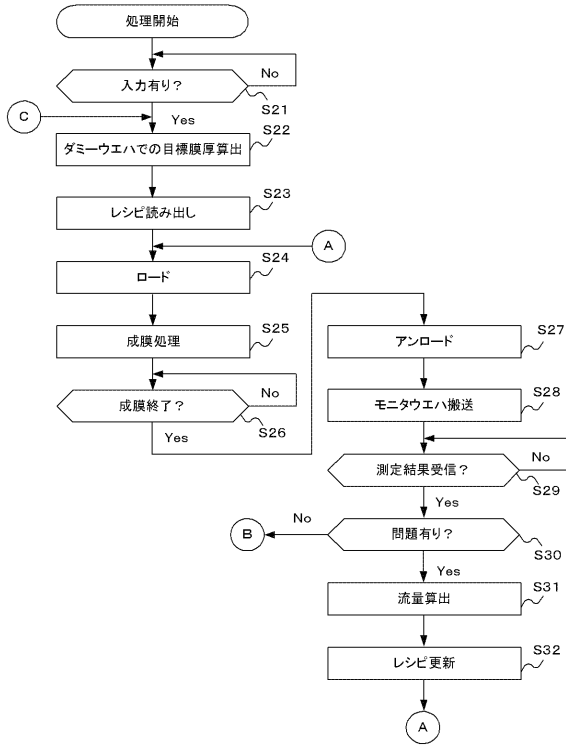
	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
SiO ₂ Dummy	0.048	0.054	0.052	0.05	0.048
Bare Si	0.041	0.047	0.044	0.042	0.04
パターン表面積5倍	0.036	0.041	0.038	0.034	0.032

(d) 各ゾーンでの膜厚

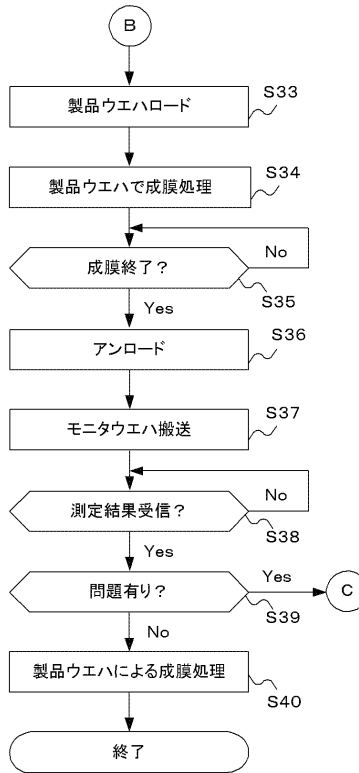
	ZONE1	ZONE2	ZONE3	ZONE4	ZONE5
SiO ₂ Dummy	76.90	81.00	79.66	78.29	76.90
Bare Si	71.81	76.19	74.03	72.56	71.06
パターン表面積5倍	67.95	71.81	69.52	66.34	64.69

(Å)

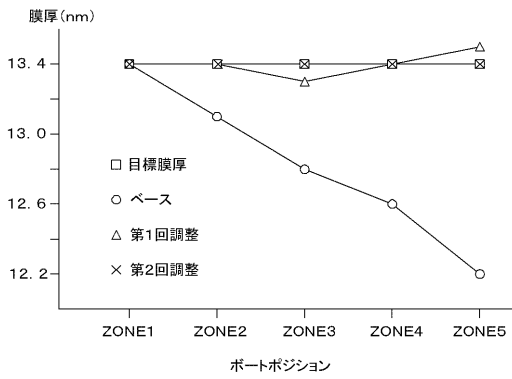
【図14】



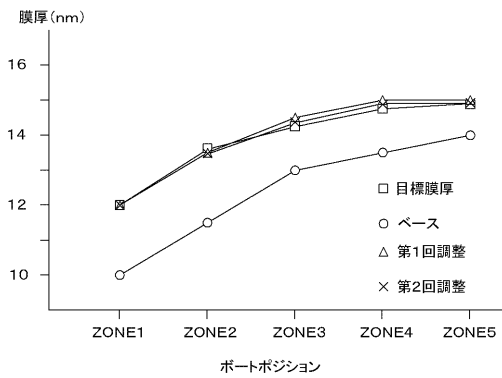
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 竹永 裕一

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 大塚 徹

(56)参考文献 特開2004-253493(JP,A)

特開2003-166066(JP,A)

特開平05-308053(JP,A)

特開2006-202833(JP,A)

特開2002-252220(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/31

H01L 21/02

H01L 21/22