

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6570894号  
(P6570894)

(45) 発行日 令和1年9月4日(2019.9.4)

(24) 登録日 令和1年8月16日(2019.8.16)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/3065 (2006.01)		HO 1 L 21/302	1 O 3	
HO 1 L 21/205 (2006.01)		HO 1 L 21/302	1 O 1 B	
HO 1 L 21/683 (2006.01)		HO 1 L 21/205		
		HO 1 L 21/68	R	

請求項の数 14 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2015-126769 (P2015-126769)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成27年6月24日(2015.6.24)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2017-11169 (P2017-11169A)	(72) 発明者	山本 能吏 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
(43) 公開日	平成29年1月12日(2017.1.12)	(72) 発明者	益田 法生 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成30年3月1日(2018.3.1)	(72) 発明者	中村 健一郎 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 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】 温度制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

載置台の載置面に載置された被処理体の温度を制御する温度制御方法において、  
前記載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、前記載置台の温度とは異なる温度の前記被処理体が載置された前記載置台と前記被処理体との間に伝熱ガスを供給する供給工程と、  
前記伝熱ガスを介した前記被処理体と前記載置台との熱交換による前記載置台の温度変化を測定する第1の測定工程と、  
前記載置台の温度変化に基づいて補正値を算出する算出工程と、  
予め設定された処理レシピにおいて指定された目標温度を、前記補正値によって補正する補正工程と、

前記ヒータへの電力供給を開始し、前記載置台の温度が前記補正値によって補正された目標温度となるように、前記ヒータの電力を制御する制御工程と  
を含むことを特徴とする温度制御方法。

【請求項2】

前記第1の測定工程では、  
前記載置台と前記被処理体との間に伝熱ガスが供給されてから第1の時間が経過した第1の時点と、前記第1の時点から第2の時間が経過した第2の時点との間の前記載置台の温度変化の傾きを、前記載置台の温度変化として測定することを特徴とする請求項1に記載の温度制御方法。

## 【請求項 3】

前記載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、前記載置台の温度とは異なる温度の温度測定用ウエハが載置された前記載置台と前記温度測定用ウエハとの間に前記伝熱ガスを供給し、前記伝熱ガスを介した前記温度測定用ウエハと前記載置台との熱交換による前記載置台の温度変化を測定した後に、前記載置台の温度が所定の温度となるように前記ヒータの電力を制御して前記温度測定用ウエハの温度を測定する第 2 の測定工程と、

異なる圧力の前記伝熱ガス毎に、前記第 2 の測定工程において測定された前記載置台の温度変化に、前記第 2 の測定工程において測定された前記温度測定用ウエハの温度と基準となる温度との差分に応じた前記補正値を対応付けて補正テーブルを作成する作成工程と

10

をさらに含み、  
前記算出工程では、

前記補正テーブルに基づいて、前記載置台の温度変化に基づく前記補正値を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の温度制御方法。

## 【請求項 4】

前記供給工程、前記第 1 の測定工程、前記算出工程、および前記制御工程は、

前記被処理体毎に、前記被処理体に対する処理の実行前に行われることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の温度制御方法。

## 【請求項 5】

前記伝熱ガスは、前記載置台の載置面に形成された複数の供給口から前記載置台と前記被処理体との間に供給されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の温度制御方法。

20

## 【請求項 6】

前記ヒータは、

前記載置台の上方から見た場合に、前記載置台の内部に、半径の異なる同心円状に複数設けられることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の温度制御方法。

## 【請求項 7】

前記算出工程では、

それぞれの前記ヒータについて、前記載置台の温度変化に基づく前記補正値を算出し、  
前記制御工程では、

30

それぞれの前記ヒータについて、前記載置台の温度が前記補正値によって補正された目標温度となるように、前記ヒータの電力を制御することを特徴とする請求項 6 に記載の温度制御方法。

## 【請求項 8】

載置台の載置面に載置された被処理体の温度を制御する温度制御方法において、

前記載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、前記載置台の温度とは異なる温度の前記被処理体が載置された前記載置台と前記被処理体との間に第 1 の圧力の伝熱ガスを供給する供給工程と、

前記伝熱ガスを介した前記被処理体と前記載置台との熱交換による前記載置台の温度変化を測定する第 1 の測定工程と、

40

前記載置台の温度変化に基づいて前記伝熱ガスの第 2 の圧力を算出する第 1 の算出工程と、

前記ヒータへの電力供給を開始すると共に、前記載置台と前記被処理体との間に供給する前記伝熱ガスの圧力を前記第 2 の圧力に設定し、前記載置台の温度が予め設定された処理レシビにおいて指定された目標温度となるように、前記ヒータの電力を制御する制御工程と

を含むことを特徴とする温度制御方法。

## 【請求項 9】

前記第 1 の測定工程では、

前記載置台と前記被処理体との間に伝熱ガスが供給されてから第 1 の時間が経過した第

50

1の時点と、前記第1の時点から第2の時間が経過した第2の時点との間の前記載置台の温度変化の傾きを、前記載置台の温度変化として測定することを特徴とする請求項8に記載の温度制御方法。

【請求項10】

前記載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、前記載置台の温度とは異なる温度の温度測定用ウエハが載置された前記載置台と前記温度測定用ウエハとの間に前記伝熱ガスを供給し、前記伝熱ガスを介した前記温度測定用ウエハと前記載置台との熱交換による前記載置台の温度変化を測定した後に、前記載置台の温度が所定の温度となるように前記ヒータの電力を制御して前記温度測定用ウエハの温度を測定する第2の測定工程と、

10

異なる圧力の前記伝熱ガス毎に、前記第2の測定工程において測定された前記載置台の温度変化の傾きに基づいて前記伝熱ガスの圧力と前記温度変化の傾きの値との関係を示す関係式を算出する第2の算出工程と、

前記第2の測定工程において測定された前記温度測定用ウエハの温度が基準温度となる場合の前記載置台の温度変化の傾きの値を目標となる温度変化の傾きの値として算出する第3の算出工程と

をさらに含み、

前記第1の算出工程では、

前記第2の算出工程において算出された前記関係式と、前記第3の算出工程において算出された前記目標となる温度変化の傾きの値とに基づいて、前記第2の圧力を算出することを特徴とする請求項9に記載の温度制御方法。

20

【請求項11】

前記供給工程、前記第1の測定工程、前記第1の算出工程、および前記制御工程は、前記被処理体毎に、前記被処理体に対する処理の実行前に行われることを特徴とする請求項8から10のいずれか一項に記載の温度制御方法。

【請求項12】

前記伝熱ガスは、前記載置台の載置面に形成された複数の供給口から供給されることを特徴とする請求項8から11のいずれか一項に記載の温度制御方法。

【請求項13】

前記ヒータは、

前記載置台の上方から見た場合に、前記載置台の内部に、半径の異なる同心円状に複数設けられることを特徴とする請求項8から12のいずれか一項に記載の温度制御方法。

30

【請求項14】

前記伝熱ガスの圧力は、前記ヒータが配置された前記載置面の領域毎に独立して制御可能であることを特徴とする請求項13に記載の温度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の種々の側面及び実施形態は、温度制御方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

半導体の製造プロセスにおいて、処理中の半導体ウエハの温度は、半導体の特性に影響を与える重要な要素の一つである。そのため、製造プロセスでは、半導体ウエハの温度を高い精度で制御することが求められる。これを実現するために、例えば、ヒータの供給電力、試料の温度、および温度センサの温度の時間変化をプラズマ処理のない状態で事前に計測しておき、これらの計測値の関係を連立一次微分方程式で近似して、この近似した連立一次微分方程式に基づいた同形観測によって、センサ温度、ヒータ電力、およびプラズマ入熱の時間変化から試料温度を予測し、予測された試料温度を用いて試料温度をフィードバック制御する技術が知られている。

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-302390号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、半導体ウエハの量産工程において、処理装置は、複数の半導体ウエハに対して処理を繰り返し実行することにより、処理装置内の環境が徐々に変化する場合がある。例えば、半導体ウエハに対して所定の膜を積層させる処理装置では、複数の半導体ウエハに対して処理を行うに従って、処理装置の内壁に反応性副生成物（以下、デポと呼ぶ）の付着量が多くなる。半導体ウエハを載置する載置台の表面にデポが付着した場合、半導体ウエハと載置台との間の熱抵抗が変化する。半導体ウエハと載置台との間の熱抵抗が変化すると、載置台に設けられたヒータ等の温度が一定に保たれたとしても、半導体ウエハ間で、処理時の半導体ウエハの温度が異なることになる。これにより、半導体ウエハ間で処理条件が異なる結果となり、半導体ウエハから製造された半導体の特性が、半導体ウエハ間でばらつくことになる。

10

【0005】

所定数の半導体ウエハを処理する毎に、処理装置内部をクリーニングすることでデポを除去することも考えられるが、クリーニングの前後でデポの量が異なるため、多少なりとも載置台と半導体ウエハとの間の熱抵抗が異なることになる。また、クリーニングを頻繁に行うと、半導体ウエハの量産工程におけるスループットが低下する。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面は、載置台の載置面に載置された被処理体の温度を制御する温度制御方法であって、供給工程と、測定工程と、算出工程と、制御工程とを含む。供給工程では、載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、載置台の温度とは異なる温度の被処理体が載置された載置台と被処理体との間に伝熱ガスが供給される。測定工程では、伝熱ガスを介した被処理体と載置台との熱交換による載置台の温度変化が測定される。算出工程では、載置台の温度変化に基づいて補正値が算出される。制御工程では、ヒータへの電力供給が開始され、載置台の温度が補正値によって補正された目標温度となるように、ヒータの電力が制御される。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明の種々の側面および実施形態によれば、半導体ウエハ間の温度のばらつきを抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、処理システムの一例を示す図である。

【図2】図2は、処理装置の一例を示す断面図である。

【図3】図3は、静電チャックの上面の一例を示す図である。

40

【図4】図4は、図3のA-A断面の一例を示す図である。

【図5】図5は、制御装置の一例を示すブロック図である。

【図6】図6は、実施例1における補正テーブルの一例を示す図である。

【図7】図7は、補正テーブルの作成時における温度測定用ウエハおよび静電チャックの温度変化の一例を示す図である。

【図8】図8は、補正テーブルの作成時における温度測定用ウエハおよび静電チャックの温度変化の一例を示す拡大図である。

【図9】図9は、伝熱ガスの圧力毎の静電チャックの温度変化の傾きおよび温度測定用ウエハの温度のデータの一例を示す図である。

【図10】図10は、補正値が適用された場合の温度測定用ウエハおよび静電チャックの

50

温度変化の一例を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、実施例 1 における補正テーブルの作成処理の一例を示すフローチャートである。

【図 1 2】図 1 2 は、実施例 1 における半導体ウエハ W に対する処理の一例を示すフローチャートである。

【図 1 3】図 1 3 は、実施例 2 における補正テーブルの一例を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、実施例 2 における補正テーブルの作成処理の一例を示すフローチャートである。

【図 1 5】図 1 5 は、伝熱ガスの圧力の算出方法の一例を説明する図である。

【図 1 6】図 1 6 は、実施例 2 における半導体ウエハ W に対する処理の一例を示すフローチャートである。

10

【図 1 7】図 1 7 は、制御装置の機能を実現するコンピュータの一例を示す図である。

【図 1 8】図 1 8 は、静電チャックの温度変化の傾きを算出する期間の一例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

開示する温度制御方法は、1つの実施形態において、載置台の載置面に載置された被処理体の温度を制御する温度制御方法であって、供給工程と、第1の測定工程と、算出工程と、制御工程とを含む。供給工程では、載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、載置台の温度とは異なる温度の被処理体が載置された載置台と被処理体との間に伝熱ガスが供給される。第1の測定工程では、伝熱ガスを介した被処理体と載置台との熱交換による載置台の温度変化が測定される。算出工程では、載置台の温度変化に基づいて補正值が算出される。制御工程では、ヒータへの電力供給が開始され、載置台の温度が補正值によって補正された目標温度となるように、ヒータの電力が制御される。

20

【0010】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、第1の測定工程では、載置台と被処理体との間に伝熱ガスが供給されてから第1の時間が経過した第1の時点と、第1の時点から第2の時間が経過した第2の時点との間の載置台の温度変化の傾きが、載置台の温度変化として測定されてもよい。

30

【0011】

また、開示する温度制御方法は、1つの実施形態において、第2の測定工程と、作成工程とをさらに含んでもよい。第2の測定工程では、載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、載置台の温度とは異なる温度の温度測定用ウエハが載置された載置台と温度測定用ウエハとの間に伝熱ガスが供給され、伝熱ガスを介した温度測定用ウエハと載置台との熱交換による載置台の温度変化が測定された後に、載置台の温度が所定の温度となるようにヒータの電力が制御されて温度測定用ウエハの温度が測定される。作成工程では、異なる圧力の伝熱ガス毎に、第2の測定工程において測定された載置台の温度変化に、第2の測定工程において測定された温度測定用ウエハの温度と基準温度との差分に応じた補正值が対応付けられた補正テーブルが作成される。算出工程では、補正テーブルに基づいて、載置台の温度変化に基づく補正值が算出される。

40

【0012】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、供給工程、第1の測定工程、算出工程、および制御工程は、被処理体毎に、被処理体に対する処理の実行前に行われてもよい。

【0013】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、伝熱ガスは、載置台の載置面に形成された複数の供給口から載置台と被処理体との間に供給されてもよい。

【0014】

50

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、ヒータは、載置台の上方から見た場合に、載置台の内部に、半径の異なる同心円状に複数設けられてもよい。

【0015】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、算出工程では、それぞれのヒータについて、載置台の温度変化に基づく補正值が算出されてもよく、制御工程では、それぞれのヒータについて、載置台の温度が目標温度となるように、ヒータの電力が制御されてもよい。

【0016】

また、開示する温度制御方法は、1つの実施形態において、載置台の載置面に載置された被処理体の温度を制御する温度制御方法であって、供給工程と、第1の測定工程と、第1の算出工程と、制御工程とを含む。供給工程では、載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、載置台の温度とは異なる温度の被処理体が載置された載置台と被処理体との間に第1の圧力の伝熱ガスが供給される。第1の測定工程では、伝熱ガスを介した被処理体と載置台との熱交換による載置台の温度変化が測定される。第1の算出工程では、載置台の温度変化に基づいて伝熱ガスの第2の圧力が算出される。制御工程では、ヒータへの電力供給を開始すると共に、載置台と被処理体との間に供給する伝熱ガスの圧力が第2の圧力に設定され、載置台の温度が目標温度となるように、ヒータの電力が制御される。

10

【0017】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、第1の測定工程では、載置台と被処理体との間に伝熱ガスが供給されてから第1の時間が経過した第1の時点と、第1の時点から第2の時間が経過した第2の時点との間の載置台の温度変化の傾きが、載置台の温度変化として測定されてもよい。

20

【0018】

また、開示する温度制御方法は、1つの実施形態において、第2の測定工程と、第2の算出工程と、第3の算出工程とをさらに含んでもよい。第2の測定工程では、載置台を加熱するヒータへの電力供給が停止された状態、あるいはヒータへ供給される電力が固定された状態で、載置台の温度とは異なる温度の温度測定用ウエハが載置された載置台と温度測定用ウエハとの間に伝熱ガスが供給され、伝熱ガスを介した温度測定用ウエハと載置台との熱交換による載置台の温度変化が測定された後に、載置台の温度が所定の温度となるようにヒータの電力が制御されて温度測定用ウエハの温度が測定される。第2の算出工程では、異なる圧力の伝熱ガス毎に、第2の測定工程において測定された載置台の温度変化の傾きに基づいて伝熱ガスの圧力と温度変化の傾きの値との関係を示す関係式が算出される。第3の算出工程では、第2の測定工程において測定された温度測定用ウエハの温度が基準温度となる場合の載置台の温度変化の傾きの値が目標となる温度変化の傾きの値として算出される。第1の算出工程では、第2の算出工程において算出された関係式と、第3の算出工程において算出された目標となる温度変化の傾きの値とに基づいて、第2の圧力が算出される。

30

【0019】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、供給工程、第1の測定工程、第1の算出工程、および制御工程は、被処理体毎に、被処理体に対する処理の実行前に行われてもよい。

40

【0020】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、伝熱ガスは、載置台の載置面に形成された複数の供給口から供給されてもよい。

【0021】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、ヒータは、載置台の上方から見た場合に、載置台の内部に、半径の異なる同心円状に複数設けられてもよい。

【0022】

また、開示する温度制御方法の1つの実施形態において、伝熱ガスの圧力は、ヒータが

50

配置された載置面の領域毎に独立して制御可能であってもよい。

【 0 0 2 3 】

以下に、開示する温度制御方法の実施形態について、図面に基づいて詳細に説明する。なお、本実施形態により開示される発明が限定されるものではない。また、以下に示す各実施例は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。

【実施例 1】

【 0 0 2 4 】

[ 処理システム 1 0 ]

図 1 は、処理システム 1 0 の一例を示す図である。処理システム 1 0 は、例えば図 1 に示すように、処理装置 1 0 0 および制御装置 2 0 0 を備える。処理装置 1 0 0 は、被処理体の一例である半導体ウエハ W に対して、プラズマエッチング、プラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition)、または熱処理等の所定の処理を行う。制御装置 2 0 0 は、処理装置 1 0 0 に設けられた温度センサ等の各種センサからの情報に基づいて処理装置 1 0 0 を制御し、処理装置 1 0 0 内に搬入された半導体ウエハ W に対して処理装置 1 0 0 に所定の処理を実行させる。

10

【 0 0 2 5 】

[ 処理装置 1 0 0 ]

図 2 は、処理装置 1 0 0 の一例を示す断面図である。処理装置 1 0 0 は、例えば図 2 に示すように、気密に構成された処理チャンバ 1 を有する。処理チャンバ 1 は、例えば表面に陽極酸化被膜が施されたアルミニウム等により、略円筒状に形成され、接地されている。処理チャンバ 1 内には、半導体ウエハ W を水平に支持する載置台 2 が設けられている。

20

【 0 0 2 6 】

載置台 2 は、基材 2 a および静電チャック 6 を有する。基材 2 a は、導電性の金属、例えばアルミニウム等で構成されている。載置台 2 は、下部電極としても機能する。基材 2 a は、導体の支持台 4 に支持されている。支持台 4 は、絶縁板 3 を介して処理チャンバ 1 の底部に支持されている。また、載置台 2 の上方の外周には、例えば単結晶シリコン等で形成されたフォーカスリング 5 が設けられている。さらに、載置台 2 および支持台 4 の周囲を囲むように、例えば石英等からなる円筒状の内壁部材 3 a が設けられている。

【 0 0 2 7 】

基材 2 a の上面には、静電チャック 6 が設けられている。静電チャック 6 は、半導体ウエハ W を吸着保持すると共に、半導体ウエハ W を加熱する。静電チャック 6 は、絶縁体 6 b と、絶縁体 6 b の間に設けられた電極 6 a およびヒータ 6 c とを有する。電極 6 a は、直流電源 1 3 に接続されている。静電チャック 6 は、直流電源 1 3 から印加された直流電圧によって静電チャック 6 の表面にクーロン力を発生させ、発生させたクーロン力により半導体ウエハ W を静電チャック 6 の上面に吸着保持する。直流電源 1 3 のオンおよびオフは、後述する制御装置 2 0 0 によって制御される。ヒータ 6 c は、ヒータ電源 3 0 に接続されており、ヒータ電源 3 0 から供給された電力に応じて静電チャック 6 を加熱する。ヒータ電源 3 0 からヒータ 6 c への電力の供給および停止は、後述する制御装置 2 0 0 によって制御される。また、本実施例において、ヒータ 6 c へ供給される電力の大きさは、後述する制御装置 2 0 0 からヒータ電源 3 0 に指示される。

30

40

【 0 0 2 8 】

また、静電チャック 6 は、ヒータ 6 c からの熱により、半導体ウエハ W を加熱する。静電チャック 6 の上面は、複数の領域である分割領域に分割されており、それぞれの分割領域毎にヒータ 6 c が設けられている。静電チャック 6 の上面は、載置台 2 の載置面に相当する。

【 0 0 2 9 】

静電チャック 6 の下面には、温度センサ 2 0 が設けられている。温度センサ 2 0 は、温度測定装置 1 4 に接続されている。温度センサ 2 0 は、分割領域毎に設けられており、分割領域毎の静電チャック 6 の温度を示す情報を検出し、検出した情報を温度測定装置 1 4 へ出力する。温度測定装置 1 4 は、温度センサ 2 0 から出力された情報に基づいて、分割

50

領域毎の静電チャック 6 の温度を測定し、測定した温度を制御装置 2 0 0 へ出力する。

【 0 0 3 0 】

基材 2 a の内部には、冷媒が流れる流路 2 b が形成されている。流路 2 b には、配管 2 c および 2 d を介してチラーユニット 3 3 が接続されている。チラーユニット 3 3 は、配管 2 c および 2 d を介して、所定の温度に制御されたガルデン等の冷媒を流路 2 b 内に循環させることによって、載置台 2 を冷却する。チラーユニット 3 3 は、後述する制御装置 2 0 0 からの指示に応じて、流路 2 b 内への冷媒の流通の開始および停止を制御する。

【 0 0 3 1 】

また、載置台 2 には、基材 2 a および静電チャック 6 を貫通するように、半導体ウエハ W の裏面側にヘリウムガス等の伝熱ガス（バックサイドガス）を供給するための配管 3 2 が設けられている。配管 3 2 は、静電チャック 6 の上面における分割領域毎に設けられ、伝熱ガス供給部 3 1 に接続されている。静電チャック 6 の上面には、それぞれの分割領域内に、伝熱ガスを供給する複数の供給口が設けられている。伝熱ガス供給部 3 1 から供給された伝熱ガスは、分割領域毎に、配管 3 2 を通って静電チャック 6 の上面に設けられた複数の供給口から、静電チャック 6 の上面と半導体ウエハ W の裏面との間に供給される。伝熱ガスの圧力は、分割領域毎に独立して制御が可能である。伝熱ガス供給部 3 1 から配管 3 2 を通って半導体ウエハ W の裏面側に供給される伝熱ガスの圧力は、後述する制御装置 2 0 0 によって制御される。なお、静電チャック 6 の温度は、半導体ウエハ W が載置される載置台の温度の一例である。

【 0 0 3 2 】

載置台 2 の上方には、載置台 2 と略平行に対向するように、換言すれば、載置台 2 上に載置された半導体ウエハ W と対向するように、シャワーヘッド 1 6 が設けられている。シャワーヘッド 1 6 は、上部電極としても機能する。即ち、シャワーヘッド 1 6 と載置台 2 とは、一对の電極（上部電極と下部電極）として機能する。載置台 2 の基材 2 a には、整合器 1 1 a を介して高周波電源 1 2 a が接続されている。また、載置台 2 の基材 2 a には、整合器 1 1 b を介して高周波電源 1 2 b が接続されている。

【 0 0 3 3 】

高周波電源 1 2 a は、プラズマの発生に用いられる所定の周波数（例えば 1 0 0 M H z ）の高周波電力を載置台 2 の基材 2 a に供給する。また、高周波電源 1 2 b は、イオンの引き込み（バイアス）に用いられる所定の周波数の高周波電力であって、高周波電源 1 2 a よりも低い周波数（例えば 1 3 M H z ）の高周波電力を載置台 2 の基材 2 a に供給する。高周波電源 1 2 a および 1 2 b のオンおよびオフの制御、ならびに、高周波電源 1 2 a および 1 2 b によって供給される高周波の電力等は、後述する制御装置 2 0 0 によって制御される。

【 0 0 3 4 】

制御装置 2 0 0 は、ヒータ電源 3 0、チラーユニット 3 3、および伝熱ガス供給部 3 1 を制御することにより、静電チャック 6 の上面に吸着保持された半導体ウエハ W の温度を、所定の温度に制御することができる。

【 0 0 3 5 】

上記したシャワーヘッド 1 6 は、処理チャンバ 1 の上部に設けられている。シャワーヘッド 1 6 は、本体部 1 6 a と上部天板 1 6 b とを備える。シャワーヘッド 1 6 は、絶縁性部材 4 5 を介して処理チャンバ 1 の上部に支持されている。本体部 1 6 a は、例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウム等により形成され、その下部に上部天板 1 6 b を着脱自在に支持する。上部天板 1 6 b は、例えば石英等のシリコン含有物質で形成される。

【 0 0 3 6 】

本体部 1 6 a の内部には、ガス拡散室 1 6 c が設けられている。本体部 1 6 a の底部には、ガス拡散室 1 6 c の下部に位置するように、多数のガス流通口 1 6 e が形成されている。上部天板 1 6 b には、当該上部天板 1 6 b を厚さ方向に貫通するようにガス流通口 1 6 f が設けられており、それぞれのガス流通口 1 6 f は、上記したガス流通口 1 6 e に連通している。このような構成により、ガス拡散室 1 6 c に供給された処理ガスは、ガス流

10

20

30

40

50



通口 1 6 e およびガス流通口 1 6 f を介して処理チャンバ 1 内にシャワー状に拡散されて供給される。なお本体部 1 6 a 等には、図示しないヒータや、冷媒を循環させるための図示しない配管等の温度調整器が設けられており、半導体ウエハ W の処理中にシャワーヘッド 1 6 を所望の範囲内の温度に制御できるようになっている。

【 0 0 3 7 】

シャワーヘッド 1 6 の本体部 1 6 a には、ガス拡散室 1 6 c に処理ガスを導入するためのガス導入口 1 6 g が設けられている。ガス導入口 1 6 g には、配管 1 5 b の一端が接続されている。配管 1 5 b の他端は、弁 V およびマスフローコントローラ ( M F C ) 1 5 a を介して、半導体ウエハ W の処理に用いられる処理ガスを供給する処理ガス供給源 1 5 に接続されている。処理ガス供給源 1 5 から供給された処理ガスは、配管 1 5 b を介してガス拡散室 1 6 c に供給され、それぞれのガス流通口 1 6 e およびガス流通口 1 6 f を介して処理チャンバ 1 内にシャワー状に拡散されて供給される。弁 V および M F C 1 5 a は、後述する制御装置 2 0 0 により制御される。

10

【 0 0 3 8 】

上記したシャワーヘッド 1 6 には、ローパスフィルタ ( L P F ) 4 0 を介して可変直流電源 4 2 が電氣的に接続されている。可変直流電源 4 2 は、スイッチ 4 1 により本体部 1 6 a への直流電力の供給および遮断が可能となっている。可変直流電源 4 2 の電流および電圧ならびにスイッチ 4 1 のオンおよびオフは、後述する制御装置 2 0 0 によって制御される。例えば、高周波電源 1 2 a および高周波電源 1 2 b から高周波電力が載置台 2 に供給されて処理チャンバ 1 内の処理空間にプラズマが生成される際には、必要に応じて制御装置 2 0 0 によりスイッチ 4 1 がオンとされ、上部電極として機能するシャワーヘッド 1 6 に所定の直流電圧が印加される。

20

【 0 0 3 9 】

処理チャンバ 1 の底部には、排気口 7 1 が形成されている。排気口 7 1 には、排気管 7 2 を介して排気装置 7 3 が接続されている。排気装置 7 3 は、真空ポンプを有しており、この真空ポンプを作動させることにより処理チャンバ 1 内を所定の真空度まで減圧することができる。排気装置 7 3 による排気量等は、後述する制御装置 2 0 0 により制御される。また、処理チャンバ 1 の側壁には、開口部 7 4 が設けられており、開口部 7 4 には、当該開口部 7 4 を開閉するゲートバルブ G が設けられている。

30

【 0 0 4 0 】

処理チャンバ 1 の内壁には、内壁の面に沿って、デポシールド 7 6 が、着脱自在に設けられている。また、載置台 2、内壁部材 3 a、および支持台 4 の外周面には、載置台 2、内壁部材 3 a、および支持台 4 の外周面に沿ってデポシールド 7 7 が設けられている。デポシールド 7 6 および 7 7 は、処理チャンバ 1 の内壁にエッチング副生物 ( デポ ) が付着することを防止する。静電チャック 6 上に吸着保持された半導体ウエハ W と略同じ高さのデポシールド 7 6 の位置には、直流的にグランドに接続された導電性部材 ( G N D ブロック ) 7 9 が設けられている。導電性部材 7 9 により、処理チャンバ 1 内の異常放電が抑制される。

【 0 0 4 1 】

また、処理チャンバ 1 の周囲には、同心円状にリング磁石 8 が配置されている。リング磁石 8 は、シャワーヘッド 1 6 と載置台 2 との間の空間に磁場を形成する。リング磁石 8 は、図示しない回転機構により回転自在に保持されている。

40

【 0 0 4 2 】

[ 静電チャック 6 ]

図 3 は、静電チャック 6 の上面の一例を示す図である。図 4 は、図 3 の A - A 断面の一例を示す図である。静電チャック 6 の外周には、静電チャック 6 を囲むようにフォーカスリング 5 が設けられている。半導体ウエハ W が載置される静電チャック 6 の上面は、例えば同心円状に複数の分割領域に分けられている。本実施例において、静電チャック 6 の上面は、例えば 2 つの分割領域 6 0 a および 6 0 b に分けられている。なお、以下では、分割領域 6 0 a をセンタ領域、分割領域 6 0 b をエッチ領域と呼ぶ場合がある。また、以下

50

では、複数の分割領域 60 a および 60 b のそれぞれを区別することなく総称する場合に分割領域 60 と記載する。

【 0 0 4 3 】

例えば図 4 に示すように、静電チャック 6 の内部であって、それぞれの分割領域 60 の下方には、分割領域 60 毎にヒータ 6 c が設けられている。なお、ヒータ 6 c は、静電チャック 6 の外部に設けられていてもよい。制御装置 200 は、ヒータ電源 30 からそれぞれのヒータ 6 c に供給される電力を制御することにより、それぞれの分割領域 60 の温度を独立に制御することができる。

【 0 0 4 4 】

例えば図 4 に示すように、静電チャック 6 の下面には、分割領域 60 毎に温度センサ 20 が少なくとも 1 つ設けられている。本実施例において、温度センサ 20 は、例えば図 3 に示すように、分割領域 60 a 内の領域 21 a、および、分割領域 60 b 内の領域 21 b に、それぞれ 1 つずつ設けられている。

10

【 0 0 4 5 】

温度センサ 20 は、例えば図 4 に示すように、感温体 22 および読取部 23 を有する。感温体 22 は、温度に応じて特性が変化する。本実施例において、感温体 22 は、蛍光体であり、静電チャック 6 の温度に応じて、蛍光特性が変化する。読取部 23 は、温度に応じて変化した感温体 22 の特性を読み取って温度測定装置 14 へ出力する。本実施例において、読取部 23 は、例えば光ファイバであり、温度測定装置 14 から出力されたパルス光を感温体 22 に照射し、照射されたパルス光に応じて感温体 22 が発した光を温度測定装置 14 へ伝送する。

20

【 0 0 4 6 】

温度測定装置 14 は、分割領域 60 毎に、分割領域 60 に設けられた温度センサ 20 から出力された信号に基づいて、分割領域 60 の温度を測定し、測定した分割領域 60 毎の温度の情報を制御装置 200 へ出力する。温度測定装置 14 は、例えば読取部 23 を介して感温体 22 へパルス光を送信し、読取部 23 を介して受信した感温体 22 の光の減衰速度に基づいて、感温体 22 が設けられた分割領域 60 の温度を測定する。

【 0 0 4 7 】

[ 制御装置 200 ]

図 5 は、制御装置 200 の一例を示すブロック図である。制御装置 200 は、例えば図 5 に示すように、伝熱ガス制御部 201、取得部 202、算出部 203、記憶部 204、温度制御部 205、および処理制御部 206 を有する。

30

【 0 0 4 8 】

記憶部 204 は、例えば図 6 に示すような補正テーブル 2040 を記憶する。図 6 は、実施例 1 における補正テーブル 2040 の一例を示す図である。補正テーブル 2040 には、分割領域 60 毎に個別テーブル 2041 が格納される。それぞれの個別テーブル 2041 には、静電チャック 6 の温度変化の傾きに対応付けて、静電チャック 6 の温度を所定の温度に制御する際に適用される補正值が格納される。

【 0 0 4 9 】

図 5 に戻って説明を続ける。伝熱ガス制御部 201 は、算出部 203 からの指示に応じて、伝熱ガス供給部 31 に伝熱ガスの供給開始および供給停止を指示する。また、伝熱ガス制御部 201 は、算出部 203 からの指示に応じて、伝熱ガスの圧力を伝熱ガス供給部 31 に指示する。

40

【 0 0 5 0 】

取得部 202 は、温度測定装置 14 から、分割領域 60 毎に測定された温度の情報を取得する。そして、取得部 202 は、分割領域 60 毎に、取得した温度の情報を算出部 203 および温度制御部 205 へ出力する。また、取得部 202 は、補正テーブル 2040 の作成時に、処理装置 100 の処理チャンバ 1 内に搬入された温度測定用ウエハ W' から出力された温度の情報を取得し、取得した温度の情報を、算出部 203 へ出力する。

【 0 0 5 1 】

50

温度測定用ウエハW'は、温度測定用ウエハW'の表面に設けられた複数の温度センサと、それぞれの温度センサによって測定された温度の情報を制御装置200へ出力する通信部とを有する。それぞれの温度センサは、静電チャック6上に載置された場合に、静電チャック6の分割領域60に対応する温度測定用ウエハW'上の領域に少なくとも1つ設けられる。通信部は、それぞれの温度センサによって分割領域60毎に測定された温度の情報を、無線通信により制御装置200へ送信する。なお、通信部は、分割領域60毎の温度の情報を、有線通信により制御装置200へ送信してもよい。また、温度測定用ウエハW'は、通信部に代えて不揮発性の記憶装置を有し、それぞれの温度センサによって分割領域60毎に測定された温度の情報を記憶装置に記憶させてもよい。この場合、処理チャンバ1から温度測定用ウエハW'が搬出された後に、制御装置200の取得部202が、それぞれの温度センサによって分割領域60毎に測定された温度の情報を記憶装置から読み出す。

10

**【0052】**

温度制御部205は、算出部203からの指示に応じて、ヒータ電源30およびチラーユニット33を制御する。温度制御部205は、静電チャック6の冷却開始を算出部203から指示された場合に、基材2aの流路2b内に所定温度の冷媒を循環させるようにチラーユニット33に指示する。また、温度制御部205は、静電チャック6内のヒータ6cへの電力供給の停止あるいはヒータ6cへ供給される電力の固定を算出部203から指示された場合に、ヒータ6cへの電力供給の停止あるいはヒータ6cへ供給される電力の固定をヒータ電源30に指示する。

20

**【0053】**

また、温度制御部205は、補正テーブル2040の作成時に、処理制御部206から目標温度を受け付ける。そして、算出部203からヒータ6cへの電力供給の開始を指示された場合、温度制御部205は、ヒータ6cへの電力供給の開始をヒータ電源30に指示する。そして、温度制御部205は、取得部202から出力された分割領域60毎の温度情報に基づいて、分割領域60の温度が目標温度となるように、分割領域60毎に設けられたヒータ6cに供給される電力をフィードバック制御する。

**【0054】**

また、温度制御部205は、半導体ウエハWに対する処理の実行に、算出部203から分割領域60毎の補正值を受け付け、処理制御部206から目標温度を受け付ける。そして、算出部203からヒータ6cへの電力供給の開始を指示された場合、温度制御部205は、ヒータ6cへの電力供給の開始をヒータ電源30に指示する。そして、温度制御部205は、分割領域60毎に、補正值に基づいて目標温度を補正する。そして、温度制御部205は、取得部202から出力された分割領域60毎の温度情報に基づいて、分割領域60毎に、分割領域60の温度が補正後の目標温度となるように、ヒータ6cに供給される電力をフィードバック制御する。これにより、静電チャック6上に載置された半導体ウエハWの温度が、補正後の目標温度に、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗によって半導体ウエハWと静電チャック6との間に生じた温度差を加えた温度となるように制御される。算出部203は、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が大きい場合に、目標温度が低くなるように目標温度を補正し、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が小さい場合に、目標温度が高くなるように目標温度を補正する。これにより、温度制御部205は、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が変化した場合でも、複数の半導体ウエハW間の温度のばらつきを抑制することができる。

30

40

**【0055】**

処理制御部206は、補正テーブル2040の作成時に、算出部203からの指示に応じて、補正テーブル2040の作成時の目標温度を温度制御部205へ出力する。そして、処理制御部206は、算出部203からの指示に応じて、処理装置100の各部を制御する。また、処理制御部206は、半導体ウエハWに対する処理の実行時に、処理装置100のオペレータ等により設定された処理レシピにおいて指定された目標温度を温度制御部205へ出力する。そして、処理制御部206は、処理レシピに基づいて、処理装置1

50

00の各部を制御することにより、半導体ウエハWに対する処理を実行する。

【0056】

算出部203は、補正テーブル2040の作成時および半導体ウエハWに対する処理の実行時に、伝熱ガス制御部201、温度制御部205、および処理制御部206をそれぞれ制御する。以下、図7および図8を参照しながら、算出部203によって行われる処理の詳細について説明する。

【0057】

[補正テーブル2040の作成処理]

図7は、補正テーブル2040の作成時における温度測定用ウエハW'および静電チャック6の温度変化の一例を示す図である。図7は、静電チャック6上の一つの分割領域(例えばセンタ領域)に対応する領域の温度測定用ウエハW'および静電チャック6の温度変化の一例を示している。また、以下では、補正テーブル2040のうち、一つの分割領域60における個別テーブル2041の作成処理について説明する。なお、他の分割領域60における個別テーブル2041の作成処理についても同様であるため、他の分割領域60における個別テーブル2041の作成処理については説明を省略する。

10

【0058】

図7(a)は伝熱ガスの圧力が5 Torrの場合、図7(b)は伝熱ガスの圧力が10 Torrの場合、図7(c)は伝熱ガスの圧力が20 Torrの場合の温度測定用ウエハW'および静電チャックの温度変化の一例をそれぞれ示している。図7において、グラフ80は温度測定用ウエハW'の温度変化を示し、グラフ81は静電チャック6の温度変化を示している。

20

【0059】

補正テーブル2040の作成時において、算出部203は、まず、静電チャック6の冷却開始と、ヒータ6cへの電力供給の停止あるいはヒータ6cへ供給される電力の固定とを温度制御部205に指示する。これにより、静電チャック6は、基材2aの流路2b内を循環する冷媒により冷却された基材2aを介して冷却される。そして、算出部203は、図示しない搬送ロボットに指示して、温度測定用ウエハW'を処理チャンバ1内に搬入させ、静電チャック6上に載置させる。

【0060】

なお、例えば図7に示すように、温度測定用ウエハW'が静電チャック6上に載置された時点 $t_0$ では、半導体ウエハWの温度は室温(例えば30)であり、静電チャック6の温度は室温より低い温度(例えば10)に冷却されている。つまり、温度測定用ウエハW'が静電チャック6上に載置された段階では、温度測定用ウエハW'と静電チャック6とは異なる温度である。

30

【0061】

次に、算出部203は、取得部202を介して分割領域60毎の静電チャック6の温度情報の取得を開始することにより、分割領域60毎に、温度測定用ウエハW'および静電チャック6の温度測定を開始する。そして、算出部203は、図7に示した時点 $t_1$ において、所定圧力の伝熱ガスの供給開始を伝熱ガス制御部201に指示する。本実施例において、算出部203は、伝熱ガスの圧力として、5 Torr、10 Torr、および20 Torrのいずれかを伝熱ガス制御部201に指示する。伝熱ガス制御部201は、分割領域60毎に、算出部203から指示された圧力の伝熱ガスの供給を伝熱ガス供給部31に指示する。これにより、時点 $t_1$ において、分割領域60毎に、静電チャック6の上面と温度測定用ウエハW'の裏面との間に伝熱ガスが供給され、温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間で、伝熱ガスを介した熱交換が始まる。そして、例えば図7に示すように、温度測定用ウエハW'との熱交換により、温度測定用ウエハW'の温度が下がり、静電チャック6の温度が上がる。

40

【0062】

そして、時点 $t_1$ から所定時間(例えば十秒程度)が経過した後の時点 $t_2$ において、算出部203は、ヒータ6cへの電力供給の開始を温度制御部205に指示する。温度制御

50

部205は、ヒータ電源30にヒータ6cへの電力供給の開始を指示し、分割領域60毎に、分割領域60の温度が目標温度(例えば60)となるように、ヒータ6cに供給される電力のフィードバック制御を開始する。これにより、例えば図7に示すように、分割領域60毎に、静電チャック6の温度と温度測定用ウエハW'の温度とが、目標温度に徐々に近づく。

#### 【0063】

次に、静電チャック6および温度測定用ウエハW'の温度が安定した時点 $t_3$ において、処理制御部206は、補正テーブル2040の作成時の処理レシピに基づいて、高周波電力や処理ガスの供給等の制御を開始する。例えば、処理制御部206は、高周波電力の供給開始を高周波電源12aおよび高周波電源12bにそれぞれ指示すると共に、所定の流量の処理ガスが処理チャンバ1内に供給されるように弁VおよびMFC15aを制御する。これにより、処理装置100の処理チャンバ1内には、処理ガスのプラズマが生成される。そして、処理チャンバ1内に生成されたプラズマからの入熱により、例えば図7に示すように、温度測定用ウエハW'の温度が上昇する。プラズマからの入熱は、静電チャック6に伝わり、静電チャック6から放熱される。しかし、半導体ウエハWと静電チャック6との間には、熱抵抗が存在する。そのため、半導体ウエハWと静電チャック6との間には、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗に応じた温度差が生じる。

#### 【0064】

伝熱ガスの圧力が5 Torrである図7(a)の例では、プラズマからの入熱により、温度測定用ウエハW'の温度が例えば $T_a = 74.4$ まで上昇する。静電チャック6は温度制御部205によってほぼ60に制御されているので、プラズマからの入熱により温度が上昇した温度測定用ウエハW'と、静電チャック6との間の温度差 $T_a$ は14.4である。また、伝熱ガスの圧力が10 Torrである図7(b)の例では、プラズマからの入熱により、温度測定用ウエハW'の温度が例えば $T_b = 69.9$ まで上昇する。プラズマからの入熱により温度が上昇した温度測定用ウエハW'と、静電チャック6との間の温度差 $T_b$ は9.9である。また、伝熱ガスの圧力が20 Torrである図7(c)の例では、プラズマからの入熱により、温度測定用ウエハW'の温度が例えば $T_c = 66.6$ まで上昇する。プラズマからの入熱により温度が上昇した温度測定用ウエハW'と、静電チャック6との間の温度差 $T_c$ は6.6である。

#### 【0065】

なお、時点 $t_3$ において、処理チャンバ1内に供給される高周波電力の周波数や電力、処理ガスの種類や流量等は、半導体ウエハWに対して行われる処理のレシピで指定されている高周波電力の周波数や電力、処理ガスの種類や流量等が用いられることが好ましい。これにより、半導体ウエハWに対して実際に行われる処理環境における半導体ウエハWの温度を測定することができる。

#### 【0066】

そして、算出部203は、処理レシピの実行停止を処理制御部206に指示する。これにより、処理チャンバ1内でのプラズマの生成が停止される。そして、算出部203は、ヒータ6cへの電力供給の停止あるいはヒータ6cへ供給される電力の固定を温度制御部205に指示し、伝熱ガスの供給停止を伝熱ガス制御部201に指示する。これにより、静電チャック6上に載置された温度測定用ウエハW'の温度が徐々に室温(例えば30)に戻り、静電チャック6の温度がチラーユニット33によって徐々に室温より低い温度(例えば10)に戻る。

#### 【0067】

算出部203は、所定数の圧力の伝熱ガスのそれぞれについて、分割領域毎に上記の処理を行うことにより、温度測定用ウエハW'および静電チャック6の温度変化を測定する。そして、算出部203は、それぞれの圧力の伝熱ガスについて、温度変化の測定データから、分割領域毎に、時点 $t_1$ と時点 $t_2$ との間の静電チャック6の温度変化の傾きを算出する。ここで、静電チャック6の温度変化の傾きの算出方法について、図8を用いて説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 8 】

図 8 は、補正テーブル作成時における温度測定用ウエハ W' および静電チャック 6 の温度変化の一例を示す拡大図である。図 8 は、静電チャック 6 上の一つの分割領域（例えばセンタ領域）に対応する領域の温度測定用ウエハ W' および静電チャック 6 の温度変化の一例を示している。また、図 8 ( a ) は図 7 ( a ) における時点  $t_1$  付近の拡大図であり、図 8 ( b ) は図 7 ( b ) における時点  $t_1$  付近の拡大図であり、図 8 ( c ) は図 7 ( c ) における時点  $t_1$  付近の拡大図である。

## 【 0 0 6 9 】

算出部 2 0 3 は、例えば図 8 に示すように、伝熱ガスの供給が開始された時点  $t_1$  より第 1 の時間が経過した時点  $t_{11}$  と、時点  $t_{11}$  から第 2 の時間  $t$  が経過した時点  $t_{12}$  との間の期間の静電チャック 6 の温度変化の傾きを測定する。本実施例において、第 1 の時間は例えば 1 秒であり、第 2 の時間  $t$  は例えば 5 秒である。図 8 ( a ) ~ ( c ) に示すように、時点  $t_{11}$  から時点  $t_{12}$  までの間の静電チャック 6 の温度変化の傾きは、伝熱ガスの圧力に応じて変化している。これは、伝熱ガスの圧力に応じて、温度測定用ウエハ W' と静電チャック 6 との間の熱抵抗が変化するためである。

## 【 0 0 7 0 】

そして、算出部 2 0 3 は、それぞれの圧力の伝熱ガスについて、温度変化の測定データから、分割領域毎に、プラズマ生成中の温度測定用ウエハ W' の温度（例えば図 7 に示した  $T_a$ 、 $T_b$ 、および  $T_c$ ）を取得する。図 9 は、伝熱ガスの圧力毎の静電チャック 6 の温度変化の傾きおよび温度測定用ウエハ W' の温度のデータ 6 2 の一例を示す図である。算出部 2 0 3 は、例えば図 9 のデータ 6 2 に示すように、各分割領域について、伝熱ガスの圧力毎に、静電チャック 6 の温度変化の傾きを算出すると共に、プラズマ生成中の温度測定用ウエハ W' の温度を取得する。そして、算出部 2 0 3 は、例えば下記の算出式 ( 1 ) に基づいて、各分割領域について、伝熱ガスの圧力毎に、補正值  $T_{off}$  を算出する。

$$T_{off} = T_r - T_m \quad \dots (1)$$

ここで、 $T_m$  は、プラズマ生成中の温度測定用ウエハ W' の温度を示し、 $T_r$  は、基準となる温度を示す。

## 【 0 0 7 1 】

本実施例では、一例として、伝熱ガスの圧力が 1 0 T o r r の場合の温度測定用ウエハ W' の温度  $T_m$  が基準となる温度  $T_r$  として設定される。そのため、図 9 に例示したデータ 6 2 において、センタ領域では、基準となる温度  $T_r$  が 6 9 . 9 、エッジ領域では基準となる温度  $T_r$  が 7 2 . 2 となる。例えば図 9 のデータ 6 2 において、伝熱ガスの圧力が 5 T o r r の場合、センタ領域の温度測定用ウエハ W' の温度  $T_m$  が 7 4 . 4 なので、算出部 2 0 3 は、 $6 9 . 9 - 7 4 . 4 = - 4 . 5$  を、伝熱ガスの圧力が 5 T o r r の場合のセンタ領域の補正值  $T_{off}$  として算出する。同様に、例えば図 9 のデータ 6 2 において、伝熱ガスの圧力が 2 0 T o r r の場合、センタ領域の温度測定用ウエハ W' の温度  $T_m$  が 6 6 . 6 なので、算出部 2 0 3 は、 $6 9 . 9 - 6 6 . 6 = + 3 . 3$  を、伝熱ガスの圧力が 2 0 T o r r の場合のセンタ領域の補正值  $T_{off}$  として算出する。

## 【 0 0 7 2 】

算出部 2 0 3 は、伝熱ガスの圧力毎に静電チャック 6 の温度変化の傾きと補正值  $T_{off}$  とを対応付けた個別テーブル 2 0 4 1 ( 図 6 参照 ) を、分割領域毎に作成し、作成した個別テーブル 2 0 4 1 を含む補正テーブル 2 0 4 0 を、記憶部 2 0 4 に保存する。

## 【 0 0 7 3 】

ここで、温度測定用ウエハ W' と静電チャック 6 との間の熱抵抗は、所定の温度差を有する温度測定用ウエハ W' と静電チャック 6 とが熱交換を行った場合の温度測定用ウエハ W' および静電チャック 6 のそれぞれの温度変化の傾きから推定することができる。例えば、温度測定用ウエハ W' と静電チャック 6 との間の熱抵抗が小さい場合には、静電チャック 6 の温度変化の傾きが大きくなり、温度測定用ウエハ W' と静電チャック 6 との間の熱抵抗が大きい場合には、静電チャック 6 の温度変化の傾きが小さくなる。また、温度測定用ウエハ W' と静電チャック 6 との間の熱抵抗が大きい場合、プラズマ生成中の温度測

10

20

30

40

50

定用ウエハW'と静電チャック6との間の温度差が大きくなり、温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間の熱抵抗が小さい場合、プラズマ生成中の温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間の温度差が小さくなる。

【0074】

そのため、本実施例では、温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間の熱抵抗が大きい場合、即ち、静電チャック6の温度変化の傾きが小さい場合に、静電チャック6の目標温度を下げるような補正値を算出する。一方、温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間の熱抵抗が小さい場合、即ち、静電チャック6の温度変化の傾きが大きい場合に、静電チャック6の目標温度を上げるような補正値を算出する。そして、プラズマ生成中に測定された温度測定用ウエハW'の温度と、基準温度との差が、補正値の大きさに設定される。半導体ウエハWの処理時には、半導体ウエハWを載置した静電チャック6の温度変化が測定され、静電チャック6の温度変化の傾きに対応する補正値が、半導体ウエハWに対するプラズマ処理が行われる際の静電チャック6の目標温度に適用される。これにより、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗の変化に伴って、プラズマ処理時の半導体ウエハWの温度が半導体ウエハW間で変動することが抑制される。

10

【0075】

[半導体ウエハWの処理時の補正]

図10は、補正値が適用された場合の温度測定用ウエハW'および静電チャック6の温度変化の一例を示す図である。図10は、静電チャック6上の一つの分割領域(例えばセンタ領域)における温度測定用ウエハW'および静電チャック6の温度変化の一例を示している。また、図10(a)は伝熱ガスの圧力が5 Torrの場合、図10(b)は伝熱ガスの圧力が10 Torrの場合、図10(c)は伝熱ガスの圧力が20 Torrの場合の温度測定用ウエハW'および静電チャックの温度変化の一例をそれぞれ示している。図10において、グラフ80は温度測定用ウエハW'の温度変化を示し、グラフ81は静電チャック6の温度変化を示している。

20

【0076】

ここで、処理装置100が処理した半導体ウエハWの数が多くなるほど、即ち、処理装置100において実行された処理の累積時間が長くなるほど、処理チャンバ1内の環境の変化により半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗の変化が大きくなる。例えば、複数の半導体ウエハWに対して所定の膜を積層させる処理が行われる場合、処理の累積時間が長くなるほど、デポの付着量の増加により半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が低くなる。半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗は、半導体ウエハWと静電チャック6との間に供給される伝熱ガスの圧力で制御することができる。そのため、図10では、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗の変化を、伝熱ガスの圧力の変化で模擬している。

30

【0077】

伝熱ガスの圧力が5 Torr(図10(a))の場合の半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗は、半導体ウエハWに対する処理の累積時間が例えば0時間、即ち、新品の状態の静電チャック6と半導体ウエハWとの間の熱抵抗に相当する。また、伝熱ガスの圧力が10 Torr(図10(b))の場合の半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗は、処理の累積時間が例えば30時間の静電チャック6と半導体ウエハWとの間の熱抵抗に相当する。また、伝熱ガスの圧力が20 Torr(図10(c))の場合の半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗は、処理の累積時間が例えば60時間の静電チャック6と半導体ウエハWとの間の熱抵抗に相当する。なお、図10では、ウエハの温度をモニタするために温度測定用ウエハW'が用いられているが、図10に示した温度変化は、半導体ウエハWに対する処理の実行時も同様である。そのため、以下の説明では、半導体ウエハWに対する処理として説明する。

40

【0078】

半導体ウエハWに対する処理の実行時において、算出部203は、まず、静電チャック6の冷却開始と、ヒータ6cへの電力供給の停止あるいはヒータ6cへ供給される電力の

50

固定とを温度制御部 205 に指示する。これにより、静電チャック 6 は、基材 2 a の流路 2 b 内を循環する冷媒により冷却された基材 2 a を介して冷却される。また、算出部 203 は、半導体ウエハ W に対する処理に用いられる処理レシピの実行を処理制御部 206 に指示する。処理制御部 206 は、処理レシピに基づいて、半導体ウエハ W に対する処理を行う際の静電チャック 6 の目標温度を温度制御部 205 に指示する。そして、算出部 203 は、図示しない搬送口ポットに指示して、半導体ウエハ W を処理チャンバ 1 内に搬入させ、静電チャック 6 上に載置させる。なお、半導体ウエハ W が静電チャック 6 上に載置された時点  $t_0$  では、半導体ウエハ W は室温（例えば 30 ）であり、静電チャック 6 は室温より低い温度（例えば 10 ）に冷却されている。

【0079】

次に、算出部 203 は、取得部 202 を介して分割領域 60 毎の静電チャック 6 の温度情報の取得を開始することにより、分割領域 60 毎に静電チャック 6 の温度測定を開始する。そして、算出部 203 は、図 10 に示した時点  $t_1$  において、半導体ウエハ W の処理レシピで指定された圧力の伝熱ガスの供給開始を伝熱ガス制御部 201 に指示する。これにより、時点  $t_1$  において、分割領域 60 毎に、静電チャック 6 の上面と半導体ウエハ W の裏面との間に伝熱ガスが供給され、半導体ウエハ W と静電チャック 6 との間で、伝熱ガスを介した熱交換が始まる。これにより、例えば図 10 に示すように、半導体ウエハ W との熱交換により、半導体ウエハ W の温度が下がり、静電チャック 6 の温度が上がる。

【0080】

そして、算出部 203 は、伝熱ガスの供給を開始した時点  $t_1$  から第 1 の時間が経過した時点  $t_{11}$  と、時点  $t_{11}$  から第 2 の時間が経過した時点  $t_{12}$  との間の期間の静電チャック 6 の温度変化の傾きを、分割領域 60 毎に測定する。そして、算出部 203 は、分割領域 60 毎に記憶部 204 内の個別テーブル 2041 を参照し、測定した静電チャック 6 の温度変化の傾きに対応する補正値を取得する。本実施例において、算出部 203 は、分割領域 60 毎に、例えば、測定した静電チャック 6 の温度変化の傾きに最も近い傾きを個別テーブル 2041 内で特定し、特定した傾きに対応付けられている補正値を取得する。また、他の例として、算出部 203 は、個別テーブル 2041 内の傾きと補正値との関係を近似するフィッティングカーブを求め、測定した静電チャック 6 の温度変化の傾きに対応するフィッティングカーブ上の補正値を取得するようにしてもよい。

【0081】

そして、算出部 203 は、分割領域 60 毎に取得した補正値を温度制御部 205 へ出力する。そして、算出部 203 は、時点  $t_1$  から所定時間が経過した後の時点  $t_2$  において、ヒータ 6c への電力供給の開始を温度制御部 205 に指示する。温度制御部 205 は、分割領域 60 毎に、処理制御部 206 から指示された目標温度に、算出部 203 から指示された補正値を加えることにより、目標温度を補正する。そして、温度制御部 205 は、分割領域 60 毎に、静電チャック 6 の温度が補正後の目標温度となるようにヒータ 6c の電力をフィードバック制御する。これにより、静電チャック 6 は、伝熱ガスの供給が開始された時点  $t_1$  から、ヒータ 6c への電力供給が開始される時点  $t_2$  までの間の静電チャック 6 の温度変化に応じた補正値が適用された目標温度に制御される。なお、温度制御部 205 は、分割領域 60 毎の補正値が算出部 203 から出力された場合に、時点  $t_2$  まで待つことなく、算出部 203 から指示された補正値で補正した目標温度となるように、ヒータ 6c の電力のフィードバック制御を開始してもよい。

【0082】

そして、静電チャック 6 と半導体ウエハ W の温度が安定した時点  $t_3$  において、処理制御部 206 は、半導体ウエハ W に対する処理に用いられる処理レシピに従って、高周波電力および処理ガスの供給等の制御を開始する。これにより、処理チャンバ 1 内に処理ガスのプラズマが生成され、プラズマにより半導体ウエハ W に対して所定の処理が実行される。そして、プラズマからの入熱により、半導体ウエハ W の温度が上昇する。

【0083】

ここで、伝熱ガスの圧力が 5 Torr である図 10 (a) の例では、ヒータ 6c への電

10

20

30

40

50



力供給の開始前のセンタ領域の静電チャック6の温度変化の傾きが0.23である。そのため、図6に示した補正テーブル2040が記憶部204に保存されている場合、算出部203は、例えば-4.5を補正值として取得する。そして、温度制御部205は、目標温度が60である場合、55.5を補正後の目標温度として算出し、静電チャック6のセンタ領域の温度が55.5になるようにヒータ6cの電力をフィードバック制御する。図7(a)において説明したように、伝熱ガスの圧力が5 Torrの場合の半導体ウエハWと静電チャック6との間の温度差  $T_a$  は14.4であるため、プラズマ処理時の半導体ウエハWの温度  $T_a'$  は約70に制御される。

【0084】

また、伝熱ガスの圧力が10 Torrである図10(b)の例では、ヒータ6cへの電力供給の開始前のセンタ領域の静電チャック6の温度変化の傾きが0.33である。そのため、図6に示した補正テーブル2040が記憶部204に保存されている場合、算出部203は、例えば0を補正值として取得する。そして、温度制御部205は、目標温度が60である場合、60を補正後の目標温度として算出し、静電チャック6のセンタ領域の温度が60になるようにヒータ6cの電力をフィードバック制御する。図7(b)において説明したように、伝熱ガスの圧力が10 Torrの場合の半導体ウエハWと静電チャック6との間の温度差  $T_b$  は9.9であるため、プラズマ処理時の半導体ウエハWの温度  $T_b'$  は約70に制御される。

【0085】

また、伝熱ガスの圧力が20 Torrである図10(c)の例では、ヒータ6cへの電力供給の開始前のセンタ領域の静電チャック6の温度変化の傾きが0.42である。そのため、図6に示した補正テーブル2040が記憶部204に保存されている場合、算出部203は、例えば+3.3を補正值として取得する。そして、温度制御部205は、目標温度が60である場合、63.3を補正後の目標温度として算出し、静電チャック6のセンタ領域の温度が63.3になるようにヒータ6cの電力をフィードバック制御する。図7(c)において説明したように、伝熱ガスの圧力が20 Torrの場合の半導体ウエハWと静電チャック6との間の温度差  $T_c$  は6.6であるため、プラズマ処理時の半導体ウエハWの温度  $T_c'$  は約70に制御される。

【0086】

このように、温度センサ20は、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が大きい場合、即ち、静電チャック6の温度変化の傾きが小さい場合に、静電チャック6の目標温度を下げ、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が小さい場合、即ち、静電チャック6の温度変化の傾きが大きい場合に、静電チャック6の目標温度を上げるようにヒータ6cに供給される電力をフィードバック制御する。これにより、複数の半導体ウエハWが処理される過程で半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が変化した場合であっても、複数の半導体ウエハW間で、プラズマ処理時の温度のばらつきを抑制することができる。

【0087】

[補正テーブル2040作成時の処理フロー]

図11は、実施例1における補正テーブル作成処理の一例を示すフローチャートである。なお、図11に示した処理に先立って、ヒータ電源30は、ヒータ6cへの電力供給を停止あるいは固定しており、静電チャック6は、基材2a内を流通する冷媒により所定温度まで冷却されている。また、温度測定用ウエハW'の温度は室温である。

【0088】

まず、算出部203は、図示しない搬送ロボットに指示して、温度測定用ウエハW'を処理チャンバ1内に搬入させ、静電チャック6上に載置させる(S100)。そして、算出部203は、温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間に供給される伝熱ガスの圧力を分割領域60毎に選択する(S101)。本実施例において、算出部203は、伝熱ガスの圧力として、5 Torr、10 Torr、および20 Torrのいずれか一つを順次選択する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 9 】

次に、算出部 2 0 3 は、取得部 2 0 2 を介して分割領域 6 0 毎の静電チャック 6 の温度情報の取得を開始する ( S 1 0 2 )。そして、算出部 2 0 3 は、ステップ S 1 0 1 で分割領域 6 0 毎に選択した圧力における伝熱ガスの供給開始を伝熱ガス制御部 2 0 1 に指示する。これにより、分割領域 6 0 毎に、温度測定用ウエハ W ' と静電チャック 6 との間への伝熱ガスの供給が開始される ( S 1 0 3 )。そして、温度測定用ウエハ W ' と静電チャック 6 との間で、伝熱ガスを介した熱交換が始まる。

## 【 0 0 9 0 】

次に、算出部 2 0 3 は、伝熱ガスの供給開始から所定時間 (例えば十秒程度) が経過するまで待機する ( S 1 0 4 )。そして、算出部 2 0 3 は、ヒータ 6 c への電力供給の開始を温度制御部 2 0 5 に指示する。これにより、ヒータ電源 3 0 からヒータ 6 c への電力供給が開始される ( S 1 0 5 )。そして、温度制御部 2 0 5 は、静電チャック 6 の温度が目標温度となるように、ヒータ 6 c に供給される電力のフィードバック制御を開始する。

10

## 【 0 0 9 1 】

次に、処理制御部 2 0 6 は、温度測定用ウエハ W ' の温度が安定するまで所定時間待機する ( S 1 0 6 )。そして、処理制御部 2 0 6 は、補正テーブル 2 0 4 0 作成時の処理レシピに基づいて、高周波電力や処理ガスの供給等の制御を開始することにより、処理チャンバ 1 内に処理ガスのプラズマを生成する ( S 1 0 7 )。

## 【 0 0 9 2 】

次に、処理制御部 2 0 6 は、温度測定用ウエハ W ' の温度が安定するまで所定時間待機する ( S 1 0 8 )。そして、処理制御部 2 0 6 は、高周波電力や処理ガスの供給等を停止する ( S 1 0 9 )。そして、算出部 2 0 3 は、伝熱ガスの供給停止を伝熱ガス制御部 2 0 1 に指示し、ヒータ 6 c への電力供給の停止あるいはヒータ 6 c へ供給される電力の固定を温度制御部 2 0 5 に指示する ( S 1 1 0 )。そして、算出部 2 0 3 は、分割領域 6 0 毎の静電チャック 6 の温度情報の取得を停止する ( S 1 1 1 )。

20

## 【 0 0 9 3 】

次に、算出部 2 0 3 は、測定対象の全ての圧力 (本実施例では、5 T o r r、1 0 T o r r、および 2 0 T o r r) について、温度測定用ウエハ W ' および静電チャック 6 の温度測定を行ったか否かを判定する ( S 1 1 2 )。測定対象の圧力の中に、温度測定用ウエハ W ' および静電チャック 6 の温度測定が行われていない圧力がある場合 ( S 1 1 2 : N o )、算出部 2 0 3 は、チラーユニット 3 3 によって静電チャック 6 が所定温度まで冷却され、かつ、温度測定用ウエハ W ' の温度が室温に戻るまで、所定時間待機する ( S 1 1 3 )。そして、算出部 2 0 3 は、再びステップ S 1 0 1 に示した処理を実行する。

30

## 【 0 0 9 4 】

一方、測定対象の全ての圧力について、温度測定用ウエハ W ' および静電チャック 6 の温度測定を行った場合 ( S 1 1 2 : Y e s )、算出部 2 0 3 は、図 8 を用いて説明したように、各分割領域 6 0 について、伝熱ガスの圧力毎に、伝熱ガスの供給が開始された時点  $t_1$  から第 1 の時間が経過した時点  $t_{11}$  と、時点  $t_{11}$  から第 2 の時間  $t$  が経過した時点  $t_{12}$  との間の期間の静電チャック 6 の温度変化の傾きを算出する ( S 1 1 4 )。

## 【 0 0 9 5 】

次に、算出部 2 0 3 は、各分割領域 6 0 について、伝熱ガスの圧力毎に、前述の算出式 ( 1 ) に基づいて、基準となる温度に対する補正值  $T_{off}$  を算出する ( S 1 1 5 )。そして、算出部 2 0 3 は、各分割領域 6 0 について、伝熱ガスの圧力毎に、静電チャック 6 の温度変化の傾きと補正值  $T_{off}$  とを対応付けた個別テーブル 2 0 4 1 (図 6 参照) を作成し、作成した個別テーブル 2 0 4 1 を含む補正テーブル 2 0 4 0 を記憶部 2 0 4 に保存する ( S 1 1 6 )。

40

## 【 0 0 9 6 】

[ 半導体ウエハ W に対する処理の実行時の処理フロー ]

図 1 2 は、実施例 1 における半導体ウエハ W に対する処理の一例を示すフローチャートである。なお、図 1 2 に示した処理に先立って、ヒータ電源 3 0 は、ヒータ 6 c への電力

50

供給を停止あるいは固定しており、静電チャック6は、基材2a内を流通する冷媒により所定温度まで冷却されている。また、半導体ウエハWの温度は室温である。

【0097】

まず、算出部203は、図示しない搬送ロボットに指示して、半導体ウエハWを処理チャンバ1内に搬入させ、静電チャック6上に載置させる(S200)。そして、算出部203は、取得部202を介して分割領域60毎の静電チャック6の温度情報の取得を開始する(S201)。

【0098】

次に、処理制御部206は、半導体ウエハWに対する処理を規定した処理レシピに基づいて、分割領域60毎に、半導体ウエハWと静電チャック6との間に所定の圧力の伝熱ガスの供給開始を伝熱ガス制御部201に指示する。これにより、分割領域60毎に、半導体ウエハWと静電チャック6との間への伝熱ガスの供給が開始される(S202)。そして、半導体ウエハWと静電チャック6との間で、伝熱ガスを介した熱交換が始まる。

10

【0099】

次に、算出部203は、伝熱ガスの供給開始から所定時間(例えば十秒程度)が経過するまで待機する(S203)。そして、算出部203は、分割領域60毎に、伝熱ガスの供給が開始された時点 $t_1$ から第1の時間が経過した時点 $t_{11}$ と、時点 $t_{11}$ から第2の時間 $t$ が経過した時点 $t_{12}$ との間の期間の静電チャック6の温度変化の傾きを算出する。そして、読取部230は、分割領域60毎に、算出した傾きに対応付けられた補正値を記憶部204内の補正テーブル2040から取得する(S204)。そして、算出部203は、ヒータ6cへの電力供給の開始を温度制御部205に指示すると共に、分割領域60毎に、取得した補正値を温度制御部205へ出力する。

20

【0100】

温度制御部205は、分割領域60毎に、算出部203から指示された補正値を、処理制御部206から指示された目標温度に加えることにより、目標温度を補正する(S205)。そして、温度制御部205は、ヒータ6cへの電力供給を開始させると共に、分割領域60毎に、静電チャック6の温度が補正後の目標温度となるようにヒータ6cに供給される電力をフィードバック制御する(S206)。

【0101】

次に、処理制御部206は、半導体ウエハWの温度が安定するまで所定時間待機する(S207)。そして、処理制御部206は、半導体ウエハWに対する処理を規定した処理レシピに基づいて、高周波電力や処理ガスの供給等の制御を開始することにより、プラズマ処理を実行する(S208)。プラズマ処理が終了した場合、処理制御部206は、高周波電力や処理ガスの供給等を停止する(S209)。そして、算出部203は、伝熱ガスの供給停止を伝熱ガス制御部201に指示し、ヒータ6cへの電力供給の停止あるいはヒータ6cへ供給される電力の固定を温度制御部205に指示する(S210)。そして、算出部203は、分割領域60毎の静電チャック6の温度情報の取得を停止する(S211)。そして、算出部203は、図示しない搬送ロボットに指示して、半導体ウエハWを処理チャンバ1内から搬出させる(S212)。

30

【0102】

以上、実施例1について説明した。上記説明から明らかなように、本実施例の処理システム10によれば、複数の半導体ウエハWが処理される過程で半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗が変化した場合であっても、複数の半導体ウエハW間で、プラズマ処理時の温度のばらつきを抑制することができる。

40

【実施例2】

【0103】

実施例1では、分割領域60毎に、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗に応じて、分割領域60毎に静電チャック6の目標温度を補正したが、本実施例では、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗に応じて、半導体ウエハWと静電チャック6との間に供給される伝熱ガスの圧力を分割領域60毎に制御することにより、半導体ウエ

50

八Wと静電チャック6との間の熱抵抗の変化に伴う半導体ウエハWの温度変化を抑制する。本実施例は、静電チャック6の目標温度が固定値である処理システム10や、静電チャック6内にヒータ6cが設けられていない処理システム10に対して特に有効である。なお、本実施例における処理システム10、処理装置100、および制御装置200は、以下に説明する点を除き、図1～図5を用いて説明した実施例1における処理システム10、処理装置100、および制御装置200と同様であるため、重複する説明は省略する。

#### 【0104】

本実施例において、記憶部204は、例えば図13に示すような補正テーブル2043を記憶する。図13は、実施例2における補正テーブル2043の一例を示す図である。補正テーブル2043には、例えば図13に示すように、分割領域60（センタ領域およびエッジ領域）毎に、関係式および傾きの目標値が格納される。関係式とは、伝熱ガスの圧力を変えた場合の静電チャック6の温度変化の傾きの変化の傾向を示す近似式である。傾きの目標値とは、静電チャック6の温度変化において、目標となる傾きを示す。目標となる傾きは、例えば、プロセスの処理条件を決定した時の傾きである。なお、図13に示した関係式において、 $x$ は伝熱ガスの圧力を示し、 $y$ は静電チャック6の温度変化の傾きを示す。

10

#### 【0105】

[補正テーブル2043作成時の処理フロー]

図14は、実施例2における補正テーブル2043の作成処理の一例を示すフローチャートである。なお、以下に説明する点を除き、図11を用いて説明した補正テーブル2043の作成処理と同様の処理については、同一の符号を付して説明を省略する。

20

#### 【0106】

まず、制御装置200は、図11で説明したステップS100～S114の処理を実行する。そして、算出部203は、各分割領域60について、伝熱ガスの圧力毎に、伝熱ガスの圧力と、静電チャック6の温度変化の傾きとの関係を示す関係式を算出する（S120）。例えば図15に示すように、伝熱ガスの圧力毎に、静電チャック6の温度変化の傾きとして複数の点86で示される値が算出されたと仮定する。図15において、横軸は伝熱ガスの圧力を示し、縦軸は静電チャック6の温度変化の傾きを示す。

#### 【0107】

算出部203は、複数の点86の分布に基づいて、複数の点86の分布の傾向を示す直線85を関係式として算出する。本実施例では、例えば図13に示したように、センタ領域については「 $y=0.0121x+0.185$ 」、エッジ領域については「 $y=0.0141x+0.155$ 」が関係式として算出される。なお、本実施例において、関係式は直線であるが、複数の点86の傾向を示す線であれば、曲線であってもよい。

30

#### 【0108】

次に、算出部203は、静電チャック6の温度変化の傾きの目標値を決定する（S121）。静電チャック6の温度変化の傾きの目標値は、例えば、プラズマ処理時の半導体ウエハWの温度が基準となる所定の温度となる場合の基準静電チャック6の温度変化の傾きが用いられる。なお、静電チャック6の温度変化の傾きは、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗と相関がある。静電チャック6の温度変化の傾きの目標値を決定することは、半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗の目標値を決定することに対応する。半導体ウエハWと静電チャック6との間の熱抵抗は、伝熱ガスの圧力により、ある程度制御可能である。そのため、静電チャック6の温度変化の傾きの目標値は、伝熱ガスの圧力によって制御可能な熱抵抗の範囲の略中央付近であることが好ましい。本実施例では、図13に示したように、センタ領域およびエッジ領域について、静電チャック6の温度変化の傾きの目標値として例えば0.3が決定される。

40

#### 【0109】

そして、算出部203は、分割領域60毎に算出した関係式および静電チャック6の温度変化の傾きの目標値を含む補正テーブル2043を作成し、作成した補正テーブル2043を記憶部204に保存する（S122）。

50

## 【 0 1 1 0 】

[ 半導体ウエハWに対する処理の実行時の処理フロー ]

図 1 6 は、実施例 2 における半導体ウエハWに対する処理の一例を示すフローチャートである。なお、以下に説明する点を除き、図 1 2 を用いて説明した半導体ウエハWに対する処理と同様の処理については、同一の符号を付して説明を省略する。

## 【 0 1 1 1 】

まず、制御装置 2 0 0 は、図 1 2 で説明したステップ S 2 0 0 ~ S 2 0 3 の処理を実行する。そして、算出部 2 0 3 は、分割領域 6 0 毎に、伝熱ガスの供給が開始された時点  $t_1$  から第 1 の時間が経過した時点  $t_{11}$  と、時点  $t_{11}$  から第 2 の時間が経過した時点  $t_{12}$  との間の期間の静電チャック 6 の温度変化の傾きを算出する ( S 2 2 0 )。ここで、例えば 10  
図 1 5 に示すように、点 8 7 で示される値が、ある分割領域 6 0 における静電チャック 6 の温度変化の傾きとして算出されたと仮定する。

## 【 0 1 1 2 】

次に、算出部 2 0 3 は、分割領域 6 0 毎の関係式を補正テーブル 2 0 4 3 から取得する。そして、算出部 2 0 3 は、分割領域 6 0 毎に、補正テーブル 2 0 4 3 から取得した関係式で示される直線を、ステップ S 2 2 0 において算出された温度変化の傾きの値を通るように平行移動させる ( S 2 2 1 )。算出部 2 0 3 は、例えば図 1 5 に示すように、補正テーブル 2 0 4 3 から取得された関係式を示す直線 8 5 を、ステップ S 2 2 0 において算出した温度変化の傾きの値を示す点 8 7 を通るように平行移動し、直線 8 8 を得る。

## 【 0 1 1 3 】

次に、算出部 2 0 3 は、分割領域 6 0 毎に、平行移動された直線上の点において、静電チャック 6 の温度変化の傾きが目標値となる場合の伝熱ガスの圧力を算出する ( S 2 2 2 )。例えば図 1 5 に示すように、算出部 2 0 3 は、平行移動された直線 8 8 上の点において、静電チャック 6 の温度変化の傾きが目標値である 0 . 3 となる場合の伝熱ガスの圧力 P を算出する。そして、算出部 2 0 3 は、分割領域 6 0 毎に算出した圧力 P を伝熱ガス制御部 2 0 1 に指示する。伝熱ガス制御部 2 0 1 は、分割領域 6 0 毎に、算出部 2 0 3 から指示された圧力 P となるように、分割領域 6 0 毎の伝熱ガスの圧力を変更する ( S 2 2 3 )。そして、温度制御部 2 0 5 は、ヒータ 6 c への電力供給を開始させると共に、分割領域 6 0 毎に、静電チャック 6 の温度が目標温度となるようにヒータ 6 c に供給される電力をフィードバック制御する ( S 2 2 4 )。そして、制御装置 2 0 0 は、図 1 2 で説明した 30  
ステップ S 2 0 7 ~ S 2 1 2 の処理を実行する。

## 【 0 1 1 4 】

以上、実施例 2 について説明した。上記説明から明らかなように、本実施例の処理システム 1 0 によれば、複数の半導体ウエハWが処理される過程で半導体ウエハWと静電チャック 6 との間の熱抵抗が変化した場合であっても、複数の半導体ウエハW間で、プラズマ処理時の温度のばらつきを抑制することができる。また、静電チャック 6 の目標温度が固定値である処理システム 1 0 や、静電チャック 6 内にヒータ 6 c が設けられていない処理システム 1 0 においても、半導体ウエハWと静電チャック 6 との間の熱抵抗の変化に伴う半導体ウエハW間の温度変化を抑制することができる。

## 【 0 1 1 5 】

[ 制御装置 2 0 0 のハードウェア ]

なお、上記した各実施例における制御装置 2 0 0 は、例えば図 1 7 に示すようなコンピュータ 9 0 によって実現される。図 1 7 は、制御装置 2 0 0 の機能を実現するコンピュータ 9 0 の一例を示す図である。コンピュータ 9 0 は、CPU (Central Processing Unit) 9 1、RAM (Random Access Memory) 9 2、ROM (Read Only Memory) 9 3、補助記憶装置 9 4、無線通信機 9 5、通信インターフェイス ( I / F ) 9 6、入出力インターフェイス ( I / F ) 9 7、およびメディアインターフェイス ( I / F ) 9 8 を備える。

## 【 0 1 1 6 】

CPU 9 1 は、ROM 9 3 または補助記憶装置 9 4 に格納されたプログラムに基づいて 50

動作し、各部の制御を行う。ROM 93は、コンピュータ90の起動時にCPU 91によって実行されるブートプログラムや、コンピュータ90のハードウェアに依存するプログラム等を格納する。

【0117】

補助記憶装置94は、例えばHDD (Hard Disk Drive) またはSSD (Solid State Drive) 等であり、CPU 91によって実行されるプログラムおよび当該プログラムによって使用されるデータ等を格納する。CPU 91は、当該プログラムを、補助記憶装置94から読み出してRAM 92上にロードし、ロードしたプログラムを実行する。

【0118】

無線通信機95は、無線通信により、温度測定用ウエハW' と通信を行い、温度測定用ウエハW' から送信されたデータを受信してCPU 91へ送る。通信I/F 96は、LAN (Local Area Network) 等の通信回線を介して処理装置100との間で通信を行う。通信I/F 96は、処理装置100からデータを受信してCPU 91へ送り、CPU 91が生成したデータを、通信回線を介して、処理装置100へ送信する。

【0119】

CPU 91は、入出力I/F 97を介して、キーボード等の入力装置およびディスプレイ等の出力装置を制御する。CPU 91は、入出力I/F 97を介して、入力装置から入力された信号を取得してCPU 91へ送る。また、CPU 91は、生成したデータを、入出力I/F 97を介して出力装置へ出力する。

【0120】

メディアI/F 98は、記録媒体99に格納されたプログラムまたはデータを読み取り、補助記憶装置94に格納する。記録媒体99は、例えばDVD (Digital Versatile Disc)、PD (Phase change rewritable Disk) 等の光学記録媒体、MO (Magneto-optical disk) 等の光磁気記録媒体、テープ媒体、磁気記録媒体、または半導体メモリ等である。

【0121】

コンピュータ90のCPU 91は、RAM 92上にロードされたプログラムを実行することにより、伝熱ガス制御部201、取得部202、算出部203、温度制御部205、および処理制御部206の各機能を実現する。また、補助記憶装置94には、記憶部204内のデータが格納される。

【0122】

コンピュータ90のCPU 91は、RAM 92上にロードされるプログラムを、記録媒体99から読み取って補助記憶装置94に格納するが、他の例として、他の装置から、通信回線を介してプログラムを取得して補助記憶装置94に格納してもよい。

【0123】

なお、開示の技術は、上記した実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

【0124】

例えば、算出部203は、例えば以下の期間における静電チャック6の温度変化の傾きを、半導体ウエハWまたは温度測定用ウエハW' と静電チャック6との間の熱抵抗に応じた静電チャック6の温度変化の傾きとして算出してもよい。図18は、静電チャック6の温度変化の傾きを算出する期間の一例を説明する図である。

【0125】

例えば図18に示すように、静電チャック6の温度は、伝熱ガスの供給が開始される時点 $t_1$ までは、チラーユニット33によって所定の温度 $T_{min}$ に制御されている。そして、伝熱ガスの供給が開始された時点 $t_1$ から、半導体ウエハWまたは温度測定用ウエハW' との間の熱交換により、静電チャック6の温度が上昇する。そして、ヒータ6cに電力が供給されない場合には、静電チャック6の温度は、所定の温度 $T_{max}$ をピークとして再び下がり、チラーユニット33によって制御されている温度 $T_{min}$ に戻る。

【0126】

10

20

30

40

50

ここで、静電チャック6の温度変化の中で、温度変化の傾きが大きい期間ほど、半導体ウエハWまたは温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間の熱抵抗が変わった場合に、温度変化の傾きの差が出やすい。そのため、図18に示した時点 $t_1$ から、静電チャック6の温度が最大になる時点 $t_a$ までの間で、温度変化の傾きが大きくなる期間の開始時点 $t_{11}$ とし、終了時点 $t_{12}$ とすることが好ましい。例えば、温度 $T_{min}$ を0%、温度 $T_{max}$ を100%とした場合、時点 $t_{11}$ は、例えば静電チャック6の温度 $T_1$ が10~30%の範囲内となる時点、時点 $t_{12}$ は、例えば静電チャック6の温度 $T_2$ が70~90%の範囲内となる時点であってもよい。

【0127】

また、上記した各実施例では、半導体ウエハWまたは温度測定用ウエハW'の温度が、静電チャック6の温度よりも高い状態から、静電チャック6の温度変化の傾きを算出したが、開示の技術はこれに限られない。例えば、半導体ウエハWまたは温度測定用ウエハW'の温度が、静電チャック6の温度よりも低い状態から、静電チャック6の温度変化の傾きを算出するようにしてもよい。この場合、静電チャック6の温度は、時間の経過とともに温度が下がるように変化する。また、この場合でも、半導体ウエハWまたは温度測定用ウエハW'と静電チャック6との間の熱抵抗に応じて、静電チャック6の温度変化の傾きの大きさが変わる。

【0128】

また、上記した実施例1では、半導体ウエハW毎に、半導体ウエハWに対する処理の実行時に、静電チャック6の温度変化に基づいて目標温度を補正するが、他の例として、所定数の半導体ウエハW毎に、静電チャック6の温度変化に基づいて目標温度を補正する処理を1回行い、次に目標温度を補正する処理を行うまでは、補正後の目標温度を用いて半導体ウエハWに対する処理を実行してもよい。また、上記した実施例2では、半導体ウエハW毎に、半導体ウエハWに対する処理の実行時に、静電チャック6の温度変化に基づいて伝熱ガスの圧力を変更するが、他の例として、所定数の半導体ウエハW毎に、静電チャック6の温度変化に基づいて伝熱ガスの圧力を変更する処理を1回行い、次に伝熱ガスの圧力を変更する処理を行うまでは、変更後の伝熱ガスの圧力を用いて半導体ウエハWに対する処理を実行してもよい。これにより、複数の半導体ウエハWを処理する際のスループットを向上させることができる。

【0129】

また、上記した各実施例において、静電チャック6の上面は、同心円状に2つの分割領域60に分割され、分割領域60毎にヒータ6cの電力および伝熱ガスの圧力を独立して制御可能である。しかし、分割領域60の数は、2つに限られず、3つ以上であってもよい。また、それぞれの分割領域60の分割方法は、同心円状に限られず、格子状や放射状に分割されてもよい。

【0130】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者には明らかである。また、そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【符号の説明】

【0131】

W 半導体ウエハ

W' 温度測定用ウエハ

10 処理システム

100 処理装置

200 制御装置

1 処理チャンバ

2 載置台

2a 基材

10

20

30

40

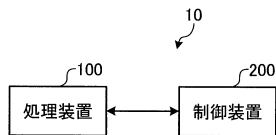
50

- 2 b 流路
- 6 静電チャック
- 6 a 電極
- 6 b 絶縁体
- 6 c ヒータ
- 1 3 直流電源
- 1 4 温度測定装置
- 1 6 シャワーヘッド
- 2 0 温度センサ
- 2 2 感温体
- 2 3 読取部
- 2 0 1 伝熱ガス制御部
- 2 0 2 取得部
- 2 0 3 算出部
- 2 0 4 記憶部
- 2 0 5 温度制御部
- 2 0 6 処理制御部
- 3 0 ヒータ電源
- 3 1 伝熱ガス供給部
- 3 3 チラーユニット
- 6 0 分割領域

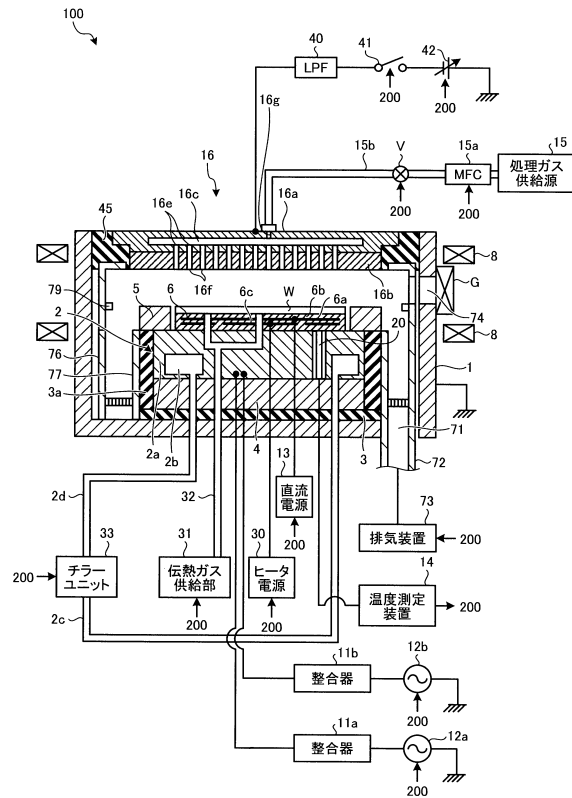
10

20

【図 1】

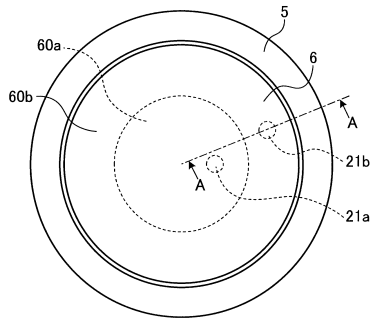


【図 2】

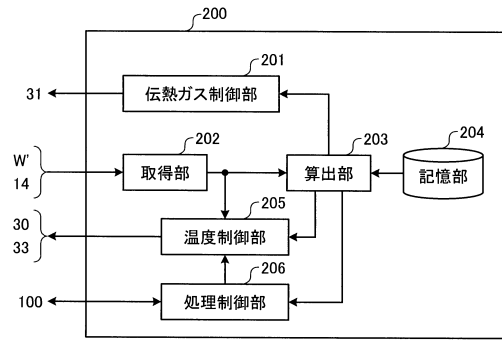




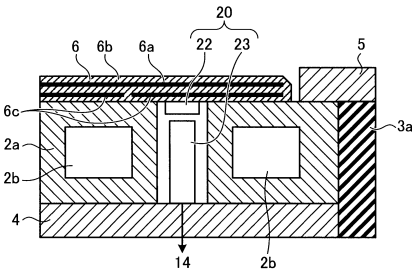
【図3】



【図5】



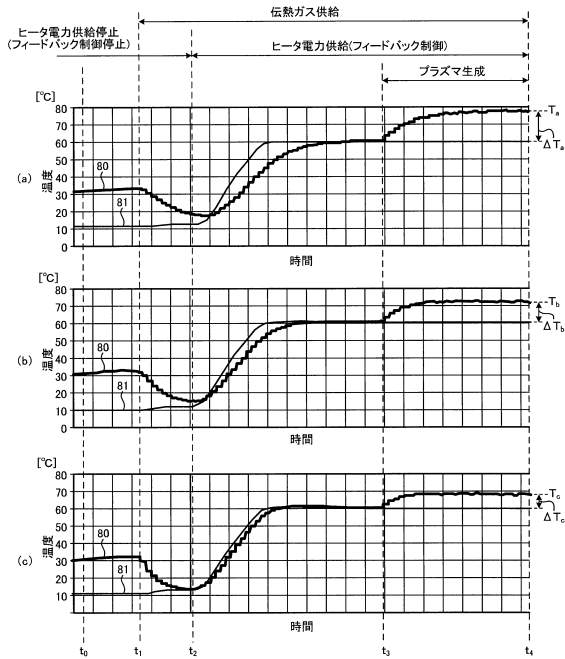
【図4】



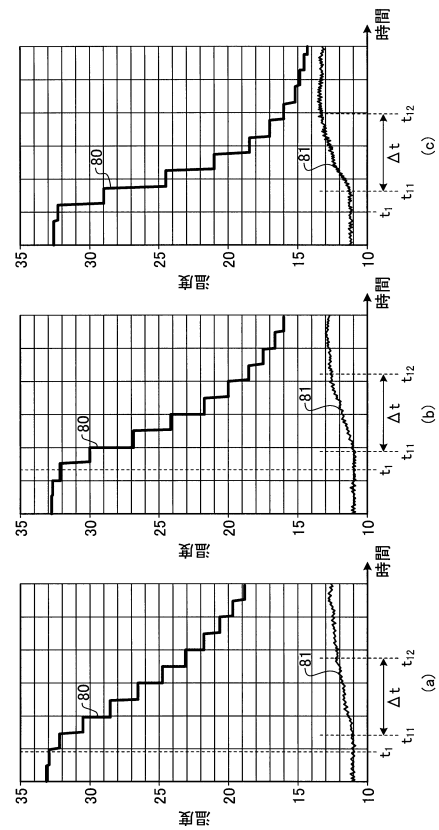
【図6】

センタ領域		エッチ領域	
傾き	補正值	傾き	補正值
0.23	-4.5	0.21	-5.5
0.33	0	0.32	0
0.42	+3.3	0.43	+4.0

【図7】



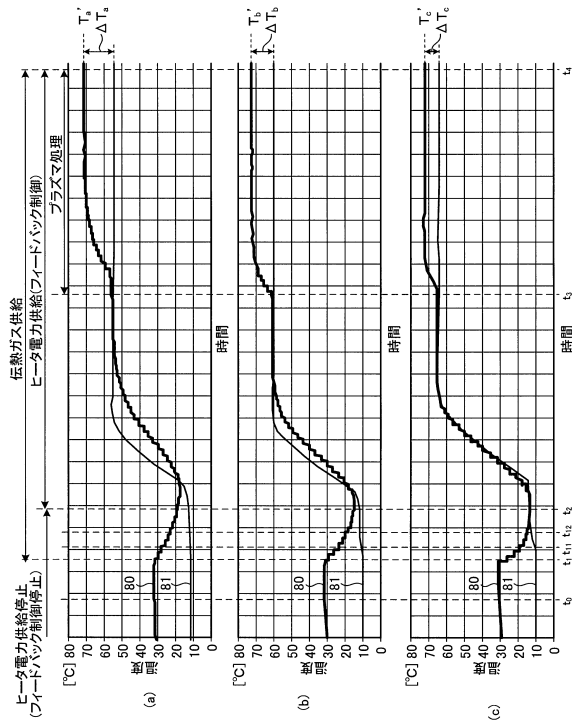
【図8】



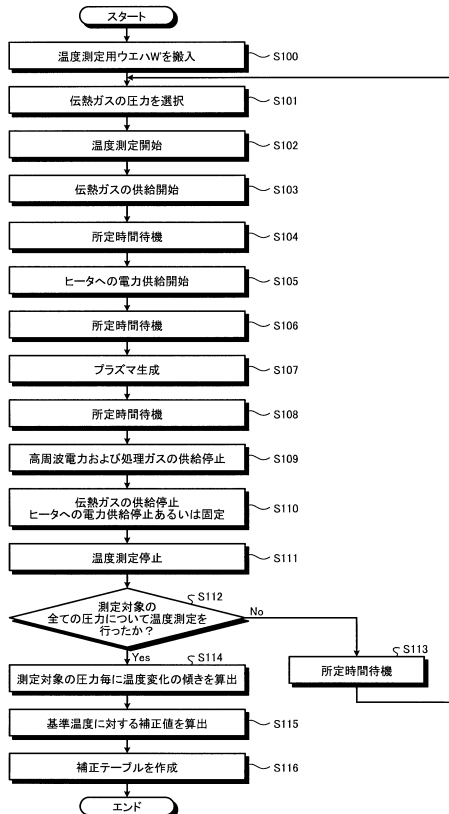
【図9】

伝熱ガスの圧力 (Torr)	センタ領域		エッチ領域	
	温度変化の傾き [ $\Delta^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ]	温度測定用ウエハWの温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	温度変化の傾き [ $\Delta^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ]	温度測定用ウエハWの温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
5	0.23	74.4	0.21	77.8
10	0.33	69.9	0.32	72.2
20	0.42	66.6	0.43	68.2

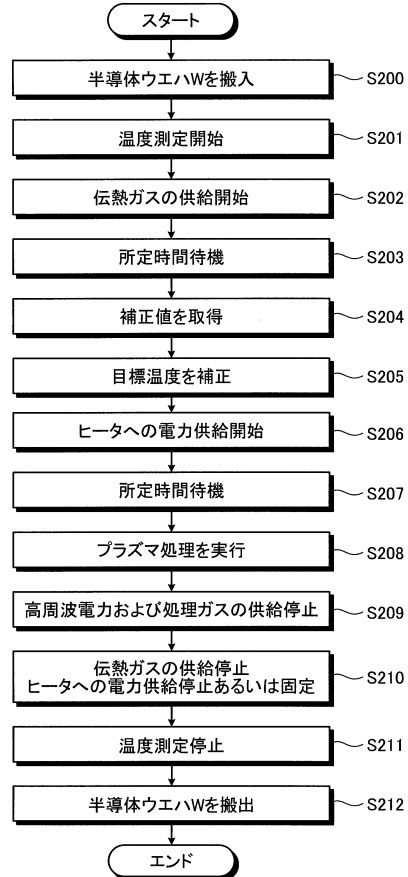
【図10】



【図11】



【図12】

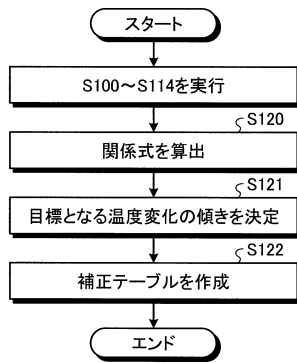


【図13】

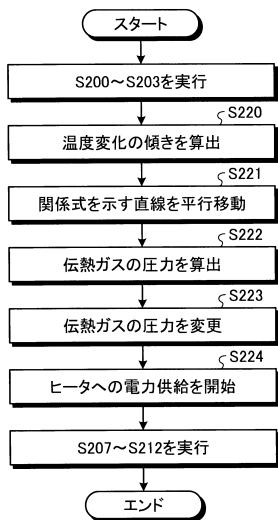
2043

	センタ領域	エッチ領域
関係式	$y=0.0121x+0.185$	$y=0.0141x+0.155$
傾きの目標値	0.3	0.3

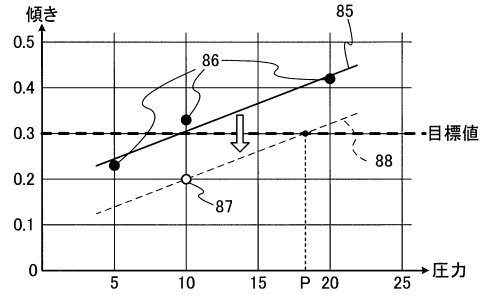
【図14】



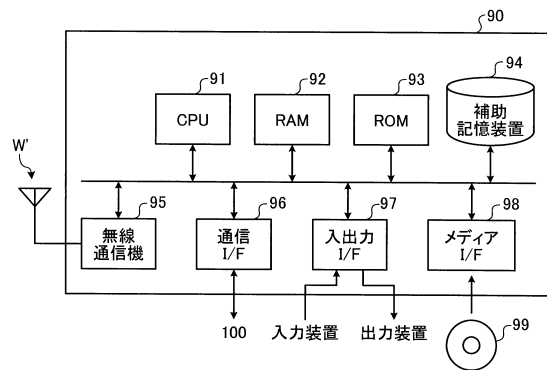
【図16】



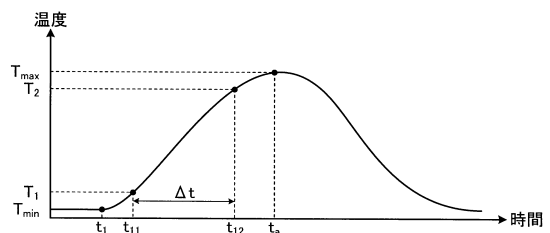
【図15】



【図17】



【図18】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小泉 浩

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 鈴木 聡一郎

(56)参考文献 特開2012-209477(JP,A)  
特開2011-134927(JP,A)  
特開2006-155169(JP,A)  
特開2001-110885(JP,A)  
特開2014-068032(JP,A)  
特開2007-123843(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00 - 16/56  
C23F 1/00 - 4/04  
H01L 21/205  
H01L 21/302  
H01L 21/3065  
H01L 21/31  
H01L 21/312 - 21/32  
H01L 21/365  
H01L 21/461  
H01L 21/469 - 21/475  
H01L 21/67 - 21/683  
H01L 21/86  
H05H 1/00 - 1/54