

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7412990号  
(P7412990)

(45)発行日 令和6年1月15日(2024.1.15)

(24)登録日 令和6年1月4日(2024.1.4)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 1 L 21/306(2006.01) H 0 1 L 21/306 R

請求項の数 2 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-219842(P2019-219842)	(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	令和1年12月4日(2019.12.4)	(74)代理人	110002147 弁理士法人酒井国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-89983(P2021-89983A)	(72)発明者	井上 大誠 熊本県合志市福原1-1 東京エレクトロン九州株式会社内
(43)公開日	令和3年6月10日(2021.6.10)	(72)発明者	櫻井 宏紀 熊本県合志市福原1-1 東京エレクトロン九州株式会社内
審査請求日	令和4年10月3日(2022.10.3)	(72)発明者	中澤 貴士 熊本県合志市福原1-1 東京エレクトロン九州株式会社内
		審査官	小 高 孔頌

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板処理装置、および基板処理方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

処理液が吐出された基板の温度を検出する温度検出部と、  
前記温度検出部によって検出された前記温度に基づいた前記基板のエッチング量を所与の計算式を用いて算出する算出部と、  
前記エッチング量に基づいて前記処理液による前記基板のエッチング処理を実行する実行部と  
を備え、  
前記温度検出部は、前記基板の径方向における複数箇所の前記基板の表面温度を検出し、  
前記所与の計算式は、前記温度、および前記エッチング処理における処理時間の指数関数の式であり、前記複数箇所の前記基板の温度に応じて設定され、  
前記算出部は、前記複数箇所のエッチング量を算出し、  
前記実行部は、各エッチング量に基づいて前記エッチング処理を実行し、エッチング量が所与の値になると、前記処理液の吐出を終了し、  
前記エッチング処理が実行される前記基板に成膜される膜種は、窒化チタンおよびタングステンであり、  
前記処理液は、硫酸を純水によって希釈した希硫酸であり、  
前記処理液の濃度は、前記硫酸と前記純水との比率が1:1~20:1となる濃度であり、  
前記処理液の温度は、50以上であり、かつ前記処理液の沸点以下である、基板処理

10

20

装置。

【請求項 2】

処理液が吐出された基板の温度を検出する温度検出工程と、  
 前記温度検出工程によって検出された前記温度に基づいた前記基板のエッチング量を所与の計算式を用いて算出する算出工程と、  
 前記エッチング量に基づいて前記処理液による前記基板のエッチング処理を実行する実行工程と  
 を含み、  
 前記温度検出工程では、前記基板の径方向における複数箇所の前記基板の表面温度が検出され、  
 前記所与の計算式は、前記温度、および前記エッチング処理における処理時間の指数関数の式であり、前記複数箇所の前記基板の温度に応じて設定され、  
 前記算出工程では、前記複数箇所のエッチング量が算出され、  
 前記実行工程では、各エッチング量に基づいて前記エッチング処理が実行され、エッチング量が所与の値になると、前記処理液の吐出が終了され、  
 前記エッチング処理が実行される前記基板に成膜される膜種は、窒化チタンおよびタングステンであり、  
 前記処理液は、硫酸を純水によって希釈した希硫酸であり、  
 前記処理液の濃度は、前記硫酸と前記純水との比率が 1 : 1 ~ 20 : 1 となる濃度であり、  
 前記処理液の温度は、50 以上であり、かつ前記処理液の沸点以下である、基板処理方法。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、基板処理装置、および基板処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、半導体基板に用いられる配線材料を腐食することなく窒化チタンをエッチングすることが開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2008 - 285508 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、基板を精度よくエッチングする技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様による基板処理装置は、温度検出部と、算出部と、実行部とを備える。温度検出部は、処理液が吐出された基板の温度を検出する。算出部は、温度検出部によって検出された温度に基づいた基板のエッチング量を所与の計算式を用いて算出する。実行部は、エッチング量に基づいて処理液による基板のエッチング処理を実行する。

40

【発明の効果】

【0006】

本開示によれば、基板を精度よくエッチングすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】図 1 は、実施形態に係る基板処理システムの概略構成を示す図である。

50

【図 2】図 2 は、実施形態に係る処理ユニットの具体的な構成例を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、実施形態に係る基板処理システムの配管構成を示す模式図である。

【図 4】図 4 は、実施形態に係る制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 5】図 5 は、実施形態に係る指数曲線を示す図である。

【図 6】図 6 は、実施形態に係る制御処理を示すフローチャートである。

【図 7 A】図 7 A は、実施形態に係る制御処理におけるウェハ温度、およびエッチング量を示す図（その 1）である。

【図 7 B】図 7 B は、実施形態に係る制御処理におけるウェハ温度、およびエッチング量を示す図（その 2）である。

【図 7 C】図 7 C は、実施形態に係る制御処理におけるウェハ温度、およびエッチング量を示す図（その 3）である。

10

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、添付図面を参照して、本願の開示する基板処理装置、および基板処理方法の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態により開示される基板処理装置、および基板処理方法が限定されるものではない。また、図面は模式的なものであり、各要素の寸法の関係、各要素の比率などは、現実と異なる場合があることに留意する必要がある。さらに、図面の相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれている場合がある。

【0009】

20

< 基板処理システムの概要 >

図 1 は、実施形態に係る基板処理システム 1（基板処理装置の一例）の概略構成を示す図である。なお、基板処理システム 1 は、基板処理装置の一例である。以下では、位置関係を明確にするために、互いに直交する X 軸、Y 軸および Z 軸を規定し、Z 軸正方向を鉛直上向き方向とする。

【0010】

基板処理システム 1 は、搬入出ステーション 2 と、処理ステーション 3 とを備える。搬入出ステーション 2 と処理ステーション 3 とは隣接して設けられる。基板処理システム 1 は、半導体ウェハ W（以下、ウェハ W と称する。）にエッチング処理を行う。

【0011】

30

エッチング処理が実行されるウェハ W（基板の一例）に成膜される膜種は、窒化チタンおよびタンゲステンである。また、エッチング処理に用いられる処理液は、硫酸を純水、例えば、DIW（Deionized Water：脱イオン水）で希釈した希硫酸である。希硫酸の濃度は、所定濃度であり、具体的には、硫酸と純水との比率が、1：1～20：1となる濃度である。なお、処理液は、SPM（硫酸過酸化水素水水溶液）であってもよい。

【0012】

搬入出ステーション 2 は、キャリア載置部 11 と、搬送部 12 とを備える。キャリア載置部 11 には、複数枚の基板、実施形態では半導体ウェハ W（以下、ウェハ W と呼称する。）を水平状態で収容する複数のキャリア C が載置される。

【0013】

40

搬送部 12 は、キャリア載置部 11 に隣接して設けられ、内部に基板搬送装置 13 と、受渡部 14 とを備える。基板搬送装置 13 は、ウェハ W を保持するウェハ保持機構を備える。また、基板搬送装置 13 は、水平方向および鉛直方向への移動ならびに鉛直軸を中心とする旋回が可能であり、ウェハ保持機構を用いてキャリア C と受渡部 14 との間でウェハ W の搬送を行う。

【0014】

処理ステーション 3 は、搬送部 12 に隣接して設けられる。処理ステーション 3 は、搬送部 15 と、複数の処理ユニット 16 とを備える。複数の処理ユニット 16 は、搬送部 15 の両側に並べて設けられる。

【0015】

50

搬送部 15 は、内部に基板搬送装置 17 を備える。基板搬送装置 17 は、ウェハ W を保持するウェハ保持機構を備える。また、基板搬送装置 17 は、水平方向および鉛直方向への移動ならびに鉛直軸を中心とする旋回が可能であり、ウェハ保持機構を用いて受渡部 14 と処理ユニット 16 との間でウェハ W の搬送を行う。

【0016】

処理ユニット 16 は、基板搬送装置 17 によって搬送されるウェハ W に対して所定の基板処理を行う。

【0017】

また、基板処理システム 1 は、制御装置 4 を備える。制御装置 4 は、たとえばコンピュータであり、制御部 18 と記憶部 19 とを備える。記憶部 19 には、基板処理システム 1 において実行される各種の処理を制御するプログラムが格納される。制御部 18 は、記憶部 19 に記憶されたプログラムを読み出して実行することによって基板処理システム 1 の動作を制御する。制御装置 4 の詳細については後述する。

【0018】

なお、かかるプログラムは、コンピュータによって読み取り可能な記憶媒体に記録されていたものであって、その記憶媒体から制御装置 4 の記憶部 19 にインストールされたものであってもよい。コンピュータによって読み取り可能な記憶媒体としては、たとえばハードディスク (HD)、フレキシブルディスク (FD)、コンパクトディスク (CD)、マグネットオプティカルディスク (MO)、メモリカードなどがある。

【0019】

上記のように構成された基板処理システム 1 では、まず、搬入出ステーション 2 の基板搬送装置 13 が、キャリア載置部 11 に載置されたキャリア C からウェハ W を取り出し、取り出したウェハ W を受渡部 14 に載置する。受渡部 14 に載置されたウェハ W は、処理ステーション 3 の基板搬送装置 17 によって受渡部 14 から取り出されて、処理ユニット 16 へ搬入される。

【0020】

処理ユニット 16 へ搬入されたウェハ W は、処理ユニット 16 によって処理された後、基板搬送装置 17 によって処理ユニット 16 から搬出されて、受渡部 14 に載置される。そして、受渡部 14 に載置された処理済のウェハ W は、基板搬送装置 13 によってキャリア載置部 11 のキャリア C へ戻される。

【0021】

< 処理ユニットの構成 >

次に、処理ユニット 16 の構成について、図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、実施形態に係る処理ユニット 16 の具体的な構成例を示す模式図である。図 2 に示すように、処理ユニット 16 は、チャンバ 20 と、基板処理部 30 と、液供給部 40 と、回収カップ 50 と、温度センサ 60 とを備える。

【0022】

チャンバ 20 は、基板処理部 30 と、液供給部 40 と、回収カップ 50 とを収容する。チャンバ 20 の天井部には、FFU (Fan Filter Unit) 21 が設けられる。FFU 21 は、チャンバ 20 内にダウンフローを形成する。

【0023】

基板処理部 30 は、保持部 31 と、支柱部 32 と、駆動部 33 とを備え、載置されたウェハ W に液処理を施す。保持部 31 は、ウェハ W を水平に保持する。支柱部 32 は、鉛直方向に延在する部材であり、基端部が駆動部 33 によって回転可能に支持され、先端部において保持部 31 を水平に支持する。駆動部 33 は、支柱部 32 を鉛直軸まわりに回転させる。

【0024】

基板処理部 30 は、駆動部 33 を用いて支柱部 32 を回転させることによって支柱部 32 に支持された保持部 31 を回転させ、これにより、保持部 31 に保持されたウェハ W を回転させる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

基板処理部 3 0 が備える保持部 3 1 の上面には、ウェハ W を側面から保持する保持部材 3 1 1 が設けられる。ウェハ W は、保持部材 3 1 1 によって保持部 3 1 の上面からわずかに離間した状態で水平保持される。なお、ウェハ W は、基板処理が行われる表面を上方に向けた状態で保持部 3 1 に保持される。

## 【 0 0 2 6 】

液供給部 4 0 は、ウェハ W に対して処理液を供給する。液供給部 4 0 は、ノズル 4 1 と、かかるノズル 4 1 を水平に支持するアーム 4 2 と、アーム 4 2 を回転および昇降させる回転昇降機構 4 3 とを備える。

## 【 0 0 2 7 】

ノズル 4 1 は、吐出ライン 1 3 0 に接続される。ノズル 4 1 は、吐出ライン 1 3 0 を介して供給される処理液を吐出する。かかる吐出ライン 1 3 0 を含めた基板処理システム 1 の配管構成については後述する。

## 【 0 0 2 8 】

なお、実施形態の処理ユニット 1 6 では、ノズル 4 1 が 1 つ設けられる例について示したが、処理ユニット 1 6 に設けられるノズルの数は 1 つに限られない。また、実施形態の処理ユニット 1 6 では、ノズル 4 1 がウェハ W の上方（表面側）に配置された例について示したが、ノズルがウェハ W の下方（裏面側）に配置されていてもよい。

## 【 0 0 2 9 】

回収カップ 5 0 は、保持部 3 1 を取り囲むように配置され、保持部 3 1 の回転によってウェハ W から飛散する処理液を捕集する。回収カップ 5 0 の底部には、排液口 5 1 が形成されており、回収カップ 5 0 によって捕集された処理液は、かかる排液口 5 1 から処理ユニット 1 6 の外部へ排出される。また、回収カップ 5 0 の底部には、F F U 2 1 から供給される気体を処理ユニット 1 6 の外部へ排出する排気口 5 2 が形成される。

## 【 0 0 3 0 】

温度センサ 6 0（温度検出部の一例）は、処理液が吐出されたウェハ W（基板の一例）の温度を検出する。具体的には、温度センサ 6 0 は、ウェハ W の表面温度を計測する。温度センサ 6 0 は、例えば、放射式温度計である。温度センサ 6 0 は、取付部 6 1 を介してチャンバ 2 0 に取り付けられる。温度センサ 6 0 は、ウェハ W における所定位置の温度を計測する。所定位置は、予め設定された位置であり、例えば、ウェハ W の中心部である。温度センサ 6 0 は、アーム 4 2 に取り付けられてもよい。また、温度センサ 6 0 は、アーム 4 2 とは異なるアームに取り付けられてもよい。

## 【 0 0 3 1 】

< 基板処理システムの配管構成 >

次に処理ユニット 1 6 に接続される基板処理システム 1 の配管構成について、図 3 を参照しながら説明する。図 3 は、実施形態に係る基板処理システム 1 の配管構成を示す模式図である。

## 【 0 0 3 2 】

なお、ここでは、処理液を供給する配管構成について説明するが、処理ユニット 1 6 には、例えば、リンス処理においてウェハ W に D I W を供給する配管構成、およびノズルや、乾燥処理においてウェハ W に I P A を供給する配管構成、およびノズルが設けられる。

## 【 0 0 3 3 】

基板処理システム 1 では、合流部 1 2 0 によって生成された処理液である希硫酸が吐出ライン 1 3 0 を介して処理ユニット 1 6 に供給される。合流部 1 2 0 では、薬液供給部 1 0 0 から硫酸が供給され、D I W 供給部 1 1 0 から D I W が供給され、D I W に硫酸が混合されて希硫酸が生成される。

## 【 0 0 3 4 】

薬液供給部 1 0 0 は、硫酸を合流部 1 2 0 に供給する。薬液供給部 1 0 0 は、薬液供給源 1 0 1 と、供給ライン 1 0 2 と、ヒータ 1 0 3 と、流量調整器 1 0 4 とを備える。薬液供給源 1 0 1 から供給ライン 1 0 2 に供給された硫酸は、ヒータ 1 0 3 によって第 1 所定

10

20

30

40

50

温度に昇温される。第1所定温度に昇温された硫酸は、流量調整器104によって流量が調整される。第1所定温度は、予め設定された温度であり、処理液の温度が、50以上、かつ処理液の沸点以下となる温度である。

【0035】

DIW供給部110は、DIWを合流部120に供給する。DIW供給部110は、DIW供給源111と、供給ライン112と、ヒータ113と、流量調整器114とを備える。DIW供給源111から供給ライン112に供給されたDIWは、ヒータ113によって第2所定温度に昇温される。第2所定温度に昇温されたDIWは、流量調整器114によって流量が調整される。第2所定温度は、予め設定された温度であり、処理液の温度が、50以上、かつ沸点以下となる温度である。このように、処理液の温度は、50以上、かつ処理液の沸点以下である。

10

【0036】

基板処理システム1では、流量調整器104、114を用いることによって、合流部120において生成される処理液の濃度が所定濃度に調整される。吐出ライン130には、バルブ131が設けられる。バルブ131が開かれると、所定濃度に調整された処理液がウェハWに供給される。バルブ131が閉じられると、処理液はウェハWに供給されない。バルブ131は、モータ(不図示)などによって開閉される。

【0037】

なお、基板処理システム1は、供給ライン102に設けられた流量調整器104における硫酸の流れを止めることにより、吐出ライン130によってDIWをウェハWに供給してもよい。

20

【0038】

<制御装置の詳細>

次に、基板処理システム1を制御する制御装置4の詳細について、図4を参照しながら説明する。図4は、実施形態に係る制御装置4の概略構成を示すブロック図である。上述したように、制御装置4は、制御部18と記憶部19とを備える。

【0039】

記憶部19は、たとえば、RAM(Random Access Memory)、フラッシュメモリ(Flash Memory)等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスクなどの記憶装置によって実現される。記憶部19は、計算式記憶部19aを有する。

30

【0040】

計算式記憶部19aは、エッチング処理におけるエッチング量Dを算出するための計算式を記憶する。エッチング量Dは、エッチング処理の処理時間(t1 - t0)と、エッチング速度kとから式(1)を用いて算出することができる。

【0041】

$$D = k \times (t_1 - t_0) \cdots (1)$$

【0042】

「t1」は、処理液の供給時間であり、「t0」は、ウェハWにおいてエッチングが開始される目標温度に到達した時間である。すなわち、処理時間は、目標温度に到達以降の時間である。目標温度は、50以上、かつ処理液の沸点以下の温度である。

40

【0043】

また、エッチング速度kは、目標温度に到達以降の時間平均ウェハ温度Taveから式(2)を用いて算出することができる。

【0044】

$$k = a \times \exp(b \times T_{ave}) \cdots (2)$$

【0045】

式(2)の「k」を式(1)の「k」に代入すると、式(3)となる。

【0046】

$$D = (a \times \exp(b \times T_{ave})) \times (t_1 - t_0) \cdots (3)$$

【0047】

50

「 $a$ 」、および「 $b$ 」は、指数近似フィッティング値である。「 $a$ 」、および「 $b$ 」は、実際の予備評価データを用いて求められる。予備評価データは、硫酸の温度、および硫酸の濃度を変更してエッチング処理を行い、各条件におけるウェハ温度、およびエッチング量  $D'$  が計測されたデータである。

【0048】

なお、予備評価データを得るために用いられるウェハ  $W$  は、基板処理システム 1 においてエッチング処理が行われるウェハ  $W$  と同じである。また、予備評価データにおけるウェハ  $W$  の温度の計測箇所は、基板処理システム 1 においてエッチング処理を行う場合に温度センサ 60 によって検出されるウェハ  $W$  の温度の計測箇所と同じ箇所である。

【0049】

まず、エッチング処理の時間とウェハ  $W$  の温度とから各条件における時間平均ウェハ温度  $T_{ave}'$  が算出される。また、エッチング処理の時間とエッチング量  $D'$  とから各条件におけるエッチング速度  $k'$  がそれぞれ算出される。

【0050】

そして、各条件における時間平均ウェハ温度  $T_{ave}'$  と、各条件におけるエッチング速度  $k'$  とがプロットされたグラフが図 5 に示すように作成され、指数曲線によって近似される。図 5 は、実施形態に係る指数曲線を示す図である。近似された指数曲線に基づいて、上記した「 $a$ 」、および「 $b$ 」が算出され、設定される。

【0051】

このように、式 (3) に示す計算式 (所与の計算式の一例) は、ウェハ  $W$  の温度、およびエッチング処理における処理時間の指数関数の式である。計算式記憶部 19a は、式 (3) で示される計算式を記憶する。なお、計算式記憶部 19a は、エッチング処理条件、例えば、エッチング処理を行うウェハ  $W$  の種類に応じた計算式を記憶する。

【0052】

図 4 に戻り、制御部 18 は、たとえば、CPU (Central Processing Unit) や MPU (Micro Processing Unit) などによって、記憶部 19 に記憶されている各種プログラムが RAM を作業領域として実行されることにより実現される。また、制御部 18 は、たとえば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や FPGA (Field Programmable Gate Array) 等の集積回路により実現される。

【0053】

制御部 18 は、取得部 18a と、算出部 18b と、判定部 18c と、実行部 18d とを備え、以下に説明する制御処理の機能や作用を実現または実行する。なお、制御部 18 の内部構成は、図 4 に示した構成に限られず、後述する制御処理を行う構成であれば他の構成であってもよい。

【0054】

取得部 18a は、温度センサ 60 によって検出されたウェハ  $W$  の温度に関する情報 (以下、「ウェハ温度」と称する。) を取得する。算出部 18b は、計算式記憶部 19a に記憶された計算式を用いて、取得したウェハ温度からエッチング量  $D$  を算出する。すなわち、算出部 18b は、温度センサ 60 (温度検出部の一例) によって検出されたウェハ温度 (温度の一例) に基づいたウェハ  $W$  (基板の一例) のエッチング量  $D$  を計算式 (所与の計算式の一例) を用いて算出する。

【0055】

判定部 18c は、エッチング処理を終了するか否かを判定する。具体的には、判定部 18c は、算出したエッチング量  $D$  が、所定量となったか否かを判定する。所定量は、予め設定された値であり、ウェハ  $W$  において所望されるエッチング量である。

【0056】

実行部 18d は、エッチング量  $D$  に基づいて処理液によるウェハ  $W$  (基板の一例) のエッチング処理を実行する。実行部 18d は、ウェハ  $W$  への処理液の供給を制御し、ウェハ  $W$  のエッチング処理を実行する。実行部 18d は、モータなどを制御し、バルブ 131 の開閉を行う。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 7 】

具体的には、実行部 1 8 d は、エッチング処理を開始する場合には、バルブ 1 3 1 を開き、ウェハ W への処理液の供給を開始する。また、実行部 1 8 d は、エッチング量 D が所定量になったと判定されると、バルブ 1 3 1 を閉じ、ウェハ W への処理液の供給を終了する。すなわち、実行部 1 8 d は、エッチング量 D が所定量（所与の値）になると、処理液の吐出を終了する。

## 【 0 0 5 8 】

なお、ここでは、制御装置 4 がエッチング処理における処理液の吐出制御を実行する機能について説明したが、制御装置 4 は、上記制御の他にも、ヒータ 1 0 3 による硫酸の温度調整、およびヒータ 1 1 3 による D I W の温度調整を行う。また、制御装置 4 は、エッチング処理の他に、リンス処理や、乾燥処理などを実行する。

10

## 【 0 0 5 9 】

このように、制御装置 4 は、計算式を用いてウェハ温度に基づいてエッチング量 D を算出し、エッチング量 D が所定値になるとエッチング処理を終了する。そのため、ウェハ温度がばらつき、エッチングの進行にばらつきが生じる場合であっても、エッチング量 D を所定量とすることができる。

## 【 0 0 6 0 】

< 制御処理の具体例 >

次に、実施形態に係る制御処理について図 6 を参照し説明する。図 6 は、実施形態に係る制御処理を示すフローチャートである。

20

## 【 0 0 6 1 】

制御装置 4 は、エッチング処理を開始する（ S 1 0 0 ）。具体的には、制御装置 4 は、バルブ 1 3 1 を開き、処理液をウェハ W に供給する。

## 【 0 0 6 2 】

制御装置 4 は、エッチング量 D を算出する（ S 1 0 1 ）。具体的には、制御装置 4 は、温度センサ 6 0 からウェハ温度を取得し、取得したウェハ温度に基づいたエッチング量 D を計算式を用いて算出する。

## 【 0 0 6 3 】

制御装置 4 は、算出したエッチング量 D が所定量になったか否かを判定する（ S 1 0 2 ）。制御装置 4 は、エッチング量 D が所定量になると（ S 1 0 2 : Y e s ）、エッチング処理を終了する（ S 1 0 3 ）。具体的には、制御装置 4 は、バルブ 1 3 1 を閉じ、ウェハ W への処理液の吐出を終了する。

30

## 【 0 0 6 4 】

制御装置 4 は、算出したエッチング量 D が所定量よりも小さい場合には（ S 1 0 2 : N o ）、エッチング量 D の算出を継続する（ S 1 0 1 ）。

## 【 0 0 6 5 】

次に、上記制御処理における、ウェハ温度、およびエッチング量 D を図 7 A ~ 図 7 C に示す。図 7 A は、実施形態に係る制御処理におけるウェハ温度、およびエッチング量 D を示す図（その 1）である。図 7 B は、実施形態に係る制御処理におけるウェハ温度、およびエッチング量 D を示す図（その 2）である。図 7 C は、実施形態に係る制御処理におけるウェハ温度、およびエッチング量 D を示す図（その 3）である。

40

## 【 0 0 6 6 】

ウェハ W への処理液の供給が開始されると（図 7 A）、ウェハ W の温度が高くなる。そして、時間  $t_0$  においてウェハ W の温度が目標温度以上になると、処理液によるウェハ W のエッチングが開始され、エッチング量 D が大きくなる。なお、エッチング量 D は、上記した式（ 3 ）に基づいて算出される。

## 【 0 0 6 7 】

ウェハ W への処理液の供給が継続され、かつウェハ W の温度が目標温度以上に保持されることによって、エッチングが進行し、エッチング量 D が大きくなる（図 7 B）。

## 【 0 0 6 8 】

50



そして、算出されたエッチング量Dが所定量になると(図7C)、ウェハWへの処理液の供給が終了される。その後、ウェハWの温度が目標温度よりも低くなり、ウェハWにおけるエッチングが終了する。

【0069】

<効果>

基板処理システム1(基板処理装置の一例)は、温度センサ60(温度検出部の一例)と、算出部18bと、実行部18dとを備える。温度センサ60は、処理液が吐出されたウェハW(基板の一例)の温度を検出する。算出部18bは、温度センサ60によって検出された温度に基づいたウェハWのエッチング量Dを計算式(所与の計算式)を用いて算出する。実行部18dは、エッチング量Dに基づいて処理液によるウェハWのエッチング処理を実行する。

10

【0070】

これにより、基板処理システム1は、ウェハWの温度に基づいたエッチング量Dを算出し、エッチング量Dに基づいてエッチング処理を実行することができる。基板処理システム1は、硫酸や、DIWの供給流量の微少な変化などに伴い処理液の温度が変化した場合でも、エッチング量Dに基づいてエッチング処理を実行する。そのため、基板処理システム1は、ウェハWを精度よくエッチングすることができる。

【0071】

また、実行部18dは、エッチング量Dが所定値(所与の値の一例)になると、処理液の供給を終了する。

20

【0072】

これにより、基板処理システム1は、ウェハ温度がばらつき、エッチングの進行にばらつきが生じる場合であっても、エッチング量Dを所定量とすることができる。そのため、基板処理システム1は、ウェハWを精度よくエッチングすることができる。

【0073】

また、計算式は、温度、およびエッチング処理における処理時間の指数関数の式である。

【0074】

これにより、基板処理システム1は、エッチング量Dを正確に算出することができ、ウェハWを精度よくエッチングすることができる。

【0075】

また、温度センサ60は、ウェハWの表面温度を検出する。

30

【0076】

これにより、基板処理システム1は、エッチング処理が行われるウェハWの温度に基づいたエッチング量Dを算出することができる。そのため、基板処理システム1は、ウェハWを精度よくエッチングすることができる。

【0077】

また、エッチング処理が実行されるウェハWに成膜される膜種は、窒化チタンおよびタングステンである。

【0078】

基板処理システム1は、窒化チタンおよびタングステンが成膜されたウェハWを精度よくエッチングすることができる。

40

【0079】

また、処理液は、硫酸をDIW(純水の一例)によって希釈した希釈硫酸である。具体的には、処理液の濃度は、硫酸とDIWとの比率が1:1~20:1となる濃度である。また、処理液の温度は、50以上であり、かつ処理液の沸点以下である。

【0080】

これにより、基板処理システム1は、タングステンのエッチングを抑制しつつ、窒化チタンをエッチングすることができる。

【0081】

<変形例>

50

基板処理システム 1 は、式 ( 3 ) に示す指数関数の計算式とは異なる指数関数の式を用いて、エッチング量  $D$  を算出してもよい。指数関数の式は、予備評価データを用いて、ウェハ  $W$  の温度とエッチング量  $D'$  と相関関係から算出された式である。例えば、基板処理システム 1 は、式 ( 4 ) に示すアレニウス式を用いてエッチング量  $D$  を算出してもよい。

【 0 0 8 2 】

$$K / A = \exp ( - E / R T ) \cdot \cdot \cdot ( 4 )$$

【 0 0 8 3 】

「  $K$  」は、速度定数であり、「  $A$  」は、頻度因子である。また、「  $E$  」は、活性化エネルギーであり、「  $R$  」は、気体定数であり、「  $T$  」は、ウェハ  $W$  の温度である。

【 0 0 8 4 】

エッチング量  $D$  は、「  $K / A$  」の処理時間の区間積分に比例する。そのため、エッチング量  $D$  は、式 ( 5 ) を用いて算出することができる。

【 0 0 8 5 】

$$D = a \times ( K / A ) d t \cdot \cdot \cdot ( 5 )$$

【 0 0 8 6 】

式 ( 5 ) に式 ( 4 ) を代入すると、エッチング量  $D$  は、式 ( 6 ) となる。

【 0 0 8 7 】

$$D = a \times ( \exp ( - E / R T ) ) d t \cdot \cdot \cdot ( 6 )$$

【 0 0 8 8 】

比例定数「  $a$  」、および「  $E$  」は、予備評価データを用いて算出され、設定される。「  $a$  」は、予備評価データに基づいて、(  $( \exp ( - E / R T ) ) d t$  ) を横軸とし、エッチング量  $D'$  を縦軸としてプロットしたグラフにおける近似直線の傾きから算出される。また、「  $E$  」の値を変化させて、最も決定係数が高くなる値が「  $E$  」として算出される。式 ( 5 ) の計算式は、計算式記憶部 19 a に記憶される。

【 0 0 8 9 】

基板処理システム 1 は、計算式記憶部 19 a に記憶した式 ( 5 ) を用いてエッチング量  $D$  を算出してもよい。

【 0 0 9 0 】

これにより、基板処理システム 1 は、ウェハ  $W$  を精度よくエッチングすることができる。

【 0 0 9 1 】

なお、ウェハ  $W$  の温度を計測する方法は、上記した温度センサ 60 に限られることはない。例えば、基板処理システム 1 では、ウェハ  $W$  に接触する接触部に熱電対などの温度センサが設けられてもよい。

【 0 0 9 2 】

また、基板処理システム 1 は、ウェハ  $W$  の複数箇所の温度を計測してもよい。例えば、基板処理システム 1 は、ウェハ  $W$  の中心部、ウェハ  $W$  の外周部、および中心部と外周部との間の温度を計測してもよい。この場合、例えば、ウェハ  $W$  の複数箇所の温度に応じて設定された計算式が計算式記憶部 19 a に記憶される。例えば、基板処理システム 1 は、ウェハ  $W$  の複数箇所のエッチング量  $D$  を算出し、各エッチング量  $D$  に基づいてエッチング処理を実行する。また、基板処理システム 1 は、ウェハ  $W$  の複数箇所の温度に基づいたエッチング量  $D$  のずれ量を推測し、エッチング量  $D$  を補正してもよい。

【 0 0 9 3 】

また、基板処理システム 1 は、アーム 42 を回転させながら処理液をウェハ  $W$  に供給してもよい。また、基板処理システム 1 は、アーム 42 を回転させながら処理液をウェハ  $W$  に供給し、ウェハ  $W$  の複数の温度を計測してもよい。

【 0 0 9 4 】

これにより、基板処理システム 1 は、ウェハ  $W$  を精度よくエッチングすることができる。基板処理システム 1 は、ウェハ  $W$  におけるエッチング量  $D$  の面内均一性を向上させることができる。

【 0 0 9 5 】

10

20

30

40

50

また、基板処理システム 1 は、エッチング量 D に基づいてエッチング処理を終了するまでの時間を算出し、算出した時間に基づいてエッチング処理を終了してもよい。

【 0 0 9 6 】

上記実施形態、および変形例に係る基板処理システム 1 は、組み合わせて適用されてもよい。

【 0 0 9 7 】

なお、今回開示された実施形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。実に、上記した実施形態は多様な形態で具現され得る。また、上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその趣旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

【符号の説明】

【 0 0 9 8 】

- 1 基板処理システム（基板処理装置）
- 4 制御装置
- 16 処理ユニット
- 18 制御部
- 18 a 取得部
- 18 b 算出部
- 18 c 判定部
- 18 d 実行部
- 19 記憶部
- 19 a 計算式記憶部
- 30 基板処理部
- 40 液供給部
- 41 ノズル
- 60 温度センサ（温度検出部）
- 100 薬液供給部
- 110 DIW供給部
- 130 吐出ライン
- 131 バルブ

10

20

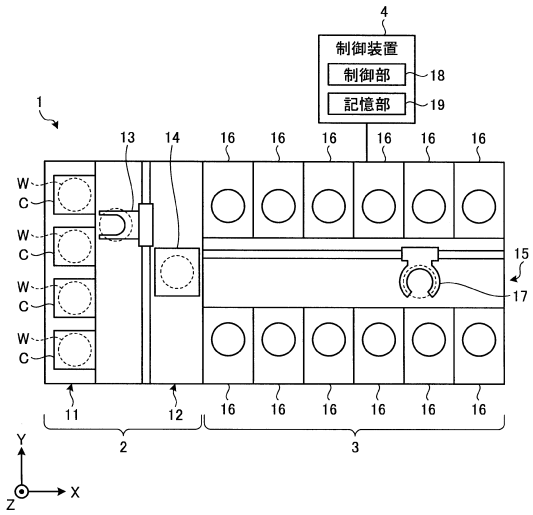
30

40

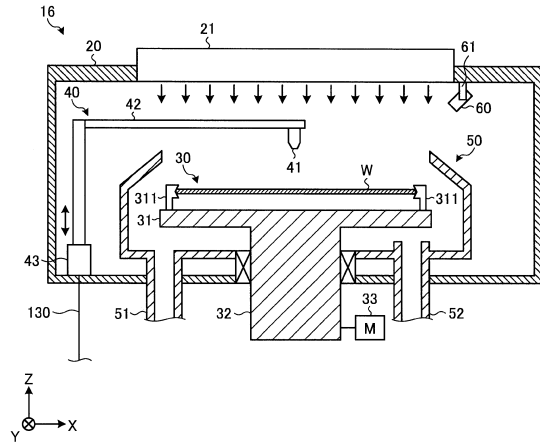
50

【図面】

【図 1】



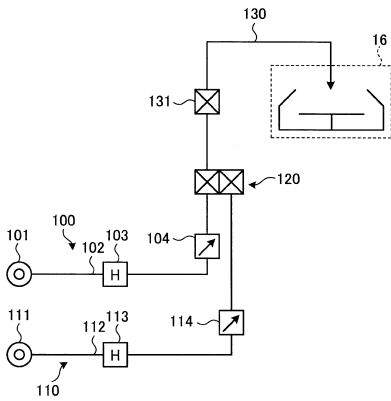
【図 2】



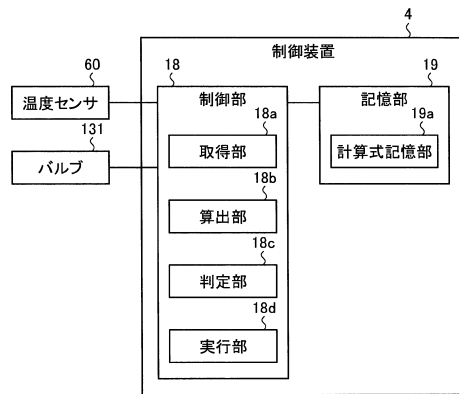
10

20

【図 3】



【図 4】

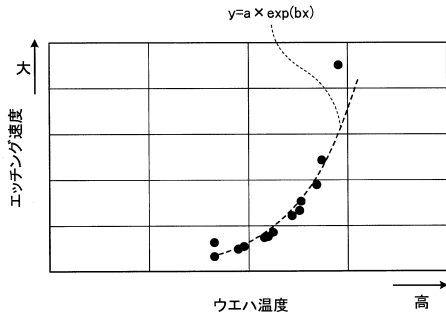


30

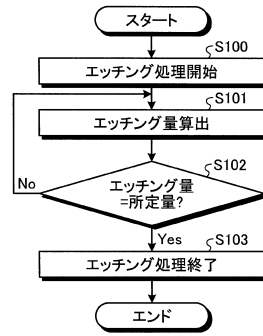
40

50

【図5】



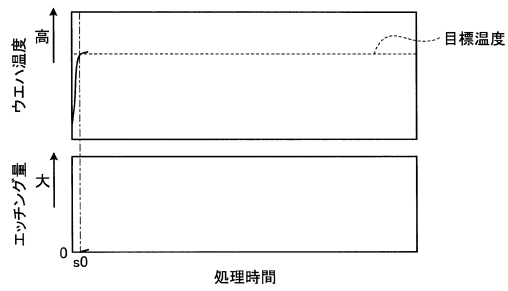
【図6】



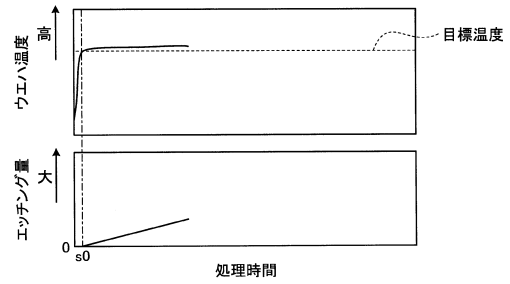
10

20

【図7A】



【図7B】

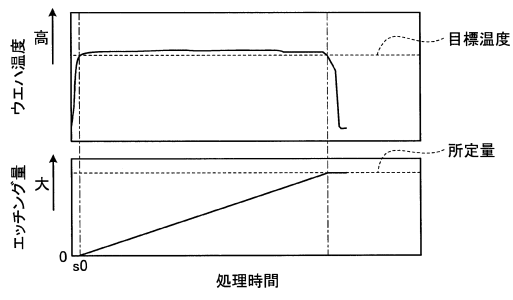


30

40

50

【 7 C】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-153989(JP,A)  
特開昭57-097627(JP,A)  
特開平11-186215(JP,A)  
米国特許出願公開第2007/0257011(US,A1)  
特開2003-234307(JP,A)  
特開2012-049391(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L 21/306