

研磨方法および研磨装置

発明の背景

発明の技術分野

- 5 [0001] 本発明は、ウェーハ、基板、配線基板、角基板などのワークピースを研磨する技術に関し、特にワークピースの研磨の終点を検出する技術に関する。

関連技術の記載

- [0002] 半導体デバイスの製造では、ウェーハの表面をCMP（化学機械研磨）装置で研磨する工程がある。CMP装置は、次のようにしてウェーハの研磨を実行する。研磨パッドを保持した研磨テーブルを回転させながら、研磨パッド上に研磨液（典型的には砥粒を含むスラリー）が供給される。ウェーハは、研磨ヘッドにより研磨パッドに対して押し付けられ、研磨パッドに摺接される。ウェーハの表面は、研磨液の化学的作用と、研磨液に含まれる砥粒および研磨パッドの機械的作用との組み合わせにより平坦化される。
- 10 [0003] ウェーハの研磨は、上層が研磨され、下層が露出したときに停止される。このようなウェーハの研磨終点を検出する技術に、トルク監視方法およびスペクトル監視方法がある。トルク監視方法は、ウェーハの研磨中に、研磨テーブルを回転させる電動機に供給される電流（以下、トルク電流という）を監視し、トルク電流がしきい値を横切って変化した時点である研磨終点を検出するというものである。
- 20 スペクトル監視方法は、ウェーハの研磨中に、ウェーハに光を照射し、ウェーハからの反射光のスペクトルの累積変化量を求め、このスペクトルの累積変化量に基づいて研磨終点を検出するというものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

- 25 [0004] 【特許文献1】 日本国特開2013-219248号公報

【特許文献2】 日本国特開2015-156503号公報

[0005] 上述したトルク監視方法の研磨終点検出はトルク電流の変化に依存し、スペクトル監視方法の研磨終点検出はウェーハの研磨レートの変化に依存する。しかしながら、ウェーハの研磨に使用される研磨液の化学的性質によっては、上層が除

去されて下層が露出したときにトルク電流またはウェーハの研磨レートがあまり変化せず、結果として上記方法は研磨終点の検出に失敗することがあった。

発明の要旨

5 [0006] そこで、本発明は、トルク電流および研磨レートの変化に依存せず、上層が研磨され、下層が露出した研磨終点を検出することができる研磨方法および研磨装置を提供する。

[0007] 一態様では、研磨テーブルを回転させながら、前記研磨テーブル上の研磨
10 パッドに研磨液を供給し、ワークピースを前記研磨パッドに対して押し付けること
で、前記研磨液の存在下で前記ワークピースを研磨し、前記研磨テーブルが一回転
するたびに、前記ワークピースに光を照射し、前記ワークピースからの反射光のスペクトルを生成し、前記反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定し、前記界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に第1膜が除去されて、その下にある第2膜が露出したときに生成された前記参照ワークピースからの反射光のスペクトルであり、前記指標値が最大または最小となった研磨終点を
15 決定する、研磨方法が提供される。

[0008] 一態様では、前記指標値は、異なる計算アルゴリズムに従って算定された複数の指標値であり、前記研磨終点は、前記複数の指標値のうちの少なくとも1つが最大または最小となった時点である。

20 一態様では、前記研磨終点は、前記複数の指標値のうちのいずれか1つが最初に最大または最小となった時点である。

一態様では、前記研磨終点は、前記複数の指標値のすべてが最大または最小となった時点である。

一態様では、前記参照ワークピースは、前記ワークピースと同じ表面構造を有す
25 る。

一態様では、前記参照ワークピースの研磨条件は、前記ワークピースの研磨条件と同じである。

一態様では、前記界面スペクトルは、前記ワークピースの研磨の前に界面スペクトル取得工程により予め取得され、前記界面スペクトル取得工程は、前記第1膜が

除去されて前記第2膜が露出したときに前記参照ワークピースから反射する光の理論界面スペクトルを生成し、前記参照ワークピースを研磨しながら、前記参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルを生成し、前記複数のスペクトルのそれぞれと前記理論界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定し、前記指標値が最大または最小となるスペクトルを前記複数のスペクトルから選択し、前記選択されたスペクトルを前記界面スペクトルに指定することを含む。

[0009] 一態様では、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、前記研磨テーブルを回転させるテーブルモータと、前記研磨パッドに研磨液を供給する研磨液供給ノズルと、ワークピースを前記研磨パッドに対して押し付けることで、前記研磨液の存在下で前記ワークピースを研磨する研磨ヘッドと、前記研磨テーブルが一回転するたびに、前記ワークピースに光を照射し、前記ワークピースからの反射光のスペクトルを生成する光学システムを備え、前記光学システムは、前記反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定し、前記界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に第1膜が除去されて、その下にある第2膜が露出したときに生成された前記参照ワークピースからの反射光のスペクトルであり、前記指標値が最大または最小となった研磨終点を決定するように構成されている、研磨装置が提供される。

[0010] 一態様では、前記光学システムは、異なる計算アルゴリズムに従って複数の指標値を算定し、前記複数の指標値のうちの少なくとも1つが最大または最小となった前記研磨終点を決定するように構成されている。

一態様では、前記光学システムは、前記複数の指標値のうちのいずれか1つが最初に最大または最小となった前記研磨終点を決定するように構成されている。

一態様では、前記光学システムは、前記複数の指標値のすべてが最大または最小となった前記研磨終点を決定するように構成されている。

[0011] ワークピースの研磨によりワークピースの第1膜が除去されて、第2膜が露出したとき、ワークピースからの反射光のスペクトルは界面スペクトルに最も近づく。反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度が最大となった時点、すなわち類似度の指標値が最大または最小となった時点は、ワークピースの第1膜が除去されて、第2膜が露出した研磨終点を示す。したがって、ワークピースの研磨終

点は、類似度の指標値に基づいて正確に検出することができる。

図面の簡単な説明

[0012] 図 1 は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。

5 図 2 は、光学システムの詳細な構成を示す断面図である。

図 3 は、ワークピースからの反射光のスペクトルの一例を示す。

図 4 は、研磨される前のワークピースの表面構造の一例を示す断面図である。

図 5 A 乃至図 5 C は、ワークピースが研磨されるにつれて図 4 に示す表面構造が変化する様子の一例を示す図である。

10 図 6 は、ワークピースの研磨中に生成された複数のスペクトルを 1 つずつ界面スペクトルと比較し、これら 2 つのスペクトルの類似度を示す指標値を算定する一実施形態を説明する図である。

図 7 は、2 つのスペクトル間の類似度を示す指標値の研磨時間に伴う変化の例を示すグラフである。

15 図 8 は、図 6 および図 7 を参照して説明したワークピースの研磨終点を決定する一実施形態を説明するフローチャートである。

図 9 は、界面スペクトル決定工程の一実施形態を説明するフローチャートである。

図 10 は、理論界面スペクトルの一例を示す図である。

図 11 は、図 9 に示すステップ 203 を説明する模式図である。

20

実施形態の説明

[0013] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図 1 は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。図 1 に示すように、研磨装置は、研磨パッド 2 を支持する研磨テーブル 3 と、ワークピース W を研磨パッド 2 に押し付ける研
25 磨ヘッド 1 と、研磨テーブル 3 を回転させるテーブルモータ 6 と、研磨パッド 2 上にスラリーなどの研磨液を供給するための研磨液供給ノズル 5 と、研磨装置の動作を制御するための動作制御部 9 を備えている。研磨パッド 2 の上面は、ワークピース W を研磨する研磨面 2 a を構成する。ワークピース W は、その表面に、配線構造を構成する膜を有している。ワークピース W の例としては、半導体デバイスの製造

に使用されるウェーハ、基板、配線基板、角基板などが挙げられる。一例では、ワークピースWは、多層膜が形成されたウェーハである。

5 [0014] 研磨ヘッド1はヘッドシャフト10に連結されており、ヘッドシャフト10は研磨ヘッド回転装置15に連結されている。研磨ヘッド回転装置15は、研磨ヘッド1をヘッドシャフト10とともに矢印で示す方向に回転させるように構成されている。研磨ヘッド回転装置15の構成は特に限定されないが、一例では、研磨ヘッド回転装置15は、電動機、ベルト、プーリなどを備えている。研磨テーブル3はテーブルモータ6に連結されており、テーブルモータ6は研磨テーブル3および研磨パッド2を矢印で示す方向に回転させるように構成されている。研磨ヘッド1、研磨ヘッド回転装置15、およびテーブルモータ6は動作制御部9に接続されている。

15 [0015] ワークピースWは次のようにして研磨される。テーブルモータ6および研磨ヘッド回転装置15は、研磨テーブル3および研磨ヘッド1を図1の矢印で示す方向に回転させながら、研磨液が研磨液供給ノズル5から研磨テーブル3上の研磨パッド2の研磨面2aに供給される。ワークピースWは研磨ヘッド1によって回転されながら、研磨パッド2上に研磨液が存在した状態でワークピースWは研磨ヘッド1によって研磨パッド2の研磨面2aに押し付けられる。ワークピースWの表面は、研磨液の化学的作用と、研磨液に含まれる砥粒および／または研磨パッド2の機械的作用により研磨される。

20 [0016] 動作制御部9は、プログラムが格納された記憶装置9aと、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する演算装置9bを備えている。動作制御部9は、少なくとも1台のコンピュータから構成される。記憶装置9aは、ランダムアクセスメモリ（RAM）などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ（HDD）、ソリッドステートドライブ（SSD）などの補助記憶装置を備えている。演算装置9bの例としては、CPU（中央処理装置）、GPU（グラフィックプロセッシングユニット）が挙げられる。ただし、動作制御部9の具体的構成はこれらの例に限定されない。

[0017] 研磨装置は、ワークピースWの研磨終点を検出する光学システム20を備えている。光学システム20は、光を発する光源22と、光源22の光をワークピ

ースWに照射し、ワークピースWからの反射光を受ける光学センサヘッド25と、光学センサヘッド25に連結された分光器27と、ワークピースWからの反射光のスペクトルを生成するスペクトル処理部30を備えている。光学センサヘッド25は、研磨テーブル3内に配置されており、研磨テーブル3とともに回転する。

- 5 [0018] スペクトル処理部30は、プログラムが格納された記憶装置30aと、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する演算装置30bを備えている。スペクトル処理部30は、少なくとも1台のコンピュータから構成される。記憶装置30aは、ランダムアクセスメモリ（RAM）などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ（HDD）、ソリッドステートドライブ（SSD）などの補助記憶装置
- 10 を備えている。演算装置30bの例としては、CPU（中央処理装置）、GPU（グラフィックプロセッシングユニット）が挙げられる。ただし、スペクトル処理部30の具体的構成はこれらの例に限定されない。

- [0019] 動作制御部9およびスペクトル処理部30のそれぞれは、複数のコンピュータから構成されてもよい。例えば、動作制御部9およびスペクトル処理部30の
- 15 それぞれは、エッジサーバおよびクラウドサーバの組み合わせから構成されてもよい。一実施形態では、動作制御部9およびスペクトル処理部30は、1台のコンピュータから構成されてもよい。

- [0020] 図2は、光学システム20の詳細な構成を示す断面図である。光学システム20は、光源22に連結された投光光ファイバーケーブル31と、分光器27に
- 20 連結された受光光ファイバーケーブル32を備えている。投光光ファイバーケーブル31の先端31aおよび受光光ファイバーケーブル32の先端32aは、光学センサヘッド25を構成している。すなわち、投光光ファイバーケーブル31は、光源22によって発せられた光を研磨パッド2上のワークピースWに導き、受光光ファイバーケーブル32はワークピースWからの反射光を受け、分光器27に伝達す
- 25 る。

- [0021] 分光器27はスペクトル処理部30に接続されている。投光光ファイバーケーブル31、受光光ファイバーケーブル32、光源22、および分光器27は研磨テーブル3に取り付けられており、研磨テーブル3および研磨パッド2とともに一体に回転する。投光光ファイバーケーブル31の先端31aおよび受光光ファイ

バーケーブル 3 2 の先端 3 2 a から構成される光学センサヘッド 2 5 は、研磨パッド 2 上のワークピース W の表面に対向して配置されている。

[0022] 光学センサヘッド 2 5 の位置は、研磨テーブル 3 および研磨パッド 2 が一回転するたびに研磨パッド 2 上のワークピース W の表面を横切る位置である。研磨パッド 2 は、光学センサヘッド 2 5 の上方に位置した通孔 2 b を有している。光学センサヘッド 2 5 は、研磨テーブル 3 が一回転するたびに光を通孔 2 b を通じてワークピース W に照射し、かつワークピース W からの反射光を通孔 2 b を通じて受ける。

[0023] 一実施形態では、研磨液および研磨屑が光学センサヘッド 2 5 に接触することを防止するために、研磨パッド 2 の通孔 2 b 内に純水の流れが形成されてもよい。光は、光学センサヘッド 2 5 から純水を通してワークピース W に導かれ、ワークピース W からの反射光は純水を通して光学センサヘッド 2 5 によって受けられる。他の実施形態では、研磨パッド 2 の通孔 2 b 内に透明窓（図示せず）が嵌め込まれてもよい。透明窓は、光の透過を許容する材料（例えば、透明な樹脂）から構成されている。この場合は、光は、光学センサヘッド 2 5 から透明窓を通してワークピース W に導かれ、ワークピース W からの反射光は透明窓を通して光学センサヘッド 2 5 によって受けられる。

[0024] 一実施形態では、光源 2 2 は、短い時間間隔で繰り返し発光するフラッシュ光源である。光源 2 2 の例としては、キセノンフラッシュランプが挙げられる。光源 2 2 は、動作制御部 9 に電氣的に接続されており、動作制御部 9 から送られるトリガー信号を受けて発光する。より具体的には、光学センサヘッド 2 5 が研磨パッド 2 上のワークピース W の表面を横切る間、光源 2 2 は複数のトリガー信号を受けて複数回発光する。したがって、研磨テーブル 3 が一回転するたびに、ワークピース W 上の中心点を含む複数の測定点に光が照射される。

[0025] 光源 2 2 によって発せられた光は、光学センサヘッド 2 5 に伝達される。すなわち、光は、投光光ファイバーケーブル 3 1 を通って光学センサヘッド 2 5 に伝達され、光学センサヘッド 2 5 から放射される。光は、研磨パッド 2 の通孔 2 b を通って研磨パッド 2 上のワークピース W に入射する。ワークピース W から反射した光は、研磨パッド 2 の通孔 2 b を再び通過し、光学センサヘッド 2 5 によって受

けられる。ワークピースWからの反射光は、受光光ファイバーケーブル32を通過して分光器27に伝達される。

[0026] 分光器27は、反射光を波長に従って分解し、各波長での反射光の強度を所定の波長範囲に亘って測定するように構成される。すなわち、分光器27は、ワークピースWからの反射光を波長に従って分解し、各波長での反射光の強度を所定の波長範囲に亘って測定して、光強度測定データを生成する。各波長での反射光の強度は、反射率または相対反射率などの相対値として表わすこともできる。光強度測定データは、スペクトル処理部30に送られる。

[0027] スペクトル処理部30は、光強度測定データから、反射光のスペクトルを生成する。図3は、ワークピースWからの反射光のスペクトルの一例を示す。ワークピースWからの反射光のスペクトルは、ワークピースWの膜厚の情報を含む。言い換えれば、反射光のスペクトルは、ワークピースWの膜厚に依存して変化する。スペクトル処理部30は、反射光のスペクトルに基づいてワークピースWの膜厚および研磨終点を決定するように構成されている。

[0028] 図4は、研磨される前のワークピースWの表面構造の一例を示す断面図である。図4に示すように、研磨される前のワークピースWは、第1膜101と、第1膜101の下に形成された第2膜102を含む表面構造を有している。ワークピースWの例としては、半導体デバイスの製造に使用されるウェーハ、基板、配線基板、角基板などが挙げられる。第1膜101を構成する材料は、第2膜102を構成する材料とは異なる。一例では、第1膜101は酸化膜（例えばSiO₂膜）であり、第2膜102は研磨ストップ膜（例えばSiN膜）である。

[0029] 図5A乃至図5Cは、ワークピースWが研磨されるにつれて図4に示す表面構造が変化する様子の一例を示す図である。より具体的には、図5AはワークピースWの研磨初期段階であり、図5BはワークピースWの研磨中間段階であり、図5CはワークピースWの研磨終点である。図5A乃至図5Cに示すように、ワークピースWが研磨されるにつれて、ワークピースWの露出面を構成する第1膜101の厚さは徐々に減少する。ワークピースWの研磨は、第1膜101がワークピースWから除去されて、第2膜102が露出するまで実施される。すなわち、図5Cに示すように、ワークピースWの研磨終点は、第1膜101が除去されて、第2膜1

02が露出した時点である。

[0030] 光学システム20は、研磨テーブル3が一回転するたびに、ワークピースWに光を照射し、ワークピースWからの反射光のスペクトルを生成するように構成される。より具体的には、光学センサヘッド25は、研磨テーブル3が一回転するたびに、ワークピースWに光を照射し、ワークピースWからの反射光を受け、分光器27はワークピースWからの反射光の各波長での強度を測定する。スペクトル処理部30は、光強度測定データから反射光のスペクトルを生成し、スペクトルに基づいてワークピースWの研磨終点を検出する。

[0031]以下、ワークピースWの研磨終点を検出する一実施形態について説明する。

10 スペクトル処理部30は、ワークピースWからの反射光のスペクトル（以下、単に反射光のスペクトルということがある）を生成するたびに、反射光のスペクトルを界面スペクトルと比較し、反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定する。界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に第1膜が除去されて、その下にある第2膜が露出したときに生成された参照ワークピースからの
15 反射光のスペクトルである。界面スペクトルは、ワークピースWの研磨の前に実施された参照ワークピースの研磨の結果から決定される。参照ワークピースを用いた界面スペクトルを決定する方法については、後述する。

[0032] スペクトル処理部30は、ワークピースWの研磨中に、ワークピースWからの反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定し、指標
20 値が最大または最小となった研磨終点を決定するように構成されている。指標値は、予め定められた計算アルゴリズムに従って算定される。

[0033] 2つのスペクトル間の類似度は、2つのスペクトルの形状がどの程度似ているかを示す。各スペクトルは、図3を参照して説明したように、複数の波長に対応する反射光の複数の強度を表している。複数の波長に対応する反射光の複数の強度は、そのスペクトルの特徴を表すデータグループとして扱うことができる。したがって、2つのスペクトル間の類似度は、2つのデータグループ間の類似度として
25 算定することができる。

[0034] 2つのスペクトル間の類似度を示す指標値は、2つのデータグループ間の類似度を算定する計算アルゴリズムに従って算定することができる。計算アルゴリ

ズムは、指標値の種類によって異なる。以下、指標値の例を列举する。

- ・ユークリッド距離
- ・マハラノビス距離
- ・正規化相互相関（NCC）

5 ・コサイン類似度

ただし、2つのスペクトル間の類似度を示すことができる限りにおいて、指標値はこれらの例に限定されない。

[0035] 図6は、ワークピースWの研磨中に生成された複数のスペクトルを1つずつ界面スペクトルと比較し、これら2つのスペクトル間の類似度を示す指標値を算定する一実施形態を説明する図である。図6に示すように、スペクトル処理部30は、研磨テーブル3が一回転するたびに、ワークピースWからの反射光のスペクトルを生成する。さらに、スペクトル処理部30は、反射光のスペクトルが生成されるたびに、反射光の各スペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を、予め定められた計算アルゴリズムに従って算定する。

15 [0036] 図7は、2つのスペクトル間の類似度を示す指標値の研磨時間に伴う変化の例を示すグラフである。図7に示す例では、類似度を示す指標値として、ユークリッド距離、マハラノビス距離、正規化相互相関（NCC）、コサイン類似度が使用されている。図7に示すように、指標値は、研磨時間とともに変化する。指標値の変化の仕方は、指標値を算定するための計算アルゴリズムによって異なる。例えば、ユークリッド距離およびマハラノビス距離は、2つのスペクトル間の類似度が高くなるにつれて、減少する。これに対し、正規化相互相関（NCC）およびコサイン類似度は、2つのスペクトル間の類似度が高くなるにつれて、増加する。

[0037] スペクトル処理部30は、1つの計算アルゴリズムを用いて単一の指標値を算定してもよい。例えば、スペクトル処理部30は、指標値としてユークリッド距離を使用し、ユークリッド距離を算定するための計算アルゴリズムに従って指標値を算定し、指標値が最小となった時点であるワークピースWの研磨終点を決定する。他の例では、スペクトル処理部30は、指標値としてコサイン類似度を使用し、コサイン類似度を算定するための計算アルゴリズムに従って指標値を算定し、指標値が最大となった時点であるワークピースWの研磨終点を決定する。

[0038] 一実施形態では、スペクトル処理部 30 は、異なる計算アルゴリズムを用いて複数の指標値を算定してもよい。例えば、スペクトル処理部 30 は、複数の指標値としてユークリッド距離、マハラノビス距離、正規化相互相関、およびコサイン類似度を使用し、これらの指標値を算定するための異なる計算アルゴリズムに従って複数の指標値を算定し、複数の指標値のいずれか 1 つが最初に最小または最大となった時点であるワークピース W の研磨終点を決定する。他の例では、スペクトル処理部 30 は、上記複数の指標値のすべてが最小または最大となった時点であるワークピース W の研磨終点を決定する。

[0039] 一実施形態では、複数の指標値は、ユークリッド距離、マハラノビス距離、正規化相互相関、およびコサイン類似度から選択された 2 つまたは 3 つの指標値であってもよい。他の実施形態では、指標値は、2 つのスペクトル間の類似度を示すことができる限りにおいて、ユークリッド距離、マハラノビス距離、正規化相互相関、およびコサイン類似度以外の指標値であってもよい。

[0040] ワークピース W の研磨によりワークピース W の第 1 膜 101 が除去されて、第 2 膜 102 が露出したとき、ワークピース W からの反射光のスペクトルは界面スペクトルに最も近づく。反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度が最大となった時点、すなわち類似度の指標値が最大または最小となった時点は、ワークピース W の第 1 膜 101 が除去されて、第 2 膜 102 が露出した研磨終点を示す。したがって、光学システム 20 は、類似度の指標値に基づいてワークピース W の研磨終点を正確に決定することができる。

[0041] 図 8 は、図 6 および図 7 を参照して説明したワークピース W の研磨終点を決定する一実施形態を説明するフローチャートである。

ステップ 101 では、参照ワークピースを図 1 および図 2 に示す研磨装置で研磨しながら、スペクトル処理部 30 は参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルを生成する。これらの複数のスペクトルは、参照ワークピースの研磨開始から研磨終了まで生成される。

[0042] ステップ 102 では、スペクトル処理部 30 は、参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルの中から、界面スペクトルを決定する。この界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に参照ワークピースの第 1 膜が除去されて、そ

の下にある第2膜が露出したときに生成された参照ワークピースからの反射光のスペクトルである。界面スペクトルは、スペクトル処理部30の記憶装置30a内に格納される。

[0043] ステップ103では、研磨対象であるワークピースWを図1および図2に示す研磨装置で研磨しながら、スペクトル処理部30はワークピースWからの反射光のスペクトルを生成する。反射光のスペクトルは、ワークピースWの研磨中に研磨テーブル3が一回転するたびに生成される。

ステップ104では、スペクトル処理部30は、ワークピースWからの反射光のスペクトルが生成されるたびに、そのスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定する。

ステップ105では、スペクトル処理部30は、指標値が最大または最小となった研磨終点を決定する。

ステップ106では、スペクトル処理部30は、動作制御部9に指令を与えて、ワークピースWの研磨を終了させる。

[0044] 次に、界面スペクトルを決定する一実施形態について説明する。界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に生成された参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルのうちの1つである。参照ワークピースは、ワークピースWと同じ表面構造を有する。すなわち、図3に示すように、ワークピースWが第1膜101と、その下にある第2膜102を含む表面構造を有する場合は、参照ワークピースも、第1膜101と、その下にある第2膜102を含む表面構造を有する。参照ワークピースは、ワークピースWと同じ研磨条件下で図1および図2に示す研磨装置により研磨される。研磨条件には、研磨テーブル3の回転速度、研磨ヘッド1の回転速度、研磨ヘッド1の押し付け力、使用される研磨液が含まれる。

[0045] 参照ワークピースの研磨中は、ワークピースWの研磨と同様に、光学センサヘッド25は、研磨テーブル3が一回転するたびに、参照ワークピースに光を照射し、スペクトル処理部30は、参照ワークピースからの反射光のスペクトルを生成する。参照ワークピースの研磨開始から研磨終点まで、参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルが生成される。

[0046] スペクトル処理部30は、参照ワークピースからの反射光の複数のスペク

トルの中から界面スペクトルを決定する。界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に参照ワークピースの第1膜が除去され、第2膜が露出したときに参照ワークピースから反射した光のスペクトルである。参照ワークピースの研磨中に生成された複数のスペクトルから界面スペクトルを決定する方法は、トルク監視方法またはスペクトル監視方法などの公知の技術を用いることができる。

[0047] トルク監視方法は、参照ワークピースの研磨中に、テーブルモータ6に供給される電流（以下、トルク電流という）を監視し、トルク電流がしきい値を横切って変化した時点である研磨終点を検出するというものである。スペクトル監視方法は、参照ワークピースの研磨中に、参照ワークピースからの反射光のスペクトルの累積変化量を求め、このスペクトルの累積変化量があるしきい値を横切って変化した時点である研磨終点を検出するというものである。このような公知の技術に加えて、作業員によるトルク電流の変化またはスペクトルの累積変化量の変化の判断結果も考慮して界面スペクトルを決定してもよい。

[0048] 他の実施形態では、上述した技術に代えて、以下に説明する界面スペクトル決定工程により界面スペクトルが決定される。図9は、界面スペクトル決定工程の一実施形態を説明するフローチャートである。

[0049] ステップ201では、スペクトル処理部30は、参照ワークピースの第1膜が除去されて第2膜が露出したときに参照ワークピースから反射する光の理論界面スペクトルを生成する。図10は、理論界面スペクトルの一例を示す図である。理論界面スペクトルは、第2膜の光の屈折率、第2膜の光の吸収率、第2膜の厚さなどの光学係数を用いて光の反射シミュレーションにより生成される。

[0050] ステップ202では、図1および図2に示す研磨装置により参照ワークピースを研磨しながら、スペクトル処理部30は、参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルを生成する。

ステップ203では、スペクトル処理部30は、参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルのそれぞれと理論界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定する。この指標値は、ワークピースWからの反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す上述した指標値と同じ種類であり、同じようにして算定される。図11は、ステップ203を説明する模式図である。

[0051] ステップ 204 では、スペクトル処理部 30 は、上記ステップ 203 で算定された指標値が最大または最小となるスペクトルを、上記ステップ 202 で得られた複数のスペクトルから選択する。指標値が最大または最小となるスペクトルの選定は、参照ワークピースの研磨が終了した後に行われる。

- 5 ステップ 205 では、スペクトル処理部 30 は、選択されたスペクトルを界面スペクトルに指定する。スペクトル処理部 30 は、指定された界面スペクトルを記憶装置 30a 内に格納する。

[0052] このようにして決定された界面スペクトルは、図 8 を参照して説明したワークピース W の研磨終点の検出（決定）に使用される。

- 10 [0053] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に
15 限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

特許請求の範囲

1. 研磨テーブルを回転させながら、前記研磨テーブル上の研磨パッドに研磨液を供給し、

5 ワークピースを前記研磨パッドに対して押し付けることで、前記研磨液の存在下で前記ワークピースを研磨し、

前記研磨テーブルが一回転するたびに、前記ワークピースに光を照射し、前記ワークピースからの反射光のスペクトルを生成し、

10 前記反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定し、前記界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に第1膜が除去されて、その下にある第2膜が露出したときに生成された前記参照ワークピースからの反射光のスペクトルであり、

前記指標値が最大または最小となった研磨終点を決定する、研磨方法。

15 2. 前記指標値は、異なる計算アルゴリズムに従って算定された複数の指標値であり、

前記研磨終点は、前記複数の指標値のうちの少なくとも1つが最大または最小となった時点である、請求項1に記載の研磨方法。

20 3. 前記研磨終点は、前記複数の指標値のうちのいずれか1つが最初に最大または最小となった時点である、請求項2に記載の研磨方法。

4. 前記研磨終点は、前記複数の指標値のすべてが最大または最小となった時点である、請求項2に記載の研磨方法。

25 5. 前記参照ワークピースは、前記ワークピースと同じ表面構造を有する、請求項1に記載の研磨方法。

6. 前記参照ワークピースの研磨条件は、前記ワークピースの研磨条件と同じである、請求項 1 に記載の研磨方法。

7. 前記界面スペクトルは、前記ワークピースの研磨の前に界面スペクトル取得工程により予め取得され、

前記界面スペクトル取得工程は、

前記第 1 膜が除去されて前記第 2 膜が露出したときに前記参照ワークピースから反射する光の理論界面スペクトルを生成し、

10 前記参照ワークピースを研磨しながら、前記参照ワークピースからの反射光の複数のスペクトルを生成し、

前記複数のスペクトルのそれぞれと前記理論界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定し、

前記指標値が最大または最小となるスペクトルを前記複数のスペクトルから選択し、

15 前記選択されたスペクトルを前記界面スペクトルに指定することを含む、請求項 1 に記載の研磨方法。

8. 研磨パッドを支持する研磨テーブルと、

前記研磨テーブルを回転させるテーブルモータと、

20 前記研磨パッドに研磨液を供給する研磨液供給ノズルと、

ワークピースを前記研磨パッドに対して押し付けることで、前記研磨液の存在下で前記ワークピースを研磨する研磨ヘッドと、

前記研磨テーブルが一回転するたびに、前記ワークピースに光を照射し、前記ワークピースからの反射光のスペクトルを生成する光学システムを備え、

25 前記光学システムは、

前記反射光のスペクトルと界面スペクトルとの類似度を示す指標値を算定し、前記界面スペクトルは、参照ワークピースの研磨中に第 1 膜が除去されて、その下にある第 2 膜が露出したときに生成された前記参照ワークピースからの反射光のスペクトルであり、

前記指標値が最大または最小となった研磨終点を決定するように構成されている、研磨装置。

9. 前記光学システムは、

5 異なる計算アルゴリズムに従って複数の指標値を算定し、

前記複数の指標値のうちの少なくとも1つが最大または最小となった前記研磨終点を決定するように構成されている、請求項8に記載の研磨装置。

10. 前記光学システムは、前記複数の指標値のうちのいずれか1つが最初に最

10 大または最小となった前記研磨終点を決定するように構成されている、請求項9に記載の研磨装置。

11. 前記光学システムは、前記複数の指標値のすべてが最大または最小となった前記研磨終点を決定するように構成されている、請求項9に記載の研磨装置。

15