

研磨装置および研磨方法

発明の背景

発明の技術分野

- 5 [0001] 本発明は、ウェーハ、基板、パネルなどの半導体デバイスの製造に使用されるワークピースを研磨するための研磨装置および研磨方法に関し、特にワークピースからの反射光に含まれる光学情報に基づいてワークピースの膜厚を決定する技術に関する。

関連技術の記載

- 10 [0002] 半導体デバイスの製造工程では、シリコンウェーハ上に種々の材料が膜状に繰り返し形成され、積層構造を形成する。この積層構造を形成するためには、最上層の表面を平坦にする技術が重要となっている。このような平坦化の一手段として、化学機械研磨（CMP）が使用されている。

- [0003] 化学機械研磨（CMP）は研磨装置によって実行される。この種の研磨装置は、一般に、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、膜を有するウェーハを保持する研磨ヘッドと、研磨液（例えばスラリー）を研磨パッド上に供給する研磨液供給ノズルとを備える。研磨装置は、研磨ヘッドと研磨テーブルをそれぞれ回転させながら、研磨液供給ノズルから研磨液を研磨パッド上に供給する。研磨ヘッドは、ウェーハの表面を研磨パッドに押し付けることにより、ウェーハと研磨パッドとの間に研磨液が存在した状態で、ウェーハの表面を形成する膜を研磨する。
- 15
- 20

- [0004] 絶縁膜やシリコン層などの非金属膜の厚さ（以下、単に膜厚と称する）を測定するために、研磨装置は、一般に、光学式膜厚測定装置を備える。この光学式膜厚測定装置は、光源から発せられた光をウェーハの表面に導き、ウェーハからの反射光のスペクトルを解析することで、ウェーハの膜厚を決定するように構成される。研磨装置は、決定された膜厚に基づいてウェーハの研磨を終了する、またはウェーハの研磨条件を変更することが可能である。
- 25

【先行技術文献】

【特許文献】

[0005]

【特許文献 1】 日本国特開 2 0 1 8 - 1 9 4 4 2 7 号公報

[0006] しかしながら、ウェーハからの反射光のスペクトルは、同じ条件下（例えば、同じ膜厚、同じ測定点）でもばらつくことがある。このようなスペクトルのばらつきは、膜厚の測定結果の不安定に繋がり、ウェーハ研磨中の正確な膜厚のモニタリングを妨げてしまう。静止しているウェーハの膜厚を測定する膜厚測定装置であれば、同じ測定点での膜厚を繰り返し測定し、得られた複数の測定値の平均を算定することで、安定した膜厚測定結果を得ることができる。しかしながら、上述した光学式膜厚測定装置は、ウェーハが回転しながらウェーハの膜厚を動的に測定するので、そのような処理ができない。

発明の要旨

[0007] そこで、本発明は、ウェーハ、基板、パネルなどの半導体デバイスの製造に使用されるワークピースの膜厚をワークピースの研磨中に正確に測定することができる研磨装置および研磨方法を提供する。

[0008] 本発明者は、ワークピースからの反射光のスペクトルが安定しない理由には、次の 2 つがあることを見出した。

[0009] 第 1 の理由は、光源が発光するたびに光源の光量が変化することである。特に、放電により発光するフラッシュ光源では、放電変動により発光ごとの光量が増減しやすい。通常、ワークピースの研磨中は、研磨テーブルが一回転するたびに、光源は複数回フラッシュし、ワークピース上の複数の測定点に光を照射する。これらの測定点に照射される光の量には、わずかなばらつきが存在する。

[0010] 第 2 の理由は、光源が発光するたびに、光が光ファイバーケーブルを通過する光路が変化することである。光源は、光ファイバーケーブルに連結されており、光は光ファイバーケーブルを通過してワークピースに導かれる。照射径の小さい光源は、発光するたびに、光ファイバーケーブルの端面の異なる位置に照射され、結果として光は光ファイバーケーブル内の異なる部位を通過してワークピースに導かれる。このような光ファイバーケーブル内の光路の違いは、ワークピースからの反射光の

スペクトルのばらつきを生じさせる。

- [0011] そこで、一態様では、ワークピースを研磨するための研磨装置であって、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、前記ワークピースを前記研磨パッドに押し付けて前記ワークピースを研磨する研磨ヘッドと、光を発する光源と、前記光源に
- 5 連結され、前記光を前記ワークピースに導く投光光ファイバーケーブルと、前記ワークピースからの反射光を受ける受光光ファイバーケーブルと、前記受光光ファイバーケーブルに連結された第1分光器と、前記光源に直結された第2分光器と、プログラムを格納した記憶装置、および前記プログラム含まれる命令に従って演算を実行する演算装置を備えた処理システムを備え、前記記憶装置は、その内部に、前
- 10 記ワークピースの研磨前に前記第1分光器によって測定された光の基準強度を示す第1ベース強度データと、前記ワークピースの研磨前に前記第2分光器によって測定された前記光源の光の基準強度を示す第2ベース強度データと、相対反射率データを算定するための算定式を格納しており、前記処理システムは、前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚を決定するように構成されており、前記
- 15 算定式は、次のように表され、

$$\text{前記相対反射率データ} = \text{MD 1} / [\text{BD 1} \cdot k]$$

- ただし、MD 1は前記第1分光器によって測定された前記ワークピースからの前記反射光の強度を示す第1強度測定データであり、BD 1は前記第1ベース強度データであり、kは前記ワークピースの研磨中に前記第2分光器によって測定された
- 20 前記光源の光の強度を示す第2強度測定データの、前記第2ベース強度データに対する変化率である、研磨装置が提供される。

- [0012] 一態様では、前記第1ベース強度データ、前記第2ベース強度データ、前記第1強度測定データ、および前記第2強度測定データのそれぞれは、複数の波長での光の複数の強度を示すデータであり、前記変化率kは、前記複数の波長にそれ
- 25 ぞれ対応する複数の変化率である。

一態様では、前記処理システムは、前記第1ベース強度データ、前記第1強度測定データ、前記第2ベース強度データ、および前記第2強度測定データに対して補間を実行して、前記第1ベース強度データおよび前記第1強度測定データの前記複

数の波長と、前記第 2 ベース強度データおよび前記第 2 強度測定データの前記複数の波長とを一致させた後に、前記複数の変化率 k を算定するように構成されている。

一態様では、前記第 1 ベース強度データ、前記第 2 ベース強度データ、前記第 1 強度測定データ、および前記第 2 強度測定データの前記複数の波長は、整数からなる複数の波長である。

一態様では、前記変化率 k は、前記第 2 ベース強度データの代表強度値に対する前記第 2 強度測定データの代表強度値の変化率である。

一態様では、前記第 1 分光器および前記第 2 分光器は、前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源の前記光の強度を同時に測定するように構成されている。

一態様では、前記光源を前記第 2 分光器に直接連結する直結光ファイバーケーブルをさらに備えている。

[0013] 一態様では、ワークピースを研磨するための研磨装置であって、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、前記ワークピースを前記研磨パッドに押し付けて前記ワークピースを研磨する研磨ヘッドと、光を発する光源と、前記光源に連結され、前記光を前記ワークピースに導く投光光ファイバーケーブルと、前記ワークピースからの反射光を受ける受光光ファイバーケーブルと、前記受光光ファイバーケーブルに連結された第 1 分光器と、前記光源に直結された第 2 分光器と、プログラムを格納した記憶装置、および前記プログラム含まれる命令に従って演算を実行する演算装置を備えた処理システムを備え、前記記憶装置は、その内部に、前記ワークピースの研磨前に前記第 1 分光器によって測定された光の基準強度を示す複数の異なる第 1 ベース強度データと、前記ワークピースの研磨前に前記第 2 分光器によって測定された前記光源の光の基準強度を示す複数の異なる第 2 ベース強度データを格納しており、前記複数の異なる第 1 ベース強度データと、前記複数の異なる第 2 ベース強度データは、1 対 1 の対応関係で関連付けられており、前記処理システムは、前記第 1 分光器によって測定された前記ワークピースからの前記反射光の強度を示す第 1 強度測定データを取得し、前記ワークピースの研磨中に前記第 2 分光器によって測定された前記光源の光の強度を示す第 2 強度測定データを取得し、前記第 2

強度測定データに最も一致する第2ベース強度データを前記複数の異なる第2ベース強度データから選択し、前記選択された第2ベース強度データに関連付けられた第1ベース強度データを決定し、前記第1強度測定データを、前記決定された第1ベース強度データで割り算することで相対反射率データを算定し、前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚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。

[0014] 一態様では、前記第1分光器および前記第2分光器は、前記ワークピースの研磨中に、前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源の前記光の強度を同時に測定するように構成されている。

10 一態様では、前記研磨装置は、前記光源を前記第2分光器に直接連結する直結光ファイバケーブルをさらに備えており、前記投光光ファイバケーブルの端部と前記直結光ファイバケーブルの端部は束ねられて幹光ファイバケーブルを構成し、前記幹光ファイバケーブルは前記光源に接続されている。

[0015] 一態様では、ワークピースを研磨するための研磨方法であって、前記ワーク
15 ピースの研磨前に、光源から発せられた光を投光光ファイバケーブルおよび受光光ファイバケーブルを通じて第1分光器に導き、前記光の強度を前記第1分光器によって測定することで、前記光の基準強度を示す第1ベース強度データを生成し、前記ワークピースの研磨前に、前記光源から発せられた前記光の強度を第2分光器によって測定することで、前記光の基準強度を示す第2ベース強度データを生成し、前記第2分光器は前記光源に直結されており、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前記ワークピースを押し付けて前記ワーク
20 ピースを研磨し、前記ワークピースの研磨中に、前記第1分光器によって測定された前記ワークピースからの反射光の強度を示す第1強度測定データを取得し、前記ワークピースの研磨中に、前記第2分光器によって測定された前記光源の光の強度を示す第2強度測定データを取得し、前記第2ベース強度データに対する前記第2
25 強度測定データの変化率を算定し、前記第1ベース強度データに前記変化率を乗算することで、補正された第1ベース強度データを算定し、前記第1強度測定データを、前記補正された第1ベース強度データで割り算することで相対反射率データを

算定し、前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚を決定する、研磨方法が提供される。

- [0016] 一態様では、前記第 1 ベース強度データ、前記第 2 ベース強度データ、前記第 1 強度測定データ、および前記第 2 強度測定データのそれぞれは、複数の波長
- 5 での光の複数の強度を示すデータであり、前記変化率 k は、前記複数の波長にそれぞれ対応する複数の変化率である。

- 一態様では、前記複数の変化率を算定する前に、前記第 1 ベース強度データ、前記第 1 強度測定データ、前記第 2 ベース強度データ、および前記第 2 強度測定データに対して補間を実行して、前記第 1 ベース強度データおよび前記第 1 強度測定データの前記複数の波長と、前記第 2 ベース強度データおよび前記第 2 強度測定データの前記複数の波長とを一致させる工程をさらに含む。
- 10

一態様では、前記第 1 ベース強度データ、前記第 2 ベース強度データ、前記第 1 強度測定データ、および前記第 2 強度測定データの前記複数の波長は、整数からなる複数の波長である。

- 15 一態様では、前記変化率は、前記第 2 ベース強度データの代表強度値に対する前記第 2 強度測定データの代表強度値の変化率である。

一態様では、前記第 1 分光器および前記第 2 分光器は、前記ワークピースの研磨中に、前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源からの前記光の強度を同時に測定する。

- 20 [0017] 一態様では、ワークピースを研磨するための研磨方法であって、前記ワークピースの研磨前に、光源から繰り返し発せられた光を投光光ファイバーケーブルおよび受光光ファイバーケーブルを通じて第 1 分光器に導き、前記光の強度を前記第 1 分光器によって測定することで、前記光の基準強度を示す複数の異なる第 1 ベース強度データを生成し、前記光源から繰り返し発せられた前記光の強度を第 2 分光器によって測定することで、前記光の基準強度を示す複数の異なる第 2 ベース強度データを生成し、前記第 2 分光器は前記光源に直結されており、前記複数の異なる第 1 ベース強度データと、前記複数の異なる第 2 ベース強度データを、1 対 1 の対応関係で関連付け、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
- 25

パッドに前記ワークピースを押し付けて前記ワークピースを研磨し、前記ワークピースの研磨中に前記第1分光器によって測定された前記ワークピースからの前記反射光の強度を示す第1強度測定データを取得し、前記ワークピースの研磨中に前記第2分光器によって測定された前記光源の光の強度を示す第2強度測定データを取得し、前記第2強度測定データに最も一致する第2ベース強度データを前記複数の異なる第2ベース強度データから選択し、前記選択された第2ベース強度データに関連付けられた第1ベース強度データを決定し、前記第1強度測定データを、前記決定された第1ベース強度データで割り算することで相対反射率データを算定し、前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚を決定する、研磨方法が提供される。

[0018] 一態様では、前記第1分光器および前記第2分光器は、前記ワークピースの研磨中に、前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源からの前記光の強度を同時に測定する。

[0019] 第2ベース強度データは元の基準データであり、第2強度測定データは研磨時の基準データである。本発明によれば、第2強度測定データの第2ベース強度データに対する変化率を用いて、第1ベース強度データが補正される。さらに、ワークピースの研磨中に得られた第1強度測定データは、補正された第1ベース強度データによって割り算されることで、相対反射率データが得られる。このような計算により、光源の光量のばらつきが相対反射率データから除去される。結果として、正確な膜厚を相対反射率データから決定することができる。

[0020] また、本発明によれば、第2強度測定データに最も一致する第2ベース強度データが複数の異なる第2ベース強度データから選択される。複数の異なる第2ベース強度データは、光ファイバーケーブル内を進行する光の光路の違いに起因して異なるデータである。第2強度測定データに最も一致する第2ベース強度データは、このような光路の違いを反映したデータである。したがって、選択された第2ベース強度データに関連付けられた第1ベース強度データも、光路の違いを反映したデータである。第1強度測定データを第1ベース強度データで割り算することで、光ファイバーケーブル内の光路の違いが除去された相対反射率データを算定するこ

とができる。結果として、正確な膜厚を相対反射率データから決定することができる。

図面の簡単な説明

- 5 [0021] 図1は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。
- 図2は、光学式膜厚測定装置の詳細な構成を示す断面図である。
- 図3は、第1強度測定データから生成されたスペクトルを示す図である。
- 図4は、補正された第1ベース強度データから生成されたスペクトルを示す図である。
- 10 図5は、相対反射率データから生成されたスペクトルを示す図である。
- 図6は、ワークピースを研磨するための研磨方法の一実施形態を説明するフローチャートである。
- 図7は、第1分光器および第2分光器で測定された光の強度とその波長を表すグラフである。
- 15 図8は、第1分光器で測定される光強度の波長と、第2分光器で測定される光強度の波長とを補間により一致させた状態を示すグラフである。
- 図9は、幹光ファイバーケーブルの端面での光の入射スポットの位置と、投光光ファイバーケーブルと直結光ファイバーケーブル内の光の光路を示す模式図である。
- 20 図10は、ワークピースを研磨するための研磨方法の一実施形態を説明するフローチャートである。
- 図11は、研磨装置の他の実施形態を示す模式図である。

実施形態の説明

- 25 [0022] 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、膜を有するワークピースWを研磨パッド2に押し付ける研磨ヘッド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 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、パネルなどが挙げられる。

[0023] 研磨ヘッド 1 はヘッドシャフト 1 0 に連結されており、ヘッドシャフト 1 0 は図示しない研磨ヘッドモータに連結されている。研磨ヘッドモータは、研磨ヘッド 1 をヘッドシャフト 1 0 とともに矢印で示す方向に回転させる。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、研磨ヘッドモータ、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。

[0024] ワークピース W は次のようにして研磨される。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、研磨液供給ノズル 5 から研磨液が研磨テーブル 3 上の研磨パッド 2 の研磨面 2 a 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 2 a 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研磨パッド 2 の機械的作用により研磨される。

[0025] 動作制御部 9 は、プログラムが格納された記憶装置 9 a と、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する処理装置 9 b 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 9 a 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。処理装置 9 b 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。

[0026] 研磨装置は、ワークピース W の膜の厚さを測定する光学式膜厚測定装置 2 0 を備えている。光学式膜厚測定装置 2 0 は、光を発する光源 2 2 と、光源 2 2 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に連結された第1分光器27と、光源22に直結された第2分光器28と、ワークピースWからの反射光の相対反射率データに基づいてワークピースWの膜の厚さを決定する処理システム30を備えている。光学
5 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。第1分光器27および光源22に接続された複数の光学センサヘッド25が設けられてもよい。

[0027] 処理システム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。処理シ
10 ステム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
15 プロセッシングユニット）が挙げられる。ただし、処理システム30の具体的構成はこれらの例に限定されない。

[0028] 動作制御部9および処理システム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および処理システム30のそれぞれは、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
20 形態では、動作制御部9および処理システム30は、1台のコンピュータから構成されてもよい。

[0029] 図2は、光学式膜厚測定装置20の詳細な構成を示す断面図である。光学式膜厚測定装置20は、光源22に連結された投光光ファイバケーブル31と、第1分光器27に連結された受光光ファイバケーブル32と、光源22および第2分光器28を直結する直結光ファイバケーブル33を備えている。投光光ファイ
25 ーケーブル31の先端31aおよび受光光ファイバケーブル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、投光光ファイバケーブル31は、光源22の光を研磨パッド2上のワークピースWに導き、受光光ファイバケーブル32はワークピースWからの反射光を受け、第1分光器27に伝達す

る。直結光ファイバケーブル 33 の一端は光源 22 に連結され、他端は第 2 分光器 28 に連結されている。

- [0030] 第 1 分光器 27 および第 2 分光器 28 は処理システム 30 に接続されている。投光光ファイバケーブル 31、受光光ファイバケーブル 32、直結光ファイバケーブル 33、光源 22、第 1 分光器 27、および第 2 分光器 28 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。投光光ファイバケーブル 31 の先端 31a および受光光ファイバケーブル 32 の先端 32a から構成される光学センサヘッド 25 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。光学センサヘッド 25 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 25 の上方に位置した通孔 2b を有している。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光を通孔 2b 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 2b を通じて受ける。
- [0031] 光源 22 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 22 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 22 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 25 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 22 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 上の複数の測定点に光が照射される。

- [0032] 第 2 分光器 28 は、直結光ファイバケーブル 33 によって光源 22 に直接連結されている。直結光ファイバケーブル 33 は、光源 22 から第 2 分光器 28 に延びている。第 2 分光器 28 は、光学センサヘッド 25 には連結されておらず、光源 22 からの光のみを受ける。投光光ファイバケーブル 31 の端部と直結光ファイバケーブル 33 の端部は束ねられて、1 つの幹光ファイバケーブル 35 を構成する。幹光ファイバケーブル 35 は光源 22 に接続されている。すなわち、幹光ファイバケーブル 35 は、投光光ファイバケーブル 31 と直結光ファイバ

- ケーブル33に分岐する。したがって、光源22から発せられた光は2つの光に分岐し、分岐した2つの光は投光光ファイバケーブル31と直結光ファイバケーブル33を通過して光学センサヘッド25と第2分光器28にそれぞれ伝達される。
- [0033] なお、投光光ファイバケーブル31、直結光ファイバケーブル33は
- 5 それぞれ細いファイバー（素線光ファイバー）を複数束ねたものであってもよい。
- [0034] 光源22によって発せられた光は、光学センサヘッド25と第2分光器28に同時に伝達される。すなわち、光は、投光光ファイバケーブル31を通過して光学センサヘッド25に伝達され、光学センサヘッド25から放射される。光は、
- 10 研磨パッド2の通孔2bを通過して研磨パッド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2bを再び通過し、光学センサヘッド25によって受けられる。ワークピースWからの反射光は、受光光ファイバケーブル32を通過して第1分光器27に伝達される。同時に、光源22の光は、光学センサヘッド25には送られずに、直結光ファイバケーブル33を通過して第2分光器28に伝達される。
- 15 [0035] 第1分光器27および第2分光器28は、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、第1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、第1強度測定データを生成する。同時に、第2分光器28は、光源22の光を波長に従って分解し、各波長
- 20 での光の強度を上記波長範囲に亘って測定して、第2強度測定データを生成する。光源22によって発せられた光の強度は、第1分光器27および第2分光器28によって同時に測定される。第1強度測定データおよび第2強度測定データは、処理システム30に送られる。
- [0036] 処理システム30の記憶装置30aは、その内部に、ワークピースWの研
- 25 磨前に予め第1分光器27によって測定された光の基準強度を示す第1ベース強度データと、ワークピースWの研磨前に予め第2分光器28によって測定された光源22の光の基準強度を示す第2ベース強度データを格納している。第1ベース強度データおよび第2ベース強度データは、ワークピースWの研磨前に予め取得された

データであり、一方、上述した第1強度測定データおよび第2強度測定データは、ワークピースWの研磨中に取得されたデータである。

[0037] 第1ベース強度データ、第2ベース強度データ、第1強度測定データ、および第2強度測定データのそれぞれは、上記所定の波長範囲内の複数の波長での光の複数の強度を示す。例えば、第1強度測定データは、ワークピースWからの反射光の複数の波長での複数の強度を示す。上記データによって示される光の複数の強度は、光強度の基準としてのダークレベル（光を遮断した条件下で得られた背景強度）に対する相対的な強度であってもよい。具体的には、各波長での光強度の測定値からダークレベルを引き算して得られた値を、各データに含まれる光強度としてもよい。例えば、波長 λ での光強度の測定値を $M(\lambda)$ とすると、各データに含まれる波長 λ での光強度 $E(\lambda)$ は、次の式から与えられてもよい。

$$E(\lambda) = M(\lambda) - D(\lambda) \quad (1)$$

ここで、 λ は波長を表し、 $D(\lambda)$ は波長 λ でのダークレベルを表す。

ただし、各データによって示される光強度はこの例に限られず、例えば、第1分光器27および第2分光器28によって得られた光強度の測定値自体であってもよい。

[0038] ワークピースWからの反射光の強度を示す第1強度測定データは、ワークピースWの膜厚の情報を含む。言い換えれば、第1強度測定データは、ワークピースWの膜厚に依存して変化する。したがって、後述するように、処理システム30は、第1強度測定データを処理することにより、ワークピースWの膜厚を決定することができる。

[0039] これに対し、第1ベース強度データは、各波長について予め測定された光の基準強度を示す。第1ベース強度データは、例えば、光学センサヘッド25から鏡に光を照射し、鏡からの反射光の強度を第1分光器27で測定することによって得られる。あるいは、第1ベース強度データは、膜が形成されていないシリコンウェーハ（ベアウェーハ）を研磨パッド2上で水またはスラリーの存在下で水研磨またはスラリー研磨しているとき、または上記シリコンウェーハ（ベアウェーハ）が研磨パッド2上に置かれているときに、第1分光器27により測定されたシリコン

ウェーハからの反射光の強度としてもよい。

[0040] 本実施形態では、第1強度測定データを第1ベース強度データで割り算することにより、相対反射率データを決定する。相対反射率データとは、各波長での反射光の強度を示す指標である。第1強度測定データを第1ベース強度データで割
5 ることにより、装置の光学系や光源22固有の強度のばらつきなどの不要なノイズを実測強度から除去することができる。

[0041] 第2ベース強度データおよび第2強度測定データは、どちらも光源22の光強度の測定データであり、ワークピースWからの反射光とは無関係である。第2ベース強度データは、光源22の光の基準強度を示すデータであり、第2強度測定
10 データは、ワークピースWの研磨中の光源22の光の強度を示すデータである。本実施形態では、第2強度測定データおよび第2ベース強度データは、光源22の測定点ごとの光量の変化に起因する相対反射率データのばらつきを排除するための補正係数に使用される。

[0042] 第2ベース強度データは、ワークピースWの研磨前に、上述した第1ベース強度データと同じタイミングで取得される。すなわち、第1分光器27は光学センサヘッド25から伝達された光の強度を所定の波長範囲に亘って測定し、同時に、
15 第2分光器28は光源22からの光の強度を同じ波長範囲に亘って測定する。

[0043] 第2強度測定データは、ワークピースWの研磨中に、上述した第1強度測定データと同じタイミングで取得される。すなわち、第1分光器27は光学センサ
20 ヘッド25から伝達されたワークピースWからの反射光の強度を所定の波長範囲に亘って測定し、同時に、第2分光器28は光源22からの光の強度を同じ波長範囲に亘って測定する。

[0044] 処理システム30の記憶装置30aは、相対反射率データを算定するための算定式を格納しており、処理システム30は、相対反射率データに基づいてワー
25 クピースWの膜厚を決定するように構成されている。上記算定式は、次のように表される。

$$\text{相対反射率データ} = \text{MD1} / [\text{BD1} \cdot k] \quad (2)$$

ここで、MD1はワークピースWの研磨中に第1分光器27によって測定された

ワークピースWからの反射光の強度を示す第1強度測定データであり、BD1はワークピースWの研磨前に第1分光器27によって測定された光の基準強度を示す上記第1ベース強度データであり、kはワークピースWの研磨中に第2分光器28によって測定された光源22の光の強度を示す第2強度測定データの、第2ベース強度データに対する変化率である。

[0045] 第2強度測定データの第2ベース強度データに対する変化は、ワークピースWの膜厚変化には依存せず、光源22の光量の変化のみに依存する。したがって、変化率kを第1ベース強度データに乗算することにより、第1ベース強度データが補正される（すなわち、光源22の光量の変化が第1ベース強度データに反映される）。第1強度測定データMD1は、第2強度測定データと同様に、光源22の光量の変化を反映しているので、第1強度測定データMD1を、補正された第1ベース強度データで割り算することで、光源22の光量の変化が除去（キャンセル）される。結果として、処理システム30は、相対反射率データから正確な膜厚を決定することができる。

[0046] 図3は、第1強度測定データから生成されたスペクトルを示し、図4は、補正された第1ベース強度データから生成されたスペクトルを示し、図5は、第1強度測定データを、補正された第1ベース強度データで割り算することで得られた相対反射率データから生成されたスペクトルを示す。相対反射率データから生成されたスペクトルの形状は、ワークピースWの膜厚に従って変化する。処理システム30は、上記算定式によって得られた相対反射率データから、図5に示すようなスペクトルを生成し、このスペクトルに基づいてワークピースWの膜厚を決定する。

[0047] スペクトルに基づいてワークピースWの膜厚を決定する方法には、公知の技術が用いられる。例えば、処理システム30は、スペクトルに最も形状に近い参照スペクトルを参照スペクトルライブラリの中から決定し、この決定された参照スペクトルに関連付けられた膜厚を決定する。他の例では、処理システム30は、スペクトルに対してフーリエ変換を実行し、得られた周波数スペクトルから膜厚を決定する。

[0048] 図6は、ワークピースWを研磨するための研磨方法の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、ワークピースWの研磨前に、光源22から発せられた光を投光光ファイバケーブル31および受光光ファイバケーブル32を通じて第1分光器27に導き、光の強度を第1分光器27によって測定することで、光の基準強度を示す第1ベース強度データを生成する。処理システム30は、第1ベース強度データを第1分光器27から取得し、記憶装置30a内に格納する。

ステップ102では、ワークピースWの研磨前に、光源22から発せられた光を直結光ファイバケーブル33を通じて第2分光器28に導き、光の強度を第2分光器28によって測定することで、光源22の光の基準強度を示す第2ベース強度データを生成する。処理システム30は、第2ベース強度データを第2分光器28から取得し、記憶装置30a内に格納する。上記ステップ101の第1分光器27による光の強度の測定と、上記ステップ102の第2分光器28による光の強度の測定は、同時に行われる。

[0049] ステップ103では、研磨テーブル3を回転させながら、研磨ヘッド1によりワークピースWを研磨パッド2に押し付けてワークピースWの研磨を開始する。

ステップ104では、ワークピースWの研磨中に、処理システム30は、第1分光器27によって測定されたワークピースWからの反射光の強度を示す第1強度測定データを取得する。

ステップ105では、ワークピースWの研磨中に、処理システム30は、第2分光器28によって測定された光源22からの光の強度を示す第2強度測定データを取得する。上記ステップ104の第1分光器27による反射光の強度の測定と、上記ステップ105の第2分光器28による光源22の光の強度の測定は、同時に行われる。

[0050] ステップ106では、処理システム30は、第2ベース強度データに対する第2強度測定データの変化率を算定する。

ステップ107では、処理システム30は、第1ベース強度データに変化率を乗算することで、補正された第1ベース強度データを算定する。

ステップ108では、処理システム30は、第1強度測定データを、補正された

第1 ベース強度データで割り算することで相対反射率データを算定する。

ステップ109では、処理システム30は、相対反射率データに基づいてワークピースWの膜厚を決定する。

[0051] 上述した算定式に用いられる変化率 k は、複数の波長に対応する複数の変化率であってもよく、あるいは複数の波長に対して定められた1つの変化率であってもよい。複数の波長に対応する複数の変化率 $k(\lambda)$ は、次の式で与えられる。

$$k(\lambda) = MV2(\lambda) / BV2(\lambda) 、 \lambda = \lambda_{LL} \sim \lambda_{HL} \quad (3)$$

ここで、 λ は光の波長を表し、 $k(\lambda)$ は波長 λ での変化率を表し、 $MV2(\lambda)$ は第2強度測定データに含まれる波長 λ での光の強度を表し、 $BV2(\lambda)$ は第2
10 ベース強度データに含まれる波長 λ での光の強度を表し、 λ_{LL} は、第1分光器27
および第2分光器28によって測定される光強度の波長範囲の下限値を表し、 λ_{HL}
は上記波長範囲の上限値を表す。波長 λ は、下限値 λ_{LL} から上限値 λ_{HL} までのいずれ
の波長である。

[0052] この実施形態によれば、変化率は波長ごとに算定されるので、第1 ベース
15 強度データをより正確に補正することができる。

[0053] 上述した算定式(2)は、式(3)を用いて次のように表すことができる。

$$R(\lambda) = MV1(\lambda) / [BV1(\lambda) \cdot k(\lambda)] 、 \lambda = \lambda_{LL} \sim \lambda_{HL} \quad (4)$$

ここで、 $R(\lambda)$ は波長 λ での相対反射率を表し、 $MV1(\lambda)$ は第1強度測定
20 データMD1に含まれる波長 λ での反射光の強度を表し、 $BV1(\lambda)$ は第1ベー
ス強度データBD1に含まれる波長 λ での光の基準強度を表す。

[0054] 上記式(3)、(4)に含まれる $MV1(\lambda)$ 、 $BV1(\lambda)$ 、 $MV2$
(λ)、および $BV2(\lambda)$ は、第1分光器27および第2分光器28によって測
定された波長 λ での光強度である。第1分光器27および第2分光器28のそれぞ
25 れは、光を波長に従って分解し、各波長での光の強度を測定するように構成されて
いる。しかしながら、第1分光器27および第2分光器28の機械的差異に起因し
て、第1分光器27で測定される強度の波長と、第2分光器28で測定される強度
の波長との間に差異があることがある。この点について、図7を参照して説明する。

- [0055] 図7は、第1分光器27および第2分光器28で測定された光の強度とその波長を表すグラフである。第1分光器27は、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 での光の強度 $MV_1(\lambda_1)$ 、 $MV_1(\lambda_2)$ 、 $MV_1(\lambda_3)$ を測定し、第2分光器28も、同様に、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 での光の強度 $MV_2(\lambda_1)$ 、 $MV_2(\lambda_2)$ 、 $MV_2(\lambda_3)$ を測定する。しかしながら、図7に示すように、実際には第1分光器27および第2分光器28の機械的差異に起因して、第1分光器27で測定される光強度の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 と、第2分光器28で測定される光強度の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 との間にはわずかに差異がある。このような波長の差異は、相対反射率データの精度に悪影響を与えることがある。
- 10 [0056] そこで、一実施形態では、処理システム30は、第1ベース強度データ、第1強度測定データ、第2ベース強度データ、および第2強度測定データに対して補間を実行して、第1ベース強度データおよび第1強度測定データの複数の波長と、第2ベース強度データおよび第2強度測定データの複数の波長とを一致させるように構成されている。処理システム30は、補間を実施した後に、複数の変化率 k を
- 15 算定し、さらに相対反射率データを算定する。
- [0057] 図8は、第1分光器27で測定される光強度の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 と、第2分光器28で測定される光強度の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 とを補間により一致させた状態を示すグラフである。この例では、補間後の第1強度測定データの複数の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 と、補間後の第2強度測定データの複数の波長 λ_1 、 λ_2 、
- 20 λ_3 は、整数からなる複数の波長である。すなわち、処理システム30は、第1強度測定データに補間を実行して、整数からなる複数の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 での光強度 $MV_1(\lambda_1)$ 、 $MV_1(\lambda_2)$ 、 $MV_1(\lambda_3)$ を算定し、さらに、第2強度測定データに補間を実行して、整数からなる複数の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 での光強度 $MV_2(\lambda_1)$ 、 $MV_2(\lambda_2)$ 、 $MV_2(\lambda_3)$ を算定する。結果として、
- 25 第1強度測定データと第2強度測定データとの間で波長が一致する。
- [0058]同様に、補間後の第1ベース強度データの複数の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 と、補間後の第2ベース強度データの複数の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 は、整数からなる複数の波長である。すなわち、処理システム30は、第1ベース強度データに補間を

実行して、整数からなる複数の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 での光強度 $BV_1(\lambda_1)$ 、 $BV_1(\lambda_2)$ 、 $BV_1(\lambda_3)$ を算定し、さらに、第2ベース強度データに補間を実行して、整数からなる複数の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 での光強度 $BV_2(\lambda_1)$ 、 $BV_2(\lambda_2)$ 、 $BV_2(\lambda_3)$ を算定する。結果として、第1ベース強度データ
5 と第2ベース強度データとの間で波長が一致する。

[0059] このようにすることで、第1分光器27および第2分光器28により測定される光強度の波長範囲内での波長は、すべて同じとなる。

[0060] 一実施形態では、変化率 k は、複数の波長に対して定められた1つの変化率であってもよい。この場合は、上述した補間は不要である。処理システム30は、
10 第2ベース強度データの代表強度値および第2強度測定データの代表強度値を決定し、第2ベース強度データの代表強度値に対する第2強度測定データの代表強度値の変化率 k を算定する。代表強度値の例としては、複数の波長に対応する複数の強度の平均値、極大値、最大値などが挙げられる。

[0061] 今まで説明した実施形態によれば、処理システム30は、光源22の発光
15 のばらつきを除去することができるが、同時に光源22の経時的な光量変化も除去することができる。すなわち、光源22の発光のばらつきと、光源22の経時的な光量変化は、どちらも、第2ベース強度データに対する第2強度測定データの変化として表すことができる。したがって、処理システム30は、上述した算定式を用いてデータ処理を実行するにより、光源22の発光のばらつきのみならず、光源2
20 2の経時的な光量変化も排除することができる。

[0062] 次に、研磨装置の他の実施形態について説明する。特に説明しない本実施形態の構成および動作は、図1および図2を参照して説明した実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。

[0063] 図2に示すように、光源22は幹光ファイバケーブル35に接続されて
25 おり、光源22によって発せられた光は、まず、幹光ファイバケーブル35の端面に入射し、その後投光光ファイバケーブル31と直結光ファイバケーブル33とに分配される。図9は、幹光ファイバケーブル35の端面35aでの光の入射スポットの位置と、投光光ファイバケーブル31と直結光ファイバケーブル

- 3 3内の光の光路を示す模式図である。図9に示すように、光源2 2によって発せられた光の入射スポットSは幹光ファイバーケーブル3 5の端面3 5 aに比べて小さく、入射スポットSは幹光ファイバーケーブル3 5の端面3 5 a内に位置する。
- [0064] ワークピースWの研磨中は、光源2 2は、短い時間間隔で繰り返し発光する。
- 5 幹光ファイバーケーブル3 5の端面3 5 a内での光の入射スポットSの位置は、一定ではなく、光源2 2が発光するたびに変化する。投光光ファイバーケーブル3 1内を進行する光の光路（すなわち、投光光ファイバーケーブル3 1内の光のスポット位置）P 1と、直結光ファイバーケーブル3 3内を進行する光の光路P 2は、幹光ファイバーケーブル3 5の端面3 5 a内での光の入射スポットSの位置に依存
- 10 して変わる。図9の点線で示す円は、光の入射スポットSの位置の変化と、それに応じて光路P 1， P 2が変化する様子を示している。このような投光光ファイバーケーブル3 1および直結光ファイバーケーブル3 3内での光路P 1， P 2の変化は、ワークピースWからの反射光のスペクトルの変化を生じさせる。
- [0065] 投光光ファイバーケーブル3 1内の光路P 1と、直結光ファイバーケーブル3 3内の光路P 2は変化するものの、これら光ファイバーケーブル3 1， 3 3内の光路P 1， P 2の位置の間には、1対1の関係がある。言い換えれば、投光光ファイバーケーブル3 1内を進行する光の光路P 1の位置は、直結光ファイバーケーブル3 3内を進行する光の光路P 2の位置に一意的に対応する。ワークピースWの研磨中に第2分光器2 8によって測定された光源2 2の光の強度を示す第2強度測定データは、直結光ファイバーケーブル3 3内を進行する光の光路P 2に依存して、すなわち幹光ファイバーケーブル3 5の端面3 5 a内での光の入射スポットSの位置に依存して変わる。したがって、ワークピースWの研磨中に第1分光器2 7によって測定されたワークピースWからの反射光の強度を示す第1強度測定データも、第2強度測定データと1対1の関係を保ちながら変化する。
- 25 [0066] 本実施形態では、ワークピースWの研磨前に、光源2 2を繰り返し発光させながら、第1分光器2 7および第2分光器2 8により光の強度を測定し、複数の第1ベース強度データと複数の第2ベース強度データを生成する。第2ベース強度データは、ワークピースWの研磨前に、第1ベース強度データと同じタイミングで

取得される。すなわち、第1分光器27は光学センサヘッド25から伝達された光の強度を所定の波長範囲に亘って測定し、同時に、第2分光器28は光源22からの光の強度を同じ波長範囲に亘って測定する。

- [0067] 光源22が発光するたびに、幹光ファイバケーブル35の端面35a内
5 での光の入射スポットSの位置が変化するので、複数の異なる第1ベース強度データと複数の異なる第2ベース強度データが生成される。複数の異なる第1ベース強度データと複数の異なる第2ベース強度データを含む参照ライブラリは、処理システム30の記憶装置30a内に格納される。複数の異なる第1ベース強度データと、複数の異なる第2ベース強度データは、1対1の対応関係で関連付けられる。
- 10 [0068] 処理システム30は、ワークピースWの研磨中に第1分光器27によって測定されたワークピースWからの反射光の強度を示す第1強度測定データを取得し、第2分光器28によって測定された光源22の光の強度を示す第2強度測定データを取得する。第2強度測定データは、ワークピースWの研磨中に、第1強度測定データと同じタイミングで取得される。すなわち、第1分光器27はワークピースW
15 からの反射光の強度を所定の波長範囲に亘って測定し、同時に、第2分光器28は光源22からの光の強度を同じ波長範囲に亘って測定する。

- [0069] 処理システム30は、第2強度測定データに最も一致する第2ベース強度データを参照ライブラリに含まれる複数の異なる第2ベース強度データから選択し、
20 選択された第2ベース強度データに関連付けられた第1ベース強度データを決定する。「最も一致する」こととは、最も類似することのみならず、および完全に一致することも含む。第2強度測定データに最も一致する第2ベース強度データを選択する方法（すなわち、強度データの類似性を判定する方法）には、カーブフィッティングや再生判別といった方法が使用できる。

- [0070] ワークピースWからの反射光のスペクトルは投光光ファイバケーブル3
25 1内の光路の影響を受ける。このため、第1強度測定データと第1ベース強度データから相対反射率を計算する際に、異なる光路を通った光の強度データを用いて計算すると、光路の影響を受けてしまい、正確な膜厚測定ができない。一方、第1ベース強度データと第2ベース強度データ、および第1強度測定データと第2強度測

定データは、それぞれ同じ光路を通った光の強度データであるので、それぞれ対応関係がある。そこで、複数の第2ベース強度データから、第2強度測定データとの間で、直結光ファイバケーブル33内で同じような光路を通ったと思われる、スペクトルに類似性のある第2ベース強度データを選択する。さらに選択された第2

5 ベース強度データに対応する（同時に測定された）第1ベース強度データを得る。これにより、第1強度測定データと得られた第1ベース強度データとの間で相対反射率を計算することで、光路の影響がなくなり、膜厚測定精度を向上することができる。

[0071] 処理システム30は、第1強度測定データを、決定された第1ベース強度

10 データで割り算することで相対反射率データを算定し、相対反射率データに基づいてワークピースWの膜厚を決定する。このような割り算により、幹光ファイバケーブル35の端面35a内での光の入射スポットSの位置の変化が相対反射率データから除去される。結果として、処理システム30は、相対反射率データから正確な膜厚を決定することができる。

15 [0072] 図10は、ワークピースWを研磨するための研磨方法の一実施形態を説明するフローチャートである。

ステップ201では、ワークピースWの研磨前に、光源22から繰り返し発せられた光を投光光ファイバケーブル31および受光光ファイバケーブル32を通じて第1分光器27に導き、光の強度を第1分光器27によって測定することで、

20 光の基準強度を示す複数の異なる第1ベース強度データを生成する。処理システム30は、上記複数の異なる第1ベース強度データを第1分光器27から取得し、記憶装置30a内に格納する。

[0073] ステップ202では、ワークピースWの研磨前に、光源22から繰り返し発せられた光を直結光ファイバケーブル33を通じて第2分光器28に導き、光

25 の強度を第2分光器28によって測定することで、光源22の光の基準強度を示す複数の異なる第2ベース強度データを生成する。処理システム30は、上記複数の異なる第2ベース強度データを第2分光器28から取得し、記憶装置30a内に格納する。上記ステップ201の第1分光器27による光の強度の測定と、上記ステ

ップ202の第2分光器28による光の強度の測定は、同時に行われる。

[0074] ステップ203では、研磨テーブル3を回転させながら、研磨ヘッド1によりワークピースWを研磨パッド2に押し付けてワークピースWの研磨を開始する。

5 ステップ204では、ワークピースWの研磨中に、処理システム30は、第1分光器27によって測定されたワークピースWからの反射光の強度を示す第1強度測定データを取得する。

10 ステップ205では、ワークピースWの研磨中に、処理システム30は、第2分光器28によって測定された光源22からの光の強度を示す第2強度測定データを取得する。上記ステップ204の第1分光器27による反射光の強度の測定と、上記ステップ205の第2分光器28による光源22の光の強度の測定は、同時に行われる。

[0075] ステップ206では、処理システム30は、第2強度測定データに最も一致する第2ベース強度データを上記複数の異なる第2ベース強度データから選択する。

15 ステップ207では、処理システム30は、選択された第2ベース強度データに関連付けられた第1ベース強度データを決定する。

ステップ208では、処理システム30は、第1強度測定データを、決定された第1ベース強度データで割り算することで相対反射率データを算定する。

20 ステップ209では、処理システム30は、相対反射率データに基づいてワークピースWの膜厚を決定する。

[0076] 今まで説明した実施形態では、1つの光学センサヘッド25が設けられているが、本発明は上記実施形態に限定されず、複数の光学センサヘッド25が研磨テーブル3内に設けられてもよい。例えば、図11に示すように、複数の光学センサヘッド25を構成する受光光ファイバーケーブル32は、光スイッチまたはシャッターなどの光路切替装置40を介して第1分光器27に連結されてもよい。複数の光学センサヘッド25の位置は、特に限定されず、例えば、ワークピースWの中心およびエッジ部を通過する位置に複数の光学センサヘッド25が配置されてもよい。図11に示す実施形態では、2つの光学センサヘッド25が設けられているが、

3つまたはそれよりも多い光学センサヘッド25が設けられてもよい。

- [0077] 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
- 5 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. ワークピースを研磨するための研磨装置であって、
研磨パッドを支持する研磨テーブルと、
- 5 前記ワークピースを前記研磨パッドに押し付けて前記ワークピースを研磨する研磨ヘッドと、
光を発する光源と、
前記光源に連結され、前記光を前記ワークピースに導く投光光ファイバーケーブルと、
- 10 前記ワークピースからの反射光を受ける受光光ファイバーケーブルと、
前記受光光ファイバーケーブルに連結された第1分光器と、
前記光源に直結された第2分光器と、
プログラムを格納した記憶装置、および前記プログラム含まれる命令に従って演算を実行する演算装置を備えた処理システムを備え、
- 15 前記記憶装置は、その内部に、前記ワークピースの研磨前に前記第1分光器によって測定された光の基準強度を示す第1ベース強度データと、前記ワークピースの研磨前に前記第2分光器によって測定された前記光源の光の基準強度を示す第2ベース強度データと、相対反射率データを算定するための算定式を格納しており、
前記処理システムは、前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚
- 20 を決定するように構成されており、
前記算定式は、次のように表され、
前記相対反射率データ＝ $MD1 / [BD1 \cdot k]$
ただし、MD1は前記第1分光器によって測定された前記ワークピースからの前記反射光の強度を示す第1強度測定データであり、BD1は前記第1ベース強度データであり、kは前記ワークピースの研磨中に前記第2分光器によって測定された前記光源の光の強度を示す第2強度測定データの、前記第2ベース強度データに対する変化率である、研磨装置。
- 25

2. 前記第1ベース強度データ、前記第2ベース強度データ、前記第1強度測定データ、および前記第2強度測定データのそれぞれは、複数の波長での光の複数の強度を示すデータであり、

前記変化率 k は、前記複数の波長にそれぞれ対応する複数の変化率である、請求項1に記載の研磨装置。

3. 前記処理システムは、前記第1ベース強度データ、前記第1強度測定データ、前記第2ベース強度データ、および前記第2強度測定データに対して補間を実行して、前記第1ベース強度データおよび前記第1強度測定データの前記複数の波長と、
10 前記第2ベース強度データおよび前記第2強度測定データの前記複数の波長とを一致させた後に、前記複数の変化率 k を算定するように構成されている、請求項2に記載の研磨装置。

4. 前記第1ベース強度データ、前記第2ベース強度データ、前記第1強度測定
15 データ、および前記第2強度測定データの前記複数の波長は、整数からなる複数の波長である、請求項3に記載の研磨装置。

5. 前記変化率 k は、前記第2ベース強度データの代表強度値に対する前記第2強度測定データの代表強度値の変化率である、請求項1に記載の研磨装置。
20

6. 前記第1分光器および前記第2分光器は、前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源の前記光の強度を同時に測定するように構成されている、請求項1乃至5のいずれか一項に記載の研磨装置。

25 7. 前記光源を前記第2分光器に直接連結する直結光ファイバーケーブルをさらに備えている、請求項1乃至6のいずれか一項に記載の研磨装置。

8. ワークピースを研磨するための研磨装置であって、

- 研磨パッドを支持する研磨テーブルと、
- 前記ワークピースを前記研磨パッドに押し付けて前記ワークピースを研磨する研磨ヘッドと、
- 光を発する光源と、
- 5 前記光源に連結され、前記光を前記ワークピースに導く投光光ファイバーケーブルと、
- 前記ワークピースからの反射光を受ける受光光ファイバーケーブルと、
- 前記受光光ファイバーケーブルに連結された第1分光器と、
- 前記光源に直結された第2分光器と、
- 10 プログラムを格納した記憶装置、および前記プログラム含まれる命令に従って演算を実行する演算装置を備えた処理システムを備え、
- 前記記憶装置は、その内部に、前記ワークピースの研磨前に前記第1分光器によって測定された光の基準強度を示す複数の異なる第1ベース強度データと、前記ワークピースの研磨前に前記第2分光器によって測定された前記光源の光の基準強度
- 15 を示す複数の異なる第2ベース強度データを格納しており、
- 前記複数の異なる第1ベース強度データと、前記複数の異なる第2ベース強度データは、1対1の対応関係で関連付けられており、
- 前記処理システムは、
- 前記第1分光器によって測定された前記ワークピースからの前記反射光の強度
- 20 を示す第1強度測定データを取得し、
- 前記ワークピースの研磨中に前記第2分光器によって測定された前記光源の光の強度を示す第2強度測定データを取得し、
- 前記第2強度測定データに最も一致する第2ベース強度データを前記複数の異なる第2ベース強度データから選択し、
- 25 前記選択された第2ベース強度データに関連付けられた第1ベース強度データを決定し、
- 前記第1強度測定データを、前記決定された第1ベース強度データで割り算することで相対反射率データを算定し、

前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚を決定するように構成されている、研磨装置。

9. 前記第1分光器および前記第2分光器は、前記ワークピースの研磨中に、前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源の前記光の強度を同時に測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. 前記研磨装置は、前記光源を前記第2分光器に直接連結する直結光ファイバーケーブルをさらに備えており、

10 前記投光光ファイバーケーブルの端部と前記直結光ファイバーケーブルの端部は束ねられて幹光ファイバーケーブルを構成し、

前記幹光ファイバーケーブルは前記光源に接続されている、請求項8または9に記載の研磨装置。

15 11. ワークピースを研磨するための研磨方法であって、

前記ワークピースの研磨前に、光源から発せられた光を投光光ファイバーケーブルおよび受光光ファイバーケーブルを通じて第1分光器に導き、前記光の強度を前記第1分光器によって測定することで、前記光の基準強度を示す第1ベース強度データを生成し、

20 前記ワークピースの研磨前に、前記光源から発せられた前記光の強度を第2分光器によって測定することで、前記光の基準強度を示す第2ベース強度データを生成し、前記第2分光器は前記光源に直結されており、

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前記ワークピースを押し付けて前記ワークピースを研磨し、

25 前記ワークピースの研磨中に、前記第1分光器によって測定された前記ワークピースからの反射光の強度を示す第1強度測定データを取得し、

前記ワークピースの研磨中に、前記第2分光器によって測定された前記光源の光の強度を示す第2強度測定データを取得し、

前記第 2 ベース強度データに対する前記第 2 強度測定データの変化率を算定し、
前記第 1 ベース強度データに前記変化率を乗算することで、補正された第 1 ベース強度データを算定し、

前記第 1 強度測定データを、前記補正された第 1 ベース強度データで割り算すること
5 ことで相対反射率データを算定し、

前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚を決定する、研磨方法。

1 2. 前記第 1 ベース強度データ、前記第 2 ベース強度データ、前記第 1 強度測定データ、および前記第 2 強度測定データのそれぞれは、複数の波長での光の複数の
10 の強度を示すデータであり、

前記変化率 k は、前記複数の波長にそれぞれ対応する複数の変化率である、請求項 1 1 に記載の研磨方法。

1 3. 前記複数の変化率を算定する前に、前記第 1 ベース強度データ、前記第 1
15 強度測定データ、前記第 2 ベース強度データ、および前記第 2 強度測定データに対して補間を実行して、前記第 1 ベース強度データおよび前記第 1 強度測定データの
前記複数の波長と、前記第 2 ベース強度データおよび前記第 2 強度測定データの
前記複数の波長とを一致させる工程をさらに含む、請求項 1 2 に記載の研磨方法。

20 1 4. 前記第 1 ベース強度データ、前記第 2 ベース強度データ、前記第 1 強度測定データ、および前記第 2 強度測定データの
前記複数の波長は、整数からなる複数の波長である、請求項 1 3 に記載の研磨方法。

1 5. 前記変化率は、前記第 2 ベース強度データの代表強度値に対する前記第 2
25 強度測定データの代表強度値の変化率である、請求項 1 1 に記載の研磨方法。

1 6. 前記第 1 分光器および前記第 2 分光器は、前記ワークピースの研磨中に、
前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源からの前記光の強度を同

時に測定する、請求項 11 乃至 15 のいずれか一項に記載の研磨方法。

17. ワークピースを研磨するための研磨方法であって、

- 前記ワークピースの研磨前に、光源から繰り返し発せられた光を投光光ファイバ
5 ケーブルおよび受光光ファイバケーブルを通じて第 1 分光器に導き、前記光の
強度を前記第 1 分光器によって測定することで、前記光の基準強度を示す複数の異
なる第 1 ベース強度データを生成し、
- 前記光源から繰り返し発せられた前記光の強度を第 2 分光器によって測定するこ
とで、前記光の基準強度を示す複数の異なる第 2 ベース強度データを生成し、前記
10 第 2 分光器は前記光源に直結されており、
- 前記複数の異なる第 1 ベース強度データと、前記複数の異なる第 2 ベース強度デ
ータを、1 対 1 の対応関係で関連付け、
- 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前記ワーク
ピースを押し付けて前記ワークピースを研磨し、
- 15 前記ワークピースの研磨中に前記第 1 分光器によって測定された前記ワークピー
スからの前記反射光の強度を示す第 1 強度測定データを取得し、
- 前記ワークピースの研磨中に前記第 2 分光器によって測定された前記光源の光の
強度を示す第 2 強度測定データを取得し、
- 前記第 2 強度測定データに最も一致する第 2 ベース強度データを前記複数の異な
20 る第 2 ベース強度データから選択し、
- 前記選択された第 2 ベース強度データに関連付けられた第 1 ベース強度データを
決定し、
- 前記第 1 強度測定データを、前記決定された第 1 ベース強度データで割り算する
ことで相対反射率データを算定し、
- 25 前記相対反射率データに基づいて前記ワークピースの膜厚を決定する、研磨方法。

18. 前記第 1 分光器および前記第 2 分光器は、前記ワークピースの研磨中に、
前記ワークピースからの前記反射光の強度および前記光源からの前記光の強度を同

時に測定する、請求項 17 に記載の研磨方法。