

ワークピースからの反射光のスペクトルを検査する方法、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、パネルなどのワークピースからの反射光のスペクトルに基づいてワークピースの膜厚を測定する技術に関し、特にワークピースからの反射光のスペクトルの異常を検出する技術に関する。

関連技術の記載

- 10 [0002] 半導体デバイスの製造プロセスには、 SiO_2 などの絶縁膜を研磨する工程や、銅、タングステンなどの金属膜を研磨する工程などの様々な工程が含まれる。ウェーハの研磨は研磨装置を使用して行われる。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、ウェーハを研磨パッドに押し付ける研磨ヘッドと、スラリーを研磨パッド上に供給するスラリー供給ノズルを備えている。研磨テーブルを回転させながら、研磨テーブル上の研磨パッドにスラリーが供給され、研
15 磨ヘッドは、ウェーハを研磨パッドに押し付ける。ウェーハは、スラリーの存在下で研磨パッドと摺接される。ウェーハの表面は、スラリーの化学的作用と、スラリー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。

- 20 [0003] ウェーハの研磨は、その表面を構成する膜（絶縁膜、金属膜、シリコン層など）の厚さが所定の目標値に達したときに終了される。研磨装置は、絶縁膜やシリコン層などの非金属膜の厚さを測定するために、一般に、光学式膜厚測定システムを備える。この光学式膜厚測定システムは、光源の光をウェーハの表面に導き、ウェーハからの反射光の強度を分光器で測定し、反射光のスペクトルを解析することで、ウェーハの膜厚を測定するように構成される。

- 25 【先行技術文献】

【特許文献】

- [0004] 【特許文献1】 日本国特開2022-156879号公報

- [0005] 光源や光学系の故障または経年劣化などにより、ウェーハからの反射光の強度が変化し、結果として異常なスペクトルが取得されることがある。他の例で

は、研磨すべきターゲットウェーハとは異なるタイプのウェーハが研磨装置に送られると、そのウェーハからの反射光のスペクトルは、異常なスペクトルとして取得される。このような異常なスペクトルは誤った膜厚測定値の原因となる。また、異常なスペクトルから得られた膜厚測定値に基づいてウェーハの研磨動作を
5 制御すると、所望の研磨結果が得られないことになる。

発明の要旨

[0006] そこで、本発明は、ウェーハなどのワークピースの研磨中に、ワークピースからの反射光のスペクトルを検査する技術を提供する。

10 [0007] 一態様では、ワークピースからの反射光のスペクトルを検査する方法であって、研磨テーブルを回転させながら、ワークピースを前記研磨テーブル上の研磨パッドに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の時間区間ごとに、前記ワークピース上の複数の膜厚測定点に光学センサヘッドから光を照射し、前記複数の膜厚測定点からの反射光の複数の測定スペクトルを生成し、前記複数の測定スペクトルの複数の特徴量を算定し、前記複数の測定スペクトルを生成した複数の時間と、前記複数の測定スペクトルの前記複数の特徴量から特定される複数の測定データ点を座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行し、時間区間ごとに前記座標系上に定められたしきい範囲内に存在する前記複数の測定データ点の数を表す補正指標値を決定し、前記補正指標値
20 が補正管理範囲内にあるか否かを判定する、方法が提供される。

[0008] 一態様では、前記補正指標値が前記補正管理範囲内にあるときは、前記複数の測定データ点が前記しきい範囲内に収まるまで、前記複数の測定データ点を前記座標系上で移動させることで、前記複数の特徴量を補正する。

一態様では、前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、
25 アラーム信号を生成する。

一態様では、前記研磨テーブルを回転させながら、参照ワークピースを前記研磨パッドに押し付けて前記参照ワークピースを研磨し、前記参照ワークピースの研磨中の時間区間ごとに、前記参照ワークピース上の複数の膜厚測定点に前記光学センサヘッドから光を照射し、前記複数の膜厚測定点からの反射光の複数の参

照スペクトルを生成し、前記複数の参照スペクトルの複数の特徴量を算定し、前記複数の参照スペクトルを生成した複数の時間と、前記複数の参照スペクトルの前記複数の特徴量から特定される複数の参照データ点を前記座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行し、前記座標系上の前記複数の参照データ点に基づいて、前記参照ワークピースの研磨中の時間区間ごとの前記しきい範囲を作成することをさらに含む。

一態様では、前記しきい範囲は、前記複数の参照データ点の基準点から所定のマハラノビス距離内の範囲である。

一態様では、前記補正指標値が前記補正管理範囲の上限よりも大きいときは、前記複数の測定データ点を前記複数の参照データ点に加えることで前記複数の参照データ点を更新し、前記更新された複数の参照データ点に基づいて前記しきい範囲を更新する。

[0009] 一態様では、前記方法は、前記ワークピースの研磨時間に伴う前記複数の測定データ点の推移から、複数のしきい範囲の第1セットまたは複数のしきい範囲の第2セットいずれかを選択することをさらに含み、前記しきい範囲は、前記第1セットおよび前記第2セットのうちの選択された一方の複数のしきい範囲のうちの1つであり、前記複数のしきい範囲の第1セットは、第1参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点から予め定められ、前記複数のしきい範囲の第2セットは、前記第1参照ワークピースとは異なる表面構造を有する第2参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点から予め定められる。

一態様では、前記参照ワークピースは、第1参照ワークピースおよび第2参照ワークピースであり、前記方法は、前記第1参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点から作成された第1しきい範囲と、前記第2参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点から作成された第2しきい範囲とを組み合わせることで、異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成することをさらに含む。

一態様では、前記光学センサヘッドは、前記研磨テーブル内の異なる位置に配置された第1光学センサヘッドおよび第2光学センサヘッドであり、前記方法は、前記参照ワークピースの研磨中に前記第1光学センサヘッドからの光照射によっ

て得られた複数の参照データ点から作成された第1しきい範囲と、前記参照ワークピースの研磨中に前記第2光学センサヘッドからの光照射によって得られた複数の参照データ点から作成された第2しきい範囲とを組み合わせることで、異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成することをさらに含む。

- 5 一態様では、前記複数の特徴量のそれぞれは、各測定スペクトルの複数の波長での前記反射光の複数の強度を含むデータセットに対して主成分分析を実行することで得られた第k主成分（kは自然数）を少なくとも含む。

- 一態様では、前記ワークピースの研磨中の連続する複数の時間区間において、前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、前記連続する複数の時間区間において取得された複数の測定データ点から、前記連続する複数の時間区間に対応する複数の新たなしきい範囲に作成する。
- 10

- [0010] 一態様では、ワークピースの研磨装置であって、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、前記ワークピースを前記研磨テーブル上の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、前記ワークピースの研磨中の時間区間ごとに、前記ワークピース上の複数の膜厚測定点に光を照射する光学センサヘッドと、前記複数の膜厚測定点からの反射光の複数の測定スペクトルを生成する処理システムを備え、前記処理システムは、前記複数の測定スペクトルの複数の特徴量を算定し、前記複数の測定スペクトルを生成した複数の時間と、前記複数の測定スペクトルの前記複数の特徴量から特定される複数の測定データ点を座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行し、時間区間ごとに前記座標系上に定められたしきい範囲内に存在する前記複数の測定データ点の数を表す補正指標値を決定し、前記補正指標値が補正管理範囲内にあるか否かを判定するように構成されている、研磨装置が提供される。
- 15
- 20

- [0011] 一態様では、前記処理システムは、前記補正指標値が前記補正管理範囲内にあるときは、前記複数の測定データ点が前記しきい範囲内に収まるまで、前記複数の測定データ点を前記座標系上で移動させることで、前記複数の特徴量を補正するように構成されている。
- 25

一態様では、前記処理システムは、前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、アラーム信号を生成するように構成されている。

一態様では、前記処理システムは、前記ワークピースの研磨時間に伴う前記複数の測定データ点の推移から、複数のしきい範囲の第1セットまたは複数のしきい範囲の第2セットいずれかを選択するように構成されており、前記しきい範囲は、前記第1セットおよび前記第2セットのうちの選択された一方の複数のしきい範囲のうちの1つであり、前記複数のしきい範囲の第1セットは、第1参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から予め定められ、前記複数のしきい範囲の第2セットは、前記第1参照ワークピースとは異なる表面構造を有する第2参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から予め定められる。

5 [0012] 一態様では、前記処理システムは、各測定スペクトルの複数の波長での前記反射光の複数の強度を含むデータセットに対して主成分分析を実行し、前記主成分分析から得られた第k主成分（kは自然数）を少なくとも含む特徴量を決定するように構成されている。

一態様では、前記処理システムは、前記ワークピースの研磨中の連続する複数の時間区間において、前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、前記連続する複数の時間区間において取得された複数の測定データ点から、前記連続する複数の時間区間に対応する複数の新たなしきい範囲に作成するように構成されている。

一態様では、前記処理システムは、参照ワークピースの研磨から得られた複数の参照データ点の基準点から所定のマハラノビス距離内の範囲である前記しきい範囲を決定するように構成されている。

一態様では、前記処理システムは、前記補正指標値が前記補正管理範囲の上限よりも大きいときは、前記複数の測定データ点を前記複数の参照データ点に加えることで前記複数の参照データ点を更新し、前記更新された複数の参照データ点に基づいて前記しきい範囲を更新するように構成されている。

25 [0013] ワークピースの研磨時間内の時間区間ごとに測定データ点がしきい範囲と比較され、処理システムは比較結果に基づいて測定スペクトルが正常であるか否かを判定することができる。時間区間ごとにしきい範囲が定められているので、測定データ点がしきい範囲から大きくはずれた時点でワークピースの研磨を中止することができる。結果として、ワークピースの過研磨を防止することができる。

また、誤った研磨処理に起因する後続のワークピースのダメージを防止することができる。ワークピースは異なる研磨条件下で再研磨してもよいし、あるいは再研磨することなくワークピースを研磨装置から取り出してもよい。結果として、異常検知後の対応時間短縮に繋がる。測定スペクトルの異常が光学式膜厚測定装置に起因するのであれば、光学式膜厚測定装置の修理を実施することができる。

図面の簡単な説明

[0014] 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。

10 図 3 は、光強度測定データから生成された測定スペクトルの一例を示す模式図である。

図 4 は、ワークピース上の光の膜厚測定点の一例を示す図である。

図 5 は、データマッピングの一実施形態を示す図である。

15 図 6 は、研磨テーブルが N 回転目のときに取得された複数の測定データ点 MD_N を表す図である。

図 7 は、研磨テーブルが $N+1$ 回転目のときに取得された複数の測定データ点 MD_{N+1} を表す図である。

図 8 は、研磨テーブルが $N+2$ 回転目のときに取得された複数の測定データ点 MD_{N+2} を表す図である。

20 図 9 は、複数の測定データ点 MD_{N+2} がしきい範囲 TR_{N+2} 内に収まるまで、複数の測定データ点 MD_{N+2} を移動させる一実施形態を示す図である。

図 10 は、複数の測定データ点 MD_{N+3} の全部または大部分がしきい範囲 TR_{N+3} 外に存在する一例を示す図である。

25 図 11 は、図 1 乃至図 10 を参照して説明した実施形態のフローチャートである。

図 12 は、複数のしきい範囲の第 1 セットおよび第 2 セットが用意された一実施形態を示す図である。

図 13 は、ワークピースの研磨中に、座標系上にプロットされた測定データ点の時間的推移の一例を示すグラフである。

図 1 4 は、図 1 2 および図 1 3 を参照して説明した実施形態のフローチャートである。

図 1 5 は、ワークピースの研磨中に、新たなしきい範囲を作成する一実施形態を示すグラフである。

5 図 1 6 は、第 1 参照ワークピースおよび第 2 参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から第 1 しきい範囲および第 2 しきい範囲を作成する一実施形態を示す図である。

図 1 7 は、光学センサヘッドと研磨ヘッドとの位置関係の一例を示す上面図である。

10 図 1 8 は、第 1 しきい範囲および第 2 しきい範囲を組み合わせることで、異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成する一実施形態を示す図である。

図 1 9 は、第 1 光学センサヘッドおよび第 2 光学センサヘッドを備えた研磨装置の一実施形態を示す上面図である。

15 図 2 0 は、第 1 光学センサヘッドからの光照射によって得られた複数の参照データ点から作成された複数の第 1 しきい範囲と、第 2 光学センサヘッドからの光照射によって得られた複数の参照データ点から作成された複数の第 2 しきい範囲の例を示す図である。

図 2 1 は、時間軸に沿って並べられた複数の第 1 しきい範囲と複数の第 2 しきい範囲を示す図である。

20 図 2 2 は、特徴量軸に沿って移動された複数の第 1 しきい範囲と複数の第 2 しきい範囲を示す図である。

実施形態の説明

[0015] 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
25 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、多層膜または単層膜が形成された製品ウェーハである。

[0016] 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。

[0017] 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／または研磨パッド2の機械的作用により研磨される。

[0018] 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演算装置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。演算装置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

これらの例に限定されない。

[0019] 研磨装置は、ワークピースWの膜厚を測定する光学式膜厚測定装置20を備えている。光学式膜厚測定装置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に基づいてワークピースWの膜厚を測定する処理システム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。

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] 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ーケーブル31と、分光器27に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に伝達する。

[0023] 分光器 27 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、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。投光光ファイバケーブル 31 の先端 31 a および受光光ファイバケーブル 32 の先端 32 a 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。

[0024] 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 2 b 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 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。

[0025] 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 25 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 25 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 25 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 25 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 25 によって受けられる。

[0026] 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 上の複数の膜厚測定点に光が照射される。

[0027] 光源 22 によって発せられた光は、光学センサヘッド 25 に伝達される。

すなわち、光は、投光光ファイバケーブル 31 を通っ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、研磨パッド 2 の通孔 2b 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 2b を再び通過し、光学センサヘッド 25 に
5 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 を通って分光器 27 に伝達される。

[0028] 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、
10 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、処理システム 30 に送られる。

[0029] 処理システム 30 は、光強度測定データから、図 3 に示すような反射光のスペクトルを生成する。以下の説明では、ワークピース W からの反射光のスペク
15 トルを測定スペクトルと称する。ワークピース W からの反射光の測定スペクトルは、ワークピース W の膜厚の情報を含む。言い換えれば、反射光の測定スペクトルは、ワークピース W の膜厚に依存して変化する。処理システム 30 は、反射光の測定スペクトルに基づいてワークピース W の膜厚を決定するように構成されている。例えば、処理システム 30 は、反射光の測定スペクトルに最も形状に近い
20 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、反射光の測定スペクトルの特徴量を算出し、その特徴量に最も近い参照特徴量を参照特徴量ライブラリの中から決定し、この決定された参照特徴量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、反射光の測定スペ
25 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。

[0030] 図 4 は、ワークピース W 上の複数の膜厚測定点の一例を示す図である。上述したように、ワークピース W の研磨中、研磨テーブル 3 が一回転するたびに、光学センサヘッド 25 はワークピース W の表面を横切って移動しながら、光学セ

ンサヘッド 25 はワークピース W の表面に光を複数回照射する。したがって、図 4 に示すように、光学センサヘッド 25 からの光が照射される複数の膜厚測定点 M は、ワークピース W の表面上に半径方向に並ぶ。研磨テーブル 3 が一回転するたびに、光学センサヘッド 25 は複数の膜厚測定点 M からの反射光を受け、処理

5 システム 30 は、複数の膜厚測定点 M からの反射光の複数の測定スペクトルを生成する。さらに、処理システム 30 は、反射光の複数の測定スペクトルから複数の膜厚測定点 M での複数の膜厚を決定する。

[0031] ワークピース W の膜厚は、反射光の測定スペクトルに依存して変わる。したがって、光学式膜厚測定装置 20 がワークピース W の膜厚を正しく測定するためには、膜厚を反映した正しい測定スペクトルを取得する必要がある。しかしながら、光源 22 や光ファイバーケーブル 31, 32 などの光学要素の故障または経年劣化などにより、測定スペクトルが変化することがある。

[0032] そこで、処理システム 30 は、以下に説明するように、ワークピース W からの反射光の測定スペクトルを検査する。まず、ワークピース W と同じ表面構造

15 を持つ参照ワークピースを図 1 および図 2 に示す研磨装置により研磨する。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、研磨液の供給流量、研磨ヘッド 1 のワークピース W に対する押し付け圧力などが含まれる。

[0033] 処理システム 30 は、図 1 乃至図 4 を参照して説明した方法に従って、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。以下の説明では、参照ワークピースからの反射光のスペクトルを参照スペクトルと称する。図 4 を参照して説明したように、研磨テーブル 3 が一回転するたびに、参照ワークピースの複数の膜厚測定点に光が照射され、かつ複数の膜厚測定点からの反射光の複数の参照スペクトルが生成される。

25 [0034] 処理システム 30 は、複数の参照スペクトルのそれぞれの特徴量を算定する。特徴量は、各参照スペクトルの特徴を表す指標である。より具体的には、各参照スペクトルは、図 3 に示すように、各波長での反射光の強度を表すので、特徴量は、参照スペクトルの各波長での反射光の強度の特徴を表す指標である。

[0035] 本実施形態では、処理システム 30 は、各参照スペクトルの複数の波長で

の反射光の複数の強度を含むデータセットに対して主成分分析を実行し、主成分分析から得られた第 k 主成分（ k は自然数）を少なくとも含む特徴量を決定する。第 k 主成分の計算式の一例は以下のとおりである。

$$\text{第 } k \text{ 主成分} = w_{k1}X_1 + w_{k2}X_2 + w_{k3}X_3 + \dots$$

5 ここで、 X_n （ n は自然数）は参照スペクトルの波長 λ_n での反射光の強度を表し、 w_{kn} は強度 X_n に対する重み係数である。

[0036] 処理システム 30 は、各参照スペクトルについて少なくとも 1 つの特徴量を算定する。例えば、処理システム 30 は、各参照スペクトルについて特徴量として第 k 主成分を算する。他の例では、処理システム 30 は、特徴量として第 k 主成分および第 $k + 1$ 主成分を各参照スペクトルについて算定してもよい。本実施形態では、特徴量は、データセットの主成分分析で得られた第 k 主成分（ k は自然数）であるが、他の実施形態では、特徴量はデータセットの統計値（例えば、平均、標準偏差、分散など）であってもよい。

[0037] 光学センサヘッド 25 は、参照ワークピースの研磨時間内の時間区間ごとに、参照ワークピース上の複数の膜厚測定点に光を照射し、複数の膜厚測定点からの反射光を受ける。一実施形態では、上記時間区間は、研磨テーブル 3 が L 回転（ L は自然数）する時間である。すなわち、研磨テーブル 3 が L 回転するたびに、光学センサヘッド 25 は、参照ワークピース上の複数の膜厚測定点に光を照射し、複数の膜厚測定点からの反射光を受ける。処理システム 30 は、研磨テーブル 3 が L 回転するたびに、参照ワークピース上の複数の膜厚測定点からの反射光の複数の参照スペクトルを生成し、複数の参照スペクトルから複数の特徴量を算定する。したがって、研磨テーブル 3 が L 回転するたびに、複数の特徴量が取得される。他の実施形態では、上記時間区間は、時間で定義されてもよい。例えば、上記時間区間は、時間単位である秒で定義される区間であってもよい（例えば、0.5 秒、1 秒、または 1.5 秒）。

[0038] 処理システム 30 は、複数の特徴量を、複数の参照スペクトルが生成された複数の時間にそれぞれ関連付ける。各特徴量は、対応する参照スペクトルから算定されるので、各特徴量は、対応する参照スペクトルが生成された時間に関連付けることができる。参照スペクトルが生成された時間は、その参照スペクトル

が処理システム 30 によって生成された時間を直接または間接に示す限りにおいて、特に限定されない。例えば、参照スペクトルが生成された時間は、その参照スペクトルを生成するための光が光源 22 から発せられた時間によって表されてもよいし、あるいはその参照スペクトルを生成するための反射光を分光器 27 が
5 受けた時間によって表されてもよいし、あるいはその参照スペクトルを生成するための光強度測定データを処理システム 30 が受けた時間によって表されてもよいし、あるいはその参照スペクトルが処理システム 30 によって生成された時間に連動する時間であってもよい。

[0039] 処理システム 30 は、複数の参照スペクトルを生成した複数の時間と、複
10 数の時間にそれぞれ対応する複数の特徴量から特定される複数の参照データ点を座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行する。図 5 は、データマッピングの一実施形態を示す図である。図 5 に示すように、座標系は、参照スペクトルの特徴量を表す縦軸と、時間を表す横軸を有する。

[0040] 処理システム 30 は、参照ワークピースの研磨時間内の時間区間ごとに、
15 参照ワークピース上の複数の膜厚測定点からの反射光の複数の参照スペクトルを生成し、複数の参照スペクトルの複数の特徴量を算定する。以下に説明する実施形態では、上記時間区間は研磨テーブル 3 が 1 回転する時間である。研磨テーブル 3 が 1 回転するたびに、処理システム 30 は、複数の参照スペクトルの複数の特徴量と、対応する複数の時間から特定される複数の参照データ点を座標系上に
20 プロットする。

[0041] 図 5 に示す FD_N は、研磨テーブル 3 が N 回転目 (N は自然数) のときに取得された複数の参照データ点を表し、 FD_{N+1} は、研磨テーブル 3 が $N+1$ 回転目のときに取得された複数の参照データ点を表し、 FD_{N+2} は、研磨テーブル 3 が $N+2$ 回転目のときに取得された複数の参照データ点を表している。図 5 から分かるように、参照ワークピースの研磨時間とともに、複数の参照データ点が増えて
25 いく。以下の説明では、参照データ点 FD_N 、 FD_{N+1} 、 $FD_{N+2} \cdots$ のそれぞれを単に参照データ点 FD ということがある。

[0042] 処理システム 30 は、時間区間ごとにしきい範囲を定める。しきい範囲は、時間区間ごとに座標系上に定められた、複数の参照データ点の分散許容範囲であ

る。時間区間ごと取得された複数の参照データ点 $F D$ の全部または大部分は、対応するしきい範囲内にある。一実施形態では、所定の割合（％）の複数の参照データ点 $F D$ は、対応するしきい範囲内にある。所定の割合（％）は、例えば 90 ～ 100 ％の範囲内である。

- 5 [0043] 図 5 に示す例では、しきい範囲 $T R_N$ は、複数の参照データ点 $F D_N$ から定められ、しきい範囲 $T R_{N+1}$ は、複数の参照データ点 $F D_{N+1}$ から定められ、しきい範囲 $T R_{N+2}$ は、複数の参照データ点 $F D_{N+2}$ から定められる。同様にして、処理システム 30 は、複数の時間区間に対応する複数のしきい範囲を定める。以下の説明では、しきい範囲 $T R_N$ 、 $T R_{N+1}$ 、 $T R_{N+2} \cdots$ のそれぞれを単にしき
10 い範囲 $T R$ ということがある。

[0044] 一実施形態では、各しきい範囲 $T R$ は、対応する時間区間内の複数の参照データ点 $F D$ から定められた基準点から所定のマハラノビス距離内の範囲である。所定のマハラノビス距離は、上記所定の割合（％）の複数の参照データ点 $F D$ が、対応するしきい範囲 $T R$ 内に存在する距離である。

- 15 [0045] 他の実施形態では、各しきい範囲 $T R$ は、対応する時間区間内の複数の参照データ点 $F D$ から定められた基準点から所定のユークリッド距離内の範囲である。所定のユークリッド距離は、上記所定の割合（％）の複数の参照データ点 $F D$ が、対応するしきい範囲 $T R$ 内に存在する距離である。さらに他の実施形態では、各しきい範囲 $T R$ は、対応する時間区間内の複数の参照データ点 $F D$ の正規
20 分布から算出された標準偏差または分散に基づいて定められた範囲である。

- [0046] 基準点の例としては、各しきい範囲 $T R$ に対応する時間区間内の複数の参照データ点 $F D$ の重心が挙げられる。一例では、複数の参照データ点 $F D$ の重心は、複数の参照データ点 $F D$ の仮の重心からの距離に従って異なる重み係数を複数の参照データ点 $F D$ の上記距離にそれぞれ乗算することで求めてもよい。処理
25 システム 30 は、複数の時間区間に対応する複数のしきい範囲 $T R$ を記憶装置 30 a 内に格納する。

[0047] 上記実施形態では、1 枚の参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から複数のしきい範囲 $T R$ が決定されたが、一実施形態では、複数枚の参照ワークピースを同じようにして研磨し、これらの参照ワークピースの研磨中に得

られた参照データ点から、複数の時間区間に対応する複数のしきい範囲TRが決定されてもよい。

[0048] 処理システム30は、ワークピースWの研磨中に生成された反射光の測定スペクトルを、しきい範囲TRを用いて検査する。ワークピースWの研磨および
5 ワークピースWからの反射光の測定スペクトルの生成は、参照ワークピースと同じようにして実行される。すなわち、テーブルモータ6により研磨テーブル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を研磨テーブル3上の研磨パッド2に押し付けてワークピースWを研磨する。光学センサヘッド25は、ワークピースWの研磨中の時間区間ごとに、ワークピースW上の複数の膜厚測定点
10 に光を照射し、複数の膜厚測定点からの反射光を受ける。一例では、時間区間は、研磨テーブル3が一回転する時間に相当する。

[0049] 処理システム30は、複数の膜厚測定点からの反射光の複数の測定スペクトルを生成し、複数の測定スペクトルの複数の特徴量を算定する。測定スペクトルの特徴量は、参照スペクトルの特徴量と同じようにして算定される。すなわち、
15 処理システム30は、各測定スペクトルの複数の波長での反射光の複数の強度を含むデータセットに主成分分析を実行することで第k主成分（kは自然数）を算定し、第k主成分を少なくとも含む特徴量を決定する。各測定スペクトルの特徴量は、参照スペクトルの特徴量と同じタイプの指標である。すなわち、参照スペクトルの特徴量が第k主成分のみを含む場合は、測定スペクトルの特徴量も第k
20 主成分のみを含む。参照スペクトルの特徴量が第k主成分および第k+1主成分を含む場合は、測定スペクトルの特徴量も第k主成分および第k+1主成分を含む。

[0050] 処理システム30は、複数の測定スペクトルを生成した複数の時間と、複数の特徴量から特定される複数の測定データ点を座標系上にプロットすることで、
25 データマッピングを実行する。データマッピングも、参照スペクトルについて実行されたデータマッピングと同じようにして実行される。

[0051] 図6は、研磨テーブル3がN回転目のときに取得された複数の測定データ点MD_Nを表す図であり、図7は、研磨テーブル3がN+1回転目のときに取得された複数の測定データ点MD_{N+1}を表す図であり、図8は、研磨テーブル3がN+

2回転目のときに取得された複数の測定データ点 MD_{N+2} を表す図である。以下の説明では、測定データ点 MD_N 、 MD_{N+1} 、 MD_{N+2} ・・・のそれぞれを単に測定データ点 MD ということがある。図6乃至図8に示すように、処理システム30は、研磨テーブル3が一回転するたびに、複数の測定データ点 MD を座標系上に
5 プロットする。座標系は、特徴量を表す縦軸と、時間を表す横軸を有する。

[0052] 処理システム30は、時間区間ごとに座標系上に定められたしきい範囲 TR 内に存在する複数の測定データ点 MD の数を表す補正指標値を決定する。この補正指標値は、複数の測定データ点 MD がしきい範囲 TR 内に存在する程度を示す指標である。

10 補正指標値の例としては、以下が挙げられる。

- ・ しきい範囲内に存在する複数の測定データ点の数
- ・ しきい範囲内に存在する複数の測定データ点の数の、複数の測定データ点の総数に対する割合
- ・ 複数の測定データ点の重心と、しきい範囲の中心との距離

15 [0053] 以下に説明する実施形態では、補正指標値は、しきい範囲 TR 内に存在する複数の測定データ点 MD の数の、複数の測定データ点 MD の総数に対する割合である。図6に示す例では、処理システム30は、複数の測定データ点 MD_N が取得された時間区間に対応するしきい範囲 TR_N 内に存在する複数の測定データ点 MD_N の数の、複数の測定データ点 MD_N の総数に対する割合を算定し、算定された
20 割合である補正指標値を決定する。

[0054] 本実施形態では、補正指標値は、しきい範囲 TR 内に存在する複数の測定データ点 MD の割合である。例えば、算定された補正指標値が100%であれば、複数の測定データ点 MD のすべては、しきい範囲 TR 内に存在する。算定された補正指標値が50%であれば、複数の測定データ点 MD の半分は、しきい範囲 TR
25 TR 内に存在する。処理システム30は、補正指標値が、予め定められた補正管理範囲内にあるか否かを判定する。補正管理範囲は、後述するように、測定スペクトルを補正するか、測定スペクトルを補正せずにそのまま膜厚測定に使用するか、またはアラーム信号を生成するかを決定するための数値範囲である。例えば、補正管理範囲は、20～80%である。

[0055] 図6に示す例では、処理システム30は、しきい範囲 TR_N 内に存在する複数の測定データ点 MD_N の数の、複数の測定データ点 MD_N の総数に対する割合である補正指標値は、補正管理範囲の上限よりも大きいと判定する。補正指標値が補正管理範囲の上限よりも大きいということは、複数の測定データ点 MD_N の全部
5 または大部分がしきい範囲 TR_N 内に存在することを意味している。したがって、処理システム30は、補正指標値が補正管理範囲の上限よりも大きいときは、複数の測定データ点 MD_N にそれぞれ対応する複数の測定スペクトルは正常であると決定し、それらの複数の測定スペクトルからワークピースWの複数の膜厚測定点での複数の膜厚を決定（推定）する。

- 10 [0056] 図6に示す測定データ点 MD_N は、対応する測定スペクトルが正常であることを示している。したがって、測定データ点 MD_N は、しきい範囲 TR_N の更新に使用することができる。具体的には、処理システム30は、補正指標値が補正管理範囲の上限よりも大きいときは、複数の測定データ点 MD_N を複数の参照データ点 FD_N （図5参照）に加えることで複数の参照データ点 FD_N を更新し、更新さ
15 れた複数の参照データ点 FD_N に基づいてしきい範囲 TR_N を更新する。しきい範囲 TR_N の決定に使用される参照データ点 FD_N の数が増えるので、処理システム30は、より正確なしきい範囲 TR を決定することができる。

- [0057] 図7に示す例では、処理システム30は、しきい範囲 TR_{N+1} 内に存在する複数の測定データ点 MD_{N+1} の数の、複数の測定データ点 MD_{N+1} の総数に対する
20 割合である補正指標値は、補正管理範囲の上限よりも大きいと判定する。したがって、処理システム30は、複数の測定データ点 MD_{N+1} にそれぞれ対応する複数の測定スペクトルは正常であると決定し、それらの複数の測定スペクトルからワークピースWの複数の膜厚測定点での複数の膜厚を決定（推定）する。図7に示す測定データ点 MD_{N+1} は、対応する測定スペクトルが正常であることを示してい
25 るので、測定データ点 MD_{N+1} はしきい範囲 TR_{N+1} の更新に使用することができる。

[0058] 図8に示す例では、処理システム30は、しきい範囲 TR_{N+2} 内に存在する複数の測定データ点 MD_{N+2} の数の、複数の測定データ点 MD_{N+2} の総数に対する割合である補正指標値は、補正管理範囲内にあると判定する。補正指標値が補正

管理範囲内にあるときは、図 9 に示すように、処理システム 30 は、複数の測定データ点 MD_{N+2} がしきい範囲 TR_{N+2} 内に収まるまで、複数の測定データ点 MD_{N+2} を座標系上で移動させることで、複数の測定データ点 MD_{N+2} から特定される複数の特徴量を補正する。複数の測定データ点 MD_{N+2} の移動の例には、平行移動、
5 回転、縮小が挙げられる。

[0059] 一実施形態では、処理システム 30 は、複数の測定データ点 MD_{N+2} を移動することで補正した複数の特徴量を、複数の補正された測定スペクトルに変換する。本実施形態では、各測定データ点 MD_{N+2} の特徴量は、主成分分析によって求められた第 k 主成分であるので、第 k 主成分を元のデータセットの形式に復元することが
10 できる。すなわち、処理システム 30 は、補正した各特徴量を、複数の波長での反射光の複数の強度に変換し、変換された複数の強度および対応する複数の波長から、補正された測定スペクトルを作成する。補正された測定スペクトルは、しきい範囲 TR_{N+2} 内に存在する測定データ点から作成されるので、処理システム 30 は、補正された測定スペクトルから正確な膜厚を決定することが
15 できる。

[0060] 本実施形態では、特徴量は、データセットの主成分分析で得られた第 k 主成分（ k は自然数）であるが、他の実施形態では、特徴量はデータセットの統計値（例えば、平均、標準偏差、分散など）であってもよい。特徴量がデータセットに含まれる複数の強度の平均である場合は、複数の波長での反射光の複数の強度のそれぞれから、測定データ点のしきい範囲 TR への移動量に相当する強度を減算することで、複数の強度を補正し、補正された複数の強度および対応する複数の波長から、補正された測定スペクトルを作成する。
20

[0061] 一実施形態では、処理システム 30 は、補正された測定スペクトルを作成せずに、補正した特徴量から、ワークピース W の膜厚を算定してもよい。例えば、
25 処理システム 30 は、補正した特徴量に最も近い参照特徴量を参照特徴量ライブラリの中から決定し、この決定された参照特徴量に関連付けられた膜厚を決定する。参照特徴量ライブラリは、複数の参照特徴量と、対応する複数の膜厚を含む。

[0062] 図 10 に示す例では、処理システム 30 は、しきい範囲 TR_{N+3} 内に存在する複数の測定データ点 MD_{N+3} の数の、複数の測定データ点 MD_{N+3} の総数に対す

る割合である補正指標値は、補正管理範囲の下限よりも小さいと判定する。補正指標値が補正管理範囲の下限よりも小さいということは、複数の測定データ点 MD_{N+3} の全部または大部分がしきい範囲 TR_{N+3} 外に存在することを意味している。したがって、補正指標値が補正管理範囲の下限よりも小さいときは、処理システム30は、複数の測定データ点 MD_{N+3} に対応する測定スペクトルの異常の示すアラーム信号を生成する。

[0063] 一実施形態では、処理システム30は、アラーム信号を動作制御部9に送信し、動作制御部9は、アラーム信号を受けると、研磨装置に指令を与えて、ワークピースWの研磨を終了させてもよい。動作制御部9は、研磨装置に指令を与えて、ワークピースWの再研磨を実行させてもよい。他の実施形態では、処理システム30は、研磨装置を管理するホストコンピュータにアラーム信号を送信してもよい。アラーム信号をホストコンピュータに送信することで、管理者に、研磨装置の検査または修理の実施を促すことができる。

[0064] 図11は、図1乃至図10を参照して説明した実施形態のフローチャートである。

ステップS101では、研磨テーブル3を回転させながら、参照ワークピースを研磨テーブル3上の研磨パッド2に押し付けて参照ワークピースを研磨する。参照ワークピースの研磨時間内の時間区間ごとに、光学センサヘッド25は、参照ワークピース上の複数の膜厚測定点に光を照射し、処理システム30は複数の膜厚測定点からの反射光の複数の参照スペクトルを生成する。

[0065] 参照ワークピースの複数の膜厚測定点は、参照ワークピースの表面の全体に分布している。参照ワークピースの表面にはデバイス領域とスクライブラインが混在する。スクライブラインからの反射光は、デバイス領域からの反射光とは大きく異なり、膜厚測定にとってはノイズとなりうる。そこで、一実施形態では、処理システム30は参照ワークピースの研磨中に生成された複数の参照スペクトルにフィルタ処理を実施して、ノイズとなりうる参照スペクトルを除去してもよい。

[0066] ステップS102では、処理システム30は、複数の参照スペクトルの複数の特徴量を算定する。各参照スペクトルについて、少なくとも1つの特徴量が

算定される。特徴量の例としては、主成分分析によって得られた第 k 主成分（ k は自然数）、平均などの統計値が挙げられる。

ステップ S 1 0 3 では、処理システム 3 0 は、複数の参照スペクトルを生成した複数の時間と、対応する複数の特徴量から特定される複数の参照データ点 F D
5 を座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行する（図 5 参照）。

[0067] ステップ S 1 0 4 では、処理システム 3 0 は、座標系上の複数の参照データ点 F D に基づいて、参照ワークピースの研磨時間内の時間区間ごとにしきい範囲 T R を定める（図 5 参照）。一実施形態では、時間区間は研磨テーブル 3 が一回転する時間である。複数の時間区間に対応する複数のしきい範囲 T R が定めら
10 れる。一実施形態では、各しきい範囲 T R は、対応する時間区間内の複数の参照データ点 F D に基づいて予め定められた基準点から所定のマハラノビス距離内の範囲である。

[0068] ステップ S 1 0 5 では、研磨テーブル 3 を回転させながら、ワークピース W を研磨テーブル 3 上の研磨パッド 2 に押し付けてワークピース W を研磨する。
15 ワークピース W の研磨中の時間区間ごとに、光学センサヘッド 2 5 は、ワークピース W 上の複数の膜厚測定点に光を照射し、処理システム 3 0 は複数の膜厚測定点からの反射光の複数の測定スペクトルを生成する。一実施形態では、処理システム 3 0 はワークピース W の研磨中に生成された複数の測定スペクトルにフィルタ処理を実施して、ノイズとなりうる測定スペクトルを除去してもよい。

20 [0069] ステップ S 1 0 6 では、処理システム 3 0 は、複数の測定スペクトルの複数の特徴量を算定する。測定スペクトルの特徴量は、上記ステップ S 1 0 2 で算定された参照スペクトルの特徴量と同じ方法で算定される。

ステップ S 1 0 7 では、処理システム 3 0 は、複数の測定スペクトルを生成した複数の時間と、複数の測定スペクトルの複数の特徴量から特定される複数の測定データ点 M D を座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行する
25 （図 6、図 7、図 8 参照）。

[0070] ステップ S 1 0 8 では、処理システム 3 0 は、時間区間ごとに座標系上に定められたしきい範囲 T R 内に存在する複数の測定データ点の数を表す補正指標値を決定し、補正指標値が補正管理範囲内にあるか否かを判定する。一例では、

補正指標値は、各しきい範囲TR内に存在する複数の測定データ点の数の、複数の測定データ点の総数に対する割合である。他の例では、補正指標値は、各しきい範囲TR内に存在する複数の測定データ点の数そのものである。

5 [0071] ステップS 1 0 9 では、補正指標値が補正管理範囲内にあるときは、処理システム30は、複数の測定データ点MDが対応するしきい範囲TR内に収まるまで、複数の測定データ点MDを座標系上で移動させることで、複数の測定データ点MDにそれぞれ対応する複数の特徴量を補正する（図9参照）。一実施形態では、処理システム30は、補正した複数の特徴量を複数の測定スペクトルに変換することで、複数の補正された測定スペクトルを生成する。処理システム30
10 は、複数の補正された測定スペクトルからワークピースWの複数の膜厚測定点での複数の膜厚を決定（推定）する。他の実施形態では、処理システム30は、補正された測定スペクトルを生成せずに、補正した複数の特徴量からワークピースWの複数の膜厚測定点での複数の膜厚を決定（推定）する。

[0072] ステップS 1 1 0 では、補正指標値が補正管理範囲の上限よりも大きいときは、処理システム30は、複数の測定データ点MDに対応する複数の特徴量を補正することなく、測定スペクトルからワークピースWの複数の膜厚測定点での
15 複数の膜厚を決定（推定）する。

ステップS 1 1 1 では、補正指標値が補正管理範囲の下限よりも小さいときは、処理システム30は、アラーム信号を生成する。処理システム30は、アラーム
20 信号を動作制御部9に送信してワークピースWの研磨を停止させてもよい。

[0073] 反射光のスペクトルの研磨時間に伴う推移は、ワークピースWの表面構造に依存して異なる傾向を示す。特に、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の最上層の膜のみならず、その下に存在する下層の影響も受けることがある。結果として、特徴量および時間から特定される測定データ点の
25 研磨時間に伴う推移は、ワークピースWの表面構造によって変わりうる。ワークピースWからの反射光のスペクトルを正しく検査するためには、ワークピースWの表面構造の違いに基づいて、適切なしきい範囲を選択する必要がある。

[0074] そこで、図12を参照して以下に説明する実施形態では、処理システム30は、異なる表面構造を有する複数の参照ワークピースの研磨中に得られた参照

データ点から定められた複数のしきい範囲の第1セットおよび第2セットを有する。特に説明しない本実施形態の詳細は、先に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。

[0075] 複数のしきい範囲の第1セットは、第1参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から作成され、複数のしきい範囲の第2セットは、第2参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から作成される。第1参照ワークピースおよび第2参照ワークピースは、ワークピースWと同じ研磨条件下で研磨される。複数のしきい範囲の第1セットおよび第2セットは、図5を参照して説明した実施形態と同じようにして作成される。

[0076] 第1参照ワークピースおよび第2参照ワークピースは、異なる表面構造を有している。その結果、図12に示すように、第1セットの複数のしきい範囲TR1の研磨時間に伴う推移傾向は、第2セットの複数のしきい範囲TR2の研磨時間に伴う推移傾向とは異なっている。図12に示す例では、第1セットの複数のしきい範囲TR1は研磨時間に伴って下降傾向を示し、第2セットの複数のしきい範囲TR2は研磨時間に伴って上昇傾向を示している。複数のしきい範囲TR1の第1セットおよび複数のしきい範囲TR2の第2セットは、処理システム30の記憶装置30a内に格納される。

[0077] 図13は、ワークピースWの研磨中に、座標系上にプロットされた測定データ点MDの時間的推移の一例を示すグラフである。処理システム30は、ワークピースWの研磨時間に伴う複数の測定データ点MDの推移の傾向に基づいて、図12に示す複数のしきい範囲TR1の第1セットまたは複数のしきい範囲TR2の第2セットいずれかを選択する。図13に示す例では、測定データ点MDは、研磨時間とともに上昇傾向を示している。したがって、処理システム30は、複数のしきい範囲TR2の第2セットを選択する。第2セットが選択された後は、処理システム30は、上述した実施形態と同様に、時間区間ごとに座標系上に定められたしきい範囲TR2内に存在する複数の測定データ点MDの数を表す補正指標値を決定し、この補正指標値が補正管理範囲内にあるか否かを判定する。

[0078] 一実施形態では、処理システム30は、異なる表面構造を有する3枚以上の参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から得られた3つ以上のセ

ットの複数のしきい範囲を有してもよい。処理システム30は、ワークピースWの研磨時間に伴う複数の測定データ点の推移の傾向に基づいて、3つ以上のセットから1つのセットを選択してもよい。

5 [0079] 図14は、図12および図13を参照して説明した実施形態のフローチャートである。

ステップS201では、研磨テーブル3を回転させながら、第1参照ワークピースを研磨テーブル3上の研磨パッド2に押し付けて第1参照ワークピースを研磨する。第1参照ワークピースの研磨中の時間区間ごとに、光学センサヘッド25は、第1参照ワークピース上の複数の膜厚測定点に光を照射し、処理システム10 30は複数の膜厚測定点からの反射光の複数の参照スペクトルを生成する。同様に、研磨テーブル3を回転させながら、第2参照ワークピースを研磨テーブル3上の研磨パッド2に押し付けて第2参照ワークピースを研磨する。第2参照ワークピースの研磨中の時間区間ごとに、光学センサヘッド25は、第2参照ワークピース上の複数の膜厚測定点に光を照射し、処理システム30は複数の膜厚測定15 点からの反射光の複数の参照スペクトルを生成する。

[0080] ステップS202では、処理システム30は、第1参照ワークピースの研磨から得られた複数の参照スペクトルの複数の特徴量、および第2参照ワークピースの研磨から得られた複数の参照スペクトルの複数の特徴量を算定する。

ステップS203では、処理システム30は、第1参照ワークピースの研磨から20 得られた複数の参照スペクトルを生成した複数の時間と、対応する複数の特徴量から特定される複数の参照データ点FDを座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行する（図12参照）。同様に、第2参照ワークピースの研磨から得られた複数の参照スペクトルを生成した複数の時間と、対応する複数の特徴量から特定される複数の参照データ点FDを座標系上にプロットすることで、25 データマッピングを実行する（図12参照）。

[0081] ステップS204では、処理システム30は、座標系上の複数の参照データ点FDに基づいて、第1参照ワークピースの研磨時間内の時間区間ごとに定められた複数のしきい範囲TR1の第1セットを定める（図12参照）。同様に、処理システム30は、座標系上の複数の参照データ点FDに基づいて、第2参照

ワークピースの研磨時間内の時間区間ごとに定められた複数のしきい範囲TR2の第2セットを定める（図12参照）。

[0082] ステップS205では、研磨テーブル3を回転させながら、ワークピースWを研磨テーブル3上の研磨パッド2に押し付けてワークピースWを研磨する。

- 5 ワークピースWの研磨中の時間区間ごとに、光学センサヘッド25は、ワークピースW上の複数の膜厚測定点に光を照射し、処理システム30は複数の膜厚測定点からの反射光の複数の測定スペクトルを生成する。

[0083] ステップS206では、処理システム30は、複数の測定スペクトルの複数の特徴量を算定する。

- 10 ステップS207では、処理システム30は、複数の測定スペクトルを生成した複数の時間と、複数の測定スペクトルの複数の特徴量から特定される複数の測定データ点MDを座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行する（図13参照）。

- 15 ステップS208では、処理システム30は、ワークピースWの研磨時間に伴う複数の測定データ点MDの推移に基づいて、複数のしきい範囲TR1の第1セットまたは複数のしきい範囲TR2の第2セットいずれかを選択する。

- [0084] ステップS209では、処理システム30は、選択された第1セットのしきい範囲TR1または第2セットのしきい範囲TR2内に存在する複数の測定データ点MDの数を表す補正指標値を決定し、補正指標値が予め定められた補正管理範囲内にあるか否かを判定する。
- 20

ステップS210では、補正指標値が補正管理範囲内にあるときは、処理システム30は、複数の測定データ点MDが対応するしきい範囲TR1またはTR2内に収まるまで、複数の測定データ点MDを座標系上で移動させることで、複数の測定データ点MDにそれぞれ対応する複数の特徴量を補正する（図9参照）。

- 25 一実施形態では、処理システム30は、補正した複数の特徴量を複数の測定スペクトルに変換することで、複数の補正された測定スペクトルを生成する。処理システム30は、複数の補正された測定スペクトルからワークピースWの複数の膜厚測定点での複数の膜厚を決定（推定）する。他の実施形態では、処理システム30は、補正された測定スペクトルを生成せずに、補正した複数の特徴量からワ

ークピースWの複数の膜厚測定点での複数の膜厚を決定（推定）する。

[0085] ステップS 2 1 1 では、補正指標値が補正管理範囲の上限よりも大きいときは、処理システム30は、複数の測定データ点MDに対応する複数の特徴量を補正することなく、測定スペクトルからワークピースWの複数の膜厚測定点での
5 複数の膜厚を決定（推定）する。

ステップS 2 1 2 では、補正指標値が補正管理範囲の下限よりも小さいときは、処理システム30は、アラーム信号を生成する。処理システム30は、アラーム信号を動作制御部9に送信してワークピースWの研磨を停止させてもよい。

[0086] 図12乃至図14を参照して説明した実施形態では、予め用意しておいた
10 複数のしきい範囲の複数のセットが用いられる。一実施形態では、処理システム30は、ワークピースWの研磨中に得られた測定スペクトルから、複数のしきい値の新たなセットを作成してもよい。例えば、処理システム30は、ワークピースWの研磨の初期段階では、処理システム30は、図12に示す複数のしきい範囲TR1の第1セットのみを有しており、図12に示す複数のしきい範囲TR2
15 の第2セットを、ワークピースWの研磨中に得られた測定スペクトルから作成する。

[0087] ワークピースの研磨時間に伴う複数の測定データ点MDが、図13に示すように、上昇傾向を示す場合、複数の測定データ点MDは、図12の第1セットの複数のしきい範囲TR1外にある。したがって、処理システム30は、アラーム
20 信号を生成し、研磨装置に指令を与えてワークピースの研磨を停止させる。しかしながら、図13に示す上昇傾向は、本来研磨されるべきワークピースとは異なるタイプのワークピースに起因するものであり、研磨装置の故障に起因するものではない。

[0088] そこで、この実施形態では、処理システム30は、ワークピースWの研磨
25 中の連続する複数の時間区間において、補正指標値が補正管理範囲の下限よりも小さいときは、これら連続する複数の時間区間において取得された複数の測定データ点から、上記連続する複数の時間区間に対応する複数の新たなしきい範囲を座標系上に作成する。

[0089] 例えば、図15に示すように、ワークピースWの研磨中の連続する複数の

時間区間において得られた複数の測定データ点 MD_N , MD_{N+1} , MD_{N+2} , MD_{N+3} が、予め設定されたしきい範囲 $TR1_N$, $TR1_{N+1}$, $TR1_{N+2}$, $TR1_{N+3}$ から外れる場合は、処理システム30は、複数の測定データ点 MD_N , MD_{N+1} , MD_{N+2} , MD_{N+3} ・・・から、新たなしきい範囲 $TR2_N$, $TR2_{N+1}$, $TR2_{N+2}$, $TR2_{N+3}$ ・・・をそれぞれ作成する。一実施形態では、上記連続する複数の時間区間は、ワークピースWの研磨初期の時間である。次のワークピースが研磨されるときは、新たに作成されたしきい範囲 $TR2_N$, $TR2_{N+1}$, $TR2_{N+2}$, $TR2_{N+3}$ ・・・が使用される。処理システム30は、新たに作成されたしきい範囲を用いて測定スペクトルを正しく検査することができる。

10 [0090] 次に、しきい範囲を作成するさらに他の実施形態について、図16乃至図18を参照して説明する。この例では、同じ表面構造を持つ第1参照ワークピースおよび第2参照ワークピースを使用して、第1参照ワークピースおよび第2参照ワークピースの研磨中の時間区間ごとの第1しきい範囲および第2しきい範囲を作成する。

15 [0091] 図16に示すように、第1参照ワークピースを上記研磨装置により研磨し、第1参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点 FD (FD_N , FD_{N+1} , FD_{N+2} ・・・) から、第1参照ワークピースの研磨中の複数の時間区間に対応する複数の第1しきい範囲 $TR1$ ($TR1_N$, $TR1_{N+1}$, $TR1_{N+2}$ ・・・) を作成する。同様に、第2参照ワークピースを上記研磨装置により研磨し、第2参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点 FD (FD_N , FD_{N+1} , FD_{N+2} ・・・) から、第2参照ワークピースの研磨中の複数の時間区間に対応する複数の第2しきい範囲 $TR2$ ($TR2_N$, $TR2_{N+1}$, $TR2_{N+2}$ ・・・) を作成する。

25 [0092] 図17は、光学センサヘッド25と研磨ヘッド1との位置関係の一例を示す上面図である。図17に示すように、第1参照ワークピースW1の研磨中、光学センサヘッド25は、研磨テーブル3の回転に伴って第1参照ワークピースW1の表面を横切りながら、第1参照ワークピースW1の表面上の複数の膜厚測定点に光を照射する。同様に、第2参照ワークピースW2の研磨中、光学センサヘッド25は、研磨テーブル3の回転に伴って第2参照ワークピースW2の表面を

横切りながら、第2参照ワークピースW2の表面上の複数の膜厚測定点に光を照射する。

[0093] 第1参照ワークピースW1の研磨開始時点における光学センサヘッド25の第1参照ワークピースW1に対する相対位置は、第2参照ワークピースW2の
5 研磨開始時点における光学センサヘッド25の第2参照ワークピースW2に対する相対位置と異なることがある。すなわち、光学センサヘッド25が最初に第1参照ワークピースW1の表面を横切る時間は、光学センサヘッド25が最初に第2参照ワークピースW2の表面を横切る時間と異なることがある。このような理由から、図16に示すように、時間軸上の複数のしきい範囲TR1の位置は、時
10 間軸上の複数のしきい範囲TR2の位置とは異なることがある。

[0094] そこで、処理システム30は、図16に示す複数の第1しきい範囲TR1
($TR1_N$, $TR1_{N+1}$, $TR1_{N+2}$...)と、複数の第2しきい範囲TR2 ($TR2_N$, $TR2_{N+1}$, $TR2_{N+2}$...)を組み合わせることで、図18に示すよう
な、異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲($TR1_N$, $TR2_N$, $TR1_{N+1}$,
15 $TR2_{N+1}$, $TR1_{N+2}$, $TR2_{N+2}$...)を作成する。より具体的には、複数の第1しきい範囲TR1 ($TR1_N$, $TR1_{N+1}$, $TR1_{N+2}$...)と、複数の第2しきい範囲TR2 ($TR2_N$, $TR2_{N+1}$, $TR2_{N+2}$...)を時間軸に沿って並べることで、第1しきい範囲TR1と複数の第2しきい範囲TR2とを組み合わせる。

20 [0095] このようにして得られた複数のしきい範囲は、光学センサヘッド25の初期位置の違いを反映しているので、処理システム30は、図18に示すしきい範囲を用いて測定スペクトルを正しく検査することができる。

[0096] 本実施形態では、2つの参照ワークピースを用いて異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成するが、3つ以上の参照ワークピースを用いて異なる時間区間に対応する複数の複数のしきい範囲を作成してもよい。
25

[0097] 図19は、第1光学センサヘッド25Aおよび第2光学センサヘッド25Bを備えた研磨装置の一実施形態を示す上面図である。光学センサヘッド25A, 25Bのそれぞれは、図2に示す光源22および分光器27に光学的に連結されている。光学センサヘッド25A, 25Bは、研磨テーブル3の周方向において

異なる位置に配置されている。光学センサヘッド25A, 25Bは、研磨テーブル3の中心から同じ距離にある。研磨装置の他の構成は、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。

[0098] 図19に示すように、ワークピースWの研磨中、光学センサヘッド25A, 25Bは研磨テーブル3とともに回転しながら、光学センサヘッド25A, 25Bは交互に（すなわち異なるタイミングで）ワークピースWの表面を横切って移動する。

[0099] しきい範囲は、参照ワークピースW_rの研磨中に得られた参照データ点に基づいて作成される。参照ワークピースW_rの研磨中、光学センサヘッド25A, 25Bは研磨テーブル3とともに回転しながら、光学センサヘッド25A, 25Bは交互に（すなわち異なるタイミングで）参照ワークピースW_rの表面を横切って移動する。

[0100] 図20は、参照ワークピースW_rの研磨中に第1光学センサヘッド25Aからの光照射によって得られた複数の参照データ点FD（FD_N, FD_{N+1}, FD_{N+2}・・・）から作成された複数の第1しきい範囲TR1（TR1_N, TR1_{N+1}, TR1_{N+2}・・・）と、参照ワークピースW_rの研磨中に第2光学センサヘッド25Bからの光照射によって得られた複数の参照データ点FD（FD_N, FD_{N+1}, FD_{N+2}・・・）から作成された複数の第2しきい範囲TR2（TR2_N, TR2_{N+1}, TR2_{N+2}・・・）の例を示す図である。

[0101] 図20に示すように、光学センサヘッド25A, 25Bの位置の違いから、複数のしきい範囲TR1の時間軸上の位置は、複数のしきい範囲TR2の時間軸上の位置とは異なる。加えて、光学センサヘッド25A, 25Bの個体差から、複数のしきい範囲TR1の特徴量軸上の位置は、複数のしきい範囲TR2の特徴量軸上の位置とは異なる。

[0102] そこで、処理システム30は、図20に示す複数の第1しきい範囲TR1（TR1_N, TR1_{N+1}, TR1_{N+2}・・・）と、複数の第2しきい範囲TR2（TR2_N, TR2_{N+1}, TR2_{N+2}・・・）を組み合わせることで、異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲（TR1_N, TR2_N, TR1_{N+1}, TR2_{N+1}, TR1_{N+2}, TR2_{N+2}・・・）を作成する。より具体的には、図21に示すように、処理

システム 30 は、複数の第 1 しきい範囲 TR 1 と、複数の第 2 しきい範囲 TR 2 を時間軸に沿って並べ、さらに図 22 に示すように、処理システム 30 は、複数の第 1 しきい範囲 TR 1 および複数の第 2 しきい範囲 TR 2 のうちの少なくとも一方を特徴量軸に沿って移動させることで、複数の第 1 しきい範囲 TR 1 および
5 複数の第 2 しきい範囲 TR 2 を整列させる。

[0103] このようにして得られた複数のしきい範囲は、光学センサヘッド 25 A, 25 B の配置の違いおよび個体差を反映しているので、処理システム 30 は、図 22 に示すしきい範囲を用いて測定スペクトルを正しく検査することができる。

[0104] 本実施形態では、2 つの光学センサヘッド 25 A, 25 B を用いて異なる
10 時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成するが、3 つ以上の光学センサヘッドを用いて異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成してもよい。

[0105] 処理システム 30 は、記憶装置 30 a に電氣的に格納されたプログラムに含まれる命令に従って動作する。図 1 乃至図 22 を参照して説明した実施形態に従ったステップを処理システム 30 に実行させるためのプログラムは、非一時的
15 な有形物であるコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録され、記録媒体を介して処理システム 30 に提供される。または、プログラムは、インターネットまたはローカルエリアネットワークなどの通信ネットワークを介して処理システム 30 に入力されてもよい。

[0106] 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. ワークピースからの反射光のスペクトルを検査する方法であって、
 研磨テーブルを回転させながら、ワークピースを前記研磨テーブル上の研磨パ
5 ッドに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の時間区間ごとに、前記ワークピース上の複数の膜
厚測定点に光学センサヘッドから光を照射し、
 前記複数の膜厚測定点からの反射光の複数の測定スペクトルを生成し、
 前記複数の測定スペクトルの複数の特徴量を算定し、
10 前記複数の測定スペクトルを生成した複数の時間と、前記複数の測定スペクト
ルの前記複数の特徴量から特定される複数の測定データ点を座標系上にプロット
することで、データマッピングを実行し、
 時間区間ごとに前記座標系上に定められたしきい範囲内に存在する前記複数の
測定データ点の数を表す補正指標値を決定し、
15 前記補正指標値が補正管理範囲内にあるか否かを判定する、方法。
2. 前記補正指標値が前記補正管理範囲内にあるときは、前記複数の測定デー
タ点が前記しきい範囲内に収まるまで、前記複数の測定データ点を前記座標系上
で移動させることで、前記複数の特徴量を補正する、請求項 1 に記載の方法。
20
3. 前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、アラーム
信号を生成する、請求項 1 に記載の方法。
4. 前記研磨テーブルを回転させながら、参照ワークピースを前記研磨パッド
25 に押し付けて前記参照ワークピースを研磨し、
 前記参照ワークピースの研磨中の時間区間ごとに、前記参照ワークピース上の
複数の膜厚測定点に前記光学センサヘッドから光を照射し、
 前記複数の膜厚測定点からの反射光の複数の参照スペクトルを生成し、
 前記複数の参照スペクトルの複数の特徴量を算定し、

前記複数の参照スペクトルを生成した複数の時間と、前記複数の参照スペクトルの前記複数の特徴量から特定される複数の参照データ点を前記座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行し、

前記座標系上の前記複数の参照データ点に基づいて、前記参照ワークピースの
5 研磨中の時間区間ごとの前記しきい範囲を作成することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

5. 前記しきい範囲は、前記複数の参照データ点の基準点から所定のマハラノビス距離内の範囲である、請求項 4 に記載の方法。

10 6. 前記補正指標値が前記補正管理範囲の上限よりも大きいときは、前記複数の測定データ点を前記複数の参照データ点に加えることで前記複数の参照データ点を更新し、前記更新された複数の参照データ点に基づいて前記しきい範囲を更新する、請求項 4 に記載の方法。

15 7. 前記方法は、前記ワークピースの研磨時間に伴う前記複数の測定データ点の推移から、複数のしきい範囲の第 1 セットまたは複数のしきい範囲の第 2 セットいずれかを選択することをさらに含む、

前記しきい範囲は、前記第 1 セットおよび前記第 2 セットのうちの選択された
20 一方の複数のしきい範囲のうちの 1 つであり、

前記複数のしきい範囲の第 1 セットは、第 1 参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点から予め定められ、

前記複数のしきい範囲の第 2 セットは、前記第 1 参照ワークピースとは異なる表面構造を有する第 2 参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点
25 から予め定められる、請求項 4 に記載の方法。

8. 前記参照ワークピースは、第 1 参照ワークピースおよび第 2 参照ワークピースであり、

前記方法は、前記第 1 参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ

点から作成された第 1 しきい範囲と、前記第 2 参照ワークピースの研磨中に得られた複数の参照データ点から作成された第 2 しきい範囲とを組み合わせることで、異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成することをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

5

9. 前記光学センサヘッドは、前記研磨テーブル内の異なる位置に配置された第 1 光学センサヘッドおよび第 2 光学センサヘッドであり、

前記方法は、前記参照ワークピースの研磨中に前記第 1 光学センサヘッドからの光照射によって得られた複数の参照データ点から作成された第 1 しきい範囲と、
10 前記参照ワークピースの研磨中に前記第 2 光学センサヘッドからの光照射によって得られた複数の参照データ点から作成された第 2 しきい範囲とを組み合わせることで、異なる時間区間に対応する複数のしきい範囲を作成することをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

15 10. 前記複数の特徴量のそれぞれは、各測定スペクトルの複数の波長での前記反射光の複数の強度を含むデータセットに対して主成分分析を実行することで得られた第 k 主成分（k は自然数）を少なくとも含む、請求項 1 に記載の方法。

11. 前記ワークピースの研磨中の連続する複数の時間区間において、前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、前記連続する複数の時間区間において取得された複数の測定データ点から、前記連続する複数の時間区間に対応する複数の新たなしきい範囲を作成する、請求項 1 に記載の方法。

12. ワークピースの研磨装置であって、
25 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、
前記ワークピースを前記研磨テーブル上の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、

前記ワークピースの研磨中の時間区間ごとに、前記ワークピース上の複数の膜

厚測定点に光を照射する光学センサヘッドと、

前記複数の膜厚測定点からの反射光の複数の測定スペクトルを生成する処理システムを備え、

前記処理システムは、

5 前記複数の測定スペクトルの複数の特徴量を算定し、

前記複数の測定スペクトルを生成した複数の時間と、前記複数の測定スペクトルの前記複数の特徴量から特定される複数の測定データ点を座標系上にプロットすることで、データマッピングを実行し、

10 時間区間ごとに前記座標系上に定められたしきい範囲内に存在する前記複数の測定データ点の数を表す補正指標値を決定し、

前記補正指標値が補正管理範囲内にあるか否かを判定するように構成されている、研磨装置。

13. 前記処理システムは、前記補正指標値が前記補正管理範囲内にあるときは、前記複数の測定データ点が前記しきい範囲内に収まるまで、前記複数の測定データ点を前記座標系上で移動させることで、前記複数の特徴量を補正するように構成されている、請求項12に記載の研磨装置。

20 14. 前記処理システムは、前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、アラーム信号を生成するように構成されている、請求項12に記載の研磨装置。

25 15. 前記処理システムは、前記ワークピースの研磨時間に伴う前記複数の測定データ点の推移から、複数のしきい範囲の第1セットまたは複数のしきい範囲の第2セットいずれかを選択するように構成されており、

前記しきい範囲は、前記第1セットおよび前記第2セットのうちの選択された一方の複数のしきい範囲のうちの1つであり、

前記複数のしきい範囲の第1セットは、第1参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から予め定められ、

前記複数のしきい範囲の第2セットは、前記第1参照ワークピースとは異なる表面構造を有する第2参照ワークピースの研磨中に得られた参照データ点から予め定められる、請求項12に記載の研磨装置。

5 16. 前記処理システムは、

各測定スペクトルの複数の波長での前記反射光の複数の強度を含むデータセットに対して主成分分析を実行し、

前記主成分分析から得られた第k主成分（kは自然数）を少なくとも含む特徴量を決定するように構成されている、請求項12に記載の研磨装置。

10

17. 前記処理システムは、前記ワークピースの研磨中の連続する複数の時間区間において、前記補正指標値が前記補正管理範囲の下限よりも小さいときは、前記連続する複数の時間区間において取得された複数の測定データ点から、前記連続する複数の時間区間に対応する複数の新たなしきい範囲に作成するように構成されている、請求項12に記載の研磨装置。

15

18 前記処理システムは、参照ワークピースの研磨から得られた複数の参照データ点の基準点から所定のマハラノビス距離内の範囲である前記しきい範囲を決定するように構成されている、請求項12に記載の研磨装置。

20

19. 前記処理システムは、前記補正指標値が前記補正管理範囲の上限よりも大きいときは、前記複数の測定データ点を前記複数の参照データ点に加えることで前記複数の参照データ点を更新し、前記更新された複数の参照データ点に基づいて前記しきい範囲を更新するように構成されている、請求項18に記載の研磨装置。

25