

明 細 書

発明の名称：

研磨パッドの表面性状測定装置を備えた研磨装置および研磨システム

技術分野

[0001] 本発明は、半導体ウエハ等の基板の研磨に用いられる研磨パッドの表面性状を測定する表面性状測定装置を備えた研磨装置、およびこのような研磨装置を含む研磨システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体デバイスの高集積化・高密度化に伴い、回路の配線がますます微細化し、多層配線の層数も増加している。回路の微細化を図りながら多層配線を実現しようとする、下側の層の表面凹凸を踏襲しながら段差がより大きくなるので、配線層数が増加するに従って、薄膜形成における段差形状に対する膜被覆性（ステップカバレッジ）が悪くなる。したがって、多層配線するためには、このステップカバレッジを改善し、然るべき過程で平坦化処理しなければならない。また光リソグラフィの微細化とともに焦点深度が浅くなるため、半導体デバイスの表面の凹凸段差が焦点深度以下に収まるように半導体デバイス表面を平坦化処理する必要がある。

[0003] 従って、半導体デバイスの製造工程においては、半導体デバイス表面の平坦化技術がますます重要になっている。この平坦化技術のうち、最も重要な技術は、化学的機械研磨（CMP（Chemical Mechanical Polishing））である。この化学的機械研磨は、研磨装置を用いて、研磨液を研磨パッドに供給しつつ半導体ウエハなどの基板を研磨パッドに摺接させて研磨を行うものである。研磨液は、例えば、シリカ（ SiO_2 ）やセリア（ CeO_2 ）等の砥粒を含んだスラリーである。

[0004] 上述したCMP（化学的機械研磨）を行う研磨装置は、研磨パッドを有する研磨テーブルと、半導体ウエハ（基板）を保持するためのキャリア又はトップリング等と称される基板保持装置とを備えている。このような研磨装置

を用いて基板保持装置により基板を保持しつつ、この基板を研磨パッドに対して所定の圧力で押圧して、基板上の絶縁膜や金属膜等を研磨することが行われている。

[0005] 基板の研磨を行なうと、研磨パッドの表面には砥粒や研磨屑が付着し、また、研磨パッドの表面形状や状態が変化して研磨性能が劣化してくる。このため、基板の研磨を繰り返すに従い、研磨速度が低下し、また、研磨むらが生じてしまう。そこで、劣化した研磨パッドの表面形状や状態を再生するために、ドレッサーを用いて研磨パッドのドレッシング（コンディショニング）を行っている。

[0006] 研磨パッドの表面形状や状態、すなわち、研磨パッドの表面性状は、CMP性能を決定付ける要因の一つである。したがって、研磨パッドの表面性状を直接的に測定して、この測定値をドレッシング条件に反映させることが望ましい。そこで、従来の研磨装置では、研磨パッドの表面性状を直接的に測定するための装置を用いて、ドレッシング条件を決定している。本明細書では、研磨パッドの表面性状を測定する装置を、「表面性状測定装置」と称する。

[0007] 特許文献1は、レーザ光を研磨パッドの表面に照射し、研磨パッドからの反射光を受光して、反射角度毎の反射強度を得る表面性状測定装置を記載している。特許文献1に記載される研磨装置は、表面性状測定装置から得られた反射強度分布に基づいて、研磨パッドの表面性状を入手し、得られた研磨パッドの表面性状に基づいて、ドレッシング条件を決定する。この研磨装置によれば、表面性状測定装置を用いて得られた研磨パッドの表面性状に応じてドレッシング条件を変更するので、研磨パッドの表面性状をCMP性能の確保に必要な状態に維持することができる。さらに、研磨パッドの表面性状を直接的に測定することができるので、異常状態でのCMP加工を防止することができる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：国際公開第2016/111335号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、従来の研磨装置では、表面性状測定装置は、研磨装置に常設されていなかった。すなわち、表面性状測定装置は、研磨パッドの表面性状の測定を意図するたびに、研磨装置に取り付けられ、研磨パッドの表面性状の測定後に取り外されていた。

[0010] 図30は、従来の研磨装置に取り付けられた表面性状測定装置の一例を示す模式図である。図30に示すように、研磨装置は、表面性状測定装置230を着脱可能に構成された保持プレート215を有しており、この保持プレート215は、研磨装置のフレーム（図示せず）から吊り下げられている。研磨パッド202の表面性状を測定するときは、研磨装置の運転を停止した後で、作業者が保持プレート215の下端部に表面性状測定装置230を取り付ける。研磨パッド202の表面性状の測定が終了すると、作業者は、表面性状測定装置230を保持プレート215から取り外し、その後、研磨装置の運転が開始される。

[0011] このように、従来の研磨装置では、研磨パッド202の表面性状の測定は、研磨装置の運転とは切り離された独立した作業として行われている。したがって、従来の研磨装置で研磨パッド202の表面性状を測定するためには、研磨装置の運転を一旦停止させる必要があるので、研磨装置のスループットが低下してしまう。さらに、表面性状測定装置230の着脱作業は、作業者にとって非常に煩わしく、時間のかかる作業であるため、自動で研磨パッド202の表面性状を測定可能な研磨装置が望まれている。

[0012] そこで、本発明は、自動で研磨パッドの表面性状を測定して、研磨装置のスループットを向上させることが可能な研磨装置を提供することを目的とする。さらに、本発明は、このような研磨装置を含む研磨システムを提供することを特徴とする。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明の一態様は、研磨パッドの表面性状を測定する表面性状測定装置と、前記表面性状測定装置を支持する支持アームと、前記支持アームに連結され、前記表面性状測定装置を待避位置から測定位置に自動で移動させる移動ユニットと、を備えたことを特徴とする研磨装置である。

[0014] 本発明の好ましい態様は、前記移動ユニットは、前記研磨装置に固定される固定ブロックと、前記支持アームに連結される回動ブロックと、前記回動ブロックを前記固定ブロックに対して回動自在に連結する回転軸と、前記回動ブロックを回動させる回動機構と、を備えたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記回動機構は、前記回動ブロックに連結されるピストンと、前記ピストンを進退自在に収容するシリンダから構成されるピストンシリンダ機構であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記回転軸は、前記回動ブロックに固定されており、前記回動機構は、前記回転軸に連結されたモータであることを特徴とする。

[0015] 本発明の好ましい態様は、前記測定位置に移動させた前記表面性状測定装置の下面が前記研磨パッドの表面に対して平行になるように、前記表面性状測定装置の姿勢を自動で調整する位置調整機構をさらに備え、前記位置調整機構は、前記支持アームの下方に配置される支持台と、前記表面性状測定装置の上面に固定され、前記支持台に形成された貫通孔を通して延びる少なくとも1つの調整ピンと、を有しており、前記調整ピンは、前記貫通孔の直径よりも小さな直径を有し、前記支持台に形成された貫通孔を通して延びるピン本体と、前記貫通孔よりも上方に位置し、前記貫通孔の直径よりも大きなサイズを有するピンヘッドと、を有することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記表面性状測定装置は、前記研磨パッドの研磨面に対して斜めに加圧気体を噴射するノズルを備えていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記表面性状測定装置は、研磨パッドの表面性状を測定するための測定構造を収容するケーシングを有しており、前記ケー

シングの下部には、切り欠きが形成されており、前記ノズルは、前記切り欠きの開口に向けて前記加圧気体が流れるように、前記加圧気体を噴射することを特徴とする。

[0016] 本発明の好ましい態様は、前記支持アームに沿って、前記研磨パッドに対する前記表面性状測定装置の位置を変位させる変位機構を、さらに備え、前記変位機構は、前記支持アームに沿って延びる長穴と、前記長穴に挿入される支持軸と、を有し、前記支持軸は、前記表面性状測定装置に連結される軸本体と、前記長穴の内部に形成された段差部に接触して、前記軸本体に連結された表面性状測定装置を支持する軸ヘッドと、を有することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記変位機構は、前記表面性状測定装置に連結されるピストンと、前記ピストンを進退自在に収容するシリンダとをさらに備え、前記変位機構のシリンダは、前記支持アームに固定されることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記回転ブロックは、前記支持アームに連結される第1プレートと、前記固定ブロックに連結される第2プレートとにより構成され、前記第2プレートは、回転ピンによって前記第1プレートに対して回転自在に連結されていることを特徴とする。

[0017] 本発明の好ましい態様は、前記研磨パッドの表面をドレッシングするドレッサーをさらに備え、前記表面性状測定装置は、前記ドレッサーに取り付けられており、前記支持アームは、前記ドレッサーに連結されるドレッサーシャフトを回転自在に支持するドレッサーアームであり、前記移動機構は、前記ドレッサーシャフトを前記ドレッサーアームに対して上下動させる昇降アクチュエータと、前記ドレッサーアームに連結された支軸を揺動させる回転アクチュエータとを含むことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記表面性状測定装置は、前記研磨パッドをドレッシングしている間に、前記研磨パッドの表面性状を測定することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記ドレッサーに設けられたドレッシング部材は、その上面から下面まで延びる貫通孔を有するリング形状を有しており、前記表面性状測定装置は、前記ドレッシング部材の前記貫通孔を介して、前記研磨パッドの表面性状を測定することを特徴とする。

[0018] 本発明の好ましい態様は、前記表面性状測定装置は、前記ドレッサーに複数取り付けられていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記複数の表面性状測定装置のいくつかは、前記研磨パッドにレーザ光を照射し、該研磨パッドの表面で反射した反射光を受光することでパッド表面性状を測定する表面性状測定装置であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記複数の表面性状測定装置のいくつかは、撮像装置が取得した前記研磨パッドの表面の画像情報からパッド表面性状を測定する表面性状測定装置であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記ドレッサーに設けられたドレッシング部材は、その上面から下面まで延びる貫通孔を有するリング形状を有しており、前記複数の表面性状測定装置の1つは、前記ドレッシング部材の前記貫通孔を介して、前記研磨パッドの表面性状を測定することを特徴とする。

[0019] 本発明の一態様は、上記研磨装置と、前記研磨装置の表面性状測定装置を用いて得られた研磨パッドの表面性状のデータが入力される処理システムと、を備え、前記処理システムは、前記研磨装置から出力された前記研磨パッドの表面性状のデータが入力される入力部と、前記入力部に入力された研磨パッドの表面性状のデータに基づいて、前記研磨装置のドレッシング条件を決定する処理部と、前記処理部によって決定されたドレッシング条件を前記研磨装置に出力する出力部と、を備え、前記研磨装置は、前記出力部から出力されたドレッシング条件に基づいて、前記研磨パッドをドレッシングするように構成されていることを特徴とする研磨システムである。

[0020] 本発明の好ましい態様は、前記処理システムは、前記ドレッシング条件を決定するための教師データを予め記憶している記憶部をさらに備えており、

前記処理システムの処理部は、前記教師データに基づいて、前記研磨装置のドレッシング条件を決定することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記研磨装置は、前記研磨パッドのドレッシング後に取得された前記研磨パッドの表面性状のデータを前記処理システムの入力部に送信し、前記処理システムの処理部は、前記ドレッシング後の研磨パッドの表面性状のデータに基づいて、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサーの交換を決定することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記研磨装置は、前記研磨パッドのドレッシング中に取得された前記研磨パッドの表面性状のデータを前記処理システムの入力部に送信し、前記処理システムの処理部は、前記ドレッシング中の研磨パッドの表面性状のデータに基づいて、前記研磨パッドのドレッシング中に前記ドレッシング条件を変更することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記処理システムは、ネットワークを介して前記研磨装置と接続されていることを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、表面性状測定装置を移動ユニットによって自動で測定位置に移動させて、研磨パッドの表面性状を測定することができる。したがって、研磨装置のスループットを向上させることができる。さらに、作業者が表面性状測定装置の着脱作業を実行する必要がないので、作業者の負担を軽減させることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1は、一実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。

[図2]図2は、別の実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。

[図3]図3は、図1および図2に示す表面性状測定装置の内部構造（測定構造）の一例を示す模式図である。

[図4]図4は、図1および図2に示す表面性状測定装置の内部構造（測定構造）の別の例を示す模式図である。

[図5]図5は、図1および図2に示す表面性状測定装置の内部構造（測定構造

) のさらに別の例を示す模式図である。

[図6]図6は、研磨装置の内部に配置された表面性状測定装置の一例を模式的に示す斜視図である。

[図7A]図7Aは、図6に示される表面性状測定装置の正面図である。

[図7B]図7Bは、図7Aに示される表面性状測定装置の下面図である。

[図8]図8は、図7AのA-A線断面図である。

[図9]図9は、図6に示される表面性状測定装置の周辺を拡大して示す模式図である。

[図10]図10は、図9に示す回動機構により測定位置に移動された表面性状測定装置を示す図である。

[図11]図11は、図9に示す回動機構により待避位置に移動された表面性状測定装置を示す図である。

[図12]図12は、回動機構の別の例を示す模式図である。

[図13]図13は、表面性状測定装置をメンテナンス位置に移動させた状態を示す模式図である。

[図14A]図14Aは、一実施形態に係る姿勢調整機構の概略正面図である。

[図14B]図14Bは、図14AのB-B線矢視図である。

[図15A]図15Aは、図14AのC-C線断面図である。

[図15B]図15Bは、表面性状測定装置が待避位置に移動されたときの、図15Aに対応する姿勢調整機構の一部の断面図である。

[図16]図16は、図9に示す変位機構を模式的に示す斜視図である。

[図17]図17は、図16のD-D線断面図である。

[図18]図18は、変位機構の別の実施形態を示す模式図である。

[図19]図19は、図5に示す撮像装置の内部構造（測定構造）の一例を示す模式図である。

[図20]図20は、表面性状測定装置の別の実施形態を示す模式図である。

[図21]図21は、さらに別の実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。

[図22]図22は、図21に示すドレッサーを拡大して示す模式図である。

[図23]図23は、図21に示すドレッサーが研磨パッド上を揺動する様子を模式的に示す平面図である。

[図24A]図24Aは、図21に示す研磨装置のドレッサーの変形例を示す模式図である。

[図24B]図24Bは、図24Aに示すドレッサーの上面図である。

[図25]図25は、図24Aおよび図24Bに示すドレッサーの変形例を示す模式図である。

[図26]図26は、表面性状測定装置を備えた研磨装置を含む研磨システムの一実施形態を示す模式図である。

[図27A]図27Aは、表面性状測定装置の複数の測定ポイントの一例を示す模式図である。

[図27B]図27Bは、図27Aに示す各測定ポイントで測定された研磨パッドの複数の画像情報を処理するときの研磨システムの動作の概要を示すイメージ図である。

[図28]図28は、研磨システムがニューラルネットワーク形態を用いて、人工知能として構築された別の例を示す模式図である。

[図29]図29は、研磨装置の制御部が人工知能機能を有している例を示す模式図である。

[図30]図30は、従来の研磨装置に取り付けられた表面性状測定装置の一例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図1は、一実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。図1に示される研磨装置（CMP装置）は、研磨テーブル1と、研磨対象物である半導体ウエハ等の基板Wを保持して研磨テーブル上の研磨パッドに押圧するキャリア10とを備えている。研磨テーブル1は、テーブル軸1aを介してその下方に配置される研磨テーブル回転モータ（図示せず）に連結されており、テーブル軸1aの回りに回転可能になっている。研磨テーブル1の上面には研磨

パッド2が貼付されており、研磨パッド2の表面が基板Wを研磨する研磨面2aを構成している。研磨テーブル1の上方には研磨液供給ノズル（図示せず）が設置されており、研磨液供給ノズルによって研磨テーブル1上の研磨パッド2に研磨液（スラリー）が供給されるようになっている。

[0024] キャリア10は、シャフト11に接続されており、シャフト11は、キャリアアーム12に対して上下動するようになっている。シャフト11の上下動により、キャリアアーム12に対してキャリア10の全体を上下動させ位置決めするようになっている。シャフト11は、モータ（図示せず）の駆動により回転するようになっており、キャリア10がシャフト11の軸心の回りに回転するようになっている。

[0025] 図1に示すように、キャリア10は、その下面に半導体ウエハなどの基板Wを保持できるようになっている。キャリアアーム12は旋回可能に構成されており、下面に基板Wを保持したキャリア10は、キャリアアーム12の旋回により基板の受取位置から研磨テーブル1の上方に移動可能になっている。キャリア10は、下面に基板Wを保持して基板Wを研磨パッド2の表面（研磨面）に押圧する。このとき、研磨テーブル1およびキャリア10をそれぞれ回転させ、研磨テーブル1の上方に設けられた研磨液供給ノズルから研磨パッド2上に研磨液（スラリー）を供給する。研磨液には砥粒としてシリカ（ SiO_2 ）やセリア（ CeO_2 ）などを含んだ研磨液が用いられる。このように、研磨液を研磨パッド2上に供給しつつ、基板Wを研磨パッド2に押圧して基板Wと研磨パッド2とを相対移動させて基板上の絶縁膜や金属膜等を研磨する。絶縁膜としては SiO_2 が挙げられる。金属膜としてはCu膜、W膜、Ta膜、Ti膜が挙げられる。

[0026] 図1に示すように、研磨装置は、研磨パッド2をドレッシングするドレッシング装置20を備えている。ドレッシング装置20は、ドレッサーアーム21と、ドレッサーアーム21に回転自在に取り付けられたドレッサー22とを備えている。ドレッサー22の下部はドレッシング部材22aにより構成され、ドレッシング部材22aは円形のドレッシング面を有しており、ド

レッシング面には硬質な粒子が電着等により固定されている。この硬質な粒子としては、ダイヤモンド粒子やセラミック粒子などが挙げられる。ドレッサーアーム 21 内には、図示しないモータが内蔵されており、このモータによってドレッサー 22 が回転するようになっている。ドレッサーアーム 21 は図示しない昇降機構に連結されており、この昇降機構によりドレッサーアーム 21 が下降することでドレッシング部材 22a が研磨パッド 2 の研磨面 2a を押圧するようになっている。

[0027] ドレッシング装置 20 は、制御部 23 に接続されており、制御部 23 によりドレッシング条件が制御されるようになっている。本実施形態では、この制御部 23 は、ドレッシング装置 20 を含む研磨装置全体の動作を制御するように構成されている。

[0028] 図 1 に示すように、研磨装置は、研磨パッド 2 の表面形状や表面状態などの表面性状を測定する研磨パッドの表面性状測定装置 30 を備えている。本実施形態では、表面性状測定装置 30 は、研磨パッド 2 にレーザ光を照射し、研磨パッド 2 の表面で反射した反射光を受光することでパッド表面性状を測定するように構成されている。研磨パッドの表面性状測定装置 30 は、演算部 40 に接続されている。

[0029] 図 1 に示すように構成された研磨装置においては、研磨パッドの表面性状測定装置 30 で得られたパッド表面からの反射光分布を、演算部 40 でパッド表面性状値に演算し、その結果を制御部 23 に受け渡す。制御部 23 では、受け取ったパッド表面性状値に基づいて、ドレッシング条件を決定する。ドレッシング装置 20 は、制御部 23 で決められたドレッシング条件の通りの動作をすることで、ドレッサー 22 によりパッド表面をドレッシングする。

[0030] 図 2 は、別の実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。図 2 に示す研磨装置は、図 1 に示す研磨装置と同様に、研磨パッド 2 を貼付した研磨テーブル 1 やキャリア 10 等からなる研磨部およびドレッシング装置 20 を備えている。また、図 2 に示す研磨装置は、図 1 に示す研磨装置と同様に、表面

性状測定装置 30 および演算部 40 を備えている。演算部 40 は表示装置 41 に接続されている。図 2 では、制御部 23 の図示を省略しているが、図 2 に示す研磨装置も、図 1 に示す研磨装置と同様に、制御部 23 を有している。

[0031] 図 2 に示される研磨装置では、表面性状測定装置 30 で得られたパッド表面からの反射光分布を、演算部 40 でパッド表面性状値に演算し、その結果を表示装置 41 に表示する。

[0032] 図 3 は、図 1 および図 2 に示す表面性状測定装置 30 の内部構造（測定構造）の一例を示す模式図である。図 3 に示すように、表面性状測定装置 30 は、レーザ光を出射する光源 31 と、光源 31 から出射されたレーザ光を研磨テーブル 1 上の研磨パッド 2 の表面に導く投光部 32 と、研磨パッド 2 の表面で反射した反射光を受光する受光部 33 とを備えている。したがって、光源 31 から出射されたレーザ光は、投光部 32 を介して研磨パッド 2 の表面に導かれ、研磨パッド 2 の表面で反射した反射光は受光部 33 により受光される。受光部 33 は演算部 40（図 1 および図 2 参照）に接続されている。

[0033] 図 4 は、図 1 および図 2 に示す表面性状測定装置 30 の内部構造（測定構造）の別の例を示す模式図である。図 4 に示すように、研磨パッドの表面性状測定装置 30 は、レーザ光を出射する光源 31 と、光源 31 から出射されたレーザ光を所定の方角に導く投光部 32 と、投光部 32 から投光されたレーザ光の光路に沿って順次配置された偏光子 35、ND フィルター（減光フィルター）36、ミラー 37 とを備えている。ミラー 37 は、研磨パッド 2 にレーザ光が入射する角度を調整するために投光部 32 から投光されたレーザ光を反射することにより光路を変更可能に構成されている。また、研磨パッド 2 の表面で反射した反射光の光路には、受光部 33 の手前にバンドパスフィルター 38 が配置されている。したがって、光源 31 から出射されたレーザ光は、偏光子 35 で S 偏光された後に、ND フィルター 36 で光量が調整されて、予めその角度が調整されたミラー 37 に入射する。そして、レー

ザ光は、ミラー 37 で反射して光路が変更され、研磨パッド 2 の表面に入射する。研磨パッド 2 の表面で反射した反射光は、バンドパスフィルター 38 で特定の波長帯のみの透過が許容され、特定の波長帯の反射光が受光部 33 で受光される。

[0034] 図 3 および図 4 に示す受光部 33 は、例えば、研磨パッド 2 から反射するレーザ光の少なくとも 4 次回折光または 7 次回折光までを受光可能な寸法を持った線状もしくは面状の電荷結合素子 (CCD)、もしくは相捕型金属酸化膜半導体 (CMOS) 素子のいずれかからなる。研磨パッド 2 の表面に照射されたレーザ光は、正反射するだけでなく、パッド表面性状に応じて、回折現象を経て、広い角度に反射する。即ち、正反射成分だけでなく、広角度に反射したレーザ光を受光し、これを解析することで、パッド表面性状の情報が得られる。これら広角度に反射したレーザ光を受光するために、線状もしくは面状の受光素子が必要となる。CMP 性能を左右するパッド表面性状は、望ましくは 7 次回折光、実用上は 4 次回折光までに含まれることが分かっている。そのため、この範囲の回折光が受光可能な大きさを持つ受光素子を表面性状測定装置 30 の受光部 33 として用いるのが好ましい。

[0035] 本実施形態では、表面性状測定装置 30 は、研磨パッド 2 にレーザ光を照射し、研磨パッド 2 の表面で反射した反射光を受光することでパッド表面性状を測定するように構成されているが、本発明はこの例に限定されない。例えば、表面性状測定装置 30 は、研磨パッド 2 の表面（すなわち、研磨面 2a）の画像を取得する任意の撮像装置を備え、該撮像装置が取得したパッド表面の画像情報からパッド表面性状を測定するように構成されてもよい。撮像装置の例としては、CCD イメージセンサを備えた撮像装置、CMOS イメージセンサを備えた撮像装置、および TDI (time delay and integration) イメージセンサを備えた撮像装置などが挙げられる。あるいは、撮像装置は、時間経過に伴った連続画像（すなわち、動画）を取得するビデオカメラ装置であってもよい。

[0036] 次に、図 1 乃至図 4 に示すように構成された研磨パッドの表面性状測定装

置を備えた研磨装置の作用を説明する。光源 31 からレーザ光を出射し、研磨パッド 2 の表面にレーザ光を照射する。研磨パッド 2 の表面で反射したレーザ光を受光することで、研磨パッド 2 の表面の情報を測定する。演算部 40 では、研磨パッドの表面性状測定装置 30 で得られた反射強度分布を、フーリエ変換することで、研磨パッド表面の空間波長スペクトルに変換する。また、演算部 40 は、空間波長スペクトルを演算することで、パッド表面性状値を得る。ここで、同演算は、所定の空間波長領域の反射強度の総和を、より広い空間波長領域の反射強度の総和で除算することで、パッド表面性状値を得る。

[0037] ここで、反射強度分布とは、線状もしくは面状の受光素子における、受光位置ごとの受光強度の分布である。受光素子である線状もしくは面状の CMOS 素子または CCD 素子は、多数の受光ピクセルを備えており、ピクセル別に受光強度を検知できる。受光位置は、照射されたレーザ光がパッド表面で反射する際の反射角に応じて変化し、受光強度は、パッド表面性状によって変化する。即ち、パッド表面性状に応じて、各反射角に対する反射強度を捉えることで、パッド表面の性状に応じた特徴的な反射強度分布を得ることになる。また空間波長スペクトルとは、反射強度分布をフーリエ変換することで得られるスペクトルで、パッド表面の空間波長ごとの受光強度の分布を示す。例えば、測定されたパッド表面が、主に波長 A と波長 B の組合せから成る形状であった場合、空間波長スペクトルは、波長 A と波長 B に主たるピークを持つ。

[0038] 空間波長スペクトルは、CMP 性能を左右するパッド表面性状が含まれる次数以下の回折光に対して、十分に広い波長領域が取得されるようにする。取得されるべき回折光の次数は、望ましくは 7 次回折光、実用上は 4 次回折光であることが分かっている。パッド表面性状を評価する場合、CMP 性能に関連する（＝「所定の」）空間波長領域の強度だけを抽出したい。しかしながら、得られた空間波長スペクトルには、一般に全波長領域に対してランダムノイズが含まれる。そこで、所定の空間波長領域の反射強度の積分値の

、より広い空間波長領域の反射強度の積分値に対する比率を求めることで、ノイズの影響を除外して、所定の空間波長領域の反射強度だけを評価する手法を採る。

[0039] 上述した通り、所定の空間波長領域の反射強度の積分値の、より広い空間波長領域の積分値に対する比率を求め、これを、パッド表面性状を特徴づける指標として「波長構成比率」と定義する。波長構成比率が大きいほど、所定の空間波長領域の反射強度が相対的に大きいことを示し、このことは即ち、測定されたパッド表面が、所定の空間波長成分をより多く含むことを示している。予め、所定の空間波長成分の大小が、CMP性能と強い関連性を持つことを調べてあるため、測定されたパッド表面の波長構成比率によって、CMP性能を推測することが可能となる。

[0040] 制御部23は、演算部40で求めたパッド表面性状値を得て、その値に基づいて、閉ループ制御で好適なドレッシング条件を算出する。例えば、パッド表面性状値が、予め設定した所定の範囲内で推移するように、ドレッシング条件を算出する。その際、制御部23は、予め、ドレッシング条件とパッド表面性状値との関連を示す関係式を得ておき、同式により、好適なドレッシング条件を求める。ここでドレッシング条件とは、主に、研磨パッド回転数、ドレッサー回転数、ドレッシング荷重、ドレッサー揺動速度、などである。決定されたドレッシング条件は、ドレッシング装置20に伝達され、所定のドレッシング条件を適用して、研磨パッド2のドレッシングを行う。

[0041] 例えば、ドレッシング条件として、ドレッシング荷重が制御対象になる場合には、予め、ドレッシング荷重とパッド表面性状の関係性を取得しておき、即ち、ドレッシング荷重を大きくしたらどのくらい表面性状値が大きくなるか又は小さくなるかを取得しておき、予め定めた理想的なパッド表面性状値と、測定されたパッド表面性状値とを比較して、そこにずれがあれば、上記関係性に基づいてドレッシング荷重を、理想的なパッド表面性状値に近づく方向に設定する。

[0042] また、演算部40で得たパッド表面性状値を異常検知に使用してもよい。

この場合、パッド表面性状値やその経時的な変化を測定し、これが予め定められた値の範囲から外れたら、パッド表面性状異常と判定し、１）異常を発報、２）ドレッサー交換が必要であることを発報、などする。

[0043] 一実施形態では、前記ドレッシング条件の決定は、測定されたパッド表面性状値と予め定めておく所望のパッド表面性状値との差異を所望パッド表面性状変化量として求め、ドレッシング荷重、ドレッサー回転数、研磨パッド回転数、ドレッサー揺動速度の少なくとも一項目の変化量とパッド表面性状の変化量との関係を予め求めて作成した回帰式に、前記所望パッド表面性状変化量を代入することで前記ドレッシング荷重、ドレッサー回転数、研磨パッド回転数、ドレッサー揺動速度の少なくとも一項目を求める。

[0044] 上記実施形態によれば、予め、ドレッシング条件（ドレッシング荷重、ドレッサー回転数、研磨パッド回転数、ドレッサー揺動速度など）とパッド表面性状値（波長構成比率）との関係を表す回帰式を求めておき、ここに測定されたパッド表面性状値の変化量を代入することで、所望のパッド表面性状値を得るために最適なドレッシング条件を一意的に得ることができる。

[0045] 回帰式は、例えば、 $dR = A \times dL + B$ と表すことができる。ここで、 dR はパッド表面性状値（波長構成比率）の変化量、 dL はドレッシング荷重の変化量、 A および B は定数、である。上記ドレッシング条件の決定方法によれば、パッドの表面性状をパッドの使用初期から使用末期まで一定に保つことができるという効果が得られる。パッドの表面性状は、パッドの使用初期から末期まで、パッドの減耗量やドレッサーの切れ味の鋭さによって変化し、その変化に応じて、CMP性能も変化する。パッドの表面性状を一定に保つことは、CMP性能を一定に保つことにつながる。

[0046] また、表示装置４１は、演算部４０で得られた研磨パッド２の表面性状値を、予め設定しておいたパッド表面性状値と比較した上で、ドレッサー２２の状態および研磨パッド２の状態の少なくとも一方を表示するように構成されている。表示装置４１は、上記のように比較をすることなく、演算部４０で得られた研磨パッド２の表面性状に基づき、ドレッサー２２の状態および

研磨パッド2の状態の少なくとも一方を表示するように構成してもよい。

[0047] 研磨装置は、演算部40（図1および図2参照）で得られた研磨パッドの表面性状値を、予め設定しておいたパッド表面性状値の範囲と比較した上で、範囲外であった場合に研磨パッドの表面性状が異常と判定する異常判定部を備えていてもよい。異常判定部で異常と判定されたら、表示装置41（図2参照）は異常を発報する。

パッド表面性状の異常の種類は、以下が代表的なものである。

- 1) パッド表面に異常な点（欠陥）が存在する。
- 2) 研磨パッドのドレッシングが不足している。
- 3) ドレッサーが寿命を迎えた。
- 4) パッドが寿命を迎えた。

1) の場合、複数点のパッド表面性状を測定した際、他の測定点に比べて大きな差異がある点があれば、その点をパッド異常と判断して、発報する。

2) の場合、パッド表面性状値が予め設定した所定の範囲の上限値を超えていれば、追加ドレッシングが必要であると判断し、発報する。

3), 4) の場合、経時的に（基板処理枚数毎に）パッド表面性状の推移を測定し、これが予め定めた範囲から外れたら寿命オーバーと判断して、発報する。

[0048] 表面性状測定装置30は、図4に示すように、光ファイバー34、偏光子35、NDフィルター36、ミラー37、バンドパスフィルター38などを有することで、より測定精度を向上させたり、設置自由度を高めることも可能である。また、偏光子35によって光源31から出射されたレーザ光をS偏光させた後に研磨パッド2に入射させることで、研磨パッド表面での反射率を高めることができる。さらに、NDフィルター36を用いてレーザ光の光量を減少させて所望の光量に調整した後に、レーザ光を研磨パッド2に入射させることができる。一方、研磨パッド2の表面で反射した反射光の光路にバンドパスフィルター38を設置することで、光源31のレーザ光の波長に対して $\pm 5\text{ nm}$ 以内の反射光だけを通過させるようにしている。本実施形

態では、光源 31 のレーザ光として、波長が 635 nm のレーザ光を用いている。このように、バンドパスフィルター 38 を設置することで、光源 31 のレーザ光の波長に対して ±5 nm 以内の反射光だけを通過させることにより、ノイズとなる周囲の環境光の影響を低減することができるという効果が得られる。

[0049] 表面性状測定装置 30 の内部構造（測定構造）は、図 3 および図 4 に示す実施形態に限定されない。例えば、表面性状測定装置 30 は、光源 31 から出射されたレーザ光を所望の方向に導く光ファイバーを有していてもよい。これにより、研磨パッドの表面性状測定装置 30 の光学系の設置自由度を高めることができる。さらに、表面性状測定装置 30 のミラー 37 は、その傾斜角度を変更可能に構成されてもよい。ミラー 37 の傾斜角度を変更することにより、研磨パッド 2 にレーザ光が入射する角度を調整することができる。さらに、光源 31 および／または受光部 33 を揺動可能に構成してもよい。表面性状測定装置 30 は、複数の光源 31 を有していてもよいし、複数の受光部 33 を有していてもよい。

[0050] 図 5 は、図 1 および図 2 に示す表面性状測定装置 30 の内部構造（測定構造）のさらに別の例を示す模式図である。図 5 に示す表面性状測定装置 30 は、光源 31 および受光部 33 の代わりに、研磨パッド 2 の表面性状の画像情報を取得する撮像装置 39 を有している。撮像装置 39 は、例えば、電荷結合素子（CCD）イメージセンサ、または相捕型金属酸化膜半導体（CMOS）イメージセンサを備えたデジタルカメラである。撮像装置 39 は、TDI イメージセンサを備えたデジタルカメラであってもよいし、動画を撮影するビデオカメラであってもよい。撮像装置 39 は、演算部 40 を介して制御部 23 に接続される。

[0051] 本実施形態では、撮像装置 39 の撮影面 39a は、研磨パッド 2 の研磨面 2a と正対している。すなわち、撮像装置 39 の撮影面 39a は、研磨パッド 2 の研磨面 2a と平行である。一実施形態では、撮像装置 39 は、撮影面 39a が研磨パッド 2 の研磨面 2a に対して斜めになるように配置されても

よい（図5で、二点鎖線で示された撮像装置39参照）。図示はしないが、表面性状測定装置30は、撮像装置39が撮影する研磨面2aを照らす光源を備えていてもよい。

[0052] 撮像装置39によって取得された研磨パッド2の表面性状の画像情報は、演算部40に送られ、演算部40でパッド表面性状値に演算される。上述したように、制御部23は、演算部40で求めた表面性状値を得て、その値に基づいて、閉ループ制御で好適なドレッシング条件を算出する。研磨装置は、演算部40（図1および図2参照）で得られた研磨パッドの表面性状値を、予め設定しておいたパッド表面性状値の範囲と比較した上で、範囲外であった場合に異常を発報してもよい。

[0053] 上述のように構成された表面性状測定装置30は、研磨装置の内部に配置される。図6は、研磨装置の内部に配置された表面性状測定装置30の一例を模式的に示す斜視図である。図7Aは、図6に示される表面性状測定装置30の正面図であり、図7Bは、図7Aに示される表面性状測定装置30の下面図である。さらに、図8は、図7AのA-A線断面図である。

[0054] 図6および図7Aに示すように、表面性状測定装置30は、ケーシング43を有している。このケーシング43は、その内部に、研磨パッド2の表面性状を測定するための測定構造を収容している。ケーシング43の内部に収容される測定構造は、例えば、図3乃至図5を参照して説明された光源31、受光部33、偏光子35、NDフィルター36、ミラー37、バンドパスフィルター38、撮像装置39などである。

[0055] 図7Aに示すように、ケーシング43の下部には切り欠き44が形成されている。本実施形態では、切り欠き44は、2つの対向する傾斜面44a、44bと、これら傾斜面44a、44bを接続する接続面44cとによって区画される台形状を有している。図7Bに示すように、一方の傾斜面44aには、透光性を有するフィルター47aが配置されており、フィルター47aを通して光源31から出射されたレーザ光が研磨パッド2に照射される。他方の傾斜面44bにも、透光性を有するフィルター47bが配置されて

おり、受光部 33 は、フィルター 47 b を通して、研磨パッド 2 からの反射光を受光する。これらフィルター 47 a, 47 b の例としては、例えば、透明フィルム、または透明ガラスなどが挙げられる。本実施形態では、接続面 44 c は、一方の傾斜面 44 a から他方の傾斜面 44 b まで直線状に延びている。

[0056] 表面性状測定装置 30 は、ケーシング 43 の側面に固定された位置決めプレート 77, 78 を有する。表面性状測定装置 30 が図 6 および図 7 A に示す測定位置（後述する）に移動されたとき、位置決めプレート 77, 78 が研磨パッド 2 の研磨面 2 a に接触する。位置決めプレート 77, 78 によって、鉛直方向における研磨パッド 2 の研磨面 2 a から表面性状測定装置 30 の測定構造までの距離、および表面性状測定装置 30 の研磨面 2 a に対する角度を常に一定に保つことができる。

[0057] 図 7 A、図 7 B、および図 8 に示すように、表面性状測定装置 30 は、接続面 44 c から突出する先端を有するノズル 45 を備えていてもよい。表面性状測定装置 30 のノズル 45 は、図示しない加圧気体供給ラインに接続されており、該加圧気体供給ラインから加圧気体（例えば、加圧窒素、または加圧空気）を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に吹き付けるように構成されている。ノズル 45 から吹き付けられた加圧気体によって、研磨面 2 a 上の研磨液またはドレッシング液などの液体が除去される。これにより、表面性状測定装置 30 は正確な研磨パッド 2 の表面性状を測定することができる。

[0058] ノズル 45 は、任意の形状を有する。例えば、ノズル 45 は、流路が先端から後端まで同一である円筒ノズルであってもよいし、流路が漸次縮小するスロート部と、該スロート部の下流側で流路が漸次拡大する拡大部とを有するラバルノズルであってもよい。あるいは、ノズル 45 は、流路がノズル 45 の先端に向けて漸次縮小または拡大する形状を有するノズルであってもよい。

[0059] 図 8 に示すように、ノズル 45 は、研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対して傾斜して配置されており、ノズル 45 から噴射される加圧気体は、研磨パッド

2の研磨面2aに斜めに衝突する。ノズル45は、加圧気体がケーシング43に形成された切り欠き44の開口に向けて流れるように、研磨パッド2の研磨面2aと平行な面Pに対して傾斜角度 θ だけ傾斜して配置されている。このような構成により、ノズル45から噴射された加圧気体によって除去された液体が切り欠き44の傾斜面44a、44bにそれぞれ配置されたフィルター47a、47bに付着することが防止される。

[0060] このように、傾斜されたノズル45から加圧気体を噴射する目的は、研磨面2a上の研磨液またはドレッシング液などの液体を除去しつつ、加圧気体によって除去された液体が飛び散って、フィルター47a、47bなどに付着することを防止することである。したがって、ノズル45の傾斜角度 θ は、上記目的を達成するための最適傾斜角度に設定される。最適傾斜角度は、例えば、ノズル45から噴射される加圧気体の圧力、流速などに基づいて決定される。最適傾斜角度を、加圧気体の圧力および／または流速を変更して行われる実験に基づいて決定してもよい。この最適傾斜角度は、例えば、60°である。一実施形態では、ノズル45は、ケーシング43に対して回転可能に取り付けられてもよい。この場合、加圧気体の圧力および流速に応じて、ノズル45の傾斜角度 θ を最適傾斜角度に変更することができる。

[0061] 図9は、図6に示される表面性状測定装置30の周辺を拡大して示す模式図である。図6および図9に示すように、研磨パッド2の表面性状を測定する表面性状測定装置30は、支持アーム50に支持されており、支持アーム50は、研磨装置に固定される移動ユニット53に連結される。移動ユニット53は、表面性状測定装置30を待避位置から測定位置に、または測定位置から待避位置に移動させるためのユニットである。すなわち、移動ユニット53によって、表面性状測定装置30の位置が待避位置から測定位置に、または測定位置から待避位置に自動で変更される。

[0062] 本実施形態では、表面性状測定装置30の測定位置を、該表面性状測定装置30が研磨パッド2の表面性状を測定するために研磨パッド2に接触している位置として定義する。例えば、表面性状測定装置30の測定位置は、図

7 Aに示すように、表面性状測定装置30の位置決めプレート77, 78が研磨パッド2の研磨面2aに接触している位置である。さらに、表面性状測定装置30の待避位置を、該表面性状測定装置30が研磨パッド2から離間した位置として定義する。

[0063] 図9に示すように、移動ユニット53は、研磨装置に固定される固定ブロック55と、支持アーム50に連結される回動ブロック56と、回動ブロック56を固定ブロック55に対して回動自在に連結する回転軸58と、回動ブロック56を回転軸58の軸心まわりに回動させる回動機構60とから構成される。固定ブロック55は、研磨装置のフレーム48にねじなどの固定具（図示せず）により固定されている。表面性状測定装置30を支持する支持アーム50は、回動ブロック56に固定された支持プレート52にねじなどの固定具（図示せず）によって接続されており、該支持プレート52を介して回動ブロック56に連結される。一実施形態では、支持プレート52を回動ブロック56と一体に形成してもよい。さらに、支持アーム50を、回動ブロック56に直接接続してもよい。この場合、支持プレート52は、移動ユニット53から省略される。

[0064] 回動ブロック56は、回転軸58を介して固定ブロック55に連結される。より具体的には、固定ブロック55には、凹部55aが形成されており、回動ブロック56には、固定ブロック55の凹部55aに挿入される凸部56aが形成されている。凸部56aには、回転軸58が挿入される貫通孔（図示せず）が形成されている。固定ブロック55は、該固定ブロック55の凹部55aの両側部にそれぞれ形成された2つの貫通孔（図示せず）を有している。回動ブロック56の凸部56aを固定ブロック55の凹部55aに挿入したときに、固定ブロック55に形成された2つの貫通孔を、回動ブロック56の凸部56aに形成された貫通孔と一直線上に配列させることができる。回動ブロック56の凸部56aを固定ブロック55の凹部55aに挿入した状態で、回転軸58を、固定ブロック55の凹部55aの両側部にそれぞれ形成された2つの貫通孔と、凸部56aに形成された貫通孔に挿入す

る。これにより、回動ブロック 5 6 が固定ブロック 5 5 に対して回動自在に連結される。

[0065] 図 1 0 は、図 9 に示す回動機構 6 0 により測定位置に移動された表面性状測定装置 3 0 を示す図であり、図 1 1 は、図 9 に示す回動機構 6 0 により待避位置に移動された表面性状測定装置 3 0 を示す図である。

[0066] 図 1 0 および図 1 1 に示すように、本実施形態に係る回動機構 6 0 は、回動ブロック 5 6 に連結されるピストン 6 2 と、該ピストン 6 2 を進退自在に収容するシリンダ 6 3 から構成されるピストンシリンダ機構である。ピストン 6 2 の先端は、回動ブロック 5 6 の下面に固定されたブラケット 7 0 を介して回動ブロック 5 6 に連結される。ピストン 6 2 の先端には、ピン 6 7 が挿入可能な貫通孔（図示せず）が形成されており、ブラケット 7 0 は、ピストン 6 2 の貫通孔に挿入されたピン 7 2 を挿入可能な貫通孔 6 8 が形成されている。ピストン 6 2 の先端に形成された貫通孔をブラケットの貫通孔 6 8 と一直線に並べた状態で、ピン 6 7 をピストン 6 2 の貫通孔とブラケットの貫通孔 6 8 とに挿入することにより、ピストン 6 2 がブラケット 7 0 を介して回動ブロック 5 6 に連結される。回動ブロック 5 6 の下面に固定されたブラケット 7 0 は、ピストン 6 2 に対して回動自在に連結される。

[0067] シリンダ 6 3 は、研磨装置のフレーム 4 8 から延びる台 4 9 に支持されている。シリンダ 6 3 には、流体供給ライン（図示せず）が接続され、該流体供給ラインを介して流体（例えば、加圧窒素または加圧空気）がシリンダ 6 3 に供給される。制御部 2 3（図 1 参照）は、シリンダ 6 3 への流体の供給を制御することにより、ピストン 6 2 を上下動させる。例えば、流体供給ラインに開閉弁（図示せず）を配置して、制御部 2 3 がこの開閉弁の動作を制御することにより、ピストン 6 2 を上下動させる。より具体的には、ピストン 6 2 を上昇させるときは、制御部 2 3 は、開閉弁を開き、シリンダ 6 3 に流体を供給する。ピストン 6 2 を下降させるときは、制御部 2 3 は、開閉弁を閉じて、シリンダ 6 3 への流体の供給を停止させる。

[0068] 研磨パッド 2 の表面性状を測定するときは、制御部 2 3 は、回動機構 6 0

のピストン62を下降させる。これにより、回動ブロック56および支持アーム50が表面性状測定装置30を下方に移動させる方向に回動し、表面性状測定装置30の位置決めプレート77, 78が研磨パッド2に接触する。このように、制御部23は、回動機構60を動作させることにより、表面性状測定装置30を図10に示す測定位置に移動させることができる。この状態で、上述した研磨パッド2の表面性状の測定が行われ、ドレッシング条件が決定される。制御部23が表面性状測定装置30から得られた表面性状の測定値から研磨パッド2の異常を検知したときは、制御部23は、異常を発報して、研磨装置の運転を停止してもよい。

[0069] 研磨パッド2の表面性状の測定が終了して、ドレッシング条件が決定されると、制御部23は、回動機構60のピストン62を上昇させる。これにより、回動ブロック56および支持アーム50が表面性状測定装置30を上方に移動させる方向に回動し、表面性状測定装置30が研磨パッド2から離間する(図11参照)。このように、制御部23は、回動機構60を動作させることにより、表面性状測定装置30を図10に示す測定位置から図11に示す待避位置に移動させる。研磨パッド2の表面性状を再度測定するときは、制御部23は、回動機構60を動作させることにより、表面性状測定装置30を図11に示す待避位置から図10に示す測定位置に移動させる。

[0070] 図12は、回動機構の別の例を示す模式図である。図12に示す回動機構60は、回転軸58に連結されたモータ59を有しており、モータ59は、制御部23に電氣的に連結されている。モータ59は、研磨装置のフレーム48から延びる台49に支持されている。本実施形態では、回転軸58は、回動ブロック56に固定されている。例えば、回転軸58は、図示しないキーを有しており、回動ブロック56の凸部56aには、該キーに係合するキー溝が形成されている。回転軸58のキーを回動ブロック56のキー溝に挿入することにより、回転軸58がキーとキー溝との係合によって回動ブロック56に固定される。

[0071] 制御部23は、モータ59の動作を制御することにより回転軸58を回転

させ、これにより、回動ブロック 56 が固定ブロック 55 に対して回動する。回動ブロック 56 は、支持プレート 52 を介して支持アーム 50 および表面性状測定装置 30 に連結されているので、モータ 59 の動作により、表面性状測定装置 30 を待避位置（図 11 参照）から測定位置（図 10 参照）に、またはその逆に移動させることができる。

[0072] 図 9 に示すように、回動ブロック 56 を、支持アーム 50 に支持プレート 52 を介して連結される第 1 プレート 64 と、固定ブロック 55 に回転軸 58 を介して連結される第 2 プレート 65 とから構成してもよい。第 1 プレート 64 は、回転ピン 66 を介して第 2 プレート 65 に回転自在に連結される。図 9 に示す実施形態では、第 1 プレート 64 は、回転ピン 66 を含むヒンジ機構 88 によって、第 2 プレート 65 に連結されている。ヒンジ機構 88 は、第 1 プレート 64 の上面に固定される第 1 ジョイント 89 と、第 2 プレート 65 の上面に固定される第 2 ジョイント 90 と、第 1 ジョイント 89 を第 2 ジョイント 90 に対して回転自在に連結する回転ピン 66 とから構成されている。

[0073] 図 13 は、表面性状測定装置 30 をメンテナンス位置に移動させた状態を示す模式図である。メンテナンス位置は、研磨パッド 2 のメンテナンスまたは交換を行うために、表面性状測定装置 30 が研磨パッド 2 から遠く離れた位置である。図 13 に示す例では、支持アーム 50 が鉛直方向に延びるように、上記ヒンジ機構 88 を動作させている。これにより、表面性状測定装置 30 が研磨パッド 2 から遠くに位置させられるので、研磨パッド 2 のメンテナンスまたは交換を容易に行うことができる。

[0074] 図示はしないが、研磨装置は、表面性状測定装置 30 をメンテナンス位置に移動させたときに、支持アーム 50 の移動を阻止する固定具を有しているのが好ましい。固定具によって、メンテナンス位置に移動された支持アーム 50 が意図せずに転倒することが防止される。固定具の例としては、メンテナンス位置に移動された支持アーム 50 に係合可能なフックまたはクランプが挙げられる。

- [0075] 本実施形態によれば、制御部23が移動ユニット53の回動機構60の動作を制御することにより、表面性状測定装置30を待避位置から測定位置に移動させ、さらに、表面性状測定装置30を用いて研磨パッド2の表面性状を自動で取得することができる。制御部23は、取得された表面性状に基づいてドレッシング条件を決定する。制御部23は、取得された表面性状に基づいて異常を発報してもよい。このように、従来必要であった表面性状測定装置の着脱作業を行う必要がなくなるので、研磨装置のスループットを向上させることができるとともに、作業者の負担を軽減させることができる。
- [0076] 研磨装置は、表面性状測定装置30が測定位置に移動したときに、表面性状測定装置30の下面が研磨パッド2の表面に対して平行になるように、表面性状測定装置30の姿勢を自動で調整する姿勢調整機構を有していてもよい。
- [0077] 図14Aは、一実施形態に係る姿勢調整機構の概略正面図であり、図14Bは、図14AのB-B線矢視図である。図15Aは、図14AのC-C線断面図であり、図15Bは、表面性状測定装置30が待避位置に移動されたときの、図15Aに対応する姿勢調整機構の一部の断面図である。
- [0078] 図14Aおよび図14Bに示すように、姿勢調整機構70は、支持アーム50に連結される支持台72と、表面性状測定装置30の上面に固定され、支持台72に形成された貫通孔を通して延びる少なくとも1つの調整ピン73とを有している。本実施形態では、4本の調整ピン73が表面性状測定装置30の上面に固定されている。支持台72は、支持アーム50の下面に直接固定されている。さらに、支持台72は、その下部にフランジ部72aを有しており、4つの貫通孔74がフランジ部72aの4角に形成されている。各調整ピン73は、支持台72のフランジ部72aに形成された各貫通孔74を通して延びている。
- [0079] 図15Aに示すように、調整ピン73は、貫通孔74の直径D_pよりも小さな直径D_aを有するピン本体73aと、ピン本体73aの上部に形成されたピンヘッド73bとを有している。ピンヘッド73bは、貫通孔74より

も上方に位置している。より具体的には、ピンヘッド73bは、支持アーム50と支持台72のフランジ部72aとの間に位置している（図14A参照）。ピンヘッド73bは、貫通孔74の直径Dpよりも大きい直径Dbを有している。

[0080] 図15Bに示すように、制御部23が表面性状測定装置30を待避位置に移動させたとき、ピンヘッド73bの下面が支持台72のフランジ部72aの上面に接触し、これにより、表面性状測定装置30は、支持台72を介して支持アーム50に支持される。制御部23が表面性状測定装置30を測定位置に移動させて、表面性状測定装置30の位置決めプレート77, 78を研磨パッド2の研磨面2aに接触させると、ピンヘッド73bの下面が支持台72のフランジ部72aから離間する。これにより、表面性状測定装置30は、その自重により、研磨パッド2の研磨面2aに支持される。したがって、姿勢調整機構70によって、表面性状測定装置30の姿勢がその下面を研磨パッド2の研磨面2aと平行になるように調整される。

[0081] さらに、図9に示すように、研磨装置は、表面性状測定装置30の水平方向の位置を支持アーム50に沿って調整する変位機構80を有していてもよい。変位機構80は、表面性状測定装置30の水平方向の位置を支持アーム50の長手方向に沿って移動させるための機構である。

[0082] 図16は、図9に示す変位機構80を模式的に示す斜視図である。図17は、図16のD-D線断面図である。図16および図17に示すように、変位機構80は、支持アーム50の長手方向に沿って延びる長穴81と、該長穴81に挿入される支持軸82とを有する。長穴81の内部には、段差部81aが形成されている。支持軸82は、表面性状測定装置30に連結される軸本体82aと、長穴81の段差部81aに接触する軸ヘッド82bとを有している。本実施形態では、支持軸82は、上記支持台72の上面に形成されたねじ孔（図示せず）にねじ込まれるボルトであり、支持台72と上記姿勢調整機構70を介して表面性状測定装置30に連結される。以下の説明では、支持軸82をボルト82と称することがあり、軸本体82aをボルト本

体 8 2 a と称することがあり、軸ヘッド 8 2 b をボルトヘッド 8 2 b と称することがある。

[0083] ボルト 8 2 のボルト本体 8 2 a は、長穴 8 1 の長手方向に垂直な方向で、かつ水平方向における段差部 8 1 a の幅よりも小さな直径を有しており、ボルト 8 2 のボルトヘッド 8 2 b は、長穴 8 1 の段差部 8 1 a の幅よりも大きな直径を有している。さらに、ボルトヘッド 8 2 b の直径は、段差部 8 1 a が形成されていない長穴 8 1 の上部の幅よりも小さい。したがって、ボルト 8 2 を支持アーム 5 0 の上方から長穴 8 1 に挿入したときに、ボルト本体 8 2 a は、長穴 8 1 の段差部 8 1 a に接触することなく、長穴 8 1 を通過できる。一方で、ボルトヘッド 8 2 b は、長穴 8 1 の段差部 8 1 a に接触して、段差部 8 1 a を通過することができない。

[0084] 表面性状測定装置 3 0 を支持アーム 5 0 に支持させるときは、支持台 7 2 を支持アーム 5 0 の下面に接触させた状態で、ボルト 8 2 を支持アーム 5 0 の上方から長穴 8 1 に挿入し、支持台 7 2 に形成されたねじ孔にねじ込む。ボルト 8 2 のボルトヘッド 8 2 b が段差部 8 1 a に接触するまで、ボルト 8 2 を支持台 7 2 のねじ孔にねじ込むことにより、表面性状測定装置 3 0 が支持台 7 2 を介して支持アーム 5 0 に連結される。ボルト 8 2 をさらに支持台 7 2 のねじ孔にねじ込むことにより、支持台 7 2 はボルト 8 2 によって支持アーム 5 0 に強固に固定され、これにより、支持台 7 2（すなわち、表面性状測定装置 3 0）の水平方向の位置が固定される。

[0085] 表面性状測定装置 3 0 の水平方向の位置を調整（すなわち、変更）するときは、ボルト 8 2 を緩めて、支持台 7 2（すなわち、表面性状測定装置 3 0）を長穴 8 1 に沿って所望の位置まで移動させる。その後で、再度ボルト 8 2 を支持台 7 2 のねじ孔にねじ込み、表面性状測定装置 3 0 の水平方向の位置を固定する。

[0086] 本実施形態によれば、変位機構 8 0 によって、表面性状測定装置 3 0 の水平方向の位置を調整することができるので、表面性状測定装置 3 0 が研磨パッド 2 の任意の位置（すなわち、所望の位置）における表面性状を測定する

ことができる。

[0087] 図 18 は、変位機構 80 の別の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図 16 および図 17 に示される変位機構 80 の構成と同様であるため、その重複する説明を省略する。

[0088] 図 18 に示す変位機構 80 では、支持台 72 の位置は支持軸（ボルト）82 によって支持アーム 50 に固定されていない。より具体的には、支持軸 82 の軸ヘッド 82b は、段差部 81a に接触しているだけであり、長穴 81 は、支持台 72（すなわち、表面性状測定装置 30）を支持アーム 50 に沿って移動させるための案内穴として機能する。さらに、変位機構 80 は、表面性状測定装置 30 に連結されるピストン 85 と、該ピストン 85 を進退自在に収容するシリンダ 86 とを有するピストンシリンダ機構 83 を備えている。本実施形態では、ピストン 85 の先端が支持台 72 の側面に接続されており、シリンダ 86 は、支持アーム 50 の下面に固定されている。さらに、シリンダ 86 は、図示しない流体供給ラインに接続されている。

[0089] 流体供給ラインからシリンダ 86 に供給される加圧流体（例えば、加圧窒素または加圧空気）によって、ピストン 85 を支持アーム 50 に沿って進退させることができる。ピストン 85 を支持アーム 50 に沿って進退させることにより、該ピストン 85 に支持台 72 を介して連結される表面性状測定装置 30 の水平方向の位置を支持アーム 50 に沿って調整することができる。制御部 23（図 1 参照）は、シリンダ 86 に供給される加圧流体の供給を制御して、表面性状測定装置 30 の水平方向の位置を自動で変更する。このように、本実施形態に係る変位機構 80 によれば、表面性状測定装置 30 の水平方向の位置を自動で調整することができる。

[0090] 図示はしないが、変位機構 80 は、ピストンシリンダ機構 83 の代わりに、表面性状測定装置 30 の水平方向の位置を変更するためのボールねじ機構を有していてもよい。この場合でも、制御部 23 がボールねじ機構の動作を制御することにより、表面性状測定装置 30 の水平方向の位置を自動で調整することができる。

[0091] 制御部23は、基板Wの研磨中、または研磨パッド2のドレッシング中に、表面性状測定装置30を測定位置（図10参照）に移動させて、回転する研磨パッド2の表面性状を測定してもよい。上述したように、表面性状測定装置30は、ケーシング43の傾斜面44a、44bにそれぞれ配置されたフィルター47a、47b（図7B参照）を有している。基板Wの研磨中またはドレッシング中は、研磨パッド2上に研磨液（スラリー）またはドレッシング液などの流体が供給されるが、フィルター47a、47bによって、この流体がケーシング43の内部に浸入することが防止される。したがって、フィルター47a、47bによって、光源31、受光部33などの測定構造が流体によって汚染されることを防止することができる。さらに、表面性状測定装置30が研磨パッド2の研磨面2aに対して傾斜して配置されたノズル45（図8参照）を有している場合は、ノズル45から噴射される加圧気体によって、研磨面2a上の流体が切り欠き44から表面性状測定装置30の外部に吹き飛ばされる。その結果、基板Wの研磨中またはドレッシング中であっても、フィルター47a、47bに流体が付着することをより効果的に防止できるとともに、正確な研磨パッド2の表面性状を測定することができる。

[0092] 図19は、図5に示す撮像装置39の内部構造（測定構造）の一例を示す模式図である。図19には、撮像装置39を収容する表面性状測定装置30のケーシング43の一部も描かれている。図19に示すケーシング43の一部は、撮像装置39を収容するケーシング43の下部に形成された切り欠き44の変形例を示している。

[0093] 上述したように、撮像装置39は、表面性状測定装置30のケーシング43に収容され、研磨パッド2の表面性状の画像情報を取得する。図19に示す撮像装置39は、撮影面39aを有するイメージセンサと、該撮影面39aに研磨パッド2の表面画像を結像させるレンズ機構24と、アパーチャ29と、を有している。レンズ機構24は、レンズ25と、研磨パッド2の表面と撮影面39aとの間でレンズ25を移動させるフォーカス機構（図示せ

ず)と、を備えている。フォーカス機構によって、レンズ25を移動させることにより、撮影面39aに研磨パッド2の表面の画像を結像させる。

[0094] 本実施形態では、アパーチャ29は、撮影面39aとレンズ25との間に配置されている。アパーチャ29は、撮像装置39の視野サイズを調整するために、およびバックグランドからのノイズを除去するために用いられる。

[0095] 図示はしないが、図3および図4に示される表面性状測定装置30に、アパーチャ29を設けてもよい。この場合、アパーチャ29は、投光部32と受光部33の間に形成された光路上で研磨面2aと受光部33との間に配置される。アパーチャ29は、研磨パッド2から反射するレーザ光の回折幅(回折光の次数)を調整するために、およびバックグランドからのノイズを除去するために用いられる。

[0096] 本実施形態では、表面性状測定装置30のケーシング43の下部に形成された切り欠き44は、2つの対向する傾斜面44a、44bと、各傾斜面44a、44bから上方向に延びる側面44d、44eと、側面44d、44eを接続する接続面44cと、によって区画される形状を有している。図示した例では、側面44d、44eは、垂直方向に延びている。以下の説明では、側面44d、44eを垂直面44d、44eとそれぞれ称する。

[0097] 撮像装置39が撮影する研磨パッド2の研磨面2a上に研磨液またはドレッシング液などの液体があると、撮像装置39は、正確な研磨パッド2の表面性状の画像情報を取得することができない。そこで、上述したノズル45から加圧気体を噴射して、撮像装置39によって撮影される研磨面2a上の液体を除去する。

[0098] 本実施形態では、ノズル45は、一方の傾斜面44aから突出している。一方の垂直面44dには、開口27が形成されており、他方の垂直面44eには、別の開口28が形成されている。開口27、28は、研磨面2aとレンズ25との間に位置している。開口27は、気体(例えば、CDA(クリーンドライエア)、ドライエア、窒素など)を開口28に向けて噴射するように構成されており、開口28は、開口27から噴射した気体が流れ込むよ

うに構成されている。このような構成によって、開口 27 から開口 28 に向かう気体のカーテンを形成することができる。開口 27 と開口 28 との間に形成された気体のカーテンによって、ノズル 45 から噴射させた加圧気体によって飛び散った液体がレンズ 25 に到達することが防止される。したがって、撮像装置 39 は、研磨パッド 2 の研磨面 2a の正確な画像情報を取得することができる。

[0099] 図 19 に示す例では、開口 27 は、図 19 の紙面と平行で、かつノズル 45 を通る鉛直面上に位置し、開口 27 からの気体およびノズル 45 からの加圧気体は、図 19 の紙面と平行な方向に噴射される。しかしながら、開口 27 は、図 19 の紙面と平行で、かつノズル 45 を通る鉛直面から水平方向にずれていてもよい。さらに、開口 27 からの気体および／またはノズル 45 からの加圧気体は、図 19 の紙面と平行な方向とは異なる方向に噴射されてもよい。

[0100] 図示はしないが、ノズル 45 と対向する傾斜面 44b の一部（例えば、下部）を曲面状に形成してもよい。曲面状に形成された傾斜面 44b の一部の表面は、ノズル 45 から噴射された加圧気体によって研磨面 2a から吹き飛ばされた液体を、表面性状測定装置 30 のケーシング 43 の外部に円滑に排出するための案内面として機能する。あるいは、ノズル 45 と対向する傾斜面 44b の下部に、液体をケーシング 43 の外部に排出しやすくするための切り欠きを設けてもよい。

[0101] 図 20 は、表面性状測定装置 30 の別の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、上述した実施形態に係る表面性状測定装置 30 の構成と同様であるため、重複する説明を省略する。

[0102] 図 20 に示すように、表面性状測定装置 30 は、ケーシング 43 の側面に連結されたバリア 69 を備える。本実施形態では、バリア 69 は、位置決め板 78 の側面に取り付けられている。バリア 69 の下面は、表面性状測定装置 30 が測定位置（図 10 参照）に移動されたときに、研磨パッド 2 の研磨面 2a に接触する。バリア 69 は、研磨パッド 2 の研磨面 2a 上に供給され

た研磨液またはドレッシング液などの流体が表面性状測定装置 30 に到達することを阻害するためのフェンスとして機能する。本実施形態に係るバリア 69 は、円弧状形状を有し、研磨面 2 a 上を表面性状測定装置 30 に向かって流れてきた流体をバリア 69 の円弧形状に沿って案内することにより、流体が表面性状測定装置 30 に到達することを阻害する。図示はしないが、バリア 69 を支持アーム 50 に取り付けてもよい。

[0103] 図 21 は、さらに別の実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。図 22 は、図 21 に示すドレッサーを拡大して示す模式図であり、図 23 は、図 21 に示すドレッサーが研磨パッド上を揺動する様子を模式的に示す平面図である。特に説明しない本実施形態の構成は、上述した実施形態の構成と同様であり、同一または相当する部材には同一の符号を付して、その重複する説明を省略する。

[0104] 図 21 に示す研磨装置は、図 1 に示す研磨装置と同様に、研磨パッド 2 を貼付した研磨テーブル 1 やキャリア 10 等からなる研磨部およびドレッシング装置 20 を備えている。図 21 に示すドレッシング装置 20 は、ドレッサーアーム 21 と、ドレッサーアーム 21 に回転自在に取り付けられたドレッサー 22 と、ドレッサー 22 に連結されたドレッサーシャフト 91 と、ドレッサーシャフト 91 の上端に設けられたエアシリンダ 93 と、を備えている。ドレッサーシャフト 91 は、ドレッサーアーム 21 に回転自在に支持されており、ドレッサーアーム 21 内に配置されたモータ（図示せず）によって回転する。このドレッサーシャフト 91 の回転により、ドレッサー 22 がその軸心まわりに回転する。本実施形態では、ドレッサー 22 の下部に設けられたドレッシング部材 22 a はリング形状を有しているが、ドレッシング部材 22 a は、円形状を有していてもよい。

[0105] エアシリンダ 93 は、図示しない気体供給源に連結されており、研磨パッド 22 へのドレッシング荷重をドレッサー 22 に付与する装置である。ドレッシング荷重は、エアシリンダ 93 に供給される空気圧により調整することができる。さらに、エアシリンダ 93 によって、ドレッサー 22 を研磨パ

ド２の研磨面２aから離間させることができる。エアシリンダ９３は、ドレッサーシャフト９１およびドレッサー２２をドレッサーアーム２１に対して上下動させる昇降アクチュエータとして機能する。一実施形態では、ボールねじ機構をドレッサーシャフト９１およびドレッサー２２をドレッサーアーム２１に対して上下動させる昇降アクチュエータとして用いてもよい。

[0106] さらに、ドレッシング装置２０は、ドレッサーアーム２１に連結された支軸９８と、支軸９８を回転させるモータ（回転アクチュエータ）９６とを有している。ドレッサーアーム２１は、モータ９６に駆動されて、支軸９８を中心として揺動するように構成されている。

[0107] 研磨パッド２の研磨面２aのドレッシングは次のようにして行われる。研磨テーブル１および研磨パッド２を研磨テーブル回転モータ（図示せず）により回転させ、図示しないドレッシング液供給ノズルからドレッシング液（例えば、純水）を研磨パッド２の研磨面２aに供給する。さらに、ドレッサー２２をその軸心周りに回転させる。ドレッサー２２はエアシリンダ９３により研磨面２aに押圧され、ドレッシング部材２２aの下面を研磨面２aに摺接させる。この状態で、ドレッサーアーム２１を揺動させ、研磨パッド２上のドレッサー２２を研磨パッド２の略半径方向に移動させる。図２３に示すように、研磨テーブル１およびその上の研磨パッド２は、原点（研磨パッド２の中心点）Ｏを中心として回転する。一方で、ドレッサー２２は、図２１に示す支軸９８の中心位置に相当する点Ｃを中心として所定の角度だけ回転する（すなわち揺動する）。研磨パッド２は、回転するドレッサー２２により削り取られ、これにより研磨面２aのドレッシングが行われる。

[0108] 図２１および図２２に示すように、研磨装置は、ドレッサー２２に取り付けられた表面性状測定装置３０を有している。図２２に示す表面性状測定装置３０は、ドレッサー２２の外周面に取り付けられたサブアーム９５の先端に固定されている。サブアーム９５は、略Ｌ字状の断面形状を有しており、表面性状測定装置３０は、サブアーム９５の先端に固定されている。サブアーム９５の末端は、ドレッサー２２の外周面に固定される。本実施形態では

、表面性状測定装置 30 を支持する支持アームは、ドレッサーアーム 21 であり、表面性状測定装置 30 は、サブアーム 95、ドレッサー 22、およびドレッサーシャフト 91 を介してドレッサーアーム 21 に支持される。

[0109] 図 22 に示す表面性状測定装置 30 は、図 3 または図 4 を参照して説明された内部構造（測定構造）を有していてもよいし、図 5 および図 19 を参照して説明された撮像装置 39 を有していてもよい。以下の説明では、図 3 または図 4 を参照して説明された内部構造を、単に「上記測定構造」と称することがある。さらに、表面性状測定装置 30 は、上記測定構造または撮像装置 39 を収容するハウジング 43 を有していてもよい。このハウジング 43 の形状は任意であるが、例えば、図 7 A および図 7 B を参照して説明されたハウジング 43 であってもよい。あるいは、ハウジング 43 は、円筒形状を有していてもよい。

[0110] 一実施形態では、サブアーム 95 の内部に表面性状測定装置 30 を収容してもよい。この場合、上記測定構造または撮像装置 39 がサブアーム 95 内に配置され、サブアーム 95 の先端には、開口が形成される。表面性状測定装置 30 が上記測定構造を有する場合は、投光部 32 から投光されたレーザー光は、サブアーム 95 に形成された開口を介して研磨パッド 2 の表面に到達し、研磨パッド 2 の表面で反射した反射光は、サブアーム 95 に形成された開口を介して受光部 33 に受光される。表面性状測定装置 30 が撮像装置 39 を有する場合は、撮像装置 39 は、サブアーム 95 に形成された開口を介して研磨パッド 2 の表面の画像情報を取得する。

[0111] さらに、表面性状測定装置 30 は、図 8 を参照して説明されたノズル 45 を有していてもよい。上述したように、ノズル 45 は、加圧気体（例えば、加圧窒素、または加圧空気）を研磨パッド 2 の研磨面 2a に吹き付けるように構成されており、ノズル 45 から吹き付けられた加圧気体によって、研磨面 2a 上の研磨液またはドレッシング液などの液体が除去される。図示はしないが、ノズル 45 に加圧気体を供給するための加圧気体供給ラインは、例えば、ロータリージョイントなどを介してドレッサーシャフト 91 に接続さ

れ、ドレッサーシャフト 9 1、ドレッサー 2 2、およびサブアーム 9 5 の内部に形成された流路を介して表面性状測定装置 3 0 に供給される。

[0112] 図 2 2 に示すように、表面性状測定装置 3 0 は、ドレッサー 2 2 のドレッシング部材 2 2 a を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に接触させたときに、該研磨面 2 a から離間している。本実施形態では、ドレッサー 2 2 のドレッシング部材 2 2 a が研磨パッド 2 の研磨面 2 a に接触したときの表面性状測定装置 3 0 の位置が上記測定位置である。表面性状測定装置 3 0 は、サブアーム 9 5 の先端に固定されているので、測定位置にある表面性状測定装置 3 0 と研磨パッド 2 の研磨面 2 a との間の距離は常に一定である。したがって、表面性状測定装置 3 0 は、研磨パッド 2 の研磨面 2 a の正確なパッド表面性状を測定することができる。

[0113] 上述したように、エアシリンダ（昇降アクチュエータ） 9 3 によって、ドレッサー 2 2 を研磨パッド 2 の研磨面 2 a の上方に移動させることができる。本実施形態では、ドレッサー 2 2 のドレッシング部材 2 2 a が研磨パッド 2 の研磨面 2 a から上方に離間した位置が待避位置であり、表面性状測定装置 3 0 を測定位置から待避位置に移動させる移動機構は、エアシリンダ 9 3 である。一実施形態では、エアシリンダ 9 3 によって、ドレッサー 2 2 と表面性状測定装置 3 0 を研磨パッド 2 の研磨面 2 a から上方に移動させた後で、ドレッサー 2 2 と表面性状測定装置 3 0 をモータ（回転アクチュエータ） 9 6 によって、研磨パッド 2 の側方に移動させてもよい（図 2 3 で二点鎖線で示されるドレッサー 2 2 参照）。この場合、表面性状測定装置 3 0 の待避位置は、研磨パッド 2 の側方の位置であり、移動機構は、エアシリンダ 9 3 と、モータ 9 6 との組み合わせから構成される。

[0114] 図示はしないが、ドレッサー 2 2 のドレッシング部材 2 2 a を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に接触させたときに、表面性状測定装置 3 0 を研磨面 2 a に接触させてもよい。この場合、表面性状測定装置 3 0 が研磨パッド 2 に接触している位置が表面性状測定装置 3 0 の測定位置である。表面性状測定装置 3 0 は、図 1 4 A および図 1 4 B を参照して説明された姿勢調整機構 7 0 を

介してサブアーム 95 に連結されるのが好ましい。姿勢調整機構 70 によって、研磨面 2a に接触する表面性状測定装置 30 の姿勢がその下面を研磨パッド 2 の研磨面 2a と平行になるように調整される。この場合の表面性状測定装置 30 の待避位置は、表面性状測定装置 30 が研磨パッド 2 の研磨面 2a から離間した位置か、またはドレッサー 22 と表面性状測定装置 30 が研磨パッド 2 の側方に移動した位置である。

[0115] 表面性状測定装置 30 によるパッド表面性状の測定は、基板 W の研磨中、または研磨パッド 2 のドレッシング中に、表面性状測定装置 30 を測定位置に移動させて実行されてもよい。この場合、表面性状測定装置 30 は、ドレッサー 22 とともに回転しながら、研磨パッド 2 の表面性状を測定する。

[0116] 図 21 に示すように、研磨装置は、ドレッサーシャフト 91 を介してドレッサー 22 の回転角度を測定可能なロータリエンコーダ 92 を備えている。ロータリエンコーダ 92 によって、回転する表面性状測定装置 30 の研磨パッド 2 に対する相対位置を検出することができる。より具体的には、研磨パッド 2 のドレッシング中、表面性状測定装置 30 はドレッサー 22 とともに回転している。この場合、表面性状測定装置 30 は、ドレッサー 22 によってドレッシングされる前の研磨パッド 2 の上方と、ドレッサー 22 によってドレッシングされた後の研磨パッド 2 の上方を交互に通過する。表面性状測定装置 30 は、所定の時間間隔で、研磨パッド 2 の表面性状を測定しており、研磨パッド 2 の表面性状を測定するたびにその測定値を制御部 23（図 1 参照）に送信している。

[0117] ロータリエンコーダ 92 も制御部 23 に接続されており、ロータリエンコーダ 92 は、研磨パッド 2 に対する表面性状測定装置 30 の相対位置を制御部 23 に送信する。制御部 23 は、送信された相対位置に基づいて、表面性状測定装置 30 によって取得された複数のパッド表面性状値をドレッシング前のパッド表面性状値と、ドレッシング後のパッド表面性状値とに分割する。そして、制御部 23 は、ドレッシング後のパッド表面性状値を、ドレッシング前のパッド表面性状値と比較し、その比較に基づいて好適なドレッシン

グ条件を算出する。例えば、ドレッシング前後のパッド表面性状値の差が、予め設定した所定の範囲内で推移するように、ドレッシング条件を算出する。その際、制御部23は、予め、ドレッシング条件とドレッシング前後のパッド表面性状値の差との関連を示す関係式を得ておき、同式により、好適なドレッシング条件を求める。

[0118] 一実施形態では、ドレッシング部材22aが研磨パッド2の表面から上方に離れたときの表面性状測定装置30の位置を上記測定位置としてもよい。この場合、表面性状測定装置30の待避位置は、ドレッシング部材22aが研磨パッド2の表面からさらに上方に離れたときの表面性状測定装置30の位置か、またはドレッサー22と表面性状測定装置30が研磨パッド2の側方に移動した位置である。本実施形態では、ドレッシング部材22aおよび表面性状測定装置30が研磨パッド2の表面から離れた状態で、ドレッサー22を回転させずに、ドレッサーアーム21を介して研磨パッド2の周縁部から中心部まで移動させる。表面性状測定装置30は、ドレッサー22とともに研磨パッド2の周縁部から中心部まで移動する間に、所定の時間間隔で研磨パッド2の表面性状を測定し、その測定値を制御部23に送信する。制御部23は、表面性状測定装置30から送信されたパッド表面性状値に基づいて好適なドレッシング条件を算出する。

[0119] 図24Aは、図21に示す研磨装置のドレッサーの変形例を示す模式図であり、図24Bは、図24Aに示すドレッサーの上面図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図21に示すドレッサー22の構成と同様であるため、その重複する説明を省略する。

[0120] 図24Aおよび図24Bに示す研磨装置のドレッサー22には、複数の（図示した例では、2つの）表面性状測定装置30A、30Bが取り付けられている。表面性状測定装置30A、30Bは、ドレッサー22の中心に対して対称に配置されている。各表面性状測定装置30をドレッサー22に連結するサブアーム95は、略J字状の形状を有しており、サブアーム95の末端は、ドレッサー22の上面に固定されている。

[0121] 本実施形態では、2つの表面性状測定装置30A、30Bがドレッサー22に取り付けられているが、3つ以上の表面性状測定装置をドレッサー22に取り付けてもよい。例えば、4つの表面性状測定装置をドレッサー22の外周面に沿って90°ごとに配置してもよい。以下の説明では、特に区別する必要のない限り、表面性状測定装置30A、30Bを単に「表面性状測定装置30」と称することがある。

[0122] 各表面性状測定装置30は、同一の測定構造を有していてもよいし、互いに異なる測定構造を有していてもよい。例えば、複数の表面性状測定装置30のうちのいくつか（例えば、表面性状装置30A）は、図3または図4を参照して説明された測定構造を有する表面性状測定装置である一方で、残りの表面性状測定装置（例えば、表面性状測定装置30B）は、図5および図19を参照して説明された撮像装置39を有する表面性状測定装置であってもよい。

[0123] 上述した実施形態と同様に、研磨パッド2のドレッシング中、複数の表面性状測定装置30はドレッサー22とともに回転しており、各表面性状測定装置30は、所定の時間間隔で、研磨パッド2の表面性状を測定している。各表面性状測定装置30は、研磨パッド2の表面性状を測定するたびにその測定値を制御部23に送信する。制御部23は、研磨パッド2に対する各表面性状測定装置30の相対位置に基づいて、各表面性状測定装置30によって取得された複数の表面性状測定値をドレッシング前のパッド表面性状値と、ドレッシング後のパッド表面性状値とに分割する。そして、制御部23は、ドレッシング前後のパッド表面性状値を比較し、その比較に基づいて好適なドレッシング条件を算出する。本実施形態によれば、複数の表面性状測定装置30がドレッサー23に取り付けられているので、制御部23が取得するドレッシング前後のパッド表面性状値の差のデータ量は、1つの表面性状測定装置がドレッサー22に取り付けられた実施形態よりも多い。そのため、制御部23は、より好適なドレッシング条件を算出することができる。

[0124] 図25は、図24Aおよび図24Bに示すドレッサーの変形例を示す模式

図である。特に説明しない構成は、図 2 4 A および図 2 4 B に示す実施形態の構成と同様であるため、その重複する説明を省略する。

[0125] 図 2 5 に示すドレッサー 2 2 には、3 つの表面性状測定装置 3 0 A, 3 0 B, 3 0 C が取り付けられている。2 つの表面性状測定装置 3 0 A, 3 0 B は、ドレッサー 2 2 の外周面にサブアーム 9 5 を介して取り付けられており、表面性状測定装置 3 0 C は、ドレッサー 2 2 内に配置されている。本実施形態では、ドレッサー 2 2 に設けられたドレッシング部材 2 2 a はリング形状を有している。すなわち、ドレッシング部材 2 2 a は、その上面から下面まで延びる貫通孔 2 2 b を有している。ドレッサー 2 2 の下面のドレッシング部材 2 2 a が設けられていない部分（本実施形態では、ドレッサー 2 2 の下面の中央部）には、凹部が形成されており、該凹部に表面性状測定装置 3 0 C は嵌め込まれている。

[0126] 表面性状測定装置 3 0 C は、図 3 または図 4 を参照して説明された内部構造（測定構造）を有していてもよいし、図 5 および図 1 9 を参照して説明された撮像装置 3 9 を有していてもよい。一実施形態では、表面性状測定装置 3 0 C は、上記測定構造または撮像装置 3 9 を収容するハウジングを有していてもよい。例えば、ハウジングは、円筒形状を有している。この場合、ハウジングの外周面に形成されたねじを、ドレッサー 2 2 の下面に形成された凹部の壁面に設けられたねじ溝に係合させることにより、表面性状測定装置 3 0 C をドレッサー 2 2 に取り付ける。

[0127] 表面性状測定装置 3 0 C は、ドレッシング部材 2 2 a の貫通孔 2 2 b を介して、研磨パッド 2 の表面性状を測定する。例えば、表面性状測定装置 3 0 C が上記測定構造を有する場合は、投光部 3 2 から投光されたレーザ光は、ドレッシング部材 2 2 a に形成された貫通孔 2 2 b を介して研磨パッド 2 の表面に到達し、研磨パッド 2 の表面で反射した反射光は、貫通孔 2 2 b を介して受光部 3 3 に受光される。表面性状測定装置 3 0 C が撮像装置 3 9 を有する場合は、撮像装置 3 9 は、ドレッシング部材 2 2 a に形成された貫通孔 2 2 b を介して研磨パッド 2 の表面の画像情報を取得する。

- [0128] 図25に示すように、表面性状測定装置30Cは、図8を参照して説明されたノズル45を有していてもよい。上述したように、ノズル45は、加圧気体（例えば、加圧窒素、または加圧空気）を研磨パッド2の研磨面2aに吹き付けるように構成されており、ノズル45から吹き付けられた加圧気体によって、研磨面2a上の研磨液またはドレッシング液などの液体が除去される。図示はしないが、ノズル45に加圧気体を供給するための加圧気体供給ラインは、例えば、ロータリージョイントなどを介してドレッサーシャフト91に接続され、ドレッサーシャフト91、およびドレッサー22に形成された流路を介して表面性状測定装置30Cに供給される。
- [0129] このように、本実施形態では、ドレッサー22に取り付けられた複数の表面性状測定装置30A-30Cのうちの1つの表面性状測定装置30Cがドレッサー22の内部に配置される。この表面性状測定装置30Cは、例えば、ドレッサー22が研磨パッド2をドレッシングしている最中の研磨パッド2の表面性状を測定する。表面性状測定装置30Cも、制御部23に接続されており、表面性状測定装置30Cは、研磨パッド2のドレッシング中に、所定の時間間隔で、研磨パッド2の表面性状を測定し、その測定値（パッド表面性状値）を制御部23に送信する。
- [0130] 上述したように、表面性状測定装置30A、30Bは、ドレッシング前後のパッド表面性状値を測定し、その測定値（パッド表面性状値）を制御部23に送信する。したがって、制御部23は、表面性状測定装置30A、30Bによって取得されたドレッシング前後のパッド表面性状値と、表面性状測定装置30Cによって取得されたドレッシング中のパッド表面性状値と、を取得することができる。その結果、制御部23は、ドレッシング前後のパッド表面性状値に加えて、ドレッシング中のパッド表面性状値に基づいた、より好適なドレッシング条件を算出することができる。
- [0131] 図26は、表面性状測定装置30を備えた研磨装置を含む研磨システムの一実施形態を示す模式図である。図26に示す研磨システム100は、図1乃至図25を参照して説明された研磨装置と、該研磨装置の表面性状測定装

置 30 を用いて得られた研磨パッド 2 の表面性状のデータが入力される研磨プロセス生成システム 101 とを備える。図 26 に示す研磨プロセス生成システム 101 は、研磨装置と情報を送受信可能に接続される中継器 102 と、中継器 102 と情報を送受信可能に接続される処理システム 105 と、を備える。したがって、研磨装置は、中継器 102 を介して、処理システム 105 と情報を送受信可能に接続される。

[0132] 本実施形態では、研磨装置は、研磨パッド 2 の表面性状のデータなどの各種情報を出力する出力部 15 を備える。上述したように、研磨装置は、表面性状測定装置 30 を用いて研磨パッド 2 の反射強度分布を取得する。研磨装置は、得られた反射強度分布を研磨パッド 2 の表面性状を表すデータとして出力部 15 から出力する。一実施形態では、研磨装置は、表面性状測定装置 30 から得られた反射強度分布に基づいて、研磨パッドの表面性状値を入手し、この表面性状値を研磨パッド 2 の表面性状を表すデータとして出力部 15 から出力してもよい。

[0133] 表面性状測定装置 30 が撮像装置 39（図 5 および図 19 参照）を有する場合は、研磨装置は、撮像装置 39 から得られた研磨パッド 2 の画像情報を研磨パッド 2 の表面性状を表すデータとして出力部 15 から出力する。撮像装置 39 によって取得される研磨パッド 2 の画像情報の例としては、フレーム画像、TDI 画像、ストロボ画像、ビデオ画像などが挙げられる。一実施形態では、複数の撮像装置 39 を表面性状測定装置 30 のケーシング 43 内に配置して、研磨面 2a の三次元画像を取得してもよい。

[0134] 処理システム 105 は、研磨パッド 2 の表面性状のデータなどの各種情報が入力される入力部 107 と、入力部 107 に入力された研磨パッド 2 の表面性状のデータに基づいて、研磨装置のドレッシング条件を決定する処理部 108 と、処理部 108 によって決定されたドレッシング条件などの各種情報を研磨装置に出力する出力部 110 と、を備える。本実施形態では、処理システム 105 は、入力部 107 と出力部 110 とが一体に構成された送受信部を有している。さらに、処理システム 105 は、記憶部 111 を備えて

おり、記憶部 111 は、入力部 107 に入力された研磨パッド 2 の表面性状のデータなどの各種情報を記憶することができる。

[0135] 処理システム 105 の処理部 108 は、入力部 107 に入力された反射強度分布などの研磨パッド 2 の表面性状のデータに基づいて、研磨パッド 2 の表面性状値を演算し、この値に基づいて、好適なドレッシング条件を算出する。表面性状測定装置 30 から得られた反射強度分布に基づいて入手された研磨パッド 2 の表面性状値が処理システム 105 の入力部 107 に入力される場合は、処理部 108 は、入力部 107 に入力された研磨パッド 2 の表面性状値に基づいて、好適なドレッシング条件を算出する。研磨パッド 2 の画像情報が研磨パッド 2 の表面性状を表すデータとして処理システム 105 の入力部 107 に入力される場合は、処理部 108 は、入力部 107 に入力された研磨パッド 2 の画像情報に基づいて、好適なドレッシング条件を算出する。

[0136] 処理部 108 は、例えば、予め、ドレッシング条件とパッド表面性状値との関連を示す関係式を得ておき、同式により、好適なドレッシング条件を求める。上述したように、ドレッシング条件とは、主に、研磨パッド回転数、ドレッサー回転数、ドレッシング荷重、ドレッサー揺動速度、などである。決定されたドレッシング条件は、処理システム 105 の出力部 110 から中継器 102 を介して研磨装置に出力される。

[0137] 研磨装置は、処理システム 105 から出力されたドレッシング条件などの各種情報が入力される入力部 16 を有している。本実施形態では、研磨装置は、入力部 16 と上記出力部 15 とが一体に構成された送受信部を有している。研磨装置の制御部 23 は、入力部 16 に入力されたドレッシング条件にしたがって研磨パッド 2 のドレッシングを行う。

[0138] 本実施形態では、研磨システム 100 の研磨プロセス生成システム 101 は、処理システム 105 と研磨装置との間に配置された中継器 102 を備えている。中継器 102 は、例えば、ルータなどのゲートウェイである。研磨装置の出力部 15 から出力される研磨パッド 2 の表面性状のデータは、中継

器 102 を介して処理システム 105 の入力部 107 に送信される。処理システム 105 の出力部 110 から出力されるドレッシング条件は、中継器 102 を介して研磨装置の入力部 16 に送信される。

[0139] 中継器 102 は、研磨装置の出力部 15 から出力された研磨パッド 2 の表面性状のデータなどの各種情報が入力される入力部 134 と、処理システム 105 から出力されたドレッシング条件などの各種情報を研磨装置の入力部 16 に出力する出力部 136 と、を有している。本実施形態では、中継器 102 は、入力部 134 と出力部 136 とが一体に構成された送受信部を有している。さらに、中継器 102 は、入力部 134 から入力された研磨パッド 2 の表面性状のデータなどの各種情報を処理システム 105 の入力部 107 に出力する出力部 139 と、処理システム 105 の出力部 110 から出力されたドレッシング条件などの各種情報が入力される入力部 138 と、を有している。中継器 102 は、処理部 140 を有しており、処理部 140 は、研磨装置と中継器 102 との間の情報の送受信と、中継器 102 と処理システム 105 との間の情報の送受信を制御する。

[0140] 研磨装置は、中継器 102 と無線通信（例えば、高速 W i F i （登録商標））または有線通信で接続可能であり、中継器 102 は、処理システム 105 と無線通信（例えば、高速 W i F i （登録商標））または有線通信で接続可能である。本実施形態では、研磨装置は、処理システム 105 と中継器 102 を介したネットワーク（例えば、インターネット）により接続されている。

[0141] 研磨システム 100 は、処理システム 105 で得られた、または処理システム 105 に入力されたパッド表面性状値を異常検知に使用してもよい。この場合、処理システム 105 の処理部 108 は、パッド表面性状値やその経時的な変化が予め定めた値（しきい値）の範囲から外れたら、パッド表面性状異常と判定し、異常信号を研磨装置に出力する。異常信号が入力部 16 に入力されると、研磨装置は、異常を発報する。この場合、研磨装置の運転を停止してもよい。

- [0142] さらに、研磨システム１００は、処理システム１０５で得られた、または処理システム１０５に入力された研磨パッド２の表面性状値に基づいて、研磨パッド２のドレッシングを行う必要があるか否かを示すドレッシングの必要性、研磨パッド２の追加ドレッシングを行う必要があるか否かを示す追加ドレッシングの必要性、およびドレッサーの交換を決定してもよい。この場合、処理システム１０５は、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサーの交換などの情報を研磨装置に出力し、研磨装置は、入力された情報にしたがって動作する。
- [0143] 例えば、研磨装置は、研磨パッド２のドレッシング後に、研磨パッド２の表面性状のデータを取得し、このデータを処理システム１０５に出力する。処理システム１０５は、ドレッシング後の表面性状のデータに基づいて、研磨パッド２をドレッシングする必要があるか否か（すなわち、ドレッシングの必要性）を決定する。処理システム１０５は、決定されたドレッシングの必要性を研磨装置に出力し、研磨装置は、入力されたドレッシングの必要性に基づいて、ドレッサーの動作を制御する。すなわち、研磨装置に、ドレッシングが必要であることを示す情報が入力されると、研磨装置は、研磨パッドのドレッシングを実行する。このとき、研磨装置は、処理システム１０５から出力された好適なドレッシング条件で研磨パッドをドレッシングする。研磨装置に、ドレッシングの必要はないことを示す情報が入力されると、研磨装置は、研磨パッドのドレッシングを実行せずに、次の基板Ｗの研磨を開始する。
- [0144] 上述したように、研磨装置の表面性状測定装置３０は、基板Ｗの研磨中、または研磨パッド２のドレッシング中に、研磨パッド２の表面性状のデータを取得することができる。そこで、研磨装置は、研磨パッド２のドレッシング中に取得された研磨パッド２の表面性状のデータを処理システム１０５に送信し、処理システム１０５の処理部１０８は、ドレッシング中の研磨パッド２の表面性状のデータに基づいて、研磨パッド２のドレッシング中にドレッシング条件を変更する。変更されたドレッシング条件は、研磨装置に送ら

れ、研磨装置は、変更されたドレッシング条件にしたがって研磨パッドのドレッシング行う。

[0145] 図26に示すように、処理システム105の処理部108は、人工知能（AI:artificial intelligence）機能を有していてもよい。この場合、処理部108は、人工知能機能を利用して、好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサーの交換時期を予測する。処理部108は、機械学習またはディープラーニングを行って、パッド表面の性状およびパッド表面状態を評価し、これにより、処理システム105は、好適なドレッシング条件、パッド表面のドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサー交換時期を予測して、研磨装置に出力する。処理システム105は、パッド表面測定装置30によって取得された画像情報を記憶部111に継続的に蓄積し、この蓄積された画像情報を学習データ、教師データ、および学習データセットとして使用することができる。

[0146] さらに、処理システム105は、研磨装置が設置された工場外に構築されたクラウドコンピューティングシステムまたはフォグコンピューティングシステムであってもよいし、研磨装置が設置された工場内に構築されたクラウドコンピューティングシステムまたはフォグコンピューティングシステムであってもよい。

[0147] このような研磨システム100は、人工知能として、ニューラルネットワーク形態、または量子コンピューティング形態を用いて構築される。研磨システム100では、研磨装置の表面性状測定装置30によって取得された研磨パッド2の表面性状を表すデータ（例えば、反射強度分布、画像情報など）を、ルータなどの中継器102を介して、処理システム105に送信する。処理システム105は、人工知能機能を利用して、機械学習またはディープラーニングを行い、好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサー交換時期を予測して、研磨装置に出力する。

- [0148] 機械学習またはディープラーニングでは、教師データが使用される。処理システム105は、記憶部111を備えており、この記憶部111は、入力部107に入力された研磨パッド2の表面性状のデータの比較対象となる教師データを予め記憶している。教師データは、例えば、ドレッシング条件を決定するための研磨パッド2のデータ値、研磨パッド2の交換が必要となる研磨パッド2のデータのしきい値、研磨パッド追加研磨または交換が必要となる研磨パッド2の画像情報などを含んでいる。機械学習またはディープラーニングに使用される教師データは、例えば、正常データ、異常データ、または参照データである。
- [0149] 正常データを教師データとして用いる場合は、正常データを教師データとして機械学習またはディープラーニングを行い、学習済モデルが作成される。処理システム105の処理部108には、研磨装置から研磨パッド2の表面性状を表すデータが入力され、該当の学習済モデルを用いた処理が行われる。そして、処理部108は、パッド表面の性状を評価する。処理部108は、正常データと同等であると判断された画像情報を追加の教師データとして記憶部111に蓄積し、教師データおよび追加の教師データを基にした学習を通じて、好適なドレッシング条件、パッド表面のドレッシングの必要性、およびドレッサー交換時期を予測するためのモデルを更新していく。この学習済モデルは、新たに入力される研磨パッド2の表面性状のデータに対する予測に使用される。
- [0150] 研磨装置から入力された研磨パッド2の表面性状を表すデータが、求められた学習済モデルの正常判定条件から外れている場合は、処理システム105の処理部108は、研磨パッド2に異常が発生していると判断して、研磨装置に異常情報を出力する。
- [0151] このように、ニューラルネットワーク形態で構築された研磨システム100に、反射強度分布、画像情報などの研磨パッド2の表面性状を表すデータを入力することで、好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、ドレッサー交換時期、および研磨パッド2の異常な

どのパッド表面診断結果を提供できる。この場合、研磨システム１００は、研磨パッド２の表面性状を表すデータを入力とし、パッド表面診断結果を出力とする。学習の際には、教師データとして、研磨パッド２の表面性状を表すデータと、正常／異常診断の組み合わせを用いることも可能である。これにより、研磨装置のオペレータの操作指示に異常原因がある場合に、その操作の改善提案を提供することができる。さらに、研磨装置において、自動ドレッシング動作が可能となる。

[0152] 研磨パッド２の表面性状を表すデータが比較的大きな容量を有している場合でも、ニューラルネットワーク形態、または量子コンピューティング形態を用いて、人工知能として構築された研磨システム１００は、大量の情報を処理することができる。そこで、研磨装置は、表面性状測定装置３０を用いて、基板Ｗ上の複数の測定ポイントで、研磨パッド２の画像情報を取得する。

[0153] 図２７Ａは、表面性状測定装置３０の複数の測定ポイントの一例を示す模式図であり、図２７Ｂは、図２７Ａに示す各測定ポイントで測定された研磨パッド２の複数の画像情報を処理するときの研磨システムの動作の概要を示すイメージ図である。図２７Ａに示す例では、表面性状測定装置３０は、基板Ｗの中心ＣＰを含む１３の測定ポイントＳで研磨パッド２の画像情報を取得する。

[0154] 図２７Ｂに示すように、研磨装置は、表面性状測定装置３０によって取得された複数の研磨パッド２の画像情報と、該画像情報を取得した基板Ｗの各座標とを、処理部１０８に入力する。処理部１０８は、記憶部１１１に記憶された学習済モデルを読み出し、入力された研磨パッド２の画像情報に対して学習済モデルを用いた処理を行い、各座標に対応するパッド表面性状を診断する。さらに、処理部１０８は、好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、ドレッサー交換時期、および研磨パッド２の異常などのパッド表面診断結果を研磨装置に出力する。

[0155] 図２６に示す研磨システム１００によれば、研磨パッド２の複数の画像情

報が入力された場合でも、比較的高速でパッド表面診断結果を出力することができる。さらに、複数の画像情報は、記憶部 111 に追加教師データとして蓄積されるので、研磨システム 100 は、パッド表面診断結果の精度を比較的時間に向上させることができる。

[0156] 図 28 は、研磨システム 100 がニューラルネットワーク形態（または量子コンピューティング形態）を用いて、人工知能として構築された別の例を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図 26 に示す研磨システム 100 と同様であるため、その重複する説明を省略する。

[0157] 図 28 に示す研磨システム 100 では、中継器 102 の処理部 140 が人工知能機能（AI）を有している。この中継器 102 は、教師データなどの各種情報を記憶する記憶部 142 をさらに有している。図 28 に示す研磨システム 100 では、研磨装置の表面性状測定装置 30 によって取得された研磨パッド 2 の表面性状を表すデータ（例えば、反射強度分布、画像情報など）が中継器 102 に入力され、中継器 102 が人工知能機能を利用して、機械学習またはディープラーニングを行い、好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサー交換時期を予測して、研磨装置に出力する。

[0158] 中継器 102 は、研磨装置の近くに配置されており、研磨システム 100 は、エッジコンピューティングシステムとして構築されている。すなわち、本実施形態に係る研磨システム 100 では、中継器 102 は、好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、ドレッサー交換時期、および研磨パッド 2 の異常などのパッド表面診断結果を高速で処理して、研磨装置に出力することができる。例えば、図 27A に示すような複数の測定ポイント S で研磨パッド 2 の画像情報を取得し、該画像情報を中継器 102 に入力する場合でも、研磨システム 100 の中継器 102 は、複数の画像情報を高速で処理して、研磨装置にいち早くパッド表面診断結果を出力することができる。そのため、ドレッシング中に、ドレッシング条件を変更する場合であっても、中継器 102 は、画像情報に基づいた好適なド

レッシング条件を研磨装置に出力することができる。

[0159] 一方で、高速で処理する必要のない情報（例えば、研磨装置のステータス情報など）は研磨装置から中継器 102 を介して処理システム 105 に送信することができる。その結果、中継器 102 の処理部 140 は、余計な情報処理を実行する必要がないので、複数の画像情報をさらに高速で処理することができる。

[0160] 図 29 は、研磨装置の制御部が人工知能機能を有している例を示す模式図である。図 29 に示されるように、研磨装置の制御部 23 が人工知能機能を有していてもよい。研磨装置は、記憶部 7 を有しており、記憶部 7 は、教師データなどの各種情報を記憶している。

[0161] 表面性状測定装置 30 によって取得された研磨パッド 2 の表面性状を表すデータ（例えば、反射強度分布、画像情報など）は、研磨装置の制御部 23 に入力され、制御部 23 が人工知能機能を利用して、機械学習またはディープラーニングを行い、好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサー交換時期を予測する。さらに、制御部 23 は、予測された好適なドレッシング条件、ドレッシングの必要性、追加ドレッシングの必要性、およびドレッサー交換時期に応じて、研磨装置の動作を制御する。

[0162] 例えば、制御部 23 が追加ドレッシングが必要であると予測した場合は、制御部 23 は、ドレッシングが終了した後で、さらに、追加ドレッシングを実行する。制御部 23 は、追加ドレッシングの好適なドレッシング条件を予測しており、該好適なドレッシング条件にしたがって、研磨パッド 2 をドレッシングする。

[0163] 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。

産業上の利用可能性

[0164] 本発明は、半導体ウエハ等の基板の研磨に用いられる研磨パッドの表面性状を測定する表面性状測定装置を備えた研磨装置、およびこのような研磨装置を含む研磨システムに利用可能である。

符号の説明

- [0165]
- 1 研磨テーブル
 - 2 研磨パッド
 - 15 出力部
 - 16 入力部
 - 20 ドレッシング装置
 - 22 ドレッサー
 - 23 制御部
 - 30 表面性状測定装置
 - 40 演算部
 - 43 ケーシング
 - 44 切り欠き
 - 45 ノズル
 - 47 フィルター
 - 48 フレーム
 - 49 モータ台
 - 50 支持アーム
 - 52 支持プレート
 - 53 移動ユニット
 - 55 固定ブロック
 - 56 回動ブロック
 - 58 回転軸
 - 59 モータ

- 6 0 回動機構
- 6 2 ピストン
- 6 3 シリンダ
- 6 4 第1 プレート
- 6 5 第2 プレート
- 6 6 回転ピン
- 6 7 ピン
- 6 8 貫通孔
- 6 9 バリア
- 7 0 姿勢調整機構
- 7 2 支持台
- 7 3 調整ピン
- 7 4 貫通孔
- 7 7, 7 8 位置決めプレート
- 8 0 変位機構
- 8 1 長穴
- 8 2 支持軸
- 8 3 ピストンシリンダ機構
- 8 5 ピストン
- 8 6 シリンダ
- 8 9 第1 ジョイント
- 9 0 第2 ジョイント
- 9 1 ドレッサーシャフト
- 9 2 ロータリエンコーダ
- 9 3 エアシリンダ（昇降アクチュエータ）
- 9 5 サブアーム
- 9 6 モータ（回転アクチュエータ）
- 9 8 支軸

- 1 0 0 研磨システム
- 1 0 2 中継器
- 1 0 5 研磨プロセス生成システム
- 1 0 7 入力部
- 1 0 8 処理部
- 1 1 0 出力部
- 1 1 1 記憶部