

研磨方法および研磨装置

発明の背景

発明の技術分野

- 5 本発明は、ウェーハなどの基板を研磨する研磨方法および研磨装置に関し、特に研磨ヘッドを揺動させながら該研磨ヘッドで基板を研磨テーブル上の研磨パッドに押し付けて基板を研磨する方法および装置に関する。

関連技術の記載

- 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
- 10 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。

- したがって、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がますます重要になっている。この表面の平坦化において最も重要な技術は、化学機械研磨（CMP : Chemical Mechanical Polishing）である。この化学機械研磨（以下、CMPという）は、シリカ（ SiO_2 ）等の砥粒を含んだ研磨液を研磨パッドの研磨面上に供給しつつウェーハなどの基板を研磨面に摺接させて研磨を行うものである。研磨対象である基板として、ウェーハなどの円形の基板だけでなく、表面に絶縁体や配線が施されたプリント配線（回路）基板（PCB）などの四
- 15 角形の基板も存在する。

CMPを行うための研磨装置は、研磨面を有する研磨パッドを支持する研磨テーブルと、基板を保持するための研磨ヘッドを備えている。このような研磨装置は、研磨テーブルと研磨ヘッドとを相対運動させ、さらにスラリーなどの研磨液を研磨

パッドの研磨面上に供給しながら、研磨ヘッドにより基板を研磨パッドの研磨面に押し付けるように構成される。基板の表面は、研磨液の存在下で研磨面に摺接し、研磨液の化学的作用、および研磨液に含まれる砥粒の機械的作用により、基板の表面は平坦かつ鏡面に研磨される。

- 5 ウェーハなどの基板は、半導体、導体、絶縁体などの異なる材質からなる積層構造を有している。基板の被研磨面の材質によって、基板と研磨パッドとの間に作用する摩擦力は変化する。そこで、従来から、研磨終点の決定方法として、基板の被研磨面の材質が異材質へ移行することによって生じる摩擦力の変化を検出し、摩擦力が変化した時点に基づいて研磨終点を決定する方法がある。上記摩擦力は、研磨
- 10 テーブルの回転中心（軸心）から離れた位置に作用するため、摩擦力の変化は、研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化として検出することができる。研磨テーブルを回転駆動させる手段が電動モータの場合には、上記トルクは電動モータに流れる電流として測定することができる。

【先行技術文献】

- 15 【特許文献】

【特許文献 1】 日本国特開平 8－1 9 7 4 1 7 号公報

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

- 上述した研磨装置では、研磨性能や生産性向上等の観点から研磨ヘッドを研磨パッドの研磨面に沿って揺動（往復運動）させながら基板を研磨することがある。図
- 20 9 は、研磨ヘッドを揺動させないで基板を研磨したときの、研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化を示す図である。図 9 に示す例では、基板の研磨が進むにつれて研磨テーブルを回転させるためのトルクが徐々に小さくなり、80 秒付近（図の A 点）からトルクが一定になっている。これは、80 秒付近で被研磨面の材質が変化したことを示している。したがって、トルクが一定になる時点（図の A
- 25 点）に基づき、研磨終点を決定することができる。

図 10 は、研磨ヘッドを研磨パッドの研磨面に沿って揺動させながら図 9 の基板と同等の基板を研磨したときの、研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化を示す図である。研磨ヘッドを研磨パッドの研磨面に沿って揺動させると、摩擦力が

作用する研磨パッド上の位置が変動する。研磨テーブルを一定の速度で回転させるために必要なトルクは、研磨テーブルの軸心から摩擦力が作用する位置（研磨ヘッドの位置）までの距離に依存して変わる。したがって、図10に示すように、基板の研磨中に研磨ヘッドを揺動させると、トルクが大きく変動し、研磨終点を正確に

5 決定できないことがあった。

発明の要旨

そこで本発明は、研磨ヘッドを研磨パッドの研磨面に沿って揺動させる工程を含みつつ、基板の研磨終点を正確に決定することができる研磨方法および研磨装置を
10 提供することを目的とする。

一態様では、基板を研磨する方法であって、研磨パッドを支持する研磨テーブルを回転させ、研磨ヘッドによって前記基板を前記研磨パッドの研磨面に押し付けて前記基板を研磨し、前記基板を研磨する工程は、前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら前記基板を研磨する揺動研磨工程と、前記研磨ヘッドの揺動を
15 停止させた状態で前記基板を研磨する静止研磨工程とを含み、前記静止研磨工程は、前記揺動研磨工程後に行われ、前記静止研磨工程は、前記研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化の割合が変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する工程を含む、方法が提供される。

一態様では、前記基板を研磨する工程は、前記トルクが予め設定されたトルクし
20 きい値に達した後、または現在の研磨時間が予め設定された揺動研磨時間を経過した後に、前記研磨ヘッドの揺動を停止する揺動停止動作を含む。

一態様では、前記揺動停止動作は、前記研磨ヘッドが前記研磨テーブル上方の予め設定された停止位置にあるときに前記研磨ヘッドの揺動を停止する動作を含む。

一態様では、前記静止研磨終点を決定する工程は、前記変化の割合が低下して前
25 記変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する工程である。

一態様では、前記静止研磨終点を決定する工程は、前記変化の割合が増加して前記変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する工程である。

一態様では、前記基板を研磨する工程は、前記静止研磨工程後に行われる仕上げ

研磨工程をさらに含み、前記仕上げ研磨工程は、前記静止研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨時間を経過した時点である仕上げ研磨終点を決定する工程を含む。

一態様では、前記仕上げ研磨工程は、前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら前記基板を研磨する工程を含む。

- 5 一態様では、前記研磨ヘッドが揺動している間、前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある。

一態様では、基板を研磨する方法であって、研磨パッドを支持する研磨テーブルを回転させ、研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら、前記研磨ヘッドによって前記基板を前記研磨パッドの研磨面に押し付けて前記基板を研磨し、前記基

- 10 板を研磨する工程は、前記基板を研磨しながら、前記研磨テーブルを回転させるためのトルクを測定する工程と、前記トルクの複数の測定値から、前記トルクの複数の代表値を決定する工程と、前記トルクの複数の代表値と研磨時間との関係を表す関係式を生成する工程と、前記関係式から算出される前記トルクの予測値がトルクしきい値に達する時点である第1研磨終点を決定する工程とを含む、方法が提供される。
- 15

一態様では、前記トルクの複数の代表値は、前記トルクの複数の極小値、前記トルクの複数の極大値、または前記トルクの複数の移動平均値である。

一態様では、前記基板を研磨する工程は、前記第1研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨時間を経過した時点である第2研磨終点を決定する工程を含む。

- 20 一態様では、前記研磨ヘッドが揺動している間、前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある。

一態様では、基板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、前記研磨テーブルを回転させるテーブルモータと、前記研磨テーブルを回転させるためのトルクを測定するトルク測定装置と、基板を前記研磨パッド

- 25 の研磨面に押し付けて該基板を研磨する研磨ヘッドと、前記研磨ヘッドに連結された研磨ヘッド揺動アームと、前記研磨ヘッド揺動アームに連結され、前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させる揺動モータと、前記研磨装置の動作を制御する動作制御部とを備え、前記動作制御部は、前記研磨テーブルを回転させながら、か

つ前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら、前記基板を研磨する揺動研磨工程を前記研磨装置に実行させ、前記揺動研磨工程の後、前記研磨テーブルを回転させながら、前記研磨ヘッドの揺動を停止させた状態で前記基板を研磨する静止研磨工程を前記研磨装置に実行させ、前記静止研磨工程中に、前記研磨テーブル

5 を回転させるためのトルクの変化の割合が変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定するように構成されている、研磨装置が提供される。

一態様では、前記動作制御部は、前記トルクが予め設定されたトルクしきい値に達した後、または現在の研磨時間が予め設定された揺動研磨時間を経過した後に、前記揺動モータに指令を発して前記研磨ヘッドの揺動を停止させるように構成され

10 ている。

一態様では、前記動作制御部は、前記研磨ヘッドが前記研磨テーブル上方の予め設定された停止位置にあるときに前記揺動モータに指令を発して前記研磨ヘッドの揺動を停止させるように構成されている。

一態様では、前記動作制御部は、前記静止研磨工程の後、前記研磨テーブルを回

15 転させながら、前記基板を研磨する仕上げ研磨工程を前記研磨装置に実行させ、前記仕上げ研磨工程中に、前記静止研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨時間を経過した時点である仕上げ研磨終点を決定するように構成されている。

一態様では、前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある。

一態様では、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、前記研磨テーブルを回転さ

20 せるテーブルモータと、前記研磨テーブルを回転させるためのトルクを測定するトルク測定装置と、基板を前記研磨パッドの研磨面に押し付ける研磨ヘッドと、前記研磨ヘッドに連結された研磨ヘッド揺動アームと、前記研磨ヘッド揺動アームに連結され、前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させる揺動モータと、動作制御部とを備え、前記動作制御部は、前記トルク測定装置から前記トルクの複数の測定

25 値を取得し、前記トルクの複数の測定値から、前記トルクの複数の代表値を決定し、前記トルクの複数の代表値と研磨時間との関係を表す関係式を生成し、前記関係式から算出される前記トルクの予測値がトルクしきい値に達する時点である第1研磨終点を決定するように構成されている、研磨装置が提供される。

一態様では、前記トルクの複数の代表値は、前記トルクの複数の極小値、前記トルクの複数の極大値、または前記トルクの複数の移動平均値である。

一態様では、前記動作制御部は、前記第 1 研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨時間を経過した時点である第 2 研磨終点を決定するように構成されている。

5 一態様では、前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある。

本発明によれば、研磨装置は、研磨ヘッドを揺動させながら基板を研磨した後、研磨ヘッドの揺動を停止し、研磨ヘッドの揺動を停止した状態で基板を研磨しながら、研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化の割合が変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する。

10 また、研磨装置は、上記トルクの複数の測定値に基づいて上記トルクの予測値を算出し、上記予測値に基づいて、上記予測値がトルクしきい値に達する時点である第 1 研磨終点を決定する。

結果として、静止研磨終点または第 1 研磨終点に基づいて、研磨終点を正確に決定することができる。

15

図面の簡単な説明

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、図 1 に示す研磨ヘッドの断面図である。

図 3 は、研磨ヘッドを研磨面に沿って揺動させているときの状態を上から見た図
20 である。

図 4 は、基板の研磨方法および基板の研磨終点の決定方法の一実施形態を示すフローチャートである。

図 5 は、基板の研磨方法および基板の研磨終点の決定方法の一実施形態を示すフローチャートである。

25 図 6 は、ステップ 1-1 ～ステップ 1-12 における研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化の一例を示す図である。

図 7 は、基板の研磨方法および基板の研磨終点の決定方法の他の実施形態を示すフローチャートである。

図 8 は、研磨テーブルを回転させるためのトルクと、第 1 研磨終点の関係を示す図である。

図 9 は、研磨ヘッドを揺動させないで基板を研磨したときの、研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化を示す図である。

- 5 図 10 は、研磨ヘッドを研磨パッドの研磨面に沿って揺動させながら図 9 の基板と同等の基板を研磨したときの、研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化を示す図である。

実施形態の説明

- 10 以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図 1 は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。図 1 に示す研磨装置 1 は、四角形の基板を研磨するための研磨装置に好適に使用される。

- 図 1 に示すように、研磨装置 1 は、基板 W を保持し回転させる研磨ヘッド 10 と、研磨パッド 2 を支持する研磨テーブル 3 と、研磨テーブル 3 を回転させるテーブルモータ 8 と、支軸 14 の上端に連結された研磨ヘッド揺動アーム 16 と、研磨ヘッド揺動アーム 16 の自由端に取り付けられた研磨ヘッドシャフト 12 と、研磨装置 1 の各構成要素の動作を制御する動作制御部 7 とを備えている。研磨ヘッド揺動アーム 16 は、研磨テーブル 3 の上方に配置されており、研磨パッド 2 の研磨面 2a と平行に配置されている。本実施形態の基板 W は、表面に絶縁体や配線が施されたプリント配線（回路）基板（PCB）などの四角形の基板であり、研磨ヘッド 10 は、四角形の形状を有しているが、基板 W と研磨ヘッド 10 の形状は本実施形態に限定されない。一実施形態では、基板 W は、円形のウェーハでもよく、研磨ヘッド 10 の形状は円形でもよい。研磨ヘッド 10 は研磨ヘッドシャフト 12 の下端に連結されており、その下面に真空吸引により基板 W を保持できるように構成されている。研磨ヘッド揺動アーム 16 は、研磨ヘッドシャフト 12 を介して研磨ヘッド 10 に連結されており、研磨ヘッド 10 は研磨ヘッド揺動アーム 16 によって支持されている。
- 20
- 25

動作制御部 7 は、少なくとも 1 台のコンピュータから構成される。動作制御部 7

は、プログラムが格納された記憶装置 7 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 7 b を備えている。演算装置 7 b は、記憶装置 7 a に格納されているプログラムに含まれている命令に従って演算を行う CPU（中央処理装置）または GPU（グラフィックプロセッシングユニット）などを含む。記憶装置 5 7 a は、演算装置 7 b がアクセス可能な主記憶装置（例えばランダムアクセスメモリ）と、データおよびプログラムを格納する補助記憶装置（例えば、ハードディスクドライブまたはソリッドステートドライブ）を備えている。

10 研磨装置 1 は、研磨ヘッドシャフト 1 2 に連結された研磨ヘッド回転モータ 1 3 をさらに備えている。本実施形態では、研磨ヘッド回転モータ 1 3 は、研磨ヘッド揺動アーム 1 6 内に配置されているが、一実施形態では、研磨ヘッド回転モータ 1 3 は、研磨ヘッド揺動アーム 1 6 の外側に配置されてもよい。具体的には、研磨ヘッド回転モータ 1 3 は、研磨ヘッド揺動アーム 1 6 の上方に配置され、研磨ヘッド回転モータ 1 3 の回転軸は研磨ヘッド揺動アーム 1 6 を貫通して延び、研磨ヘッドシャフト 1 2 に連結されていてもよい。

15 研磨ヘッドシャフト 1 2 は研磨ヘッド回転モータ 1 3 によって回転可能に構成されている。この研磨ヘッドシャフト 1 2 の回転により、研磨ヘッド 1 0 が図の矢印で示す方向に研磨ヘッドシャフト 1 2 を中心に回転するようになっている。研磨ヘッドシャフト 1 2 は、図示しない昇降装置に連結されている。研磨ヘッド 1 0 は、昇降装置によって研磨ヘッドシャフト 1 2 を介して上昇および下降されるようになっている。20

研磨装置 1 は、研磨ヘッド揺動アーム 1 6 に連結された揺動モータ 1 5 をさらに備えている。本実施形態では、揺動モータ 1 5 は、支軸 1 4 内に配置されている。研磨ヘッド揺動アーム 1 6 は、揺動モータ 1 5 によって支軸 1 4 を中心に回転可能に構成されている。研磨ヘッド 1 0 は、研磨ヘッド揺動アーム 1 6 の旋回により、25 基板 W の図示しない受取位置と研磨テーブル 3 の上方位置との間を移動される。一実施形態では、研磨ヘッド揺動アーム 1 6 は支軸 1 4 に固定され、揺動モータ 1 5 は支軸 1 4 に連結されてもよい。

研磨テーブル 3 の上面には研磨パッド 2 が貼り付けられており、研磨パッド 2 は、

研磨テーブル 3 と一体に回転するように構成されている。研磨パッド 2 の上面は、基板 W を研磨する研磨面 2 a を構成している。研磨テーブル 3 は、テーブル軸 3 a を介してその下方に配置されるテーブルモータ 8 に連結されている。研磨テーブル 3 は、テーブルモータ 8 によってテーブル軸 3 a を中心に矢印で示す方向に回転可能に構成されている。より具体的には、研磨テーブル 3 の軸心 C P と、テーブル軸 3 a の軸心は一致しており、研磨テーブル 3 は、軸心 C P を中心に回転する。テーブルモータ 8 の一例として、インバータを備えた可変速モータが挙げられる。

研磨装置 1 は、研磨テーブル 3 を回転させるためのトルクを測定するトルク測定装置 9 をさらに備えている。トルク測定装置 9 は、テーブルモータ 8 に接続されている。基板 W の研磨中、研磨テーブル 3 は、一定の速度で回転するようにテーブルモータ 8 によって駆動される。したがって、研磨テーブル 3 を一定の速度で回転させるために必要なトルクが変化すると、テーブルモータ 8 の駆動電流が変化する。

研磨テーブル 3 を回転させるためのトルクは、研磨テーブル 3 をその軸心 C P 周りに回転させる力のモーメントである。研磨テーブル 3 を回転させるためのトルクは、テーブルモータ 8 の駆動電流に相当する。したがって、本実施形態では、トルク測定装置 9 は、テーブルモータ 8 の駆動電流を測定する電流測定器である。一実施形態では、トルク測定装置 9 は、テーブルモータ 8 を駆動するモータドライバの少なくとも一部から構成されてもよい。この場合、モータドライバは、研磨テーブル 3 を一定の速度で回転させるために必要な電流値を決定し、この決定された電流値を出力する。決定された電流値は、研磨テーブル 3 を回転させるためのトルクに相当する。一実施形態では、トルク測定装置 9 は、研磨テーブル 3 をその軸心 C P 周りに回転させるトルクを直接測定するトルク測定装置であってもよい。

研磨装置 1 は、研磨パッド 2 のコンディショニングを行うためのドレッサ 3 0 と、研磨パッド 2 にドレッシング液を供給するためのドレッシング液供給ノズル 5 と、液体、または液体と気体との混合流体を研磨パッド 2 に向けて噴射するためのアトマイザ 3 3 とをさらに備えている。ドレッシング液の一例として、純水が挙げられる。アトマイザ 3 3 から噴射される液体は、例えば、純水であり、アトマイザ 3 3 から噴射される気体は、例えば、窒素ガスである。

研磨テーブル 3 およびテーブル軸 3 a には、研磨液を供給するための研磨液供給路 3 9 が設けられている。研磨液供給路 3 9 の一端は、研磨テーブル 3 の表面に形成された研磨液供給孔 3 6 に連通しており、他端は、図示しない研磨液供給源に接続されている。研磨テーブル 3 の研磨液供給孔 3 6 に対応する位置において研磨パッド 2 には研磨液供給孔 3 7 が形成されている。基板 W の研磨中は、研磨液が研磨液供給路 3 9 および研磨液供給孔 3 6 を通過して研磨液供給孔 3 7 から研磨パッド 2 の研磨面 2 a に供給される。研磨液の一例として砥粒を含むスラリーが挙げられる。図 1 では、1 組の研磨液供給孔 3 6、3 7 を示すが、研磨装置 1 は、複数組の研磨液供給孔 3 6、3 7 を備えていてもよい。研磨液供給孔 3 6、3 7 は、研磨テーブル 3 の軸心 C P 上、または軸心 C P 付近に配置される。

図 2 は、図 1 に示す研磨ヘッド 1 0 の断面図である。研磨ヘッド 1 0 は、基板 W を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対して押し付けるための弾性膜 4 5 と、弾性膜 4 5 を保持するヘッド本体 1 1 と、ヘッド本体 1 1 の下方に配置されたリテーナ部材 2 0 とを備えている。弾性膜 4 5 は、ヘッド本体 1 1 の下部に取り付けられている。

ヘッド本体 1 1 は、研磨ヘッドシャフト 1 2 の端部に固定されており、ヘッド本体 1 1、弾性膜 4 5、およびリテーナ部材 2 0 は、研磨ヘッドシャフト 1 2 の回転により一体に回転するように構成されている。リテーナ部材 2 0 は、ヘッド本体 1 1 に対して相対的に上下動可能に構成されている。本実施形態のヘッド本体 1 1 は、四角形の形状を有しており、エンジニアリングプラスチック（例えば、PEEK）などの樹脂により形成されている。

弾性膜 4 5 の下面は、基板 W を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対して押し付ける基板押圧面 4 5 a を構成する。リテーナ部材 2 0 は、基板押圧面 4 5 a を囲むように配置され、基板 W はリテーナ部材 2 0 によって囲まれている。弾性膜 4 5 とヘッド本体 1 1 との間には、圧力室（エアバッグ）P 1 が設けられている。圧力室 P 1 は弾性膜 4 5 とヘッド本体 1 1 とによって形成されている。圧力室 P 1 には流体路 4 6 を介して加圧空気等の加圧流体が供給され、あるいは真空引きがされるようになっている。

図 2 に示す実施形態において、圧力室 P 1 は基板 W の上面全体に亘って形成され

る。一実施形態では、弾性膜４５とヘッド本体１１とにより、複数の圧力室を形成してもよい。複数の圧力室を形成する場合、各圧力室に連通する流体路を設け、各圧力室の圧力を独立に制御するように構成してもよい。弾性膜４５は、エチレンプロピレンゴム（ＥＰＤＭ）、ポリウレタンゴム、シリコンゴム等の強度および耐久性に優れたゴム材によって形成されている。

リテーナ部材２０は、弾性膜４５の周囲に配置されており、リテーナ部材２０は、基板Ｗの研磨中、研磨パッド２の研磨面２ａに接触する。リテーナ部材２０は、基板Ｗの外周縁を囲むように配置されており、基板Ｗの研磨中に基板Ｗが研磨ヘッド１０から飛び出してしまうことを防止する。本実施形態のリテーナ部材２０は、四角形の基板Ｗに対応して四角形の環状の形状を有しているが、リテーナ部材２０の形状は、本実施形態の形状に限定されない。リテーナ部材２０は、剛性の高い樹脂材またはセラミックス等から形成することができる。

リテーナ部材２０とヘッド本体１１との間には、環状の弾性バッグ４９が配置されており、その弾性バッグ４９の内部には圧力室Ｐｒが形成されている。リテーナ部材２０は、弾性バッグ４９の膨張／収縮によりヘッド本体１１に対して相対的に上下動可能となっている。弾性バッグ４９は、膨張することによって、リテーナ部材２０の下面を研磨パッド２の研磨面２ａに押し付ける。

圧力室Ｐｒには流体路５０が連通しており、加圧空気等の加圧流体が流体路５０を通じて圧力室Ｐｒに供給されるようになっている。圧力室Ｐｒの内部圧力は調整可能となっている。したがって、基板Ｗの研磨パッド２に対する押圧力とは独立してリテーナ部材２０の研磨パッド２に対する押圧力を調整することができる。本実施形態の弾性バッグ４９は、四角形の基板Ｗに対応して四角形の環状の形状を有しているが、弾性バッグ４９の形状は、本実施形態の形状に限定されない。一実施形態では、研磨ヘッド１０は、複数のリテーナ部材２０および複数の弾性バッグ４９を備えてもよい。この場合、各リテーナ部材２０の研磨パッド２に対する押圧力は、各弾性バッグ４９により、それぞれ独立して調整可能に構成される。基板Ｗが多角形の場合、各辺および／または各角部毎に独立して調整させる複数のリテーナ部材２０および複数の弾性バッグ４９を備えてもよい。

上記昇降装置（図示せず）、研磨ヘッド回転モータ１３、揺動モータ１５、テーブルモータ８、およびトルク測定装置９は、動作制御部７に電氣的に接続されている。上記昇降装置（図示せず）、研磨ヘッド回転モータ１３、揺動モータ１５、テーブルモータ８、およびトルク測定装置９の動作は、動作制御部７によって制御される。

基板Wの研磨は次のようにして行われる。研磨ヘッド１０を回転させながら、かつ研磨テーブル３を研磨パッド２と一体に回転させながら、研磨液供給孔３７から研磨液（スラリー）を研磨パッド２の研磨面２ａ上に供給する。研磨ヘッド１０は昇降装置（図示せず）により所定の位置（研磨高さ）まで下降する。この所定の位置（研磨高さ）にある研磨ヘッド１０の圧力室Ｐ１に圧縮気体を供給することで、弾性膜４５を膨らませ、弾性膜４５は基板Wを研磨パッド２の研磨面２ａに押し付ける。圧縮気体は、圧力室Ｐｒ内にも供給され、弾性バッグ４９はリテーナ部材２０を研磨パッド２の研磨面２ａに対して押し付ける。

研磨ヘッド１０および研磨テーブル３（および研磨パッド２）は、図１の矢印で示すように同じ方向に回転し、この状態で研磨ヘッド１０は、基板Wを研磨パッド２の研磨面２ａに押し付ける。スラリーが研磨パッド２の研磨面２ａ上に存在した状態で、基板Wは研磨パッド２の研磨面２ａに摺接される。基板Wの表面は、スラリーの化学成分による化学的作用と、スラリーに含まれる砥粒の機械的作用との組み合わせにより、研磨される。

基板Wの研磨中、動作制御部７は揺動モータ１５に指令を発して研磨ヘッド１０を研磨面２ａに沿って揺動させる。図３は、研磨ヘッド１０を研磨面２ａに沿って揺動させているときの状態を上から見た図である。図３に示す研磨ヘッド１０は、研磨ヘッドシャフト１２を中心に回転している。動作制御部７が揺動モータ１５を時計回りおよび反時計周りに交互に所定の角度だけ回転させることによって、研磨ヘッド１０は、研磨ヘッド揺動アーム１６を介して支軸１４を中心に回転往復運動し、これにより、研磨ヘッド１０は、研磨面２ａに沿って揺動する。

本実施形態の研磨ヘッド１０は比較的大きな寸法の基板を保持できるように構成されている。そのため、図３に示すように、研磨テーブル３に対する研磨ヘッド１

0の寸法は相対的に大きく、研磨中、研磨ヘッド10は、研磨テーブル3の軸心CP上に配置される。このような場合、研磨パッド2の上方から研磨面2aに研磨液を供給すると、研磨ヘッド10に保持されている基板Wの被研磨面全体に研磨液が供給されないことがある。そこで、本実施形態では、基板Wの被研磨面全体に研磨液を供給するために、軸心CP上または軸心CP付近の研磨液供給孔37から研磨液が供給される。また、研磨液を基板Wの被研磨面全体に均一に供給するために、研磨装置1は、研磨ヘッド10を研磨面2aに沿って揺動させながら基板Wを研磨する。研磨ヘッド10が揺動している間、研磨ヘッド10および基板Wは、研磨テーブル3の軸心CP上にある。

10 基板Wの研磨が終了すると、研磨された基板Wは研磨ヘッド10から取り外され、次の工程に搬送される。基板Wの研磨後、研磨パッド2の研磨面2aは、ドレッサ30によりドレッシングされる。ドレッサ30は研磨パッド2をわずかに削り取り、これにより研磨面2aを再生する。研磨ヘッド10は、新たな基板を保持し、新たな基板が同様に研磨される。このようにして基板の研磨が繰り返される。

15 基板の研磨終点は、研磨テーブル3を回転させるためのトルクの変化に基づいて決定される。上述のように、本実施形態では、研磨テーブル3を回転させるためのトルクは、テーブルモータ8の駆動電流に相当し、動作制御部7はテーブルモータ8の駆動電流の変化に基づいて基板の研磨終点を決定する。

以下、基板の研磨方法および基板の研磨終点の決定方法の詳細について説明する。

20 図4および図5は、基板の研磨方法および基板の研磨終点の決定方法の一実施形態を示すフローチャートである。

ステップ1-1～ステップ1-4では、研磨装置1は、揺動研磨工程を実施する。本明細書では、揺動研磨工程を、研磨テーブル3を回転させながら、かつ研磨ヘッド10を研磨面2aに沿って揺動させながら基板を研磨する工程と定義する。

25 ステップ1-1では、研磨装置1は、揺動研磨工程を開始する。すなわち、テーブルモータ8は、研磨テーブル3を研磨パッド2と一体に一定の回転速度で回転させ、研磨ヘッド10は基板Wを一定の回転速度で回転させる。揺動モータ15は研磨ヘッド10を研磨面2aに沿って一定の条件で揺動させながら、研磨ヘッド10

は基板Wを研磨パッド2の研磨面2aに一定の条件で押し付けて、基板Wを研磨する。さらに同時にリテーナ部材20を研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付けて基板Wを研磨してもよい。

- 5 ステップ1-2では、研磨ヘッド10は研磨パッド2上の基板Wを研磨しながら、トルク測定装置9は研磨テーブル3を回転させるためのトルク（テーブルモータ8の駆動電流）を測定する。

- 10 ステップ1-3では、動作制御部7は、トルク測定装置9から上記トルクの測定値を取得し、上記トルクの測定値を予め設定されたトルクしきい値と比較する。このトルクの測定値は、研磨テーブル3を一定の速度で回転させるために必要なトルクを表している。上記トルクの測定値がトルクしきい値に達していない場合、動作制御部7は、研磨装置1に揺動研磨工程を継続させる。上記トルクの測定値がトルクしきい値に達した後、動作制御部7は、揺動モータ15に指令を発して研磨ヘッド10の揺動を停止させる（ステップ1-4）。これにより、研磨装置1は、揺動研磨工程を終了する。

- 15 本実施形態では、研磨対象の基板Wは、基板Wの研磨が進むにつれて研磨テーブル3を回転させるためのトルクが低下する（研磨パッド2と基板Wの間に作用する摩擦力が小さくなる）構造を有している。したがって、本実施形態では、上記トルクの測定値がトルクしきい値よりも大きい場合、動作制御部7は、研磨装置1に揺動研磨工程を継続させる。上記トルクの測定値がトルクしきい値と同じか、トルクしきい値よりも小さい場合、動作制御部7は、揺動モータ15に指令を発して研磨ヘッド10の揺動を停止させる。

- 25 一実施形態では、研磨対象の基板Wは、基板Wの研磨が進むにつれて研磨テーブル3を回転させるためのトルクが増加する（研磨パッド2と基板Wの間に作用する摩擦力が大きくなる）構造を有してもよい。この場合は、上記トルクの測定値がトルクしきい値よりも小さい場合、動作制御部7は、研磨装置1に揺動研磨工程を継続させる。上記トルクの測定値がトルクしきい値と同じか、トルクしきい値よりも大きい場合、動作制御部7は、揺動モータ15に指令を発して研磨ヘッド10の揺動を停止させる。

以下、本明細書では、上記トルクの測定値が予め設定されたトルクしきい値に達した後、研磨ヘッド10の揺動を停止する動作を揺動停止動作と呼ぶ。本実施形態では、研磨ヘッド10が研磨テーブル3上方の予め設定された停止位置にあるときに揺動停止動作が実行される。上述のように、研磨パッド2に対する研磨ヘッド10の位置に応じて研磨テーブル3を回転させるために必要なトルクが変動する。研磨する基板ごとに後述する静止研磨工程を実施するための研磨ヘッド10の位置が異なると、後述する静止研磨終点にばらつきが生じる。したがって、研磨ヘッド10を同じ停止位置で停止させることで、静止研磨工程での静止研磨終点にばらつきが生じるのを防ぐことができる。

- 10 一実施形態では、ステップ1-3において、動作制御部7は、トルクの測定値を予め設定されたトルクしきい値と比較することに代えて、現在の研磨時間を予め設定された揺動研磨時間と比較してもよい。現在の研磨時間が揺動研磨時間を経過していない場合、動作制御部7は、研磨装置1に揺動研磨工程を継続させる。現在の研磨時間が揺動研磨時間を経過した後、動作制御部7は、揺動モータ15に指令を
- 15 発して研磨ヘッド10の揺動を停止させる（ステップ1-4）。この場合、揺動停止動作は、現在の研磨時間が揺動研磨時間を経過した後、研磨ヘッド10の揺動を停止する動作である。

- ステップ1-5～ステップ1-9では、揺動停止動作後、動作制御部7は研磨装置1に静止研磨工程を実施させる。本明細書では、静止研磨工程を、研磨テーブル3を回転させながら、研磨ヘッド10の揺動を停止させた状態で基板を研磨する工程と定義する。
- 20

- ステップ1-5では、研磨装置1は、静止研磨工程を開始する。静止研磨工程は、研磨ヘッド10を揺動させない点で揺動研磨工程と相違し、他の動作は揺動研磨工程と同じである。すなわち、揺動停止動作により揺動を停止した研磨ヘッド10は、
- 25 基板Wを回転させながら、研磨テーブル3とともに回転する研磨パッド2の研磨面2aに基板Wを押し付けて基板Wを研磨する。静止研磨工程での研磨ヘッド10の位置は、上述した予め設定された停止位置である。揺動研磨工程と静止研磨工程は、実質的に連続して行われる。

ステップ１－６では、研磨ヘッド１０が基板Ｗを研磨しながら、トルク測定装置９は研磨テーブル３を回転させるためのトルク（テーブルモータ８の駆動電流）を測定する。

- ５ ステップ１－７では、動作制御部７は、トルク測定装置９からトルクの測定値を取得し、トルクの測定値に基づいてトルクの研磨時間に対する変化率（すなわち、トルクの変化の割合）を算出する。

ステップ１－８では、動作制御部７は、トルクの変化の割合を、予め設定された変化割合しきい値と比較する。トルクの変化の割合が変化割合しきい値に達していない場合、動作制御部７は、研磨装置１に静止研磨工程を継続させる。

- １０ ステップ１－９では、動作制御部７は、トルクの変化の割合が変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する。その後、動作制御部７は研磨装置１に静止研磨工程を終了させる。静止研磨工程では、研磨ヘッド１０の揺動を停止しているため、研磨ヘッド１０の位置に応じたトルクの変動を除去することができ、動作制御部７は静止研磨終点を正確に決定することができる。

- １５ 本実施形態では、研磨対象の基板Ｗは、静止研磨工程が進むにつれてトルクの変化の割合が低下する構造を有している。したがって、本実施形態では、トルクの変化の割合が変化割合しきい値よりも大きい場合、動作制御部７は研磨装置１に静止研磨工程を継続させる。動作制御部７は、トルクの変化の割合が低下して変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する。

- ２０ 一実施形態では、研磨対象の基板Ｗは、静止研磨工程が進むにつれてトルクの変化の割合が増加する構造を有してもよい。この場合は、トルクの変化の割合が変化割合しきい値よりも小さい場合、動作制御部７は研磨装置１に静止研磨工程を継続させる。動作制御部７は、トルクの変化の割合が増加して変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する。

- ２５ ステップ１－１０～ステップ１－１２では、静止研磨工程後、動作制御部７は研磨装置１に仕上げ研磨工程を実行させる。静止研磨工程が進むにつれてトルクの変化の割合が低下する構造を有する基板Ｗの研磨においては、静止研磨終点を経過した後、研磨パッド２と基板Ｗの間に作用する摩擦力は大きく変化しない（すなわち、

研磨テーブル 3 を回転させるためのトルクは大きく変化しない)。この静止研磨終点は、基板 W の被研磨面の材質が変化した時点を表している。静止研磨工程が進むにつれてトルクの変化の割合が増加する構造を有する基板 W の研磨においても、静止研磨終点は、基板 W の被研磨面の材質が変化した時点を表している。静止研磨終点を経過した後もさらに基板 W を研磨する仕上げ研磨工程を実施することで、被研磨面の平坦性を向上させることができる。

ステップ 1-10 では、研磨装置 1 は、仕上げ研磨工程を開始する。仕上げ研磨工程は、揺動研磨工程と実質的に同じ動作である。すなわち、揺動モータ 15 は、研磨ヘッド 10 を研磨面 2a に沿って揺動させながら、研磨ヘッド 10 は基板 W を回転させ、かつ研磨テーブル 3 とともに回転する研磨パッド 2 の研磨面 2a に基板 W を押し付けて基板 W を研磨する。一実施形態では、研磨ヘッド 10 の揺動を停止させた状態で仕上げ研磨工程を実施してもよい。静止研磨工程と仕上げ研磨工程は、実質的に連続して行われる。尚、仕上げ研磨工程中は静止研磨工程と同様に全時間あるいは非連続的に研磨ヘッド 10 の揺動を停止させてもよいが、研磨ヘッド 10 を揺動させた方が被研磨面の平坦性を向上させることができる。

ステップ 1-11 では、動作制御部 7 は、現在の研磨時間を仕上げ研磨時間と比較する。現在の研磨時間が仕上げ研磨時間を経過していない場合、動作制御部 7 は研磨装置 1 に仕上げ研磨工程を継続させる。

ステップ 1-12 では、動作制御部 7 は、現在の研磨時間が仕上げ研磨時間を経過した時点である仕上げ研磨終点を決定する。仕上げ研磨時間は、静止研磨終点に基づいて定められる。具体的には、動作制御部 7 は、静止研磨終点における研磨時間に予め設定された固定時間を加算することで仕上げ研磨時間を決定する。固定時間は、実験や過去の研磨実績に基づいて決定される。他の例では、動作制御部 7 は、予め設定された係数を、静止研磨終点における研磨時間に乗算して仕上げ研磨時間を決定してもよい。仕上げ研磨終点の決定後、動作制御部 7 は研磨装置 1 に仕上げ研磨工程を終了させ、これにより基板 W の研磨が終了される。図 6 に、ステップ 1-1 ～ステップ 1-12 における研磨テーブル 3 を回転させるためのトルクの変化の一例を示す。図 6 では、研磨が進むにつれて研磨テーブル 3 を回転させるための

トルクが小さくなる基板を研磨した場合の上記トルク変化の例を示す。

上述のトルクしきい値および揺動研磨時間は、実験や過去の研磨実績に基づいて決定され、静止研磨終点の近くに設定される。これにより、研磨ヘッド10の揺動を停止させる時間を短くしながら静止研磨終点を正確に決定することができる。結果として、研磨装置1は、研磨性能を維持しながら静止研磨終点および仕上げ研磨終点などの研磨終点を正確に決定することができる。基板Wの表面欠陥（傷など）を削減するために、仕上げ研磨工程の最後に、または仕上げ研磨工程に続けて、スラリーに代えて純水を研磨パッド2の研磨面2aに供給しながら、研磨ヘッド10の基板Wに対する押圧力を低下させた状態で基板Wを研磨パッド2の研磨面2aに摺接させる水研磨工程を実施してもよい。

次に、基板の研磨方法および基板の研磨終点の決定方法の他の実施形態について説明する。図7は、基板の研磨方法および基板の研磨終点の決定方法の他の実施形態を示すフローチャートである。

ステップ2-1では、動作制御部7は、研磨装置1に基板Wの研磨を実行させる。本実施形態の研磨は以下のように行う。すなわち、テーブルモータ8は、研磨テーブル3を研磨パッド2と一体に一定の回転速度で回転させ、研磨ヘッド10は基板Wを一定の回転速度で回転させる。揺動モータ15は研磨ヘッド10を研磨面2aに沿って一定の条件で揺動させながら、研磨ヘッド10は基板Wを研磨パッド2の研磨面2aに一定の条件で押し付けて、基板Wを研磨する。さらに同時にリテーナ部材20を研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付けて基板Wを研磨してもよい。本実施形態でも、研磨ヘッド10が揺動している間、研磨ヘッド10および基板Wは、研磨テーブル3の軸心CP上にある。

ステップ2-2では、研磨ヘッド10は研磨パッド2上の基板Wを研磨しながら、トルク測定装置9は研磨テーブル3を回転させるためのトルク（テーブルモータ8の駆動電流）を測定する。

ステップ2-3では、動作制御部7は、トルク測定装置9からトルクの測定値を取得し、トルクの複数の測定値から、トルクの複数の代表値を決定する。本実施形態では、トルクの複数の代表値は、トルクの複数の極小値である。一実施形態では、

トルクの複数の代表値は、トルクの複数の極大値でもよく、またはトルクの複数の移動平均値であってもよい。

ステップ２－４では、動作制御部７は、トルクの複数の代表値と研磨時間との関係を表す関係式を生成する。

- 5 ステップ２－５では、動作制御部７は、上記関係式から算出されるトルクの予測値が、予め設定されたトルクしきい値に達する時点である第１研磨終点を決定する。図８は、研磨テーブル３を回転させるためのトルクと、第１研磨終点の関係を示す図である。第１研磨終点は、研磨パッド２と基板Ｗの間に作用する摩擦力が一定になると予測される時点である。トルクしきい値は、実験や過去の研磨実績に基づいて決定される。
- 10

ステップ２－６では、動作制御部７は、現在の研磨時間を仕上げ研磨時間と比較する。現在の研磨時間が仕上げ研磨時間を経過していない場合、動作制御部７は、研磨装置１に基板Ｗの研磨を継続させる。

- ステップ２－７では、動作制御部７は、現在の研磨時間が仕上げ研磨時間を経過した時点である仕上げ研磨終点（第２研磨終点）を決定する。仕上げ研磨時間は、第１研磨終点に基づいて定められる。具体的には、動作制御部７は、第１研磨終点における研磨時間に予め設定された固定時間を加算することで仕上げ研磨時間を決定する。固定時間は、実験や過去の研磨実績に基づいて決定される。他の例では、動作制御部７は、予め設定された係数を第１研磨終点における研磨時間に乗算して仕上げ研磨時間を決定してもよい。第２研磨終点の決定後、動作制御部７は研磨装置１に仕上げ研磨工程を終了させ、これにより基板Ｗの研磨が終了される。基板Ｗの表面欠陥（傷など）を削減するために、仕上げ研磨工程の最後に、または仕上げ研磨工程に続けて、スラリーに代えて純水を研磨パッド２の研磨面２ａに供給しながら、研磨ヘッド１０の基板Ｗに対する押圧力を低下させた状態で基板Ｗを研磨パッド２の研磨面２ａに摺接させる水研磨工程を実施してもよい。
- 15
- 20
- 25

本実施形態では、上記トルクの複数の測定値に基づいて上記トルクの予測値を算出し、上記予測値に基づいて第１研磨終点を決定する。したがって、本実施形態では、研磨ヘッド１０を揺動させながら第１研磨終点を正確に決定することができる。

結果として、研磨装置 1 は、研磨性能を維持しながら第 1 研磨終点および第 2 研磨終点などの研磨終点を正確に決定することができる。

- 5 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. 基板を研磨する方法であって、
研磨パッドを支持する研磨テーブルを回転させ、
- 5 研磨ヘッドによって前記基板を前記研磨パッドの研磨面に押し付けて前記基板を研磨し、
前記基板を研磨する工程は、
前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら前記基板を研磨する揺動研磨工程と、
- 10 前記研磨ヘッドの揺動を停止させた状態で前記基板を研磨する静止研磨工程とを含み、
前記静止研磨工程は、前記揺動研磨工程後に行われ、
前記静止研磨工程は、前記研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化の割合が変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する工程を含む、方法。
- 15
2. 前記基板を研磨する工程は、前記トルクが予め設定されたトルクしきい値に達した後、または現在の研磨時間が予め設定された揺動研磨時間を経過した後に、前記研磨ヘッドの揺動を停止する揺動停止動作を含む、請求項 1 に記載の方法。
- 20
3. 前記揺動停止動作は、前記研磨ヘッドが前記研磨テーブル上方の予め設定された停止位置にあるときに前記研磨ヘッドの揺動を停止する動作を含む、請求項 2 に記載の方法。
4. 前記静止研磨終点を決定する工程は、前記変化の割合が低下して前記変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する工程である、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の方法。
- 25
5. 前記静止研磨終点を決定する工程は、前記変化の割合が増加して前記変化割

合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定する工程である、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の方法。

6. 前記基板を研磨する工程は、前記静止研磨工程後に行われる仕上げ研磨工程
5 をさらに含み、

前記仕上げ研磨工程は、前記静止研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨時間を経過した時点である仕上げ研磨終点を決定する工程を含む、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の方法。

- 10 7. 前記仕上げ研磨工程は、前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら前記基板を研磨する工程を含む、請求項 6 に記載の方法。

8. 前記研磨ヘッドが揺動している間、前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法。

15

9. 基板を研磨する方法であって、
研磨パッドを支持する研磨テーブルを回転させ、
研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら、前記研磨ヘッドによって前記基板を前記研磨パッドの研磨面に押し付けて前記基板を研磨し、

- 20 前記基板を研磨する工程は、
前記基板を研磨しながら、前記研磨テーブルを回転させるためのトルクを測定する工程と、

前記トルクの複数の測定値から、前記トルクの複数の代表値を決定する工程と、
前記トルクの複数の代表値と研磨時間との関係を表す関係式を生成する工程と、

- 25 前記関係式から算出される前記トルクの予測値がトルクしきい値に達する時点である第 1 研磨終点を決定する工程とを含む、方法。

10. 前記トルクの複数の代表値は、前記トルクの複数の極小値、前記トルクの

複数の極大値、または前記トルクの複数の移動平均値である、請求項 9 に記載の方法。

- 1 1. 前記基板を研磨する工程は、前記第 1 研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨時間を経過した時点である第 2 研磨終点を決定する工程を含む、請求項 9 または 1 0 に記載の方法。

1 2. 前記研磨ヘッドが揺動している間、前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある、請求項 9 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の方法。

10

- 1 3. 基板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、
前記研磨テーブルを回転させるテーブルモータと、
前記研磨テーブルを回転させるためのトルクを測定するトルク測定装置と、
15 基板を前記研磨パッドの研磨面に押し付けて該基板を研磨する研磨ヘッドと、
前記研磨ヘッドに連結された研磨ヘッド揺動アームと、
前記研磨ヘッド揺動アームに連結され、前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させる揺動モータと、
前記研磨装置の動作を制御する動作制御部とを備え、
20 前記動作制御部は、

前記研磨テーブルを回転させながら、かつ前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させながら、前記基板を研磨する揺動研磨工程を前記研磨装置に実行させ、

前記揺動研磨工程の後、前記研磨テーブルを回転させながら、前記研磨ヘッドの揺動を停止させた状態で前記基板を研磨する静止研磨工程を前記研磨装置に実行

25 させ、

前記静止研磨工程中に、前記研磨テーブルを回転させるためのトルクの変化の割合が変化割合しきい値に達した時点である静止研磨終点を決定するように構成されている、研磨装置。

1 4. 前記動作制御部は、前記トルクが予め設定されたトルクしきい値に達した後、または現在の研磨時間が予め設定された揺動研磨時間を経過した後に、前記揺動モータに指令を発して前記研磨ヘッドの揺動を停止させるように構成されている、
5 請求項 1 3 に記載の研磨装置。

1 5. 前記動作制御部は、前記研磨ヘッドが前記研磨テーブル上方の予め設定された停止位置にあるときに前記揺動モータに指令を発して前記研磨ヘッドの揺動を停止させるように構成されている、請求項 1 4 に記載の研磨装置。

10

1 6. 前記動作制御部は、
前記静止研磨工程の後、前記研磨テーブルを回転させながら、前記基板を研磨する仕上げ研磨工程を前記研磨装置に実行させ、

前記仕上げ研磨工程中に、前記静止研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨
15 時間を経過した時点である仕上げ研磨終点を決定するように構成されている、請求項 1 3 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の研磨装置。

1 7. 前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある、請求項 1 3 乃至 1 6 のいずれか一項に記載の研磨装置。

20

1 8. 研磨パッドを支持する研磨テーブルと、
前記研磨テーブルを回転させるテーブルモータと、
前記研磨テーブルを回転させるためのトルクを測定するトルク測定装置と、
基板を前記研磨パッドの研磨面に押し付ける研磨ヘッドと、

25 前記研磨ヘッドに連結された研磨ヘッド揺動アームと、
前記研磨ヘッド揺動アームに連結され、前記研磨ヘッドを前記研磨面に沿って揺動させる揺動モータと、
動作制御部とを備え、

前記動作制御部は、前記トルク測定装置から前記トルクの複数の測定値を取得し、前記トルクの複数の測定値から、前記トルクの複数の代表値を決定し、前記トルクの複数の代表値と研磨時間との関係を表す関係式を生成し、前記関係式から算出される前記トルクの予測値がトルクしきい値に達する時点である第1研磨終点を決定するよう構成されている、研磨装置。

19. 前記トルクの複数の代表値は、前記トルクの複数の極小値、前記トルクの複数の極大値、または前記トルクの複数の移動平均値である、請求項18に記載の研磨装置。

10

20. 前記動作制御部は、前記第1研磨終点に基づいて定められた仕上げ研磨時間を経過した時点である第2研磨終点を決定するよう構成されている、請求項18または19に記載の研磨装置。

15 21. 前記研磨ヘッドは、前記研磨テーブルの軸心上にある、請求項18乃至20のいずれか一項に記載の研磨装置。