

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、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する研磨方法および研磨装置に係り、特に研磨パッドの表面温度を調整しながら基板を研磨する研磨方法および研磨装置に関する。

関連技術の記載

- 10 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、多層配線にするためには、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处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处理する必要がある。

- 20 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。この化学的機械的研磨は、研磨装置を用いて、シリカ（ SiO_2 ）やセリア（ CeO_2 ）等の砥粒を含んだ研磨液（スラリー）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。

- 25 CMP（Chemical Mechanical Polishing）装置は、半導体デバイスの製造において、基板の表面を研磨する工程に使用される。CMP装置は、基板をトップリングで保持して基板を回転させ、さらに回転する研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押し付けて基板の表面を研磨する。研磨中、研磨パッドには研磨液（スラリー）が供給され、基板の表面は、研磨液の化学的作用と研磨液に含まれる砥粒の機械的

作用により平坦化される。

5 基板の研磨レートは、基板の研磨パッドに対する研磨荷重のみならず、研磨パッドの表面温度にも依存する。これは、基板に対する研磨液の化学的作用が温度に依存するからである。したがって、半導体デバイスの製造においては、基板の研磨レート
10 ートを上げて更に一定に保つために、基板研磨中の研磨パッドの表面温度を最適な値に保つことが重要とされる。

そのため、本件出願人は、先に、日本国特開 2012-176449 号公報において、研磨パッドの表面に接触するパッド接触部材に温度調整された液体を供給して研磨パッドの表面温度を調整するパッド温度調整機構を備えた研磨装置を提案した。
15 た。

日本国特開 2012-176449 号公報において提案されたパッド接触部材は、研磨レート向上を重視してより素早く研磨パッドの表面温度を目標温度に上昇させるために、レイアウト上可能な限り接触面積を大きくとるようにしている。すなわち、パッド接触部材は、半径方向において研磨パッドの外周部から研磨パッドの中心近傍まで延び、またパッド接触部材の幅は、研磨中における研磨パッドの表面の
15 半径方向に沿った温度勾配を想定して、研磨パッドの外周側で大きく、研磨パッドの中心に向かって徐々に小さくなっている。したがって、パッド接触部材は、概略三角形の平面形状を有し、内部に液体流路を有した板状体になっている。

本件出願人は、日本国特開 2012-176449 号公報に記載されるようなパッド接触部材を用いて研磨パッドを昇温させ、昇温させた研磨パッドにより基板を
20 研磨する工程を繰り返す過程で以下のような知見を得たものである。

研磨レート向上を重視して素早く研磨パッドの表面を昇温させるために、レイアウト上可能な限りパッド接触部材の接触面積を大きく取っていたため、研磨パッド全体としては素早く昇温するが、研磨パッドの温度分布は、研磨パッドの外周部の
25 温度上昇が中央部の温度上昇に比べて大きいものであった。そのため、パッド接触部材で研磨パッドを全体として昇温させることができるため、研磨レートは向上したが、研磨プロファイルが凹型に崩れることが判明した。すなわち、基板の被研磨面の中央部が外周部より削られるため、中央部が凹むという問題がある。研磨パッ

ドを昇温しない場合には、研磨プロファイルが凹型に崩れることはなく、したがって、研磨パッドの半径方向温度分布や基板が研磨中に受ける温度の履歴をパッド接触部材無しのものに似せる必要があることが判明した。

5

発明の要旨

本発明は、上述の事情に鑑みなされたもので、研磨パッドの表面温度を調整することにより研磨レートを向上させることができるとともに研磨される基板の研磨プロファイルも制御することができる研磨方法および研磨装置を提供することを目的とする。

- 10 上述の目的を達成するため、本発明の研磨方法および研磨装置は、研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨方法において、前記研磨パッドの表面温度を調整する研磨パッドの表面温度調整工程と、前記調整された表面温度にある前記研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨工程とを備え、前記研磨パッドの表面温度調整工程は、前記研磨工程中、前記研磨パッドの表面の半径
- 15 方向における温度プロファイルの温度変化率が研磨パッド半径方向において一定となるように、基板が接触する前記研磨パッドの領域の一部分における表面温度を調整することを特徴とする。

- 本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面温度調整工程は、前記研磨パッドの表面温度を調整しない状態で目標の研磨プロファイルを得る研磨条件で
- 20 研磨したときの前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルを基準とし、前記研磨工程中、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率が前記基準となる温度プロファイルに対して研磨パッド半径方向において一定となるように、基板が接触する前記研磨パッドの領域の一部分における表面温度を調整することを特徴とする。

- 25 本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面温度調整工程は、前記研磨パッドの表面に接触するパッド接触部材を用いて前記研磨パッドの領域の一部分を加熱又は冷却することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度

プロファイルは、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度分布であることを特徴とする。

- 5 本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率は、前記研磨パッドの温度測定ポイント毎に算出することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルは、前記研磨パッドの半径方向に複数のエリアを定義し、前記研磨パッドの温度測定ポイントをエリア毎に少なくとも1点設け、前記温度測定ポイントで測定された測定値を用いて作成することを特徴する。

- 10 本発明の好ましい態様によれば、前記温度測定ポイントをエリア内に複数設ける場合、複数の温度測定ポイントで測定された測定値を個別に用いるか、又は前記測定値の平均値を用いることを特徴とする。

- 15 本発明の好ましい態様によれば、前記研磨工程中、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率に応じて、前記研磨パッドの表面温度を調整する前記研磨パッドの領域の部分を可変とすることを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの温度測定は、サーモグラフィまたは、放射温度計で行うことを特徴とする。

- 20 本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面温度を調整する部分は、前記研磨パッドの半径方向に同心円環状の複数のエリアを規定し、規定した複数のエリアのうち少なくとも1つのエリアであることを特徴する。

- 25 本発明の第2の態様は、研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨方法に用いられ、前記研磨パッドの温度調整エリアを決定する方法であって、前記研磨パッドの半径方向に同心円環状の複数のエリアを規定し、規定した複数のエリアから表面温度を調整するエリアを選択し、選択したエリアを所定の温度に調整し、温度調整された前記研磨パッドに接触させることにより研磨パッドから受ける熱量を基板の半径方向位置毎に算出し、前記算出された熱量から基板の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の半径方向における熱量積算値プロファイルを作成し、該熱量積算値プロファイルを表面温度を調整する

エリア毎に作成して蓄積する第1工程と、前記研磨パッドの表面温度を調整しない
状態で目標の研磨プロファイルとなる研磨条件で研磨したときの前記研磨パッドの
表面の半径方向における温度プロファイルを取得し、該温度プロファイルから基板
の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の半径方向におけ
る熱量積算値プロファイルを算出する第2工程と、前記第1工程で蓄積した前記熱
量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロファイルから、前記第2工程で
取得した熱量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロファイルに等しいか
又は近似したプロファイルを選択する第3工程とを備え、前記第3工程で選択され
たプロファイルに基づいて前記研磨パッドの表面温度を調整するエリアを決定する
10 ことを特徴とする。

本発明の好ましい状態によれば、前記研磨パッドの表面温度を調整するエリアは
複数であり、該複数のエリアはエリア毎に異なる温度であることを特徴とする。

本発明の第3の状態は、研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研
磨する研磨方法において、前記研磨パッドの半径方向に同心円環状の複数のエリア
15 を規定し、規定した複数のエリアから表面温度を調整するエリアを選択し、選択し
たエリアを所定の温度に調整し、温度調整された前記研磨パッドに接触させること
により研磨パッドから受ける熱量を基板の半径方向位置毎に算出し、前記算出され
た熱量から基板の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の
半径方向における熱量積算値プロファイルを作成し、該熱量積算値プロファイルを
20 表面温度を調整するエリア毎に作成して蓄積する第1工程と、前記研磨パッドの表
面温度を調整しない状態で目標の研磨プロファイルとなる研磨条件で研磨したとき
の前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルを取得し、該温度プ
ロファイルから基板の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基
板の半径方向における熱量積算値プロファイルを算出する第2工程と、前記第1工
程で蓄積した前記熱量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロファイルか
25 ら、前記第2工程で取得した熱量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロ
ファイルに等しいか又は近似したプロファイルを選択する第3工程と、前記第3工
程で選択されたプロファイルに基づいて前記研磨パッドの表面温度を調整するエリ

アを決定し、決定した研磨パッドエリアの表面温度を調整しながら、前記研磨パッドに基板を押圧して研磨する第4工程とを備えたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面温度を調整するエリアは複数であり、該複数のエリアはエリア毎に異なる温度であることを特徴とする。

- 5 本発明の好ましい態様によれば、前記基板の研磨中に、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルを作成することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルは、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度分布であることを特徴とする。

- 10 本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率は、前記研磨パッドの温度測定ポイント毎に算出することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記基板の研磨中に、前記温度変化率に応じて前記表面温度を調整するエリアを可変とすることを特徴とする。

- 15 本発明の好ましい態様によれば、前記研磨パッドの温度測定は、サーモグラフィーまたは、放射温度計で行うことを特徴とする。

本発明の第4の態様は、研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨装置において、前記研磨テーブル上の前記研磨パッドに前記基板を押し付けるトップリングと、前記研磨パッドの表面温度を調整するパッド温度調整機構とを備え、前記パッド温度調整機構は、前記研磨パッドの表面に接触するパッド接触部材と、温度調整された液体を前記パッド接触部材に供給する液体供給システムとを有し、前記温度調整された液体は温水および冷水であり、該温水および冷水は、混合させずにバルブの切り替えで選択的に前記パッド接触部材に供給されることを特徴とする。

- 20 本発明の好ましい態様によれば、前記パッド温度調整機構は、前記パッド接触部材に接触するパッド接触部材と、温度調整された液体を前記パッド接触部材に供給する液体供給システムとを有し、前記温度調整された液体は温水および冷水であり、該温水および冷水は、混合させずにバルブの切り替えで選択的に前記パッド接触部材に供給されることを特徴とする。

- 25 本発明の好ましい態様によれば、前記バルブの切り替え時には、前記パッド接触部材および配管内に残った温水を前記液体供給システムに戻した後に、前記パッド接触部材に冷水を供給することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記バルブの切り替え時には、前記パッド接触

部材および配管内に残った冷水を排水した後に、前記パッド接触部材に温水を供給することを特徴とする。

- 本発明の第5の態様は、研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨装置において、前記研磨テーブル上の前記研磨パッドに前記基板を押し付けるトップリングと、前記研磨パッドの表面温度を調整するパッド温度調整機構とを備え、前記パッド温度調整機構は、前記研磨パッドの表面に接触して研磨パッドを加熱又は冷却するパッド接触部材を有し、前記パッド接触部材は、個別に温度調整が可能な複数のエリアを備え、これら複数のエリアのうち少なくとも1つのエリアの温度調整を行うことにより前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの調整を可能とすることを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記パッド接触部材の前記複数のエリアは、温水又は冷水を、エリア毎に流量を制御しつつ供給することが可能であることを特徴とする。

本発明は、以下に列挙する効果を奏する。

- 15 1) 研磨パッドの表面温度を調整することにより研磨レートを向上させつつ研磨プロファイルをコントロールすることが可能となる。
- 2) 基板の被研磨膜の膜厚を測定することなく、研磨パッドの表面温度を測定するという方法により得られたデータを基に被研磨膜の研磨プロファイルを調節することができる。
- 20 3) パッド接触部材の領域毎に供給する液体の流量差を付けることにより基板の温度履歴をコントロールできる。また、パッド接触部材を移動させて研磨パッドの温度を調整することにより基板の温度履歴をコントロールできる。

図面の簡単な説明

- 25 図1は、本発明の一実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。
- 図2は、パッド接触部材に液体を供給するための液体供給システムを示す模式図である。
- 図3Aは、従来のパッド接触部材、研磨パッドおよび研磨対象の基板（ウェハ）

を示す図であり、図 3 Bは、図 3 Aのパッド接触部材を示す斜視図であり、図 3 Cは、図 3 Bに示すパッド接触部材の内部に形成された流路構成を示す平面図である。

図 4 Aはパッド接触部材の全体を示す斜視図であり、図 4 Bはパッド接触部材内の流路および流路内に装入されたシール部材を示す図であり、図 4 Cは、流路を
5 変更した改良型のパッド接触部材を用いた場合の加熱領域を示す図である。

図 5 A, 図 5 B, 図 5 Cは、従来型のパッド接触部材に対して改良型のパッド接触部材を用いた場合の加熱領域変更による効果を確認した結果を示すグラフである。

図 6 A, 図 6 Bは、本発明のパッド接触部材を示す図であり、図 6 Aはパッド
10 接触部材の斜視図であり、図 6 Bはパッド接触部材の内部に形成された流路構成を示す斜視図である。図 6 Cは、図 6 A, 図 6 Bに示すように構成されたパッド接触部材を用いた場合の加熱領域を示す図である。

図 7は、図 4 A, 図 4 Bに示す改良型のパッド接触部材を用いた場合の熱解析結果によるパッド温度分布と、図 6 A, 図 6 Bに示す本発明のパッド接触部材を用
15 いた場合の熱解析結果によるパッド温度分布とを比較した図であり、研磨パッドの半径方向位置 (mm) と研磨パッド上の水膜温度 (°C) との関係を示すグラフである。

図 8 A～図 8 Eは、図 6 A, 図 6 Bに示す本発明のパッド接触部材を研磨パッド上において半径方向に移動させた場合の評価結果を示す図である。

図 9は、本発明のパッド接触部材の研磨パッド上における配置位置を同心円を用いて示す図である。
20

図 10 A, 図 10 B, 図 10 Cは、温度履歴の概念を示す図である。

図 11 Aは、図 6 A, 図 6 Bに示す本発明のパッド接触部材を研磨パッド上において半径方向に移動させた場合の研磨レートの評価結果を示し、図 11 Bは温度履歴積分値の評価結果を示し、図 11 Cは標準化された温度履歴積分値の評価結果
25 を示す図である。

図 12 A, 図 12 Bは、本発明の一実施形態に係る図 6 A, 図 6 Bに示したパッド接触部材と、本発明の他の実施形態に係るパッド接触部材とを対比して示す図

である。

図13A、図13B、図13Cは、図12Bに示すパッド接触部材の内部に形成された流路構成を示す斜視図である。

5 図14Aは、図11Bに示す温度履歴積分値の評価結果に、図12Bに示す本発明の他の実施形態に係るパッド接触部材を用いた場合の温度履歴積分値の評価結果を追加した図であり、図14Bは標準化された温度履歴積分値の評価結果を示す図である。

10 図15A、図15B、図15Cは、図13A、図13B、図13Cに示す本発明の他の実施形態におけるパッド接触部材を用い、パッド接触部材に供給する液体（温水）の流量を変更して研磨パッドの表面を加熱した温度評価結果を示す図である。

図16は、パッド接触部材を研磨パッドの半径方向に移動させる機構を備えたパッド温度調整機構を示す斜視図である。

15 図17は、研磨パッドの半径方向に往復移動させる自動機構を備えたパッド温度調整機構を示す斜視図である。

図18は、パッド接触部材を研磨パッドの半径方向で複数個に仕切り、研磨パッドの半径方向の内側領域と外側領域とに分け、個別に液体（温水）を供給可能とし、研磨パッドの半径方向温度を領域毎に制御する態様を示す図である。

20 図19は、パッド接触部材をヒーター内蔵のセラミックヒーターで構成し、パッド接触部材を研磨パッドの半径方向に複数個配置することにより研磨パッドの半径方向温度を領域（エリア）毎に制御する態様を示す図である。

図20Aは、パッド接触部材に温水と冷水とを選択的に供給するための液体供給システムを示す図であり、図20Bは、温水供給から冷水供給への切り替えおよび冷水供給から温水供給への切り替えを行う際の各バルブの状態を示す図である。

25 図21A、図21Bは、研磨パッドの表面温度を設定温度に制御するために、温水と冷水とを切り替え制御する方法を示す図である。

好ましい実施例の詳細な説明

以下、本発明に係る研磨装置の実施形態を図1乃至図21Bを参照して説明する。
図1乃至図21Bにおいて、同一または相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

- 5 図1は、本発明の一実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。図1に示すように、研磨装置は、半導体ウエハなどの基板を保持して回転させるトップリング1と、研磨パッド3を支持する研磨テーブル2と、研磨パッド3の表面に研磨液（例えばスラリー）を供給する研磨液供給機構4と、研磨パッド3の表面温度を調整するパッド温度調整機構5とを備えている。
- 10 トップリング1は、研磨ヘッド支持アーム7に支持されている。この研磨ヘッド支持アーム7には、エアシリンダーおよびモータ（図示せず）が配置されており、これらエアシリンダーおよびモータによってトップリング1は鉛直方向に移動し、かつその軸心周りに回転可能となっている。基板は、トップリング1の下面に真空吸着などによって保持される。研磨テーブル2にはモータ（図示せず）が連結され
- 15 ており、矢印で示す方向に回転可能となっている。

研磨される基板は、トップリング1によって保持され、さらにトップリング1によって回転される。一方、研磨パッド3は、研磨テーブル2とともにその軸心周りに回転される。この状態で、研磨パッド3の表面には研磨液供給機構4から研磨液が供給され、さらに基板の表面は、トップリング1によって研磨パッド3の表面（すなわち基板研磨面）に対して押し付けられる。基板の表面は、研磨液の存在下での研磨パッド3と基板との摺接により研磨される。

20

パッド温度調整機構5は、研磨パッド3の表面に接触するパッド接触部材11と、このパッド接触部材11に温度調整された液体を供給する液体供給システム30とを備えている。パッド接触部材11は、該パッド接触部材11を昇降させる昇降機構としてのエアシリンダー52にアーム54を介して連結されている。さらに、パッド接触部材11は、移動機構としてのモータ53に連結されており、このモータ53によりパッド接触部材11は、研磨パッド3の上方の所定の上昇位置と、研磨テーブル2の径方向外側の所定の退避位置との間で移動される。

25

図2は、パッド接触部材11に液体を供給するための液体供給システム30を示す模式図である。この液体供給システム30は、液体供給タンク31と、液体供給タンク31とパッド接触部材11とを連結する供給ライン32および戻りライン33とを備えている。熱媒体としての液体は、液体供給タンク31から供給ライン32を通じてパッド接触部材11に供給され、パッド接触部材11から戻りライン33を通じて液体供給タンク31に戻される。このように、液体は、液体供給タンク31とパッド接触部材11との間を循環する。液体供給タンク31は、液体を加熱するヒータ（図示せず）を有しており、液体はヒーターにより所定の温度に加熱される。すなわち、液体供給タンク31は温調機として機能する。

- 10 液体供給システム30は、供給ライン32を流れる液体の流量を調整する流量調整弁35と、流量調整弁35を通過した液体の圧力を測定する圧力計36と、戻りライン33を流れる液体の流量を測定する流量計37と、研磨パッド3の表面温度を測定するパッド表面温度計としての放射温度計39と、放射温度計39により測定されたパッド表面温度に基づいて流量調整弁35を制御する温度コントローラ40とを備えている。供給ライン32を流れる液体の流量は、電空レギュレータ43で制御されたエア圧が流量調整弁35に送られて弁の開度が決まることにより調整される。なお、供給ライン32には冷水ライン41が接続され、冷水ライン41から供給ライン32に冷水が供給可能になっている。また、戻りライン33には排水ライン42が接続され、戻りライン33を流れる液体を排水可能になっている。
- 20 放射温度計39は、非接触で研磨パッド3の表面温度を測定し、その測定値を温度コントローラ40に送る。温度コントローラ40は、研磨パッド3の表面温度が予め設定された目標温度になるように、研磨パッド3の表面温度の測定値に基づいて、電空レギュレータ43を制御する。電空レギュレータ43は、温度コントローラ40からの制御信号に基づいて制御したエア圧を流量調整弁35に送る。流量調整弁35は電空レギュレータ43から送られたエア圧によって弁の開度が調整され、パッド接触部材11に供給される液体の流量を制御する。研磨パッド3の表面温度は、パッド接触部材11を流れる液体と研磨パッド3との間での熱交換により調整される。
- 25

このようなフィードバック制御により、研磨パッド3の表面温度は、所定の目標温度に維持される。温度コントローラ40としては、PIDコントローラを使用することができる。研磨パッド3の目標温度は、基板の種類または研磨プロセスに応じてCMPコントローラ50で決定され、決定された温度設定制御信号は、温度コントローラ40に入力される。

上述したように、研磨パッド3の表面温度は、パッド接触部材11に供給される液体の流量を調整することにより制御される。パッド接触部材11に供給される液体（熱媒体）としては、水が使用される。水の温度は、液体供給タンク31のヒーターにより、例えば約80℃に加熱されて温水とされる。より速やかに研磨パッド3の表面温度を上昇させる場合には、シリコンオイルを熱媒体として使用してもよい。シリコンオイルを使用する場合には、シリコンオイルは液体供給タンク31のヒーターにより100℃以上（例えば、約120℃）に加熱される。パッド接触部材11に温水と冷水とを切替えて供給可能とするために、供給ライン32、戻りライン33、冷水ライン41、排水ライン42等にはバルブV1～V5が設けられている（後述する）。

次に、本発明のパッド温度調整機構5で用いられているパッド接触部材11について説明する。

本発明者らは、日本国特開2012-176449号公報に記載されているパッド接触部材を用いて加熱領域を種々変更することにより、図1に示す形態のパッド接触部材11を創案したものであり、以下にこの創案の過程を説明する。

図3Aは、従来のパッド接触部材111、研磨パッド3および研磨対象の基板（ウエハ）Wを示す図である。図3Bは図3Aのパッド接触部材111を示す斜視図であり、図3Cは図3Bに示すパッド接触部材111の内部に形成された流路構成を示す平面図である。

図3Aに示すように、概略三角形の平面形状を有し、内部に流路を有する板状体からなるパッド接触部材111は、研磨パッド3の外周側から中心部近傍まで接触可能になっている。研磨対象の基板（ウエハ）Wは、研磨パッド3の中心（O）を挟んでパッド接触部材111の反対側に位置している。

図3Bに示すように、パッド接触部材111は、研磨パッド3の表面に接触する接触面を有する板部材115と、内部に液体の流路が形成された流路形成部材116とを備えている。板部材115は、流路形成部材116の下部に固定されている。流路形成部材116の上面には、液体流入口123と液体流出口124とが形成されている。

図3Cに示すように、流路形成部材116の内部には、研磨パッド3の半径方向に延びる仕切り118が配置されており、この仕切り118によって流路形成部材116の内部空間は、第1の液体流路121および第2の液体流路122に分けられている。第1の液体流路121および第2の液体流路122は直列に接続されている。より具体的には、第1の液体流路121の下流側端部は、第2の液体流路122の上流側端部に接続されている。第1の液体流路121は、液体流入口123に連通しており、第2の液体流路122は、液体流出口124に連通している。第1の液体流路121内および第2の液体流路122内には、それぞれ複数のバップル125が配置されている。

液体は、液体流入口123を介して第1の液体流路121に供給される。液体は、第1の液体流路121および第2の液体流路122をこの順に流れ、液体と研磨パッド3との間で熱交換が行われる。液体は、液体流出口124から排出される。

図4A、図4Bは、図3B、図3Cに示すパッド接触部材111の内部にシール部材を装入することにより、パッド接触部材111内の流路を変更した状態を示す図であり、図4Aはパッド接触部材111の全体を示す斜視図であり、図4Bはパッド接触部材111内の流路および流路内に装入されたシール部材を示す図である。

図4Aに示すように、パッド接触部材111に元々形成されていた液体流入口（図ではIN（オリジナル）で示す）および液体流出口（図ではOUT（オリジナル）で示す）に加えて、1つの液体流入口（図ではIN（追加工）で示す）と2つの液体流出口（図ではOUT（追加工）で示す）を形成する。

また、図4Bに示すように、パッド接触部材111の流路内にシール部材126、127を装入する。シール部材126、127を設けた改良型のパッド接触部材111では、液体流入口（IN（追加工））から流入した液体は、追加された2つの液

体流出口 (OUT (追加工)) の両方から流出するようになり、パッド接触部材 1 1 1 の上部側にある三角形の板状部分の内部のみに液体 (温水) が流れ、パッド接触部材 1 1 1 の下部側にある略台形の板状部分の内部には液体 (温水) は流れない。

図 4 C は、図 4 A、図 4 B に示すように流路を変更した改良型のパッド接触部材 1 1 1 を用いた場合の加熱領域を示す図である。図 4 C に示すように、従来型のパッド接触部材 1 1 1 を用いた場合には、加熱領域は、研磨パッド 3 上の同心円の領域 A 1 であるのに対し、改良型のパッド接触部材 1 1 1 を用いた場合には、加熱領域は、研磨パッド 1 0 3 上の同心円の領域 A 2 となる。すなわち、改良型のパッド接触部材 1 1 1 を用いることにより、研磨パッド 1 0 3 の外周部側が加熱されなくなる。図 4 C において、研磨対象の基板 (ウエハ) W は、研磨パッド 3 の中心 (O) を挟んでパッド接触部材 1 1 1 の反対側に位置している。

図 5 A、図 5 B、図 5 C は、従来型のパッド接触部材 1 1 1 に対して改良型のパッド接触部材 1 1 1 を用いた場合の加熱領域変更による効果を確認した結果を示すグラフである。

図 5 A、図 5 B、図 5 C において、Reference はパッド接触部材なしの場合であり、Original Slider (3. 5) は図 3 A、図 3 B、図 3 C に示す従来型のパッド接触部材を用いた場合であり、Sealed Slider (3. 5) および Sealed Slider (7. 0) は図 4 A、図 4 B に示す改良型のパッド接触部材を用いた場合である。Sealed Slider (3. 5) は液体を 3. 5 リットル/分だけ流し、Sealed Slider (7. 0) は液体を 7. 0 リットル/分だけ流した場合であり、どちらも IN (追加工) から液体を入れて、2 つの OUT (追加工) の両方から液体を排出する。

基板 (ウエハ) W の研磨を開始し研磨パッドの温度が安定した時点で、すなわち 5 0 秒経過した時点で研磨パッド表面の温度を測定した。なお、研磨時間は 6 0 秒であった。研磨パッドの中心から半径方向に沿って距離が約 5 0 mm の点から約 3 4 0 mm の点まで等間隔に 9 点にわたって研磨パッドの温度を測定した結果を図 5 A に示す。図 5 A の縦軸に示す温度は任意単位で表している。以下、本実施形態において温度は図 5 A における場合と同様に任意単位で示す。図 5 A から明らかなように、Original Slider (3. 5) の場合は研磨パッドの外周部の温度上昇が中央

部に比べて大きくなっている。Sealed Slider (3.5) および Sealed Slider (7.0) の場合は、Original Slider (3.5) の場合より温度上昇度がわずかに下がるが、研磨パッドの外周部の温度上昇が抑えられ、パッド接触部材なしの Reference の場合の温度分布に近づいている。しかしながら、Sealed Slider (3.5) およ
5 び Sealed Slider (7.0) の場合であっても、研磨パッド中心からの距離が約 75 mm から約 150 mm の領域では温度上昇度が低くなっている。すなわち、パッド接触部材を使用していない Reference の場合と比較して、温度上昇度が一定とならない領域すなわち温度上昇度が低い領域が存在することがわかる。ここでいう温度上昇度は、パッド接触部材を用いない場合の研磨パッド半径方向における研磨パ
10 ッドの温度プロファイルと比較して研磨パッドの半径方向における各点で、どの程度温度が上昇変化するかを示す温度変化率ということができる。

図 5 B にパッド接触部材なしの場合に対してパッド接触部材を用いた場合の研磨パッドの温度上昇度 (温度変化率) を示す。横軸は研磨パッドの中心からの距離 (研磨パッドの半径方向位置) を示し、縦軸はパッド接触部材なしの Reference の温度
15 を基準の 1 とした研磨パッドの温度上昇度を示す。研磨パッドの温度データは図 5 A に示されたデータを用いている。図 5 B から明らかなように、Original Slider (3.5) の場合は研磨パッドの外周部の温度上昇度が高くなっている。Sealed Slider (3.5) および Sealed Slider (7.0) の場合は、研磨パッドの外周部の温度上昇度が抑えられ、かなり平坦な線に近づいているが、研磨パッド中心から
20 の距離が約 75 mm から約 150 mm の領域 (図中、楕円で示す) での温度上昇度が低下していることがより明瞭に示されている。

図 5 C にはウエハ W の研磨を開始し 50 秒経過した時点での研磨レートを示す。図 5 C の縦軸に示す研磨レートは任意単位で表している。以下、本実施形態において研磨レートは図 5 C における場合と同様に任意単位で示す。研磨時間は 60 秒で
25 あった。図 5 C から明らかなようにパッド接触部材を用いた場合にはいずれの場合も研磨レートが向上しているが、研磨プロファイルの観点からすると研磨レートの分布形状はパッド接触部材を用いない Reference の研磨レート分布形状に近い方が好ましい。ウエハ W の外周部付近を除けば Sealed Slider (3.5) および Sealed

Slider (7. 0) の研磨レート分布形状は Reference の研磨レート分布形状に近いものであるが、Original Slider (3. 5) の分布形状ではバラツキが目立っている。

5 本発明者らは、図 5 A, 図 5 B, 図 5 C に示す従来型のパッド接触部材 1 1 1 および改良型のパッド接触部材 1 1 1 を用いた実験から改良型のパッド接触部材 1 1 1 を用いることにより、基板の中央領域の過研磨が解消されて研磨プロファイルをパッド接触部材を用いない場合に近づけることができるということを見出したが、研磨パッド中心からの距離が約 7 5 mm から約 1 5 0 mm の領域をもう少し加熱させると、パッド接触部材無しの温度分布にさらに近似させることができるという知見を得たものである。

すなわち、研磨パッドの半径方向における所定の領域を温度調整（加熱）することにより、パッド接触部材無しの場合の研磨パッド表面の半径方向における温度プロファイルを基準として、研磨パッド表面の半径方向各点における温度上昇度（温度変化率）を研磨パッドの半径方向に亘って一定とすることができることがわかった。

図 6 A, 図 6 B は、上記知見に基づいて創案された本発明のパッド接触部材 1 1 を示す図であり、図 6 A はパッド接触部材 1 1 の斜視図であり、図 6 B はパッド接触部材 1 1 の内部に形成された流路構成を示す斜視図である。

図 6 A に示すように、本発明のパッド接触部材 1 1 は、概略台形状の平面形状を有し、内部に液体流路を有した板状体になっている。すなわち、パッド接触部材 1 1 は、上辺 1 1 a と下辺 1 1 b と両側辺 1 1 s, 1 1 s とを有し、上辺 1 1 a と下辺 1 1 b とが平行な概略台形状の平面形状を有している。なお、パッド接触部材 1 1 の上辺 1 1 a の左右の端部側が中央部に対して傾斜した辺 1 1 a l, 1 1 a r になっているため、パッド接触部材 1 1 の平面形状は、変形六角形というべきものである。

図 6 A に示すように、本発明のパッド接触部材 1 1 は、内部に液体の流路が形成されるとともに研磨パッド 3 の表面に接触する下面を有する流路形成部材 1 2 と、流路形成部材 1 2 の上面に固定される板部材 1 3 とから構成されている。板部材 1

3の上面には、液体流入口15と液体流出口16とが形成されている。

図6Bは、流路形成部材12を示す平面図である。図6Bに示すように、流路形成部材12の内部には、水平方向に延びて左側の端部が上方に折曲された複数の仕切り14が形成されている。複数の仕切り14は、水平部の端部又は折曲部の上端部が外枠に接続されており、これら仕切り14によって幾重にも折れ曲がった一本のジグザグ流路を形成している。図6Bにおいて温水INと示されている部分が液体流入口15と連通し、この部分から液体（温水）が流入し、温水OUTと示されている部分が液体流出口16と連通し、この部分から液体（温水）が流出するようになっている。

10 図6Cは、図6A、図6Bに示すように構成されたパッド接触部材11を用いた場合の加熱領域を示す図である。図6Cに示すように、パッド接触部材11を用いた場合には、加熱領域は、研磨パッド3上の同心円の領域A3となる。すなわち、本発明のパッド接触部材11を用いることにより、研磨パッド3の外周部側が加熱されなくなる。図6Cにおいて、パッド接触部材11と研磨対象の基板（ウエハ）
15 Wとは、研磨パッド3の中心（O）を概略挟むように配置されている。

図7は、図4A、図4Bに示す改良型のパッド接触部材111を用いた場合の熱解析結果によるパッド温度分布と、図6A、図6Bに示す本発明のパッド接触部材11を用いた場合の熱解析結果によるパッド温度分布とを比較した図であり、研磨パッドの半径方向位置（mm）と研磨パッド上の水膜温度（℃）との関係を示すグラフである。
20

図7において、現行シールは、図5A、図5B、図5Cにおいて説明した Sealed Slider（3.5）を用いた場合を示し、変形六角は、図6A、図6Bに示す本発明のパッド接触部材11を用いた場合を示す。

図7から明らかなように、Sealed Slider（3.5）を用いた現行シールの場合
25 には研磨パッドの半径方向位置が約150mmになるまでなだらかに研磨パッドの水膜温度が上昇し、半径方向位置が約200mmまではほぼ一定温度を保ち、半径方向位置が200mmより大きくなると次第に温度が下がっていく。一方、本発明のパッド接触部材11を用いた変形六角の場合は、半径方向位置が約50mmから温

度が上昇し始め150mm付近で最大温度を示しその後次第に温度は減少し250mmを超えると一定温度になる。半径方向位置が約75mmから約200mmの範囲では、現行シールの場合より変形六角の場合の方が研磨パッドの水膜温度が高くなっている。このようにパッド接触部材の形状を変えたことによる効果が研磨パ

5 ドの水膜温度に顕著に表れている。

図8A～図8Eは、図6A、図6Bに示す本発明のパッド接触部材11を研磨パ
ッド3上において半径方向に移動させた場合の評価結果を示す図である。図8A～
図8Eにおいて、Ref スライダー無しはパッド接触部材無しの場合の評価結果であ
り、新型0mm、新型50mm、新型100mmは、本発明のパッド接触部材11
10 を研磨パッド3上の半径方向において図9に示すように位置させた場合の評価結果
である。図9において、符号C1、C2、C3は、研磨パッド3の中心(O)から
異なった半径(R)で描いた同心円であり、C1の場合は半径Rが190mmであ
り、C2の場合は半径Rが240mmであり、C3の場合は半径Rが290mmで
ある。同心円C1は研磨対象の基板Wの中心を通る同心円である。

15 新型0mmは、パッド接触部材11の下辺11bの中央が同心円C1と一致する
ようにパッド接触部材11を配置した場合である。新型50mmは、パッド接触部
材11の下辺11bの中央が同心円C1から50mmだけ半径方向外側にシフトし
た同心円C2と一致するようにパッド接触部材11を配置した場合である。新型1
00mmは、パッド接触部材11の下辺11bの中央が同心円C1から100mm
20 だけ半径方向外側にシフトした同心円C3と一致するようにパッド接触部材11を
配置した場合である。

図8Aは、基板の半径方向位置と研磨レートとの関係を示すグラフである。

図8Aから明らかなように、パッド接触部材を使用しないRef スライダー無し
の場合と比較して、パッド接触部材を使用した新型0mm、新型50mm、新型1
25 00mmの場合は、いずれも研磨レートが高くなっている。基板の半径方向位置が
±140mm付近すなわち基板のエッジ部での研磨レートは、Ref スライダー無
しの場合と、新型0mm、新型50mm、新型100mmの場合とで同様の分布形
状を示しているため、パッド接触部材の基板の研磨プロファイルへの影響は少ない

と考えられる。一方、基板の中央部においては、研磨レートは新型0 mmが一番高く、次に新型50 mmで一番低いのは新型100 mmであることから、パッド接触部材の設置位置が、基板の中央部の研磨プロファイルに影響を与えることがわかる。ここでは新型50 mmの研磨レート分布が、Ref スライダー無しの場合の分布に一番近いものになっており、基板の研磨プロファイルもより平坦になっている。

図8 B, 図8 C, 図8 Dは、基板の研磨開始後50秒経過した時点での研磨パッドの半径方向位置と研磨パッドの温度比との関係を表している。図8 Bは、パッド接触部材が無い場合 (Ref) と新型0 mmの場合とを示し、図8 Cは、パッド接触部材が無い場合 (Ref) と新型50 mmの場合とを示し、図8 Dは、パッド接触部材が無い場合 (Ref) と新型100 mmの場合とを示している。研磨パッドの温度比は、新型0 mmを用いた場合の研磨パッドの温度測定箇所のうち最も中心に近い点の温度を基準の1としている。温度を測定する研磨パッドの半径方向位置は基板が接触する範囲に対応している。

図8 B～図8 Dから明らかなように、パッド接触部材を用いていない場合よりもパッド接触部材を用いた場合の方が研磨パッドの温度が高くなり、温度上昇の場所がパッド接触部材の設置場所の移動に沿って変化しているが、いずれの場合も研磨パッドの半径方向位置が230 mmを超えると温度比は1以下になり外周部に近づくにつれて温度が下がっていることがわかる。新型0 mm、50 mm、100 mmのうちでは、図8 Bに示す新型50 mmの研磨パッドの温度比分布がパッド接触部材が無い場合 (Ref) の分布に一番近いものになっている。

図8 Eは、基板 (ウエハ) の中心が接触する部分における研磨パッドの温度の時間的变化を示している。新型0 mm、50 mm、100 mmの場合の温度変化は、わずかな差はあるものの重なりあうように同じ変化を示しており、Ref の場合の温度変化と同様の変化を示している。

図8 B, 図8 C, 図8 Dに示すように、パッド接触部材11によって加熱される研磨パッド3の表面温度は、研磨パッド3の半径位置によって異なる。図9において説明したように、研磨対象の基板Wの中心は、同心円C1上に位置する。基板Wを保持するトップリング1は、研磨中、図1に示す位置に留まっているため、基板

Wの中心は常に同心円C 1上に位置する。トップリング1の回転によって、研磨対象の基板Wは、基板の中心の周りに回転するため、瞬間ごとに基板の中心から離間した位置にある基板上のある点が接触する研磨パッド3上の点は異なる。すなわち基板上のある点は瞬間ごとに研磨パッド3上の異なった半径位置にある点と接触することになる。研磨パッド3の表面温度は、研磨パッド3の半径位置によって異なるため、基板の回転により、基板上の各点は、時々刻々異なった温度に接触することになり、いわゆる温度履歴を受けることになる。

図10A、図10B、図10Cは、温度履歴の概念を示す図である。

図10Aは、研磨パッド3と基板（ウェハ）Wとパッド接触部材11とを示す斜視図である。図10Aに示すように、研磨パッド3は自身の中心O1の周りに回転し、研磨パッド3に摺接する基板Wは自身の中心O2の周りに回転する。研磨パッド3上には中心O1の周りに4つの同心円C1、C2、C3、C4が描かれている。研磨パッド3の表面はパッド接触部材11により加熱されているため、図10Aの上部のグラフに示すように、研磨パッド3の表面温度は研磨パッド3上の半径位置によって異なる。基板Wが研磨パッド3の表面に接触している面である被研磨面上の各点は、基板Wが一回転する間に表面温度がそれぞれ異なる研磨パッド3上の半径位置の各点と接触する。

基板Wの中心O2からの半径Rを変数（直径300mmの基板の場合、 $R = 0 \sim 150 \text{ mm}$ ）として、基板の回転角度（ $0^\circ \sim 360^\circ$ ）と基板上の半径Rの位置にある点が接触する研磨パッド3上の時々刻々変化する点における表面温度との関係は温度履歴として定義することができ、この温度履歴は、基板の回転角度（ $0^\circ \sim 360^\circ$ ）を横軸にとり、基板上のある点が接触する研磨パッド3上の時々刻々変化する点における表面温度（以下、研磨パッド3の表面温度とも適宜称する）を縦軸にとると、図10Bのように表すことができる。すなわち、基板上の半径R=0の点は、図10Aに示すように、研磨パッド3上の同心円C2上に常に位置するため、基板の回転角度が変化しても研磨パッド3の表面温度は変化しない。したがって、図10Bに示すように、基板の回転角度と研磨パッド3の表面温度との関係は、横軸に平行な直線で表すことができる。Rが大きくなるにつれて、基板の回転

角度と研磨パッド3の表面温度との関係は山谷がある波形になり、波形の振幅も大きくなっていく。図示例では、 $R=0$ 、 $R=5\text{ mm}$ 、 $R=150\text{ mm}$ の3本の線が示されている。

図10Bでは、 $R=0$ 、 $R=5\text{ mm}$ 、 $R=150\text{ mm}$ の場合の基板上の位置について基板の回転角度に対する温度履歴を示したが、基板上の半径位置 R における温度履歴を回転角度 $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲で積算したデータを図10Cに示す。すなわち、図10Bにおいて各線と横軸との間の面積を求めると、基板の半径 R が 0 mm 、 5 mm 、 150 mm の場合について温度の積算値を求めることができる。基板の半径 R （基板上の半径位置）と、各半径 R において求めた積算値との関係は、基板1回転の間の温度履歴積分値として定義することができ、この温度履歴積分値は図10Cのように表すことができる。図10Cでは、基板の中心の温度履歴積分値が最も大きく、基板上の半径位置が基板の外周側にいくにつれて温度履歴積分値は小さくなっている例が示されている。ここでは温度履歴積分値と表現しているが、温度ではなく基板が研磨パッドから受ける熱量としてとらえると熱量積算値と表現することもできる。

このように基板が研磨パッドから受ける熱量を算出し、算出された熱量から基板の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の半径方向における熱量積算値プロファイルを得る。熱量積算値プロファイルを研磨パッドの表面温度を調整するエリア毎に作成し蓄積し、基準となるパッド接触部材を使用しない場合の熱量積算値プロファイルと比較し、基準となる熱量積算値プロファイルに一番近いプロファイルを蓄積した熱量積算値プロファイルから選択し、選択された熱量積算値プロファイルに基づいて研磨パッドの表面温度を調整するエリアを決定する。

図11A、図11B、図11Cは、それぞれ図6A、図6Bに示す本発明のパッド接触部材11を研磨パッド3上において半径方向に移動させた場合の研磨レートの評価結果（図11A）、温度履歴積分値の評価結果（図11B）、標準化された温度履歴積分値の評価結果（図11C）を示す図である。以下、トップリング1の回転数および研磨テーブル2の回転数は図10Cの温度履歴積分値を求めた場合と同一の条件にして温度履歴積分値の評価を行っている。

図11A, 図11B, 図11Cにおいて、Ref スライダー無し, 新型0mm, 新型50mm, 100mmは、それぞれ図9において説明したとおりである。また、図11Aは、図8Aと同様のグラフである。

図11Aから明らかなように、基板の中央部においては、新型0mm, 50mm, 100mmの間の研磨レートにバラツキがあることから、基板の研磨プロファイルと基板の温度とは相関関係があると考えられる。新型50mmの場合が、Ref スライダー無しの場合の分布に一番近いものになっており、基板の研磨プロファイルもより平坦になっている。一方で、研磨レートの観点から考えると基板中央部では新型0mmの場合が一番高くなっている。

図11Bに基板の半径方向位置における温度履歴積分値を示す。図11Bから温度履歴積分値は、基板の中心に近い部分では新型0mmの場合が高く、半径Rが約50～80mmの範囲では新型50mmの場合が高く、半径Rが約80mm以上の範囲では新型100mmの場合が高くなっている。図11Cは、図11Bのデータを標準化したものである。

図11Cに示す標準化されたデータから明らかなように新型50mmを用いる場合がRef スライダー無しの場合に最も近似させることができることがわかる。研磨レートを向上させるという観点からは基板の中央部の温度が高い新型0mmを用いた場合が特に高いので、パッド接触部材の設置場所を新型0mmに確保しつつ基板の半径方向外方の温度をさらに上昇させればよいと考えられる。

図12A, 図12Bは、本発明の一実施形態に係る図6A, 図6Bに示したパッド接触部材11と、本発明の他の実施形態に係るパッド接触部材11とを対比して示す図である。図12Aは図6A, 図6Bに示したパッド接触部材11、研磨パッド3および研磨対象の基板（ウエハ）Wを示す平面図であり、図12Bは本発明の他の実施形態に係るパッド接触部材11、研磨パッド3および研磨対象の基板（ウエハ）Wを示す平面図である。

図12Aに示すパッド接触部材11は、概略台形状の平面形状であったが、図12Bに示すパッド接触部材11は、概略六角形状の平面形状をしている。すなわち、図12Bに示すパッド接触部材11は、上辺11aと下辺11bと両側辺11s,

11sとを有している。両側辺11s, 11sは、上辺11aの両端から上辺11aに対して概略直交して研磨パッド3の外周側に延びる第1側辺11s1, 11s1と、該第1側辺11s1, 11s1の端部から内側に折曲された第2側辺11s2, 11s2とを有している。したがって、パッド接触部材11は概略六角形状の平面形状を有している。なお、上辺11aは、図11Aに示すものと同様に左右の端部側が中央部に対して傾斜した辺11al, 11arになっているため、変形八角形というべきものである。

図12Aおよび図12Bから明らかなように、図12Bに示すパッド接触部材11は、図12Aに示すパッド接触部材11に、第1側辺11s1, 11s1と該左右の第1側辺11s1, 11s1を結ぶ直線とで囲まれた矩形状の部分が付加された形状になっている。すなわち、図12Bに示すパッド接触部材11は、研磨パッド3の外周部も加熱することができるように、パッド接触部材11の加熱面積が広がっている。

図13A, 図13B, 図13Cは、図12Bに示すパッド接触部材11の内部に形成された流路構成を示す斜視図である。

図13Aに示すパッド接触部材11においては、内部に設けられた複数の仕切り14は横方向に延び、各仕切り14の一端部は外枠に接続されており、これら仕切り14によって幾重にも折れ曲がった一本のジグザグ流路を形成している。液体は、流入口(IN)より流入し、ジグザグ流路を流れて流出口(OUT)より流出する。

図13Bに示すパッド接触部材11においては、内部に設けられた複数の仕切り14は縦方向に延び、各仕切り14の一端部は外枠に接続されており、これら仕切り14によって幾重にも折れ曲がった一本のジグザグ流路を形成している。液体は、流入口(IN)より流入し、ジグザグ流路を流れて流出口(OUT)より流出する。

図13Cに示すパッド接触部材11においては、内部に横方向に延びる第1仕切り14Aが設けられており、第1仕切り14Aの両端は外枠に接続されている。すなわち、パッド接触部材11の内部は第1仕切り14Aによって上下2つの空間(エリア)に仕切られている。そして、上下の空間には、それぞれ縦方向に延びる複数の第2仕切り14Bが設けられ、各第2仕切り14Bの一端部は外枠又は第1仕切

り 1 4 A に接続されている。したがって、上下の空間には、それぞれ複数の仕切り 1 4 B によって幾重にも折れ曲がった一本のジグザグ流路が形成されている。液体は、上下の空間に形成された 2 つの流入口 (IN) より流入し、並列する 2 つのジグザグ流路を流れて 2 つの流出口 (OUT) より流出する。

- 5 図 1 4 A は、図 1 1 B に示す温度履歴積分値の評価結果に、図 1 2 B に示す本発明の他の実施形態に係るパッド接触部材 1 1 を用いた場合の温度履歴積分値の評価結果を追加した図である。図 1 4 A において、新型 0 mm + 1 0 0 mm が図 1 2 B に示すパッド接触部材 1 1 によって得られると予想される温度履歴積分値である。図 1 2 B に示すパッド接触部材 1 1 は、図 9 に示す新型 0 mm と新型 1 0 0 mm と
10 を組み合わせたものと近似すると考えることができるため、図 1 4 A においては、新型 0 mm + 1 0 0 mm を予想温度履歴として示したものである。

- 図 1 4 B は、図 1 4 A のデータを標準化したものである。図 1 4 B に示す標準化されたデータから明らかなように新型 0 mm + 1 0 0 mm を用いる場合の標準化した温度履歴積分値のプロファイルも新型 5 0 mm の場合と同様に R e f スライダー
15 無しの場合の標準化した温度履歴積分値のプロファイルに近似させることができることがわかる。

- 次に、図 1 3 A、図 1 3 B、図 1 3 C に示す本発明の他の実施形態におけるパッド接触部材 1 1 を用い、パッド接触部材 1 1 に供給する液体 (温水) の流量を変更して研磨パッド 3 の表面を加熱した温度評価結果について図 1 5 A、図 1 5 B、図
20 1 5 C を参照して説明する。

パッド接触部材 1 1 は、パッド接触部材 1 1 の下辺 1 1 b の中央が研磨パッドの円 (半径: 2 9 0 mm) と一致するように配置されている。

図 1 5 A に種々のパッド接触部材を用いた場合の基板半径方向位置と基板表面が受ける温度履歴積分値の関係を示す。

- 25 本発明の他の実施形態におけるパッド接触部材 1 1 のうち、図 1 3 A に示すパッド接触部材を用いた場合を横流れと称し、図 1 3 B に示すパッド接触部材を用いた場合を縦流れと称し、図 1 3 C に示すパッド接触部材を用いた場合を 3 種類に分けてセンターのみ、エッジのみ、両方と称する。センターのみとは、第 1 仕切り 1 4

Aによって仕切られる空間のうち研磨パッドの中央側の空間に形成された流路のみ温水が流れるようにした場合であり、エッジのみとは、第1仕切り14Aによって仕切られる空間のうち研磨パッドの外周側の空間に形成された流路のみ温水が流れるようにした場合であり、両方とは、第1仕切り14Aによって仕切られる空間の両方に温水が流れるようにした場合である。さらに、新型0mmの場合を示しているが、新型0mmは、図6A、図6B、図6Cにおいて説明した形状のパッド接触部材を図8A～図8Eで説明した場所に設置した場合である。いずれの場合もパッド接触部材に流す温水の流量は5.0リットル/分である。

図15Aから明らかなように、温水を供給するエリアを変えることにより、パッド温度履歴積分値をコントロールすることが可能である。また、温水流量を変えることによっても細かく温度履歴積分値をコントロールできると考えられる。図15Aに示すデータは研磨していない場合のデータであるが、研磨した場合においても温水を供給するエリアを変えることにより、温度履歴積分値はコントロール可能であり、結果として研磨プロファイルもコントロール可能であると考えられる。

図15Bは、両方、センターのみ、エッジのみの場合の研磨パッド半径方向位置における研磨パッドの温度を示している。図15Bから明らかなように、エッジのみの場合には研磨パッド半径方向位置が約150mm付近から研磨パッドの温度が上昇し始め約250mm付近で温度上昇の山が見られる。センターのみの場合は、研磨パッド半径方向位置が約80mmになると研磨パッドの温度上昇が始まり、約150mm付近から最大温度になり研磨パッド半径方向位置が約200mmになると下がり始める。両方の場合は、センターのみの場合とエッジのみの場合の特長を合わせたような曲線となり、研磨パッドの一定高温状態が長く続く。

図15Cは、両方、横流れ、縦流れの場合の研磨パッド半径方向位置における研磨パッドの温度を示している。図15Cから明らかなように、いずれの場合においても研磨パッドの温度は同じような温度変化曲線となるが、研磨パッド半径方向位置が170mm以上の範囲では、横流れ、縦流れより両方の場合の方がわずかに研磨パッドの温度が高くなる。横流れ、縦流れの場合はパッド接触部材の全体に温水が供給されるがパッド接触部材の設置場所を変更することによって研磨パッドの温

度を調節することができる。

図15A、図15B、図15Cに示す結果は、いずれの場合も温水の流量が5リットル/分であるので、第1仕切り14Aによって仕切られる2つの空間にそれぞれ異なる流量の温水を流すことにより研磨パッドの温度を調節することができる。

- 5 また、流す液体の温度を変えることにより研磨パッドの温度を調節することができる。

- 上記実施形態においては、パッド接触部材11の形状を変形六角形（図6A、図6B）や変形八角形（図13A、図13B、図13C）とし、また液体（温水）の流路を変更することにより、パッド接触部材なしの場合における研磨パッドの半径方向温度分布に近似させている。しかしながら、理想的な研磨パッドの半径方向温度分布は、研磨プロセスにより異なる。そのため、図6A、図6Bや図13A、図13B、図13Cに示すパッド接触部材11を研磨パッドの半径方向に移動可能とし、研磨パッドの半径方向温度分布を制御可能とすることが好ましい。

- 図16は、パッド接触部材11を研磨パッドの半径方向に移動させる機構を備えたパッド温度調整機構5を示す斜視図である。図16に示すように、パッド接触部材11を支持するアーム54は、矢印で示すように、手動で研磨パッド3の半径方向に往復移動可能になっている。これにより、パッド接触部材11により研磨パッド3を加熱する研磨パッド3の半径方向の領域を適宜選択して、研磨パッドの半径方向温度分布をコントロールできる。

- 20 図17は、研磨パッドの半径方向に往復移動させる自動機構を備えたパッド温度調整機構5を示す斜視図である。図17に示すように、パッド接触部材11を支持するアーム54は、モータ55により研磨パッド3の半径方向に往復移動可能になっている。モータ55はモータコントローラ56により、その駆動が制御されるようになっている。また、研磨パッド3の上方には、複数のサーモグラフ又は放射温度計57が配置されており、研磨パッド3の表面温度分布が測定可能になっている。
- 25 モータコントローラ56および放射温度計57は、主コントローラ58に接続されている。図17に示す構成により、放射温度計57の測定結果を主コントローラ58に入力し、主コントローラ58によりモータコントローラ56を制御することに

より、研磨パッド3の表面温度分布測定結果をフィードバックして、所望の研磨パッドの半径方向温度分布となるように、パッド接触部材11を移動させることができる。

図18は、パッド接触部材11を研磨パッド3の半径方向で複数個に仕切り、研磨パッド3の半径方向の内側領域と外側領域とに分け、個別に液体（温水）を供給可能とし、研磨パッド3の半径方向温度を領域毎に制御する態様を示す図である。図18に示すパッド接触部材11の具体的な形態は、図13A、図13B、図13Cに示したものと同一である。図18に示すように、パッド接触部材11は、研磨パッド3の半径方向の内側に位置するパッド接触部11Aと研磨パッド3の半径方向の外側に位置するパッド接触部11Bとを備えている。パッド接触部11A、11Bには、個別に液体（温水）が供給可能になっている。すなわち、パッド接触部11A、11Bには、液体供給タンク31から供給ライン32A、32Bを介して液体（温水）が個別に供給可能になっている。供給ライン32A、32Bには、比例制御弁61A、61Bがそれぞれ設置されており、比例制御弁61A、61Bによってパッド接触部11A、11Bに供給する液体（温水）の流量が個別に制御可能になっている。研磨パッド3の上方には、複数のサーモグラフ又は放射温度計57が設置されており、研磨パッド3の表面温度分布が測定可能になっている。放射温度計57および比例制御弁61A、61Bは、温度コントローラ62に接続されている。図18に示す構成により、研磨パッド3の半径方向の内側に位置するパッド接触部11Aと研磨パッド3の半径方向の外側に位置するパッド接触部11Bとに個別に流量制御された液体（温水）を供給可能とし、研磨パッド3の半径方向温度を領域（エリア）毎に制御することができる。図18においては、パッド接触部材11を研磨パッド3の半径方向の内側領域と外側領域の2領域に仕切ったが、半径方向の3領域以上に仕切ってもよい。図18に示すように、供給ライン32A、32Bには冷水も供給可能になっている。図18では、温水と冷水の混合比を変える比例制御弁61A、61Bが示されているが、図2に示すように温水、冷水を切り替えバルブで切り替えて、かつ流量調整弁で流量を調整するように構成した切り替えシステムとしてもよい。

図19は、パッド接触部材11をヒーター内蔵のセラミックヒーターで構成し、パッド接触部材11を研磨パッド3の半径方向に複数個配置することにより研磨パッド3の半径方向温度を領域（エリア）毎に制御する態様を示す図である。図19に示すように、セラミックヒーターからなる複数のパッド接触部材11を研磨パッド3の半径方向に並置する。各パッド接触部材11には、電源装置63から電力が供給されるようになっている。研磨パッド3の上方には、複数のサーモグラフ又は放射温度計57が設置されており、研磨パッド3の表面温度分布が測定可能になっている。放射温度計57および電源装置63、63は温度コントローラ62に接続されている。図19に示す構成により、放射温度計57の測定結果を温度コントローラ62に入力し、温度コントローラ62により電源装置63、63を制御することにより、研磨パッド3の表面温度分布測定結果をフィードバックして、所望の研磨パッドの半径方向温度分布となるように、セラミックヒーターからなるパッド接触部材11、11を制御することができる。

本発明のパッド温度調整機構5は、パッド接触部材11に温水と冷水とを切り替えて供給することができるように構成されており、研磨パッド3の表面を加熱することに加えて、研磨パッド3の表面を冷却することができる。

図20Aは、パッド接触部材11に温水と冷水とを選択的に供給するための液体供給システムを示す図である。図20Aは図2に示す液体供給システムを簡略化した図である。図20Aに示すように、供給ライン32にはバルブV1が設置されており、温水はバルブV1を介してパッド接触部材11に供給されるようになっている。供給ライン32を流れる温水はバルブV2を介して液体供給タンク31（図2参照）に戻り、温水循環可能になっている。冷水ライン41にはバルブV3が設置されており、冷水はバルブV3を介してパッド接触部材11に供給されるようになっている。戻りライン33には、バルブV4が設置されており、パッド接触部材11に供給された温水はバルブV4を介して液体供給タンク31（図2参照）に戻るようになっている。戻りライン33を流れる冷水はバルブV5を介して排水可能になっている。以上のように、バルブV1は温水供給用バルブ、バルブV2は温水循環用バルブ、バルブV3は冷水供給用バルブ、バルブV4は温水戻り用バルブ、バ

バルブV 5は排水用バルブである。

図20Bは、温水供給から冷水供給への切り替えおよび冷水供給から温水供給への切り替えを行う際の各バルブの状態を示す図である。図20Bに示すように、パッド接触部材11に供給する液体を温水から冷水に切り替える際には、バルブV 1
5 を開から閉、バルブV 2を閉からディレイ（遅れ）を持たせて開、バルブV 3を閉から開、バルブV 4を開からディレイ（遅れ）を持たせて閉、バルブV 5を閉からディレイ（遅れ）を持たせて開とする。また、パッド接触部材11に供給する液体を冷水から温水に切り替える際には、バルブV 1を閉から開、バルブV 2を開から閉、バルブV 3を開から閉、バルブV 4を閉からディレイ（遅れ）を持たせて開、
10 バルブV 5を開からディレイ（遅れ）を持たせて閉とする。このように、バルブV 1～V 5の切り替えには、適宜ディレイ（遅れ）を持たせている。温水供給から冷水供給に切り替える際には、パッド接触部材11および配管内に残った温水を温調機に戻す。冷水供給から温水供給に切り替える際には、パッド接触部材11および配管内に残った冷水を排水し、温調機内の温水の温度低下を防ぐようにしている。

15 次に、研磨パッド3の表面温度を設定温度に制御するために、温水と冷水とを切り替え制御する方法を図21A、図21Bを参照して説明する。

図21Aは、研磨パッド3の表面温度の変化を示す図であり、横軸は時間を示し、縦軸は研磨パッド3の表面温度を示し、縦軸には、研磨パッド3の表面の設定温度 T_{s1} 、 T_{s2} が記載されている。

20 図21Aに示すように、研磨パッド3の現在温度が設定温度 T_{s2} より低い場合、すなわち、設定温度 > 現在温度である場合、温水供給を開始する（Step 1開始）。そして、研磨パッド3の現在温度が設定温度 T_{s1} より高くなった場合、すなわち設定温度 < 現在温度である場合、冷水供給を開始する（Step 2開始）。

図21Bは、図21AのA部拡大図である。図21Bに示すように、設定温度 T_{s1} には、制御上限と制御下限とを設ける。研磨パッド3の現在温度が設定温度 T_{s1} の制御上下限に達するとバルブ切り替えの信号を出す。CMPコントローラ50（図2参照）は、バルブ切り替え信号の状態により、温水・冷水のバルブを切り替える。このバルブの切り替えは、図20A、図20Bで示したとおりである。

これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術思想の範囲内において、種々の異なる形態で実施されてよいことは勿論である。

特許請求の範囲

1. 研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨方法において、
- 5 前記研磨パッドの表面温度を調整する研磨パッドの表面温度調整工程と、
前記調整された表面温度にある前記研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する
研磨工程とを備え、
前記研磨パッドの表面温度調整工程は、前記研磨工程中、前記研磨パッドの表面
の半径方向における温度プロファイルの温度変化率が研磨パッド半径方向において
10 一定となるように、基板が接触する前記研磨パッドの領域の一部分における表面温
度を調整することを特徴とする研磨方法。
2. 前記研磨パッドの表面温度調整工程は、前記研磨パッドの表面温度を調整し
ない状態で目標の研磨プロファイルを得る研磨条件で研磨したときの前記研磨パッ
15 ドの表面の半径方向における温度プロファイルを基準とし、前記研磨工程中、前記
研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率が前記基準と
なる温度プロファイルに対して研磨パッド半径方向において一定となるように、基
板が接触する前記研磨パッドの領域の一部分における表面温度を調整することを特
徴とする請求項1に記載の研磨方法。
- 20 3. 前記研磨パッドの表面温度調整工程は、前記研磨パッドの表面に接触するパ
ッド接触部材を用いて前記研磨パッドの領域の一部分を加熱又は冷却することを特
徴とする請求項1に記載の研磨方法。
- 25 4. 前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルは、前記研磨パ
ッドの表面の半径方向における温度分布であることを特徴とする請求項1に記載の
研磨方法。

5. 前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率は、前記研磨パッドの温度測定ポイント毎に算出することを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。
- 5 6. 前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルは、前記研磨パッドの半径方向に複数のエリアを定義し、前記研磨パッドの温度測定ポイントをエリア毎に少なくとも1点設け、前記温度測定ポイントで測定された測定値を用いて作成することを特徴する請求項1に記載の研磨方法。
- 10 7. 前記温度測定ポイントをエリア内に複数設ける場合、複数の温度測定ポイントで測定された測定値を個別に用いるか、又は前記測定値の平均値を用いることを特徴とする請求項6に記載の研磨方法。
8. 前記研磨工程中、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率に応じて、前記研磨パッドの表面温度を調整する前記研磨パッドの領域の部分を可変とすることを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。
- 15 9. 前記研磨パッドの温度測定は、サーモグラフィーまたは、放射温度計で行うことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。
- 20 10. 前記研磨パッドの表面温度を調整する部分は、前記研磨パッドの半径方向に同心円環状の複数のエリアを規定し、規定した複数のエリアのうち少なくとも1つのエリアであることを特徴する請求項1に記載の研磨方法。
- 25 11. 研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨方法に用いられ、前記研磨パッドの温度調整エリアを決定する方法であって、
前記研磨パッドの半径方向に同心円環状の複数のエリアを規定し、規定した複数のエリアから表面温度を調整するエリアを選択し、選択したエリアを所定の温度に

調整し、温度調整された前記研磨パッドに接触させることにより研磨パッドから受ける熱量を基板の半径方向位置毎に算出し、前記算出された熱量から基板の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の半径方向における熱量積算値プロファイルを作成し、該熱量積算値プロファイルを表面温度を調整するエリ

5 ア毎に作成して蓄積する第1工程と、

前記研磨パッドの表面温度を調整しない状態で目標の研磨プロファイルとなる研磨条件で研磨したときの前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルを取得し、該温度プロファイルから基板の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の半径方向における熱量積算値プロファイルを算出する第

10 2工程と、

前記第1工程で蓄積した前記熱量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロファイルから、前記第2工程で取得した熱量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロファイルに等しいか又は近似したプロファイルを選択する第3工程とを備え、

15 前記第3工程で選択されたプロファイルに基づいて前記研磨パッドの表面温度を調整するエリアを決定することを特徴とする研磨パッドの温度調整エリアの決定方法。

1 2. 前記研磨パッドの表面温度を調整するエリアは複数であり、該複数のエリアはエリア毎に異なる温度であることを特徴とする請求項1 1に記載の研磨パッドの温度調整エリアの決定方法。

1 3. 研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨方法において、

25 前記研磨パッドの半径方向に同心円環状の複数のエリアを規定し、規定した複数のエリアから表面温度を調整するエリアを選択し、選択したエリアを所定の温度に調整し、温度調整された前記研磨パッドに接触させることにより研磨パッドから受ける熱量を基板の半径方向位置毎に算出し、前記算出された熱量から基板の回転に

伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の半径方向における熱量積算値プロファイルを作成し、該熱量積算値プロファイルを表面温度を調整するエリア毎に作成して蓄積する第1工程と、

- 5 前記研磨パッドの表面温度を調整しない状態で目標の研磨プロファイルとなる研磨条件で研磨したときの前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルを取得し、該温度プロファイルから基板の回転に伴う熱量積算値を基板の半径方向位置毎に算出して基板の半径方向における熱量積算値プロファイルを算出する第2工程と、

- 10 前記第1工程で蓄積した前記熱量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロファイルから、前記第2工程で取得した熱量積算値プロファイルを標準化した熱量積算値プロファイルに等しいか又は近似したプロファイルを選択する第3工程と、

- 前記第3工程で選択されたプロファイルに基づいて前記研磨パッドの表面温度を調整するエリアを決定し、決定した研磨パッドエリアの表面温度を調整しながら、前記研磨パッドに基板を押圧して研磨する第4工程とを備えたことを特徴とする研
15 磨方法。

14. 前記研磨パッドの表面温度を調整するエリアは複数であり、該複数のエリアはエリア毎に異なる温度であることを特徴とする請求項13に記載の研磨方法。

- 20 15. 前記基板の研磨中に、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルを作成することを特徴とする請求項13に記載の研磨方法。

16. 前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルは、前記研磨パッドの表面の半径方向における温度分布であることを特徴とする請求項15に記載の研磨方法。
25

17. 前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの温度変化率は、前記研磨パッドの温度測定ポイント毎に算出することを特徴とする請求項15

に記載の研磨方法。

18. 前記基板の研磨中に、前記温度変化率に応じて前記表面温度を調整するエリアを可変とすることを特徴とする請求項17に記載の研磨方法。

5

19. 前記研磨パッドの温度測定は、サーモグラフィーまたは、放射温度計で行うことを特徴とする請求項13に記載の研磨方法。

20. 研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨装置において、

前記研磨テーブル上の前記研磨パッドに前記基板を押し付けるトップリングと、
前記研磨パッドの表面温度を調整するパッド温度調整機構とを備え、

前記パッド温度調整機構は、前記研磨パッドの表面に接触するパッド接触部材と、
温度調整された液体を前記パッド接触部材に供給する液体供給システムとを有し、

15 前記温度調整された液体は温水および冷水であり、該温水および冷水は、混合させずにバルブの切り替えで選択的に前記パッド接触部材に供給されることを特徴とする研磨装置。

21. 前記バルブの切り替え時には、前記パッド接触部材および配管内に残った
20 温水を前記液体供給システムに戻した後に、前記パッド接触部材に冷水を供給することを特徴とする請求項20に記載の研磨装置。

22. 前記バルブの切り替え時には、前記パッド接触部材および配管内に残った
冷水を排水した後に、前記パッド接触部材に温水を供給することを特徴とする請求
25 項20に記載の研磨装置。

23. 研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押圧して基板を研磨する研磨装置において、

前記研磨テーブル上の前記研磨パッドに前記基板を押し付けるトップリングと、
前記研磨パッドの表面温度を調整するパッド温度調整機構とを備え、

前記パッド温度調整機構は、前記研磨パッドの表面に接触して研磨パッドを加熱
又は冷却するパッド接触部材を有し、

- 5 前記パッド接触部材は、個別に温度調整が可能な複数のエリアを備え、これら複数のエリアのうち少なくとも1つのエリアの温度調整を行うことにより前記研磨パッドの表面の半径方向における温度プロファイルの調整を可能とすることを特徴とする研磨装置。

- 10 24. 前記パッド接触部材の前記複数のエリアは、温水又は冷水を、エリア毎に流量を制御しつつ供給することが可能であることを特徴とする請求項23に記載の研磨装置。