

研磨パッドの表面温度を調整するための熱交換器、研磨装置、研磨方法、
およびコンピュータプログラムを記録した記録媒体

発明の背景

5 発明の技術分野

本発明は、ウェーハなどの基板を研磨するために使用される研磨パッドの表面温度を調整するための熱交換器に関する。また、本発明は、そのような熱交換器を備えた研磨装置および研磨方法に関するものである。

関連技術の記載

- 10 CMP (Chemical Mechanical Polishing) 装置は、半導体デバイスの製造において、ウェーハの表面を研磨する工程に使用される。CMP装置は、ウェーハを研磨ヘッドで保持してウェーハを回転させ、さらに回転する研磨テーブル上の研磨パッドにウェーハを押し付けてウェーハの表面を研磨する。研磨中、研磨パッドには研磨液（スラリー）が供給され、ウェーハの表面は、研磨液の化学的
- 15 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。

- ウェーハの研磨レートは、ウェーハ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、ウェーハ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。研磨レートは、研磨によって単位時間当たり
- 20 25 に除去されるウェーハの膜の量（厚さ）を示す指標であり、除去レートとも呼ばれる。

- そこで、研磨パッドの表面温度を制御することができるCMP装置が開発されている。このタイプのCMP装置は、パッド温度センサとパッド温度調整システムを備えている。パッド温度センサは、ウェーハの中心に接触する研磨パッドの領域の表面温度を測定するように配置されている。パッド温度調整システムは、
- 25 熱交換器を研磨パッドの表面に接触させ、研磨パッドの表面温度の測定値に基づいて研磨パッドの表面温度を調整するように構成されている。

図12は、従来の熱交換器の一例を示す図である。研磨パッド200の表面温度を一様な温度分布に制御しようとした場合、図12のように、熱交換器201

の内部の半分を加熱流体エリア 201A とし、他の半分を冷却流体エリア 201B とする必要がある。こうすることで研磨テーブル 202 が回転したときに加熱流体エリア 201A と冷却流体エリア 201B が研磨パッド 200 の表面に等しく接触し、一様な温度分布が得られる。しかし、研磨時間の短縮の為に所望の目標温度に速やかに達する必要がある、図 12 の配置では所望の目標温度まで達するのに時間を要してしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【特許文献 1】特開 2015-44245 号公報

10 そこで、図 13 に示すように、加熱流体流路 208 と冷却流体流路 209 が渦巻状に配置された熱交換器 210 が提案されている。このような配置によれば、所望の目標温度に速やかに到達することができる。しかしながら、熱交換器 210 の周縁部では、加熱流体流路 208 または冷却流体流路 209 のいずれか一方が支配的となる。このために、研磨パッド 200 の表面上の温度分布が不均一と
15 なってしまう。

発明の要旨

そこで、本発明は、研磨パッドの表面温度を目標温度にまで速やかに到達させることができ、かつ研磨パッドの表面温度の均一な分布を実現することができる
20 熱交換器、およびそのような熱交換器を備えた研磨装置を提供することを目的とする。さらに、本発明は、熱交換器を用いた基板の研磨方法を提供することを目的とする。

上述した目的を達成するために、本発明の一態様は、研磨パッドの表面に接触して該研磨パッドの表面温度を調整する熱交換器であって、研磨パッドに接触可能なパッド接触面と、加熱流体が流れる加熱流路と、冷却流体が流れる冷却流路とを備え、前記加熱流路および前記冷却流路は、その始端から終端まで互いに隣り合っており、前記加熱流路および前記冷却流路は、前記パッド接触面の周縁部において立体交差していることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記加熱流路および前記冷却流路は、ジグザグ状に延びていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記加熱流路の折り返し部分と、前記冷却流路の折り返し部分は、互いに重なり合っていることを特徴とする。

- 5 本発明の好ましい態様は、前記加熱流路および前記冷却流路の折り返し部分は、前記パッド接触面の周縁部の直上に位置していることを特徴とする。

- 本発明の一態様は、研磨パッドを支持するための回転可能な研磨テーブルと、基板を前記研磨パッドの表面に押し付けて該基板を研磨する研磨ヘッドと、前記研磨パッドの表面に接触して該研磨パッドの表面温度を調整する上記熱交換器と、
- 10 前記熱交換器に加熱流体を供給するための加熱流体供給管と、前記熱交換器に冷却流体を供給するための冷却流体供給管を備えたことを特徴とする研磨装置である。

- 本発明の一態様は、基板を研磨ヘッドで保持し、加熱流体および冷却流体が流れる上記熱交換器を研磨パッドの表面に接触させて、該研磨パッドの表面温度を
- 15 調整しながら、前記研磨ヘッドにより基板を前記研磨パッドの表面に押し付けて該基板を研磨することを特徴とする、基板研磨方法である。

本発明の一態様は、研磨装置の動作を制御するためのコンピュータに上記基板研磨方法を実行させるプログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

- 20 本発明によれば、加熱流路および冷却流路の両方は、パッド接触面の全体の上方に配置される。特に、加熱流路と冷却流路が交差している箇所では、加熱流体と冷却流体の両方が存在する。このような配置によれば、加熱流体のみによる局所的な加熱、および冷却流体のみによる局所的な冷却が回避される。言い換えれば、熱交換器は、そのパッド接触面の全体において、加熱流体と冷却流体の両方
- 25 によって研磨パッドの表面温度を制御することができる。したがって、熱交換器は、研磨パッドの表面温度の均一な分布を形成することができる。さらに、上記熱交換器を備えた研磨装置は、ウェーハなどの基板を研磨して均一な研磨プロファイルを形成することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、研磨装置を示す模式図である。

図 2 は、図 1 に示す熱交換器を示す水平断面図である。

5 図 3 は、熱交換器の底面図である。

図 4 は、図 2 に示す熱交換器の記号 F 1 で示す部分の拡大斜視図であり、加熱流路と冷却流路とが交差する箇所を示している。

図 5 は、研磨パッド上の熱交換器と研磨ヘッドとの位置関係を示す平面図である。

10 図 6 は、研磨パッドと同心の円（想像円）上に存在する熱交換器内の加熱流体と冷却流体の割合を示すグラフである。

図 7 は、図 1 3 に示す従来の熱交換器内の加熱流体と冷却流体の割合を示すグラフである。

15 図 8 は、本実施形態に係る熱交換器に加熱流体と冷却流体を同じ流量で流したときの、時間経過に伴うパッド接触面の温度変化のシミュレーション結果を示すグラフである。

図 9 は、図 1 3 に示す従来の熱交換器に加熱流体と冷却流体を同じ流量で流したときの、時間経過に伴うパッド接触面の温度変化のシミュレーション結果を示すグラフである。

20 図 1 0 は、研磨装置の他の実施形態を示す図である。

図 1 1 は、研磨装置の動作を制御する動作制御部を示す模式図である。

図 1 2 は、従来の熱交換器の一例を示す図である。

図 1 3 は、従来の熱交換器の他の例を示す図である。

25 実施形態の説明

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、研磨装置を示す模式図である。図 1 に示すように、研磨装置は、基板の一例であるウェーハ W を保持して回転させる研磨ヘッド 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ノズル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システム5とを備えている。研磨パッド3の表面（上面）3aは、ウェーハWを研磨する研磨面を構成する。

- 5 研磨ヘッド1は鉛直方向に移動可能であり、かつその軸心を中心として矢印で示す方向に回転可能となっている。ウェーハWは、研磨ヘッド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）が連結されており、矢印で示す方向に回転可能となっている。図1に示すように、研磨ヘッド1および研磨テーブル2は、同じ方向に回転する。研磨パッド3は、研磨テーブル2の上面に貼り付けられている。

- ウェーハWの研磨は次のようにして行われる。研磨されるウェーハWは、研磨ヘッド1によって保持され、さらに研磨ヘッド1によって回転される。研磨パッド3は、研磨テーブル2とともに回転される。この状態で、研磨パッド3の表面には研磨液供給ノズル4から研磨液が供給され、さらにウェーハWの表面は、研磨ヘッド1によって研磨パッド3の表面3a、すなわち研磨面に対して押し付けられる。ウェーハWの表面は、研磨液の存在下での研磨パッド3との摺接により研磨される。ウェーハWの表面は、研磨液の化学的作用と研磨液に含まれる砥粒の機械的作用により平坦化される。

- パッド温度調整システム5は、研磨パッド3の表面温度を調整するための流体が流れる流路が内部に形成された熱交換器11と、温度調整された加熱流体および冷却流体を熱交換器11に供給する流体供給システム30とを備えている。熱交換器11は、研磨パッド3の表面に接触することができるパッド接触面65を有している。

- パッド温度調整システム5は、熱交換器11を研磨パッド3の表面3aと平行に移動させる平行移動機構71をさらに備えている。熱交換器11は、平行移動機構71に保持されている。この平行移動機構71は、熱交換器11の下面（すなわちパッド接触面65）が研磨パッド3の表面3aに接触した状態で、熱交換器11を研磨パッド3の半径方向に移動させることが可能に構成されている。平

行移動機構 7 1 としては、サーボモータとボールねじ機構との組み合わせ、またはエアシリンダなどから構成される。

流体供給システム 3 0 は、温度調整された加熱流体を貯留する加熱流体供給源としての加熱流体供給タンク 3 1 と、加熱流体供給タンク 3 1 と熱交換器 1 1 とを連結する加熱流体供給管 3 2 および加熱流体戻り管 3 3 とを備えている。加熱流体供給管 3 2 および加熱流体戻り管 3 3 の一方の端部は加熱流体供給タンク 3 1 に接続され、他方の端部は熱交換器 1 1 に接続されている。

温度調整された加熱流体は、加熱流体供給タンク 3 1 から加熱流体供給管 3 2 を通じて熱交換器 1 1 に供給され、熱交換器 1 1 内を流れ、そして熱交換器 1 1 から加熱流体戻り管 3 3 を通じて加熱流体供給タンク 3 1 に戻される。このように、加熱流体は、加熱流体供給タンク 3 1 と熱交換器 1 1 との間を循環する。加熱流体供給タンク 3 1 は、ヒータ（図示せず）を有しており、加熱流体はヒータにより所定の温度に加熱される。

加熱流体供給管 3 2 には、第 1 開閉バルブ 4 1 および第 1 流量制御バルブ 4 2 が取り付けられている。第 1 流量制御バルブ 4 2 は、熱交換器 1 1 と第 1 開閉バルブ 4 1 との間に配置されている。第 1 開閉バルブ 4 1 は、流量調整機能を有しないバルブであるのに対し、第 1 流量制御バルブ 4 2 は、流量調整機能を有するバルブである。

流体供給システム 3 0 は、熱交換器 1 1 に接続された冷却流体供給管 5 1 および冷却流体排出管 5 2 をさらに備えている。冷却流体供給管 5 1 は、研磨装置が設置される工場に設けられている冷却流体供給源（例えば、冷水供給源）に接続されている。冷却流体は、冷却流体供給管 5 1 を通じて熱交換器 1 1 に供給され、熱交換器 1 1 内を流れ、そして熱交換器 1 1 から冷却流体排出管 5 2 を通じて排出される。一実施形態では、熱交換器 1 1 内を流れた冷却流体を、冷却流体排出管 5 2 を通じて冷却流体供給源に戻してもよい。

冷却流体供給管 5 1 には、第 2 開閉バルブ 5 5 および第 2 流量制御バルブ 5 6 が取り付けられている。第 2 流量制御バルブ 5 6 は、熱交換器 1 1 と第 2 開閉バルブ 5 5 との間に配置されている。第 2 開閉バルブ 5 5 は、流量調整機能を有し

ないバルブであるのに対し、第2流量制御バルブ56は、流量調整機能を有するバルブである。

パッド温度調整システム5は、研磨パッド3の表面温度（以下、パッド表面温度ということがある）を測定するパッド温度測定器39と、パッド温度測定器39により測定されたパッド表面温度に基づいて第1流量制御バルブ42および第2流量制御バルブ56を操作するバルブ制御部40とをさらに備えている。第1開閉バルブ41および第2開閉バルブ55は、通常は開かれている。パッド温度測定器39は、研磨パッド3の表面の上方に配置されており、非接触で研磨パッド3の表面温度を測定するように構成されている。パッド温度測定器39は、バルブ制御部40に接続されている。

バルブ制御部40は、予め設定された目標温度と、研磨パッド3の表面温度との差を無くすために必要な第1流量制御バルブ42の操作量および第2流量制御バルブ56の操作量を計算するように構成されている。第1流量制御バルブ42の操作量および第2流量制御バルブ56の操作量は、言い換えれば、バルブ開度である。第1流量制御バルブ42の操作量は、加熱流体の流量に比例し、第2流量制御バルブ56の操作量は、冷却流体の流量に比例する。

第1流量制御バルブ42および第2流量制御バルブ56のそれぞれの操作量を0%から100%までの数値で表したときに、バルブ制御部40は、第1流量制御バルブ42の操作量を100%から引き算することで、第2流量制御バルブ56の操作量を決定するように構成されている。一実施形態では、バルブ制御部40は、第2流量制御バルブ56の操作量を100%から引き算することで、第1流量制御バルブ42の操作量を決定してもよい。

第1流量制御バルブ42の操作量が100%であることは、第1流量制御バルブ42が全開であることを示し、第1流量制御バルブ42の操作量が0%であることは、第1流量制御バルブ42が完全に閉じられていることを示している。同様に、第2流量制御バルブ56の操作量が100%であることは、第2流量制御バルブ56が全開であることを示し、第2流量制御バルブ56の操作量が0%であることは、第2流量制御バルブ56が完全に閉じられていることを示している。

第 1 流量制御バルブ 4 2 の操作量が 1 0 0 % であるときの加熱流体の流量は、第 2 流量制御バルブ 5 6 の操作量が 1 0 0 % であるときの冷却流体の流量と同じである。したがって、第 1 流量制御バルブ 4 2 を通過する加熱流体の流量と、第 2 流量制御バルブ 5 6 を通過する冷却流体の流量との合計は、常に一定である。

- 5 バルブ制御部 4 0 は、第 1 流量制御バルブ 4 2 の操作量と、第 2 流量制御バルブ 5 6 の操作量との総和が 1 0 0 % となるように、第 1 流量制御バルブ 4 2 および第 2 流量制御バルブ 5 6 を操作する。

- 熱交換器 1 1 に供給される加熱流体としては、温水が使用される。温水は、加熱流体供給タンク 3 1 のヒータにより、例えば約 8 0 °C に加熱される。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、シリコンオイルを加熱流体として使用してもよい。シリコンオイルを加熱流体として使用する場合には、シリコンオイルは加熱流体供給タンク 3 1 のヒータにより 1 0 0 °C 以上（例えば、約 1 2 0 °C）に加熱される。熱交換器 1 1 に供給される冷却流体としては、冷水またはシリコンオイルが使用される。シリコンオイルを冷却流体として使用する場合には、冷却流体供給源としてチラーを冷却流体供給管 5 1 に接続し、シリコンオイルを 0 °C 以下に冷却することで、研磨パッド 3 を速やかに冷却することができる。
- 10
- 15

- 加熱流体供給管 3 2 および冷却流体供給管 5 1 は、完全に独立した配管である。したがって、加熱流体および冷却流体は、混合されることなく、熱交換器 1 1 に供給される。加熱流体戻り管 3 3 および冷却流体排出管 5 2 も、完全に独立した配管である。したがって、加熱流体は、冷却流体と混合されることなく加熱流体供給タンク 3 1 に戻され、冷却流体は、加熱流体と混合されることなく排出されるか、または冷却流体供給源に戻される。
- 20

- 次に、熱交換器 1 1 の一例について説明する。図 2 は、熱交換器 1 1 を示す水平断面図であり、図 3 は熱交換器 1 1 の底面図である。熱交換器 1 1 は、その内部に形成された加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 を有するパッド接触部材である。熱交換器 1 1 は、加熱流体が流れる加熱流路 6 1 と、冷却流体が流れる冷却流路 6 2 と、研磨パッド 3 の表面 3 a に接触可能なパッド接触面 6 5 を有している。
- 25

本実施形態では、パッド接触面 6 5 は円形である。一実施形態では、パッド接触面 6 5 は四角形、五角形などの多角形状を有してもよい。加熱流路 6 1、冷却流路 6 2、およびパッド接触面 6 5 を形成する材料には、S i C 或いはアルミナなどの熱伝導性、耐磨耗性、耐食性に優れた材料を使用することができる。

- 5 加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、その始端から終端まで互いに隣り合っている。本実施形態では、加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、互いに隣り合ったジグザグ流路から構成されている。加熱流路 6 1 は、冷却流路 6 2 と同じ長さを有している。加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、完全に分離しており、熱交換器 1 1 内で加熱流体および冷却流体が混合されることはない。
- 10 加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、パッド接触面 6 5 の周縁部において立体交差している。より具体的には、加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、パッド接触面 6 5 の周縁部に沿って並ぶ複数箇所で立体交差している。加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 の折り返し部分は、パッド接触面 6 5 の周縁部の直上に位置している。さらに、加熱流路 6 1 の折り返し部分と、冷却流路 6 2 の折り返し部分は、
- 15 互いに重なり合っている。本実施形態では、加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、パッド接触面 6 5 の周縁部の直上で互いに交差している。

- 熱交換器 1 1 は、加熱流体入口 6 1 a、加熱流体出口 6 1 b、冷却流体入口 6 2 a、および冷却流体出口 6 2 b をさらに有する。加熱流路 6 1 の一方の端部は加熱流体入口 6 1 a に接続され、加熱流路 6 1 の他方の端部は加熱流体出口 6 1
- 20 b に接続されている。冷却流路 6 2 の一方の端部は冷却流体入口 6 2 a に接続され、冷却流路 6 2 の他方の端部は冷却流体出口 6 2 b に接続されている。加熱流体入口 6 1 a は、加熱流体供給管 3 2 (図 1 参照) に接続されており、加熱流体出口 6 1 b は、加熱流体戻り管 3 3 (図 1 参照) に接続されている。冷却流体入口 6 2 a は、冷却流体供給管 5 1 (図 1 参照) に接続されており、冷却流体出口
- 25 6 2 b は、冷却流体排出管 5 2 (図 1 参照) に接続されている。

図 4 は、図 2 に示す熱交換器 1 1 の記号 F 1 で示す部分の拡大斜視図であり、加熱流路 6 1 と冷却流路 6 2 とが交差する箇所を示している。図 4 に示すように、加熱流路 6 1 の折り返し部分には、隆起部 7 0 が設けられている。隆起部 7 0 の

上面は加熱流路 6 1 の一部を形成し、冷却流路 6 2 の一部は隆起部 7 0 内に形成されている。加熱流路 6 1 内の加熱流体は隆起部 7 0 を乗り越えて流れ、冷却流路 6 2 内の冷却流体は隆起部 7 0 内を通して流れる。つまり、加熱流体は隆起部 7 0 上（すなわち冷却流体の上方）を流れ、その一方で冷却流体は加熱流体の下方を流れる。

図 2 に示す熱交換器 1 1 の記号 F 2 で示す部分では、冷却流路 6 2 の折り返し部分に隆起部 7 0 が形成されている。隆起部 7 0 の上面は冷却流路 6 2 の一部を形成し、加熱流路 6 1 の一部は隆起部 7 0 内に形成されている。冷却流路 6 2 内の冷却流体は隆起部 7 0 を乗り越えて流れ、加熱流路 6 1 内の加熱流体は隆起部 7 0 内を通して流れる。つまり、冷却流体は隆起部 7 0 上（すなわち加熱流体の上方）を流れ、その一方で加熱流体は冷却流体の下方を流れる。

図 5 は、研磨パッド 3 上の熱交換器 1 1 と研磨ヘッド 1 との位置関係を示す平面図である。熱交換器 1 1 は、上から見たときに円形であり、熱交換器 1 1 の直径は研磨ヘッド 1 の直径よりも小さい。研磨パッド 3 の中心 C L から熱交換器 1 1 の中心までの距離は、研磨パッド 3 の中心 C L から研磨ヘッド 1 の中心までの距離と同じである。加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、互いに隣接しているので、加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 は、研磨パッド 3 の周方向に沿って並んでいる。さらに、加熱流路 6 1 と冷却流路 6 2 とが交差する隆起部 7 0 は、研磨パッド 3 の周方向に沿って並んでおり、かつパッド接触面 6 5 の周縁部の内側領域および外側領域に配置されている。研磨テーブル 2 および研磨パッド 3 が回転している間、熱交換器 1 1 に接触する研磨パッド 3 は、加熱流体および冷却流体との熱交換を行う。

加熱流路 6 1 および冷却流路 6 2 の両方は、パッド接触面 6 5 の全体の上に配置される。特に、加熱流路 6 1 と冷却流路 6 2 が交差している箇所では、加熱流体と冷却流体の両方が存在する。このような配置によれば、加熱流体のみによる局所的な加熱、および冷却流体のみによる局所的な冷却が回避される。言い換えれば、熱交換器 1 1 は、そのパッド接触面 6 5 の全体において、加熱流体と冷却流体の両方によって研磨パッド 3 の表面温度を制御することができる。したが

って、熱交換器 1 1 は、研磨パッド 3 の表面温度の均一な分布を形成することができる。さらに、上記熱交換器 1 1 を備えた研磨装置は、ウェーハなどの基板を研磨して均一な研磨プロファイルを形成することができる。

- パッド表面温度を所定の目標温度に維持するために、ウェーハ W の研磨中、熱
- 5 交換器 1 1 は、研磨パッド 3 の表面（すなわち研磨面 3 a）に接触する。本明細書において、熱交換器 1 1 が研磨パッド 3 の表面に接触する態様には、熱交換器 1 1 が研磨パッド 3 の表面に直接接触する態様のみならず、熱交換器 1 1 と研磨パッド 3 の表面との間に研磨液（スラリー）が存在した状態で熱交換器 1 1 が研磨パッド 3 の表面に接触する態様も含まれる。いずれの態様においても、熱交換
- 10 器 1 1 を流れる加熱流体および冷却流体と研磨パッド 3 との間で熱交換が行われ、これによりパッド表面温度が制御される。

- 図 6 は、研磨パッド 3 と同心の円（想像円）上に存在する熱交換器 1 1 内の加熱流体と冷却流体の割合を示すグラフである。図 6 の縦軸は加熱流体と冷却流体の割合を表し、横軸は同心円の半径、すなわち研磨パッド 3 の中心 C L からの距離を表している。図 5 に示す符号 C 1 で示される円は、同心円のうちの 1 つである。
- 15

- 図 6 に示すように、熱交換器 1 1 の内側端部から外側端部までの全体において、加熱流体と冷却流体の両方が存在する。このグラフから分かるように、加熱流体のみで局所的に加熱する領域、および冷却流体のみで局所的に冷却する領域は、
- 20 パッド接触面 6 5 には存在しない。さらに、熱交換器 1 1 の中心部では、加熱流体と冷却流体の比は、50 : 50 である。よって、熱交換器 1 1 は、研磨パッド 3 の表面温度を均一にすることができる。

- 図 7 は、図 1 3 に示す従来の熱交換器 2 1 0 内の加熱流体と冷却流体の割合を示すグラフである。図 7 に示すように、熱交換器 2 1 0 の内側端部には加熱流体のみが存在し、熱交換器 2 1 0 の外側端部には冷却流体のみが存在する。このため、図 1 3 に示す熱交換器 2 1 0 のパッド接触面には、加熱流体のみで局所的に加熱する領域と、冷却流体のみで局所的に冷却する領域が存在する。
- 25

図 8 は、本実施形態に係る熱交換器 1 1 に加熱流体と冷却流体を同じ流量で流

したときの、時間経過に伴うパッド接触面 6 5 の温度変化のシミュレーション結果を示すグラフである。図 8 の縦軸はパッド接触面 6 5 の温度を表し、横軸はパッド接触面 6 5 上の位置を表している。符号 T T は、パッド接触面 6 5 の目標温度を表している。このグラフは、図 3 に示す A－B 線に沿ったパッド接触面 6 5 の温度分布と、C－D 線に沿ったパッド接触面 6 5 の温度分布を示している。このシミュレーション結果から、加熱流体と冷却流体を流し始めてから 1 5 秒後にはパッド接触面 6 5 の温度は目標温度 T T に到達し、かつパッド接触面 6 5 の全体において概ね均一な温度分布が得られたことが分かる。

図 9 は、図 1 3 に示す従来の熱交換器 2 1 0 に加熱流体と冷却流体を同じ流量で流したときの、時間経過に伴うパッド接触面の温度変化のシミュレーション結果を示すグラフである。図 9 に示す A－B 線に沿った温度分布は、図 1 3 に示す従来の熱交換器 2 1 0 のパッド接触面の A－B 線（図 3 参照）に沿った温度分布であり、図 9 に示す C－D 線に沿った温度分布は、図 1 3 に示す従来の熱交換器 2 1 0 のパッド接触面の C－D 線（図 3 参照）に沿った温度分布である。このシミュレーション結果から、加熱流体と冷却流体を流し始めてから 1 5 秒が経過したときでも、パッド接触面の端部は目標温度 T T に到達しなかったことが分かる。

図 1 0 は、研磨装置の他の実施形態を示す図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図 1 乃至図 6 に示す本実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。図 1 0 に示すように、本実施形態の研磨装置は、熱交換器 1 1 の側面を洗浄するための洗浄機構 8 0、8 0 を備えている。洗浄機構 8 0、8 0 は、熱交換器 1 1 の両側に配置されており、アーム 8 4 に固定されている。アーム 8 4 は平行移動機構 7 1 に固定されている。洗浄機構 8 0、8 0 は熱交換器 1 1 と一体に移動可能である。

各洗浄機構 8 0 は、洗浄液供給源（図示せず）に連通するヘッダーチューブ 8 1 と、このヘッダーチューブ 8 1 に設けられた複数のスプレーノズル 8 2 とを備えている。ヘッダーチューブ 8 1 は、熱交換器 1 1 の側面に沿って配置され、複数のスプレーノズル 8 2 は熱交換器 1 1 の側面に対向して配置されている。洗浄液供給源から供給される洗浄液は、スプレーノズル 8 2 から熱交換器 1 1 の両側

面に向けて噴射される。これにより、熱交換器 11 の側面に付着した研磨液（例えば、スラリー）を除去することができる。洗浄液としては、例えば純水が使用される。なお、熱交換器 11 の洗浄は、熱交換器 11 が退避位置にあるときに行なうことが好ましい。

- 5 上記で説明した実施形態において、研磨装置の動作は、図 11 に示す動作制御部 100 によって制御される。この動作制御部 100 は、専用のコンピュータまたは汎用のコンピュータから構成される。図 11 に示すように、動作制御部 100 は、プログラムやデータなどが格納される記憶装置 110 と、記憶装置 110 に格納されているプログラムに従って演算を行う CPU（中央処理装置）などの
- 10 処理装置 120 と、データ、プログラム、および各種情報を記憶装置 110 に入力するための入力装置 130 と、処理結果や処理されたデータを出力するための出力装置 140 と、インターネットなどのネットワークに接続するための通信装置 150 を備えている。

- 記憶装置 110 は、処理装置 120 がアクセス可能な主記憶装置 111 と、データおよびプログラムを格納する補助記憶装置 112 を備えている。主記憶装置
- 15 111 は、例えばランダムアクセスメモリ（RAM）であり、補助記憶装置 112 は、ハードディスクドライブ（HDD）またはソリッドステートドライブ（SSD）などのストレージ装置である。

- 入力装置 130 は、キーボード、マウスを備えており、さらに、記録媒体から
- 20 データを読み込むための記録媒体読み込み装置 132 と、記録媒体が接続される記録媒体ポート 134 を備えている。記録媒体は、非一時的な有形物であるコンピュータ読み取り可能な記録媒体であり、例えば、光ディスク（例えば、CD-ROM、DVD-ROM）や、半導体メモリー（例えば、USBフラッシュドライブ、メモリーカード）である。記録媒体読み込み装置 132 の例としては、C
- 25 Dドライブ、DVDドライブなどの光学ドライブや、カードリーダーが挙げられる。記録媒体ポート 134 の例としては、USB端子が挙げられる。記録媒体に電氣的に格納されているプログラムおよび／またはデータは、入力装置 130 を介して動作制御部 100 に導入され、記憶装置 110 の補助記憶装置 112 に格

納される。出力装置 140 は、ディスプレイ装置 141、印刷装置 142 を備えている。

動作制御部 100 は、記憶装置 110 に電氣的に格納されたプログラムに従って動作する。すなわち、動作制御部 100 は、研磨ヘッド 1 に指令を発して基板を研磨ヘッド 1 で保持させ、パッド温度調整システム 5 に指令を発して熱交換器 11 を研磨パッド 3 の表面 3a に接触させて、該研磨パッド 3 の表面温度を調整し、さらに、加熱流体および冷却流体が流れる熱交換器 11 で研磨パッド 3 の表面温度を調整しながら、研磨ヘッド 1 に指令を発して研磨ヘッド 1 で基板を研磨パッド 3 の表面 3a に押し付けて該基板を研磨させる。

- 10 これらステップを動作制御部 100 に実行させるためのプログラムは、非一時的な有形物であるコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録され、記録媒体を介して動作制御部 100 に提供される。または、プログラムは、インターネットなどの通信ネットワークを介して動作制御部 100 に提供されてもよい。

- 一実施形態では、図 1 および図 10 に示す平行移動機構 71 に代えて、熱交換器 11 の回転が可能ないように、アーム部とその先端に熱交換器 11 を回転させるための回転機構を設けてもよい。この実施形態では、熱交換器 11 の加熱流体入口 61a、冷却流体入口 62a、加熱流体出口 61b、及び冷却流体出口 62b は、熱交換器 11 の回転中心付近に設けられる。この実施形態でも、加熱流路 61 及び冷却流路 62 をその始端から終端までを互いに隣り合わせ、加熱流路 61 と冷却流路 62 とをパッド接触面 65 の周縁部において立体交差させた構成とされる。このような構成の熱交換器 11 を回転機構で回転させながら研磨パッド 3 の表面 3a に接触させることで、研磨パッド 3 の表面温度をより均一にすることができる。

- 25 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ことである。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. 研磨パッドの表面に接触して該研磨パッドの表面温度を調整する熱交換器であって、
研磨パッドに接触可能なパッド接触面と、
加熱流体が流れる加熱流路と、
冷却流体が流れる冷却流路とを備え、
前記加熱流路および前記冷却流路は、その始端から終端まで互いに隣り合っており、前記加熱流路および前記冷却流路は、前記パッド接触面の周縁部において立体交差していることを特徴とする熱交換器。
2. 前記加熱流路および前記冷却流路は、ジグザグ状に延びていることを特徴とする請求項 1 に記載の熱交換器。
3. 前記加熱流路の折り返し部分と、前記冷却流路の折り返し部分は、互いに重なり合っていることを特徴とする請求項 2 に記載の熱交換器。
4. 前記加熱流路および前記冷却流路の折り返し部分は、前記パッド接触面の周縁部の直上に位置していることを特徴とする請求項 2 に記載の熱交換器。
5. 研磨パッドを支持するための回転可能な研磨テーブルと、
基板を前記研磨パッドの表面に押し付けて該基板を研磨する研磨ヘッドと、
前記研磨パッドの表面に接触して該研磨パッドの表面温度を調整する熱交換器と、
前記熱交換器に加熱流体を供給するための加熱流体供給管と、
前記熱交換器に冷却流体を供給するための冷却流体供給管を備え、
前記熱交換器は、請求項 1 に記載の熱交換器であることを特徴とする研磨装置。

6. 基板を研磨ヘッドで保持し、

加熱流体および冷却流体が流れる熱交換器を研磨パッドの表面に接触させて、
該研磨パッドの表面温度を調整しながら、前記研磨ヘッドにより基板を前記研磨
パッドの表面に押し付けて該基板を研磨する工程を含み、

前記熱交換器は、請求項 1 に記載の熱交換器であることを特徴とする、基板研
磨方法。

7. 研磨装置の動作を制御するためのコンピュータに請求項 6 に記載の基板研
磨方法を実行させるプログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可
能な記録媒体。