

明 細 書

発明の名称：

ドレッシング条件決定装置およびドレッシング条件決定方法

技術分野

[0001] 本発明は、ウェーハ、基板、またはパネルなどのワークピースの研磨に使用される研磨パッドをドレッシングするためのドレッシング条件を決定する技術に関する。

背景技術

[0002] 化学機械研磨（以下、CMPという）は、研磨液を研磨パッド上に供給しつつワークピース（例えば、ウェーハ、基板、またはパネルなど）を研磨パッドに摺接させて該ワークピースを研磨するプロセスである。研磨液には、通常、砥粒を含むスラリーが使用される。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、ワークピースを研磨パッドに押し付けるための研磨ヘッドを備えている。

[0003] 研磨装置は、次のようにしてワークピースを研磨する。研磨テーブルおよび研磨パッドを一体に回転させながら、研磨液（典型的にはスラリー）を研磨パッドの研磨面に供給する。研磨ヘッドはワークピースを回転させながら、ワークピースの表面を研磨パッドの研磨面に対して押し付ける。ワークピースは、研磨液の存在下で研磨パッドに摺接される。ワークピースの表面は、研磨液の化学的作用と、研磨液に含まれる砥粒および／または研磨パッドの機械的作用により、研磨される。

[0004] ワークピースの研磨レート（除去レートともいう）は、様々な要因に依存して変わりうる。研磨パッドの研磨面の状態は、研磨レートに影響を与える要因のうちの1つである。すなわち、研磨液は、研磨パッドの研磨面上に保持された状態で、ワークピースは研磨面に摺接される。研磨パッドは、その研磨面上に多数の微小な突起を有する。これら多数の突起は、ワークピースの機械的研磨に寄与する。したがって、研磨パッドの研磨面の状態は、ワー

クピースの研磨レートに影響を与えうる。

- [0005] そこで、ワークピースの研磨レートを向上させ、かつ安定させるために、ワークピースの研磨前に研磨パッドの研磨面のドレッシングが行われる（以下、パッドドレッシングということがある）。パッドドレッシングは、ダイヤモンド粒子などの砥粒からなるドレッシング面を有するドレッサを用いて行われる。より具体的には、研磨パッドおよびドレッサをそれぞれ回転させながら、ドレッサのドレッシング面を研磨パッドの研磨面に押し付けることで、研磨面を粗くする（すなわち、多数の微小な突起を研磨面に形成する）。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2010-76049号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] パッドドレッシングは、予め定められたドレッシング条件下で実行される。研磨パッドの研磨面は、その全体に亘って均一な粗さ（asperity）を有することが望ましい。したがって、ドレッシング条件は、そのような研磨面を実現できるように決定される。しかしながら、従来は、ユーザーが、試行錯誤によりドレッシング条件を決定しており、意図したドレッシング結果が得られない場合もあった。
- [0008] そこで、本発明は、研磨面の所望の状態を実現することができるドレッシング条件を自動的に決定することができる技術を提供する。

課題を解決するための手段

- [0009] 一態様では、回転するドレッサのドレッシング面を、回転する研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングするためのドレッシング条件を決定するドレッシング条件決定装置であって、機械学習により構築された推定モデルを格納した記憶装置と、前記推定モデルのアルゴリズムに

従って演算を実行するプロセッサを備え、前記推定モデルは、前記ドレッシング面を構成する複数の砥粒の、前記研磨パッド上の目標軌跡を示す目標軌跡画像が入力されると、前記目標軌跡を実現するためのドレッシング条件を出力するように構成されている、ドレッシング条件決定装置が提供される。

[0010] 一態様では、前記ドレッシング条件は、前記ドレッサの回転速度、前記研磨パッドの回転速度、前記研磨パッド上の前記ドレッサの揺動速度、およびドレッシング時間のうちの少なくとも1つを含む。

一態様では、前記目標軌跡画像は、回転する前記ドレッサの前記ドレッシング面を、回転する前記研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングする動作のシミュレーションを実行することで生成された前記複数の砥粒の軌跡のシミュレーション画像である。

一態様では、前記推定モデルは、複数のドレッシング条件と、前記複数のドレッシング条件下で実行されたドレッシングシミュレーションにより得られた複数の軌跡画像を含む訓練データを用いて機械学習により構築された学習済みモデルである。

一態様では、前記推定モデルは、前記目標軌跡画像の特徴量を抽出するエンコーダと、前記特徴量から前記目標軌跡画像を復元するデコーダと、前記抽出された特徴量に対して回帰分析を実行して前記ドレッシング条件を出力する回帰分析器を有する。

一態様では、前記目標軌跡は、前記砥粒の軌跡が前記研磨パッド上に均一に分布し、かつ前記砥粒の軌跡の交差点が前記研磨パッド上に均一に分布する軌跡である。

[0011] 一態様では、回転するドレッサのドレッシング面を、回転する研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングするためのドレッシング条件を決定するドレッシング条件決定方法であって、前記ドレッシング面を構成する複数の砥粒の、前記研磨パッド上の目標軌跡を示す目標軌跡画像を、機械学習により構築された推定モデルに入力し、前記目標軌跡を実現するためのドレッシング条件を前記推定モデルから出力する、ドレッシング条

件決定方法が提供される。

[0012] 一態様では、前記ドレッシング条件は、前記ドレッサの回転速度、前記研磨パッドの回転速度、前記研磨パッド上の前記ドレッサの揺動速度、およびドレッシング時間のうちの少なくとも1つを含む。

一態様では、前記目標軌跡画像は、回転する前記ドレッサの前記ドレッシング面を、回転する前記研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングする動作のシミュレーションを実行することで生成された前記複数の砥粒の軌跡のシミュレーション画像である。

一態様では、前記推定モデルは、複数のドレッシング条件と、前記複数のドレッシング条件下で実行されたドレッシングシミュレーションにより得られた複数の軌跡画像を含む訓練データを用いて機械学習により構築された学習済みモデルである。

一態様では、前記推定モデルは、前記目標軌跡画像の特徴量を抽出するエンコーダと、前記特徴量から前記目標軌跡画像を復元するデコーダと、前記抽出された特徴量に対して回帰分析を実行して前記ドレッシング条件を出力する回帰分析器を有する。

一態様では、前記目標軌跡は、前記砥粒の軌跡が前記研磨パッド上に均一に分布し、かつ前記砥粒の軌跡の交差点が前記研磨パッド上に均一に分布する軌跡である。

発明の効果

[0013] 上述したドレッシング条件決定装置およびドレッシング条件決定方法は、推定モデルを用いて、研磨面の所望の状態を実現することができるドレッシング条件を自動的に決定することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]研磨装置の一実施形態を示す模式図である。

[図2]ドレッシング面を構成する砥粒の研磨パッドの研磨面上の軌跡の一例を示す模式図である。

[図3]目標軌跡画像の一例を示す図である。

[図4]推定モデルの一実施形態を示す模式図である。

[図5]複数のドレッシング条件と、対応する複数の軌跡画像を含む訓練データの一例を示す模式図である。

[図6]訓練データを用いた機械学習により推定モデルを構築する訓練フェイズを説明するための模式図である。

[図7]機械学習により構築された推定モデルを用いて、目標軌跡画像上の砥粒の軌跡を実現するためのドレッシング条件を決定する実用フェイズを説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図1は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。研磨装置は、半導体デバイスの製造に使用されるワークピースの一例であるウェーハWを化学機械的に研磨する装置である。図1に示すように、この研磨装置は、研磨面2aを有する研磨パッド2を支持する研磨テーブル5と、ウェーハWを研磨面2aに対して押し付ける研磨ヘッド7と、研磨液（例えば、砥粒を含むスラリー）を研磨面2aに供給する研磨液供給ノズル8と、研磨装置の動作を制御する動作制御部30を備えている。

[0016] 研磨ヘッド7は、その下面にウェーハWを保持できるように構成されている。ウェーハWは被研磨膜を有する。以下の実施形態では、ワークピースの例としてウェーハが使用されているが、ワークピースはウェーハに限定されず、半導体デバイスの製造に使用される円形基板、矩形基板、パネルなどであってもよい。

[0017] 研磨装置は、支軸14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の自由端に回転可能に支持された研磨ヘッドシャフト18をさらに備えている。研磨ヘッド7は、研磨ヘッドシャフト18の下端に固定されている。研磨ヘッド揺動アーム16内には、電動機などを備えた研磨ヘッド回転機構（図示せず）が配置されている。この研磨ヘッド回転機構は、研磨ヘッドシャフト18に連結されており、研磨ヘ

ッドシャフト 18 および研磨ヘッド 7 を矢印で示す方向に回転させるように構成されている。

[0018] 研磨ヘッドシャフト 18 は、図示しない研磨ヘッド昇降機構（ボールねじ機構などを含む）に連結されている。この研磨ヘッド昇降機構は、研磨ヘッドシャフト 18 を研磨ヘッド揺動アーム 16 に対して相対的に上下動させるように構成されている。この研磨ヘッドシャフト 18 の上下動により、研磨ヘッド 7 は、矢印で示すように、研磨ヘッド揺動アーム 16 および研磨テーブル 5 に対して相対的に上下動可能となっている。

[0019] 研磨装置は、研磨パッド 2 および研磨テーブル 5 をそれらの軸心を中心に回転させるテーブル回転モータ 21 をさらに備えている。テーブル回転モータ 21 は研磨テーブル 5 の下方に配置されており、研磨テーブル 5 は、テーブル軸 5 a を介してテーブル回転モータ 21 に連結されている。研磨テーブル 5 および研磨パッド 2 は、テーブル回転モータ 21 によりテーブル軸 5 a を中心に矢印で示す方向に回転されるようになっている。研磨パッド 2 は、研磨テーブル 5 の上面に貼り付けられている。研磨パッド 2 の露出面は、ウェーハ W を研磨する研磨面 2 a を構成している。

[0020] ウェーハ W の研磨は次のようにして行われる。ウェーハ W は、その被研磨面が下を向いた状態で、研磨ヘッド 7 に保持される。研磨ヘッド 7 および研磨テーブル 5 をそれぞれ回転させながら、研磨テーブル 5 の上方に設けられた研磨液供給ノズル 8 から研磨液（例えば、砥粒を含むスラリー）を研磨パッド 2 の研磨面 2 a 上に供給する。研磨パッド 2 はその中心軸線を中心に研磨テーブル 5 と一体に回転する。研磨ヘッド 7 は研磨ヘッド昇降機構（図示せず）により所定の高さまで移動される。さらに、研磨ヘッド 7 は上記所定の高さに維持されたまま、ウェーハ W を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に押し付ける。ウェーハ W は研磨ヘッド 7 と一体に回転する。研磨液が研磨パッド 2 の研磨面 2 a 上に存在した状態で、ウェーハ W は研磨面 2 a に摺接される。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および／または研磨パッド 2 の機械的作用との組み合わせにより、研磨される。

- [0021] 動作制御部30は、少なくとも1台のコンピュータから構成されている。動作制御部30は、プログラムが格納された記憶装置30aと、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する演算装置30bを備えている。記憶装置30aは、ランダムアクセスメモリ(RAM)などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ(HDD)、ソリッドステートドライブ(SSD)などの補助記憶装置を備えている。演算装置30bの例としては、CPU(中央処理装置)、GPU(グラフィックプロセッシングユニット)が挙げられる。ただし、動作制御部30の具体的構成はこれらの例に限定されない。
- [0022] 研磨装置は、研磨パッド2の研磨面2aをドレッシングするドレッシング機構50を備えている。このドレッシング機構50は、研磨パッド2の研磨面2aに摺接されるドレッサ51と、ドレッサ51が連結されるドレッサシャフト52と、ドレッサシャフト52を回転自在に支持するドレッサ揺動アーム55とを備えている。ドレッサ51の下面はドレッシング面51aを構成し、このドレッシング面51aは砥粒(例えば、ダイヤモンド粒子)から構成されている。
- [0023] ドレッサシャフト52は、ドレッサ揺動アーム55内に配置された図示しないドレッサ押圧機構(例えばエアシリンダを含む)に連結されている。このドレッサ押圧機構は、ドレッサシャフト52を介してドレッサ51のドレッシング面51aを研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付けるように構成されている。さらに、ドレッサシャフト52は、ドレッサ揺動アーム55内に配置された図示しないドレッサ回転機構(例えば電動機を含む)に連結されている。このドレッサ回転機構は、ドレッサシャフト52を介してドレッサ51を矢印で示す方向に回転させるように構成されている。
- [0024] 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。研磨パッド2は研磨テーブル5とともにテーブル回転モータ21によって回転されながら、図示しない純水供給ノズルから純水が研磨面2aに供給される。ドレッサ51は、ドレッサシャフト52を中心にドレッサ回転機構(図示せず)により回転されながら、ドレッサ51のドレッシング面51aはドレ

ッサ押圧機構（図示せず）により研磨面 2 a に押圧される。研磨面 2 a 上に純水が存在した状態で、ドレッサ 5 1 は研磨面 2 a に摺接される。ドレッサ 5 1 の回転中、ドレッサ揺動アーム 5 5 を支軸 5 8 を中心に回転させてドレッサ 5 1 を研磨面 2 a の半径方向に揺動させる。このようにして、ドレッサ 5 1 のドレッシング面 5 1 a により研磨パッド 2 がわずかに削り取られ、研磨面 2 a がドレッシング（再生）される。

[0025] 研磨パッド 2 のドレッシングは、新品の状態の研磨パッド 2 を最初にウェーハの研磨に使用する前、またはウェーハの研磨中、またはウェーハを研磨した後であって次のウェーハを研磨する前に実施される。

[0026] 研磨パッド 2 のドレッシングは、予め定められたドレッシング条件下で実施される。ドレッシング条件には、ドレッサ 5 1 の回転速度、研磨パッド 2（研磨テーブル 5）の回転速度、ドレッシング時間、およびドレッサ 5 1 の研磨面 2 a 上の揺動速度のうちの少なくとも 1 つが含まれる。

[0027] 研磨パッド 2 のドレッシング中、ドレッシング面 5 1 a を構成する砥粒は、研磨パッド 2 の研磨面 2 a 上を移動しながら、研磨面 2 a を引っ掻くことで、研磨面 2 a を粗くする。図 2 は、ドレッシング面 5 1 a を構成する砥粒の研磨パッド 2 の研磨面 2 a 上の軌跡の一例を示す模式図である。図 2 に示す符号 T は、研磨面 2 a 上の砥粒の軌跡を表している。図 2 に示すように、砥粒が研磨面 2 a を引っ掻くことで、研磨面 2 a の一部が隆起して突起 4 0 を形成する。同様に、砥粒の複数の軌跡 T が交わる交差点では、研磨面 2 a の一部が隆起して突起 4 0 を形成する。

[0028] 軌跡 T の交差点では、複数の軌跡は 0 度よりも大きな交差角度で交わっている。交差角度が 0 度であると、ある砥粒によって形成された突起 4 0 が、別の砥粒によって除去されることがある。したがって、砥粒の軌跡 T の交差角度は、0 度よりも大きく、例えば 10°～170°の範囲内である。

[0029] ドレッサ 5 1 の砥粒によって形成された多数の突起 4 0 は、ウェーハの機械的研磨に寄与する。したがって、研磨パッド 2 の研磨面 2 a の状態は、ウェーハの研磨レートに影響を与えうる。ウェーハの研磨レートを向上させ、

かつ安定させるためには、砥粒の軌跡が研磨パッド２上に均一に分布し、かつ砥粒の軌跡の交差点が研磨パッド２上に均一に分布することが望ましい。

研磨面２a内の砥粒の軌跡は、ドレッシング条件によって変わりうる。

[0030] そこで、研磨パッド２の所望の研磨面２aの状態を作り上げるために、図１に示すように、研磨装置は、ドレッシング条件を決定するドレッシング条件決定装置６０をさらに備えている。ドレッシング条件決定装置６０は、動作制御部３０に接続されている。

[0031] ドレッシング条件決定装置６０は、少なくとも１台のコンピュータから構成されている。ドレッシング条件決定装置６０は、プログラムおよび推定モデル６２を格納した記憶装置６０aと、プログラムに含まれる命令および推定モデル６２のアルゴリズムに従って演算を実行するプロセッサ６０bを備えている。記憶装置６０aは、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ（ＨＤＤ）、ソリッドステートドライブ（ＳＳＤ）などの補助記憶装置を備えている。プロセッサ６０bの例としては、ＣＰＵ（中央処理装置）、ＧＰＵ（グラフィックプロセッシングユニット）が挙げられる。ただし、ドレッシング条件決定装置６０の具体的構成はこれらの例に限定されない。

[0032] 一実施形態では、動作制御部３０とドレッシング条件決定装置６０は、一体に形成されてもよい。例えば、動作制御部３０とドレッシング条件決定装置６０は、１台のコンピュータから構成されてもよい。

[0033] 推定モデル６２は、ドレッシング面５１aを構成する複数の砥粒の、研磨パッド２上の目標軌跡を示す目標軌跡画像が入力されると、その目標軌跡を実現するためのドレッシング条件を出力するように構成されている。推定モデル６２は、機械学習により構築された学習済みモデルである。推定モデル６２の例としては、ニューラルネットワークが挙げられる。

[0034] 目標軌跡画像は、回転するドレッサ５１のドレッシング面５１aを、回転する研磨パッド２に押し付けることで研磨パッド２をドレッシングする動作のシミュレーションを実行することで生成されたシミュレーション画像であ

る。上記シミュレーションは、ドレッシング条件決定装置60によって実行されてもよいし、あるいは他のシミュレーション装置によって実行されてもよい。

[0035] 図3は、目標軌跡画像の一例を示す図である。この例では、目標軌跡画像に現れる目標砥粒の軌跡は、研磨パッド2上に均一に分布し、かつ砥粒の軌跡の交差点が研磨パッド2上に均一に分布している。言い換えれば、研磨パッド2の研磨面2aのドレッシング中、ドレッサ51のドレッシング面51aを構成する複数の砥粒は、研磨面2a上を均一に移動し、幾何学模様の軌跡を形成する。複数の砥粒は、均一な分布の走行距離で研磨面2a上を移動する。

[0036] 目標軌跡画像は、ドレッシング条件決定装置60に入力される。ドレッシング条件決定装置60は、目標軌跡画像を推定モデル62に入力し、その目標軌跡画像に現れた砥粒の軌跡である目標軌跡を実現するためのドレッシング条件を推定モデル62から出力させる。ドレッシング条件は、ドレッサ51の回転速度、研磨パッド2の回転速度、研磨パッド2上のドレッサ51の揺動速度、およびドレッシング時間のうちの少なくとも1つを含む。

[0037] 図4は、推定モデル62の一実施形態を示す模式図である。推定モデル62は、目標軌跡画像の特徴量を抽出するエンコーダ65と、特徴量から目標軌跡画像を復元するデコーダ67と、抽出された特徴量に対して回帰分析を実行してドレッシング条件を出力する回帰分析器69を有する。エンコーダ65は、目標軌跡画像が入力される入力層65aをする。デコーダ67は、エンコーダ65に入力された目標軌跡画像と実質的に同じ画像を出力する出力層67aを有している。エンコーダ65は、入力された目標軌跡画像の特徴量を圧縮し、目標軌跡画像の特徴量を抽出するように構成される。デコーダ67は、エンコーダ65により抽出された特徴量から目標軌跡画像を復元するように構成されている。このようなエンコーダ65とデコーダ67との組み合わせは、オートエンコーダを構成する。

[0038] 回帰分析器69は、エンコーダ65によって抽出された（圧縮された）特

微量に対して回帰分析を実行し、エンコーダ 6 5 に入力された目標軌跡画像上の砥粒の軌跡である目標軌跡を実現できるドレッシング条件を出力するように構成されている。回帰分析器 6 9 から出力されるドレッシング条件は、ドレッサ 5 1 の回転速度、研磨パッド 2 の回転速度、研磨パッド 2 上のドレッサ 5 1 の揺動速度、およびドレッシング時間のうちの少なくとも 1 つを含む。

[0039] 推定モデル 6 2 は、機械学習により構築された学習済みモデルである。より具体的には、推定モデル 6 2 は、複数のドレッシング条件と、複数のドレッシング条件下で実行されたドレッシングシミュレーションにより得られた複数の軌跡画像を含む訓練データを用いて機械学習により構築された学習済みモデルである。ドレッシングシミュレーションは、研磨パッド 2 をドレッサ 5 1 のドレッシング面 5 1 a でドレッシングする動作のシミュレーションである。

[0040] 訓練データに含まれる各軌跡画像は、ドレッシングシミュレーション上のドレッシング面 5 1 a を構成する砥粒の軌跡を示す画像である。訓練データに含まれる上記複数のドレッシング条件は目的変数（すなわち正解ラベル）であり、上記複数のドレッシング条件に対応する上記複数の軌跡画像は、説明変数である。ドレッシングシミュレーションは、ドレッシング条件決定装置 6 0 によって実行されてもよいし、あるいは他のシミュレーション装置によって実行されてもよい。

[0041] 図 5 は、複数のドレッシング条件と、対応する複数の軌跡画像を含む訓練データの一例を示す模式図である。ドレッシングシミュレーションは、各ドレッシング条件下で実行され、各ドレッシング条件に対応する砥粒の軌跡画像が得られる。図 5 に示す複数のドレッシング条件 A ～ F は、互いに異なっており、結果として、ドレッシングシミュレーションにより得られる複数の軌跡画像 A ～ F も互いに異なっている。訓練データに含まれる複数のドレッシング条件 A ～ F は、訓練データに含まれる複数の軌跡画像 A ～ F に 1 対 1 で対応する。

- [0042] ドレッシング条件決定装置60は、上記訓練データを用いて機械学習を実行することで、推定モデル62を構築する。機械学習の例としてはディープラーニングが挙げられ、推定モデル62の例としてはニューラルネットワークが挙げられる。ただし、意図した目的が達成できる限りにおいて、機械学習および推定モデル62の具体的な詳細は特に限定されない。
- [0043] 図6は、訓練データを用いた機械学習により推定モデル62を構築する訓練フェイズを説明するための模式図である。訓練データに含まれる複数の軌跡画像のうちの1つがエンコーダ65の入力層65aに入力されると、デコーダ67の出力層67aから軌跡画像が出力され、回帰分析器69からドレッシング条件が出力される。デコーダ67から出力された軌跡画像が、エンコーダ65に入力された軌跡画像と一致し、かつ回帰分析器69から出力されたドレッシング条件が、エンコーダ65に入力された軌跡画像に対応するドレッシング条件と一致するように、機械学習により、エンコーダ65、デコーダ67、および回帰分析器69の各ノード（ニューロン）のパラメータ（重みやしきい値など）が調整される。機械学習により構築された推定モデル62は、訓練データにはない軌跡画像（例えば、上記目標軌跡画像）が入力されたときに、入力された軌跡画像上の砥粒の軌跡を実現するためのドレッシング条件を出力することができる。
- [0044] 図7は、機械学習により構築された推定モデル62を用いて、目標軌跡画像上の砥粒の軌跡を実現するためのドレッシング条件を決定する実用フェイズを説明するための模式図である。シミュレーションにより予め作成された目標軌跡画像は、推定モデル62のエンコーダ65の入力層65aに入力される。推定モデル62の回帰分析器69は、目標軌跡画像上の砥粒の軌跡（すなわち目標軌跡）を実現することができるドレッシング条件を出力する。
- [0045] 推定モデル62から出力されたドレッシング条件は、図1に示す動作制御部30に送信される。動作制御部30は、ドレッシング条件に従ってドレッシング機構50を含む研磨装置の動作を制御して、研磨パッド2の研磨面2aをドレッシング機構50によりドレッシングさせる。ドレッシング条件決

定装置 60 によって決定されたドレッシング条件に従ったドレッシング動作は、図 7 に示す目標軌跡画像に表される砥粒の軌跡を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に形成することができる。

[0046] 上述したドレッシング条件決定装置 60 およびドレッシング条件決定方法は、推定モデル 62 を用いて、研磨面 2 a の所望の状態を実現することができるドレッシング条件を自動的に決定することができる。

[0047] 研磨パッド 2 のドレッシングは、いくつかのタイミングで実行される。例えば、新品の研磨パッド 2 が研磨に使用される前に、ドレッサ 51 により新品の研磨パッド 2 をドレッシングする。このドレッシング動作は、慣らし (break-in) ドレッシングとも呼ばれる。他の例では、あるウェーハが研磨された後であって、次のウェーハが研磨される前に、研磨パッド 2 をドレッサ 51 によりドレッシングする。さらに他の例では、ウェーハの研磨中に、研磨パッド 2 をドレッサ 51 によりドレッシングする。

[0048] 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

[0049] 本発明は、ウェーハ、基板、またはパネルなどのワークピースの研磨に使用される研磨パッドをドレッシングするためのドレッシング条件を決定する技術に利用可能である。

符号の説明

[0050] W ウェーハ
 T 砥粒の軌跡
 2 研磨パッド
 2 a 研磨面

- 5 研磨テーブル
- 5 a テーブル軸
- 7 研磨ヘッド
- 8 研磨液供給ノズル
- 1 4 支軸
- 1 6 研磨ヘッド揺動アーム
- 1 8 研磨ヘッドシャフト
- 2 1 テーブル回転モータ
- 3 0 動作制御部
- 3 0 a 記憶装置
- 3 0 b 演算装置
- 4 0 突起
- 5 0 ドレッシング機構
- 5 1 ドレッサ
- 5 1 a ドレッシング面
- 5 2 ドレッサシャフト
- 5 5 ドレッサ揺動アーム
- 6 0 ドレッシング条件決定装置
- 6 0 a 記憶装置
- 6 0 b プロセッサ
- 6 2 推定モデル
- 6 5 エンコーダ
- 6 7 デコーダ
- 6 9 回帰分析器

請求の範囲

- [請求項1] 回転するドレッサのドレッシング面を、回転する研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングするためのドレッシング条件を決定するドレッシング条件決定装置であって、
- 機械学習により構築された推定モデルを格納した記憶装置と、
- 前記推定モデルのアルゴリズムに従って演算を実行するプロセッサを備え、
- 前記推定モデルは、前記ドレッシング面を構成する複数の砥粒の、前記研磨パッド上の目標軌跡を示す目標軌跡画像が入力されると、前記目標軌跡を実現するためのドレッシング条件を出力するように構成されている、ドレッシング条件決定装置。
- [請求項2] 前記ドレッシング条件は、前記ドレッサの回転速度、前記研磨パッドの回転速度、前記研磨パッド上の前記ドレッサの揺動速度、およびドレッシング時間のうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のドレッシング条件決定装置。
- [請求項3] 前記目標軌跡画像は、回転する前記ドレッサの前記ドレッシング面を、回転する前記研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングする動作のシミュレーションを実行することで生成された前記複数の砥粒の軌跡のシミュレーション画像である、請求項1に記載のドレッシング条件決定装置。
- [請求項4] 前記推定モデルは、複数のドレッシング条件と、前記複数のドレッシング条件下で実行されたドレッシングシミュレーションにより得られた複数の軌跡画像を含む訓練データを用いて機械学習により構築された学習済みモデルである、請求項1に記載のドレッシング条件決定装置。
- [請求項5] 前記推定モデルは、
- 前記目標軌跡画像の特徴量を抽出するエンコーダと、
- 前記特徴量から前記目標軌跡画像を復元するデコーダと、

前記抽出された特徴量に対して回帰分析を実行して前記ドレッシング条件を出力する回帰分析器を有する、請求項1に記載のドレッシング条件決定装置。

[請求項6] 前記目標軌跡は、前記砥粒の軌跡が前記研磨パッド上に均一に分布し、かつ前記砥粒の軌跡の交差点が前記研磨パッド上に均一に分布する軌跡である、請求項1に記載のドレッシング条件決定装置。

[請求項7] 回転するドレッサのドレッシング面を、回転する研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングするためのドレッシング条件を決定するドレッシング条件決定方法であって、

前記ドレッシング面を構成する複数の砥粒の、前記研磨パッド上の目標軌跡を示す目標軌跡画像を、機械学習により構築された推定モデルに入力し、

前記目標軌跡を実現するためのドレッシング条件を前記推定モデルから出力する、ドレッシング条件決定方法。

[請求項8] 前記ドレッシング条件は、前記ドレッサの回転速度、前記研磨パッドの回転速度、前記研磨パッド上の前記ドレッサの揺動速度、およびドレッシング時間のうちの少なくとも1つを含む、請求項7に記載のドレッシング条件決定方法。

[請求項9] 前記目標軌跡画像は、回転する前記ドレッサの前記ドレッシング面を、回転する前記研磨パッドに押し付けることで、前記研磨パッドをドレッシングする動作のシミュレーションを実行することで生成された前記複数の砥粒の軌跡のシミュレーション画像である、請求項7に記載のドレッシング条件決定方法。

[請求項10] 前記推定モデルは、複数のドレッシング条件と、前記複数のドレッシング条件下で実行されたドレッシングシミュレーションにより得られた複数の軌跡画像を含む訓練データを用いて機械学習により構築された学習済みモデルである、請求項7に記載のドレッシング条件決定方法。

- [請求項11] 前記推定モデルは、
 前記目標軌跡画像の特徴量を抽出するエンコーダと、
 前記特徴量から前記目標軌跡画像を復元するデコーダと、
 前記抽出された特徴量に対して回帰分析を実行して前記ドレッシング条件を出力する回帰分析器を有する、請求項7に記載のドレッシング条件決定方法。
- [請求項12] 前記目標軌跡は、前記砥粒の軌跡が前記研磨パッド上に均一に分布し、かつ前記砥粒の軌跡の交差点が前記研磨パッド上に均一に分布する軌跡である、請求項7に記載のドレッシング条件決定方法。