

明 細 書

発明の名称：

情報処理装置、推論装置、機械学習装置、情報処理方法、推論方法、及び、機械学習方法

技術分野

[0001] 本発明は、情報処理装置、推論装置、機械学習装置、情報処理方法、推論方法、及び、機械学習方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体ウェハ等の基板に対して各種の処理を行う基板処理装置の1つとして、化学機械研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）処理を行う基板処理装置が知られている。化学機械研磨処理では、例えば、研磨パッドを有する研磨テーブルを回転させつつ、研磨流体供給ノズルから研磨パッドに研磨液（スラリー）を供給した状態で、トップリングと呼ばれる研磨ヘッドにより基板を研磨パッドに押し付け、研磨液を供給することによって、基板は化学的かつ機械的に研磨される。その際、基板が外部に飛び出るスリップアウトという問題が発生することがある。（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-259979号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 化学機械研磨処理により基板に加わるストレス等のように、処理中又は処理後の基板の状態を適切にモニタリングしたり、処理前、処理中及び処理後の任意のタイミングにて処理中又は処理後の基板の状態を予測したりすることができれば、基板の生産品質や歩留まりの管理に有効である。しかしなが

ら、基板の状態を検出するために、基板 1 枚 1 枚に何かしらのセンサを直接取り付けることは現実的ではない。また、基板処理装置により化学機械研磨処理が行われる場合、基板の状態は、基板処理装置が備えるトップリング及び研磨テーブルの各々の動作状態に応じて変動するが、それらの動作状態は基板に対して複雑かつ相互に作用する。そのため、各動作状態が、基板のスリップアウトの状態にどのような影響を与えるのかを的確に解析することは困難である。

[0005] 本発明は、上記の課題に鑑み、化学機械研磨処理による処理中又は処理後の基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報を適切に予測することを可能とする情報処理装置、推論装置、機械学習装置、情報処理方法、推論方法、及び、機械学習方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る情報処理装置は、
研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得部と、

前記研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報との相関関係を機械学習により学習させた学習モデルに、前記情報取得部により取得された前記研磨処理状態情報を入力することで、当該研磨処理状態情報に対する前記基板スリップアウト情報を予測する状態予測部と、を備える。

発明の効果

[0007] 本発明の一態様に係る情報処理装置によれば、化学機械研磨処理における、トップリング状態情報、及び、研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報が学習モデルに入力されることで、当該研磨処理状態情報に対する基板スリップアウト情報が予測されるので、化学機械研磨処理による処理中又は

処理後の基板のスリップアウト情報を適切に予測することができる。

[0008] 上記以外の課題、構成及び効果は、後述する発明を実施するための形態にて明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]基板処理システム1の一例を示す全体構成図である。

[図2]基板処理装置2の一例を示す平面図である。

[図3]第1乃至第4の研磨部22A～22Dの一例を示す斜視図である。

[図4]トップリング221の一例を模式的に示す断面図である。

[図5]基板処理装置2の一例を示すブロック図である。

[図6]コンピュータ900の一例を示すハードウェア構成図である。

[図7]データベース装置3により管理される生産履歴情報30の一例を示すデータ構成図である。

[図8]データベース装置3により管理される研磨試験情報31の一例を示すデータ構成図である。

[図9]第1の実施形態に係る機械学習装置4の一例を示すブロック図である。

[図10]第1の学習モデル10A及び第1の学習用データ11Aの一例を示す図である。

[図11]機械学習装置4による機械学習方法の一例を示すフローチャートである。

[図12]第1の実施形態に係る情報処理装置5の一例を示すブロック図である。

[図13]第1の実施形態に係る情報処理装置5の一例を示す機能説明図である。

[図14]情報処理装置5による情報処理方法の一例を示すフローチャートである。

[図15]第2の実施形態に係る機械学習装置4aの一例を示すブロック図である。

[図16]第2の学習モデル10B及び第2の学習用データ11Bの一例を示す

図である。

[図17]第2の実施形態に係る情報処理装置5aとして機能する情報処理装置5aの一例を示すブロック図である。

[図18]第2の実施形態に係る情報処理装置5aの一例を示す機能説明図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照して本発明を実施するための実施形態について説明する。以下では、本発明の目的を達成するための説明に必要な範囲を模式的に示し、本発明の該当部分の説明に必要な範囲を主に説明することとし、説明を省略する箇所については公知技術によるものとする。

[0011] (第1の実施形態)

図1は、基板処理システム1の一例を示す全体構成図である。本実施形態に係る基板処理システム1は、半導体ウェハ等の基板（以下、「ウェハ」という）Wの表面を平坦に研磨する化学機械研磨処理（以下、「研磨処理」という）、研磨処理後のウェハWを洗浄する洗浄処理等を含む一連の基板処理を管理するシステムとして機能する。なお、本明細書内の実施形態において、半導体ウェハ等は、円形のウェハに限らず、CCL基板（Copper Clad Laminate基板）やPCB（Printed Circuit Board）基板、フォトマスク基板、ディスプレイパネルなどの四角形の基板を含んでもよい。

[0012] 基板処理システム1は、その主要な構成として、基板処理装置2と、データベース装置3と、機械学習装置4と、情報処理装置5と、ユーザ端末装置6とを備える。各装置2～6は、例えば、汎用又は専用のコンピュータ（後述の図6参照）で構成されるとともに、有線又は無線のネットワーク7に接続されて、各種のデータ（図1には一部のデータの送受信を破線の矢印にて図示）を相互に送受信可能に構成される。なお、各装置2～6の数やネットワーク7の接続構成は、図1の例に限られず、適宜変更してもよい。

[0013] 基板処理装置2は、複数のユニットで構成されて、1又は複数のウェハWに対する一連の基板処理として、例えば、ロード、研磨、洗浄、乾燥、膜厚

測定、アンロード等の各処理をそれぞれ行う装置である。その際、基板処理装置2は、各ユニットにそれぞれ設定された複数の装置パラメータからなる装置設定情報265と、研磨処理の研磨処理状態情報や洗浄処理の洗浄処理条件等を定める基板レシピ情報266とを参照しつつ、各ユニットの動作を制御する。

- [0014] 基板処理装置2は、各ユニットの動作に応じて、各種のレポートRをデータベース装置3、ユーザ端末装置6等へ送信する。各種のレポートRには、例えば、基板処理が行われたときの対象となるウェハWを特定する工程情報、各処理が行われたときの各ユニットの状態を示す装置状態情報、基板処理装置2にて検出されたイベント情報、基板処理装置2に対するユーザ（オペレータ、生産管理者、保守管理者等）の操作情報等が含まれる。
- [0015] データベース装置3は、本生産用のウェハWに対して基板処理が行われたときの履歴に関する生産履歴情報30と、試験用のダミーウェハに対して研磨処理の試験（以下、「研磨試験」という）が行われたときの履歴に関する研磨試験情報31とを管理する装置である。なお、データベース装置3には、上記の他に、装置設定情報265や基板レシピ情報266が記憶されていてもよく、その場合には、基板処理装置2がこれらの情報を参照するようにしてもよい。
- [0016] データベース装置3は、基板処理装置2が本生産用のウェハWに対して基板処理を行ったときに、基板処理装置2から各種のレポートRを随時受信し、生産履歴情報30に登録することで、生産履歴情報30には、基板処理に関するレポートRが蓄積される。
- [0017] データベース装置3は、基板処理装置2が試験用のダミーウェハに対して研磨試験を行ったときに、基板処理装置2から各種のレポートR（装置状態情報を少なくとも含む）を随時受信し、研磨試験情報31に登録するとともに、その研磨試験の試験結果を対応付けて登録することで、研磨試験情報31には、研磨試験に関するレポートR及び試験結果が蓄積される。ダミーウェハは、ウェハWを模擬した治具である。ダミーウェハの表面又は内部には

、研磨処理が行われたときのウェハWの状態を測定するための圧力センサや温度センサ等のダミーウェハセンサが設けられ、ダミーウェハセンサの測定値が、試験結果として研磨試験情報31に登録される。なお、ダミーウェハセンサは、ダミーウェハの基板面に対して1又は複数の箇所に設けられてもよいし、面的に設けられていてもよい。また、研磨試験は、本生産用の基板処理装置2で行われてもよいし、基板処理装置2と同様の研磨処理を再現可能な試験用の研磨試験装置（不図示）で行われてもよい。

[0018] 機械学習装置4は、機械学習の学習フェーズの主体として動作し、例えば、データベース装置3から研磨試験情報31の一部を第1の学習用データ11Aとして取得し、情報処理装置5にて用いられる第1の学習モデル10Aを機械学習により生成する。学習済みの第1の学習モデル10Aは、ネットワーク7や記録媒体等を介して情報処理装置5に提供される。

[0019] 情報処理装置5は、機械学習の推論フェーズの主体として動作し、機械学習装置4により生成された第1の学習モデル10Aを用いて、基板処理装置2による研磨処理が本生産用のウェハWに対して行われたときに、そのウェハWの状態を予測し、その予測した結果である基板スリップアウト情報をデータベース装置3、ユーザ端末装置6等に送信する。情報処理装置5が基板スリップアウト情報を予測するタイミングとしては、研磨処理が行われた後（事後予測処理）でもよいし、研磨処理が行われている最中（リアルタイム予測処理）でもよいし、研磨処理が行われる前（事前予測処理）でもよい。

[0020] ユーザ端末装置6は、ユーザが使用する端末装置であり、据置型の装置でもよいし、携帯型の装置でもよい。ユーザ端末装置6は、例えば、アプリケーションプログラム、ウェブブラウザ等の表示画面を介して各種の入力操作を受け付けるとともに、表示画面を介して各種の情報（例えば、イベントの通知、基板スリップアウト情報、生産履歴情報30、研磨試験情報31等）を表示する。

[0021] （基板処理装置2）

図2は、基板処理装置2の一例を示す平面図である。基板処理装置2は、

平面視で略矩形状のハウジング20の内部に、ロード／アンロードユニット21と、研磨ユニット22と、基板搬送ユニット23と、洗浄ユニット24と、膜厚測定ユニット25と、制御ユニット26とを備えて構成される。ロード／アンロードユニット21と、研磨ユニット22、基板搬送ユニット23及び洗浄ユニット24との間は、第1の隔壁200Aにより区画され、基板搬送ユニット23と洗浄ユニット24との間は、第2の隔壁200Bにより区画されている。

[0022] (ロード／アンロードユニット)

ロード／アンロードユニット21は、多数のウェハWを上下方向に収納可能なウェハカセット(F O U P等)が載置される第1乃至第4のフロントロード部210A～210Dと、ウェハカセットに収納されたウェハWの収納方向(上下方向)に沿って上下移動可能な搬送ロボット211と、第1乃至第4のフロントロード部210A～210Dの並び方向(ハウジング20の短手方向)に沿って搬送ロボット211を移動させる水平移動機構部212とを備える。

[0023] 搬送ロボット211は、第1乃至第4のフロントロード部210A～210Dの各々に載置されたウェハカセット、基板搬送ユニット23(具体的に、後述のリフタ232)、洗浄ユニット24(具体的に、後述の乾燥室241)、及び、膜厚測定ユニット25に対してアクセス可能に構成され、それらの間でウェハWを受け渡すための上下二段のハンド(不図示)を備える。下側ハンドは、処理前のウェハWを受け渡すときに使用され、上側ハンドは、処理後のウェハWを受け渡すときに使用される。基板搬送ユニット23や洗浄ユニット24に対するウェハWの受け渡しの際には、第1の隔壁200Aに設けられたシャッタ(不図示)が開閉される。

[0024] (研磨ユニット)

研磨ユニット22は、ウェハWの研磨処理(平坦化)をそれぞれ行う第1乃至第4の研磨部22A～22Dを備える。第1乃至第4の研磨部22A～22Dは、ハウジング20の長手方向に沿って並べられて配置される。

- [0025] 図3は、第1乃至第4の研磨部22A～22Dの一例を示す斜視図である。第1乃至第4の研磨部22A～22Dの基本的な構成や機能は共通する。
- [0026] 第1乃至第4の研磨部22A～22Dの各々は、研磨面を有する研磨パッド2200が取り付けられた研磨テーブル220と、ウェハWを保持し、かつウェハWを研磨テーブル220上の研磨パッド2200に押圧しながら研磨するためのトップリング（研磨ヘッド）221と、研磨パッド2200に研磨流体を供給する研磨流体供給ノズル222と、研磨パッド2200の研磨面のドレッシングを行うドレッサ223と、研磨パッド2200に洗浄流体を噴射するアトマイザ224と、研磨処理が行われるハウジング20の内部空間の状態を測定する環境センサ225と、を備える。
- [0027] 研磨テーブル220は、研磨テーブルシャフト220aにより支持されて、その軸心周りに研磨テーブル220を回転駆動させる回転移動機構部220bと、研磨パッド2200の表面温度を調節する温調機構部220cとを備える。
- [0028] トップリング221は、上下方向に移動可能なトップリングシャフト221aに支持されて、その軸心周りにトップリング221を回転駆動させる回転移動機構部221cと、トップリング221を上下方向に移動させる上下移動機構部221dと、支持シャフト221bを旋回中心にしてトップリング221を旋回（揺動）移動させる揺動移動機構部221eとを備える。
- [0029] 研磨流体供給ノズル222は、支持シャフト222aに支持されて、支持シャフト222aを旋回中心にして研磨流体供給ノズル222を回転移動させる揺動移動機構部222bと、研磨流体の流量を調節する流量調節部222cと、研磨流体の温度を調節する温調機構部222dとを備える。研磨流体は、研磨液（スラリー）又は純水であり、さらに、薬液を含むものでもよいし、研磨液に分散剤を添加したものでもよい。
- [0030] ドレッサ223は、上下方向に移動可能なドレッサシャフト223aに支持されて、その軸心周りにドレッサ223を回転駆動させる回転移動機構部223cと、ドレッサ223を上下方向に移動させる上下移動機構部223

dと、支持シャフト223bを旋回中心にしてドレッサ223を旋回移動させる揺動移動機構部223eとを備える。

[0031] アトマイザ224は、支持シャフト224aに支持されて、支持シャフト224aを旋回中心にしてアトマイザ224を旋回移動させる揺動移動機構部224bと、洗浄流体の流量を調節する流量調節部224cとを備える。洗浄流体は、液体（例えば、純水）と気体（例えば、窒素ガス）の混合流体又は液体（例えば、純水）である。

[0032] 環境センサ225は、ハウジング20の内部空間に配置されたセンサからなり、例えば、内部空間の温度を計測する温度センサ225aと、内部空間の湿度を計測する湿度センサ225bと、内部空間の気圧を計測する気圧センサ225cとを備える。なお、環境センサ225として、研磨処理中や研磨処理の前後に、研磨パッド2200の表面等を撮影可能なカメラ（イメージセンサ）を備えていてもよい。

[0033] トップリング221には、トップリング振動センサ226aが設置される。トップリング振動センサ226aは、振動の加速度を検出する加速度センサ、振動の速度を検出する速度センサ、及び、振動の変位を検出する変位センサの少なくとも1つでよい。トップリング振動センサ226aは、トップリングシャフト221a等、トップリング221のどこに設置してもよい。

[0034] また、トップリング221には、トップリング音センサ226bが設置される。トップリング音センサ226bは、トップリング221の作動音を検出する指向性マイク、及び、トップリング221によって研磨面から発せられる加工音を検出する指向性マイク、の少なくとも1つでよい。トップリング音センサ226bは、トップリングシャフト221a等、トップリング221のどこに設置してもよく、トップリング音センサ226bが指向性マイクである場合には、トップリング221以外の場所に設置してもよい。

[0035] なお、図3では、回転移動機構部220b、221c、223c、上下移動機構部221d、223d、及び、揺動移動機構部221e、222b、223e、224bの具体的な構成を省略しているが、例えば、モータ、ア

クチュエータ等の駆動力発生用のモジュールと、リニアガイド、ボールねじ、ギヤ、ベルト、カップリング、軸受等の駆動力伝達機構と、リニアセンサ、エンコーダセンサ、リミットセンサ、トルクセンサ等のセンサとを適宜組み合わせ構成される。図3では、流量調節部222c、224cの具体的な構成を省略しているが、例えば、ポンプ、バルブ、レギュレータ等の流体調節用のモジュールと、流量センサ、圧力センサ、液面センサ等のセンサとを適宜組み合わせ構成される。図3では、温調機構部220c、222dの具体的な構成を省略しているが、例えば、ヒータ、熱交換器等の温度調節用（伝導方式、輻射（放射）方式、対流方式）のモジュールと、温度センサ、電流センサ等のセンサとを適宜組み合わせ構成される。

[0036] 図4は、トップリング221の一例を模式的に示す断面図である。トップリング221は、トップリングシャフト221aに取り付けられたトップリング本体2210と、トップリング本体2210に収容された略円盤状のキャリア2211と、キャリア2211の下側に配置されて、ウェハWを研磨パッド2200に対して押圧する弾性膜2212と、キャリア2211及び弾性膜2212の外周に配置されて、研磨パッド2200を直接押圧する略円環状のリテーナリング2213と、トップリング本体2210及びリテーナリング2213の間に配置されて、リテーナリング2213を研磨パッド2200に対して押圧するリテーナリング押圧機構としてのリテーナリングエアバッグ2214と、を備える。

[0037] なお、本実施形態ではリテーナリング押圧機構としてリテーナリングエアバッグ2214を用いたが、リテーナリング押圧機構は、エア、水、又は、油等を用いる流体アクチュエータ、ボールネジ等を用いる電動アクチュエータ、バネや袋状バッグを含む弾性部材等でよい。

[0038] 弾性膜2212は、弾性膜で形成されており、その内部に、同心状の複数の隔壁2212eを有することにより、トップリング本体2210の中心から外周方向に向かって同心状に配置された第1乃至第4の弾性膜圧力室2212a～2212dを有する。また、弾性膜2212は、その下面に、ウェ

ハWの吸着用の複数の孔2212fを有し、ウェハWを保持する基板保持面として機能する。リテーナリングエアバッグ2214は、弾性膜で形成されており、その内部に、リテーナリング圧力室2214aを有する。なお、トップリング221の構成は適宜変更してもよく、キャリア2211全体を押圧する圧力室を備えるものでもよいし、弾性膜2212が有する弾性膜圧力室の数や形状は適宜変更してもよいし、吸着用の孔2212fの数や配置は適宜変更してもよい。また、弾性膜2212は、吸着用の孔2212fを有しないものでもよい。

[0039] 第1乃至第4の弾性膜圧力室2212a～2212dには、第1乃至第4の流路2216A～2216Dがそれぞれ接続され、リテーナリング圧力室2214aには、第5の流路2216Eが接続される。第1乃至第5の流路2216A～2216Eは、トップリングシャフト221aに設けられたロータリージョイント2215を介して外部に連通し、第1の分岐流路2217A～2217Eと、第2の分岐流路2218A～2218Eとにそれぞれ分岐される。第1乃至第5の流路2216A～2216Eには、圧力センサPA～PEがそれぞれ設置される。第1の分岐流路2217A～2217Eは、バルブV1A～V1E、流量センサFA～FE及び圧力レギュレータRA～REを介して圧力流体（空気、窒素等）のガス供給源GSに接続される。第2の分岐流路2218A～2218Eは、それぞれバルブV2A～V2Eを介して真空源VSに接続されるとともに、バルブV3A～V3Eを介して大気に連通可能に構成される。

[0040] ウェハWは、トップリング221の下面に吸着保持されて、研磨テーブル220上の所定の研磨位置に移動された後、研磨流体供給ノズル222から研磨流体が供給された研磨パッド2200の研磨面に対してトップリング221により押圧されることで研磨される。その際、トップリング221は、圧力レギュレータRA～REを独立に制御することで、第1乃至第4の弾性膜圧力室2212a～2212dに供給する圧力流体によりウェハWを研磨パッド2200に押圧する押圧力をウェハWの領域毎に調整するとともに、

リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a に供給する圧力流体によりリテーナリング 2 2 1 3 を研磨パッド 2 2 0 0 に押圧する押圧力を調整する。第 1 乃至第 4 の弾性膜圧力室 2 2 1 2 a ～ 2 2 1 2 d 及びリテーナリング圧力室 2 2 1 4 a にそれぞれ供給される圧力流体の圧力は、圧力センサ P A ～ P E によりそれぞれ測定され、圧力気体の流量は、流量センサ F A ～ F E によりそれぞれ測定される。

[0041] (基板搬送ユニット)

基板搬送ユニット 2 3 は、図 2 に示すように、第 1 乃至第 4 の研磨部 2 2 A ～ 2 2 D の並び方向（ハウジング 2 0 の長手方向）に沿って水平移動可能な第 1 及び第 2 のリニアトランスポータ 2 3 0 A、2 3 0 B と、第 1 及び第 2 のリニアトランスポータ 2 3 0 A、2 3 0 B の間に配置されたスイングトランスポータ 2 3 1 と、ロード／アンロードユニット 2 1 側に配置されたりフタ 2 3 2 と、洗浄ユニット 2 4 側に配置されたウェハ W の仮置き台 2 3 3 とを備える。

[0042] 第 1 のリニアトランスポータ 2 3 0 A は、第 1 及び第 2 の研磨部 2 2 A、2 2 B に隣接して配置されて、4 つの搬送位置（ロード／アンロードユニット 2 1 側から順に第 1 乃至第 4 の搬送位置 T P 1 ～ T P 4 とする）の間でウェハ W を搬送する機構である。第 2 の搬送位置 T P 2 は、第 1 の研磨部 2 2 A に対してウェハ W を受け渡す位置であり、第 3 の搬送位置 T P 3 は、第 2 の研磨部 2 2 B に対してウェハ W を受け渡す位置である。

[0043] 第 2 のリニアトランスポータ 2 3 0 B は、第 3 及び第 4 の研磨部 2 2 C、2 2 D に隣接して配置されて、3 つの搬送位置（ロード／アンロードユニット 2 1 側から順に第 5 乃至第 7 の搬送位置 T P 5 ～ T P 7 とする）の間でウェハ W を搬送する機構である。第 6 の搬送位置 T P 6 は、第 3 の研磨部 2 2 C に対してウェハ W を受け渡す位置であり、第 7 の搬送位置 T P 7 は、第 4 の研磨部 2 2 D に対してウェハ W を受け渡す位置である。

[0044] スイングトランスポータ 2 3 1 は、第 4 及び第 5 の搬送位置 T P 4、T P 5 に隣接して配置されるとともに、第 4 及び第 5 の搬送位置 T P 4、T P 5

の間を移動可能なハンドを有する。スイングトランスポータ231は、第1及び第2のリニアトランスポータ230A、230Bの間でウェハWを受け渡すとともに、仮置き台233にウェハWを仮置きする機構である。リフタ232は、第1の搬送位置TP1に隣接して配置されて、ロード／アンロードユニット21の搬送ロボット211との間でウェハWを受け渡す機構である。ウェハWの受け渡しの際、第1の隔壁200Aに設けられたシャッタ（不図示）が開閉される。

[0045]（洗浄ユニット）

洗浄ユニット24は、図2に示すように、洗浄具を用いてウェハWを洗浄する第1及び第2の洗浄室240A、240Bと、ウェハWを乾燥させる乾燥室241と、ウェハWを搬送する第1及び第2の搬送室242A、242Bとを備える。洗浄ユニット24の各室は、それぞれが区画された状態で第1及び第2のリニアトランスポータ230A、230Bに沿って、例えば、第1の洗浄室240A、第1の搬送室242A、第2の洗浄室240B、第2の搬送室242B、及び、乾燥室241の順（ロード／アンロードユニット21から遠い順）に配置される。なお、洗浄室240A、240B、乾燥室241、及び、搬送室242A、242Bの数や配置は、図2の例に限られず、適宜変更してもよい。

[0046]（膜厚測定ユニット）

膜厚測定ユニット25は、研磨処理前又は研磨処理後のウェハWの膜厚を測定する測定器であり、例えば、光学式膜厚測定器、渦電流式膜厚測定器等で構成される。各膜厚測定モジュールに対するウェハWの受け渡しは、搬送ロボット211により行われる。

[0047]（制御ユニット）

図5は、基板処理装置2の一例を示すブロック図である。制御ユニット26は、各ユニット21～25と電氣的に接続されて、各ユニット21～25を統括的に制御する制御部として機能する。以下では、研磨ユニット22の制御系（モジュール、センサ、シーケンサ）を例にして説明するが、他のユ

ニット21、23～25も基本的な構成や機能は共通するため、説明を省略する。

[0048] 研磨ユニット22は、研磨ユニット22が備える各サブユニット（例えば、研磨テーブル220、トップリング221、研磨流体供給ノズル222、ドレッサ223、アトマイザ224等）にそれぞれ配置されて、制御対象となる複数のモジュール2271～227rと、複数のモジュール2271～227rにそれぞれ配置されて、各モジュール2271～227rの制御に必要なデータ（検出値）を検出する複数のセンサ2281～228sと、各センサ2281～228sの検出値に基づいて各モジュール2271～227rの動作を制御するシーケンサ229と、を備える。

[0049] 研磨ユニット22のセンサ2281～228sには、例えば、トップリング221の振動の加速度を検出するセンサ、トップリング221の振動の速度を検出するセンサ、トップリング221の振動の変位を検出するセンサ、トップリング221の作動音を検出するセンサ、トップリング221による研磨面の加工音を検出するセンサ、トップリング221の回転トルクを検出するセンサ、トップリング221の駆動電流を検出するセンサ、トップリング221の駆動電圧を検出するセンサ、第1乃至第4の弾性膜圧力室2212a～2212d及びリテーナリング圧力室2214a内の圧力（正圧及び負圧）を検出するセンサ、第1乃至第4の弾性膜圧力室2212a～2212d及びリテーナリング圧力室2214aに供給される圧力流体の流量を検出するセンサ、研磨テーブル220の回転トルクを検出するセンサ、研磨テーブル220の駆動電流を検出するセンサ、研磨テーブル220の駆動電圧を検出するセンサ、研磨パッド2200の表面温度を検出するセンサ、環境センサ225等が含まれる。

[0050] 制御ユニット26は、制御部260、通信部261、入力部262、出力部263、及び、記憶部264を備える。制御ユニット26は、例えば、汎用又は専用のコンピュータ（後述の図6参照）で構成される。

[0051] 通信部261は、ネットワーク7に接続され、各種のデータを送受信する

通信インターフェースとして機能する。入力部262は、各種の入力操作を受け付けるとともに、出力部263は、表示画面、シグナルタワー点灯、ブザー音を介して各種の情報を出力することで、ユーザインターフェースとして機能する。

[0052] 記憶部264は、基板処理装置2の動作で使用される各種のプログラム（オペレーティングシステム（OS）、アプリケーションプログラム、ウェブブラウザ等）やデータ（装置設定情報265、基板レシピ情報266等）を記憶する。装置設定情報265及び基板レシピ情報266は、表示画面を介してユーザにより編集可能なデータである。

[0053] 制御部260は、複数のシーケンサ219、229、239、249、259（以下、「シーケンサ群」という）を介して複数のセンサ2181～218q、2281～228s、2381～238u、2481～248w、2581～258y（以下、「センサ群」という）の検出値を取得するとともに、複数のモジュール2171～217p、2271～227r、2371～237t、2471～247v、2571～257x（以下、「モジュール群」という）を連携して動作させることで、ロード、研磨、洗浄、乾燥、膜厚測定、アンロード等の一連の基板処理を行う。

[0054] （各装置のハードウェア構成）

図6は、コンピュータ900の一例を示すハードウェア構成図である。基板処理装置2の制御ユニット26、データベース装置3、機械学習装置4、情報処理装置5、及び、ユーザ端末装置6の各々は、汎用又は専用のコンピュータ900により構成される。

[0055] コンピュータ900は、図6に示すように、その主要な構成要素として、バス910、プロセッサ912、メモリ914、入力デバイス916、出力デバイス917、表示デバイス918、ストレージ装置920、通信I/F（インターフェース）部922、外部機器I/F部924、I/O（入出力）デバイスI/F部926、及び、メディア入出力部928を備える。なお、上記の構成要素は、コンピュータ900が使用される用途に応じて適宜省

略されてもよい。

- [0056] プロセッサ 912 は、1 つ又は複数の演算処理装置 (CPU (Central Processing Unit)、MPU (Micro-processing unit)、DSP (digital signal processor)、GPU (Graphics Processing Unit)、NPU (Neural Processing Unit) 等) で構成され、コンピュータ 900 全体を統括する制御部として動作する。メモリ 914 は、各種のデータ及びプログラム 930 を記憶し、例えば、メインメモリとして機能する揮発性メモリ (DRAM、SRAM 等) と、不揮発性メモリ (ROM)、フラッシュメモリ等とで構成される。
- [0057] 入力デバイス 916 は、例えば、キーボード、マウス、テンキー、電子ペン等で構成され、入力部として機能する。出力デバイス 917 は、例えば、音 (音声) 出力装置、バイブレーション装置等で構成され、出力部として機能する。表示デバイス 918 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイ、電子ペーパー、プロジェクタ等で構成され、出力部として機能する。入力デバイス 916 及び表示デバイス 918 は、タッチパネルディスプレイのように、一体的に構成されていてもよい。ストレージ装置 920 は、例えば、HDD、SSD (Solid State Drive) 等で構成され、記憶部として機能する。ストレージ装置 920 は、オペレーティングシステムやプログラム 930 の実行に必要な各種のデータを記憶する。
- [0058] 通信 I/F 部 922 は、インターネットやイントラネット等のネットワーク 940 (図 1 のネットワーク 7 と同じであってもよい) に有線又は無線により接続され、所定の通信規格に従って他のコンピュータとの間でデータの送受信を行う通信部として機能する。外部機器 I/F 部 924 は、カメラ、プリンタ、スキャナ、リーダライタ等の外部機器 950 に有線又は無線により接続され、所定の通信規格に従って外部機器 950 との間でデータの送受信を行う通信部として機能する。I/O デバイス I/F 部 926 は、各種のセンサ、アクチュエータ等の I/O デバイス 960 に接続され、I/O デバ

イス 960 との間で、例えば、センサによる検出信号やアクチュエータへの制御信号等の各種の信号やデータの送受信を行う通信部として機能する。メディア入出力部 928 は、例えば、DVD ドライブ、CD ドライブ等のドライブ装置で構成され、DVD、CD 等のメディア（非一時的な記憶媒体）970 に対してデータの読み書きを行う。

[0059] 上記構成を有するコンピュータ 900 において、プロセッサ 912 は、ストレージ装置 920 に記憶されたプログラム 930 をメモリ 914 に呼び出して実行し、バス 910 を介してコンピュータ 900 の各部を制御する。なお、プログラム 930 は、ストレージ装置 920 に代えて、メモリ 914 に記憶されていてもよい。プログラム 930 は、インストール可能なファイル形式又は実行可能なファイル形式でメディア 970 に記録され、メディア入出力部 928 を介してコンピュータ 900 に提供されてもよい。プログラム 930 は、通信 I/F 部 922 を介してネットワーク 940 経由でダウンロードすることによりコンピュータ 900 に提供されてもよい。また、コンピュータ 900 は、プロセッサ 912 がプログラム 930 を実行することで実現する各種の機能を、例えば、FPGA、ASIC 等のハードウェアで実現するものでもよい。

[0060] コンピュータ 900 は、例えば、据置型コンピュータや携帯型コンピュータで構成され、任意の形態の電子機器である。コンピュータ 900 は、クライアント型コンピュータでもよいし、サーバ型コンピュータやクラウド型コンピュータでもよい。コンピュータ 900 は、各装置 2～6 以外の装置にも適用されてもよい。

[0061] （生産履歴情報 30）

図 7 は、データベース装置 3 により管理される生産履歴情報 30 の一例を示すデータ構成図である。生産履歴情報 30 は、本生産用のウェハ W に対して基板処理が行われたときに取得されたレポート R が分類されて登録されるテーブルとして、例えば、各ウェハ W に関するウェハ履歴テーブル 300 と、研磨処理における装置状態情報に関する研磨履歴テーブル 301 とを備え

る。なお、生産履歴情報 30 は、上記の他に、洗浄処理における装置状態情報に関する洗浄履歴テーブル、イベント情報に関するイベント履歴テーブル及び操作情報に関する操作履歴テーブル等を備えるが、詳細な説明は省略する。

[0062] ウェハ履歴テーブル 300 の各レコードには、例えば、ウェハ ID、カセット番号、スロット番号、各工程の開始時刻、終了時刻、使用ユニット ID 等が登録される。なお、図 7 では、研磨工程、洗浄工程が例示されているが、他の工程についても同様に登録される。

[0063] 研磨履歴テーブル 301 の各レコードには、例えば、ウェハ ID、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等が登録される。

[0064] トップリング振動情報は、研磨処理におけるトップリング 221 の振動の状態を示す情報である。トップリング振動情報は、例えば、トップリング 221 が有する加速度センサ、速度センサ、又は、変位センサ等の振動センサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出値である。

[0065] トップリング音情報は、研磨処理におけるトップリング 221 の音の状態を示す情報である。トップリング音情報は、例えば、トップリング 221 が有するトップリングの作動音を取得する指向性集音マイク等のセンサ、又は、トップリングによる研磨面の加工音を取得する指向性集音マイク等のセンサ等の音センサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出値である。

[0066] トップリング状態情報は、研磨処理におけるトップリング 221 の状態を示す情報である。トップリング状態情報は、例えば、トップリング 221 が有するセンサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出値である。

[0067] 研磨テーブル状態情報は、研磨処理における研磨テーブル 220 の状態を示す情報である。研磨テーブル状態情報は、例えば、研磨テーブル 220 が有するセンサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出

値である。

[0068] 研磨履歴テーブル301を参照することで、ウェハIDで特定されるウェハWに対して研磨処理が行われたときの基板処理装置2の装置状態として、各センサの時系列データが抽出可能である。

[0069] (研磨試験情報31)

図8は、データベース装置3により管理される研磨試験情報31の一例を示すデータ構成図である。研磨試験情報31は、ダミーウェハを用いて研磨試験が行われたときに取得されたレポートR及び試験結果が分類されて登録される研磨試験テーブル310を備える。

[0070] 研磨試験テーブル310の各レコードには、例えば、試験ID、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報、試験結果情報等が登録される。研磨試験テーブル310のトップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報、及び、研磨テーブル状態情報は、研磨試験における各部の状態を示す情報であり、そのデータ構成は、研磨履歴テーブル301と同様であるため、詳細な説明を省略する。

[0071] 試験結果情報は、試験装置を用いた研磨試験において研磨処理が行われたときのダミーウェハの状態を示す情報である。ダミーウェハが有するダミーウェハセンサにより所定の時間間隔でサンプリングされたダミーウェハセンサの検出値である。図8に示す試験結果情報は、ダミーウェハセンサとして、3つの位置センサを有する場合であり、研磨処理を開始してから終了するまでの研磨処理期間に含まれる各時刻 t_1 , t_2 , ..., t_m , ..., t_n における各検出値 $X_1 \sim X_3$ をそれぞれ含む。

[0072] なお、試験結果情報は、上記のように、ダミーウェハセンサの検出値でもよいし、光学式顕微鏡や走査電子顕微鏡(SEM)に搭載されたカメラによりダミーウェハを所定の時間間隔で撮影し、その撮影した各画像に対して画像処理を行った画像処理結果や実験者が解析した実験解析結果に基づくものでもよい。

[0073] また、試験結果情報は、所定の位置または装置内(例えば乾燥室241)にカメラを設置させ、ウェハ全面を撮影した画像データでもよいし、ウェハ前面に様々な波長を照射し獲得した反射波長の散乱データでもよい。試験結果情報は、原子間力顕微鏡 (AFM) による表面状態情報でもよい。

[0074] さらに、試験結果情報は、偏光解析法(エリプソメトリ)及びリフレクトメトリによる計測データ、位相干渉方式(インターフェロメトリ)による計測データ、若しくは、面抵抗及びソナースキャン (Sonar scan) による計測データでもよい。

[0075] また、試験結果情報は、研磨処理を開始してから終了するまでを連続して行った1回の研磨試験にて収集されたものでもよいし、研磨処理を開始してからスリップアウトするまでの研磨試験を繰り返し行うことで、複数回の研磨試験にて収集されたものでもよい。

[0076] 研磨試験テーブル310を参照することで、試験IDで特定される研磨試験において、ダミーウェハに対して研磨処理が行われたときの研磨ユニット22の状態を示す各センサの時系列データと、そのときのダミーウェハの位置ずれを示す位置センサの時系列データとが抽出可能である。例えば、スリップアウトの発生の予兆は、スリップアウト時点前の第1対象期間のデータを用い、スリップアウトの発生の有無は、スリップアウト時点を含む第2対象期間のデータを用いればよい。

[0077] (機械学習装置4)

図9は、第1の実施形態に係る機械学習装置4の一例を示すブロック図である。機械学習装置4は、制御部40、通信部41、学習用データ記憶部42、及び、学習済みモデル記憶部43を備える。

[0078] 制御部40は、学習用データ取得部400及び機械学習部401として機能する。通信部41は、ネットワーク7を介して外部装置(例えば、基板処理装置2、データベース装置3、情報処理装置5、及び、ユーザ端末装置6、研磨試験装置(不図示)等)と接続され、各種のデータを送受信する通信インターフェースとして機能する。

- [0079] 学習用データ取得部400は、通信部41及びネットワーク7を介して外部装置と接続され、入力データとしての研磨処理状態情報と、出力データとしてのスリップアウト発生予兆情報とで1組として構成される第1の学習用データ11Aを取得する。第1の学習用データ11Aは、教師あり学習における教師データ（トレーニングデータ）、検証データ及びテストデータとして用いられるデータである。また、スリップアウト発生予兆情報は、教師あり学習における正解ラベルとして用いられるデータである。
- [0080] 学習用データ記憶部42は、学習用データ取得部400で取得した第1の学習用データ11Aを複数組記憶するデータベースである。なお、学習用データ記憶部42を構成するデータベースの具体的な構成は適宜設計すればよい。
- [0081] 機械学習部401は、学習用データ記憶部42に記憶された複数組の第1の学習用データ11Aを用いて機械学習を実施する。すなわち、機械学習部401は、第1の学習モデル10Aに第1の学習用データ11Aを複数組入力し、第1の学習用データ11Aに含まれる研磨処理状態情報とスリップアウト発生予兆情報との相関関係を第1の学習モデル10Aに学習させることで、学習済みの第1の学習モデル10Aを生成する。
- [0082] 学習済みモデル記憶部43は、機械学習部401により生成された学習済みの第1の学習モデル10A（具体的には、調整済みの重みパラメータ群）を記憶するデータベースである。学習済みモデル記憶部43に記憶された学習済みの第1の学習モデル10Aは、ネットワーク7や記録媒体等を介して実システム（例えば、情報処理装置5）に提供される。なお、図9では、学習用データ記憶部42と、学習済みモデル記憶部43とが別々の記憶部として示されているが、これらは単一の記憶部で構成されてもよい。
- [0083] なお、学習済みモデル記憶部43に記憶される第1の学習モデル10Aの数は1つに限定されず、例えば、機械学習の手法、トッピング221の機構や材質の違い、弾性膜2212の種類、リテーナリング2213の種類、研磨パッド2200の種類、研磨流体の種類、研磨処理状態情報に含まれる

データの種類、スリップアウト発生予兆情報に含まれるデータの種類等のように、条件が異なる複数の学習モデルが記憶されてもよい。その場合には、学習用データ記憶部42には、条件が異なる複数の学習モデルにそれぞれ対応するデータ構成を有する複数種類の学習用データが記憶されればよい。

[0084] 図10は、第1の学習モデル10A及び第1の学習用データ11Aの一例を示す図である。第1の学習モデル10Aの機械学習に用いられる第1の学習用データ11Aは、研磨処理状態情報と基板スリップアウト情報とで構成される。

[0085] 第1の学習用データ11Aを構成する研磨処理状態情報は、基板処理装置2により行われるウェハWの研磨処理におけるトップリング221の振動を示すトップリング振動情報、トップリング221が発生する音を示すトップリング音情報、トップリング221の状態を示すトップリング状態情報、及び、研磨テーブル220の状態を示す研磨テーブル状態情報を含む。

[0086] 研磨処理状態情報に含まれるトップリング振動情報は、研磨処理におけるトップリング221の振動を示す情報である。トップリング振動情報は、例えば、トップリング221の加速度、トップリング221の速度、及び、トップリング221の変位の少なくとも1つを含む。

[0087] 研磨処理状態情報に含まれるトップリング音情報は、研磨処理におけるトップリング221の音を示す情報である。トップリング音情報は、例えば、トップリング221が有するトップリングの作動音、及び、トップリングによる研磨面の加工音の少なくとも1つを含む。

[0088] 研磨処理状態情報に含まれるトップリング状態情報は、トップリング221の回転トルク、トップリング221の駆動電流、トップリング221の駆動電圧、弾性膜圧力室2212a～2212d内の圧力（弾性膜圧力）、弾性膜圧力室2212a～2212dに供給される圧力流体の流量（弾性膜流量）、弾性膜2212のコンディション、リテーナリング圧力室2214a内の圧力（リテーナリングエアバッグ圧力）、リテーナリング圧力室2214aに供給される圧力流体の流量（リテーナリングエアバッグ流量）、及び

、リテーナリング２２１３のコンディションの少なくとも１つを含む。弾性膜２２１２のコンディションは、例えば、表面性状、伸縮状態、厚み等で表され、弾性膜２２１２の使用状況（使用時間、交換の有無）、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等に基づいて設定される。リテーナリング２２１３のコンディションは、例えば、表面性状、平面度、厚み、断面形状、内周部分の削れ又は汚れで表され、リテーナリング２２１３の使用状況（使用時間、交換の有無）、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等に基づいて設定される。弾性膜２２１２及びリテーナリング２２１３のコンディションは、例えば、研磨処理中に経時変化するものでもよい。

[0089] なお、本実施形態では、リテーナリング押圧機構としてリテーナリングエアバッグ２２１４を用いたため、研磨処理状態情報に含まれるトップリング状態情報は、リテーナリング圧力室２２１４a内の圧力（リテーナリングエアバッグ圧力）、リテーナリング圧力室２２１４aに供給される圧力流体の流量（リテーナリングエアバッグ流量）を含んでいる。

[0090] リテーナリング押圧機構として他の押圧機構を用いる場合、研磨処理状態情報に含まれるトップリング状態情報は、リテーナリング押圧機構の押圧力、又は、リテーナリング押圧機構の押圧力を調節する要素の量等でよい。例えば、リテーナリング押圧機構として電動アクチュエータを用いる場合には、電動アクチュエータの押圧力と電動アクチュエータの押圧力を調節する電流の量等でよい。また、リテーナリング押圧機構としてバネ又はバッグ等の弾性部材を用いる場合、研磨処理状態情報に含まれるトップリング状態情報は、弾性部材の押圧力と弾性部材の押圧力を調節する上下方向の位置等でよい。

[0091] 研磨処理状態情報に含まれる研磨テーブル状態情報は、研磨テーブル２２０の回転トルク、研磨テーブル２２０の駆動電流、研磨テーブル２２０の駆動電圧、研磨パッド２２００のコンディション、及び、研磨パッド２２００の表面温度の少なくとも１つを含む。研磨パッド２２００のコンディションは、例えば、表面性状、平面度、清浄度、湿潤度等で表され、研磨パッド２

200の使用状況（使用時間、ドレッシングの有無、交換の有無、研磨パッド2200の表面を撮影した画像）、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等に基づいて設定される。研磨パッド2200のコンディションは、例えば、研磨処理中に経時変化するものでもよい。

[0092] 第1の学習用データ11Aを構成する基板スリップアウト情報は、研磨処理状態情報に示すような状態で研磨処理が行われたウェハWのスリップアウトの状態を示す情報である。本実施形態では、基板スリップアウト情報は、トップリング221から外部へ飛び出るスリップアウトが発生する予兆を示すスリップアウト発生予兆情報である。

[0093] 学習用データ取得部400は、研磨試験情報31を参照するとともに、必要に応じてユーザ端末装置6によるユーザの入力操作を受け付けることで、第1の学習用データ11Aを取得する。例えば、学習用データ取得部400は、研磨試験情報31の研磨試験テーブル310を参照することで、試験IDで特定される研磨試験が行われたときのトップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報（トップリング221及び研磨テーブル220がそれぞれ有する各センサの時系列データを、研磨処理状態情報として取得する。

[0094] なお、本実施形態では、研磨処理状態情報を、図10に示すようなセンサ群の時系列データとして取得する場合について説明するが、研磨ユニット22（特に、トップリング221及び研磨テーブル220）の構成に応じて適宜変更してもよい。また、研磨処理状態情報として、モジュールへの指令値を用いてもよいし、センサの検出値又はモジュールへの指令値から換算されるパラメータを用いてもよいし、複数のセンサの検出値に基づいて算出されるパラメータを用いてもよい。さらに、研磨処理状態情報は、研磨処理期間全体の時系列データとして取得されてもよいし、研磨処理期間の一部である対象期間の時系列データとして取得されてもよいし、例えばスリップアウト時点のように特定の対象時点における時点データとして取得されてもよい。上記のように、研磨処理状態情報の定義を変更する場合には、第1の学習モ

デル１０Ａ及び第１の学習用データ１１Ａにおける入力データのデータ構成を適宜変更すればよい。

[0095] また、学習用データ取得部４００は、研磨試験情報３１の研磨試験テーブル３１０を参照することで、同一の試験ＩＤで特定される研磨試験が行われたときの試験結果情報を、上記の研磨処理状態情報に対応するスリップアウト発生予兆情報として取得する。

[0096] なお、本実施形態では、基板スリップアウト情報が、図１０に示すようなスリップアウト発生予兆情報である場合について説明する。

[0097] 第１の学習モデル１０Ａは、例えば、ニューラルネットワークの構造を採用したものであり、入力層１００、中間層１０１、及び、出力層１０２を備える。各層の間には、各ニューロンをそれぞれ接続するシナプス（不図示）が張られており、各シナプスには、重みがそれぞれ対応付けられている。各シナプスの重みからなる重みパラメータ群が、機械学習により調整される。

[0098] 入力層１００は、入力データとしての研磨処理状態情報に対応する数のニューロンを有し、研磨処理状態情報の各値が各ニューロンにそれぞれ入力される。出力層１０２は、出力データとしてのスリップアウト発生予兆情報に対応する数のニューロンを有し、研磨処理状態情報に対するスリップアウト発生予兆情報の予測結果（推論結果）が、出力データとして出力される。

[0099] 第１の学習モデル１０Ａが、回帰モデルで構成される場合には、スリップアウト発生予兆情報は、所定の範囲（例えば、０～１）に正規化された数値でそれぞれ出力される。また、第１の学習モデル１０Ａが、分類モデルで構成される場合には、基板スリップアウト情報は、各クラスに対するスコア（確度）として、所定の範囲（例えば、０～１）に正規化された数値でそれぞれ出力される。

[0100] 「所定の範囲（０～１）」には予め数値に対応した推論結果が設定されている。例えば、スリップアウト発生予兆情報の場合、推論結果である「所定の範囲（０～１）」を複数の範囲に分割して、分割された範囲毎に発生までの予兆時間が設定されればよい。また、スリップアウト発生有無情報の場合

、推論結果である「所定の範囲（0～1）」の間に所定の閾値を設定し、出力された数値が、閾値以下であれば「発生無し」、閾値を超えたら「発生有り」と設定されればよい。スリップアウト発生の予兆又は有無は、推論結果に応じて出力される。

[0101] （機械学習方法）

図11は、機械学習装置4による機械学習方法の一例を示すフローチャートである。

[0102] まず、ステップS100において、学習用データ取得部400は、機械学習を開始するための事前準備として、研磨試験情報31等から所望の数の第1の学習用データ11Aを取得し、その取得した第1の学習用データ11Aを学習用データ記憶部42に記憶する。ここで準備する第1の学習用データ11Aの数については、最終的に得られる第1の学習モデル10Aに求められる推論精度を考慮して設定すればよい。

[0103] 次に、ステップS110において、機械学習部401は、機械学習を開始すべく、学習前の第1の学習モデル10Aを準備する。ここで準備する学習前の第1の学習モデル10Aは、図10に例示したニューラルネットワークモデルで構成されており、各シナプスの重みが初期値に設定されている。

[0104] 次に、ステップS120において、機械学習部401は、学習用データ記憶部42に記憶された複数組の第1の学習用データ11Aから、例えば、ランダムに1組の第1の学習用データ11Aを取得する。

[0105] 次に、ステップS130において、機械学習部401は、1組の第1の学習用データ11Aに含まれる研磨処理状態情報（入力データ）を、準備された学習前（又は学習中）の第1の学習モデル10Aの入力層100に入力する。その結果、第1の学習モデル10Aの出力層102から推論結果としてスリップアウト発生予兆情報（出力データ）が出力されるが、当該出力データは、学習前（又は学習中）の第1の学習モデル10Aによって生成されたものである。そのため、学習前（又は学習中）の状態では、推論結果として出力された出力データは、第1の学習用データ11Aに含まれるスリップア

ウト発生予兆情報（正解ラベル）とは異なる情報を示す。

- [0106] 次に、ステップS 1 4 0において、機械学習部4 0 1は、ステップS 1 2 0において取得された1組の第1の学習用データ1 1 Aに含まれるスリップアウト発生予兆情報（正解ラベル）と、ステップS 1 3 0において出力層から推論結果として出力されたスリップアウト発生予兆情報（出力データ）とを比較し、各シナプスの重みを調整する処理（バックプロパゲーション）を実施することで、機械学習を実施する。これにより、機械学習部4 0 1は、研磨処理状態情報とスリップアウト発生予兆情報との相関関係を第1の学習モデル1 0 Aに学習させる。
- [0107] 次に、ステップS 1 5 0において、機械学習部4 0 1は、所定の学習終了条件が満たされたか否かを、例えば、第1の学習用データ1 1 Aに含まれるスリップアウト発生予兆情報（正解ラベル）と、推論結果として出力されたスリップアウト発生予兆情報（出力データ）とに基づく誤差関数の評価値や、学習用データ記憶部4 2内に記憶された未学習の第1の学習用データ1 1 Aの残数に基づいて判定する。
- [0108] ステップS 1 5 0において、機械学習部4 0 1が、学習終了条件が満たされておらず、機械学習を継続すると判定した場合（ステップS 1 5 0でN o）、ステップS 1 2 0に戻り、学習中の第1の学習モデル1 0 Aに対してステップS 1 2 0～S 1 4 0の工程を未学習の第1の学習用データ1 1 Aを用いて複数回実施する。一方、ステップS 1 5 0において、機械学習部4 0 1が、学習終了条件が満たされて、機械学習を終了すると判定した場合（ステップS 1 5 0でY e s）、ステップS 1 6 0に進む。
- [0109] そして、ステップS 1 6 0において、機械学習部4 0 1は、各シナプスに対応付けられた重みを調整することで生成された学習済みの第1の学習モデル1 0 A（調整済みの重みパラメータ群）を学習済みモデル記憶部4 3に記憶し、図1 1に示す一連の機械学習方法を終了する。機械学習方法において、ステップS 1 0 0が学習用データ記憶工程、ステップS 1 1 0～S 1 5 0が機械学習工程、ステップS 1 6 0が学習済みモデル記憶工程に相当する。

[0110] 以上のように、本実施形態に係る機械学習装置4及び機械学習方法によれば、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報条件から、当該ウェハWの状態を示すスリップアウト発生予兆情報を予測（推論）することが可能な第1の学習モデル10Aを提供することができる。

[0111] （情報処理装置5）

図12は、第1の実施形態に係る情報処理装置5の一例を示すブロック図である。図13は、第1の実施形態に係る情報処理装置5の一例を示す機能説明図である。情報処理装置5は、制御部50、通信部51、及び、学習済みモデル記憶部52を備える。

[0112] 制御部50は、情報取得部500、状態予測部501及び出力処理部502として機能する。通信部51は、ネットワーク7を介して外部装置（例えば、基板処理装置2、データベース装置3、機械学習装置4、及び、ユーザ端末装置6等）と接続され、各種のデータを送受信する通信インターフェースとして機能する。

[0113] 情報取得部500は、通信部51及びネットワーク7を介して外部装置と接続され、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報を取得する。

[0114] 例えば、研磨処理が行われている最中のウェハWに対する基板スリップアウト情報の「リアルタイム予測処理」を行う場合には、情報取得部500は、その研磨処理を行っている基板処理装置2から装置状態情報に関するレポートRを随時受信することで、そのウェハWに対して研磨処理が行われている最中のトップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を、研磨処理状態情報として随時取得する。

[0115] 状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された研磨処理状態情報を入力データとして第1の学習モデル10Aに入力することで、当該研磨処理状態情報に示す研磨処理が行われているウェハWに対する基板スリップアウト情報（本実施形態では、スリップアウト発生予兆情報

)を予測する。

[0116] 学習済みモデル記憶部52は、状態予測部501にて用いられる学習済みの第1の学習モデル10Aを記憶するデータベースである。なお、学習済みモデル記憶部52に記憶される第1の学習モデル10Aの数は1つに限定されず、例えば、機械学習の手法、トッピング221の機構や材質の違い、弾性膜2212の種類、リテーナリング2213の種類、研磨パッド2200の種類、研磨流体の種類、研磨処理状態情報に含まれるデータの種類の種類、スリップアウト発生予兆情報に含まれるデータの種類の種類等のように、状態が異なる複数の学習済みモデルが記憶され、選択的に利用可能としてもよい。また、学習済みモデル記憶部52は、外部コンピュータ（例えば、サーバ型コンピュータやクラウド型コンピュータ）の記憶部で代用されてもよく、その場合には、状態予測部501は、当該外部コンピュータにアクセスすればよい。

[0117] 出力処理部502は、状態予測部501により生成されたスリップアウト発生予兆情報を出力するための出力処理を行う。例えば、出力処理部502は、そのスリップアウト発生予兆情報をユーザ端末装置6に送信することで、そのスリップアウト発生予兆情報に基づく表示画面がユーザ端末装置6に表示されてもよいし、そのスリップアウト発生予兆情報をデータベース装置3に送信することで、そのスリップアウト発生予兆情報が生産履歴情報30に登録されてもよい。

[0118] (情報処理方法)

図14は、情報処理装置5による情報処理方法の一例を示すフローチャートである。以下では、ユーザがユーザ端末装置6を操作して、特定のウェハWに対する基板スリップアウト情報の「予測処理」を行う場合の動作例について説明する。

[0119] まず、ステップS200において、ユーザが、ユーザ端末装置6に対して、予測対象のウェハWを特定するウェハIDを入力する入力操作を行うと、ユーザ端末装置6は、そのウェハIDを情報処理装置5に送信する。

- [0120] 次に、ステップS 2 1 0において、情報処理装置5の情報取得部5 0 0は、ステップS 2 0 0にて送信されたウェハIDを受信する。ステップS 2 1 1において、情報取得部5 0 0は、ステップS 2 1 0で受信したウェハIDを用いて生産履歴情報3 0の研磨履歴テーブル3 0 1を参照することで、そのウェハIDで特定されたウェハWに対して研磨処理が行われたときの研磨処理状態情報を取得する。
- [0121] 次に、ステップS 2 2 0において、状態予測部5 0 1は、ステップS 2 1 1にて取得された研磨処理状態情報を入力データとして第1の学習モデル1 0 Aに入力することで、当該研磨処理状態情報に対するスリップアウト発生予兆情報を出力データとして生成し、そのウェハWの状態を予測する。
- [0122] 次に、ステップS 2 3 0において、出力処理部5 0 2は、ステップS 2 2 0にて生成されたスリップアウト発生予兆情報を出力するための出力処理として、その基板スリップアウト情報をユーザ端末装置6に送信する。なお、スリップアウト発生予兆情報の送信先は、ユーザ端末装置6に加えて又は代えて、データベース装置3でもよい。
- [0123] 次に、ステップS 2 4 0において、ユーザ端末装置6は、ステップS 2 0 0の送信処理に対する応答として、ステップS 2 3 0にて送信されたスリップアウト発生予兆情報を受信すると、そのスリップアウト発生予兆情報に基づいて表示画面を表示することで、そのウェハWの状態がユーザにより視認される。上記の情報処理方法において、ステップS 2 1 0、S 2 1 1が情報取得工程、ステップS 2 2 0が状態予測工程、ステップS 2 3 0が出力処理工程に相当する。
- [0124] 以上のように、本実施形態に係る情報処理装置5及び情報処理方法によれば、研磨処理における、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報が第1の学習モデル1 0 Aに入力されることで、当該研磨処理状態情報に対する基板スリップアウト情報（スリップアウト発生予兆情報）が予測されるので、研磨処理による処理中又は処理後のウェハWの状態を適切に予測することが

できる。

[0125] (第2の実施形態)

第2の実施形態は、研磨処理がすでに行われた後のウェハWに対する基板スリップアウト情報としてのスリップアウト発生有無情報の「事後予測処理」を行う点で第1の実施形態と相違する。以下では、第2の実施形態に係る機械学習装置4a及び情報処理装置5aについて、第1の実施形態と異なる部分を中心に説明する。

[0126] 図15は、第2の実施形態に係る機械学習装置4aの一例を示すブロック図である。図16は、第2の学習モデル10B及び第2の学習用データ11Bの一例を示す図である。第2の学習用データ11Bは、第2の学習モデル10Bの機械学習に用いられる。

[0127] 第2の学習用データ11Bを構成する基板スリップアウト情報は、トップリング221から外部へ飛び出るスリップアウトが発生したか否かを示すスリップアウト発生有無情報である。なお、第2の学習用データ11Bを構成する研磨処理状態情報は、第1の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0128] 学習用データ取得部400は、研磨試験情報31を参照するとともに、必要に応じてユーザ端末装置6によるユーザの入力操作を受け付けることで、第2の学習用データ11Bを取得する。例えば、学習用データ取得部400は、研磨試験情報31の研磨試験テーブル310を参照することで、試験IDで特定される研磨試験が行われたときのトップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報(トップリング221及び研磨テーブル220がそれぞれ有する各センサの時系列データ)を、研磨処理状態情報として取得する。

[0129] 図17は、第2の実施形態に係る情報処理装置5aとして機能する情報処理装置5aの一例を示すブロック図である。図18は、第2の実施形態に係る情報処理装置5aの一例を示す機能説明図である。

[0130] 情報取得部500は、第1の実施形態と同様に、トップリング振動情報、

トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報を取得する。

[0131] 研磨処理がすでに行われた後のウェハWに対する基板スリップアウト情報の「事後予測処理」を行う場合には、情報取得部500は、生産履歴情報300の研磨履歴テーブル301を参照することで、そのウェハWに対して研磨処理が行われたときのトップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を、研磨処理状態情報として取得してもよい。

[0132] 状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された研磨処理状態情報を入力データとして第2の学習モデル10Bに入力することで、当該研磨処理状態情報に示す研磨処理が行われているウェハWに対する基板スリップアウト情報（本実施形態では、スリップアウト発生有無情報）を予測する。

[0133] 以上のように、本実施形態に係る情報処理装置5a及び情報処理方法によれば、研磨処理における、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報が第2の学習モデル10Bに入力されることで、当該研磨処理状態情報に対する基板スリップアウト情報（スリップアウト発生有無情報）が予測されるので、研磨処理によるウェハWのスリップアウトの有無を適切に予測することができる。

[0134] （他の実施形態）

本発明は上述した実施形態に制約されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することが可能である。そして、それらはすべて、本発明の技術思想に含まれるものである。

[0135] 上記実施形態では、データベース装置3、機械学習装置4及び情報処理装置5は、別々の装置で構成されたものとして説明したが、それら3つの装置が、単一の装置で構成されていてもよいし、それら3つの装置のうち任意の2つの装置が、単一の装置で構成されていてもよい。また、機械学習装置4

及び情報処理装置 5 の少なくとも一方は、基板処理装置 2 の制御ユニット 2 6 又はユーザ端末装置 6 に組み込まれていてもよい。

[0136] 上記実施形態では、基板処理装置 2 が、各ユニット 2 1 ~ 2 5 を備えるものとして説明したが、基板処理装置 2 は、研磨ユニット 2 2 を少なくとも備えていればよく、他のユニットは省略されていてもよい。

[0137] 上記実施形態では、機械学習部 4 0 1 による機械学習を実現する学習モデルとして、ニューラルネットワークを採用した場合について説明したが、他の機械学習のモデルを採用してもよい。他の機械学習のモデルとしては、例えば、決定木、回帰木等のツリー型、バギング、ブースティング等のアンサンブル学習、再帰型ニューラルネットワーク、畳み込みニューラルネットワーク、LSTM等のニューラルネット型(ディープラーニングを含む)、階層型クラスタリング、非階層型クラスタリング、k近傍法、k平均法等のクラスタリング型、主成分分析、因子分析、ロジスティック回帰等の多変量解析、サポートベクターマシン等が挙げられる。

[0138] 上記実施形態では、試験結果情報は、試験装置においてダミーウェハを用いた研磨試験において研磨処理が行われたときの状態を示す情報であるが、スリップアウトを検出するスリップアウトセンサとしての位置センサを設置した実際の研磨ユニット 2 2 を用いて実際のウェハの研磨処理が行われたときの状態を示す情報として継続的に取得されるようにしてもよい。継続的に取得した試験結果情報は、機械学習装置 4 によって継続的に学習される。

[0139] また、試験結果情報は、スリップアウトセンサとしての位置センサを設置しない研磨ユニット 2 2 において、人がスリップアウトの予兆又は有無を判断し、データにラベル付けをして継続的に取得されるようにしてもよい。

[0140] さらに、実際の研磨ユニット 2 2 を用いて継続的に取得された情報をクラウドへアップロードし、クラウドで機械学習した後、学習されたモデルを基板処理装置 2 へ展開してもよい。また、クラウドへアップロードすることなく、基板処理装置 2 内で処理方法を学習してもよい。

[0141] (機械学習プログラム及び情報処理プログラム)

本発明は、機械学習装置4が備える各部としてコンピュータ900を機能させるプログラム（機械学習プログラム）や、機械学習方法が備える各工程をコンピュータ900に実行させるためのプログラム（機械学習プログラム）の態様で提供することもできる。また、本発明は、情報処理装置5が備える各部としてコンピュータ900を機能させるためのプログラム（情報処理プログラム）や、上記実施形態に係る情報処理方法が備える各工程をコンピュータ900に実行させるためのプログラム（情報処理プログラム）の態様で提供することもできる。

[0142] （推論装置、推論方法及び推論プログラム）

本発明は、上記実施形態に係る情報処理装置5（情報処理方法又は情報処理プログラム）の態様によるもののみならず、基板スリップアウト情報を推論するために用いられる推論装置（推論方法又は推論プログラム）の態様で提供することもできる。その場合、推論装置（推論方法又は推論プログラム）としては、メモリと、プロセッサとを含み、このうちのプロセッサが、一連の処理を実行するものとすることができる。当該一連の処理とは、研磨処理状態情報を取得する情報取得処理（情報取得工程）と、情報取得処理にて研磨処理状態情報を取得すると、当該研磨処理状態情報による研磨処理が行われた基板の状態を示す基板スリップアウト情報（ストレス情報又は研磨品質情報）を推論する推論処理（推論工程）とを含む。また、当該一連の処理とは、ストレス情報を取得する情報取得処理（情報取得工程）と、情報取得処理にてストレス情報を取得すると、当該ストレス情報が示すストレスが加えられた基板の研磨品質を示す研磨品質情報を推論する推論処理（推論工程）とを含む。

[0143] 推論装置（推論方法又は推論プログラム）の態様で提供することで、情報処理装置を実装する場合に比して簡単に種々の装置への適用が可能となる。推論装置（推論方法又は推論プログラム）が基板スリップアウト情報を推論する際、上記実施形態に係る機械学習装置及び機械学習方法により生成された学習済みの学習モデルを用いて、状態予測部が実施する推論手法を適用し

てもよいことは、当業者にとって当然に理解され得るものである。

産業上の利用可能性

[0144] 本発明は、情報処理装置、推論装置、機械学習装置、情報処理方法、推論方法、及び、機械学習方法に利用可能である。

符号の説明

[0145] 1…基板処理システム、2…基板処理装置、3…データベース装置、
4、4 a…機械学習装置、5、5 a…情報処理装置、
6…ユーザ端末装置、7…ネットワーク、
10…学習モデル、10 A…第1の学習モデル、10 B…第2の学習モデル、
、
11 A…第1の学習用データ、11 B…第2の学習用データ、
20…ハウジング、21…ロード／アンロードユニット、
22…研磨ユニット、22 A～22 D…研磨部、23…基板搬送ユニット、
24…洗浄ユニット、25…膜厚測定ユニット、26…制御ユニット、
30…生産履歴情報、31…研磨試験情報、
40…制御部、41…通信部、42…学習用データ記憶部、
43…学習済みモデル記憶部、
50…制御部、51…通信部、52…学習済みモデル記憶部、
220…研磨テーブル、221…トップリング、222…研磨流体供給ノズル、
223…ドレッサ、224…アトマイザ、225…環境センサ
260…制御部、21…通信部、262…入力部、263…出力部、264…記憶部、
300…ウェハ履歴テーブル、301…研磨履歴テーブル、310…研磨試験テーブル、
400…学習用データ取得部、401…機械学習部、
500…情報取得部、501…状態予測部、502…出力処理部、
900…コンピュータ

2 2 0 0 …研磨パッド、2 2 1 0 …トップリング本体、2 2 1 1 …キャリア
、
2 2 1 2 …弾性膜、2 2 1 2 a ～ 2 2 1 2 d …弾性膜圧力室、
2 2 1 3 …リテーナリング、
2 2 1 4 …リテーナリングエアバッグ（リテーナリング押圧機構）、
2 2 1 4 a …リテーナリング圧力室

請求の範囲

- [請求項1] 研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得部と、
- 前記研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報との相関関係を機械学習により学習させた学習モデルに、前記情報取得部により取得された前記研磨処理状態情報を入力することで、当該研磨処理状態情報に対する前記基板スリップアウト情報を予測する状態予測部と、を備える
- 情報処理装置。
- [請求項2] 前記研磨処理状態情報は、さらに研磨中の前記トップリングの状態を取得するトップリング状態情報を含む、
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記研磨処理状態情報は、さらに研磨中の前記研磨テーブルの状態を取得する研磨テーブル状態情報を含む、
- 請求項1又は請求項2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記研磨処理状態情報に含まれる前記トップリング振動情報は、
- 前記トップリングの加速度、
- 前記トップリングの速度、及び、
- 前記トップリングの変位、の少なくとも1つを含む、
- 請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記研磨処理状態情報に含まれる前記トップリング音情報は、
- 前記トップリングの作動音、及び、
- 前記トップリングによる前記研磨面の加工音、の少なくとも1つ

を含む、

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項6]

前記トップリングは、

回転移動機構部、上下移動機構部及び揺動移動機構部により移動されるトップリング本体と、

前記トップリング本体に收容されて、弾性膜圧力室に供給される圧力流体に応じて前記基板を前記研磨パッドに押圧する弾性膜と、

前記弾性膜の外周に配置されて、リテーナリング押圧機構の押圧力を調節する要素に応じて前記研磨パッドを押圧するリテーナリングと、

を備え、

前記研磨処理状態情報に含まれる前記トップリング状態情報は、

前記トップリングの回転トルク、

前記トップリングの駆動電流、

前記トップリングの駆動電圧、

前記弾性膜圧力室内の圧力、

前記弾性膜圧力室に供給される前記圧力流体の流量、

前記弾性膜のコンディション、

前記リテーナリング押圧機構の押圧力、及び、

前記リテーナリング押圧機構の押圧力を調節する要素の量、

前記リテーナリングのコンディション、の少なくとも 1 つを含む

請求項 2 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項7]

前記研磨処理状態情報に含まれる前記研磨テーブル状態情報は、

前記研磨テーブルの回転トルク、

前記研磨テーブルの駆動電流、

前記研磨テーブルの駆動電圧、

前記研磨パッドのコンディション、及び、

前記研磨パッドの表面温度、の少なくとも 1 つを含む、

請求項3乃至請求項6のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項8]

前記基板スリップアウト情報は、

前記基板のスリップアウトの発生より前の時点で前記基板のスリップアウトが発生する予兆を示すスリップアウト発生予兆情報である
請求項1乃至請求項7のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項9]

前記基板スリップアウト情報は、

前記基板のスリップアウトの発生有無を示すスリップアウト発生有無情報である

請求項1乃至請求項7のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項10]

メモリと、プロセッサとを備える推論装置であって、

前記プロセッサは、

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリング又は前記研磨テーブルから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得処理と、

前記情報取得処理にて前記研磨処理状態情報を取得すると、当該研磨処理状態情報に対する前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報を推論する推論処理を実行する、

推論装置。

[請求項11]

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発

生を示す基板スリップアウト情報とで構成される学習用データを複数組記憶する学習用データ記憶部と、

複数組の前記学習用データを学習モデルに入力することで、前記研磨処理状態情報と前記基板スリップアウト情報との相関関係を前記学習モデルに学習させる機械学習部と、

前記機械学習部により前記相関関係を学習させた前記学習モデルを記憶する学習済みモデル記憶部と、を備える、

機械学習装置。

[請求項12]

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得工程と、

前記研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報との相関関係を機械学習により学習させた学習モデルに、前記情報取得工程により取得された前記研磨処理状態情報を入力することで、当該研磨処理状態情報に対する前記基板スリップアウト情報を予測する状態予測工程と、を備える、

情報処理方法。

[請求項13]

メモリと、プロセッサとを備える推論装置により実行される推論方法であって、

前記プロセッサは、

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリン

グから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得工程と、

前記情報取得工程にて前記研磨処理状態情報を取得すると、当該研磨処理状態情報に対する前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報を推論する推論工程と、を実行する、

推論方法。

[請求項14]

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報とで構成される学習用データを複数組記憶する学習用データ記憶工程と、

複数組の前記学習用データを学習モデルに入力することで、前記研磨処理状態情報と前記基板スリップアウト情報との相関関係を前記学習モデルに学習させる機械学習工程と、

前記機械学習工程により前記相関関係を学習させた前記学習モデルを学習用データ記憶部に複数組記憶する学習用データ記憶工程と、を備える、

機械学習方法。