

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。基板処理装置では、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、液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ることで、基板は化学的かつ機械的に研磨される。そして、研磨後の基板に付着した研磨屑等の異物を除去するため、研磨後の基板に基板洗浄流体を供給しながら洗浄具を接触させてスクラブ洗浄し、さらに基板乾燥流体にて基板を乾燥することで、基板の仕上げ処理が終了する。

[0003] 基板の仕上げ処理において、基板を洗浄したり乾燥したりする際、基板には、応力や摩擦力が作用することに応じてストレスが加わるが、過度なストレスは基板の生産品質や歩留まりを低下させる一因となっている（例えば、特許文献1（段落[0016]）、特許文献2（段落[0006]）参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-156509号公報

特許文献2：特開平7-147264号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 仕上げ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ことは現実的ではない。また、基板処理装置により仕上げ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各部（基板を保持する基板保持部、及び、基板に基板仕上げ流体（基板洗浄流体や基板乾燥流体等）を供給する仕上げ流体供給部等）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。

[0006] 本発明は、上記の課題に鑑み、仕上げ処理による処理中又は処理後の基板の状態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

[0007] 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、
基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により行われる前記基板の仕上げ処理における、前記基板保持部の状態を示す基板保持部状態情報、及び、前記仕上げ流体供給部の状態を示す仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ処理条件を取得する情報取得部と、

前記仕上げ処理条件と、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板の状態を示す基板状態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仕上げ処理条件

を入力することで、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板に対する前記基板状態情報を予測する状態予測部と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明の一態様に係る情報処理装置によれば、基板の仕上げ処理における、基板保持部状態情報、及び、仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ条件が学習モデルに入力されることで、当該仕上げ条件に対する基板状態情報が予測されるので、仕上げ処理による処理中又は処理後の基板の状態を適切に予測することができる。

[0009] 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

[0010] [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]第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24Bの一例を示す斜視図である。

[図5]第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24Dの一例を示す斜視図である。

[図6]第1及び第2の乾燥部24E、24Fの一例を示す斜視図である。

[図7]基板処理装置2の一例を示すブロック図である。

[図8]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9]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10]データベース装置3により管理される仕上げ試験情報31の洗浄試験テーブル310の一例を示すデータ構成図である。

[図11]データベース装置3により管理される仕上げ試験情報31の乾燥試験テーブル311の一例を示すデータ構成図である。

[図12]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13]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14]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15]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16]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17]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18]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19]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20]第3の学習モデル10C及び第3の学習用データ11Cの一例を示す図である。

[図21]第4の学習モデル10D及び第4の学習用データ11Dの一例を示す図である。

[図22]第2の実施形態に係る情報処理装置5aの一例を示すブロック図である。

[図23]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。

[図24]第3の実施形態に係る機械学習装置4bの一例を示すブロック図である。

[図25]洗浄品質解析用の第5の学習モデル10E及び第5の学習用データ11Eの一例を示す図である。

[図26]乾燥品質解析用の第6の学習モデル10F及び第6の学習用データ1

1 F の一例を示す図である。

[図27]第3の実施形態に係る情報処理装置5bの一例を示すブロック図である。

[図28]第3の実施形態に係る情報処理装置5b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

[0011] 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。

[0012] (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を研磨パッドに押し付けることでウェハ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を洗浄具に接触させることでウェハWの表面を洗浄する洗浄処理、洗浄処理後の基板を乾燥する乾燥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。

[0013] 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8参照)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。

[0014] 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、洗浄処理、乾燥処理の動作状態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。

[0015] 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等に送信する。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。

[0016] 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仕上げ処理の試験（以下、「仕上げ試験」という）が行われたときの履歴に関する仕上げ試験情報３１とを管理する装置である。仕上げ処理は、研磨処理後のウェハＷの被仕上げ面の仕上げを行うための処理であり、例えば、洗浄処理、乾燥処理等が含まれる。本実施形態では、仕上げ処理として、洗浄処理及び乾燥処理を行い、仕上げ試験として、洗浄処理の試験（以下、「洗浄試験」という）及び乾燥処理の試験（以下、「乾燥試験」という）を行う場合について説明する。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。

[0017] 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。

[0018] 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仕上げ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、仕上げ試験情報３１に登録するとともに、その仕上げ試験の試験結果を対応付けて登録することで、仕上げ試

験情報 31 には、仕上げ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、仕上げ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、試験結果として仕上げ試験情報 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、仕上げ試験は、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 と同様の仕上げ処理を再現可能な試験用の仕上げ試験装置、例えば、洗浄試験を行う洗浄試験装置、乾燥試験を行う乾燥試験装置等で行われてもよい。

[0019] 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 から仕上げ試験情報 31 の一部を第 1 及び第 2 の学習用データ 11A、11B として取得し、情報処理装置 5 にて用いられる第 1 及び第 2 の学習モデル 10A、10B を機械学習により生成する。学習済みの第 1 及び第 2 の学習モデル 10A、10B 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。

[0020] 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 及び第 2 の学習モデル 10A、10B を用いて、基板処理装置 2 による仕上げ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状態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 が基板状態情報を予測するタイミングとしては、仕上げ処理が行われた後（事後予測処理）でもよいし、仕上げ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、仕上げ処理が行われる前（事前予測処理）でもよい。

[0021] 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、基板状態情報、生産履歴情報 30、仕上げ試験情報 31 等）を表示する。

[0022] （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、仕上げユニット 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 及び仕上げユニット 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 と仕上げユニット 24 との間は、第 2 の隔壁 200B により区画されている。

[0023] （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（FOUP 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。

[0024] 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）、仕上げユニット 24（具体的に、後述の第 1 及び第 2 の乾燥部 24E、24F）、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 や仕上げユニット 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。

[0025] （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。

[0026] 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。

[0027] 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を回転可能に支持する研磨テーブル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、ドレッサディスク2230を回転可能に支持するとともにドレッサディスク2230を研磨パッド2200の研磨面に接触させて研磨パッド2200をドレッシングするドレッサ223と、研磨パッド2200に洗浄流体を噴射するアトマイザ224とを備える。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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を旋回移動さ

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。

[0031] 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 223d 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。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] （基板搬送ユニット）

基板搬送ユニット 23 は、図 2 に示すように、第 1 乃至第 4 の研磨部 22A ～ 22D の並び方向（ハウジング 20 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 230A、230B と、第 1 及び第 2 のリニアトランスポータ 230A、230B の間に配置されたスイングトランスポータ 231 と、ロード／アンロードユニット 21 側に配置されたリフタ 232 と、仕上げユニット 24 側に配置されたウェハ W の仮置き台 233 とを備える。

[0035] 第 1 のリニアトランスポータ 230A は、第 1 及び第 2 の研磨部 22A、22B 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。

[0036] 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。

[0037] 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 2 3 1 は、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 の間でウェハ W を受け渡すとともに、仮置き台 2 3 3 にウェハ W を仮置きする機構である。リフタ 2 3 2 は、第 1 の搬送位置 T P 1 に隣接して配置されて、ロード / アンロードユニット 2 1 の搬送ロボット 2 1 1 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 2 0 0 A に設けられたシャッタ (不図示) が開閉される。

[0038] (仕上げユニット)

仕上げユニット 2 4 は、図 2 に示すように、ロールスポンジ 2 4 0 0 を用いた基板洗浄装置として、上下二段に配置された第 1 及び第 2 のロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B と、ペンスポンジ 2 4 0 1 を用いた基板洗浄装置として、上下二段に配置された第 1 及び第 2 のペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D と、洗浄後のウェハ W を乾燥させる基板乾燥装置として、上下二段に配置された第 1 及び第 2 の乾燥部 2 4 E、2 4 F と、ウェハ W を搬送する第 1 及び第 2 の搬送部 2 4 G、2 4 H とを備える。なお、ロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B、ペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D、乾燥部 2 4 E、2

4 F、及び、搬送部 2 4 G、2 4 H の数や配置は、図 2 の例に限られず、適宜変更してもよい。

[0039] 仕上げユニット 2 4 の各部 2 4 A ～ 2 4 H 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 2 3 0 A、2 3 0 B に沿って、例えば、第 1 及び第 2 のロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B、第 1 の搬送部 2 4 G、第 1 及び第 2 のペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D、第 2 の搬送部 2 4 H、及び、第 1 及び第 2 の乾燥部 2 4 E、2 4 F の順（ロード／アンロードユニット 2 1 から遠い順）に配置される。仕上げユニット 2 4 は、研磨処理後のウェハ W に対して、第 1 及び第 2 のロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B のいずれかによる一次洗浄処理、第 1 及び第 2 のペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D のいずれかによる二次洗浄処理、及び、第 1 及び第 2 の乾燥部 2 4 E、2 4 F のいずれかによる乾燥処理を順に行う。

[0040] ロールスポンジ 2 4 0 0 及びペンスポンジ 2 4 0 1 は、PVA、ナイロン等の合成樹脂で形成され、多孔質構造を有する。ロールスポンジ 2 4 0 0 及びペンスポンジ 2 4 0 1 は、ウェハ W をスクラブ洗浄するための洗浄具として機能し、第 1 及び第 2 のロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B、並びに、第 1 及び第 2 のペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D に交換可能にそれぞれ取り付けられる。

[0041] 第 1 の搬送部 2 4 G は、上下方向に移動可能な第 1 の搬送ロボット 2 4 6 A を備える。第 1 の搬送ロボット 2 4 6 A は、基板搬送ユニット 2 3 の仮置き台 2 3 3、第 1 及び第 2 のロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B、並びに、第 1 及び第 2 のペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D 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を備える。例えば、下側ハンドは、洗浄前のウェハ W を受け渡すときに使用され、上側ハンドは、洗浄後のウェハ W を受け渡すときに使用される。仮置き台 2 3 3 に対するウェハ W の受け渡しの際には、第 2 の隔壁 2 0 0 B に設けられたシャッタ（不図示）が開閉される。

[0042] 第 2 の搬送部 2 4 H は、上下方向に移動可能な第 2 の搬送ロボット 2 4 6

Bを備える。第2の搬送ロボット246Bは、第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24D、並びに、第1及び第2の乾燥部24E、24F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を受け渡すためのハンドを備える。

[0043] 図4は、第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24Bの一例を示す斜視図である。第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24Bの基本的な構成や機能は共通する。図4の例では、第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24Bは、ウェハWの被洗浄面（表面及び裏面）を挟み込むように、上下に配置された一对のロールスポンジ2400を有する。

[0044] 第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24Bの各々は、ウェハWを保持する基板保持部241と、ウェハWに基板洗浄流体を供給する洗浄流体供給部242と、ロールスポンジ2400を回転可能に支持するとともにロールスポンジ2400をウェハWに接触させてウェハWを洗浄する基板洗浄部240と、ロールスポンジ2400を洗浄具洗浄流体にて洗浄（セルフクリーニング）する洗浄具洗浄部243と、洗浄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244とを備える。洗浄流体供給部242は、基板仕上げ流体として基板洗浄流体を供給する仕上げ流体供給部に相当する。

[0045] 基板保持部241は、ウェハWの側縁部の複数個所を保持する基板保持機構部241aと、ウェハWの被洗浄面に垂直な第1の回転軸周りにウェハWを回転させる基板回転機構部241bとを備える。図4の例では、基板保持機構部241aは、4つのローラであり、少なくとも1つのローラは、ウェハWの側縁部に対して保持方向又は離間方向に移動可能に構成され、基板回転機構部241bは、少なくとも1つのローラを回転駆動させる。

[0046] 洗浄流体供給部242は、ウェハWの被洗浄面に基板洗浄流体を供給する洗浄流体供給ノズル242aと、洗浄流体供給ノズル242aを旋回移動させる揺動移動機構部242bと、基板洗浄流体の流量及び圧力を調節する流量調節部242cと、基板洗浄流体の温度を調節する温調機構部242dと

を備える。基板洗浄流体は、純水（リンス液）、薬液及びこれらの混合液（例えば、流量調節部242cによる純水及び薬液の流量調整により濃度調整可能）のいずれでもよく、洗浄流体供給ノズル242aは、図4に示すように、純水用のノズルと、薬液用のノズルとが別々に設けられていてもよい。また、基板洗浄流体は、液体でもよいし、液体及び気体を混合させた二流体でもよいし、ドライアイスのような固体を含むものでもよい。

[0047] 基板洗浄部240は、ウェハWの被洗浄面に平行な第2の回転軸周りにロールスポンジ2400を回転させる洗浄具回転機構部240aと、一对のロールスポンジ2400の高さ及び両者の離間距離を変更するため、一对のロールスポンジ2400の少なくとも一方を上下方向に移動させる上下移動機構部240bと、一对のロールスポンジ2400を水平方向に直線移動させる直線移動機構部240cとを備える。上下移動機構部240b及び直線移動機構部240cは、ロールスポンジ2400とウェハWの被洗浄面との相対位置を移動させる洗浄具移動機構部として機能する。

[0048] 洗浄具洗浄部243は、ウェハWと干渉しない位置に配置されて、洗浄具洗浄流体を貯留及び排出可能な洗浄具洗浄槽243aと、洗浄具洗浄槽243aに収容されて、ロールスポンジ2400が押し付けられる洗浄具洗浄板243bと、洗浄具洗浄槽243aに供給される洗浄具洗浄流体の流量及び圧力を調節する流量調節部243cと、ロールスポンジ2400の内側を流通し、ロールスポンジ2400の外周面から外部に排出される洗浄具洗浄流体の流量及び圧力を調節する流量調節部243dとを備える。洗浄具洗浄流体は、純水（リンス液）、薬液及びこれらの混合液（例えば、流量調節部243cによる純水及び薬液の流量調整により濃度調整可能）のいずれでもよい。

[0049] 環境センサ244は、例えば、温度センサ244aと、湿度センサ244bと、気圧センサ244cと、酸素濃度センサ244dと、マイクロホン（音センサ）244eとを備える。なお、環境センサ244として、洗浄処理中や洗浄処理の前後に、ウェハWやロールスポンジ2400の表面、温度分

布、気流分布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。カメラの撮影対象は、可視光に限られず、赤外光や紫外光等でもよい。

[0050] 第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24Bによる一次洗浄処理では、ウェハWは、基板保持機構部241aにより保持された状態で基板回転機構部241bにより回転される。そして、洗浄流体供給ノズル242aからウェハWの被洗浄面に基板洗浄流体が供給された状態で、洗浄具回転機構部240aにより軸心周りに回転されたロールスポンジ2400がウェハWの被洗浄面に摺接することでウェハWは洗浄される。その後、基板洗浄部240が、ロールスポンジ2400を洗浄具洗浄槽243aに移動させて、例えば、ロールスポンジ2400を回転させたり、洗浄具洗浄板243bに押し付けたり、流量調節部243dにより洗浄具洗浄流体をロールスポンジ2400に供給することで、ロールスポンジ2400は洗浄される。

[0051] 図5は、第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24Dの一例を示す斜視図である。第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24Dの基本的な構成や機能は共通する。

[0052] 第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24Dの各々は、ウェハWを保持する基板保持部241と、ウェハWに基板洗浄流体を供給する洗浄流体供給部242と、ペンスポンジ2401を回転可能に支持するとともにペンスポンジ2401をウェハWに接触させてウェハWを洗浄する基板洗浄部240と、ペンスポンジ2401を洗浄具洗浄流体にて洗浄（セルフクリーニング）する洗浄具洗浄部243と、洗浄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244とを備える。洗浄流体供給部242は、基板仕上げ流体として基板洗浄流体を供給する仕上げ流体供給部に相当する。以下では、ペンスポンジ洗浄部24C、24Dについて、ロールスポンジ洗浄部24A、24Bと異なる部分を中心に説明する。

[0053] 基板保持部241は、ウェハWの側縁部の複数個所を保持する基板保持機構部241cと、ウェハWの被洗浄面に垂直な第1の回転軸周りにウェハWを回転させる基板回転機構部241dとを備える。図5の例では、基板保持

機構部 241c は、4つのチャックであり、少なくとも1つのチャックは、ウェハWの側縁部に対して保持方向又は離間方向に移動可能に構成され、基板回転機構部 241d は、4つのチャックに連結された支持シャフトを回転駆動させる。

[0054] 洗浄流体供給部 242 は、図4と同様に構成されており、洗浄流体供給ノズル 242a、揺動移動機構部 242b、流量調節部 242c、及び、温調機構部 242d を備える。

[0055] 基板洗浄部 240 は、ウェハWの被洗浄面に垂直な第3の回転軸周りにペンスポンジ 2401 を回転させる洗浄具回転機構部 240d と、ペンスポンジ 2401 を上下方向に移動させる上下移動機構部 240e と、ペンスポンジ 2401 を水平方向に旋回移動させる揺動移動機構部 240f とを備える。上下移動機構部 240e 及び揺動移動機構部 240f は、ペンスポンジ 2401 とウェハWの被洗浄面との相対位置を移動させる洗浄具移動機構部として機能する。

[0056] 洗浄具洗浄部 243 は、ウェハWと干渉しない位置に配置されて、洗浄具洗浄流体を貯留及び排出可能な洗浄具洗浄槽 243e と、洗浄具洗浄槽 243e に收容されて、ペンスポンジ 2401 が押し付けられる洗浄具洗浄板 243f と、洗浄具洗浄槽 243e に供給される洗浄具洗浄流体の流量及び圧力を調節する流量調節部 243g と、ペンスポンジ 2401 の内側を流通し、ペンスポンジ 2401 の外表面から外部に排出される洗浄具洗浄流体の流量及び圧力を調節する流量調節部 243h とを備える。

[0057] 環境センサ 244 は、例えば、温度センサ 244a と、湿度センサ 244b と、気圧センサ 244c と、酸素濃度センサ 244d と、マイクロホン（音センサ） 244e とを備える。なお、環境センサ 244 として、洗浄処理中や洗浄処理の前後に、ウェハWやペンスポンジ 2401 の表面、温度分布、気流分布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。カメラの撮影対象は、可視光に限られず、赤外光や紫外光等でもよい。

[0058] 第1及び第2のペンスポンジ洗浄部 24C、24D による二次洗浄処理で

は、ウェハWは、基板保持機構部241cにより保持された状態で基板回転機構部241dにより回転される。そして、洗浄流体供給ノズル242aからウェハWの被洗浄面に基板洗浄流体が供給された状態で、洗浄具回転機構部240dにより軸心周りに回転されたペンスポンジ2401がウェハWの被洗浄面に摺接することでウェハWは洗浄される。その後、基板洗浄部240が、ペンスポンジ2401を洗浄具洗浄槽243eに移動させて、例えば、ペンスポンジ2401を回転させたり、洗浄具洗浄板243fに押し付けたり、流量調節部243hにより洗浄具洗浄流体をペンスポンジ2401に供給することで、ペンスポンジ2401は洗浄される。

[0059] 図6は、第1及び第2の乾燥部24E、24Fの一例を示す斜視図である。第1及び第2の乾燥部24E、24Fの基本的な構成や機能は共通する。

[0060] 第1及び第2の乾燥部24E、24Fの各々は、ウェハWを保持する基板保持部241と、ウェハWに基板乾燥流体を供給する乾燥流体供給部245と、乾燥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244とを備える。乾燥流体供給部245は、基板仕上り流体として基板乾燥流体を供給する仕上り流体供給部に相当する。

[0061] 基板保持部241は、ウェハWの側縁部の複数個所を保持する基板保持機構部241eと、ウェハWの被洗浄面に垂直な第1の回転軸周りにウェハWを回転させる基板回転機構部241fとを備える。

[0062] 乾燥流体供給部245は、ウェハWの被洗浄面に基板乾燥流体を供給する乾燥流体供給ノズル245aと、乾燥流体供給ノズル245aを上下方向に移動させる上下移動機構部245bと、乾燥流体供給ノズル245aを水平方向に旋回移動させる揺動移動機構部245cと、基板乾燥流体の流量及び圧力を調節する流量調節部245dと、基板乾燥流体の温度を調節する温調機構部245eとを備える。上下移動機構部245b及び揺動移動機構部245cは、乾燥流体供給ノズル245aとウェハWの被洗浄面との相対位置を移動させる乾燥流体供給ノズル移動機構部として機能する。基板乾燥流体は、例えば、IPA蒸気及び純水（リンス液）であり、乾燥流体供給ノズル

245 aは、図6に示すように、IPA蒸気用のノズルと、純水用のノズルとが別々に設けられていてもよい。また、基板乾燥流体は、液体でもよいし、液体及び気体を混合させた二流体でもよいし、ドライアイスのような固体を含むものでもよい。

[0063] 環境センサ244は、温度センサ244 aと、湿度センサ244 bと、気圧センサ244 cと、酸素濃度センサ244 dと、マイクロホン（音センサ）244 eとを備える。なお、環境センサ244として、乾燥処理中や乾燥処理の前後に、ウェハWの表面、温度分布、気流分布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。カメラの撮影対象は、可視光に限られず、赤外光や紫外光等でもよい。

[0064] 第1及び第2の乾燥部24 E、24 Fによる乾燥処理では、ウェハWは、基板保持機構部241 eにより保持された状態で基板回転機構部241 fにより回転される。そして、乾燥流体供給ノズル245 aからウェハWの被洗浄面に基板乾燥流体が供給された状態で、乾燥流体供給ノズル245 aがウェハWの側縁部側（径方向外側）に移動される。その後、ウェハWは、基板回転機構部241 fにより高速回転されることでウェハWが乾燥される。

[0065] なお、図4乃至図6では、基板回転機構部241 b、241 d、上下移動機構部240 b、240 e、245 b、直線移動機構部240 c、揺動移動機構部240 f、242 b、245 c、洗浄具回転機構部240 a、240 dの具体的な構成を省略しているが、例えば、モータ、エアシリンダ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て構成される。図4乃至図6では、流量調節部243 c、243 d、243 g、243 h、245 d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、温度センサ、流体濃度センサ、流体パーティクルセンサ等のセンサとを適宜組み合わせて構成される。図4乃至図6では、温調機構部242

d、245e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（接触式又は非接触式）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で構成される。

[0066]（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。

[0067]（制御ユニット）

図7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、仕上げユニット24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。

[0068] 仕上げユニット24は、仕上げユニット24が備える各サブユニット（例えば、第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24B、第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24D、第1及び第2の乾燥部24E、24F、第1及び第2の搬送部24G、24H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2471～247rと、複数のモジュール2471～247rにそれぞれ配置されて、各モジュール2471～247rの制御に必要なデータ（検出値）を検出する複数のセンサ2481～248sと、各センサ2481～248sの検出値に基づいて各モジュール2471～247rの動作を制御するシーケンサ249とを備える。

[0069] 仕上げユニット24のセンサ2481～248sには、例えば、基板保持機構部241a、241cが基板を保持するときの保持圧力を検出するセンサ、基板保持機構部241a、241cの回転数を検出するセンサ、基板回転機構部241b、241dの回転トルクを検出するセンサ、基板洗浄流体

又は基板乾燥流体の流量を検出するセンサ、基板洗浄流体又は基板乾燥流体の圧力を検出するセンサ、基板洗浄流体又は基板乾燥流体の滴下位置に変換可能な洗浄流体供給部 2 4 2 又は乾燥流体供給部 2 4 5 の位置座標を検出するセンサ、基板洗浄流体又は基板乾燥流体の温度を検出するセンサ、基板洗浄流体又は基板乾燥流体の濃度を検出するセンサ、洗浄具回転機構部 2 4 0 a の回転数を検出するセンサ、洗浄具回転機構部 2 4 0 a の回転トルクを検出するセンサ、洗浄具移動機構部（上下移動機構部 2 4 0 b、2 4 0 e、直線移動機構部 2 4 0 c、揺動移動機構部 2 4 0 f）の位置座標を検出するセンサ、洗浄具移動機構部の移動速度を検出するセンサ、洗浄具移動機構部の移動トルクを検出するセンサ、洗浄具（ロールスポンジ 2 4 0 0、ペンスポンジ 2 4 0 1）をウェハ W 又は洗浄具洗浄板 2 4 3 b、2 4 3 f に接触させるときの押付荷重を検出するセンサ、洗浄具洗浄流体の流量を検出するセンサ、洗浄具洗浄流体の圧力を検出するセンサ、洗浄具洗浄流体の清浄度（例えば、洗浄具洗浄槽 2 4 3 a、2 4 3 e の廃液に含まれるパーティクル）を検出するセンサ、環境センサ 2 4 4 等が含まれる。

[0070] 制御ユニット 2 6 は、制御部 2 6 0、通信部 2 6 1、入力部 2 6 2、出力部 2 6 3、及び、記憶部 2 6 4 を備える。制御ユニット 2 6 は、例えば、汎用又は専用のコンピュータ（後述の図 8 参照）で構成される。

[0071] 通信部 2 6 1 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 2 6 2 は、各種の入力操作を受け付けるとともに、出力部 2 6 3 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。

[0072] 記憶部 2 6 4 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 2 6 5、基板レシピ情報 2 6 6 等）を記憶する。装置設定情報 2 6 5 及び基板レシピ情報 2 6 6 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。

[0073] 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。

[0074] （各装置のハードウェア構成）

図8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。

[0075] コンピュータ900は、図8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。

[0076] 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）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。

- [0077] 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 E L 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。
- [0078] 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。
- [0079] 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。

[0080] 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。

[0081] (生産履歴情報30)

図9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、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301と、乾燥処理における装置状態情報に関する乾燥履歴テーブル302とを備える。なお、生産履歴情報30は、上記の他に、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、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。

[0082] 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9では、研磨工程、洗浄工程、乾燥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。

[0083] 洗浄履歴テーブル301の各レコードには、例えば、ウェハID、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、基板洗浄部状態情報、装置内環境

情報等が登録される。

- [0084] 基板保持部状態情報は、洗浄処理における基板保持部 241 の状態を示す情報である。基板保持部状態情報は、例えば、基板保持部 241 が有するセンサ群（又はモジュール群）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（又は各モジュールへの指令値）である。
- [0085] 洗浄流体供給部状態情報は、洗浄処理における洗浄流体供給部 242 の状態を示す情報である。洗浄流体供給部状態情報は、例えば、洗浄流体供給部 242 が有するセンサ群（又はモジュール群）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（又は各モジュールへの指令値）である。
- [0086] 基板洗浄部状態情報は、洗浄処理における基板洗浄部 240 の状態を示す情報である。基板洗浄部状態情報は、例えば、基板洗浄部 240 が有するセンサ群（又はモジュール群）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（又は各モジュールへの指令値）である。
- [0087] 装置内環境情報は、ハウジング 20 により形成された基板処理装置 2 の内部空間の状態を示す情報である。基板処理装置 2 の内部空間は、ロールスポンジ洗浄部 24A、24B 又はベンスポンジ洗浄部 24C、24D が配置された空間であり、装置内環境情報は、例えば、環境センサ 244 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。
- [0088] 洗浄履歴テーブル 301 を参照することで、ウェハ 1D で特定されるウェハ W に対して洗浄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（又は各モジュールの時系列データ）が抽出可能である。
- [0089] 乾燥履歴テーブル 302 の各レコードには、例えば、ウェハ 1D、基板保持部状態情報、乾燥流体供給部状態情報、装置内環境情報等が登録される。
- [0090] 基板保持部状態情報は、乾燥処理における基板保持部 241 の状態を示す情報である。基板保持部状態情報は、例えば、基板保持部 241 が有するセンサ群（又はモジュール群）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（又は各モジュールへの指令値）である。

- [0091] 乾燥流体供給部状態情報は、乾燥処理における乾燥流体供給部 2 4 5 の状態を示す情報である。乾燥流体供給部状態情報は、例えば、乾燥流体供給部 2 4 5 が有するセンサ群（又はモジュール群）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（又は各モジュールへの指令値）である。
- [0092] 装置内環境情報は、ハウジング 2 0 により形成された基板処理装置 2 の内部空間の状態を示す情報である。基板処理装置 2 の内部空間は、乾燥部 2 4 E、2 4 F が配置された空間であり、装置内環境情報は、例えば、環境センサ 2 4 4 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。
- [0093] 乾燥履歴テーブル 3 0 2 を参照することで、ウェハ I D で特定されるウェハ W に対して乾燥浄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（又は各モジュールの時系列データ）が抽出可能である。
- [0094] （仕上げ試験情報 3 1）
- 図 1 0 は、データベース装置 3 により管理される仕上げ試験情報 3 1 の洗浄試験テーブル 3 1 0 の一例を示すデータ構成図である。図 1 1 は、データベース装置 3 により管理される仕上げ試験情報 3 1 の乾燥試験テーブル 3 1 1 の一例を示すデータ構成図である。仕上げ試験情報 3 1 は、ダミーウェハを用いて洗浄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洗浄試験テーブル 3 1 0（図 1 0）と、ダミーウェハを用いて乾燥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乾燥試験テーブル 3 1 1（図 1 1）とを備える。
- [0095] 洗浄試験テーブル 3 1 0 の各レコードには、図 1 0 に示すように、例えば、試験 I D、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、基板洗浄部状態情報、装置内環境情報、試験結果情報等が登録される。洗浄試験テーブル 3 1 0 の基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、基板洗浄部状態情報、及び、装置内環境情報は、洗浄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、洗浄履歴テーブル 3 0 1 と同様であるため、詳細な

説明を省略する。

[0096] 乾燥試験テーブル311の各レコードには、図11に示すように、例えば、試験ID、基板保持部状態情報、乾燥流体供給部状態情報、装置内環境情報、試験結果情報等が登録される。乾燥試験テーブル311の基板保持部状態情報、乾燥流体供給部状態情報、及び、装置内環境情報は、乾燥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、乾燥履歴テーブル302と同様であるため、詳細な説明を省略する。

[0097] 試験結果情報は、仕上げ試験（洗浄試験、乾燥試験）において仕上げ処理（洗浄処理、乾燥処理）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。試験結果情報は、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10及び図11に示す試験結果情報は、ダミーウェハセンサとして、3つの温度センサと、3つの圧力センサを有する場合であり、仕上げ処理を開始してから終了するまでの仕上げ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 $T_1 \sim T_3$, $P_1 \sim P_3$ をそれぞれ含む。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。また、試験結果情報は、仕上げ処理を開始してから終了するまでを連続して行った1回の仕上げ試験にて収集されたものでもよいし、仕上げ処理を開始してから所定の時刻に到達するまでの仕上げ試験を所定の時刻を徐々に長くしながら繰り返し行うことで、複数回の仕上げ試験にて収集されたものでもよい。

[0098] 洗浄試験テーブル310を参照することで、試験IDで特定される洗浄試験において、ダミーウェハに対して洗浄処理が行われたときのロールスポンジ洗浄部24A、24B又はペンスポンジ洗浄部24C、24Dの状態を示す各センサの時系列データ（又は各モジュールの時系列データ）と、そのと

きのダミーウェハの状態を示すダミーウェハセンサの時系列データとが抽出可能である。また、乾燥試験テーブル 3 1 1 を参照することで、試験 I D で特定される乾燥試験において、ダミーウェハに対して乾燥処理が行われたときの乾燥部 2 4 E、2 4 F の状態を示す各センサの時系列データ（又は各モジュールの時系列データ）と、そのときのダミーウェハの状態を示すダミーウェハセンサの時系列データとが抽出可能である。

[0099] （機械学習装置 4）

図 1 2 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 4 0、通信部 4 1、学習用データ記憶部 4 2、及び、学習済みモデル記憶部 4 3 を備える。

[0100] 制御部 4 0 は、学習用データ取得部 4 0 0 及び機械学習部 4 0 1 として機能する。通信部 4 1 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、洗浄試験装置（不図示）、乾燥試験装置（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。

[0101] 学習用データ取得部 4 0 0 は、通信部 4 1 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洗浄処理条件及び出力データとしての基板状態情報で構成される第 1 の学習用データ 1 1 A と、入力データとしての乾燥処理条件及び出力データとしての基板状態情報で構成される第 2 の学習用データ 1 1 B とを取得する。第 1 及び第 2 の学習用データ 1 1 A、1 1 B 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、基板状態情報は、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。

[0102] 学習用データ記憶部 4 2 は、学習用データ取得部 4 0 0 で取得した第 1 及び第 2 の学習用データ 1 1 A、1 1 B 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 4 2 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。

[0103] 機械学習部 4 0 1 は、学習用データ記憶部 4 2 に記憶された複数組の第 1

及び第2の学習用データ11A、11Bをそれぞれ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に含まれる洗浄処理条件と基板状態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。また、機械学習部401は、第2の学習モデル10Bに第2の学習用データ11Bを複数組入力し、第2の学習用データ11Bに含まれる乾燥処理条件と基板状態情報との相関関係を第2の学習モデル10Bに学習させることで、学習済みの第2の学習モデル10Bを生成する。

[0104] 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及び第2の学習モデル10A、10B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12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。

[0105] なお、学習済みモデル記憶部43に記憶される第1及び第2の学習モデル10A、10Bの数は1つに限定されず、例えば、機械学習の手法、ウェハWの種類（サイズ、厚み、膜種等）、洗浄具の種類、基板洗浄装置（基板保持部241、洗浄流体供給部242、基板洗浄部240、及び、洗浄具洗浄部243）の機構の違い、基板乾燥装置（基板保持部241、及び、乾燥流体供給部245）の機構の違い、基板洗浄流体や基板乾燥流体の種類、洗浄処理条件や乾燥処理条件に含まれるデータの種類の種類、基板状態情報に含まれるデータの種類の種類等のように、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。

[0106] 図13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、洗浄処理条件と基板状態情報とで構成される。本実施形態では、第1の学習モデル10A及び第1の学習用データ11Aは、ロールスポンジ2400を用いたロールスポンジ洗浄部24A、24Bに対応するものと、ペンスポンジ2401を用いたペンスポンジ洗浄部24C、24Dに対応するものの2種類が少なくとも用意されるが、基本的なデータ構成は共通するため、以下にまとめて説明する。

[0107] 第1の学習用データ11Aを構成する洗浄処理条件は、基板処理装置2により行われるウェハWの洗浄処理における基板保持部241の状態を示す基板保持部状態情報、洗浄流体供給部242の状態を示す洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部240の状態を示す基板洗浄部状態情報を含む。洗浄流体供給部状態情報は、仕上げ流体供給部状態情報に相当する。

[0108] 洗浄処理条件に含まれる基板保持部状態情報は、基板保持機構部241a、241cが基板を保持するときの保持点数、基板保持機構部241a、241cが基板を保持するときの保持圧力、基板保持機構部241a、241cの回転数、基板回転機構部241b、241dの回転トルク、及び、基板保持機構部241a、241cのコンディションの少なくとも1つを含む。基板保持機構部241a、241cのコンディションは、例えば、基板保持機構部241a、241cの使用状況（使用時間、使用時の圧力、交換の有無、ウェハWの回転数、処理枚数）に基づいて設定された基板保持機構部241a、241cの消耗度合や汚れ度合を表す。基板保持機構部241a、241cのコンディションは、例えば、洗浄処理中に経時変化するものでもよい。

[0109] 洗浄処理条件に含まれる洗浄流体供給部状態情報は、基板洗浄流体の流量、基板洗浄流体の圧力、基板洗浄流体の滴下位置、基板洗浄流体の温度、及び、基板洗浄流体の濃度の少なくとも1つを含む。基板洗浄流体は、基板仕上げ流体の一例であり、基板洗浄流体が複数種類の流体である場合には、洗

浄流体供給部状態情報は、各流体の流量、圧力、滴下位置、温度及び濃度を
含むようにすればよい。

[0110] 洗浄処理条件に含まれる基板洗浄部状態情報は、洗浄具回転機構部 240
a の回転数、洗浄具回転機構部 240 a の回転トルク、洗浄具移動機構部（
上下移動機構部 240 b、240 e、直線移動機構部 240 c、揺動移動機
構部 240 f）の位置座標、洗浄具移動機構部の移動速度、洗浄具移動機構
部の移動トルク、洗浄具をウェハ W に接触させるときの押付荷重、及び、洗
浄具のコンディションの少なくとも 1 つを含む。洗浄具のコンディションは
、例えば、洗浄具の使用状況（使用時間、使用時の押付荷重、交換の有無、
洗浄具の表面を撮影した画像、洗浄具の回転数、ウェハ W の回転数、処理枚
数）に基づいて設定された洗浄具の消耗度合や汚れ度合を表す。洗浄具のコ
ンディションは、例えば、洗浄処理中に経時変化するものでもよい。

[0111] なお、洗浄処理条件は、洗浄処理が行われる空間の環境を示す装置内環境
情報をさらに含むものでもよい。洗浄処理条件に含まれる装置内環境情報は
、ハウジング 20 により形成された内部空間の温度、湿度、気圧、気流、酸
素濃度及び音の少なくとも 1 つを含む。

[0112] 第 1 の学習用データ 11 A を構成する基板状態情報は、洗浄処理条件によ
る洗浄処理が行われたウェハ W の状態を示す情報である。本実施形態では、
基板状態情報は、ウェハ W に加わる機械的ストレス及び熱的ストレスの少な
くとも一方を示すストレス情報である。ストレス情報は、例えば、洗浄処理
を開始してから終了するまでの洗浄処理期間（ウェハ 1 枚当たりの洗浄処理
に要する時間）に含まれる対象時点におけるストレスの瞬時値、又は、洗浄
処理を開始してから対象時点までの対象期間（洗浄処理期間以下の任意の期
間）におけるストレスの累積値を示すものでもよいし、ウェハ W の基板面に
加わるストレスの面的分布状態を示すものでもよい。

[0113] 学習用データ取得部 400 は、仕上げ試験情報 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 11 A を取得する。例えば、学習用データ取得部 40

0は、仕上げ試験情報31の洗浄試験テーブル310を参照することで、試験IDで特定される洗浄試験が行われたときの基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報（基板保持部241、洗浄流体供給部242、及び、基板洗浄部240がそれぞれ有する各センサの時系列データ）を、洗浄処理条件として取得する。

[0114] また、学習用データ取得部400は、仕上げ試験情報31の洗浄試験テーブル310を参照することで、同一の試験IDで特定される洗浄試験が行われたときの試験結果情報（ダミーウェハが有するダミーウェハセンサの時系列データ（図10））を、上記の洗浄処理条件に対応する基板状態情報として取得する。その際、圧力センサの時系列データの各々が、機械的ストレスの瞬時値に相当し、温度センサの時系列データの各々が、熱的ストレスの瞬時値に相当する。また、複数のダミーウェハセンサが、ダミーウェハの基板面に対して分散配置されているか、面的な測定が可能なダミーウェハセンサである場合には、学習用データ取得部400は、複数個所での測定値や面的な測定値を、対象時点における瞬時値として取得する。また、学習用データ取得部400は、対象期間に含まれる圧力データの時系列データを累積することで、当該対象期間までの機械的ストレスの累積値を取得し、対象期間に含まれる温度データの時系列データを累積することで、当該対象期間までの熱的ストレスの累積値を取得する。

[0115] 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。

[0116] 入力層100は、入力データとしての洗浄処理条件に対応する数のニューロンを有し、洗浄処理条件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基板状態情報に対応する数のニューロンを有し、洗浄処理条件に対する基板状態情報の予測結果（推論結果）が、出

カデータとして出力される。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、基板状態情報は、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、基板状態情報は、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。

[0117] 図14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の学習モデル10Bの機械学習に用いられる第2の学習用データ11Bは、乾燥処理条件と基板状態情報とで構成される。

[0118] 第2の学習用データ11Bを構成する乾燥処理条件は、基板処理装置2により行われるウェハWの乾燥処理における基板保持部241の状態を示す基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部245の状態を示す乾燥流体供給部状態情報を含む。乾燥流体供給部状態情報は、仕上げ流体供給部状態情報に相当する。基板保持部状態情報は、第1の学習用データ11Aと同様であるため、説明を省略する。

[0119] 乾燥処理条件に含まれる乾燥流体供給部状態情報は、基板乾燥流体の流量、基板乾燥流体の圧力、基板乾燥流体の滴下位置、基板乾燥流体の温度、及び、基板乾燥流体の濃度の少なくとも1つを含む。基板乾燥流体は、基板仕上げ流体の一例であり、基板乾燥流体が複数種類の流体である場合には、乾燥流体供給部状態情報は、各流体の流量、圧力、滴下位置、温度及び濃度を含むようにすればよい。

[0120] なお、乾燥処理条件は、乾燥処理が行われる空間の環境を示す装置内環境情報をさらに含むものでもよい。乾燥処理条件に含まれる装置内環境情報は、ハウジング20により形成された内部空間の温度、湿度、気圧、気流、酸素濃度及び音の少なくとも1つを含む。

[0121] 第2の学習用データ11Bを構成する基板状態情報は、乾燥処理条件による乾燥処理が行われたウェハWの状態を示す情報である。本実施形態では、基板状態情報は、ウェハWに加わる機械的ストレス及び熱的ストレスの少な

くとも一方を示すストレス情報である。ストレス情報は、例えば、乾燥処理を開始してから終了するまでの乾燥処理期間（ウェハ１枚当たりの乾燥処理に要する時間）に含まれる対象時点におけるストレスの瞬時値、又は、乾燥処理を開始してから対象時点までの対象期間（乾燥処理期間以下の任意の期間）におけるストレスの累積値を示すものでもよいし、ウェハWの基板面に加わるストレスの面的分布状態を示すものでもよい。

[0122] 学習用データ取得部４００は、仕上げ試験情報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、仕上げ試験情報３１の乾燥試験テーブル３１１を参照することで、試験ＩＤで特定される乾燥試験が行われたときの基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報（基板保持部２４１、及び、乾燥流体供給部２４５がそれぞれ有する各センサの時系列データ）を、乾燥処理条件として取得する。

[0123] また、学習用データ取得部４００は、仕上げ試験情報３１の乾燥試験テーブル３１１を参照することで、同一の試験ＩＤで特定される乾燥試験が行われたときの試験結果情報（ダミーウェハが有するダミーウェハセンサの時系列データ（図１１））を、上記の乾燥処理条件に対応する基板状態情報として取得する。その際、圧力センサの時系列データの各々が、機械的ストレスの瞬時値に相当し、温度センサの時系列データの各々が、熱的ストレスの瞬時値に相当する。また、複数のダミーウェハセンサが、ダミーウェハの基板面に対して分散配置されているか、面的な測定が可能なダミーウェハセンサである場合には、学習用データ取得部４００は、複数個所での測定値や面的な測定値を、対象時点における瞬時値として取得する。また、学習用データ取得部４００は、対象期間に含まれる圧力データの時系列データを累積することで、当該対象期間までの機械的ストレスの累積値を取得し、対象期間に含まれる温度データの時系列データを累積することで、当該対象期間までの熱的ストレスの累積値を取得する。

- [0124] 第2の学習モデル10B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。
- [0125] 入力層100は、入力データとしての乾燥処理条件に対応する数のニューロンを有し、乾燥処理条件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基板状態情報に対応する数のニューロンを有し、乾燥処理条件に対する基板状態情報の予測結果（推論結果）が、出力データとして出力される。第2の学習モデル10Bが、回帰モデルで構成される場合には、基板状態情報は、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2の学習モデル10Bが、分類モデルで構成される場合には、基板状態情報は、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。
- [0126] なお、本実施形態では、仕上げ処理条件（洗浄処理条件、乾燥処理条件）を、図13及び図14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、仕上げユニット24（基板洗浄装置、基板乾燥装置）の構成に応じて適宜変更してもよい。また、洗浄処理条件及び乾燥処理条件として、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、仕上げ処理条件は、仕上げ処理期間（洗浄処理期間、乾燥処理期間）全体の時系列データとして取得されてもよいし、仕上げ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、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、仕上げ処理期間の定義を変更する場合には、第1及び第2の学習モデル10A、10B、並びに、第1及び第2の学習用データ11A、11B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。

- [0127] また、本実施形態では、基板状態情報が、図13及び図14に示すような機械的ストレスの瞬時値及び累積値と、熱的ストレスの瞬時値及び累積値とである場合について説明するが、少なくとも1つを含むものでもよい。また、機械的ストレス及び熱的ストレスは、ダミーウェハセンサの測定値を所定の算出式に代入することで算出されてもよい。さらに、仕上げ処理条件が、例えば、仕上げ処理期間全体の時系列データ又は仕上げ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いる場合には、基板状態情報は、仕上げ処理期間全体の時系列データ又は対象期間の時系列データとして取得されてもよいし、仕上げ処理終了時点の時点データ又は対象時点の時点データとして取得されてもよい。また、仕上げ処理条件が、例えば、特定の対象時点における時点データとして取得されている場合には、基板状態情報は、その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、基板状態情報の定義を変更する場合には、第1及び第2の学習モデル10A、10B、並びに、第1及び第2の学習用データ11A、11Bにおける出力データのデータ構成を適宜変更すればよい。

- [0128] (機械学習方法)

図15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。以下では、複数組の第1の学習用データ11A(図15では、学習用データと表記)を用いて第1の学習モデル10A(図15では、学習モデルと表記)を生成する場合について説明する。なお、第2の学習用データ11Bを用いて第2の学習モデル10Bを作成する場合も同様であるため、説明を省略する。

- [0129] 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、仕上げ試験情報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。

- [0130] 次に、ステップS 1 1 0において、機械学習部4 0 1は、機械学習を開始すべく、学習前の第1の学習モデル1 0 Aを準備する。ここで準備する学習前の第1の学習モデル1 0 Aは、図1 3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。
- [0131] 次に、ステップS 1 2 0において、機械学習部4 0 1は、学習用データ記憶部4 2に記憶された複数組の第1の学習用データ1 1 Aから、例えば、ランダムに1組の第1の学習用データ1 1 Aを取得する。
- [0132] 次に、ステップS 1 3 0において、機械学習部4 0 1は、1組の第1の学習用データ1 1 Aに含まれる洗浄処理条件（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1 0 Aの入力層1 0 0に入力する。その結果、第1の学習モデル1 0 Aの出力層1 0 2から推論結果として基板状態情報（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1 0 A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1 1 Aに含まれる基板状態情報（正解ラベル）とは異なる情報を示す。
- [0133] 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に含まれる基板状態情報（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基板状態情報（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、洗浄処理条件と基板状態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。
- [0134] 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に含まれる基板状態情報（正解ラベル）と、推論結果として出力された基板状態情報（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11Aの残数に基づいて判定する。

[0135] ステップS150において、機械学習部401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S150でNo）、ステップS120に戻り、学習中の第1の学習モデル10Aに対してステップS120～S140の工程を未学習の第1の学習用データ11Aを用いて複数回実施する。一方、ステップS150において、機械学習部401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S150でYes）、ステップS160に進む。

[0136] そして、ステップS160において、機械学習部401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10A（調整済みの重みパラメータ群）を学習済みモデル記憶部43に記憶し、図15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S100が学習用データ記憶工程、ステップS110～S150が機械学習工程、ステップS160が学習済みモデル記憶工程に相当する。

[0137] 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、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報等を含む洗浄処理条件から、ウェハWの状態を示す基板状態情報を予測（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。また、基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報等を含む乾燥処理条件から、ウェハWの状態を示す基板状態情報を予測（推論）することが可能な第2の学習モデル10Bを提供することができる。

[0138] （情報処理装置5）

図16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17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。

[0139] 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。

[0140] 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、仕上げ処理条件を取得する。本実施形態では、情報取得部 500 は、仕上げ処理条件として、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報等を含む洗浄処理条件を取得するとともに、基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報等を含む乾燥処理条件を取得する。

[0141] 例えば、洗浄処理がすでに行われた後のウェハ W に対する基板状態情報の「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 30 の洗浄履歴テーブル 301 を参照することで、そのウェハ W に対して洗浄処理が行われたときの基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報を、洗浄処理条件として取得する。洗浄処理が行われている最中のウェハ W に対する基板状態情報の「リアルタイム予測処理」を行う場合には、情報取得部 500 は、その洗浄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 に対して洗浄処理が行われている最中の基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報を、洗浄処理条件として随時取得する。洗浄処理が行われる前のウェハ W に対する基板状態情報の「事前予測処理」を行う場合には、情報取得部 500 は、その洗浄処理を行う予定の基板処理装置 2 から基板レシピ情報 266 を受信し、その基板レシピ情報 266 に従って基板処理装置 2 が動作するときの装置状態情報をシミュレーションすることで、そのウェハ W に対して洗浄処理が行われるときの基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報を、洗浄処理条件として取得する。

[0142] また、乾燥処理がすでに行われた後のウェハ W に対する基板状態情報の「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 30 の

乾燥履歴テーブル302を参照することで、そのウェハWに対して乾燥処理が行われたときの基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報を、乾燥処理条件として取得する。乾燥処理が行われている最中のウェハWに対する基板状態情報の「リアルタイム予測処理」を行う場合には、情報取得部500は、その乾燥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に対して乾燥処理が行われている最中の基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報を、乾燥処理条件として随時取得する。乾燥処理が行われる前のウェハWに対する基板状態情報の「事前予測処理」を行う場合には、情報取得部500は、その乾燥処理を行う予定の基板処理装置2から基板レシピ情報266を受信し、その基板レシピ情報266に従って基板処理装置2が動作するときの装置状態情報をシミュレーションすることで、そのウェハWに対して乾燥処理が行われるときの基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報を、乾燥処理条件として取得する。

[0143] 状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された洗浄処理条件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、当該洗浄処理条件による洗浄処理が行われたウェハWに対する基板状態情報（本実施形態では、ストレス情報）を予測する。また、状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された乾燥処理条件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、当該乾燥処理条件による乾燥処理が行われたウェハWに対する基板状態情報（本実施形態では、ストレス情報）を予測する。

[0144] 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及び第2の学習モデル10A、10B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及び第2の学習モデル10A、10Bの数は1つに限定されず、例えば、機械学習の手法、ウェハWの種類（サイズ、厚み、膜種等）、洗浄具の種類、基板洗浄装置の機構の違い、基板乾燥装置の機構の違い、基板洗浄流体や基板乾燥流体の種類、洗

浄処理条件や乾燥処理条件に含まれるデータの種類、基板状態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済みモデルが記憶され、選択的に利用可能としてもよい。本実施形態では、学習済みモデル記憶部52には、ロールスポンジ2400を用いたロールスポンジ洗浄部24A、24Bに対応するものと、ペンスポンジ2401を用いたペンスポンジ洗浄部24C、24Dに対応するものとの2種類の第1の学習モデル10Aと、第1及び第2の乾燥部24E、24Fに対応する第2の学習モデル10Bとが少なくとも記憶される。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。

[0145] 出力処理部502は、状態予測部501により生成された基板状態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、その基板状態情報をユーザ端末装置6に送信することで、その基板状態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、その基板状態情報をデータベース装置3に送信することで、その基板状態情報が生産履歴情報30に登録されてもよい。

[0146] （情報処理方法）

図18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に対する基板状態情報の「事後予測処理」を行う場合の動作例について説明する。

[0147] 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。

[0148] 次に、ステップS210において、情報処理装置5の情報取得部500は、ステップS200にて送信されたウェハIDを受信する。ステップS211において、情報取得部500は、ステップS210で受信したウェハID

を用いて生産履歴情報30の洗浄履歴テーブル301及び乾燥履歴テーブル302を参照することで、そのウェハIDで特定されたウェハWに対して洗浄処理及び乾燥処理がそれぞれ行われたときの洗浄処理条件及び乾燥処理条件を取得する。

- [0149] 次に、ステップS220において、状態予測部501は、ステップS211にて取得された洗浄処理条件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、当該洗浄処理条件に対する基板状態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。
- [0150] 次に、ステップS221において、状態予測部501は、ステップS211にて取得された乾燥処理条件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、当該乾燥処理条件に対する基板状態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。
- [0151] 次に、ステップS230において、出力処理部502は、ステップS220、S211にてそれぞれ生成された洗浄処理及び乾燥処理の基板状態情報を出力するための出力処理として、その基板状態情報をユーザ端末装置6に送信する。なお、基板状態情報の送信先は、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。
- [0152] 次に、ステップS240において、ユーザ端末装置6は、ステップS200の送信処理に対する応答として、ステップS230にて送信された洗浄処理及び乾燥処理の基板状態情報を受信すると、その基板状態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S210、S211が情報取得工程、ステップS220、S221が状態予測工程、ステップS230が出力処理工程に相当する。
- [0153] 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、洗浄処理における、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報等を含む洗浄処理条件が第1の学習モデル10Aに入力されることで、当該洗浄処理条件に対する基板状態情報（ストレス情報

）が予測されるので、洗浄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。また、乾燥処理における、基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報等を含む乾燥処理条件が第2の学習モデル10Bに入力されることで、当該乾燥処理条件に対する基板状態情報（ストレス情報）が予測されるので、乾燥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。

[0154] （第2の実施形態）

第2の実施形態は、仕上げ処理が行われたウェハWの状態を示す基板状態情報が、そのウェハWの仕上げ品質を示す仕上げ品質情報である点で第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。

[0155] 仕上げ品質情報は、例えば、洗浄処理時の洗浄度合に関する洗浄度合情報、乾燥処理時の乾燥度合に関する乾燥度合情報、スクラッチやコロージョンといったウェハWの欠損（ディフェクト）の程度や有無に関する基板欠損情報等である。なお、洗浄度合情報又は乾燥度合情報は、パーティクルに関する情報でもよく、例えば、パーティクルの面的分布状態やパーティクルの総数を含むものでもよい。

[0156] 図19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20は、第3の学習モデル10C及び第3の学習用データ11Cの一例を示す図である。図21は、第4の学習モデル10D及び第4の学習用データ11Dの一例を示す図である。第3及び第4の学習用データ11C、11Dは、第3及び第4の学習モデル10C、10Dの機械学習にそれぞれ用いられる。

[0157] 第3の学習用データ11Cを構成する基板状態情報は、ウェハWの仕上げ品質として、洗浄処理におけるウェハWの洗浄品質を示す洗浄品質情報である。本実施形態では、洗浄品質情報は、洗浄度合情報及び基板欠損情報である場合について説明するが、少なくとも1つを含むものでもよいし、洗浄品

質を示す他の情報を含むものでもよい。洗浄品質情報は、洗浄処理を開始してから終了するまでの洗浄処理期間（ウェハ１枚当たりの洗浄処理に要する時間）に含まれる対象時点における洗浄品質を示すものでもよいし、ウェハWの基板面における洗浄品質の面的分布状態を示すものでもよい。なお、第３の学習用データ１１Ｃを構成する洗浄処理条件は、第１の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0158] 第４の学習用データ１１Ｄを構成する基板状態情報は、ウェハWの仕上げ品質として、乾燥処理におけるウェハWの乾燥品質を示す乾燥品質情報である。本実施形態では、乾燥品質情報は、乾燥度合情報及び基板欠損情報である場合について説明するが、少なくとも１つを含むものでもよいし、乾燥品質を示す他の情報を含むものでもよい。乾燥品質情報は、乾燥処理を開始してから終了するまでの乾燥処理期間（ウェハ１枚当たりの乾燥処理に要する時間）に含まれる対象時点における乾燥品質を示すものでもよいし、ウェハWの基板面における乾燥品質の面的分布状態を示すものでもよい。なお、第４の学習用データ１１Ｄを構成する乾燥処理条件は、第１の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0159] 学習用データ取得部４００は、仕上げ試験情報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３及び第４の学習用データ１１Ｃ、１１Ｄを取得する。具体的には、学習用データ取得部４００は、仕上げ試験情報３１の洗浄試験テーブル３１０及び乾燥試験テーブル３１１から試験ＩＤで特定される仕上げ試験（洗浄試験、乾燥試験）が行われたときの試験結果情報（ダミーウェハが有する圧力センサの時系列データや温度センサの時系列データ）を取得し、例えば、圧力センサの時系列データ（主にメカニカルな影響を反映）及び温度センサの時系列データ（主にケミカルな影響を反映）に基づいて対象時点毎の仕上げ品質（洗浄品質、乾燥品質）を算出することで、仕上げ品質情報（洗浄品質情報、乾燥品質情報）を取得する。なお、仕上げ試験情報３１には、試験結果情報として、光学式顕微鏡や走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）等の計測機器にて

計測された仕上げ品質情報が対象時点毎に登録されていてもよく、その場合には、学習用データ取得部400は、計測機器の計測結果を、仕上げ品質情報としてさらに取得してもよい。

[0160] 機械学習部401は、第3の学習モデル10Cに第3の学習用データ11Cを複数組入力し、第3の学習用データ11Cに含まれる仕上げ処理条件と洗浄品質情報との相関関係を第3の学習モデル10Cに学習させることで、学習済みの第3の学習モデル10Cを生成する。また、機械学習部401は、第4の学習モデル10Dに第4の学習用データ11Dを複数組入力し、第4の学習用データ11Dに含まれる乾燥処理条件と乾燥品質情報との相関関係を第4の学習モデル10Dに学習させることで、学習済みの第4の学習モデル10Dを生成する。

[0161] 図22は、第2の実施形態に係る情報処理装置5aの一例を示すブロック図である。図23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。

[0162] 情報取得部500は、第1の実施形態と同様に、仕上げ処理条件として、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報等を含む洗浄処理条件を取得するとともに、基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報等を含む乾燥処理条件を取得する。

[0163] 状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された洗浄処理条件を入力データとして第3の学習モデル10Cに入力することで、当該洗浄処理条件による洗浄処理が行われたウェハWに対する洗浄品質情報（本実施形態では、洗浄度合情報及び基板欠損情報）を予測する。また、状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された乾燥処理条件を入力データとして第4の学習モデル10Dに入力することで、当該乾燥処理条件による乾燥処理が行われたウェハWに対する乾燥品質情報（本実施形態では、乾燥度合情報及び基板欠損情報）を予測する。

[0164] 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、洗浄処理における、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、

及び、基板洗浄部状態情報等を含む洗浄処理条件が第3の学習モデル10Cに入力されることで、当該洗浄処理条件に対する基板状態情報（洗浄品質情報）が予測されるので、洗浄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。また、乾燥処理における、基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報等を含む乾燥処理条件が第4の学習モデル10Dに入力されることで、当該乾燥処理条件に対する基板状態情報（乾燥品質情報）が予測されるので、乾燥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。

[0165] （第3の実施形態）

第3の実施形態は、学習モデルが、ストレス解析用の学習モデルと、仕上げ品質解析用の学習モデルとで構成される点で第1の実施形態と相違する。以下では、第3の実施形態に係る機械学習装置4b及び情報処理装置5b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。

[0166] 図24は、第3の実施形態に係る機械学習装置4bの一例を示すブロック図である。図25は、洗浄品質解析用の第5の学習モデル10E及び第5の学習用データ11Eの一例を示す図である。図26は、乾燥品質解析用の第6の学習モデル10F及び第6の学習用データ11Fの一例を示す図である。

[0167] 洗浄処理用の学習モデル10Mは、ストレス解析用の第1の学習モデル10A（図13）と、洗浄品質解析用の第5の学習モデル10E（図25）とで構成される。洗浄品質解析用の第5の学習モデル10Eの機械学習に用いられる第5の学習用データ11Eは、図25に示すように、ストレス情報と洗浄品質情報（本実施形態では、洗浄度合情報及び基板欠損情報）とで構成される。また、乾燥処理用の学習モデル10Nは、ストレス解析用の第2の学習モデル10B（図14）と、乾燥品質解析用の第6の学習モデル10F（図26）とで構成される。乾燥品質解析用の第6の学習モデル10Fの機械学習に用いられる第6の学習用データ11Fは、図26に示すように、ストレス情報と乾燥品質情報（本実施形態では、乾燥度合情報及び基板欠損情報）とで構成される。

報)とで構成される。ストレス解析用の第1及び第2の学習モデル10A、10B、並びに、第1及び第2の学習用データ11A、11Bは、第1の実施形態(図13、図14)と同様に構成されるため、説明を省略する。

[0168] 学習用データ取得部400は、仕上げ試験情報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、ストレス情報と洗浄品質情報とで構成される第5の学習用データ11Eを取得するとともに、ストレス情報と乾燥品質情報とで構成される第6の学習用データ11Fを取得する。

[0169] 機械学習部401は、仕上げ品質解析用の第5の学習モデル10Eに第5の学習用データ11Eをそれぞれ複数組入力し、第5の学習用データ11Eに含まれるストレス情報と洗浄品質情報との相関関係を仕上げ品質解析用の第5の学習モデル10Eに学習させることで、学習済みの仕上げ品質解析用の第5の学習モデル10Eを生成する。また、機械学習部401は、第6の学習モデル10Fに第6の学習用データ11Fを複数組入力し、第6の学習用データ11Fに含まれるストレス情報と乾燥品質情報との相関関係を第6の学習モデル10Fに学習させることで、学習済みの第6の学習モデル10Fを生成する。

[0170] 図27は、第3の実施形態に係る情報処理装置5bの一例を示すブロック図である。図28は、第3の実施形態に係る情報処理装置5bの一例を示す機能説明図である。

[0171] 情報取得部500は、第1の実施形態と同様に、基板保持部状態情報、洗浄流体供給部状態情報、及び、基板洗浄部状態情報等を含む洗浄処理条件を取得するとともに、基板保持部状態情報、及び、乾燥流体供給部状態情報等を含む乾燥処理条件を取得する。

[0172] 状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された洗浄処理条件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、当該洗浄処理条件による洗浄処理が行われたウェハWに対するストレス情報を予測し、その予測したストレス情報を入力データとして第5の学習モデル

ル 10E に入力することで、当該ストレス情報が示すストレスが加えられたウェハWに対する洗浄品質情報（本実施形態では、洗浄度合情報及び基板欠損情報）を予測する。また、状態予測部 501 は、上記のように、情報取得部 500 により取得された乾燥処理条件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、当該乾燥処理条件による乾燥処理が行われたウェハWに対するストレス情報を予測し、その予測したストレス情報を入力データとして第 6 の学習モデル 10F に入力することで、当該ストレス情報が示すストレスが加えられたウェハWに対する乾燥品質情報（本実施形態では、乾燥度合情報及び基板欠損情報）を予測する。

[0173] 以上のように、本実施形態に係る情報処理装置 5b 及び情報処理方法によれば、洗浄処理における洗浄処理条件が洗浄処理用の学習モデル 10M（第 1 及び第 5 の学習モデル 10A、10E）に入力されることで、当該洗浄処理条件に対する基板状態情報（洗浄品質情報）が予測されるので、洗浄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。また、乾燥処理における乾燥処理条件が乾燥処理用の学習モデル 10N（第 2 及び第 6 の学習モデル 10B、10F）に入力されることで、当該乾燥処理条件に対する基板状態情報（乾燥品質情報）が予測されるので、乾燥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。

[0174] （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。

[0175] 上記実施形態では、データベース装置 3、機械学習装置 4、4a、4b 及び情報処理装置 5、5a、5b 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、4a、4b 及び情報処理装置 5a、5b の少なくとも一方は、基板処理装置 2 の制御ユニット 26 又はユーザ端末装置 6

に組み込まれていてもよい。

- [0176] 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、仕上げユニット 2 4 のうち、基板洗浄装置として洗浄処理を行う機能（ロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B 又はペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D）及び基板乾燥装置として乾燥処理を行う機能（乾燥部 2 4 E、2 4 F）の少なくとも一方を備えていればよく、他のユニットは省略されていてもよい。
- [0177] 上記実施形態では、機械学習装置 4、4 a、4 b 及び情報処理装置 5、5 a、5 b は、ロールスポンジ 2 4 0 0 を用いたロールスポンジ洗浄（ロールスポンジ洗浄部 2 4 A、2 4 B）、又は、ペンスポンジ 2 4 0 1 を用いたペンスポンジ洗浄（ペンスポンジ洗浄部 2 4 C、2 4 D）を行う基板洗浄装置を対象として動作するとして説明したが、基板洗浄装置の形態は上記の例に限られない。例えば、基板洗浄装置は、洗浄具として、バフを用いたバフ洗浄を行うものでもよいし、洗浄具を備えずに、基板洗浄流体による洗浄や超音波洗浄機による洗浄を行うものでもよい。なお、基板洗浄装置が、洗浄具を備えない場合には、基板洗浄条件は、基板洗浄部状態情報を含まなくてもよい。
- [0178] 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。
- [0179] なお、上記実施形態では、第 1 乃至第 4 の学習モデル 1 0 A ~ 1 0 D の入力データである仕上げ処理条件（洗浄処理条件、乾燥処理条件）に含まれる

各種の情報について説明した。また、第1乃至第4の学習モデル10A～10Dは、ウェハWの種類別に用意されてもよいことを説明した。これに対して、仕上げ処理条件は、仕上げ処理が行われる前のウェハWである処理前基板の状態（初期状態）を示す処理前基板情報をさらに含むものでもよい。仕上げ処理条件に含まれる処理前基板情報は、処理前基板の形状（サイズ、厚み、反り等）、重さ、及び、基板面のコンディションの少なくとも1つを含む。基板面のコンディションは、例えば、基板面に形成された欠損（ディフェクト）の程度や有無に関する情報や、基板面に付着したパーティクルの大きさ、面的分布、個数に関する情報であり、仕上げ処理に影響を与える情報であればこれらに限定されない。処理前基板情報は、例えば、前工程の装置（研磨ユニット22を含む）の動作情報から取得されてもよいし、膜厚測定ユニット25や、基板処理装置2の内部又は外部に設置された他の計測器（光学式センサ、接触式センサ、重量センサ等）で計測されてもよい。また、上記のように取得又は計測された処理前基板情報は、同一のロット内の他の処理前基板に流用されてもよいし、別のロット内の他の処理前基板に流用されてもよい。

[0180] 機械学習の学習フェーズでは、処理前基板情報は、仕上げ試験情報31に登録されて、機械学習装置4、4a、4bにより仕上げ処理条件の一部として取得される。機械学習装置4、4a、4bは、その処理前基板情報をさらに含む仕上げ処理条件と、基板状態情報とで構成される第1乃至第4の学習用データ11A～11Dを用いて、第1乃至第4の学習モデル10A～10Dの機械学習を実施する。

[0181] 機械学習の推論フェーズでは、処理前基板情報は、情報処理装置5、5a、5bにより仕上げ処理条件の一部として取得される。情報処理装置5、5a、5bは、その処理前基板情報をさらに含む仕上げ処理条件を入力データとして第1乃至第4の学習用データ11A～11Dに入力することで、当該仕上げ処理条件による仕上げ処理が処理前基板に対して行われたときの基板状態情報を予測する。

[0182] (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、4 a、4 b 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、5 a、5 b 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。

[0183] (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、5 a、5 b（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、基板状態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、仕上げ処理条件を取得する情報取得処理（情報取得工程）と、情報取得処理にて仕上げ処理条件を取得すると、当該仕上げ処理条件による仕上げ処理が行われた基板の状態を示す基板状態情報（ストレス情報又は仕上げ品質情報）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仕上げ品質を示す仕上げ品質情報を推論する推論処理（推論工程）とを含む。

[0184] 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）が基板状態情報を推論する際、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

[0185] 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

[0186] 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、4 b…機械学習装置、5、5 a、5 b…情報処理装置、
6…ユーザ端末装置、7…ネットワーク、
10 A…第1の学習モデル、10 B…第2の学習モデル、
10 C…第3の学習モデル、10 D…第4の学習モデル、
10 E…第5の学習モデル、10 F…第6の学習モデル、
10 M…学習モデル、10 N…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、
11 C…第3の学習用データ、11 D…第4の学習用データ、
11 E…第5の学習用データ、11 F…第6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…仕上げユニット、24 A、24 B…ロールスポンジ洗浄部、
24 C、24 D…ペンスポンジ洗浄部、24 E、24 F…乾燥部、
24 G、24 H…搬送部、25…膜厚測定ユニット、26…制御ユニット、
30…生産履歴情報、31…仕上げ試験情報、
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、
240…基板洗浄部、241…基板保持部、242…洗浄流体供給部、
243…洗浄具洗浄部、244…環境センサ、245…乾燥流体供給部、
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…洗浄履歴テーブル、３０２…乾燥履歴テーブル、

３１０…洗浄試験テーブル、３１１…乾燥試験テーブル、

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、

２２００…研磨パッド、２２３０…ドレッサディスク、２４００…ロールスポンジ、

２４０１…ペンスポンジ

請求の範囲

- [請求項1] 基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により行われる前記基板の仕上げ処理における、前記基板保持部の状態を示す基板保持部状態情報、及び、前記仕上げ流体供給部の状態を示す仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ処理条件を取得する情報取得部と、
- 前記仕上げ処理条件と、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板の状態を示す基板状態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仕上げ処理条件を入力することで、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板に対する前記基板状態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] 前記基板保持部は、
- 前記基板の被仕上げ面に垂直な第1の回転軸周りに前記基板を回転させる基板回転機構部と、
- 前記基板の側縁部を保持する基板保持機構部とを備え、
- 前記仕上げ処理条件に含まれる前記基板保持部状態情報は、
- 前記基板保持機構部が前記基板を保持するときの保持点数、
- 前記基板保持機構部が前記基板を保持するときの保持圧力、
- 前記基板回転機構部の回転数、
- 前記基板回転機構部の回転トルク、及び、
- 前記基板保持機構部のコンディションの少なくとも1つを含む、
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記仕上げ処理条件に含まれる前記仕上げ流体供給部状態情報は、
- 前記基板仕上げ流体の流量、
- 前記基板仕上げ流体の圧力、
- 前記基板仕上げ流体の滴下位置、

前記基板仕上げ流体の温度、及び、

前記基板仕上げ流体の濃度の少なくとも 1 つを含む、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の情報処理装置。

[請求項4]

前記仕上げ処理条件は、

前記仕上げ処理が行われる空間の環境を示す装置内環境情報をさらに含み、

前記仕上げ処理条件に含まれる前記装置内環境情報は、

前記空間の温度

前記空間の湿度、

前記空間の気圧、

前記空間の気流、

前記空間の酸素濃度、及び

前記空間の音の少なくとも 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]

前記仕上げ処理条件は、

前記仕上げ処理が行われる前の前記基板である処理前基板の状態を示す処理前基板情報をさらに含み、

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]

前記仕上げ処理条件に含まれる前記処理前基板情報は、

前記処理前基板の形状、

前記処理前基板の重さ、及び、

前記処理前基板の基板面のコンディションの少なくとも 1 つを含む、

請求項 5 に記載の情報処理装置。

[請求項7]

前記仕上げ処理条件は、

前記基板処理装置により前記仕上げ処理として行われる前記基板の洗浄処理における洗浄処理条件である、

請求項 1 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] 前記基板処理装置は、
洗淨具を回転可能に支持するとともに前記洗淨具を前記基板に接触させて前記基板を洗淨する基板洗淨部をさらに備え、
前記洗淨処理条件は、
前記基板洗淨部の状態を示す基板洗淨部状態情報をさらに含む、
請求項7に記載の情報処理装置。
- [請求項9] 前記基板洗淨部は、
前記基板の被洗淨面に平行な第2の回転軸周り又は前記被洗淨面に垂直な第3の回転軸周りに前記洗淨具を回転させる洗淨具回転機構部と、
前記洗淨具と前記被洗淨面との相対位置を移動させる洗淨具移動機構部とを備え、
前記仕上げ処理条件に含まれる前記基板洗淨部状態情報は、
前記洗淨具回転機構部の回転数、
前記洗淨具回転機構部の回転トルク、
前記洗淨具移動機構部の位置座標、
前記洗淨具移動機構部の移動速度、
前記洗淨具移動機構部の移動トルク、
前記洗淨具を前記基板に接触させるときの押付荷重、及び、
前記洗淨具のコンディションの少なくとも1つを含む、
請求項8に記載の情報処理装置。
- [請求項10] 前記仕上げ処理条件は、
前記基板処理装置により前記仕上げ処理として行われる前記基板の乾燥処理における乾燥処理条件である、
請求項1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11] 前記基板状態情報は、
前記基板に加わるストレスを示すストレス情報であり、
前記ストレス情報は、

前記基板に加わる機械的ストレス及び熱的ストレスの少なくとも一方を示す、

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項12]

前記ストレス情報は、

前記仕上げ処理を開始してから終了するまでの仕上げ処理期間に含まれる対象時点における前記ストレスの瞬時値、又は、

前記仕上げ処理を開始してから前記対象時点までの対象期間における前記ストレスの累積値を示す、

請求項 11 に記載の情報処理装置。

[請求項13]

前記ストレス情報は、

前記基板の基板面に加わる前記ストレスの面的分布状態を示す、請求項 11 又は請求項 12 に記載の情報処理装置。

[請求項14]

前記基板状態情報は、

前記基板の仕上げ品質を示す仕上げ品質情報であり、

前記仕上げ品質情報は、

前記洗浄処理における前記基板の洗浄品質を示す洗浄品質情報である、

請求項 7 乃至請求項 9 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項15]

前記基板状態情報は、

前記基板の仕上げ品質を示す仕上げ品質情報であり、

前記仕上げ品質情報は、

前記乾燥処理における前記基板の乾燥品質を示す乾燥品質情報である、

請求項 10 に記載の情報処理装置。

[請求項16]

前記学習モデルは、

前記仕上げ処理条件と、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板に加わるストレスを示すストレス情報との相関関係を機械学習により学習させたストレス解析用の学習モデルと、

前記ストレス情報と、当該ストレス情報が示す前記ストレスが加えられた前記基板の仕上げ品質を示す仕上げ品質情報との相関関係を学習させた仕上げ品質解析用の学習モデルとで構成され、

前記状態予測部は、

前記ストレス解析用の学習モデルに対して、前記情報取得部により取得された前記仕上げ処理条件を入力することで、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板に対する前記ストレス情報を予測し、

前記仕上げ品質解析用の学習モデルに対して、その予測した前記ストレス情報を入力することで、当該ストレス情報が示す前記ストレスが加えられた前記基板に対する前記仕上げ品質情報を予測する、

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

[請求項17]

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、

基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により行われる前記基板の仕上げ処理における、前記基板保持部の状態を示す基板保持部状態情報、及び、前記仕上げ流体供給部の状態を示す仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ処理条件を取得する情報取得処理と、

前記情報取得処理にて前記仕上げ処理条件を取得すると、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板の状態を示す基板状態情報を推論する推論処理と、を実行する、

推論装置。

[請求項18]

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、

基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により仕上げ処理が行われた前記基板に加わるストレスを示すストレス情報を取得する情

報取得処理と、

前記情報取得処理にて前記ストレス情報を取得すると、当該ストレス情報が示す前記ストレスが加えられた前記基板の仕上げ品質を示す仕上げ品質情報を推論する推論処理と、を実行する、
推論装置。

[請求項19] 基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により行われる前記基板の仕上げ処理における、前記基板保持部の状態を示す基板保持部状態情報、及び、前記仕上げ流体供給部の状態を示す仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ処理条件と、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板の状態を示す基板状態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、前記仕上げ処理条件と前記基板状態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20] 基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により仕上げ処理が行われた前記基板に加わるストレスを示すストレス情報と、当該ストレス情報が示す前記ストレスが加えられた前記基板の仕上げ品質を示す仕上げ品質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、前記ストレス情報と前記仕上げ品質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21] 基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により行われる前記基板の仕上げ処理における、前記基板保持部の状態を示す基板保持部状態情報、及び、前記仕上げ流体供給部の状態を示す仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ処理条件を取得する情報取得工程と、
前記仕上げ処理条件と、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板の状態を示す基板状態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仕上げ処理条件を入力することで、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板に対する前記基板状態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22] 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、
基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により行われる前記基板の仕上げ処理における、前記基板保持部の状態を示す基板保持部状態情報、及び、前記仕上げ流体供給部の状態を示す仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ処理条件を取得する情報取得工程と、
前記情報取得工程にて前記仕上げ処理条件を取得すると、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板の状態を示す基板状態情報を推論する推論工程と、を実行する、
推論方法。

- [請求項23] 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、

基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により仕上げ処理が行われた前記基板に加わるストレスを示すストレス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ストレス情報を取得すると、当該ストレス情報が示す前記ストレスが加えられた前記基板の仕上げ品質を示す仕上げ品質情報を推論する推論工程と、を実行する、

推論方法。

[請求項24]

基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により行われる前記基板の仕上げ処理における、前記基板保持部の状態を示す基板保持部状態情報、及び、前記仕上げ流体供給部の状態を示す仕上げ流体供給部状態情報を含む仕上げ処理条件と、当該仕上げ処理条件による前記仕上げ処理が行われた前記基板の状態を示す基板状態情報とで構成される学習用データ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、

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、前記仕上げ処理条件と前記基板状態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済みモデル記憶部に記憶する学習済みモデル記憶工程と、を備える、

機械学習方法。

[請求項25]

基板を保持する基板保持部、及び、前記基板に基板仕上げ流体を供給する仕上げ流体供給部を備える基板処理装置により仕上げ処理が行われた前記基板に加わるストレスを示すストレス情報と、当該ストレス情報が示す前記ストレスが加えられた前記基板の仕上げ品質を示す

仕上げ品質情報とで構成される学習用データ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、

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、前記ストレス情報と前記仕上げ品質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済みモデル記憶部に記憶する学習済みモデル記憶工程と、を備える、

機械学習方法。