

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、さらに基板を乾燥することで、一連の処理が終了し、次の基板の処理に移行する。

[0003] 上記のような一連の処理が繰り返し行われると、基板を保持する回転保持部材等の基板保持機構部の摩耗が徐々に進行する。従来、基板保持機構部の寿命を長くするため、基板を挟む上下チャック部材の距離を変更できる技術が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-29207号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1では、基板の縁部を上下に挟んで保持する上チャック部材と下チャック部材の間の上下方向の距離が可変であるため、厚さの異なる基板に対応でき、上チャック部材や下チャック部材が摩耗により擦り減った場合にも基板を保持することができる。また、基板の縁部を上下に挟んで支持するので、径の大きさが異なる基板にも対応できる。

[0006] 一方、基板を保持するために、基板の回転状態、基板の保持位置、及び、基板の押付荷重等の動作状態は、基板保持機構部の状態に影響を与える要素であるが、基板保持機構部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、基板保持機構部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。

[0007] 本発明は、上記の課題に鑑み、基板処理装置の動作状態に応じて基板保持機構部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

[0008] 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機構部及び基板を回転させる基板回転機構部を有する基板保持部を備える基板処理装置が動作したときの動作状態として、前記基板の回転状態を示す基板回転状態情報、前記基板保持機構部の基板保持位置を示す基板保持位置情報、及び、前記基板保持機構部の基板押付荷重を示す基板押付荷重情報、を含む動作状態情報を取得する情報取得部と、

前記動作状態情報と、当該動作状態情報が示す前記動作状態にて前記基板処理装置が動作したときの前記基板保持機構部の状態を示す基板保持機構部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動作状態情報を入力することで、当該動作状態情報に対する前記基板保持機構部状態情報を予測する状態予測部と、
を備える。

発明の効果

[0009] 本発明の一態様に係る情報処理装置によれば、基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を含む動作状態情報が学習モデルに入力されることで、当該動作状態情報に対する基板保持機構部状態情報が予測されるので、基板処理装置の動作状態に応じて基板保持機構部の状態を適切に予測することができる。

[0010] 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

[0011] [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の一例を示すデータ構成図である。

[図11]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12]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13]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14]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15]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16]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17]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18]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19]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20]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

[0012] 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。

[0013] (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、洗浄したウェハWの表面を乾燥具により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。なお、洗浄処理と乾燥処理は、仕上げ処理

を構成し、洗浄具と乾燥具は、仕上げ具に含まれる。

- [0014] 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。
- [0015] 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。
- [0016] 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。
- [0017] データベース装置 3 は、本生産用の仕上げ具を用い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、試験用の仕上げ具を用い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。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。
- [0018] データベース装置 3 は、基板処理装置 2 が本生産用の仕上げ具を用いて基

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。

[0019] データベース装置 3 は、基板処理装置 2 が試験用の仕上げ具を用い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。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（不図示）で行われてもよい。試験用の仕上げ具や仕上げ試験装置には、仕上げ具のコンディションとして、例えば、基板保持機構部の汚染度、摩耗度、及び、破損度を測定するための各種の仕上げ具測定機器（不図示）が設けられ、仕上げ具測定機器の測定値が、試験結果として仕上げ試験情報 31 に登録される。

[0020] 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 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。

[0021] 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 による仕上げ処理が本生産用の仕上げ具に含まれる基板保持機構部を用いて行われたときに、その基板保持機構部の状態を予測し、その予測した結果である基板保持機構部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 が基板保持機構部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。

[0022] 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、基板保持機構部状態情報、生産履歴情報 30、仕上げ試験情報 31 等）を表示する。

[0023] （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。

[0024] （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。

[0025] 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。

[0026] （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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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 2 2 1 を巡回（揺動）移動させる揺動移動機構部 2 2 1 e とを備える。

[0031] 研磨流体供給ノズル 2 2 2 は、支持シャフト 2 2 2 a に支持されて、支持シャフト 2 2 2 a を巡回中心にして研磨流体供給ノズル 2 2 2 を巡回移動させる揺動移動機構部 2 2 2 b と、研磨流体の流量を調節する流量調節部 2 2 2 c と、研磨流体の温度を調節する温調機構部 2 2 2 d 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、研磨液に分散剤を添加したものでもよい。

[0032] ドレッサ 2 2 3 は、上下方向に移動可能なドレッサシャフト 2 2 3 a に支持されて、その軸心周りにドレッサ 2 2 3 を回転駆動させる回転移動機構部 2 2 3 c と、ドレッサ 2 2 3 を上下方向に移動させる上下移動機構部 2 2 3 d と、支持シャフト 2 2 3 b を巡回中心にしてドレッサ 2 2 3 を巡回移動させる揺動移動機構部 2 2 3 e とを備える。

[0033] アトマイザ 2 2 4 は、支持シャフト 2 2 4 a に支持されて、支持シャフト 2 2 4 a を巡回中心にしてアトマイザ 2 2 4 を巡回移動させる揺動移動機構部 2 2 4 b と、洗浄流体の流量を調節する流量調節部 2 2 4 c 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。

[0034] ウェハ W は、トップリング 2 2 1 の下面に吸着保持されて、研磨テーブル 2 2 0 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 2 2 2 から研磨流体が供給された研磨パッド 2 2 0 0 の研磨面に対してトップリング 2 2 1 により押圧されることで研磨される。

[0035] （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 側に配置されたリフト 2 3 2 と、仕上げユニット 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。

[0036] 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21側から順に第1乃至第4の搬送位置TP1～TP4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TP2は、第1の研磨部22A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TP3は、第2の研磨部22Bに対してウェハWを受け渡す位置である。

[0037] 第2のリニアトランスポータ230Bは、第3及び第4の研磨部22C、22D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21側から順に第5乃至第7の搬送位置TP5～TP7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TP6は、第3の研磨部22C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TP7は、第4の研磨部22Dに対してウェハWを受け渡す位置である。

[0038] スイングトランスポータ231は、第4及び第5の搬送位置TP4、TP5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TP4、TP5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。

[0039] （仕上げユニット）

仕上げユニット24は、図2に示すように、ロールスポンジ2400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24A、24Bと、ペンスポンジ2401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24C、24D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24E、24Fと、ウェハWを搬送する第1及び第2の搬送部24G、24Hとを備える。なお、ロールスポンジ洗浄部24A、24B、ペンスポンジ洗浄部24C、24D、乾燥部24E、24F、及び、搬送部24G、24Hの数や配置は、図2の例に限られず、適宜変更してもよい。

[0040] 仕上げユニット24の各部24A～24H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及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24B、第1の搬送部24G、第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24D、第2の搬送部24H、及び、第1及び第2の乾燥部24E、24F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。仕上げユニット24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24A、24B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24C、24D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24E、24Fのいずれかによる乾燥処理を順に行う。

[0041] ロールスポンジ2400及びペンスポンジ2401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2400及びペンスポンジ2401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24A、24B、並びに、第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24Dに交換可能にそれぞれ取り付けられる。

[0042] 第1の搬送部24Gは、上下方向に移動可能な第1の搬送ロボット246Aを備える。第1の搬送ロボット246Aは、基板搬送ユニット23の仮置き台233、第1及び第2のロールスポンジ洗浄部24A、24B、並びに、第1及び第2のペンスポンジ洗浄部24C、24D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

233に対するウェハWの受け渡しの際には、第2の隔壁200Bに設けられたシャッタ（不図示）が開閉される。

[0043] 第2の搬送部24Hは、上下方向に移動可能な第2の搬送ロボット246B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。

[0044] 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対のロールスポンジ2400を有する。

[0045] 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。

[0046] 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3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る。基板回転機構部241bは、2つの駆動ローラである。図4の例では、基板回転機構部241bを構成する駆動ローラは、ウェハWを保持する基板保持機構部241aを兼ねている。なお、基板保持部241は、複数のローラで構成される基板保持機構部241aと、少なくとも1つの駆動ローラで構成され

る基板回転機構部 2 4 1 b でよい。

[0047] 洗浄流体供給部 2 4 2 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 2 4 2 a と、洗浄流体供給ノズル 2 4 2 a を巡回移動させる揺動移動機構部 2 4 2 b と、基板洗浄流体の流量及び圧力を調節する流量調節部 2 4 2 c と、基板洗浄流体の温度を調節する温調機構部 2 4 2 d とを備える。基板洗浄流体は、純水（リンス液）及び薬液のいずれでもよく、洗浄流体供給ノズル 2 4 2 a 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。

[0048] 基板洗浄部 2 4 0 は、ウェハ W の被洗浄面に平行な第 1 の回転軸周りにロールスポンジ 2 4 0 0 を回転させる洗浄具回転機構部 2 4 0 a と、一对のロールスポンジ 2 4 0 0 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 2 4 0 0 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 2 4 0 b と、一对のロールスポンジ 2 4 0 0 を水平方向に直線移動させる直線移動機構部 2 4 0 c とを備える。上下移動機構部 2 4 0 b 及び直線移動機構部 2 4 0 c は、ロールスポンジ 2 4 0 0 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。

[0049] 洗浄具洗浄部 2 4 3 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 2 4 3 a と、洗浄具洗浄槽 2 4 3 a に収容されて、ロールスポンジ 2 4 0 0 が押し付けられる洗浄具洗浄板 2 4 3 b と、洗浄具洗浄槽 2 4 3 a 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 2 4 3 c と、ロールスポンジ 2 4 0 0 の内側を流通し、ロールスポンジ 2 4 0 0 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 2 4 3 d とを備える。洗浄具洗浄流体は、純水（リンス液）及び薬液のいずれでもよい。

[0050] 環境センサ 2 4 4 は、例えば、温度センサ 2 4 4 a と、湿度センサ 2 4 4 b とを備える。なお、環境センサ 2 4 4 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。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。

[0054] 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3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241dは、2つの駆動ローラである。図5の例では、基板回転機構部241bを構成する駆動ローラは、ウェハWを保持する基板保持機構部241aを兼ねている。なお、基板保持部241は、複数のローラで構成される基板保持機構部241cと、少なくとも1つの駆動ローラで構成される基板回転機構部241dでよい。

[0055] 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。

[0056] 基板洗浄部240は、ウェハWの被洗浄面に垂直な第2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。

[0057] 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に収容されて、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。

[0058] 環境センサ244は、例えば、温度センサ244aと、湿度センサ244b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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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3の回転軸周りにウェハWを回転させる基板回転機構部241gとを備える。基板保持機構部241eは、一端を上下方向に移動する上下移動機構部241fに対して水平軸を中心として回転するように設置され、他端をウェハWの周縁部に対して接離可能なチャック等の把持部に形成される。基板保持機構部241eは、上下移動機構部241fの上下方向への移動に伴い、把持部がウェハWに対して当接又は分離方向に移動する傘機構を構成する。なお、把持部は、ローラで構成してもよい。

[0063] 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245a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。

[0064] 環境センサ244は、温度センサ244aと、湿度センサ244b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。

[0065] 第1及び第2の乾燥部24E、24Fによる乾燥処理では、ウェハWは、基板保持機構部241eにより保持された状態で基板回転機構部241gにより回転される。そして、乾燥流体供給ノズル245a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245a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241eにより高速回転されることでウェハWが乾燥される。

[0066] なお、図4乃至図6では、基板保持機構部241a、241c、241e、基板回転機構部241b、241d、241g、上下移動機構部240b、240e、241f、245b、直線移動機構部240c、揺動移動機構部240f、242b、245c、洗浄具回転機構部240a、240d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。

[0067] また、図4乃至図6では、流量調節部243c、243d、243g、2

43h、245d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で構成される。図4乃至図6では、温調機構部242d、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。

[0068]（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。

[0069]（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。

[0070] 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。

[0071] 仕上げユニット24のセンサ2481～248sには、例えば、ウェハW

自体の回転数を検出するセンサ、ウェハWに形成された被計測部のカウント数を検出するセンサ、基板回転機構部241b、241d、241gの回転数を検出するセンサ、基板回転機構部241b、241d、241gの回転トルクを検出するセンサ、基板保持機構部241a、241c、241eのウェハWを保持する位置座標を検出するセンサ、上下移動機構部241fの移動距離を検出するセンサ、基板保持機構部241a、241c、241eが基板を保持するときの保持荷重又は圧力を検出するセンサ、基板保持機構部241a、241c、241eの回転数を検出するセンサ、基板保持機構部241a、241c、241eの回転速度を検出するセンサ、基板保持機構部241a、241c、241eの回転トルクを検出するセンサ、上下移動機構部241fの移動距離を検出するセンサ等が含まれる。

[0072] 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8参照）で構成される。

[0073] 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。

[0074] 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。

[0075] 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

もに、複数のモジュール 2 1 7 1 ~ 2 1 7 p、2 2 7 1 ~ 2 2 7 r、2 3 7 1 ~ 2 3 7 t、2 4 7 1 ~ 2 4 7 v、2 5 7 1 ~ 2 5 7 x（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。

[0076]（各装置のハードウェア構成）

図 8 は、コンピュータ 9 0 0 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 2 6、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 9 0 0 により構成される。

[0077] コンピュータ 9 0 0 は、図 8 に示すように、その主要な構成要素として、バス 9 1 0、プロセッサ 9 1 2、メモリ 9 1 4、入力デバイス 9 1 6、出力デバイス 9 1 7、表示デバイス 9 1 8、ストレージ装置 9 2 0、通信 I / F（インターフェース）部 9 2 2、外部機器 I / F 部 9 2 4、I / O（入出力）デバイス I / F 部 9 2 6、及び、メディア入出力部 9 2 8 を備える。なお、上記の構成要素は、コンピュータ 9 0 0 が使用される用途に応じて適宜省略されてもよい。

[0078] プロセッサ 9 1 2 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 9 0 0 全体を統括する制御部として動作する。メモリ 9 1 4 は、各種のデータ及びプログラム 9 3 0 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。

[0079] 入力デバイス 9 1 6 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 9 1 7 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 9 1 8 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] (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、仕上げ処理における装置状態情報に関する仕上げ履歴テーブル301とを備える。なお、仕上げ履歴テーブル301は、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及び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を含む。また、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。

[0084] 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。

[0085] 仕上げ履歴テーブル301の各レコードには、例えば、ウェハID、基板回転状態情報を構成する基板回転速度情報及び基板回転トルク情報、基板保持位置情報、基板押付荷重情報等が登録される。

[0086] 基板回転速度情報は、仕上げ処理におけるウェハWの回転速度を示す情報

である。基板回転速度情報は、例えば、ウェハW自体の回転速度を計測するセンサの検出値、ウェハWに形成又は設置されたノッチ等の被計側部を用いて回転数を計測するセンサの検出値、ウェハWを回転させる基板回転機構部241b、241d、241gの回転数を計測するセンサの検出値等である。

[0087] 基板回転トルク情報は、仕上げ処理におけるウェハW自体の回転トルクを示す情報である。基板回転トルク情報は、例えば、ウェハWを回転させる基板回転機構部241b、241d、241gのトルクを計測するセンサの検出値等である。

[0088] 基板保持位置情報は、基板保持機構部241a、241c、241eがウェハWを保持する位置の座標等を示す情報である。基板保持位置情報は、予め設定した位置座標において、予め設定された基準となるウェハWを保持する位置からの水平方向の位置ずれを測定したものであってもよい。基板保持位置情報は、例えば、基板保持機構部241a、241c、241eがウェハWを保持する位置を計測するセンサの検出値等である。なお、傘機構を用いる場合には、基板保持位置情報は、上下移動機構部241fの移動距離を測定してもよい。また、基板保持位置情報は、基板保持機構部241a、241c、241eが予め設定された基準となるウェハWを保持する位置からの上下方向の位置ずれを測定したものであってもよい。

[0089] 基板押付荷重情報は、基板保持機構部241a、241c、241eがウェハWを押し付ける荷重を示す情報である。基板押付荷重情報は、ロードセルを用いて荷重を測定してもよく、ウェハWの押し付けに空気を用いる場合にはこの空気の空気圧を測定してもよい。

[0090] 仕上げ履歴テーブル301を参照することで、ウェハIDで特定されるウェハWに対して仕上げ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。

[0091] （仕上げ試験情報31）

図10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31の一例を示すデータ構成図である。仕上げ試験情報31は、試験用の基板保持部や仕上げ試験装置を用いて仕上げ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仕上げ試験テーブル310を備える。

[0092] 仕上げ試験テーブル310の各レコードには、例えば、試験ID、基板回転状態情報を構成する基板回転速度情報及び基板回転トルク情報、基板保持位置情報、基板押付荷重情報、試験結果情報等が登録される。仕上げ試験テーブル310の基板回転状態情報を構成する基板回転速度情報及び基板回転トルク情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報は、仕上げ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、仕上げ履歴テーブル301と同様であるため、詳細な説明を省略する。

[0093] 試験結果情報は、仕上げ試験において仕上げ処理が行われたときの試験用の基板保持機構部の状態を示す情報である。試験結果情報は、試験用の基板保持機構部や基板保持機構部試験装置に設けられた基板保持機構部測定機器により所定の時間間隔でサンプリングされた測定値である。図10に示す試験結果情報は、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 における汚染度、摩耗度、及び、破損度の各測定値 TR_1 、 TR_2 、 TR_3 をそれぞれ含む。

[0094] なお、試験結果情報は、上記のように、基板保持機構部測定機器による測定結果である測定値でもよいし、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試験用の基板保持機構部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。

[0095] 仕上げ試験テーブル310を参照することで、試験IDで特定される仕上げ試験において、試験用の基板保持部を用いて仕上げ処理が行われたときの基板保持機構部241a、241c、241eの状態を示す時系列データ（又は各モジュールの時系列データ）と、そのときの試験用の基板保持機構部の状態を示す時系列データとが抽出可能である。

[0096] （機械学習装置4）

図11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。

[0097] 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、仕上げ試験装置（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。

[0098] 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動作状態情報と、出力データとしての基板保持機構部状態情報とで構成される第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、基板保持機構部状態情報は、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。

[0099] 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。

[0100] 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に含まれる動作状態情報と基板保持機構部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。

[0101] 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11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。

[0102] 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、基板保持機構部241a、241c、241eの種類、基板保持機構部241a、241c、241eの機構の違い、動作状態情報に含まれるデータの種類の、基板保持機構部状態情報に含まれるデータの種類の等のように、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。

[0103] 図12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、動作状態情報と基板保持機構部状態情報（コンディション情報）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に対応するものと、乾燥部24E、24Fに対応するものとの3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。

[0104] 第1の学習用データ11Aを構成する動作状態情報は、ウェハWの回転状

態を示す基板回転状態情報、基板保持機構部 241 a、241 c、241 e がウェハ W を保持する位置を示す基板保持位置情報、及び基板保持機構部 241 a、241 c、241 e がウェハ W を押し付ける荷重を示す基板押付荷重情報を含む。

[0105] 動作状態情報に含まれる基板回転状態情報は、ウェハ W の回転速度を示す基板回転速度情報、及び、ウェハ W の回転トルクを示す基板回転トルク情報を含む。基板回転速度情報は、ウェハ W の回転速度を示す情報である。基板回転速度情報は、例えば、ウェハ W 自体の回転速度、ウェハ W に形成又は設置されたノッチ等の被計側部のカウント数、ウェハ W を回転させる基板回転機構部 241 b、241 d、241 g の回転数でよい。基板回転トルク情報は、例えば、ウェハ W を回転する基板回転機構部 241 b、241 d、241 g のトルクでよい。

[0106] 動作状態情報に含まれる基板保持位置情報は、基板保持機構部 241 a、241 c、241 e がウェハ W を保持する位置を含む。基板保持位置情報は、例えば、ウェハ W の回転中心又はウェハ W を保持する保持位置等を中心として位置座標を設定し、当初の保持位置との水平方向の位置ずれの距離で示してもよいし、予め設定された基準となるウェハ W を保持する位置からの水平方向の位置ずれを測定したものであってもよい。なお、基板保持位置情報は、傘機構を用いる場合には、上下移動機構部 241 f の移動距離を測定してもよい。また、基板保持位置情報は、基板保持機構部 241 a、241 c、241 e が予め設定された基準となるウェハ W を保持する位置からの上下方向の位置ずれを測定したものであってもよい。

[0107] 動作状態情報に含まれる基板押付荷重情報は、基板保持機構部 241 a、241 c、241 e がウェハ W を押し付ける荷重を含む。基板押付荷重情報は、ロードセルを用いて押付荷重を測定してもよく、ウェハ W を押し付けるために空気を用いる場合には空気圧を測定してもよい。

[0108] なお、動作状態情報は、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むものでもよく、動作状態情報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、及び、湿度の少なくとも1つを含む。また、動作状態情報は、仕上げ処理の実績を示す処理実績情報をさらに含むものでもよく、動作状態情報に含まれる処理実績情報は、例えば、基板保持機構部241a、241c、241eが交換されてからその基板保持機構部241a、241c、241eを用いて仕上げ処理が行われたときのウェハWの累積使用枚数、及び、累積使用時間の少なくとも1つを含む。

[0109] 第1の学習用データ11Aを構成する基板保持機構部状態情報は、動作状態情報が示す動作状態にて基板処理装置2が動作したときの基板保持機構部241a、241c、241eの状態を示す情報である。本実施形態では、基板保持機構部状態情報は、基板保持機構部241a、241c、241eの汚染度、摩耗度、破損度、の少なくとも1つを含む。

[0110] 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11A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の仕上げ試験テーブル310を参照することで、試験IDで特定される仕上げ試験が行われたときの基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を、動作状態情報として取得する。

[0111] なお、本実施形態では、動作状態情報を、図12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、基板保持部241の構成に応じて適宜変更してもよい。また、動作状態情報として、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、動作状態情報は、仕上げ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、動作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 1 1 A 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。

[0112] また、学習用データ取得部 4 0 0 は、仕上げ試験情報 3 1 の仕上げ試験テーブル 3 1 0 を参照することで、同一の試験 I D で特定される仕上げ試験が行われたときの試験結果情報（基板保持機構部測定機器の時系列データ（図 1 0））を、上記の動作状態情報に対する基板保持機構部状態情報として取得する。基板保持機構部測定機器が、基板保持機構部 2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 e に対して面的な測定が可能な測定機器である場合には、学習用データ取得部 4 0 0 は、面的な測定値を基板保持機構部状態情報として取得する。

[0113] なお、本実施形態では、基板保持機構部状態情報が、図 1 2 に示すようなコンディション情報である場合について説明するが、汚染度、摩耗度、及び、破損度の少なくとも 1 つを含むものでもよい。また、基板保持機構部状態情報は、基板保持機構部測定機器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、動作状態情報が、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、基板保持機構部状態情報は、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、動作状態情報が、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、基板保持機構部状態情報は、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、基板保持機構部状態情報の定義を変更する場合には、第 1 の学習モデル 1 0 A 及び第 1 の学習用データ 1 1 A 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。

[0114] 第 1 の学習モデル 1 0 A 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 1 0 0、中間層 1 0 1、及び、出力層 1 0 2 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。

[0115] 入力層100は、入力データとしての動作状態情報に対応する数のニューロンを有し、動作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基板保持機構部状態情報に対応する数のニューロンを有し、動作状態情報に対する基板保持機構部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、基板保持機構部状態情報は、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、基板保持機構部状態情報は、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。

[0116] 「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、汚染度の場合、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汚染度の度合いが設定されればよい。また、汚染の有無を示す場合、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「汚染無し」、閾値を超えたら「汚染有り」と設定されればよい。汚染度の度合い又は汚染の有無は、推論結果に応じて出力される。

[0117] （機械学習方法）

図13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。

[0118] 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。

[0119] 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、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。

[0120] 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。

[0121] 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に含まれる動作状態情報（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基板保持機構部状態情報（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に含まれる基板保持機構部状態情報（正解ラベル）とは異なる情報を示す。

[0122] 次に、ステップS140において、機械学習部401は、ステップS120において取得された1組の第1の学習用データ11Aに含まれる基板保持機構部状態情報（正解ラベル）と、ステップS130において出力層から推論結果として出力された基板保持機構部状態情報（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401は、動作状態情報と基板保持機構部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。

[0123] 次に、ステップS150において、機械学習部401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11Aに含まれる基板保持機構部状態情報（正解ラベル）と、推論結果として出力された状態情報（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42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。

[0124] 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。

[0125] 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 3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。

[0126] 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、基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を含む動作状態情報から、基板保持機構部2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 eの状態を示す基板保持機構部状態情報を予測（推論）することが可能な第1の学習モデル1 0 Aを提供することができる。

[0127] （情報処理装置5）

図1 4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1 5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5 0、通信部5 1、及び、学習済みモデル記憶部5 2を備える。

[0128] 制御部5 0は、情報取得部5 0 0、状態予測部5 0 1及び出力処理部5 0 2として機能する。通信部5 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、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。

[0129] 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、基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を含む動作状態情報を取得する。

[0130] 例えば、仕上げ処理がすでに行われた後のウェハWに対する基板保持機構部状態情報の「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の仕上げ履歴テーブル301を参照することで、そのウェハWに対して仕上げ処理が行われたときの基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を、動作状態情報として取得する。

[0131] 仕上げ処理が行われている最中のウェハWに対する基板保持機構部状態情報の「リアルタイム予測処理」を行う場合には、情報取得部500は、その仕上げ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に対して仕上げ処理が行われている最中の基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を、動作状態情報として随時取得する。

[0132] 仕上げ処理が行われる前のウェハWに対する基板保持機構部状態情報の「事前予測処理」を行う場合には、情報取得部500は、その仕上げ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、その基板レシピ条件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に対して仕上げ処理が行われるときの基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を、動作状態情報として取得する。

[0133] 状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された動作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、当該動作状態情報が示す動作状態にて基板処理装置2が動作したときの基板保持機構部241a、241c、241eの状態を示す基板保持機構部状態情報を予測する。

[0134] 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、仕上げ具の種類、基板保持機構部241a、241c、241eの機構の違い、動作状態情報に含まれるデータの種類の、基板保持機構部状態情報に含まれるデータの種類の等のように、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。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。

[0135] 出力処理部502は、状態予測部501により生成された基板保持機構部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、その基板保持機構部状態情報をユーザ端末装置6に送信することで、その基板保持機構部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、その基板保持機構部状態情報をデータベース装置3に送信することで、その基板保持機構部状態情報が生産履歴情報30に登録されてもよい。

[0136] （情報処理方法）

図16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に対する基板保持機構部状態情報の「事後予測処理」を行う場合の動作例について説明する。

[0137] 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。

[0138] 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の仕上げ履歴テーブル301を参照することで、そのウェハIDで特定されたウェハWに対して仕上げ処理が行われたときの

動作状態情報を取得する。

[0139] 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にて取得された動作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、当該動作状態情報に対する基板保持機構部状態情報を出力データとして生成し、その基板保持機構部2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 eの状態を予測する。

[0140] 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にて生成された基板保持機構部状態情報を出力するための出力処理として、その基板保持機構部状態情報をユーザ端末装置6に送信する。なお、基板保持機構部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。

[0141] 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にて送信された基板保持機構部状態情報を受信すると、その基板保持機構部状態情報に基づいて表示画面を表示することで、その基板保持機構部2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 e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。

[0142] 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、仕上げ処理における、基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を含む動作状態情報が第1の学習モデル1 0 Aに入力されることで、当該動作状態情報に対する基板保持機構部状態情報が予測されるので、基板処理装置2の動作状態に応じて基板保持機構部2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 eの状態を適切に予測することができる。

[0143] (第2の実施形態)

第2の実施形態は、基板保持機構部状態情報が、基板保持機構部2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 eの余寿命を示す余寿命情報である点で第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4 a及び情報処

理装置 5 a 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。

[0144] 図 1 7 は、第 2 の実施形態に係る機械学習装置 4 a の一例を示すブロック図である。図 1 8 は、第 2 の学習モデル 1 0 B 及び第 2 の学習用データ 1 1 B の一例を示す図である。第 2 の学習用データ 1 1 B は、第 2 の学習モデル 1 0 B の機械学習に用いられる。

[0145] 第 2 の学習用データ 1 1 B を構成する基板保持機構部状態情報は、基板保持機構部 2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 e の余寿命を示す余寿命情報である。基板保持機構部 2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 e の余寿命は、例えば、基板保持機構部 2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 e が寿命に到達するまでの使用可能回数や使用可能時間にて定められる。なお、第 2 の学習用データ 1 1 B を構成する動作状態情報は、第 1 の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0146] 学習用データ取得部 4 0 0 は、仕上げ試験情報 3 1 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 1 1 B を取得する。仕上げ試験情報 3 1 には、例えば、仕上げ試験として、試験用の基板保持機構部を用いて繰り返し仕上げ処理が行われた場合に、基板保持機構部 2 4 1 a、2 4 1 c、2 4 1 e の寿命に到達したときの余寿命情報には、「0」が設定され、過去に遡るほど大きな値が設定された試験結果情報が登録されている。そして、学習用データ取得部 4 0 0 は、仕上げ試験情報 3 1 の仕上げ試験テーブル 3 1 0 から試験 I D で特定される仕上げ試験が行われたときの試験結果情報を取得することで、余寿命情報を取得する。

[0147] 機械学習部 4 0 1 は、第 2 の学習モデル 1 0 B に第 2 の学習用データ 1 1 B を複数組入力し、第 2 の学習用データ 1 1 B に含まれる動作状態情報と基板保持機構部状態情報（余寿命情報）との相関関係を第 2 の学習モデル 1 0 B に学習させることで、学習済みの第 2 の学習モデル 1 0 B を生成する。

[0148] 図 1 9 は、第 2 の実施形態に係る情報処理装置 5 a として機能する情報処理装置 5 a の一例を示すブロック図である。図 2 0 は、第 2 の実施形態に係る情報処理装置 5 a の一例を示す機能説明図である。

- [0149] 情報取得部500は、第1の実施形態と同様に、基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報含む動作状態情報を取得する。
- [0150] 状態予測部501は、上記のように、情報取得部500により取得された動作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、当該動作状態情報が示す動作状態にて基板処理装置2が動作したときの基板保持機構部241a、241c、241eの状態を示す基板保持機構部状態情報（余寿命情報）を予測する。
- [0151] 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、仕上げ処理における、基板回転状態情報、基板保持位置情報、及び、基板押付荷重情報を含む動作状態情報が第2の学習モデル10Bに入力されることで、当該動作状態情報に対する基板保持機構部状態情報（余寿命情報）が予測されるので、基板処理装置2の動作状態に応じて基板保持機構部241a、241c、241eの状態を適切に予測することができる。
- [0152] （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。
- [0153] 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26又はユーザ端末装置6に組み込まれていてもよい。
- [0154] 上記実施形態では、基板処理装置2が、各ユニット21～25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24の洗浄処理を行う際にウェハWを保持する機能及び乾燥処理を行う際にウェハWを保持する機能のうち少なくとも1つ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。

[0155] 上記実施形態では、機械学習部401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。

[0156] 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仕上げ試験において仕上げ処理が行われたときの基板保持機構部状態を示す情報であるが、基板保持機構部241a、241c、241eの状態を検出するセンサを設置した実際の仕上げユニット24を用いて実際のウェハWの仕上げ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。

[0157] また、試験結果情報は、センサを設置しない仕上げユニット24において、人が基板保持機構部241a、241c、241eの汚染度、摩耗度、又は、破損度を判断し、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。

[0158] さらに、実際の仕上げユニット24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。

[0159] (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。

[0160] （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、基板保持機構部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、動作状態情報を取得する情報取得処理（情報取得工程）と、情報取得処理にて動作状態情報を取得すると、当該動作状態情報が示す動作状態にて基板処理装置 2 が動作したときの基板保持機構部の状態を示す基板保持機構部状態情報（コンディション情報又は余寿命情報）を推論する推論処理（推論工程）とを含む。

[0161] 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 5 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）が基板保持機構部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 4 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 501 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

[0162] 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

[0163] 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 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…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、
220…研磨テーブル、221…トップリング、222…液体供給ノズル、
223…ドレッサ、224…アトマイザ、
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…仕上げ履歴テーブル、310…仕上
げ試験テーブル、
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

Blank page received at the International Bureau

請求の範囲

- [請求項1] 基板を保持する基板保持機構部及び基板を回転させる基板回転機構部を有する基板保持部を備える基板処理装置が動作したときの動作状態として、前記基板の回転状態を示す基板回転状態情報、前記基板保持部の基板保持位置を示す基板保持位置情報、及び、前記基板保持部の基板押付荷重を示す基板押付荷重情報、を含む動作状態情報を取得する情報取得部と、
- 前記動作状態情報と、当該動作状態情報が示す前記動作状態にて前記基板処理装置が動作したときの前記基板保持機構部の状態を示す基板保持機構部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動作状態情報を入力することで、当該動作状態情報に対する前記基板保持機構部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] 前記基板回転状態情報は、
- 前記基板の回転速度を示す基板回転速度情報、及び、
- 前記基板の回転トルクを示す基板回転トルク情報、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] 前記動作状態情報に含まれる前記基板回転速度情報は、
- 前記基板の回転数、
- 前記基板に形成された被計測部のカウント数、及び、
- 前記基板回転機構部の回転数、の少なくとも1つを含む、
- 請求項2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記動作状態情報に含まれる前記基板回転トルク情報は、
- 前記基板回転機構部の回転トルクを含む、
- 請求項2又は請求項3に記載の情報処理装置。

- [請求項5] 前記動作状態情報に含まれる前記基板保持位置情報は、
前記基板保持機構部が前記基板を保持する保持位置を含む、
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] 前記基板保持機構部状態情報は、
前記基板保持機構部の汚染度情報、
前記基板保持機構部の摩耗度情報、及び、
前記基板保持機構部の破損度情報、の少なくとも1つを含む、
請求項1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] 前記基板保持機構部状態情報は、前記基板保持機構部の余寿命情報
を含む、
請求項1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8] 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機構部及び基板を回転させる基板回転機
構部を有する基板保持部を備える基板処理装置が動作したときの動作
状態として、
前記基板の回転状態を示す基板回転状態情報、前記基板保持機構部
の基板保持位置を示す基板保持位置情報、及び、前記基板保持機構部
の基板押付荷重を示す基板押付荷重情報、を含む動作状態情報を取得
する情報取得処理と、
前記情報取得処理にて前記動作状態情報を取得すると、当該動作状
態情報が示す前記動作状態にて前記基板処理装置が動作したときの前
記基板保持機構部の状態を示す基板保持機構部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9] 基板を保持する基板保持機構部及び基板を回転させる基板回転機構
部を有する基板保持部を備える基板処理装置が動作したときの動作状

態として、前記基板の回転状態を示す基板回転状態情報、前記基板保持機構部の基板保持位置を示す基板保持位置情報、及び、前記基板保持機構部の基板押付荷重を示す基板押付荷重情報、を含む動作状態情報と、当該動作状態情報が示す前記動作状態にて前記基板処理装置が動作したときの前記基板保持機構部の状態を示す基板保持機構部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、前記動作状態情報と前記基板保持機構部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10]

基板を保持する基板保持機構部及び基板を回転させる基板回転機構部を有する基板保持部を備える基板処理装置が動作したときの動作状態として、前記基板の回転状態を示す基板回転状態情報、前記基板保持機構部の基板保持位置を示す基板保持位置情報、及び、前記基板保持機構部の基板押付荷重を示す基板押付荷重情報を含む動作状態情報を取得する情報取得工程と、

前記動作状態情報と、当該動作状態情報が示す前記動作状態にて前記基板処理装置が動作したときの前記基板保持機構部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動作状態情報を入力することで、当該動作状態情報に対する前記基板保持機構部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11] 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機構部及び基板を回転させる基板回転機構部を有する基板保持部を備える基板処理装置が動作したときの動作状態として、前記基板の回転状態を示す基板回転状態情報、前記基板保持機構部の基板保持位置を示す基板保持位置情報、及び、前記基板保持機構部の基板押付荷重を示す基板押付荷重情報を含む動作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動作状態情報を取得すると、当該動作状態情報が示す前記動作状態にて前記基板処理装置が動作したときの前記基板保持機構部の状態を示す基板保持機構部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12] 基板を保持する基板保持機構部及び基板を回転させる基板回転機構部を有する基板保持部を備える基板処理装置が動作したときの動作状態として、前記基板の回転状態を示す基板回転状態情報、前記基板保持機構部の基板保持位置を示す基板保持位置情報、及び、前記基板保持機構部の基板押付荷重を示す基板押付荷重情報を含む動作状態情報と、当該動作状態情報が示す前記動作状態にて前記基板処理装置が動作したときの前記基板保持機構部の状態を示す基板保持機構部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、前記動作状態情報と前記基板保持機構部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。