

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-116396

(P2023-116396A)

(43)公開日 令和5年8月22日(2023.8.22)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード(参考)	
B 2 4 B	49/10 (2006.01)	B 2 4 B	49/10	3 C 0 3 4	
G 0 6 N	20/10 (2019.01)	G 0 6 N	20/10	3 C 1 5 8	
B 2 4 B	37/10 (2012.01)	B 2 4 B	37/10	5 F 0 5 7	
B 2 4 B	37/30 (2012.01)	B 2 4 B	37/30	Z	
B 2 4 B	37/32 (2012.01)	B 2 4 B	37/32	Z	
審査請求 未請求 請求項の数 14				O L (全29頁) 最終頁に続く	

(21)出願番号	特願2022-200006(P2022-200006)	(71)出願人	000000239
(22)出願日	令和4年12月15日(2022.12.15)		株式会社荏原製作所
(31)優先権主張番号	特願2022-18782(P2022-18782)		東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号
(32)優先日	令和4年2月9日(2022.2.9)	(74)代理人	100214248
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 青山 純
		(74)代理人	100214260
			弁理士 相羽 昌孝
		(72)発明者	尹 昇鎬
			東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号 株式
			会社荏原製作所内
		F ターム(参考)	3C034 AA13 AA19 BB73 BB92
			CA19 CA24 CA26 CA30
			CB13 DD10 DD18
			3C158 AA07 AC02 BA01 BA04
			BA05 BA06 BA07 BA08
			最終頁に続く

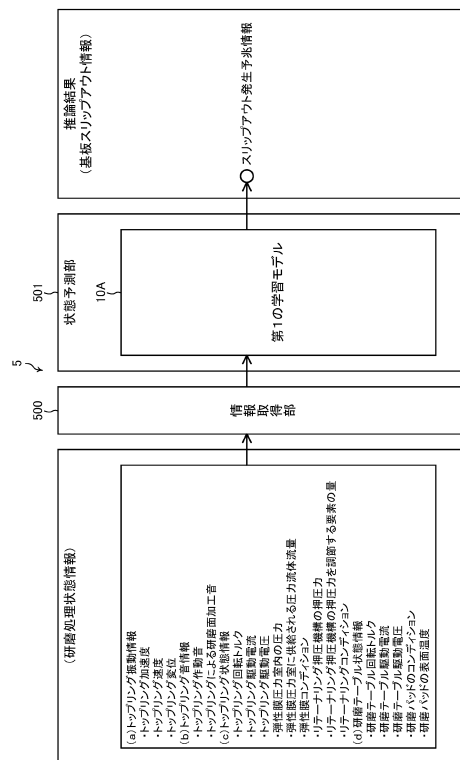
(54)【発明の名称】 情報処理装置、推論装置、機械学習装置、情報処理方法、推論方法、及び、機械学習方法

(57)【要約】

【課題】化学機械研磨処理による処理中又は処理後の基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報を適切に予測することを可能とする情報処理装置を提供する。

【解決手段】情報処理装置5は、研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、研磨パッドに基板を押し付けるトップリング、を備える基板処理装置により行われる基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得部500と、研磨処理状態情報と、化学機械研磨処理が行われた基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報との相関関係を機械学習により学習させた学習モデル10Aに、情報取得部500により取得された研磨処理状態情報を入力することで、当該研磨処理状態情報に対する前記基板スリップアウト情報を予測する状態予測部501とを備える。

【選択図】 図13



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

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

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

10

【請求項 2】

前記研磨処理状態情報は、さらに研磨中の前記トップリングの状態を取得するトップリング状態情報を含む、

請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記研磨処理状態情報は、さらに研磨中の前記研磨テーブルの状態を取得する研磨テーブル状態情報を含む、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の情報処理装置。

20

【請求項 4】

前記研磨処理状態情報に含まれる前記トップリング振動情報は、

前記トップリングの加速度、

前記トップリングの速度、及び、

前記トップリングの変位、の少なくとも 1 つを含む、

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記研磨処理状態情報に含まれる前記トップリング音情報は、

前記トップリングの作動音、及び、

前記トップリングによる前記研磨面の加工音、の少なくとも 1 つを含む、

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

30

【請求項 6】

前記トップリングは、

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

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

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

を備え、

40

前記研磨処理状態情報に含まれる前記トップリング状態情報は、

前記トップリングの回転トルク、

前記トップリングの駆動電流、

前記トップリングの駆動電圧、

前記弾性膜圧力室内の圧力、

前記弾性膜圧力室に供給される前記圧力流体の流量、

前記弾性膜のコンディション、

前記リテーナリング押圧機構の押圧力、及び、

前記リテーナリング押圧機構の押圧力を調節する要素の量、

前記リテーナリングのコンディション、の少なくとも 1 つを含む

50

請求項 2 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記研磨処理状態情報に含まれる前記研磨テーブル状態情報は、
前記研磨テーブルの回転トルク、
前記研磨テーブルの駆動電流、
前記研磨テーブルの駆動電圧、
前記研磨パッドのコンディション、及び、
前記研磨パッドの表面温度、の少なくとも 1 つを含む、
請求項 3 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

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

【請求項 9】

前記基板スリップアウト情報は、
前記基板のスリップアウトの発生有無を示すスリップアウト発生有無情報である
請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

メモリと、プロセッサとを備える推論装置であって、
前記プロセッサは、
研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリング又は前記研磨テーブルから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得処理と、
前記情報取得処理にて前記研磨処理状態情報を取得すると、当該研磨処理状態情報に対する前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報を推論する推論処理を実行する、
推論装置。

【請求項 11】

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報とで構成される学習用データを複数組記憶する学習用データ記憶部と、
複数組の前記学習用データを学習モデルに入力することで、前記研磨処理状態情報と前記基板スリップアウト情報との相関関係を前記学習モデルに学習させる機械学習部と、
前記機械学習部により前記相関関係を学習させた前記学習モデルを記憶する学習済みモデル記憶部と、を備える、
機械学習装置。

【請求項 12】

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記トップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得工程と、
前記研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報との相関関係を機械学習により学習させた学習モデ

10

20

30

40

50

ルに、前記情報取得工程により取得された前記研磨処理状態情報を入力することで、当該研磨処理状態情報に対する前記基板スリップアウト情報を予測する状態予測工程と、を備える、

情報処理方法。

【請求項 13】

メモリと、プロセッサとを備える推論装置により実行される推論方法であって、前記プロセッサは、

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるトップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記ト 10
ップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報を取得する情報取得工程と、

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

推論方法。

【請求項 14】

研磨パッドを回転可能に支持する研磨テーブル、前記研磨パッドに基板を押し付けるト 20
ップリングを備える基板処理装置により行われる前記基板の化学機械研磨処理における、研磨中の前記トップリングの振動を示すトップリング振動情報、及び、研磨中に前記ト
ップリングから発生する音を示すトップリング音情報、を含む研磨処理状態情報と、前記化学機械研磨処理が行われた前記基板のスリップアウトの発生を示す基板スリップアウト情報とで構成される学習用データを複数組記憶する学習用データ記憶工程と、

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

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

機械学習方法。

【発明の詳細な説明】

【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 40
研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）処理を行う基板処理装置が知られている。化学機械研磨処理では、例えば、研磨パッドを有する研磨テーブルを回転させつつ、研磨流体供給ノズルから研磨パッドに研磨液（スラリー）を供給した状態で、トップリングと呼ばれる研磨ヘッドにより基板を研磨パッドに押し付
けることで、基板は化学的かつ機械的に研磨される。その際、基板が外部に飛び出るス
リップアウトという問題が発生することがある。（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-259979号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

化学機械研磨処理により基板に加わるストレス等のように、処理中又は処理後の基板の 50

状態を適切にモニタリングしたり、処理前、処理中及び処理後の任意のタイミングにて処理中又は処理後の基板の状態を予測したりすることができれば、基板の生産品質や歩留まりの管理に有効である。しかしながら、基板の状態を検出するために、基板 1 枚 1 枚に何かしらのセンサを直接取り付けるとは現実的ではない。また、基板処理装置により化学機械研磨処理が行われる場合、基板の状態は、基板処理装置が備えるトップリング及び研磨テーブルの各々の動作状態に応じて変動するが、それらの動作状態は基板に対して複雑かつ相互に作用する。そのため、各動作状態が、基板のスリップアウトの状態にどのような影響を与えるのかを的確に解析することは困難である。

【0005】

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

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

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

20

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

【発明の効果】

【0007】

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

30

【0008】

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

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】基板処理システム 1 の一例を示す全体構成図である。

【図 2】基板処理装置 2 の一例を示す平面図である。

40

【図 3】第 1 乃至第 4 の研磨部 22A ~ 22D の一例を示す斜視図である。

【図 4】トップリング 221 の一例を模式的に示す断面図である。

【図 5】基板処理装置 2 の一例を示すブロック図である。

【図 6】コンピュータ 900 の一例を示すハードウェア構成図である。

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

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

【図 9】第 1 の実施形態に係る機械学習装置 4 の一例を示すブロック図である。

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

50

。

【図 1 1】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 1 2】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 3】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 1 4】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 1 5】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 6】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

。

【図 1 7】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。

10

【図 1 8】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。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 0】

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。

【0 0 1 1】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、基板処理システム 1 の一例を示す全体構成図である。本実施形態に係る基板処理システム 1 は、半導体ウェハ等の基板（以下、「ウェハ」という）W の表面を平坦に研磨する化学機械研磨処理（以下、「研磨処理」という）、研磨処理後のウェハ W を洗浄する洗浄処理等を含む一連の基板処理を管理するシステムとして機能する。なお、本明細書内の実施形態において、半導体ウェハ等は、円形のウェハに限らず、C C L 基板（Copp

20

er Clad Laminate 基板）や P C B（Printed Circuit Board）基板、フォトマスク基板、デ

イスプレイパネルなどの四角形の基板を含んでもよい。

【0 0 1 2】

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

30

【0 0 1 3】

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、ロッド、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 2 6 5 と、研磨処理の研磨処理状態情報や洗浄処理の洗浄処理条件等を定める基板レシピ情報 2 6 6 とを参照しつつ、各ユニットの動作を制御する。

40

【0 0 1 4】

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。

【0 0 1 5】

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

50

関する生産履歴情報 30 と、試験用のダミーウェハに対して研磨処理の試験（以下、「研磨試験」という）が行われたときの履歴に関する研磨試験情報 31 とを管理する装置である。なお、データベース装置 3 には、上記の他に、装置設定情報 265 や基板レシピ情報 266 が記憶されていてもよく、その場合には、基板処理装置 2 がこれらの情報を参照するようにしてもよい。

【0016】

データベース装置 3 は、基板処理装置 2 が本生産用のウェハ W に対して基板処理を行ったときに、基板処理装置 2 から各種のレポート R を随時受信し、生産履歴情報 30 に登録することで、生産履歴情報 30 には、基板処理に関するレポート R が蓄積される。

【0017】

データベース装置 3 は、基板処理装置 2 が試験用のダミーウェハに対して研磨試験を行ったときに、基板処理装置 2 から各種のレポート R（装置状態情報を少なくとも含む）を随時受信し、研磨試験情報 31 に登録するとともに、その研磨試験の試験結果を対応付けて登録することで、研磨試験情報 31 には、研磨試験に関するレポート R 及び試験結果が蓄積される。ダミーウェハは、ウェハ W を模擬した治具である。ダミーウェハの表面又は内部には、研磨処理が行われたときのウェハ W の状態を測定するための圧力センサや温度センサ等のダミーウェハセンサが設けられ、ダミーウェハセンサの測定値が、試験結果として研磨試験情報 31 に登録される。なお、ダミーウェハセンサは、ダミーウェハの基板面に対して 1 又は複数の箇所にも設けられてもよいし、面的に設けられていてもよい。また、研磨試験は、本生産用の基板処理装置 2 で行われてもよいし、基板処理装置 2 と同様の研磨処理を再現可能な試験用の研磨試験装置（不図示）で行われてもよい。

【0018】

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

【0019】

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

【0020】

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

【0021】

（基板処理装置 2）

図 2 は、基板処理装置 2 の一例を示す平面図である。基板処理装置 2 は、平面視で略矩形形状のハウジング 20 の内部に、ロード/アンロードユニット 21 と、研磨ユニット 22 と、基板搬送ユニット 23 と、洗浄ユニット 24 と、膜厚測定ユニット 25 と、制御ユニット 26 とを備えて構成される。ロード/アンロードユニット 21 と、研磨ユニット 22、基板搬送ユニット 23 及び洗浄ユニット 24 との間は、第 1 の隔壁 200A により区画され、基板搬送ユニット 23 と洗浄ユニット 24 との間は、第 2 の隔壁 200B により区画されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

(ロード/アンロードユニット)

ロード/アンロードユニット 2 1 は、多数のウェハ W を上下方向に収納可能なウェハカセット (F O U P 等) が載置される第 1 乃至第 4 のフロントロード部 2 1 0 A ~ 2 1 0 D 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 2 1 1 と、第 1 乃至第 4 のフロントロード部 2 1 0 A ~ 2 1 0 D の並び方向 (ハウジング 2 0 の短手方向) に沿って搬送ロボット 2 1 1 を移動させる水平移動機構部 2 1 2 とを備える。

【 0 0 2 3 】

搬送ロボット 2 1 1 は、第 1 乃至第 4 のフロントロード部 2 1 0 A ~ 2 1 0 D の各々に載置されたウェハカセット、基板搬送ユニット 2 3 (具体的に、後述のリフタ 2 3 2)、洗浄ユニット 2 4 (具体的に、後述の乾燥室 2 4 1)、及び、膜厚測定ユニット 2 5 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 2 3 や洗浄ユニット 2 4 に対するウェハ W の受け渡しの際には、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。

10

【 0 0 2 4 】

(研磨ユニット)

研磨ユニット 2 2 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 2 2 A ~ 2 2 D を備える。第 1 乃至第 4 の研磨部 2 2 A ~ 2 2 D は、ハウジング 2 0 の長手方向に沿って並べられて配置される。

20

【 0 0 2 5 】

図 3 は、第 1 乃至第 4 の研磨部 2 2 A ~ 2 2 D の一例を示す斜視図である。第 1 乃至第 4 の研磨部 2 2 A ~ 2 2 D の基本的な構成や機能は共通する。

【 0 0 2 6 】

第 1 乃至第 4 の研磨部 2 2 A ~ 2 2 D の各々は、研磨面を有する研磨パッド 2 2 0 0 が取り付けられた研磨テーブル 2 2 0 と、ウェハ W を保持し、かつウェハ W を研磨テーブル 2 2 0 上の研磨パッド 2 2 0 0 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) 2 2 1 と、研磨パッド 2 2 0 0 に研磨流体を供給する研磨流体供給ノズル 2 2 2 と、研磨パッド 2 2 0 0 の研磨面のドレッシングを行うドレッサ 2 2 3 と、研磨パッド 2 2 0 0 に洗浄流体を噴射するアトマイザ 2 2 4 と、研磨処理が行われるハウジング 2 0 の内部空間の状態を測定する環境センサ 2 2 5 と、を備える。

30

【 0 0 2 7 】

研磨テーブル 2 2 0 は、研磨テーブルシャフト 2 2 0 a により支持されて、その軸心周りに研磨テーブル 2 2 0 を回転駆動させる回転移動機構部 2 2 0 b と、研磨パッド 2 2 0 0 の表面温度を調節する温調機構部 2 2 0 c とを備える。

【 0 0 2 8 】

トップリング 2 2 1 は、上下方向に移動可能なトップリングシャフト 2 2 1 a に支持されて、その軸心周りにトップリング 2 2 1 を回転駆動させる回転移動機構部 2 2 1 c と、トップリング 2 2 1 を上下方向に移動させる上下移動機構部 2 2 1 d と、支持シャフト 2 2 1 b を旋回中心にしてトップリング 2 2 1 を旋回 (揺動) 移動させる揺動移動機構部 2 2 1 e とを備える。

40

【 0 0 2 9 】

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 を旋回中心にして研磨流体供給ノズル 2 2 2 を旋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し、研磨液に分散剤を添加したものでもよい。

【 0 0 3 0 】

50

ドレッサ 223 は、上下方向に移動可能なドレッサシャフト 223 a 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 223 c と、ドレッサ 223 を上下方向に移動させる上下移動機構部 223 d と、支持シャフト 223 b 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 223 e とを備える。

【0031】

アトマイザ 224 は、支持シャフト 224 a に支持されて、支持シャフト 224 a 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 224 b と、洗浄流体の流量を調節する流量調節部 224 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。

【0032】

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

【0033】

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

【0034】

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

【0035】

なお、図 3 では、回転移動機構部 220 b、221 c、223 c、上下移動機構部 221 d、223 d、及び、揺動移動機構部 221 e、222 b、223 e、224 b の具体的な構成を省略しているが、例えば、モータ、アクチュエータ等の駆動力発生用のモジュールと、リニアガイド、ボールねじ、ギヤ、ベルト、カップリング、軸受等の駆動力伝達機構と、リニアセンサ、エンコーダセンサ、リミットセンサ、トルクセンサ等のセンサとを適宜組み合わせる構成される。図 3 では、流量調節部 222 c、224 c 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る構成される。図 3 では、温調機構部 220 c、222 d の具体的な構成を省略しているが、例えば、ヒータ、熱交換器等の温度調節用（伝導方式、輻射（放射）方式、対流方式）のモジュールと、温度センサ、電流センサ等のセンサとを適宜組み合わせる構成される。

【0036】

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

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

なお、本実施形態ではリテーナリング押圧機構としてリテーナリングエアバッグ 2 2 1 4 を用いたが、リテーナリング押圧機構は、エア、水、又は、油等を用いる流体アクチュエータ、ボールネジ等を用いる電動アクチュエータ、バネや袋状バッグを含む弾性部材等でよい。

【 0 0 3 8 】

弾性膜 2 2 1 2 は、弾性膜で形成されており、その内部に、同心状の複数の隔壁 2 2 1 2 e を有することにより、トップリング本体 2 2 1 0 の中心から外周方向に向かって同心状に配置された第 1 乃至第 4 の弾性膜圧力室 2 2 1 2 a ~ 2 2 1 2 d を有する。また、弾性膜 2 2 1 2 は、その下面に、ウェハ W の吸着用の複数の孔 2 2 1 2 f を有し、ウェハ W を保持する基板保持面として機能する。リテーナリングエアバッグ 2 2 1 4 は、弾性膜で形成されており、その内部に、リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a を有する。なお、トップリング 2 2 1 の構成は適宜変更してもよく、キャリア 2 2 1 1 全体を押圧する圧力室を備えるものでもよいし、弾性膜 2 2 1 2 が有する弾性膜圧力室の数や形状は適宜変更してもよいし、吸着用の孔 2 2 1 2 f の数や配置は適宜変更してもよい。また、弾性膜 2 2 1 2 は、吸着用の孔 2 2 1 2 f を有しないものでもよい。

10

【 0 0 3 9 】

第 1 乃至第 4 の弾性膜圧力室 2 2 1 2 a ~ 2 2 1 2 d には、第 1 乃至第 4 の流路 2 2 1 6 A ~ 2 2 1 6 D がそれぞれ接続され、リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a には、第 5 の流路 2 2 1 6 E が接続される。第 1 乃至第 5 の流路 2 2 1 6 A ~ 2 2 1 6 E は、トップリングシャフト 2 2 1 a に設けられたロータリージョイント 2 2 1 5 を介して外部に連通し、第 1 の分岐流路 2 2 1 7 A ~ 2 2 1 7 E と、第 2 の分岐流路 2 2 1 8 A ~ 2 2 1 8 E とにそれぞれ分岐される。第 1 乃至第 5 の流路 2 2 1 6 A ~ 2 2 1 6 E には、圧力センサ P A ~ P E がそれぞれ設置される。第 1 の分岐流路 2 2 1 7 A ~ 2 2 1 7 E は、バルブ V 1 A ~ V 1 E、流量センサ F A ~ F E 及び圧力レギュレータ R A ~ R E を介して圧力流体（空気、窒素等）のガス供給源 G S に接続される。第 2 の分岐流路 2 2 1 8 A ~ 2 2 1 8 E は、それぞれバルブ V 2 A ~ V 2 E を介して真空源 V S に接続されるとともに、バルブ V 3 A ~ V 3 E を介して大気に連通可能に構成される。

20

【 0 0 4 0 】

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。その際、トップリング 2 2 1 は、圧力レギュレータ R A ~ R E を独立に制御することで、第 1 乃至第 4 の弾性膜圧力室 2 2 1 2 a ~ 2 2 1 2 d に供給する圧力流体によりウェハ W を研磨パッド 2 2 0 0 に押圧する押圧力をウェハ W の領域毎に調整するとともに、リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a に供給する圧力流体によりリテーナリング 2 2 1 3 を研磨パッド 2 2 0 0 に押圧する押圧力を調整する。第 1 乃至第 4 の弾性膜圧力室 2 2 1 2 a ~ 2 2 1 2 d 及びリテーナリング圧力室 2 2 1 4 a にそれぞれ供給される圧力流体の圧力は、圧力センサ P A ~ P E によりそれぞれ測定され、圧力気体の流量は、流量センサ F A ~ F E によりそれぞれ測定される。

30

40

【 0 0 4 1 】

（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ト 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ト 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ト 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タ 2 3 2 と、洗浄ユニット 2 4 側に配置されたウェハ W の仮置き台 2 3 3 とを備える。

【 0 0 4 2 】

第 1 のリニアトランスポート 2 3 0 A は、第 1 及び第 2 の研磨部 2 2 A、2 2 B に隣接

50

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。

【0043】

第2のリニアトランスポート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。

10

【0044】

スイングトランスポート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ト231は、第1及び第2のリニアトランスポート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。リフト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の搬送口ポット211との間でウェハWを受け渡す機構である。ウェハWの受け渡しの際、第1の隔壁200Aに設けられたシャッタ（不図示）が開閉される。

【0045】

20

（洗浄ユニット）

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

【0046】

30

（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、搬送口ポット211により行われる。

【0047】

（制御ユニット）

図5は、基板処理装置2の一例を示すブロック図である。制御ユニット26は、各ユニット21～25と電氣的に接続されて、各ユニット21～25を統括的に制御する制御部として機能する。以下では、研磨ユニット22の制御系（モジュール、センサ、シーケンサ）を例にして説明するが、他のユニット21、23～25も基本的な構成や機能は共通するため、説明を省略する。

40

【0048】

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

【0049】

50

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

【0050】

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

【0051】

通信部 261 は、ネットワーク 7 に接続され、各種のデータを送受信する通信インターフェースとして機能する。入力部 262 は、各種の入力操作を受け付けるとともに、出力部 263 は、表示画面、シグナルタワー点灯、ブザー音を介して各種の情報を出力することで、ユーザインターフェースとして機能する。

【0052】

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

【0053】

制御部 260 は、複数のシーケンサ 219、229、239、249、259（以下、「シーケンサ群」という）を介して複数のセンサ 218₁ ~ 218_q、228₁ ~ 228_s、238₁ ~ 238_u、248₁ ~ 248_w、258₁ ~ 258_y（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 ~ 217_p、227₁ ~ 227_r、237₁ ~ 237_t、247₁ ~ 247_v、257₁ ~ 257_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。

【0054】

（各装置のハードウェア構成）

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

【0055】

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

【0056】

プロセッサ 912 は、1 つ又は複数の演算処理装置（CPU（Central Processing Unit）、MPU（Micro-processing unit）、DSP（digital signal processor）、GPU（Graph

ics Processing Unit)、NPU (Neural Processing Unit)等)で構成され、コンピュータ900全体を統括する制御部として動作する。メモリ914は、各種のデータ及びプログラム930を記憶し、例えば、メインメモリとして機能する揮発性メモリ(DRAM、SRAM等)と、不揮発性メモリ(ROM)、フラッシュメモリ等とで構成される。

【0057】

入力デバイス916は、例えば、キーボード、マウス、テンキー、電子ペン等で構成され、入力部として機能する。出力デバイス917は、例えば、音(音声)出力装置、バイブレーション装置等で構成され、出力部として機能する。表示デバイス918は、例えば、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、電子ペーパー、プロジェクタ等で構成され、出力部として機能する。入力デバイス916及び表示デバイス918は、タッチパネルディスプレイのように、一体的に構成されていてもよい。ストレージ装置920は、例えば、HDD、SSD(Solid State Drive)等で構成され、記憶部として機能する。ストレージ装置920は、オペレーティングシステムやプログラム930の実行に必要な各種のデータを記憶する。

【0058】

通信I/F部922は、インターネットやイントラネット等のネットワーク940(図1のネットワーク7と同じであってもよい)に有線又は無線により接続され、所定の通信規格に従って他のコンピュータとの間でデータの送受信を行う通信部として機能する。外部機器I/F部924は、カメラ、プリンタ、スキャナ、リーダライタ等の外部機器950に有線又は無線により接続され、所定の通信規格に従って外部機器950との間でデータの送受信を行う通信部として機能する。I/OデバイスI/F部926は、各種のセンサ、アクチュエータ等のI/Oデバイス960に接続され、I/Oデバイス960との間で、例えば、センサによる検出信号やアクチュエータへの制御信号等の各種の信号やデータの送受信を行う通信部として機能する。メディア入出力部928は、例えば、DVDドライブ、CDドライブ等のドライブ装置で構成され、DVD、CD等のメディア(非一時的な記憶媒体)970に対してデータの読み書きを行う。

【0059】

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

【0060】

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

【0061】

(生産履歴情報30)

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

10

20

30

40

50

置状態情報に関する洗浄履歴テーブル、イベント情報に関するイベント履歴テーブル及び操作情報に関する操作履歴テーブル等を備えるが、詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 2 】

ウェハ履歴テーブル 3 0 0 の各レコードには、例えば、ウェハ ID、カセット番号、スロット番号、各工程の開始時刻、終了時刻、使用ユニット ID 等が登録される。なお、図 7 では、研磨工程、洗浄工程が例示されているが、他の工程についても同様に登録される。

【 0 0 6 3 】

研磨履歴テーブル 3 0 1 の各レコードには、例えば、ウェハ ID、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等が登録される。

10

【 0 0 6 4 】

トップリング振動情報は、研磨処理におけるトップリング 2 2 1 の振動の状態を示す情報である。トップリング振動情報は、例えば、トップリング 2 2 1 が有する加速度センサ、速度センサ、又は、変位センサ等の振動センサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出値である。

【 0 0 6 5 】

トップリング音情報は、研磨処理におけるトップリング 2 2 1 の音の状態を示す情報である。トップリング音情報は、例えば、トップリング 2 2 1 が有するトップリングの作動音を取得する指向性集音マイク等のセンサ、又は、トップリングによる研磨面の加工音を取得する指向性集音マイク等のセンサ等の音センサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出値である。

20

【 0 0 6 6 】

トップリング状態情報は、研磨処理におけるトップリング 2 2 1 の状態を示す情報である。トップリング状態情報は、例えば、トップリング 2 2 1 が有するセンサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出値である。

【 0 0 6 7 】

研磨テーブル状態情報は、研磨処理における研磨テーブル 2 2 0 の状態を示す情報である。研磨テーブル状態情報は、例えば、研磨テーブル 2 2 0 が有するセンサ群により所定の時間間隔でサンプリングされた各センサの検出値である。

30

【 0 0 6 8 】

研磨履歴テーブル 3 0 1 を参照することで、ウェハ ID で特定されるウェハ W に対して研磨処理が行われたときの基板処理装置 2 の装置状態として、各センサの時系列データが抽出可能である。

【 0 0 6 9 】

(研磨試験情報 3 1)

図 8 は、データベース装置 3 により管理される研磨試験情報 3 1 の一例を示すデータ構成図である。研磨試験情報 3 1 は、ダミーウェハを用いて研磨試験が行われたときに取得されたレポート R 及び試験結果が分類されて登録される研磨試験テーブル 3 1 0 を備える。

40

【 0 0 7 0 】

研磨試験テーブル 3 1 0 の各レコードには、例えば、試験 ID、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報、試験結果情報等が登録される。研磨試験テーブル 3 1 0 のトップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報、及び、研磨テーブル状態情報は、研磨試験における各部の状態を示す情報であり、そのデータ構成は、研磨履歴テーブル 3 0 1 と同様であるため、詳細な説明を省略する。

【 0 0 7 1 】

試験結果情報は、試験装置を用いた研磨試験において研磨処理が行われたときのダミーウェハの状態を示す情報である。ダミーウェハが有するダミーウェハセンサにより所定の

50

時間間隔でサンプリングされたダミーウェハセンサの検出値である。図 8 に示す試験結果情報は、ダミーウェハセンサとして、3つの位置センサを有する場合であり、研磨処理を開始してから終了するまでの研磨処理期間に含まれる各時刻 $t_1, t_2, \dots, t_m, \dots, t_n$ における各検出値 $X_1 \sim X_3$ をそれぞれ含む。

【0072】

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

【0073】

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

【0074】

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

【0075】

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

【0076】

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

【0077】

(機械学習装置 4)

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

【0078】

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

【0079】

学習用データ取得部 400 は、通信部 41 及びネットワーク 7 を介して外部装置と接続され、入力データとしての研磨処理状態情報と、出力データとしてのスリップアウト発生予兆情報とで 1 組として構成される第 1 の学習用データ 11A を取得する。第 1 の学習用データ 11A は、教師あり学習における教師データ (トレーニングデータ)、検証データ及びテストデータとして用いられるデータである。また、スリップアウト発生予兆情報は、教師あり学習における正解ラベルとして用いられるデータである。

【0080】

学習用データ記憶部 42 は、学習用データ取得部 400 で取得した第 1 の学習用データ 11A を複数組記憶するデータベースである。なお、学習用データ記憶部 42 を構成するデータベースの具体的な構成は適宜設計すればよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

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 を用いて機械学習を実施する。すなわち、機械学習部 4 0 1 は、第 1 の学習モデル 1 0 A に第 1 の学習用データ 1 1 A を複数組入力し、第 1 の学習用データ 1 1 A に含まれる研磨処理状態情報とスリップアウト発生予兆情報との相関関係を第 1 の学習モデル 1 0 A に学習させることで、学習済みの第 1 の学習モデル 1 0 A を生成する。

【 0 0 8 2 】

学習済みモデル記憶部 4 3 は、機械学習部 4 0 1 により生成された学習済みの第 1 の学習モデル 1 0 A (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 4 3 に記憶された学習済みの第 1 の学習モデル 1 0 A は、ネットワーク 7 や記録媒体等を介して実システム (例えば、情報処理装置 5) に提供される。なお、図 9 では、学習用データ記憶部 4 2 と、学習済みモデル記憶部 4 3 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。

10

【 0 0 8 3 】

なお、学習済みモデル記憶部 4 3 に記憶される第 1 の学習モデル 1 0 A の数は 1 つに限定されず、例えば、機械学習の手法、トッピング 2 2 1 の機構や材質の違い、弾性膜 2 2 1 2 の種類、リテーナリング 2 2 1 3 の種類、研磨パッド 2 2 0 0 の種類、研磨流体の種類、研磨処理状態情報に含まれるデータの種類の種類、スリップアウト発生予兆情報に含まれるデータの種類の種類等のように、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 4 2 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。

20

【 0 0 8 4 】

図 1 0 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 の一例を示す図である。第 1 の学習モデル 1 0 A の機械学習に用いられる第 1 の学習用データ 1 1 A は、研磨処理状態情報と基板スリップアウト情報とで構成される。

【 0 0 8 5 】

第 1 の学習用データ 1 1 A を構成する研磨処理状態情報は、基板処理装置 2 により行われるウェハ W の研磨処理におけるトッピング 2 2 1 の振動を示すトッピング振動情報、トッピング 2 2 1 が発生する音を示すトッピング音情報、トッピング 2 2 1 の状態を示すトッピング状態情報、及び、研磨テーブル 2 2 0 の状態を示す研磨テーブル状態情報を含む。

30

【 0 0 8 6 】

研磨処理状態情報に含まれるトッピング振動情報は、研磨処理におけるトッピング 2 2 1 の振動を示す情報である。トッピング振動情報は、例えば、トッピング 2 2 1 の加速度、トッピング 2 2 1 の速度、及び、トッピング 2 2 1 の変位の少なくとも 1 つを含む。

【 0 0 8 7 】

研磨処理状態情報に含まれるトッピング音情報は、研磨処理におけるトッピング 2 2 1 の音を示す情報である。トッピング音情報は、例えば、トッピング 2 2 1 が有するトッピングの作動音、及び、トッピングによる研磨面の加工音の少なくとも 1 つを含む。

40

【 0 0 8 8 】

研磨処理状態情報に含まれるトッピング状態情報は、トッピング 2 2 1 の回転トルク、トッピング 2 2 1 の駆動電流、トッピング 2 2 1 の駆動電圧、弾性膜圧力室 2 2 1 2 a ~ 2 2 1 2 d 内の圧力 (弾性膜圧力) 、弾性膜圧力室 2 2 1 2 a ~ 2 2 1 2 d に供給される圧力流体の流量 (弾性膜流量) 、弾性膜 2 2 1 2 のコンディション、リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a 内の圧力 (リテーナリングエアバッグ圧力) 、リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a に供給される圧力流体の流量 (リテーナリングエアバッグ流量) 、及び、リテーナリング 2 2 1 3 のコンディションの少なくとも 1 つを含む。弾性膜 2 2 1 2 のコンディションは、例えば、表面性状、伸縮状態、厚み等で表され、弾性膜 2 2 1 2 の使用状

50

況（使用時間、交換の有無）、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等に基づいて設定される。リテーナリング 2 2 1 3 のコンディションは、例えば、表面性状、平面度、厚み、断面形状、内周部分の削れ又は汚れで表され、リテーナリング 2 2 1 3 の使用状況（使用時間、交換の有無）、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等に基づいて設定される。弾性膜 2 2 1 2 及びリテーナリング 2 2 1 3 のコンディションは、例えば、研磨処理中に経時変化するものでもよい。

【 0 0 8 9 】

なお、本実施形態では、リテーナリング押圧機構としてリテーナリングエアバッグ 2 2 1 4 を用いたため、研磨処理状態情報に含まれるトップリング状態情報は、リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a 内の圧力（リテーナリングエアバッグ圧力）、リテーナリング圧力室 2 2 1 4 a に供給される圧力流体の流量（リテーナリングエアバッグ流量）を含んでいる。

10

【 0 0 9 0 】

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

20

【 0 0 9 1 】

研磨処理状態情報に含まれる研磨テーブル状態情報は、研磨テーブル 2 2 0 の回転トルク、研磨テーブル 2 2 0 の駆動電流、研磨テーブル 2 2 0 の駆動電圧、研磨パッド 2 2 0 0 のコンディション、及び、研磨パッド 2 2 0 0 の表面温度の少なくとも 1 つを含む。研磨パッド 2 2 0 0 のコンディションは、例えば、表面性状、平面度、清浄度、湿潤度等で表され、研磨パッド 2 2 0 0 の使用状況（使用時間、ドレッシングの有無、交換の有無、研磨パッド 2 2 0 0 の表面を撮影した画像）、トップリング状態情報、研磨テーブル状態情報等に基づいて設定される。研磨パッド 2 2 0 0 のコンディションは、例えば、研磨処理中に経時変化するものでもよい。

【 0 0 9 2 】

第 1 の学習用データ 1 1 A を構成する基板スリップアウト情報は、研磨処理状態情報に示すような状態で研磨処理が行われたウェハ W のスリップアウトの状態を示す情報である。本実施形態では、基板スリップアウト情報は、トップリング 2 2 1 から外部へ飛び出るスリップアウトが発生する予兆を示すスリップアウト発生予兆情報である。

30

【 0 0 9 3 】

学習用データ取得部 4 0 0 は、研磨試験情報 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 1 の学習用データ 1 1 A を取得する。例えば、学習用データ取得部 4 0 0 は、研磨試験情報 3 1 の研磨試験テーブル 3 1 0 を参照することで、試験 ID で特定される研磨試験が行われたときのトップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報（トップリング 2 2 1 及び研磨テーブル 2 2 0 がそれぞれ有する各センサの時系列データ）を、研磨処理状態情報として取得する。

40

【 0 0 9 4 】

なお、本実施形態では、研磨処理状態情報を、図 1 0 に示すようなセンサ群の時系列データとして取得する場合について説明するが、研磨ユニット 2 2 （特に、トップリング 2 2 1 及び研磨テーブル 2 2 0 ）の構成に応じて適宜変更してもよい。また、研磨処理状態情報として、モジュールへの指令値を用いてもよいし、センサの検出値又はモジュールへの指令値から換算されるパラメータを用いてもよいし、複数のセンサの検出値に基づいて算出されるパラメータを用いてもよい。さらに、研磨処理状態情報は、研磨処理期間全体の時系列データとして取得されてもよいし、研磨処理期間の一部である対象期間の時系列

50

データとして取得されてもよいし、例えばスリップアウト時点のように特定の対象時点における時点データとして取得されてもよい。上記のように、研磨処理状態情報の定義を変更する場合には、第1の学習モデル10A及び第1の学習用データ11Aにおける入力データのデータ構成を適宜変更すればよい。

【0095】

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

【0096】

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

【0097】

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

【0098】

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

【0099】

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

【0100】

「所定の範囲（0～1）」には予め数値に対応した推論結果が設定されている。例えば、スリップアウト発生予兆情報の場合、推論結果である「所定の範囲（0～1）」を複数の範囲に分割して、分割された範囲毎に発生までの予兆時間が設定されればよい。また、スリップアウト発生有無情報の場合、推論結果である「所定の範囲（0～1）」の間に所定の閾値を設定し、出力された数値が、閾値以下であれば「発生無し」、閾値を超えたら「発生有り」と設定されればよい。スリップアウト発生の予兆又は有無は、推論結果に応じて出力される。

【0101】

（機械学習方法）

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

【0102】

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

【0103】

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

10

20

30

40

50

重みが初期値に設定されている。

【0104】

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

【0105】

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

10

【0106】

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に含まれるスリップアウト発生予兆情報（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スリップアウト発生予兆情報（出力データ）とを比較し、各シナプスの重みを調整する処理（バックプロパゲーション）を実施することで、機械学習を実施する。これにより、機械学習部401は、研磨処理状態情報とスリップアウト発生予兆情報との相関関係を第1の学習モデル10Aに学習させる。

20

【0107】

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に含まれるスリップアウト発生予兆情報（正解ラベル）と、推論結果として出力されたスリップアウト発生予兆情報（出力データ）とに基づく誤差関数の評価値や、学習用データ記憶部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。

【0108】

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。

30

【0109】

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11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。

40

【0110】

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

【0111】

（情報処理装置5）

図12は、第1の実施形態に係る情報処理装置5の一例を示すブロック図である。図1

50

3は、第1の実施形態に係る情報処理装置5の一例を示す機能説明図である。情報処理装置5は、制御部50、通信部51、及び、学習済みモデル記憶部52を備える。

【0112】

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

【0113】

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

10

【0114】

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

【0115】

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

20

【0116】

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

30

【0117】

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

40

【0118】

（情報処理方法）

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

【0119】

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

50

【 0 1 2 0 】

次に、ステップ S 2 1 0 において、情報処理装置 5 の情報取得部 5 0 0 は、ステップ S 2 0 0 にて送信されたウェハ ID を受信する。ステップ S 2 1 1 において、情報取得部 5 0 0 は、ステップ S 2 1 0 で受信したウェハ ID を用いて生産履歴情報 3 0 の研磨履歴テーブル 3 0 1 を参照することで、そのウェハ ID で特定されたウェハ W に対して研磨処理が行われたときの研磨処理状態情報を取得する。

【 0 1 2 1 】

次に、ステップ S 2 2 0 において、状態予測部 5 0 1 は、ステップ S 2 1 1 にて取得された研磨処理状態情報を入力データとして第 1 の学習モデル 1 0 A に入力することで、当該研磨処理状態情報に対するスリップアウト発生予兆情報を出力データとして生成し、そのウェハ W の状態を予測する。

10

【 0 1 2 2 】

次に、ステップ S 2 3 0 において、出力処理部 5 0 2 は、ステップ S 2 2 0 にて生成されたスリップアウト発生予兆情報を出力するための出力処理として、その基板スリップアウト情報をユーザ端末装置 6 に送信する。なお、スリップアウト発生予兆情報の送信先は、ユーザ端末装置 6 に加えて又は代えて、データベース装置 3 でもよい。

【 0 1 2 3 】

次に、ステップ S 2 4 0 において、ユーザ端末装置 6 は、ステップ S 2 0 0 の送信処理に対する応答として、ステップ S 2 3 0 にて送信されたスリップアウト発生予兆情報を受信すると、そのスリップアウト発生予兆情報に基づいて表示画面を表示することで、そのウェハ W の状態がユーザにより視認される。上記の情報処理方法において、ステップ S 2 1 0、S 2 1 1 が情報取得工程、ステップ S 2 2 0 が状態予測工程、ステップ S 2 3 0 が出力処理工程に相当する。

20

【 0 1 2 4 】

以上のように、本実施形態に係る情報処理装置 5 及び情報処理方法によれば、研磨処理における、トップリング振動情報、トップリング音情報、トップリング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報が第 1 の学習モデル 1 0 A に入力されることで、当該研磨処理状態情報に対する基板スリップアウト情報（スリップアウト発生予兆情報）が予測されるので、研磨処理による処理中又は処理後のウェハ W の状態を適切に予測することができる。

30

【 0 1 2 5 】

（第 2 の実施形態）

第 2 の実施形態は、研磨処理がすでに行われた後のウェハ W に対する基板スリップアウト情報としてのスリップアウト発生有無情報の「事後予測処理」を行う点で第 1 の実施形態と相違する。以下では、第 2 の実施形態に係る機械学習装置 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。

【 0 1 2 6 】

図 1 5 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 6 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。

40

【 0 1 2 7 】

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

【 0 1 2 8 】

学習用データ取得部 4 0 0 は、研磨試験情報 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。例えば、学習用データ取得部 4 0 0 は、研磨試験情報 3 1 の研磨試験テーブル 3 1 0 を参照することで、試験 ID で特定される研磨試験が行われたときのトップリン

50

グ振動情報、トッピング音情報、トッピング状態情報及び研磨テーブル状態情報（トッピング 2 2 1 及び研磨テーブル 2 2 0 がそれぞれ有する各センサの時系列データ）を、研磨処理状態情報として取得する。

【 0 1 2 9 】

図 1 7 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 1 8 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。

【 0 1 3 0 】

情報取得部 5 0 0 は、第 1 の実施形態と同様に、トッピング振動情報、トッピング音情報、トッピング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報を取得する。

10

【 0 1 3 1 】

研磨処理がすでに行われた後のウェハ W に対する基板スリップアウト情報の「事後予測処理」を行う場合には、情報取得部 5 0 0 は、生産履歴情報 3 0 の研磨履歴テーブル 3 0 1 を参照することで、そのウェハ W に対して研磨処理が行われたときのトッピング振動情報、トッピング音情報、トッピング状態情報及び研磨テーブル状態情報を、研磨処理状態情報として取得してもよい。

【 0 1 3 2 】

状態予測部 5 0 1 は、上記のように、情報取得部 5 0 0 により取得された研磨処理状態情報を入力データとして第 2 の学習モデル 1 0 B に入力することで、当該研磨処理状態情報に示す研磨処理が行われているウェハ W に対する基板スリップアウト情報（本実施形態では、スリップアウト発生有無情報）を予測する。

20

【 0 1 3 3 】

以上のように、本実施形態に係る情報処理装置 5 a 及び情報処理方法によれば、研磨処理における、トッピング振動情報、トッピング音情報、トッピング状態情報及び研磨テーブル状態情報を含む研磨処理状態情報が第 2 の学習モデル 1 0 B に入力されることで、当該研磨処理状態情報に対する基板スリップアウト情報（スリップアウト発生有無情報）が予測されるので、研磨処理によるウェハ W のスリップアウトの有無を適切に予測することができる。

【 0 1 3 4 】

30

（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。

【 0 1 3 5 】

上記実施形態では、データベース装置 3、機械学習装置 4 及び情報処理装置 5 は、別々の装置で構成されたものとして説明したが、それら 3 つの装置が、単一の装置で構成されていてもよいし、それら 3 つの装置のうち任意の 2 つの装置が、単一の装置で構成されていてもよい。また、機械学習装置 4 及び情報処理装置 5 の少なくとも一方は、基板処理装置 2 の制御ユニット 2 6 又はユーザ端末装置 6 に組み込まれていてもよい。

40

【 0 1 3 6 】

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

【 0 1 3 7 】

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、L S T M 等のニューラルネット型(ディープラーニングを含

50

む)、階層型クラスタリング、非階層型クラスタリング、k近傍法、k平均法等のクラスタリング型、主成分分析、因子分析、ロジスティック回帰等の多変量解析、サポートベクターマシン等が挙げられる。

【0138】

上記実施形態では、試験結果情報は、試験装置においてダミーウェハを用いた研磨試験において研磨処理が行われたときの状態を示す情報であるが、スリップアウトを検出するスリップアウトセンサとしての位置センサを設置した実際の研磨ユニット22を用いて実際のウェハの研磨処理が行われたときの状態を示す情報として継続的に取得されるようにしてもよい。継続的に取得した試験結果情報は、機械学習装置4によって継続的に学習される。

10

【0139】

また、試験結果情報は、スリップアウトセンサとしての位置センサを設置しない研磨ユニット22において、人がスリップアウトの予兆又は有無を判断し、データにラベル付けをして継続的に取得されるようにしてもよい。

【0140】

さらに、実際の研磨ユニット22を用いて継続的に取得された情報をクラウドへアップロードし、クラウドで機械学習した後、学習されたモデルを基板処理装置2へ展開してもよい。また、クラウドへアップロードすることなく、基板処理装置2内で処理方法を学習してもよい。

【0141】

(機械学習プログラム及び情報処理プログラム)

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

20

【0142】

(推論装置、推論方法及び推論プログラム)

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

30

40

【0143】

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

【符号の説明】

【0144】

50

- 1 ... 基板処理システム、2 ... 基板処理装置、3 ... データベース装置、
- 4、4 a ... 機械学習装置、5、5 a ... 情報処理装置、
- 6 ... ユーザ端末装置、7 ... ネットワーク、
- 10 ... 学習モデル、10 A ... 第1の学習モデル、10 B ... 第2の学習モデル、
- 11 A ... 第1の学習用データ、11 B ... 第2の学習用データ、
- 20 ... ハウジング、21 ... ロード/アンロードユニット、
- 22 ... 研磨ユニット、22 A ~ 22 D ... 研磨部、23 ... 基板搬送ユニット、
- 24 ... 洗浄ユニット、25 ... 膜厚測定ユニット、26 ... 制御ユニット、
- 30 ... 生産履歴情報、31 ... 研磨試験情報、
- 40 ... 制御部、41 ... 通信部、42 ... 学習用データ記憶部、
- 43 ... 学習済みモデル記憶部、
- 50 ... 制御部、51 ... 通信部、52 ... 学習済みモデル記憶部、
- 220 ... 研磨テーブル、221 ... トップリング、222 ... 研磨流体供給ノズル、
- 223 ... ドレッサ、224 ... アトマイザ、225 ... 環境センサ
- 260 ... 制御部、21 ... 通信部、262 ... 入力部、263 ... 出力部、264 ... 記憶部、
- 300 ... ウェハ履歴テーブル、301 ... 研磨履歴テーブル、310 ... 研磨試験テーブル、
- 400 ... 学習用データ取得部、401 ... 機械学習部、
- 500 ... 情報取得部、501 ... 状態予測部、502 ... 出力処理部、
- 900 ... コンピュータ
- 2200 ... 研磨パッド、2210 ... トップリング本体、2211 ... キャリア、
- 2212 ... 弾性膜、2212 a ~ 2212 d ... 弾性膜圧力室、
- 2213 ... リテーナリング、
- 2214 ... リテーナリングエアバッグ(リテーナリング押圧機構)、
- 2214 a ... リテーナリング圧力室

10

20

30

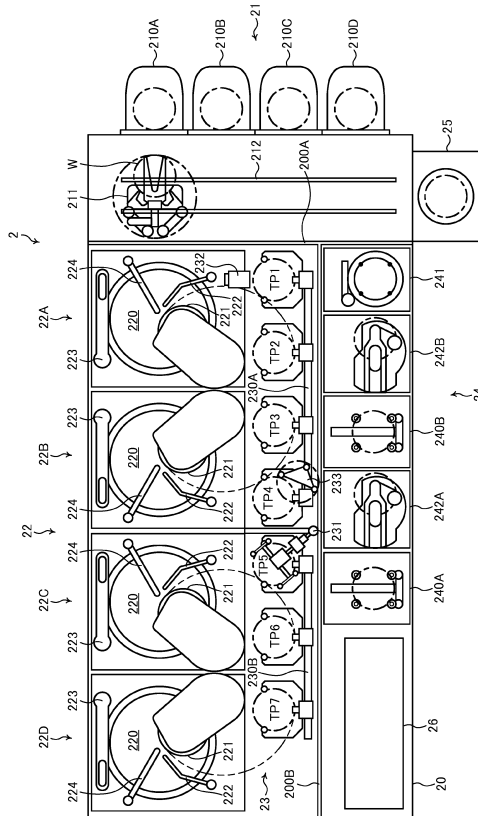
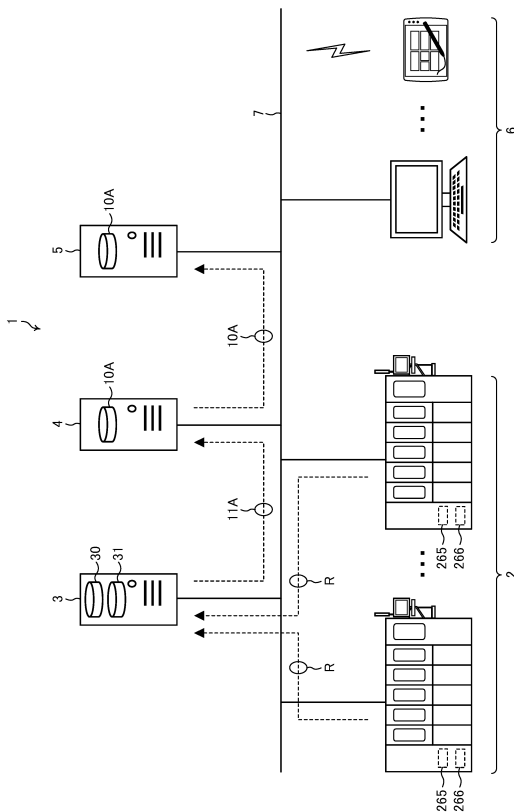
40

50

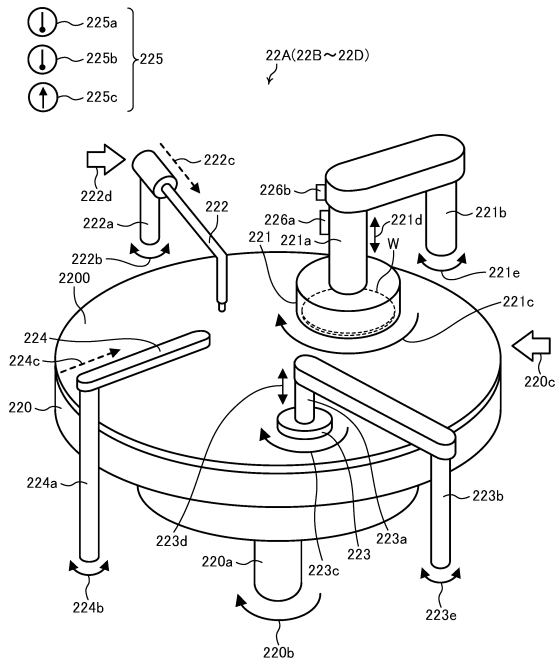
【 図 面 】

【 図 1 】

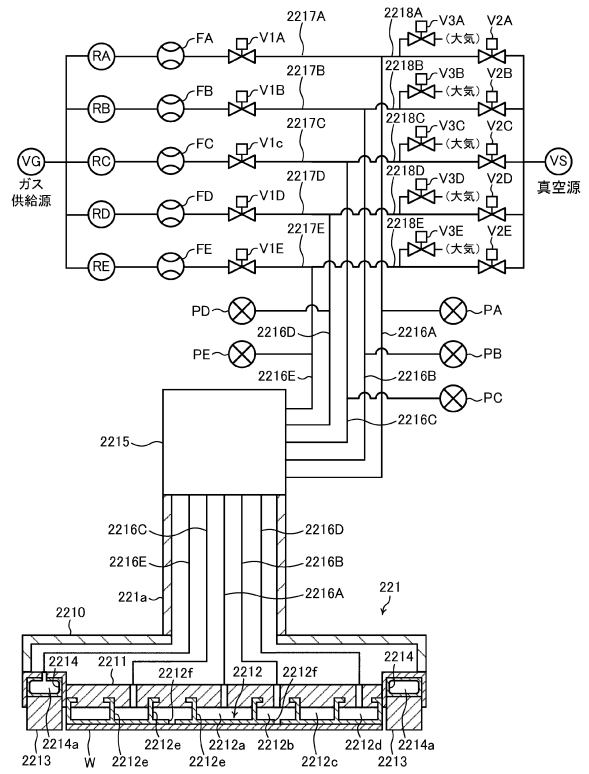
【 図 2 】



【 図 3 】



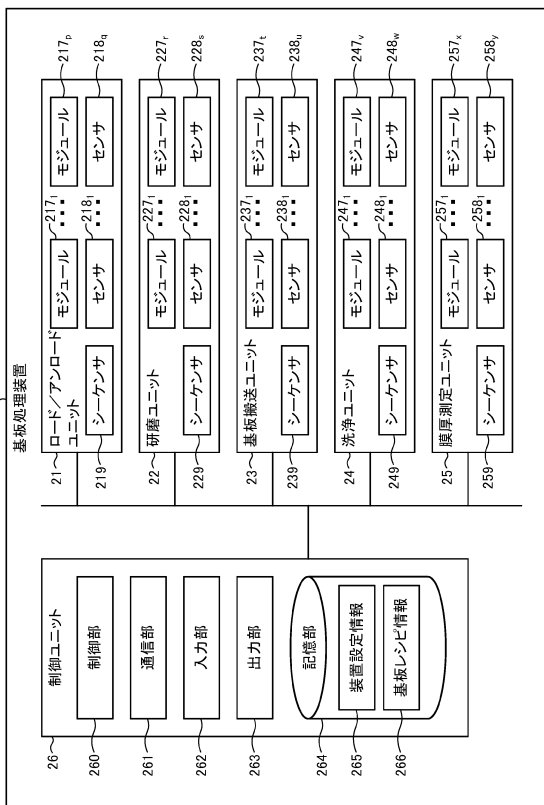
【 図 4 】



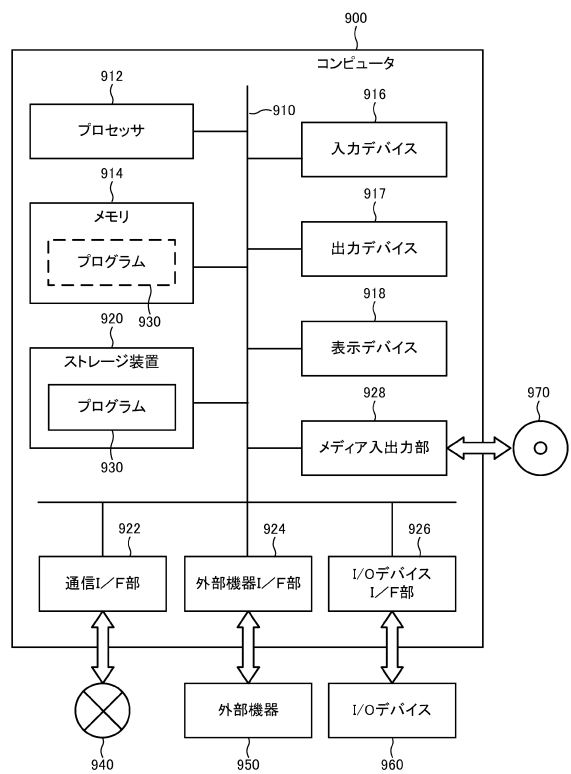
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

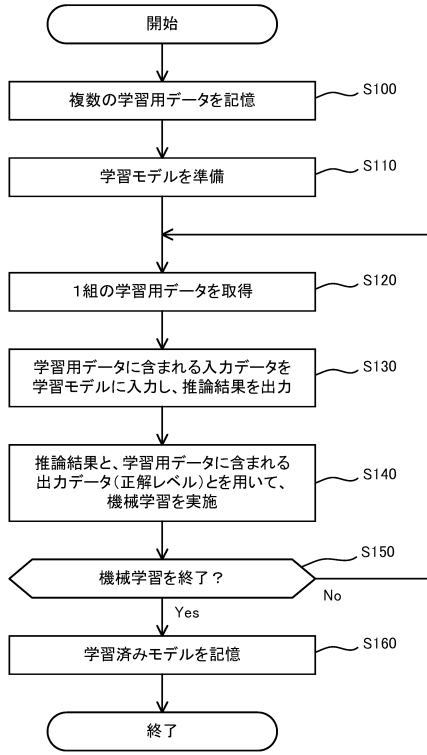


30

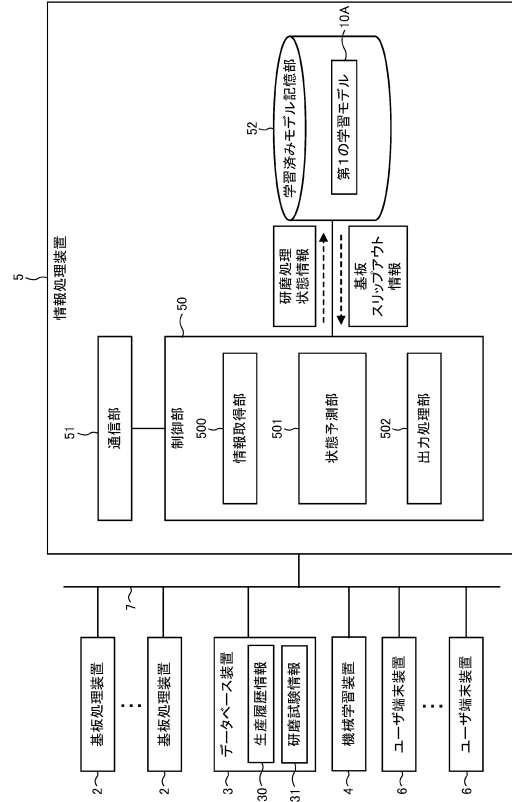
40

50

【図 1 1】



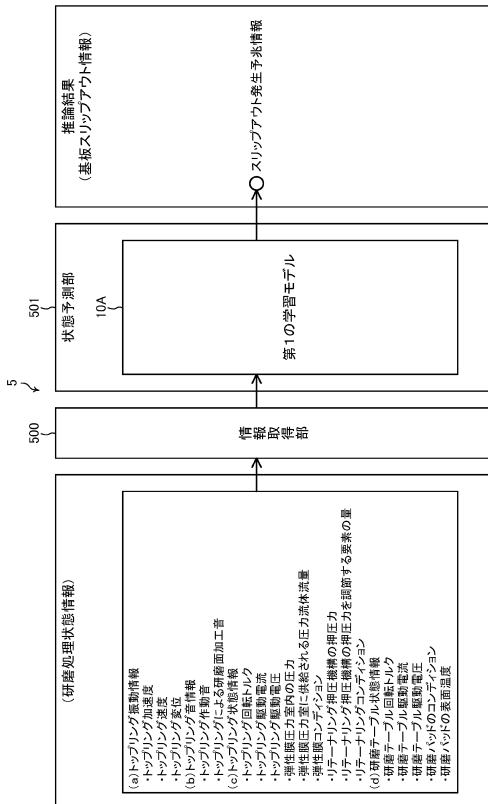
【図 1 2】



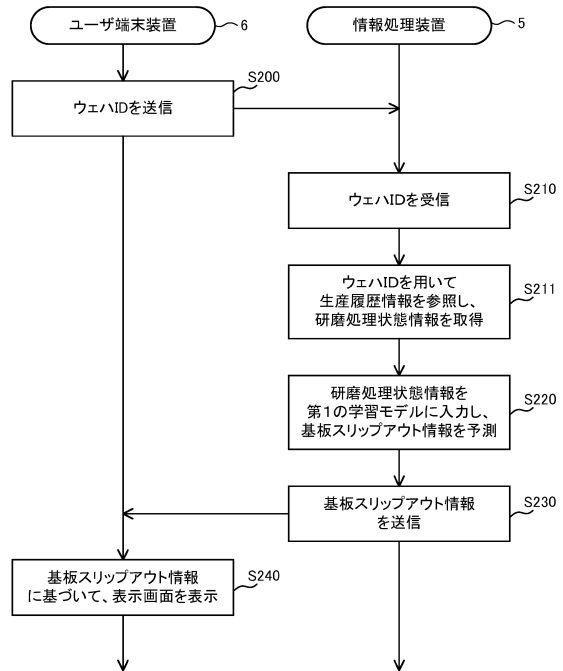
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

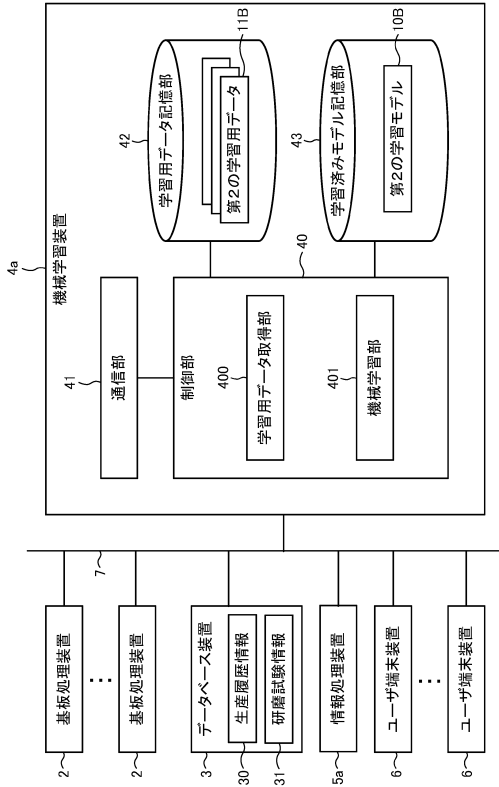


30

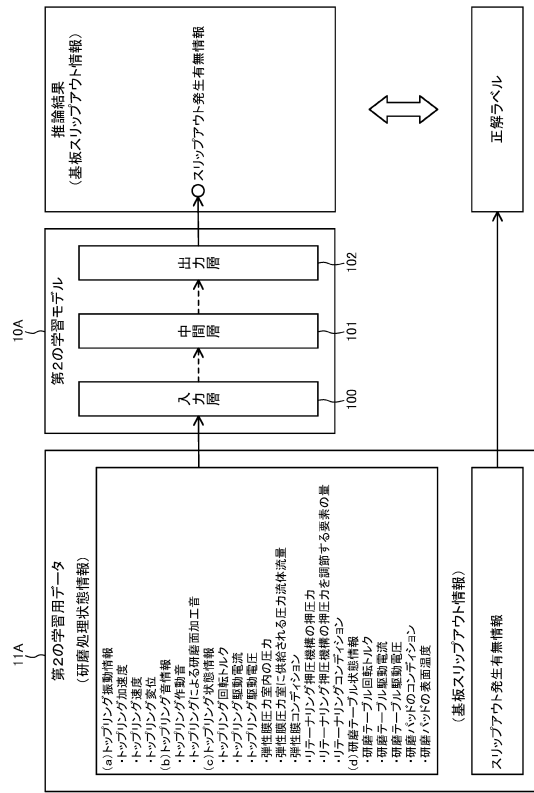
40

50

【図 15】



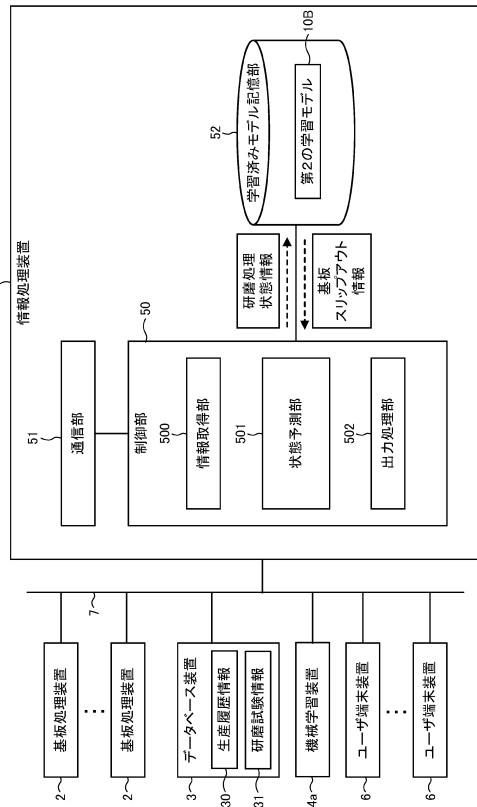
【図 16】



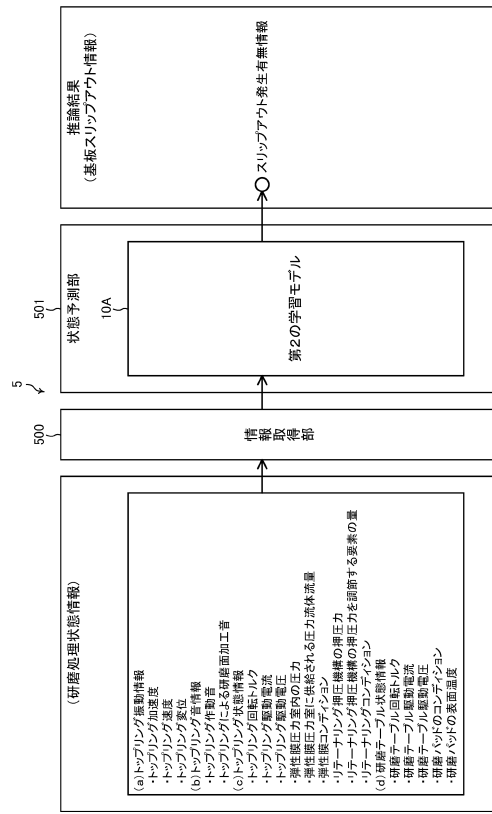
10

20

【図 17】



【図 18】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

H 0 1 L 21/304(2006.01)

F I

H 0 1 L

21/304

6 2 2 G

テーマコード(参考)

Fターム(参考)

BA09 BB02 BB06 BB08 BB09 BC01 BC02 BC03 CB06 DA12

DA17 EA11 EB01

5F057 AA12 AA20 BA15 BA21 BA30 CA12 DA03 FA01 GA11 GA16

GA17 GB21 GB23 GB31 GB34