

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7058129号

(P7058129)

(45)発行日 令和4年4月21日(2022.4.21)

(24)登録日 令和4年4月13日(2022.4.13)

(51)国際特許分類

F I

H 0 5 H 1/46 (2006.01)

H 0 5 H 1/46

A

H 0 5 H 1/00 (2006.01)

H 0 5 H 1/00

A

H 0 1 L 21/3065(2006.01)

H 0 1 L 21/302

1 0 1 G

請求項の数 7 (全13頁)

(21)出願番号 特願2018-5761(P2018-5761)
(22)出願日 平成30年1月17日(2018.1.17)
(65)公開番号 特開2019-125506(P2019-125506
A)
(43)公開日 令和1年7月25日(2019.7.25)
審査請求日 令和2年7月20日(2020.7.20)

(73)特許権者 501387839
株式会社日立ハイテク
東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
(74)代理人 110001689
青稜特許業務法人
(72)発明者 梅田 祥太
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
株式会社日立製作所内
(72)発明者 野木 慶太
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
株式会社日立製作所内
(72)発明者 鹿子嶋 昭
東京都港区西新橋一丁目24番14号
株式会社日立ハイテクノロジーズ内
(72)発明者 白石 大輔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマの発光をモニタするモニタを具備し試料がプラズマ処理される処理部を備えるプラズマ処理装置において、

前記処理部は、プラズマ処理結果を予測する複数の予測モデルが格納された予測モデル記憶部と、

プラズマ処理条件に規定されたパラメータの前記処理部にて取得されたデータを含む装置データと発光データの予測モデル毎の偏相関関係における類似度がAdvanced Process Controlを実行するために取得されたデータに対して最も高い予測モデルを用いてプラズマ処理結果が予測される制御部とを具備することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載のプラズマ処理装置において、
ウェットクリーニング後からの前記プラズマ処理された試料の枚数が前記装置データに含まれることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】

請求項1に記載のプラズマ処理装置において、
前記制御部は、前記予測モデルを用いて求められた予測値と目標値の差分に基づいて求められた補正量に応じて前記パラメータの値を補正することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、
前記プラズマ処理結果と偏相関関係にあるモニタデータの変数を説明変数とした前記予測モデルを構築する解析部をさらに備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のプラズマ処理装置において、
プラズマの発光の波長と装置データに係る物理量が前記説明変数に含まれ、
前記装置データは、前記処理部の状態変動の指標となるデータであることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】

請求項 4 に記載のプラズマ処理装置において、
前記偏相関関係は、前記プラズマ処理の単位であるロット毎における、前記プラズマ処理結果とモニタデータの変数との偏相関関係であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

プラズマの発光をモニタするモニタを具備し試料がプラズマ処理される処理部を備えるプラズマ処理装置において、
前記処理部は、プラズマ処理結果を予測する複数の予測モデルが格納された予測モデル記憶部と、

プラズマ処理条件に規定されたパラメータの前記処理部にて取得されたデータを含む装置データと発光データの予測モデル毎の統計量における類似度が Advanced Process Control を実行するために取得されたデータに対して最も高い予測モデルを用いてプラズマ処理結果が予測される制御部とを具備することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体のウェハ上に微細形状を形成するために、物質をプラズマ化し、その物質の作用（ウェハ表面における反応）によりウェハ上の物質を除去するプラズマ処理が行われる。

微細形状の寸法などのプラズマ処理の処理結果を安定化するために、プラズマ処理条件を調整する制御技術（APC：Advanced Process Control）が採用されている。

【0003】

APCでは、プラズマ処理装置においてプラズマ処理中に計測した装置のモニタデータを用いて処理結果を予測し、予測に応じて次に処理するウェハやロットのプラズマ処理条件を調整している。ここで、ロットとは、連続してプラズマ処理する複数のウェハを束ねた着工単位を言う。

【0004】

プラズマ処理には発光が伴うため、プラズマ処理装置には分光器（OES：Optical Emission Spectroscopy）が搭載されている。分光器で計測されたデータ（以下、発光データと言う）などがモニタデータとして用いられる。

【0005】

特許文献 1 には、発光データの多数の発光波長の中から、加工寸法の予測誤差の小さな発光波長を選択し、加工寸法を予測して制御する方法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2016 - 25145 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】**【 0 0 0 7 】**

特許文献 1 では、発光データを入力とし、処理結果の予測値を出力とする単一の関数である予測モデルを用いて処理結果を予測している。

【 0 0 0 8 】

しかし、特許文献 1 では、単一の予測モデルを用いているため、プラズマ処理を重ねて装置の状態が変化し、発光データと処理結果との間の相関関係が変化した場合、この相関関係の変化に対応できず予測精度が低下してしまう。

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、プラズマ処理装置の状態の変化に対応して処理結果を高精度で予測することにある。

10

【課題を解決するための手段】**【 0 0 1 0 】**

本発明の一態様のプラズマ処理装置は、プラズマの発光をモニタするモニタを具備し試料がプラズマ処理される処理部を備えるプラズマ処理装置において、前記処理部は、プラズマ処理結果を予測する予測モデルが格納された予測モデル記憶部と、前記処理部の状態変動の指標となる装置データと発光データに基づいて選択された予測モデルを用いてプラズマ処理結果が予測される制御部とを具備することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様のプラズマ処理装置は、プラズマ処理結果を予測する予測モデルが格納された予測モデル記憶部を具備し試料がプラズマ処理される処理部を備えるプラズマ処理装置において、前記プラズマ処理結果と前記予測モデルの説明変数との偏相関関係に基づいて選択された説明変数を用いて前記予測モデルを構築する解析部をさらに備えることを特徴とする。

20

【発明の効果】**【 0 0 1 2 】**

本発明の一態様によれば、プラズマ処理装置の状態の変化に対応して処理結果を高精度で予測することができる。

【図面の簡単な説明】**【 0 0 1 3 】**

30

【図 1】実施例のプラズマ処理装置の構成図である。

【図 2】予測・制御処理を説明する構成図である。

【図 3】予測モデル記憶領域で格納するデータの例を示す図である。

【図 4】予測モデル切替条件記憶領域で格納するデータの例を示す図である。

【図 5】A P C の設定画面の例を示す図である。

【図 6】A P C による予測・制御結果の表示画面の例を示す図である。

【図 7】処理履歴記憶領域で格納するデータの例を示す図である。

【図 8】解析部の処理履歴データを用いた解析結果の表示画面の例を示す図である。

【図 9】解析部の処理履歴データを用いた解析処理を示す図である。

【図 10】解析部の解析処理の入力を指定する画面の例を示す図である。

40

【図 11 A】予測・制御処理を説明するための構成図である。

【図 11 B】予測・制御処理を説明するための構成図である。

【発明を実施するための形態】**【 0 0 1 4 】**

最初に、実施形態について説明する。

実施形態は、A P C 実行時に処理した複数のウェハ（例えば、次に加工するロットの前のロット）におけるモニタデータ間の相関関係に基づき、次に加工するウェハやロットに用いる予測モデルを切替える。

【 0 0 1 5 】

また、実施形態は、複数のモニタデータを予測モデルの入力（以下、説明変数と呼ぶ）と

50

する。単一の説明変数で予測モデルを構築すると、例えば、複数のモニタデータが処理結果に影響する場合に予測精度が低下する。そこで、複数の変数を用いて予測モデルを構築する。

【 0 0 1 6 】

この際、処理結果と直接相関が低いモニタデータを、予測モデルの説明変数に選択してしまうことで予測精度が低下することがある。この不適切な変数選択を防ぐために、多数のモニタデータの中から予測に適した説明変数を選択する。

【 0 0 1 7 】

また、実施形態は、予測モデルを構築する際に、ロット内の変動を考慮した解析を行う。ロット内とロット間では処理結果の変動の傾向が異なる場合が多いため、ロット内の変動の影響を捉えられず予測精度の低い予測モデルが構築される可能性がある。そこで、実施形態は、複数のモニタデータから偏相関とロット内の変動を考慮した説明変数の選択により、予測精度の高い多変量の予測モデルを構築する。

【 0 0 1 8 】

実施形態によれば、プラズマ処理装置において、モニタデータと処理結果との相関関係が変化した場合でも、A P C 実行時の装置状態に応じて予測モデルを切換え、処理結果を予測して制御する。また、モニタデータが複数存在する場合でも、予測に適した説明変数を選択して予測モデルを構築する。

以下、図面を用いて、実施例について説明する。

【 実施例 】

【 0 0 1 9 】

(1) プラズマ処理装置

図 1 を参照して、プラズマ処理装置の構成について説明する。

図 1 に示すように、プラズマ処理装置 1 は、処理部 1 0 と解析部 2 0 と入力部 3 0 と出力部 3 1 と通信インターフェース部 3 2 (通信 I F 部) と処理結果取得部 3 3 を有し、これらはバス 3 4 を介して相互に接続されている。

【 0 0 2 0 】

処理部 1 0 は、プラズマ処理実行部 1 1 と分光器 (O E S) 1 2 と装置管理部 1 3 と制御部 1 4 と予測モデル記憶部 1 5 とインターフェース (I F) 部 1 1 0 とを有する。プラズマ処理実行部 1 1 は、プラズマを発生させてウェハを加工し、分光器 1 2 はプラズマ処理中に発光データを取得する。また、本実施例では、分光器 1 2 を用いたが、プラズマの発光をモニタできる手段であれば良いため、ポリクロメーター、モノクロメーター、フィルタ等のモニタを分光器 1 2 の代替品として使用しても良い。発光データは、I F 部 2 1 0 を介して解析部 2 0 の有する解析記憶部 2 2 に格納される。

【 0 0 2 1 】

装置管理部 1 3 は、プラズマ処理実行部 1 1 のウェットクリーニングからのプラズマ処理されたウェハの枚数や、待機時間、処理条件の設定値と実行値などのデータを測定して保持する。これらのデータの値を以後、装置データと呼ぶ。装置データは、I F 部 2 1 0 を介して、解析部 2 0 の有する解析記憶部 2 2 に格納される。

【 0 0 2 2 】

制御部 1 4 は、予測モデル記憶部 1 5 に格納されている予測モデルを用いてプラズマ処理の処理結果を予測し、プラズマ処理条件を調整する予測・制御処理を行う。ここで、プラズマ処理の処理結果とは、例えば、プラズマ処理後のウェハ上の微細形状の寸法や、プラズマ処理装置が微細形状を加工する際の加工速度を言う。

【 0 0 2 3 】

制御部 1 4 の詳細は、以下の (2) において述べる。

予測モデル記憶部 1 5 は、予測モデル記憶領域 1 6 と予測モデル切換え条件記憶領域 1 7 を有する。予測モデル記憶領域 1 6 は、解析部 2 0 において処理履歴データを用いて構築した、発光データや装置データを入力として処理結果の予測値を出力とする予測モデルを記憶する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

実施例のプラズマ処理装置 1 では、予測モデルの切換が可能なため、複数の予測モデルを記憶することができる。予測モデル切換条件記憶領域 1 7 は、A P C を実行する際に、予測モデル記憶領域 1 6 に記憶している複数の予測モデルの中から、使用する予測モデルを選択するための条件を格納する。

【 0 0 2 5 】

条件の詳細については、以下の (2) において述べる。

【 0 0 2 6 】

解析部 2 0 は、演算部 2 1 と解析記憶部 2 2 とインターフェース部 (I F 部) 2 1 0 を有する。解析記憶部 2 2 は、過去のプラズマ処理における処理結果、発光データ、装置データを記憶する処理履歴記憶領域 2 3 と、解析処理の結果を記憶する解析結果記憶領域 2 4 を備えている。

10

【 0 0 2 7 】

入力部 3 0 は、例えば、マウスやキーボードなどの、ユーザの操作による情報入力を受け付ける入力装置である。

【 0 0 2 8 】

出力部 3 1 は、例えば、ディスプレイやプリンタなどの、ユーザに対して情報を出力して表示する出力装置である。

【 0 0 2 9 】

通信 I F 部 3 2 は、バス 3 4 や外部ネットワークなどを介して、例えば既存の生産管理システムなどの他の装置やシステムと接続し、情報送受信を行うためのインターフェースである。

20

【 0 0 3 0 】

バス 3 4 は、処理部 1 0 1 0、解析部 2 0、入力部 3 0、出力部 3 1 及び通信 I F 部 3 2 を連結する。I F 部 1 1 0、2 1 0 は、バス 3 4 を介して情報送受信を行うためのインターフェースである。

【 0 0 3 1 】

処理結果取得部 3 3 は、処理結果を計測する検査装置などから処理結果を取得するためのインターフェースである。なお、解析部 2 0 を解析装置として独立させて、処理部 1 0 からなるプラズマ処理装置に、I F 部 2 1 0 を介して接続する形態としてもよい。

30

【 0 0 3 2 】

(2) 制御部

図 2 ~ 4 を参照して、制御部 1 4 で行われる予測・制御 (A P C) の処理の例について説明する。

A P C を実行する前には、予め、解析部 2 0 においてプラズマ処理の処理履歴データを用いて予測モデルを構築し、予測モデルテーブル 1 6 a (図 3 参照) として予測モデル記憶領域 1 6 に格納しておく (S 1 1 0) 。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すように、予測モデルテーブル 1 6 a は、予測モデル I D 1 6 b と各予測モデルの説明変数 1 6 c と予測モデルの計算式 1 6 d を有する。同様に、予測モデル切換に必要な情報を決定しておき、予測モデル切換条件テーブル 1 7 a (図 4 参照) として予測モデル切換条件記憶領域 1 7 に格納しておく (S 1 1 0) 。

40

【 0 0 3 4 】

図 4 に示すように、予測モデル切換には、偏相関関係を利用する。A P C 実行時に取得したデータに対し、偏相関関係が類似した予測モデルに切換えて処理結果の予測を行う。ここで、偏相関とは、注目している変数以外の変数の影響を除いた相関である。偏相関関係の評価には、例えば、グラフィカル L A S S O などのデータから各変数間の偏相関関係をスパース (多くの偏相関が 0 となるよう) に推定する手法を用いる。

【 0 0 3 5 】

切換モニタ変数 1 7 b は、モデル切換の指標となる偏相関関係の類似度を算出する際に使

50

用する変数の組である。偏相関関係は、予測モデル毎に保持されるため、予測モデルID 17cを保持する。偏相関関係は、精度行列（分散共分散行列の逆行列）と対応するため、これを偏相関関係17dとして保持する。

【0036】

ウェハあるいはロット（ここでは、ロットとする）のプラズマ処理が完了すると、APCを実行する設定になっている場合には、制御部14では、予測モデル切換条件テーブル17aに格納されている切換モニタ変数17bを用いて、各予測モデルと分光器12と装置管理部13から取得したデータの偏相関関係の類似度を演算する（S101）。

【0037】

次に、制御部14は、モデル切換判定を行う（S102）。S102では、予測モデル切換条件テーブル17aにおいて、S101で演算した偏相関関係の類似度が最も高い予測モデルID 17cを次のウェハあるいはロットの処理結果の予測に用いる予測モデルとして特定する。

【0038】

このように、APCを実行する直近のウェハまたはロットにおけるモニタデータ間の相関関係に基づき予測モデルを切換えることにより、APC実行時の装置状態により即した予測モデル切換が可能となる。なお、実施例では、予測モデルの切換に偏相関関係を用いているが、切換モニタ変数17b同士の距離などの他の統計量を使用してもよい。

【0039】

次に、制御部14は、特定した予測モデルと発光データと装置データを用いて処理結果を予測する（S103）。S103では、特定した予測モデルについて、予測モデルテーブル16aの説明変数16cのデータを分光器12と装置管理部13からウェハ1枚毎に逐次取得し、計算式16dに代入することで処理結果の予測値を算出する。

【0040】

例えば、ウェハ1枚毎に取得するデータは図7の1行分に相当する。予測モデルテーブル16aの予測モデル1を用いる場合、説明変数はx3とx5を用いるため、処理結果の予測値は計算式のx3とx5に取得したデータの列x3とx5の値を代入して算出した値となる。

【0041】

さらに、制御部14は、処理結果の予測値と目標値の差分に従いプラズマ処理条件を調整する（S104）。プラズマ処理条件としては、例えば、プラズマ処理ガスの流量が調整される。また、S104においては、プラズマ処理条件の調整だけでなく、処理結果の予測値と目標値の差分が予め定めた閾値よりも大きい場合に、異常としてアラートする構成でもよい。また、プラズマ処理装置1より後の工程で使用される装置で利用するために、処理結果の予測値を出力する構成でもよい。

【0042】

（3）予測・制御処理（APC）の表示

処理履歴データを用いて解析部20で構築した予測モデルおよび決定した予測モデル切換条件を用いてAPCを実行するかどうかはユーザが決定する必要がある。図5は、ユーザによるAPCの設定画面D100の例であり、図1に示す出力部31に表示される。

【0043】

ユーザは、予測モデル切換条件D101で予測モデルを切換える条件を、予測モデルD102で予測モデルに使用する説明変数や計算式を確認して入力する。確認・入力後、予測のみを行う場合はD103にて指示し、APCを行う場合はD104にて指示をする。

【0044】

図6は予測・制御結果の表示画面の例であり、図1に示す出力部31に表示される。予測結果の例がD200である。解析記憶部22に処理結果の実測値が保存されている場合、処理結果の実測値と予測値を併せて表示することができる。

【0045】

また、各ウェハあるいはロットにおいて、予測に使用した予測モデルを表示する。例えば

10

20

30

40

50

、D 2 0 0のように、ウェハ処理数に対して処理結果が右下がりのトレンドのロットと、処理結果の変動が小さいロットで、異なる予測モデルを用いることで予測精度が向上する。

【 0 0 4 6 】

A P Cを実行し、制御した結果の例がD 3 0 0であり、図 1 に示す出力部 3 1 に表示される。ここでは、処理結果の実測値と予測に用いた予測モデルを表示している。前述のように、予測モデルの切換えにより予測精度が向上した結果、制御後の処理結果のばらつきを低減できる。以上のA P Cの設定は、次の解析部 2 0 の解析処理にて処理履歴から作成される。

【 0 0 4 7 】

(4) 解析部

解析部 2 0 は、処理履歴記憶領域 2 3 に記憶している処理履歴データを用いて、演算部 2 1 において演算を行い、解析結果を解析結果記憶領域 2 4 に保存する。

【 0 0 4 8 】

処理履歴記憶領域 2 3 には、プラズマ処理をしたウェハごとに、プラズマ処理中に分光器 1 2 で計測した発光データと、装置管理部 1 3 で管理している装置データと、処理結果取得部 3 3 で取得した処理結果が格納される。

【 0 0 4 9 】

図 7 は、処理履歴記憶領域 2 3 に格納する処理履歴データの例である。

処理履歴データテーブル 2 3 a は、ウェハ I D 2 3 b と発光データ 2 3 c と装置データ 2 3 d と処理結果 2 3 e などの項目を有する。各列はモニタデータの項目（変数）に対応し、各行はウェハ 1 枚 1 枚に対応している。

【 0 0 5 0 】

ウェハ I D 2 3 b には、処理したウェハを特定する情報を格納する。発光データ 2 3 c には、分光器 1 2 の計測値を演算した発光データを格納する。分光器 1 2 の計測値は、時間、発光強度、波長のデータとなっている。発光データ 2 3 c には、波長ごとに発光強度をプラズマ処理時間で平均した値を格納する。

【 0 0 5 1 】

なお、格納する発光データは、ウェハを加工するためのプラズマ処理の際に取得した発光データであってもよく、また、ウェハを加工する前後にプラズマ加工部 1 1 の状態を整えるために行うプラズマ処理（エージング処理やクリーニング処理）の際に取得した発光データであってもよい。

【 0 0 5 2 】

また、各波長は、プラズマに含まれる物質（A r や S i など）の発光波長が格納される。また、ウェハや壁面から反射された光の強度を用いる場合には、ウェハや壁面の状態によって強度が異なる波長が格納される。また、複数の波長における発光強度の比を用いてもよい。

【 0 0 5 3 】

また、格納する値は、発光強度のプラズマ処理時間の平均値に限らず、最大値や分散などの他の統計量であってもよい。また、プラズマ処理の中間時点における発光強度の値など、ある指定した時間における発光強度の値であってもよい。

【 0 0 5 4 】

装置データ 2 3 d には、各ウェハの処理を行ったときの装置管理部 1 3 の管理値や測定値を格納する。例えば、クリーニングからのプラズマ処理の回数や、前回のプラズマ処理からの待機時間などである。また、数値データに限らず、ロット I D などのデータも格納される。

【 0 0 5 5 】

処理結果 2 3 e には、処理結果取得部 3 3 から取得したプラズマ処理結果を格納する。ウェハごとにプラズマ処理条件が調整された場合には、プラズマ処理条件の調整量と処理結果の変更量の間の関数を用いて、プラズマ処理条件の調整量による処理結果指標の変更量を算出し、処理結果の実測値を処理結果の変更量で補正した値を処理結果 2 3 e に格納し

10

20

30

40

50

てもよい。

【 0 0 5 6 】

図 8 は、処理履歴データを用いた解析結果の表示画面 D 3 0 0 の例であり、図 1 に示す出力部 3 1 に表示される。表示画面 D 3 0 0 は、後述の解析部 2 0 の解析処理後に表示する。

【 0 0 5 7 】

予測モデル切換条件テーブル D 3 0 4 と予測モデルテーブル D 3 0 2 は、解析部 2 0 の解析処理において決定した予測モデルの切換条件と構築した予測モデルが格納されている。

【 0 0 5 8 】

処理履歴を用いたシミュレーションによる予測結果 D 3 0 1 は、処理履歴データにおける処理結果の実測値と予測値を表示する。各ウェハあるいはロットごとに使用した予測モデルも表示している。

10

【 0 0 5 9 】

予測誤差 D 3 0 3 は、処理結果の実測値と予測値から計算した予測誤差（例えば、平均二乗誤差平方根）を表示する。

【 0 0 6 0 】

ユーザは、本解析結果を確認して、構築した予測モデルと予測モデル切換条件を、A P C に使用するものとして保存するかを D 3 0 5 にて決定する。保存する場合、予測モデルは予測モデル記憶領域 1 6 に、予測モデル切換条件は予測モデル切換条件記憶領域 1 7 に格納される。

【 0 0 6 1 】

20

（ 5 ）解析部 2 0 の解析処理

解析部 2 0 の解析処理では、処理結果を予測する予測モデルの切換えに用いる相関モニタ変数の特定と、多数のモニタデータから説明変数を厳選した上で予測モデルの構築を行う。

【 0 0 6 2 】

予測モデルとその切換えの条件は、プラズマ処理の対象であるウェハ表面上の膜の構成などにより変化するため、プラズマ処理の立上げ時には、適宜、本解析処理を実行することが必要である。

【 0 0 6 3 】

図 9 は、処理履歴記憶領域 2 3 に格納された処理履歴データを用いた解析処理の例であり、この例を用いて解析処理の流れを説明する。

30

【 0 0 6 4 】

図 1 0 は、解析処理の入力を指定する画面 D 4 0 0 の例であり、図 1 に示す出力部 3 1 に表示される。ユーザは、解析処理に入る前に、解析処理の入力とする発光データ D 4 0 1 と装置データ D 4 0 2 を指定し、解析処理の実行を指示する（D 4 0 3）。

【 0 0 6 5 】

まず、処理履歴データをロットで層別し、各ロットについて、S 2 0 2、S 2 0 3 の処理を行う（S 2 0 1）。

次に、ロットで層別された処理履歴データについて、各変数間の偏相関関係を評価する（S 2 0 2）。

次に、装置状態が変化すると偏相関関係も変化すると考えられるため、変数間の偏相関関係の変化が最大となるようにデータを分割する（S 2 0 3）。このようにデータを分割することにより、装置の状態毎にモデルを用意することができる。

40

次に、分割後の各データについて、S 2 0 5 から S 2 0 8 の処理を行う（S 2 0 4）。

【 0 0 6 6 】

まず、ロット内での処理結果とモニタデータ間の偏相関を評価し、偏相関のある（偏相関の値が 0 と推定されない）モニタデータの変数を選択する（S 2 0 5）。これにより、ロット内で処理結果と直接相関のあるモニタデータを、予測モデルの説明変数として選択することができ、ロット内における処理結果のトレンドを捉えた予測モデルを構築できる。同様に、ロット間（ロットで層別しない場合）での処理結果とモニタデータ間の偏相関を評価し、偏相関のあるモニタデータの変数を選択する（S 2 0 6）。

50

【 0 0 6 7 】

次に、選択したモニタデータの変数を説明変数とした予測モデルを構築する。ここでは、例えば、プロセスデータに多用される P L S 回帰や変数選択機能を有する L A S S O 回帰などの手法により、複数の説明変数から処理結果を予測する多変量回帰モデルを構築する (S 2 0 7)。

続いて、処理履歴データにおいて、構築した予測モデルを用いて算出した処理結果の予測値と実測値とから予測誤差を評価する。(S 2 0 8)

次に、図 8 に示す処理履歴データの解析結果を表示してユーザに提示する (S 2 0 9)。

【 0 0 6 8 】

以上、実施例について説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

10

例えば、図 1 1 A では、処理結果取得部 3 3 から処理結果を逐次取得する構成となっている。

図 1 1 A に示すように、直近に加工したウェハのデータを用いて、処理結果を含んだ偏相関関係の各予測モデルとの類似度を演算 (S 1 0 5) し、予測モデル切替判定 (S 1 0 2) を行う構成としてもよい。処理結果を含んだ偏相関関係を評価することで、装置状態をより反映したモデル切替を実現できる。

【 0 0 6 9 】

また、図 1 1 B では、逐次取得した処理結果を用いて、対応したウェハにおける各予測モデルとの予測誤差を算出する (S 1 0 6) 構成となっている。

20

【 0 0 7 0 】

算出した予測誤差の小さい予測モデルを用いることで、次に加工するウェハの処理結果の予測においても予測誤差の小さい予測モデルの選択が可能となる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 1 】

1 プラズマ処理装置

1 0 処理部

1 1 プラズマ処理実行部

1 2 分光器 (O E S)

1 3 装置管理部

30

1 4 制御部

1 5 予測モデル記憶部

2 0 解析部

2 1 演算部

2 2 解析記憶部

3 0 入力部

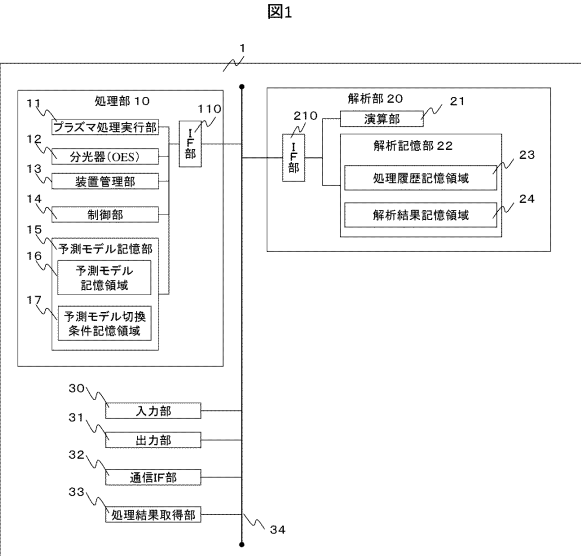
3 1 出力部

3 2 通信 I F 部

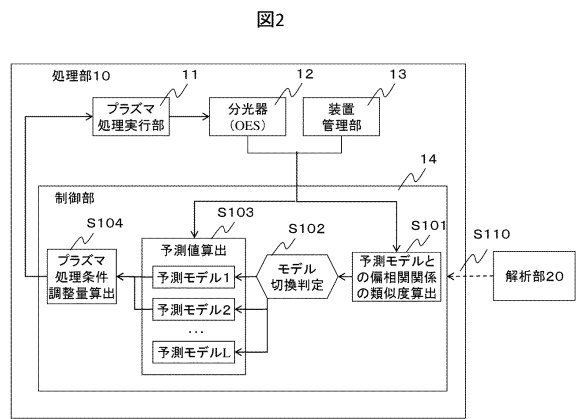
3 3 処理結果取得部

40

【図面】
【図 1】



【図 2】



【図 3】

図3

予測モデルテーブル 16a

予測モデルID	説明変数	計算式
予測モデル1	x3, x5	$0.12 + 0.32 * x3 + 0.15 * x5$
予測モデル2	X2, x3, X7	$0.16 + 0.22 * X2 + 0.25 * x3 + 0.18 * X7$
...

【図 4】

図4

予測モデル切替条件テーブル 17a

17b 切替モニタ変数	17c 予測モデルID	17d 偏相関係数																									
x3, x5, X2, X7	予測モデル1	<table><tr><td></td><td>x3</td><td>x5</td><td>X2</td><td>X7</td></tr><tr><td>x3</td><td>1</td><td>0.5</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>x5</td><td>0.5</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>X7</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>		x3	x5	X2	X7	x3	1	0.5	0	0	x5	0.5	1	0	0	X2	0	0	1	0	X7	0	0	0	1
		x3	x5	X2	X7																						
x3	1	0.5	0	0																							
x5	0.5	1	0	0																							
X2	0	0	1	0																							
X7	0	0	0	1																							
	予測モデル2	<table><tr><td></td><td>x3</td><td>x5</td><td>X2</td><td>X7</td></tr><tr><td>x3</td><td>1</td><td>0</td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr><tr><td>x5</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X2</td><td>0.3</td><td>0</td><td>1</td><td>0.2</td></tr><tr><td>X7</td><td>0.1</td><td>0</td><td>0.2</td><td>1</td></tr></table>		x3	x5	X2	X7	x3	1	0	0.3	0.1	x5	0	1	0	0	X2	0.3	0	1	0.2	X7	0.1	0	0.2	1
	x3	x5	X2	X7																							
x3	1	0	0.3	0.1																							
x5	0	1	0	0																							
X2	0.3	0	1	0.2																							
X7	0.1	0	0.2	1																							
																									

10

20

30

40

50

【図 5】

図5

D100

APCの設定

APCを行う予測モデルを設定し、実行を指示してください。

D101

予測モデル切替条件

切替モニタ変数	予測モデルID	偏相関関係																									
x3, x5, X2, X7	予測モデル1	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>x3</th><th>x5</th><th>X2</th><th>X7</th></tr></thead><tbody><tr><td>x3</td><td>1</td><td>0.5</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>x5</td><td>0.5</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>X7</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></tbody></table>		x3	x5	X2	X7	x3	1	0.5	0	0	x5	0.5	1	0	0	X2	0	0	1	0	X7	0	0	0	1
			x3	x5	X2	X7																					
		x3	1	0.5	0	0																					
		x5	0.5	1	0	0																					
X2	0	0	1	0																							
X7	0	0	0	1																							
予測モデル2	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>x3</th><th>x5</th><th>X2</th><th>X7</th></tr></thead><tbody><tr><td>x3</td><td>1</td><td>0</td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr><tr><td>x5</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X2</td><td>0.3</td><td>0</td><td>1</td><td>0.2</td></tr><tr><td>X7</td><td>0.1</td><td>0</td><td>0.2</td><td>1</td></tr></tbody></table>		x3	x5	X2	X7	x3	1	0	0.3	0.1	x5	0	1	0	0	X2	0.3	0	1	0.2	X7	0.1	0	0.2	1	
		x3	x5	X2	X7																						
	x3	1	0	0.3	0.1																						
	x5	0	1	0	0																						
X2	0.3	0	1	0.2																							
X7	0.1	0	0.2	1																							

D102

予測モデル

予測モデルID	説明変数	計算式
予測モデル1	x3, x5	$0.12 + 0.32 * x3 + 0.15 * x5$
予測モデル2	X2, x3, X7	$0.16 + 0.22 * X2 + 0.25 * x3 + 0.18 * X7$

D103

予測実行

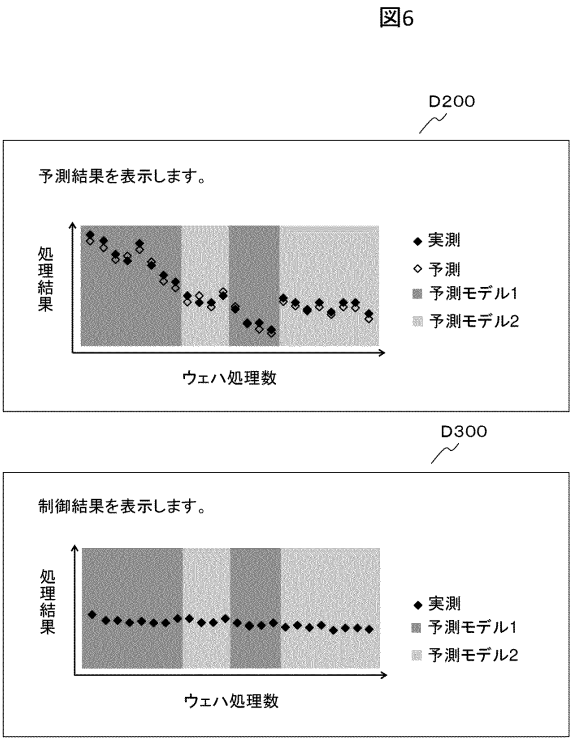
Yes No

D104

APC実行

Yes No

【図 6】



【図 7】

図7

ウェハID	23a 発光データ			23b 装置データ				23c 処理結果
	x1	...	xk	X1	X2	...	Xn	
W1	80.6	...	79.0	102	L1	...	35	1.8
W2	79.5	...	79.4	130	L1	...	48	1.9
...
W480	81.5	...	80.5	201	L20	...	92	2.5

【図 8】

図8

D300

処理履歴の解析結果

D301

処理履歴を用いたシミュレーションによる予測結果

処理結果

ウェハ処理数

◆ 実測
◇ 予測
■ 予測モデル1
● 予測モデル2

D302

予測モデル

予測モデルID	説明変数	計算式	予測誤差
予測モデル1	x3, x5	$0.12 + 0.32 * x3 + 0.15 * x5$	0.15
予測モデル2	X2, x3, X7	$0.16 + 0.22 * X2 + 0.25 * x3 + 0.18 * X7$	0.13

D303

予測モデル切替条件

切替モニタ変数	予測モデルID	偏相関関係																									
x3, x5, X2, X7	予測モデル1	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>x3</th><th>x5</th><th>X2</th><th>X7</th></tr></thead><tbody><tr><td>x3</td><td>1</td><td>0.5</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>x5</td><td>0.5</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>X7</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></tbody></table>		x3	x5	X2	X7	x3	1	0.5	0	0	x5	0.5	1	0	0	X2	0	0	1	0	X7	0	0	0	1
			x3	x5	X2	X7																					
		x3	1	0.5	0	0																					
		x5	0.5	1	0	0																					
X2	0	0	1	0																							
X7	0	0	0	1																							
予測モデル2	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>x3</th><th>x5</th><th>X2</th><th>X7</th></tr></thead><tbody><tr><td>x3</td><td>1</td><td>0</td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr><tr><td>x5</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X2</td><td>0.3</td><td>0</td><td>1</td><td>0.2</td></tr><tr><td>X7</td><td>0.1</td><td>0</td><td>0.2</td><td>1</td></tr></tbody></table>		x3	x5	X2	X7	x3	1	0	0.3	0.1	x5	0	1	0	0	X2	0.3	0	1	0.2	X7	0.1	0	0.2	1	
		x3	x5	X2	X7																						
	x3	1	0	0.3	0.1																						
	x5	0	1	0	0																						
X2	0.3	0	1	0.2																							
X7	0.1	0	0.2	1																							

D304

D305

本予測モデルと切替条件を保存しますか？

Yes No

10

20

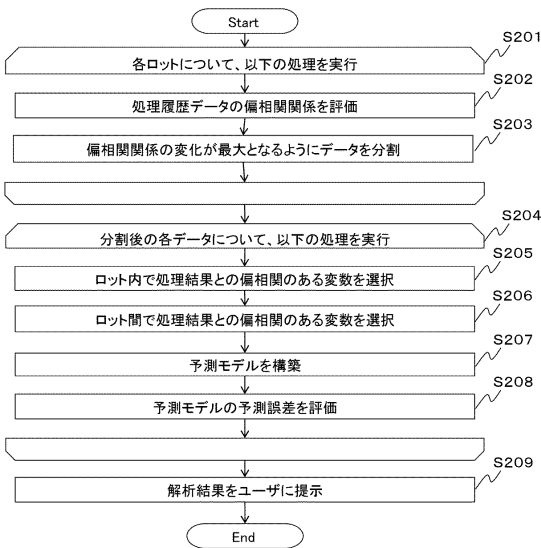
30

40

50

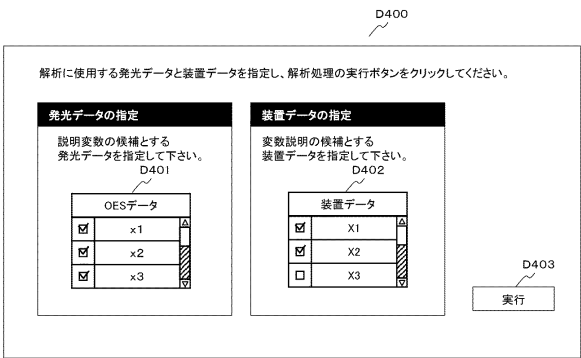
【図 9】

図9



【図 1 0】

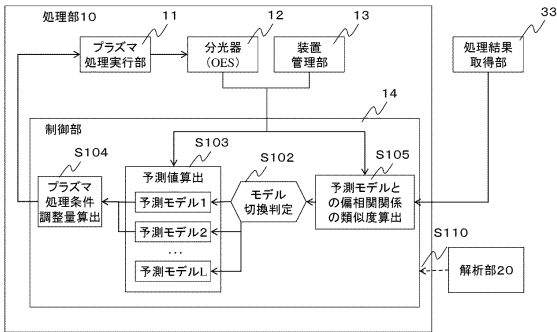
図10



10

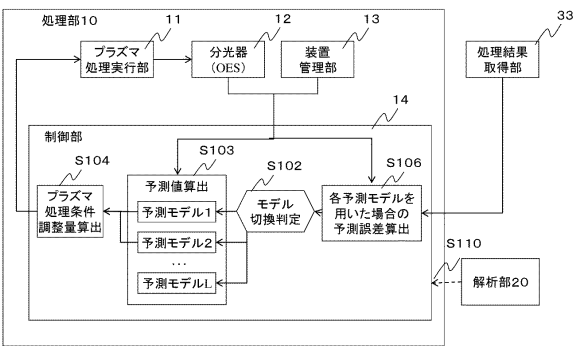
【図 1 1 A】

図11A



【図 1 1 B】

図11B



30

40

50

フロントページの続き

東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

審査官 後藤 大思

(56)参考文献 国際公開第 2 0 0 7 / 0 6 6 4 0 4 (W O , A 1)

特開 2 0 0 9 - 0 4 9 3 8 2 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 8 1 4 6 1 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 0 1 0 3 7 0 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 5 H 1 / 0 0 - 1 / 5 4

H 0 1 L 2 1 / 3 0 2 - 2 1 / 3 0 2 , 4 0 0

2 1 / 4 6 1