(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年12月8日(08.12.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/255030 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01) *G01R 31/28* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/019630

(22) 国際出願日： 2022年5月9日(09.05.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-094056 2021年6月4日(04.06.2021) JP

(71) 出願人：株式会社東京精密(**TOKYO SEIMITSU CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1928515 東京都八王子市石川町２９６８－２ Tokyo (JP).

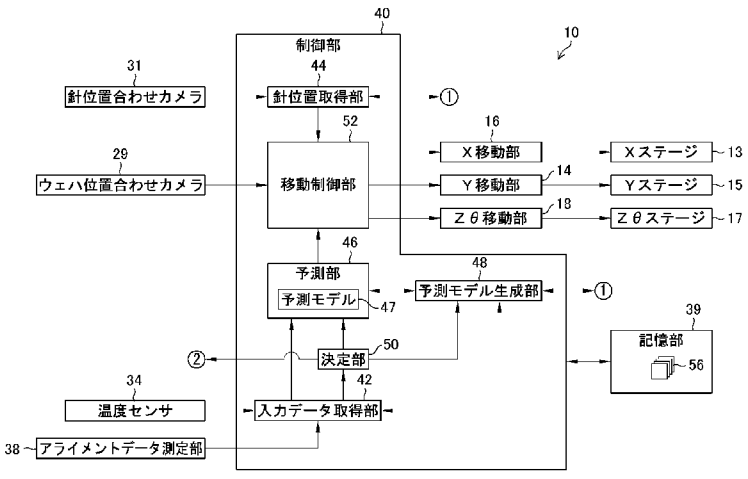
(72) 発明者： 吉 田 徹 夫 (**YOSHIDA, Tetsuo**); 〒1928515 東京都八王子市石川町２９６８－２ 株式会社東京精密内 Tokyo (JP). 大竹 俊輔 (**OTAKE, Shunsuke**); 〒1928515 東京都八王子市石川町２９６８－２ 株式会社東京精密内 Tokyo (JP). 松岡 達也(**MATSUOKA, Tatsuya**); 〒1928515 東京都八王子市石川町２９６８－２ 株式会社東京精密内 Tokyo (JP).

(74) 代理人： 松 浦 憲 三 (**MATSUURA, Kenzo**); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目６番１号 新宿住友ビル２３階 新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)： AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) **Title:** PROBER CONTROL DEVICE, PROBER CONTROL METHOD, AND PROBER

(54) 発明の名称： プローバ制御装置、プローバ制御方法、及びプローバ



13 X stage
14 Y movement unit
15 Y stage
16 X movement unit
17 Z stage
18 Z movement unit
29 Wafer alignment camera
31 Needle alignment camera
34 Temperature sensor
38 Alignment data measurement unit
39 Storage unit
40 Control unit
42 Input data acquisition unit
44 Needle position acquisition unit
46 Prediction unit
47 Prediction model
48 Prediction model generation unit
50 Determination unit
52 Movement control unit

(57) **Abstract:** Provided are a prober control device, a prober control method, and a prober that enable more accurate prediction of the position of a probe needle tip. The prober control device for bringing a probe needle into contact with a semiconductor chip comprises: an input data acquisition unit that acquires input data including temperature data of a probe card and/or a card holder; a prediction unit that, on the basis of the input data acquired by the input data acquisition unit, predicts the position of a probe needle tip by using a prediction model that takes the input data as input and outputs the probe needle tip position; and a determination unit that, prior to the prediction by the prediction unit, determines whether

WO 2022/255030 A1

［続葉有］

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

the prediction unit is to execute prediction on the basis of input data used as training data in machine learning of the prediction model, and the input data acquired by the input data acquisition unit.

(57) 要約：プローブ針の先端位置をより正確に予測することが可能なプローバ制御装置、プローバ制御方法、及びプローバを提供する。プローブ針を半導体チップに接触させるプローバ制御装置において、プローブカード及びカードホルダの少なくとも一方の温度データを含む入力データを取得する入力データ取得部と、入力データ取得部が取得した入力データに基づき、入力データを入力とし且つプローブ針の先端位置を出力とする予測モデルを用いて、プローブ針の先端位置を予測する予測部と、予測部の予測前に、予測モデルの機械学習に教師データとして用いられた入力データと、入力データ取得部が取得した入力データとに基づき、予測部による予測の実行の可否を決定する決定部と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ：

プローバ制御装置、プローバ制御方法、及びプローバ

技術分野

[0001] 本発明は、ウェーハに形成された半導体チップの電気的特性の検査に用いられるプローバのプローバ制御装置、プローバ制御方法、及びプローバに関する。

背景技術

[0002] ウェーハの表面には、同一の電気素子回路を有する複数の半導体チップが形成されている。各半導体チップは、ダイサーで個々に切断される前に、ウェーハテストシステムにより電気的特性が検査される。このウェーハテストシステムは、プローバとテスタとを備える（特許文献１から特許文献４参照）。

[0003] プローバは、ウェーハをウェーハチャック上に保持した状態で、プローブ針を有するプローブカードとウェーハチャックとを相対移動させることにより、半導体チップの電極パッドにプローブ針を電気的に接触（コンタクト）させる。テスタは、プローブ針に接続された端子を介して、半導体チップに各種の試験信号を供給すると共に、半導体チップから出力される信号を受信及び解析して半導体チップが正常に動作するか否かをテストする。

[0004] 半導体チップは広い用途に使用されており、広い温度範囲で使用される。そのため、半導体チップの検査は、例えば室温（常温）、高温、及び低温で行う必要がある。このため、プローバのウェーハチャックには、例えばヒータ機構、チラー機構、ヒートポンプ機構などの温度調整部を設けられており、この温度調整部によってウェーハチャック上に保持されているウェーハが加熱又は冷却される。

[0005] この際に、プローバのウェーハチャック以外の各部の温度もウェーハチャックの温度に近づくように徐々に変化する。このため、各部が加熱による熱

膨張又は冷却により収縮することによって変形し、この変形に伴いプローブ針と半導体チップとの相対位置も変化する。その結果、半導体チップの検査を行うためにプローブ針とウェーハとを相対移動させた際に、プローブ針が半導体チップに正しく接触しないプロービングミスが生じるおそれがある。

[0006] そこで、特許文献１には、プローブ針を有するプローブカードに温度センサを取り付け、この温度センサの測定結果に基づき、プローブ針と半導体チップとを接触させる際のウェーハチャックの高さ位置を補正するプローバが開示されている。この特許文献１に記載のプローバでは、プローブカードの温度とプローブ針の高さ方向の変位量との関係を予め求めておくことで、温度センサの測定結果からウェーハチャックの高さ位置の補正量を求めることができる。

[0007] 特許文献２には、プローブカード及びＸ方向移動ステージに温度センサを設け、温度センサの測定結果に基づきプローバの所定部位の温度が安定している状態でプローブ針を半導体チップに接触させるプローバが開示されている。この特許文献２に記載のプローバによれば、ウェーハ及びプローブカード等を予め加熱するプリヒート時間を短縮することができる。

[0008] 特許文献３には、ウェーハチャック、プローブカードを保持するカードホルダ、及びカードホルダを保持するヘッドステージにそれぞれ温度センサを取り付け、各温度センサの測定結果に基づき、プローブ針と半導体チップとの接触位置を補正するプローバが開示されている。この特許文献３のプローバでは、ウェーハチャック、及びカードホルダの各温度とプローブ針の位置との関係を予め求めることで、各温度の変化に伴うプローブ針の位置変化を示す予測モデルを生成する。これにより、特許文献３のプローバは、各温度センサの温度測定結果に基づき、予測モデルを参照することで、プローブ針と半導体チップとの接触位置を補正することができる。

[0009] 特許文献４には、プローブカード及びカードホルダの双方の温度測定を行い、双方の温度測定結果に基づき、双方の温度と、双方の熱変形により変位したプローブ針の先端位置との関係を示す予測モデルを参照して、プローブ

針の先端位置を予測するプローバが開示されている。この特許文献４に記載のプローバによれば、プローブ針を半導体チップに効率良く安定して接触させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開２００６－１７３２０６号公報

特許文献2：特開２００５－２２８７８８号公報

特許文献3：特開２００７－３１１３８９号公報

特許文献4：特開２０１８－１１７０９５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 上記特許文献３及び特許文献４に記載のプローバでは予測モデルを予め生成しているが、ウェーハチャックが温度変化した直後などのようにプローバ内の温度が安定しない状態で予測モデルが生成された場合には、予測モデルによるプローブ針の先端位置の予測値とプローブ針の先端位置の実測値との間に乖離が生じる。その結果、プロービングミスが発生するおそれがある。従って、この場合には、プローバ内の温度が安定するまで予測モデルの生成（学習）を長時間続ける必要がある。

[0012] また、プローバ内の温度が安定した状態で生成された予測モデルを用いたとしても、長時間の経過によって温度センサのドリフトが発生したり、或いはプローバ内で温度測定していない箇所の温度変動に伴うプローブ針の先端位置の変位が発生したりした場合には、プローブ針の先端位置の予測値と実測値との間に乖離が生じてしまうおそれがある。

[0013] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、プローブ針の先端位置をより正確に予測することが可能なプローバ制御装置、プローバ制御方法、及びプローバ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

[0014] 本発明の目的を達成するためのプローバ制御装置は、複数の半導体チップが形成されたウェーハを保持するウェーハチャックと、プローブ針を有するプローブカードと、プローブカードの外周を保持して、プローブカードをウェーハに対向させるカードホルダと、ウェーハチャックをプローブ針に対して相対移動させる相対移動部と、を備えるプローバの相対移動部を駆動してプローブ針を半導体チップに接触させるプローバ制御装置において、プローブカード及びカードホルダの少なくとも一方の温度データを含む入力データを取得する入力データ取得部と、入力データ取得部が取得した入力データに基づき、入力データを入力とし且つプローブ針の先端位置を出力とする予測モデルを用いて、プローブ針の先端位置を予測する予測部と、予測部の予測前に、予測モデルの機械学習に教師データとして用いられた入力データと、入力データ取得部が取得した入力データとに基づき、予測部による予測の実行の可否を決定する決定部と、を備える。

[0015] このプローバ制御装置によれば、予測部による予測前に、この予測に用いられる予測モデルが現在の入力データに基づいて正確なプローブ針の先端位置を予測可能であるか否かを判定することができる。

[0016] 本発明の他の態様に係るプローバ制御装置において、決定部は、入力データのパラメータごとに、入力データ取得部が取得した入力データと教師データとして用いられた入力データとの差分を演算する処理と、パラメータごとに差分の二乗和平方根を演算して、パラメータごとの差分の二乗和平方根の中で、予め定められた一定範囲内になるものが少なくとも１つあるか否かに基づき、予測部による予測の実行の可否を判定する処理と、を行う。

[0017] 本発明の他の態様に係るプローバ制御装置において、決定部が否と決定した場合に、プローブ針の先端位置を取得する針位置取得部と、入力データ取得部が取得した入力データと針位置取得部が取得したプローブ針の先端位置とを加えた教師データを用いて、予測モデルを再学習させる再学習部と、を備え、決定部が可と決定するまで、針位置取得部と再学習部と入力データ取得部と決定部とが繰り返し作動する。これにより、プローブ針の先端位置を

正確に予測することができる。

[0018] 本発明の他の態様に係るプローバ制御装置において、再学習部が、教師データの中から最も古い入力データ及び入力データに対応するプローブ針の先端位置を除外してから、教師データに基づき予測モデルの再学習を実行する。これにより、入力データ取得部（温度センサ）のドリフトの影響を低減させることができる。

[0019] 本発明の他の態様に係るプローバ制御装置において、決定部が可と決定した場合に、予測部がプローブ針の先端位置を予測し、予測部が予測したプローブ針の先端位置に基づき、相対移動部を制御して、半導体チップにプローブ針を接触させる移動制御部を備える。これにより、プローブ針を半導体チップに正しく接触させることができる。

[0020] 本発明の他の態様に係るプローバ制御装置において、入力データ取得部が、入力データとして、温度データの他に、半導体チップのチップサイズと、ウェーハの位置と、半導体チップの検出に用いられる第１カメラ及びプローブ針の検出に用いられる第２カメラの位置関係と、の少なくともいずれか１つを含むアライメントデータを取得する。

[0021] 本発明の目的を達成するためのプローバは、複数の半導体チップが形成されたウェーハを保持するウェーハチャックと、プローブ針を有するプローブカードと、プローブカードの外周を保持して、プローブカードをウェーハに対向させるカードホルダと、ウェーハチャックをプローブ針に対して相対移動させる相対移動部と、上述のプローバ制御装置と、を備える。

[0022] 本発明の目的を達成するためのプローバ制御方法は、複数の半導体チップが形成されたウェーハを保持するウェーハチャックと、プローブ針を有するプローブカードと、プローブカードの外周を保持して、プローブカードをウェーハに対向させるカードホルダと、ウェーハチャックをプローブ針に対して相対移動させる相対移動部と、を備えるプローバの相対移動部を駆動してプローブ針を半導体チップに接触させるプローバ制御方法において、プローブカード及びカードホルダの少なくとも一方の温度データを含む入力データ

を取得する入力データ取得ステップと、入力データ取得ステップで取得した入力データに基づき、入力データを入力とし且つプローブ針の先端位置を出力とする予測モデルを用いて、プローブ針の先端位置を予測する予測ステップと、予測ステップの前に、予測モデルの機械学習に教師データとして用いられた入力データと、入力データ取得ステップで取得した入力データとに基づき、予測ステップの実行の可否を決定する決定ステップと、を有する。

発明の効果

[0023] 本発明は、プローブ針の先端位置をより正確に予測することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]ウェーハに形成された複数の半導体チップの電気的特性を検査するウェーハテストシステムに用いられるプローバの概略図である。

[図2]プローバの外観斜視図である。

[図3]ウェーハチャックに保持されているウェーハの上面図である。

[図4]温度センサによるカードホルダ及びプローブカードの温度測定ポイントの一例を示した説明図である。

[図5]プローバの制御部の機能を示す機能ブロック図である。

[図6]予測モデル生成部による予測モデルの機械学習に用いられる教師データの一例を示した説明図である。

[図7]プローバによる半導体チップへのプローブ針の接触方法の流れを示すフローチャートである。

[図8]決定部による決定及び予測モデルの再学習を実行しない比較例において、プローブ針の先端位置の予測値と実測値とを示したグラフ（符号VIIIA参照）と、プローブ針の先端位置の予測値と実測値との差分値を示したグラフ（符号VIIIB参照）である。

[図9]本実施形態において、プローブ針の先端位置の予測値と実測値とを示したグラフ（符号IXA参照）と、プローブ針の先端位置の予測値と実測値との差分値を示したグラフ（符号IXB参照）である。

発明を実施するための形態

[0025] ［プローバの構成］

図１は、ウェーハＷに形成された複数の半導体チップ９（図３参照）の電気的特性を検査するウェーハテストシステムに用いられるプローバ１０の概略図である。図２はプローバ１０の外観斜視図である。

[0026] 図１及び図２に示すように、プローバ１０は、ベース１２と、Ｙステージ１３と、Ｙ移動部１４と、Ｘステージ１５と、Ｘ移動部１６と、Ｚθステージ１７と、Ｚθ移動部１８と、ウェーハチャック２０と、支柱２３（図２参照）と、ヘッドステージ２４（図２参照）と、カードホルダ２５と、プローブカード２６と、ウェーハ位置合わせカメラ２９と、上下ステージ３０と、針位置合わせカメラ３１と、クリーニング板３２と、温度センサ３４と、を備える。なお、プローバ１０の外観構成は、図１及び図２に示した例に限定されるものではなく、適宜変更可能である。

[0027] ベース１２の上面には、Ｙ移動部１４を介してＹステージ１３がＹ軸方向に移動自在に支持されている。

[0028] Ｙ移動部１４は、例えば、ベース１２の上面に設けられ且つＹ軸に平行なガイドレールと、Ｙステージ１３の下面に設けられ且つガイドレールに係合するスライダと、Ｙステージ１３をＹ軸方向に移動させるモータ等のアクチュエータと、を備える。このＹ移動部１４は、ベース１２上でＹステージ１３をＹ軸方向に移動させる。

[0029] Ｙステージ１３の上面には、Ｘ移動部１６を介してＸステージ１５がＸ軸方向に移動自在に支持されている。Ｘ移動部１６は、例えば、Ｙステージ１３の上面に設けられ且つＸ軸に平行なガイドレールと、Ｘステージ１５の下面に設けられ且つガイドレールに係合するスライダと、Ｘステージ１５をＸ軸方向に移動させるモータ等のアクチュエータと、を備える。このＸ移動部１６は、Ｙステージ１３上でＸステージ１５をＸ軸方向に移動させる。

[0030] Ｘステージ１５の上面には、Ｚθステージ１７及び上下ステージ３０が設けられている。Ｚθステージ１７にはＺθ移動部１８が設けられている。また、Ｚθステージ１７の上面には、Ｚθ移動部１８を介してウェーハチャッ

ク２０が保持されている。

[0031] Ｚθ移動部１８は、例えば、Ｚθステージ１７をＺ軸方向（上下方向）に移動させる昇降機構と、Ｚθステージ１７をＺ軸の軸周りに回転させる回転機構とを有する。このため、Ｚθ移動部１８は、Ｚθステージ１７の上面に保持されているウェーハチャック２０をＺ軸方向に移動させると共に、Ｚ軸周りに回転させる。

[0032] ウェーハチャック２０の上面には、真空吸着等の各種保持方法によりウェーハＷが保持される。また、ウェーハチャック２０には、ウェーハＷの温度調整を行うための温度調整部２０ａが設けられている。この温度調整部２０ａとしては、例えばヒータ機構、チラー機構、及びヒートポンプ機構などの公知の機構が用いられる。温度調整部２０ａは、ウェーハチャック２０に保持されているウェーハＷの温度を調整する。

[0033] ウェーハチャック２０は、既述のＹステージ１３とＹ移動部１４とＸステージ１５とＸ移動部１６とＺθステージ１７とＺθ移動部１８とを介して、ＸＹＺ軸方向に移動自在に支持されている共に、Ｚ軸の軸周りに回転自在に支持されている。これにより、ウェーハチャック２０に保持されているウェーハＷと、後述のプローブ針３５とを相対移動させることができる。すなわち、Ｙステージ１３及びＹ移動部１４と、Ｘステージ１５及びＸ移動部１６と、Ｚθステージ１７及びＺθ移動部１８とは、本発明の相対移動部として機能する。

[0034] 図３は、ウェーハチャック２０に保持されているウェーハＷの上面図である。図３に示すように、ウェーハＷには複数の半導体チップ９が形成されている。また、各半導体チップ９には、複数の電極パッド９ａが形成されている。

[0035] 図１及び図２に戻って、支柱２３は、ベース１２の上面に設けられており、Ｙステージ１３、Ｘステージ１５、及びＺθステージ１７（以下、単に各ステージ１３，１５，１７という）の上方位置において、ヘッドステージ２４を支持する。これにより、ヘッドステージ２４が支柱２３を介してベース

１２上に固定される。

[0036] ヘッドステージ２４の中央部には、カードホルダ２５が保持される。カードホルダ２５にはプローブカード２６の外周を保持する保持穴２５ａが形成され、この保持穴２５ａにプローブカード２６が保持される。これにより、プローブカード２６が、ヘッドステージ２４及びカードホルダ２５を介して、ウェーハWに対向する位置に保持される。

[0037] プローブカード２６は、検査対象の半導体チップ９の電極パッド９ａの配置等に応じて配置されたプローブ針３５を有している。これらカードホルダ２５及びプローブカード２６は、半導体チップ９の種類に応じて交換される。

[0038] プローブカード２６には、プローブ針３５に電気的に接続された不図示の接続端子が設けられており、この接続端子には不図示のテスタが接続される。テスタは、プローブカード２６の接続端子、及びプローブ針３５を介して、半導体チップ９の電極パッド９ａに各種の試験信号を供給すると共に、電極パッド９ａから出力される信号を受信及び解析して半導体チップ９が正常に動作するか否かをテストする。なお、テスタの構成及びテスト方法は公知技術であるので詳細な説明は省略する。

[0039] ウェーハ位置合わせカメラ２９は、本発明の第１カメラに相当するものであり、ウェーハチャック２０に保持されているウェーハWの半導体チップ９を撮影する。このウェーハ位置合わせカメラ２９にて撮影された撮影画像に基づき、検査対象の半導体チップ９の電極パッド９ａの位置を検出可能である。なお、ウェーハ位置合わせカメラ２９の設置位置及び構造については特に限定されないが、本実施形態では、特開２００３－３０３８６５号公報に開示されているように、後述の針位置合わせカメラ３１との間の相対距離を測定可能な設置位置及び構造（スポット光の照射光学系）が採用されている。

[0040] 上下ステージ３０には、ヘッドステージ２４等に略対向する位置に針位置合わせカメラ３１及びクリーニング板３２が設けられている。また、この上

下ステージ３０は、Ｚ軸方向に移動自在な昇降機構（不図示）を有しており、針位置合わせカメラ３１及びクリーニング板３２のＺ軸方向位置を調整可能である。なお、針位置合わせカメラ３１及びクリーニング板３２は、Ｙステージ１３及びＹ移動部１４と、Ｘステージ１５及びＸ移動部１６と、上下ステージ３０と、を介して、ＸＹＺ軸方向に移動自在に支持されている。これにより、針位置合わせカメラ３１及びクリーニング板３２と、プローブ針３５とを相対移動可能である。

[0041] 針位置合わせカメラ３１は、本発明の第２カメラに相当するものであり、プローブカード２６のプローブ針３５を撮影する。この針位置合わせカメラ３１にて撮影されたプローブ針３５の撮影画像に基づき、プローブ針３５の位置を検出可能である。具体的には、プローブ針３５の先端位置のＸＹ座標は針位置合わせカメラ３１の位置座標から検出され、プローブ針３５の先端位置のＺ座標は針位置合わせカメラ３１の焦点位置から検出される。

[0042] 上記構成のプローバ１０でウェーハＷの半導体チップ９の検査を行う場合には、プローブカード２６を交換するごと或いは所定個数の半導体チップ９を検査するごとに、各ステージ１３，１５，１７を駆動して針位置合わせカメラ３１をプローブ針３５の撮影位置に相対移動させた後、針位置合わせカメラ３１でプローブ針３５を撮影する。この針位置合わせカメラ３１の撮影画像に基づき、既述の通りプローブ針３５の先端位置を検出する。

[0043] また、ウェーハチャック２０に検査対象のウェーハＷを保持させた状態で、各ステージ１３，１５，１７を駆動してウェーハ位置合わせカメラ２９をウェーハＷの撮影位置に相対移動させた後、ウェーハ位置合わせカメラ２９でウェーハＷの半導体チップ９を撮影する。このウェーハ位置合わせカメラ２９の撮影画像に基づき、検査対象の半導体チップ９の電極パッド９ａの位置を検出する。

[0044] そして、各ステージ１３，１５，１７を駆動して、プローブ針３５を最初に検査する半導体チップ９の電極パッド９ａに電気的に接触させる。この状態で不図示のテスタにより最初に検査する半導体チップ９の検査が実行され

る。以下同様に検査対象の残りの半導体チップ９の検査が実行される。なお、半導体チップ９の具体的な検査方法は、公知技術であるのでここでは具体的な説明は省略する（例えば特許文献４参照）。

[0045] 温度センサ３４は、カードホルダ２５及びプローブカード２６の各々の下面に対向する位置、例えばＺθステージ１７の側面と上下ステージ３０の側面とにそれぞれ設けられている。従って、各温度センサ３４は、各ステージ１３，１５，１７，３０によって、カードホルダ２５及びプローブカード２６に対して相対移動自在に保持されている。

[0046] 温度センサ３４は、例えば放射エネルギー検出方式を用いた非接触式の温度センサであり、カードホルダ２５及びプローブカード２６の温度を非接触で測定する。カードホルダ２５及びプローブカード２６はウェーハチャック２０の温度の影響を受けて熱変形し、この熱変形に伴いプローブ針３５の先端位置が変位する。このため、温度センサ３４によりカードホルダ２５及びプローブカード２６の温度を測定することで、プローブ針３５の先端位置［変位（変位方向、変位量）］を予測可能である（上記特許文献４参照）。

[0047] 図４は、温度センサ３４によるカードホルダ２５及びプローブカード２６の温度測定ポイントの一例を示した説明図である。なお、図４では、プローブ針３５の図示は省略している。図４に示すように、温度センサ３４は、カードホルダ２５及びプローブカード２６の双方の温度分布を検出するために、プローブカード２６内の複数の温度測定ポイントＰ１～Ｐ５と、カードホルダ２５内の複数の温度測定ポイントＰ６～Ｐ１３と、を含む双方の複数箇所の温度を測定する。なお、図４中の各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３は例示であり、その位置及び数は適宜変更してもよい。

[0048] 温度センサ３４は、後述の制御部４０（図５参照）の制御の下、各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度測定を行い、その温度測定結果である温度データを制御部４０へ出力する。なお、各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度測定時には、温度センサ３４が各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度を測定可能な位置に配置されるように、後述の制御部４０の制御の下で各ステ

ージ１３，１５，１７，３０の駆動される、すなわちカードホルダ２５及びプローブカード２６に対して温度センサ３４が相対移動される。これにより、各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度の定点測定が可能となる。

[0049] ＜制御部の機能＞

図５は、プローバ１０の制御部４０の機能を示す機能ブロック図である。なお、図５では、制御部４０の各機能の中でプローブ針３５とウェーハＷ（半導体チップ９の電極パッド９ａ）との接触制御に係る機能のみを図示し、他の機能については公知技術であるため図示を省略している。

[0050] 図５に示すように、制御部４０は、本発明のプローバ制御装置に相当するものであり、プローバ１０の各部を統括制御する。なお、制御部４０は、プローバ１０の本体に内蔵されていてもよいし、或いはこの本体と別体に設けられていてもよい。

[0051] 制御部４０は、例えばパーソナルコンピュータのような演算装置により構成され、各種のプロセッサ（Processor）及びメモリ等から構成された演算回路を備える。各種のプロセッサには、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、及びプログラマブル論理デバイス［例えばＳＰＬＤ（Simple Programmable Logic Devices）、ＣＰＬＤ（Complex Programmable Logic Device）、及びＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Arrays）］等が含まれる。なお、制御部４０の各種機能は、１つのプロセッサにより実現されてもよいし、同種または異種の複数のプロセッサで実現されてもよい。

[0052] また、制御部４０には、各種の通信インタフェース（不図示）を介して、既述のウェーハ位置合わせカメラ２９、針位置合わせカメラ３１、及び温度センサ３４等が接続されている他、アライメントデータ測定部３８及び記憶部３９が接続されている。

[0053] アライメントデータ測定部３８は、ウェーハ位置合わせカメラ２９及び針位置合わせカメラ３１等を制御して、アライメントデータを測定する。アライメントデータは、既述の温度データと共に、プローブ針３５の先端位置（

変位）の予測に用いられるデータである。このアライメントデータには、例えば、検査対象の半導体チップ９の３次元のチップサイズと、ウェーハWの３次元の位置と、ウェーハ位置合わせカメラ２９及び針位置合わせカメラ３１の間の３次元の相対距離（以下、カメラ相対距離と略す）と、が含まれる。なお、カメラ相対距離は、ウェーハ位置合わせカメラ２９及び針位置合わせカメラ３１の位置関係を示す。

[0054] 具体的にはアライメントデータ測定部３８は、ウェーハ位置合わせカメラ２９で撮影されたウェーハW（半導体チップ９）の撮影画像に基づき、半導体チップ９のチップサイズ（膨張量）を測定する。また、アライメントデータ測定部３８は、ウェーハ位置合わせカメラ２９で撮影された半導体チップ９の特定パターン（図示は省略）の撮影画像に基づき、ウェーハWの位置を測定する。さらに、アライメントデータ測定部３８は、特開２００３－３０３８６５号公報に開示されているように、ウェーハ位置合わせカメラ２９と、針位置合わせカメラ３１と、スポット光を照射する光学系（図示は省略）と、を用いてカメラ相対距離を測定する。そして、アライメントデータ測定部３８は、半導体チップ９のチップサイズ、ウェーハWの位置、及びカメラ相対距離を含むアライメントデータを、制御部４０へ出力する。

[0055] 記憶部３９には、制御部４０を動作させる制御プログラム（図示は省略）及びプローバ１０による半導体チップ９の検査結果の他に、後述の予測モデル４７の機械学習に用いられた教師データ５６（訓練データともいう）が格納されている。

[0056] 制御部４０は、ウェーハW内の検査対象の半導体チップ９の検査時には、記憶部３９から読み出した不図示の制御プログラムを実行することにより、入力データ取得部４２、針位置取得部４４、予測部４６、予測モデル生成部４８、決定部５０、及び移動制御部５２として機能する。

[0057] 入力データ取得部４２は、検査対象の半導体チップ９にプローブ針３５を接触させる接触制御前（以下、単に接触制御前と略す）と、後述の予測モデル４７の生成前及び再学習前とにおいて、温度センサ３４による各温度測定

ポイントＰ１～Ｐ１３の温度測定と、アライメントデータ測定部３８によるアライメントデータの測定と、を実行させる。これにより、入力データ取得部４２は、上述の各タイミングにおいて、温度センサ３４からの各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度データと、アライメントデータ測定部３８からのアライメントデータと、を含む入力データを取得する。

[0058] また、入力データ取得部４２は、接触制御前に取得した入力データを後述の予測部４６及び決定部５０へ出力し、予測モデル４７の生成前及び再学習前に取得した入力データを後述の予測モデル生成部４８へ出力する。

[0059] 針位置取得部４４は、プローブカード２６の交換後、所定個数の半導体チップ９の検査後、及び後述の予測モデル４７の生成前及び再学習前において、針位置合わせカメラ３１によるプローブ針３５の撮影を実行させて針位置合わせカメラ３１からプローブ針３５の撮影画像を取得し、この撮影画像に基づきプローブ針３５の先端位置を取得する。

[0060] また、針位置取得部４４は、予測モデル４７の生成前及び再学習前に取得したプローブ針３５の先端位置を後述の予測モデル生成部４８へ出力し、プローブカード２６の交換後等に取得したプローブ針３５の先端位置を後述の移動制御部５２へ出力する。

[0061] 予測部４６は、接触制御前であって且つ後述の決定部５０が予測部４６による予測の実行を「可」と決定した場合に、プローブ針３５の先端位置を予測する。具体的には予測部４６は、入力データ取得部４２が取得した入力データ（各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度データ、アライメントデータ）に基づき、予め生成された後述の予測モデル４７を参照してプローブ針３５の先端位置を予測し、この先端位置の予測結果を移動制御部５２へ出力する。なお、予測モデル４７により予測されるプローブ針３５の先端位置には、針位置取得部４４により取得されたプローブ針３５の先端位置からの変動量（補正量）も含まれる。

[0062] 予測モデル４７は、後述の予測モデル生成部４８によって、重回帰モデル（重回帰式、重回帰分析という）による機械学習（教師あり学習）で生成さ

れた学習済みモデルである。予測モデル４７は、説明変数である複数の入力データ（各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度データ、アライメントデータ）を入力として、目的変数であるプローブ針３５の先端位置の予測値を出力する。

[0063] 予測モデル生成部４８は、製品用のウェーハWの半導体チップ９の検査前に予測モデル４７の生成を行う。最初に予測モデル生成部４８は、製品用のウェーハW或いはこれと同一の試験用（予測モデル作成用）のウェーハWを用いて、教師データ５６（入力データ、アライメントデータ、及びプローブ針３５の先端位置）の測定を行う。

[0064] 図６は、予測モデル生成部４８による予測モデル４７の機械学習に用いられる教師データ５６の一例を示した説明図である。なお、図６では、図面の煩雑化を防止するため、ＸＹＺ方向のうちで一方向（ここではＹ方向）のアライメントデータ、及び一方向のプローブ針３５の先端位置のみを例示している。

[0065] 図６及び既述の図５に示すように、予測モデル生成部４８は、温度センサ３４、アライメントデータ測定部３８、及び後述の移動制御部５２等を制御して、入力データの測定（各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度測定、アライメントデータの測定）を所定時間実行させる。これにより、各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度データＴ１～Ｔ１３が得られる。また、アライメントデータとして、半導体チップ９のチップサイズＤ１（ロット開始時からの変化量）、ウェーハWのウェーハ位置Ｄ２（ロット開始時からの変動量）、及びカメラ相対距離Ｄ３（ロット開始時からの変動量）が得られる。

[0066] 予測モデル生成部４８は、上述の入力データの測定タイミングに合わせて、針位置合わせカメラ３１、針位置取得部４４、及び後述の移動制御部５２等を制御して、プローブ針３５の先端位置の測定を実行させる。これにより、入力データの測定タイミングごとのプローブ針３５の先端位置Ｙ［α］（αは任意の自然数）が得られる。

[0067] このように予測モデル生成部４８は、入力データと、入力データに対応す

るプローブ針３５の先端位置Ｙ［α］と、を含む教師データ５６を複数取得する。なお、詳しくは後述するが、本実施形態では予測モデル４７の再学習を可能にしているため、教師データ５６は予測モデル４７の機械学習に必要な最低限の数だけ取得すればよく、例えば本実施形態では１枚のウェーハＷを用いて教師データ５６の取得を行う。

[0068] 次いで、予測モデル生成部４８は、複数の教師データ５６、すなわち説明変数である入力データ（Ｔ１～Ｔ１３、Ｄ１～Ｄ３）及び目的変数であるプローブ針３５の先端位置Ｙ［α］に基づき、重回帰モデルによる機械学習によって、入力データからプローブ針３５の先端位置を予測するための予測モデル４７を生成する。この予測モデル４７の具体的な生成方法、すなわち重回帰モデルを用いた機械学習のアルゴリズムは公知技術であるので、ここで具体的な説明は省略する。これにより、予測部４６が、現在の入力データから現在のプローブ針３５の先端位置を予測することができる。

[0069] なお、予測モデル４７を生成するための機械学習のアルゴリズムは、重回帰モデルに限定されず、例えば畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional neural network：ＣＮＮ）等の公知の機械学習のアルゴリズムを用いてもよい。

[0070] また、予測モデル生成部４８は、予測モデル４７の機械学習に用いた教師データ５６（入力データだけでも可）を記憶部３９に記憶させる。記憶部３９に記憶された教師データ５６は、後述の決定部５０が行う予測部４６による予測の実行の可否決定に用いられる。

[0071] さらに、予測モデル生成部４８は、詳しくは後述するが、予測モデル４７の生成後であって且つ後述の決定部５０が予測部４６による予測の実行を「否」と決定した場合に作動して、予測モデル４７の再学習を行う。

[0072] 図５に戻って決定部５０は、接触制御前（予測部４６による予測前）に作動して、入力データ取得部４２が取得した現在（最新）の入力データと、記憶部３９内の教師データ５６の入力データと、を比較することで、予測部４６による予測の実行の可否を決定（単に予測可否決定という）する。

[0073] 現在の入力データが予測モデル４７の機械学習に用いられた教師データ５６の入力データから大きく離れていなければ、この予測モデル４７は、現在の入力データに対応する教師データ５６での機械学習を既に済ませた学習済み状態である。このため、予測部４６が現在の入力データに基づき予測モデル４７を用いてプローブ針３５の先端位置を予測した場合に、正確なプローブ針３５の先端位置を予測することができる。

[0074] 一方、現在の入力データが教師データ５６の入力データから大きく外れている場合には、この予測モデル４７は、現在の入力データに対応する教師データ５６で機械学習を行っていない未学習状態である。このため、予測部４６が、この未学習状態の予測モデル４７を用いてプローブ針３５の先端位置の予測を行ったとしても、正確なプローブ針３５の先端位置を予測することができない。

[0075] 従って、決定部５０は、現在の入力データと記憶部３９内の教師データ５６の入力データとを比較して、現在の入力データに対して予測モデル４７が学習済み状態であるのか或いは未学習状態であるのかを判定することで、予測可否決定を行う。

[0076] 最初に決定部５０は、入力データのパラメータ（温度データＴ１～Ｔ１３、チップサイズＤ１、ウェーハ位置Ｄ２、カメラ相対距離Ｄ３）ごとに、現在の入力データと教師データ５６の入力データとの差分を演算する。次いで、決定部５０は、パラメータごとに差分の二乗和平方根を演算してパラメータごとの二乗和平方根の中で一定範囲内（閾値以下）になるものが少なくとも１つあるか否かに基づき、予測モデル４７が学習状態であるのか或いは未学習状態であるのかを判定する。

[0077] 以下、決定部５０による決定方法（判定方法）について具体的に説明する。なお、説明の煩雑化を防止するため、ここでは入力データが温度データＴ１～Ｔ１３のみで構成されているものとして説明を行う。

[0078] 入力データのパラメータ数をｍ個とし、学習済み回数をＮ回とした場合に、学習済みの入力データ（説明変数）は下記の［数１］式で表される。また

、学習済みのプローブ針３５の先端位置Ｙ［α］（目的変数）は下記の［数２］式で表される。そして、重回帰モデルを用いた機械学習のアルゴリズムによって得られる関数、すなわち予測モデル４７は下記の［数３］式で表される。

[0079] [数1]

$$\{X[1],\cdots,X[N]\}=\left\{\begin{pmatrix}X_1[1]\\X_2[1]\\\vdots\\X_m[1]\end{pmatrix},\cdots,\begin{pmatrix}X_1[N]\\X_2[N]\\\vdots\\X_m[N]\end{pmatrix}\right\}$$

[0080] [数2]

$$\{Y[1],\cdots,Y[N]\}$$

[0081] [数3]

$$Y=a_0+\sum_{k=1}^{m}a_kX_k$$

[0082] プローブ針３５の先端位置の予測を行う段階で取得した「現在の入力データ」を下記の［数４］式に示すＸ［Ｔ］で表した場合に、この現在の入力データＸ［Ｔ］と、任意のｓ回目の教師データ５６の入力データであるＸ［ｓ］とのユークリッド距離Ｄ［ｓ］は、下記の［数５］式で表される。

[0083] [数4]

$$X[T]=\begin{pmatrix}X_1[T]\\X_2[T]\\\vdots\\X_m[T]\end{pmatrix}$$

[0084] [数5]

$$D[s]=\sqrt{\sum_{k=1}^{m}(X_K[s]-X_K[T])^2}$$

[0085] 決定部５０は、全てのユークリッド距離Ｄ［ｓ］（ｓ＝１、２、…、Ｎ）について予め定めた閾値$Ｄ_{th}$との比較を行い、閾値$Ｄ_{th}$を下回るユークリッド距離Ｄ［ｓ］が少なくとも１つ存在する場合には、予測モデル４７（［数３］式）が学習済み状態であると判定し、この予測モデル４７による予測の実行を決定する。この場合に既述の予測部４６は、説明変数である現在の入力データＸ［Ｔ］に基づき、［数３］式で示す予測モデル４７を用いて、目的変数であるプローブ針３５の先端位置Ｙ［Ｔ］を予測する。

[0086] 一方、決定部５０は、閾値$Ｄ_{th}$を下回るユークリッド距離Ｄ［ｓ］が１つも存在しない場合には、予測モデル４７が未学習状態であると判定し、この予測モデル４７による予測の実行を否と決定する。この場合に予測モデル生成部４８は、決定部５０からの決定結果の入力を受けて本発明の再学習部として機能することで、予測モデル４７の再学習を実行する。

[0087] 予測モデル生成部４８は、予測モデル４７の再学習を行う場合に、針位置取得部４４及び後述の移動制御部５２等を制御して、現在の入力データＸ［Ｔ］に対応する目的変数であるプローブ針３５の先端位置Ｙ［Ｔ］を取得する。なお、この際に予測モデル生成部４８が、温度センサ３４、アライメントデータ測定部３８、及び移動制御部５２等を制御して、入力データの再測定を実行してもよい。

[0088] 次いで、予測モデル生成部４８は、記憶部３９内の教師データ５６に対して、現在の入力データＸ［Ｔ］及びプローブ針３５の先端位置Ｙ［Ｔ］を加えて新たな教師データ５６を作成する。この際に予測モデル生成部４８は、温度センサ３４のドリフトの影響を低減させるために、下記の［数６］式及び［数７］式に示すように、記憶部３９内の教師データ５６（説明変数、目的変数）から最も古いデータ（Ｘ［１］、Ｙ［１］）を除外することが好ましい。

[0089]

[数6]

$$\{X[2],\cdots,X[N],X[T]\}=\left\{\begin{pmatrix}X_1[2]\\X_2[2]\\\vdots\\X_m[2]\end{pmatrix},\cdots,\begin{pmatrix}X_1[N]\\X_2[N]\\\vdots\\X_m[N]\end{pmatrix},\begin{pmatrix}X_1[T]\\X_2[T]\\\vdots\\X_m[T]\end{pmatrix}\right\}$$

[0090] [数7]

$$\{Y[2],\cdots,Y[N],Y[T]\}$$

[0091] そして、予測モデル生成部４８は、記憶部３９内に記憶されている教師データ５６、すなわち上記［数６］式に示した入力データ（説明変数）及び上記［数７］式に示したプローブ針３５の先端位置（目的変数）に基づき、重回帰モデルによる機械学習を行って予測モデル４７の再学習を行う。これにより、下記［数８］式に示すように、新たな予測モデル４７（関数）が得られる。

[0092] [数8]

$$Y=b_0+\sum_{k=1}^{m}b_kX_k$$

[0093] 予測モデル４７の再学習が完了すると、入力データ取得部４２による入力データの取得が実行された後、決定部５０による予測可否決定が実行される。

[0094] 以下、決定部５０が予測可否決定で可と決定するまで、針位置取得部４４、予測モデル生成部４８、入力データ取得部４２、及び決定部５０が繰り返し作動することで、プローブ針３５の先端位置の取得、記憶部３９内の教師データ５６の更新、予測モデル４７の再学習、入力データの取得、及び予測可否決定が繰り返し実行される。これにより、予測部４６が、常に学習済み状態の予測モデル４７を用いてプローブ針３５の先端位置を予測することができる。

[0095] 移動制御部５２は、Ｙ移動部１４、Ｘ移動部１６、及びＺθ移動部１８を

介して、各ステージ１３，１５，１７の駆動を行う。この移動制御部５２は、ウェーハ位置合わせカメラ２９から入力された撮影画像に基づき、ウェーハチャック２０に保持されているウェーハＷの検査対象の半導体チップ９（電極パッド９ａ）の位置を取得する。また、移動制御部５２は、針位置取得部４４からプローブ針３５の先端位置（プローブカード２６の交換時等に測定された値）を取得する。

[0096] そして、移動制御部５２は、製品用のウェーハＷの検査時には各ステージ１３，１５，１７を駆動して、プローブ針３５に対してウェーハＷを相対移動させることで、プローブ針３５をウェーハＷの検査対象の半導体チップ９に順番に接触させる。この際に、移動制御部５２は、予測部４６によるプローブ針３５の先端位置の予測結果に基づき、各ステージ１３，１５，１７を駆動して、検査対象の半導体チップ９ごとに、半導体チップ９に対するプローブ針３５の接触位置の補正を行う。これにより、カードホルダ２５及びプローブカード２６の熱変形等によりプローブ針３５の先端位置が変位したとしても、この変位後の先端位置に対応した補正後の各接触位置でプローブ針３５を検査対象の半導体チップ９に接触させることができる。

[0097] ［本実施形態の作用］

図７は、本発明のプローバ制御方法に相当する、上記構成のプローバ１０による半導体チップ９へのプローブ針３５の接触方法の流れを示すフローチャートである。なお、予測モデル４７が予め生成されており且つその機械学習に用いられた教師データ５６が記憶部３９に記憶され、さらに針位置取得部４４によるプローブ針３５の先端位置の取得も行われているものとして説明を行う。

[0098] 製品用のウェーハＷがウェーハチャック２０に保持されると、ウェーハ位置合わせカメラ２９によるウェーハＷの半導体チップ９の撮影が実行される。そして、移動制御部５２が、ウェーハ位置合わせカメラ２９により撮影された撮影画像に基づき、検査対象の半導体チップ９（電極パッド９ａ）の位置を判別する。

[0099] また、入力データ取得部４２が、温度センサ３４による各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度測定と、アライメントデータ測定部３８によるアライメントデータの測定と、を実行させる。これにより、入力データ取得部４２が、各温度測定ポイントＰ１～Ｐ１３の温度データと、アライメントデータと、を含む現在の入力データを取得する（ステップＳ１、本発明の入力データ取得ステップに相当）。

[0100] 現在の入力データの取得が完了すると、決定部５０が作動して、入力データ取得部４２が取得した現在の入力データと、記憶部３９内の教師データ５６の入力データと、を比較して予測可否決定を行う（ステップＳ２、本発明の決定ステップに相当）。具体的には決定部５０が、上記［数５］式で表されるユークリッド距離Ｄ［ｓ］（ｓ＝１、２、…、Ｎ）の各々と閾値D_{th}とを比較した結果に基づき、予測モデル４７が現在の入力データを学習済み状態であるのか或いは未学習状態であるのかを判定する。

[0101] 決定部５０が予測可否決定で否と決定した場合（ステップＳ３でＮＯ）、予測モデル生成部４８が、針位置取得部４４及び移動制御部５２等を制御して、現在の入力データに対応するプローブ針３５の先端位置を取得する（ステップＳ４）。なお、この際に入力データの再取得を実行してもよい。

[0102] 次いで、予測モデル生成部４８が、上記［数６］式及び［数７］式に示したように、記憶部３９内の教師データ５６に対して、現在の入力データ及びプローブ針３５の先端位置Ｙを加えると共に最も古いデータを除外することにより、教師データ５６の更新を行う（ステップＳ５）。そして、予測モデル生成部４８が、記憶部３９内の新たな教師データ５６に基づき、予測モデル４７の再学習を実行して新たな予測モデル４７を生成する（ステップＳ６）。

[0103] 予測モデル４７の再学習が完了すると、入力データ取得部４２が入力データを再び取得して（ステップＳ２）、この入力データに基づき決定部５０が予測可否決定を行う（ステップＳ３）。以下、決定部５０が予測可否決定で可と決定するまで、ステップＳ４～ステップＳ６、ステップＳ１、及びステ

ップＳ２の処理が繰り返される。

[0104] 決定部５０が予測可否決定で可と決定した場合（ステップＳ３でＹＥＳ）、予測部４６が、直近のステップＳ１で取得した入力データに基づき、予測モデル４７を参照してプローブ針３５の先端位置を予測する（ステップＳ７、本発明の予測ステップに相当）。そして、予測部４６は、プローブ針３５の先端位置の予測結果を移動制御部５２へ出力する。

[0105] 次いで、移動制御部５２が、予測部４６から入力されたプローブ針３５の先端位置の予測結果と、先に判別した検査対象の半導体チップ９の位置とに基づき、各ステージ１３，１５，１７の移動を制御して、プローブ針３５を検査対象の半導体チップ９に接触させる（ステップＳ８）。この接触後、不図示のテスタにより半導体チップ９の検査が実行される（ステップＳ９）。

[0106] 以下、残りの検査対象の半導体チップ９についても同様に検査が実行される。この際に、所定個数の半導体チップ９が検査されるごと或いは所定時間が経過するごとに、ステップＳ１からステップＳ７の処理を繰り返し実行してもよい。

[0107] ［本実施形態の効果］

以上のように本実施形態では、決定部５０が、接触制御前に取得された現在の入力データと教師データ５６の入力データとを比較して予測可否決定を行い、この決定部５０が否と決定した場合には予測モデル４７の再学習を実行することで、プローブ針３５の先端位置を従来よりも正確に予測することができる。

[0108] 図８は、決定部５０による決定及び予測モデル４７の再学習を実行しない比較例において、プローブ針３５の先端位置の予測値ＰＶと実測値ＭＶとを示したグラフ（符号VIIIA参照）と、プローブ針３５の先端位置の予測値ＰＶと実測値ＭＶとの差分値を示したグラフ（符号VIIIB参照）である。図９は、本実施形態において、プローブ針３５の先端位置の予測値ＰＶと実測値ＭＶとを示したグラフ（符号IXA参照）と、プローブ針３５の先端位置の予測値ＰＶと実測値ＭＶとの差分値を示したグラフ（符号IXB参照）である。

[0109] なお、図８及び図９のグラフは、ウェーハチャック２０の温度を２００°に設定した状態において、ＸＹＺ方向の中の任意の一方向（ここではＹ方向）におけるプローブ針３５の先端位置の予測値ＰＶ及び実測値ＭＶの時間変化と、その差分値の時間変化と、を示す。また、図８及び図９中の符号ＷＡは、機械学習が行われた機械学習範囲を示す。

[0110] 図８に示すように比較例では、温度センサ３４のドリフトが発生したり、或いはプローバ１０内で温度測定していない箇所の温度変動に伴うプローブ針３５の先端位置の変位が発生したりすることで、機械学習範囲ＷＡ以降でプローブ針３５の先端位置の予測値ＰＶと実測値ＭＶとの間に乖離が生じ、差分値が次第に大きくなることが確認された。

[0111] これに対して図９に示すように、本実施形態では、機械学習範囲ＷＡ以降でも決定部５０による予測可否決定及び予測モデル４７の再学習を実行することで、プローブ針３５の先端位置の予測値ＰＶと実測値ＭＶとがほぼ一致し、差分値が低減することが確認された。これにより、本実施形態では、温度センサ３４のドリフトが発生したり、或いはプローバ１０内で温度測定していない箇所の温度変動に伴うプローブ針３５の先端位置の変位が発生したりした場合であっても、予測モデル４７の再学習が実行されることで、プローブ針の先端位置をより正確に予測することができる。

[0112] また、本実施形態では、予測モデル４７の再学習を可能にすることで、初回の予測モデル４７の生成（機械学習）を長時間続ける必要がなくなるので、予測モデル４７の生成に要する作業を低減させることができる。

[0113] ［その他］

上記実施形態では、予測モデル生成部４８が予測モデル４７の生成及び再学習の両方を行っているが、予測モデル４７の生成はプローバ１０の製造メーカ或いは別のプローバ１０等で行ってもよい。この場合には、予測モデル生成部４８の代わりに予測モデル４７の再学習のみを行う再学習部を制御部４０に設けてもよい。

[0114] 上記実施形態では、決定部５０が上記［数５］式を用いて予測可否決定を

実行しているが、この決定方法は特に限定はされない。例えば、入力データのパラメータごとに、教師データ５６の入力データの最大値と最小値との間（以下、最大最小範囲という）に現在の入力データが含まれるか否かを判定し、全てのパラメータにおいて現在の入力データが最大最小範囲内に含まれるか否かに基づいて予測可否決定を実行してもよい。

[0115] 上記実施形態として、入力データとして、カードホルダ２５及びプローブカード２６の温度データと、アライメントデータとを測定しているが、温度データのみを測定してもよい。また、上記実施形態では、入力データとしてカードホルダ２５及びプローブカード２６の双方の温度データを測定しているが、カードホルダ２５及びプローブカード２６の少なくとも一方の温度データを測定してもよい。さらに、上記実施形態では、アライメントデータとして半導体チップ９のチップサイズ、ウェーハWの位置、及びカメラ相対距離を測定しているが、これらの少なくとも１つを測定してもよい。

[0116] 上記実施形態では、非接触式の温度センサ３４を用いているが、接触式の温度センサ３４を用いてもよい。

符号の説明

[0117] ９　半導体チップ

９ａ　電極パッド

１０　プローバ

１２　ベース

１３　Ｙステージ

１４　Ｙ移動部

１５　Ｘステージ

１６　Ｘ移動部

１７　Ｚθステージ

１８　Ｚθ移動部

２０　ウェーハチャック

２０ａ　温度調整部

２３　支柱

２４　ヘッドステージ

２５　カードホルダ

２５ａ　保持穴

２６　プローブカード

２９　ウェーハ位置合わせカメラ

３０　上下ステージ

３１　針位置合わせカメラ

３２　クリーニング板

３４　温度センサ

３５　プローブ針

３８　アライメントデータ測定部

３９　記憶部

４０　制御部

４２　入力データ取得部

４４　針位置取得部

４６　予測部

４７　予測モデル

４８　予測モデル生成部

５０　決定部

５２　移動制御部

５６　教師データ

Ｄ　ユークリッド距離

Ｄ１　チップサイズ

Ｄ２　ウェーハ位置

Ｄ３　カメラ相対距離

Ｄｔｈ　閾値

ＭＶ　実測値

Ｐ１～Ｐ１３　温度測定ポイント

ＰＶ　予測値

Ｔ１～Ｔ１３　温度データ

Ｗ　ウェーハ

ＷＡ　機械学習範囲

請求の範囲

[請求項1] 複数の半導体チップが形成されたウェーハを保持するウェーハチャックと、プローブ針を有するプローブカードと、前記プローブカードの外周を保持して、前記プローブカードを前記ウェーハに対向させるカードホルダと、前記ウェーハチャックを前記プローブ針に対して相対移動させる相対移動部と、を備えるプローバの前記相対移動部を駆動して前記プローブ針を前記半導体チップに接触させるプローバ制御装置において、

前記プローブカード及び前記カードホルダの少なくとも一方の温度データを含む入力データを取得する入力データ取得部と、

前記入力データ取得部が取得した前記入力データに基づき、前記入力データを入力とし且つ前記プローブ針の先端位置を出力とする予測モデルを用いて、前記プローブ針の先端位置を予測する予測部と、

前記予測部の予測前に、前記予測モデルの機械学習に教師データとして用いられた前記入力データと、前記入力データ取得部が取得した前記入力データとに基づき、前記予測部による予測の実行の可否を決定する決定部と、

を備えるプローバ制御装置。

[請求項2] 前記決定部は、

前記入力データのパラメータごとに、前記入力データ取得部が取得した前記入力データと前記教師データとして用いられた前記入力データとの差分を演算する処理と、

前記パラメータごとに前記差分の二乗和平方根を演算して、前記パラメータごとの前記差分の二乗和平方根の中で、予め定められた一定範囲内になるものが少なくとも１つあるか否かに基づき、前記予測部による予測の実行の可否を判定する処理と、

を行う請求項１に記載のプローバ制御装置。

[請求項3] 前記決定部が否と決定した場合に、

前記プローブ針の先端位置を取得する針位置取得部と、

前記入力データ取得部が取得した前記入力データと前記針位置取得部が取得した前記プローブ針の先端位置とを加えた前記教師データを用いて、前記予測モデルを再学習させる再学習部と、

を備え、

前記決定部が可と決定するまで、前記針位置取得部と前記再学習部と前記入力データ取得部と前記決定部とが繰り返し作動する請求項１又は２に記載のプローバ制御装置。

[請求項4] 前記再学習部が、前記教師データの中から最も古い前記入力データ及び前記入力データに対応する前記プローブ針の先端位置を除外してから、前記教師データに基づき前記予測モデルの再学習を実行する請求項３に記載のプローバ制御装置。

[請求項5] 前記決定部が可と決定した場合に、前記予測部が前記プローブ針の先端位置を予測し、

前記予測部が予測した前記プローブ針の先端位置に基づき、前記相対移動部を制御して、前記半導体チップに前記プローブ針を接触させる移動制御部を備える請求項１から４のいずれか１項に記載のプローバ制御装置。

[請求項6] 前記入力データ取得部が、前記入力データとして、前記温度データの他に、前記半導体チップのチップサイズと、前記ウェーハの位置と、前記半導体チップの検出に用いられる第１カメラ及び前記プローブ針の検出に用いられる第２カメラの位置関係と、の少なくともいずれか１つを含むアライメントデータを取得する請求項１から５のいずれか１項に記載のプローバ制御装置。

[請求項7] 複数の半導体チップが形成されたウェーハを保持するウェーハチャックと、

プローブ針を有するプローブカードと、

前記プローブカードの外周を保持して、前記プローブカードを前記

ウェーハに対向させるカードホルダと、

前記ウェーハチャックを前記プローブ針に対して相対移動させる相対移動部と、

請求項１から６のいずれか１項に記載のプローバ制御装置と、

を備えるプローバ。

[請求項8] 複数の半導体チップが形成されたウェーハを保持するウェーハチャックと、プローブ針を有するプローブカードと、前記プローブカードの外周を保持して、前記プローブカードを前記ウェーハに対向させるカードホルダと、前記ウェーハチャックを前記プローブ針に対して相対移動させる相対移動部と、を備えるプローバの前記相対移動部を駆動して前記プローブ針を前記半導体チップに接触させるプローバ制御方法において、

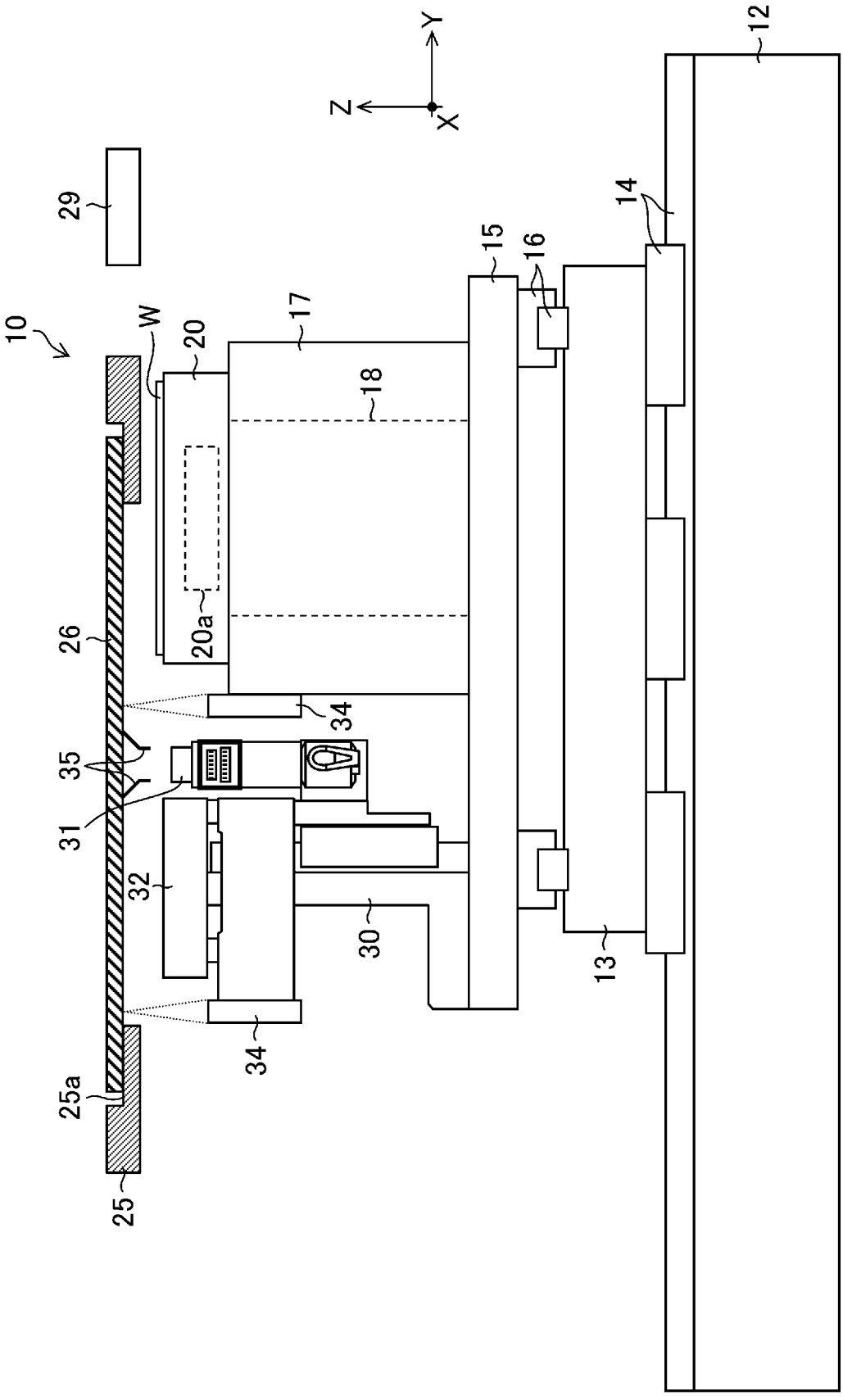
前記プローブカード及び前記カードホルダの少なくとも一方の温度データを含む入力データを取得する入力データ取得ステップと、

前記入力データ取得ステップで取得した前記入力データに基づき、前記入力データを入力とし且つ前記プローブ針の先端位置を出力とする予測モデルを用いて、前記プローブ針の先端位置を予測する予測ステップと、

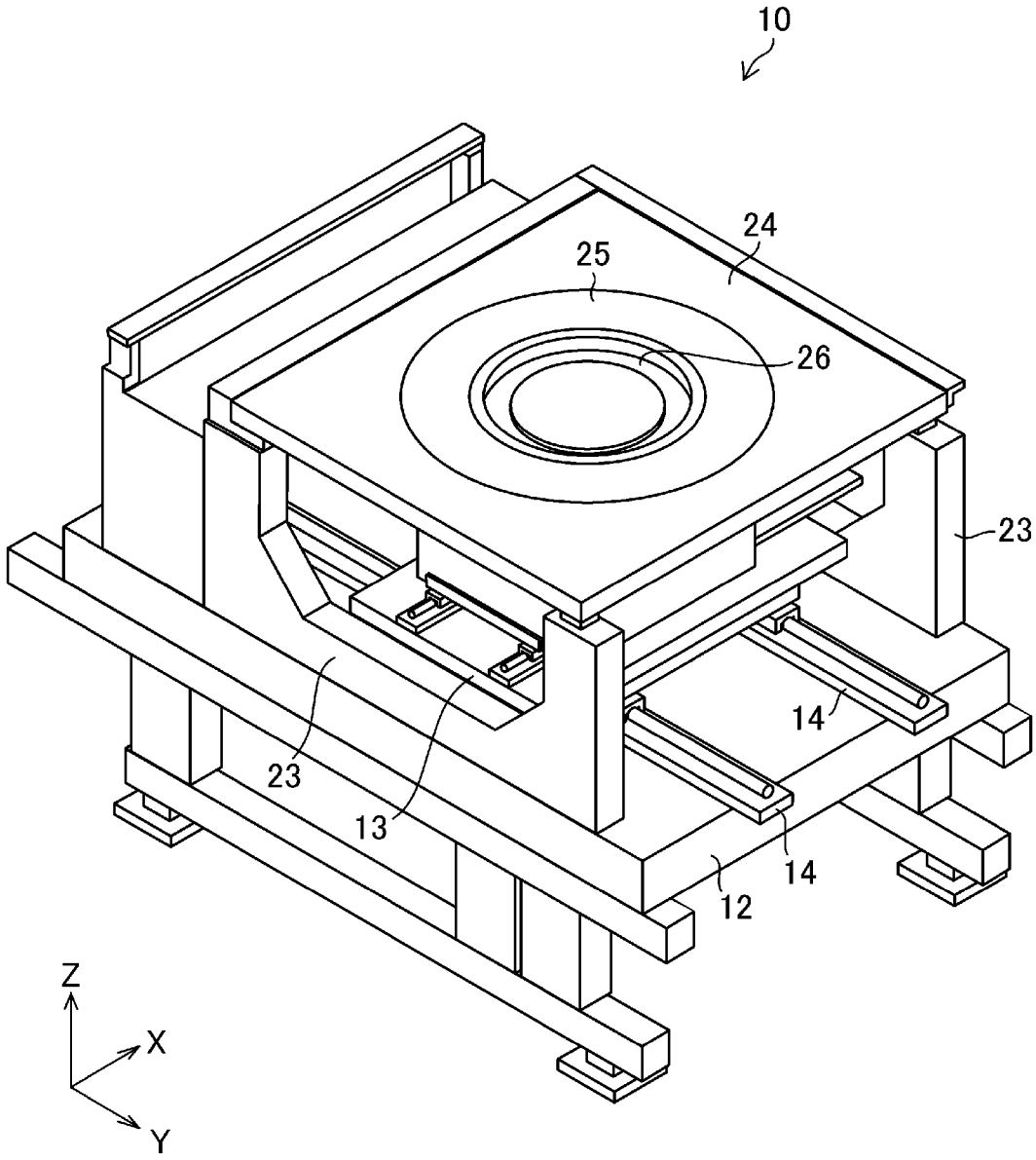
前記予測ステップの前に、前記予測モデルの機械学習に教師データとして用いられた前記入力データと、前記入力データ取得ステップで取得した前記入力データとに基づき、前記予測ステップの実行の可否を決定する決定ステップと、

を有するプローバ制御方法。

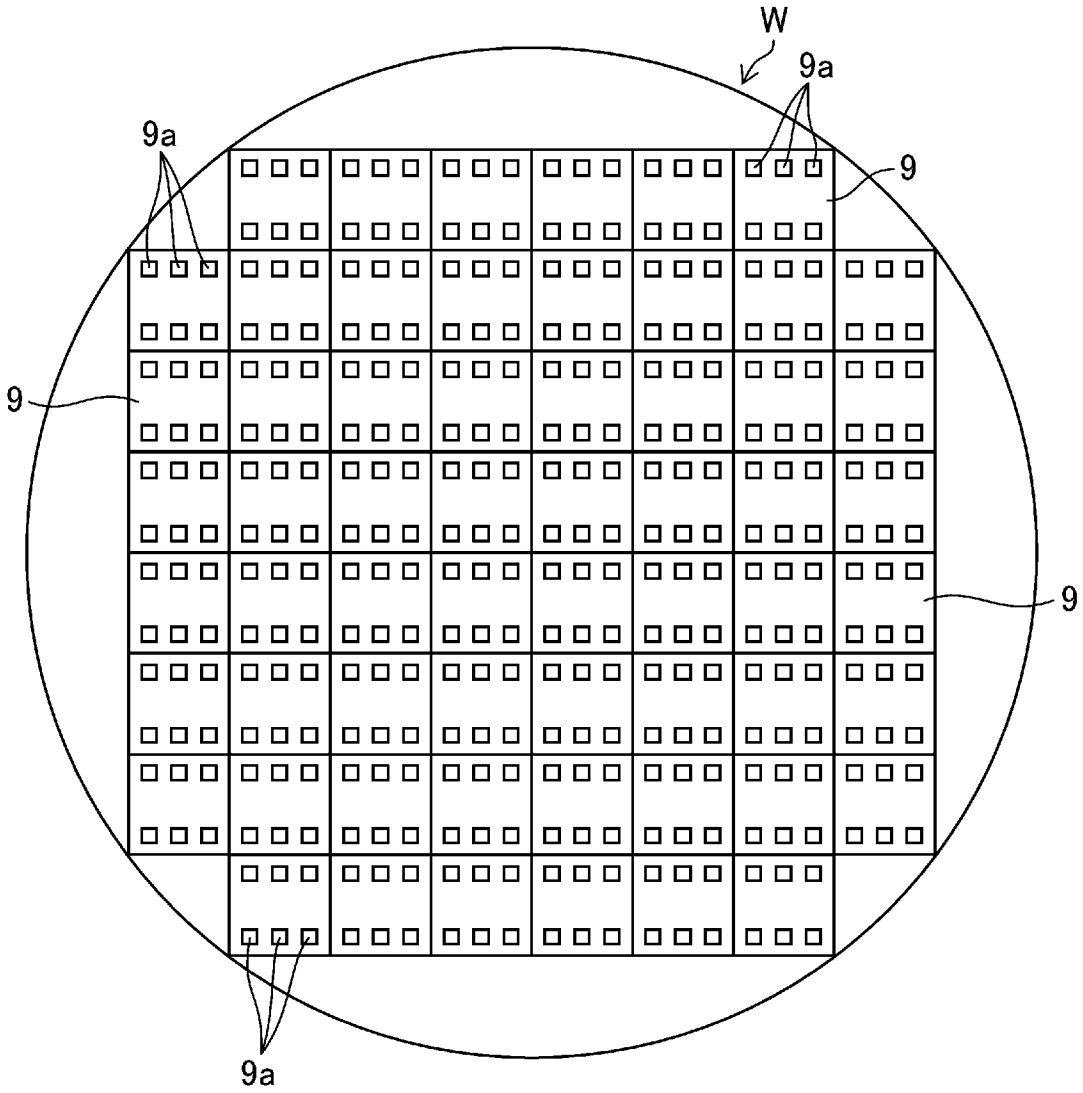
[図1]



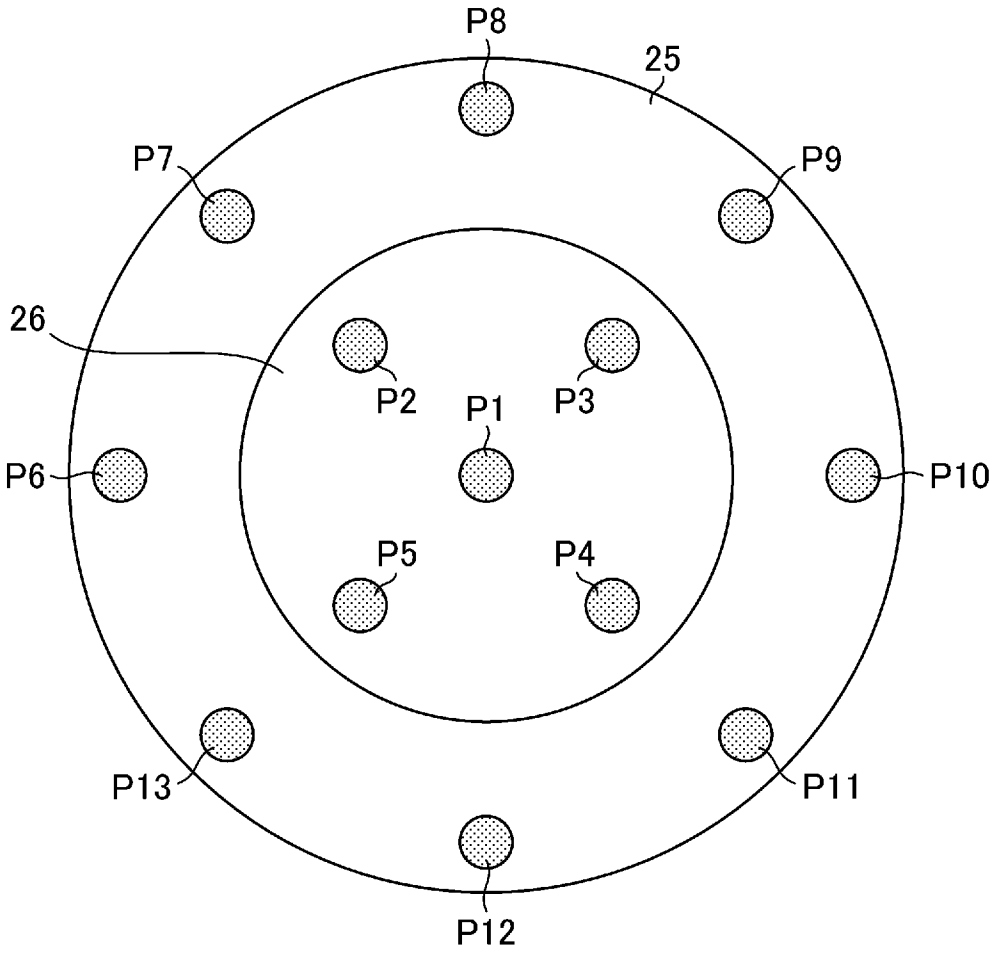
[図2]



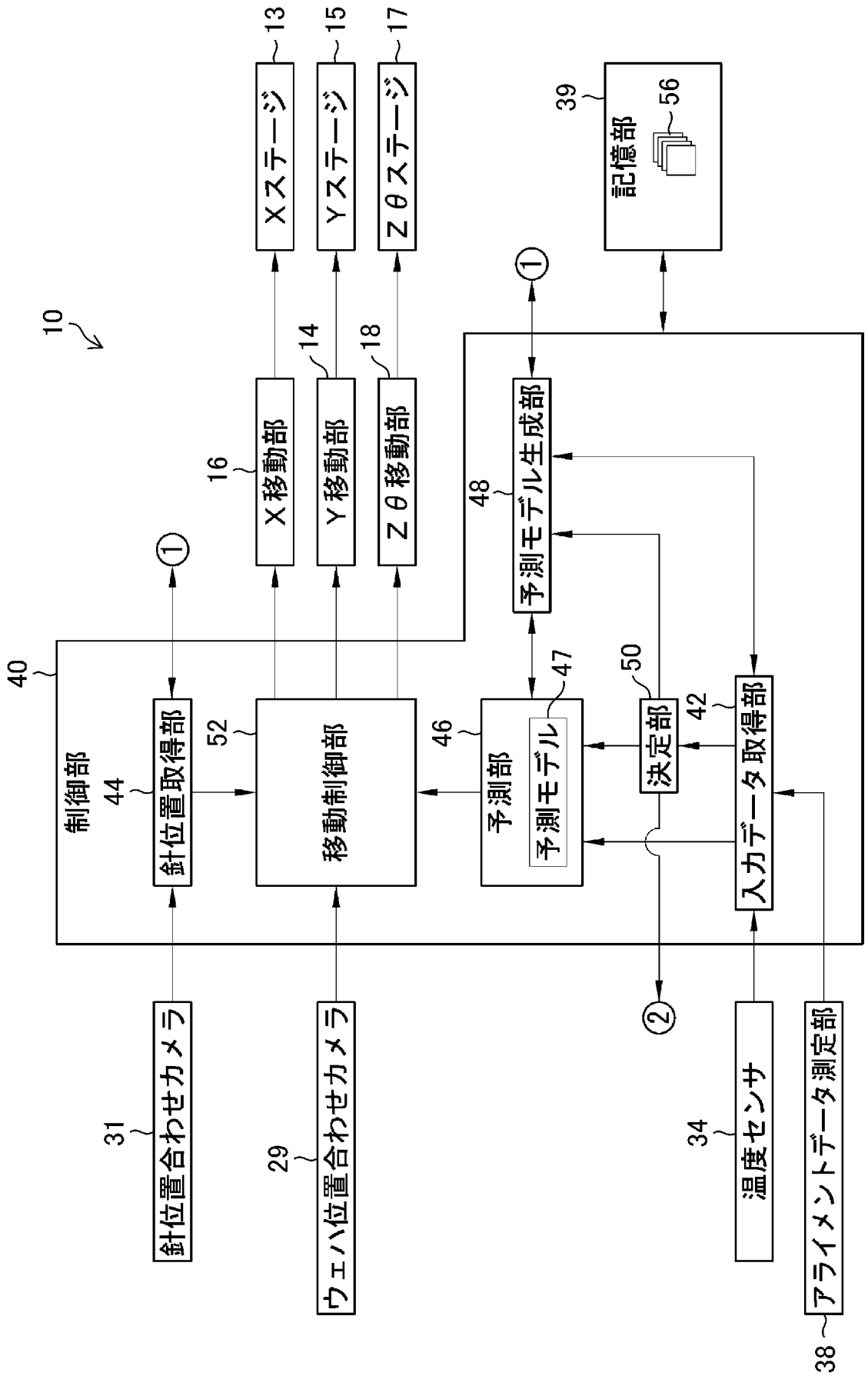
[図3]



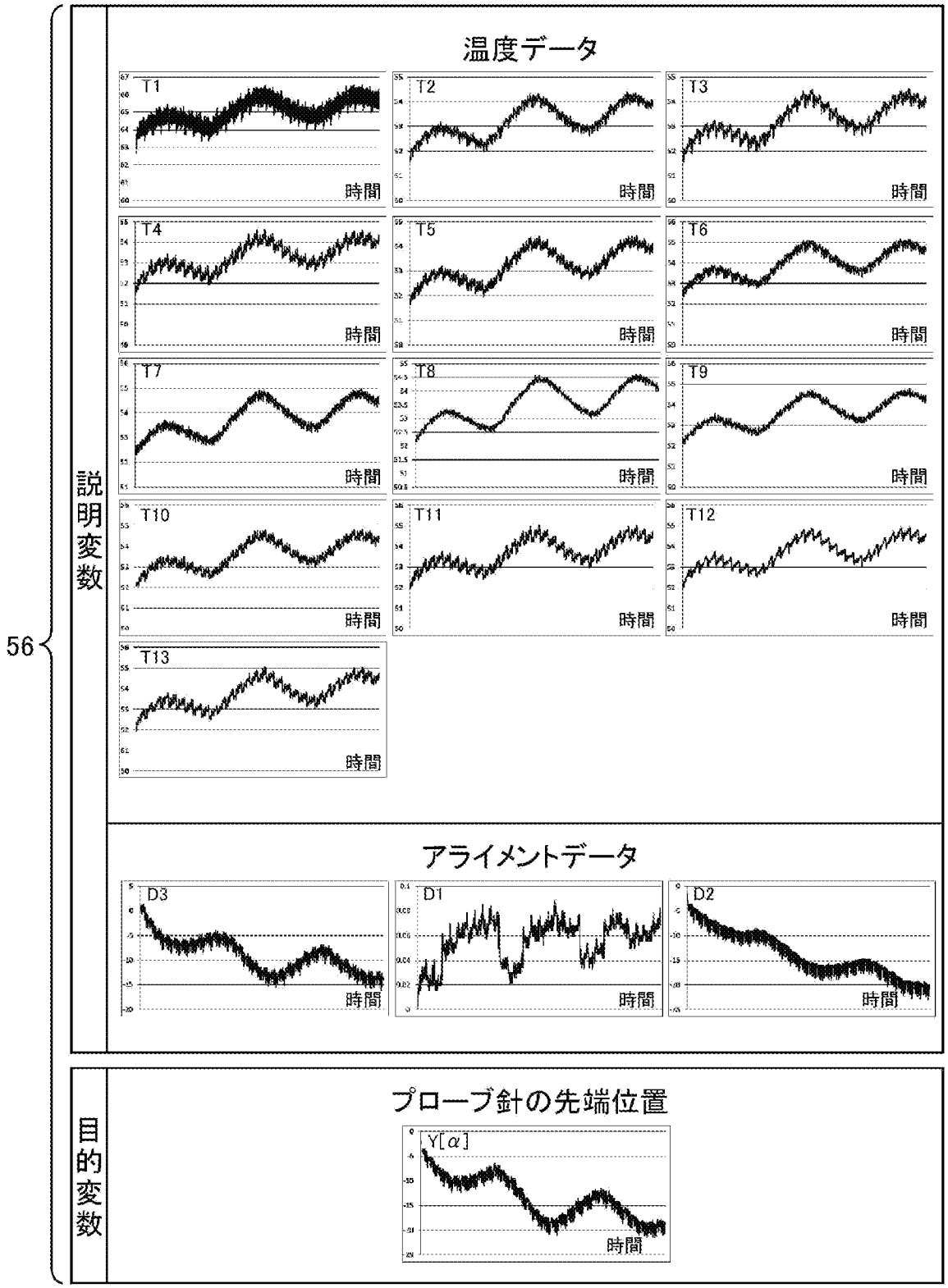
[図4]



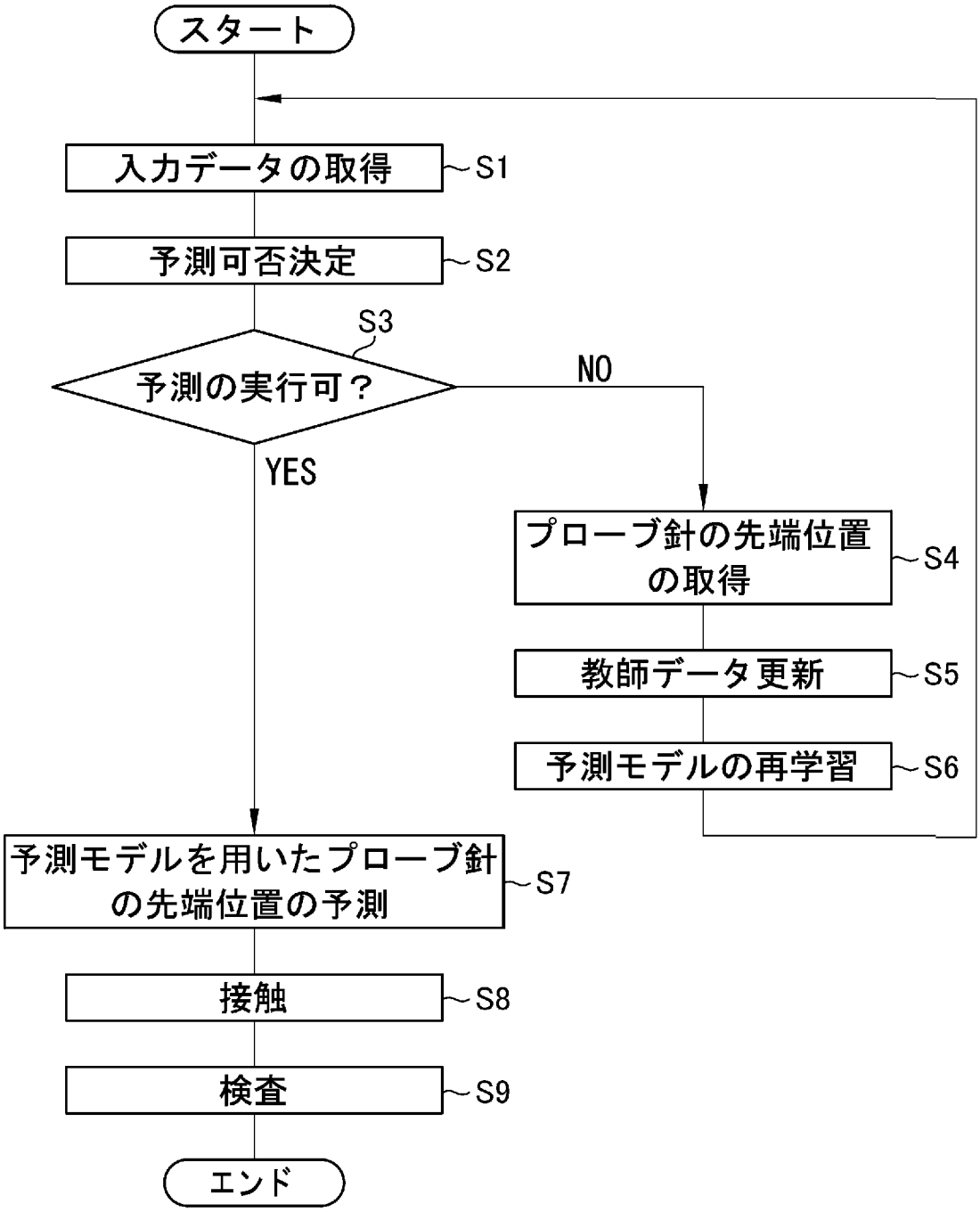
[図5]


10
40
制御部
44
針位置取得部
52
移動制御部
46
予測部
47
予測モデル
48
予測モデル生成部
50
決定部
42
入力データ取得部
16
X移動部
14
Y移動部
18
Zθ移動部
13
Xステージ
15
Yステージ
17
Zθステージ
39
記憶部
56
①
②
31
針位置合わせカメラ
29
ウェハ位置合わせカメラ
34
温度センサ
38
アライメントデータ測定部

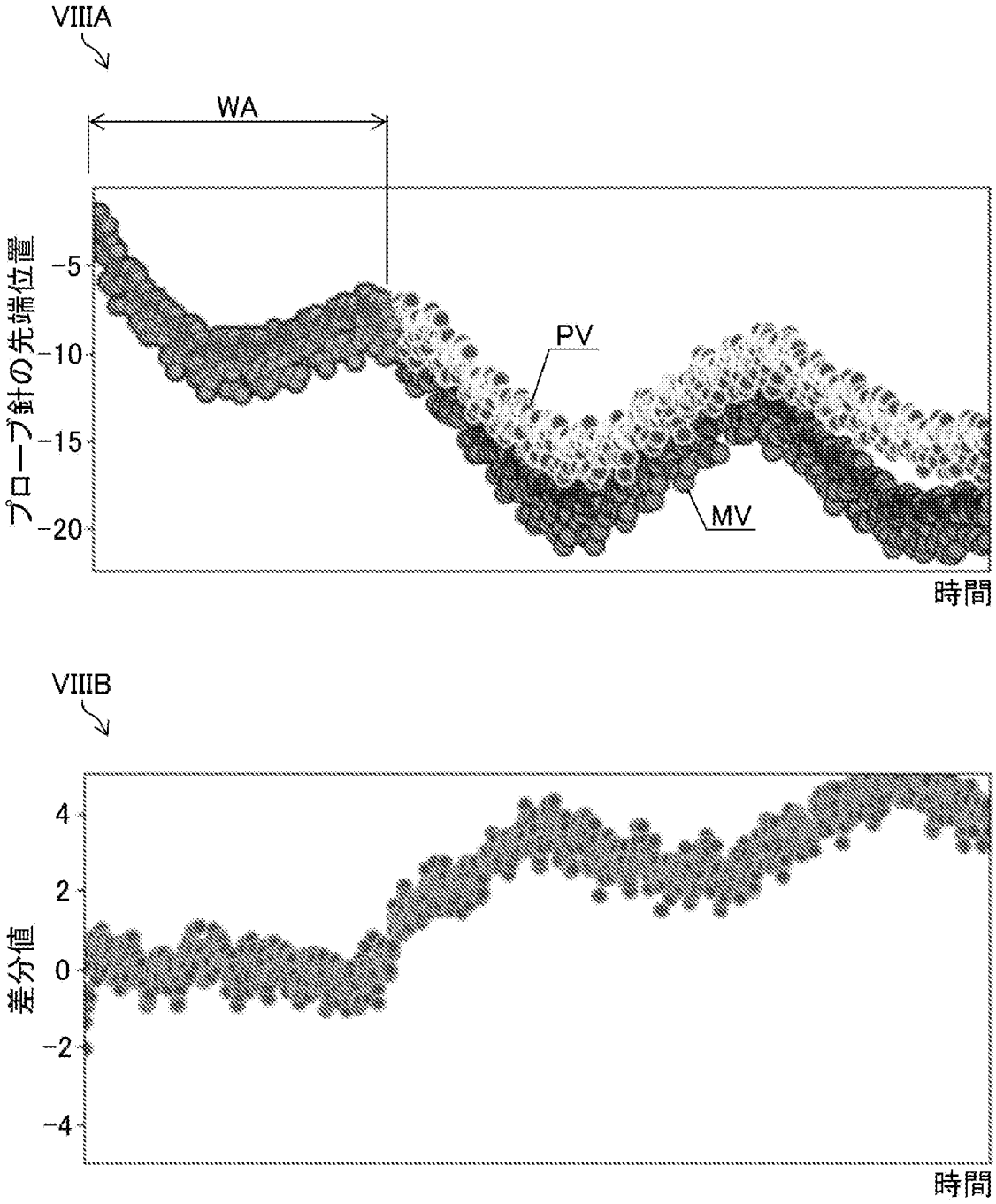
[図6]


56
説明変数
温度データ
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
T13
時間
アライメントデータ
D3
D1
D2
目的変数
プローブ針の先端位置
Y[α]

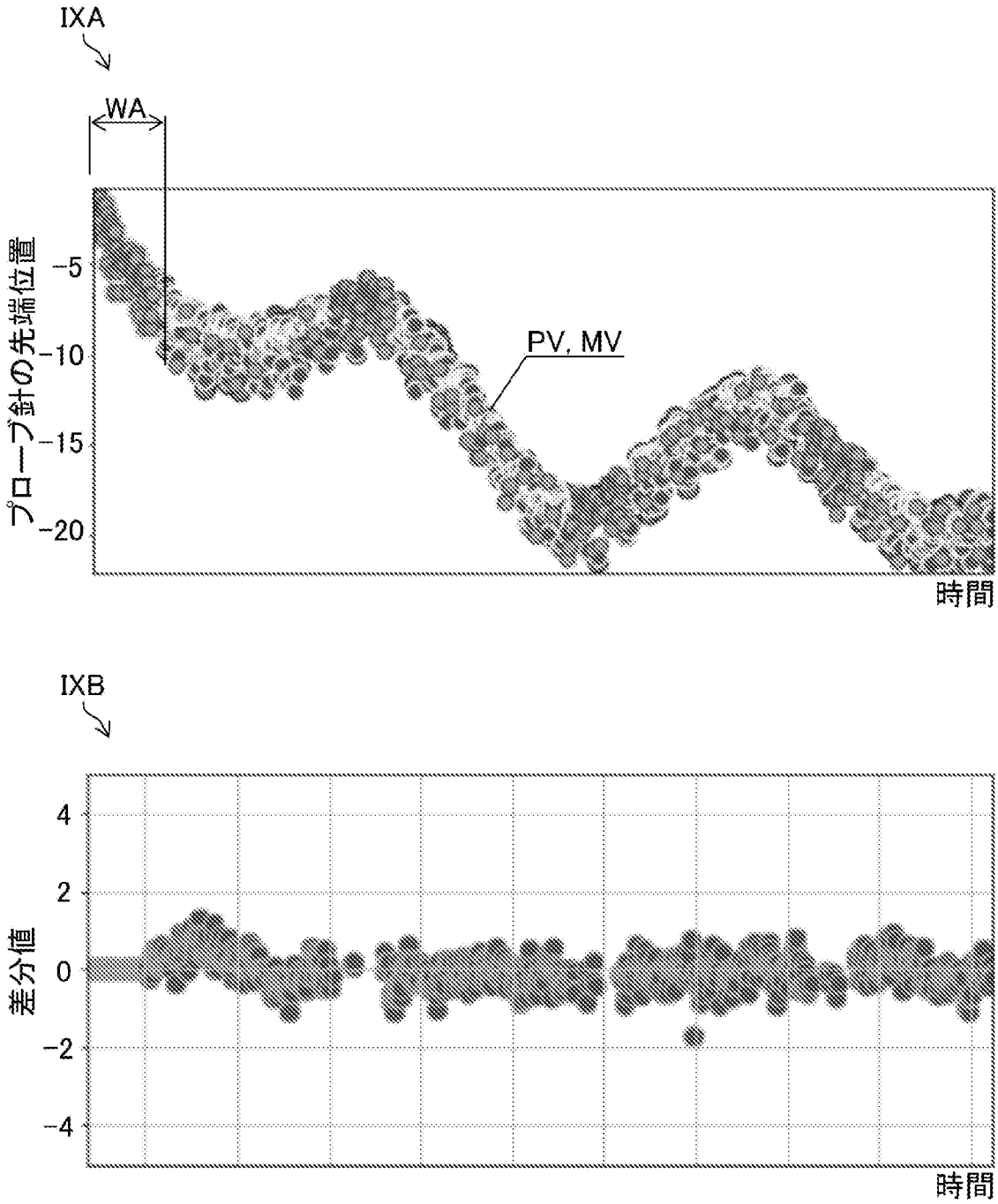
[図7]


スタート
入力データの取得
S1
予測可否決定
S2
S3
予測の実行可？
NO
YES
プローブ針の先端位置の取得
S4
教師データ更新
S5
予測モデルの再学習
S6
予測モデルを用いたプローブ針の先端位置の予測
S7
接触
S8
検査
S9
エンド

[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/019630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/66(2006.01)i; ***G01R 31/28***(2006.01)i
FI: H01L21/66 B; G01R31/28 K

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/66; G01R31/28; G01R31/26; G01R1/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-117095 A (TOKYO SEIMITSU CO., LTD.) 26 July 2018 (2018-07-26) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2019/008726 A1 (OLYMPUS CORP.) 10 January 2019 (2019-01-10) entire text, all drawings	1-8
A	JP 1-92630 A (NIPPON STEEL CORP.) 11 April 1989 (1989-04-11) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2007-311389 A (TOKYO SEIMITSU CO., LTD.) 29 November 2007 (2007-11-29) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2009-524050 A (ELECTROGLAS, INC.) 25 June 2009 (2009-06-25) entire text, all drawings	1-8
A	US 2015/0192616 A1 (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CO., LTD.) 09 July 2015 (2015-07-09) entire text, all drawings	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 July 2022	**19 July 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/019630

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-117095 A	26 July 2018	(Family: none)	
WO 2019/008726 A1	10 January 2019	US 2020/0129043 A1 entire text, all drawings CN 110831476 A	
JP 1-92630 A	11 April 1989	(Family: none)	
JP 2007-311389 A	29 November 2007	US 2007/0268033 A1 entire text, all drawings KR 10-2007-0111367 A	
JP 2009-524050 A	25 June 2009	US 2007/0164770 A1 entire text, all drawings WO 2007/084204 A1 CN 101305288 A TW 200736630 A KR 10-2008-0093410 A	
US 2015/0192616 A1	09 July 2015	KR 10-2013-0139726 A CN 103489807 A TW 201350860 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/019630

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/66(2006.01)i; G01R 31/28(2006.01)i
FI: H01L21/66 B; G01R31/28 K

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L21/66; G01R31/28; G01R31/26; G01R1/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2018-117095 A (株式会社東京精密) 26.07.2018 (2018-07-26) 全文全図	1-8
A	WO 2019/008726 A1 (オリンパス株式会社) 10.01.2019 (2019-01-10) 全文全図	1-8
A	JP 1-92630 A (新日本製鐵株式会社) 11.04.1989 (1989-04-11) 全文全図	1-8
A	JP 2007-311389 A (株式会社東京精密) 29.11.2007 (2007-11-29) 全文全図	1-8
A	JP 2009-524050 A (エレクトログラス・インコーポレーテッド) 25.06.2009 (2009-06-25) 全文全図	1-8
A	US 2015/0192616 A1 (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY, LTD.) 09.07.2015 (2015-07-09) 全文全図	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
11.07.2022	19.07.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
今井　聖和　5F　4666

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/019630

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-117095 A	26.07.2018	（ファミリーなし）	
WO 2019/008726 A1	10.01.2019	US 2020/0129043 A1 全文全図 CN 110831476 A	
JP 1-92630 A	11.04.1989	（ファミリーなし）	
JP 2007-311389 A	29.11.2007	US 2007/0268033 A1 全文全図 KR 10-2007-0111367 A	
JP 2009-524050 A	25.06.2009	US 2007/0164770 A1 全文全図 WO 2007/084204 A1 CN 101305288 A TW 200736630 A KR 10-2008-0093410 A	
US 2015/0192616 A1	09.07.2015	KR 10-2013-0139726 A CN 103489807 A TW 201350860 A	