

(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  
2020年8月6日(06.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/157967 A1

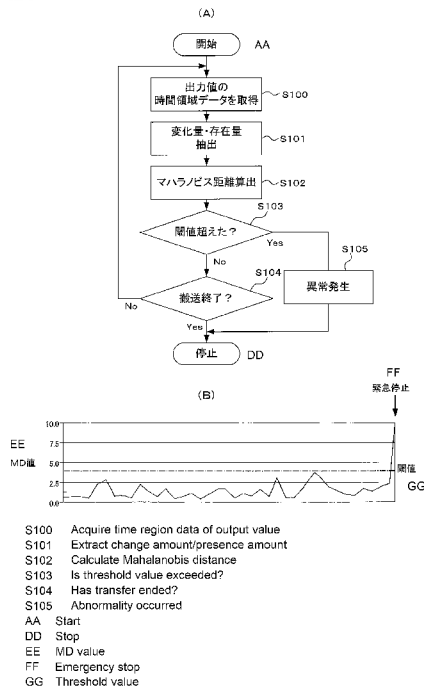
- (51) 国際特許分類:  
H01L 21/677 (2006.01) B65G 49/07 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/003676
- (22) 国際出願日: 2019年2月1日(01.02.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC (KOKUSAI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1010045 東京都千代田区神田鍛冶町三丁目4番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大石 護 (OISHI, Mamoru); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人 アイ・ピー・ウィン (PATENT PROFESSIONAL CORPORATION IPWIN); 〒2210052 神奈川県横浜市神奈川区栄町10番地35 ポートサイドダイヤビル Kanagawa (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, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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,

(54) Title: SUBSTRATE PROCESSING DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 基板処理装置及び半導体装置の製造方法

【図8】



(57) Abstract: The present invention makes it possible to: detect, with high accuracy, contact between a substrate transfer machine or a substrate on a substrate transfer machine and a boat or a substrate on a boat; and detect very small abnormalities that are present before a state of malfunction is reached. The present invention comprises: a substrate transfer machine equipped with a substrate holder for holding a substrate, an end effector for directly operating the substrate, and a drive mechanism for causing the end effector to move, the substrate transfer machine transferring the substrate to the substrate holder or transferring the substrate from the substrate holder; a vibration sensor for detecting vibration in the end effector; a control unit for controlling the substrate transfer machine; and an analysis device for using a normal space created by analyzing, through the MT method, time region data for the vibration in the end effector as detected by the vibration sensor when a substrate transfer operation by the substrate transfer machine is carried out normally, calculating the Mahalanobis distance, in the normal space, of time region data detected by the vibration sensor while the substrate transfer machine places a substrate and performs a prescribed transfer operation, and assessing that contact has been made between the end effector or the substrate on the end effector and the substrate holder or the substrate on the substrate holder when the calculated Mahalanobis distance exceeds a prescribed threshold value. The control unit outputs, to the analysis device, signals indicating the start and the end of the prescribed transfer operation.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, 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))

---

(57) 要約: 基板移載機や基板移載機上の基板と、ポートやポート上の基板とが互いに接触したことを高精度に検出し、故障状態の前の軽微な異常を検出することができる。基板を保持する基板保持具と、基板を直接的に操作するエンドエフェクタと、エンドエフェクタを移動させる駆動機構とを備え、基板保持具へ基板を移載し、又は基板保持具から基板を移載する基板移載機と、エンドエフェクタの振動を検出する振動センサと、基板移載機を制御する制御部と、基板移載機による基板の移載動作が正常に行われた際に振動センサにより検出されたエンドエフェクタの振動の時間領域データをMT法によって分析することにより作成された正常空間を用い、基板移載機が基板を載置して所定の移載動作をする間に振動センサにより検出された時間領域データの正常空間上におけるマハラノビス距離を算出し、算出されたマハラノビス距離が所定の閾値を超えた時に、エンドエフェクタもしくはエンドエフェクタ上の基板と、基板保持具もしくは基板保持具上の基板とが互いに接触したと判定する解析装置と、を備え、制御部は、所定の移載動作の開始と終了を示す信号を解析装置に出力する。

## 明 細 書

発明の名称： 基板処理装置及び半導体装置の製造方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、基板処理装置及び半導体装置の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 基板処理装置は、例えば基板移載機により基板(以下ウエハともいう)が格納される格納容器(以下ポッドともいう)から基板保持具であるポートへウエハを搬送し、ウエハを保持したポートが反応炉に装入されて、反応炉内にてウエハに対して所定の処理を行うよう構成されている。

[0003] 基板移載機は、ポッドとポートとの間でウエハの移載を行うものであり、ウエハを基板移載機のツィーザ上に載置した状態で進退、昇降、回転する機能を有している。この基板移載機によりポッドからツィーザにウエハを載置する際やツィーザに載置されたウエハをポートに積載する場合等においてウエハが正規の位置に載置できるように、ティーチング作業を行っている。

[0004] しかしながら、ウエハの変形や、基板処理装置に設けられたポンプ等による振動、ツィーザの経年変化等によりティーチング作業とは異なる位置にウエハが積載されてウエハの位置ずれが生じてしまうことがある。ウエハの位置ずれが大きくなると、ツィーザやツィーザ上のウエハが、ポートやポート上のウエハ等に接触し、ウエハが破損したり、ポートが転倒したりすることがある。

[0005] 従来から、この転倒事故を未然に防ぐために基板移載機に設けられた衝突センサより衝突時の振動を検知することが行われている(例えば、特許文献1参照)。また、ウエハを支持する支持台において昇降ピンに生じた振動を検出し、検出される振動の強度が閾値よりも大きくなった期間の合計値に基づいて載置状態を判定することが行われている(例えば、特許文献2参照)。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0006] 特許文献1：特開2003-109999号公報

特許文献2：特許第6244317号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、従来技術によると、誤判定が多く、移載動作の中断の原因となっていた。また、アナログ量の変化を閾値で検出していたために、軽微な接触等の異常を検出することが困難であった。

[0008] 本開示の目的は、基板移載機や基板移載機上の基板と、基板保持具や基板保持具上の基板とが互いに接触したことを高精度に検出し、故障状態の前の軽微な異常を検出することができる構成を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様によれば、

基板を保持する基板保持具と、

基板を直接的に操作するエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを移動させる駆動機構とを備え、前記基板保持具へ基板を移載し、又は前記基板保持具から基板を移載する基板移載機と、

前記エンドエフェクタの振動を検出する振動センサと、

前記基板移載機を制御する制御部と、

前記基板移載機による基板の移載動作が正常に行われた際に前記振動センサにより検出された前記エンドエフェクタの振動の時間領域データをMT法によって分析することにより作成された正常空間を用い、前記基板移載機が基板を載置して所定の移載動作をする間に前記振動センサにより検出された時間領域データの前記正常空間上におけるマハラノビス距離を算出し、算出された前記マハラノビス距離が所定の閾値を超えた時に、前記エンドエフェクタもしくは前記エンドエフェクタ上の基板と、前記基板保持具もしくは前記基板保持具上の基板とが互いに接触したと判定する解析装置と、を備え、

前記制御部は、前記所定の移載動作の開始と終了を示す信号を前記解析装置に出力する技術が提供される。

## 発明の効果

[0010] 本開示によれば、基板移載機や基板移載機上の基板と、基板保持具や基板保持具上の基板とが互いに接触したことを高精度に検出し、故障状態の前の軽微な異常を検出することができる。

## 図面の簡単な説明

[0011] [図1]本開示の第一実施形態で好適に用いられる収容室の斜透視図である。

[図2]本開示の第一実施形態で好適に用いられる基板処理装置の横断面図である。

[図3]本開示の一実施形態で好適に用いられる基板移載機の斜視図である。

[図4]本開示の一実施形態で好適に用いられる基板処理装置のコントローラの概略構成図であり、コントローラの制御系をブロック図で示す図である。

[図5] (A) は、MT法を説明するための時間領域データを示す図であって、(B) は、(A) の時間領域データから抽出された標本線毎の変化量と存在量を示す図である。

[図6]正常空間を作成する際に用いられる多変量データを説明するための図である。

[図7]本開示の一実施形態で好適に用いられる基板移載機の動作を説明するための図である。

[図8] (A) は、本開示の一実施形態で好適に用いられる解析装置の動作を説明するためのフロー図であって、(B) は、解析装置によるマハラノビス距離(MD値)の算出結果をリアルタイムに示す図である。

[図9] (A) は、正常時の移載動作における振動センサによる出力値の時間領域データの一例を示す図であって、(B) は、(A) の時間領域データを用いて抽出された特徴量を示す図である。

[図10] (A) は、異常時の移載動作における振動センサによる出力値の時間領域データの一例を示す図であって、(B) は、(A) の時間領域データを用いて抽出された特徴量を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の一実施形態について説明する。

[0013] (1) 基板処理装置の構成

図1に示すように、本実施形態において、基板処理装置4は、ICの製造方法における熱処理工程を実施する縦型熱処理装置（バッチ式縦型熱処理装置）として構成されている。この縦型熱処理装置では、基板としてのウエハWを搬送するキャリアとしてFOUP（Front Opening Unified Pod：以下、ポッドという。）20が使用されている。基板処理装置4は後述する処理炉8、収容室12、搬送室16を備える。

[0014] (収容室)

基板処理装置4の筐体内前側には、ポッド20を装置内に搬入し、収納する収容室12が配置されている。収容室12の筐体前側には、ポッド20を収容室12に対して搬入搬出するための開口である搬入出口22Aが収容室12の筐体内外を連通するように開設されている。搬入出口22Aはフロントシャッタによって開閉されるように構成されていても良い。搬入出口22Aの筐体内側にはロードポート（ポッド載置装置）としてのAGVポート（I/Oステージ）22が設けられている。収容室12と搬送室16との間の壁面には、移載ポート42が設置されている。ポッド20はAGVポート22上に基板処理装置4外にある工程内搬送装置（工程間搬送装置）によって基板処理装置4内に搬入され、かつまた、AGVポート22上から搬出される。

[0015] 収容室12の筐体内前方のAGVポート22上方には、ポッド20を収納する収納棚（ポッド棚）30Aが上下2段に設置されている。また、収容室12の筐体内後方には、ポッド20を収納する収納棚（ポッド棚）30Bがマトリクス状に設置されている。

[0016] 筐体前方の上段の収納棚30Aと水平方向の同一直線状には、ロードポートとしてのOHTポート32が左右に並んで設置されている。ポッド20は、基板処理装置4外にある工程内搬送装置（工程間搬送装置）によって基板処理装置4の上方からOHTポート32上に搬入され、また、OHTポート

32上から搬出される。AGVポート22、収納棚30AおよびOHTポート32は、水平駆動機構26によってポッド20を載置位置と受渡し位置とに前後方向にスライド可能なように構成されている。以後、AGVポート22を第1ロードポート、OHTポート32を第2ロードポートという場合がある。

[0017] 図2に示すように、収容室12の筐体内の前側の収納棚30Aと後側の収納棚30Bとの間の空間はポッド搬送領域14を形成しており、このポッド搬送領域14でポッド20の受渡しおよび搬送が行われる。ポッド搬送領域14の天井部（収容室12の天井部）にはポッド搬送装置としてのポッド搬送機構40の走行路としてのレール機構40Aが形成されている。ここで、受渡し位置はポッド搬送領域14内に位置し、例えば、ポッド搬送機構40の真下の位置のことである。

[0018] ポッド20を搬送するポッド搬送機構40は走行路を走行する走行部40Bと、ポッド20を掴持する保持部40Cと、走行部40Bと結合し保持部40Cを垂直方向に昇降させる昇降部40Dを備える。走行部40Bを駆動させるモータのエンコーダを検出することにより、走行路40B中の位置を検知することができ、任意の位置に走行部40Bを移動させることができる。

[0019] （搬送室）

収容室12の後方に隣接して搬送室16が構成されている。収容室12の搬送室16側には、ウエハWを搬送室16に対して搬入出するためのウエハ搬入出口が水平方向に複数並べられて開設されており、各ウエハ搬入出口に対して移載ポート42がそれぞれ設置されている。移載ポート42では、ポッド20を載置する載置台42Bを水平移動させてウエハ搬入出口に押し当て、図示しない蓋開閉機構（蓋開閉装置）としてのFIMS(Front-Opening Interface Standard)オープナによりポッド20の蓋が展開される。ポッド20の蓋が展開されると、基板移載装置としての基板移載機86によって、ポッド20内外へのウエハWの搬送が行わ

れる。基板移載機 8 6 は、搬送室 1 6 内に固定して設置され、後述するポート 5 8 とポッド 2 0 との間でウエハ W を移載する。

[0020] (処理炉)

搬送室 1 6 の上方には処理炉 8 が設けられている。処理炉 8 には、反応容器（処理容器）を構成する反応管 5 0 が配設されている。反応管 5 0 は、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。反応管 5 0 の筒中空部には、処理室 5 4 が形成されている。処理室 5 4 は、基板としてのウエハ W を保持する基板保持具としてのポート 5 8 によって水平姿勢で垂直方向に多段に整列した状態で収容可能に構成されている。

[0021] 処理室 5 4 には、複数本のノズルが、反応管 5 0 の下部を貫通するように設けられ、複数種類の処理ガスが処理室 5 4 に供給されるよう構成されている。

[0022] 反応管 5 0 の下方には、反応管 5 0 の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ 7 8 が設けられている。シールキャップ 7 8 の上面には、反応管 5 0 の下端と当接するシール部材としてのＯリングが設けられている。シールキャップ 7 8 は、反応管 5 0 の下端に垂直方向下側から当接されるように構成されている。

[0023] ポート 5 8 は、複数枚、例えば 2 5 ～ 2 0 0 枚のウエハ W を、水平姿勢で、かつ、互いに中心を揃えた状態で垂直方向に整列させて多段に支持するように、すなわち、間隔を空けて配列させるように構成されている。

[0024] シールキャップ 7 8 の処理室 5 4 と反対側には、ポート 5 8 を回転させるポート回転装置としての回転機構 8 0 が設置されている。回転機構 8 0 の回転軸 8 0 A は、シールキャップ 7 8 を貫通してポート 5 8 に接続されている。回転機構 8 0 は、ポート 5 8 を回転させることでウエハ W を回転させるように構成されている。また、回転軸 8 0 A には、ポート 5 8 の振動を検出する補助振動センサとしての補助センサ 3 0 1 が取り付けられている。

[0025] (2) 基板移載機の構成

次に、基板移載機 8 6 の構成を、図 3 を用いて詳しく説明する。

[0026] 基板移載機 86 は、主に、ウエハ W を直接的に操作するエンドエフェクタとしてのツイーザ 86 a と、ツイーザ 86 a を移動させる駆動機構 308 と、ツイーザ 86 a と音響的に結合し、ツイーザ 86 a の振動を検出する振動センサ 300 と、駆動機構 308 を垂直軸の周りで回転させる回転機構 310 を備えている。

[0027] ツイーザ 86 a は、例えば U 字型の薄い板状を有し、複数枚（本実施形態においては 5 枚）、垂直方向等間隔に水平に設けられている。ツイーザ 86 a は、すくい上げ型であり、上面にウエハ W の端部よりわずかに外側の位置に設けられてウエハ W の位置を規制するガイド又は段差を有し、ウエハ W はガイド内に単に置かれる。或いはツイーザ 86 a は、エッジグリップ型、落とし込み（フリクション）エッジグリップ型、吸着型等から選ぶことができる。吸着型は、真空吸着、ベルヌーイチャック、Johnsen-Rahbek 型静電チャックであり、非接触でウエハ W を扱うこともできる。

[0028] 駆動機構 308 は、直動（リニア）型として構成され、主に、固定部 304 と誘導部 302 を有する。固定部 304 は、ツイーザ 86 a の根元を保持し、それらを等間隔に固定する。固定部 304 内には、エッジグリップの駆動機構、間隔可変機構、水平・垂直微動機構等が設けられうる。

[0029] 誘導部 302 は、固定部 304 を下方から保持しつつ、水平方向の 1 軸上で進退運動させる。誘導部 302 には、ツイーザ 86 a を一軸方向に導く、例えば 2 本のガイドレール 302 a（不図示）が略平行に形成されている。そして、固定部 304 がガイドレール 302 a に沿って摺動することにより、ツイーザ 86 a が誘導部 302 に対して進退して前後方向に移動される。

回転機構 310 は、誘導部 302 を下面の中心付近を保持しつつ、誘導部 302 を左右方向に回転する。

[0030] また、基板移載機 86 は、後述する基板移載機エレベータ 306 に装着される。基板移載機エレベータ 306 は、基板移載機 86 の回転機構 310 を保持し、基板移載機 86 を上下方向に昇降する。

[0031] すなわち、基板移載機 86 のツイーザ 86 a は、駆動機構 308 によりガ

イドレール 302a に沿って前後方向に進退され、回転機構 310 による駆動機構 308 の回転により左右方向に回転され、基板移載機エレベータ 306 による昇降により上下方向に移動される。

[0032] 振動センサ 300 は、3 軸加速度センサである。振動センサ 300 は、積層するツイーザ 86a の根元の固定部 304 に設けられている。振動センサ 300 は増幅器（不図示）を必要とする場合がある。増幅器は、振動センサ 300 の近くに設けられることが望ましく、例えば駆動機構 308 内に設けられうる。

[0033] (3) コントローラの構成

図 4 に示すように、制御部（制御手段）であるコントローラ 210 は、CPU (Central Processing Unit) 212、RAM (Random Access Memory) 214、記憶装置 216、I/O ポート 218 を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 214、記憶装置 216、I/O ポート 218 は、内部バス 220 を介して、CPU 212 とデータ交換可能なように構成されている。コントローラ 210 には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置 222 が接続されている。また、コントローラ 210 には、ウエハ W の移載動作中の異常を検出する解析装置 400 が接続されている。

[0034] 記憶装置 216 は、例えばフラッシュメモリ、HDD (Hard Disk Drive) 等で構成されている。記憶装置 216 内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述する基板処理の手順や条件等が記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。プロセスレシピは、後述する基板処理工程における各手順をコントローラ 210 に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わせられたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、プロセスレシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。RAM 214

は、CPU 212によって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

[0035] I/Oポート218は、上述のポッド搬送機構40、水平駆動機構26、センサ25B、28A、駆動機構308、基板移載機エレベータ306、回転機構310、回転機構80、ボートエレベータ82等に接続されている。

[0036] CPU 212は、記憶装置216から制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置222からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置216からプロセスレシピを読み出すように構成されている。CPU 212は、読み出したプロセスレシピの内容に沿うように、ポッド搬送機構40によるポッド20の搬送動作、駆動機構308、回転機構310及び基板移載機エレベータ306による基板移載機86のウエハWのチャージング及びディスチャージング動作、ボートエレベータ82によるボート58の昇降動作等を制御するように構成されている。

[0037] コントローラ210は、外部記憶装置（例えば、ハードディスク等の磁気ディスク、CD等の光ディスク、USBメモリ等の半導体メモリ）224に格納された上述のプログラムをコンピュータにプログラムをインストールすることにより、構成することができる。記憶装置216や外部記憶装置224は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成される。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置216単体のみを含む場合、外部記憶装置224単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。なお、コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置224を用いず、インターネットや専用回線等の通信手段を用いてもよい。

[0038] （４）基板処理装置の動作

次に、上述の基板処理装置4を用いた一連の動作について説明する。

[0039] （キャリアロード工程：S10）

ポッド20がAGVポート22またはOHTポート32に供給されると、AGVポート22またはOHTポート32の上のポッド20は基板処理装置

4 内部へ搬入される。搬入されたポッド 20 は収納棚 30 の指定されたステージ 25 へポッド搬送機構 40 によって自動的に搬送されて受け渡され、一時的に保管された後、収納棚 30 から一方の移載ポート 42 に搬送されて受け渡されるか、もしくは直接移載ポート 42 に搬送される。

[0040] (蓋展開工程：S 1 1)

ポッド 20 が、移載ポート 42 の載置部に載置されると FIMS オープナによりポッド 20 の蓋が開けられる。

[0041] (ウエハチャージ工程：S 1 2)

ポッド 20 の蓋が開けられると、ポッド 20 内の複数枚のウエハ W が基板移載機 86 によって、ポート 58 に装填（ウエハチャージ）される。なお、これに先立って、ポッド 20 内のウエハ W の収納状態を確認するマッピングが行われうる。

[0042] (ボートロード工程：S 1 3)

複数枚のウエハ W がポート 58 に装填されると、ポート 58 は、ボートエレベータ 82 によって処理室 54 に搬入（ボートロード）される。このとき、シールキャップ 78 は、リングを介して反応管 50 の下端を気密に閉塞した状態となる。

[0043] (成膜工程：S 1 4)

そして、処理室 54 のウエハ W に対して、処理ガスを供給することで、ウエハ W 上に膜を形成する。

[0044] 成膜処理が完了した後、処理室 54 がパージされ、処理室 54 に残留するガスや反応副生成物が処理室 54 から除去される。その後、処理室 54 の雰囲気の不活性ガスに置換され、処理室 54 の圧力が常圧に復帰される。

[0045] (ボートアンロード工程：S 1 5)

大気圧復帰した後、ボートエレベータ 82 によりシールキャップ 78 が下降され、反応管 50 の下端が開口される。そして、処理済のウエハ W が、ポート 58 に支持された状態で、反応管 50 の下端から反応管 50 の外部に搬出される（ボートアンロード）。

[0046] (ウエハディスチャージ工程：S 1 6)

処理済のウエハWは、基板移載機86によって、ポート58より取出される(ウエハディスチャージ)。

[0047] (キャリアアンロード工程：S 1 7)

処理済のウエハWは、基板移載機86によって、ポッド20に収納され、処理済のウエハWが収納されたポッド20は、キャリアロードと反対の動作により、ロードポート(AGVポート22、OHTポート32)に戻され、外部搬送装置により回収される。

[0048] (5) 解析装置

次に、本実施形態における解析装置400について説明する。

[0049] 本実施形態における解析装置400は、MT(マハラノビス・タグチ)法を用いて、上述のウエハチャージ工程(S 1 2)とウエハディスチャージ工程(S 1 6)におけるウエハWの移載動作中の異常を検出するものである。

[0050] MT法は、品質工学における多変量解析の手法であって、正常状態を基準とし、そこからの距離(マハラノビス距離、MD値ともいう)を計算することで、正常異常の判断を行うという考え方である。

[0051] 本実施形態における解析装置400は、振動センサ300により検出された出力値の時間領域データにおいて特徴量を抽出することにより多変量データを生成し、MT法を用いてウエハWの移載動作中の異常を検出するよう構成されている。また解析装置400は、図4に示すように、振動センサ300、補助センサ301に接続されており、それらの出力値を取得可能に構成される。

[0052] まず、図5(A)及び図5(B)を用いて振動センサ300の出力値の時間領域データから変化量と存在量を特徴量として抽出する具体的な方法を説明する。なお、図5(A)は、移載動作中の19.5秒間に、ある軸の加速度を100spsのサンプルレートで取得したデータである。図5(B)は、図5(A)に示される時間領域データから抽出された標本線毎の変化量と存在量を示す図である。

- [0053] ここで、変化量とは、時間領域データの微分特性であって、時間領域データにおいて設定された標本線毎の標本線を跨いだ回数である。また、存在量とは、時間領域データの積分特性であって、時間領域データにおいて設定された標本線毎の標本線より大きい値のデータ数である。
- [0054] また、図5（A）に示すように、振動センサ300の出力値（アナログ値）の時間領域データに対して、予め時間軸方向に複数本（図5（A）では7本）の標本線（ $y = -40$ 、 $-20$ 、 $10$ 、 $20$ 、 $25$ 、 $50$ 、 $75$ ）を設定する。各標本線は、複数の閾値として設定され、監視しようとする値、または環境の変化を特徴的に示す値を設定する。
- [0055] そして、標本線毎に、波形が標本線を跨いだ回数を変化量としてカウントする。また、標本線毎に、標本線より大きい値の数を存在量として算出する。つまり、1本の標本線につき、変化量と存在量の2項目の特徴量が抽出される。なお、特徴量として、変化量、存在量その他、波形の最大値、最小値、平均値等を用いてもよい。
- [0056] そして、図5（B）に示すように、正常時の移載動作における変化量と存在量を特徴量として抽出された14次元の多変量データであるサンプルデータを算出する。
- [0057] そして、図6に示すように、正常時の複数回（図6ではN個）の移載動作における時間領域データから、共通の標本線を用いて算出されたN個のサンプルデータを算出し、このN個のサンプルデータを用いて正常空間を作成する。具体的には、正常時のN個のサンプルデータを用いて平均ベクトルと共分散行列を算出する。正常空間は、共分散行列の固有ベクトルによって張られる空間である。
- [0058] そして、正常空間におけるマハラノビス距離MDは、移載動作中の振動センサ300により検出された出力値の時間領域データに基づいて作成された多変量データであるデータベクトル（列ベクトル）と、算出された正常空間における多変量データの平均ベクトルと共分散行列の逆行列を用いて以下のように示される。

[0059] [数1]

$$MD = \sqrt{(\vec{X} - \vec{\mu}) \Sigma^{-1} (\vec{X} - \vec{\mu})^T}$$

$\vec{X}$  : データベクトル

$\vec{\mu}$  : 平均ベクトル(正常空間)

$\Sigma$  : 共分散行列(正常空間)

[0060] そして、マハラノビス距離（MD値）が、予め設定された閾値を越えている場合には、移載動作中に異常事態が発生したと判定する。なお、多変量データの基になる時間領域データは同じサンプル数（1950サンプル）であることが望ましいが、多変量データをサンプル数で除算して正規化することもできる。また、マハラノビス距離は、その2乗の値のままで閾値判定されてもよい。

[0061] 次に、本実施形態における解析装置400の動作について、図7、図8（A）及び図8（B）を用いて説明する。

[0062] 図7は、搬送室16において、移載ポート42のポッド20とポート58との間で、基板移載機86によってウエハWが搬送される様子を示す図である。搬送室16には、カメラ226が設置され、コントローラ210の指令に応じて、ウエハWが搬送される様子やポート58が昇降される様子が撮影され録画される。

[0063] 解析装置400は、移載工程であるウエハチャージ工程（S12）とウエハディスチャージ工程（S16）におけるウエハWのポート58への移載動作中に、ツイーザ86aやツイーザ86a上のウエハWと、ポート58やポート58上のウエハW等とが互いに接触したことなどを検出する。

[0064] 例えば、上述したウエハチャージ工程（S12）において、コントローラ210は、基板移載機86、回転機構310、基板移載機エレベータ306を制御して、移載対象のウエハWの移載を行うが、移載動作の全てまたは一部において、異常の検出を行う。具体的には、ツイーザ86aがポッド20内の移載対象のウエハWに正対している状態で、移載機86がツイーザ86

aをウエハW下方まで前進させ、ツイーザ86aを上昇させてウエハWを載せた後、ツイーザ86aを後退させる。そして、基板移載機エレベータ306によりポート58のウエハWの載置位置まで上下方向に昇降する。また、回転機構310が移載機86を左右方向に回転させてポート58に正対させる。そして、移載機86によりツイーザ86aをポート58のウエハ載置位置まで前進させてから鉛直方向に移動して、ポート58にウエハWを移載させ、後方向に退避する。その後、移載機86は、次の移載対象のウエハWの高さまで上下方向に移動されるとともに、移載対象のウエハWに正対するように回転される。コントローラ210は、この一連の動作を、全てのウエハWを移載するまで繰り返す。このとき、一連の動作の中で接触の可能性の高い区間である、ツイーザ86aのポート58への前進から後退までの動作において、異常の検出を行うことができる。本例ではこの異常検知区間の動作は毎回同じであり、その所要時間は一定である。

[0065] 同様に、上述したウエハディスチャージ工程において、処理済みのウエハWがウエハチャージ工程と反対の動作によりポッド20に払出される。

[0066] 解析装置400は予め、装置の据付後の調整時などにウエハWのポート58への移載動作における正常空間を作成し、内部に記録する。具体的には、作業員の立会いのもと、基板移載機86によるウエハWのポート58への移載動作が正常に行われた際の振動センサ300の出力値の時間領域データを複数回取得し標本線を設定して、取得された複数の時間領域データをMT法によって分析することにより正常空間を作成する。

[0067] 図8(A)は、解析装置400の動作を説明するためのフロー図である。運用時には、コントローラ210は、移載における異常検知区間の開始と終了を示す信号を、解析装置400に伝達する。解析装置400はこの開始信号を受けて、図8の動作を開始し、終了信号を受けるまで継続する。本例では、異常検知区間において、100sps~100kps(サンプル/秒)で時間領域データを取得し、2048サンプル未満の時間領域データを単位として、特徴量の抽出(多変量データ化)やマハラノビス距離の算出を行

う。このとき、接触事象の発生から3秒以内にマハラノビス距離が算出されることが望ましい。より好ましくは、マハラノビス距離の算出周期が0.5秒以下もしくは時間領域データの取得開始からマハラノビス距離が算出されるまでの時間が1秒以下である。

[0068] 最初に、解析装置400は、基板移載機86による移載動作をする間に振動センサ300による出力値の時間領域データを、Mサンプル取得する（ステップS100）。ここでMは、正常空間の作成時に用いた時間領域データのサンプル数と同じ数であり、本例では1950である。Mは、Mサンプルの時間が、特定のノイズ（例えば電源ハム）の周期の整数倍になるように設定されてもよい。取得するMサンプルは、既に取得したデータと一部重複してもよい。例えば、時間領域データを、 $M/d$ サンプルずつずらしながら設定されるスライディングウィンドウを用いて、取得することができる。ここでdは分割数であり、 $2 \leq d \leq M$ かつ $M/d$ が整数となるように選ばれる。

[0069] 次に、ステップS100で取得された時間領域データに基づいて、標本線毎の変化量、存在量を特徴量として抽出する（ステップS101）ことにより多変量データを生成する。スライディングウィンドウを用いた場合、この処理を $M/d$ サンプル単位で行って保持しておき、直近のd個分を合算すればよい。

[0070] 次に、ステップS101で作成された多変量データと、正常空間における多変量データの平均値と共分散行列とから、正常空間上でのマハラノビス距離を移載動作毎に算出する（ステップS102）。スライディングウィンドウを用いた場合、マハラノビス距離の2乗値を、時間領域データにおける $M/d$ サンプル単位で算出して保持しておき、直近のd個分を合算すればよい。

[0071] 次に、算出されたマハラノビス距離が予め設定された閾値を越えているかを判定する（ステップS103）。マハラノビス距離が予め設定された閾値を越えていない場合（ステップS103においてNo）には、ウエハWのボート58への搬送中は解析動作を継続し（ステップS104においてN

o)、ウエハWのポート58への搬送(異常検知区間)が終了したら(ステップS104においてYes)、解析動作を停止する。なお閾値判定は、1回で行うものに限らず、例えば連続して閾値を越えた回数に応じて判定するようにしてもよい。

[0072] また、マハラノビス距離が予め設定された閾値を越えている場合(ステップS103においてYes)には、異常事態が発生したと判定され(ステップS105)、基板移載機86は緊急停止される。つまり、ツイーザ86aやツイーザ86a上のウエハWと、ポート58やポート58上のウエハWとが互いに接触する異常事態が発生したと判定され、解析装置400からコントローラ210に緊急停止信号が伝達され、基板移載機86は緊急停止される。

[0073] 図8(B)は、解析装置400によって算出されたマハラノビス距離(MD値)の時間推移を示す図である。閾値が約3.8に設定されており、MD値は最終的に閾値を超え、緊急停止する様子が示されている。時間領域データのサンプルレートが100spsであっても、 $d=50$ とすることで、約0.4秒間隔でマハラノビス距離が算出され、実質的にリアルタイムに異常を検知することができる。なおMD値から検出されうる異常には、ウエハが製品として使用できないことを意味する衝突的な接触や、ツイーザ86aによるウエハの引っ掻き(スクラッチ)のほか、ツイーザ86aに保持されたウエハWの端面とポート58の溝との摩擦も含まれうる。このような摩擦は、より深刻な接触の予兆と捉えることができるが、軽微な摩擦による緊急停止の多発が望まれないような状況では、摩擦を含むデータで正常空間を作成したりMD値の閾値を調整したりして、緊急停止を抑制することができる。

[0074] 図9(A)は、正常時の移載動作における振動センサ300による出力値の時間領域データの一例を示す図であって、図9(B)は、図9(A)の時間領域データを用いて抽出された特徴量を示す図である。また、図10(A)は、異常時の移載動作における振動センサによる出力値の時間領域データの一例を示す図であって、図10(B)は、図10(A)の時間領域データ

を用いて抽出された特徴量を示す図である。

[0075] 図9(B)に示されている時間領域データから抽出された特徴量に基づく、正常空間上でのマハラノビス距離(MD値)は0.9であった。本移載動作においてMD値は、閾値3.8を下回っているため正常状態であると判定されて、搬送動作は継続される。

[0076] 一方、図10(B)に示されている時間領域データから抽出された特徴量に基づく、正常空間上でのマハラノビス距離(MD値)は33.1であった。本移載動作においてMD値は、閾値を大きく上回っているため、異常状態であると判定される。

[0077] なお、搬送室16には、基板移載機86による移載動作を撮像するカメラ226が設けられ、カメラ226により撮像された画像は時刻と対応付けられて記録装置としての記憶装置216又は外部記憶装置224に記録される。つまり、基板移載機86による移載動作が時刻と対応付けられて動作ログとして記憶装置216又は外部記憶装置224に記録され、解析装置400により異常事態が検出されると、リモートで接続して操作画面を表示している入出力装置222において、ユーザは搬送エラーの時刻や、搬送エラーの箇所や、搬送エラーの内容等を把握することができるよう構成されている。また、搬送エラーが発生した場合に、カメラ226による搬送エラー前後のリプレイ映像やライブ映像を入出力装置222に表示することができる。

[0078] また、解析装置400は、振動センサ300の前後、左右、上下の各軸の時間領域データ及び補助センサ301の時間領域データのそれぞれに基づく変化量及び存在量を特徴量として抽出することにより生成された複数の多変量データを用いて正常空間を作成し、複数の正常空間の中から、対応する正常空間を選択して、選択した正常空間上でのマハラノビス距離を算出することにより、異常検出の精度が向上される。例えば、振動センサ300の3軸のデータからは、それらの特徴量を結合することで1つの正常空間が作成され、補助センサ301のデータからは別個の正常空間が作成される。そして、それぞれの正常空間におけるマハラノビス距離の共起性を考慮して、接触

による異常が判定されうる。つまり、2つのマハラノビス距離が同時に閾値を超えた時に、接触がより強く推定され、そうでなければ、別の異常が推定される。

[0079] また、解析装置400は、移載中のウエハWの枚数、ツイーザ86aの移動速度や加速度、ツイーザ86aのポート58への差し込み量、ポート58の周囲を流れる風の風量、ポート58の温度又はポート58を収容していた処理室の温度の毎に複数の正常空間をそれぞれ作成し、複数の正常空間の中から、基板移載機86による移載動作が行われた際の状態に合致した正常空間を選択して、選択した正常空間上におけるマハラノビス距離を算出することにより異常を検出するように構成することができる。これにより異常の検出精度が向上される。あるいは、移載動作中の時間領域データの中で、常に値が大きくなる傾向のある区間（例えば加速や減速の開始点や終了点、動作の切り替え点などの近傍）がある場合、その大値区間を含むデータから作成した第1の正常空間の他に、大値区間を含まないデータから第2の正常空間を作成し、当該区間では第2の正常空間で異常を検出するようにしてもよい。このとき、大値区間を除外したことで時間領域データはその前後で時間的に不連続になるが、解析装置400は問題なくそれらを連続するものとして扱うことができる。

[0080] （6）本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下の(a)～(d)のうち、少なくとも一つ以上の効果を奏する。

[0081] （a）本実施形態によれば、基板移載機86や基板移載機86上のウエハWと、ポート58やポート58上のウエハWとが互いに接触したことを高精度に検出し、更には、接触に至る前の軽微な異常をも検出することができる。つまり経年変化等によって基板移載機86など自体から発生する振動から、故障する前の異常な振動を検出できる可能性がある。

[0082] （b）本実施形態によれば、ポート58の振動を検出する補助センサ301を設けたことにより、接触の検出精度が向上される。

[0083] (c) 本実施形態によれば、接触の発生から3秒以内に異常の検出及び緊急停止を行うことができる。ツイーザ86aの1回の進退の時間が3秒程度であるので、進退の途中で緊急停止を行い、ウエハ破損の拡大を防ぐことが期待できる。更に、解析装置400が時間領域データをスライディングウィンドウによって取得するようにしたので、比較的少ない計算負荷で、異常の検出周期を短くできる。このため市販の産業用シーケンサで解析装置400を構成しても、十分な速さで緊急停止を行うことができる。一方でFFTを用いたスペクトル解析では、所定（例えば512ポイント）以上の分解能が必要であるが、スライディングウィンドウを用いても、過去の計算結果を利用できず、計算負荷が大きい。つまり計算量によって算出周期が律速され、サンプルレートを高くしても算出周期を短くすることができない。

[0084] (d) 本実施形態によれば、基板移載機86による移載動作が時刻と対応付けられて動作ログとして記憶装置216又は外部記憶装置224に記録され、解析装置400により異常事態が検出されると、リモートで接続して操作画面を表示している入出力装置222において、ユーザは搬送エラーの時刻や、搬送エラーの箇所や、搬送エラーの内容等を把握することができるように構成されている。また、搬送エラーが発生した場合に設置されたカメラ226による搬送エラー直前の録画映像やライブ映像画面を入出力装置222に表示することができる。

[0085] (7) 他の実施形態

なお、本開示は以上の実施形態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に変更が可能であることはいうまでもない。

[0086] 上述の実施形態では、ツイーザ86aをポート58に正対させてからポート58にウエハWを移載して退避するまでのポート58間の基板移載機86の動作において正常空間を作成し、この正常空間上におけるマハラノビス距離を算出したが、これに限らず、ポッド20間の基板移載機86の動作について正常空間を作成し、この正常空間におけるマハラノビス距離を算出するようにしてもよい。これにより、基板移載機86や基板移載機86上のウエ

ハWと、ポッド20やポッド20内のウエハWとが互いに接触したことを高精度に検出し、故障状態の前の軽微な異常を検出することができる。

[0087] また、上述の実施形態では、補助振動センサとして補助センサ301を回転軸80Aに取り付けて、ポート58の振動を検出する例について説明したが、これに限らず、補助センサ301を回転機構80又はポート58と回転軸80Aの間に設けられる断熱ユニットに取り付けるようにしてもよく、ポート58を載置する台に取り付けるようにしてもよい。また、補助振動センサとして、ツイーザ86aの先端に向けて指向性を有し気中の振動を集音する集音マイクを用いても良い。このとき集音マイクは、基板移載機86に搭載するか、搬送室16内に設置する。また、補助振動センサとして、ポート58にレーザ光を照射してその振動を検出するレーザドップラー振動計を用いても良い。このときレーザドップラー振動計は、搬送室16内に設置する。なお、複数の補助振動センサを用いても良い。複数の補助振動センサを用いることにより解析装置400の異常検出の精度が向上される。

[0088] また、上述の実施形態では、振動センサ300が、複数のツイーザ86aの根元を積層して固定する固定部304に設けられる例について説明したが、これに限らず、複数のツイーザ86aのそれぞれに振動センサを設けても良い。この場合には、ツイーザ86a毎の振動センサの出力値の時間領域データ毎に複数の正常空間をそれぞれ作成し、複数の正常空間の中から、対応する正常空間におけるマハラノビス距離を算出する。これにより、異常が検出されたツイーザ86aを特定することができる。

[0089] 上述の実施形態では、振動センサ300等の信号は、特段の前処理をされることなくMT法が適用されるものとして説明したが、これに限らず、フィルタ等の前処理を行ってもよい。前処理は、特定の周波数のノイズを抑圧したり、接触に特有の周波数を通過させるようなフィルタや、固有周波数を有するツイーザを含む検出系の周波数特性を補償するイコライザとして構成されうる。スクラッチから発生する周波数が基板移載機86の移動速度に依存する場合や、可変速真空ポンプが用いられノイズ周波数が変動する場合、そ

の周波数に同調するようにフィルタの中心周波数や遮断周波数が可変制御されうる。

[0090] 上述の実施形態では、ウエハを処理する場合について説明したが、本開示は液晶パネルのガラス基板や磁気ディスクや光ディスク等の基板を処理する基板処理装置全般に適用することができる。また上述の実施形態では、一度に複数枚の基板を処理するバッチ式の基板処理装置を用いる例について説明した。本開示は上述の実施形態に限定されず、例えば、一度に1枚または数枚の基板を処理する枚葉式の基板処理装置を用いる場合にも、好適に適用できる。

[0091] (8) 本開示の好ましい態様

以下、本開示の好ましい態様について付記する。

[0092] (付記1)

本開示の一態様によれば、

基板を保持する基板保持具と、

基板を直接的に操作するエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを移動させる駆動機構とを備え、前記基板保持具へ基板を移載し、又は前記基板保持具から基板を移載する基板移載機と、

前記エンドエフェクタの振動を検出する振動センサと、

前記基板移載機を制御する制御部と、

前記基板移載機による基板の移載動作が正常に行われた際に前記振動センサにより検出された前記エンドエフェクタの振動の時間領域データをMT法によって分析することにより作成された正常空間を用い、前記基板移載機が基板を載置して所定の移載動作をする間に前記振動センサにより検出された時間領域データの前記正常空間上におけるマハラノビス距離を算出し、算出された前記マハラノビス距離が所定の閾値を超えた時に、前記エンドエフェクタもしくは前記エンドエフェクタ上の基板と、前記基板保持具もしくは前記基板保持具上の基板とが互いに接触したと判定する解析装置と、を備え、

前記制御部は、前記所定の移載動作の開始と終了を示す信号を前記解析装

置に出力する

基板処理装置が提供される。

[0093] (付記 2)

付記 1 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記解析装置は、前記時間領域データの、所定の複数の標本線毎に標本線を跨いだ回数である変化量、及び、標本線より大きい値のデータ数である存在量を特徴量として抽出することにより多変量データを生成し、

前記基板移載機による基板の移載動作が正常に行われた際に前記振動センサにより検出された前記エンドエフェクタの振動の複数の時間領域データに基づいて生成された多変量データの平均値と共分散行列とを算出し、前記共分散行列を用いて前記正常空間を定義し、

前記基板移載機による移載動作をする間に前記振動センサにより検出された時間領域データに基づいて作成された多変量データから、前記正常空間上でのマハラノビス距離を移載動作中に算出する。

[0094] (付記 3)

付記 2 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記解析装置は、移載中の基板の枚数、前記エンドエフェクタの移動速度、前記エンドエフェクタの前記基板保持具への差し込み量、前記基板保持具の周囲を流れる風の風量、前記基板保持具の温度又は前記基板保持具を収容していた前記処理室の温度の毎に複数の正常空間をそれぞれ記憶し、

前記複数の正常空間の中から、前記基板移載機による移載動作が行われた際の状態に合致した正常空間を選択して、選択した正常空間上におけるマハラノビス距離を算出する。

[0095] (付記 4)

付記 2 又は付記 3 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記基板移載機は、基板処理装置内に固定して設置され、前記処理室から搬出された基板保持具との間で基板を移載するものであり、

前記振動センサは 3 軸加速度センサであり、

前記基板保持具を保持している部材に取り付けられた補助センサ、前記エンドエフェクタの先端に向けて指向性を有し気中の振動を集音する集音マイク、もしくは前記基板保持具にレーザ光を照射してその振動を検出するレーザドップラー振動計の少なくとも１つを含む補助振動センサを更に備え、

前記解析装置は、前記振動センサの各軸の時間領域データ及び前記補助振動センサの時間領域データのそれぞれに基づく変化量及び存在量を特徴量として抽出することにより生成された複数の多変量データを用いて前記正常空間を作成する。

[0096] (付記５)

付記２又は付記３に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記正常空間を作成する際の時間領域データのデータ数は、２４５７６サンプル以下であり、前記多変量データは、１０２４サンプル未満の間隔毎に多変量化する。

[0097] (付記６)

付記１に記載の基板処理装置であって、好ましくは、

前記移載動作を撮像するカメラと、撮像された画像を時刻と対応付けて記録する記録装置と、を更に備え、

前記制御部は、前記移載動作を時刻と対応付けて動作ログとして前記記録装置に記録するように制御する。

[0098] (付記７)

本開示の他の態様によれば、

基板を直接的に操作するエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを移動させる駆動機構と、を備える基板移載機により、基板を保持する基板保持具へ基板を移載し、又は前記基板保持具から基板を移載する移載工程と、

解析装置により、前記移載工程における前記基板移載機による基板の移載動作が正常に行われた際に前記エンドエフェクタの振動を検出する振動センサにより検出された前記エンドエフェクタの振動の時間領域データをＭＴ法によって分析することにより作成された正常空間を用い、前記移載工程にお

いて前記基板移載機が基板を載置して所定の移載動作をする間に前記振動センサにより検出された時間領域データの前記正常空間上におけるマハラノビス距離を算出し、算出された前記マハラノビス距離が所定の閾値を超えた時に、前記エンドエフェクタもしくは前記エンドエフェクタ上の基板と、前記基板保持具もしくは前記基板保持具上の基板とが互いに接触する異常事態が発生したと判定する解析工程と、

前記基板移載機による所定の移載動作の開始と終了を示す信号を前記解析装置に出力する出力工程と、

を備える半導体装置の製造方法が提供される。

### 符号の説明

|        |     |              |
|--------|-----|--------------|
| [0099] | 4   | 処理装置（基板処理装置） |
|        | 20  | ポッド（格納容器）    |
|        | 58  | ボート（基板保持具）   |
|        | 86  | 基板移載機        |
|        | 210 | コントローラ       |
|        | 300 | 振動センサ        |
|        | 301 | 補助センサ        |
|        | 400 | 解析装置         |

## 請求の範囲

### [請求項1]

基板を保持する基板保持具と、

基板を直接的に操作するエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを移動させる駆動機構とを備え、前記基板保持具へ基板を移載し、又は前記基板保持具から基板を移載する基板移載機と、

前記エンドエフェクタの振動を検出する振動センサと、

前記基板移載機を制御する制御部と、

前記基板移載機による基板の移載動作が正常に行われた際に前記振動センサにより検出された前記エンドエフェクタの振動の時間領域データをMT法によって分析することにより作成された正常空間を用い、前記基板移載機が基板を載置して所定の移載動作をする間に前記振動センサにより検出された時間領域データの前記正常空間上におけるマハラノビス距離を算出し、算出された前記マハラノビス距離が所定の閾値を超えた時に、前記エンドエフェクタもしくは前記エンドエフェクタ上の基板と、前記基板保持具もしくは前記基板保持具上の基板とが互いに接触したと判定する解析装置と、を備え、

前記制御部は、前記所定の移載動作の開始と終了を示す信号を前記解析装置に出力する

基板処理装置。

### [請求項2]

前記解析装置は、前記時間領域データの、所定の複数の標本線毎に標本線を跨いだ回数である変化量、及び、標本線より大きい値のデータ数である存在量を特徴量として抽出することにより多変量データを生成し、

前記基板移載機による基板の移載動作が正常に行われた際に前記振動センサにより検出された前記エンドエフェクタの振動の複数の時間領域データに基づいて生成された多変量データの平均値と共分散行列とを算出し、前記共分散行列を用いて前記正常空間を定義し、

前記基板移載機による移載動作をする間に前記振動センサにより検

出された時間領域データに基づいて作成された多変量データから、前記正常空間上でのマハラノビス距離を移載動作中に算出する請求項 1 に記載の基板処理装置。

[請求項3] 前記解析装置は、移載中の基板の枚数、前記エンドエフェクタの移動速度、前記エンドエフェクタの前記基板保持具への差し込み量、前記基板保持具の周囲を流れる風の風量、前記基板保持具の温度又は前記基板保持具を収容していた前記処理室の温度の毎に複数の正常空間をそれぞれ記憶し、

前記複数の正常空間の中から、前記基板移載機による移載動作が行われた際の状態に合致した正常空間を選択して、選択した正常空間上におけるマハラノビス距離を算出する請求項 2 に記載の基板処理装置。

[請求項4] 前記基板移載機は、基板処理装置内に固定して設置され、前記処理室から搬出された基板保持具との間で基板を移載するものであり、

前記振動センサは 3 軸加速度センサであり、

前記基板保持具を保持している部材に取り付けられた補助センサ、前記エンドエフェクタの先端に向けて指向性を有し気中の振動を集音する集音マイク、もしくは前記基板保持具にレーザ光を照射してその振動を検出するレーザドップラー振動計の少なくとも 1 つを含む補助振動センサを更に備え、

前記解析装置は、前記振動センサの各軸の時間領域データ及び前記補助振動センサの時間領域データのそれぞれに基づく変化量及び存在量の特徴量として抽出することにより生成された複数の多変量データを用いて前記正常空間を作成する、請求項 2 又は 3 の基板処理装置。

[請求項5] 基板を直接的に操作するエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを移動させる駆動機構と、を備える基板移載機により、基板を保持する基板保持具へ基板を移載し、又は前記基板保持具から基板を移載する移載工程と、

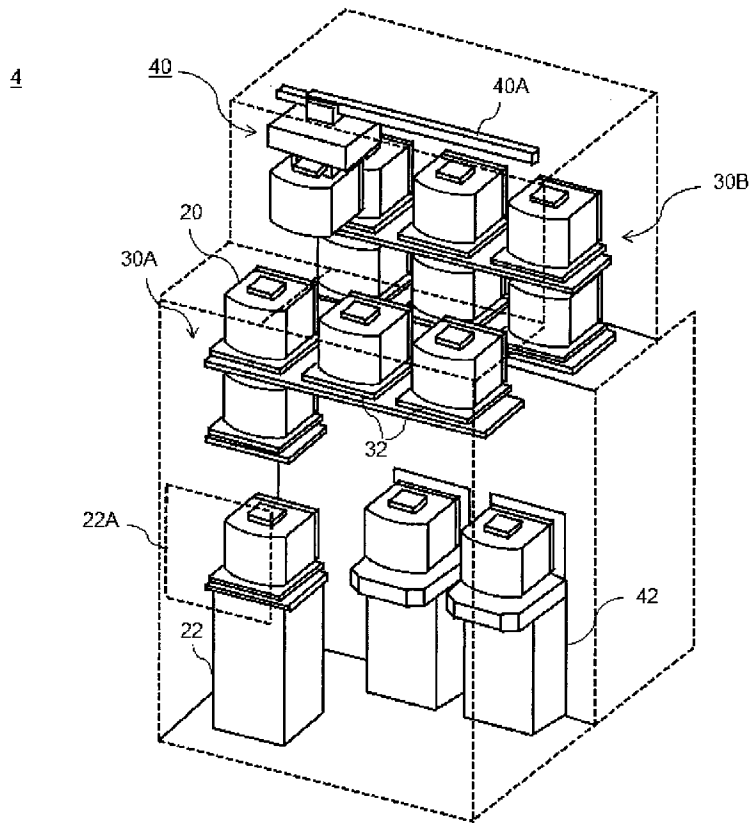
解析装置により、前記移載工程における前記基板移載機による基板

の移載動作が正常に行われた際に前記エンドエフェクタの振動を検出する振動センサにより検出された前記エンドエフェクタの振動の時間領域データをMT法によって分析することにより作成された正常空間を用い、前記移載工程において前記基板移載機が基板を載置して所定の移載動作をする間に前記振動センサにより検出された時間領域データの前記正常空間上におけるマハラノビス距離を算出し、算出された前記マハラノビス距離が所定の閾値を超えた時に、前記エンドエフェクタもしくは前記エンドエフェクタ上の基板と、前記基板保持具もしくは前記基板保持具上の基板とが互いに接触する異常事態が発生したと判定する解析工程と、

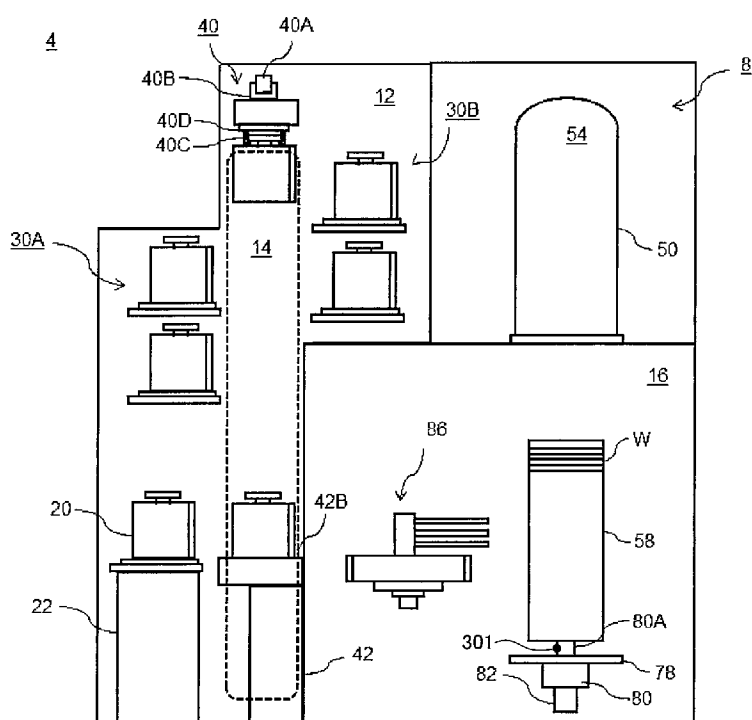
前記基板移載機による所定の移載動作の開始と終了を示す信号を前記解析装置に出力する出力工程と、

を備える半導体装置の製造方法。

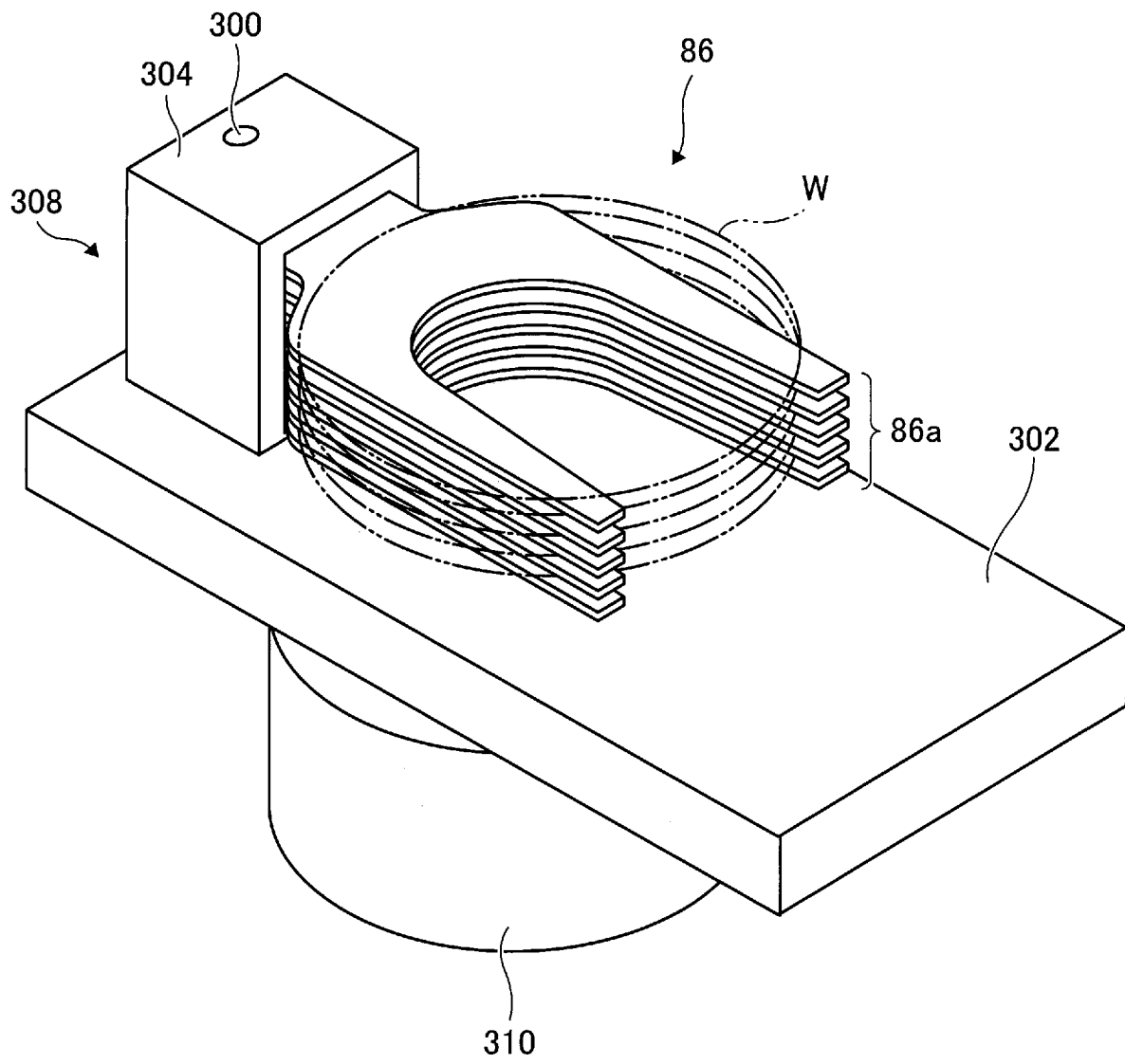
[図1]



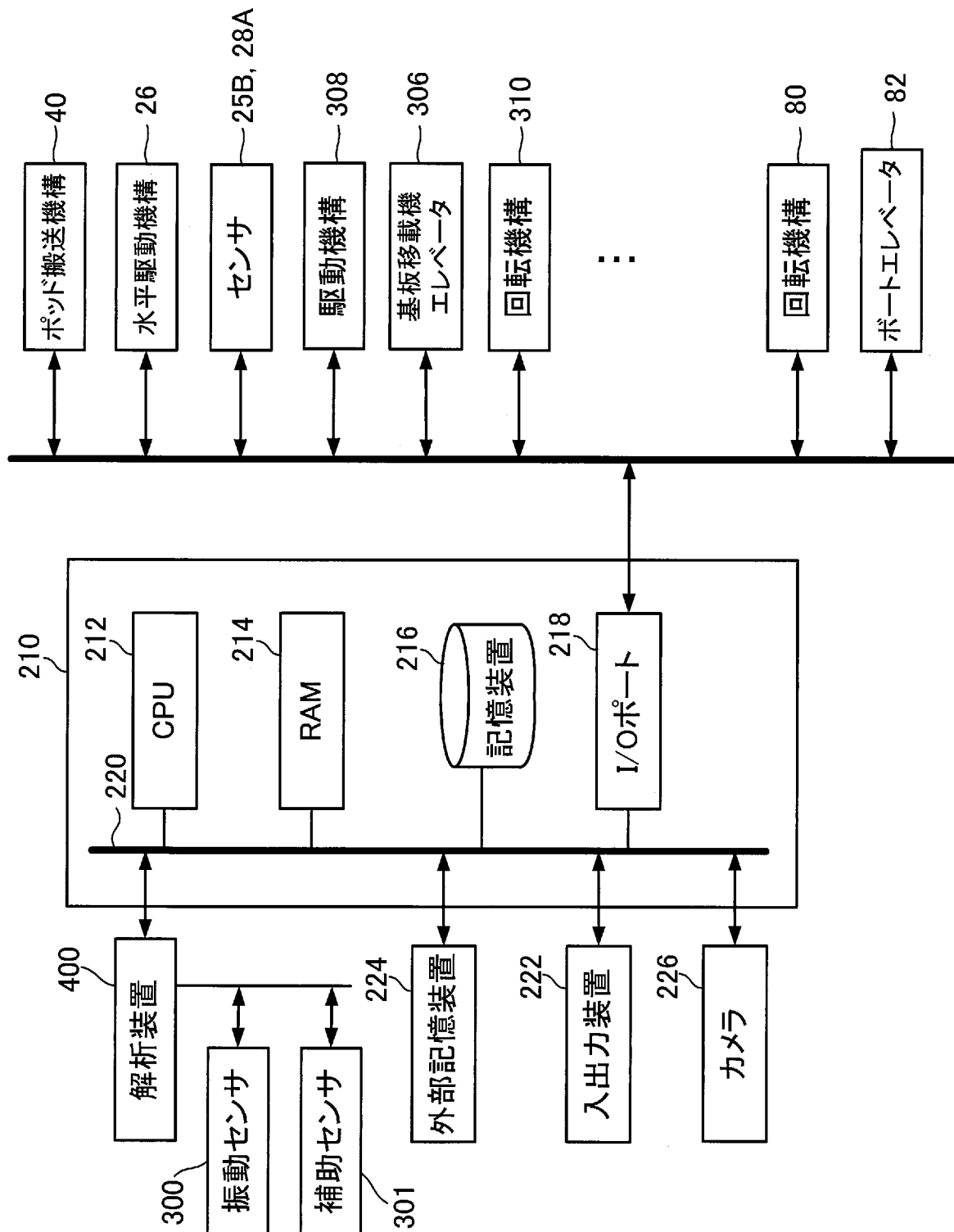
[図2]



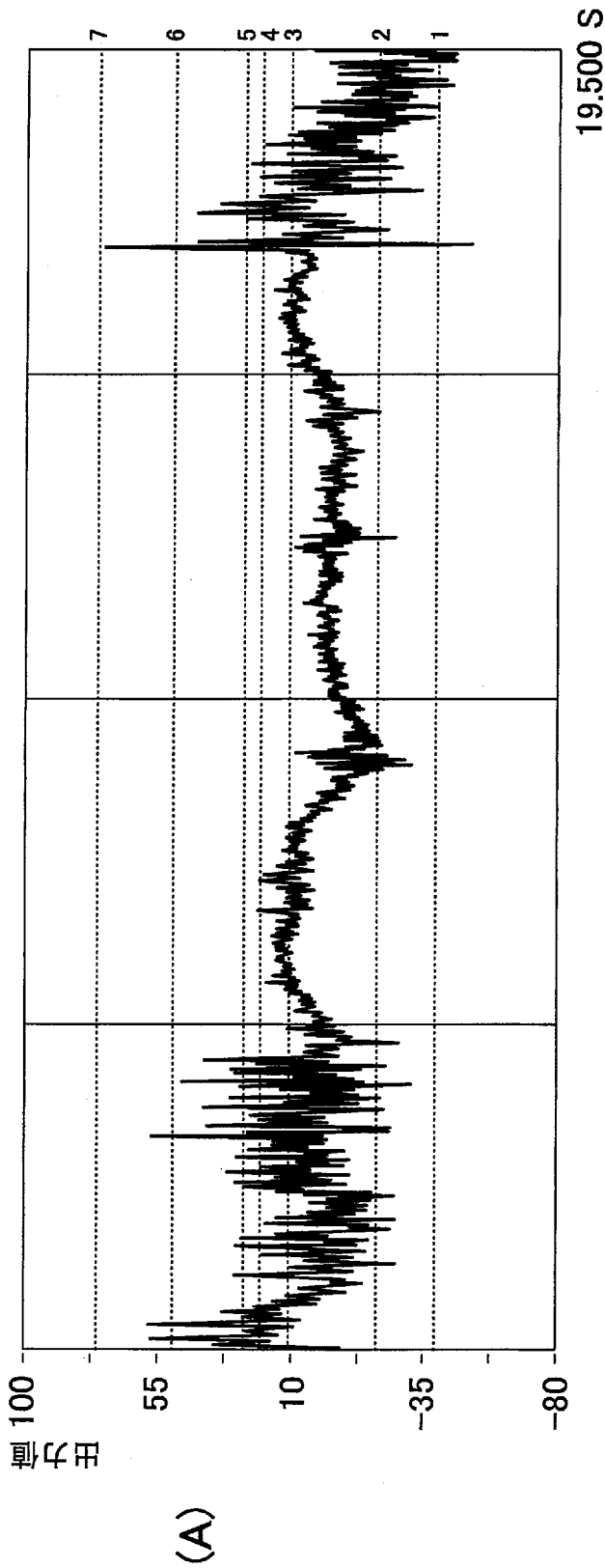
[図3]



[図4]



[図5]



変化量・存在量 標本線数 7

(B)

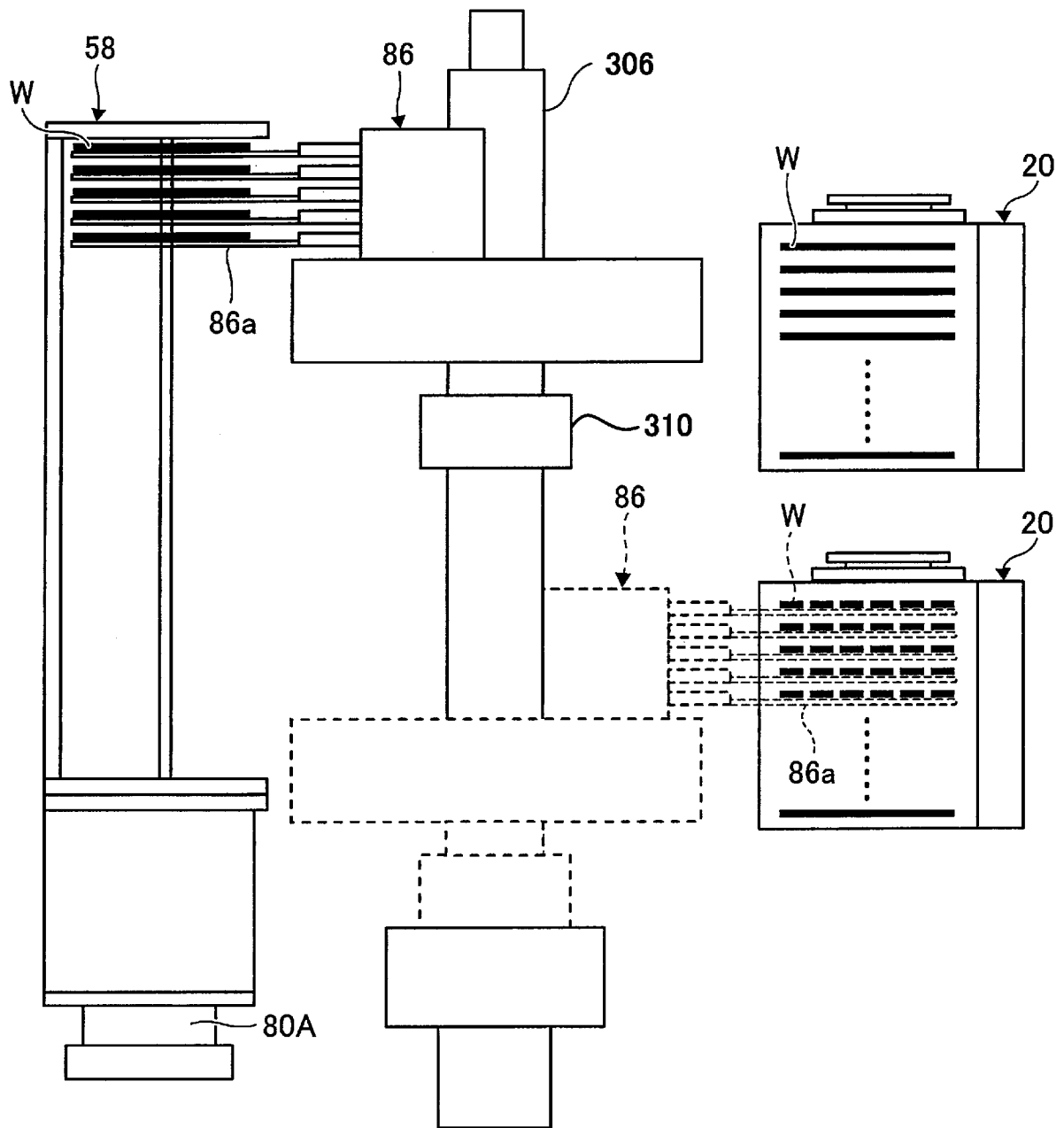
|     | 1    | 2    | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  |
|-----|------|------|-----|-----|-----|----|----|
| 高さ  | -40  | -20  | 10  | 20  | 25  | 50 | 75 |
| 変化量 | 20   | 140  | 399 | 158 | 103 | 8  | 0  |
| 存在量 | 1937 | 1846 | 456 | 123 | 78  | 6  | 0  |

[図6]

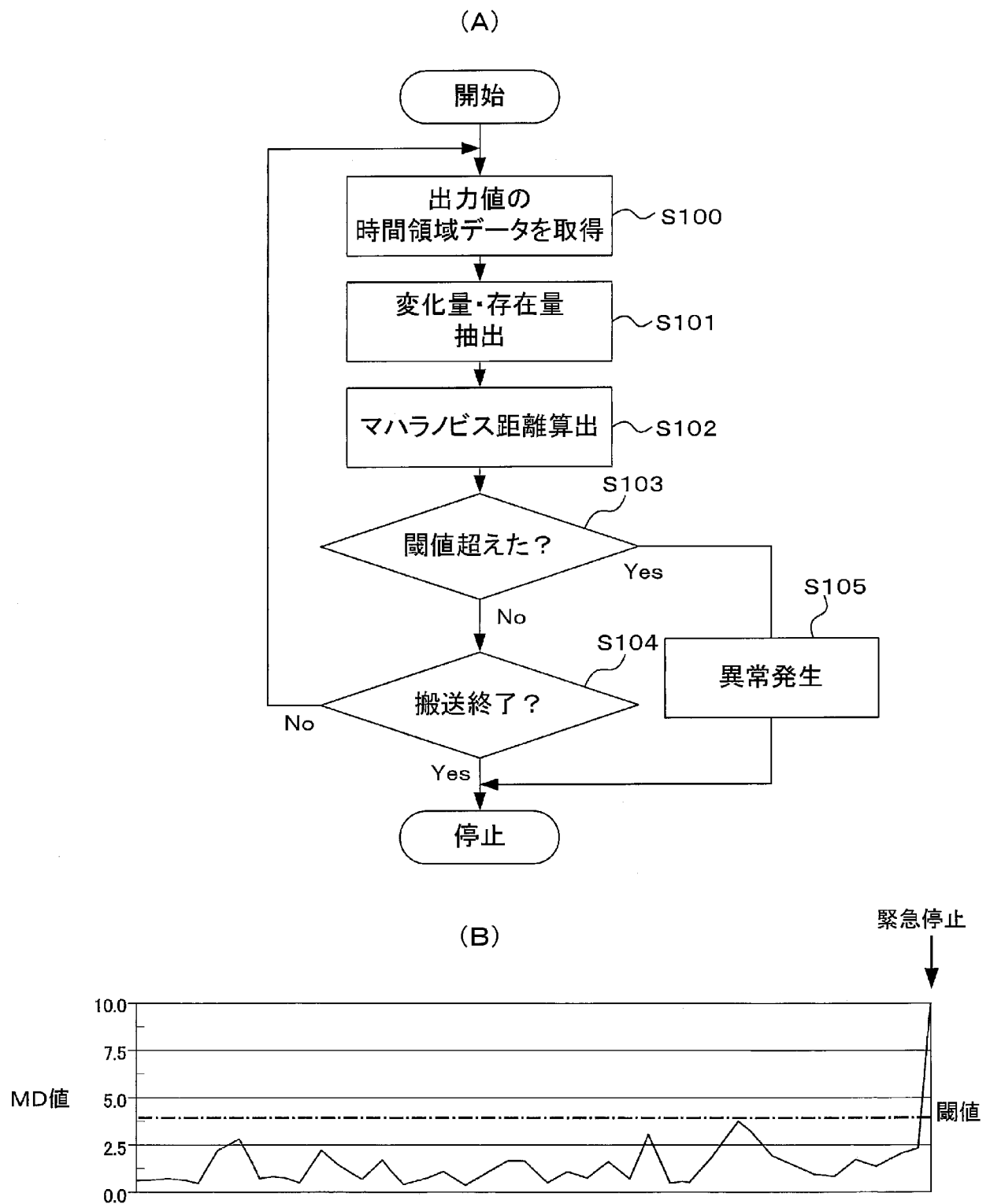
| データ1   |              |              |
|--------|--------------|--------------|
| 標本線(i) | 変化量( $x_i$ ) | 存在量( $y_i$ ) |
| 1      | $x_{11}$     | $y_{11}$     |
| 2      | $x_{12}$     | $y_{12}$     |
| 3      | $x_{13}$     | $y_{13}$     |
| ⋮      | ⋮            | ⋮            |
| 8      | $x_{18}$     | $y_{18}$     |

量

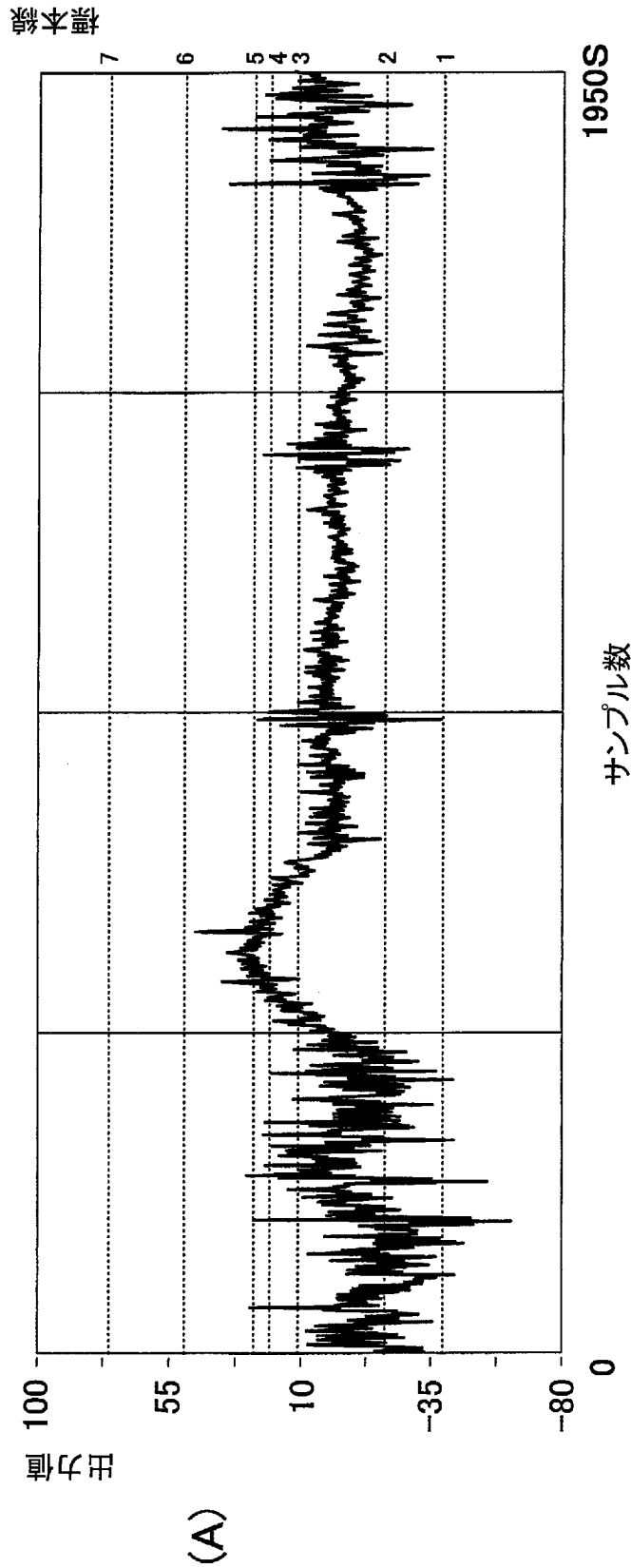
[図7]



[図8]



[図9]

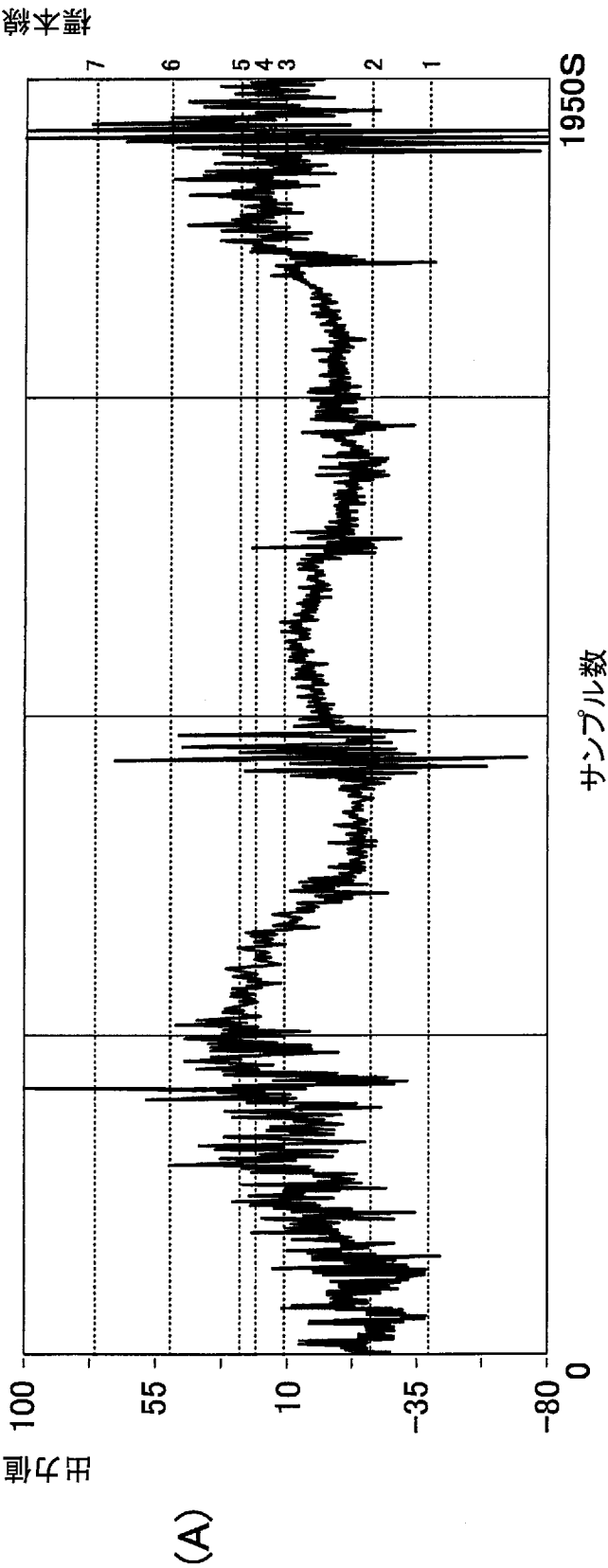


変化量・存在量 標本線数

(B)

|     | 1    | 2    | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  |
|-----|------|------|-----|-----|-----|----|----|
| 高さ  | -40  | -20  | 10  | 20  | 25  | 50 | 75 |
| 変化量 | 27   | 161  | 227 | 112 | 98  | 0  | 0  |
| 存在量 | 1931 | 1818 | 374 | 204 | 103 | 0  | 0  |

[図10]



変化量・存在量 標本線数 7

(B)

|     | 1    | 2    | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  |
|-----|------|------|-----|-----|-----|----|----|
| 高さ  | -40  | -20  | 10  | 20  | 25  | 50 | 75 |
| 変化量 | 51   | 224  | 324 | 302 | 239 | 41 | 19 |
| 存在量 | 1918 | 1782 | 560 | 343 | 223 | 22 | 10 |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/003676

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L21/677 (2006.01) i, B65G49/07 (2006.01) i

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)

Int. Cl. H01L21/677, B65G49/07

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y<br>A    | JP 2001-223254 A (HITACHI, LTD.) 17 August 2001, fig. 2-5, paragraphs [0029]-[0031] (Family: none)                                | 1, 5<br>2-4           |
| Y<br>A    | JP 2004-340706 A (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORP.) 02 December 2004, paragraphs [0020]-[0022] (Family: none) | 1, 5<br>2-4           |
| A         | JP 6-349930 A (SHINKO ELECTRIC CO., LTD.) 22 December 1994, fig. 2, 6, paragraph [0008] (Family: none)                            | 1-5                   |
| A         | JP 2016-14961 A (IHI CORP.) 28 January 2016, paragraphs [0008]-[0011] (Family: none)                                              | 1-5                   |

☐ 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  
25.03.2019

Date of mailing of the international search report  
02.04.2019

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/677(2006.01)i, B65G49/07(2006.01)i

## 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))

Int.Cl. H01L21/677, B65G49/07

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 | 1971-2019年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2019年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2019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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y<br>A          | JP 2001-223254 A (株式会社日立製作所) 2001.08.17, 図2-5、<br>段落0029-0031 (ファミリーなし)  | 1, 5<br>2-4    |
| Y<br>A          | JP 2004-340706 A (東芝三菱電機産業システム株式会社)<br>2004.12.02, 段落0020-0022 (ファミリーなし) | 1, 5<br>2-4    |
| A               | JP 6-349930 A (神鋼電機株式会社) 1994.12.22, 図2, 6、段落0<br>008 (ファミリーなし)          | 1-5            |

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矛盾するものではなく、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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.03.2019

国際調査報告の発送日

02.04.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

儀同 孝信

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

50

3566

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                             |                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2016-14961 A (株式会社 I H I ) 2016.01.28, 段落 0 0 0 8 - 0<br>0 1 1 (ファミリーなし) | 1-5            |