(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
2024年7月18日(18.07.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/150704 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/047301

(22) 国際出願日： 2023年12月28日(28.12.2023)

(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 2023-003306 2023年1月12日(12.01.2023) JP

(71) 出願人：東京エレクトロン株式会社(**TOKYO ELECTRON LIMITED**) [JP/JP]；〒1076325 東京都港区赤坂五丁目３番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：大場 大輔(**OBA, Daisuke**)；〒0600003 北海道札幌市中央区北３条西３丁目１大同生命札幌ビル１０階 東京エレクトロン株式会社内 Hokkaido (JP). 中村 隆央(**NAKAMURA, Takahiro**)；〒0600003 北海道札幌市中央区北３条西３丁目１大同生命札幌ビル１０階 東京エレクトロン株式会社内 Hokkaido (JP). 狐塚 正樹(**KITSUNEZUKA, Masaki**)；〒0600003 北海道札幌市中央区北３条西３丁目１大同生命札幌ビル１０階 東京エレクトロン株式会社内 Hokkaido (JP). 村田 勉(**MURATA, Tsutomu**)；〒0600003 北海道札幌市中央区北３条西３丁目１大同生命札幌ビル１０階 東京エレクトロン株式会社内 Hokkaido (JP). 大見 則文(**OHMI, Norifumi**)；〒0600003 北海道札幌市中央区北３条西３丁目１大同生命札幌ビル１０階 東京エレクトロン株式会社内 Hokkaido (JP).

(54) **Title:** COMPUTER PROGRAM, ANALYSIS METHOD, AND ANALYSIS DEVICE

(54) 発明の名称： コンピュータプログラム、分析方法及び分析装置

[図8]

AA BB CC DD

順位	F値平均	測定値の種類（波長）	処理ステップ	
1	＊＊＊＊	450. 0nm	第3処理ステップ	EE
2	＊＊＊＊	500. 0nm	第2処理ステップ	FF
3	＊＊＊＊	350. 0nm	第2処理ステップ	FF
⋮	⋮	⋮	⋮	

AA Order
BB F value average
CC Measured value type (wavelength)
DD Processing step
EE Third processing step
FF Second processing step

(57) **Abstract:** Provided are a computer program, an analysis method, and an analysis device that make it possible to check the processing status for each processing step included in a processing recipe. The computer program causes a computer to execute a process for: acquiring time-series data composed of a plurality of measured values measured by sensors provided to a processing device for processing a substrate in accordance with one or a plurality of processing steps; calculating, for each processing step, an index value indicating any variation of the measured values between the plurality of substrates in the period in which each processing step is executed, on the basis of the plurality of time-series data acquired when processing the plurality of substrates; and outputting the relationship between each processing step and the index value.

(57) 要約：処理レシピに含まれる夫々の処理ステップについて処理の状態を調べることを可能にするコンピュータプログラム、分析方法及び分析装置を提供する。コンピュータプログラムは、一又は複数の処理ステップに従って基板を処理する処理装置に設けられたセンサが測定した複数の測定値からなる時系列データを取得し、複数の基板を処理する際に取得された複数の前記時系列データに基づいて、各処理ステップが実行される期間における前記複数の基板の間での測定値のばらつきを示す指標値を、処理ステップ別に計算し、各処理ステップと前記指標値との関係を出力する処理をコンピュータに実行させる。

WO 2024/150704 A1

［続葉有］

(74) 代理人：河野 英仁，外 (**KOHNO, Hideto** et al.)；〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目４番３号 河野特許事務所 Osaka (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)）

明　細　書

発明の名称 ： コンピュータプログラム、分析方法及び分析装置

技術分野

[0001]　本開示は、コンピュータプログラム、分析方法及び分析装置に関する。

背景技術

[0002]　半導体ウエハ等の基板に対してエッチング等の処理を行う処理プロセスにおいては、基板の品質を安定させるために、処理の状態を安定させることが望ましい。従来、処理装置に、温度等の処理の状態に関連するデータを取得するセンサを備えておき、センサが取得したデータに基づいて処理の状態を管理することが行われている。特許文献１には、処理の状態に関連するデータを蓄積し、データの変動係数を算出し、変動係数の値に基づいてデータの蓄積を制御する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１４－１１６４５３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　基板の処理プロセスは、処理内容を定めた処理レシピに従って行われる。処理レシピは、順番が定められた複数の処理ステップからなり、各処理ステップでは処理内容が定められている。一般的に、処理ステップ別に処理内容が異なるので、処理の状態は処理ステップによって異なる可能性がある。このため、処理ステップ別に処理の状態を調べることが望ましい。

[0005]　本開示は、処理レシピに含まれる夫々の処理ステップについて処理の状態を調べることを可能にするコンピュータプログラム、分析方法及び分析装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0006]　本開示の一態様によるコンピュータプログラムは、一又は複数の処理ステ

ップに従って基板を処理する処理装置に設けられたセンサが測定した複数の測定値からなる時系列データを取得し、複数の基板を処理する際に取得された複数の前記時系列データに基づいて、各処理ステップが実行される期間における前記複数の基板の間での測定値のばらつきを示す指標値を、処理ステップ別に計算し、各処理ステップと前記指標値との関係を出力する処理をコンピュータに実行させる。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、処理レシピに含まれる夫々の処理ステップについて処理の状態を調べることを可能にするコンピュータプログラム、分析方法及び分析装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施形態１に係る分析システムの構成例を示す概念図である。

[図2]処理レシピの内容例を示す概念図である。

[図3]分析装置の内部の構成例を示すブロック図である。

[図4]実施形態１に係る分析装置が実行する情報処理の手順の例を示すフローチャートである。

[図5]標準化の例を示す模式的グラフである。

[図6]Ｆ値平均計算処理のサブルーチンの処理の手順の例を示すフローチャートである。

[図7]第１期間と第２期間との関係の例を示す模式的グラフである。

[図8]処理ステップとＦ値平均との関係を表した図表の第１の例を示す模式図である。

[図9]処理ステップとＦ値平均との関係を表した図表の第２の例を示す模式図である。

[図10]Ｆ値の時間変化の例を示すグラフである。

[図11]基板群処理のサブルーチンの処理の手順の例を示すフローチャートである。

[図12]各基板群が処理された順番に応じたＦ値平均の変化の例を示したグラ

フである。

[図13]実施形態２に係る分析システムの構成例を示す概念図である。

[図14]ロット及びスロットを説明するための概念図である。

[図15]ロット及びスロットを説明するための概念図である。

[図16]実施形態３に係る分析装置が実行する情報処理の手順の例を示すフローチャートである。

[図17]基板セットとＦ値平均との関係を表した図表の例を示す模式図である。

[図18]基板セットとＦ値平均との関係を表した図表の例を示す模式図である。

[図19]基板セット別に測定値を標準化又は正規化した値のばらつきを計算した結果の例を示す図表である。

[図20]データの前処理の内容例を示す概念図である。

[図21]主成分分析を行った結果の例を示す概念図である。

[図22]複数の基板セットの二次元分布を表した画像の例を示す模式図である。

[図23]測定値を標準化又は正規化した値の時間変化を表したグラフの例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、実施形態を図面に基づき具体的に説明する。

＜実施形態１＞

半導体ウエハ等の基板を製造するプロセスには、基板に対してエッチング等の処理を行う処理プロセスが含まれる。基板に対して処理を行う装置を処理装置と言う。例えば、処理装置は、プロセスチャンバであり、プロセスチャンバ内に配置された基板に対してエッチング等の処理が行われる。また、処理装置は、複数の基板に対して順に処理を行う。一つの基板が処理装置に入れられ、基板に対して処理が実行され、処理の終了後に基板が処理装置から取り出され、次の基板が処理装置に入れられて同一の処理が行われ、基板

に対する処理が繰り返される。基板の品質を安定させるためには、処理の状態は安定していることが望ましい。本実施形態では、処理装置で行われる処理の状態を分析する。

[0010] 図１は、実施形態１に係る分析システム１００の構成例を示す概念図である。分析システム１００は、処理装置２と、処理装置２に設けられたセンサ３と、処理装置２で行われる処理の状態を分析する分析装置１とを含んでいる。処理装置２は、例えば、半導体製造装置２０に含まれている一つのプロセスチャンバである。処理装置２は、複数の基板に対して順に処理を行う。センサ３は、処理装置２で行われる処理の状態を示す物理量を測定する。例えば、処理装置２はプラズマエッチングを行う装置であり、センサ３は、プラズマから発生する光を検出するＯＥＳ（Optical Emission Spectrometer）を用いたセンサである。センサ３は、分析装置１に接続されている。センサ３は、測定を繰り返し行い、測定値を分析装置１へ入力する。例えば、センサ３は、所定の単位時間毎に測定を行い、測定値を入力する。センサ３は、複数種類の物理量を測定し、複数種類の測定値を分析装置１へ入力する。例えば、センサ３は、互いに異なる複数の波長の光の強度を測定し、複数の波長の光の強度を示す複数種類の測定値を分析装置１へ入力する。分析装置１は、分析方法を実行する。

[0011] 処理装置２は、処理内容を所定の処理レシピに従って基板を処理する。処理レシピは、順番が定められた複数の処理ステップからなる。処理ステップは、基板に対する時系列的な処理の手順の最小単位である。各処理ステップでは、基板に対する処理の内容が定められている。図２は、処理レシピの内容例を示す概念図である。処理レシピには、第１処理ステップ及び第２処理ステップ等の複数の処理ステップが含まれる。各処理ステップでは、処理装置２内の温度、及び印加する電圧等、処理装置２で実行される処理の内容が定められている。処理内容には処理条件が含まれる。一般的に、処理ステップ別に処理内容は異なっている。処理レシピには、処理内容が同一の複数の処理ステップが含まれていてもよい。複数の処理ステップは順番が定められ

ているので、各処理ステップに従った処理は、定められた順番に実行される。例えば、最初に第１処理ステップに従った処理が実行され、次に第２処理ステップに従った処理が実行され、次に他の処理ステップに従った処理が実行される。なお、処理レシピは、単一の処理ステップからなっていてもよい。

[0012] 図３は、分析装置１の内部の構成例を示すブロック図である。分析装置１は、パーソナルコンピュータ又はサーバ装置等のコンピュータを用いて構成されている。分析装置１は、演算部１１と、演算に伴って発生する一時的なデータを記憶するメモリ１２と、読取部１３と、記憶部１４と、操作部１５と、表示部１６と、インタフェース部１７とを備えている。演算部１１は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、又はマルチコアＣＰＵを用いて構成されている。演算部１１は、量子コンピュータを用いて構成されていてもよい。メモリ１２は、演算に伴って発生する一時的なデータを記憶する。メモリ１２は、例えばＲＡＭ（Random Access Memory）である。読取部１３は、光ディスク又は可搬型メモリ等の記録媒体１０から情報を読み取る。記憶部１４は、不揮発性であり、例えばハードディスク又は不揮発性半導体メモリである。

[0013] 操作部１５は、使用者からの操作を受け付けることにより、テキスト等の情報の入力を受け付ける。操作部１５は、例えばキーボード、ポインティングデバイス又はタッチパネルである。表示部１６は、画像を表示する。表示部１６は、例えば液晶ディスプレイ又はＥＬディスプレイ（Electroluminescent Display）である。操作部１５及び表示部１６は、一体になっていてもよい。インタフェース部１７は、センサ３が接続されている。インタフェース部１７は、センサ３が入力する測定値を受け付ける。

[0014] 演算部１１は、記録媒体１０に記録されたコンピュータプログラム（プログラム製品）１４１を読取部１３に読み取らせ、読み取ったコンピュータプログラム１４１を記憶部１４に記憶させる。演算部１１は、コンピュータプログラム１４１に従って、分析装置１の機能を実現するための処理を実行す

る。コンピュータプログラム１４１は、処理装置２で行われる処理の状態を分析するための情報処理を分析装置１に実行させるコンピュータプログラムである。コンピュータプログラム１４１は、予め記憶部１４に記憶されているか、又は分析装置１の外部からダウンロードされてもよい。この場合は、分析装置１は読取部１３を備えていなくてもよい。

[0015] コンピュータプログラム１４１は、単一のコンピュータ上で、又は一つのサイトにおいて配置されるか、若しくは複数のサイトにわたって分散され、通信ネットワークによって相互接続された複数のコンピュータ上で実行されるように展開することができる。即ち、分析装置１は、複数のコンピュータで構成されてもよく、コンピュータプログラム１４１は、通信ネットワークを介して接続された複数のコンピュータ上で実行されてもよい。分析装置１は、クラウドサーバを用いて構成されていてもよい。

[0016] 分析システム１００で行われる処理を説明する。処理装置２は、基板に対してエッチング等の処理を行い、分析装置１は、処理装置２で行われる処理の状態を分析する。図４は、実施形態１に係る分析装置１が実行する情報処理の手順の例を示すフローチャートである。以下、分析装置１が実行する情報処理のステップをＳと略す。演算部１１がコンピュータプログラム１４１に従って情報処理を実行することにより、分析装置１は以下の処理を実行する。

[0017] 処理装置２は、複数の基板に対して処理を行う。より詳しくは、処理装置２は、一つの基板に対して所定の処理レシピに含まれる夫々の処理ステップに従った処理を順番に実行する。処理レシピに従った処理が終了した後は、処理装置２は、次の基板に対して処理レシピに従った処理を最初から実行し、同様に、複数の基板に対して処理を繰り返す。センサ３は、測定を繰り返し、複数種類の測定値を分析装置１へ入力する。分析装置１は、センサ３から入力された複数種類の測定値をインタフェース部１７で受け付け、演算部１１は、受け付けた複数種類の測定値を記憶部１４に記憶する。分析装置１は、センサ３が測定した時系列的に複数の測定値からなる時系列データを記

憶部１４に記憶することにより、時系列データを取得する（Ｓ１）。

[0018] Ｓ１では、演算部１１は、測定値の種類別に時系列データを記憶部１４に記憶する。即ち、複数種類の時系列データが記憶される。一つの時系列データには同一の種類の測定値が含まれる。時系列データは、測定値の種類を示す情報が関連付けられる。例えば、波長を示す情報が時系列データに関連付けられる。また、時系列データに含まれる測定値は、順番が定められている。時系列データに含まれる測定値の順番は、センサ３が測定した順番である。例えば、時系列データに含まれる各測定値には、測定値が測定された時刻又は測定値が分析装置１へ入力された時刻が関連付けられる。また、時系列データに含まれる各測定値には、各測定値が何れの処理ステップに従った処理が実行されている期間に測定されているものであるのかを示す情報が関連付けられている。ここで、一つの処理ステップに従った処理が実行されている期間を第１期間とする。処理レシピには複数の処理ステップが含まれているので、一つの基板が処理される期間には、複数の第１期間が含まれる。即ち、各測定値には、何れの第１期間で測定されたのかを示す情報が関連付けられている。

[0019] 時系列データは、測定値の種類別に取得されるので、一つの基板が処理されることに応じて、複数種類の時系列データが取得される。基板が処理される都度、複数種類の時系列データが取得される。時系列データには、基板を示す情報が関連付けられる。なお、センサ３から測定を入力される入力装置と、分析装置１とは別の装置であってもよい。分析装置１は、入力装置から時系列データを読み出すことによって、Ｓ１の処理を実行してもよい。

[0020] 分析装置１は、次に、時系列データに含まれる測定値を処理ステップ別に標準化する（Ｓ２）。Ｓ２では、演算部１１は、時系列データに含まれる各処理ステップに係る複数の測定値を標準化する。各処理ステップに係る複数の測定値は、各処理ステップに従った処理が処理装置２で実行されている間に測定された複数の測定値であり、即ち、各第１期間に得られた複数の測定値である。演算部１１は、一つの時系列データに含まれる一つの第１期間に

得られた複数の測定値の平均値及び標準偏差を計算し、各測定値から平均値を減算した値を標準偏差で除することにより、標準化を行う。一つの時系列データに含まれる一つの第１期間に得られた測定値をｘとし、平均値をｘバー（ｘの上にバーが付いた記号）とし、標準偏差をσとする。標準化された測定値x_{st}は以下の（１）式で表される。

[0021] [数1]

$$x_{st} = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad \cdots(1)$$

[0022] 図５は、標準化の例を示す模式的グラフである。図５の横軸は時間を示し、縦軸は測定値を示す。標準化前の段階では、測定値は、時間経過に応じて大きく変動する可能性がある。一つの処理ステップに係る複数の測定値は、当該複数の測定値の平均値が０となり、分散が１となるように、標準化される。演算部１１は、（１）式を用いて、一つの時系列データに含まれる複数の処理ステップに係る複数の測定値に対して、標準化を行う。演算部１１は、一つの基板について取得された複数種類の時系列データに対して、同様に、標準化を行う。また、演算部１１は、複数の基板の夫々について取得された複数種類の時系列データに対して、同様に、標準化を行う。以降、分析装置１は、標準化した後の測定値を用いて、情報処理を行う。

[0023] 時系列データに含まれる測定値は、一定の値が加算されるオフセット、又は一定の値が乗算されるゲインの影響が含まれる可能性がある。このため、生の時系列データ同士を比較することは困難である。処理ステップが異なると、処理内容が異なるので、オフセット及びゲインは異なる可能性がある。複数の基板は同一の処理装置２で同時に処理されてはいないので、基板が異なるとオフセット及びゲインは異なる可能性がある。処理ステップ別に標準化が行われることにより、各処理ステップに係る測定値からオフセット及びゲインの影響が除去される。各処理ステップに係る測定値の平均値及び分散が時系列データの間で同一となり、時系列データの間で各処理ステップに係る複数の測定値を比較することが容易となる。

[0024] なお、分析装置１は、Ｓ２では、標準化の代わりに、測定値を処理ステッ

プ別に正規化してもよい。この場合は、演算部１１は、一つの時系列データに含まれる一つの第１期間に得られた複数の測定値の最大値及び最小値を特定し、各測定値から最小値を減算した値を、最大値から最小値を減算した値で除することにより、正規化を行う。一つの処理ステップに係る複数の測定値は、最小値が０となり最大値が１となるように、正規化される。以降、分析装置１は、正規化した後の測定値を用いて、情報処理を行う。正規化を行った場合でも、各処理ステップに係る測定値からオフセット及びゲインの影響が除去され、時系列データの間で各処理ステップに係る複数の測定値を比較することが容易となる。分析装置１は、平均値が０以外の値となるか分散が１以外の値となるように標準化を行ってもよく、最小値が０以外の値となるか最大値が１以外の値となるように正規化を行ってもよい。

[0025] 分析装置１は、次に、処理ステップ別に分散分析のＦ値の平均を計算するＦ値平均計算処理を行う（Ｓ３）。分散分析のＦ値の平均は、各処理ステップに係る第１期間における測定値の複数の基板の間でのばらつきを示す指標値である。図６は、Ｆ値平均計算処理のサブルーチンの処理の手順の例を示すフローチャートである。分析装置１は、処理ステップを選択する（Ｓ３１）。Ｓ３１では、演算部１１は、処理レシピに含まれる複数の処理ステップの中から、一つの処理ステップを選択する。分析装置１は、次に、測定値の種類を選択する（Ｓ３２）。Ｓ３２では、演算部１１は、センサ３が測定する測定値の複数の種類の中から、一つの種類を選択する。分析装置１は、次に、選択した処理ステップに係る第１期間に含まれる第２期間を選択する（Ｓ３３）。

[0026] 図７は、第１期間と第２期間との関係の例を示す模式的グラフである。図７の横軸は時間を示し、縦軸は測定値を示す。図７に示す複数の線グラフは、複数の基板を処理装置２で処理した際、選択された処理ステップに係る第１期間に、選択された種類の測定値の時間変化を示している。複数の基板は同時に処理されたものではないものの、同一の処理ステップに係る第１期間は、同一の第１期間とする。ｔを自然数とし、第１期間の開始時点から単位

時間のｔ倍が経過した時点を時点ｔとする。ここでの「時点」は、第１期間の中での相対的な時点であり、複数の基板において同一の時点である。Ｔを自然数とし、時点（ｔ－Ｔ）から時点ｔまでの期間を第２期間とする。第２期間の長さは、単位時間のＴ倍であり、単位時間を０．０１秒とすると、第２期間の長さはＴ×０.０１秒で表すことができる。第２期間は第１期間よりも短い期間である。Ｓ３３では、演算部１１は、複数の第２期間から一つの第２期間を選択する。センサ３は、単位時間（例えば、０．０１秒）当たりに一回の測定をするとする。このため、第２期間には、基板すべてに対してＴ個の測定値が得られる。単位時間は０．０１秒に限られない。単位時間の長さは、センサ３の性能又は分析装置１の処理能力に基づいて適宜設定され得る。

[0027] 分析装置１は、次に、選択した第２期間に得られた複数の測定値に対して、分散分析のＦ値を計算する（Ｓ３４）。Ｓ３４では、演算部１１は、複数の基板について、選択した第２期間に、選択した種類の複数の測定値に対して、Ｆ値を計算する。また、演算部１１は、Ｓ２の処理によって標準化又は正規化された測定値を用いて、Ｆ値を計算する。

[0028] 一つの基板について、選択した第２期間に、選択した種類の複数の測定値を、まとめて一つの群とする。第２期間にはＴ個の測定値が得られるので、一つの群にはＴ個の測定値が含まれる。一つの基板に対応して一つの群が得られるので、複数の基板に対応する複数の群が得られる。この複数の群を対象として、Ｆ値が計算される。Ｆ値は、群内の測定値のばらつきに対する群間の測定値のばらつきの比率である。処理装置２で処理された基板の数をＮとすると、群の数はＮである。分散分析のＦ値は、群間平均平方を群内平均平方で除した値である。即ち、Ｆ値は、以下の（２）式で表される。

Ｆ値＝群間平均平方／群内平均平方　　…（２）

[0029] 群間平均平方は、群間平方和を群間の自由度で除した値である。群間平方和は、各群に含まれる測定値の平均と全ての群に含まれる測定値の平均との差の二乗に、各群に含まれる測定値の数を乗じ、複数の群に亘って合計した

値である。前述したように、各群に含まれる測定値の数はＴである。群間の自由度は、（Ｎ－１）である。ｉ番目の群に含まれる測定値の平均をx_iバー（x_iの上にバーが付いた記号）とし、全ての群に含まれる測定値の平均をＸバー（Ｘの上にバーが付いた記号）とし、群間平方和をMS_aとする。群間平方和MS_aは、以下の（３）式で表される。

[0030] [数2]

$$MS_a = \frac{T}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\bar{x}_i - \bar{X})^2 \quad \cdots(3)$$

[0031] 群内平均平方は、群内平方和を群内の自由度で除した値である。群内平方和は、各群における測定値と平均値との差の二乗の和を、複数の群に亘って合計した値である。群内の自由度は、全ての群に含まれる測定値の数から群の数を減算した値であり、（ＮＴ－Ｎ）である。ｉ番目の群に含まれるｊ番目の測定値をx_{ij}とし、群内平均平方をMS_wとする。群内平均平方MS_wは、以下の（４）式で表される。

[0032] [数3]

$$MS_w = \frac{1}{NT-N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{T}(x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad \cdots(4)$$

[0033] ＳＳ４では、演算部１１は、（３）式を用いて群間平均平方を計算し、（４）式を用いて群内平均平方を計算し、（２）式を用いてＦ値を計算する。演算部１１は、計算したＦ値を記憶部１４に記憶する。群間平均平方は、測定値の基板間での変動を示し、基板の違いが大きく反映されている。群内平均平方は、一つの基板を処理する際の測定値の変動を示し、ノイズの大きさが反映されている。Ｆ値が大きいほど、ノイズの大きさに比べた基板間での測定値の変動が大きいことが明らかとなる。このため、Ｆ値を計算することにより、複数の基板の間での測定値のばらつきの大きさが明らかとなる。

[0034] 分析装置１は、次に、未選択の第２期間があるか否かを判定する（ＳＳ５）。ＳＳ５では、演算部１１は、選択している処理ステップに係る第１期間に含まれる複数の第２期間の中に、まだ選択をしておらず、まだＦ値を計算していない第２期間があるか否かを判定する。未選択の第２期間がある場合

は（Ｓ３５：ＹＥＳ）、分析装置１は、処理をＳ３３へ戻す。Ｓ３３では、演算部１１は、まだ選択していない第２期間から、一つの第２期間を選択する。Ｓ３３～Ｓ３５を繰り返すことにより、各第２期間についてＦ値が計算される。

[0035] 未選択の第２期間が無い場合は（Ｓ３５：ＮＯ）、分析装置１は、Ｆ値平均を計算する（Ｓ３６）。Ｓ３６では、演算部１１は、複数の第２期間について計算した複数のＦ値を平均することにより、Ｆ値平均を計算する。演算部１１は、計算したＦ値平均を記憶部１４に記憶する。Ｆ値平均を計算することにより、複数の基板の間での測定値の瞬間的なばらつきではなく、処理ステップに従った処理が行われている第１期間に発生する測定値の非瞬間的なばらつきの大きさが表される。例えば、第１期間にわたって継続した複数の基板の間での測定値のばらつきが、Ｆ値平均によって表される。

[0036] 分析装置１は、次に、未選択の測定値の種類があるか否かを判定する（Ｓ３７）。Ｓ３７では、演算部１１は、測定値の複数の種類の中に、まだ選択をしておらず、まだＦ値平均を計算していない測定値の種類があるか否かを判定する。未選択の測定値の種類がある場合は（Ｓ３７：ＹＥＳ）、分析装置１は、処理をＳ３２へ戻す。Ｓ３２では、演算部１１は、まだ選択していない測定値の種類の中から、一つの種類を選択する。Ｓ３２～Ｓ３７を繰り返すことにより、各種類の測定値についてＦ値平均が計算される。

[0037] 未選択の測定値の種類が無い場合は（Ｓ３７：ＮＯ）、分析装置１は、未選択の処理ステップがあるか否かを判定する（Ｓ３８）。Ｓ３８では、演算部１１は、処理レシピに含まれる複数の処理ステップの中に、まだ選択をしておらず、まだＦ値平均を計算していない処理ステップがあるか否かを判定する。未選択の処理ステップがある場合は（Ｓ３８：ＹＥＳ）、分析装置１は、処理をＳ３１へ戻す。Ｓ３１では、演算部１１は、まだ選択していない処理ステップから、一つの処理ステップを選択する。Ｓ３１～Ｓ３８を繰り返すことにより、各処理ステップ及び各種類の測定値についてＦ値平均が計算される。未選択の処理ステップが無い場合は（Ｓ３８：ＮＯ）、分析装置

１は、Ｓ３のＦ値平均計算処理を終了し、処理をメインへ戻す。

[0038] Ｓ３を終了した後は、分析装置１は、処理ステップと計算したＦ値平均との関係を出力する（Ｓ４）。図８は、処理ステップとＦ値平均との関係を表した図表の第１の例を示す模式図である。図中に含まれる「＊＊＊＊」はＦ値平均の値を示す。複数の処理ステップ及び複数種類の測定値について作成された複数のＦ値平均が、数値の大きい順に並べられている。Ｓ４では、演算部１１は、処理ステップ及び測定値の種類を関連付けてＦ値平均を数値の大きい順に並べた図表を作成し、作成した図表を表示部１６に表示する。

[0039] 図８では、Ｆ値平均の数値が大きいほど順位が高くなるようになっている。Ｆ値平均には、処理ステップ及び測定値の種類の組み合わせが関連付けられている。図８に示す例では、測定値の種類は、測定される光の波長で区別されている。Ｆ値平均が数値の大きい順に並べられることによって、処理ステップ及び測定値の種類の組み合わせがＦ値平均の大きい順に並べられた表が表示される。処理ステップがＦ値平均の大きい順に並べられることによって、複数の基板の間での測定値のばらつきがより大きく、処理の状態がより不安定になる処理ステップが抽出される。また、複数の基板の間での測定値のばらつきがより大きくなるような測定値の種類が抽出される。図８に示す如き処理ステップとＦ値平均との関係を確認することにより、相対的に不安定な処理ステップを特定することが可能となる。不安定な処理ステップの特定は、異常な処理ステップの検出、不具合の原因の究明、又は処理レシピの改良のために役立てることが可能となる。

[0040] 図９は、処理ステップとＦ値平均との関係を表した図表の第２の例を示す模式図である。図中に含まれる「＊＊＊＊」はＦ値平均の値を示す。各処理ステップ及び測定値の各種類に関連付けられたＦ値平均の値が一覧になっている。Ｆ値平均は、一方向に並んだ複数の処理ステップの夫々と、前記一方向に交差する方向に並んだ測定値の複数の種類の夫々とに関連付けて、二次元状に並んで表示されている。また、数値の大きさに応じてＦ値平均の表示色が異なっている。数値が大きいほど、表示色はＦ値平均を強調する色にな

っている。このため、図９に示す図表はヒートマップになっている。図９では、表示色を、塗りつぶしの密度で表している。Ｓ４では、演算部１１は、処理ステップ及び測定値の種類を関連付けてＦ値平均を一覧にした図表を作成し、Ｆ値平均の数値に応じて表示色を決定し、作成した図表を表示部１６に表示する。例えば、Ｆ値平均の数値の範囲と表示色とを対応付けたテーブルが記憶部１４に予め記憶されており、演算部１１は、テーブルを参照して表示色を決定する。なお、数値の大きさに応じて表示色以外のＦ値平均の表示形態が異なることにより、数値が大きいＦ値平均が強調されてもよい。例えば、表示色の濃さ、文字の大きさ若しくは太さ、文字のフォント又は枠の太さが数値の大きさに応じて異なっていてもよい。数値の大きさの順にＦ値平均に番号が付されていてもよい。

[0041] 図９では、夫々のＦ値平均に処理ステップ及び測定値の種類が関連付けられており、Ｆ値平均の一覧の中で数値の大きいＦ値平均が強調されている。強調されたＦ値平均に関連付けられた処理ステップ及び測定値の種類を確認することにより、Ｆ値平均が大きくなる処理ステップ及び測定値の種類が明らかとなる。複数の基板の間での測定値のばらつきがより大きく、処理の状態がより不安定になる処理ステップが抽出される。また、測定値のばらつきがより大きくなる測定値の種類が抽出される。図８に示す図表を用いた場合と同様に、相対的に不安定な処理ステップを特定することが可能となる。分析装置１は、Ｆ値平均が所定の閾値を超過した場合に警告を出力する処理を行ってもよい。

[0042] Ｓ４では、分析装置１は、Ｆ値の時間変化を出力してもよい。図１０は、Ｆ値の時間変化の例を示すグラフである。図１０の横軸は時間を示し、縦軸はＦ値を示している。演算部１１は、Ｓ３で各時間について計算したＦ値に基づいて、Ｆ値の時間変化を示すグラフを作成し、グラフを表示部１６に表示する。図１０に示すグラフは、一つの処理ステップ及び一つの種類の測定値に係るＦ値の時間変化を示している。分析装置１は、Ｆ値を表示すべき処理ステップ及び測定値の種類を変更することが可能である。例えば、分析装

置１は、使用者が操作部１５を操作することにより、処理ステップ及び測定値の種類の指定を受け付け、指定された処理ステップ及び指定された種類の測定値に係るＦ値の時間変化を出力する。複数の処理ステップ又は複数の種類の測定値に係るＦ値の時間変化を示すグラフが重ねて表示されてもよい。Ｆ値の時間変化が出力されることにより、測定値のばらつきの時間変化がより詳細に明らかとなる。

[0043] Ｓ４が終了した後は、分析装置１は、処理装置２で処理された複数の基板を分割した基板群別にＦ値平均を計算する基板群処理を行う（Ｓ５）。図１１は、基板群処理のサブルーチンの処理の手順の例を示すフローチャートである。分析装置１は、処理装置２が処理を行った複数の基板を分割した複数の基板群を生成する（Ｓ５１）。Ｓ５１では、演算部１１は、処理装置２で処理された複数の基板を、連続して処理された複数の基板からなる複数の基板群に分割する。また、演算部１１は、基板群に含まれる複数の基板の一部が重複するように、複数の基板群を生成する。夫々の基板群に含まれる基板の数は同一であることが望ましい。例えば、八枚の基板が順に処理装置２で処理されたとする。一枚目～四枚目の基板からなる第１基板群と、二枚目～五枚目の基板からなる第２基板群と、三枚目～六枚目の基板からなる第３基板群と、四枚目～七枚目の基板からなる第４基板群と、五枚目～八枚目の基板からなる第５基板群とが生成されるとする。

[0044] 分析装置１は、次に、基板群を選択する（Ｓ５２）。Ｓ５２では、演算部１１は、生成した複数の基板群の中から、一つの基板群を選択する。分析装置１は、次に、Ｆ値平均計算処理を行う（Ｓ５３）。Ｓ５３では、演算部１１は、Ｓ３と同様の処理を行うことにより、選択した基板群に含まれる複数の基板についてＦ値平均を計算する。分析装置１は、次に、未選択の基板群があるか否かを判定する（Ｓ５４）。Ｓ５４では、演算部１１は、複数の基板群の中に、まだ選択をしておらず、まだＦ値平均を計算していない基板群があるか否かを判定する。

[0045] 未選択の基板群がある場合は（Ｓ５４：ＹＥＳ）、分析装置１は、処理を

Ｓ５２へ戻す。Ｓ５２では、演算部１１は、まだ選択していない基板群から、一つの基板群を選択する。Ｓ５２～Ｓ５４を繰り返すことにより、各基板群についてＦ値平均が計算される。未選択の基板群が無い場合は（Ｓ５４：ＮＯ）、分析装置１は、Ｓ５の基板群処理を終了し、処理をメインへ戻す。

[0046] Ｓ５を終了した後は、分析装置１は、各基板群が処理された順番に応じたＦ値平均の変化を出力する（Ｓ６）。Ｓ６では、演算部１１は、Ｓ５での処理結果に基づいて、処理装置２で各基板群が処理された順番に応じたＦ値平均の変化を示したグラフを生成し、生成したグラフを表示部１６に表示する。図１２は、各基板群が処理された順番に応じたＦ値平均の変化の例を示したグラフである。図１２の横軸は基板群の区別を示し、縦軸はＦ値平均を示す。

[0047] 図１２に示すグラフは、一つの処理ステップ及び一つの種類の測定値に係るＦ値平均の変化を示している。分析装置１は、Ｆ値平均を表示すべき処理ステップ及び測定値の種類を変更することが可能である。例えば、分析装置１は、使用者が操作部１５を操作することにより、処理ステップ及び測定値の種類の指定を受け付け、指定された処理ステップ及び指定された種類の測定値に係るＦ値平均の変化を出力する。複数の処理ステップ又は複数種類の測定値に係るＦ値平均の変化を示すグラフが重ねて表示されてもよい。

[0048] 各基板群に含まれる複数の基板が処理装置２で処理された時刻は、基板群の間で、一部が重複しつつ少しずつずれている。第１基板群が処理された時刻よりも、第２基板群が処理された時刻は後になる。また、処理装置２で処理が行われた期間の内で、第１基板群は最も早い時期に処理が行われ、他の基板群はより後の時期に処理が行われる。即ち、基板群に応じたＦ値平均の変化は、処理装置２での処理が継続される時間に応じたＦ値平均の変化を示す。

[0049] 図１２に示す例では、第１基板群に係るＦ値平均が大きく、第２基板群に係るＦ値平均はより小さい。また、第３基板群、第４基板群及び第５基板群に係るＦ値平均は、より小さくなり、ほとんど変動していない。処理装置２

での処理が開始された当初は、測定値のばらつきが大きかったものの、処理が継続されるにつれて、測定値のばらつきが小さくなっていくことが示されている。このため、処理が継続される時間が長くなるほど、処理の状態が安定することが明らかとなる。このように、各基板群が処理された順番に応じたＦ値平均の変化を出力することによって、処理装置２での処理が継続される時間に応じた各処理ステップでの処理の状態の変化が得られる。分析装置１は、基板群に含まれる基板が重複しないようにＳ５～Ｓ６の処理を行ってもよい。

[0050] Ｓ６が終了した後は、分析装置１は、処理を終了する。分析装置１は、ある程度の数の基板が処理装置２で処理され、各基板に係る時系列データが得られた段階で、Ｓ１～Ｓ６の処理を実行する。例えば、分析装置１は、定期的に、又は所定数の基板が処理装置２で処理される都度、Ｓ１～Ｓ６の処理を実行する。分析装置１は、Ｓ４とＳ５とを逆の順番で実行してもよい。処理レシピが単一の処理ステップからなっている場合においても、分析装置１は、同様に、Ｓ１～Ｓ６の処理を実行する。なお、Ｓ５～Ｓ６の処理は省略することも可能である。

[0051] 以上のように、分析装置１は、処理装置２で処理された複数の基板に係る時系列データを取得し、処理ステップ別にＦ値平均を計算し、各処理ステップと前記指標値との関係を出力する。Ｆ値平均は、複数の基板の間での測定値の瞬間的なばらつきではなく、処理ステップに従った処理が行われている期間に発生する測定値の非瞬間的なばらつきの大きさを表す指標値である。このため、Ｆ値平均には、処理ステップに従って実行された処理の全体の状態が反映される。計算されたＦ値平均に応じて、処理ステップに従って実行された処理の状態を調べることが可能となる。また、各処理ステップについてＦ値平均を計算することによって、処理レシピに含まれる複数の処理ステップの夫々について、処理ステップに従って実行された処理の状態を調べることが可能となる。例えば、Ｆ値平均が表す測定値のばらつきの大きさが大きいほど、処理ステップに従って実行された処理が不安定である。Ｆ値平均

が小さくなるように処理ステップの内容を調整することにより、処理ステップに従って実行された処理の安定性が向上し、処理レシピが改良される。

[0052] ＜実施形態２＞

実施形態２においては、分析装置１は、複数の処理装置２で行われる基板の処理を分析する。図１３は、実施形態２に係る分析システム１００の構成例を示す概念図である。分析システム１００は、複数の処理装置２を備えている。例えば、複数の処理装置２は、一つの半導体製造装置２０に含まれている複数のプロセスチャンバである。例えば、複数の処理装置２は、複数の半導体製造装置２０の夫々に含まれているプロセスチャンバである。夫々の処理装置２に設けられたセンサ３は、分析装置１に接続されている。各処理装置２は、独立して基板の処理を行い、各センサ３は、測定値を分析装置１へ入力する。

[0053] 分析装置１は、複数の処理装置２に備えられた複数のセンサ３から入力された測定値をインタフェース部１７で受け付け、演算部１１は、受け付けた測定値を記憶部１４に記憶する。分析装置１は、Ｓ１～Ｓ４の処理を実行する。Ｓ１では、分析装置１は、各処理装置２において各センサ３が測定した複数種類の測定値からなる複数種類の時系列データを記憶部１４に記憶することにより、時系列データを取得する。異なる処理装置２で処理された基板に係る時系列データが、分析装置１に取得される。センサ３から測定を入力される入力装置と、分析装置１とは別の装置であってもよく、分析装置１は、入力装置から時系列データを読み出すことによって、Ｓ１の処理を実行してもよい。分析装置１は、複数の入力装置から時系列データを読み出してもよい。

[0054] Ｓ２では、分析装置１は、時系列データに含まれる測定値を処理ステップ別に標準化する。基板を処理する処理装置２が異なった場合は、オフセット及びゲインは異なる可能性がある。処理ステップ別に標準化が行われることにより、各処理ステップに係る測定値からオフセット及びゲインの影響が除去される。従って、処理した処理装置２が異なる複数の基板に係る時系列デ

ータであっても、時系列データの間で各処理ステップに係る複数の測定値を比較することが容易となる。分析装置１は、標準化の代わりに、測定値を処理ステップ別に正規化してもよい。

[0055] Ｓ３では、分析装置１は、処理した処理装置２が異なる複数の基板の間での測定値のばらつきを示すＦ値平均を、処理ステップ別に計算する。Ｓ５では、分析装置１は、複数の処理装置２で並行して同時期に処理された複数の基板をまとめた基板群に関してＦ値平均を計算する基板群処理を行う。実施形態２における基板群は、実施形態１における基板群と異なる。分析装置１は、Ｓ５１では、複数の処理装置２が平行して同時期に処理を行った複数の基板をまとめた基板群を作成する。このとき、分析装置１は、処理を行った時期が異なる複数の基板群を作成する。処理装置２が連続して処理する複数の基板を一つのロットとし、複数の処理装置２は複数のロットを順番に処理するとする。例えば、特定のロットに含まれる何れかの基板を複数の処理装置２に亘ってまとめることによって一つの基板群が作成され、各ロットについて基板群が作成されることによって複数の基板群が作成される。例えば、特定のロットに含まれる一つの基板を複数の処理装置２に亘ってまとめることによって一つの基板群が作成され、各基板について基板群が作成されることによって複数の基板群が作成される。Ｓ５３では、分析装置１は、各基板群についてＦ値平均を計算する。Ｓ６では、分析装置１は、各基板群が処理された順番に応じたＦ値平均の変化を出力する。Ｓ６が終了した後は、分析装置１は、処理を終了する。なお、Ｓ５～Ｓ６の処理は省略することも可能である。

[0056] 以上のように、分析装置１は、複数の処理装置２で処理された複数の基板に係る時系列データを取得し、処理した処理装置２が異なる複数の基板に関するＦ値平均を処理ステップ別に計算し、各処理ステップと前記指標値との関係を出力する。実施形態２においても、Ｆ値平均に応じて、処理ステップに従って実行された処理の状態を調べることが可能となる。例えば、処理した処理装置２が異なる複数の基板に係る時系列データに基づいてＦ値平均が

計算されるので、処理装置２によるＦ値平均への影響が小さくなり、処理ステップの内容によるＦ値平均への影響が大きくなる。このため、実施形態２では、Ｆ値平均の値は、処理ステップに従って実行された処理の不安定性をより反映している。Ｆ値平均に基づいて、安定性の低い処理ステップを確実に特定し、効果的に処理レシピを改良することが可能となる。

[0057] ＜実施形態３＞

図１４及び図１５は、ロット及びスロットを説明するための概念図である。処理される基板を円で示す。図１４には、処理される複数の基板を処理順に並べて示している。一又は複数の処理装置２によって順に処理される複数の基板をロットとする。一つのロットに対する処理が終了した後は、次のロットに対する処理が行われる。例えば、図１４に示すように、第１のロットに対する処理が行われた後に、第２のロットに対する処理が行われ、次に第３のロットに対する処理が行われる。一つのロットに対する処理が終了してから、次のロットに対する処理が開始されるまでには、所定の期間が空けられる、作業者が交代する、又は処理装置２の清掃若しくはメンテナンスが行われる等、環境の変化が発生し得る。一つのロットには、互いに異なる処理装置２で処理される基板も含まれ得る。

[0058] ロット内で各基板を区別するために、ロット内の各基板に振られるインデックス値として、スロットを用いる。スロットは、一つのロットに含まれ得る複数の基板に、実際に処理された基板があったか否かにかかわらず、処理される順に振られた番号である。図１５に示すように、夫々のロットに、スロットが１である基板、スロットが２である基板、スロットが３である基板、…が含まれる。図１５には、一つのロットにｍ個の基板が含まれる例を示している。実施形態３では、ロットが異なりスロットが同一である複数の基板の間、又はロットが同一でスロットが異なる複数の基板の間で処理の安定性を検証するための処理を行う。

[0059] なお、実施形態３では、インデックス値として、スロット以外の値を用いることも可能である。スロットは、ロット内で実際には処理されていない仮

想的な基板に対しても振られている。例えば、一つのロットにおいて、最初の基板が処理され、二番目の基板が処理されるべきタイミングで実際には基板が処理されず、三番目の基板が処理されるべきタイミングで基板が処理された例を考える。最初の基板にスロット１が振られ、二番目の基板が処理されるべきタイミングで実際には処理されなかった仮想的な基板にスロット２が振られ、三番目の基板が処理されるべきタイミングで処理された基板にスロット３が振られる。インデックス値は、実際に行われた処理順であってもよい。前述の例では、最初の基板に処理順１が振られ、三番目の基板が処理されるべきタイミングで処理された基板に処理順２が振られる。

[0060] 処理順として、「ロット内の処理順」又は「チャンバ内の処理順」が用いられ得る。ロット内の処理順は、ロット内で実際に処理された順番に各基板に振られた番号である。チャンバ内の処理順は、ロット内で複数のプロセスチャンバ（処理装置２）により基板処理が行われた場合に、ロット内でプロセスチャンバ毎に処理された順番に各基板に振られた番号である。例えば、一つのロットにおいて、一番目の基板が第１のプロセスチャンバで処理され、二番目及び三番目の基板が第２のプロセスチャンバで処理され、四番目の基板が第１のプロセスチャンバで処理された例を考える。一番目、二番目、三番目、四番目の基板の順に、「ロット内の処理順」は、１、２、３、４となる。一番目の基板は、第１のプロセスチャンバに関する「チャンバ内の処理順」が１となり、二番目、三番目の基板は、第２のプロセスチャンバに関する「チャンバ内の処理順」が１、２となり、四番目の基板は、第１のプロセスチャンバに関する「チャンバ内の処理順」が２となる。

[0061] 分析システム１００の構成は、実施形態１又は２と同様である。図１６は、実施形態３に係る分析装置１が実行する情報処理の手順の例を示すフローチャートである。例えば、分析装置１は、Ｓ１～Ｓ６の処理を終了した後、又はＳ１～Ｓ４の処理を終了した後に、以下の処理を実行する。分析装置１は、処理ステップ及び測定値の種類を選択する（Ｓ７１）。Ｓ７１では、演算部１１は、使用者が操作部１５を操作することにより、処理ステップ及び

測定値の種類の指定を受け付け、複数の処理ステップの中から指定された処理ステップを選択し、複数の測定値の種類の中から指定された測定値の種類を選択する。例えば、図８に示す如き処理ステップとＦ値平均との関係を表した図表が表示され、使用者が操作部１５を操作することによって、処理ステップ及び測定値の種類の指定が分析装置１へ入力される。

[0062] 分析装置１は、次に、特定の複数の基板からなる基板セット別に、選択した処理ステップ及び測定値の種類に関するＦ値平均を計算する（Ｓ７２）。Ｓ７２では、演算部１１は、ロットが異なりスロットが同一である複数の基板からなる基板セットと、ロットが同一でスロットが異なる複数の基板からなる基板セットとを特定する。処理される順番に各ロットにロット番号を付すとする。例えば、第１のロットのロット番号は１であり、第２のロットのロット番号は２である。

[0063] 演算部１１は、ロット番号が連続する複数のロットからスロットが同一である複数の基板を選択することにより、基板セットを特定する。また、演算部１１は、同一のロットの中でスロットが連続する複数の基板を選択することにより、基板セットを特定する。例えば、夫々の基板セットには、二つの基板が含まれる。演算部１１は、三つ以上の基板が含まれる基板セットを特定してもよい。演算部１１は、複数の基板セットを特定する。例えば、演算部１１は、連続するロット番号とスロットとの全ての組み合わせ、及びロット番号と連続するスロットとの全ての組み合わせについて、基板セットを特定する。

[0064] Ｓ７２では、演算部１１は、基板セットに含まれる複数の基板について、Ｆ値平均を計算する。計算に用いられるデータは、基板セットに含まれる複数の基板の夫々に対して選択された処理ステップが実行された際に得られた、選択された種類の測定値を、標準化又は正規化した値である。演算部１１は、Ｓ３と同様の処理を行うことにより、Ｆ値平均を計算する。演算部１１は、全ての基板セットについてＦ値平均を計算する。演算部１１は、各基板セットについて計算したＦ値平均を記憶部１４に記憶する。Ｓ７２では、演

算部１１は、ロットが異なり処理順が同一である複数の基板からなる基板セットと、ロットが同一で処理順が異なる複数の基板からなる基板セットとについて、Ｆ値平均を計算してもよい。

[0065] 分析装置１は、基板セットとＦ値平均との関係を出力する（Ｓ７３）。図１７及び図１８は、基板セットとＦ値平均との関係を表した図表の例を示す模式図である。図中に含まれる「＊＊＊＊」はＦ値平均の値を示す。図１７は、ロットが異なりスロットが同一である複数の基板からなる基板セットの夫々に関連付けてＦ値平均の値を並べた表である。図中には、複数のロット番号の組み合わせとスロットとが交差する位置に、当該複数のロット番号及びスロットで特定される複数の基板からなる基板セットに係るＦ値平均の値が表示される。図１８は、ロットが同一でスロットが異なる複数の基板からなる基板セットの夫々に関連付けてＦ値平均の値を並べた表である。図中には、ロット番号と複数のスロットの組み合わせとが交差する位置に、当該ロット番号及び複数のスロットで特定される複数の基板からなる基板セットに係るＦ値平均の値が表示される。

[0066] Ｓ７１では、演算部１１は、図１７及び図１８に示すごとき夫々の基板セットに関連付けてＦ値平均の値を並べた表を作成し、表示部１６に表示する。演算部１１は、二種類の図表を作成する。一方の図表は、図１７に示す如き、ロットが異なりスロットが同一である複数の基板からなる基板セットとＦ値平均との関係を示す図表である。他方の図表は、図１８に示す如き、ロットが同一でスロットが異なる複数の基板からなる基板セットとＦ値平均との関係を示す図表である。例えば、演算部１１は、二種類の図表を同時に表示部１６に表示する。演算部１１は、一方の図表を表示部１６に表示し、使用者が操作部１５を操作して図表変更の指示を入力することに応じて、表示する図表を他方の図表に変更してもよい。

[0067] 図１７及び図１８に示す図表では、数値の大きさに応じてＦ値平均の表示色が異なっている。数値が大きいほど、表示色はＦ値平均を強調する色になっている。図１７及び図１８では、表示色を、塗りつぶしの密度で表してい

る。演算部１１は、Ｆ値平均の数値に応じて表示色を決定し、表示色を調整する。表示色を決定する方法は実施形態１と同様である。表示色の濃さ、文字の大きさ若しくは太さ、文字のフォント又は枠の太さが数値の大きさに応じて異なる等、数値の大きさに応じて表示色以外のＦ値平均の表示形態が異なってもよい。基板セットとＦ値平均の値が関連付けられた表が表示され、数値の大きさに応じてＦ値平均の表示形態が異なるので、Ｆ値平均の値が大きく処理の不安定な基板セットが容易に特定される。

[0068] 図１７では、ロットが異なりスロットが同一である複数の基板の間での測定値のばらつきを示すＦ値平均が示される。複数のロットに亘る処理の安定性又は不安定性が可視化される。同一のスロットについて測定値を比較しているので、スロットの違いによる影響が現れず、ロットの違いに起因する処理の不安定性が明らかとなる。Ｆ値平均が大きくなる連続したロットの組み合わせが明らかとなり、ロット間で基板の処理の状態が不安定になっているロットの組み合わせが明らかとなる。例えば、ロット番号が小さいロットの組み合わせでＦ値平均が大きく、ロット番号がより大きいロットの組み合わせではＦ値平均がより小さくなる場合は、基板の処理が継続されるにつれて処理の状態が安定化していることが推測される。例えば、突発的にＦ値平均が大きくなっている場合は、ロット間で何らかの環境が変化したことが推測される。

[0069] 図１８では、ロットが同一でスロットが異なる複数の基板の間での測定値のばらつきを示すＦ値平均が示される。ロット内での複数のスロットに亘る処理の安定性又は不安定性が可視化される。同一のロットについて測定値を比較しているので、ロットの違いによる影響が現れず、スロットの違いに起因する処理の不安定性が明らかとなる。ロット内でＦ値平均が大きくなる連続したスロットの組み合わせが明らかとなり、スロット間で基板の処理の状態が不安定になるスロットの組み合わせが明らかとなる。例えば、小さいスロットの組み合わせでＦ値平均が大きく、より大きいスロットの組み合わせではＦ値平均がより小さくなる場合は、ロット内で基板の処理が継続される

につれて処理の状態が安定化していることが推測される。また、突発的に処理が不安定になったスロットを特定することができる。Ｓ７３では、演算部１１は、ロットが異なり処理順が同一である複数の基板からなる基板セット、又はロットが同一で処理順が異なる複数の基板からなる基板セットの夫々に関連付けてＦ値平均の値を並べた表を、表示部１６に表示してもよい。

[0070] 分析装置１は、基板セット別に、基板セットに含まれる複数の基板の間で測定値を標準化又は正規化した値のばらつきを計算する（Ｓ７４）。処理ステップに従った処理が実行されている第１期間中に、センサ３は測定を繰り返し、所定間隔で測定値が得られる。第１期間中に得られる複数の測定値の夫々に、測定された順番に測定番号を振るとする。第１期間では、最初に測定番号１の測定値が得られ、次に測定番号２の測定値が得られ、次々に測定値が得られていく。測定番号が増えることは、第１期間内で時間が経過することに対応する。Ｓ７４では、演算部１１は、複数の基板の間で、測定番号が同じ測定値を標準化又は正規化した値の差分を計算することによって、測定値を標準化又は正規化した値のばらつきを計算する。

[0071] 図１９は、基板セット別に測定値を標準化又は正規化した値のばらつきを計算した結果の例を示す図表である。一つの基板セットでは、夫々の測定番号について、測定値を標準化又は正規化した値の差分が計算され、夫々の基板セットについて、測定値を標準化又は正規化した値の差分が計算される。図中に含まれる「＊＊＊」は、測定値を標準化又は正規化した値の差分の値を示す。図１９では、基板セットを特定するロット番号及びスロットと、測定番号とに関連付けて、差分の値が示されている。演算部１１は、全ての基板セットについて、また全ての測定番号について、測定値を標準化又は正規化した値の差分を計算する。差分の絶対値が大きいほど、複数の基板の間で測定値を標準化又は正規化した値のばらつきは大きい。演算部１１は、図１９に示す如き、計算したばらつきを表したデータを記憶部１４に記憶する。

[0072] 分析装置１は、次に、計算したばらつきに基づいて、複数の基板セットのクラスタリングを行う（Ｓ７５）。Ｓ７５では、演算部１１は、まず、測定

値のばらつきが大きい測定値番号を強調するように、ばらつきを表すデータの前処理を行う。図２０は、データの前処理の内容例を示す概念図である。演算部１１は、複数の基板セットについて計算した差分の値を、測定番号ごとに合計する。図中には、測定番号１、測定番号２、…について計算した差分の値を複数の基板セットに亘って合計した値を、合計値１、合計値２、…として示している。

[0073] 演算部１１は、計算した合計値を、平均が０、標準偏差が１になるように標準化する。例えば、演算部１１は、複数の測定番号について計算した合計値に対して、（１）式と同様の計算を行うことによって、合計値を標準化する。この計算では、（１）式に含まれるｘは合計値、ｘバーは合計値の平均、σは合計値の標準偏差、x_{st}は合計値を標準化した値である。図中では、合計値１、合計値２、…を標準化した値を、標準化値１、標準化値２、…として示している。

[0074] 演算部１１は、計算した標準化値を、重みへ変換する。例えば、演算部１１は、ソフトマックス関数を用いて、標準化値を重みへ変換する。第１期間中に得られる測定値の数をＭとし、測定番号ｉについての標準化値をx_i、重みをW_iとして、演算部１１は、下記の（５）式に従って重みW_iを計算する。

[0075] [数4]

$$W_i = \frac{e^{x_i}}{\sum_{i=1}^{M} e^{x_i}} \quad \cdots (5)$$

[0076] 図２０中では、標準化値１、標準化値２、…を変換した重みを、重み１、重み２、…として示している。ソフトマックス関数を用いることによって、重みが正の値となり、重みの和が１となる。演算部１１は、測定番号ごとに計算した重みを、測定値を標準化又は正規化した値の差分の値に乗じる。図２０に示すように、測定番号１について計算した夫々の差分の値に重み１が乗じられ、測定番号２について計算した夫々の差分の値に重み２が乗じられ、測定番号３以降についても同様である。このような前処理を行うことによ

り、測定値のばらつきが大きいことを示す値が、相対的により大きい値へ変換される。

[0077] 演算部１１は、次に、複数の基板セットの中から、Ｆ値平均が大きい順に所定数の基板セットを抽出する。例えば、抽出数は１００個である。演算部１１は、抽出した複数の基板セットに係る前処理後のデータに対して、主成分分析を行う。図２１は、主成分分析を行った結果の例を示す概念図である。図中では、抽出された基板セットを、基板セット１、基板セット２、…として示している。各基板セットにおいて、複数の測定番号について得られた前処理後の値が、複数の主成分へ変換される。図中に含まれる「＊＊」は主成分の値（主成分得点）を示す。

[0078] 演算部１１は、主成分の値を用いて、基板セットのクラスタリングを行う。例えば、演算部１１は、ｋ－ｍｅａｎｓ法によりクラスタリングを行う。このとき、演算部１１は、第１主成分、第２主成分及び第３主成分を用いる等、所定数の主成分を用いてクラスタリングを行う。このように、演算部１１は、次元削減を行った上でクラスタリングを行う。演算部１１は、ＵＭＡＰ（Uniform Manifold Approximation and Projection ）法により、次元削減をしてクラスタリングを行ってもよい。クラスタリングにより、複数の基板セットは、測定値のばらつきが似通っている基板セットが夫々に含まれる複数のクラスタに分類される。

[0079] 演算部１１は、次に、クラスタリングした複数の基板セットの分布を表示する（Ｓ７６）。Ｓ７６では、演算部１１は、クラスタリングした複数の基板セットの二次元分布を表した画像を作成し、作成した画像を表示部１６に表示する。図２２は、複数の基板セットの二次元分布を表した画像の例を示す模式図である。図中の横軸は第１主成分の値を示し、縦軸は第２主成分の値を示す。図中の丸印は、二次元座標に対応する第１主成分の値及び第２主成分の値を有する基板セットを示す。同一のクラスタに含まれる基板セットを破線で囲むことによって、クラスタが区別されている。演算部１１は、異なるクラスタに含まれる基板セットの表示色を互いに異ならせてもよい。

[0080] 演算部１１は、基板セットの表示サイズを、Ｆ値平均に応じて変更する。例えば、Ｆ値平均の値が大きいほど、表示サイズが大きくなる。表示サイズ以外に基板セットの表示形態がＦ値平均に応じて変更されてもよい。例えば、表示色の濃さがＦ値平均に応じて変更されてもよく、基板セットを示す印の形状がＦ値平均に応じて変更されてもよい。表示形態が異なることにより、Ｆ値平均が大きい、即ち測定値のばらつきが大きい基板セットが明確となる。

[0081] クラスタリングした基板セットの二次元分布が表示されることにより、どのような測定値のばらつきが多く発生しているのかが明らかとなる。基板セットの表示形態がＦ値平均に応じて変更されることにより、測定値のばらつきが大きい基板セットが、どのような測定値のばらつきを有するクラスタに含まれるのか、が明らかとなる。また、測定値のばらつきが特定の基板セットと似通っている他の基板セットがどの程度存在するのかが明らかとなる。例えば、特定の異常が発生している頻度を調べることも可能となる。Ｓ７６では、演算部１１は、クラスタリングした複数の基板セットの三次元分布を表した画像を表示部１６に表示してもよい。

[0082] なお、Ｓ７４～Ｓ７６の処理では、分析装置１は、差分を計算する以外の方法で、測定値を標準化又は正規化した値のばらつきを計算してもよい。例えば、演算部１１は、複数の基板に係る測定値を標準化又は正規化した値の分散を計算することによって、ばらつきを計算してもよい。データの前処理の方法として、その他の方法が用いられてもよい。或いは、データの前処理が行われずに主成分分析が行われてもよい。また、次元削減を行う方法として、主成分分析以外の方法が用いられてもよい。

[0083] 分析装置１は、複数の基板セットの中から、一の基板セットを選択する（Ｓ７７）。Ｓ７７では、演算部１１は、使用者が操作部１５を操作することにより、一の基板セットを選択する指示を受け付け、複数の基板セットの中から指定された基板セットを選択する。例えば、Ｓ７３の処理により、図１７又は図１８に示す如き夫々の基板セットに関連付けてＦ値平均の値を並べ

た表が表示部１６に表示された状態で、使用者が操作部１５を操作し、いずれかの基板セットが選択される。例えば、Ｆ値平均が値が大きい何れかの基板セットが選択される。或いは、Ｓ７６の処理により、図２２に示す如きクラスタリングした複数の基板セットの分布が表示された状態で、使用者が操作部１５を操作し、いずれかの基板セットが選択される。例えば、特定のクラスタに含まれる何れかの基板セットが選択される。

[0084] 分析装置１は、次に、選択した基板セットについて得られた測定値を標準化又は正規化した値の時間変化を、表示する（Ｓ７８）。Ｓ７８では、基板セットに含まれる複数の基板に含まれる複数の基板について、第１期間中に得られた測定値を標準化又は正規化した値の時間変化を表したグラフを、表示する。演算部１１は、グラフを作成し、作成したグラフを表示部１６に表示する。

[0085] 図２３は、測定値を標準化又は正規化した値の時間変化を表したグラフの例を示す模式図である。図中の横軸は、測定番号を示す。測定番号は第１期間内での経過時間に対応する。図中の縦軸は、測定値を標準化又は正規化した値を示す。図中には、測定値を標準化又は正規化した値を、単に測定値と記載している。図２３では、基板セットに含まれる複数の基板の内で一の基板についての測定値を標準化又は正規化した値を、白丸で示し、他の基板についての測定値を標準化又は正規化した値を、黒丸で示している。測定値の第１期間内での時間変化が具体的に表されており、測定値が複数の基板の間で具体的にどのようにばらついているのかが明らかとなる。

[0086] 選択した基板セットについて、測定値を標準化又は正規化した値の時間変化が表示されることにより、第１時間中のどの瞬間に測定値のばらつきが発生するのかが明らかとなる。また、選択した基板セットについて、複数の基板の間で測定値の時間変化が具体的にどのように変化しているのかが明らかとなる。使用者は、これらの情報を容易に確認することができ、処理ステップの改善に役立てることができる。

[0087] Ｓ７８が終了した後は、分析装置１は処理を終了する。分析装置１は、Ｓ

７７～Ｓ７８の処理を繰り返し実行してもよい。例えば、様々な基板セットを選択し、夫々の基板セットについて、測定値を標準化又は正規化した値の時間変化を表示する処理が、行われてもよい。Ｓ７１～Ｓ７８の処理は、全ての処理が必ず行われる必要は無く、Ｓ７３が省略された処理が行われてもよく、７４～Ｓ７６が省略された処理が行われてもよく、Ｓ７１～Ｓ７８が省略された処理が行われてもよい。

[0088] 実施形態３では、基板セットとして、ロットが異なりインデックス値が同一である複数の基板からなる基板セットと、ロットが同一でインデックス値が異なる複数の基板からなる基板セットとの両方を用いる例を示した。分析装置１は、いずれか一方の基板セットのみを扱った処理を行う形態であってもよい。

[0089] 実施形態１～３では、各処理ステップに従った処理が実行される期間における複数の基板の間での測定値のばらつきを示す指標値として、Ｆ値平均を用いた例を示した。分析装置１は、Ｆ値平均以外の指標値を計算する形態であってもよい。例えば、分析装置１は、第１期間に含まれる複数の時点における分散、標準偏差又は変動係数を計算し、指標値として、分散、標準偏差又は変動係数の平均を計算してもよい。処理装置２は、ガラス基板又はフラットパネル基板等、半導体ウエハ以外の基板を処理する装置であってもよい。

[0090] 実施形態１～３では、一のセンサ３を用いて複数種類の測定値を取得する形態を示した。分析システム１００は、互いに異なる種類の物理量を測定する複数のセンサ３を処理装置２に備え、複数のセンサ３を用いて複数種類の測定値を取得する形態であってもよい。実施形態１～３では、センサ３が光の強度を測定する例を示したが、センサ３は、温度又は圧力等、光の強度以外の物理量を測定する形態であってもよい。分析システム１００は、同一の種類の物理量を測定する複数のセンサ３を処理装置２に備え、この複数のセンサ３が測定する測定値を複数種類の測定値として取得する形態であってもよい。例えば、処理装置２の内部の複数の場所における温度を測定する複数

のセンサ３が処理装置２に設けられ、複数の場所における温度が複数種類の測定値として取得されてもよい。実施形態１～３では、複数種類の測定値を取得する形態を示したが、処理装置２には単一の物理量を測定する単一のセンサ３が設けられ、分析装置１は単一の種類の測定値を取得する形態であってもよい。

[0091] 今回開示された実施形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

[0092] 各実施形態に記載した事項は相互に組み合わせることが可能である。また、特許請求の範囲に記載した独立請求項及び従属請求項は、引用形式に関わらず全てのあらゆる組み合わせにおいて、相互に組み合わせることが可能である。さらに、特許請求の範囲には他の２以上のクレームを引用するクレームを記載する形式（マルチクレーム形式）を用いているが、これに限るものではない。マルチクレームを少なくとも一つ引用するマルチクレーム（マルチマルチクレーム）を記載する形式を用いて記載してもよい。

符号の説明

[0093] １００　分析システム

１　分析装置

１１　演算部

１４　記憶部

１４１　コンピュータプログラム

１６　表示部

２０　半導体製造装置

２　処理装置

３　センサ

請求の範囲

[請求項1] 一又は複数の処理ステップに従って基板を処理する処理装置に設けられたセンサが測定した複数の測定値からなる時系列データを取得し、

複数の基板を処理する際に取得された複数の前記時系列データに基づいて、各処理ステップが実行される期間における前記複数の基板の間での測定値のばらつきを示す指標値を、処理ステップ別に計算し、

各処理ステップと前記指標値との関係を出力する

処理をコンピュータに実行させる、コンピュータプログラム。

[請求項2] 各基板に係る前記時系列データに含まれる、各処理ステップが実行される期間に測定された複数の測定値を、処理ステップ別に標準化又は正規化し、

標準化又は正規化した後の複数の測定値を用いて、前記指標値を計算する

処理をコンピュータに実行させる、請求項１に記載のコンピュータプログラム。

[請求項3] 各処理ステップが実行される第１期間に含まれる複数の第２期間の夫々に測定された複数の測定値を一つの群とし、前記複数の基板についての複数の群を対象として、群内の測定値のばらつきに対する群間の測定値のばらつきの比率を計算し、

前記複数の第２期間について計算した複数の前記比率を平均した値を、前記指標値として計算する

処理をコンピュータに実行させる、請求項１に記載のコンピュータプログラム。

[請求項4] 前記処理装置に設けられた一又は複数のセンサが測定した複数種類の測定値からなる複数種類の時系列データを取得し、

前記複数種類の測定値の夫々について、前記指標値を計算し、

前記複数種類の測定値の夫々と各処理ステップと前記指標値との関

係を出力する

処理をコンピュータに実行させる、請求項１に記載のコンピュータプログラム。

[請求項5] 前記複数種類の測定値は、波長が異なる光の強度を測定した値である、

請求項４に記載のコンピュータプログラム。

[請求項6] 前記指標値の大きさの順に、処理ステップ及び測定値の種類の複数の組み合わせを並べて表示する

処理をコンピュータに実行させる、請求項４に記載のコンピュータプログラム。

[請求項7] 夫々の処理ステップと前記複数種類の測定値の夫々とに関連付けて前記指標値を並べた表を表示し、

前記指標値の大きさに応じて前記指標値の表示形態を異ならせる

処理をコンピュータに実行させる、請求項４に記載のコンピュータプログラム。

[請求項8] 同一の処理装置で処理された複数の基板を、連続して処理された複数の基板からなる複数の基板群に分割し、

基板群別に前記指標値を計算し、

各基板群と前記指標値との関係を出力する

処理をコンピュータに実行させる、請求項１に記載のコンピュータプログラム。

[請求項9] 前記処理装置で各基板群が処理された順番に応じた前記指標値の変化を示したグラフを表示する

処理をコンピュータに実行させる、請求項８に記載のコンピュータプログラム。

[請求項10] 各基板群に含まれる複数の基板の一部は他の基板群と重複している、

請求項８に記載のコンピュータプログラム。

[請求項11] ロットが異なりロット内で各基板に振られたインデックス値が同一である複数の基板又はロットが同一でインデックス値が異なる複数の基板からなる基板セット別に、前記指標値を計算し、

複数の基板セットの夫々に関連付けて前記前記指標値を並べた表を表示し、

前記指標値の大きさに応じて前記指標値の表示形態を異ならせる

処理をコンピュータに実行させる、請求項１に記載のコンピュータプログラム。

[請求項12] ロットが異なりインデックス値が同一である複数の基板の間、又はロットが同一でインデックス値が異なる複数の基板の間で、一の処理ステップが実行される第１期間内に測定された複数の測定値を標準化又は正規化した値のばらつきを計算し、

夫々に、ロットが異なりインデックス値が同一である複数の基板又はロットが同一でインデックス値が異なる複数の基板からなる複数の基板セットを、前記ばらつきに基づいて、クラスタリングし、

クラスタリングした複数の基板セットの分布を表示する

処理をコンピュータに実行させる、請求項２に記載のコンピュータプログラム。

[請求項13] 一の処理ステップを選択し、

夫々に、ロットが異なりインデックス値が同一である複数の基板又はロットが同一でインデックス値が異なる複数の基板からなる複数の基板セットから、一の基板セットを選択し、

選択した基板セットに含まれる複数の基板に対して選択された処理ステップが実行される第１期間内に測定された複数の測定値を標準化又は正規化した値の時間変化を、表示する

処理をコンピュータに実行させる、請求項２に記載のコンピュータプログラム。

[請求項14] 一又は複数の処理ステップに従って基板を処理する処理装置に設け

られたセンサが測定した複数の測定値からなる時系列データを取得し、

複数の基板を処理する際に取得された複数の前記時系列データに基づいて、各処理ステップが実行される期間における前記複数の基板の間での測定値のばらつきを示す指標値を、処理ステップ別に計算し、

各処理ステップと前記指標値との関係を出力する

分析方法。

[請求項15] 演算部を備え、

前記演算部は、

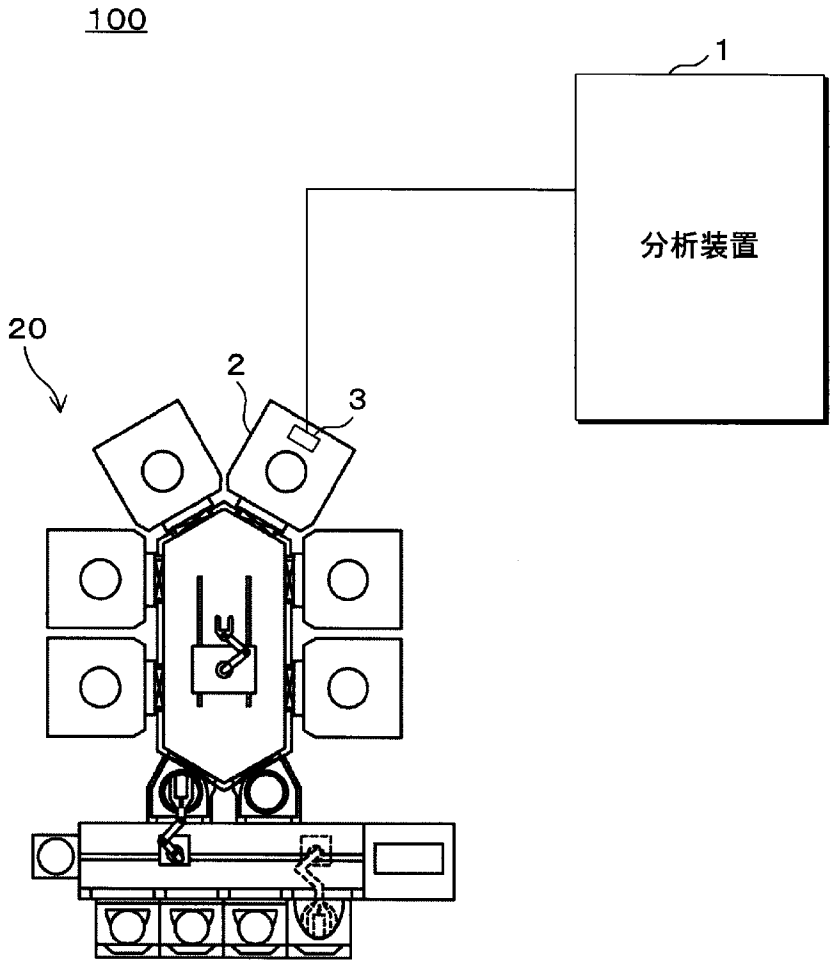
一又は複数の処理ステップに従って基板を処理する処理装置に設けられたセンサが測定した複数の測定値からなる時系列データを取得し、

複数の基板を処理する際に取得された複数の前記時系列データに基づいて、各処理ステップが実行される期間における前記複数の基板の間での測定値のばらつきを示す指標値を、処理ステップ別に計算し、

各処理ステップと前記指標値との関係を出力する

分析装置。

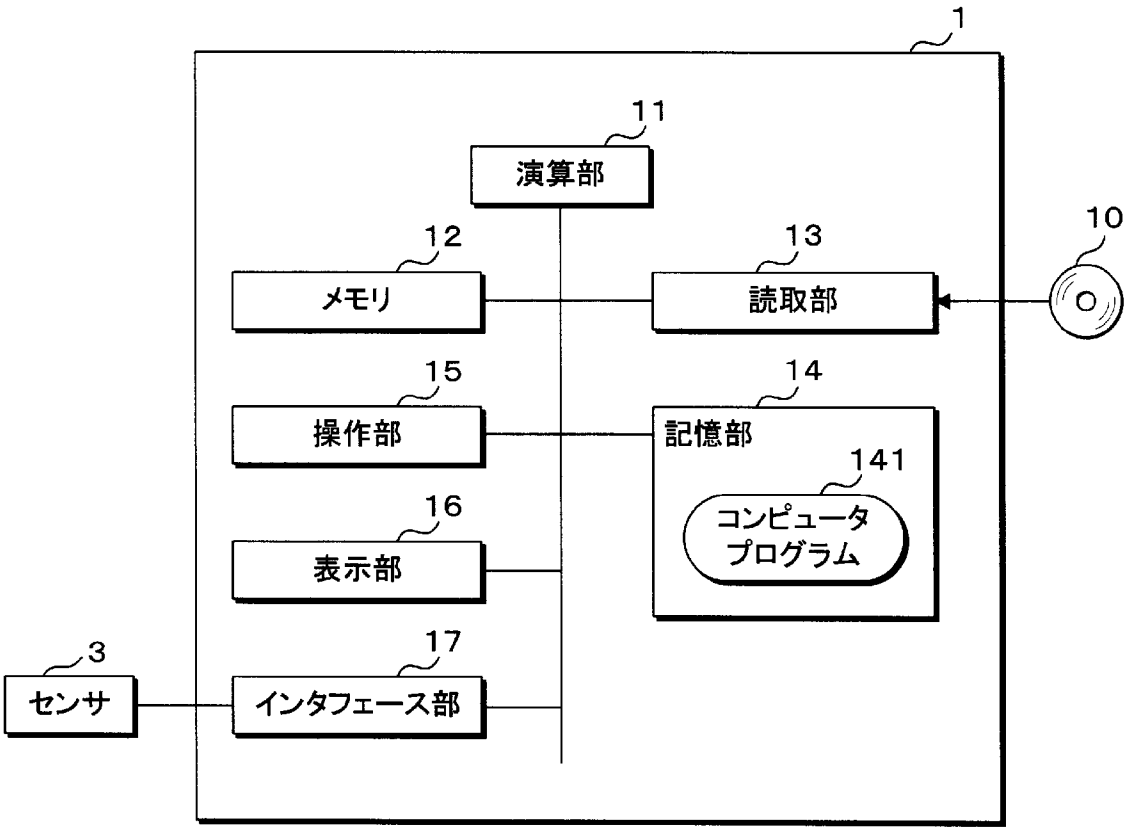
[図1]



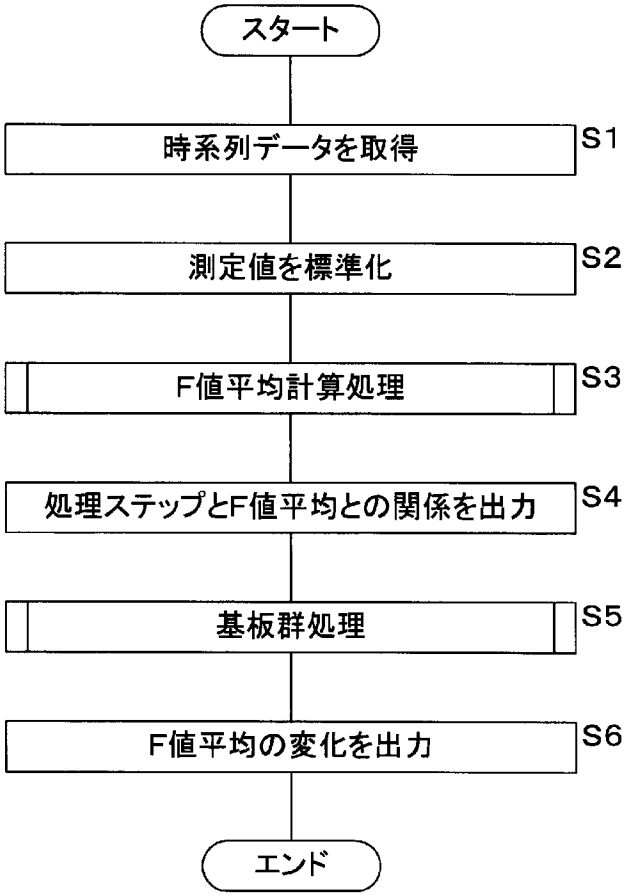
[図2]

第1 処理ステップ ⋮	温度:a1 ℃ 電圧:b1 V ⋮
第2 処理ステップ ⋮	温度:a2 ℃ 電圧:b2 V ⋮
⋮	⋮

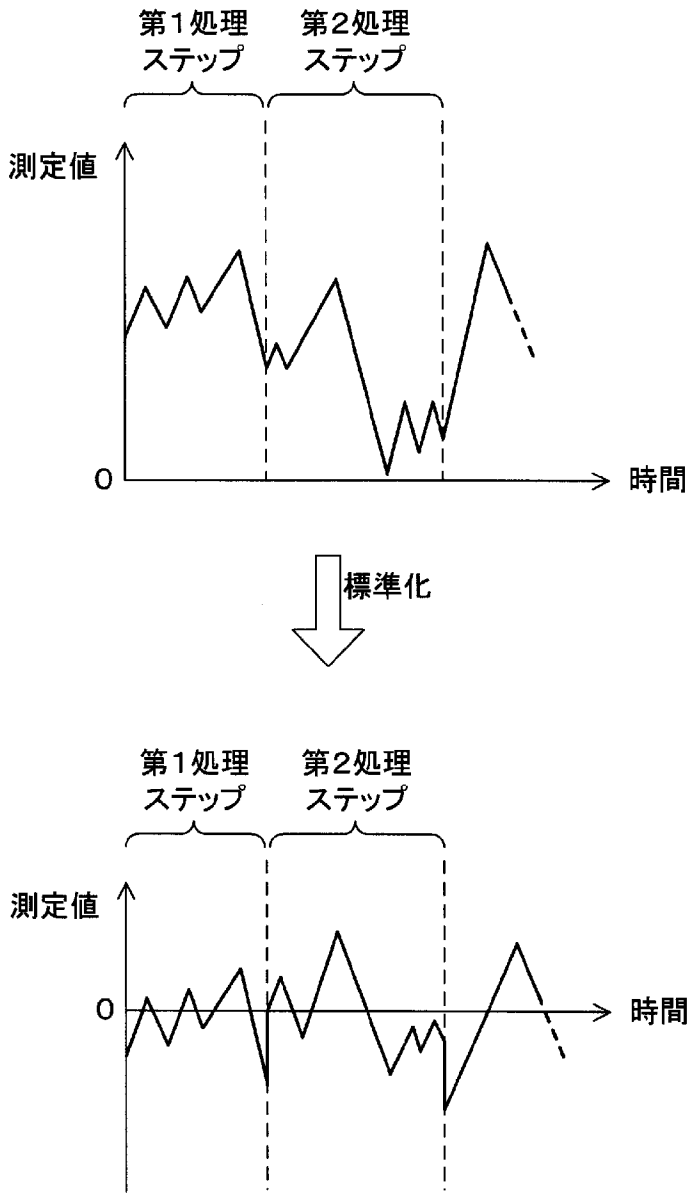
[図3]


1
11
演算部
12
メモリ
13
読取部
10
15
操作部
14
記憶部
141
コンピュータ
プログラム
16
表示部
3
センサ
17
インタフェース部

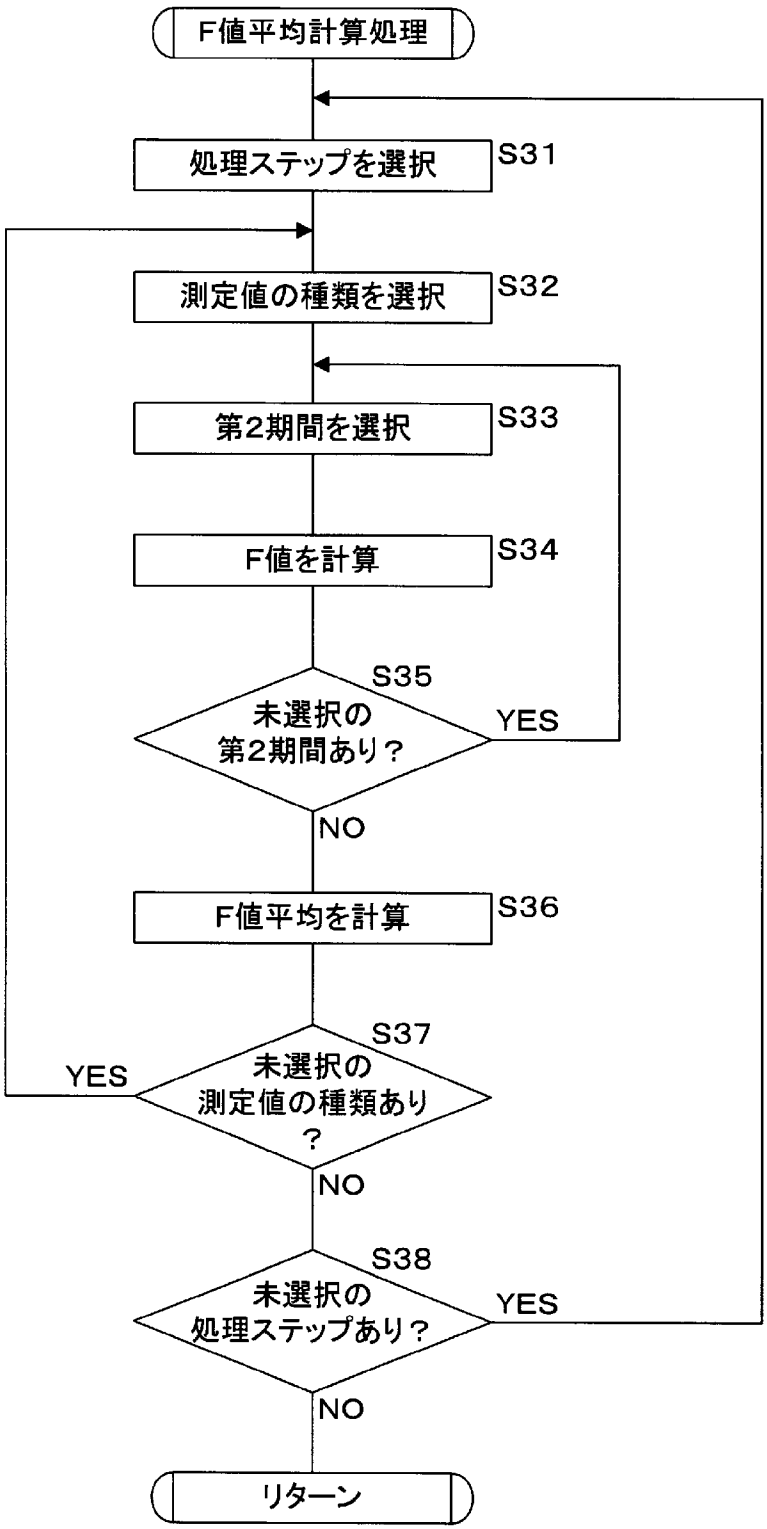
[図4]


スタート
時系列データを取得
S1
測定値を標準化
S2
F値平均計算処理
S3
処理ステップとF値平均との関係を出力
S4
基板群処理
S5
F値平均の変化を出力
S6
エンド

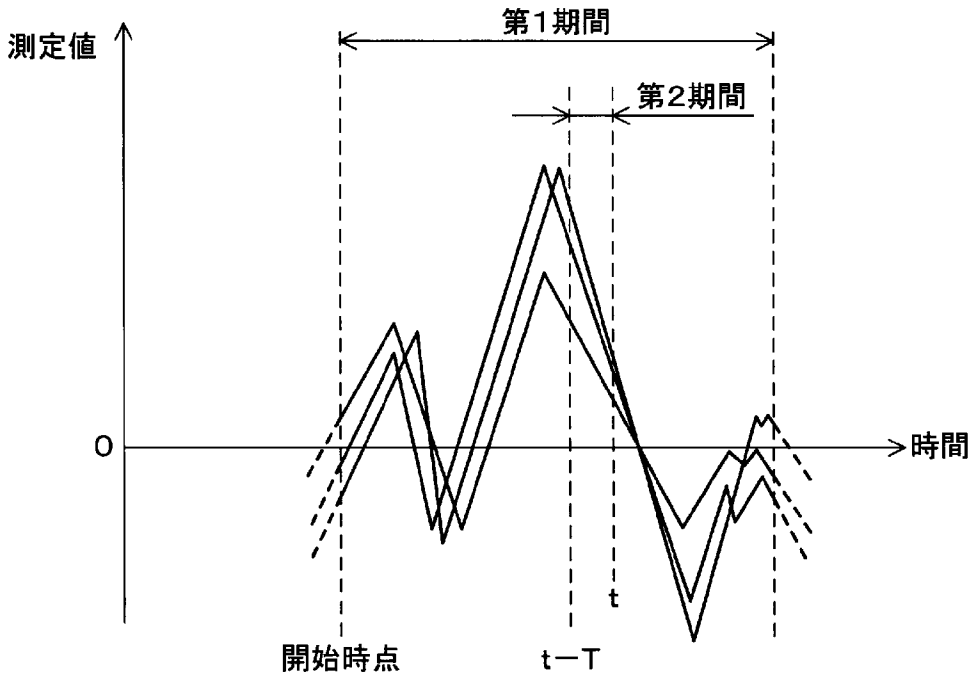
[図5]



[図6]


F値平均計算処理
処理ステップを選択
S31
測定値の種類を選択
S32
第2期間を選択
S33
F値を計算
S34
S35
未選択の
第2期間あり？
YES
NO
F値平均を計算
S36
S37
未選択の
測定値の種類あり
？
YES
NO
S38
未選択の
処理ステップあり？
YES
NO
リターン

[図7]



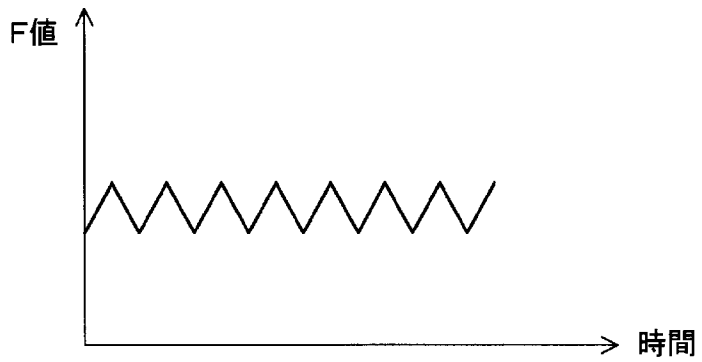
[図8]

順位	F値平均	測定値の種類（波長）	処理ステップ
1	＊＊＊＊	450. 0nm	第3処理ステップ
2	＊＊＊＊	500. 0nm	第2処理ステップ
3	＊＊＊＊	350. 0nm	第2処理ステップ
⋮	⋮	⋮	⋮

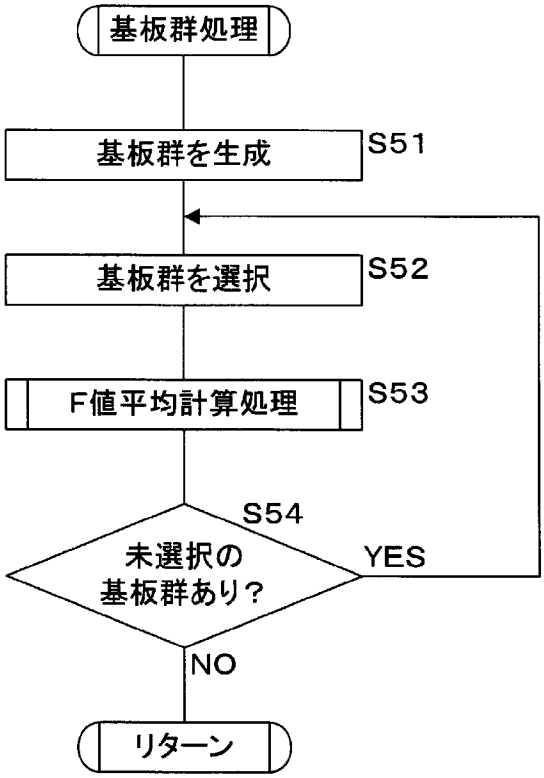
[図9]

		処理ステップ			
		第1処理ステップ	第2処理ステップ	第3処理ステップ	・・・
測定値の種類（波長）	⋮	⋮	⋮	⋮	・・・
	300. 0nm	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	350. 0nm	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	400. 0nm	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	450. 0nm	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	500. 0nm	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	550. 0nm	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	⋮	⋮	⋮	⋮	・・・

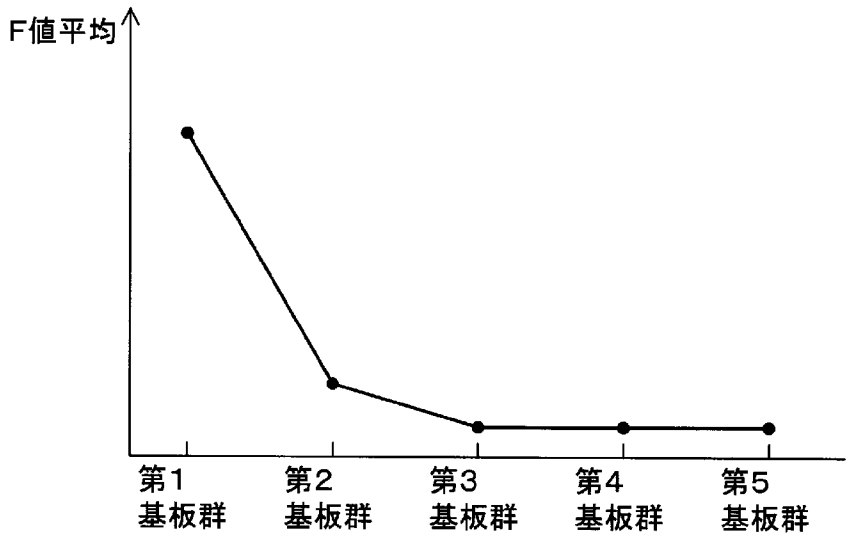
[図10]



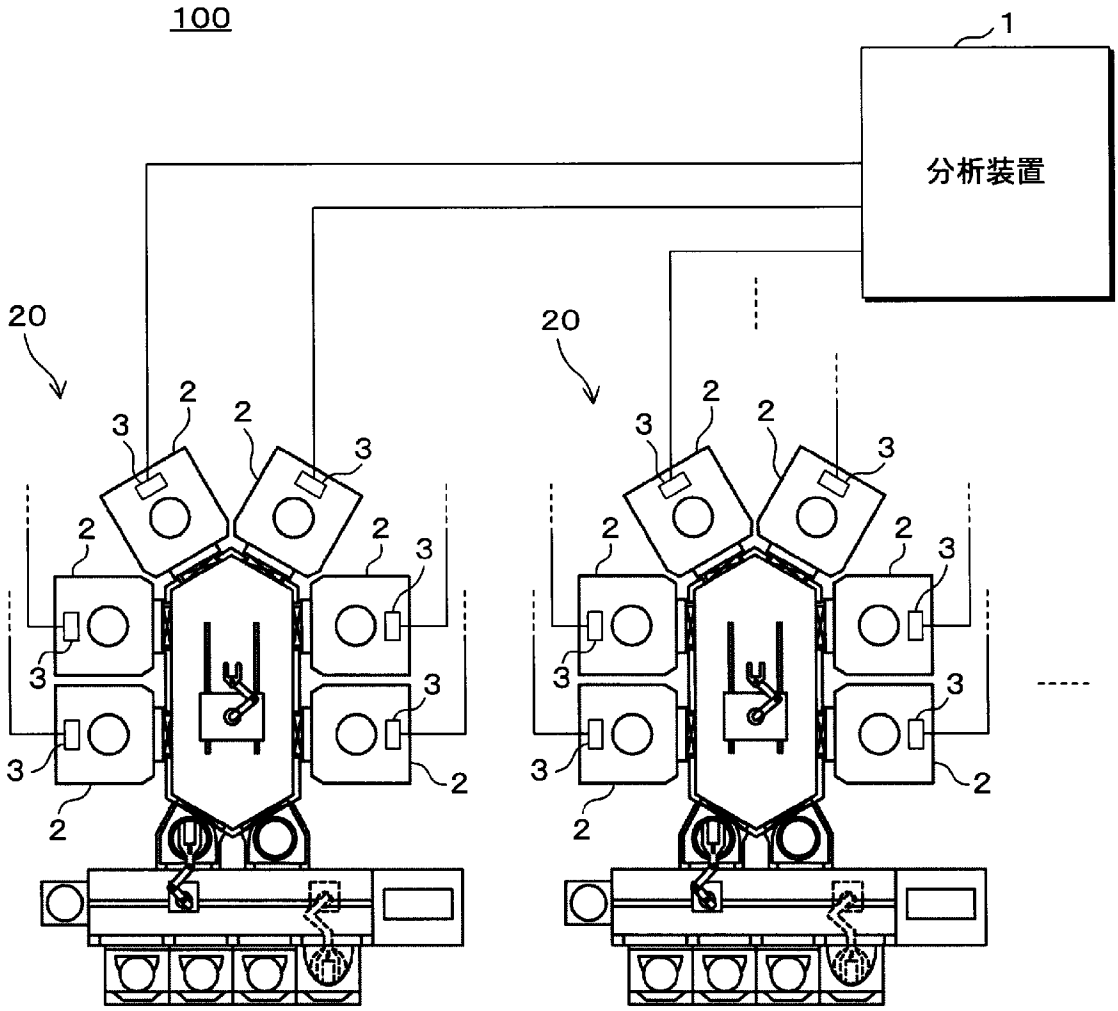
[図11]


基板群処理
基板群を生成
S51
基板群を選択
S52
F値平均計算処理
S53
S54
未選択の
基板群あり？
YES
NO
リターン

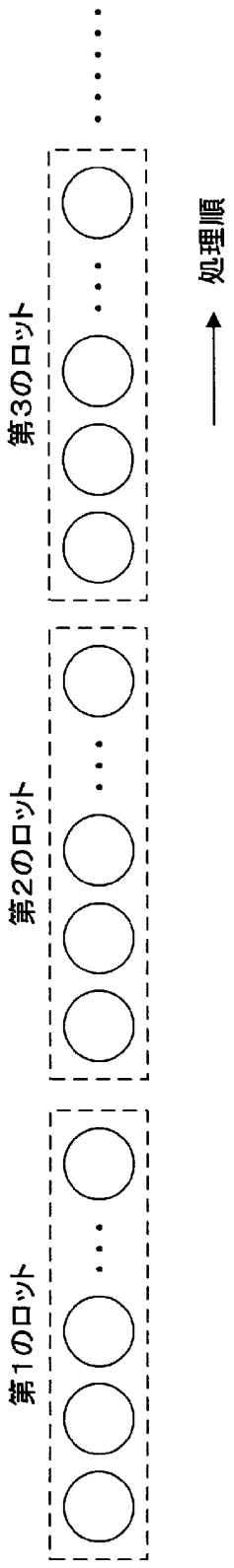
[図12]


F値平均
第1
基板群
第2
基板群
第3
基板群
第4
基板群
第5
基板群

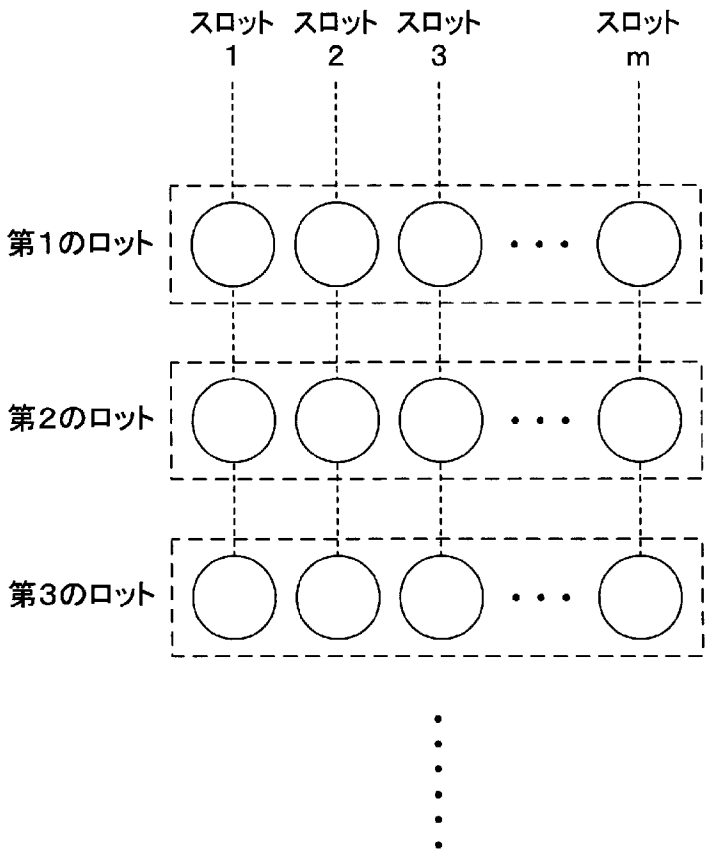
[図13]



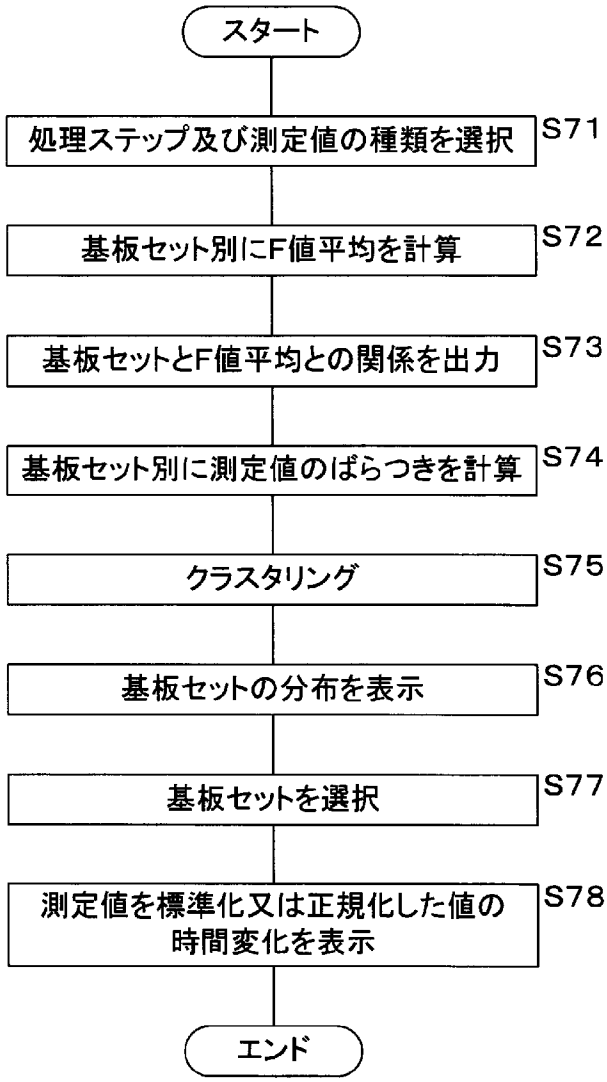
[図14]



[図15]



[図16]



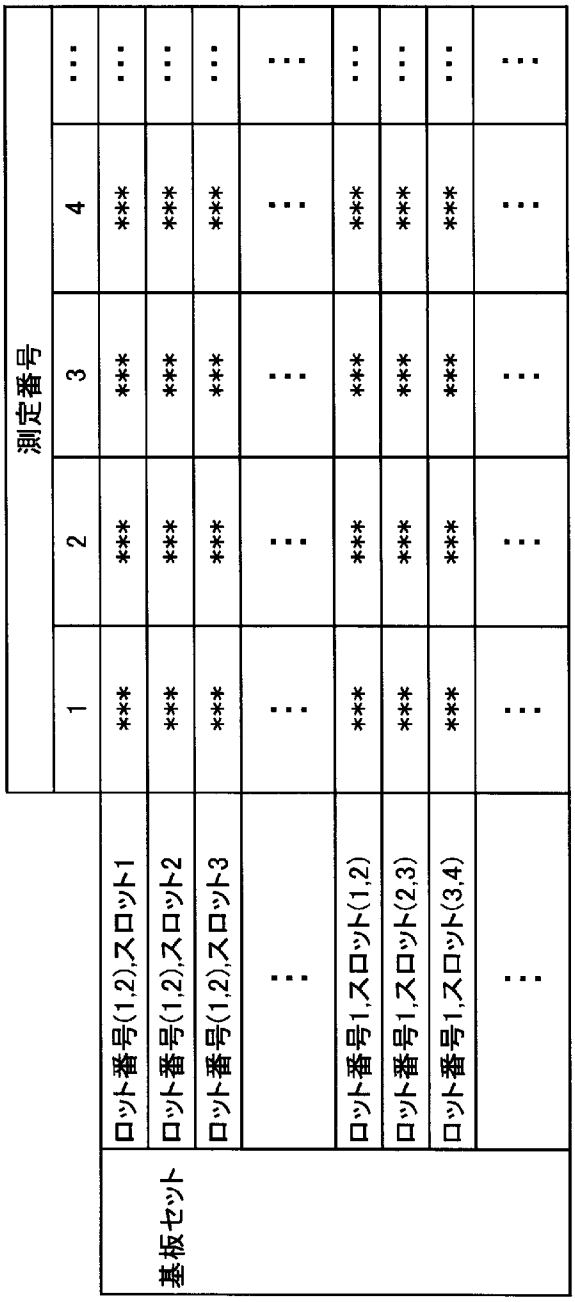
[図17]

		スロット				
		1	2	3	4	・・・
ロット番号	(1,2)	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	(2,3)	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	(3,4)	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	(4,5)	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	・・・

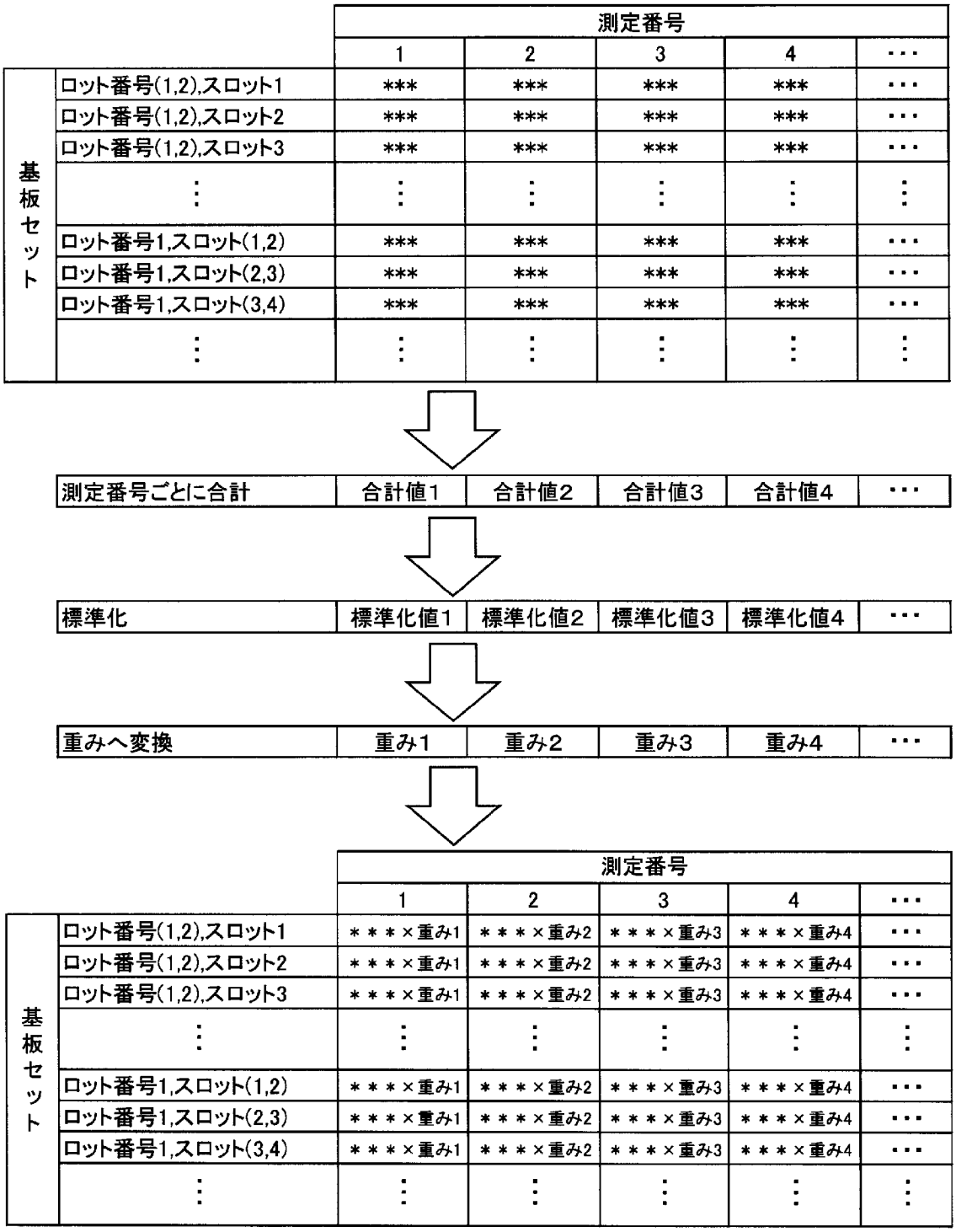
[図18]

		スロット				
		(1,2)	(2,3)	(3,4)	(4,5)	・・・
ロット番号	1	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	2	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	3	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	4	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	＊＊＊＊	・・・
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	・・・

[図19]

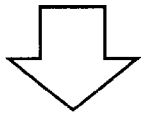

基板セット
ロット番号(1,2),スロット1
ロット番号(1,2),スロット2
ロット番号(1,2),スロット3
ロット番号1,スロット(1,2)
ロット番号1,スロット(2,3)
ロット番号1,スロット(3,4)
測定番号
1
2
3
4
***

[図20]


測定番号
1
2
3
4
・・・
基板セット
ロット番号(1,2),スロット1
ロット番号(1,2),スロット2
ロット番号(1,2),スロット3
ロット番号1,スロット(1,2)
ロット番号1,スロット(2,3)
ロット番号1,スロット(3,4)
***
測定番号ごとに合計
合計値1
合計値2
合計値3
合計値4
標準化
標準化値1
標準化値2
標準化値3
標準化値4
重みへ変換
重み1
重み2
重み3
重み4
＊＊＊×重み1
＊＊＊×重み2
＊＊＊×重み3
＊＊＊×重み4

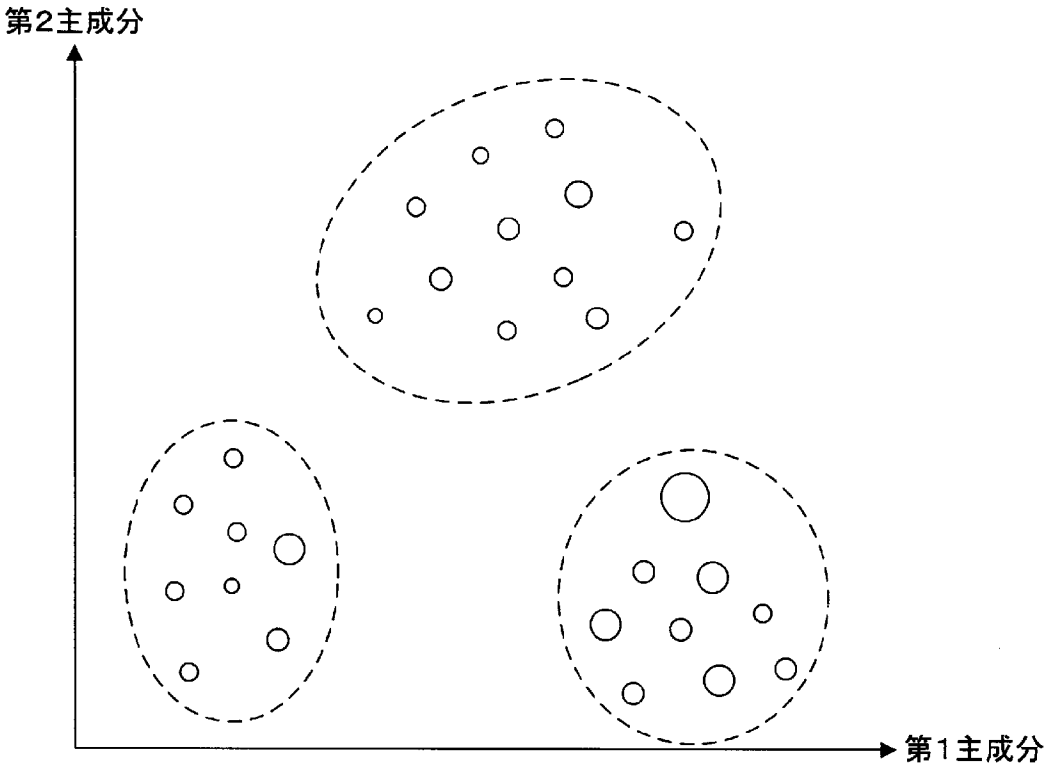
[図21]

	測定番号				
	1	2	3	4	・・・
基板セット1	＊＊＊×重み1	＊＊＊×重み2	＊＊＊×重み3	＊＊＊×重み4	・・・
基板セット2	＊＊＊×重み1	＊＊＊×重み2	＊＊＊×重み3	＊＊＊×重み4	・・・
基板セット3	＊＊＊×重み1	＊＊＊×重み2	＊＊＊×重み3	＊＊＊×重み4	・・・
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

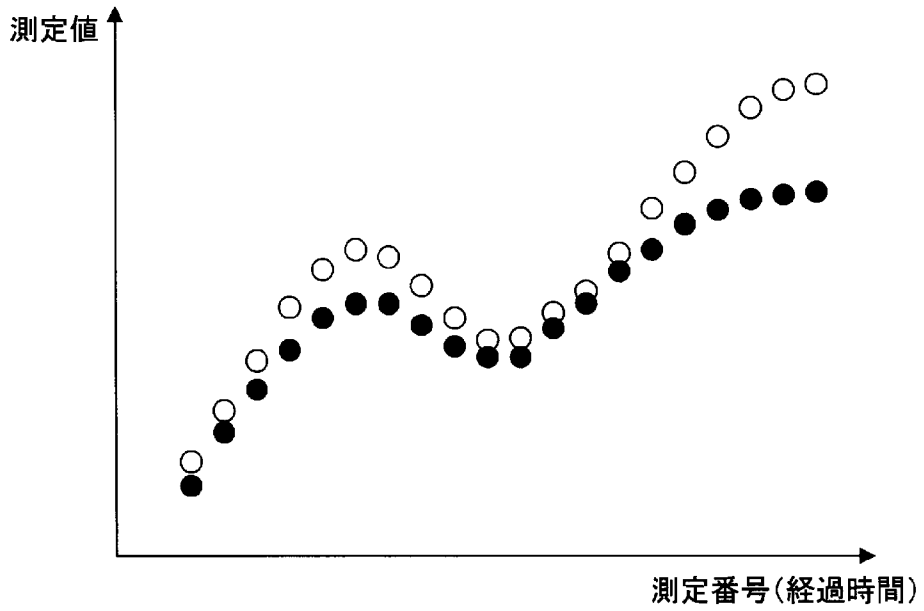


	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	・・・
基板セット1	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	・・・
基板セット2	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	・・・
基板セット3	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	・・・
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/047301

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/02(2006.01)i; ***H01L 21/3065***(2006.01)i
FI: H01L21/02 Z; H01L21/302 101G

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)

H01L21/02; H01L21/3065; G05B19/418; G05B23/02

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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.
X	WO 2008/015881 A1 (TOKYO ELECTRON LIMITED) 07 February 2008 (2008-02-07) paragraphs [0027], [0030]-[0032], [0039], [0043], [0046], [0048], [0049]	1, 4, 6, 7, 14, 15
Y		5
A		2, 3, 8-13
Y	JP 2005-051269 A (HITACHI, LTD.) 24 February 2005 (2005-02-24) paragraphs [0001], [0015]	5
Y	JP 2017-142634 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 17 August 2017 (2017-08-17) paragraphs [0001], [0017], [0018]	5
A	WO 2007/129566 A1 (TOKYO ELECTRON LIMITED) 15 November 2007 (2007-11-15) entire text, all drawings	1-15

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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
07 March 2024	**19 March 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/047301

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2008/015881 A1	07 February 2008	US 2009/0276076 A1 paragraphs [0027], [0049]-[0051], [0058], [0062], [0065], [0067], [0068] JP 2008-33856 A CN 101501658 A KR 10-2009-0043511 A	
JP 2005-051269 A	24 February 2005	(Family: none)	
JP 2017-142634 A	17 August 2017	US 2017/0230271 A1 paragraphs [0001], [0018], [0019] KR 10-2017-0094480 A	
WO 2007/129566 A1	15 November 2007	JP 2007-305612 A TW 200815952 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/047301

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/02(2006.01)i; H01L 21/3065(2006.01)i
FI: H01L21/02 Z; H01L21/302 101G

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））

H01L21/02; H01L21/3065; G05B19/418; G05B23/02

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	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４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
X	WO 2008/015881 A1 (東京エレクトロン株式会社) 07.02.2008 (2008-02-07) 段落[0027], [0030]-[0032], [0039], [0043], [0046], [0048], [0049]	1, 4, 6, 7, 14, 15
Y		5
A		2, 3, 8-13
Y	JP 2005-051269 A (株式会社日立製作所) 24.02.2005 (2005-02-24) 段落[0001], [0015]	5
Y	JP 2017-142634 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 17.08.2017 (2017-08-17) 段落[0001], [0017], [0018]	5
A	WO 2007/129566 A1 (東京エレクトロン株式会社) 15.11.2007 (2007-11-15) 全文, 全図	1-15

☐ 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
"D" 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
"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
07.03.2024	19.03.2024

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）
平野　崇 5F 3657
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/JP2023/047301

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2008/015881 A1	07.02.2008	US 2009/0276076 A1 段落[0027], [0049]-[0051], [0058], [0062], [0065], [0067], [0068] JP 2008-33856 A CN 101501658 A KR 10-2009-0043511 A	
JP 2005-051269 A	24.02.2005	（ファミリーなし）	
JP 2017-142634 A	17.08.2017	US 2017/0230271 A1 段落[0001], [0018], [0019] KR 10-2017-0094480 A	
WO 2007/129566 A1	15.11.2007	JP 2007-305612 A TW 200815952 A	