

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-250748

(P2007-250748A)

(43) 公開日 平成19年9月27日(2007.9.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/02 (2006.01)	H01L 21/02 Z	3C100
G05B 23/02 (2006.01)	G05B 23/02 301V	5H223
G05B 19/418 (2006.01)	G05B 23/02 302Y	
	G05B 19/418 Z	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-70932 (P2006-70932)	(71) 出願人	000002945 オムロン株式会社 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 801番地
(22) 出願日	平成18年3月15日 (2006.3.15)	(74) 代理人	100092598 弁理士 松井 伸一
		(72) 発明者	中村 寿一 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	大林 茂 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	萩原 健一郎 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内 最終頁に続く

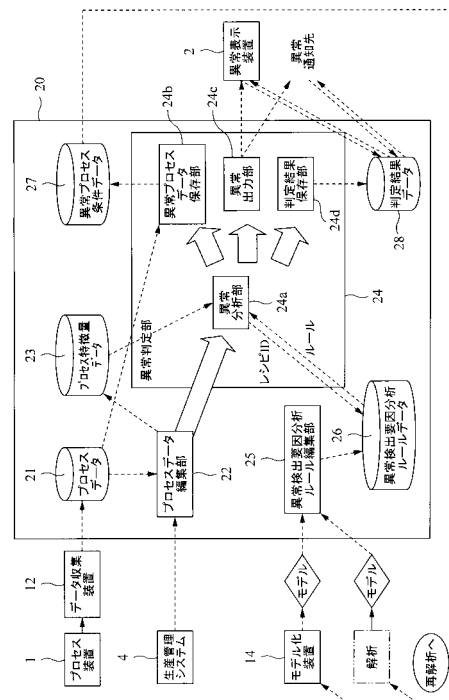
(54) 【発明の名称】 プロセス異常分析装置および方法並びにプログラム

(57) 【要約】

【課題】 製品の異常の有無の判定結果に対する信頼性を高めることができるプロセス異常分析装置を提供すること

【解決手段】 プロセスデータ記憶部 21 に格納された時系列のプロセスデータからプロセス特徴量を抽出するプロセスデータ編集部 22 と、プロセス特徴量から製造システムで製造される製品並びに製造装置の異常検出を行なうための異常分析ルールを記憶する異常分析ルールデータ記憶部 26 と、異常分析ルールにより、プロセス特徴量から製品並びに前記製造装置の異常の有無を判定する異常判定部 24 と、を備える。異常分析ルールに使用する予測モデルとして部分最小自乗回帰 (P L S) モデルを使用するとともに、Q 統計量および T 2 統計量を使用し、異常判定部は、その統計量の値が設定値以上の場合に前記製造装置が異常と判定するようにした。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 または複数の製造装置からなる製造システムにおいて、プロセス実行時に得られるプロセスデータに基づいてプロセスの異常を単位対象品毎に検出するプロセス異常分析装置であって、

前記時系列のプロセスデータを記憶するプロセスデータ記憶手段と、

そのプロセスデータ記憶手段に格納されたプロセスデータからプロセス特徴量を抽出するプロセスデータ編集手段と、

プロセス特徴量から前記製造システムで製造される製品並びに前記製造装置の異常検出を行なうための異常分析ルールを記憶する異常分析ルールデータ記憶手段と、

前記異常分析ルールにより、前記プロセス特徴量から前記製品並びに前記製造装置の異常の有無を判定する異常判定手段と、

を備え、

前記異常分析ルールに使用するプロセス処理結果の予測モデルとして部分最小自乗回帰モデルを使用するとともに、Q 統計量およびまたは T^2 統計量を使用し、前記異常判定手段は、その統計量の値が設定値以上の場合に前記製造装置が異常と判定することを特徴とするプロセス異常分析装置。

10

【請求項 2】

前記 Q 統計量およびまたは T^2 統計量は、単位対象品毎に算出され、前記 Q 統計量およびまたは T^2 統計量があらかじめ指定された回数分連続して異常と判定された場合に前記製造装置の異常を通知する手段を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のプロセス異常分析装置。

20

【請求項 3】

前記異常判定手段は、前記 Q 統計量およびまたは T^2 統計量により製造装置が正常と判定された場合に、前記製品に対する予測が有効とすることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のプロセス異常分析装置。

【請求項 4】

前記異常判定手段は、前記製品に対する有効な予測が、あらかじめ指定された回数分連続して異常と判定された場合に製品の異常予測を通知することを特徴とする請求項 3 に記載のプロセス異常分析装置。

30

【請求項 5】

1 または複数の製造装置からなる製造システムにおいて、プロセス実行時に得られるプロセスデータに基づいてプロセスの異常を単位対象品毎に検出するプロセス異常分析装置における分析方法であって、

前記時系列のプロセスデータを取得してプロセスデータ記憶手段に格納するステップと、

そのプロセスデータ記憶手段に格納されたプロセスデータからプロセス特徴量を抽出するステップと、

その抽出したプロセス特徴量から前記製造システムで製造される製品並びに前記製造装置の異常の有無を判定する異常判定ステップとを実行するものであり、

40

前記異常分析ルールに使用するプロセス処理結果の予測モデルとして部分最小自乗回帰モデルを使用するとともに、Q 統計量およびまたは T^2 統計量を使用し、前記異常判定ステップは、その統計量の値が設定値以上の場合に前記製造装置が異常と判定する処理を含むことを特徴とするプロセス異常分析方法。

【請求項 6】

コンピュータを、

プロセスデータ記憶手段に格納された時系列のプロセスデータからプロセス特徴量を抽出するプロセスデータ編集手段、

異常分析ルールにより、前記プロセス特徴量から製造システムで製造される製品並びにその製造システムを構築する製造装置の異常の有無を判定し、かつ、前記前記異常分析ル

50

ールに使用するプロセス処理結果の予測モデルとして部分最小自乗回帰モデルを使用するとともに、Q統計量およびまたは T^2 統計量を使用し、その統計量の値が設定値以上の場合に前記製造装置が異常と判定する異常判定手段、
として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、プロセスの状態に関連し処理される対象品および製造装置の異常を分析するプロセス異常分析装置および方法並びにプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体・液晶パネルをはじめとする各種の製品の製造プロセスは、製品の製造歩留まりを改善し、或いは歩留まりが良好な状態を維持するために、適切に管理されなければならない。

【0003】

半導体デバイスは、100工程以上も有する半導体プロセスを経て製造され、また、複数の複雑な半導体製造装置を用いて製造される。そのため、各製造装置（プロセス装置）の状態を示すパラメータと各製造装置を用いて製造された半導体デバイスの特性との関係が明確には求められていないものが多数ある。一方、半導体プロセスは、製造された半導体デバイスの歩留まりが良くなるように、常に各工程を厳密に管理しなければならないという要求もある。

【0004】

係る問題を解決するため、特許文献1に開示された発明では、プロセス実行時に発生する多岐にわたるプロセスデータと処理結果とを取得し、得られたプロセスデータから最小部分自乗法によりプロセスデータとその処理結果の相関のモデルを作成する。このモデルを用い、プロセス実行時に処理結果の予測を行なうことができる。

【特許文献1】特開2004-281461号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に開示された発明では、プロセス装置が正常に動作し、収集されたプロセスデータがプロセス装置におけるプロセス状態を正確に反映していることを前提としている。従って、例えばプロセス装置に実装したセンサ等が故障している場合、予測に使用されるプロセスデータの信頼性が無く、正しい予測ができない。同様に、プロセスを実行する機器に異常が生じている場合も、モデルを作成した際の状況と異なるので正しい予測ができない。

【0006】

この発明は、製品の異常の有無の判定結果に対する信頼性を高めることができるプロセス異常分析装置および方法並びにプログラム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】

【0007】

この発明によるプロセス異常分析装置は、1または複数の製造装置からなる製造システムにおいて、プロセス実行時に得られるプロセスデータに基づいてプロセスの異常を単位対象品毎に検出するプロセス異常分析装置であって、前記時系列のプロセスデータを記憶するプロセスデータ記憶手段と、そのプロセスデータ記憶手段に格納されたプロセスデータからプロセス特徴量を抽出するプロセスデータ編集手段と、プロセス特徴量から前記製造システムで製造される製品並びに前記製造装置の異常検出を行なうための異常分析ルールを記憶する異常分析ルールデータ記憶手段と、前記異常分析ルールにより、前記プロセス特徴量から前記製品並びに前記製造装置の異常の有無を判定する異常判定手段と、を備え、前記異常分析ルールに使用するプロセス処理結果の予測モデルとして部分最小自乗回

10

20

30

40

50

帰 (P L S) モデルを使用するとともに、Q 統計量およびまたは T^2 統計量を使用し、前記異常判定手段は、その統計量の値が設定値以上の場合に前記製造装置が異常と判定するようにした。

【 0 0 0 8 】

また、前記 Q 統計量およびまたは T^2 統計量は、単位対象品毎に算出され、前記 Q 統計量およびまたは T^2 統計量があらかじめ指定された回数分連続して異常と判定された場合に前記製造装置の異常を通知する手段を備えると良い。

【 0 0 0 9 】

また、前記異常判定手段は、前記 Q 統計量およびまたは T^2 統計量により製造装置が正常と判定された場合に、前記製品に対する異常の有無の予測が有効とすることができる。この場合に、前記異常判定手段は、前記製品に対する有効な予測が、あらかじめ指定された回数分連続して異常と判定された場合に製品の異常予測を通知するようにするとよい。

10

【 0 0 1 0 】

本発明に係るプロセス異常分析方法は、1または複数の製造装置からなる製造システムにおいて、プロセス実行時に得られるプロセスデータに基づいてプロセスの異常を単位対象品毎に検出するプロセス異常分析装置における分析方法であって、前記時系列のプロセスデータを取得してプロセスデータ記憶手段に格納するステップと、そのプロセスデータ記憶手段に格納されたプロセスデータからプロセス特徴量を抽出するステップと、その抽出したプロセス特徴量から前記製品並びに前記製造装置の異常の有無を判定する異常判定ステップとを実行するものであり、前記異常分析ルールに使用するプロセス処理結果の予測モデルとして部分最小自乗回帰 (P L S) モデルを使用するとともに、Q 統計量およびまたは T^2 統計量を使用し、前記異常判定ステップは、その統計量の値が設定値以上の場合に前記製造装置が異常と判定する処理を含むようにした。

20

【 0 0 1 1 】

また、本発明に係るプログラムは、コンピュータを、プロセスデータ記憶手段に格納された時系列のプロセスデータからプロセス特徴量を抽出するプロセスデータ編集手段、異常分析ルールにより、前記プロセス特徴量から製造システムで製造される製品並びにその製造システムを構築する製造装置の異常の有無を判定し、かつ、前記前記異常分析ルールに使用するプロセス処理結果の予測モデルとして部分最小自乗回帰 (P L S) モデルを使用するとともに、Q 統計量およびまたは T^2 統計量を使用し、その統計量の値が設定値以上の場合に前記製造装置が異常と判定する異常判定手段、として機能させるようにした。

30

【 0 0 1 2 】

ここで、製造プロセスによって製造される対象品には、半導体、F P D (フラットパネルディスプレイ：液晶、P D P、E L、F E D などを用いるディスプレイ) が含まれる。「単位対象品」は、1枚の半導体ウエハ、1枚のガラス基板のような通常の計数単位で把握される対象品でもよいし、これらの製品の1ロットのような製品のグループ単位で把握される対象品でもよいし、大判のガラス基板上に設定された領域のような製品の部分を単位とする対象品でもよい。異常通知情報の出力は、表示装置に出力したり、メール送信等により通知したり、記憶装置に保存するなど各種の処理を含む。「製品の異常」は、実施形態では予測値状態の異常に対応し、「製造装置の異常」は、実施形態では、プロセス状態の異常に対応する。製造装置 (プロセス装置) の異常は、当該装置のプロセスを実行するための装置の故障や、当該装置に組み込まれたセンサの異常などの、その製造装置から得られたプロセスデータに異常を生じる場合を含む。

40

【 0 0 1 3 】

本発明では、Q 統計量および T^2 統計量によるプロセス異常判断と最小自乗法によるプロセス結果の予測とその予測値による異常判断を同時に行なうため、予測値および予測値を使った異常判定の信頼性が向上する。予測値による異常判定のため、リアルタイムの全数異常検出が可能となる。

【 0 0 1 4 】

また、連続した異常かどうかの判断を行なうようにした場合、単発の (偶然の) 異常を

50

排除することができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明は、製造装置の異常の有無と製品の異常の有無の判定を同時に行なうため、製品の異常の有無の判定結果に対する信頼性を高めることができる。特に、正常なプロセスデータに基づいて製品の異常の有無の判定を行なうと、係る判定結果に対する信頼性をより高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

図1は、本発明の好適な実施形態であるプロセス異常分析装置を含む製造システムを示す。この製造システムは、プロセス装置1、プロセス異常分析装置20及び異常表示装置2を含む。これらの装置は、生産管理情報よりも詳細なプロセス関連情報を高速にやりとりするための装置用ネットワークであるEES(Equipment Engineering System)ネットワーク3によって相互に接続されている。図示は省略されているが、EESネットワーク3には、プロセス装置1より前の段階、及びプロセス装置1より後の段階で用いられる他のプロセス装置や検査装置も接続されている。さらに、このシステムは、MES(Manufacturing Execution System)を含む生産管理システム4及びこの生産管理システム4と接続された生産管理情報を伝送するMES系ネットワーク5を含んでいる。EESネットワーク3とMES系ネットワーク5とは、ルータ6を介して接続されている。MES系ネットワーク5上に存在する生産管理システム4は、ルータ6を経由して、EESネットワーク3上の各装置にアクセスすることができる。

10

20

【0017】

この製造システムは、例えば、半導体や液晶パネルを製造するもので、プロセス装置1が半導体等を製造するためのプロセス(ウエハに対する成膜処理等)を実行する。半導体製造プロセスや液晶パネル製造システムにおいては、処理対象のウエハやガラス基板(以下、「ウエハ」)は、カセット7内に所定枚数セットされ、カセット単位で移動されるとともに、プロセス装置1で所定の処理が行なわれる。1つの製品を製造する場合、複数のプロセス装置1においてそれぞれ所定の処理が実行される。その場合、プロセス装置間の移動も、カセット単位で行なわれる。カセット7に実装された所定枚数のウエハが同一のロットとなる。

30

【0018】

この実施形態の半導体製造システムでは、個々のウエハごとに管理する必要から、各ウエハごとに製品IDが付与される。この製品IDは、例えばロットIDと、そのロット内の識別番号を結合することにより、設定できる。すなわち、仮にロットIDが「0408251」で、ロット内にセット可能な枚数が1桁とすると、ロット内の2番目のガラス基板(ロット内の識別番号は「2」)の製品IDは、下一桁にロット内の識別番号を付加した「04082512」と設定することができる。

【0019】

もちろん、タグ7aに、ロットIDに替えて、或いはロットIDとともに収納された全てのウエハについての製品IDを記録しておき、プロセス装置1(プロセスデータ収集装置12)は、タグ7aに格納された全ての製品IDを取得するようにしてもよい。また、カセット7にセットするウエハが1枚の場合には、タグ7aに記録したIDが、そのまま製品IDとして使用できる。なお、ロット単位で解析をする場合には、製品IDの取得や、ロットIDに基づく製品IDの作成は不要である。

40

【0020】

カセット7には、RF-ID(radio frequency identification)タグ7aが取り付けられている。タグ7aは、プロセス装置1に連結されたRF-IDリードライトヘッド8との間で電磁結合をし、非接触で任意のデータを読み書きされるものであり、データキャリアとも呼ばれる。タグ7aには、ロットID(製品IDの基となるロットID或いは製品ID自体)と、前段装置の出庫時刻等の情報が格納される。

50

【0021】

プロセス装置1は、MES系ネットワーク5からルータ6経由で生産管理システム4から送られてきたレシピIDを取得する。プロセス装置1は、レシピIDと実際に行なうプロセスとの対応テーブルなどを持っており、取得したレシピIDに応じたプロセスを実行する。プロセス装置1は、それぞれの装置を識別するための装置IDが設定されている。

【0022】

プロセス装置1は、プロセスデータ収集装置12を内蔵する。このプロセスデータ収集装置12は、EESネットワーク3に接続されている。プロセスデータ収集装置12は、プロセス装置1においてプロセスが実行されている期間中或いは待機中に、プロセス装置1の状態に関連する情報であるプロセスデータを時系列に収集する。プロセスデータは、例えば、プロセス装置1の動作時の電圧、電流や、あるプロセスを実行するプロセス装置1を出庫してから次のプロセスを実行するプロセス装置1に投入されるまでの滞留時間などがある。また、プロセス装置1がプラズマチャンバーを備え、ウエハに対して成膜処理をする装置の場合、そのプラズマチャンバー内の圧力や、プラズマチャンバーに供給するガス流量や、ウエハ温度やプラズマ光量等がある。プロセス装置1は、これらのプロセスデータを検出するための検出装置を備え、その検出装置の出力が、プロセスデータ収集装置12に与えられる。

10

【0023】

プロセスデータ収集装置12は、RF-IDリードライトヘッド8を介してタグ7aから読み取った前段装置の出庫時刻と現在ウエハがセットされているプロセス装置1への投入時刻とを収集する。これらの出庫時刻と投入時刻の差をとることにより、前段装置からの滞留時間を算出することができる。また、RF-IDリードライトヘッド8は、必要に応じてプロセス装置1からウエハを出庫する際に出庫時刻等をタグ7aへ書き込む。

20

【0024】

プロセスデータ収集装置12は、通信機能を備えている。プロセスデータ収集装置12は、プロセス装置1において発生したあらゆるプロセスデータを収集し、収集したプロセスデータに製品IDと装置IDとを対応付けてEES系ネットワーク3に出力する。収集するデータの種別は、上記のものに限るものではなく、さらに多くの情報を取得することも妨げない。

【0025】

プロセス異常分析装置20は、ハードウェアの観点からは一般的なパーソナル・コンピュータであり、Windows(登録商標)などのオペレーティング・システム上で稼動するアプリケーション・プログラムによって、本装置の各機能が実現されている。

30

【0026】

図2は、プロセス異常分析装置20の内部構成を示している。プロセス異常分析装置20は、プロセスデータ収集装置12から送られてきたプロセス装置1のプロセスデータを格納するプロセスデータ記憶部21と、プロセスデータ記憶部21に格納された各種のプロセスデータからプロセス特徴量を算出するプロセスデータ編集部22と、プロセスデータ編集部22が算出したプロセス特徴量を格納するプロセス特徴量データ記憶部23と、プロセス特徴量データ記憶部23に格納されたプロセス特徴量データに基づいて異常の有無を判定する異常判定部24と、異常判定部24で異常と判定されたウエハについてのプロセスデータを記憶する異常プロセスデータ記憶部27と、異常判定部24の判定結果を記憶する判定結果データ記憶部28と、異常判定部24で判定処理を行なう際に使用する異常検出要因分析ルールを記憶する異常検出要因分析ルールデータ記憶部26と、その異常検出要因分析ルールデータ記憶部26にアクセスして異常検出要因分析ルールの追加・変更を行なう異常検出要因分析ルール編集部25と、を備えている。各記憶部は、プロセス異常分析装置20の外部の記憶装置(データベース20a)に設定してもよいし、内部記憶装置に設けてもよい。

40

【0027】

図3(a)に示すように、プロセスデータ記憶部21に格納されるプロセスデータは、

50

製品IDと装置IDとに関連付けられる。プロセスデータは、プロセスデータ収集装置12が収集した各種のプロセスデータに加え、そのプロセスデータを収集した日時情報(日付+時刻)も含む。各プロセス装置用のプロセスデータ記憶部21には、製品IDごとに、日時情報に従って時系列にプロセスデータが格納される。図1では、1つのプロセス装置1のプロセスデータがプロセス異常分析装置20に与えられ、そのプロセスデータに基づいて異常分析をする例を示したが、製品が複数のプロセス装置を経由している場合において、係る複数のプロセス装置で得られたプロセスデータをプロセス異常分析装置20に与えるようにしても良い。その場合、上記の各データが装置の数分だけ作成される。

【0028】

プロセスデータ記憶部21は、リングバッファ等の一時記憶手段から構成され、プロセス終了後の所定のタイミングでプロセスデータを削除(新たなプロセスデータを上書き)するようにしている。

10

【0029】

プロセスデータ編集部22は、プロセスデータ記憶部21に格納された時系列のプロセスデータを読み出し、枚葉毎のプロセス特徴量を算出する。プロセス特徴量は、例えば、同一の製品IDについてのプロセスデータのピーク値、総和、平均値等のプロセスデータの値から算出するものに限らず、プロセスデータの値が設定された閾値を超えている時間等の各種のものがある。

【0030】

プロセスデータ編集部22は、生産管理システム4から出力されるレシピIDを製品ID並びに装置IDとともに取得する。レシピは、予め決められたプロセス装置に対する命令や設定、パラメータのセットで、処理対象や工程、装置の違いにより複数持ち、生産管理システム4で管理される。それぞれのレシピには、レシピIDが付与される。プロセス装置1で処理されるウエハに対するレシピは、装置IDと製品IDとレシピIDとにより特定される。

20

【0031】

プロセスデータ編集部22は、図3(b)に示す製品IDと装置IDとレシピIDとのセットを以下に示す手順で取得する。まず、プロセスデータ編集部22は、生産管理システム(MES)4にアクセスし、分析対象のウエハの製品IDと、プロセス装置1を特定する装置IDをキーにし、対応するレシピIDを検索する。次いで、プロセスデータ編集部22は、その検索したレシピIDを生産管理システム4から直接、或いは、プロセスデータ収集装置12経由で取得する。プロセスデータ収集装置12経由で取得する場合、プロセスデータ収集装置12は、進行中のプロセスのレシピIDを生産管理システム(MES)4から取得し、プロセス装置1の装置IDとプロセスデータとを併せてプロセス異常分析装置20へ渡すようにしてもよい。

30

【0032】

プロセスデータ編集部22は、製品IDと装置IDをキーにして、算出したプロセス特徴量データと、取得したレシピIDとを結合し、その結合したデータを対応する装置ID用のプロセス特徴量データ記憶部23に格納する。よって、プロセス特徴量データ記憶部23のデータ構造は、図3(c)に示すようになる。

40

【0033】

異常検出要因分析ルール編集部25は、モデル化装置14や人手による解析によって得られたモデルを取得し、異常分析ルールを定義し、異常分析ルールデータ記憶部26に格納する。モデル化装置14は、例えば特開2004-186445号公報に開示されたデータマイニングを利用したモデル化装置等を用いることができる。ここでデータマイニングとは、大規模なデータベースからルールやパターンを抽出する手法であり、その具体的な手法としては、決定木分析と呼ばれる手法及び回帰木分析と呼ばれる手法等が知られている。

【0034】

さらに異常分析ルール編集部25は、異常分析ルールに対応する異常通知情報も登録す

50

る。これにより、異常分析ルールデータ記憶部 26 のデータ構造は、図 4 に示すように、各プロセス装置の装置 ID と、各プロセス装置のレシビ ID と、異常分析ルールと、異常通知情報と、を関連付けたテーブル構造となる。

【0035】

異常通知情報は、異常分析ルールに基づいて判定された結果を表示する異常表示装置 2 や、判定結果を通知する通知先等の出力先を特定する情報と、具体的な通知内容がある。通知先は、例えば、担当者のメールアドレスなどである。異常表示装置 2 と通知先の両方を登録しても良いし、一方のみを登録しても良い。出力先を複数設けた場合、例えば、判定により求められる異常の度合いや異常箇所などで分類し、分類に応じて振り分けることができる。異常表示装置、通知先、通知内容は、ひとつの分類に対し、複数指定することができる。異常分析ルールは、重線形回帰、PLS 線形回帰、決定木、マハラノビスの距離、主成分分析、移動主成分分析、DISSIM、Q 統計量、 T^2 統計量などの手法を組み合わせて使用することができる。

10

【0036】

この異常分析ルールは、プロセス特徴量から製品の異常の有無と、プロセス装置自体の異常の有無を検出するためのルールである。製品の異常の有無を予測するための異常分析ルールは、プロセス特徴量に基づいて演算処理する異常判定式と、その異常判定式により求めた値 (y) が異常を生じているか否かを決定する判定条件と、を備えている。また、異常検出として、PLS (Partial Least Squares) 法を利用することで、異常要因分析を行なうことができる。異常要因分析は、異常要因データを求めるものである。異常要因データは、プロセスデータまたはその特徴量を示す名称と寄与率データを含む。

20

【0037】

寄与率データは、その異常に対して、どのプロセスデータやその特徴量がどのくらい影響を与えているかを表わすデータである。寄与率データの数値が大きいほど当該異常に対する影響度合いが大きい、すなわち当該異常をもたらした原因の可能性が高いと言える。異常要因分析により算出される寄与率データの値の上位 N 個 (例えば、5 個) までの寄与率データを含む異常要因データを抽出する。作業員は、抽出された異常要因データに基づき、異常が検出されたときの対処時に、どのプロセスデータをチェックすればよいかかわかる。

30

【0038】

本実施形態では、異常要因データを決定するための寄与率を、PLS (Partial Least Squares) 法により得られた回帰式より求めるようにした。この PLS 法により得られる回帰式を下記に示す。

$$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_{(n-1)} * x_{(n-1)} + b_n * x_n$$

【0039】

上記の式において、 x_1, x_2, \dots, x_n が、それぞれプロセス特徴量であり、 $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ は、係数である。 b_1, b_2, \dots, b_n は、各プロセス特徴量の重み度である。上記の回帰式により求めた y の値がしきい値を越えた場合に異常と判定される。

40

【0040】

この PLS 法を利用して各プロセス特徴量の寄与率を求めるには、以下のようにする。まず、各変数 (x_1, x_2, \dots, x_n) がいずれも平均値を示すときの PLS 予測値を Y とする。そして、実際に取得したプロセス特徴量を各変数に代入して求めた y との差である $y - Y$ の大きさに各項目がどれだけ寄与したかを評価する。つまり、各変数の平均値を X_1, X_2, \dots, X_n とすると、上記の式の各項目の値は、下記のようになる。

$$b_1 (x_1 - X_1), b_2 (x_2 - X_2), \dots, b_n (x_n - X_n)$$

このように、平均値と実測値の差分に、さらに係数を乗算した値を求めた各項目の値を、各プロセス特徴量の寄与率データとした。要因分析を行なった結果、どのプロセス特徴量が問題であるかを特定することができる。

50

【 0 0 4 1 】

プロセス装置の異常の有無の判定は、Q特徴量と T^2 統計量とを用いる。すなわち、主成分分析（Principal Component Analysis：PCA）を利用して管理限界（正常空間）を設定し、モデル構築用データ（プロセス特徴量データ+検査データ）を使用して得られた値を参考に閾値とする。そして、運用時（異常検出時）は上記閾値からリアルタイム（枚葉毎）にプロセス状態が正常かどうか判断する。ここで、Q特徴量並びに T^2 統計量は、それぞれ下記式により求められる。

【数 1】

Q統計量

$$Q = \sum_{p=1}^P (x_p - X_p)^2$$

10

 T^2 統計量

$$T^2 = \sum_{r=1}^R \frac{t_r^2}{\sigma_{t_r}^2}$$

【 0 0 4 2 】

ここで、 t_r は、主成分分析における第 r 主成分得点であり、 R は、採用された主成分の数である。

20

【 0 0 4 3 】

PLSに関連する異常分析ルール編集部25の具体的な処理機能は、図5に示すフローチャートを実行するようになっている。まず、すでに収集されたルール構築用のプロセスデータと正常/異常を含む検査結果データをPLS法で分析し、予測モデルを得る（S21）。次いで、同データから統計量 Q 、 T^2 を算出する（S22）。そして、上記予測モデルと統計量 Q 、 T^2 と異常判断のための各しきい値をレシピIDとともにルールとして登録する（S23）。なお、処理ステップS21とS22は、モデル化装置14で実行しても良い。

【 0 0 4 4 】

異常判定部24は、異常分析部24aと、異常プロセスデータ保存部24bと、異常出力部24cと、判定結果保存部24dと、を備えている。異常分析部24aは、異常分析ルールデータ記憶部26に格納された異常検出要因分析ルールを用い、プロセス特徴量データ記憶部23から読み出したプロセス特徴量に従って異常判定を行なう。

30

【 0 0 4 5 】

この異常分析部24aで実行される異常判定は、異常の有無と、異常要因分析の両方である。異常の有無は、プロセス装置1で製造された製品の異常の有無の予測と、プロセス装置自体の異常の有無の判定の両方を含む。

【 0 0 4 6 】

上述したように、プロセス装置の異常の有無の判定は、Q特徴量と T^2 統計量とを用い

40

、Q特徴量と T^2 統計量の少なくとも一方が閾値を越えると、プロセス装置の異常があると推測できる。但し、Q特徴量、 T^2 統計量が閾値を越えた場合であっても、プロセス装置以外の外因その他の理由から異常の値を示す可能性もあるので、本実施形態では、プロセス装置の異常発生の通知は、係るQ特徴量や T^2 統計量が閾値を越えた現象が連続してN回続いたときに行なうようにした。

【 0 0 4 7 】

異常プロセスデータ保存部24bは、異常分析部24aで異常が検出された場合に、その異常と判定されたウエハについてのプロセスデータをプロセスデータ記憶部21から読み出すとともに、異常プロセスデータとして異常プロセスデータ記憶部27に保存する。このとき、異常判定結果（ y の値）を関連づけて登録しても良い。

50

【 0 0 4 8 】

異常出力部 2 4 c は、異常分析部 2 4 a で異常が検出された場合に、指定された異常表示装置に対して異常メッセージを出力する。出力する異常メッセージは、異常分析ルールデータ記憶部 2 6 に格納されている。また、異常要因分析を行なった場合、寄与率等の詳細データも併せて出力する。さらに異常出力部 2 4 c は、異常分析部 2 4 a で異常が検出された場合に、指定された異常通知先に対して指定された方法で異常メッセージを出力する機能も備える。一例としては、異常出力部 2 4 c は、指定されたアドレスに対してメール送信をする。出力する異常メッセージは、異常分析ルールデータ記憶部 2 6 に格納されている。また、異常要因分析を行なった場合、寄与率等の詳細データも併せて出力してもよい。

10

【 0 0 4 9 】

判定結果保存部 2 4 d は、異常分析部 2 4 a における異常判定の結果を判定結果データとして判定結果データ記憶部 2 8 に保存する。つまり、異常判定の結果は、PLS 予測値や予測値寄与率、 Q 、 T^2 統計量などとともに保存され、異常表示装置等から検索することができる。この判定結果データは、全ての判定結果を保存しても良いし、異常と判定された場合のみを保存するようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

異常分析部 2 4 a の具体的な処理機能は、図 6，図 7 に示すフローチャートのようになっている。プロセスデータ編集部 2 2 は、1 枚葉分の製品のプロセスデータを収集し (S 1)、そのプロセスデータからプロセス特徴量を算出する (S 2)。算出したプロセス特徴量は、プロセス特徴量データ記憶部 2 3 に格納される。

20

【 0 0 5 1 】

異常分析部 2 4 a は、プロセス特徴量データ記憶部 2 3 にアクセスし、1 つの製品 ID をキーにして 1 枚葉分のプロセス特徴量データを抽出し、そのレシピ ID を取得する。そして、異常分析部 2 4 a は、異常検出要因分析ルールデータ記憶部 2 6 にアクセスし、取得したレシピ ID に対応する異常検出要因分析ルールを取得する (S 3)。

【 0 0 5 2 】

異常分析部 2 4 a は、取得したプロセス特徴量と異常検出要因分析ルールに基づき、プロセス結果予測値 (y の値) と予測値寄与率と Q 統計量と T^2 統計量とを算出する (S 4)。異常分析部 2 4 a は、 Q が正常範囲か否かを判断し (S 5)、正常範囲内の場合には Q の異常カウンタのカウント値を 0 にリセットし (S 6)、正常範囲外の場合には Q の異常カウンタのカウント値を 1 インクリメントする (S 7)。同様に異常分析部 2 4 a は、 T^2 が正常範囲か否かを判断し (S 8)、正常範囲内の場合には T^2 の異常カウンタのカウント値を 0 にリセットし (S 9)、正常範囲外の場合には T^2 の異常カウンタのカウント値を 1 インクリメントする (S 1 0)。

30

【 0 0 5 3 】

異常分析部 2 4 a は、 Q および T^2 の異常カウンタのカウント値が共に 0 であるか否かを判断し (S 1 1)、何れも 0 の場合には、プロセス状態を正常状態と判定し (S 1 2)、少なくとも一方が 0 でない場合にはプロセス状態を異常状態と判定する (S 1 3)。

【 0 0 5 4 】

プロセス状態が正常な場合、異常分析部 2 4 a は、プロセス処理結果予測値 (PLS 予測値等) が正常範囲か否かを判断し (S 1 5)、正常範囲内の場合にはプロセス処理結果予測値 (PLS 予測値等) の異常カウンタのカウント値を 0 にリセットし (S 1 7)、正常範囲外の場合にはプロセス処理結果予測値 (PLS 予測値等) の異常カウンタのカウント値を 1 インクリメントする (S 1 8)。

40

【 0 0 5 5 】

上記の処理ステップ S 1 7 或いは S 1 8 を実行後、異常分析部 2 4 a は、プロセス処理結果予測値 (PLS 予測値等) の異常カウンタのカウント値が指定回数未満か否かを判断し (S 1 9)、指定回数以上の場合には、プロセス結果予測値、予測値寄与率、 Q 、 T^2 統計量を通知する (S 2 0)。

50

【 0 0 5 6 】

一方、プロセス状態が異常の場合、異常分析部 2 4 a は、 Q または T^2 の異常カウンタのカウント値が指定回数未満か否かを判断し (S 1 4)、指定回数以上の場合、プロセス状態(重大)異常として寄与率と共に通知する (S 1 5)。

【 0 0 5 7 】

異常の通知は、予め設定された判定条件に対応する異常通知情報に従って異常を通知する。具体的には、異常出力部 2 4 c が、予め設定された異常表示装置 2 に対してメッセージを出力したり、予め設定された異常通知先にメール送信等により通知する。通知する内容は、異常分析ルールデータ記憶部 2 6 に格納された異常表示情報と、レシビ ID に加え、発生日時情報や異常通知 ID を付加する。

10

【 0 0 5 8 】

異常通知に基づいて異常表示装置 2 の表示装置に表示される表示例としては、図 8 に示すものがある。図 8 の表示画面において、異常表示装置 2 は、製品の異常通知を受信した場合、「予測値状態」の表示エリアのメッセージを「異常」とし、プロセス装置の異常通知を受信した場合、「プロセス状態」の表示エリアのメッセージを「異常」とする。また、受信した異常通知の履歴を記憶しておき、その履歴情報もあわせて表示する。

【 0 0 5 9 】

さらに、異常表示装置 2 は、図 8 に示す現在の状態を示す異常モニタと履歴情報の表示に限ることはなく、図 9 に示すように、予測値トレンドを表示したり、図 1 0 に示すように、予測値高寄与率要因を表示したり、図 1 1 に示すように、高寄与率の要因トレンドを表示したり、図 1 2 に示すように、高寄与率要因の時系列生データを表示するなど、各種の表示形態をとることができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 0 】

【 図 1 】本発明の好適な実施形態であるプロセス異常分析装置を含む製造システムの一例を示す図である。

【 図 2 】プロセス異常分析装置の内部構造の一例を示す図である。

【 図 3 】プロセス異常分析装置が処理する各種データのデータ構造の一例を示す図である。

【 図 4 】異常分析ルールデータ記憶部に格納されるルールデータのデータ構造の一例を示す図である。

30

【 図 5 】異常分析ルール編集部の機能を説明するフローチャートである。

【 図 6 】異常判定部の機能を説明するフローチャートである。

【 図 7 】異常判定部の機能を説明するフローチャートである。

【 図 8 】異常表示装置に表示される情報の一例を示す図である。

【 図 9 】異常表示装置に表示される情報の一例を示す図である。

【 図 1 0 】異常表示装置に表示される情報の一例を示す図である。

【 図 1 1 】異常表示装置に表示される情報の一例を示す図である。

【 図 1 2 】異常表示装置に表示される情報の一例を示す図である。

【 符号の説明 】

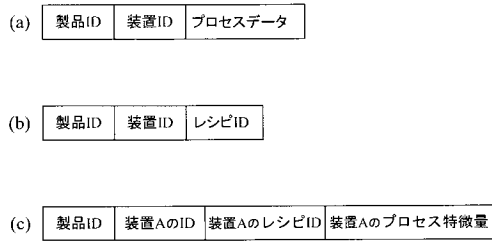
40

【 0 0 6 1 】

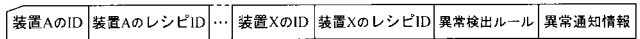
- 2 0 プロセス異常分析装置
- 2 1 プロセスデータ記憶部
- 2 2 プロセスデータ編集部
- 2 3 プロセス特徴量データ記憶部
- 2 4 異常判定部
- 2 4 a 異常分析部
- 2 4 b 異常プロセスデータ保存部
- 2 4 c 異常出力部
- 2 4 d 判定結果保存部

50

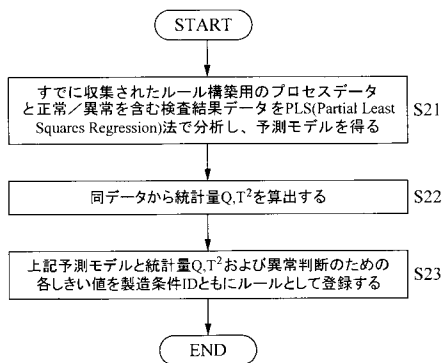
【 図 3 】



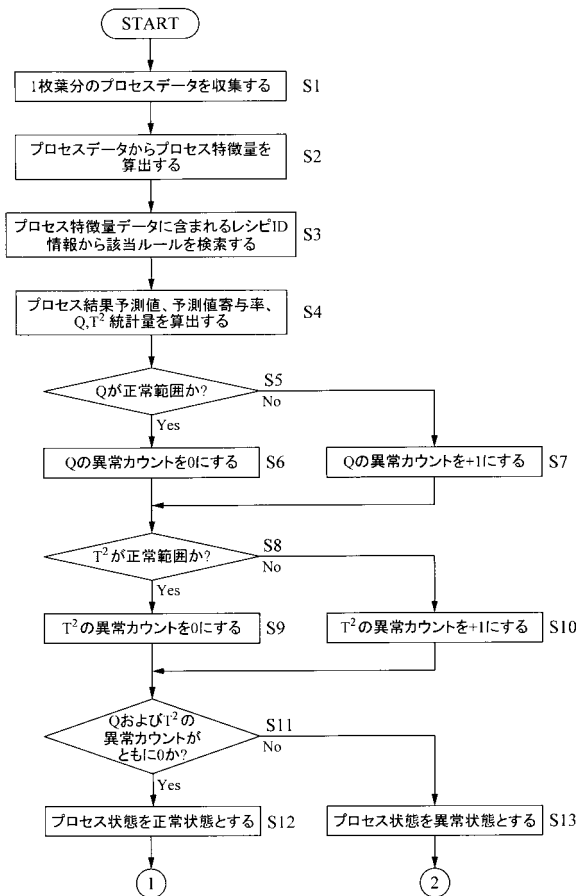
【 図 4 】



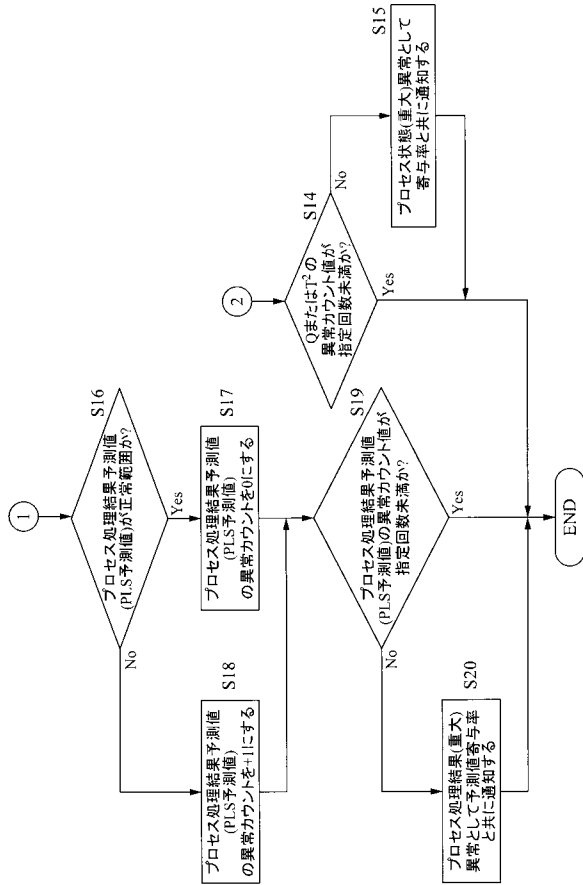
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

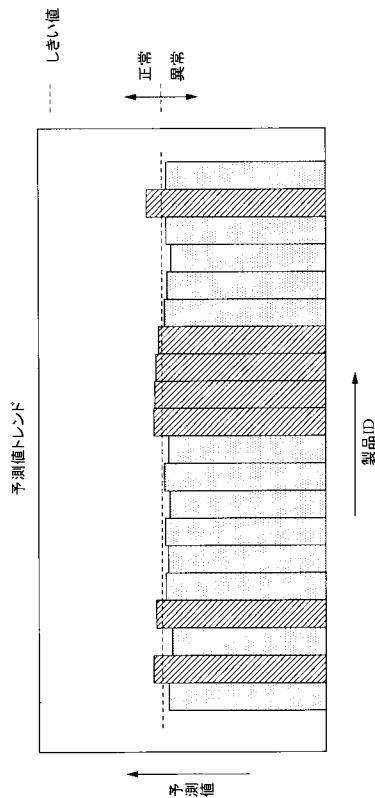
プロセス異常検知システム

製品ID	7Z45CSL8D	プロセス時刻	2004/12/18 0:15
予測値状態	正常	予測値異常全回数	2.7%(56/2113)
プロセス状態	正常	プロセス***状態全回数	0.8%(17/2113)

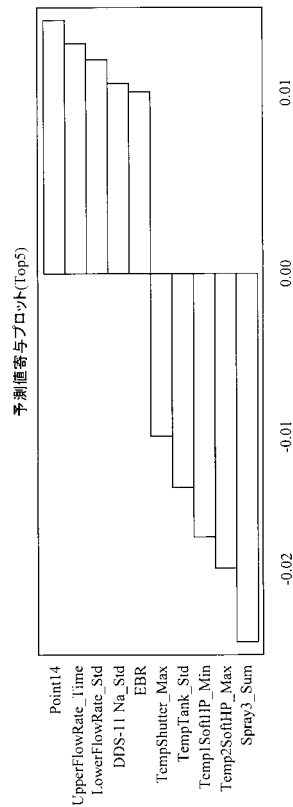
エラー履歴

エラー	ロットID	製品ID	日時	カウント
予測値	7Z45CSL800	7Z45CSL8E	2004/12/18 0:13	3
予測値	7Z45CSM100	7Z45CSM1M	2004/12/17 21:45	4
プロセス	7Z45CSM100	7Z45CSM1X	2004/12/17 21:28	5
予測値	7Z45CSL900	7Z45CSL9M	2004/12/17 21:07	5
予測値	7Z45CSL900	7Z45CSL9V	2004/12/17 20:54	7
予測値	7Z45CSL700	7Z45CSL7K	2004/12/17 20:09	10
予測値	7Z45CSL200	7Z45CSL2C	2004/12/17 18:28	24
予測値	7Z45CSL200	7Z45CSL2N	2004/12/17 18:11	6
プロセス	7Z45CSL400	7Z45CSL4A	2004/12/17 17:20	3

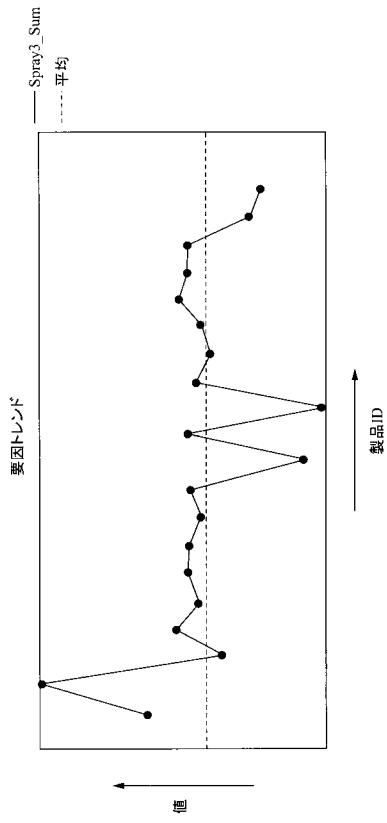
【 図 9 】



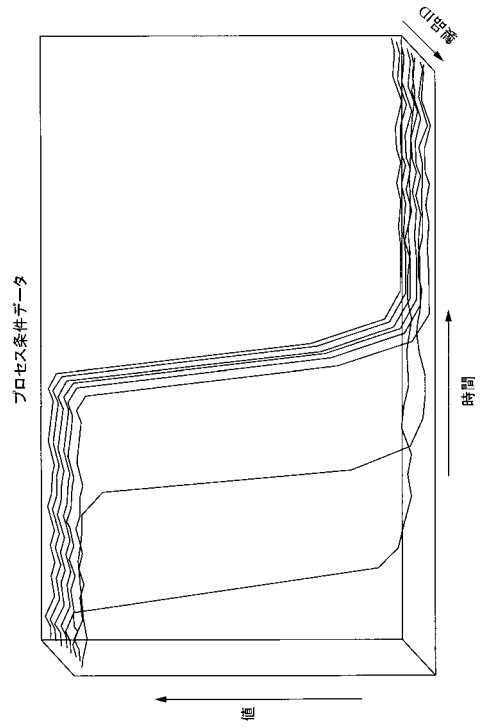
【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 合川 禎一

京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

Fターム(参考) 3C100 DD22 DD23 EE06

5H223 AA01 DD03 DD07 DD09 EE29 FF06