

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4728968号

(P4728968)

(45) 発行日 平成23年7月20日(2011.7.20)

(24) 登録日 平成23年4月22日(2011.4.22)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 21/02 Z
GO 1 R 31/28 (2006.01)	GO 1 R 31/28 H
HO 1 L 21/66 (2006.01)	HO 1 L 21/66 Z

請求項の数 19 (全 51 頁)

(21) 出願番号	特願2006-552346 (P2006-552346)	(73) 特許権者	503432157
(86) (22) 出願日	平成17年2月7日(2005.2.7)		テスト アドバンテージ, インコーポレ
(65) 公表番号	特表2007-522658 (P2007-522658A)		イテッド
(43) 公表日	平成19年8月9日(2007.8.9)		アメリカ合衆国 アリゾナ 85281,
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/003923		テンペ, ウェスト テンス プレース
(87) 国際公開番号	W02005/077024		1525
(87) 国際公開日	平成17年8月25日(2005.8.25)	(74) 代理人	100078282
審査請求日	平成18年8月24日(2006.8.24)		弁理士 山本 秀策
(31) 優先権主張番号	60/542,459	(74) 代理人	100062409
(32) 優先日	平成16年2月6日(2004.2.6)		弁理士 安村 高明
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100113413
(31) 優先権主張番号	60/546,088		弁理士 森下 夏樹
(32) 優先日	平成16年2月19日(2004.2.19)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ解析の方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンポーネントのセットをテストし、該コンポーネントのセットに対するテストデータを生成するように構成されたテストと、

該コンポーネントの製造プロセスの内部に関連する問題を同定するために、該テストデータを該テストから受け取り、該テストデータを自動的に解析するように構成された診断システムと

を備える、テストデータを収集および解析するために半導体チップをテストするためのテストシステムであって、

該診断システムは、該テストデータにおけるパターンを認識し、該認識されたパターンと該問題とをマッチさせるように構成され、該診断システムは、進化アルゴリズムを用いて該パターンを分類するように構成された分類器を含む、テストシステム。

【請求項2】

前記進化アルゴリズムは、パーティクルスウォーム最適化アルゴリズムを含む、請求項1に記載のテストシステム。

【請求項3】

前記診断システムが、少なくとも2つの段階を含み、

第一の段階が、異なるタイプのテストデータを受け取り、該異なるタイプのテストデータに基づき第一の段階のデータを生成するように構成された複数の分類器を含み、

第二の段階が、該複数の分類器から該第一の段階のデータを受け取り、該第一の段階の

10

20

データに基づき、進化アルゴリズムを用いて、前記パターンを分類するように構成されている、請求項 1 に記載のテストシステム。

【請求項 4】

前記第一の段階および第二の段階が、自己適応性システムを含み、該第一の段階および第二の段階が、独立に訓練可能である、請求項 3 に記載のテストシステム。

【請求項 5】

前記進化アルゴリズムが、パーティクルスウォーム最適化アルゴリズムおよび遺伝的アルゴリズムのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載のテストシステム。

【請求項 6】

前記診断システムが、パーティクルスウォーム最適化システム、遺伝的アルゴリズムシステム、ラジアル基本関数神経回路網、および多層知覚神経回路網のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載のテストシステム。

10

【請求項 7】

前記診断システムが、前記テストデータを解析するための外れ値同定アルゴリズムを自動的に選択するように構成されている、請求項 1 に記載のテストシステム。

【請求項 8】

前記診断システムが、前記テストデータのデータ集団のタイプおよび前記テストにより生成されるテストのタイプのうちの少なくとも 1 つに基づき、前記外れ値同定アルゴリズムを選択するように構成されている、請求項 7 に記載のテストシステム。

【請求項 9】

20

前記診断システムが、複数の外れ値同定アルゴリズムを用いて、前記テストデータを解析するように構成されている、請求項 7 に記載のテストシステム。

【請求項 10】

前記診断システムが、構成可能なアルゴリズムライブラリから前記外れ値同定アルゴリズムを選択するように構成されている、請求項 7 に記載のテストシステム。

【請求項 11】

構成可能な知識ベースをさらに備え、前記診断システムが、前記テストデータを解析するために、該知識ベースから、格納された情報を引き出すように構成されている、請求項 1 に記載のテストシステム。

【請求項 12】

30

前記診断システムが、一組の履歴テストデータから学習するように構成されている自己適応性システムを含む、請求項 11 に記載のテストシステム。

【請求項 13】

前記自己適応性システムが、前記テストにより生成された前記テストデータから学習するように構成されている、請求項 12 に記載のテストシステム。

【請求項 14】

前記診断システムが、前記テストデータに基づき、補足データを生成するように構成され、該補足データが、前記コンポーネントのタイプにも該テストデータのタイプにも依存しない、請求項 1 に記載のテストシステム。

【請求項 15】

40

前記診断システムが、前記テストデータをフィルタリングするように構成されている、請求項 14 に記載のテストシステム。

【請求項 16】

前記診断システムが、前記テストデータにおけるトレンドを同定するように構成されている、請求項 14 に記載のテストシステム。

【請求項 17】

前記テストが、マルチサイトのテストを用いて前記テストデータを生成するように構成され、前記診断システムが、該マルチサイトのテストの影響を相殺するために、該テストデータを規格化するように構成されている、請求項 1 に記載のテストシステム。

【請求項 18】

50

前記テストデータが、履歴データおよびリアルタイムデータのうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のテストシステム。

【請求項19】

前記診断システムが、前記テストデータ解析に基づき、修正アクションを自動的に提供するように構成されている、請求項1に記載のテストシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の参照)

本出願は、

米国特許出願番号第10/817,750号(2004年4月2日出願、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR ANALYZING TEST DATA」の一部係属出願であり、これは米国特許出願番号第10/730,388号(2003年12月7日出願、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR DATA ANALYSIS」の一部係属出願であり、これは米国特許出願番号第10/367,355号(2003年2月14日、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR DATA ANALYSIS」の一部係属出願であり、これは米国特許出願番号第10/154,627号(2002年5月24日出願、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR SEMICONDUCTOR TESTING」の一部係属出願であり、これは米国特許出願番号第09/872,195号(2001年5月31日出願、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR DATA SMOOTHING」の一部係属出願であり、これは米国仮許出願第60/293,577号(2001年5月24日、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR DATA SMOOTHING」、米国仮許出願第60/295,188号(2001年5月31日出願、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR TEST DATA CONTROL AND ANALYSIS」、および、米国仮許出願第60/374,328号(2002年4月21日出願、発明の名称「METHODS AND APPARATUS FOR TEST PROGRAM ANALYSIS AND ENHANCEMENT」)の利益を主張し、

米国仮許出願第60/542,459号(2004年2月6日出願、発明の名称「EVOLVING NEURAL NETWORKS USING SWARM INTELLIGENCE FOR BINMAP CLASSIFICATION」)の利益を主張し、

米国仮許出願第60/546,088号(2004年2月19日出願、発明の名称「DYNAMIC OUTLIER ALGORITHM SELECTION FOR QUALITY IMPROVEMENT AND TEST PROGRAM OPTIMIZATION」)の利益を主張するものであって、

本出願は、各出願の開示を参考として、援用する。しかしながら、本開示が参考とする任意の出願とコンフリクトする場合は、本開示が優先される。

【0002】

(発明の分野)

本発明は、データ解析に関する。

【背景技術】

【0003】

(発明の背景)

半導体会社は、コンポーネントが適切に動作するか確認するために、コンポーネントをテストする。テストデータは、このコンポーネントが適切に機能するかどうかを判断するのみならず、製造工程において欠陥が指摘されるかどうかも判定する。したがって、半導体会社の多くは、問題を同定(identify)し、修正するために、幾つかの異なる

10

20

30

40

50

コンポーネントから収集したデータを解析する。例えば、会社は、幾つかの異なるロットから各ウェハー上の多数のチップのテストデータを収集し得る。テストデータは、欠陥解析や故障分離のため、パラメトリックな電氣的テスト、光学検査、走査電子顕微鏡、エネルギー分散式X線分光法、および、収束イオンビームプロセスなどの種々のソースに由来し得る。このデータは、共通の欠陥または不良パターンを同定するために、あるいは、品質や性能に問題を示し得るパーツを同定するために、ならびに、ユーザの定義する「良好パーツ」を同定または分類するために、解析され得る。次いで、この問題を修正するためのステップがとられる。テストは、典型的には、デバイスパッケージの前において（ウェハーレベルで）、また、アセンブリ完了後（最終テスト）に、行われる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

テストデータを収集し、解析するには、費用も高く、時間も要する。自動テストは、コンポーネントに信号を適用し、対応する出力信号を読む。出力信号は、コンポーネントが正しく動作しているかどうかを判断して、解析され得る。各テストは、大量のデータを生成する。例えば、各テストが単一のコンポーネントに200のテストを実行することがあり、各テストが10回繰り返されることがある。その結果、単一のコンポーネントに対するテストは、2000の結果を出すことになる。なぜなら、各テストが1時間に100以上のコンポーネントをテストし、幾つかのテストが、同じサーバに接続されることがあると、膨大な量のデータが格納されねばならない。さらに、データ処理のために、サーバは、典型的には、データベースの中にテストデータを格納して、データの操作と解析を容易にする。しかしながら、従来型データベースへのストレージには、そのデータを組織し、格納するための更なるストレージ容量と時間とを要求される。

【0005】

さらに、テストデータを得ることは、複雑で労力を要するプロセスである。テストエンジニアが、テストにコンポーネントへの入力信号を生成し、その出力信号を受信するように指示するテストプログラムを準備する。このプログラムは、コンポーネントがフルでの確な動作することを確保するために、非常に複雑になる傾向がある。その結果、中程度に複雑な集積回路のテストプログラムによって、大量のテストと結果が生み出される。満足ゆく解決を得るためには、プログラムの準備に、広範な設計と変更が要求され、プログラム最適化には、例えば、冗長なテストを除去し、さもなくば、テスト時間を最短にするなど、更なる労力が必要とされる。

【0006】

収集データの解析も、また、困難である。データの量が、かなりの処理能力と時間とを要することもある。その結果、データは、通常は、製品のランタイムに解析されず、その代わりに、典型的には、テストランの合い間に、あるいは、バッチ間に解析される。これら負担を幾分か軽減するために、会社の中には、テストからのデータをサンプルするのみで、その他を処分することもある。しかしながら、データの全てを解析しない解析は、その結果得られた解析が、完全度も精度も十分であるはずがないことを保証する。結果として、サンプリングは、テスト結果を完全な理解から、遠いものとなる。

【0007】

さらに、テストによって生成されたテストデータの完全なセットが維持されたとしても、莫大な量のテストデータは、データを解析し、意味ある結果を抽出するのに、困難を生ずる。テストデータは、デバイス、テストプロセスおよび製造プロセスに関して意義深い情報を含み得るし、この情報は、製造、信頼性およびテストの改善にも利用され得る。しかしながら、データの量を考慮すると、ユーザまたは他のシステムに、情報を分離して、提示することは、挑戦的なことである。

【0008】

さらに、データ解釈の多くは、エンジニアによる手作業で行われる。エンジニアは、製造およびテストプロセスでの自らの経験と知識に基づいて、そのデータを検討し、テスト

10

20

30

40

50

および製造プロセスに関する推論を出す。手作業による解析も、有効なことは多いが、エンジニアは製造システムとテストシステムとを別個に理解し、それゆえ、同じデータに基づいて、異なる主観的結論に到達しがちである。別の問題が生じるのは、熟練した人材が会社を離れた場合、あるいは、さもなくば、都合つかなくなった場合である。熟練した人材の、製造およびテストシステムの知識と理解とは、他の人材に、容易に伝承できないからである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本発明のより完全な理解は、以下の例示的な図面と関連付けて考慮した場合、詳細な説明と請求項を参照して、導かれ得る。これら図面は、一定倍率でないこともある。同じ参照番号は、図面全体を通して、同じエレメントを意味する。

10

【0010】

図中のエレメントは、簡略化と明確化のために描かれており、必ずしも、一定倍率で描かれているわけではない。例えば、本発明の実施形態をよりよく理解するのに役立つように、図中の一部のエレメントによって実行される接続およびステップは、他のエレメントに比べ、誇張されていたり、省略されていることもある。

【0011】

(例示的な実施形態の詳細な説明)

本発明は、機能ブロックコンポーネントおよび様々なプロセスステップの観点から記載され得る。このような機能ブロックおよびステップは、特定の機能を実行するように構成された任意の数のハードウェアまたはソフトウェアによって、実現され得る。例えば、本発明は、様々なテスト、プロセッサ、ストレージシステム、プロセス、および、アルゴリズム、例えば、統計的エンジン、メモリエレメント、信号プロセッシングエレメント、神経回路網、パターン解析、ロジックエレメント、プログラムなどを用い得る。これらは、1つ以上のテスト、マイクロプロセッサあるいは制御デバイスの制御下で、様々な機能を実行し得る。さらに、本発明は、任意の数のテスト環境と一緒に実行され得る。また、記載された各システムは、本発明に対する例示的なアプリケーションの一つに過ぎない。さらに、本発明は、データ解析、コンポーネントインターフェーシング、データプロセッシング、コンポーネントハンドリングなどの従来技術を幾つ用いてもよい。

20

【0012】

図1に関して、本発明の様々な局面に従う方法と装置は、半導体テスト用の自動テスト装置(ATE)のようなテスト102を有するテストシステム100と一緒に動作する。本実施形態において、テストシステム100は、テスト102およびコンピュータシステム108を備える。テストシステム100は、ウェハー上の半導体デバイス、回路基板、パッケージデバイス、あるいは、他の電気または光学システムのような任意のコンポーネント106をテストするように構成され得る。本実施形態において、コンポーネント106は、ウェハー上に形成された多数の集積回路ダイ(die)、あるいは、パッケージ集積回路またはデバイスを備える。コンポーネント106は製造プロセス(fabrication process)を使用して、形成される。そのプロセスは、コンポーネント106を生成するための任意の適切な生産プロセス(manufacturing process)を備え得るし、また、コンポーネント106の動作をテストする任意の適切なプロセスを備え得るテストプロセスを含み得る。

30

40

【0013】

テスト102は、コンポーネント106をテストし、そのテストに関する出力データを生成する任意のテスト装置を適切に備えており、また、多数の装置または他のデータ源を備え得る。テスト102は、Teradyneテストのような従来型自動テストを備え得るし、また、そのテストを容易にする他の装置とともに、適切に動作する。テスト102は、テストされるべき特定のコンポーネント106および/または任意の他の適切な基準に従って選択され、構成される。

【0014】

50

テスト102は、コンピュータシステム108と一緒に動作し得る。コンピュータシステム108は、例えば、テスト102のプログラミング、テストプログラムのロードおよび/または実行、データ収集、テスト102への指示提供、テストデータ解析、テストのパラメータ制御などを行う。本実施形態において、コンピュータシステム108は、テスト102からテストデータを受信し、テスト102とは独立に様々なデータ解析機能を実行する。コンピュータシステム108は、テスト102からのデータを解析する統計エンジン、ならびに、テストデータに基づいた製造および/またはテストプロセスにおける潜在的問題を同定するための診断システム216をインプリメントしてもよい。コンピュータシステム108は、例えば、パーソナルコンピュータまたはワークステーションのような個別のコンピュータを備えてもよい。このコンピュータは、テスト102と信号交換するために、テスト102と接続またはネットワーク化されている。代替的な実施形態において、コンピュータシステム108は、テストシステム100の他のコンポーネントから省かれていることも、他のコンポーネントに組み込まれていてもよい。様々な機能は、ネットワークに接続されたテスト102またはエレメントのように他のコンポーネントによって実行されてもよい。

10

【0015】

この例示的なシステムにおいて、コンピュータシステム108は、プロセッサ110およびメモリ112を備える。プロセッサ110は、任意の適切なオペレーションシステム（例えば、Windows XP（登録商標）、Unix（登録商標）またはLinux（登録商標））と一緒に動作する任意の適切なプロセッサ（従来型のIntel製、Motorola製またはAdvanced Micro Devices製プロセッサ）を備える。同様に、メモリ112は、データ格納用のプロセッサ110にアクセス可能な任意の適切なメモリ（例えば、ランダムアクセスメモリ（RAM）または他の適切なストレージシステム）を備えてもよい。特に、本システムのメモリ112は、情報の格納と受信とを高速アクセスメモリを含み、コンピュータ108の動作を容易にするのに十分な容量を有するように適切に構成されている。

20

【0016】

本実施形態において、メモリ112は、テスト102から受信した出力結果を格納し、その出力テストデータの解析を容易にする容量を含む。メモリ112は、解析用テストデータを高速格納および引き出しができるように構成されている。様々な実施形態において、メモリ112は、ダイナミックデータログ（data log）のエレメントを格納するように構成される。そのエレメントは、テスト結果に基づいて選ばれた基準および解析に従って、テストシステム100および/またはオペレータによって選択された1セットの情報を適切に備えている。

30

【0017】

例えば、メモリ112は、各コンポーネント106に対するコンポーネント識別子（例えば、テストされたウェハーに対するウェハーマップ上のコンポーネント106の位置に対応するx y座標）を適切に格納する。メモリ112内の各x y座標は、ウェハーマップ上の対応するx y座標にある特定のコンポーネント106と関連し得る。各コンポーネント識別子は、1つ以上のフィールドを有する。各フィールドは、例えば、ウェハー上の対応するx y位置にあるコンポーネント106に実行された特定のテスト、対応するコンポーネント106に関連する統計、または、関連データに対応する。メモリ112は、必要に応じて、任意の基準またはルールに基づいて、ユーザによって同定された任意のデータを含むように構成され得る。

40

【0018】

本実施形態のコンピュータ108は、また、ストレージシステム（例えば、他のメモリ（または、メモリ112の一部）、ハードドライブアレイ、光学ストレージシステム、あるいは、他の適切なストレージシステム）に、適切なアクセスを有する。ストレージシステムは、コンピュータ108またはテスト102専用のハードドライブのようにローカルであってもよいし、あるいは、テストシステム100が接続されているサーバと関連した

50

ハードドライブアレイのようにリモートであってもよい。ストレージシステムは、コンピュータ108またはテストシステム100の他のコンポーネントによって使われるプログラムおよび/またはデータを格納し得る。本実施形態において、ストレージシステムは、リモートサーバ116を介して利用可能なデータベース114を備える。リモートサーバ116は、例えば、生産設備用のメイン製造サーバを備える。データベース114は、テスト情報（例えば、テストデータファイル、テストシステム100を動作するマスタデータファイル、および、そのコンポーネント、テストプログラム、テストシステム100に対するダウンロード可能な指示など）を格納する。さらに、ストレージシステムは、解析用に保持された履歴テストデータファイルのような完全なテストデータファイルを備え得る。

10

【0019】

テストシステム100は、コンポーネント106のテストを容易にする追加の装置を含んでもよい。例えば、本テストシステム100は、デバイスインターフェース104を含む。デバイスインターフェース104は、従来型デバイスインターフェース基板、および/または、デバイスハンドラまたはプローバのように、コンポーネント106をハンドリングし、コンポーネント106とテスト102との間のインターフェースを提供する。一実施形態において、デバイスインターフェースは、1枚のウェハー上の多数のサイトを同時にテストするように構成されたマルチサイトのデバイスインターフェースを備える。テストシステム100は、テストシステム100の特定の構成、アプリケーション、環境、あるいは、他の関連因子によって、テストコンポーネント106のテストを容易にするために、他のコンポーネント、ソフトウェアなどを含んでも、あるいは、これらに接続されてもよい。例えば、本実施形態において、テストシステム100は、リモートサーバ116のような他のシステムに情報を送信するために、ローカルエリアネットワーク、イントラネット、または、インターネットのようなグローバルネットワークのような適切な通信媒体に接続される。

20

【0020】

テストシステム100は、1つ以上のテスト102および1つ以上のコンピュータ108を含んでもよい。例えば、1つのコンピュータ108は、コンピュータ108のシステム処理能力や構成などの様々な要因によって、適切な数（例えば、20以上まで）のテスト102に接続されてもよい。さらに、コンピュータ108は、テスト102から分離されていてもよいし、例えば、テスト102それ自体の1つ以上のプロセッサ、メモリ、クロック回路などを使って、テスト102に組み込まれてもよい。さらに、様々な機能が、異なるコンピュータによって実行されてもよい。例えば、最初のコンピュータは、様々な事前解析タスクを行い、次いで、数台のコンピュータがデータを受信し、データ解析を実行し、他の一式のコンピュータが、ダイナミックデータログおよび/または他の出力解析とレポートを準備してもよい。

30

【0021】

本発明の様々な局面に従うテストシステム100は、コンポーネント106をテストし、拡張解析とテスト結果を提供する。例えば、拡張解析は、不正確な結果、疑問ある結果、あるいは、異常な結果、繰り返しテスト、および/または、テストから、欠陥の可能性が比較的高いものを同定し得る。テストシステム100は、また、多数のデータベースにデータベース化されたコンポジットを生成するために、多数のデータセット（例えば、多数のウェハーおよび/またはロットのウェハーから得られたデータ）も解析し得る。様々なデータは、また、製造、テストおよび/または他のプロセスにおける特性（例えば、テストデータを介して同定され得る問題、非効率さ、潜在的危険性、不安定性または他の側面）を診断するために、テストシステム100によっても使用され得る。オペレータ（例えば、製品エンジニア、テストエンジニア、生産エンジニア、デバイスエンジニア、あるいは、テストデータと解析を用いる他のスタッフ）は、次いで、テストシステム100および/または製造システムを検証および/または改善し、コンポーネント106を分類するために、その結果を用い得る。

40

50

【0022】

本発明の様々な局面に従うテストシステム100は、コンポーネント106をテストし、テストデータを収集し、解析するための拡張テストプロセスを実行する。テストシステム100は、コンピュータ108で実行されるソフトウェアアプリケーションとともに、適切に動作する。図2を参照すると、本実施形態のソフトウェアアプリケーションは、拡張テストプロセスをインプリメントするための多数の要素（構成要素202、補足データ解析要素206、および、出力要素208を含む）を含む。テストシステム100は、また、1を超えるデータセットからのデータ解析のための複合解析要素214も含み得る。さらに、テストシステムは、テストデータを用いて、特性および潜在的問題を同定するために、診断システム216を含み得る。

10

【0023】

各要素202、206、208、214、216は、様々なタスクを実行するコンピュータ108で動作するソフトウェアモジュールを適切に備える。一般的に、構成要素202は、テストと解析用のテストシステム100を準備する。補足データ解析要素206において、テスト102からの出力テストデータは、補足テストデータを生成するため、適切に、ランタイムに、自動的に解析される。補足テストデータは、次いで、オペレータ、あるいは、複合解析要素214、診断システム216、および/または、出力要素208のような他のシステムに送信される。

【0024】

構成要素202は、コンポーネント106をテストし、そのテストデータを解析するため、テストシステム100を構成する。テストシステム100は、所定の初期パラメータセット、および、必要に応じて、テストシステム100を構成するために、オペレータからの情報を適切に使う。オペレータがテストシステム100に付き添うのを最小限にするために、テストシステム100は、所定またはデフォルトのパラメータを最初に適切に構成される。調整は、必要に応じて、例えば、コンピュータ108を介して、オペレータによって、構成に対してなされる。

20

【0025】

図3を参照すると、構成要素202によって実行される例示的な構成プロセス300は、コンピュータ108を初期状態に設定する初期化手順（ステップ302）から始まる。構成要素202は、次いで、アプリケーション構成情報を、例えば、コンピュータ108およびテスト102用のデータベース114から取得する（ステップ304）。例えば、構成要素202は、拡張テストプロセス用のマスタ構成ファイルおよび/またはテスト102に関するツール構成ファイルにアクセスし得る。マスタ構成ファイルは、拡張テストプロセスを実行するために、テストシステム100のコンピュータ108と他のコンポーネント用の的確な構成に関連するデータを含み得る。同様に、ツール構成ファイルは、テスト102の構成に関するデータ（例えば、接続、ディレクトリ、IPアドレス、テストノード識別、製造者、フラグ、プロバ識別、あるいは、任意の他のテスト102に関する付属情報）を適切に含む。

30

23 構成要素202は、次いで、マスタ構成ファイルおよび/またはツール構成ファイルに含まれるデータに従い、テストシステム100を構成し得る（ステップ306）。さらに、構成要素202は、データベース114（例えば、テストデータに対するロジスティック状況のようなデータをテスト102と関連付けるテスト102の識別子）からの関連情報をさらに引き出す構成データを使用し得る（ステップ308）。テストシステム100の情報は、また、オペレータによって、承認、拒否または調整され得る1つ以上のデフォルトパラメータを適切に含む。例えば、テストシステム100の情報は、グローバルな統計的プロセス管理（SPC）のルールとゴールとを含み得る。これらルールとゴールは、インストール、構成、パワーアップ、または、その他、承認および/または変更にする適切な時間などに応じてオペレータに提示される。テストシステム100の情報は、また、製品、ウェハー、コンポーネント106または他のアイテムそれぞれ用のデフォルトのウェハーマップまたは他のファイルを含み得る。これらアイテムは、テ

40

50

ストシステム100に影響を及ぼすことも、影響を及ぼされこともある。構成アルゴリズム、パラメータ、および、他の任意の基準は、特定の製品および/またはテストとの相関に容易にアクセスするため、また、トレーサビリティのため、レシピファイルに格納され得る。

【0026】

初期構成プロセスが完了したとき、テストシステム100は、テストプログラムに従い、例えば、従来式の一連のテストと一緒に、テストランを開始する。テスト102は、コンポーネント106に接続する信号を適用し、コンポーネント106からの出力テストデータを読むテストプログラムを適切に実行する。テスト102は、ウェハー上の各コンポーネント106あるいはウェハー自体に対し、多数のテストを実行することもあり、また、各テストは、同じコンポーネント106上で、数回繰り返されることもある。テストには、連続性、供給電流、リーク電流、パラメトリック静的、パラメトリック動的、ならびに、機能性および応力テストのような任意の適切なテスト（しかし、これらに限定されない）を含み得る。テスト102からのテストデータは、テストデータが得られたら、素早いアクセスと補足解析のために、格納される。データは、後々の解析と使用のために、長期メモリに格納されることもある。

【0027】

各テストは、少なくとも1つのコンポーネントに対し、少なくとも1つの結果を生成する。図9を参照すると、多数のコンポーネントの単一テストに対するテスト結果の例示的なセットは、統計学的に同様な値を有する第一のテスト結果セットと、第一のセットから外れた値で特徴付けられる第二のテスト結果セットを含む。各テスト結果は、テストの上限およびテストの下限と比較され得る。あるコンポーネントの特定の結果が、いずれかの限界を超えると、そのコンポーネントは、「不良パーツ」として、分類されてもよいし、あるいは、テストおよび/またはテスト結果にしたがって、分類されてもよい。

【0028】

第一のセットから外れた第二のセットのテスト結果の中には、管理限界を超えるものもあれば、超えないものもある。本目的において、第一のセットから外れるが、管理限界を超えない、あるいは、そうでなくとも検出されないこれらテスト結果は、「外れ値(outlier)」と呼ばれる。テスト結果における外れ値は、例えば、潜在的に信頼性のないコンポーネントを同定するなどの任意の適切な目的に対し、同定および解析され得る。外れ値は、テストおよび生産プロセスにおける様々な潜在的な問題および/または改善を同定するためにも使われ得る。

【0029】

テスト102がテスト結果を生成すると、コンポーネント、テストおよび繰り返しのそれぞれに対する出力テストデータは、テスト102によって、テストデータファイルの中に格納される。各コンポーネント106から受信された出力テストデータは、コンポーネント106の性能を分類する（例えば、テストの上限と下限との比較によって、特定のビン分類などに分類する）ために、テスト102によって解析される。そして、分類の結果も、また、テストデータファイルに格納される。テストデータファイルは、ロジスティックデータやテストプログラム識別データなどの追加情報を含んでもよい。次いで、テストデータファイルは、標準テストデータフォーマット(STDF)ファイルのような出力ファイルの中のコンピュータ108に提供され、メモリに格納される。テストデータファイルは、また、後の解析（例えば、複合解析エレメント214によって行われる）のための長期ストレージのために、ストレージシステムに格納されてもよい。

【0030】

コンピュータ108がテストデータファイルを受けるとき、補足データ解析エレメント206は、拡張出力結果を提供するために、解析する。補足データ解析エレメント206は、任意の適切な目的を達成するために、テストデータの任意の適切な解析を提供し得る。例えば、補足データ解析エレメント206は、統計的エンジンをインプリメントし得る。そのエンジンは、ランタイムに出力テストデータを解析し、オペレータの関心あるデー

10

20

30

40

50

タとそのデータ特性とを同定する。同定されたデータと特性は、格納され得るが、その一方で、同定されないデータは、廃棄などのように処分され得る。

【0031】

補足データ解析エレメント206は、例えば、データと統計構成データのセットに従い、統計数字を計算し得る。統計構成データは、テストシステム100および/またはオペレータのニーズに従って、統計的プロセス管理、外れ値同定および分類、シグネチャ解析(signature analysis)、ならびに、データ相関などのような任意の適切なタイプの解析を指示し得る。さらに、補足データ解析エレメント206は、ランタイムに適切に(すなわち、次のテストデータ生成までの数秒か数分足らずで)解析を実行する。補足データ解析エレメント206は、また、オペレータおよび/またはテストエンジニアからの干渉を最小限として、自動的に解析を実行し得る。

10

【0032】

本テストシステム100において、コンピュータ108がテストデータファイルを受信し、格納した後、補足データ解析エレメント206は、様々な予備的なタスクを実行する。コンピュータ108が出力テストデータの解析を準備し、補足データの生成と出力レポートの準備を容易にするためである。ここで、図4A~Cについて述べる。本実施形態において、補足データ解析エレメント206は、最初に、テストデータファイルを関連テスト102に対応するツール入力ディレクトリにコピーする(ステップ402)。補足データ解析エレメント206も、また、出力テストデータの補足解析をコンピュータ108に準備するために、構成データを取り出す。

20

【0033】

構成データは、テストデータファイルから取り出され得るロジスティックデータのセットを適切に含む(ステップ404)。補足データ解析エレメント206も、また、ロジスティック基準を生成する(ステップ406)。ロジスティック基準は、ツール構成ファイルから導かれたテスト102の情報のようなテスト102の情報を含み得る。さらに、ロジスティック基準は、同定に割り当てられる。

【0034】

構成データは、また、出力テストデータを生成したテストプログラム用の識別子を含み得る。テストプログラムは、それをデータベース114の中で照合して(408)、テスト102の同定と連携して、あるいは、それをマスタ構成ファイルから読み込むなどして、任意の適切な方法で同定され得る。テストプログラムの同定を確立できない場合(ステップ410)、テストプログラムの同定は生成され得て、テスト同定と結び付けられ得る(ステップ412)。

30

【0035】

構成データが、ウェハーの全てより少ない場合、補足データ解析エレメント206によってプロセスされるために、テストラン中のウェハーを、さらに同定する。本実施形態において、補足データ解析エレメント206は、どのウェハーを解析されるべきかを示すファイルにアクセスする(ステップ414)。何の指示も提供されない場合、コンピュータ108は、テストラン中のウェハー全てに対し、解析を適切に実行しない。

【0036】

現在のテストデータファイル用のウェハーが解析されるべきである場合(ステップ416)、補足データ解析エレメント206は、ウェハーに対し、テストデータファイルの補足データ解析の実行に移る。さもなくば、補足データ解析エレメント206は、次のテストデータファイルを待つか、あるいは、それにアクセスする(ステップ418)。

40

【0037】

補足データ解析エレメント206は、テストされるべき様々なウェハー向けに、解析されるべき1つ以上のセクショングループを確立し得る(ステップ420)。出力テストデータに適用する適切なセクショングループを同定するために、補足データ解析エレメント206は、適切なセクショングループ定義を適切に同定する。例えば、テストプログラムおよび/またはテスト同定によって、同定する。各セクショングループは、1つ以上のセ

50

ククションアレイを含み、各セクションアレイは、同じセクションタイプの1つ以上のセクションを含む。

【0038】

セクションタイプは、ウェハーの所定のエリアに位置されたコンポーネント106のグループの様々な種類を含む。例えば、図5を参照すると、セクションタイプは、行502、列504、ステップフィールド506、環状バンド508、放射状ゾーン510、四分円512、または、コンポーネントの任意の他の所望のグルーピングを含み得る。異なるセクションタイプは、プロセスされるコンポーネントの順序、チューブのセクションなどのコンポーネントの構成に応じて、用いられ得る。コンポーネント106のこのようなグループは、例えば、グループと関連され得る共通の欠陥または特性を同定するように、一緒に解析される。例えば、ウェハーの特定部分が、ウェハーの他部分のような熱伝導をしない場合、コンポーネント106の特定グループについてのテストデータは、ウェハーの不均一な加熱に結び付けられる共通の特性または欠陥を反映し得る。

10

【0039】

現在のテストデータファイル用のセクショングループを同定すると、補足データ解析エレメント206は、テストプログラムおよび/またはテスト102の管理限界およびイネーブルフラグなどの任意のさらなる関連構成データを取り出す(ステップ422)。特に、補足データ解析エレメント206は、セクションタイプ内のそれぞれのセクションアレイに関連される所望の統計または計算のセットを適切に取り出す(ステップ423)。所望の統計および計算は、オペレータによって、あるいは、ファイルからの取り出しなど任意の方法で指定され得る。さらに、補足データ解析エレメント206は、また、関連セクションタイプまたはウェハーに関する他の適切なバリエーションそれぞれに対する1つ以上のシグネチャ解析アルゴリズムを同定し得る(ステップ424)し、同様に、データベース114からシグネチャアルゴリズムを取り出し得る。

20

【0040】

構成データの全ては、デフォルトによって提供されても、あるいは、構成エレメント202または補足データ解析エレメント206によって自動的にアクセスされてもよい。さらに、本実施形態の構成エレメント202および補足データ解析エレメント206は、オペレータが、オペレータの要望またはテストシステム100の要求によって、適切に構成データを変えることができる。構成データが選択された場合、構成データは、関連する基準と結び付けられ、デフォルト構成データとして今後使用されるために保存されることがある。例えば、オペレータが特定の種類のコンポーネント106のあるセクショングループを選択する場合、コンピュータ108は、自動的に、全てのこのようなコンポーネント106に対して、同一のセクショングループを用いることがある。ただし、オペレータによって他の指示がなされた場合は除く。

30

【0041】

補足データ解析エレメント206は、また、テストデータファイルおよび追加データの構成とストレージとを提供する。補足データ解析エレメント206は、格納されるべきデータに対し、メモリ112の一部などのメモリを適切に割り当てる(ステップ426)。割り当ては、補足データ解析エレメント206によって、格納されるべきデータ全て(テストデータファイルからの出力テストデータ、補足データ解析エレメント206によって生成された統計データ、管理パラメータなどを含む)に対し、メモリを適切に提供する。割り当てられたメモリ量は、例えば、コンポーネント106上で実行されたテストの数、セクショングループアレイの数、管理限界、補足データ解析エレメント206によって実行されるべき統計計算などに応じて、計算され得る。

40

【0042】

補足解析を実行するための構成データ全てが準備されているとき、出力テストデータを受け取るとすぐに、補足データ解析エレメント206は、メモリ内に関連テストデータをロードし(ステップ428)、出力テストデータに補足解析を実行する。補足データ解析エレメント206は、コンポーネント106、テストデータシステム100の構成、オペ

50

レータの要望、あるいは、他の関連基準によって、任意の数および任意のタイプのデータ解析を実行してもよい。補足データ解析エレメント 206 は、生産での懸念または不備を示し得る出力テストデータの中で、潜在的不良のあるコンポーネント 106 およびパターン、トレンド、あるいは、他の特徴を同定する選択された特徴に対して、セクションを解析するように構成され得る。

【0043】

本補足データ解析エレメント 206 は、例えば、出力テストデータに基づく様々な統計を計算かつ解析することで、様々な基準に対応するデータおよび/またはコンポーネント 106 を同定する。また、本補足データ解析エレメント 206 は、コンポーネント 106 およびテストシステム 100 に関係するオペレータおよび/またはテストエンジニアに情報を提供するために、出力テストデータを分類かつ対比し得る。例えば、本補足データ解析エレメント 206 は、例えば、潜在的に関連または冗長性あるテストを同定するための出力データの対比、および、頻繁に外れ値の発生するテストを同定するための外れ値発生率解析を実行し得る。

10

【0044】

補足データ解析エレメント 206 は、データをスムージングし、かつ、外れ値の同定を補助するために、テストデータを最初にプロセスするスムージングシステムを含み得る（ステップ 429）。代替的な実施形態において、スムージングシステムおよびプロセスは、省略されることがあり、データはスムージングなしにプロセスされる。スムージングシステムは、また、データ、トレンドなどにおける有意な変化を同定し得て、これらの変化は、出力エレメント 208 によってオペレータに提供され得る。スムージングシステムは、例えば、コンピュータシステム 108 で動作するプログラムとして適切にインプリメントされる。スムージングシステムは、様々な基準に従って、データをスムージングするための多数のフェーズを適切に備える。第一のフェーズは、基本スムージングプロセスを含み得る。補足フェーズは、テストデータを拡張トラッキングおよび/または追加スムージングに、条件付きで提供する。

20

【0045】

スムージングシステムは、第一のスムージング技術によって、選択されたテストデータの初期値を最初に調整し、かつ、第二のスムージング技術によって、その値を補足的に調整することによって、適切に作動するが、それは、初期値および最初に調整された値の少なくとも 1 つが閾値に合う場合である。第一のスムージング技術は、データをスムージングする傾向がある。第二のスムージング技術も、また、データをスムージングする傾向があり、および/または、データのトラッキングを改善する傾向があるが、第一のスムージング技術とは異なる方法によってである。さらに、その閾値は、補足スムージングを適用するかどうかを判定するための任意の適切な基準を含み得る。スムージングシステムは比較結果を生成するために、複数の先行して調整されたデータを複数の先行する生データと適切に比較し、比較結果が第一の閾値と合うかどうかによって、その選択されたデータの値を調整するために、第二のスムージング技術をその選択されたデータに適用する。さらに、スムージングシステムは、選択されたデータの予想値を適切に計算し、選択されたデータに第三のスムージング技術を適用して、予想値が第二の閾値に合うかどうかによって、選択された基準の値を調整し得る。

30

40

【0046】

図 8 を参照すると、第一のスムージングされたテストデータポイントは、第一の生テストデータポイントと等しいように、適切に設定される（ステップ 802）。そして、スムージングシステムは、次の生テストデータポイントに進む（ステップ 804）。スムージング動作を実行する前に、スムージングシステムは、スムージングがデータポイントに対して適切であるかどうかを最初に判断し、もし適切であれば、そのデータに基本スムージング動作を実行する。スムージングが適切であるかどうかの判断には、受信したデータポイントの数、選択された値からデータポイント値の偏差、または、各データポイント値と閾値との比較などに基づいて、任意の基準が適用されてもよい。本実施形態において、ス

50

ムージングシステムは、閾値との比較を実行する。閾値との比較は、データスムージングが適切であるかどうかを判断する。適切と判断されれば、最初のスムージングプロセスは、データの最初のスムージングに進むように適切に構成される。

【 0 0 4 7 】

より特定的には、本実施形態において、プロセスは最初の生データポイント R_0 で開始する。 R_0 は、第一のスムージングされたデータポイント S_0 としても指定される。追加のデータポイントが受信され、解析されると、各生データポイント (R_n) と、先行してスムージングされたデータポイント (S_{n-1}) との間の差が算出され、閾値 (T_1) と比較される (ステップ 806)。生データポイント R_n と、先行してスムージングされたデータポイント S_{n-1} との間の差が閾値 T_1 を超える場合、超過した閾値は、スムージングされたデータからのかなりの乖離に相当し、データのシフトを示すものと、仮定される。従って、閾値交差が発生することは、記録されてもよい。また、現在スムージングされるデータポイント S_n は、生データポイント R_n と等しいと設定される (ステップ 808)。スムージングは実行されず、そして、プロセスは、次の生データポイントに進む。

10

【 0 0 4 8 】

生データポイントと、先行してスムージングされたデータポイントとの差が、閾値 T_1 を超えない場合、プロセスは、最初のスムージングプロセスと連動して、現在スムージングされるデータポイント S_n を計算する (ステップ 810)。最初のスムージングプロセスは、データの基本スムージングを提供する。例えば、本実施形態において、基本スムージングプロセスは、例えば、従来の指数関数的なスムージングプロセスを含み、以下

20

$$S_n = (R_n S_{n-1}) * M_1 + S_{n-1}$$

の等式に従う。ここで、 M_1 は、0.2 または 0.3 のようなスムージング係数である。

【 0 0 4 9 】

最初のスムージングプロセスは、そのデータに対し、有意な量のスムージングを提供するために、比較的低い係数 M_1 を適切に利用する。最初のスムージングプロセスおよび係数は、任意の基準に応じて選択されてもよく、任意の方法で構成されてもよい。しかしながら、スムージングシステムのアプリケーション、処理されたデータ、スムージングシステムの要求と能力、および/または、任意の他の基準に従う。例えば、最初のスムージングプロセスには、無作為、ランダムウォーク、移動平均、単純指数関数、線形指数関数、季節 (seasonal) 指数関数、移動平均で重み付けされた指数関数、あるいは、データを最初にスムージングする任意の適切な他のタイプのスムージングを用いてもよい。

30

【 0 0 5 0 】

データは、スムージングのために更なる解析をされてもよいし、および/または、スムージングの更なる対象となってもよい。補足スムージングは、データのスムージング増強、および/または、生データに対してスムージングされたデータのトラッキング改善のために、データ上で実行され得る。多数のフェーズの補足スムージングが考慮されることもあり、適切な場合は、適用されることもある。様々なフェーズは、独立の場合も、相互依存の場合も、補完的な場合もあり得る。さらに、データは、補足スムージングが適切であるかどうかを判断するために解析されることもある。

【 0 0 5 1 】

40

本実施形態において、データは、1つ以上の追加フェーズのスムージングを実行するかどうかを判断するために解析される。補足スムージングが適用され得るかどうかを判断するために、データは、任意の適切な基準に基づいて解析される (ステップ 812)。例えば、スムージングシステムは、複数の調整済みデータポイントと、先行するデータ用の生データポイントとを比較して、比較結果を生成するなどして、データのトレンドを同定する。その比較結果は、先行する調整済みのデータの実質上全てが、対応する生データの実質上全てと、共通の関係 (より小さい、より大きい、または、等しいなど) をシェアするかどうかに基づいて行われる。

【 0 0 5 2 】

本実施形態のスムージングシステムは、選択数 P_2 個の生データポイントと、同数のス

50

ムージングされたデータポイントとを比較する。P₂個の生データポイント全ての値が、対応するスムージングされたデータポイントを上回る（または等しい）場合、あるいは、生データポイント全てが、対応するスムージングされたデータポイントよりも小さい（または等しい）場合、スムージングシステムは、データがあるトレンドを示すと判断してよく、より近似してトラッキングされるべきである。したがって、その出現（occurrence）が記録され得る。そして、データに適用されたスムージングは、補足スムージングを適用することで、変化することがある。一方、これら基準のいずれもが満たされない場合、現在スムージングされるデータポイントは、元々計算されたままであり、関連性ある補足データスムージングは、適用されない。

【0053】

本実施形態において、スムージングされたデータを生データと比較するための基準は、データにおけるトレンドを同定するために、選択される。そのトレンドに対して、スムージングされたデータは遅れることがある。したがって、ポイントP₂の数は、生データの変化するトレンドに対して、システムの感度をどこまで望むかによって、選択され得る。

【0054】

補足スムージングは、データ解析に従って、スムージング全体の影響を変化させる。データのスムージング、あるいは、データのトレンドトラッキングを、より効果的に行うために、いかなる適切な補足スムージングがデータに適用されてもよい。例えば、本実施形態において、データ解析が示すデータのトレンドが、より緊密にトラッキングされるべきことを示した場合、補足スムージングは、スムージングされたデータが生データをより緊密にトラッキングするように、最初に適用されたスムージングの度合いを低減するために適用される（ステップ814）。

【0055】

本実施形態において、低減した度合いのスムージングを用いて、現在スムージングされるデータポイントに対する値を再計算することで、スムージングの度合いは低減する。より効率的なデータのトラッキング、あるいは、さもなくば、データ解析結果への応答のためには、いかなる適切なスムージングシステムが用いられてもよい。本実施形態において、別の従来の指数関数スムージングプロセスが、より高い係数M₂を用いて、データに

$$S_n = (R_n - S_{n-1}) * M_2 + S_{n-1}$$

が適用される。

【0056】

係数M₁およびM₂は、生データにおける傾向がない場合（M₁）も、ある場合（M₂）も、その双方において、システムの所望の感度にしたがって選択され得る。様々なアプリケーションでは、例えば、M₁の値は、M₂の値より高いことがある。

【0057】

補足データスムージングは、また、追加のフェーズも含むことがある。データスムージングの追加のフェーズは、追加のデータスムージングが適用されるべきかどうかを判断するために、何らかの方法で、データを同様に解析することがある。データスムージングのフェーズおよびタイプは任意の数だけ、データ解析に基づいて、適用されることも、考慮されることもある。

【0058】

例えば、本実施形態において、データは、ノイズ制御のために、解析され、潜在的にスムージングされ得る。それは、スムージングされたデータの傾きまたはトレンドに基づく予測的プロセスを用いるなどして行われる。スムージングシステムは、直線回帰、N点中心化（N-points centered）などのような任意の適切なプロセスによって、現在のデータポイントに先行してスムージングされた選択されたP₃個のデータポイントに基づいて傾きを計算する（ステップ816）。本実施形態では、データスムージングシステムは、先行してスムージングされたP₃個のデータポイントの傾きを確立するために「最小二乗適合（least squares fit through line）」プロセスを使用する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

スムージングシステムは、計算された傾きから、現在スムージングされるデータポイントの値を予測する。次いで、システムは、現在スムージングされるデータポイント (S_n) に対する以前の計算値と、現在スムージングされるデータポイントに対する予測値との間の差を範囲数 (range number) (R_3) と比較する (ステップ 818)。その差が範囲 R_3 より大きい場合、出現が記録され、現在スムージングされるデータポイントは調整されない。その差が範囲 R_3 の範囲内である場合、現在スムージングされるデータポイントは、計算された現在スムージングされるデータポイント (S_n) と現在スムージングされるデータポイントに対する予測値 (S_{n-pred}) との間の差に、第三の乗数 M_3 を乗じ、さらに、現在スムージングされるデータポイントの当初の値を加えたものに等しくなるように設定される (ステップ 820)。その式は

$$S_n = (S_{n-pred} - S_n) * M_3 + S_n$$

である。

【 0 0 6 0 】

このように、現在スムージングされるデータポイントは、当初スムージングされたデータポイントと予測されたスムージングデータポイントとの間の修正された差にしたがって、設定される。しかし、(M_3 が 1 未満の場合、) ある特定量だけ低減される。予測的なスムージングを適用することは、信号の比較的フラットな (あるいは、トレンドのない) 部分のポイントツーポイントのノイズ感度を低減する傾向がある。スムージングされたデータポイントへの予測的なスムージングプロセスは適用が限られるため、傾きに基づいて計算された平均は、生データに有意な変化が出現するとき、すなわち、生データ信号が比較的フラットでないとき、スムージングされたデータに影響を与えないことが保証される。

【 0 0 6 1 】

補足データ解析エレメント 206 は、テストデータ (生テストデータ、スムージングされたテストデータ、あるいは、さもなくば、フィルタリングされたデータまたはプロセスされたデータを含む) の任意の適切な解析を実行し得る。例えば、補足データ解析エレメント 206 は、欠陥、警告、テール閾値 (tail threshold) を検出する確な技術を選んで、分布の性質に関する情報を抽出するために、テストデータをフィルタリングし得る。補足データ解析エレメント 206 は、出力テストデータに対し、統計のプロセス管理 (SPC) 計算および解析を行ってもよい。より特定のには、図 4A ~ C を再度参照して、補足データ解析エレメント 206 は、特定のコンポーネント、テストおよび/またはセクションに対し、所望の統計を計算し、格納してもよい。(ステップ 430)。その統計は、オペレータまたはテストシステム 100 に有用な任意の統計 (例えば、平均、標準偏差、最小、最大、合計、カウント数、 C_p 、 C_{pk} 、または、任意の他の適切な統計を含み得る SPC データ) を含み得る。

【 0 0 6 2 】

補足データ解析エレメント 206 は、また、データにおけるトレンドおよび異常を、動的かつ自動的に同定するためにシグネチャ解析を適切に実行する (ステップ 442)。例えば、セクションにしたがって、そのセクションに対するテスト結果および/または履歴データのような他のデータの組み合わせに基づいて、実行する。シグネチャ解析は、テストデータなどの任意の適切なデータあるいは欠陥の同定に基づいて、シグネチャを同定し、オペレータによって適切に構成された重み付けシステムを適用する。シグネチャ解析は、ウェハーまたは製造プロセスにおける問題エリアや他の特徴に対応し得るトレンドや異常を累積的に分類し得る。シグネチャ解析は、ノイズピーク、波形変動、モードシフト、および、ノイズなどの任意の所望のシグネチャのために行われ得る。本実施形態では、コンピュータ 108 は、所望のセクションそれぞれにおける所望のテストそれぞれに対し、出力テストデータに関するシグネチャ解析を適切に行う。

【 0 0 6 3 】

本実施形態において、シグネチャ解析プロセスは、スムージングプロセスとともに行われ得る。スムージングプロセスはテストデータを解析するので、データにおけるトレンド

10

20

30

40

50

または異常を示す解析の結果は、オペレータおよび/またはテストエンジニアに有意であり得るデータにおける変化あるいは外れ値を表示するように格納される。例えば、スムージングプロセスにおけるデータセットの比較によって、トレンドが表示される場合、トレンドの出現は、記録され、格納され得る。同様に、データポイントがデータスムージングプロセスの閾値 T_1 を超える場合、その出現が、後の解析および/または出力レポートの算入のために記録され格納され得る。代替的に、スムージングプロセスは、省略され得る。

【0064】

例えば、図6A～Bを参照すると、シグネチャ解析プロセス600は、最初に、特定のセクションおよびテストに対応するテストデータおよび管理境界の特定のセットに対して、カウントを計算し得る(ステップ602)。次いで、シグネチャ解析プロセスは、適切なシグネチャ解析アルゴリズムをデータポイントに適用する(ステップ604)。シグネチャ解析が、所望のシグネチャアルゴリズムのそれぞれについて行われ、次いで、解析されるべき各テストおよび各セクションに行われる。シグネチャ解析によって同定されたエラー、トレンド結果、および、シグネチャ結果も格納される(ステップ606)。このプロセスは、各シグネチャアルゴリズム(ステップ608)、テスト(ステップ610)、および、セクション(ステップ612)について繰り返される。完了すると、補足データ解析エレメント206が、エラー(ステップ614)、トレンド結果(ステップ616)、シグネチャ結果(ステップ618)、および、任意の他の所望のデータを、ストレージシステムに記録する。

【0065】

補足解析によって同定された外れ値および他の重要なデータのような各関連データポイントを同定するとすぐに、各関連データポイントは、関連特性を同定する値と結び付けられ得る(ステップ444)。例えば、各関連コンポーネントまたはデータポイントは、十六進数で適切に表され、そのデータポイントに関する補足解析の結果に対応する一連の値と結び付けられ得る。各値は、特定の特性のフラグまたは他のデジネータ(designator)として動作し得る。例えば、特定のデータポイントが、特定のテストに完全に失敗した場合、対応する十六進数の値に第一のフラグが設定され得る。特定のデータポイントが、データにおけるトレンドの始まりであれば、他のフラグが設定され得る。十六進数の他の値は、データにおけるトレンドの継続期間のようなトレンドに関する情報を含み得る。

【0066】

また、補足データ解析エレメント206は、データを分類し、関連付けするようにも構成され得る(ステップ446)。例えば、補足データ解析エレメント206は、欠陥、外れ値、トレンド、および、データの他のフィーチャを同定するために、データポイントと結び付いた十六進数の情報を利用し得る。補足データ解析エレメント206は、従来のデータに対する相関技術を適切に適用して、例えば、潜在的に冗長なテストあるいは関連するテストを同定する。

【0067】

コンピュータ108は、生成した統計値、および、自動的に同定かつ分類する外れ値のような出力テストデータに対し、追加解析機能を実行し得る(ステップ432)。選択されたアルゴリズムに従って、各関連データを解析すると、外れ値が適切に同定される。特定のアルゴリズムが、データセットに対し、不適切であるなら、補足データ解析エレメント206は、自動的に解析を中止し、異なるアルゴリズムを選択するように、構成され得る。

【0068】

補足データ解析エレメント206は、選択値との比較によって、および/または、データスムージングまたはフィルタリングプロセスのデータ処理に従ってなど、外れ値を指定する任意の適切な方法で動作され得る。例えば、本発明の様々な局面に従う外れ値同定エレメントは、各関連データに対し選択された統計的關係に基づく外れ値に対する自身の感

10

20

30

40

50

度を、最初に自動的にキャリブレーションする（ステップ434）。これら統計的関係の幾つかは、相対的な外れ値の閾値限界を定義するために、次いで、閾値、あるいは、他の基準ポイントであるデータモード、平均値または中央値、もしくは、これらの組み合わせと比較される。本実施形態において、異なる外れ値の振幅を定義するために、統計的関係は、データの標準偏差の1倍、2倍、3倍および6倍によって、スケールされる（ステップ436）。出力テストデータは、次いで、出力テストデータを外れ値として同定し、分類するために、外れ値の閾値限界と比較され得る（ステップ438）。

【0069】

補足データ解析エレメント206は、メモリおよび識別子（例えば、任意のそのような統計および外れ値と結び付けられるx yウェハーマップ座標）に、結果として得られた統計値および外れ値を格納する（ステップ440）。選択された統計値、外れ値、および/または、欠陥は、また、通知イベント（例えば、オペレータへの電子メッセージ送信、ライトタワーのトリガ、テスト102の停止、または、サーバへの通知）をトリガし得る。

10

【0070】

本実施形態において、補足データ解析エレメント206は、スケールエレメント210および外れ値分類エレメント212を含む。スケールエレメント210は、出力テストデータに従って、選択された係数および他の値を、ダイナミックにスケールするように構成される。外れ値分類エレメント212は、選択されたアルゴリズムに従って、データの様々な外れ値を同定および/または分類するように構成される。

【0071】

20

より特定的には、本実施形態のスケールエレメントは、外れ値感度をダイナミックにスケールするため、および、ノイズフィルタリング感度に対する係数をスムージングするため、様々な統計学的関係を適切に使用する。スケール係数は、スケールエレメントによって適切に計算され、選択された外れ値感度の値およびスムージング係数を修正するために使用される。適切な統計学的関係のような任意の適切な基準が、スケールに使用されてもよい。代替的に、スケールがプロセスから省略されてもよい。

【0072】

外れ値分類エレメント212は、コンポーネント106における外れ値、出力テストデータ、および/または、任意の適切なアルゴリズムによる解析結果を同定および/または分類するために、適切に構成される。追加として、外れ値分類エレメント212は、候補となる外れ値同定アルゴリズムを多数利用し、出力テストデータの中から、外れ値を同定するのに適した1つ以上のアルゴリズムを同定するように構成され得る。あるテストに対し適応する外れ値同定アルゴリズムが、他のテストには適応しないこともあるように、テストが異なれば、生成する集団分布も異なる。外れ値分類エレメント212は、異なるデータ集団間の違いを認識し、現データのデータ集団タイプに基づき、1つ以上の外れ値同定アルゴリズムを自動的に選択するように、適切に構成される。自動選択は、候補となる外れ値同定アルゴリズムの任意の適切なセットから選択し得るし、また、任意の適切な基準および解析に従って選択を実行し得る。

30

【0073】

例えば、図30を参照すると、外れ値分類エレメント212は、外れ値同定アルゴリズム選択プロセスを自動的に実行するように構成され得る。外れ値分類エレメント212は、プリプロセッシングエンジン3010および分類エンジン3012を適切に備える。プリプロセッシングエンジン3010は、関連外れ値同定アルゴリズムの選択を容易にするため、適切にデータを生成する。分類エンジン3012は、1つ以上の関連外れ値同定アルゴリズムを適切に選択し、それに従って、外れ値を同定する。

40

【0074】

例えば、ある特定のテストから得られたデータのような出力テストデータは、様々な候補となる外れ値同定アルゴリズムとの互換性ある出力テストデータを解析するために、最初は、外れ値分類エレメント212に提供される。データは、出力テストデータの中の外れ値を同定するために、適切なアルゴリズムを同定するために、適切な方法で解析され得

50

る。例えば、本実施形態においては、プリプロセッシングエンジン3010は、出力テストデータを受け取り、メモリに格納された外れ値同定アルゴリズムライブラリから利用可能な外れ値同定アルゴリズムを取り出すなどして、利用可能な外れ値同定アルゴリズムを準備する。プリプロセッシングエンジン3010は、利用可能なアルゴリズムの幾つかを用いて、外れ値のために、出力テストデータを解析する。本実施形態において、プリプロセッシングエンジン3010は、プリプロセッシングデータ（例えば、全てのアルゴリズムによって同定された外れ値、ならびに、最小値、最大値、平均値、中央値、標準偏差、CPK、CPMなどの様々な記述的統計値）を生成するために、ユーザまたは他の適切なアルゴリズム選択によって指定されたアルゴリズムのそれぞれを使用して、出力テストデータを解析する。

10

【0075】

アルゴリズムは、工業標準（例えば、IQR、中央値 $\pm N \times$ など）および/または独自開発、カスタム、あるいは、ユーザ定義の外れ値同定技術に基づき得る。外れ値同定アルゴリズムライブラリは、ユーザによって、例えば、テスト中の特定の製品、あるいは、実行されるべきテスト特性に従い、例えば、外れ値同定アルゴリズムの追加、除去または編集ができるように、適切に構成され得る。異なるアルゴリズムは、正規、対数正規、双峰、クランプまたは低CPKのデータ集団など異なる統計的集団タイプに適合し得る。候補となる外れ値同定アルゴリズムは、データの様々なタイプと分布に対し、任意の適切なアルゴリズムを備え得る。それらは、四分位範囲（IQR）正規分布、3；IQR正規分布、6；IQR対数正規、3；IQR対数正規、6；双峰アルゴリズム；クラン

20

【0076】

プリプロセッシングアルゴリズムの結果は、外れ値検出のために、ダイナミックに選択される。本実施形態において、外れ値分類エレメント212は、最も有用性または適用性の高い外れ値同定アルゴリズムを同定するために、テスト結果を解析する。選択された外れ値同定アルゴリズムからのデータは、残っているデータが処分されるまで、保持され得る。例えば、本実施形態において、分類エンジン3012は、利用可能な外れ値同定アルゴリズムのそれぞれによって生成したプリプロセッシング解析の結果を受け取る。分類エンジン3012は、所定のルールおよび/またはユーザ定義レシビ駆動のルールのような任意の適切な基準に従って、プリプロセッシングデータを解析する。これは、プリプロセッシングデータが様々な基準を満足することかどうかを判断するためである。

30

【0077】

ルールは、任意の適切なルールであり得る。例えば、最小値、最大値、平均値、中央値、標準偏差、CPKおよびCPMのような統計値を様々な閾値または他の基準と比較するなど、統計比または統計値を用いるものである。例えば、分類エンジン3012は、テスト結果があまりにも少ない場合、テスト結果の間が非常に狭い分布か双峰分布の場合など状況によっては、外れ値検出プロセスをスキップし得る。ルールは、ユーザによって、製品およびテスト環境の特定の条件に順応するために、事前選択され得るし、および/または、調整または付加され得る。さらに、分類エンジン3012は、あるタイプのテストに、特定のアルゴリズムを適用するように構成され得る。例えば、テストの結果がある特定の結果を有すると知られているときなどである。他のルールは、特定のテストが適用可能かどうかを判断し得る。例えば、分類エンジン3012は、CPKを閾値と比較し得る。CPKが閾値未満である場合、IQR正規の外れ値同定アルゴリズムが使用され得る。本システムにおいて、ルールを満足するアルゴリズムからの結果は、外れ値同定のために、使用される。そのテストの他のアルゴリズム結果は、適切に無視される。

40

【0078】

50

外れ値分類エレメント 2 1 2 は、また、テスト出力テスト結果、および、補足データ解析エレメント 2 0 6 によって生成した情報に従って、選択された外れ値とコンポーネント 1 0 6 を同定し、解析し得る。例えば、外れ値分類エレメント 2 1 2 は、コンポーネント 1 0 6 をクリティカル部 / マージナル部 / 良好部のカテゴリに分類するために、適切に構成される。この構成は、例えば、ユーザ定義基準、ユーザ定義の良 / 不良の空間パターン認識、テストデータ圧縮に関連するデータの分類、テスト設定のインサイチュ感度認定および解析、テスターイールド (t e s t e r y i e l d) 平準化解析、ダイナミックなウェハーマップおよび / またはパーツ配置用テストストリップマッピング、ならびに、ダイナミックな再テスト、あるいは、テストプログラム最適化解析と一緒になされる。外れ値分類エレメント 2 1 2 は、データを特徴付けるために、ウェスタンエレクトリック (W e s t e r n E l e c t r i c) ルールまたはネルソン (N e l s o n) ルールのような従来の S P C 管理ルールにしたがって、データを分類し得る。

10

【 0 0 7 9 】

外れ値分類エレメント 2 1 2 は、分類限界計算方法の選択されたセットを使用して、適切にデータを分類する。任意の適切な分類方法が、オペレータのニーズに従って、データを特徴付けるために使用され得る。本外れ値分類エレメント 2 1 2 は、例えば、出力テストデータを選択された閾値と比較して、外れ値を分類する。その選択された閾値は、例えば、データ平均値、モードおよび / または中央値のような閾値から統計学的にスケールされた標準偏差の 1 倍、2 倍、3 倍および 6 倍に対応する値のような閾値である。このような方法による外れ値の同定は、データ振幅または相対的ノイズとは無関係に、任意のテストにおいて同定された外れ値のいずれをも規格化する傾向がある。

20

【 0 0 8 0 】

外れ値分類エレメント 2 1 2 は、規格化された外れ値および / またはユーザ定義のルールに基づく生データポイントを解析し、相関付けする。そのルールは、パーツおよび / またはパターン分類に関する任意の適切な技術を含み得る。補足データ解析エレメント 2 0 6 は、補足データ解析エレメント 2 0 6 によって生成された出力テストデータおよび情報の追加解析を実行するように構成され得る。例えば、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、欠陥または外れ値の頻度が高いテストを同定し得る。それは、外れ値、欠陥、あるいは、特定の分類における欠陥の総数または平均数を 1 つ以上の閾値の値と比較するなどによってである。

30

【 0 0 8 1 】

また、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、トレンドの類比を同定するため、異なるテストからのデータを相関付けるようにも構成され得る。その類比同定は、例えば、累積的カウンターの比較、外れ値、および / または、ウェハーまたは他のデータセット間での外れ値を相関付けによって行われる。また、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、ウェハー上の潜在的なクリティカル部および / またはマージナル部および / または良好部を同定および / または分類するために、異なるテストからのデータを解析および関連付けし得る。また、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、ダイナミックなテスト時間短縮を目的として、一連のウェハー上におけるユーザ定義の良好パターンおよび / または不良パターンを同定するために、異なるテストからのデータを解析および関連付けし得る。

40

【 0 0 8 2 】

また、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、テストデータのメモリ内へのダイナミックな圧縮を目的として、ユーザ定義の関連生データを同定するために、異なるテストからのデータを解析および相関付けするために、適切に構成される。また、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、テストノードのインサイチュ設定の認定および感度解析のために、統計学的異常およびテストデータ結果を解析および相関付けし得る。さらに、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、テストノードイールド平準化 (t e s t n o d e y i e l d l e v e l i n g) 解析に寄与し得る。それは、例えば、特定のテストノードが、不適切なキャリブレーションをされていないか、さもなければ、不適切な結果を生成していないかを同定することによって行われる。さらに、補足データ解析エレメント 2 0 6 は、テスト

50

プログラムの最適化の目的で、解析および相関付けし得る。この最適化には、相互関連する結果と外れ値解析を使用して、解析に使用する追加データを提供する冗長性テストの自動同定を含むが、これに限定されない。また、補足データ解析エレメント206は、例えば、規則正しく不具合の生じるテスト、ほとんど不具合の生じるテスト、ほとんど不具合の生じないテスト、および/または、非常に低Cpkを示すテストなどを同定することで、クリティカルなテストを同定するために、適切に構成される。

【0083】

また、補足データ解析は、まれにしか不具合の生じないテスト、または、全く不具合の生じないテスト、あるいは、外れ値の全く検出されないようなテストにおいて、テストサンプリング候補の同定をも提供し得る。また、補足データ解析エレメント206は、同定された外れ値および/または他の統計的異常の解析および相関付け、欠陥の数、クリティカルなテスト、最長/最短のテスト、あるいは、テストの欠陥と関連する基本的な機能課題と組み合わせ、従来式の関連付け技術のような関連付け技術に基づき、最適次元のテストシーケンスの同定も提供し得る。

【0084】

また、補足データ解析は、レシピ構成ファイルの感度パラメータによって定義されるように、クリティカル部、マージナル部、および、良好部の同定も提供し得る。パーツの同定は、信頼性リスクを示し得るパーツのパッケージング前および/または出荷前の処理/分類、および/または、ウェハープローブ中の不良パーツと良好パーツのダイナミックなプローブマッピングによるテスト時間短縮を提供し得る。これらパーツの同定は、任意の適切な方法で、例えば、良好パーツおよび不良パーツとして、ダイナミックに生成するプローバ制御のマップに(ダイナミックマッピング用)、オフラインの印刷機器で使用されるウェハーマップに、最終テストにおけるストリップテスト用のテストストリップマップに、結果ファイルに、および/または、データベースの結果表に、表示および出力され得る。

【0085】

セル制御装置レベルで補足データ解析を行うと、プローブにおける品質管理が向上する傾向があり、それゆえ、最終テスト歩留まりも向上する傾向がある。追加的に、品質課題も、製品のランタイム後でなく、ランタイム中に同定され得る。さらに、補足データ解析およびシグネチャ解析は、外れ値を同定することで、下行程およびオフライン解析ツールに、ならびに、テストエンジニアまたは他のスタッフに、提供されるデータ品質も向上する傾向がある。例えば、コンピュータ108は、シグネチャ解析を受けるコンポーネントのグループを同定するウェハーマップに、生産プロセスにおける不良(fault)を示す。このように、シグネチャ解析システムは、従来のテスト解析を使用しても検出されない潜在的な欠陥品を同定し得る。

【0086】

ここで、図10を参照すると、半導体デバイスのアレイがウェハー上に位置されている。このウェハーにおいて、半導体デバイスにおける抵抗コンポーネントの一般的な抵抗率は、ウェハーのいたる所で異なる。その理由は、例えば、そのウェハーの材料や処理が不均等になされたためである。任意の特定のコンポーネントの抵抗は、しかしながら、テストの管理範囲内であり得る。例えば、特定の抵抗コンポーネントの狙い抵抗値は、 $1000 \pm 10\%$ であり得る。ウェハーの端近くで、ほとんどの抵抗の抵抗値は、通常分布範囲の900と1100の範囲に近づくが、その範囲を超えない(図11)。

【0087】

ウェハー上のコンポーネントは、例えば、製造プロセスにおける汚染物質または不完全性による欠陥を含み得る。欠陥によって、ウェハーの抵抗率の低い端に位置する抵抗の抵抗値は、1080に増加し得る。抵抗値は、ウェハー中央近くのデバイスで、1000を十分に超えることが予測されるが、まだ通常分布範囲の中に十分収まっている。

【0088】

図12A~Bを参照すると、各コンポーネントの生テストデータがプロットされ得る。

テストデータは、かなりのばらつきを示している。その原因の一部は、プローバがデバイスを横または縦に通過しながら指標付けするときに、ウェハー上のコンポーネント間で変化する抵抗率によるためである。欠陥によって影響を受けたデバイスは、テストデータの目視検査またはテスト限界との比較に基づいて、容易に同定されない。

【 0 0 8 9 】

テストデータが、本発明の様々な局面に従って、処理されたとき、欠陥の影響を受けたデバイスは、テストデータ中の外れ値として結び3付けられ得る。テストデータは、ある範囲の値に、大きく制限される、しかしながら、欠陥と結び付けられたデータは、周囲のコンポーネントのデータと似通っていない。したがって、そのデータは、欠陥のない周囲のデバイスと結び付けられた値からの乖離を示す。外れ値分類エレメント 2 1 2 は、周囲のデータから外れ値データの乖離の大きさに従って、外れ値を同定し、分類し得る。

10

【 0 0 9 0 】

出力エレメント 2 0 8 は、テストシステム 1 0 0 からのデータを、ランタイムに適切に収集し、出力レポートをプリンタ、データベース、オペレータのインターフェース、または、他の所望の目的地に提供する。グラフィカル形式、数字、テキスト、プリント形式または電子形式のような任意の形式が、利用のために、あるいは、後の解析のために、出力レポートを表示して使用され得る。出力エレメント 2 0 8 は、テスト 1 0 2 から選択された出力テストデータ、および、補足データ解析の結果を含む任意の選択された内容を提供し得る。

【 0 0 9 1 】

20

本実施形態において、出力エレメント 2 0 8 は、オペレータから指示された出力テストデータ、および、ダイナミックデータログを介して製品のランタイムに補足データからのデータ選択を適切に提供する。図 7 を参照すると、出力エレメント 2 0 8 は、最初に、データベース 1 1 4 からサンプリング範囲を読む (ステップ 7 0 2)。サンプリング範囲は、出力レポートに含まれるべき所定の情報を同定する。本実施形態において、サンプリング範囲は、検討のために、オペレータによって選択されたウェハー上のコンポーネント 1 0 6 を同定する。所定のコンポーネントは、任意の基準によって選択され得る。例えば、様々な外周ゾーン、放射状ゾーン、ランダムコンポーネント、または、個々のステップフィールドに対するデータである。サンプリング範囲は、ウェハー上の所定のコンポーネントの位置に対応する x y 座標のセット、または、バッチ内の利用可能なコンポーネントの同定された部分を含む。

30

【 0 0 9 2 】

また、出力エレメント 2 0 8 は、ダイナミックデータログの補足データ解析エレメントによって生成または同定された外れ値または他の情報に関する情報を含むようにも構成され得る (ステップ 7 0 4)。このように構成された場合、外れ値のそれぞれに対する x y 座標のような識別子も、また同様にアセンブリされる。オペレータが選択したコンポーネントに対する座標と、外れ値に対する座標は、ダイナミックデータログに、合体される (ステップ 7 0 6)。このデータログは、本実施形態において、ネイティブテストデータ出力フォーマットのフォーマット内にある。ダイナミックデータログに結果となるデータを合体させることで、後のカスタム解析のためのデータ保全性を損なうことなく、データストレージに要求される量を減らして、元データの要約統計値への圧縮、および、クリティカルな生データのより小さなネイティブテストデータファイルへの圧縮が容易になる。出力エレメント 2 0 8 は、生テストデータおよび補足データ解析エレメント 2 0 6 からの 1 つ以上のデータのような選択された情報を、ダイナミックデータログの合体した x y 座標アレイの各エントリに、取り出す (ステップ 7 0 8)。

40

【 0 0 9 3 】

取り出された情報は、次いで、適切な出力レポートの中に、適切に格納される (ステップ 7 1 0)。レポートは、任意の適切なフォーマットまたは方法で準備されてもよい。本実施形態において、出力レポートは、ウェハー上の選択されたコンポーネントおよびその分類を示すウェハーマップを有するダイナミックデータログを含む。さらに、出力エレ

50

ント208は、事前に選択されたコンポーネントのウェハーマップ上の外れ値に対応するウェハーマップデータを重ね合わせ得る。追加的に、出力エレメントは、サンプルされた出力として、ウェハーマップまたはバッチからの外れ値のみを含み得る。また、出力レポートは、データにおける外れ値の出現および相関を強調するために、データの一連のグラフィカル表現も含み得る。出力レポートは、さらに、アドバイスおよびアドバイスの支援データを含み得る。例えば、2つのテストで、欠陥および/または外れ値が同じセットで生成するように見える場合、出力レポートには、テストは冗長的であって、2つのテストの一方はテストプログラムから省かれるべきとアドバイスする提案を含み得る。アドバイスは、2つのテストが同一の結果であることを示すデータのグラフィカルな表現を含み得る。

10

【0094】

出力レポートは、任意の適切な方法（例えば、ローカルワークステーションへの出力、サーバへの送信、アラーム起動、あるいは、任意の他の適合性ある方法）で提供され得る（ステップ712）。一実施形態において、出力レポートは、出力がシステムの動作やメインサーバへの転送に影響を与えないように、オフラインで供給され得る。この構成において、コンピュータ108は、例えば、証明や検証の目的のために、データファイルをコピーし、解析を実行し、結果を生成する。

【0095】

また、各ウェハータのデータの補足解析に加え、本発明の様々な局面に従うと、テストシステム100は、データの複合解析を実行し、追加データを生成し得る。これは、多数のウェハータおよび/またはロットを用いるような多数のデータセットにわたるパターンおよびトレンドを同定するためである。複合解析は、多数のデータセット間のパターンや不規則性のような選択された特性を同定するために、適切に実行される。例えば、多数のデータセットは、2つ以上のデータセットにわたってのパターン、トレンドまたは不規則性に表われ得る共通特性のために、解析され得る。

20

【0096】

複合解析は、データセット間の共通特性に対するテストデータ解析に適合する任意の解析を含み、任意の適切な方法でインプリメントされ得る。例えば、本テストシステム100において、複合解析エレメント214は、多数のウェハータおよび/またはロットから得られたデータの複合解析を実行する。各ウェハータ、ロット、あるいは、他のグループ分けに対するテストデータがデータセットを形成する。複合解析エレメント214は、コンピュータ108上で動作するソフトウェアモジュールとして、適切にインプリメントされる。しかしながら、複合解析エレメント214は任意の適合性ある構成（例えば、ハードウェアソリューション、または、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせソリューション）において、インプリメントされ得る。さらに、複合解析エレメント214は、テストシステムコンピュータ108、または独立したワークステーションまたは第三者の別個のコンピュータシステムのようなリモートコンピュータで、実行され得る。1つ以上の完全なデータセットが生成したのに引き続き、あるいは、複合解析の充分前に生成されたデータ（履歴データを含む）の収集に基づいて、複合解析は、ランタイムに実行され得る。

30

【0097】

複合解析は、2つ以上のデータセットから任意のデータを使用し得る。複合解析は、分類エンジンを介して多数の構成を実行するなどして、各データセットに対し、入力データ（生データ、フィルタリングされたデータおよび/またはスムージングされたデータを含む）の幾つかのセットを受け取り得る。一度受け取れば、数学的表現、式、他の任意の基準で定義され得るユーザ定義の一連のルールを用いて、入力データは適切にフィルタリングされる。次いで、データは、データ内のパターンまたは不規則性を同定するために、解析される。複合データは、拡張された全体のデータセットを生成するために、生データや解析済みデータのような他のデータと合体し得る。次いで、複合解析エレメント214は、テストプロセスを改善するために使われ得るのに適切な出力レポートを提供し得る。例えば、出力レポートは、生産および/またはテストプロセスでの課題に関する情報を提供

40

50

し得る。

【0098】

本システムにおいて、複合解析エレメント214は、有意なパターンやトレンドを示す複合マップを構築し、確立するために、ユーザ表現または他の任意の適切なプロセス、および、空間解析と一緒に、ウェハーデータのセットを解析する。複合解析は、多数のユーザ構成をウェハーのセットに実行することで、ウェハーの任意の1セットに対し、幾つかの異なるデータセットおよび/または複合マップを受け取ることができる。

【0099】

図13を参照すると、半導体をテストする環境で動作する本実施形態において、複合解析エレメント214は、多数のウェハーまたはロットからのデータのような多数のデータセットからデータを受け取る(1310)。そのデータは、解析用の任意の適切なデータ(例えば、生データ、フィルタリングされたデータ、スムージングされたデータ、以前のテストランからの履歴データ、または、ランタイムにテストから受け取ったデータ)を含み得る。本実施形態において、複合解析エレメント214は、ランタイムに生データとフィルタリングされたデータを受け取る。フィルタリングされたデータは、解析用の任意の適切なデータ(例えば、スムージングされたデータおよび/またはシグネチャ解析データ)を含み得る。本実施形態において、複合解析エレメント214は、生データセットおよび補足データ解析エレメント206によって生成された補足データ(例えば、フィルタリングされたデータ、スムージングされたデータ、欠陥の同定、外れ値の同定、シグネチャ解析データ、および/または、他のデータ)を受け取る。

【0100】

生データおよび補足データを受け取った後、複合解析エレメント214は、解析のための複合データを生成する(1312)。複合データは、1つを超えるデータセットからの情報を代表するデータを備える。例えば、複合データは、異なるデータセット内のテストデータ(例えば、異なるウェハーまたは異なるロットにおける同一または類似位置でのコンポーネントに対するデータ)に対応して発生する特定のテストにおける欠陥および/または外れ値の数に関する情報を備え得る。しかしながら、複合データは、任意の適切なデータ(例えば、外れ値または欠陥の集中するエリアに関するデータ、有意な数の外れ値または欠陥を生成するウェハー位置に関するデータ、または、2つ以上のデータセットから導かれた他のデータ)を備え得る。

【0101】

複合データは、様々なデータセットの中からパターンおよび不規則性を同定するために、その様々なセットからのデータを比較することによって、適切に生成される。例えば、複合データは、任意の適切なアルゴリズムまたはプロセスに従い、複合データを提供し、解析するように構成された解析エンジンによって、生成され得る。本実施形態において、複合解析エレメント214は、データセットに基づく1つ以上の複合マスクを生成するように構成された近似エンジンを含む。複合解析エレメント214は、例えば、複合マスクデータにある情報を絞り込むために、あるいは、強調するために、複合マスクデータも処理し得る。

【0102】

本実施形態において、近似エンジンは、ファイル、メモリ構造、データベースまたは他のデータストアから多数のデータセットを受け取り、これらデータセットに空間解析を実行し(1320)、そして、複合マスクの形式で結果を出力する。近似エンジンは、任意の適切な方法を用いる任意の適切なプロセスまたは技術に従い、データセット全体に対する複合イメージのような複合マスクデータを生成し得る。特に、近似エンジンは、複合データを元データと適切に合体(merge)して(1322)、ユーザまたは他のシステムが使用する出力レポートを生成する(1324)。また、近似エンジンは、データセットで再発する特性に対するデータを分析して、あるいは、選択された基準に合わないデータを除去して、空間解析のような解析用の複合マスクデータを絞り込むため、あるいは、拡張するためにも構成され得る。

【0103】

本実施形態において、近似エンジンは、複合マスク生成を実行する(1312)。また、除去エリアを決定し(1314)、近似重み付け(1316)を実行し、そして、クラスタを検出し、フィルタリングする(1318)ように構成され得る。また、近似エンジンは、ユーザ定義のルール、基準、閾値および優先度を用いて、近似調整または他の動作も提供し得る。解析の結果は、入力されたデータセットの複合マスクであり、このマスクは、与えられたデータセットを通して見出された空間トレンドおよび/またはパターンを示す。近似エンジンは、任意の適切な出力方法または出力媒体(メモリ構造、データベース、他のアプリケーション、および、複合マスクを出力するテキストファイルまたはXMLファイルのようなファイルベースのデータストアを含む)を利用できる。

10

【0104】

近似エンジンは、複合マスクデータを生成するために、任意の適切な技術(累積二乗方法(cumulative squared method)、N点方式、ウェスタンエレクトリックルール、あるいは、ユーザ定義の基準またはルールを含む)を使用し得る。本実施形態において、複合マスクデータは、多数のデータセットを全体包括ビューまたは「スタック化」ビューと、考えられ得る。本近似エンジンは、対応するデータの特定のセットに対するデータにある潜在的な関係あるいは共通特性を同定するために、多数のデータセットから対応するデータを収集し、解析する。解析されたデータは、任意の適切なデータ(生データ、フィルタリングされたデータ、スムージングされたデータ、シグネチャ解析データ、および/または、任意の他の適切なデータ)であり得る。

20

【0105】

本実施形態において、近似エンジンは、多数のウェハー上の位置に対応するデータを解析する。図14を参照すると、各ウェハーは、xy座標システムのような適切な識別システムを用いて、指定され得る対応する位置にデバイスを有する。このように、近似エンジンは、データの複合セットにおけるパターンを同定するために、対応する位置またはデータポイント(図14で示す位置10、12のようなポイント)にあるデバイスに対するデータを比較する。

【0106】

本実施形態の近似エンジンは、複合マスクデータを生成する2つの異なる技術(累積二乗法および式基準法(formula-based method))の少なくとも1つを用いる。近似エンジンは、データを選択閾値または計算閾値と比較して、興味深いデータを同定する。一実施形態において、近似エンジンは、データがデータセットにわたって潜在的なパターンを示すかどうかを判断するために、様々なウェハーおよび/またはロットの対応する位置にあるデータポイントを閾値と比較する。近似エンジンは、各データを1つ以上の閾値と比較する。その閾値のそれぞれは、所定の値、現在のデータに基づく計算値、または、履歴データからの計算値のように任意の適切な方法で選択され得る。

30

【0107】

例えば、本近似エンジンの第一の実施形態は、データを閾値と比較する累積二乗法をインプリメントする。特に、図15を参照すると、近似エンジンは、第一のデータセット(特定のロットの特定のウェハーにある特定のデバイスに対する特定のテストの結果のようなデータセット)(1510)にある第一のデータポイントを適切に選択し(1512)、データポイントの値をカウント閾値と比較する(1514)。閾値は、任意の適切な値および閾値の任意のタイプ(例えば、範囲、上限、下限など)を備え得て、任意の適切な基準に従って選択され得る。データポイントの値が、閾値を超えたら(すなわち、その値が閾値より低い、閾値より高い、閾値限界内、または、いかなる特定の認定関係であってもよい)、絶対値カウンタが増加され(1516)、そのデータポイントに対応する集計値(summary value)が生成される。

40

【0108】

また、そのデータポイントの値は、累積値の閾値とも比較される(1518)。データポイントの値が、累積値の閾値を超えると、そのデータポイントは、そのデータポイント

50

に対する累積値が加算され(1520)、そのデータポイントに対する別の集計値を生成する。近似エンジンは、関連データセットそれぞれ(ロットまたは他の選択されたウェハーのグループにおけるウェハーそれぞれのよう)(1524)における対応するデータポイントそれぞれ(1522)に対するプロセスを繰り返す。任意の他の所望のテストまたは比較は、データポイントに対しても、データセットに対しても、実行され得る。

【0109】

母集団における関連データポイントの全てが処理されたとき、近似エンジンは、選択されたデータ(例えば、閾値を超えるデータ)に基づいた値を計算し得る。例えば、近似エンジンは、関連データポイントに対する累積値に基づく対応データの各セットに対する累積閾値全体を計算し得る(1526)。全体の累積閾値は、所望または関連の特徴を同定する任意の適切な方法(例えば、閾値と関係を生み出す対応するデータポイントのセットを同定する方法)で計算され得る。例えば、全体の累積閾値(Limit)は、以下の等式:

【0110】

【数1】

$$\text{Limit} = \text{Average} + \frac{(\text{ScaleFactor} * \text{Standard Deviation}^2)}{(\text{Max} - \text{Min})}$$

に従って、定義され得る。ここで、Averageは、データの複合母集団のデータの平均値で、Scale Factorは、累積二乗法の感度を調整するために選択される値または変数で、Standard Deviationは、データの複合母集団におけるデータポイント値の標準偏差で、(Max - Min)は、データの完全な母集団におけるデータポイントの最大値と最小値との差である。一般に、全体の累積閾値は、特定のデータセットにおける所定のデータポイントを同定するための比較値を確立するために、定義される。

【0111】

全体の累積閾値の計算後に、近似エンジンは、複合データの中に各データポイントを含めるかどうかの指定を、例えば、カウント値および累積値を閾値と比較しながら、判断する。本実施形態の近似エンジンは、適切に第一のデータポイントを選択し(1528)、データポイントに対する全累積値を二乗し(1530)、そして、データポイントに対して二乗された累積値を、ダイナミックに生成された全体の累積閾値とを比較する(1532)。二乗累積値が、全体の累積閾値を超える場合、データポイントは、複合データの中に含まれる(1534)。

【0112】

各データポイントに対する絶対カウンタの値も、また、全体のカウンタ閾値(例えば、事前に選択された閾値、または、例えば、母集団内のウェハー枚数または他のデータセット数の比率に基づき計算された閾値)と比較され得る(1536)。絶対カウンタの値が、全てのカウンタ閾値を超える場合、再び、そのデータポイントは複合データの中に含むように指定され得る(1538)。プロセスは、各データポイントで適切に実行される(1540)。

【0113】

近似エンジンは、また、他の追加技術または代替技術を使用して、複合マスクデータを生成し得る。本近似エンジンは、また、複合マスクデータを生成するために、式基準(formula-based)システムを利用し得る。本発明の様々な局面に従う式基準システムは、複合ウェハーマスクを定義するために、変数および式、または、表現を使用する。

【0114】

例えば、例示的な式基準システムにおいて、1つ以上の変数は、任意の適切な基準に従うユーザ定義であり得る。変数は、関連グループにおける各データポイントに対して、適

10

20

30

40

50

切に定義され得る。例えば、近似エンジンは、特定のデータポイントにおいて、各値を解析し得る。例えば、データポイントにおける値を計算するため、あるいは、計算が特定の結果を提供する回数を数えるためである。変数は、各定義された変数に対するデータセット中の各データポイントに対し、計算され得る。

【0115】

変数を計算した後に、データポイントは、例えば、データポイントがユーザ定義の基準に合うかどうかを判断するために、解析され得る。例えば、ユーザ定義の式は、計算された可変値を使用して、解かれ得る。式が、ある特定の値または値の範囲に等しい場合、データポイントは、複合マスクデータの中に含まれるように指定され得る。

【0116】

こうして、近似エンジンは、任意の適切なプロセスまたは技術に従って、複合マスクデータのセットを生成し得る。結果として得られる複合マスクデータは、各データポイントにおけるデータ母集団の結果に対応するデータのセットを含む。その結果、データポイントに対する特性は、多数のデータセットにわたって、同定され得る。例えば、本実施形態において、複合マスクデータは、多数のウェハー上の特性（例えば、大きくばらつくテスト結果、または、高い欠陥率）をシェアする特定のデバイス位置を示し得る。このような情報は、生産または設計プロセスにおける課題または特性を指示し得るので、こうして、生産およびテストを改善し、管理するために使われ得る。

【0117】

また、複合マスクデータは、追加情報を生成するためにも解析され得る。例えば、複合マスクデータは、データセットにおける空間的トレンドおよび/またはパターンを明確化するために、および/または、有意なパターンを同定またはフィルタリングする（例えば、比較的孤立したデータポイントからの混乱を減らすフィルタリング、特定の特徴を有するエリアの拡張または絞り込み、あるいは、既知の特性を有するデータのフィルタリング）ために、解析され得る。本実施形態の複合マスクデータは、複合マスクデータをスムージングし、複合マスクデータ内のパターンを完成するために、例えば、空間的解析を受け得る。選択された除外ゾーンは、複合マスクデータが除去、無視、拡張、低い有意度付与、さもなくば、他の複合マスクデータから区別するなどの特定の処理を受け得る。クラスタ検出プロセスも、また、比較的有意性または信頼性の少ないデータポイントクラスタの重要度を、除去または格下げし得る。

【0118】

本実施形態において、近似エンジンは、複合マスクデータ内の特定指定ゾーンを同定し、指定ゾーンからのデータポイントは、様々な解析で特定指定処理を受けるか、あるいは、無視されるかのようにするように構成され得る。例えば、図16において、近似エンジンは、ウェハーの選択された位置（例えば、個々のデバイス、デバイスグループ、ウェハー周囲近傍のデバイス帯域）において、除外ゾーンを確立し得る。除外ゾーンは、特定のデータポイントが、近似解析および/または重み付けで他のデータポイントへ影響することを排除するメカニズムを提供し得る。データポイントは、引き続くプロセスで範囲外となる値を割り当てると、任意の適切な方法で除外されるように指定される。

【0119】

関連ゾーンは、任意の適切な方法で、同定され得る。例えば、除外されたデータポイントの指定は、デバイスの識別または座標（例えば、 x y 座標）のファイルリストを利用して、周囲近傍の帯域の特定幅を選択して、あるいは、複合データ内の関連ゾーンを定義する適切な他のプロセスで行われ得る。本実施形態において、近似エンジンは、ウェハー上の除外されるデバイスの帯域を、近似エンジンに無視させるか、さもなくば、ユーザ定義のデータセットの端の範囲にあるデータポイントを特別扱いさせるようなシンプルな計算を用いて、定義し得る。例えば、この範囲内あるいはファイルのリスト内の全てのデバイスは、こうして、選択された除外基準に従う。除外基準に合えば、除外ゾーンにあるデータポイントあるいは除外基準に合うデバイスは、1つ以上の解析から除外される。

【0120】

10

20

30

40

50

本実施形態における近似エンジンは、複合マスクデータに基づき、追加解析を実行するように適切に構成される。追加解析は、所望のデータの増強、不要なデータ除去、または、複合マスクデータ内の中で選択された特性の同定など任意の適切な目的のために、構成され得る。例えば、近似エンジンは、複合マスクデータ内のパターンをスムージングし、完成するために、ポイント重み付けシステムに基づいてなど、近似重み付けプロセスを実行するように、適切に構成される。

【0121】

図17A～17Bおよび図18を参照すると、本近似エンジンは、データセット内のデータポイント全てにわたって、サーチする。近似エンジンは、第一のポイントを選択し(1710)、閾値または値の範囲などのような基準に対するデータポイントの値をチェックする(1712)。データポイントが、選択された閾値を超える場合、あるいは、選択された範囲内にあることが見出された場合、近似エンジンは、主データポイントの周囲のデータポイントにおける値をサーチする(1714)。主データポイントの周囲のデータポイントの数は、任意の選択された数であり得て、また、任意の適切な基準に従って、選択され得る。

10

【0122】

近似エンジンは、影響力ある値を超えるデータポイント、あるいは、そのデータポイントが重み付けされるべきデータポイントであることを示す他の任意の基準を満足するデータポイントを求めて、周囲のデータポイントをサーチする(1716)。データポイントが、影響力ある値を超える場合、近似エンジンは、周囲のデータポイントの値に従って、主データポイントに重みを適切に割り当てる。さらに、近似エンジンは、周囲のデータポイントの相対的な位置に従って、重みを調整し得る。例えば、周囲のデータポイントに付与された重み量は、周囲のデータポイントが主データポイントに対し、隣接(1718)か対角線上(1720)かに従って、決定され得る。総重みは、データポイントがウェハーの端にある場合も、また、調整され得る(1722)。主データポイントの周囲のデータポイントがチェックされたとき(1724)、主データポイントは、例えば、周囲のデータポイントからの重み要因を付加することによって、全体の重みを割り当てられる。主データポイントに対する重みは、次いで、ユーザ定義の閾値などのような閾値と比較され得る(1726)。重みが、閾値に合う場合、あるいは、閾値を超える場合、データポイントは、そのように指定される(1728)。

20

30

【0123】

複合マスクデータは、また、データをフィルタリングするために、さらに解析され得る。例えば、本実施形態において、近似エンジンは、例えば、ユーザ特定の閾値のような閾値より小さなデータポイントのグループを同定し、それを適切に除去するように構成され得る。図19および図20を参照すると、本実施形態の近似エンジンは、グループを定義し、それらのサイズを測り、より小さなグループを除去するように構成し得る。グループを定義するために、近似エンジンは、基準を満足するデータポイントを求めて、複合マスクデータ内で各データポイントを介して、サーチする。例えば、複合マスクデータ内のデータポイントは、値の範囲に区分され得て、索引値を割り当てられ得る。近似エンジンは、ある特定の索引に合致するデータポイントを求めて、複合マスクデータをサーチすることから開始する(1910)。指定された索引に合うデータポイントに遭遇すると(1912)、近似エンジンは、見出されたポイントの主データポイントとして指定し、同じ索引に入る他のデータポイントを、あるいは代替的に、実質的に同じ値を有し、同様に閾値を超えるデータポイントを、もしくは、他の所望の基準に合うデータポイントを求めて、主データポイントからの全方向にサーチする再帰プログラムを開始する(1914)。

40

【0124】

本実施形態の再帰関数の例として、近似エンジンは、特定の値(例えば、5)を有するデータポイントを求めて、サーチし始める。5の値を有するデータポイントが見出された場合、再帰プログラムは、主デバイス周りの全データポイントを、5の値を有する他のデータポイントを見出すまでサーチする。他の資格あるデータポイントが見出された場合、

50

再帰プログラムは、遭遇したデータポイントを、主データポイントとして選択し、そのプロセスを繰り返す。こうして、再帰プロセスは、合致する値を有し、互いに隣接または対角線上にあり、それゆえ、グループを形成する全てのデータポイントを解析し、マークする。再帰プログラムが、グループ内の全てのデバイスが特定の値を有することを見出したら、そのグループには独自のグループ索引を割り当てられ、近似エンジンは、再び、複合マスクデータの全体を通してサーチする。データ値の全てがサーチされたとき、複合マスクデータは、同じグループ索引を有する隣接するデータポイントのグループに、完全に区分される。

【 0 1 2 5 】

近似エンジンは、各グループのサイズを決定し得る。例えば、近似エンジンは、グループ内のデータポイントの数をカウントし得る（ 1 9 1 6 ）。次いで、近似エンジンは、各グループのデータポイントの数を閾値と比較し、その閾値に合わないグループを除去する（ 1 9 1 8 ）。グループは、関連グループに対する索引値をデフォルト値に再設定するなど、任意の適切な方法で、グルーピング解析から排除され得る（ 1 9 2 0 ）。例えば、データポイントの閾値の数が、5である場合、近似エンジンは、データポイントが5未満である各グループに対するグループ索引値を変更し、デフォルト値にする。その結果、異なるグループ索引で分類されたまま残るグループは、データポイントを5以上有するグループのみである。

10

【 0 1 2 6 】

近似エンジンは、複合マスクデータを生成し、絞り込みするために、任意の適切な追加動作を実行し得る。例えば、複合マスクデータ（元々の複合マスクデータの追加フィルタリング、プロセッシング、および、解析の結果を含む）は、多数のデータセットおよびデータの元ソースに関連する情報（例えば、ウェハー上のデバイスまたは製造プロセス）を提供するために使用され得る。データは、ユーザに提供され得るし、さもなくば、任意の適切な方法で使用され得る。例えば、データは、さらなる解析のために、あるいは他のデータと組み合わせるために、（例えば、生データにおけるトレンドおよびパターンを示すデータセットを生成するために、ユーザ定義のルールを、複合マスクデータ、生データおよび任意の他の適切なデータの合体動作と組み合わせ、実行するなど）、他のシステムに提供され得る。さらに、データは、プリンタまたはビジュアルインターフェースのような適切な出力システムを介して、ユーザに提供され得る。

20

【 0 1 2 7 】

本実施形態において、例えば、複合マスクデータは、他のデータと組み合わせられ、検出のために、ユーザに提供される。複合マスクデータは、任意の適切な方法で、任意の他の適切なデータと組み合わせられ得る。例えば、複合マスクデータは、シグネチャデータ、生データ、ハードウェアピンデータ、ソフトウェアピンデータ、および/または、他のデータと合体され得る。データセットの合体は、様々なユーザ定義のルール（表現、閾値、優先を含む）を用いてなど、任意の適切な方法で実行され得る。

30

【 0 1 2 8 】

本システムにおいて、複合解析エレメント 2 1 4 は、適切なプロセスを用いて、複合マスクデータを複合データの元マップ（例えば、複合生データ、複合シグネチャデータ、または、複合ピンデータのマップ）と合体させる適切なプロセスを用いて、合体プロセスを実行する。例えば、図 2 1 を参照すると、複合解析エレメント 2 1 4 は、複合マスクデータを元データマップと完全に合体させる絶対合体システムを用いて、複合マスクデータを元の個体ウェハーのデータと合体させ得る。その結果、複合マスクデータは、既存パターンの重複または包囲とは無関係に、元データマップと合体する。多数の複合マスクの中で、1つの複合マスクのみがパターンを示す場合、そのパターンは、その複合マスク全体に含まれる。

40

【 0 1 2 9 】

代替的に、複合解析エレメント 2 1 4 は、追加解析と一緒にデータを合体させ得る。複合解析エレメント 2 1 4 は、無関係または無意味であり得るデータをフィルタリングし得

50

る。例えば、図 2 2 を参照すると、複合解析エレメント 2 1 4 は、元のデータマップまたは他の複合マスクにあるデータと重複する複合マスクデータにあるデータのみを合体させ得る。これは、潜在的に関連する情報を強調する傾向がある。

【 0 1 3 0 】

複合解析エレメント 2 1 4 は、特定の閾値数、パーセンテージ、あるいは、データポイントの他の値がマップ間で重複するかどうかを判断するために、複合マスクデータと元データとを代替的に評価し得る。構成にもよるが、合体したデータは、重複データポイントに対して要求される閾値に合う複合マスクデータと元データとの間で十分に重複した領域（この場合は、デバイスに相当するデータポイント）のみを含み得る。図 2 3 を参照すると、複合解析エレメント 2 1 4 は、元データにおけるテストピン欠陥（すなわち、欠陥デバイス）と十分な割合（例えば、複合データの 5 0 % がテストピン欠陥データと重複する）で重複する複合データパターンのみを含むように構成され得る。こうして、複合データの最小量より少ない量が元データと重複する場合、その複合データパターンは、無視され得る。同様に、図 2 4 を参照すると、複合解析エレメント 2 1 4 は、2 つの異なるレシピからのデータなどのように複合データの 2 つの異なるセットを比較し得て、その 2 つのレシピ間の重複が、選択された基準を満足するかどうかを判断し得る。重複するデータ、および / または、最低基準を満足するデータのみが、合体する。

【 0 1 3 1 】

合体したデータは、ユーザまたは他のシステムに出力するために、出力エレメント 2 0 8 に提供され得る。合体したデータは、生産エラー同定プロセスまたは大トレンド同定プロセスのような他のプロセスへの入力として、通過され得る。合体したデータは、また、任意の仕分けまたはフォーマット（例えば、メモリ構造、データベーステーブル、フラットテキストファイルまたは XML ファイル）の中に出力され得る。

【 0 1 3 2 】

本実施形態において、合体したデータおよび / またはウェハーマップは、インクマップ生成エンジンに提供される。インクマップエンジンは、オフラインのインク機器用のマップを作成する。オフラインでのインクマップに加え、合体したデータ結果は、パーツのインクレスアセンブリ用、あるいは、この種のタイプの結果を利用する任意の他のプロセスまたはアプリケーション用のビンニング（binning）結果を生成するために、利用され得る。

【 0 1 3 3 】

テストシステム 1 0 0 は、製造プロセス（生産プロセスおよび / またはテストプロセスを含む）と関連する特性および / または問題を同定するテストデータを使用するように構成され得る。例えば、テストシステム 1 0 0 は、1 つ以上のソースからのテストデータを解析し、そのテストデータの特性を自動的に、製造およびテストプロセスにおける既知の問題、課題、または、特性（例えば、パッド上の残渣、プロービング不良、導電ブリッジ、汚染、スクラッチ、パラメトリック変動、および / または、ステップまたはレチクル問題）と結び付ける。テストデータの特性が、既知の課題と対応しない場合、その課題の診断後に、テストシステム 1 0 0 は、その課題に関する情報を受け取り、格納し得る。それは、テストシステム 1 0 0 が、新たなテストデータの特性に遭遇したときに、それらを診断するように更新されるようするためある。

【 0 1 3 4 】

特に、診断システム 2 1 6 は、自動的に、テストデータの特性同定、および / または、その考えられるソースまたは原因に従ったこのような特性の分類を行うように、適切に構成される。テストシステム 1 0 0 は、また、不良検出時の警告（例えば、ランタイムおよび / または後の出力レポートに、即座の欠陥分類および通知）を自動的に提供し得る。様々なテストデータ特性のソースまたは原因に関する情報は、格納され、データと比較され得る。分類基準および手順は、異なるテストデータ特性が異なる問題と結び付けられるとき、引き続き解析での使用のために、その情報は診断システム 2 1 6 に適切に提供されるように、構成可能である。格納された情報によって、特定のデータ環境に応じて変更また

10

20

30

40

50

は更新され得る構成可能な知識ベースが容易になる。格納された情報によって、また、客観的解析用の既知のシナリオの認識および分類、ならびに、テストの枠組み、ルールおよび兆候に基づく起こりうる課題をレポートするための分類が容易になる。新たなパターンが特定の問題と結び付けられると、診断システム 216 が更新されるので、診断システム 216 は、製品エンジニアリング知識の把握と保持を容易にし、履歴データベースを生成し、整合性ある繰り返し可能な解析方法論を提供する。

【0135】

例えば、テストデータ診断システム 216 は、少なくとも一部は、テストデータによって、導かれた問題を診断するように構成され得る。そのデータは、ランタイムに受信および解析され得て、1つ以上のテストラン完了後にストレージシステムから取り出され得て、および/または、履歴データを含む。診断システム 216 は、任意の適切なソース（例えば、パラメトリックテスト、計量、プロセス管理、顕微鏡法、分光法、欠陥解析、および、故障分離データ）からテストデータを受信し得る。診断システム 216 は、また、スムージングされたデータ、フィルタリングされた複合データ、テストデータに基づいて生成した追加データ（例えば、ピン結果、SPCデータ、空間解析データ、外れ値データ、複合データ、および、データシグネチャ）のような処理されたデータも受信し得る。

【0136】

例えば、図 25 を参照すると、本実施形態の診断システム 216 は、多数のタイプのデータを解析するように構成される。診断システム 216 は、生の電子ウェハーソート（EWS）データ 2512、ならびに、EWS ピンシグネチャデータ 2514、ピンマップおよび/またはイールドパターンデータ 2518、外れ値シグネチャデータ 2520、および、各ウェハーに対するプロセス管理または電気テスト（ET）データ 2516 を解析する。EWS ピンシグネチャデータ 2514 は、例えば、補足データ解析エレメント 206 によって生成され得るような EWS 結果に基づく任意の適切な分類データを含み得る。本実施形態において、EWS ピンシグネチャデータ 2514 は、ウェハー上の各デバイスに対応し、デバイスの欠陥（デバイスが不合格の場合）の大きさ（補足データ解析エレメント 206 によって判断される重大、かなり、微小のような分類）を示すデータを含む。

【0137】

診断システム 216 は、また、ウェハーおよび/またはコンポーネント 106 上の様々なポイントにおける電気特性に関するデータのようなプロセス管理データ 2516 も受信する。さらに、診断システム 216 は、コンポーネント 106 の合格/不合格のピン分類を示すウェハーに対するピンマップデータ 2518 も受信し得る。追加的に、診断システム 216 は、例えば、外れ値分類エレメント 212 によって生成されたデータなど、外れ値シグネチャピンマップ 2520 も受信し得る。例えば、データ中の各外れ値は、選択された基準によって、軽微、小、中、または重大などのように分類され得る。

【0138】

診断システム 216 は、受信したデータを解析し、生産やテストプロセスにおける問題や課題のようなプロセス特性を同定するために、任意の適切な方法によって、構成され得る。プロセス特性は、任意の適切な基準またはプロセスによって、同定され得る。例えば、図 26 を参照すると、本実施形態の診断システム 216 は、所定の基準によってプロセス特性を同定するためのルールベース解析器 2610 を備える。追加的または代替的に、診断システム 216 は、テストデータの認識パターンに基づくプロセス特性を同定するためのパターン認識システム 2612 を備え得る。

【0139】

特に、ルールベース解析器 2610 は、明確なルールのセットに基づく特定の問題に対する特定の特性のテストデータを解析し得る。特定の特性は、特定のテストまたは生産課題に対応する任意の既知のデータセットを適切に含む。ルールベース解析器 2610 は、選択されたタイプのデータに対するデータを解析し、対応する信号を生成するように適切に構成される。例えば、多数のコンポーネント上の特定の出力ノードに対応するテストが、何ら結果を生成しなかったら、診断システム 216 は、(a) 出力ノードが機能してい

10

20

30

40

50

ないか、または、(b) テストプローブが出力ノードと正常な接触をしていないかの通知を生成し得る。

【0140】

パターン認識システム2612は、様々なソースからデータを受信し、データ内のパターンを同定するように、適切に構成される。パターン認識システム2612は、また、同定されたパターンを、そのようなパターンに関連する既知の課題と、例えば、同定されたパターンに基づく特定の原因の可能性を指定することによって、合致させるようにも適切に構成される。例えば、異なるウェハー上の同じ位置に位置する同様な不合格ピン結果または外れ値を有するデバイスのクラスタは、生産プロセスにおける特定の課題を示し得る。パターン認識システム2612は、生産および/またはテストプロセスにおけるそのような課題を示し得るデータ内のパターンを同定し、解析する。

10

【0141】

パターン認識システム2612は、様々なテストデータにおけるパターンを同定し、潜在的な生産またはテストにおける課題に対応するパターンを解析するために、任意の方法で構成され得る。本実施形態において、パターン認識システム2612は、テストデータの中のパターン(例えば、クラスタ化した欠陥または外れ値の空間パターン)を認識するように構成されたインテリジェントシステムを備える。特に、本実施形態のパターン認識システム2612は、予備プロセッサ2614および分類器2616を含む。予備プロセッサ2614は、分類器2616によって扱われるデータを処理し、および/または、受け取ったデータ内にある課題に対応し得るパターン同定を行う。分類器2616は、同定されたパターンまたは他のデータを、種々の既知のカテゴリまたは未知のカテゴリに分類する。

20

【0142】

予備プロセッサ2614は、異なるタイプのデータに対し、異なる動作を実行し得る。例えば、予備プロセッサ2614は、EWSピンングネチャ解析データまたは他のデータが、分類器2616によって使用されるのに予備処理不要な場合など、特定のデータを全く処理しないこともあり得る。他のテスト結果は、統計的解析に用いられ得る。例えば、予備プロセッサ2614は、1つ以上の固有ベクトルまたは固有値を生成するEWSテスト結果に、主要コンポーネント解析を実行し得る。主要コンポーネント解析は、任意の適切な変数(例えば、ウェハー位置、テストタイプ、および、ウェハーシークエンス)の共分散に基づき得る。本実施形態において、予備プロセッサ2614は、より大きな固有値と関連する固有ベクトルを選択することも、あるいは、最大固有値と関連する固有ベクトルのみを選択することも、また、より意味の少ないコンポーネントを無視することもあり得る。

30

【0143】

他のデータは、要約されることも、削減されることもあり得る。例えば、プロセス管理データは、ウェハーのテスト構造に対応する一連のテスト値の合計として、要約され得る。このように、予備プロセッサ2614は、各テスト構造に対する各テストの値を合計する。合計の数(および、このように、ベクトルの大きさ)は、それゆえ、テスト構造の数と同じになる。

40

【0144】

また、他のデータも、予備プロセッサ2614によってフィルタリングされ、さらに処理され得る。例えば、予備プロセッサ2614は、データセットからノイズまたは他の望ましくないデータをフィルタリングするために、および/または、テストデータ(例えば、ピンマップデータおよび外れ値シグネチャピンマップ)の中からパターンを同定するために、任意の適切な方法で構成され得る。例えば、予備プロセッサ2614は、パターンを示さないデータセットをフィルタ除去し、データ内のパターンに関連するデータを生成し、そして、分類のために特定のパターンまたは他の特徴を選択するように、適切に構成される。本実施形態において、予備プロセッサ2614は、パターンフィルタ2618、フィーチャ抽出器2620、および、フィーチャ選択器2622を備える。パターンフィ

50

ルタ 2 6 1 8 は、特定のウェハーに対するデータのようなデータセットがパターンを含むかどうかを判断する。フィーチャ抽出器 2 6 2 0 は、パターンフィルタ 2 6 1 8 によって指定されたデータセット用の情報を示し、分類器 2 6 1 6 によって解析するのに適切なフィーチャを生成する。フィーチャ選択器 2 6 2 2 は、分類用にフィーチャを選択する選択基準に従って、生成したフィーチャを解析する。

【 0 1 4 5 】

パターンフィルタ 2 6 1 8 は、任意の適切な方法で、データセット内のパターンを同定するように構成され得る。例えば、パターンフィルタ 2 6 1 8 は、受け取ったデータを処理し、何らかのパターンがデータの中にあるかを検出するように構成されたソフトウェアモジュールを適切に備える。テストデータの整合性を維持するため、パターンフィルタは、元データからの情報を失わずに、データを適切にプロセスする。パターンフィルタ 2 6 1 8 は、検出されたパターンを有するデータセットのみを残し、パターンのないデータセットを処分し得る。パターンフィルタ 2 6 1 8 は、様々なタイプのデータを独立して解析するようにも、組み合わせで解析するようにも、構成され得る。パターンフィルタ 2 6 1 8 は、牛の目 (b u l l s - e y e)、ホットスポット、リング、および、他のパターンなど任意の適切なパターンを同定し得る。

【 0 1 4 6 】

本実施形態において、パターンフィルタ 2 6 1 8 は、パターン採掘アルゴリズムに従って、また、既知のパターンまたは理論的模式パターンと結び付けられた 1 つ以上のマスクとともに解析する。例えば、図 2 8 を参照すると、パターンフィルタは、二次元 e ビンマップを、パターンマスクとともに用いて、テストデータの中央値フィルタリングを実行するように構成され得る。パターンマスクは、e ビンマップ内のどのデバイスが中央値フィルタリングを実行して選択されるべきかを判断する任意の適切なマスクを備え得る。例えば、パターンは、既存シナリオから定義されても、実環境シナリオから定義されても、あるいは、ドメインエキスパートから生成されたシミュレーションによって定義されてもよい。パターンマスクは、分類器 2 6 1 6 によって同定されるべきパターンと、適切に同様である。例えば、パターンマスクは、複合解析エレメント 2 1 4 によって生成された情報 (例えば、様々なデータセットからの複合マスクデータ、あるいは、合体した複合マスクデータ) を利用し得る。しかし、任意の適切にシミュレーションされた理論的模式パターンも使用され得る。

【 0 1 4 7 】

中央値フィルタリングは、元の e ビンマップデータ内のマスクによって選択された各値の近くで実行される。特に、データセットの各データポイント、および、各データポイントの周囲の選択されたデータポイントは、選択されたマスクそれぞれと比較される。例えば、テストデータ内のマスクによって選択された各値の周りで、中央値は、サイズ $n \times n$ (例えば、 3×3 のウィンドー) の近傍を考慮して計算される。これらデータセットでパターンを示さないものは無視される。これらデータセットで、パターンを含むものは、フィーチャ抽出器 2 6 2 0 に提供される。また、代替的なフィルタリング技術 (例えば、本明細書に開示される近似解析パターン分離技術) も適用され得る。

【 0 1 4 8 】

本実施形態において、パターンフィルタ 2 6 1 8 は、また、データセットのノイズを、例えば、テストデータからの断続的なノイズを除去するなどして、減らす。パターンフィルタ 2 6 1 8 は、ノイズをフィルタリングするための任意の適切なシステム (例えば、空間フィルタリング、中央値フィルタリング、または、テストデータ上でたたみ込み (c o n v o l u t i o n) プロセス) を用い得る。一つの例示的な実施形態において、パターンフィルタ 2 6 1 8 は、データ内の外れ値による「塩コショウ (s a l t - a n d - p e p p e r)」的ノイズのようなノイズを低減するために、十字中央値 (c r o s s - s h a p e m e d i a n) フィルタリングのような空間フィルタリングを利用する。

【 0 1 4 9 】

パターンを有するデータセットは、同定されたパターンを特定の課題に合致させるため

10

20

30

40

50

に解析され得る。しかしながら、特定の状況下では、パターンフィルタ 2618 によって使われる生データは、分類器 2616 による解析に適切でないこともある。その結果、フィーチャ抽出器 2620 は、テストデータに基づき、分類器 2616 によって用いられ得るデータを生成する。

【0150】

本実施形態において、フィーチャ抽出器 2620 は、パターンフィルタ 2618 によって指定されたデータセットからの情報を示すフィーチャを生成する。フィーチャは、元データの使用が困難または不可能である状況において、特に有用であり得る。フィーチャは、次いで、パターンフィルタ 2618 によって解析されるパターンタイプを同定するため、分類器 2616 によって解析され得る。例えば、フィーチャ抽出器 2620 は、元データにある関連情報を、データセットに基づく変数のセットに対する値を計算するなどして、コード化するように構成され得る。そのフィーチャは、元データ内に存在する関連情報を効率的にコード化するように、かつ、データセット内で対応するパターンを欠陥分類に分類するために、分類器 2616 によって使用されるように、適切に構成される。フィーチャは、また、任意のデータセットから適切に計算され、こうして、テスト自身の性質に対し、テスト中の特定のコンポーネントから独立になる。

【0151】

フィーチャは、データから抽出された任意の適切な情報を含み得る。本実施形態において、フィーチャ抽出器 2620 は、幾つかのフィーチャを計算する。これらのフィーチャは、テストされる特定のデバイス、あるいは、テストデータからの、質量、重心、モーメントの幾何学的セット、および、Hu の 7 つのモーメントのようなデータセットの特性とは実質的に無関係に、規格化および/または圧縮化されたデータを示す。質量は、関心あるデータセット内の分布のサイズに関する情報を提供する。重心は、ダイ内に分布する質量中心に対応する x y 座標のような位置を提供する。幾何学的モーメント（例えば、15 のモーメントのフルセット）は、データセットと同等の表現を生成する。Hu の 7 つのモーメントは、平行移動、スケーリングおよび回転のアクション下では、不変なモーメントを備える。

【0152】

様々なフィーチャが、任意のデータセットに対して、決定され得る。本実施形態において、フィーチャは、ウェハーに対するピンデータ、外れ値シグネチャデータ、または、他のテストデータに基づいて計算される。このように、質量は、分布の位置に関する情報を何ら与えなくとも、所定のピン内にあるダイ分布の規模または他の値に、一般的に対応する。座標 x と y におけるテスト値が、 $f(x, y)$ のとき、質量 M は以下の等式：

【0153】

【数 2】

$$M = \frac{\sum_x \sum_y f(x, y)}{N}$$

に従って、適切に計算される。ここで、N はテストデータセットにおけるデータポイントの総数である。質量は、データポイントの数（例えば、ウェハー上のダイの個数）が異なるデータセット間で整合性があるように、規格化される。

【0154】

重心は、 x_c および y_c のような空間座標によって規定され得る。重心は、ダイ分布の質量中心を測定して、位置情報を提供する。データの重心は、以下の等式：

【0155】

【数 3】

$$x_c = \frac{\sum_x \sum_y x f(x, y)}{\sum_x \sum_y f(x, y)} \quad y_c = \frac{\sum_x \sum_y y f(x, y)}{\sum_x \sum_y f(x, y)}$$

10

20

30

40

50

のような任意の適切な方法で計算され得る。

【 0 1 5 6 】

次数 ($p = 0 \dots 3$, $q = 0 \dots 3$) の幾何学的モーメントは、以下の等式：

【 0 1 5 7 】

【 数 4 】

$$m_{pq} = \frac{\sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y)}{\sum_x \sum_y f(x, y)}$$

に従って計算され得る。

10

【 0 1 5 8 】

このモーメントのセットによって供給された情報は、ピンマップがその次数全てのモーメントから構築され得るという意味で、データセットと同等の表現を提供する。このように、各モーメント係数は、ピンマップに存在する情報の特定量を伝達する。

【 0 1 5 9 】

本実施形態において、Huの7つのモーメントも考慮される (Hu, M. K., 「Visual Pattern recognition by moments invariants」、IRE Transactions on Information Theory、第8巻(2), pp. 179 - 187、1962年を参照)。Huの7つのモーメントは、平行移動、スケーリングおよび回転のアクション下では、不変である。Huのモーメントは、以下の等式：

20

【 0 1 6 0 】

【 数 5 】

$$\Phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02}$$

$$\Phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$

$$\Phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (\eta_{03} - 3\eta_{21})^2$$

30

$$\Phi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{03} + \eta_{21})^2$$

$$\Phi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ + (\eta_{03} - 3\eta_{21})(\eta_{03} + \eta_{21}) [(\eta_{03} + \eta_{21})^2 - 3(\eta_{12} + \eta_{30})^2]$$

$$\Phi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{03} + \eta_{21})$$

40

$$\Phi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ + (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{03} + \eta_{21}) [(\eta_{03} + \eta_{21})^2 - 3(\eta_{12} + \eta_{30})^2]$$

を用いて、計算され得る。ここで、 p, q は、全ての p, q に対する中心モーメントであり、以下：

【 0 1 6 1 】

【数 6】

$$\eta_{pq} = \sum \sum (x - x_c)^p (y - y_c)^q f(x, y)$$

によって、定義される。

【0162】

これらモーメントの最初の6つは、対称移動のアクション下でも不変であるが、最後のモーメントは、符号を変える。これらの量の値は、非常に大きいことも、異なることもあり得る。厳密な問題を避けるために、絶対値の対数が、分類器2616で、フィーチャとして採択され、通過し得る。これらフィーチャは不変であるため、ピンマップまたは他のデータセットが、スケール、位置、または、角度位置に依存しないシグネチャ分類とともに、解析され場合、優位である。

10

【0163】

25のフィーチャの代表的なセットは、パターンフィルタ2618によって指定された各ピンマップまたは他のデータセットから、適切に抽出される。このフィーチャの全部または一部分は、分類のために、分類器2616に直接提供され得る。本実施形態において、全てより少ないフィーチャが、例えば、解析されるべきフィーチャの数を削減するためであって、こうして、解析プロセスの次元も削減するために、分類器2616に提供され得る。フィーチャの数を削減すると、計算における複雑性と冗長性が低減する傾向にある。さらに、分類器2616に要求される一般化特性は、フィーチャの数を限定されるべきことを要求し得る。例えば、本分類器2616において、分類器2616の一般化特性は、トレーニングパラメータNに対する自由分類器パラメータの数の比率に対応し得る。フィーチャの数が多きことは、シナプス重量のような分類器パラメータの数が多きことに相当する。有限で通常限られた数であるトレーニングパラメータNに関しては、フィーチャが少ない方が、分類器2616の一般化を向上させる傾向がある。

20

【0164】

本システムのフィーチャ選択器2622は、分類用のフィーチャ選択のために選択された基準に従って、生成したフィーチャを解析する。特に、フィーチャ選択器2622は、解析されるべき特定のフィーチャを選択するように、かつ、分類器2616にフィーチャがその全てより少なく提供することで誘発されるエラーを最小化するように、適切に構成される。フィーチャ選択器2622は、分類器2616に転送用のフィーチャを選択する任意の適切な方法で構成され得る。

30

【0165】

本実施形態において、フィーチャ選択器2622は、フィーチャを選択するために、遺伝的アルゴリズムをインプリメントする。遺伝的アルゴリズムは、並行サーチプロセスを適切に含む。この並行サーチプロセスは、多数の解決手法を維持し、疑わしい解決手法を除去し、良好な解決手法を改善する傾向がある。遺伝的アルゴリズム解析は、様々なフィーチャに何回も繰り返し適切に適用され、アルゴリズムの出力は、進化中のプロセスで見出された最適な解決手法となる。

【0166】

図27を参照すると、本実施形態において、遺伝的アルゴリズムをインプリメントするために、フィーチャ選択器2622は、最初に、GAパラメータ用の値を定義し(2710)、世代カウンタを開始し(2712)、初期の母集団をランダムに形成する(2714)ことから始まる。母集団は、コード化された一群の固体を含み、各個体は選択されたフィーチャを代表する。初期の母集団における固体のシーケンスは、例えば、自動コンピュータプログラムによって、ランダムに生成される。任意の適切なパラメータが、使用され得る。例えば、エポックの数、母集団中の個体数、染色体サイズ、コスト関数、選択比率、交差/複製比率、突然変異率などである。本システムにおいて、各母集団は、10の異なる固体を有し、その固体は、最適解決手法における特定のフィーチャが存在するかどうかを表す。言い換えれば、各個体は、フィーチャのセットを表す染色体(すなわち、25ビット(フィーチャの数)のストリング)に二進数でコード化されている。ここで、「

40

50

「1」は分類で考慮される特定のフィーチャを示し、「0」はその位置にあるフィーチャが使用されないことを意味する。

【0167】

次いで、フィーチャ選択器2622は、初期母集団を評価し(2716)、母集団に交差と突然変異を適用し(2718、2720)、そして、世代カウンタを増加させる(2722)。世代カウンタが、事前に選択された限界(例えば、世代の最大数)に到達したら(2724)、フィーチャ選択器2622は、解析を終了し、選択されたフィーチャを分類器2616に提供する(2726)。その限界にまだ到達しなかったら、フィーチャ選択器2622は、その子の母集団を繰り返して評価し(2728)、その母集団に交差と突然変異を、限界に到達するまで、適用する。

10

【0168】

分類器2616は、同定されたパターンを異なる既知のカテゴリ、または、未知のカテゴリに分類する。分類器2616は、予備プロセッサ2614によって同定されたパターンをするために、ベイズ分類器または最大尤度分類器のような任意の適切な分類システムを備え得る。この分類器は、監視された(supervised)非パラメトリック分類器、およびかつ/または、監視された、または、監視されない(unsupervised)ルールベースの分類器である。本実施形態の分類器2616は、フィーチャ選択器2622によって選択されるフィーチャの解析に基づくパターンを分類するように構成される。

【0169】

分類器2616は、フィーチャ抽出器2620によって得られ、フィーチャ選択器2622によって選択されたフィーチャのような解析用データを受け取る。そのデータは、そのデータを既知のパターンに対するデータと比較するために処理される。既知のパターンが、そのデータに合致すると、既知のパターンに対応する課題または特性が記録される。例えば、図31A~Bを参照すると、分類器2616は、入力データにある特定の特性を、ルックアップテーブルを参照するなどして、特定の問題源と関連付け得る。また、分類器2616は、パターンに対応する特定課題または特性のある可能性を割り当て得る。既知のパターンのいずれもが、そのデータに合致しない場合、合致しなかったということも記録される。次いで、その結果得られる情報が、出力エレメント208に提供され得る。

20

【0170】

図32を参照すると、本実施形態において、分類器2616は、二段階分類器3208を備える。第一の段階3210は、個々のデータソースからデータを受け取り、潜在的課題に対応するために、例えば、そのデータにおけるルールまたはパターンのセットに従って、そのデータを分類する。第二の段階3212は、様々な第一段階3210の分類器からのデータを受け取り、全部のデータを分類して、データによって特徴付けられた最も可能性の高い問題源または課題源を同定するために、結果を組み合わせる。

30

【0171】

2つの段階3210、3212にある分類器は、インテリジェントシステムのような任意の適切なシステムを備え得る。そのシステムは、例えば、神経回路網、パーティクルスウォーム適化(PSO)システム、遺伝的アルゴリズム(GA)システム、ラジアル基本関数(radial basic function)(RBF)神経回路網、多層知覚(MLP)神経回路網、RBF-PSOシステム、MLP-PSOシステム、MLP-PSO-GAシステム、または、他のタイプの分類器、あるいは、その組み合わせである。特定のシステムは、特定のデータセットに対する分類器の性能によって、選択され得る。

40

【0172】

本実施形態は、フィーチャ選択器2622によって選択されたフィーチャを解析するように構成されたRBF神経回路網および/またはフィードフォワードネットワークのような線形神経回路網を含む。図29を参照すると、本実施形態の様々な局面に従うRBF神経回路網2910は、分類器として機能するように、PSOのような進化アルゴリズム技術を用いて、構成される。RBF回路網は、異なる役割を果たす3つの層を適切に備える

50

。入力層 2 9 1 2 は、選択されたフィーチャを受け取るために、R B F 回路網をフィーチャ選択器 2 6 2 2 に接続するソースノードを備える。隠れ層を適切に備える第二の層 2 9 1 4 は、入力スペースから隠れスペースへの非線形変形を適用する。この隠れ層の中で、神経の活性化関数 ($h_i(x)$) は、ラジアル基本関数 (R B F) である。ガウス関数が一般に使われるが、コーシー関数、多項二次 (m u l t i q u a d r i c) 関数、および、逆多項二次 (i n v e r s e - m u l t i q u a d r i c) 関数が使われ得る。本実施形態において、各隠れ神経は、その入力から神経の中心ポイント c までの距離を計算し、その距離を R B F に適用する。出力層 2 9 1 6 ($o_j(x)$) の神経は、隠れ層の出力と、出力層と隠れ層の双方を接続する重みリンクととの間の重み付き合計を実行する。それは、例えば、以下の式：

【 0 1 7 3 】

【 数 7 】

$$h_i(x) = \Phi(\|x - c_i\|^2 / r_i^2)$$

$$o_j(x) = \sum w_{ij} h_i(x) + w_0$$

に従う。ここで、 x は入力、 Φ は R B F、 c_i は i 番目の隠れ神経の中心、 r_i はその半径、 w_{ij} は隠れ神経番号 i と出力神経番号 j を接続する重みリンク、そして、 w_0 は出力神経のバイアスである。

【 0 1 7 4 】

言い換えれば、隠れ層 2 9 1 4 の神経は、入力スペースから隠れスペースへの次元が高い非線形変形を適用し、出力層 2 9 1 6 は、隠れユニットスペースから出力スペースへの線形変形を実行する。この配列を正当化するのは、高次元スペースの中に非線形的に注入されたパターン分類問題は、低次元スペースにおいてよりも、線形的に分離可能になりやすいことである。

【 0 1 7 5 】

2 つの段階 3 2 1 0、3 2 1 2 にある分類器のパラメータ (例えば、基底関数 (B a s i s f u n c t i o n) の数、および、R B F 回路網に対するそのそれぞれの中心および幅) は、P S O のような進化アルゴリズムに従う進化の影響を受けやすい。本実施形態において、アルゴリズムの各パーティクルは、中心および半径の値を示す。図 3 3 を参照すると、基本関数の幅が、範囲 [0 , 1] の中でランダムに初期化され、その中心は、トレーニングセット内の入力間で、ランダムに選択される (3 3 1 0) 。

【 0 1 7 6 】

隠れ層における基本関数の数の進化に関して、このアプローチは、建設的な方法として特徴付けられる。例えば、進化の開始時において、母集団における各回路網のサイズは最小 (例えば、隠れ層に 1 つの神経のみ) であるようにである。進化のプロセスが進行すると、回路網は、隠れ層に更なる神経を追加して、成長する。全ての回路網が、隠れ層の単一の基本関数で初期化され、回路網は、徐々に増えて形成される。最適化の繰り返しそれぞれに対し、スウォーム (s w a r m) の全体性能 (すなわち、その繰り返しの中で最良のパーティクルの平均二乗誤差) が計算される (3 3 1 2)。その全体誤差が、前回の繰り返しにおけるスウォームの性能に対して、増加したら (3 3 1 4)、1 つの基本関数が各神経回路網の隠れ層に追加される (3 3 1 6) 。

【 0 1 7 7 】

パーティクルは、サークルトポロジで、l b e s t 近傍の中に構造化 (ローカルモデル) され得る。ここで、各パーティクルは、その直接隣り合う近傍によってのみ、影響を受ける。このタイプのトポロジにおいて、母集団の一部は互いにかなり離れ得るのに、近傍は緊密に接続される。このように、母集団の 1 セグメントは、ローカルな最適条件に集中し得るが、その間、他のセグメントは、異なる最適条件に集中するか、あるいは、サーチを続ける。このトポロジにおいて、近傍から近傍へと影響が広がり、最適値が、母集団の任意の部分によって見出されたベストな値であれば、この最適値は、結局のところ、全て

10

20

30

40

50

のパーティクルを中に引き込む。

【0178】

PSOアルゴリズムにおいて、慣性重量が、パーティクルの軌跡に影響を与える。非ゼロ慣性係数は、パーティクルに、同じ方向に動き続けるような優先傾向を与える。慣性係数は、慣性重量が時間とともに減少して不安定になるなど、不安定性を取り除くべく、典型的には、約0.9~0.4に調整され得る。代替的に、係数は、直線的に減衰するのではなく、放物線的に減衰するような二次元の表現を有し得る。時間減少する係数の影響は、サーチを狭める傾向があり、探査的モードから搾取的モードへのシフトを招く。

【0179】

以下の表は、係数の値の例示的なセットを要約したものである。

10

【0180】

【表1】

エージェント数	1
	0
エラー限界	0. 001
加速度定数	1. 0
最大速度	2. 5
最大繰返し	5 000
ローカル近傍サイズ	2
定数 $c_1 = c_2$	1. 49

20

30

PSOアルゴリズムにおける定数の値

分類器2616は、また、その対応する特性に基づいて、示唆された修正アクションも提供し得る。特に、分類器2616は、データベース114のようなメモリにアクセスするように構成され得る。それは、様々な製造および/またはテストプロセスの特性にตอบสนองして、修正アクション候補のセットを同定するためである。例えば、同定されたパターンに合致する特性が、コンポーネントが製造プロセスの特定ポイントで過度な加熱に曝されたことを示したら、分類器2616は、その課題を是正する特徴に対応する潜在的な修正アクション（例えば、特定の製造ポイントで、ウェハの曝される温度降下または時間短縮などのアクション）を求めて、データベース114をチェックし得る。

40

【0181】

パターン認識システム2612は、また、同定されたパターンおよび対応する課題に関する追加情報を学習するようにも構成され得る。例えば、パターン認識システム2612は、パターン同定後に、診断フィードバック情報を受け取るように、構成され得る。診断フィードバック情報は、同定されたパターンの原因となった生産プロセスまたはテストプロセスで同定された実際の課題に、適切に対応する。パターン認識システムは、次いで、その課題の再発を同定するために、将来のデータ解析用として診断フィードバック情報を使用し得る。

【0182】

50

本テストシステム100の様々な機能およびエレメントは、マルチサイトのテストデータおよび従来式の単一サイトのデータをプロセスするように構成され得る。従来式の単一サイトのデータと異なり、マルチサイトのデータは、ウェハーの異なるパーツから同時に受信され、異なるハードウェアおよびソフトウェアリソースを用いて、受信され得る。その結果、異なるサイトからのデータは、デバイスの違い以外の要因（例えば、プローブのハードウェアの違いなど）のために、異なり得る。従って、テストシステム100は、マルチサイトのテストと関連する潜在的な問題を最小限にし、および/または、マルチサイトのテストと関連し得る問題を同定して、マルチサイトのテストに対するテストデータを解析するように構成され得る。

【0183】

例えば、一実施形態において、補足データ解析システム206、複合解析システム214、および/または、診断システム216は、個々のサイトそれぞれに対するテストデータの解析を、プローブそれぞれからのテストデータが、別個のテスト102によって生成されたかのように、独立に実行し得る。その結果、様々なサイト間での不整合があっても、データ解析における問題の原因とならない。

【0184】

他の実施形態において、補足データ解析システム206、複合解析システム214、および/または、診断システム216は、ある計算において、異なるサイトからのデータを独立して解析すること、他の計算において、2つ以上のサイトからのデータを合体すること、および、独立したサイトのデータと合体したデータとの双方を用いて、幾つかの計算を実行することもある。例えば、中央値テストの値と関連する統計計算は、各サイトに対し、独立して計算され得る。しかしながら、近似解析を実行するため、テストシステム100は、全サイトからのデータを用いて、合体したデータセットを用い得る。データは、任意の適切な方法で、マルチサイトのテストによって生じるばらつきが認識および/または提起されるように、取り扱われ得る。

【0185】

動作において、データは様々なソースから受信される。データは、例えば、問題を知るために、確実に対応するデータのように、最初に、ルールベースの診断によって、解析される。診断システム216は、ルールベースの解析を用いて同定された特定の課題を指示する出力を生成する。次いで、そのデータはパターン認識システム2612に提供され、そのシステムは、データ内のパターンを同定するために、データを解析する。次いで、パターン認識システム2612は、特定の生産またはテスト課題に対応する同定されたパターンを解析し得る。パターン認識システム2612は、パターンに基づく特定の課題と結び付きそうな可能性を、適切に割り当てる。診断システム216は、また、データ内で同定されたパターンに基づき、修正アクションを勧告し得る。診断システム216は、次いで、様々な同定された課題および提案された修正アクションを知らせる出力レポートを生成し得る。そのレポートされた課題が提起された後、パターン認識システム2612は、診断フィードバック情報を受信し得る。診断フィードバック情報は、今後の解析に使用するために、パターン認識システム2612に格納される。

【0186】

図示および記載されてきた特定のインプリメンテーションは、本発明およびそのベストモードの単なる例示に過ぎず、何ら本発明の範囲を限定することを意図しない。簡略化のため、従来式の信号プロセッシング、データ転送、および、システムの他の機能的局面（および、システムのコンポーネントを動作する個々のコンポーネント）は、詳細に示されていないこともある。さらに、様々な図面に示される接続線は、様々なエレメント間の例示的機能的関係および/または物理的結合を表現することを意図する。代替または追加の機能的関係または物理的接続は、実際のシステムに数多く存在し得る。本発明は、好ましい実施形態を参照しながら、以上に記載されてきた。しかしながら、本発明の範囲から逸脱することなく、変更および改変がなされ得る。これら、および、その他の変更または改変は、以下の請求項で表現されるように、本発明の範囲内に含まれることが意図される。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0187】

【図1】図1は、本発明の様々な局面に従うテストシステムおよび関連機能コンポーネントのブロック図である。

【図2】図2は、テストシステムを動作するエレメントのブロック図である。

【図3】図3は、構成エレメントに対する流れ図を示す。

【図4A】図4Aは、補足データ解析エレメントに対する流れ図を示す。

【図4B】図4Bは、補足データ解析エレメントに対する流れ図を示す。

【図4C】図4Cは、補足データ解析エレメントに対する流れ図を示す。

【図5】図5は、ウェハーの様々なセクションとセクションング技術の図である。

10

【図6A】図6Aは、さらに、補足データ解析エレメントに対する流れ図を示す。

【図6B】図6Bは、さらに、補足データ解析エレメントに対する流れ図を示す。

【図7】図7は、出力エレメントに対する流れ図を示す。

【図8】図8は、本発明の様々な局面に従う例示的データスムージングシステムの動作に対する流れ図である。

【図9】図9は、多数のコンポーネントのテストに対するテストデータのプロットである。

【図10】図10は、多数のデバイスを有するウェハーの図、および、そのウェハーに対する抵抗率プロファイルである。

【図11】図11は、図10のウェハーの様々なデバイスにおける抵抗の母集団に対する抵抗値のグラフである。

20

【図12A】図12Aは、図10の様々なデバイスに対する生テストデータおよび外れ値検出トリガのそれぞれ一般的なプロットおよび詳細なプロットである

【図12B】図12Bは、図10の様々なデバイスに対する生テストデータおよび外れ値検出トリガのそれぞれ一般的なプロットおよび詳細なプロットである

【図13】図13は、本発明の様々な局面に従う複合解析プロセスの流れ図である。

【図14】図14は、3枚の代表的なウェハー上の代表的なデータポイント位置の図である。

【図15A】図15Aは、累積二乗複合データ解析プロセスに関する流れ図とチャートである。

30

【図15B】図15Bは、累積二乗複合データ解析プロセスに関する流れ図とチャートである。

【図15C】図15Cは、累積二乗複合データ解析プロセスに関する流れ図とチャートである。

【図16】図16は、ウェハー上で定義された除外ゾーンの図である。

【図17A】図17Aは、近似重み付けプロセスの流れ図である。

【図17B】図17Bは、近似重み付けプロセスの流れ図である。

【図18】図18は、近似重み付けを受けたデータポイントのセットの図である。

【図19】図19は、クラスタ検出およびフィルタリングプロセスの流れ図である。

【図20】図20は、検出およびフィルタリングを受けたクラスタのセットの図である。

40

【図21】図21は、絶対合体プロセスを用いて合体されたデータポイントのセットの図である。

【図22】図22は、重複合体プロセスを用いて合体されたデータポイントのセットの図である。

【図23】図23は、パーセンテージ重複合体プロセスを用いて合体したデータポイントのセットの図である。

【図24】図24は、パーセンテージ重複合体プロセスを用いて合体したデータポイントのセットの図である。

【図25】図25は、テストデータを用いてプロセスの特性を同定するシステムのブロック図である。

50

- 【図26】図26は、診断システムのブロック図である。
- 【図27】図27は、分類プロセスの流れ図である。
- 【図28】図28は、パターンフィルタリングプロセスの図である。
- 【図29】図29は、神経回路網の図である。
- 【図30】図30は、1つ以上の外れ値同定アルゴリズムを自動的に選択するシステムの図である。
- 【図31A】図31Aは、異なるタイプの入力データ特性と、その特性の考えられる原因との関係を示すチャートである。
- 【図31B】図31Bは、異なるタイプの入力データ特性と、その特性の考えられる原因との関係を示すチャートである。
- 【図32】図32は、分類プロセスの図である。
- 【図33】図33は、パーティクルスウォーム最適化プロセスの流れ図である。

【図1】

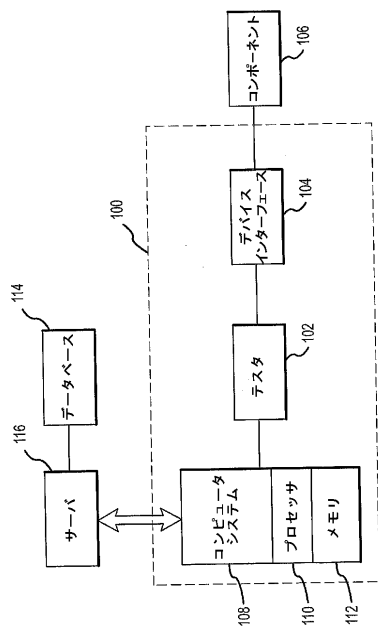


FIG.1

【図2】

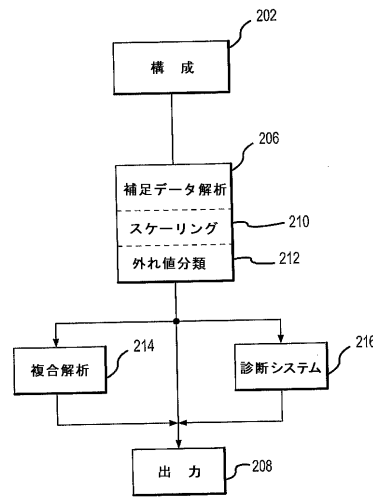


FIG.2

【図3】

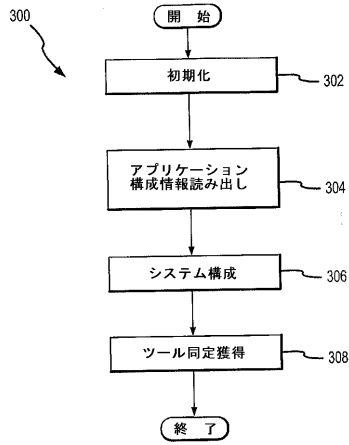


FIG.3

【図4A】

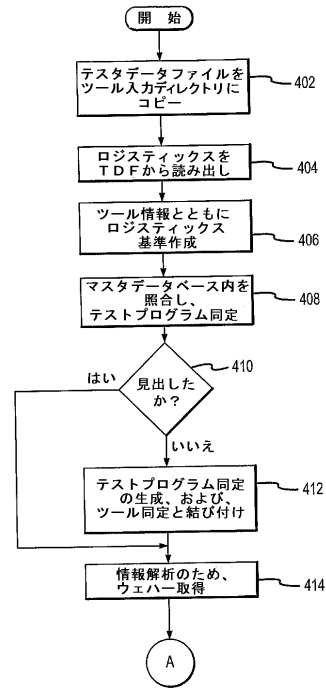


FIG.4A

【図4B】

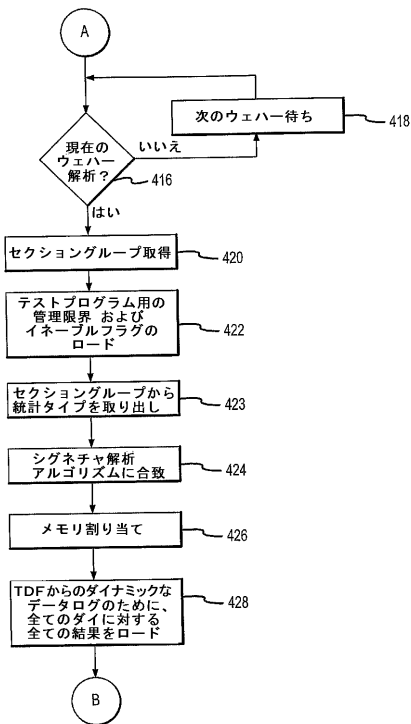


FIG.4B

【図4C】

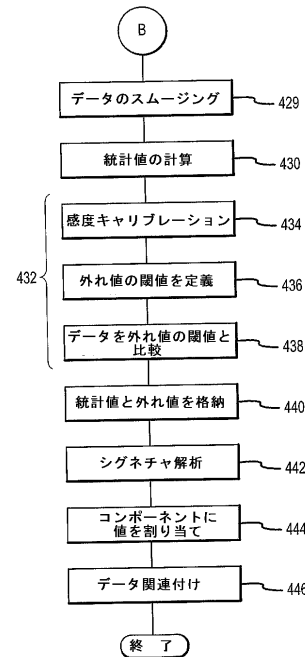


FIG.4C

【図5】

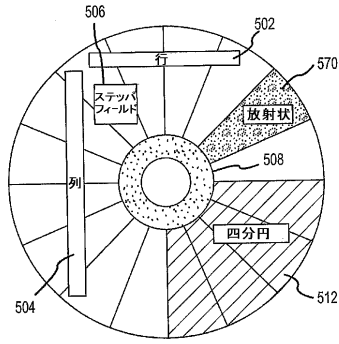


FIG.5

【図6A】

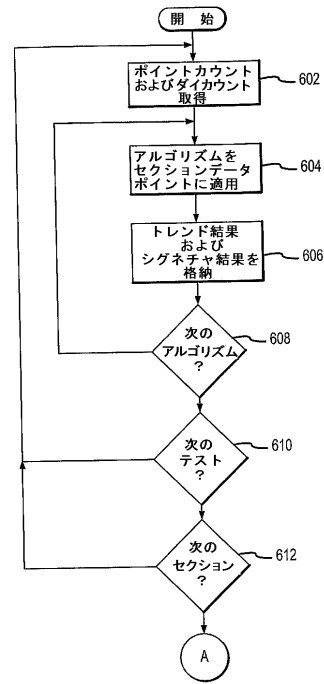


FIG.6A

【図6B】

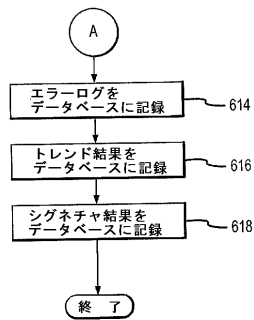


FIG.6B

【図7】

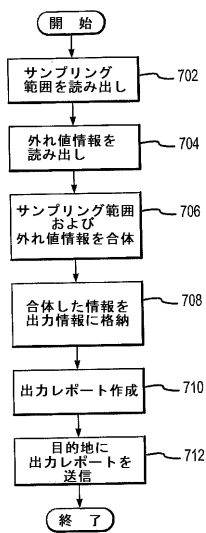


FIG.7

【 図 8 】

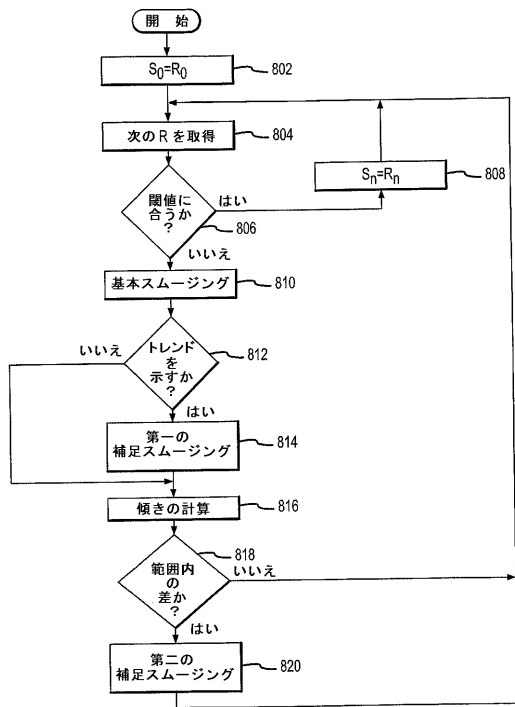


FIG.8

【 図 9 】

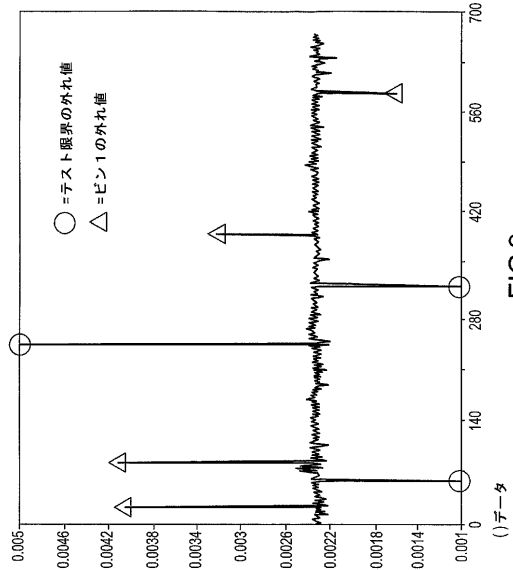


FIG.9

【 図 10 】

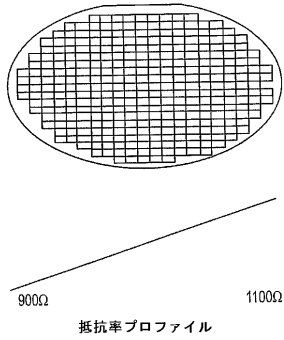


FIG.10

【 図 11 】

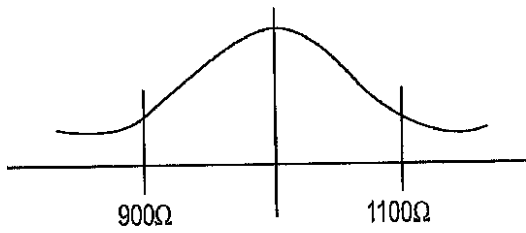


FIG.11

【 図 12 A 】

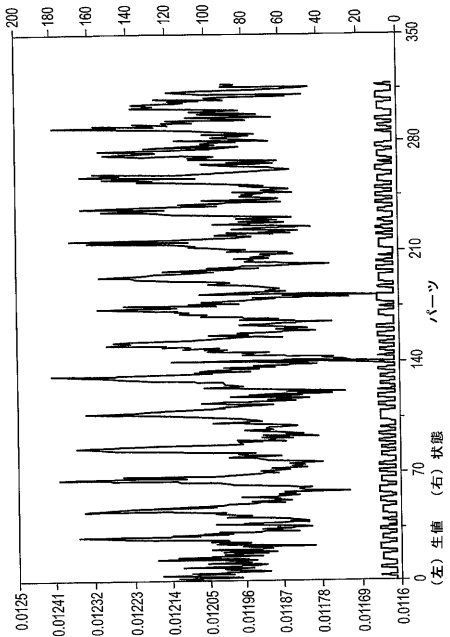


FIG.12A

【図12B】

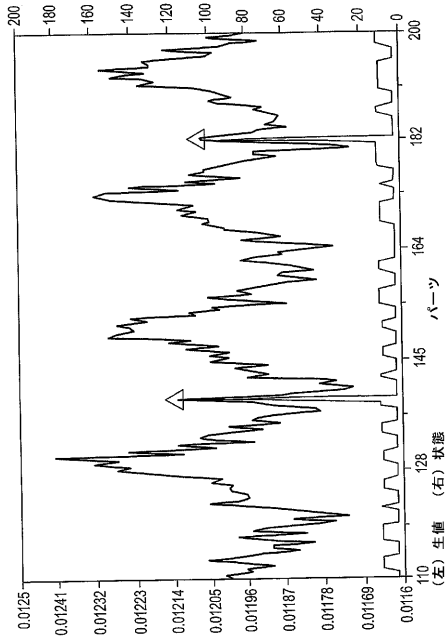


FIG.12B

【図13】

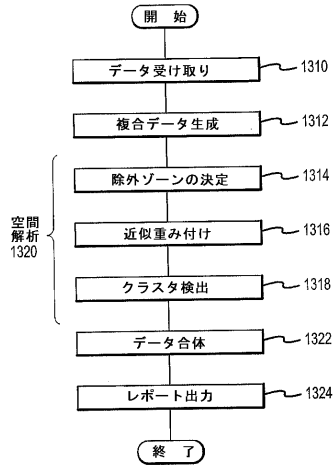


FIG.13

【図14】

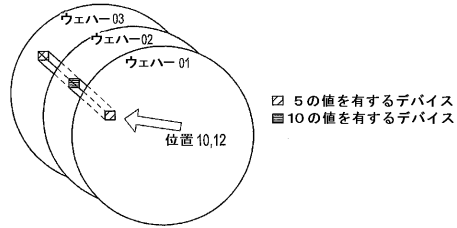


FIG.14

【図15A】

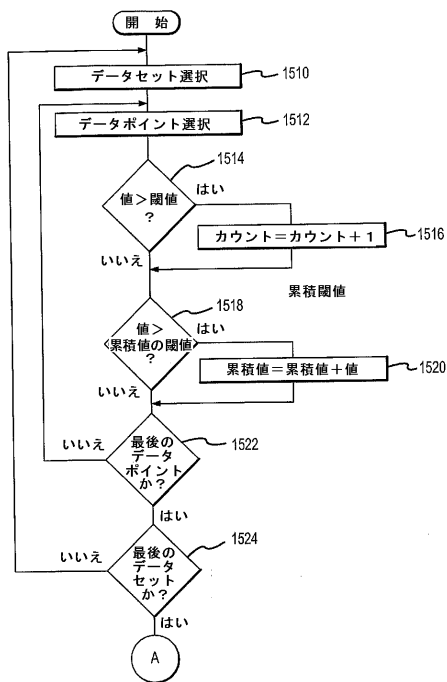


FIG.15A

【図15B】

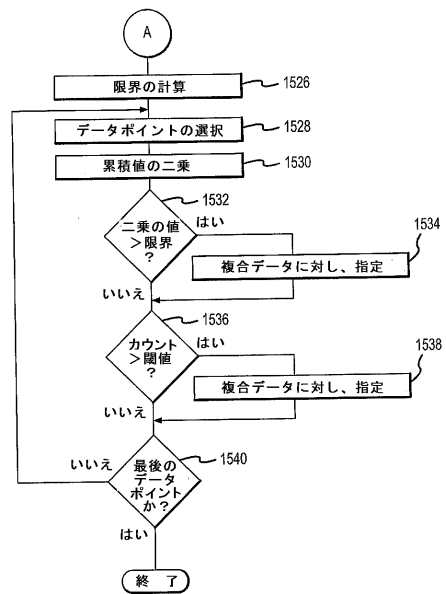


FIG.15B

【図15C】

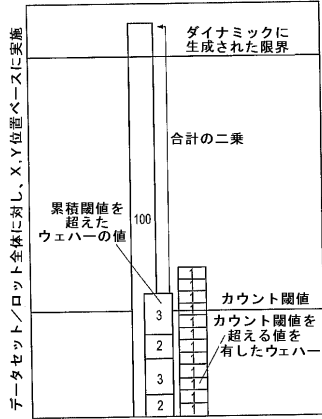
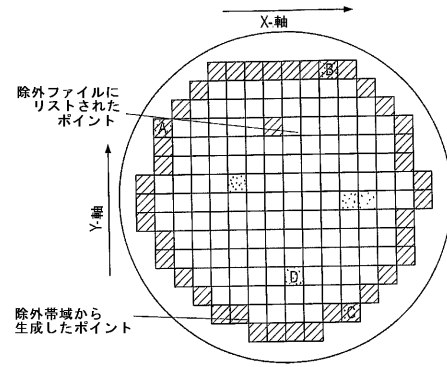


FIG.15C

【図16】



▨ = 除外と考慮されるデバイス

◻ = 定義された基準に合うデバイス、良品_ピン=0

FIG.16

【図17A】

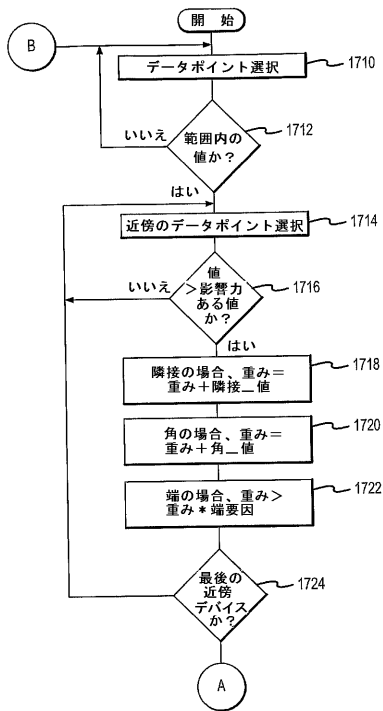


FIG.17A

【図17B】

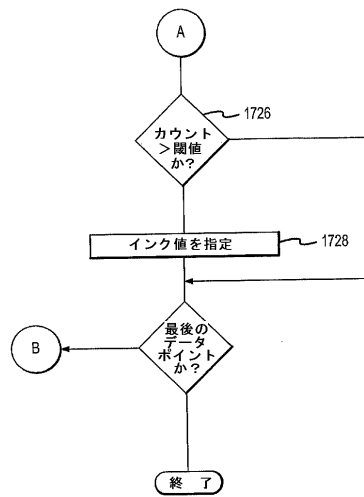


FIG.17B

【図18】

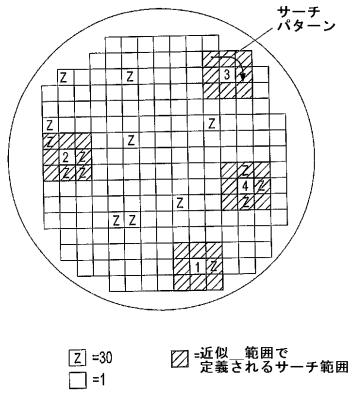


FIG.18

【図19】

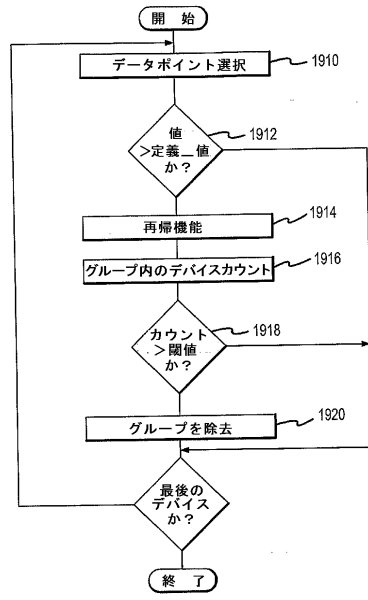


FIG.19

【図20】

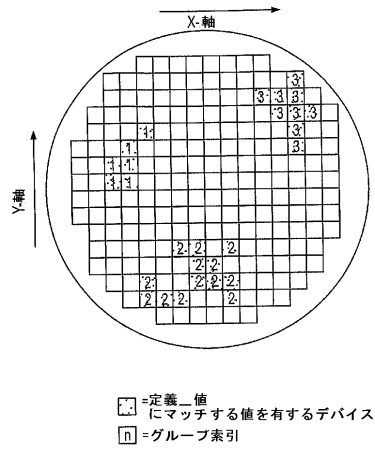


FIG.20

【図21】

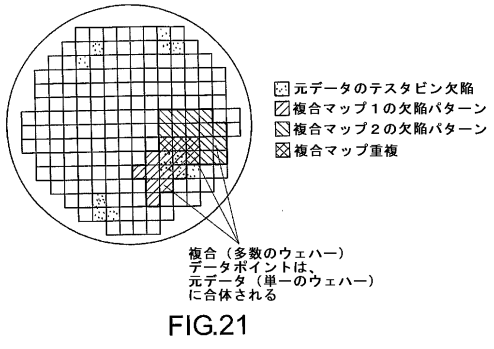


FIG.21

【図22】

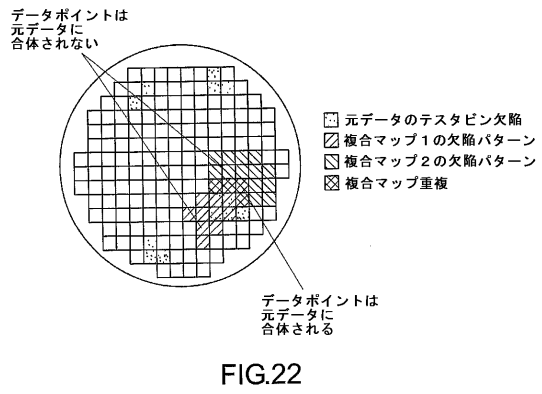


FIG.22

【図23】

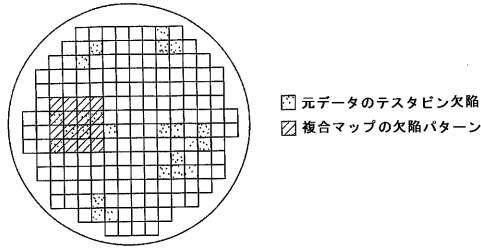
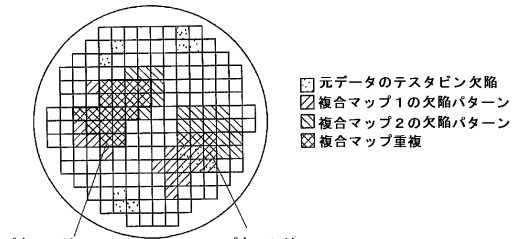


FIG.23

【図24】



パターンは、90%基準合致に対し、十分なデータポイントを有し、重複したデータポイントは元データに合体される

パターンは、90%基準合致に対し、十分な重複がなく、重複したデータポイントは元データに合体されない

FIG.24

【図25】

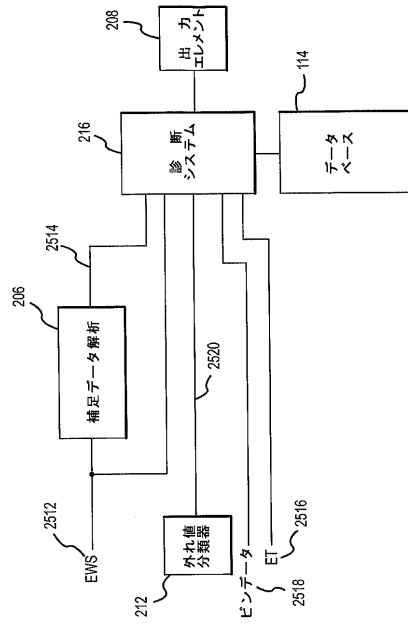


FIG.25

【図26】

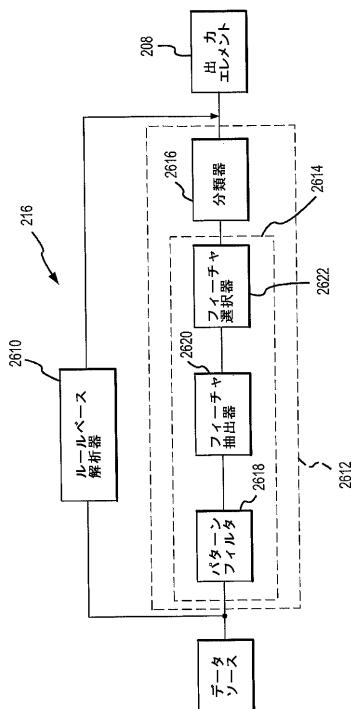


FIG.26

【図27】

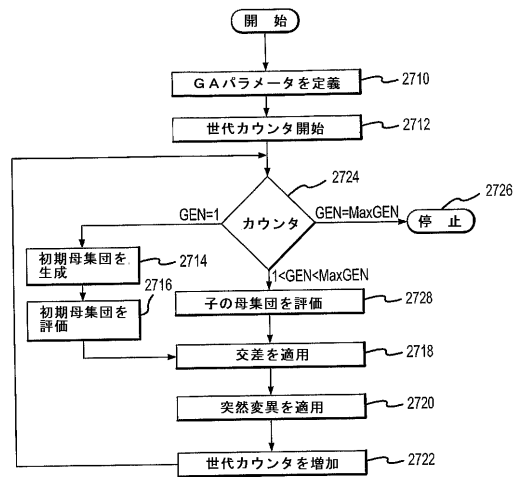


FIG.27

【 図 28 】

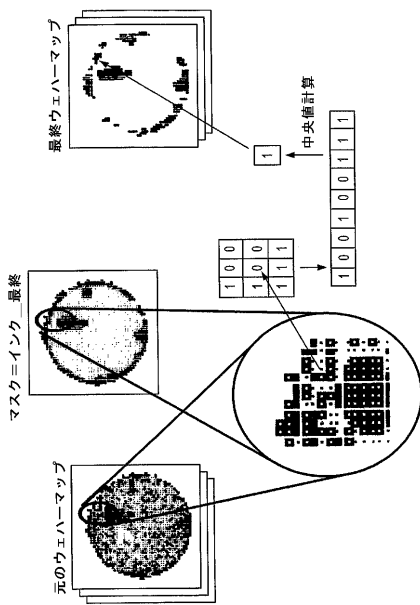


FIG.28

【 図 29 】

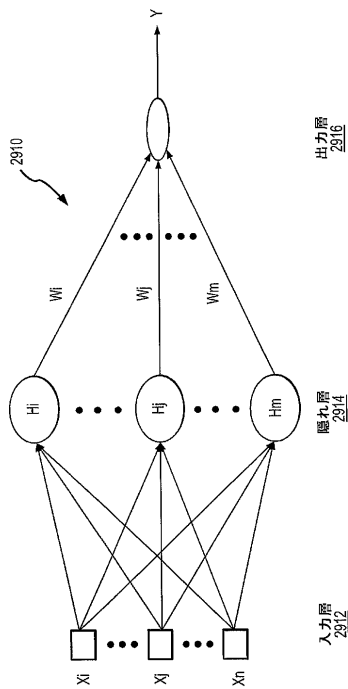


FIG.29

【 図 30 】

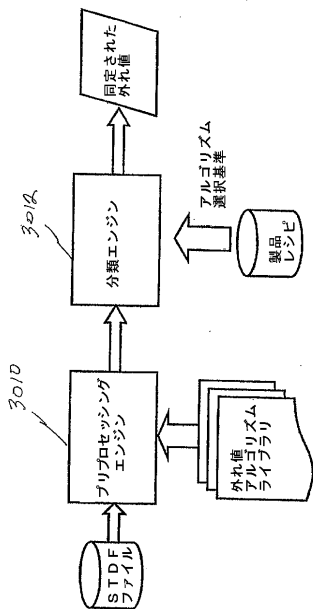


FIG.30

【 図 31 A 】

入力データ - シナリオの関係

残査	プローピング欠陥	メタルブリッジ	汚染
<ul style="list-style-type: none"> 全減 生の目パターン 良、不良、再び良 	<ul style="list-style-type: none"> 全減 行または行の一部 初期は良好だが、次いで、突然悪化 	<ul style="list-style-type: none"> 全減 ウエハ一表面に異点が、あり、欠陥は裏面全体にわたり、ランダムに出現 	<ul style="list-style-type: none"> 通常は、ウエハの一部に限定されるが、問題が重大なとき、ウエハ全体に散見される
<ul style="list-style-type: none"> わずかの (nominal) 	<ul style="list-style-type: none"> わずか 	<ul style="list-style-type: none"> わずか 	<ul style="list-style-type: none"> わずかであり得る CMOS VLSI リーク電流増加、ハイポラ、トランジスタのHe減
<ul style="list-style-type: none"> テスト不良連続性 (オープン) テスト下限に達つか 供給電流不良 	<ul style="list-style-type: none"> テスト不良連続性 (オープン) 問題の頻度に応じて、幾つかのパラメトリック不良 	<ul style="list-style-type: none"> 汚染可能性。テスト不良 (シヨート) 供給電流不良 (上限) が著しく多発 	<ul style="list-style-type: none"> テスト不良、汚染可能性 かなり高い供給電流不良、およびIH/ILテスト不良
<ul style="list-style-type: none"> ピン6の増加 ピン10の幾つか ピン10の不良性に不良の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ピン6の増加 ピン10の幾つかに可能性 ピン20の幾つかも 	<ul style="list-style-type: none"> ピン10の増加 ピン6に不良の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ピン10で増加 ピン6に可能性あり
<ul style="list-style-type: none"> 影響を受けた領域で、有効な情報提供の見込みあり 	<ul style="list-style-type: none"> 影響を受けた領域で、有効な情報提供の見込みあり 	<ul style="list-style-type: none"> 一般に、シグネチャピン活動の増強は期待されない 	<ul style="list-style-type: none"> イーールドロスの領域外のいずれの側にも、良好な結果に、幾つかのクリティカルな外れ値の可能性

FIG.31A

【図 3 1 B】

入カデータ - シナリオの関係

	スクラッチ	パラメトリックばらつき	ステツパ/レチクル問題
イールドパターン	・隣接する水取ラインが2つのダイ幅未満 ・半々 ・クラディエント	・牛の目 ・ホットスポット ・半々 ・クラディエント	・ウエハー全体にわたって列と行に繰り返し ・原因/位置に依存し、結果はわずかであり得る
PCデータ	・スクラッチがテストサイトを普通通しなれば、わずか	・クリティカルなパラメータが測定されることを除くと、イールドパターンとの相関が期待される	・影響を受けた領域以外は、わずか ・他の場合、不良の大多数は、1個か2個のピンに取まる：汚染または特定のパラメトリックテスト
EWS残渣	・影響を受けていない領域では、わずか ・その中には、汚染および供給電圧不良	・イールドパターン以外は、わずか ・1個か2個のピンに取まる	・不良ピンと関連するピンに対し、カウント増
ピンゲネチャ	・ピン6の増加可能性 ・ピン10の不良の可能性	・増加したピン20/30 ・先行するピンはわずか	・イールドロスのいずれれ個の良好部に対する結果に、隣つかのクリティカルな外れ値の可能性
外れ値	・影響を受けた領域に有効な情報の提供の見込み薄		

FIG.31B

【図 3 2】

段階 2. 分類

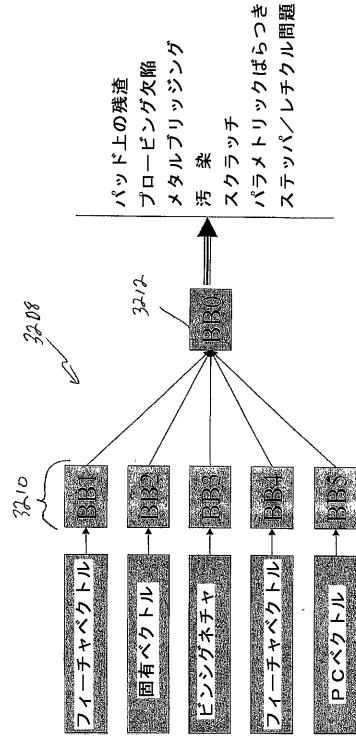


FIG.32

【図 3 3】

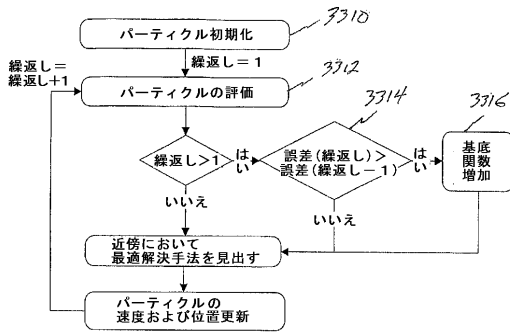


Figure 33

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 10/817,750

(32)優先日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ミゲラネス, エミリオ

イギリス国 イーエイチ9 3イーディー, エディンバラ, マクドウォール ロード, 2エ
フ2, 11

(72)発明者 スコット, マイケル

イギリス国 ピーエー3 4ピーキュー レンフルーシャー, ペーズリー, エロン ウェイ
123

(72)発明者 ゴリン, ジャッキー

アメリカ合衆国 アリゾナ 85258, スコッツデール, ノース 74ティーエイチ プレ
イス 9801

(72)発明者 バクストン, ポール

イギリス国 イーエイチ52 5アールビー ウェスト ロジアン, ブロックスパーン, パー
クランズ, 23

(72)発明者 タポール, エリック ポール

アメリカ合衆国 アリゾナ 85233, ギルバート, ウェスト メリル アベニュー 42
5

審査官 大嶋 洋一

(56)参考文献 特開2004-012422(JP,A)

特開2000-116003(JP,A)

米国特許第05130936(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02

G01R 31/28

H01L 21/66