

(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2014-145694
(P2014-145694A)

(43) 公開日 平成26年8月14日(2014.8.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 23/225 (2006.01)	GO 1 N 23/225	2 G 0 0 1
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 A	2 G 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2013-14990 (P2013-14990)	(71) 出願人	501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目24番14号
(22) 出願日	平成25年1月30日 (2013.1.30)	(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660 弁理士 戸田 裕二
		(74) 代理人	100091720 弁理士 岩崎 重美
		(72) 発明者	原田 実 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所横浜研究所内
		(72) 発明者	高木 裕治 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所横浜研究所内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥観察方法および欠陥観察装置

(57) 【要約】

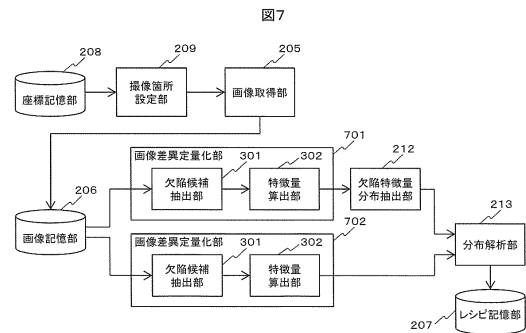
【課題】

高精度な識別器を機械学習により構成するためには、「欠陥」および「ノイズ」のラベル付けがされた欠陥候補を多数教示する必要がある。しかし、濃淡比較検査により検出された欠陥候補についてユーザが「欠陥」および「ノイズ」のラベル付けを行うのは多大な労力を要し、現実的ではない。

【解決手段】

検査装置からの欠陥情報に基づき被検査対象物を撮像して、欠陥画像と該欠陥画像に対応する参照画像とを得る撮像工程と、前記撮像工程にて撮像した該欠陥画像と該参照画像とにより得た第一の特徴量分布と、該参照画像により得た第二の特徴量分布とを用いて、欠陥抽出に用いる第一のパラメータを決定するパラメータ決定工程と、前記パラメータ決定工程にて決定した該第一のパラメータを用いて観察を行う観察工程と、を備える欠陥観察方法である。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査装置からの欠陥情報に基づき被検査対象物を撮像して、欠陥画像と該欠陥画像に対応する参照画像とを得る撮像工程と、

前記撮像工程にて撮像した該欠陥画像と該参照画像とにより得た第一の特徴量分布と、該参照画像により得た第二の特徴量分布とを用いて、欠陥抽出に用いる第一のパラメータを決定するパラメータ決定工程と、

前記パラメータ決定工程にて決定した該第一のパラメータを用いて観察を行う観察工程と、を備える欠陥観察方法。

【請求項 2】

10

請求項 1 記載の欠陥観察方法であって、

該参照画像は複数枚あり、

前記パラメータ決定工程において、該第二の特徴量分布は、該参照画像の各々の差画像を用いて決定されることを特徴とする欠陥観察方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の欠陥観察方法であって、

該第二の特徴量分布は、該参照画像の各々の差画像のいずれかにおいて欠陥候補であると判別された領域の特徴量分布であることを特徴とする欠陥観察方法。

【請求項 4】

20

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の欠陥観察方法であって、

該参照画像は複数枚あり、

前記パラメータ決定工程において、該第一の特徴量分布は、該欠陥画像と該参照画像の各々との差画像を用いて決定されることを特徴とする欠陥観察方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の欠陥観察方法であって、

該第一の特徴量分布は、該欠陥画像と該参照画像の各々との差画像において共通して欠陥候補であると判別された領域の特徴量分布であることを特徴とする欠陥観察方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の欠陥観察方法であって、

該第一のパラメータは、前記観察工程において欠陥候補から欠陥とニューサンストを弁別するパラメータであることを特徴とする欠陥観察方法。

30

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の欠陥観察方法であって、

前記パラメータ決定工程では、さらに、該第一の特徴量分布および該第二の特徴量分布と欠陥検出率とに基づき、欠陥抽出に用いる第二のパラメータを決定することを特徴とする欠陥観察方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の欠陥観察方法であって、

前記観察工程では、前記撮像工程にて撮像した該欠陥画像または該参照画像の少なくとも一方を用いることを特徴とする欠陥観察方法。

40

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の欠陥観察方法であって、

該欠陥情報とは欠陥の位置に関する情報であることを特徴とする欠陥観察方法。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の欠陥観察方法であって、

該参照画像は、該欠陥画像のパターンと同一のパターンが形成されるように設計された該被検査対象物上の領域を撮像して得られる画像であることを特徴とする欠陥観察方法。

【請求項 11】

検査装置から

の欠陥情報に基づき被検査対象物を撮像して、欠陥画像と該欠陥画像に対応する参照画像

50

とを得る撮像手段と、

前記撮像手段にて撮像した該欠陥画像と該参照画像とにより得た第一の特徴量分布と、該参照画像により得た第二の特徴量分布とを用いて、欠陥抽出に用いる第一のパラメータを決定するパラメータ決定手段と、

前記パラメータ決定手段にて決定した該第一のパラメータを用いて観察を行う観察手段と、を備える欠陥観察装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の欠陥観察装置であって、

該参照画像は複数枚あり、

前記パラメータ決定手段において、該第二の特徴量分布は、該参照画像の各々の差画像を用いて決定されることを特徴とする欠陥観察装置。 10

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載の欠陥観察装置であって、

該第二の特徴量分布は、該参照画像の各々の差画像のいずれかにおいて欠陥候補であると判別された領域の特徴量分布であることを特徴とする欠陥観察装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれかに記載の欠陥観察装置であって、

該参照画像は複数枚あり、

前記パラメータ決定手段において、該第一の特徴量分布は、該欠陥画像と該参照画像の各々との差画像を用いて決定されることを特徴とする欠陥観察装置。 20

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の欠陥観察装置であって、

該第一の特徴量分布は、該欠陥画像と該参照画像の各々との差画像の全てにおいて欠陥候補であると判別された領域の特徴量分布であることを特徴とする欠陥観察装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 1 乃至 1 5 のいずれかに記載の欠陥観察装置であって、

該第一のパラメータは、前記観察手段において欠陥候補から欠陥とニューイサンスとを弁別するパラメータであることを特徴とする欠陥観察装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 1 乃至 1 6 のいずれかに記載の欠陥観察装置であって、

前記パラメータ決定手段では、さらに、該第一の特徴量分布および該第二の特徴量分布と欠陥検出率とに基づき、欠陥抽出に用いる第二のパラメータを決定することを特徴とする欠陥観察装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれかに記載の欠陥観察装置であって、

前記観察手段では、前記撮像手段にて撮像した該欠陥画像または該参照画像のいずれかを用いることを特徴とする欠陥観察装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 1 乃至 1 8 のいずれかに記載の欠陥観察装置であって、

該欠陥情報とは欠陥の位置に関する情報であることを特徴とする欠陥観察装置。 40

【請求項 2 0】

請求項 1 1 乃至 1 9 のいずれかに記載の欠陥観察装置であって、

該参照画像は、該欠陥画像のパターンと同一のパターンが形成されるように設計された該被検査対象物上の領域を撮像して得られる画像であることを特徴とする欠陥観察装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体ウェハの製造中において生じる欠陥を観察する方法およびその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウェハの製造では、製造プロセスを迅速に立ち上げ、高歩留まりの量産体制に早期に移行させることが、収益確保のため重要である。

【0003】

この目的のため、製造ラインには各種の検査・計測装置が導入されている。プロセス立ち上げ段階では、所望の回路パターンを形成することができるプロセス条件を早期に決定することを目的に、例えば、プロセス条件を意図的に変更させて複数のウェハ或いはチップを作成し、それに対して検査を行い、そして、その検査結果に基づいてプロセス条件を決定する、といったことが行われる。

10

【0004】

一方、量産段階のウェハ検査は、プロセスモニタリングの目的で行われる。即ち、ウェハ製造の途中段階において、ウェハを抜き取り検査し、ウェハ表面に欠陥が発生していないか、或いは、ウェハ表面に形成された回路パターンに異常が無いか等を調べる。検査の結果、欠陥や回路パターンの異常が検出された場合には、その原因が調査され、必要な対策が行われる。

【0005】

このような、プロセス立ち上げあるいは量産段階にて用いられる代表的な検査装置としては、光学式のウェハ検査装置がある。例えば、特開2000-105203号公報(特許文献1)には、明視野照明により、ウェハ表面の光学画像を撮像し、良品部位の画像(例えば隣接チップの画像)との比較により欠陥を検査する技術が開示されている。ただし、このような光学検査装置は、その照明波長の影響を受け、取得画像の分解能限界は数百ナノメートル程度となる。よって、ウェハ上における数十ナノメートルオーダの欠陥に関しては、その有無を検出できるのみであり、詳細な欠陥解析を行う場合は、別途より撮像分解能の高い欠陥観察装置などが必要になる。

20

【0006】

欠陥観察装置とは、検査装置の出力を用い、ウェハ上の欠陥位置を高解像度に撮像し、画像を出力する装置である。半導体製造プロセスは微細化が進み、それに伴い欠陥サイズも数十nmのオーダに達していることもあり、欠陥を詳細に観察するためには数nmオーダの分解能が必要である。そのため、近年では走査型電子顕微鏡(SEM: Scanning Electron Microscope)を用いた観察装置(以下、レビューSEMと記載)が広く使われている。半導体の量産ラインでは観察作業の自動化が望まれており、レビューSEMは試料内の欠陥位置における画像を自動収集する欠陥観察処理(ADR: Automatic Defect Review)とADRにより取得した数百枚程度の欠陥画像を、その発生原因別または外観の特徴別に自動分類(ADC: Automatic Defect Classification)する機能を搭載している。なお、検査装置が出力した欠陥位置座標(試料上の欠陥の位置を示した座標情報)には誤差が含まれているため、ADRでは検査装置が出力した欠陥位置座標を中心に視野広く撮像したSEM画像から、欠陥を再検出し、再検出した欠陥位置を高倍率で撮像する機能を備えている。SEM画像からの欠陥検出方法として、欠陥部位と同一の回路パターンが形成されている領域を撮像した画像を参照画像とし、欠陥部位を撮像した画像と参照画像を比較することで欠陥を検出する方法が特開2001-189358号公報(特許文献2)に記載されている。また、欠陥部位を撮像した画像1枚から欠陥を検出する方法が特開2007-40910号公報(特許文献3)に記載されている。自動分類の一方法として、画像処理により欠陥部位の外観特徴量を定量化し、ニューラルネットワークを用いて分類する方法が特開平8-21803号公報(特許文献4)に記載されている。また、分類すべき欠陥の種類が多い場合においても容易に対応可能な方法として、ルールベース分類手法と教示分類手法を組み合わせる方法が、特開2007-225531号公報(特許文献5)に記載されている。

30

40

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2000-105203号公報

【特許文献2】特開2001-189358号公報

【特許文献3】特開2007-40910号公報

【特許文献4】特開平8-21803号公報

【特許文献5】特開2007-225531号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

10

前述のとおり、検査装置が出力した欠陥位置座標には誤差が含まれているため、欠陥観察装置においても撮像画像から欠陥位置を再検出することが必要である。特許文献1には、検出された画像信号を基に同一形状の構造物の対応する対応画素またはその近傍の画素について画像信号のばらつきを算出し、該算出されたばらつきに応じて異物等の欠陥の存在を判定する画素の信号レベルの判定基準(しきい値)を設定し、該判定基準を基に画像信号に対して欠陥の存在を判定する方法が記載されている。

【0009】

しかし、半導体製造プロセスの微細化・複雑化に伴い、欠陥検出率の低下が問題となる。例えば、微細化に伴い致命となる欠陥サイズも微小化するため、回路パターンの製造公差(例えばラインエッジラフネスなど)との弁別が困難となる。また、デバイスが立体構造となると、下層からの信号量が小さくなるため、ノイズと欠陥信号の弁別が困難となる。

20

【0010】

弁別を高精度に行うには、特徴量を用いた解析が有効である。具体的には、まず濃淡比較により欠陥画像と参照画像(良品画像)の濃淡差が大きい領域を欠陥候補として抽出する(この方法としては特許文献1や特許文献2、特許文献3に記載の方法を用いても良い)。欠陥候補の中には真の欠陥部位のほか、製造公差などを誤検出した部位(以降、ニューイサンスと呼ぶ)が含まれる。そこで、抽出された各欠陥候補について、画像から得られる特徴(例えば濃淡値や面積、円形度など)を定量化し、識別器を用いて欠陥とニューイサンスを識別する。なお、識別器は、パターン認識の技術を用いて機械学習により構成しても良い。パターン認識技術としては例えばニューラルネットワークやSVM(Support Vector Machine)などを用いても良いし、識別ルールを自動生成するようにしても良い。

30

【0011】

一般的に、高精度な識別器を機械学習により構成するためには、「欠陥」および「ニューイサンス」のラベル付けがされた欠陥候補を多数教示する必要がある。しかし、濃淡比較検査により検出された欠陥候補についてユーザが「欠陥」および「ニューイサンス」のラベル付けを行うのは多大な労力を要し、現実的ではない。そこで本発明は、「欠陥」および「ニューイサンス」とラベル付け可能な欠陥候補を観察対象試料から容易に抽出し、観察処理に関わるパラメータを簡易に調整可能とする方法および装置について提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。

【0013】

本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、検査装置からの欠陥情報に基づき被検査対象物を撮像して、欠陥画像と該欠陥画像に対応する参照画像とを得る撮像工程と、前記撮像工程にて撮像した該欠陥画像と該参照画像とにより得た第一の特徴量分布と、該参照画像により得た第二の特徴量分布とを用いて、欠陥抽出に用いる第一のパラメータを決定するパラメータ決定工程と、前記パラメータ決定工程に

50

て決定した該第一のパラメータを用いて観察を行う観察工程と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、欠陥およびノイズのラベル付け可能な欠陥候補を観察対象試料から容易に抽出することが可能となる。

【0015】

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】欠陥観察装置の構成図である。

【図2】欠陥観察装置の制御部および記憶部、演算部の構成図である。

【図3】欠陥観察画像を取得するための構成図である。

【図4】欠陥観察画像を取得するための処理フローである。

【図5】SEM画像と欠陥候補抽出結果を表した模式図である。

【図6】特徴量空間を表した模式図である。

【図7】パラメータを調整するための構成図である。

【図8】パラメータを調整するための処理フローである。

【図9】複数枚の参照画像を用いて欠陥を抽出した例である。

【図10】複数枚の参照画像を用いてノイズを抽出した例である。

【図11】パラメータを調整するための処理フローである。

【図12】パラメータ調整の実行を制御する処理フローである。

【図13】パラメータの調整結果を表示するGUIである。

【図14】欠陥検出結果を確認するためのGUIである。

【図15】パラメータを調整するための処理フローである。

【発明を実施するための形態】

【実施例1】

【0017】

以下に、本発明に関わる欠陥観察処理について説明する。本実施例では走査型電子顕微鏡（SEM）を備えた撮像装置で欠陥の観察画像を取得する方法について説明するが、本発明に関わる撮像装置はSEM以外でも良く、イオンなどの荷電粒子線を用いた撮像装置でも良い。

【0018】

図1は本発明にかかる装置の構成図を表しており、画像の撮像を行うSEM101と、全体の制御を行う制御部102、磁気ディスクや半導体メモリなどに情報を記憶する記憶部103、プログラムに従い演算を行う演算部104、装置に接続された外部の記憶媒体との情報の入出力を行う外部記憶媒体入出力部105、ユーザとの情報の入出力を制御するユーザインターフェース部106、ネットワークを介して他の装置などと通信を行うネットワークインターフェース部107を備えてなる。また、ユーザインターフェース部106には、キーボードやマウス、ディスプレイなどを備えて構成される入出力端末113が接続されている。SEM101は、試料ウェハ108を搭載する可動ステージ109、試料ウェハ108に電子ビームを照射するため電子源110、試料ウェハから発生した2次電子や反射電子などを検出する検出器111の他、電子ビームを試料上に収束させる電子レンズ（図示せず）や、電子ビームを試料ウェハ上で走査するための偏向器（図示せず）や、検出器111からの信号をデジタル変換してデジタル画像を生成する画像生成部112等から構成される。なお、これらはバス114を介して接続され、相互に情報をやり取りすることが可能である。

【0019】

図2に制御部102、記憶部103、演算部104の構成を示す。制御部はウェハの搬送を制御するウェハ搬送制御部201、ステージの制御を行うステージ制御部202、電

10

20

30

40

50

子ビームの照射位置を制御するビームシフト制御部 203, 電子ビームの走査を制御するビームスキャン制御部 204, 画像取得部 205 を備えてなる。記憶部 103 は, 取得された画像データを記憶する画像記憶部 206, 撮像条件 (例えば, 加速電圧やプローブ電流, 加算フレーム数, 撮像視野サイズなど) や処理パラメータなどを記憶するレシピ記憶部 207, 観察する箇所の座標を記憶する計測座標記憶部 208 を備えてなる。演算部 104 は, 撮像する箇所の座標を設定する撮像箇所設定部 209, 画像を比較検査する比較検査部 214, 欠陥部位の特徴量分布を抽出する欠陥特徴量分布抽出部 212, 特徴量分布を解析する分布解析部 213 を備えてなる。また, 比較検査部 214 は画像間の差異を定量化する画像差異定量化部 210, 画像中から欠陥部位を選択する欠陥部位選択部 211 を備える。なお, 209 ~ 213 は各演算を行うように設計されたハードウェアとして構成されても良いほか, ソフトウェアとして実装され汎用的な演算装置 (例えば CPU や GPU など) を用いて実行されるように構成しても良い。

【0020】

画像取得部 205 を用いて指定された座標の画像を取得するための方法を説明する。まず, 計測対象となるウェハ 108 は, ウェハ搬送制御部 201 の制御によりロボットアームによってステージ 109 の上に設置される。つぎに, 撮像視野がビーム照射範囲内に含まれるようにステージ制御部 202 によりステージ 109 が移動される。この時, ステージの移動誤差を吸収するため, ステージ位置の計測が行われ, ビームシフト制御部 203 により移動誤差を打ち消す様にビーム照射位置の調整が行われる。電子ビームは電子源 110 から照射され, ビームスキャン制御部 204 により撮像視野内において走査される。ビームの照射によりウェハから生じる 2 次電子や反射電子は検出器 111 により検出され, 画像生成部 112 を通してデジタル画像化される。撮像された画像は撮像条件や撮像日時などの付帯情報とともに画像記憶部 206 に記憶される。

【0021】

図 3 および図 4 を用いて, 本発明にかかる欠陥観察方法について説明する。まず, 座標記憶部 208 から他の欠陥検査装置が出力した欠陥位置座標を読み込む。読み込まれた欠陥位置座標の全てを観察対象としても良いし, ユーザ指定条件に基づきサンプリングしたものを観察対象としても良い。次に, 撮像箇所設定部 209 を用いて参照画像の撮像座標を設定する (S401)。参照画像は欠陥位置周辺と同一の回路パターンが形成されるように設計された箇所を撮像する必要がある。半導体ウェハにおいては, 同様の回路パターンが形成されるように設計されたチップがウェハ上に複数配置されているため, 最も簡単な方法としては欠陥位置座標から 1 チップ分ずらした座標を参照画像の撮像座標とすれば良い。次に, 画像取得部 205 を用いて参照画像と欠陥画像の撮像を行う (S402, S403)。次に, 画像差異定量化部 210 において, 欠陥候補抽出部 301 を用いて欠陥候補となる領域を抽出し, 特徴量算出部 302 を用いて各欠陥候補領域の特徴量を算出する (S404)。次に, 欠陥選択部 211 を用いて欠陥候補の中から欠陥を選択し (S405), 選択された欠陥有無を判定し (S406), 選択された欠陥位置を撮像し欠陥観察用の画像を得る (S407)。なお, レシピ記憶部 207 には各処理のパラメータが格納されており, 必要に応じて読みだされる。例えば, 画像取得部 205 においては電子光学系条件 (例えばプローブ電流や加速電圧など) や加算フレーム数などを読み出す (303)。また, 欠陥候補抽出部 301 では比較処理パラメータ (例えば検出しきい値や画像混合率など) を読み出す (304)。また, 特徴量算出部 302 では画像処理パラメータ (例えば濃淡平滑化度合いなど) を読み出す (305)。また, 欠陥選択部では選択条件 (例えば欠陥とノイズの識別面や, ノイズ分布の原点や形状, 距離に対するしきい値など) を読み出す (306)。これらの画像取得部ないし欠陥候補抽出部, 特徴量算出部, 欠陥選択部に関する処理パラメータが観察処理に関わるパラメータである。

【0022】

欠陥候補抽出部 301 について図 5 を用いて補足説明する。画像 501 は欠陥画像, 画像 502 は参照画像をそれぞれ模式的に表したものである。画像 501 において座標 (dx, dy) に欠陥が存在している。画像 503 は欠陥候補の抽出結果であり, 欠陥画像と

参照画像の濃淡差異が大きい領域を白色で表現している。これら抽出された領域のひとつひとつが欠陥候補である。欠陥部位 (d_x, d_y) 以外においてもラインエッジラフネスに起因した欠陥候補が抽出されている。後段の特徴量算出部 302 では各欠陥候補について特徴量を算出する。

【0023】

欠陥選択部 211 について図 6 を用いて補足説明する。図 6 は特徴量空間に各欠陥候補をプロットした例を表している。欠陥選択部 211 では各欠陥候補の特徴量をもとに欠陥を選択する。図 6 はレシビ記憶部 207 に記憶された欠陥とニューサンスを識別面 601 を用いて識別する様子を示している。なお、識別面を用いて識別する以外の方法を用いて欠陥を選択しても良い。例えば、より簡易な方法としてはレシビ記憶部 207 にニューサンス分布の中心を記憶しておき、中心からの距離が最大のものを欠陥として判別するようにしても良い。もしくは上位 n 個の欠陥候補を欠陥と判定し、欠陥観察用の画像を n 枚取得する様に構成しても良い。また、特徴量算出部 302 において算出した特徴量全てを用いる必要はなく、特徴量選択手法などを組み合わせて用いても良い。

10

【0024】

以上は本発明にかかる欠陥観察方法について説明した。本方法において高感度に欠陥を再検出するためには処理パラメータを適切に設定する必要がある。例えば、画像差異定量化部 210 において検出しきい値が適正值よりも高く（感度が低く）設定されている場合、欠陥部位において欠陥候補（領域）が抽出されない。逆に検出しきい値が低く（感度が高く）設定されている場合、多くの欠陥候補が抽出され、欠陥選択部 211 における誤識別の要因となる。また、欠陥選択部 211 において、欠陥とニューサンスの識別面が適切に設定されていない場合、欠陥の見落としや誤検出の要因となる。本発明は、画像差異定量化部 210 および欠陥選択部 211 におけるパラメータをユーザが容易に設定可能とする方法について提供する。以降において具体的な方法および装置構成について説明する。

20

【0025】

図 7 および図 8 を用いて、本発明にかかる処理パラメータのうち欠陥選択部 211 のパラメータを調整するための構成およびその方法について説明する。まず、座標記憶部から他の検査装置が出力した欠陥位置座標を読み込む。次に対象となる欠陥について、撮像箇所設定部 209 を用いて欠陥位置座標をもとに参照画像を撮像する座標を R 箇所設定する ($S801$)。次に、画像取得部 205 を用いて欠陥画像 D_i を撮像する ($S802$)。次に設定された参照画像の撮像箇所について、画像取得部 205 を用いて参照画像 $R_{i,j}$ ($j = 1 \sim R$) を取得する。次に、欠陥の特徴量分布を算出する。具体的には、画像差異定量化部 701 において、欠陥画像 D_i と参照画像 $R_{i,j}$ から欠陥候補を抽出し ($S804$)、各欠陥候補領域の特徴量 $F_d(i, j)$ を算出する ($S805$)。次に、欠陥特徴量分布抽出部 212 を用いて欠陥の特徴量分布 $F_d(i)$ を抽出する ($S806$)。次に、撮像した参照画像 $R_{i,j}$ ($i = 1 \sim R$) の組み合わせ (j, k) を用いてニューサンスの特徴量分布を算出する。具体的には、画像差異定量化部 702 において、参照画像 $R_{i,j}$ ($j = 1 \sim R$) と参照画像 $R_{i,k}$ ($k = j + 1 \sim R$) から欠陥候補を抽出し ($S807$)、各欠陥候補領域の特徴量 $F_r(i, j, k)$ を算出する ($S808$)。

30

【0026】

撮像箇所設定部 209 では欠陥位置周辺と同一の回路パターンが形成されるように設計された領域を算出する。簡単な方法としては、欠陥位置座標を含むチップから近い順に R 個のチップを選び、各チップ内において欠陥位置に対応する座標を算出すれば良い。座標の算出は 1 チップの大きさが既知であれば、欠陥位置座標に加減算することで容易に算出可能である。なお、試料の設計情報を用いて、欠陥位置周辺から探索するようにしても良い。

40

【0027】

欠陥特徴量分布抽出部 212 について図 9 を用いて説明する。画像 901 は欠陥画像 (D_i)、画像 902 ~ 904 は $R = 3$ とした場合の参照画像 ($R_{i,1} \sim R_{i,3}$) を模式的に表したものである。画像 908 は欠陥画像 901 と参照画像 902 を用いた欠陥候

50

補抽出 905 の結果であり，画像 909，910 も同様に欠陥候補抽出 906，907 の結果である。ラインエッジラフネスなどの製造公差はランダムに発生する。そのため，欠陥候補の抽出結果 908～910 について共通する領域のみを抽出すると(911)，ランダムに発生する欠陥候補が除外され，欠陥のみを抽出することが可能となる(912)。なお，欠陥として判定する欠陥候補は，全ての欠陥検出結果において共通していなくても良い。つまり，複数の欠陥候補抽出結果のうち一定数以上の抽出結果で一致していれば欠陥として判定する様にしても良い。また，一定数は欠陥候補抽出結果数 R に対する割合で指定するようにしても良い。この結果をもとに，算出した特徴量 $F_d(i, j)$ ($j = 1 \sim 3$) から，「欠陥」とラベル付けされる特徴量 $F_d(i)$ を抽出することが可能である。なお，「欠陥」とラベル付けされる特徴量 $F_d(i)$ を抽出する方法はこれに限ったものではなく，例えば特徴量空間において近接する分布を抽出しても良い。

10

【0028】

撮像した参照画像 R_i ($i = 1 \sim R$) の組み合わせ (j, k) を用いてニューイサンスの特徴量分布を算出する方法について，図 10 を用いて補足説明する。画像 1001～1003 は参照画像 ($R_i, 1 \sim R_i, 3$) を模式的に表したものである。画像 1004 は参照画像 1001 と参照画像 1002 を用いた欠陥候補抽出結果，同様に，画像 1005 は参照画像 1001 と参照画像 1003，画像 1006 は参照画像 1002 と参照画像 1003 を用いた欠陥候補の抽出結果を表している。参照画像同士の組み合わせから抽出した欠陥候補には欠陥が含まれない。よって，画像 1004～1006 に含まれる欠陥候補から算出した特徴量の分布は「ニューイサンス」とラベル付けされる特徴量分布である。

20

【0029】

図 8 に戻り説明を続ける。前述の処理 S801～S808 を観察対象の M 点の欠陥位置座標について繰り返し実行することで，欠陥の特徴量分布 $F_d(i)$ およびニューイサンスの特徴量分布 $F_r(i, j, k)$ が得られる ($i = 1 \sim M$, (j, k) は参照画像の組み合わせ)。得られた分布をもとに，分布解析部 213 を用いて，欠陥とニューイサンスを識別する識別面を学習する (S809)。学習の方法としては，パターン認識の技術を用いれば良い。具体的にはニューラルネットワークを用いても良いし，SVM を用いても良い。もしくは識別ルールを自動生成するアルゴリズム (例えば C4.5 など) を用いても良い。もしくは識別面を算出するのではなく，ラベル付けされた特徴量分布を記憶しておき，識別時には k 近傍法などを用いて識別するようにしても良い。なお，算出された識別面

30

【0030】

以上は，欠陥選択部 211 のパラメータを調整するための方法について説明した。次に，画像差異定量化部 210 のパラメータを調整する方法について説明する。先に概要を述べると，画像差異定量化部 210 に関わるパラメータ (例えば検出しきい値や画像混合率) の組み合わせを用いて欠陥検出を行い，欠陥検出率が高いパラメータを探索する。この時に複数枚の参照画像を用いることにより確度の高い欠陥検出率を算出することが可能となる。以降において図 11 を用いて処理の詳細を説明する。なお，欠陥選択部 211 のパラメータ調整と，画像差異定量化部 210 のパラメータ調整は同時並行的に行っても良いし，逐次的に行っても良い。なお，逐次的に行う場合，実行順序はどちらが先でもかまわ

40

【0031】

まず，対象欠陥について撮像箇所設定部 209 を用いて参照画像の撮像箇所を設定する (S1101)。欠陥取得部 205 を用いて欠陥画像 D_i を取得する (S1102)。なお，欠陥取得部 205 においては，該当する欠陥 ID の欠陥画像が既に撮像済みと判定可能な場合は，画像記憶部から画像を読み込むようにしても良い。次に画像取得部 205 を用いて R 枚の参照画像 R_i, j ($j = 1 \sim R$) を取得する (S1103)。次に欠陥画像 D_i と参照画像 R_i, j を用いて欠陥候補 $C_d(i, j)$ を抽出する (S1104)。次に，得られた複数の欠陥候補 $C_d(i, j)$ ($j = 1 \sim R$) から欠陥候補 $C_d(i)$ を抽出する (S1105)。抽出する一方法としては，図 9 に示したように共通する欠陥候補

50

領域のみを抽出すれば良い。前述の様に複数枚の参照画像の結果を用いることで $C d (i)$ に含まれる欠陥候補は欠陥と仮定できる。次に、参照画像 $R i (i = 1 \sim R)$ の組み合わせ (j , k) を用いて欠陥候補 $C r (i , j , k)$ を抽出する (S 1 1 0 6)。参照画像同士を用いた抽出結果であるため、欠陥候補 $C r (i , j , k)$ に含まれる欠陥候補はニューサンスと仮定できる。次に検出信頼性 $D R p$ を算出する (S 1 1 0 7)。 $D R (p)$ はパラメータセット p を用いた時の欠陥検出結果の信頼性を表す指標であり、例えば (数 1) により算出すれば良い。以上の S 1 1 0 1 ~ S 1 1 0 7 を探索対象のパラメータの組み合わせについて行い、 $D R (p)$ が最大となるパラメータを求める。これによりニューサンスとなる欠陥候補が少なく、欠陥の検出率が高いパラメータが得られる。また、パラメータと $D R (p)$ を関連付けて出力し、ユーザが選択できるようにしても良い。

10

【 0 0 3 2 】

(数 1)

$$D R (p) = C d (i) \text{ に含まれる欠陥候補数の総和 } / (C r (i , j , k) \text{ に含まれる欠陥候補数の総和 } + 1)$$

以上、画像差異定量化部 2 1 0 および欠陥選択部 2 1 1 におけるパラメータを調整する方法について説明した。なお、複数枚の参照画像を利用することで欠陥を高い確度で検出できることを利用し、パラメータの調整と同時に、欠陥の観察画像を取得することは容易に実現可能である。ただし、複数枚の参照画像を撮像することはスループットの低下要因となる。そのため、パラメータの調整が完了した後は、通常の (参照画像を 1 枚用いた) 観察処理 (図 4) を行うことが望ましい。

20

【 0 0 3 3 】

図 1 2 に、パラメータの信頼性に依じてパラメータ調整処理 (図 8 および図 1 1) と通常の観察処理 (図 4) を自動的に切り替える方法を示す。まず、レシピ記憶部 2 0 7 に記憶されたレシピの信頼性を判定する (S 1 2 0 1)。なお、観察対象の試料に対応したレシピが存在しない場合も信頼性が低いと判定する。信頼性が低い場合、前述したレシピ調整用処理を用いてレシピを調整する。次に、作成したレシピの信頼性を判定する (S 1 2 0 2)。欠陥選択部 2 1 1 に関するパラメータの信頼性を判定するには、 n 分割交差確認 ($n - f o l d \quad C r o s s \quad V a l i d a t i o n$) を行い、欠陥検出率の安定性を評価すれば良い。また、画像差異定量化部 2 1 2 に関するパラメータの信頼性を判定するには、複数枚の参照画像と欠陥画像を用いた欠陥候補抽出処理 (S 1 1 0 5) の結果をもとに欠陥検出率が所定のしきい値に達しているかを評価すれば良い。レシピ信頼性判定処理において、信頼性が高いと判定された場合、以降の観察対象試料を観察する場合には、調整したパラメータを用いて通常の観察処理 (S 1 2 0 4) を行う。なお、レシピ作成の日時を記録しておき、レシピ信頼性判定処理 (S 1 2 0 1) においてレシピ作成時から一定期間が経過した場合には、信頼性が低いと判定する様にしても良い。

30

【 0 0 3 4 】

なお、上記は撮像した欠陥画像と参照画像をもとに欠陥候補を抽出する場合のパラメータ調整方法について述べたが、特許文献 3 に記載されている方法などを用いて欠陥画像 1 枚から欠陥検出を行う場合のパラメータ調整にも利用できる。この場合、ニューサンスとなる欠陥候補を抽出する処理 (S 8 0 7 , S 1 1 0 6) において、撮像した参照画像から合成した参照画像と、撮像した参照画像を用いて欠陥候補を抽出すれば良い。また、欠陥画像から欠陥候補を抽出する処理 (S 8 0 4 , S 1 1 0 4) において、撮像した参照画像から合成した参照画像と、撮像した欠陥画像を用いて欠陥候補を抽出するようにしても良い。この様にすれば参照画像の合成精度に応じてニューサンスの特徴量分布が変化する場合においても対応可能となる。また、参照画像の合成処理に関するパラメータも調整可能となる。

40

【 0 0 3 5 】

また、試料の設計情報をもとに生成した画像を参照画像として用いても良い。この時、設計情報から画像を生成する際のパラメータを変化させて生成した複数枚の参照画像を用いても良い。この様にすれば、撮像した欠陥画像と試料の設計情報をもとに生成した画像

50

を用いて欠陥候補を検出する際のパラメータを調整可能となる。

【0036】

本発明にかかる欠陥観察装置のユーザインターフェースについて述べる。図13は探索したパラメータの一覧を検出信頼性や欠陥検出数、ニューサンス検出数と対応付けて一覧表示するGUIの例である。パラメータ一覧の表示部1301においてはユーザがパラメータを選択することが可能である。また、選択されたパラメータを用いた場合の欠陥検出結果を確認するGUIを呼び出すボタン1302を備える。図14(a)は欠陥検出結果を確認するためのGUIの例である。欠陥IDを選択する選択部1401、画像および算出した特徴量を表示する表示部1402を備える。表示部1402においては表示内容を「画像タブ」1403と、「特徴量タブ」1404により切り替え可能である。画像タブが有効な場合においては、表示画像を選択する選択部1405、表示画像の検出器(2次電子像、反射電子像)を指定する選択部1406、画像に欠陥候補の検出結果をオーバーレイ表示するか否かを指定する選択部1407、画像を表示する表示部1408を備える。また、画像および算出した特徴量を表示する第2の表示部1409を備えることで、2つの画像ないし特徴量を並べて確認できるようにしても良い。図14(b)は第2の表示部1408において「特徴量タブ」を有効した場合のGUIの例である。表示する特徴量空間の横軸と縦軸をそれぞれ指定する指定部1410、特徴量空間に欠陥候補をプロットした結果を表示する表示部1411を備える。また、特徴量空間における識別面1412を表示しても良い。なお、特徴量空間ではなく、指定された特徴量のヒストグラムを表示するようにしても良い。

10

20

【0037】

以上説明したように、欠陥画像と複数枚の参照画像を用いることにより、「欠陥」および「ニューサンス」と容易にラベル付け可能な欠陥候補を観察対象試料から抽出することが可能となる。これにより、欠陥候補抽出に用いるパラメータや、欠陥候補を欠陥とニューサンスに弁別する識別面を容易に調整することが可能となる。また、調整したパラメータをレシピに保存することにより、高感度に欠陥を再検出することが可能となる。

【実施例2】

【0038】

実施例1では、欠陥画像と複数枚の参照画像をもとに、「欠陥」および「ニューサンス」と容易にラベル付け可能な欠陥候補を観察対象試料から抽出し、欠陥再検出にかかるパラメータを調整する方法について述べた。実施例2では、複数枚の参照画像をもとに「ニューサンス」と容易にラベル付け可能な欠陥候補を観察対象試料から抽出し、欠陥再検出にかかるパラメータを調整する方法について述べる。

30

【0039】

本実施例にかかる装置構成は実施例1で示した図1および図2と同様である。また、ユーザインターフェースに関しても図13および図14と同様のものを備える。異なるのは、欠陥選択部211のパラメータ調整に関するフローである。以降においては実施例1と異なる部分についてのみ説明する。

【0040】

まず、同様の回路パターン形成されるように設計された箇所をR点抽出し、撮像箇所を設定する(S1501)。このとき、他の欠陥検査装置が出力した欠陥位置座標をもとに欠陥が撮像画像に含まれない様に撮像箇所を設定する。次に、画像取得部205を用いて設定された撮像箇所の画像 R_i, j ($j = 1 \sim R$)を取得する(S1502)。次に、撮像した画像の組み合わせ(j, k)について、画像差異定量化部210を用いて、欠陥候補の抽出と、抽出した欠陥候補の特徴量分布 $F_r(i, j, k)$ を算出する。以上のS1501~S1504をN点について繰り返し行う(S1505)。取得する画像には欠陥が含まれないため、特徴量分布 $F_r(i, j, k)$ は「ニューサンス」とラベル付けされる特徴量分布となる。

40

【0041】

よって、ニューサンス特徴量分布 $F_r(i, j, k)$ を用いてパターン認識の技術を用

50

いて1クラス識別機を構成することにより、欠陥とニューサンスを識別する識別面を得ることが可能となる（S1506）。また、識別面を求めずに、ニューサンス分布のパラメータ（例えば、原点位置や分散など）を求めるようにしても良い。

【0042】

以上説明したように、複数枚の参照画像を用いることにより、「ニューサンス」と容易にラベル付け可能な欠陥候補を観察対象試料から抽出することが可能となる。これにより、欠陥候補からニューサンスを弁別する識別面を容易に調整することが可能となる。また、調整したパラメータをレシピに保存することにより、高感度に欠陥を再検出することが可能となる。

【符号の説明】

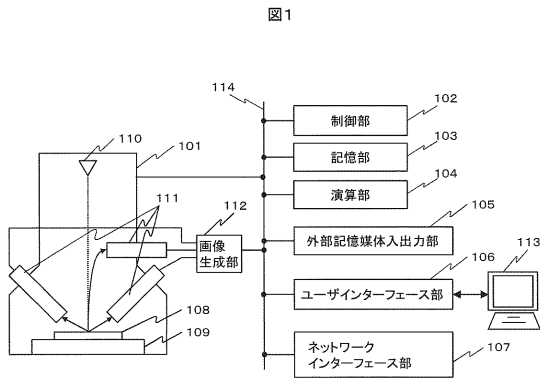
【0043】

101・・・走査型電子顕微鏡（SEM）、112・・・画像生成部、206・・・画像記憶部、207・・・レシピ記憶部、208・・・座標記憶部、209・・・撮像箇所設定部、210・・・画像差異定量化部、211・・・欠陥選択部、212・・・欠陥特徴量分布抽出部、213・・・分布解析部、301・・・欠陥候補抽出部、302・・・特徴量算出部、S404・・・欠陥候補の抽出と特徴量算出をするステップ、S405・・・欠陥を選択するステップ、S802・・・欠陥画像を撮像するステップ、S803・・・複数枚の参照画像を撮像するステップ、S805・・・参照画像と欠陥画像の比較検査結果を求めるステップ、S808・・・参照画像と参照画像の比較検査結果を求めるステップ、S809・・・識別面を算出するステップ、S1202・・・パラメータを調整するステップ

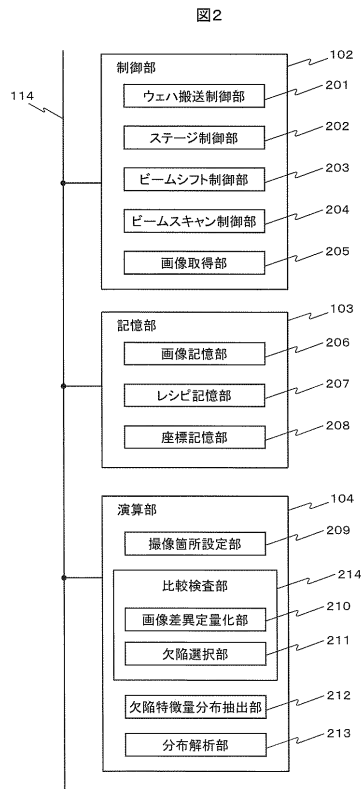
10

20

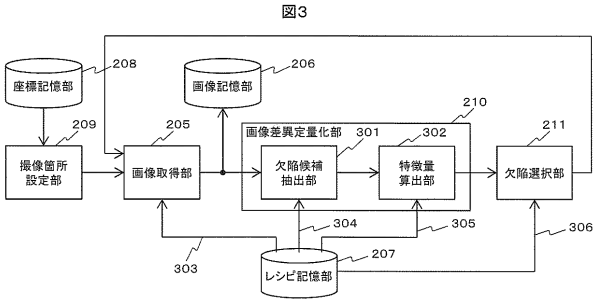
【図1】



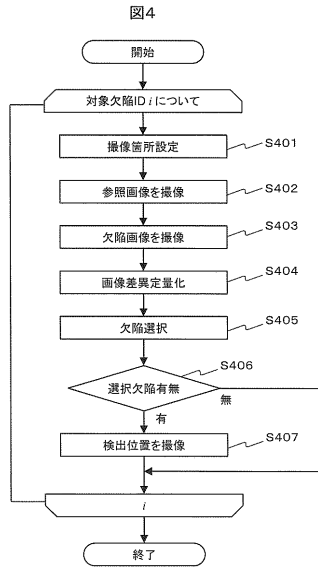
【図2】



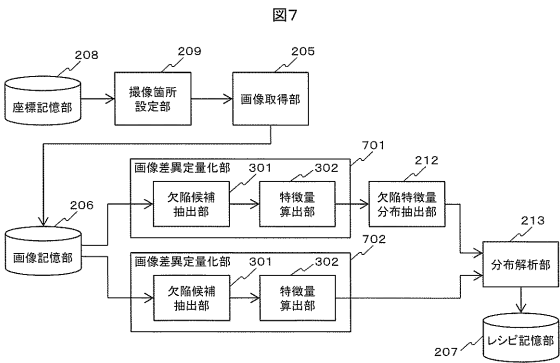
【 図 3 】



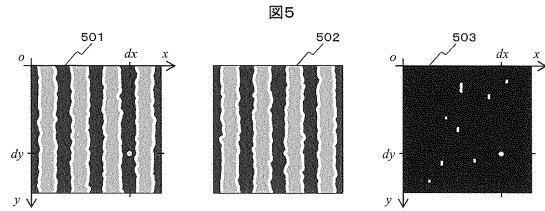
【 図 4 】



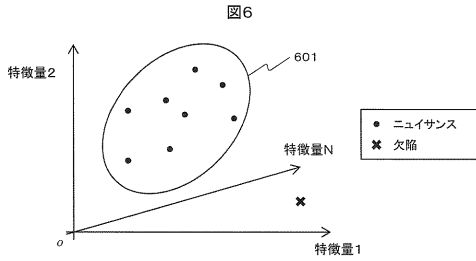
【 図 7 】



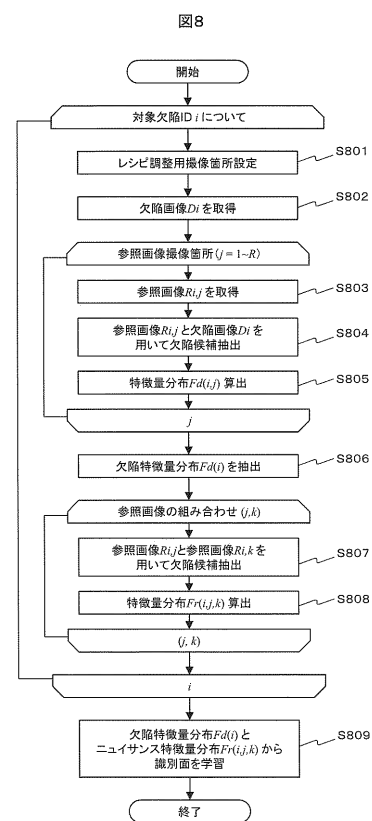
【 図 5 】



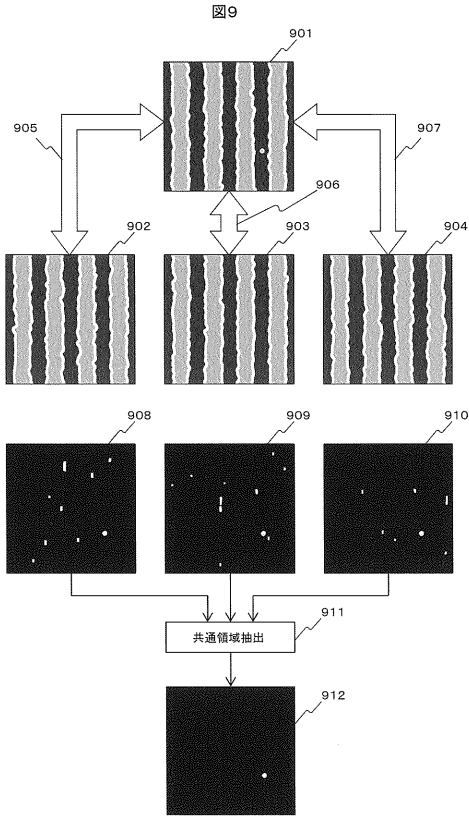
【 図 6 】



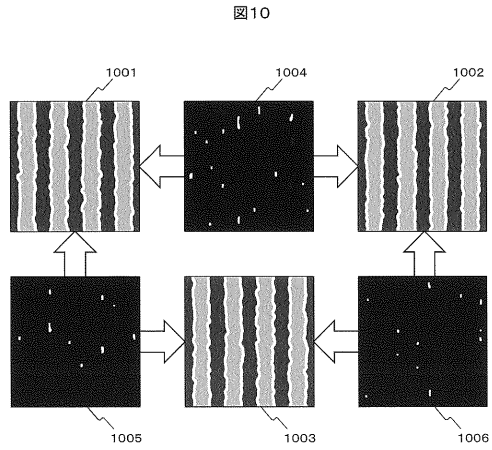
【 図 8 】



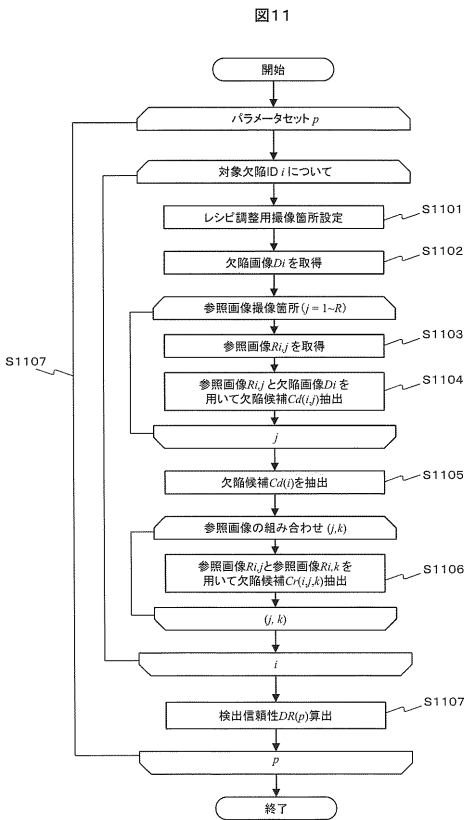
【 図 9 】



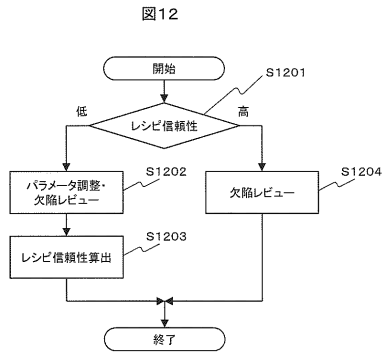
【 図 10 】



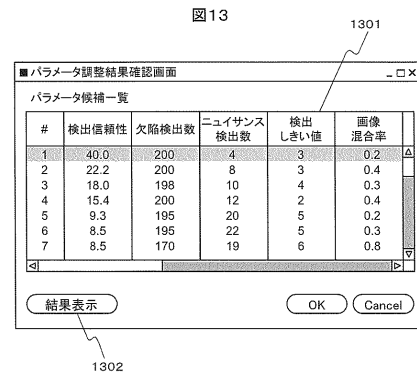
【 図 11 】



【 図 12 】

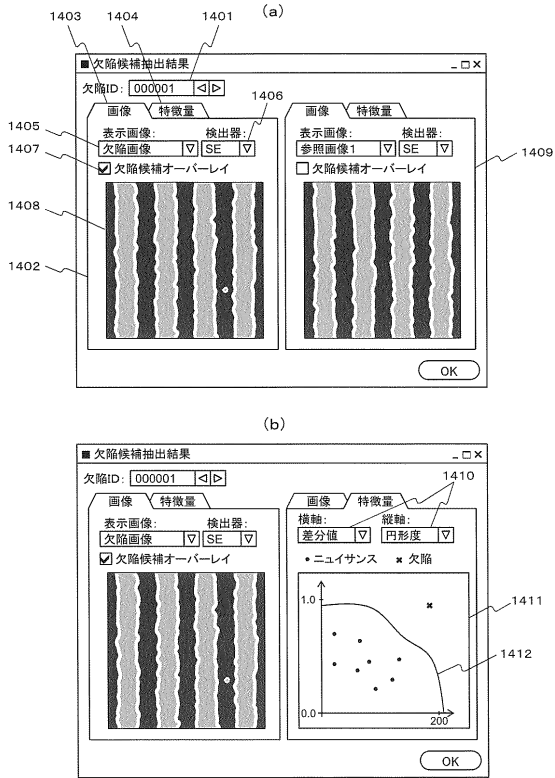


【 図 13 】



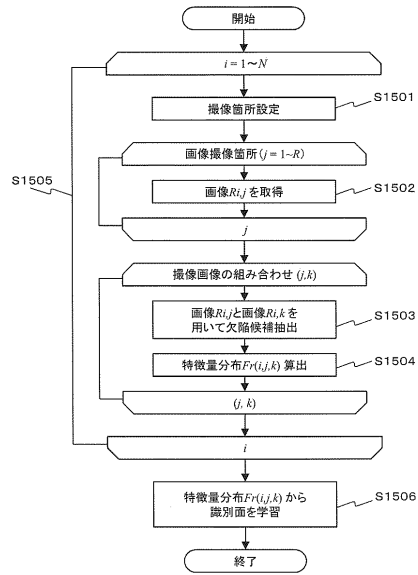
【 図 1 4 】

図14



【 図 1 5 】

図15



フロントページの続き

(72)発明者 中垣 亮

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ那珂事業所内

(72)発明者 平井 大博

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ那珂事業所内

(72)発明者 木附 洋彦

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ那珂事業所内

Fターム(参考) 2G001 AA03 BA05 BA07 CA03 FA18 GA01 GA06 HA05 HA07 JA07

KA03 LA11 MA05

2G051 AA51 AB01 AB02 EA08 EA11 EA12 EA14 EB01 EB02 EC01

ED11