

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5639797号
(P5639797)

(45) 発行日 平成26年12月10日 (2014.12.10)

(24) 登録日 平成26年10月31日 (2014.10.31)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 T 7/00 (2006.01)

G 0 6 T 7/00 3 0 0 D

G 0 6 T 1/00 (2006.01)

G 0 6 T 1/00 3 0 5 C

G 0 1 N 23/225 (2006.01)

G 0 1 N 23/225

G 0 1 B 11/00 (2006.01)

G 0 1 B 11/00 H

H 0 1 J 37/22 (2006.01)

H 0 1 J 37/22 5 0 2 H

請求項の数 14 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-150711 (P2010-150711)
 (22) 出願日 平成22年7月1日 (2010.7.1)
 (65) 公開番号 特開2012-14475 (P2012-14475A)
 (43) 公開日 平成24年1月19日 (2012.1.19)
 審査請求日 平成25年2月15日 (2013.2.15)

(73) 特許権者 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
 (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 100094271
 弁理士 渡邊 孝弘
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 牛場 郭介
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作
 所 日立研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターンマッチング方法、画像処理装置、及びコンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

設計データに基づいて形成されたテンプレートを用いて、画像上でパターンマッチングを実行する演算部を備えた画像処理装置において、

当該演算部は、複数層からなる半導体の画像と、当該画像内の複数層からなる半導体に対応する複数層の設計データに基づいて形成されたテンプレートとのパターンマッチングを実行するものであって、設計データの图案の輪郭を定義する線分によって、区分けされる内側領域、及び／又は外側領域について、エッジ部に相当する領域を除外した注目領域における前記画像の特徴量を求め、当該特徴量が所定の条件を満たす位置をマッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置と決定することを特徴とする画像処理装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記演算部は、前記内側領域、及び／又は外側領域の輝度のばらつきが所定の条件を満たす位置をマッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置と決定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記演算部は、前記輝度のばらつきを示すパラメータと、所定のしきい値との比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定

20

することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 において、

前記演算部は、前記内側領域、及び／又は外側領域の輝度に関する統計量を算出し、当該統計量と所定のしきい値との比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 において、

前記演算部は、前記内側領域、及び／又は外側領域内の輝度の変化を示すプロファイルを取得し、当該プロファイルと所定のプロファイルとの比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 6】

設計データに基づいて形成されたテンプレートを用いて、画像上でパターンマッチングを実行するパターンマッチング方法において、

複数層からなる半導体の画像と、当該画像内の複数層からなる半導体に対応する複数層の設計データに基づいて形成されたテンプレートとのパターンマッチングを実行するときに、設計データのパターンの輪郭を定義する線分によって、区分けされる内側領域、及び／又は外側領域について、エッジ部分に相当する領域を除外した注目領域における前記画像の特徴量を求め、当該特徴量が所定の条件を満たす位置をマッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置と決定することを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記内側領域、及び／又は外側領域の輝度のばらつきが所定の条件を満たす位置をマッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置と決定することを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項 8】

請求項 7 において、

前記輝度のばらつきを示すパラメータと、所定のしきい値との比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定することを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項 9】

請求項 6 において、

前記内側領域、及び／又は外側領域の輝度に関する統計量を算出し、当該統計量と所定のしきい値との比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定することを特徴とするパターンマッチング方法。

【請求項 10】

演算装置に、設計データに基づいて形成されたテンプレートを用いて、画像上でパターンマッチングを実行させるコンピュータプログラムにおいて、

当該プログラムは、前記演算装置に、複数層からなる半導体の画像と、当該画像内の複数層からなる半導体に対応する複数層の設計データに基づいて形成されたテンプレートとのパターンマッチングを実行させるものであって、パターンの輪郭を定義する線分によって、区分けされる内側領域、及び／又は外側領域について、エッジ部に相当する領域を除外した注目領域における前記画像の特徴量を演算させ、当該特徴量が所定の条件を満たす位置をマッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置と決定させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項 11】

請求項 10 において、

前記プログラムは、前記演算装置に、前記内側領域、及び／又は外側領域の輝度のばら

10

20

30

40

50

つきが所定の条件を満たす位置をマッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置として決定させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 において、

前記プログラムは、前記演算装置に、前記輝度のばらつきを示すパラメータと、所定のしきい値とを比較させ、当該比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 において、

前記プログラムは、前記演算装置に、前記内側領域、及び／又は外側領域の輝度に関する統計量を算出させ、当該統計量と所定のしきい値との比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定させることを特徴とするコンピュータプログラム。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 0 において、

前記プログラムは、前記演算装置に、前記内側領域、及び／又は外側領域内の輝度の変化を示すプロファイルを取得させ、当該プロファイルと所定のプロファイルとの比較に基づいて、前記マッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置を決定させることを特徴とするコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は走査電子顕微鏡等によって得られた画像信号を処理する画像処理装置に係り、特に画像上でのテンプレートマッチング方法、それを実現する画像処理装置、及びコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来から、対象画像において与えられた特定の形状（テンプレート）を探索する技術はテンプレートマッチングとして広く用いられている。

【0 0 0 3】

30

走査式電子顕微鏡を用いた半導体ウェハ上のパターンの計測においても、計測位置を求めるためにテンプレートマッチングが行われている。（特許文献 1 参照）計測位置の大きな位置合わせはウェハを載せたステージの移動によって行われるが、ステージの位置決め精度では電子顕微鏡の高い倍率で撮影された画像上で大きなズレが生じる。このズレを補正して正確な位置での計測を行うためにテンプレートマッチングが行われる。

【0 0 0 4】

しかし、予期しない下層パターンの写りこみにより、正しくマッチングが行われず、正しいマッチング位置を得ることができない場合がある。そのため、設計データのエッジのみを用いてマッチング処理を行う方式（特許文献 2 参照）が提案されている。この方法は設計データから得たエッジのみでマッチングを行い、その他の領域では相関演算を無視することで、下層パターンの写りこみによる相関値の低下を抑制することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 2 9 4 4 5 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 3 3 4 7 0 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

しかしながら、特許文献 2 に説明されているようなマッチング法では、エッジ部分の情

50

報のみを用いてマッチングを行っているため、例えばライン幅とスペース幅が同じ間隔で多数配列されているようなパターン（ラインアンドスペースパターン）の場合、半周期ずれた位置をマッチング位置であるとして誤認識する可能性がある。このようにパターンの種類によっては、エッジ以外の領域も利用することによって、マッチング処理を行った方がマッチングの精度を高められるものもある。更に、プロセス変動等の要因により、パターン幅が設計データと大きく異なるような場合、マッチングの精度が低下する可能性もある。

【 0 0 0 7 】

以下に、エッジの変形、或いはコントラストの変動等に依らず、高精度にパターンマッチングを行うことを目的とするパターンマッチング方法、画像処理装置、及びコンピュータプログラムについて説明する。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するための一態様として、以下に設計データに基づいて形成されたテンプレートを用いて、画像上でパターンマッチングを実行するパターンマッチング方法、或いは装置であって、パターンの輪郭を定義する線分によって、区分けされる内側領域、及び／又は外側領域について、画像の特徴量を求め、当該特徴量が所定の条件を満たした位置をマッチング位置、マッチング位置候補、或いは誤ったマッチング位置と決定するパターンマッチング方法、装置、及びコンピュータプログラムを提案する。所定の条件とは例えば、上記領域の輝度のばらつきを示すパラメータである。例えばばらつきが他の部分に対して相対的に小さい、或いは無いと判断できる領域があれば、当該判断に基づいて、マッチング位置を特定する。

20

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

上記構成によれば、エッジの変形、或いはコントラストの変動等に依らず、高精度にパターンマッチングを行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】パターンマッチング工程を説明するフローチャート。

【図 2】パターンマッチングを実行する測定、或いは検査システムの概略を説明する図。

30

【図 3】パターンの撮影画像の一例を説明する図。

【図 4】パターンの撮影画像の一例を説明する図。

【図 5】レイアウトデータ上での光学条件調整領域や測定、検査点の設定例を説明する図。

【図 6】設計データの一例を説明する図。

【図 7】SEM画像の概略説明図。

【図 8】テンプレートの作成例を説明する図。

【図 9】テンプレートから注目領域を抽出した例を説明する図。

【図 10】注目領域の変形例を説明する図。

【図 11】SEM像の内外領域を示す図。

40

【図 12】マッチング位置の選択工程の一例を説明するフローチャート。

【図 13】マッチング位置の選択工程（ステップ 1 0 3）の一例を説明するフローチャート。

【図 14】マッチング位置の選択工程（ステップ 1 0 3）の一例を説明するフローチャート。

【図 15】マッチング候補のクラスタリングに基づいて、マッチング候補を選択する例を説明するフローチャート。

【図 16】マッチングミス判定法を示したフローチャート。

【図 17】注目領域を選択的に用いたパターンマッチング法を示したフローチャート。

【図 18】差分テンプレートを用いたマッチングの概要を説明する図。

50

【図 19】プロファイルを用いたマッチング法を示したフローチャート。

【図 20】SEMの撮影シーケンスを示したフローチャート。

【図 21】マッチング候補のクラスタリングに基づいて、マッチング候補を選択する他の例を説明するフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0011】

例えば、エッジ部分を選択的に用いてパターンマッチングを行うと、下層パターンの写りこみを抑制することはできるが、エッジ以外の情報を除外しているため、パターンの変形が大きい場合、適正にマッチングが行われないケースが考えられる。図3に例示するように、SEM像上、マッチングの対象となるパターンの一部が崩れているような場合、マッチング演算に要する相関値が低下する可能性がある。図3の例では、下層パターン301は設計データに近い形状を有しているが、上層パターン302は変形している。

10

【0012】

また、図4に例示するように、相対的に縦(Y方向)に長いパターン401と、横(X方向)に長いパターン402が重なり、且つこれらパターンが、パターンの幅と同じ周期で繰り返して存在する場合、エッジ部分を選択的に用いてパターンマッチングを行うと、半周期ずれた位置でも同じエッジの形状であるため、本来のマッチング位置からずれた位置をマッチング位置と認識する可能性が有る。半導体パターンでは縦線または横線等の単調の繰り返しパターンは多く用いられ、さらにパターン301と302、及びパターン401と402のように、SEM像にいくつかの層が写り込んでいるような場合には、これらの影響の相乗効果によってマッチング成功率が低下する。

20

【0013】

また、近年、半導体デバイスパターンは複雑化と多層化が進み、パターンの歪みや崩れ等の形状変形に基づく影響も大きなものとなっており、マッチング精度を低下させる要因となっている。このようなマッチング精度の低下に対し、テンプレートの形状変形やエッジ強弱をシミュレーションやユーザーが手動で設定しマッチング成功率の向上を行うことが考えられるが、計算コストの増加やマンパワーの不足が懸念される。

【0014】

以下に、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも1つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量としきい値を比較してマッチング位置を決定するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

30

【0015】

また、他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも1つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づくプロファイルを算出するステップと、前記プロファイルの形状と所定のプロファイルを比較してマッチング位置を決定するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

40

【0016】

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも1つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量を少なくとも2つ以上の候補点について算出し、前記統計量の比較を行うことでマッチング候補を選択するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

50

【 0 0 1 7 】

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも一つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量を少なくとも2つ以上の候補点について算出し、前記統計量としきい値の比較を用いてクラスタリングするステップと、前記クラスタリングによって得られたクラス内からマッチング正解候補を選択するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

【 0 0 1 8 】

10

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも一つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量を少なくとも2つ以上の候補点について算出し、前記統計量の比較に基づいてクラスタリングするステップと、前記クラスタリングによって得られたクラス内からマッチング正解候補を選択するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

【 0 0 1 9 】

20

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも1つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量としきい値の比較によってマッチングの誤りを判定するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

【 0 0 2 0 】

30

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも1つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量を少なくとも2つ以上の候補点について算出し、前記統計量の比較を行うことでマッチングの失敗を判別するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

【 0 0 2 1 】

40

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも一つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量を少なくとも2つ以上の候補点について算出し、前記候補点についてクラスタリングを行うべきかを判定するステップと、前記統計量としきい値または統計量同士の比較を用いてクラスタリングをするステップと、前記クラスタリングによって得られたクラス内からマッチング正解候補を選択するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

【 0 0 2 2 】

50

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも一つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量を少なくとも2つ以上の候補点について算出し、前記統計量によってクラスタリング手法を変更するステップと、前記統計量としきい値または統計量同士の比較を用いてクラスタリ

ングをするステップと、前記クラスタリングによって得られたクラス内からマッチング正解候補を選択するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

【0023】

なお、上記クラス内からマッチング正解候補を選択するステップとして、前記クラスのマッチング候補から前記統計量を用いて1つのマッチング候補を選択する例についても説明する。

【0024】

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも1つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップと、前記統計量としきい値または2つ以上の統計量の比較結果と、画像相関の結果に基づいてマッチング位置を特定するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。

10

【0025】

なお、上記クラス内からマッチング正解候補を選択するステップとして、前記クラス内のマッチング候補から画像相関の結果を用いて1つのマッチング候補を選択する例についても説明する。また、上記クラス内からマッチング正解候補を選択するステップとは、前記クラス内のマッチング候補から前記統計量及び画像相関の結果に基づいて1つのマッチング候補を選択する例についても説明する。

20

【0026】

また、更に他の態様として、電子デバイス等を撮影した画像と、設計データに基づいて形成された基準パターンとの間でパターンマッチングを行う手法において、基準パターンの内部または外部に対応する前記画像上の少なくとも1つ以上の画像領域を特定するステップと、前記画像領域を用いてマッチング位置を決定するステップを有するパターンマッチング法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムを詳細に説明する。なお、上記画像領域を用いてマッチング位置を決定するステップとして、画像相関演算を行うステップまたは、前記画像領域の輝度に基づく情報の統計量を算出するステップまたは、前記画像領域の輝度に基づくプロファイルを算出するステップのうち少なくともどれか一つを有する例についても説明する。なお、上記画像領域を用いてマッチング位置を決定するステップとして、画像相関演算に基づく値および、前記画像領域から得られる統計量の比較結果および、前記画像領域から得られるプロファイルの比較結果のうち少なくとも1つに基づいてマッチング位置を決定する例についても説明する。

30

【0027】

また、上記プロファイルの形状と所定のプロファイルを比較してマッチング位置を決定するステップとして、任意のプロファイルまたは設計データに基づいて与えられるプロファイルと、前記プロファイルを比較してマッチング位置を決定する例についても説明する。

【0028】

また、前記方法を実行するか否かを決定するためのユーザーインターフェイスについても説明する。

40

【0029】

上記した手法によれば、複雑パターンや多層パターンに対して、マッチング成功率を向上させることができる。また計算コストの上昇は僅かであり、再検査の時間が大幅に減少するため全行程の必要時間短縮につながる。また、マッチング成功率が向上することにより、ユーザーの手間が減り運用性が向上する。

【0030】

図1は、テンプレート作成工程、及びパターンマッチング工程を説明するフローチャートである。以下に説明するパターンマッチング法は、設計データの解析とテンプレート生

50

成を行うステップ（ステップ１０１）と設計データを用いた内外情報の解析を行うステップ（ステップ１０２）と、内外情報の解析結果に基づくマッチング位置の選択を行うステップ（ステップ１０３）を含んでいる。

【００３１】

以下の実施例では、主に設計データに基づいて得られるパターンを定義する線分で分けられる領域（パターンの内部、或いは外部）に現れる特徴量を選択的に評価し、当該特徴量が所定の条件を満たす位置をマッチング位置として決定するマッチング方法、これを実現する装置、及びコンピュータプログラムについて、図面を用いて説明する。

【実施例１】

【００３２】

本実施例におけるパターンマッチング法は、半導体デバイスの測定や検査を行うシステムに適用することができる。例えば半導体デバイスの測定、或いは検査工程では、設計データと半導体デバイス上に形成されたパターンの寸法の計測や、欠陥の検査等が行われる。本実施例では、測定や検査を行う部位を含む設計データを利用して、測定、検査位置を特定するためのパターンマッチングに適用されるテンプレートを作成する例について説明する。なお、以下の説明では走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：以下、SEM）で撮影した画像から、所望のパターンを探索する例を例示するが、これに限られることはない。例えば他の画像形成装置（例えば荷電粒子線装置の一種である集束イオンビーム（Focused Ion Beam：FIB）装置）によって得られた画像から、所望のパターンを探索する際にも適用が可能である。

【００３３】

設計データを半導体回路の設計図である。設計データは例えばGDSフォーマットやOASISフォーマットなどで表現されており、所定の形式にて記憶されている。なお、設計データは、設計データを表示するソフトウェアがそのフォーマット形式を表示でき、図形データとして取り扱うことができれば、その種類は問わない。本実施例にて説明する画像処理装置は、画像形成装置の一種であるSEMの制御装置と一体であっても良いし、SEMによって得られた画像信号を蓄積する記憶媒体を備え、当該画像信号上にてマッチングを実行するプログラムを実行するプロセッサ、或いは専用のプロセッサを備え、SEMとはネットワーク等を経由して接続される別体のコンピュータであっても良い。

【００３４】

図２は、パターンマッチングを実行する測定、或いは検査システムの概略を説明する図である。電子光学系２０２は、電子線（一次電子）２０４を発生する電子銃２０３と、該電子銃２０３から引出電極２０５によって引き出された電子線２０４を収束させるコンデンサレンズ（図示せず）と、収束された電子線２０４を偏向させる偏向器２０６と、二次電子を検出するためのE×B偏向器２０７と、収束された電子線を半導体ウェハ２０１上に結像させる対物レンズ２０８とを備えて構成される。

【００３５】

半導体ウェハ２０１は、XYステージ２１７上に載置される。その結果、偏向器２０６および対物レンズ２０８は、XYステージ２１７上に載置された半導体ウェハ２０１上の任意の位置において電子線が焦点を結んで照射されるように、電子線の照射位置と絞りとを制御する。ところで、XYステージ２１７は半導体ウェハ２０１を移動させ、該半導体ウェハ２０１の任意位置の画像撮像を可能にしている。

【００３６】

そのため、XYステージ２１７により観察位置を変更することをステージシフト、偏向器２０６により電子線を偏向して観察位置を変更することをビームシフトと呼ぶ。一方、電子線が照射された半導体ウェハ２０１からは、２次電子と反射電子が放出され、２次電子は２次電子検出器２０９により検出される。一方、反射電子は反射電子検出器２１０、２１１により検出される。

【００３７】

なお、反射電子検出器２１０と２１１とは互いに異なる位置に設置されている。２次電

10

20

30

40

50

子検出器 209 および反射電子検出器 210, 211 で検出された 2 次電子および反射電子は A/D 変換器 212, 213, 214 でデジタル信号に変換され、処理制御部 215 に入力されて画像メモリ 252 に格納され、CPU 251 や画像処理ハードウェア等で目的に応じた画像処理を行って回路パターンの測長が行われる。

【0038】

即ち、処理制御部 215 は、後述の撮影レシピ作成部 225 で作成された、パターンの測長手順を示す撮像レシピを基に測長ポイントを撮像するために、ステージコントローラ 219 や偏向制御部 220 に対して制御信号を送り、さらに半導体ウェハ 201 上の観察画像に対し各種画像処理を行う等の処理及び制御を行ってパターンマッチングによる位置決めを行う。

【0039】

なお、処理制御部 215 は、光学顕微鏡（図示せず）等で半導体ウェハ 201 上のグローバルアライメントマークを観察することにより半導体ウェハ 201 の原点ずれやウェハの回転を補正するグローバルアライメント制御も含めて XY ステージ 217 の位置及び移動を制御するステージコントローラ 219 と、偏向器 206 を制御して電子線のビームシフト（ビーム偏向）を制御する偏向制御部 220 と、対物レンズ 208 を制御してフォーカス制御するフォーカス制御部 221 とに接続される。さらに、処理制御部 215 は、入力手段を備えたディスプレイ 216 と接続してユーザーに対して画像や測長結果等を表示する GUI（Graphcal User Interface）等の機能を有することになる。なお、反射電子像の検出器を 2 つ備えた実施例を示したが、前記反射電子像の検出器の数を増やすことも減らすことも可能である。また、処理制御部 215 における制御の一部又は全てを、CPU や画像の蓄積が可能なメモリを搭載した電子計算機等に割り振って処理・制御することも可能である。

【0040】

処理制御部 215 は、更に回路パターンの座標、該座標に相当する位置決め用の設計データのテンプレート及び SEM 観察の撮像条件（撮像倍率や画質等を含む）の情報等を含む撮像レシピを作成する撮影レシピ作成部 225 とネットワークまたはバス等を介して接続される。撮影レシピ作成部 225 は、設計データを取得するために、EDA（Electronic Design Automation）ツールなどの設計システム 230 とネットワーク等を介して接続される。撮影レシピ作成部 225 は、測長すべきウェハ上の撮影ポイントの情報から、設計データを利用して撮影レシピを作成するものであり、例えば特開 2006-351714 号公報に開示されている撮影レシピ作成装置がこれに相当する。設計データから撮影レシピを作成する概念は古くから提案されているものであり、設計データから撮影レシピを生成する方法、装置についてこれを限定するものではない。撮影レシピの作成は一般的に CPU、メモリ等を搭載した電子計算機のソフトウェア処理や CPU、ASIC、FPGA、メモリ等を搭載したハードウェア処理で実行する。

【0041】

なお、設計システム 230 に替えて、露光シミュレーターを撮影レシピ作成部 225 に接続し、パターンの輪郭を示す線分情報を、撮影レシピ作成部 225 に読み込ませるようにしても良い。後述するように、本実施例では、パターンの内側及び／又は外側の情報を選択的に抽出して、特徴量を評価することによって、マッチング位置を決定するものである。GDS データに含まれるパターンのレイアウトデータの線分は、パターンの理想形状を示すものであるが、実際に形成されるパターンは必ずしもレイアウトデータと一致するとは限らない。よって、実パターンの形状により近い形状を有するシミュレーションに基づくパターン線分を、パターンの内側及び／又は外側の境界線として定義することで、マッチング精度をより高めることが可能となる。なお、シミュレーションデータも設計データに基づいて形成される。

【0042】

次に、ウェハ上の任意の測長ポイント（以下、EP）を観察するための撮像シーケンスについて図 20 を用いて説明する。また、図 5 は、レイアウトデータ上での光学条件調整

10

20

30

40

50

領域や測定，検査点の設定例を説明する図であり、設計レイアウト501上のEP505に対するアドレッシングポイント（以下、AP）503，オートフォーカスポイント（以下、FP）502，スティグマ補正ポイント（以下、SP）506，ブライトネス，コントラスト調整ポイント（以下、BP）504、の設定例を示した図である。撮像シーケンスにおける撮像箇所ならびに撮像条件（撮像倍率や画質等を含む）、更にEPにおける測長条件は、設計データと測長ポイントの情報に基づき、撮像レシピとして撮影レシピ作成部225で作成されて例えば記憶装置223に記憶されて管理される。

【0043】

まず、半導体ウェハ201をXYステージ217上に取り付ける（ステップ2001）。次に、光学顕微鏡（図示せず）等で試料上のグローバルアライメントマークを観察することにより処理制御部215は試料の原点ずれや回転ずれを算出し、これらのずれ量を基にステージコントローラ219を介してXYステージ217を制御することによって、試料の座標ずれ等を補正する（ステップ2002）。次に、処理制御部215は、XYステージ217を移動して、撮影レシピ作成部225で作成された撮像ポイントの座標及び撮像条件に従って、撮像位置をAPに移動してEP撮像時よりも低倍の撮像条件で撮像する（ステップ2003）。

【0044】

ここでAPについて説明を加えておく。APを用いた位置同定を行うことなく、直接EPに視野を位置づけようとした場合、ステージの位置決め精度等の理由により観察箇所がSEMの視野からずれてしまう可能性がある。よって、予め位置決め用として撮影レシピ作成部225で作成され、且つ記憶装置223に登録されると共に、その座標が既知であるAPの画像を用意しておく。処理制御部215では、予め撮影レシピ作成部225で作成されて記憶装置223に登録されたAPにおける設計データテンプレートと、SEMによって取得されたAPを含む領域のSEM画像との間との間でマッチングを実行することで、設計データテンプレートの中心座標と、実際のAPを含む画像とのずれベクトルを検出する。次に、処理制御部215は、設計データテンプレートの座標と、EPの座標との相対ベクトルから、上記検出されたずれベクトルを差し引いた分だけ、偏向制御部220を介して偏向器206を制御してビームシフト（ビームの入射方向を傾けて照射位置を変更）をさせて、撮像位置を移動してEPの画像取得を行う。一般的にビームシフトの位置決め精度は、ステージの位置決め精度よりも高いため、高精度に位置決めを行うことができる。以上のように、APを設けておくことにより、ステージの位置決め精度等に依らず、高精度な位置決めが可能となる。

【0045】

次に、処理制御部215の制御及び処理に基づいて、ビームシフトにより撮像位置をFPに移動し、当該FPを撮像してオートフォーカスのパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいてオートフォーカスを行う（ステップ2004）。

【0046】

次に、処理制御部215の制御及び処理に基づいて、ビームシフトにより撮像位置をSPに移動して撮像して非点収差補正のパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいて自動非点収差補正（オートスティグマ補正）を行う（ステップ2005）。

【0047】

次に、処理制御部215の制御及び処理に基づいて、ビームシフトにより撮像位置をBPに移動して撮像してブライトネス&コントラスト調整のパラメータを求め、該求められたパラメータに基づいて自動ブライトネス&コントラスト調整を行う（ステップ2006）。

【0048】

なお、前述したステップ2003，2004，2005，2006におけるアドレッシング，オートフォーカス，オートスティグマ，オートブライトネス&コントラストは場合によって、一部あるいは全てを省略することができる。ステップ2003，2004，2005，2006の順番を入れ替えたり、座標を重複したりすることも可能である（例え

10

20

30

40

50

ばオートフォーカス，オートスティグマを同一箇所で行う）。

【 0 0 4 9 】

最後に、処理制御部 2 1 5 の制御及び処理に基づいてビームシフトにより撮像位置を E P に移動して撮像し、記憶装置 2 2 3 に登録された E P における設計データテンプレートと前記観察した E P の S E M 画像とのマッチングを行って、S E M 画像内における測長ポイントのシフト量を算出する（ステップ 2 0 0 7）。測長は撮像レシピによって与えられた設計データ上の測長点について行われる。

【 0 0 5 0 】

次に設計データについてその 1 例を説明する。図 6 は設計データのイメージ図である。設計データは一般的に E D A ツールによって設計され、ベクトル情報，画像情報，テキスト情報、或いはこれら情報の組み合わせ情報を有している。

10

【 0 0 5 1 】

設計データには半導体デバイスの回路図が書かれている。半導体上で回路一本に相当する情報を合わせて 1 ラインと呼称するものとする。設計データは少なくとも 1 ライン以上の回路情報を持つ。設計データに書かれている回路図には多層構造となっているものがあり、ここでは各層をレイヤーと呼称することとする。設計データがレイヤーを判別できる形式で与えられている場合、上部レイヤーに当たるものを上層 6 0 1、上層レイヤーの下部に書かれるものを下層 6 0 2 と呼ぶ。各層これらは回路エッジ 6 0 3 情報と閉図形の内部（6 0 4，6 0 5）であるか閉図形の外部 6 0 6 であるかを示す内外情報を持つ。

【 0 0 5 2 】

20

以下に説明する実施例では、閉図形、或いはパターンを形成する線分によって区分される領域に関する情報に基づいて、マッチング領域を設定するマッチング法について説明する。上述の区分領域については後述するが、内外情報と領域に関する情報は同様のものであってもよい。内外情報はベクトルデータならば閉図形の描画方向，画像データならばセルの輝度等によってあらわすことができる。設計データの仕様は設計方法によって異なり、図 6 に例示するレイアウトの特徴と必ずしも一致するものではない。

【 0 0 5 3 】

また、設計データにはレイヤーが 2 層以上存在する場合もある。以下に説明する実施例は設計データの書式にかかわらず有効なものである。さらに、O P C (Optical Proximity Correction) 付きマスクデータや、製造プロセスに要するプロセスデータも設計データとして取り扱うことができる。

30

【 0 0 5 4 】

図 7 に S E M を用いて撮影した回路パターンの画像（以下、S E M 像）の特徴を概略図で示す。図 7 の右図と左図を比較すると、同じパターンの S E M 像であったとしても、プロセス条件の変化や電子顕微鏡の光学条件の変化等、種々の要因によって、輝度が変化する場合がある。例えば、パターンに対する背景部分である部分 7 0 1 と部分 7 0 2 とでは、同じ場所であるにも関わらず、コントラストが逆転している。

【 0 0 5 5 】

S E M 像のエッジ部 7 0 3 は、エッジ効果の影響により、一般的に輝度が高くなる。この部分は通常ホワイトバンドと呼ばれる。以上のような原理に基づいて形成されるホワイトバンドの長さ，幅は設計データや出来栄によってまちまちである。一方、ホワイトバンド以外の領域であって、ホワイトバンドで包囲される領域、或いは当該領域の外側領域は、ノイズの影響を受けるものの、その領域内における輝度変化が、小さくなる（フラットになる）特徴を持つ。より具体的には、パターン内部、或いは外部領域内での輝度変化は、異なる複数の部材を包含する領域、或いはエッジ部を含む領域と比較すると、相対的にその領域内部における輝度変化が小さい。

40

【 0 0 5 6 】

また、S E M 像は 2 つ以上のレイヤーが表示されることがある。図 7 に例示する S E M 画像上で、一番上層にあるパターン（S E M 画像上、他のパターンに隠されていないパターン）を上層 7 0 4 とする。

50

【 0 0 5 7 】

上層 7 0 4 のパターンと一部が重畳し、且つ上層 7 0 4 の下層に配置されるパターン（下層 7 0 5）は、S E M 画像上、その重畳部分が表示されないことが一般的である。

【 0 0 5 8 】

一般的に昨今の半導体デバイスは多層構造であり、下層のパターン（下層 7 0 5）の更に下層にパターンが存在する場合もある。このように下層パターン同士が重なっている場合も、下層側のパターンの一部が、S E M 画像に表示されない。

【 0 0 5 9 】

S E M 像と、設計データの対応付けによって、特定が可能なパターン内部領域（以下、パターン内部）、パターン外部領域（以下、パターン外部）、エッジ部の 3 領域は、画像の特徴量が異なり、本実施例では、この 2 以上の領域間の特徴量の違いに基づいて、パターンマッチングを行う手法を説明する。なお、以下に主として上層パターンと下層パターンの 2 層からなるパターンに対するマッチング法について説明するが、本実施例におけるマッチング法は、単層（1 層）以上のパターンが存在すれば、適用が可能である。

【 0 0 6 0 】

上述のように、S E M 像は種々の要因によってコントラストが逆転する場合がある。そのため輝度情報やコントラストを基準としたマッチング法の適用が困難である。そこで、図 8 に例示する設計データからエッジ部 8 0 1 に幅を持たせる処理を行うことによって、設計データテンプレート（以下テンプレート）を作成し、ホワイトバンドを有する S E M 像とのマッチング用テンプレートとすることが考えられる。ホワイトバンドはある程度の幅を持っているため、上記処理を施すことによって、S E M 像と設計データとの特徴量の乖離を抑制することができる。

【 0 0 6 1 】

以下に、パターンの内部情報及び／又は外部情報に基づいて、マッチングを実施する手法の具体例について説明する。本例では、先ず図 9 に例示するように、設計データからエッジ部に相当する領域を除外し、パターンの内部領域を抽出する処理を行う。当該抽出された領域を、注目領域 9 0 1 とする。またここで、設計データ上でパターンの内部に当たる部分を内部領域、外部に当たる部分を外部領域と定義する。注目領域の抽出は、設計データから手動または自動解析を用いて得ることが可能である。なお、注目領域は画像上に書かれた線、または面であり、パターンマッチングを行うために指標とするパラメータによって、その形状は可変である。

【 0 0 6 2 】

例えば図 1 0 のように、得られた注目領域に対する拡大処理を行うことによって、拡大パターン 1 0 0 2 を形成すること、縮小処理を行うことによって、縮小パターン 1 0 0 3 を形成すること、細線化処理を行うことによって、細線 1 0 0 4 を形成すること、ベクトル化処理によってベクトルデータ 1 0 0 5 を形成すること等が考えられる。これらの領域を注目領域として定義することもできる。また、外部領域に上記処理を施すことによって、外部の注目領域 1 0 0 6 を形成するようにすることもできる。以後、内外情報を取得する場合、前提が無ければ全て注目領域より取得するものとする。

【 0 0 6 3 】

注目領域は設計データに記述された回路内に含まれるパターン毎に 1 つ抽出することが可能であるため、複数個の注目領域を抽出することもできる。注目領域を得る手法は上記に限定するものではない。また、図 9 及び図 1 0 に例示する注目領域は多層のパターンを含んでおり、部分的に下層の注目領域が上層に隠されている。しかし上層、下層の注目領域は独立に得る事もできる。その場合下層の注目領域上層のエッジ部と内部領域を除いた形状で取得する。

【 0 0 6 4 】

次に上記注目領域を抽出した設計データに対応する S E M 像の概要について説明する。図 1 1 は S E M 画像のパターン内外領域を示したものである。上層内部領域 1 1 0 1，下層内部領域 1 1 0 2，外部領域 1 1 0 3 の定義はそれぞれ、対応する設計データの上層内

10

20

30

40

50

部 6 0 4 , 下層内部 6 0 5 , 外部 6 0 6 に対応するものである。またこれらの定義は設計データの与え方によって変化する。

【 0 0 6 5 】

上記注目領域の情報を取得するステップとは、設計データの解析とテンプレート生成 1 0 1 に内包されるものである。ただし、実施順序は限定せず、前後にどのようなステップを実施しても良い。

【 0 0 6 6 】

本実施例にて説明する手法では、上記注目領域について、当該領域の指標値を選択的に求め、当該指標値に基づいてマッチング位置を特定する。その一態様として、或る注目領域固有の指標値が所定の条件を満たすか否かの判断に基づいて、マッチング位置を特定する。例えば、マッチングの際に、テンプレートと S E M 像を重ね合わせ、注目領域での各画素の輝度や周辺の傾き等の少なくとも 1 つの情報を得る。例として得た情報を輝度とする。取得した輝度情報について、最大値、最小値、平均値、標準偏差、分散、画素周辺の微分値、輝度ピークの数、注目領域の輝度波形等、指標となる 1 つ以上のパラメータ（以下指標値）の演算を行う。この演算結果に基づいて、マッチングが実行される。ここで最大値、最小値、平均値、標準偏差、分散等を統計量、輝度ピークの数、輝度波形等を分析結果として、実施例を説明する。なお、指標値は注目領域の特徴に応じて任意に選択することが望ましい。また、統計量、プロファイルに含まれるパラメータは、上述の例に限られることはない。

【 0 0 6 7 】

上記注目領域での各画素の輝度や周辺の傾き等の少なくとも 1 つの情報を取得するステップは、設計データを用いた内外情報の解析 1 0 2 に内包されるものである。ただし、実施順序は限定せず、前にステップ 1 0 1 を実施してあれば良い。

【 0 0 6 8 】

次に、注目領域の特徴量を用いたテンプレートマッチングの概要について説明する。

【 0 0 6 9 】

図 1 に例示するように、設計データからテンプレートと注目領域を生成するステップ（ステップ 1 0 1 ）と、任意位置での注目領域と重ね合わされた S E M 像の輝度を取得し解析するステップ（内部情報の解析ステップ：ステップ 1 0 2 ）とを実行した後、内部情報の解析結果に基づくマッチング位置の選択を行う（ステップ 1 0 3 ）ことが、本実施例におけるテンプレート作成から、作成されたテンプレートによってマッチングを行うまでの一連の工程であるが、ステップ 1 0 3 では、具体的に以下のような処理が行われる。図 1 2 は、マッチング位置の選択工程（ステップ 1 0 3 ）の一例を説明するフローチャートである。

【 0 0 7 0 】

ステップ 1 2 0 1 では、解析結果（例えば注目領域の輝度値の標準偏差）が最小となる位置を選択することによって、マッチング位置を特定する。このステップでは、例えば注目領域の輝度の標準偏差を演算する。例えば、標準偏差を指標値 I と仮定する。注目領域内では輝度の変化がフラットに近づく傾向にあるためしきい値をゼロとする。指標値 I が最もしきい値に近いマッチング位置を取得し、マッチング正解位置とする。しきい値は任意に与えられる値であり、指標値 I は標準偏差に限定されるものではない。またノイズによる影響を除去するため S E M 画像にフィルタリングを行い、ノイズの影響を十分に小さくしておく等の工程を含んでも良い。

【 0 0 7 1 】

図 1 2 に示すような工程を経ることによって、パターン内部、或いは外部の特徴量に応じて正確なマッチングを行うことが可能となる。注目領域について、上記のような指標値 I の情報を有するテンプレートによって、S E M 画像上の被サーチ領域内の解析を行うと、例えばパターンエッジや下層のパターンの線分と、パターン内部の双方が、注目領域内に含まれると、当該エッジ部分等は、パターン内部に比べると輝度が高いため、注目領域内で輝度がばらつく。一方、注目領域とパターン内部領域が一致すると、上述のように、

パターン内部は輝度の変化が少ないため、標準偏差はゼロに近い値となる。以上のように、パターン内部の特徴を用いた解析を行うことによって、それ以外の特徴を持つ部分との識別を高精度に行うことが可能となる。本例は、マッチング位置以外にパターンのエッジ等が混在し、形状的にユニークな部分が存在しないような場合にマッチングの成功率を高めることができる。

【 0 0 7 2 】

図 1 3 は、マッチング位置の選択工程（ステップ 1 0 3）の他の例を説明するフローチャートである。本例では、マッチングスコアと内部情報の解析結果の双方を利用してマッチング位置を選択する。具体的には、画像相関演算を行い得られた各マッチング位置におけるスコア F と、注目領域の内部解析結果における統計量とを用いて指標値 I を生成するステップ（ステップ 1 3 0 1）と、前記指標値 I が最適となるマッチング位置を選択するステップ（ステップ 1 3 0 2）を含んでいる。ステップ 1 3 0 1 における指標値 I の演算例を以下に説明する。本例では上記統計量を標準偏差 S とした。先に説明した通り、SEM 像のエッジ部分以外ではノイズを除けばその輝度変化はフラットとなる特徴を持つ。もし、相関値演算に基づくマッチングに成功しているならば、 S の理想値はゼロである。逆にマッチングに失敗していた場合、注目領域は輝度がフラットでない部分（他層内外やエッジ部分）が注目領域に含まれていることになるため、輝度にばらつきが生じ、標準偏差 S は大きくなる。そこで、スコア F を標準偏差 S で割った値を指標値 I （ $= F / S$ ）とする。

【 0 0 7 3 】

このとき、指標値 I が最大となるようなマッチング位置をマッチング正解位置とする。このような指標値 I の算出方法は上記の計算式に限定しない。

【 0 0 7 4 】

図 1 4 は、マッチング位置の選択工程（ステップ 1 0 3）の更に他の例を説明するフローチャートである。本例では、マッチングスコアを用いた判定によって候補点を選択し、当該候補点について、統計量等を用いて最適なマッチング位置を選択する。本例では、画像相関演算の後、正規化相関を用いて、スコア F が高いマッチング位置から順に、任意のしきい値を満たす 1 つ以上の候補点を取得するステップ（ステップ 1 4 0 1）と、取得された 1 以上の候補点に対して、内外情報として得た統計量から最適マッチング位置を選択するステップ（ステップ 1 4 0 2）を含んでいる。

【 0 0 7 5 】

なお、上記しきい値は、例えば最大スコアの 8 0 % をスコア F とすることが考えられる。即ち所定値以上のスコアを持つ部分を候補点として定義する。最大スコアの 8 0 % をしきい値とする場合、マッチング位置 M について、 $M \geq 0.8 F$ を満たすマッチング位置 M を候補点とする。このようにして抽出された候補点について、統計量を用いた注目領域の判定を行うことで、最終的なマッチング位置を絞り込む。本例では、統計量を輝度の標準偏差 S とする。これら候補点について、注目領域での輝度変化はフラットであるという仮定のもとに輝度の標準偏差を比較し、前記標準偏差が最も小さくなる候補をマッチング位置とする。

【 0 0 7 6 】

なお、本例においても上記しきい値は任意に決定されるものであり、候補点の選出方法は、上記したスコアが 8 0 % 以上と言う条件に限定されるものではない。また輝度の標準偏差は、統計量の一般例の 1 つであり、これに限定されるものではない。また、クラスタリング手法は上記に限定されるものではない。例えば k - $means$ 法や最短距離法などの既知のクラスタリング手法を用いても構わない。また候補点の持つ特徴量同士を相対的に比較するクラスタリング手法を用いても良い。

【 0 0 7 7 】

図 1 3，図 1 4 に例示するマッチング法によれば、画像相関等による第 1 のマッチング法と、上述した注目領域の特徴量判定に基づく第 2 のマッチング法を併用することになるため、より高精度なマッチングを行うことができる。特に、一方のマッチング法で他方の

10

20

30

40

50

マッチング候補の選択肢を絞り込むことができるため、マッチングエラーの抑制に効果がある。

【 0 0 7 8 】

また、ステップ 1 4 0 2 において、マッチング候補のクラスタリングに基づいて、マッチング候補を選択する例を図 1 5 のフローチャートを用いて説明する。図 1 5 のフローチャートは、マッチング候補のクラスタリングが必要かどうかを判別するステップ（ステップ 1 5 0 1）と、クラスタリングを実行する場合に、統計量からクラスタリング手法を選択するステップ（ステップ 1 5 0 2）と、統計量を用いたクラスタリングを行うステップ（ステップ 1 5 0 3）と、クラスタリングの結果から最適なクラスを選択するステップ（ステップ 1 5 0 4）と、最適クラス内でさらにクラスタリングを行うかを選択するステップ（ステップ 1 5 0 5）と、クラス内からマッチング位置を選択するステップ（ステップ 1 5 0 6）を含んでいる。

10

【 0 0 7 9 】

ステップ 1 5 0 1 は、たとえば統計量の平均値から $\pm 10\%$ 以内にすべての候補点が入っているならば、クラスタリングの必要は無いと判定するステップである。統計量のばらつきが小さいときにノイズ等の影響で、うまくクラスタリングが行えないと考えられる場合に、マッチング位置を候補点のクラスタリングによって求めるべきかを判別するステップである。ステップ 1 5 0 1 における判別方法は任意に設定してかまわない。また、統計量等から自動的に設定しても良い。

【 0 0 8 0 】

20

ステップ 1 5 0 2 は、指標とする統計量やクラスタリング手法を決定するステップである。たとえば、指標値を標準偏差とした場合、標準偏差の平均値でクラスタリングを行う方法と、標準偏差の最大値と最小値のどちらに近いかでクラスタリングを行う方法の、どちらを使うかを選択する手法である。最大値と最小値がステップ 1 5 0 1 で十分に離れていると判定できるならば、標準偏差の最大値と最小値のどちらに近いかでクラスタリングを行うことを選択する、というステップである。また、使用する統計量にあわせて、クラスタリング手法を選択するステップである。

【 0 0 8 1 】

ステップ 1 5 0 3 は、たとえば標準偏差の最大値と最小値のどちらに近いかで候補点を二つにクラスタリングするステップである。ステップ 1 5 0 4 は、たとえば注目領域を上層内部としたとき、その標準偏差は小さくなるという特徴を利用して、ステップ 1 5 0 4 で得た結果に基づいて、最小値に近い候補点クラスを正解候補である最適なクラスとするステップである。

30

【 0 0 8 2 】

ステップ 1 5 0 5 は、再度クラスタリングを行うかを選択するステップである。たとえば前記最小値に近い候補点クラス内で標準偏差を調べ、クラス内での標準偏差の最大最小の差が任意の値より大きいならば再度クラスタリングを行う。最大最小の差が任意の値より小さいならば再度クラスタリングを行わない。この 2 つの処理のどちらを実行するかを判別するステップである。ステップ 1 5 0 6 は、たとえばクラス内でスコアが最大になる候補をマッチング位置とするステップである。クラスタリング手法および、クラスタリング実行判定手法および、指標値はどのようなものを用いてもかまわない。

40

【 0 0 8 3 】

図 2 1 は、図 1 5 におけるクラスタリング実行判定ステップ（ステップ 1 5 0 1）を実施せずに、候補点から統計量を用いて最適マッチング位置を選択する工程を説明するフローチャートである。

【 0 0 8 4 】

図 2 1 に例示するフローチャートは、再クラス分けを行うかどうかを判定するステップ 2 1 0 1 を含む。ステップ 2 1 0 1 では再クラス分けの実行判定を行う。たとえば、ステップ 1 5 0 2 からステップ 2 1 0 1 間のステップを n 回行うため、現在が何回目かを判断するステップである。ここで n は 0 から候補点数まで値を持ち、 $n = 0$ の場合クラスタリ

50

ングを行う前のマッチング候補をステップ 1 5 0 6 へ出力する。再クラスタリングを行う回数 n は人間が指定しても構わないし、候補点群の何かしらの特徴から、自動的に算出しても構わない。

【 0 0 8 5 】

また、ステップ 2 1 0 1 の再クラス分けの実行判定は、クラスタリング結果の妥当性を判断しても良い。たとえば、クラス分け前のクラスと、クラス分け後のクラス群を、統計量基準や、情報量基準や、ヒストグラムや、しきい値などを用いて、相互または絶対比較を行う。たとえばクラスタリング結果の妥当性の判断手法として公知技術であるベイズ情報量基準を用いる。クラス分けが妥当であるならば、最適クラスの再クラス分けを行う。クラス分けが妥当でないならば、クラス分け前のクラスをステップ 1 5 0 6 へ出力する。再クラス分けの実行判定手法は上記以外のどのようなものを用いても構わない。

10

【 0 0 8 6 】

上記詳述したパターンマッチング法は、図 2 で示した画像処理機能を持つ電子顕微鏡や画像処理装置に、専用の画像処理プロセッサ、或いは汎用の演算プロセッサを動作させるコンピュータプログラムとして搭載することができ、パターンの内外情報（例えば上層内部 6 0 4 , 下層内部 6 0 5 , 外部 6 0 6 ）を選択的に用いることによって、テンプレートと S E M 像のマッチングを高速に行うことができる。また、画像相関演算と合わせることでマッチング成功率を向上させることができる。さらに、マッチングに必要な情報は設計データと S E M 像から求めることができるため、ユーザーへの負担を低減させることができる。

20

【 実施例 2 】

【 0 0 8 7 】

また、上述した注目領域の特徴量判定法は、マッチングミス判定法として用いることができる。図 1 6 はマッチングミス判定法の一例を説明するフローチャートであり、図 1 に例示したステップ 1 0 2 を実行した後、解析結果としきい値を比較するステップ（ステップ 1 6 0 1 ）、または 2 つ以上の解析結果を比較するステップ（ステップ 1 6 0 2 ）、及び比較結果からマッチング失敗を判定するステップ（ステップ 1 6 0 3 ）を実行する。

【 0 0 8 8 】

ステップ 1 6 0 1 , 1 6 0 2 , 1 6 0 3 について、詳細に説明する。ステップ 1 0 2 で得られる解析結果は、統計量で与えられるものとし、ここでは標準偏差 S とする。マッチングに成功しているならば S の理想値はゼロである。ステップ 1 6 0 1 では標準偏差 S と、任意に与えられるしきい値を比較する。ここで標準偏差 S がしきい値より大きければ、ステップ 1 6 0 3 でマッチング失敗と判定する。ステップ 1 6 0 2 では、2 つ以上の標準偏差 S_1 , S_2 の大小を求める。このとき大きい方をステップ 1 6 0 3 でマッチング失敗と判定する。上記の各パラメータは任意の値の設定が可能である。

30

【 0 0 8 9 】

上述のようなマッチングミス判定法は、図 2 に例示するような画像処理機能を持つ電子顕微鏡や、画像処理装置に搭載することができ、パターンの内外情報（例えば上層内部 6 0 4 , 下層内部 6 0 5 , 外部 6 0 6 ）を用いることによって、マッチング失敗を判定することができる。これにより、パターンマッチングを行う際、不正解位置でのマッチング処理を行わなくてすむため、高速な処理が可能である。また、不正解位置をあらかじめ除去してあるため、マッチング成功率を高めることができる。また、ユーザーがマッチング成功位置を判断する際に、判別する画像を減らすことができるため、ユーザーへの負担を低減させることができる。

40

【 実施例 3 】

【 0 0 9 0 】

また、本パターンマッチング手法として、注目領域のみを用いたパターンマッチングを行うことができる。図 1 7 は注目領域を選択的に用いるマッチング法の一例を説明するフローチャートであり、図 1 に例示したステップ 1 0 1 を実行した後、注目領域に対応する任意の画像領域と、同じく注目領域に対応するテンプレート上の領域を用いてマッチング

50

するステップ（ステップ1701）と、マッチング結果から最適マッチング位置を選択するステップ（ステップ1702）を実行する。

【0091】

ステップ1701、1702について詳細に説明する。図18は注目領域を選択的に利用したテンプレートを用いるマッチング法の具体例を説明する図である。ここで、SEM画像および設計データは多層構造であると仮定し、また注目領域は上層外部とする。ステップ1701にて、テンプレートの注目領域（上層部）をマスクした下層テンプレート1801（以下差分テンプレート）を用いたマッチングを行う。図18の左図は、差分テンプレートの一例を説明する図であり、右図はSEM画像1802上にて差分テンプレートを用いたマッチングの実行例を説明する図である。このようなマッチングを行うに当たり、これまで説明してきた実施例の手法を適用することができる。また、上記の手法は単層、多層を問わず注目領域とすることが可能である。

10

【0092】

以上、説明したようなパターンマッチング法は、図2に例示するような画像処理機能を持つ電子顕微鏡や、画像処理装置に搭載することができ、パターンの内外情報（例えば上層内部604，下層内部605，外部606）を選択的に用いることによってテンプレートとSEM像のマッチングを高速に行うことができる。さらに、マッチングに必要な情報は設計データとSEM像から求めることができるため、ユーザーへの負担を低減させることができる。

20

【実施例4】

【0093】

また、本パターンマッチング手法として、プロファイルに基づくパターンマッチングを行うことができる。図19は注目領域のプロファイル情報に用いたマッチング法の一例を説明するフローチャートであり、図1に例示したステップ101を実行した後、指標としてプロファイルを用い、任意の位置で注目領域から得たプロファイルと任意のプロファイルを比較するステップ（ステップ1901）と、プロファイルの比較結果により最適マッチング位置を選択するステップ（ステップ1902）を実行する。ここで言うところのプロファイルとはユーザーが設定する注目領域での理想的なプロファイルや、テンプレートに基づくプロファイルである。

【0094】

ステップ1901では、たとえば注目領域から得たプロファイルに対して微分フィルタをかけ輝度の平均値より高いピークの個数を検出する。検出したピークの個数と、テンプレートに基づくプロファイルのピークの個数の比較を行う。また前記微分フィルタをかけたプロファイルに対して、テンプレートから得たプロファイルで正規化相関を行う等の処理も可能である。

30

【0095】

ステップ1902では、上記比較結果を元に最適なマッチング位置を選択する。上記比較によってピークの個数の一致不一致によるクラスタリングやピーク間の比較によるクラスタリング等を行っても良い。上記比較結果からピークの形状が最も理想値に近いものや、クラスタリングを行った後画像相関のスコアが最大となるような候補点を、最良のマッチング候補として選択する。また、ピークの個数等、前記実行例の統計量として置き換えられるパラメータに関しては、前記実行例に適用させることができるものとする。

40

【0096】

以上、説明したようなパターンマッチング法は、図2に例示するような画像処理機能を持つ電子顕微鏡、画像処理装置に搭載することができ、パターンの内外情報（例えば上層内部604，下層内部605，外部606）を選択的に用いることによってテンプレートとSEM像のマッチングを高速に行うことができる。また、テンプレートのプロファイル等を用いることにより、多層画像において他の層が写りこんでいる注目領域についてもパターンマッチングを行うことができ、マッチング成功率を向上させることができる。さらに、前記マッチングに必要な情報は設計データとSEM像から求めることができるため、

50

ユーザーへの負担を低減させることができる。

【0097】

上記実施例について画像処理装置に備えることが考えられる。たとえばCD-SEM (Critical Dimension-SEM) に搭載された画像処理装置や、パターンマッチング用のプログラムを実行するパーソナルコンピュータ等で実行することができる。またこれらの装置に、上記実施例の処理についてユーザーが任意に実行不実行を設定する機能や、一部の機能を選択的に実行する設定を行うユーザーインターフェイスを備えてもよい。

【0098】

これまで説明したパターンマッチング法は、図2に例示するような画像処理機能を持つ電子顕微鏡や、画像処理装置に搭載することができ、ユーザーが望む条件に合わせて実行形態を変更させることができるため、処理時間や成功率をユーザーのニーズに合わせることができる。

10

【0099】

なお、上記した実施例では、半導体デバイスの画像を得るためにSEMを用いているが、SEM以外の撮像装置を用いて取得された画像を用いたパターンマッチングに、上述の手法を適用することも可能である。たとえば光学的な撮影手段を用いて半導体デバイスの画像を得る装置を用いても相応の作用、効果を得ることが可能であるが、光学顕微鏡等比べてノイズが多い画像が形成される走査電子顕微鏡等の荷電粒子線装置に適用することによって、より高い効果を発揮する。

20

【符号の説明】

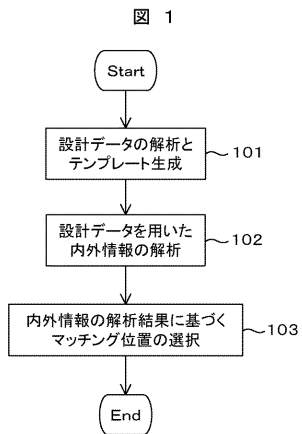
【0100】

- 201 半導体ウェハ
- 202 電子光学系
- 203 電子銃
- 204 一次電子
- 205 引出電極
- 206 偏向器
- 207 E x B 偏向器
- 208 対物レンズ
- 209 二次電子検出器
- 210, 211 反射電子検出器
- 212 ~ 214 A / D 変換器
- 215 処理制御部
- 216 ディスプレイ, 計算機
- 217 X Y ステージ
- 219 ステージコントローラ
- 220 偏向制御部
- 221 フォーカス制御部
- 223 記憶装置
- 225 撮影レシピ作成部
- 230 設計システム
- 251 CPU
- 252 画像メモリ
- 253 LSI

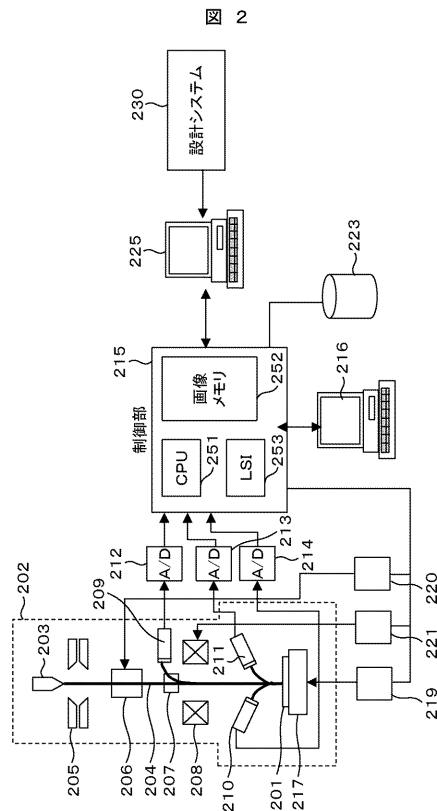
30

40

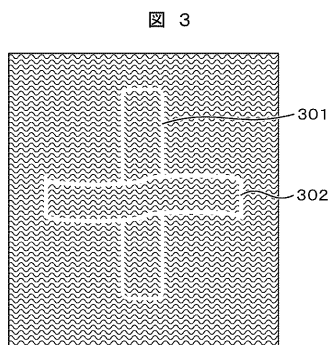
【図 1】



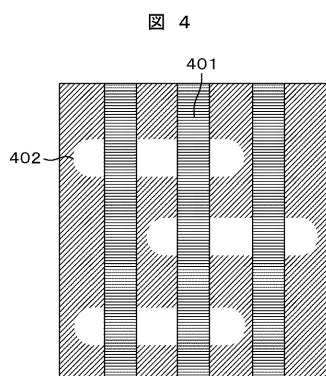
【図 2】



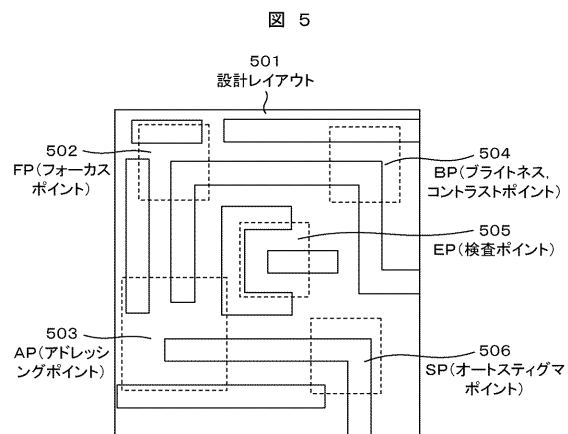
【図 3】



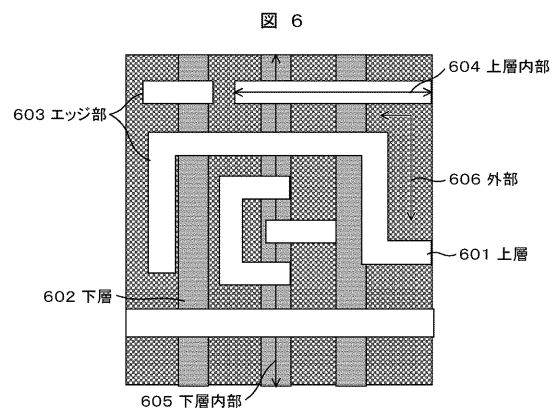
【図 4】



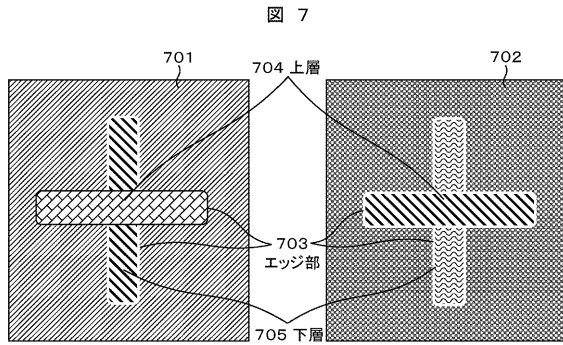
【図 5】



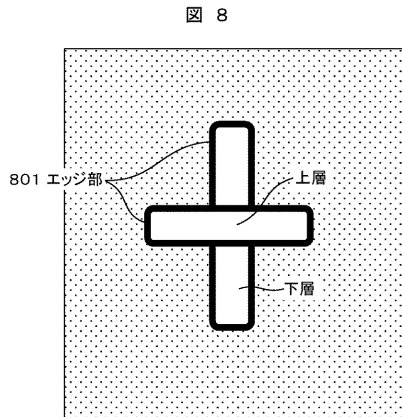
【図 6】



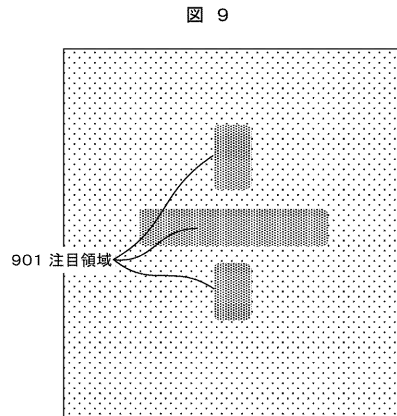
【図 7】



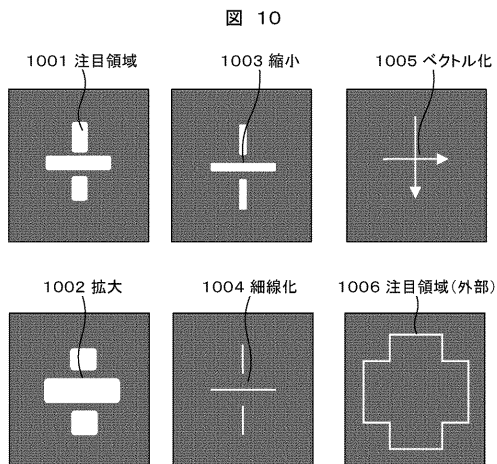
【図 8】



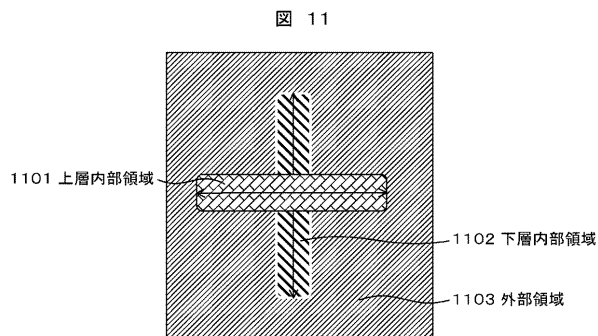
【図 9】



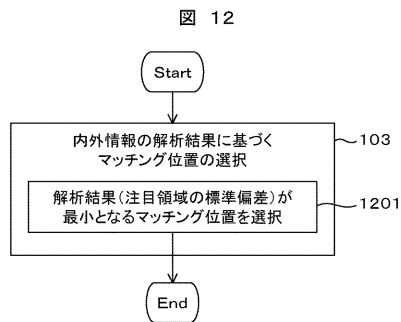
【図 10】



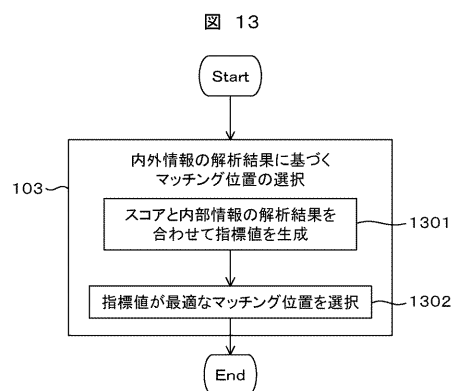
【図 11】



【図 12】

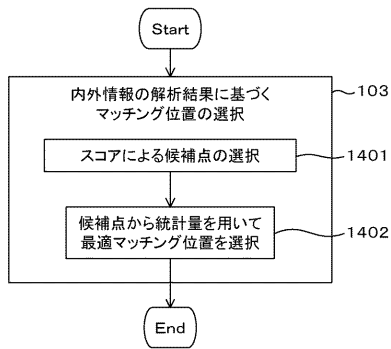


【図 13】



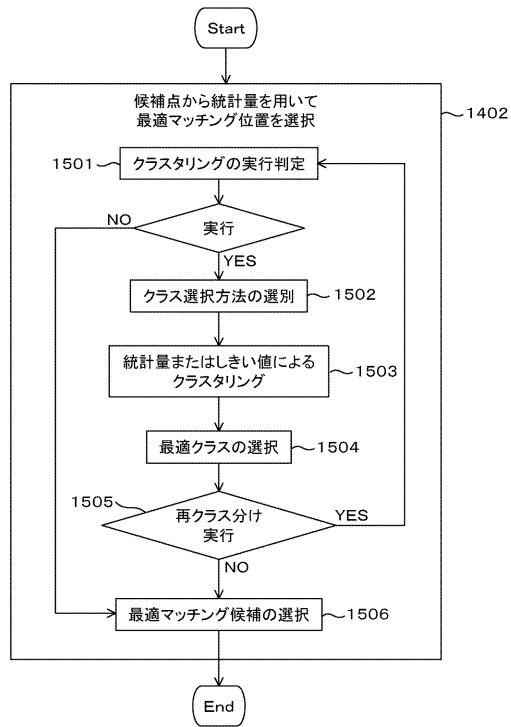
【図 14】

図 14



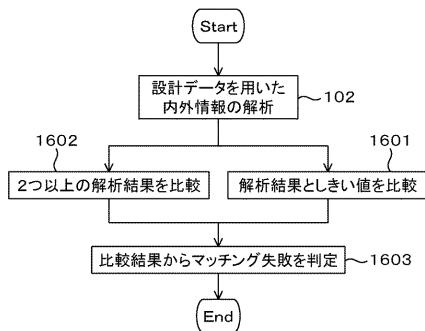
【図 15】

図 15



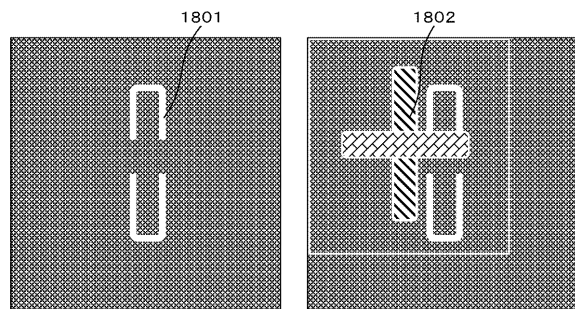
【図 16】

図 16



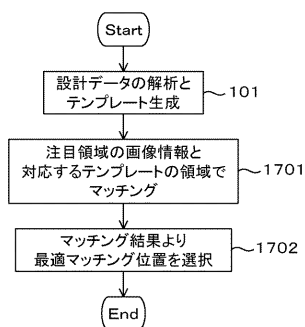
【図 18】

図 18



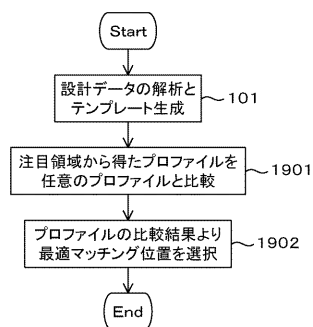
【図 17】

図 17

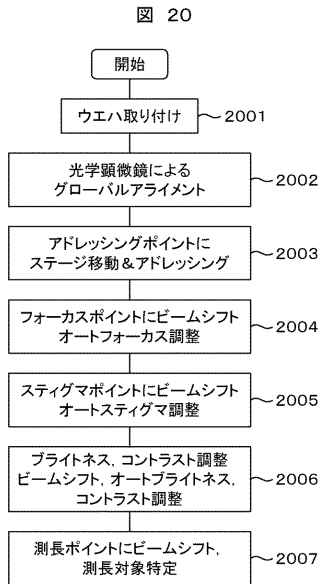


【図 19】

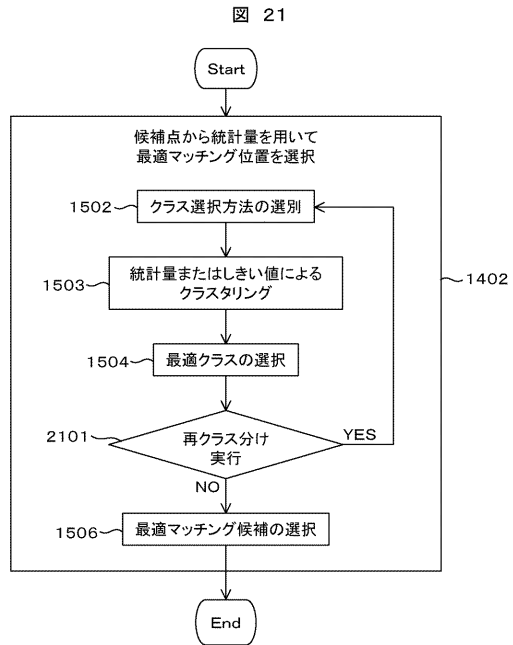
図 19



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 J 37/22 5 0 2 E

- (72)発明者 豊田 康隆
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究
- (72)発明者 安部 雄一
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー
- (72)発明者 池田 光二
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 松浦 功

- (56)参考文献 特開平05-324836(JP,A)
特開2004-117204(JP,A)
特開2008-151607(JP,A)
特開平05-205058(JP,A)
特開2003-162718(JP,A)
特開2007-140729(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 6 T 7 / 0 0 - 7 / 6 0
G 0 1 B 1 1 / 0 0
G 0 1 N 2 3 / 2 2 5
G 0 6 T 1 / 0 0
H 0 1 J 3 7 / 2 2