

(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2009-281836

(P2009-281836A)

(43) 公開日 平成21年12月3日(2009.12.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1B 11/00 (2006.01)	GO1B 11/00 H	2F065
GO1N 21/956 (2006.01)	GO1N 21/956 A	2G051

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2008-133668 (P2008-133668)	(71) 出願人	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(22) 出願日	平成20年5月21日 (2008.5.21)	(74) 代理人	100074099 弁理士 大菅 義之
		(72) 発明者	▲高▼木 修 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内
		Fターム(参考)	2F065 AA03 AA49 BB02 EE00 FF04 JJ19 JJ26 LL04 MM01 QQ00 QQ24 QQ31 2G051 AA51 AB01 AB02

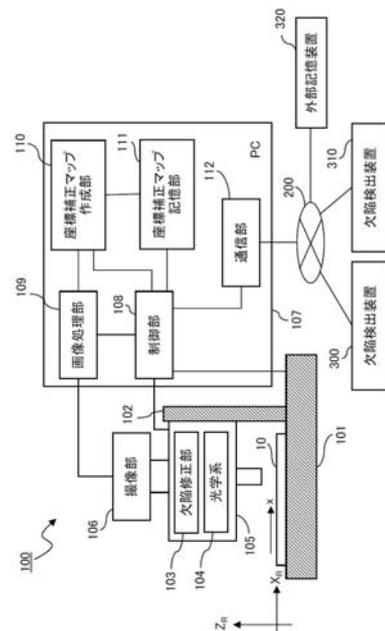
(54) 【発明の名称】 基板観察装置、基板観察方法、制御装置、およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 基板や装置の大型化にともなって、一律な補正により適切な補正を行うことが難しい場合でも、適切な補正を可能とする。

【解決手段】 基板観察装置の機能を有する欠陥修正装置100は、基板10上の欠陥の位置を指定する第1の位置情報に基づいて、基板10に対する光学系104の相対的な位置を移動させる。画像処理部109は、相対的に移動された光学系104を介して撮像部106が撮像した撮像画像を取り込み、欠陥の位置を表す第2の位置情報を取得する。座標補正マップ作成部110は、相対移動の量を第1の位置情報に応じて補正するための補正情報を、第2の位置情報に基づいて生成する。座標補正マップ記憶部111は、生成された補正情報を含む座標補正マップを記憶する。座標補正マップでは、補正情報が、予め定義された複数の領域のうちで第1の位置情報に対応する領域に関連付けられている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板を拡大観察する光学手段と、
前記基板上の観察対象の位置を指定する第 1 の位置情報に基づいて前記基板に対する前記光学手段の相対的な位置を移動させる相対移動手段と、
前記相対移動手段によって前記基板に対して相対的に移動された前記光学手段を介して前記観察対象を撮像し、撮像画像を出力する撮像手段と、
前記撮像画像を前記撮像手段から取り込み、前記観察対象の位置を表す第 2 の位置情報を前記撮像画像に基づいて取得する画像処理手段と、
前記第 1 の位置情報に基づく前記相対移動手段による相対移動の量を、前記第 1 の位置情報に応じて補正するための補正情報を、前記画像処理手段により取得された前記第 2 の位置情報に基づいて生成する補正情報生成手段と、
前記補正情報生成手段が生成した前記補正情報を、予め定義された複数の領域のうちで前記第 1 の位置情報に対応する領域に関連付けて記憶する補正情報記憶手段と、
を備えることを特徴とする基板観察装置。

10

【請求項 2】

前記複数の領域は、前記基板上の観察対象範囲または該観察対象範囲に相当する前記相対移動手段による相対移動の範囲を、升目状に分割することで定義されることを特徴とする請求項 1 に記載の基板観察装置。

【請求項 3】

前記基板は、複数の既知のパターンがそれぞれ既知の位置に配置された標準基板であり、
前記観察対象は、前記複数の既知のパターンのそれぞれであり、
前記相対移動手段は、前記既知のパターンの前記既知の位置を示す情報を前記第 1 の位置情報として用いて前記基板に対する前記光学手段の相対的な位置を移動させ、
前記補正情報生成手段は、前記複数の既知のパターンのそれぞれに対して前記補正情報を生成し、
前記補正情報記憶手段は、前記複数の既知のパターンのそれぞれに対して生成された前記補正情報を記憶する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の基板観察装置。

20

30

【請求項 4】

前記観察対象は、前記基板上の欠陥であり、
前記第 1 の位置情報は、前記基板観察装置とは別の装置である欠陥検出装置が、前記基板から前記欠陥を検出した位置を示す情報である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の基板観察装置。

【請求項 5】

前記第 1 の位置情報に対応する前記領域に関連付けて前記補正情報記憶手段が補正情報を既に記憶している場合、前記相対移動手段は、記憶されている既存の前記補正情報による補正を行ってから、前記基板に対する前記光学手段の相対的な位置を移動させることを特徴とする請求項 4 に記載の基板観察装置。

40

【請求項 6】

前記第 1 の位置情報は、前記基板を基準とする基板座標系の座標により表されることを特徴とする請求項 4 に記載の基板観察装置。

【請求項 7】

前記複数の領域は、前記基板上の観察対象範囲を複数に分割することで定義され、前記基板座標系により表される領域であり、
前記補正情報は、前記基板座標系において前記第 1 の位置情報を補正する量を表すことによって、間接的に前記相対移動の量を補正する量を表しており、
前記補正情報記憶手段は、前記補正情報生成手段が生成した前記補正情報を、前記第 1 の位置情報が指定する前記欠陥の前記位置を前記基板座標系により表した座標を含む領域

50

に関連付けて記憶する、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の基板観察装置。

【請求項 8】

前記補正情報生成手段は、ともに前記基板座標系で表される前記第 1 の位置情報と前記第 2 の位置情報との差に基づいて、前記補正情報を生成することを特徴とする請求項 7 に記載の基板観察装置。

【請求項 9】

前記複数の領域は、前記相対移動手段による相対移動の範囲を複数に分割することで定義され、前記相対移動の量を示すための前記基板観察装置を基準とする装置座標系の座標により表される領域であり、

前記補正情報は、前記第 1 の位置情報が指定する前記欠陥の前記位置を前記装置座標系により表した座標を補正する量を表しており、

前記補正情報記憶手段は、前記補正情報生成手段が生成した前記補正情報を、前記第 1 の位置情報が指定する前記欠陥の前記位置を前記装置座標系により表した前記座標を含む領域に関連付けて記憶する、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の基板観察装置。

【請求項 10】

前記第 2 の位置情報に基づいて前記欠陥の検査、計測、分類、または修正を行う手段をさらに含むことを特徴とする請求項 4 に記載の基板観察装置。

【請求項 11】

基板を拡大観察する光学手段および該光学手段を介して前記基板を撮像して撮像画像を出力する撮像手段を備えた基板観察装置が、

前記基板上の観察対象の位置を指定する第 1 の位置情報に基づいて、前記基板に対する前記光学手段の相対的な位置を移動させ、

前記基板に対して相対的に移動された前記光学手段を介して、前記撮像手段により前記観察対象を撮像して撮像画像を取得し、

前記観察対象の位置を表す第 2 の位置情報を前記撮像画像に基づいて取得し、

前記第 1 の位置情報に基づく相対移動の量を、前記第 1 の位置情報に応じて補正するための補正情報を、取得された前記第 2 の位置情報に基づいて生成し、

生成した前記補正情報を、予め定義された複数の領域のうちで前記第 1 の位置情報に対応する領域に関連付けて記憶する、

ことを特徴とする基板観察方法。

【請求項 12】

基板を拡大観察する光学手段および該光学手段を介して前記基板を撮像して撮像画像を出力する撮像手段を備えた基板観察装置を制御する制御装置であって、

前記基板上の観察対象の位置を指定する第 1 の位置情報に基づいて、前記基板に対する前記光学手段の相対的な位置を移動させるよう、前記基板観察装置を制御する相対移動制御手段と、

前記相対移動制御手段によって前記基板に対して相対的に移動された前記光学手段を介して、前記観察対象を撮像するよう、前記撮像手段を制御する撮像制御手段と、

前記撮像制御手段の制御にしたがって前記撮像手段が撮像し出力した撮像画像に基づいて、前記観察対象の位置を表す第 2 の位置情報を取得する画像処理手段と、

前記第 1 の位置情報に基づく前記相対移動制御手段による相対移動の量を、前記第 1 の位置情報に応じて補正するための補正情報を、前記画像処理手段により取得された前記第 2 の位置情報に基づいて生成する補正情報生成手段と、

前記補正情報生成手段が生成した前記補正情報を、予め定義された複数の領域のうちで前記第 1 の位置情報に対応する領域に関連付けて記憶する補正情報記憶手段と、

を備えることを特徴とする制御装置。

【請求項 13】

基板を拡大観察する光学手段および該光学手段を介して前記基板を撮像して撮像画像を

10

20

30

40

50

出力する撮像手段を備えた基板観察装置と接続されたコンピュータに、

前記基板観察装置が、前記基板上の観察対象の位置を指定する第1の位置情報に基づいて、前記基板に対する前記光学手段の相対的な位置を移動させて前記撮像手段により撮像した撮像画像を、前記基板観察装置から取得するステップと、

前記観察対象の位置を表す第2の位置情報を前記撮像画像に基づいて取得するステップと、

前記第1の位置情報に基づく相対移動の量を、前記第1の位置情報に応じて補正するための補正情報を、取得された前記第2の位置情報に基づいて生成するステップと、

生成した前記補正情報を、予め定義された複数の領域のうちで前記第1の位置情報に対応する領域に関連付けて記憶するステップと、

を実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、検査、計測、分類または修正などのために基板の観察を行う装置に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶ディスプレイ(LCD; Liquid Crystal Display)やPDP(Plasma Display Panel)などのFPD(Flat Panel Display)基板や、半導体チップなどの各種の基板の製造工程では、基板を撮像した撮像画像を使った計測や検査が行われ、そのための計測装置や検査装置が知られている。また、検査の結果発見された欠陥を修正するための欠陥修正装置も知られている。

【0003】

例えば、FPD基板の製造工程は、次のような一連の工程を含む。自動マクロ欠陥検出装置が、ラインセンサを用いて基板全面を撮像し、撮像画像に基づいて基板上に存在する異物や欠陥を検出し、検出した異物や欠陥に関する情報をレビュー用のミクロ検査装置や欠陥修正装置に出力する。欠陥修正装置は、自動マクロ欠陥検出装置やレビュー用ミクロ検査装置から出力された欠陥情報に基づいて、除去すべき異物または修正すべき欠陥の詳細な位置を認識し、異物の除去または欠陥の修正を行う。

【0004】

一般に、欠陥検出装置や欠陥修正装置は、基準位置に位置決めされた基板を把持または吸着することによって保持するステージを備えており、画像センサや修正器などと基板との相対位置を移動させる機能を有する。欠陥検出装置や欠陥修正装置において基板上の位置を示す座標は、相対移動の量と相互に換算可能である。

【0005】

例えば、それぞれの欠陥検出装置や欠陥修正装置について、ある特定の1点を原点とし、長方形のステージの長辺の方向をX軸とし、短辺の方向をY軸とする装置座標系が定められる。そして、相対移動の量は、ステージ座標系におけるX座標とY座標の組により表される。

【0006】

同様に、長方形のFPD基板に対しては、基板上の特定の1点を基準原点とし、基板の長辺の方向をx軸とし、短辺の方向をy軸とする基板座標系が定められる。基板上の位置は、基板座標系におけるx座標とy座標の組により表される。

【0007】

理想的には、装置座標系と基板座標系との間の座標変換は、ステージ上の基準となる所定の位置に基板を保持したときの基板座標系における基準原点を装置座標系で表したオフセット座標(f_1 , f_2)の加算または減算のみで実現される。

【0008】

また、理想的には、次のことも成り立つはずである。

すなわち、第1の装置が基板上のある位置Pを第1の装置の装置座標系で認識した結果

10

20

30

40

50

の座標を (X_1, Y_1) とする。座標 (X_1, Y_1) を、基板座標系に変換して得られる座標を (x_1, y_1) とする。

【0009】

また、第2の装置がその同じ位置Pを第2の装置の装置座標系で認識した結果の座標を (X_2, Y_2) とする。そして、座標 (X_2, Y_2) を、基板座標系に変換して得られる座標を (x_2, y_2) とする。このとき、理想的には、 $x_1 = x_2$ かつ $y_1 = y_2$ となるはずである。

【0010】

したがって、基板上の位置Pに欠陥があり、上記の第1および第2の装置がそれぞれ欠陥検出装置と欠陥修正装置であるとする、理想的な条件の下では次のことも成り立つはずである。

10

【0011】

すなわち、欠陥修正装置は、欠陥検出装置から、基板座標系で位置Pを表した座標 (x_1, y_1) の情報を受け取る。ここで、 $(x_1, y_1) = (x_2, y_2)$ なので、欠陥修正装置は欠陥修正装置におけるオフセット座標の加算によって欠陥修正装置の装置座標系で位置Pを表した座標 $(X_2, Y_2) = (x_1 + f_1, y_1 + f_2)$ を計算する。欠陥修正装置は、さらに、座標 (X_2, Y_2) で表される量だけ、修正器と基板との相対位置を移動させる。すると、位置Pの欠陥は、理想的には光学系の光軸上、すなわち視野中心に位置しているはずである。

【0012】

20

しかしながら、現実には、別体の装置である欠陥検出装置と欠陥修正装置には、それぞれ歪みや変位などの機差があり、また基板を基準位置に位置決めする取り付け位置のずれもある。また、製造工程の熱管理の違いなどの外部影響によっても、FPD基板自体に伸縮による歪みがある。FPD基板の大型化にともなって各種装置も大型化しており、これらの歪みやずれの影響も無視することができないようになってきた。

【0013】

そのため、同じ位置Pを欠陥検出装置と欠陥修正装置がそれぞれ認識した結果を同じ基板座標系で比較しても、完全に一致しないことが多い。つまり、上記の例において、実際には多くの場合で、欠陥検出装置から受け取った座標 (x_1, y_1) を中心に欠陥修正装置が基板を撮像しても、欠陥修正装置において目標の欠陥が視野中心からずれてしまう。場合によっては、欠陥が視野から外れてしまうことすらある。

30

【0014】

このような事態を防ぐため、従来は次のような方策が採られていた。

欠陥修正装置は、欠陥検出装置から目標の欠陥の座標 (x_1, y_1) を受け取ると、欠陥の修正のために用いる光学系の倍率、すなわち顕微鏡の倍率である第1の倍率よりも低い第2の倍率の光学系を用いて欠陥を探索(サーチ)する。具体的には、欠陥修正装置は、基板上の座標 (x_1, y_1) を中心として観察を行うための相対移動を行い、基板を撮像して撮像画像を取得する。

【0015】

さらに、欠陥修正装置は、撮像画像における欠陥の位置を画像処理によって認識する。ここで、上記の歪みやずれや機差の影響で、欠陥は撮像画像の中心には位置していない可能性がある。しかし、第2の倍率は比較的低いいため、ほとんどの場合、欠陥が低倍率の視野内に含まれるはずである。

40

【0016】

こうして低倍率で撮像した撮像画像内での欠陥の位置を認識すると、欠陥修正装置は、欠陥が視野中心に位置するように、顕微鏡を含むレーザ加工ヘッドと基板との相対位置を移動させる微調整を行う。その後、欠陥修正装置は、修正用の第1の倍率の光学系に切り替えて、レーザ加工ヘッドを用いて基板上の欠陥を修正する。

【0017】

この方法は、最初に低倍率の光学系に切り替えて低倍率の視野で欠陥のずれ量を観察し

50

、顕微鏡と基板を相対移動させて欠陥を視野中心に合わせた後、高倍の光学系に切り替えるため、欠陥の中心を視野中心に引き込む操作に時間がかかってしまう。よって、検査や修正の所要時間の短縮という観点からは、この方法は好ましくない。また、第1と第2の倍率の光学系をともに備える必要から、欠陥修正装置の部品点数が増大するという観点からも、この方法は好ましくない。

【0018】

そこで、欠陥検出装置と欠陥修正装置とが、基板上の同じ位置を基板座標系の同じ座標として認識するようにすることが望まれる。すなわち、欠陥検出装置と欠陥修正装置との間の不一致をなくすようにすることが望まれる。

【0019】

例えば、像観察SEM (Scanning Electron Microscope) の記憶装置に、予め欠陥検査装置ごとの座標誤差情報を記憶しておき、その誤差情報を用いて個々の欠陥検出装置から出力された欠陥位置座標を像観察SEM用の座標値に校正する技術が知られている。例えば、予め計測が行われて、補正用の1次式の係数が最小自乗近似により算出され、誤差情報として記憶される(特許文献1参照)。

【0020】

また、基板上の複数個の測定ポイントが設定されると、各測定ポイントについて、検出座標系と観察座標系との間の位置ずれ量を測定し、各測定ポイントの位置ずれ量に基づき、検出座標系での欠陥位置を適正化するための1次の欠陥位置補正式を作成する欠陥観察装置も知られている。この1次の欠陥位置補正式は、検出座標系に対する観察座標系のオフセット成分、拡大成分、回転成分といった3つの項を有する(特許文献2参照)。

【特許文献1】特開2003-227710号公報

【特許文献2】特開2002-131253号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

しかしながら、近年のFPD基板の大型化には目ざましいものがあり、FPD基板の大型化にともなって各種装置の大型化も顕著である。

装置の大型化にともなって、装置の機構上の(つまり、メカニカルな)歪みやずれの影響も大きくなってきた。よって、予め設定した1次式による一律な補正では、基板の全域あるいは相対移動範囲の全域にわたって適切に補正することができない場合も生じるようになってきた。

【0022】

また、FPD基板の大型化にともない、複数の検出器を搭載した欠陥検出装置も使われるようになってきた。すると、検出器ごとの取り付け誤差も存在する。よって、1台の欠陥検出装置に関しても一律な補正を行うことが適切でないことがある。

【0023】

そこで本発明の目的は、基板や装置の大型化にともなって、一律な補正により適切な補正を行うことが難しい場合でも、適切な補正を可能とすることである。

【課題を解決するための手段】

【0024】

本発明の一態様によれば、第1の基板観察装置が提供される。

該第1の基板観察装置は、基板を拡大観察する光学手段と、前記基板上の観察対象の位置を指定する第1の位置情報に基づいて前記基板に対する前記光学手段の相対的な位置を移動させる相対移動手段と、前記相対移動手段によって前記基板に対して相対的に移動された前記光学手段を介して前記観察対象を撮像し、撮像画像を出力する撮像手段と、前記撮像画像を前記撮像手段から取り込み、前記観察対象の位置を表す第2の位置情報を前記撮像画像に基づいて取得する画像処理手段と、前記第1の位置情報に基づく前記相対移動手段による相対移動の量を、前記第1の位置情報に応じて補正するための補正情報を、前記画像処理手段により取得された前記第2の位置情報に基づいて生成する補正情報生成手

10

20

30

40

50

段と、前記補正情報生成手段が生成した前記補正情報を、予め定義された複数の領域のうちで前記第1の位置情報に対応する領域に関連付けて記憶する補正情報記憶手段と、を備える。

【0025】

本発明の他の態様によれば、上記第1の基板観察装置が実行する方法および上記第1の基板観察装置を制御する制御装置が提供される。

また、本発明のさらに別の態様によれば、基板を拡大観察する光学手段および該光学手段を介して前記基板を撮像して撮像画像を出力する撮像手段を備えた第2の基板観察装置と接続されたコンピュータに、前記コンピュータと前記第2の基板観察装置とが全体として前記第1の基板観察装置と同様に機能するように、処理を実行させるプログラムも提供される。

10

【発明の効果】

【0026】

上記第1の基板観察装置によれば、複数の領域のそれぞれに応じて補正情報が生成され、記憶されるので、基板や第1の基板観察装置の大型化にともなって全領域にわたる一律な補正が難しい場合でも、適切な補正が実現される。また、上記の方法、制御装置、およびプログラムによっても同様の効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。以下、説明の便宜上、「基板」は矩形状のガラス等で形成されたF P D基板であると仮定するが、半導体ウェハなど他の種類の基板であってもよい。また、「欠陥」は、パターンのオープン欠陥、ショート欠陥や粉塵などの異物の付着も含むものとする。また、いくつかの図には、本発明の理解を助けるために具体的な数値が示されているが、これらの数値は、実際の数量の傾向を表したり有効数字の桁数を示したりする趣旨のものではない。

20

【0028】

なお、説明は次の順序で行う。まず、図1を参照して欠陥修正装置の構成を説明し、続いて図2を参照して座標系について説明する。その後、データ形式などについて随時図4~図7を参照しつつ、図3のフローチャートを用いて第1実施形態における欠陥修正装置の動作について説明する。さらに、図8を参照して、データの流れという観点から第1実施形態を説明する。続いて、その他の実施形態について図9~図11を参照して、あるいは文章のみによって、説明する。

30

【0029】

図1は、第1実施形態による欠陥修正装置の機能ブロック構成図である。

欠陥修正装置100は、例えばレーザー・リペア装置であり、基板10上の欠陥を拡大観察し、修正する機能を有する。修正の前処理として欠陥の拡大観察が行われるので、欠陥修正装置100は基板観察装置の一種である。

【0030】

欠陥修正装置100は、基板10を保持するステージ部101と、ステージ部101上に載置された基板10を跨ぐように取り付けられた門型のガントリー102と、基板10上の欠陥を修正する欠陥修正部103と、基板10を拡大観察する光学系104と、基板10を撮像する撮像部106とを備える。欠陥修正部103と光学系104は1つの光学ユニット105に収められていてもよい。撮像部106は光学ユニット105に固定されて取り付けられている。光学ユニット105は、ガントリー102の水平な梁に沿って移動可能なように、ガントリー102に取り付けられている。したがって、光学ユニット105の移動とともに撮像部106も基板10に対して相対的に移動する。

40

【0031】

また、第1実施形態における欠陥修正装置100は、ネットワーク200を介して欠陥検出装置300および310と接続されたP C (Personal Computer) 107を含む。ネットワーク200は、L A N (Local Area Network) またはインターネットなど、任意の

50

ネットワークである。

【0032】

PC107は、CPU (Central Processing Unit) と、ROM (Read Only Memory) などの不揮発性メモリと、ワーキングエリアとして使われるRAM (Random Access Memory) と、ハードディスク装置等の外部記憶装置と、外部機器との接続インターフェイスとを備え、これらがバスで相互に接続されたコンピュータである。

【0033】

PC107は、さらに、ユーザからの入力を受け付けるためのマウスなどのポインティングデバイスおよびキーボードを含む入力装置、モニターやプリンタなどの出力装置、ならびにコンピュータ読み取り可能な可搬型記憶媒体の駆動装置を備えることもできる。CPUが、ROM、ハードディスク装置、可搬型記憶媒体などに記憶されたプログラムまたはネットワーク200を介して提供されたプログラムを、RAMに読み込んで実行することにより、PC107の後述の各種機能が実現される。

10

【0034】

PC107は、ワークステーションやサーバコンピュータなどに置き換えることもできる。また、第1実施形態のように欠陥修正装置100の内部にPC107が組み込まれるのではなく、PCを含まない欠陥修正装置と外部のPCとを、直接または間接に接続する構成も可能である。この場合、外部のPCは、欠陥修正装置を制御する制御装置として機能する。

【0035】

20

図1では、PC107により実現される各機能がブロックで表現されている。すなわち、PC107は、制御部108と、画像処理部109と、座標補正マップ作成部110と、座標補正マップ記憶部111と、通信部112とを備える。他の実施形態では、これらの各機能ブロックを、汎用のPC107のかわりに専用のハードウェア回路により実現することもできる。

【0036】

以上が欠陥修正装置100の概要である。次に、図1の詳細について説明する。

まず、欠陥検出装置300または310に基板10が搬入される。例えば、ラインセンサにより基板全面を検査する自動マクロ検査機能を備えた、欠陥検出装置300において、基板10上の欠陥を検出する処理が行われる。その後、欠陥検出装置300で検出された欠陥に対して、修正が必要な真の欠陥か修正が不要な擬似欠陥かを判定するレビュー機能を備えた欠陥検出装置310で真の欠陥を検出する。これらの欠陥検出装置300または310で検出した欠陥の種類や欠陥の位置座標などの欠陥に関する情報は、ネットワーク200を介して外部記憶装置320に保存される。この情報を以下では「欠陥情報」という。欠陥情報の例は図4とともに後述するが、欠陥情報には欠陥が検出された座標が含まれる。

30

【0037】

また、欠陥検出装置310でのレビューによる欠陥検出処理が終了すると、修正が必要と判定された基板10は欠陥修正装置100へと搬送され、ステージ部101に搭載される。基板10の搬送と並行して、あるいは前後して、欠陥修正装置100は、PC107の通信部112を介して、搬入される基板10の欠陥情報を外部記憶装置320から読み出す。

40

【0038】

通信部112は、例えばNIC (Network Interface Card) あるいは内蔵の通信インターフェイスにより実現される。通信部112は受信した欠陥情報を制御部108に出力する。

【0039】

制御部108は、プログラムを実行するCPUにより実現され、通信部112から出力された欠陥情報に基づいて、修正すべき目標の欠陥の位置への相対移動を行うための制御を、下記のようにして行う。

50

【0040】

ステージ部101は、基板10を吸着することにより保持する。このとき、ステージ部101が X_R 方向へ移動する。また、ガントリー102が X_R 方向へ移動してもよい。ステージ部101は、基板表面に空気を噴出させて基板10を浮上させ、浮上した基板10を保持して移動させる移動保持部を備えた浮上式ステージでもよい。座標系について詳しくは図2とともに後述するが、欠陥修正装置100を基準とする座標系を「欠陥修正装置100の装置座標系」と呼び、符号「R」で参照する。

【0041】

装置座標系Rの座標軸のうち、図1には X_R 軸と Z_R 軸が示されている。装置座標系Rの Y_R 軸は、紙面に垂直であり、光学ユニット105が動く方向、すなわちガントリー102の梁に沿った方向である。

10

【0042】

また、基板10を基準とする座標系を「基板座標系」と呼び、符号「B」で参照する。基板座標系Bの座標軸のうちx軸のみが図1に示されている。基板座標系Bのx軸は X_R 軸に平行であり、基板座標系Bのy軸は Y_R 軸に平行である。

【0043】

ステージ部101は、 X_R 方向に動くための不図示のモータまたはアクチュエータを備える。また、光学ユニット105は、ガントリー102の梁に沿って Y_R 方向に動くための不図示のモータまたはアクチュエータを備える。

【0044】

制御部108は、欠陥情報により欠陥の位置として指定された座標に基づいて、モータまたはアクチュエータに、 X_R 座標と Y_R 座標の組で表される X_R 方向と Y_R 方向それぞれの移動量を指示する。その結果、ステージ部101と光学ユニット105にそれぞれ備えられたモータまたはアクチュエータと制御部108とは、基板10に対する光学系104の相対的な位置を移動させる相対移動手段として機能する。

20

【0045】

以上のようにしてステージ部101と光学ユニット105を相対移動させて目標座標へ光学系104の観察光軸が合わされると、制御部108が、画像処理部109を介して、または直接に、撮像部106に撮像を命令する。なお、制御部108は、相対移動の制御に限らず、欠陥修正装置100の各部同士の連携の制御や、欠陥修正装置100全体としての動作の制御も行う。

30

【0046】

上記の相対移動の後、撮像部106は、観察対象である欠陥を、光学系104を介して撮像する。撮像部106は、光電変換の結果得られた映像信号を出力することによって画像を外部へと出力する。以後、撮像部106が出力する画像を「撮像画像」という。

【0047】

ここで、光学系104は、基板10を拡大観察するための対物レンズと、撮像に必要な照明光を基板10上に照射するための光源およびその他の光学素子を含む。

また、欠陥修正部103は、例えば欠陥を修正するためのレーザ光源と、修正すべき欠陥の範囲にのみレーザを照射するためのスリットまたは空間光変調器を含む。

40

【0048】

撮像部106は、例えばCCD (Charge Coupled Device) 画像センサあるいはCMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 画像センサであり、モノクロームの輝度画像を撮像するものでも、カラー画像を撮像するものでもよい。

【0049】

なお、光学系104は、撮像部106による撮像のための撮像光学系として機能するが、光学系104の一部の光学素子が、欠陥修正部103によるレーザ照射のための投影光学系として兼用されてもよい。

【0050】

撮像部106が出力した撮像画像は、画像処理部109に取り込まれて処理される。画

50

像処理部 109 は、例えば、撮像部 106 と接続された画像キャプチャボードと、CPU とにより実現される。

【0051】

画像処理部 109 は、例えば、輝度分布の認識、特徴点抽出、エッジ抽出、または、欠陥のないことが予め判明している基板を撮像した参照画像との比較などの処理を含む、既存の画像認識処理を実行する。画像認識処理により、画像処理部 109 は、撮像画像に写った欠陥を認識し、欠陥の位置および範囲を表す情報を取得する。画像処理部 109 は、取得した情報を座標補正マップ作成部 110 に出力する。

【0052】

実施形態によっては、画像処理部 109 がさらに、撮像画像に基づいて欠陥の分類を行ったり、修正の要否を判断したりして、修正に必要な各種の情報を取得してもよい。

また、座標補正マップ作成部 110 には、制御部 108 から欠陥情報が入力される。そこで、座標補正マップ作成部 110 は、画像処理部 109 が撮像画像から取得した欠陥の位置を表す情報と、制御部 108 から入力された欠陥情報とに基づいて、座標補正マップを作成あるいは更新する。座標補正マップ作成部 110 も、PC 107 の CPU により実現される。

【0053】

詳細は図 5 ~ 図 8 とともに後述するが、座標補正マップは、欠陥情報に基づいて制御部 108 が指示する相対移動の量を補正するための補正情報を含む。すなわち、座標補正マップ作成部 110 は、補正情報を生成する補正情報生成手段として機能する。

【0054】

また、座標補正マップは、基板 10 上のどの領域に対しても一律な補正を行うのではなく、観察および修正の対象となる欠陥の、基板 10 上の位置に応じて補正を行うためのものである。したがって、座標補正マップのデータ（以下単に「座標補正マップデータ」という。）は、予め定義された複数の領域に、個々の補正情報を関連付けたデータである。

【0055】

座標補正マップ作成部 110 は座標補正マップデータを座標補正マップ記憶部 111 に出力する。座標補正マップ記憶部 111 は、座標補正マップ作成部 110 から出力された座標補正マップデータを記憶する。座標補正マップ記憶部 111 は、PC 107 が備える RAM およびハードディスク装置の一方または双方により実現され、補正情報を記憶する補正情報記憶手段として機能する。

【0056】

座標補正マップ記憶部 111 に記憶された座標補正マップデータは、基板 10 上の欠陥の観察と修正の後で、基板 10 上のその他の欠陥、および基板 10 とは別の不図示の第 2 の基板の観察と修正を行うときに利用される。

【0057】

すなわち、上記と同様にして、欠陥検出装置 300 または 301 が、第 2 の基板の欠陥を検出する処理を行い、第 2 の基板の欠陥情報を欠陥修正装置 100 に送信する。また、第 2 の基板が欠陥修正装置 100 に搬送され、ステージ部 101 に搭載される。

【0058】

すると、上記と同様にして、欠陥情報により第 2 の基板上の欠陥の位置として指定された座標に基づく相対移動を制御部 108 が制御する。このとき制御部 108 は、座標補正マップ記憶部 111 に記憶された座標補正マップデータを参照し、ステージ部 101 および光学ユニット 105 のモータもしくはアクチュエータに指示する移動量を補正する。なお、第 1 実施形態における移動量の補正は、後述するように、間接的に行われる。

【0059】

相対移動の後の処理は、第 2 の基板に関しても基板 10 に関するのと同様である。したがって、座標補正マップは、1 枚の基板の観察と修正を行うたびに更新される。

欠陥修正装置 100 ならびに欠陥検出装置 300 および 310 などの歪みやずれや機差等は時とともに変化する。例えば、室温の変化にともなって、各種装置は膨張または収縮

10

20

30

40

50

し、また、構成部品間の取り付けが次第に緩んでくることもある。経時変化が生じた場合、上記の従来技術によれば、予め設定した補正式あるいは誤差情報を設定しなおさなくてはならない。しかし、第1実施形態によれば、座標補正マップは、基板上の1つの欠陥の観察を行うたびに随時更新されるので、経時変化にも追従して柔軟に対応することができる。

【0060】

以上、図1を参照して第1実施形態の概略を説明したので、続いて詳細を説明する。

図2は、第1実施形態における座標系について説明する模式図である。

図2には、欠陥検出装置300と欠陥修正装置100の模式的な斜視図が示されている。図2において欠陥検出装置310の図示は省略したが、欠陥検出装置300と同様の構成であってもよい。

10

【0061】

図2の下部には、欠陥修正装置100のうち、基板10を搭載するステージ部101と、支柱102bおよび102cならびに梁102aを備えたガントリー102と、梁102aに沿って移動可能な光学ユニット105と、光学ユニット105に固定された撮像部106とを示した。

【0062】

以下、説明の簡略化のため次のように仮定するが、このような仮定のもとでも説明の一般性は失われない。

- ・基板座標系 Bで表した座標 (x, y) を、上付き文字「B」を用いて $^B(x, y)$ と表記する。同様に、装置座標系 Rで表した座標 (X_R, Y_R) を、 $^R(X_R, Y_R)$ と表記する。

20

【0063】

- ・基板10の観察対象面は長方形である。
- ・基板10を基準とする基板座標系 Bのx軸とy軸は、基板10の観察対象面の長辺と短辺にそれぞれ平行である。

【0064】

- ・誤差となる歪みやずれ等を除けば、 X_R 軸はx軸に平行であり、 Y_R 軸はy軸に平行である。換言すれば、基板10を欠陥修正装置100に搬入してステージ部101に載せるときの基準は、 X_R 軸および Y_R 軸がそれぞれx軸およびy軸と平行になるように載せるように決められている。

30

【0065】

- ・装置座標系 Rの Z_R 軸は、ステージ部101の上面と垂直である。
- ・ステージ部101は、基板10を保持したまま、 X_R 方向に移動可能である。ステージ部101の基準位置は予め決められている。

【0066】

- ・梁102aは Y_R 軸に平行なので、光学ユニット105は Y_R 方向に移動可能である。梁102aに沿った光学ユニット105の基準位置は予め決められている。

- ・欠陥修正装置100が床に固定されているとき、ガントリー102も床に対して固定されており移動不能である。

40

【0067】

- ・光学ユニット105および撮像部106の光軸は Z_R 軸に平行である。
- ・基板座標系 Bの原点は、基板10の観察対象面の頂点のうちの1つに設定されるが、任意に設定することも可能である。装置座標系 Rの原点も、任意に設定することができる。

【0068】

このような前提のもとで、制御部108は、ステージ部101を X_R 方向に移動させる量を、ステージ部101が備えるモータまたはアクチュエータに指示し、光学ユニット105を Y_R 方向に移動させる量を、光学ユニット105が備えるモータまたはアクチュエータに指示する。その結果、基板10に対する光学系104の相対的な移動が実現される

50

。

【0069】

また、上記の前提から、 $x y$ 平面と $X_R Y_R$ 平面は平行である。さらに、 $^B(x, y)$ と $^R(X_R, Y_R)$ との間の座標変換は、本来ならば、ステージ部 101 と光学ユニット 105 がそれぞれ基準位置にあるときの基板座標系 B の原点 $^B(0, 0)$ を装置座標系 R で表したオフセット座標 $^R(f_1, f_2)$ の加算または減算のみで実現されるはずである。すなわち、理想的には、式 (1) および (2) の関係が成立するはずである。

【0070】

$$X_R = f_1 + x \quad (1)$$

$$Y_R = f_2 + y \quad (2)$$

10

ところが、上述のとおり実際には歪みやずれの影響で式 (1) および (2) の関係は成立しない。

【0071】

また、図 2 の上部には、欠陥修正装置 100 と同様の模式的な形式で、欠陥検出装置 300 の一部の構成要素のみを抜粋して図示した。

すなわち、図 2 には、欠陥検出装置 300 のうち、基板 10 を保持するステージ部 301 と、支柱 302 b および 302 c ならびに梁 302 a を備えたガントリー 302 と、梁 302 a に沿って取り付けられた複数のラインセンサ 303 a ~ 303 e のみを示した。ラインセンサ 303 a ~ 303 e は、例えば CCD 画像センサや CMOS 画像センサであり、欠陥の検出器として機能する。また、ラインセンサ 303 a ~ 303 e は、拡大観察のための光学系を備えないか、または、欠陥修正装置 100 の光学系 104 よりも低い拡大倍率の光学系を備える。

20

【0072】

欠陥修正装置 100 に関するのと同様に、欠陥検出装置 300 に関しても次のように仮定して以下の説明を行う。

- ・欠陥検出装置 300 を基準とする装置座標系 P で表した座標 (X_P, Y_P) を、上付き文字「 P 」を用いて $^P(X_P, Y_P)$ と表記する。

【0073】

- ・誤差となる歪みやずれ等を除けば、 X_P 軸は x 軸に平行であり、 Y_P 軸は y 軸に平行である。この意味は、欠陥修正装置 100 に関して説明したのと同様である。

30

- ・装置座標系 P の Z_P 軸は、ステージ部 301 の上面と垂直である。

【0074】

- ・ステージ部 301 は、基板 10 を保持したまま、 X_P 方向に移動可能である。ステージ部 301 基準位置は予め決められている。

- ・欠陥検出装置 300 が床に固定されているとき、ガントリー 302 も床に対して固定されており移動不能である。

【0075】

- ・各ラインセンサ 303 a ~ 303 e は、光軸が Z_P 軸に平行であり、梁 302 a への取り付け位置の Y_P 座標が既知である。

- ・装置座標系 P の原点も任意に設定することができる。

40

【0076】

欠陥検出装置 300 は、ステージ部 301 が備えるモータまたはアクチュエータを制御してステージ部 301 を X_P 方向に等速で動かしながら、ラインセンサ 303 a ~ 303 e によって撮像を繰り返し、撮像した画像を合成することによって基板 10 全体を撮像した画像（以下「合成基板画像」という。）を取得する。装置座標系 P と基板座標系 B の間の座標変換に関しても、上記と同様に、理想的には式 (3) および (4) の関係が成立するはずだが、実際には歪みやずれの影響で成立しない。

【0077】

$$X_P = f_3 + x \quad (3)$$

$$Y_P = f_4 + y \quad (4)$$

50

欠陥検出装置 300 は合成基板画像から欠陥を検出する。また、欠陥検出装置 300 は、合成基板画像における 1 画素の幅に相当する基板 10 上の長さに基づいて、欠陥が検出された合成基板画像上の座標を装置座標系 P に変換する。すなわち、欠陥検出装置 300 は、画素数で表される合成基板画像上の座標を、実空間における長さで表される装置座標系 R における座標に変換する。

【0078】

そして、上記の式 (3) および (4) に基づいて、欠陥検出装置 300 は、装置座標系 P による欠陥の座標を基板座標系 B へと変換する。欠陥検出装置 300 は、装置座標系 P から基板座標系 B への変換において何らかの補正をさらに行ってもよい。

【0079】

その後、基板 10 が欠陥検出装置 300 から搬出されて欠陥修正装置 100 に搬入されると、制御部 108 は、基板 10 と光学系 104 との相対移動を制御する。相対移動を実現するためには、欠陥検出装置 300 が計算した欠陥の座標^B (x, y) に直接的または間接的に基づいて、制御部 108 が基板座標系 B から装置座標系 R への座標系変換を行う必要がある。

【0080】

そこで、制御部 108 は、修正対象の欠陥に対応する式 (1) の座標 X_R から、ステージ部 101 の現状での位置の基準位置に対するオフセットを引くことで、 X_R 方向の移動量を算出する。同様に、制御部 108 は、修正対象の欠陥に対応する式 (2) の座標 Y_R から、光学ユニット 105 の現状での位置の基準位置に対するオフセットを引くことで、 Y_R 方向の移動量を算出する。

【0081】

ところが、欠陥修正装置 100 と欠陥検出装置 300 は別個の装置であり、それぞれに特有の歪みやずれを有している。たとえ欠陥検出装置 300 が装置座標系 P から基板座標系 B への変換において何らかの補正を行うとしても、その補正により歪みやずれの影響が完全に除去されているとは限らない。

【0082】

よって、もし制御部 108 が上記のように算出した移動量の値そのものが実際の相対移動の量を指定する移動量として使われると、欠陥は、撮像部 106 が撮像する撮像画像の中心には位置しないおそれがある。場合によっては、欠陥が光学系 104 の観察範囲を外れてしまい、撮像画像に含まれないこともありうる。

【0083】

そこで、欠陥検出装置 300 に特有の歪みやずれの影響を受けた欠陥情報を受け取ったときにも、欠陥情報に基づいて相対移動と撮像を行って得られる撮像画像において、なるべく中心に近い位置に欠陥が位置するようにするために、欠陥修正装置 100 は座標補正マップを利用する。

【0084】

以下、図 1 に関して説明した欠陥修正装置 100 の動作について、より詳細に説明する。なお、第 1 実施形態は、知識なしの状態から順次学習を繰り返す実施形態である。

つまり、第 1 実施形態では、欠陥修正装置 100 の運用開始時における初期状態の座標補正マップは何も補正情報を含まず、欠陥修正装置 100 が基板の修正を繰り返すにつれて座標補正マップが順次更新される。よって、第 1 実施形態には、事前に初期状態の座標補正マップを作成する必要がないという利点と、欠陥修正装置 100 などに経時変化が生じて座標補正マップの更新によって追従可能であるという利点がある。

【0085】

図 3 は、第 1 実施形態における欠陥修正装置の動作を示すフローチャートである。図 3 は、1 枚の基板 10 に関する処理を示した図である。また、基板 10 は既に欠陥修正装置 100 に搬入され、 X_R 軸および Y_R 軸がそれぞれ x 軸および y 軸と平行になるようにステージ部 101 に載せられているものとする。

【0086】

10

20

30

40

50

ステップ S 1 0 1 において、通信部 1 1 2 がネットワーク 2 0 0 を介して欠陥検出装置 3 0 0 から欠陥情報を受信し、制御部 1 0 8 に欠陥情報を出力する。

図 4 は、欠陥情報の例を示す図である。1 つの欠陥に対応する欠陥情報は、図 4 の例では、欠陥を識別する識別子であるインデックスと、欠陥の位置を示す欠陥座標と、欠陥の大きさと、欠陥の分類と、修正の可否を示すフラグとの組である。欠陥座標以外の項目は、実施形態によっては省略可能である。図 4 は、N 個の欠陥に関する欠陥情報の例である。

【 0 0 8 7 】

欠陥座標は、基板座標系 B による x 座標と y 座標の組で表され、図 4 の例では単位はミリメートル (mm) である。欠陥座標が表す 1 点は、欠陥検出装置 3 0 0 または 3 1 0 が欠陥を代表する点として検出した点であり、例えば欠陥の重心である。

10

【 0 0 8 8 】

欠陥の大きさは、図 4 の例では欠陥の面積である。欠陥検出装置 3 0 0 または 3 1 0 が、基板を撮像した撮像画像を処理することで欠陥の範囲を認識し、認識した範囲の面積を算出することにより、欠陥の面積は取得される。

【 0 0 8 9 】

面積のかわりに、各辺が x 軸または y 軸に平行な長方形のうちで欠陥の範囲を包摂する最小の長方形の、左上角の頂点と右下角の頂点それぞれの x 座標と y 座標の組を用いて、欠陥の大きさを表すことも可能である。

【 0 0 9 0 】

欠陥の分類は、欠陥検出装置 3 0 0 または 3 1 0 が撮像画像を処理することで判断した分類である。欠陥検出装置 3 0 0 または 3 1 0 は、検出した欠陥を、例えば、粉塵や余計なフォトレジストなどの異物の付着、接続すべき箇所が接続されていないオープン欠陥、接続すべきでない箇所同士が接続されているショート欠陥、およびフォトリソグラフィ工程における露光不良などに分類する。

20

【 0 0 9 1 】

修正の可否を示すフラグは、検出された欠陥に対して欠陥修正装置 1 0 0 による修正を行う必要があるか否かを示すフラグである。

ここで図 3 の説明に戻ると、ステップ S 1 0 1 に続いてステップ S 1 0 2 において、制御部 1 0 8 は、通信部 1 1 2 から受け取った欠陥情報から、未処理の欠陥を 1 つ選択する。

30

【 0 0 9 2 】

次に、ステップ S 1 0 3 において、制御部 1 0 8 は、ステップ S 1 0 3 で選択した欠陥が、座標補正マップのために予め定義された複数の領域のうちのいずれに含まれるのかを認識する。上記のとおり、座標補正マップデータは、予め定義された複数の領域に、個々の補正情報を関連付けたデータである。

【 0 0 9 3 】

図 5 は、座標補正マップにおける領域の定義を説明する図である。基板座標系 B の x 軸と y 軸が示されているとおり、第 1 実施形態では、基板 1 0 に対して複数の領域が定義される。

40

【 0 0 9 4 】

図 5 の例では、基板 1 0 の左上角の頂点が基板座標系 B の原点として定義されており、基板 1 0 の x 方向の長さは nL であり、y 方向の長さは mL である。ここで n と m は 2 以上の整数である。

【 0 0 9 5 】

図 5 において、基板 1 0 の上面すなわち回路パターンが形成された面の全域にわたって座標補正マップのための領域が定義されている。各領域は 1 辺の長さが L の正方形であり、基板 1 0 の上面全体は、2 次元の格子状に配列された nm 個の領域に分割されている。つまり、基板 1 0 上の全領域は予め設定された間隔 L で升目状に区切られており、座標補正マップは各升に対して補正情報を関連付けている。

50

【0096】

例えば、 $nL = 1800 \text{ mm}$ であり $mL = 1500 \text{ mm}$ である。Lは、基板の大きさや特性に合わせて適宜定めることができるが、例えば $L = 50 \text{ mm}$ でもよく、その場合、 n と m は式(5)および(6)のとおりである。

【0097】

$$n = 1800 / 50 = 36 \quad (5)$$

$$m = 1500 / 50 = 30 \quad (6)$$

以下、各領域を「 $M(i, j)$ 」なる符号で参照する。ここで、 i と j はそれぞれ式(7)と(8)を満たす整数であり、領域 $M(i, j)$ は、式(9)と(10)をとともに満たす範囲である。

【0098】

$$0 \leq i \leq n - 1 \quad (7)$$

$$0 \leq j \leq m - 1 \quad (8)$$

$$iL \leq x < (i + 1)L \quad (9)$$

$$jL \leq y < (j + 1)L \quad (10)$$

つまり、 i と j は領域を特定するための x 方向と y 方向それぞれのインデックスである。

【0099】

ここで図3の説明に戻ると、ステップS103で制御部108が行う処理は次のとおりである。

ステップS102で選択した欠陥の欠陥座標を $B(x, y)$ とし、 $\text{int}[A]$ によって数 A の小数点以下を切り捨てた整数を表すものとする。すると、制御部108はステップS103において、欠陥座標 $B(x, y)$ が、図5のように定義された nm 個の領域のいずれに属するかを判断する。

【0100】

すなわち、制御部108は、式(11)と(12)にしたがってインデックス i と j を計算し、ステップS102で選択した欠陥が領域 $M(i, j)$ に内包されることを認識する。

【0101】

$$i = \text{int}[x / L] \quad (11)$$

$$j = \text{int}[y / L] \quad (12)$$

続いてステップS104で、制御部108は、ステップS103で認識した領域 $M(i, j)$ の座標補正マップデータを座標補正マップ記憶部111から読み出して取得する。座標補正マップデータは、例えば図6に示すように、複数の領域にそれぞれ補正情報を関連付けた形式のデータである。

【0102】

図6は、座標補正マップの例を示す図である。図6では座標補正マップが4列の表形式で表現されているが、具体的なデータ形式は実施形態に応じて任意である。

図6の1列目と2列目は領域を特定する上記のインデックス i と j であり、3列目と4列目は補正情報であり、具体的には x 座標の補正量 m_x と y 座標の補正量 m_y である。図6では一部が省略されているが、図5のように定義された nm 個のすべての領域に対して、それぞれ補正情報が関連付けられている。

【0103】

ところで、上述したとおり、第1実施形態は知識なしの状態から座標補正マップの学習を逐次的に行う実施形態であり、「知識なし」とは、領域に関連付けられた補正情報が存在しないことを意味する。ここで、領域に関連付けられた補正情報が存在するか否かを示すフラグを図5の5列目に追加することもできるが、フラグを用いなくても事実上補正情報の存否を表すことは可能である。

【0104】

すなわち、第1実施形態では、「補正情報が存在する場合、その補正量がまったくのゼ

10

20

30

40

50

口であることはめったにない」という経験則を利用して、次のように制御部 108 が判断する。制御部 108 は、ある領域 $M(i, j)$ に関連付けられた補正量 m_x と m_y の値がともにゼロである場合は、領域 $M(i, j)$ に関連付けられた補正情報は存在しないと見なす。また、制御部 108 は、補正量 m_x と m_y の値の少なくとも一方がゼロ以外の値であれば、補正量 m_x と m_y により表される学習済みの補正情報が領域 $M(i, j)$ に関連付けられて記憶されていると見なす。

【0105】

この場合、座標補正マップを知識なしの初期状態に初期化するために座標補正マップ作成部 110 が行うことは、 nm 個の領域のすべてに対して、補正量 m_x と m_y の値をゼロに設定した座標補正マップを生成して座標補正マップ記憶部 111 に格納することである。

10

【0106】

ここで図 3 の説明に戻ると、ステップ S104 で制御部 108 は、座標補正マップデータのうち、領域 $M(i, j)$ を示すインデックス i と j に関連付けられた x 座標の補正量 m_x と y 座標の補正量 m_y の値を座標補正マップ記憶部 111 から読み出して取得する。

【0107】

続いてステップ S105 で制御部 108 は、ステップ S104 で取得した補正量 m_x と m_y により、ステップ S102 で選択した欠陥の欠陥座標 $^B(x, y)$ を式 (13) および (14) により補正し、座標補正マップデータによる補正後の座標 $^B(x', y')$ を算出する。

20

【0108】

$$x' = x + m_x \quad (13)$$

$$y' = y + m_y \quad (14)$$

なお、第 1 実施形態では上記のとおり、もし領域 $M(i, j)$ に関連付けられた補正情報が存在しなければ補正量 m_x と m_y の値はともにゼロである。よって、この場合、ステップ S105 では実質的には補正が行われない。

【0109】

あるいは、他の実施形態においては、もし領域 $M(i, j)$ に関連付けられた補正情報が存在しなければ、制御部 108 が次のようにして補正量を計算してもよい。すなわち、制御部 108 は、座標補正マップ記憶部 111 から座標補正マップデータを読み出し、領域 $M(i, j)$ を囲んで隣接する 8 つの領域にそれぞれ関連付けられた補正情報が存在するか否かを判断する。隣接する 1 つ以上の領域に関連付けられた補正情報が存在する場合、制御部 108 は、それらの補正情報の平均を算出して、領域 $M(i, j)$ における補正情報のかわりに利用してもよい。

30

【0110】

ステップ S105 に続いてステップ S106 で、制御部 108 は、ステップ S105 で算出した座標 $^B(x', y')$ を装置座標系 R に変換し、ステップ S102 で選択した欠陥を観察および修正するための相対移動のための制御を行う。具体的には次のとおりである。

【0111】

制御部 108 は、欠陥修正装置 100 にずれや歪みがない場合の理想的な関係を示す式 (1) および (2) を用いて、相対移動の終点を表す座標 $^R(X_R, Y_R)$ を算出する。ただし、ステップ S106 での座標系変換の対象は、座標 $^B(x', y')$ であるから、実際にはステップ S106 では下記の式 (15) および (16) の計算が行われる。

40

【0112】

$$X_R = f_1 + x' \quad (15)$$

$$Y_R = f_2 + y' \quad (16)$$

また、式 (15) および (16) により計算した座標 $^R(X_R, Y_R)$ と、制御部 108 は、ステージ部 101 および光学ユニット 105 の現状での位置の基準位置に対するオフセットとの差を、現状の位置からの相対移動の量として算出する。

50

【0113】

そして、ステップS106では、制御部108がさらに、算出した X_R 方向の相対移動の量をステージ部101のモータまたはアクチュエータに指示する。それにより、基板10を保持するステージ部101が、光学系104に対して X_R 方向に相対移動する。

【0114】

同様に、ステップS106で制御部108は、算出した Y_R 方向の相対移動の量を光学ユニット105のモータまたはアクチュエータに指示する。それにより、ガントリー102の梁102aに沿って、光学系104を含む光学ユニット105が基板10に対して Y_R 方向に相対移動する。

【0115】

結果として、ステップS106では、基板10と光学系104との間の相対的な移動が実現される。なお、他の実施形態では、上記とは異なる方法で基板10と光学系104との間の相対的な移動を実現することも可能である。例えば、床に対して移動不能のステージ部101に対して、ガントリー102が X_R 方向に相対移動するよう、欠陥修正装置が構成されていてもよい。

【0116】

続いて、ステップS107で、撮像部106が光学系104を介して基板10を撮像し、撮像画像を画像処理部109に出力する。

図7は、撮像画像の例を示す図である。図7には、説明の便宜上、撮像部106から画像処理部109が取り込んだ撮像画像401の中心を示すための十字の線が示されている。ステップS105で座標の補正が行われているため、多くの場合では、図7に示すように、ステップS102で選択した欠陥402は、光学系104を介した撮像部106の視野内に収まり、撮像画像401に含まれる。

【0117】

したがって、画像処理部109は、特徴点抽出、エッジ抽出、または参照画像との比較などの方法を用いて画像認識処理を行うことにより、撮像画像401内で欠陥402を検出し、欠陥402の位置および範囲を認識する。また、欠陥402の範囲を認識するため、画像処理部109は、ステップS102で選択した欠陥に関する図4の欠陥情報における「大きさ」という項目の値を利用してもよい。

【0118】

なお、座標補正マップが初期状態であるために図3のステップS105で実質的な補正が行われない場合などには、欠陥402が撮像画像401に含まれないこともある。この場合、ステップS107では、欠陥402を含む撮像画像401を取得するため、再度基板10の撮像が行われる。

【0119】

すなわち、図1の光学ユニット105は、光学系104よりも低い拡大倍率の不図示の第2の光学系を有している。画像処理部109は、光学系104を介した1枚目の撮像画像において欠陥を検出することができなかった場合は、再度撮像すべきことを制御部108に通知する。通知を受けた制御部108は、第2の光学部を介して撮像するよう光学ユニット105と撮像部106を制御し、画像処理部109は撮像部106から第2の撮像画像を取り込む。

【0120】

この第2の撮像画像は、1回目に取り込んだ撮像画像よりも低倍率であるぶん視野が広いので、ステップS102で選択した欠陥を含む可能性が高い。画像処理部109は、画像認識処理によって第2の撮像画像内での欠陥の位置を認識し、認識した位置を制御部108に通知する。

【0121】

なお、画像処理部109が第2の撮像画像内で欠陥を認識することができなかった場合には、制御部108が試行錯誤的に基板10と光学系104との相対位置を少しずつ変化させながら、撮像部106が第2の光学系を介して撮像することを繰り返す。繰り返しの

10

20

30

40

50

結果、ステップ S 1 0 2 で選択した欠陥を含む撮像画像が得られる。以下ではこのような試行錯誤の有無によらず、単に、欠陥を含む第 2 の撮像画像が得られたものとして説明する。

【 0 1 2 2 】

画像処理部 1 0 9 が第 2 の撮像画像内で認識した欠陥の位置を制御部 1 0 8 に通知すると、制御部 1 0 8 は、通知された位置に基づいて、基板 1 0 に対する光学系 1 0 4 の相対位置を微調整するための相対移動の量を計算する。そして、制御部 1 0 8 は、ステージ部 1 0 1 と光学ユニット 1 0 5 に相対移動を指示する。相対移動の後、光学系 1 0 4 を介して撮像部 1 0 6 が撮像を行い、第 3 の撮像画像を画像処理部 1 0 9 に出力する。この例の場合、第 3 の撮像画像が図 7 の撮像画像 4 0 1 であり、欠陥 4 0 2 を含んでいる。

10

【 0 1 2 3 】

このようにして、図 3 のステップ S 1 0 7 では、いずれにしる、光学系 1 0 4 を介して撮像され、欠陥 4 0 2 を含むような撮像画像 4 0 1 が画像処理部 1 0 9 に取得される。したがって、画像処理部 1 0 9 は、取得した撮像画像 4 0 1 に対して画像認識処理を行い、欠陥 4 0 2 の位置および範囲を認識する。

【 0 1 2 4 】

なお、図 7 に示すように、撮像画像 4 0 1 における位置は、画素の数を単位とした、撮像画像 4 0 1 を基準とする画像座標系 I により表される。例えば、撮像画像 4 0 1 の左上角の頂点が画像座標系 I の原点であり、画像座標系 I の座標軸である X_I 軸と Y_I 軸は、理想的には、それぞれ基板座標系 B の x 軸と y 軸に平行である。

20

【 0 1 2 5 】

そこで、画像処理部 1 0 9 は、ステップ S 1 0 7 においてさらに、撮像画像 4 0 1 内で認識した欠陥 4 0 2 の画像座標系 I における座標 $I (X_I, Y_I)$ を、基板座標系 B の座標 $B (x', y')$ に変換する。画像座標系 I と基板座標系 B との間の座標系変換は、光学系 1 0 4 および撮像部 1 0 6 の仕様に応じて行われ、さらに基板 1 0 や欠陥修正装置 1 0 0 が有する歪みやずれなどが考慮されてもよい。そのような座標変換の簡単な例は図 8 とともに後述する。

【 0 1 2 6 】

ただし、例えば下記のような原因により、欠陥 4 0 2 は撮像画像 4 0 1 の中心に位置するとは限らない。すなわち、座標 $B (x', y')$ と座標 $B (x, y)$ は等しいとは限らない。

30

【 0 1 2 7 】

- ・座標補正マップの精度が不十分である。
- ・欠陥 4 0 2 の位置 $B (x, y)$ を含む領域 $M (i, j)$ に関連付けられた補正情報がまだ学習されていない。

【 0 1 2 8 】

- ・欠陥 4 0 2 の位置 $B (x, y)$ を含む領域 $M (i, j)$ について、補正情報の学習後に、欠陥修正装置または欠陥検出装置 3 0 0 において経時変化が生じた。

よって、図 3 のステップ S 1 0 8 で、座標補正マップ作成部 1 1 0 は、視野中心すなわち撮像画像 4 0 1 の中心からの欠陥 4 0 2 のずれを算出する。具体的には次のとおりである。

40

【 0 1 2 9 】

第 1 実施形態では、各欠陥の位置は各欠陥の重心により表される。よって、図 7 では、欠陥 4 0 2 の重心と撮像画像 4 0 1 の中心との差を、ベクトル 4 0 3 の矢印によって示してある。ベクトル 4 0 3 は、座標補正マップにおいて、欠陥 4 0 2 を含む領域 $M (i, j)$ に関連付けられた補正情報が含む誤差に対応する。

【 0 1 3 0 】

撮像画像 4 0 1 における欠陥 4 0 2 の重心の位置は、画像処理部 1 0 9 によって基板座標系 B による座標 $B (x', y')$ に変換済みである。ここで、撮像画像 4 0 1 の中心の基板座標系 B における座標は、ステップ S 1 0 5 で式 (1 3) および (1 4) に

50

より計算された^B(x', y')である。よって、図7のベクトル403は、基板座標系Bを用いて式(17)のように表される。

【0131】

$${}^B(d_x, d_y) = (x'' - x', y'' - y') \quad (17)$$

よって、図3のステップS108において、座標補正マップ作成部110は、式(17)によって成分が表されるベクトル403を計算し、制御部108に出力する。なお、座標^B(x'', y'')は画像処理部109から、座標^B(x', y')は画像処理部109から、座標補正マップ作成部110へと入力される。

【0132】

続いて、ステップS109とステップS110で、必要に応じて欠陥の修正が行われる。つまり、制御部108は、ステップS102で選択した欠陥の欠陥情報において、図4の「修正要否」フラグの値を読み取る。そして、制御部108は、読み取った値が「要」ならばステップS110へ進み、「不要」ならばステップS111に進むよう、制御を行う。あるいは、制御部108が欠陥情報の「修正要否」フラグを参照するかわりに、画像処理部109が、撮像画像401に対する画像処理を行い、欠陥402に修正が必要か否かを判断し、判断の結果を制御部108に通知してもよい。

10

【0133】

ステップS110では、制御部108が欠陥修正部103に欠陥402の修正を指示し、欠陥修正部103が、例えばレーザ照射によって欠陥402を修正する。例えば、レーザの照射範囲を絞るため、ステップS107で画像処理部109が認識した欠陥402の位置と範囲が制御部108を介して欠陥修正部103に指示されてもよい。

20

【0134】

ステップS111は、ステップS109で修正が不要な欠陥であると判断された後、あるいはステップS110で修正が行われた後に実行される。他の実施形態では、ステップS109およびステップS110とステップS111とが並行して実行されてもよい。

【0135】

ステップS111において、座標補正マップ作成部110は、ステップS108で式(17)により算出されたずれに基づいて、図6の座標補正マップデータを更新する。詳しくは後述するとおり、更新の仕方は実施形態に応じて様々であるが、第1実施形態では次のように更新が行われる。

30

【0136】

領域M(i, j)に関連付けられた補正情報が存在しない場合、座標補正マップ作成部110は、領域M(i, j)に関連付けられる補正量m_xおよびm_yとして、それぞれd_xおよびd_yの値を座標補正マップ記憶部111に記憶する。逆に、領域M(i, j)に関連付けられた既存の補正情報がある場合は、座標補正マップ作成部110は、領域M(i, j)に関連付けられる補正量m_xおよびm_yを式(18)および(19)にしたがって更新する。なお、前述のとおり、領域M(i, j)に関連付けられた補正量m_xとm_yがともにゼロの場合にのみ、補正情報が存在しないと見なされる。

【0137】

$$m_x = d_x / 2 + m_x \quad (18)$$

$$m_y = d_y / 2 + m_y \quad (19)$$

40

式(18)および(19)において、右辺のm_xおよびm_yは、ステップS104で取得された現在の座標補正マップデータであり、左辺のm_xおよびm_yが更新後の座標補正マップデータである。すなわち、座標補正マップ作成部110は、ステップS103で認識された領域の補正情報を式(18)および(19)により算出し、座標補正マップ記憶部111は、算出された補正情報を格納しなおす。

【0138】

こうして座標補正マップデータの更新が終了すると、処理はステップS112に進む。ステップS112において、制御部108は、未処理の欠陥情報がまだステップS101で受信した図4の欠陥情報に残っているか否かを判定する。未処理の欠陥情報が残ってい

50

れば、処理はステップ S 1 0 2 に戻り、図 4 の N 個の欠陥のすべてについて処理済であれば、図 3 の処理は終了する。

【 0 1 3 9 】

以上、第 1 実施形態について詳細に説明したが、データフローの観点から概括すれば下記のごとくである。

図 8 は、第 1 実施形態のデータフロー図である。

【 0 1 4 0 】

欠陥検出装置 3 0 0 から、観察対象である欠陥の位置を指定する第 1 の位置情報として、通信部 1 1 2 が受信した座標^B (x , y) に対して、図 8 のプロセス P 1 1 のとおり座標補正マップデータによる変換 m₁ が行われる。プロセス P 1 1 は図 3 のステップ S 1 0 3 ~ ステップ S 1 0 5 に相当する。

10

【 0 1 4 1 】

また、図 8 では、補正量 m_x と m_y が領域 M (i , j) に依存した値であることを明示するために、「 m_x (i , j) 」および「 m_y (i , j) 」のように表記している。なお、インデックス i と j はそれぞれ x と y に依存するので、補正量 m_x (i , j) と m_y (i , j) を含む補正情報は、第 1 の位置情報に応じて相対移動の量を補正するための情報である。

【 0 1 4 2 】

そして、プロセス P 1 1 によって変換された座標^B (x ' , y ') に対して、図 3 のステップ S 1 0 6 に相当するプロセス P 1 2 において、相対移動のための変換 f が行われる。すなわち、プロセス P 1 2 では基板座標系 B から装置座標系 R への座標系変換が行われる。

20

【 0 1 4 3 】

ここで、補正量 m_x (i , j) と m_y (i , j) により表される補正情報は、基板座標系 B において第 1 の位置情報としての座標^B (x , y) を補正する量を表す。また、プロセス P 1 1 とプロセス P 1 2 から理解されるように、補正情報は、間接的に、装置座標系 R における相対移動の量を補正する量を表してもいる。

【 0 1 4 4 】

そして、プロセス P 1 2 によって変換された座標^R (X_R , Y_R) に対して、プロセス P 1 3 において撮像が行われ、画像座標系 I で表された欠陥の座標^I (X_I , Y_I) が撮像画像に基づいて取得される。さらに、この座標^I (X_I , Y_I) に対して、プロセス P 1 4 において画像座標系 I から基板座標系 B への座標系変換 g が行われる。プロセス P 1 3 とプロセス P 1 4 は、図 3 のステップ S 1 0 7 に含まれる。

30

【 0 1 4 5 】

ここで、上付き文字の「 T 」は転置を表すものとする、プロセス P 1 4 における変換 g は、例えば 3 × 3 行列 G を用いて式 (2 0) により表される。なお、行列 G の 3 行目をベクトルで表すと (0 , 0 , 1) である。

【 0 1 4 6 】

$$(x ' ' , y ' ' , 1) ^ T = G (X _ I , Y _ I , 1) ^ T \quad (2 0)$$

行列 G により、光学系 1 0 4 と撮像部 1 0 6 の仕様によって定まる拡大・縮小率および平行移動が表現されるとともに、欠陥修正装置 1 0 0 の歪みによる回転および剪断ひずみも表現される。もちろん、他の実施形態においては、変換 g が 3 × 3 行列 G 以外により表される変換であってもよい。プロセス P 1 4 によって変換された座標^B (x ' ' , y ' ') は、観察対象である欠陥の位置を基板座標系 B により表す、撮像画像に基づいて取得された、第 2 の位置情報としての座標である。

40

【 0 1 4 7 】

プロセス P 1 5 は、図 3 のステップ S 1 0 8 に相当し、プロセス P 1 4 で変換された第 2 の位置情報としての座標^B (x ' ' , y ' ') とプロセス P 1 1 で変換された座標^B (x ' , y ') との差分^B (d x , d y) が算出される。

【 0 1 4 8 】

50

そして、図3のステップS111に相当するプロセスP16では、座標補正マップデータの更新が行われる。具体的には、第1の位置情報としての座標^B(x, y)に基づく相対移動の量を、座標^B(x, y)に応じて補正するための補正情報、すなわち補正量 $m_x(i, j)$ と $m_y(i, j)$ の更新が行われる。更新後の値は、座標補正マップ記憶部111から読み出された現在の補正情報と、プロセスP15で計算された差分^B(dx, dy)とに基づく。つまり、間接的には、更新後の補正情報は、第2の位置情報としての座標^B(x', y')に基づいている。

【0149】

プロセスP16で更新された補正情報は、続いて処理される基板10上の他の欠陥および他の基板上の欠陥に関して、プロセスP11で読み出され、利用される。つまり、図8に示したプロセスP11～プロセスP16を繰り返すことで、欠陥修正装置100は座標補正マップデータを逐次的に学習し、更新する。

10

【0150】

以上説明したとおり、第1実施形態によれば、欠陥検出装置300または310と欠陥修正装置100との間の機差の影響による座標のずれは、座標補正マップの学習が進むにつれて適切に補正されるようになる。座標補正マップによる補正は、機差の影響を打ち消し、図3のステップS106における相対移動の精度を高める。よって、ステップS107における撮像時には、図7の欠陥402が視野内の中心付近に位置する。つまり、座標補正マップの学習が進むにつれて、1回目の撮像の時点で、欠陥修正部103が修正可能な範囲に欠陥が位置するようになり、光学系を切り替えての探索などが不要となる。

20

【0151】

続いて、その他の実施形態について、第1実施形態との違いを中心に説明する。

図9は、第2実施形態における座標補正マップの初期化のフローチャートである。第1実施形態では知識なしの状態から逐次的に学習を重ねる方法が採用されている。それに対して第2実施形態では、複数の既知のパターンがそれぞれ既知の位置に配置された標準基板を用いて、座標補正マップ作成部110が座標補正マップの初期データを作成する。したがって、第2実施形態によれば、欠陥修正装置100の運用開始直後の補正の精度を高めることができる。

【0152】

以下、標準基板に配置された複数の既知のパターンを「標準パターン」という。また、第1実施形態と同様に、図5のように座標補正マップのための領域が定義されているものとする。なお、説明の簡略化のため、標準基板は図5のnm個のそれぞれの領域内に、少なくとも1つの標準パターンを含み、修正対象の基板10と同一モデル(品種)の基板であるものとする。

30

【0153】

ステップS201で、座標補正マップ作成部110は、標準パターンのデータを取得する。標準パターンのデータは、例えばPC107のハードディスク装置に予め記憶されていてもよく、ネットワーク200と通信部112を介して外部記憶装置320等より供給されてもよい。標準パターンのデータは、標準基板の基板座標系Bにより表された標準パターンの既知の位置に関するデータを含む。

40

【0154】

次にステップS202で座標補正マップ作成部110は、図5におけるx方向のインデックスである変数iの値を0に初期化する。

続くステップS203からステップS211は繰り返ループを形成している。

【0155】

ステップS203で座標補正マップ作成部110は、図5におけるy方向のインデックスである変数jの値を0に初期化する。

そして、ステップS204で座標補正マップ作成部110は、領域M(i, j)に含まれる標準パターンの座標^B(x₀, y₀)をステップS201で取得したデータから読み出す。

50

【0156】

続いて、ステップS205において、図3のステップS106と同様のやり方で、座標^B(x_0, y_0)にある標準パターンを撮像するための相対移動が行われる。

さらに、ステップS206において、図3のステップS107と同様に、光学系104を介して、撮像部106が、標準基板上の座標^B(x_0, y_0)にある標準パターンを撮像し、撮像画像を画像処理部109に出力する。

【0157】

そして、ステップS207において、画像処理部109は、画像認識処理によって、撮像画像内における標準パターンの位置および範囲を認識し、標準パターンの座標^B(x_1, y_1)を認識して座標補正マップ作成部110に出力する。ステップS206とステップS207の詳細は、図3のステップS107と類似であるので説明を省略する。

10

【0158】

続いて、ステップS208において、座標補正マップ作成部110は、制御部108を介して通信部112から座標^B(x_0, y_0)を受け取る。そして、座標補正マップ作成部110は、座標^B(x_0, y_0)と座標^B(x_1, y_1)に基づいて、式(21)のずれ^B(Dx, Dy)を算出する。

【0159】

$${}^B(Dx, Dy) = (x_1 - x_0, y_1 - y_0) \quad (21)$$

そして、ステップS209において座標補正マップ作成部110は、領域M(i, j)に対応する座標補正マップデータとして、式(21)のずれ^B(Dx, Dy)を座標補正マップ記憶部111に格納する。

20

【0160】

続いて、ステップS210で座標補正マップ作成部110は、y方向のインデックスjの値が($m - 1$)と等しいか否かを判断する。j = $m - 1$ ならば処理はステップS211へ、j < $m - 1$ ならば処理はステップS212へ進む。

【0161】

ステップS211で座標補正マップ作成部110は、x方向のインデックスiの値が($n - 1$)と等しいか否かを判断する。i = $n - 1$ ならば、すべてのiとjの組み合わせについてステップS204からステップS209の処理が終わったので、図9の座標補正マップの初期学習も完了する。ステップS211でi < $n - 1$ ならば、処理はステップS213に進む。

30

【0162】

ステップS212では、座標補正マップ作成部110がインデックスjの値を1だけインクリメントし、処理はステップS204に戻る。また、ステップS213では、座標補正マップ作成部110がインデックスiの値を1だけインクリメントし、処理はステップS203に戻る。

【0163】

以上のようにして座標補正マップデータの初期データを作成した後は、第2実施形態においても、欠陥修正装置100は、第1実施形態と同様に動作する。

なお、第2実施形態において、図5のnm個の領域のそれぞれに対して補正情報の初期値を座標補正マップ作成部110が学習している。しかし、nm個の領域のうちの一部の領域についてのみ学習し、残りの領域については学習をしない実施形態も可能である。この場合、初期値の学習が行われない領域に関して欠陥修正装置100は、初期値の学習が行われた近隣の1つの領域の補正情報をコピーしてもよく、初期値の学習が行われた近隣の複数の領域の補正情報を適当に比例配分した値を初期値として計算してもよい。

40

【0164】

続いて、第3実施形態について説明する。第3実施形態では、座標補正マップにおける補正情報が、装置座標系Rで表されており、装置座標系Rで表された領域と関連付けられている。そのため、第3実施形態では、データの流れおよび処理内容の一部が第1実施形態とは異なる。

50

【 0 1 6 5 】

以下、第3実施形態において各領域は、 X_R 方向と Y_R 方向のインデックス i および j により特定されるものとする。つまり、第3実施形態における各領域は、相対移動の範囲を分割することで定義された領域である。また、座標補正マップにおいて、インデックス i および j により特定される領域 $M(i, j)$ に関連付けられた X_R 座標と Y_R 座標それぞれの補正量を $mX_R(i, j)$ および $mY_R(i, j)$ と表す。

【 0 1 6 6 】

図10は、第3実施形態のデータフロー図である。第1実施形態に関する図8との差を中心に説明する。

欠陥検出装置300から、観察対象である欠陥の位置を指定する第1の位置情報として、通信部112が受信した座標 $B(x, y)$ に対して、まず、プロセスP21のとおり相対移動のための変換 f が行われ、座標 $R(X_R, Y_R)$ が取得される。プロセスP21の変換 f は、図8のプロセスP12の変換 f と同様である。

10

【 0 1 6 7 】

その後、プロセスP22において座標補正マップデータによる変換 m_2 が行われ、座標 $R(X_R, Y_R)$ から座標 $R(X'_R, Y'_R)$ が取得される。プロセスP22の変換 m_2 は、図8のプロセスP11の変換 m_1 と類似である。

【 0 1 6 8 】

ここで、補正量 $mX_R(i, j)$ と $mY_R(i, j)$ の組により表される補正情報は、装置座標系 R における相対移動の量を補正する量を表しており、座標 $R(X_R, Y_R)$ に依存して定まる領域 $M(i, j)$ と関連付けられている。また、プロセスP21のとおり、座標 $R(X_R, Y_R)$ は第1の位置情報としての座標 $B(x, y)$ に依存する。よって、第3実施形態においても、第1実施形態と同様に、補正情報は、相対移動の量を第1の位置情報に応じて補正するための情報である。

20

【 0 1 6 9 】

そして、プロセスP22で変換された座標 $R(X'_R, Y'_R)$ に対して、プロセスP23において撮像が行われ、画像座標系 I で表された欠陥の座標 $I(X_I, Y_I)$ が撮像画像に基づいて取得される。さらに、この座標 $I(X_I, Y_I)$ に対して、プロセスP24において画像座標系 I から装置座標系 R への座標系変換 h が行われる。

【 0 1 7 0 】

座標系変換 h は、例えば、図8のプロセスP14の座標系変換 g のように 3×3 行列 H を用いて式(22)により表される。なお、行列 H の3行目を行ベクトルで表すと $(0, 0, 1)$ である。

30

【 0 1 7 1 】

$$(X''_R, Y''_R, 1)^T = H(X_I, Y_I, 1)^T \quad (22)$$

プロセスP24によって変換された座標 $R(X''_R, Y''_R)$ は、観察対象である欠陥の位置を装置座標系 R により表す、撮像画像に基づいて取得された、第2の位置情報としての座標である。

【 0 1 7 2 】

その後、プロセスP25において、マップデータによる変換 m_2 後の座標 $B(X'_R, Y'_R)$ と第2の位置情報としての座標 $R(X''_R, Y''_R)$ のと差分 $B(dX_R, dY_R)$ を、座標補正マップ作成部110が、式(23)により計算する。

40

【 0 1 7 3 】

$$\begin{aligned} (dX_R, dY_R) \\ = (X''_R - X'_R, Y''_R - Y'_R) \end{aligned} \quad (23)$$

プロセスP26では、プロセスP25で計算された差分 $B(dX_R, dY_R)$ と、座標補正マップ記憶部111から読み出された現在の補正情報とに基づいて、第1の位置情報としての座標 $B(x, y)$ に基づく相対移動の量を補正するための補正情報、すなわち補正量 $mX_R(i, j)$ と $mY_R(i, j)$ が更新される。更新された補正情報は、間接的には、第2の位置情報に基づいている。

50

【 0 1 7 4 】

以上のとおり、装置座標系 R で表された領域を用いて座標補正マップを更新することが可能である。当然、第 2 実施形態と同様の座標補正マップの初期化を第 3 実施形態に適用することも可能である。

【 0 1 7 5 】

続いて、第 4 実施形態について説明する。第 4 実施形態は、複数の座標補正マップを利用する実施形態である。以下では、第 1 実施形態との違いについて説明する。

図 1 のように複数の欠陥検出装置 3 0 0 と 3 1 0 が存在する場合、当然、欠陥検出装置 3 0 0 と 3 1 0 では機差があり、歪みやずれが異なる。したがって、欠陥検出装置 3 0 0 によって欠陥が検出された基板 1 0 が欠陥検出装置 3 0 0 から欠陥修正装置 1 0 0 へ搬入された場合と、欠陥検出装置 3 1 0 によって欠陥が検出された基板 1 0 が欠陥検出装置 3 1 0 から欠陥修正装置 1 0 0 へ搬入された場合とでは、適切な補正の仕方も異なる。

10

【 0 1 7 6 】

同様に、基板 1 0 の品種や製造工程によっても、歪みやずれの現れ方が異なる場合がある。品種によって基板 1 0 の大きさや形状は異なるので、反りやたわみなどの歪みが生じやすい位置も、歪みが生じる程度も異なる。また、F P D は複数の工程により製造されるが、各工程で基板上に積層されるパターンの材料や特性に応じて、工程ごとに歪みの傾向が異なる場合がある。例えば、工程 A の直後は基板が上反りしている傾向があり、工程 B の直後は基板が下反りしている傾向があり、工程 C の直後は基板の反りがわずかである、といった違いがある場合がある。この場合、工程 A、B、C の後のそれぞれの修正を行うために、同じ座標補正マップによる補正では適切な補正ができないことがある。

20

【 0 1 7 7 】

よって、第 4 実施形態では、座標補正マップ記憶部 1 1 1 が、複数の欠陥検出装置、複数の基板の品種、および複数の工程のそれぞれの組み合わせについて、欠陥検出装置の識別子、基板の品種の識別子、および工程の識別子の組と対応づけて、座標補正マップを記憶する。欠陥修正装置 1 0 0 は、これらの 3 つの識別子の組を例えば次のようにして認識することができる。

【 0 1 7 8 】

すなわち、第 4 実施形態においては、欠陥情報を生成した欠陥検出装置の識別子、欠陥検出対象の基板の品種の識別子、および欠陥検出対象の工程の識別子が図 4 の欠陥情報に付加される。よって、制御部 1 0 8 は、通信部 1 1 2 を介して受信した欠陥情報からこれらの 3 つの識別子を認識することができる。したがって、座標補正マップ記憶部 1 1 1 は、これらの 3 つの識別子の組と対応づけて複数の座標補正マップをそれぞれ記憶し、座標補正マップ作成部 1 1 0 は、これらの 3 つの識別子の組に対応する座標補正マップを読み出し、更新する。

30

【 0 1 7 9 】

もちろん、例えば品種や工程による差を無視しても問題がない場合には、欠陥検出装置の識別子のみと座標補正マップを対応づけ、品種や工程の識別子を利用しない実施形態も可能である。

【 0 1 8 0 】

以上、第 4 実施形態について説明したが、同様に、第 2 または第 3 実施形態においても複数の座標補正マップを利用することが可能である。

40

なお、本発明は上記の実施形態に限られるものではなく、さらに様々に変形可能である。以下にその例をいくつか述べるが、複数の観点からの変形を様々に組み合わせることも可能である。

【 0 1 8 1 】

変形の第 1 の観点は、座標補正マップにおいて領域が定義される範囲に関する。

図 1 1 は、座標補正マップにおいて領域が定義される範囲について、第 1 実施形態とは異なる例を説明する図である。図 5 では、基板 1 0 の全域にわたって座標補正マップにおける領域が定義されている。しかし、基板 1 0 の一部において領域が定義されなくてもよ

50

い。

【0182】

例えば、基板10の周縁部が、回路パターンの形成されないマージンである場合、図11の(a)のように基板10の周縁部には領域が定義されなくてもよい。同様に、例えば1枚のガラス基板から4面のディスプレイパネルを製造する場合において、ディスプレイパネル間にもマージンが設けられることがある。この場合、図11の(b)に示すように、基板10の周縁部だけでなく、ディスプレイパネル間のマージンの部分についても、座標補正マップの領域が定義されなくてもよい。

【0183】

また、図5では、各領域の大きさは $L \times L$ であり等しく、格子状に区切られた複数の領域が2次元状に並んでいる。しかし、各領域の形状は正方形でなくてもよく、複数の領域は1次元状に並んでいてもよい。例えば、図11の(c)のように、基板座標系Bのy軸方向に1次元状に並んだ複数の領域が定義されてもよく、図11の(d)のように、基板座標系Bにおけるx軸方向に1次元状に並んだ複数の領域が定義されてもよい。そして、図11の(c)と(d)に例示されるように、各領域は、必ずしも正方形でなくてもよい。

10

【0184】

さらに、図11の(e)のように、複数の領域の大きさまたは形状は、一定でなくてもよい。例えば、たわみの影響の大きい中央部を細かく区切り、たわみの影響の小さい周縁部は粗く区切って、複数の領域を定義することもできる。

20

【0185】

このように、座標補正マップにおいて領域が定義される範囲は様々であるので、実施形態によっては、座標補正マップにおいて、図6のように2つのインデックス*i*と*j*で領域を特定するのではなく、例えば領域の左上角と右下角の座標で領域を特定してもよい。

【0186】

変形の第2の観点は、領域の大きさを規定する値*L*に関する。値*L*は実施形態によって任意に定めることができるが、基板の大きさや特性を考慮することが好ましい。

例えば、非常に大きな基板に対して $L = 1 \text{ cm}$ と定義した場合、領域の数が膨大となるのでデータスプースネス問題が生じ、すべての領域について補正情報を学習するまでに非常に時間がかかってしまう。よって、知識なしの状態から一通りの学習が済むまでにかかる時間の抑制という観点や、経時変化への適切な追従を可能とするという観点からは、基板の大きさが大きいほど、各領域を大きく定義することが好ましい。

30

【0187】

ただし、値*L*が大きすぎると、適切な補正が実現されないことがある。なぜなら、1つの領域内のどこに位置する欠陥に対しても同じ補正情報が参照されるためである。つまり、各領域は、「領域内のどの2点についても、ずれや歪みの現れ方の差がわずかであって、差を無視しても問題がない程度である」といった大きさになるように定義されることが望ましい。そのような大きさは、基板の構造的な(メカニカルな)性質に依存するので、実験的に調べることが可能である。

【0188】

これらのいくつかの観点を考慮し、実施形態に応じた適切な大きさの領域を定義することが好ましい。

40

変形の第3の観点は、補正情報として座標補正マップ記憶部111が記憶する情報である。第1実施形態では図6のように、x座標とy座標の補正量*m_x*と*m_y*の値を座標補正マップ記憶部111が記憶している。しかし、補正量*m_x*と*m_y*を、x座標およびy座標の関数で表現してもよい。例えば、式(24)および(25)のような1次式を、補正量*m_x*と*m_y*を表現する関数として利用してもよく、その他の関数を利用してもよい。

【0189】

$$m_x = a_1 x + a_2 y + a_3 \quad (24)$$

$$m_y = a_4 x + a_5 y + a_6 \quad (25)$$

50

この場合、式(24)と(25)を規定する係数 $a_1 \sim a_6$ を、各領域 $M(i, j)$ に関連付けて、座標補正マップとして座標補正マップ記憶部111が記憶する。

【0190】

変形の第4の観点は、座標補正マップデータの更新の仕方である。第1実施形態では、式(13)、(14)、および(17)~(19)が示すように、更新後の補正量 m_x と m_y を用いて仮に座標 $B(x, y)$ を補正したとすれば、補正の結果として座標 $B(x', y')$ と座標 $B(x'', y'')$ の中点が得られる。すなわち、式(18)と(19)による更新は、補正マップ記憶部111に現在既に記憶されている補正情報と、図3のステップS108で算出されたずれ $B(dx, dy)$ を含んだ欠陥402の座標とを、等分反映する更新である。しかし、所定の重み w_1 ($0 < w_1 < 1$)を用いて、式(26)および(27)により、補正情報としての補正量 m_x および m_y を更新してもよい。

10

【0191】

$$m_x = w_1 dx + m_x \quad (26)$$

$$m_y = w_1 dy + m_y \quad (27)$$

また、データスパースネス問題を回避して学習効率を上げるという観点からは、図3のステップS103で領域 $M(i, j)$ が認識された場合、ステップS111で、次のような処理を座標補正マップ作成部110が行ってもよい。すなわち、ステップS111において、領域 $M(i, j)$ に関連付けられた補正情報だけではなく、領域 $M(i, j)$ に隣接する他の領域 $M(i + \quad, j + \quad)$ に関連付けられた補正情報も、座標補正マップ作成部110が更新する実施形態も可能である。なお、ここで \quad とはいずれも-1、0、1のいずれかである。

20

【0192】

例えば、更新後の補正量 $m_x(i, j)$ から現在の補正量 $m_x(i, j)$ を引いた差が m_x であるとする。例えば、第1実施形態では $m_x = dx / 2$ である。座標補正マップ作成部110は、所定の重み w_2 ($0 < w_2 < 1$)を用いて、隣接する他の領域 $M(i + \quad, j + \quad)$ に関連付けられた補正量 $m_x(i + \quad, j + \quad)$ に $w_2 m_x$ を加算する更新を行ってもよい。 y 座標の補正量 $m_y(i + \quad, j + \quad)$ に関しても同様である。

【0193】

変形の第5の観点は、欠陥修正装置100以外の装置への適用に関する。

上記実施形態はいずれも、相対的に低分解能の欠陥検出装置300または310から、相対的に高分解能の欠陥修正装置100へと欠陥情報が送信される場合の、欠陥修正装置100における補正に関する実施形態である。しかし、欠陥検出装置300または310よりも高分解能の光学系と撮像部とを備えて基板10を観察する装置が、図1のPC107と同様のPCを備えれば、欠陥修正装置100以外の装置にも上記実施形態を適用することができる。

30

【0194】

例えば、欠陥を観察対象かつ修正対象とする欠陥修正装置100が欠陥を観察して修正する第1実施形態を、基板10上に形成された回路パターンの線幅を観察対象かつ測定対象とする線幅測定装置が線幅を観察して測定する場合に適用することができる。この場合、線幅測定装置は、図1の欠陥修正部103を備えず、画像処理部109は線幅の測定処理も行う。また、図3においてステップS109とステップS110のかわりに、線幅の測定処理が行われる。当然、図4の欠陥情報のかわりに、測定対象の位置を示す情報が用いられる。しかし、その他の点は、ほぼ第1実施形態と同様であり、線幅測定装置においても、図5のような複数の領域に補正情報が関連付けられた図6のような座標補正マップを利用することができる。

40

【0195】

同様に、相対的に低分解能の欠陥検出装置300もしくは310が検出した欠陥を、相対的に高分解能で観察することにより、精密な検査または詳細な分類を行うための装置においても、上記の各実施形態を適用することができる。

【0196】

50

なお、欠陥検出装置 300 もしくは 310 と同等の分解能の装置に対しても、各実施形態を適用することができる。

変形の第 6 の観点は、欠陥の観察のたびに必ず座標補正マップを更新する必要があるのか、という点である。下記のとおり、更新を省略してもよい場合がある。

【0197】

適切な閾値 t_1 を予め設定しておけば、図 3 のステップ S108 で算出される式 (17) のずれ $B(d_x, d_y)$ の大きさが閾値 t_1 より大きい場合は、何らかの異常が発生していると見なすことができる。したがって、第 6 の観点から変形された実施形態においては、座標補正マップ作成部 110 は、ずれ $B(d_x, d_y)$ の大きさが閾値 t_1 より大きい場合に、異常の発生と見なす。座標補正マップ作成部 110 は、異常が発生したと見なした場合は、現在の観察対象の欠陥が属する領域 $M(i, j)$ に関連付けられた補正量 m_x と m_y の更新を行わず、警告を表示する。

10

【0198】

逆に、ずれ $B(d_x, d_y)$ の大きさが予め設定された閾値 t_2 以下の場合に、座標補正マップ作成部 110 は、「領域 $M(i, j)$ においては経時変化の影響がほとんどないため、領域 $M(i, j)$ に関連付けられた補正量 m_x と m_y は更新不要である」と判断し、座標補正マップの更新を省略してもよい。

【0199】

以上、様々な実施形態について説明したが、いずれも、複数に分割された各領域と対応づけられた補正情報が利用されるため、基板や装置の大型化にともなって全領域にわたる一律な補正が難しい場合でも、適切な補正が実現される。その結果、例えば欠陥修正装置 100 における修正時間も短縮され、製造効率が向上する。

20

【図面の簡単な説明】

【0200】

【図 1】第 1 実施形態による欠陥修正装置の機能ブロック構成図である。

【図 2】座標系について説明する模式図である。

【図 3】第 1 実施形態における欠陥修正装置の動作を示すフローチャートである。

【図 4】欠陥情報の例を示す図である。

【図 5】座標補正マップにおける領域の定義を説明する図である。

【図 6】座標補正マップの例を示す図である。

30

【図 7】撮像画像の例を示す図である。

【図 8】第 1 実施形態のデータフロー図である。

【図 9】第 2 実施形態における座標補正マップの初期化のフローチャートである。

【図 10】第 3 実施形態のデータフロー図である。

【図 11】座標補正マップにおける領域の定義について他の例を説明する図である。

【符号の説明】

【0201】

10 基板

100 欠陥修正装置

101 ステージ部

40

102 ガントリー

102 a 梁

102 b、102 c 支柱

103 欠陥修正部

104 光学系

105 光学ユニット

106 撮像部

107 PC

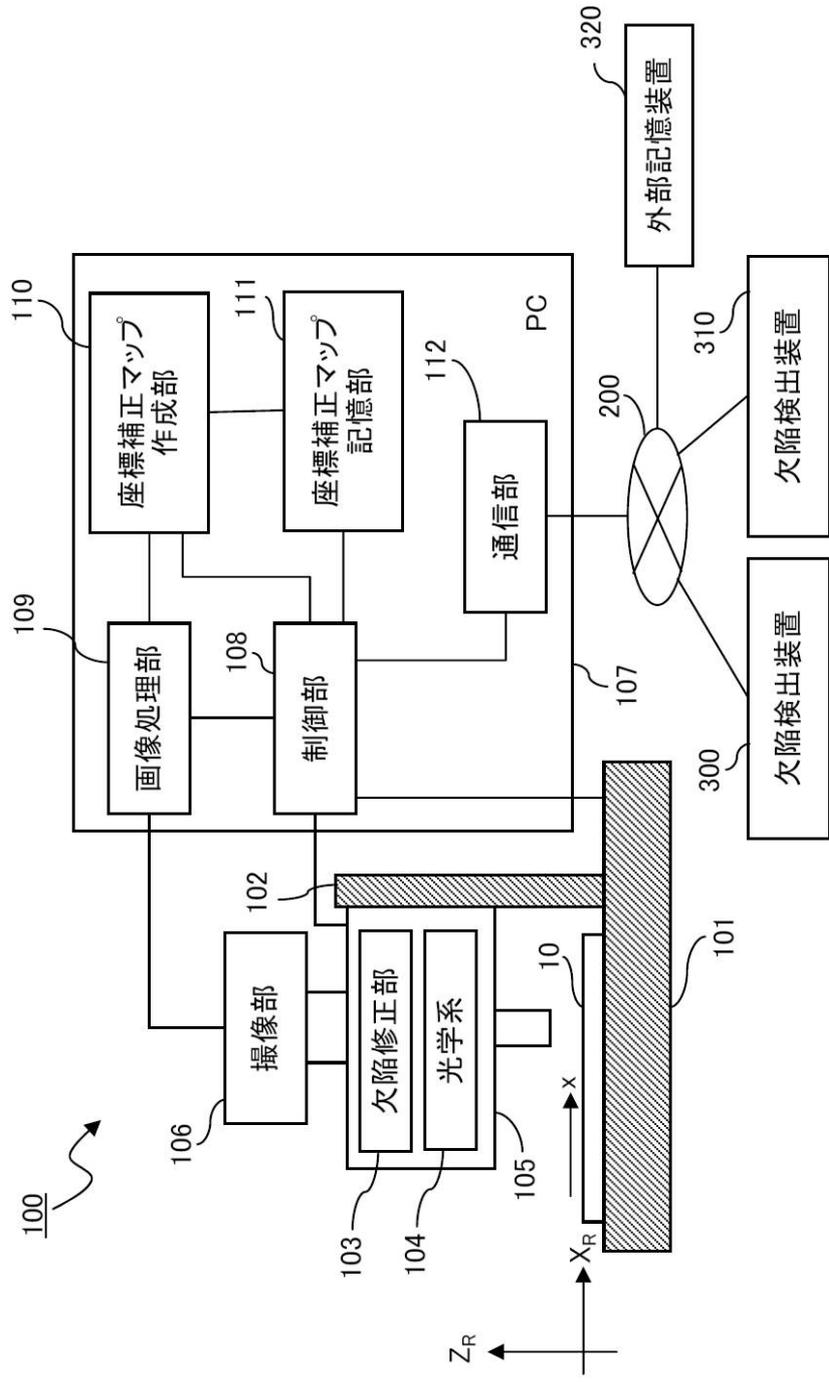
108 制御部

109 画像処理部

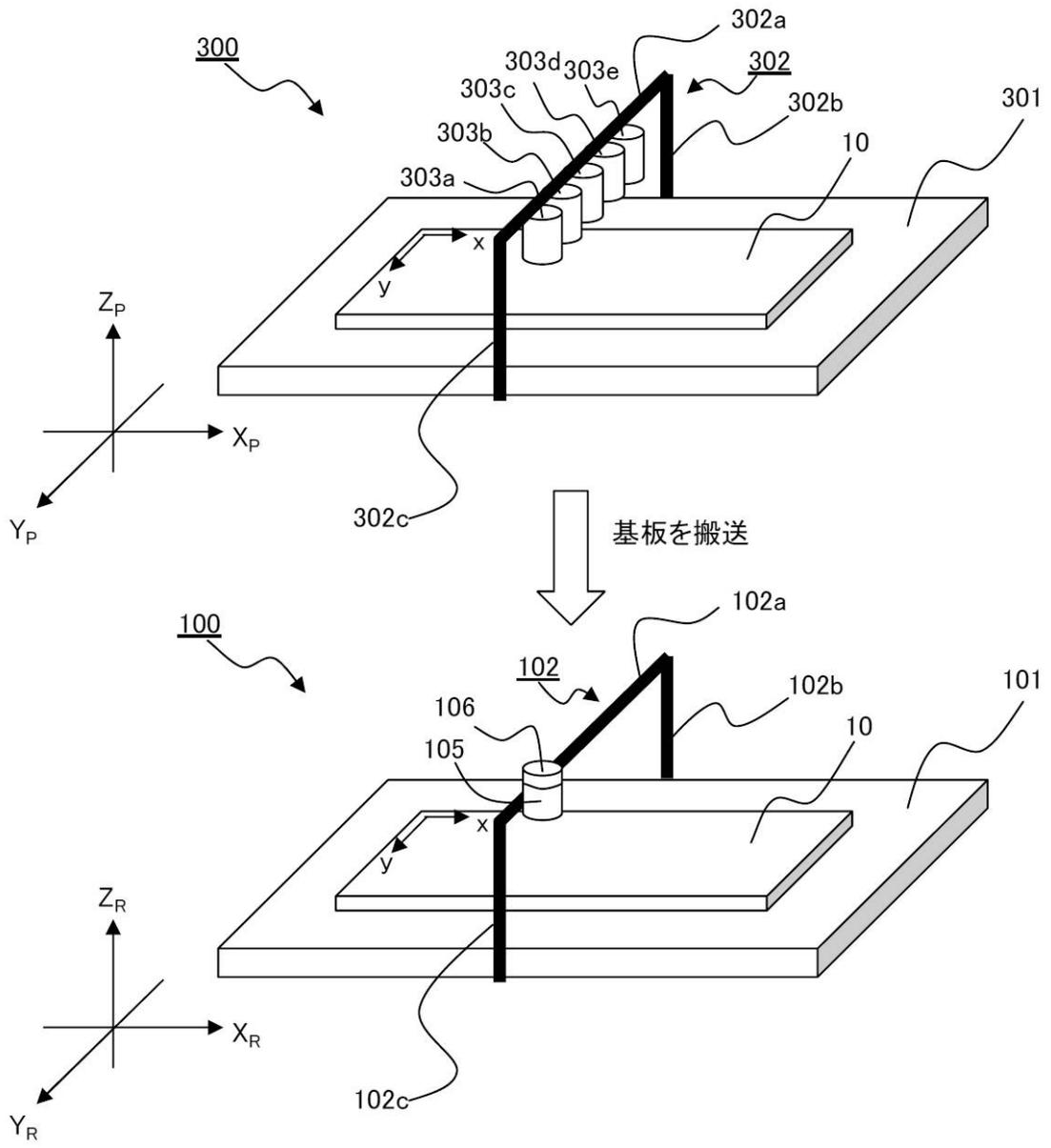
50

- 1 1 0 座標補正マップ作成部
- 1 1 1 座標補正マップ記憶部
- 1 1 2 通信部
- 2 0 0 ネットワーク
- 3 0 0、3 1 0 欠陥検出装置
- 3 0 1 ステージ部
- 3 0 2 ガントリー
- 3 0 2 a 梁
- 3 0 2 b、3 0 2 c 支柱
- 3 0 3 ラインセンサ
- 4 0 1 撮像画像
- 4 0 2 欠陥
- 4 0 3 ベクトル

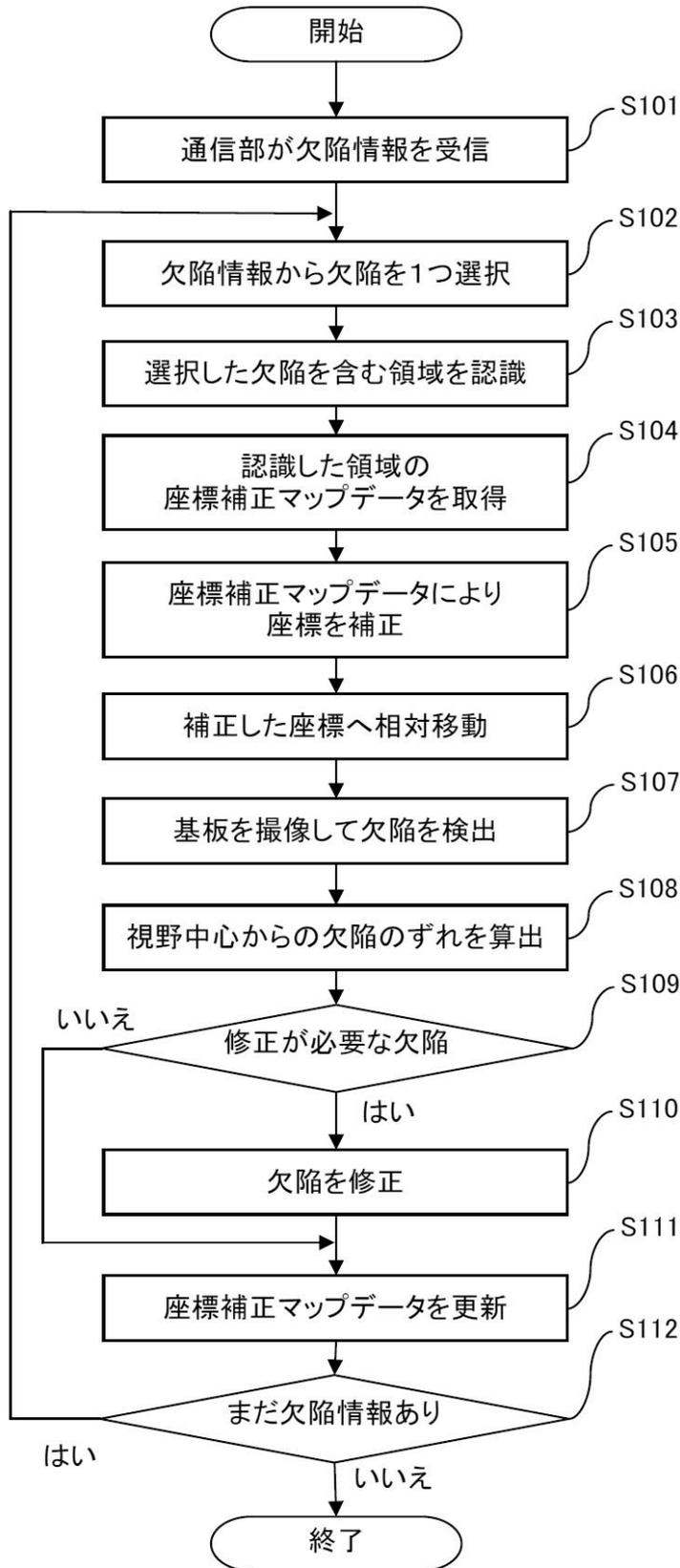
【 図 1 】



【 図 2 】



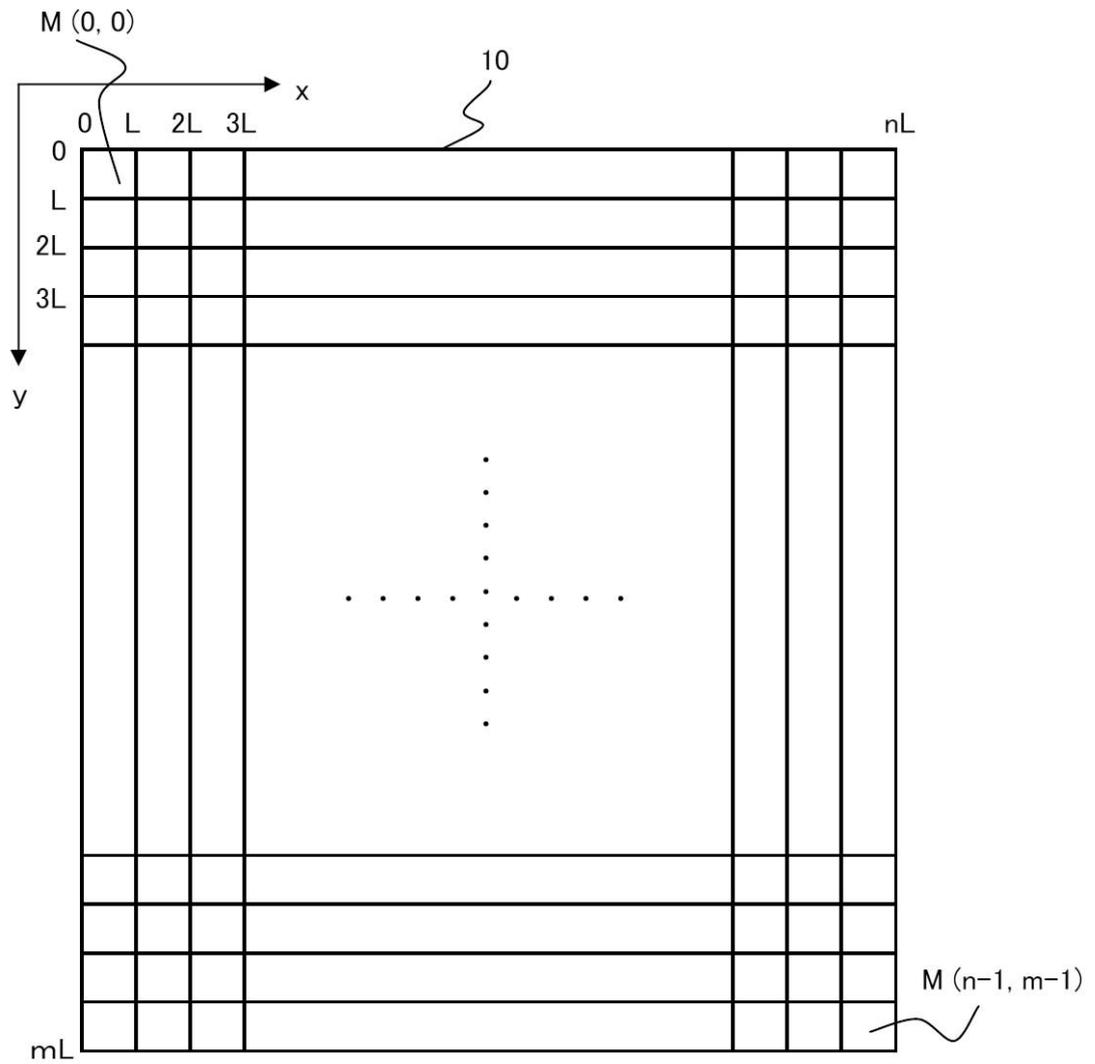
【図3】



【 図 4 】

インデックス	欠陥座標 (mm)		大きさ (mm ²)	分類	修正要否
	x	y			
1	12.3	45.6	1.2	異物付着	不要
2	789.0	123.4	0.4	オープン	要
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N	56.7	890.1	0.3	ショート	要

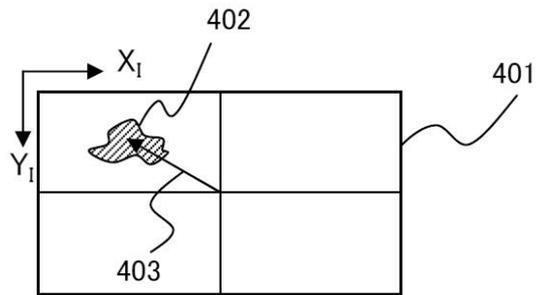
【 図 5 】



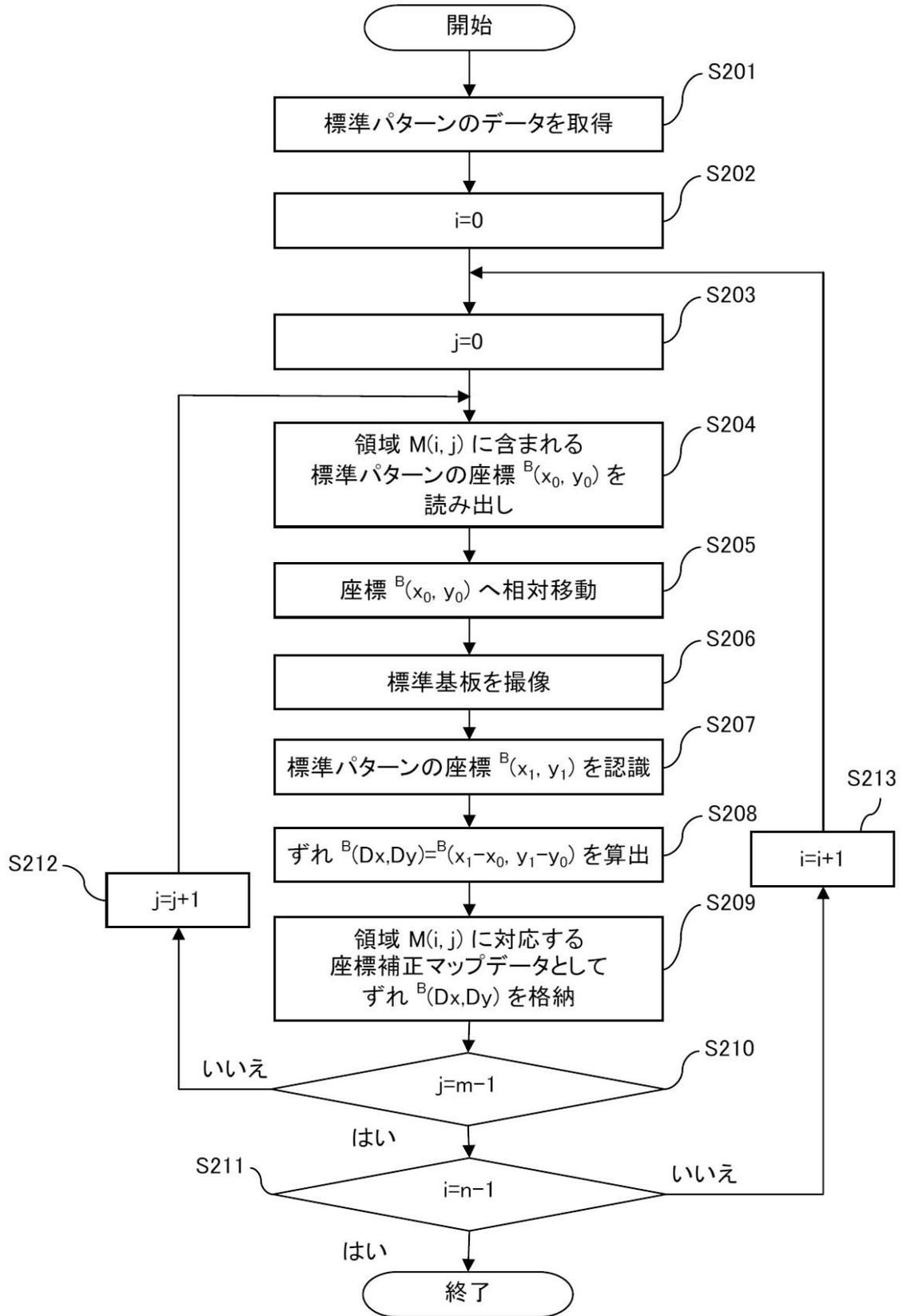
【 図 6 】

領域 M(i, j)		補正量 (mm)	
i	j	mx	my
0	0	1.1	-1.2
0	1	0.9	-1.1
⋮	⋮	⋮	⋮
0	m-1	-3.0	2.2
1	0	1.2	-1.3
⋮	⋮	⋮	⋮
1	m-1	-2.9	2.1
⋮	⋮	⋮	⋮
n-1	0	-2.8	0.6
⋮	⋮	⋮	⋮
n-1	m-1	1.5	2.3

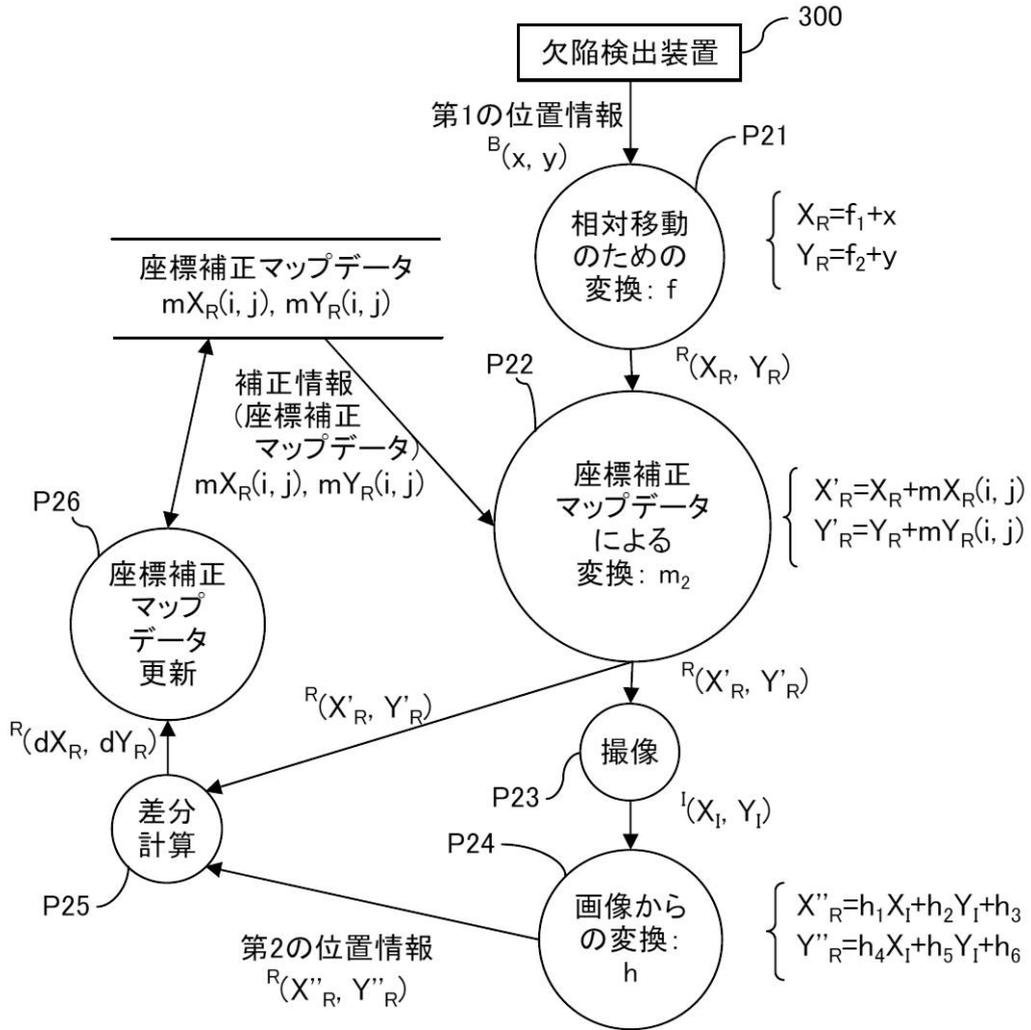
【 図 7 】



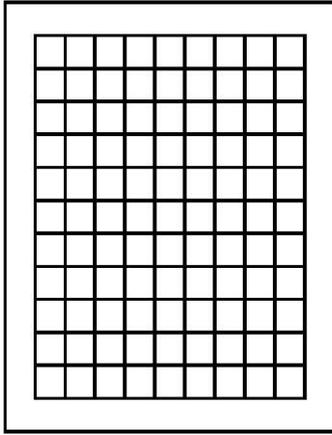
【図9】



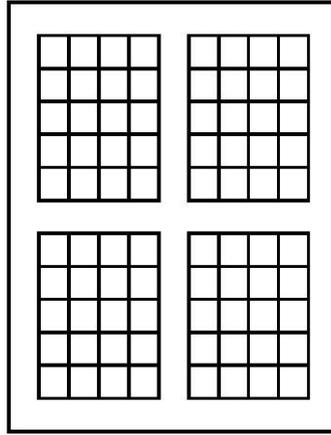
【図10】



【 図 1 1 】



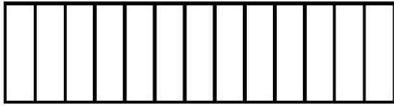
(a)



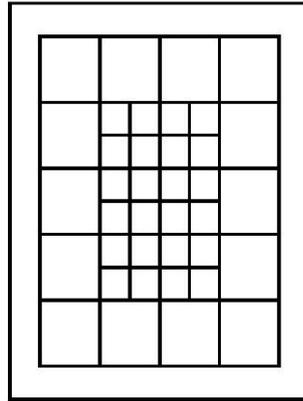
(b)



(c)



(d)



(e)

