

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4915166号  
(P4915166)

(45) 発行日 平成24年4月11日(2012.4.11)

(24) 登録日 平成24年2月3日(2012.2.3)

(51) Int. Cl.		F I			
G06T	5/20	(2006.01)	G06T	5/20	C
H01L	21/027	(2006.01)	H01L	21/30	502V
G03F	1/84	(2012.01)	G03F	1/08	S
G06T	1/00	(2006.01)	G06T	1/00	305A

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2006-212802 (P2006-212802)	(73) 特許権者	000004237
(22) 出願日	平成18年8月4日(2006.8.4)		日本電気株式会社
(65) 公開番号	特開2008-40705 (P2008-40705A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公開日	平成20年2月21日(2008.2.21)	(74) 代理人	100109313
審査請求日	平成20年10月16日(2008.10.16)		弁理士 机 昌彦
		(74) 代理人	100124154
			弁理士 下坂 直樹
		(72) 発明者	野崎 岳夫
			東京都港区芝五丁目7番1号
			日本電気株式会社内
		審査官	鹿野 博嗣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ぼかしフィルタ設計方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズでCCD等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報が有するぼけ量を設計データに施し、得られた参照データのぼけ画像の階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するぼかしフィルタ設計方法であって、実画像のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置され検査分解能より細かな分解能を有する各画素上に設計データに基づいた多階調の階調値を定めることで、ぼかし情報を一切持たない参照データを作成し、前記参照データ上のパターンエッジ部上の選択された任意座標において前記参照データのパターンエッジ部に対応する前記実画像のパターンエッジ部を垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素位置と注目画素位置+2番目の輝度差の絶対値の最大値を実画像エッジ傾きとし、当該実画像エッジ傾きから、上、下、左、右のうち、それぞれの方向の隣接する2方向の組み合わせで決まる真円または楕円の範囲内での各画素領域内に占める画素内面積値を係数に持つ半径値を前記実画像の各方向の光学係数とし、当該光学係数から実画像の光点拡がり関数となるぼけフィルタ係数の領域と方向とを決定することを特徴とするぼかしフィルタ設計方法。

【請求項2】

請求項1記載のぼかしフィルタ設計方法の前記光学係数において、実画像の上、下、右、左方向のパターンエッジに対して垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素と注目画素+k(ただし、k>=1)の輝度差の最大値となる実画像エッジ傾きのうち、

隣接する2方向の光学係数の半径値の組み合わせで決まる円、または楕円の範囲内での各画素領域内に占める画素内面積値を光強度に対応させた光学係数として決定し、ぼかしフィルタの係数とすることを特徴とするぼかしフィルタ設計方法。

【請求項3】

請求項2記載のぼかしフィルタ設計方法において、光学係数に一致する半径値が描く真円の範囲内で各单位画素に占める面積値をぼけフィルタ係数とする各々の半径値のぼけフィルタで、多値化した参照データに順次たたみこみ演算を行なって得られる各々のぼかし参照画像上に対し、ぼかし参照画像上のパターンエッジを垂直方向にトレースしその輝度プロファイル上の注目画位置と注目画素位置+2番目の輝度差の絶対値の最大値となるぼかし参照画像のエッジ傾きの最大値をと、光学係数の半径値となる光点拡がり関数の任意の半径値Rが実係数a, b, c, dを持つ

$$= aR^3 + bR^2 + cR + d \quad (a, b, c, d \text{ は実数 } (a \neq 0))$$

なる3次式の関係で唯一求められることを特徴とするぼかしフィルタ設計方法。

【請求項4】

請求項3記載のぼかしフィルタ設計方法において、光学係数に一致する半径値の真円の範囲内での各画素の持つ面積値をぼけフィルタ係数とする各々の半径値を持つぼけフィルタで、多値化した参照データに順次たたみこみ演算を行なって得られる各々のぼかし参照画像上の前記載のエッジ傾きは、設計データに基づいて多値化された参照データのエッジ端が1画素内のいかなる任意位置でも同一近傍値をとることを特徴とするぼかしフィルタ設計方法。

【請求項5】

請求項4記載のぼかしフィルタ設計方法において、実画像の上、下、右、左方向のパターンエッジに対して垂直方向にトレースした4方向の光学係数のうち、隣接する2方向の光学係数の半径値が接する領域内での画素面積値をトレース方向の光点拡がり関数とし、このトレース方向の光点拡がり関数の光強度の影響が及ぶ真円または楕円の面積範囲内に接する単位画素内に占める面積比を各トレース方向のフィルタ係数とした実画像のぼけフィルタを生成し、それぞれの光学係数のうちパターンにかかっていない方向の光学係数をそれぞれ反転させて生成した新たな光学係数を作成し、この光学係数に対応する半径値を持つ真円または、楕円が接する範囲内の各单位画素内面積値を参照データのぼかし処理に必要な光点拡がり関数のフィルタ係数とすることを特徴とするぼかしフィルタ設計方法。

【請求項6】

請求項5記載のぼかしフィルタ設計方法において、実画像の各トレース方向の光学係数に対応するぼけフィルタ係数を反転させて生成した新たな4方向の光学係数から、それぞれの光学係数に対応する半径値を持つ真円、または楕円形状が接する範囲内の単位画素に占める面積値を光点拡がり関数のフィルタ係数とし、このフィルタ係数を持つぼけフィルタで多値化した参照データに対し畳み込み処理を行って、参照データの各方向毎にぼけ方の違う種々の輝度プロファイルを持つぼかし画像を作成できることを特徴とするぼかしフィルタ設計方法。

【請求項7】

被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズでCCD等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から得られたパターン情報から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報に適合するぼけ量を設計データに施し、得られた参照データのぼけ画像の階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するぼかしフィルタ設計方法において、請求項1乃至6の光点拡がり関数の生成によって実画像のぼけ方に精密に類似するぼかし参照画像を生成するステップを備えることを特徴とするぼかしフィルタ設計方法。

【請求項8】

被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズでCCD等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報が有するぼけ量を設計データに施し、得られた参照データのぼけ画像の

10

20

30

40

50

階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するぼかしフィルタ設計方法であって、実画像のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置され検査分解能より細かな分解能を有する各画素上に設計データに基づいた多階調の階調値を定めることで、ぼかし情報を一切持たない参照データを作成し、前記参照データ上のパターンエッジ部上の選択された任意座標において前記参照データのパターンエッジ部に対応する前記実画像のパターンエッジ部を垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素位置と注目画素位置 + 2 番目の輝度差の絶対値の最大値を実画像エッジ傾きとし、当該実画像エッジ傾きから、上、下、左、右のうち、それぞれの方向の隣接する 2 方向の組み合わせで決まる真円または楕円の範囲内での各画素領域内に占める画素内面積値を係数に持つ半径値を前記実画像の各方向の光学係数とし、当該光学係数から実画像の光点拡がり関数となるぼけフィルタ係数の領域と方向とを決定するぼかしフィルタ設計方法によって製造されたぼかしフィルタ。

10

【請求項 9】

被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズで CCD 等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報が有するぼけ量を設計データに施し、得られた参照データのぼけ画像の階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するぼかしフィルタ設計システムであって、前記被検査対象の微細パターンを走査して走査信号を出力する光学的走査手段と、前記光学的走査手段によって出力された前記走査信号を多値階調の実画像に変換して出力する光電画像処理手段と、設計データを入力する設計データ入力手段と、実画像のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置され検査分解能より細かな分解能を有する各画素上に前記設計データ入力手段によって入力された前記設計データに基づいた多階調の階調値を定めることで、ぼかし情報を一切持たない参照データを生成する設計データ展開手段と、前記実画像のエッジ位置に基づいて前記参照データの各パターンの幅を多階調のまま検査分解能以下でコーナー部の丸め階調補正を行い、前記実画像のパターンエッジ部を垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素位置と注目画素位置 + 2 番目の輝度差の絶対値の最大値を実画像エッジ傾きとし、当該実画像エッジ傾きから、上、下、左、右のうち、それぞれの方向の隣接する 2 方向の組み合わせで決まる真円または楕円の範囲内での各画素領域内に占める画素内面積値を係数に持つ半径値を前記実画像の各方向の光学係数とし、当該光学係数から実画像の光点拡がり関数となるぼけフィルタ係数の領域と方向とを決定して光点拡がり関数によるぼかし処理を行ってぼかし参照画像を生成する参照画像生成手段と、前記実画像と前記ぼかし参照画像を所定の画像メモリ内で対応する画像位置アドレスに位置あわせをする、画像メモリ位置あわせ手段と、前記実画像と前記ぼかし参照画像の輝度を比較して前記パターンの欠陥を検出する画像比較欠陥検出手段とを備えることを特徴とするぼかしフィルタ設計システム。

20

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像された実画像のパターンエッジからぼけの強さと広がりを示す光点拡がり関数を求め、実光学系から得られる実画像に極めて類似した輝度分布を示す光点拡がり関数による参照画像のぼかしフィルタ設計方法、およびぼかし参照画像生成方法に係り、例えば、フォトマスク LCD (Liquid Crystal Display)、パッケージ等に描画された回路パターンの欠陥を画像比較で検出するのに必要なぼかし参照画像作成のためのぼかしフィルタの係数に用いられる光点拡がり関数を実画像から自動生成するぼかしフィルタ設計方法に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

一般に、フォトマスク、ウェーハ、液晶などに形成された半導体集積回路などの微細パターンは、設計データから作成した理想的なパターンの寸法、形状に基づいて正確に描かれているか否かを、パターン検査装置により検査する必要がある。この種のパターン検査装置では、まず、矩形または台形の位置座標、および線分長で記述された設計データを

50

、適切な分解能で被検査パターンに相当する「0」、「1」のビットデータに変換する。

【0003】

次に、被検査対象パターンを適切な撮像系で走査し、撮像レンズを通して得られる被検査対象の表示画像をCCD (Charge Coupled Device)、フォトダイテクタ等の受光素子上に結像させ、電気信号に変換したパターン情報から、撮像系を含む光学系の伝達関数となる光学瞳から所定の光学的点拡がり関数を作成し、この関数を用いて2値のビットデータとの畳み込み演算を施すばかりフィルタ処理により、設計データを多階調データ(多値データ)に変換し、ばかり参照画像を得る。そして、光学系走査または撮像系入力により得られた実画像に同期して、設計データから得られたばかり参照画像を読み込み、対応する画素位置で両者の不一致点を検出する画像比較によって実パターン上の欠陥検出を行う。

10

【0004】

なお、実画像内のパターンには、撮像系のレンズ収差、光軸ずれ等の光学的条件や製造プロセスの影響などにより、設計理想値に比べて、転写パターンの丸み、線幅の太りや細り、パターン方向のぼけ方の違いなどにより寸法誤差が存在し、特に輝度変動の大きい微細パターンエッジ付近にある欠陥は、撮像系を含む光学系の伝達関数を解析的にもとめることが難しいため、設計データから得られたばかり参照画像との擬似的な誤差に起因して、欠陥とは判定しない疑似欠陥が生じやすい。したがって、設計データに作用させるばかりフィルタはパターンの方向別のぼけ量に応じて、実光学系の光強度に類似した輝度分布となるばかり処理を行って、実画像との画像比較検査に必要な設計データのばかり参照画像を予め生成しておく方法が考えられる。

20

【0005】

従来の光点拡がり関数の自動生成に基づくばかりフィルタ設計方法およびばかり参照画像生成方法では、設計データから欠陥フリーな実画像に近いばかり参照画像作成する場合、実画像に近い光学的なぼけ情報を得るには、実装された光学系の実パターン部でのMTFカーブを近似する様な光学シミュレーションや光学瞳とパターン部でのOTFカーブに近くなる様なパターンエッジ部の相関関数から光強度分布を求めるか、エッジ部の光学瞳または、ビーム強さをガウシアン分布と仮定して、ガウス分布関数のパラメータを数値シミュレーションで求め、実画像のパターンエッジプロファイルを近似してばかりフィルタ係数となる光点拡がり関数を求め、設計データとフィルタ係数とのコンポリューション演算を行うばかりフィルタを設計データ上に作用させてばかり参照画像を作成する。

30

【0006】

さらに、実画像とばかりフィルタ設計方法で得られたばかり参照画像を用いて画像比較を行う欠陥検出ハードウェアでは、得られたばかり参照画像と実画像との階調差を適切な欠陥アルゴリズムのしきい値で、欠陥か否かを判定することによって、欠陥の検出を行う(例えば、特許文献1、特許文献2参照)。

【特許文献1】特開平5-160002号公報

【特許文献2】特開2004-309826(P2004-309826A)公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0007】

しかしながら、このような従来のばかりフィルタ設計方法およびばかり画像自動生成方法を画像比較による欠陥検査に適用した場合、設計データから作成したばかり参照画像のコーナーに近い修正テンプレートを用いて、元の設計データを修正して再度、ばかりフィルタ処理を実施してばかり参照画像を作成することにより、光学的走査によって得られる正常パターンの実画像データに近いばかり参照画像を作成するものとなっているため、設計データに対する修正処理により検査スループットが低下するとともに、修正テンプレートとの階調差に起因して実画像に極めて類似する階調分布が得られないという問題点があった。

【0008】

50

すなわち、設計データのパターン修正をビット列で示されるパターン形状の複数のテンプレートから実画像の形状に近いテンプレートを選択し、その論理演算によって得られるビット列を光学的走査によって得られる点広がり関数から計算される光強度分値と修正したテンプレート画像とのたたみ込み演算によって多値の実画像との比較処理に用いるばかりし参照画像を作成するため、画素数が増えると処理すべき演算量が大幅に増大し、スループットが低下するという問題点があった。

【0009】

さらに、設計データのテンプレートの修正は、各画素内においてビット列の演算で行い、ばかりし参照画像の修正された後のパターン階調値がテンプレートの階調分布に限定されてしまうという欠点がある。さらに、周囲パターンの形状に無関係に階調補正が実行されるため、パターンエッジが画素の区切りに位置していないエッジ部分では、走査によって得られる実画像との階調差が大きくなり、画像比較による欠陥検査に応用した場合、疑似欠陥が発生しやすいという問題点があった。

【0010】

さらに、従来のばかりしフィルタ設計方法では、ばかりしフィルタ処理に必要な実画像から求めるぼけ情報は、撮像系を含む光学系と被検査対象との光学的な伝達関数を精密に求めるのが困難でかつ、光強度分布をガウス分布と仮定し、等方向性の光学瞳から参照データに対するばかりしフィルタ係数を求めるため、ばかりし処理後のばかりし参照画像のパターンエッジのぼけ方がどの方向も同一となってしまう、ばかりし参照画像のエッジパターンの階調分布が実光学系の示すぼけ方と乖離してしまうことがある。このためパターンエッジ付近での実画像に対応する位置のばかりし参照画像との輝度差が生じやすく、画像比較による欠陥検出では、エッジ上での欠陥検出感度が落ちやすいという欠点がある。さらに、周囲パターンの形状、受光素子から撮像系までの光軸ずれによる光学条件、光のゆらぎの周り込みを含んだばかりしフィルタによる階調補正が実行されるため、パターンが画素の区切りに位置しないエッジ部分やエッジからコーナー部にかかる丸まり部分では、走査によって得られる実画像との階調差が大きくなり、疑似欠陥が発生しやすいという問題点があった。

【0011】

このため、設計パターンが画素の区切り位置に存在しない2つの任意角度の斜めエッジから構成されるパターン部では、撮像系の光軸ずれ等の光学的な誤差要因によるぼけ方が異なるため、テンプレートを用いて画素単位でパターンエッジの階調を補正しても、階調差の段差が補間できない。特に画素の区切りにある欠陥や周囲とのコントラストが悪く、検査分解能より細かいエッジ上のパターン欠陥は、周囲との階調差が出にくいいため、従来のばかりしフィルタ設計法で生成したばかりし参照画像と実画像とを比較して欠陥検査を行う場合、欠陥検出感度が低下するという欠点があった。

【0012】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、上記問題点を解決できる光点拡がり関数の自動生成方法およびばかりし参照画像作成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

このような目的を達成するために、請求項1記載の発明は、被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズでCCD等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報が有するぼけ量を設計データに施し、得られた参照データのぼけ画像の階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するばかりしフィルタ設計方法であって、実画像のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置され検査分解能より細かな分解能を有する各画素上に設計データに基づいた多階調の階調値を定めることで、ばかりし情報を一切持たない参照データを作成し、前記参照データ上のパターンエッジ部上の選択された任意座標において前記参照データのパターンエッジ部に対応する前記実画像のパターンエッジ部を垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素位置と注目画素位置+2番目の輝度差の絶対値の最大値を実画像エッジ傾きとし、当該実画像エッジ傾きから、上、下、左、右のうち、それぞれの

方向の隣接する2方向の組み合わせで決まる真円または楕円の範囲内での各画素領域内に占める画素内面積値を係数に持つ半径値を前記実画像の各方向の光学係数とし、当該光学係数から実画像の光点拡がり関数となるぼけフィルタ係数の領域と方向とを決定することを特徴とする。

【0015】

請求項2の発明は、請求項1記載のぼかしフィルタ設計方法の前記記載の光学係数において、実画像の上、下、右、左方向のパターンエッジに対して垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素と注目画素 + k (ただし、 $k \geq 1$ ) の輝度差の最大値となる実画像エッジ傾きのうち、隣接する2方向の光学係数の半径値の組み合わせで決まる円、または楕円の範囲内での各画素領域内に占める画素内面積値を光強度に対応させてフィルタ係数値を決定するようにしたものである。

10

【0016】

請求項3の発明は、請求項2記載のぼかしフィルタ設計方法において、光学係数に一致する半径値が描く真円の範囲内で各单位画素に占める面積値をぼけフィルタ係数値とする各々の半径値のぼけフィルタで、多値化した参照データに順次たたみこみ演算を行なって得られる各々のぼかし参照画像上に対し、ぼかし参照画像上のパターンエッジを垂直方向にトレースしその輝度プロファイル上の注目画位置と注目画素位置 + 2番目の輝度差の絶対値の最大値となるぼかし参照画像のエッジ傾きの最大値を  $\theta$  と、光学係数の半径値となる光点拡がり関数の任意の半径値  $R$  が実係数  $a, b, c, d$  を持つ

$$= aR^3 + bR^2 + cR + d \quad (a, b, c, d \text{ は実数 } (a \neq 0))$$

なる3次式の関係から唯一求められるようにしたものである。

20

【0017】

請求項4の発明は、請求項3記載のぼかしフィルタ設計方法において、光学係数に一致する半径値の真円の範囲内での各画素の持つ面積値をぼけフィルタ係数とする各々の半径値を持つぼけフィルタで、多値化した参照データに順次たたみこみ演算を行なって得られる各々のぼかし参照画像上の前記記載のエッジ傾き  $\theta$  は、設計データに基づいて多値化された参照データのエッジ端が1画素内のいかなる任意位置でも同一近傍値をとるようにしたものである。

【0018】

請求項5の発明は、請求項4記載のぼかしフィルタ設計方法において、実画像の上、下、右、左方向のパターンエッジに対して垂直方向にトレースした4方向の光学係数のうち、隣接する2方向の光学係数の半径値が接する領域内での画素面積値をトレース方向の光点拡がり関数とし、このトレース方向の光点拡がり関数の光強度の影響が及ぶ真円または楕円の面積範囲内に接する単位画素内に占める面積比を各トレース方向のフィルタ係数とした実画像のぼけフィルタを生成し、それぞれの光学係数のうちパターンにかかっていない方向の光学係数をそれぞれ反転させて生成した新たな光学係数を作成し、この光学係数に対応する半径値を持つ真円または、楕円が接する範囲内の各单位画素内面積値を参照データのぼかし処理に必要な光点拡がり関数のフィルタ係数とするようにしたものである。

30

【0019】

請求項6の発明は、請求項5記載のぼかしフィルタ設計方法において、実画像の各トレース方向の光学係数に対応するぼけフィルタ係数を反転させて生成した新たな4方向の光学係数から、それぞれの光学係数に対応する半径値を持つ真円、または楕円形状が接する範囲内の単位画素に占める面積値を光点拡がり関数のフィルタ係数とし、このフィルタ係数を持つぼけフィルタで多値化した参照データに対し畳み込み処理を行って、参照データの各方向毎にぼけ方の違う種々の輝度プロファイルを持つぼかし参照画像を作成できるようにしたものである。

40

【0020】

請求項7の発明は、被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズでCCD等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から得られたパターン情報から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報に適合するぼけ量を設計

50

データに施し、得られた参照データのぼけ画像の階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するぼかしフィルタ設計方法において、請求項1乃至6の光点拡がり関数の生成によって実画像のぼけ方に精密に類似するぼかし参照画像を生成するステップを備えることを特徴とする。

【0021】

請求項8の発明は、被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズでCCD等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報が有するぼけ量を設計データに施し、得られた参照データのぼけ画像の階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するぼかしフィルタ設計方法であって、実画像のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置され検査分解能より細かな分解能を有する各画素上に設計データに基づいた多階調の階調値を定めることで、ぼかし情報を一切持たない参照データを作成し、前記参照データ上のパターンエッジ部上の選択された任意座標において前記参照データのパターンエッジ部に対応する前記実画像のパターンエッジ部を垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素位置と注目画素位置+2番目の輝度差の絶対値の最大値を実画像エッジ傾きとし、当該実画像エッジ傾きから、上、下、左、右のうち、それぞれの方向の隣接する2方向の組み合わせで決まる真円または楕円の範囲内の各画素領域内に占める画素内面積値を係数に持つ半径値を前記実画像の各方向の光学係数とし、当該光学係数から実画像の光点拡がり関数となるぼけフィルタ係数の領域と方向とを決定するぼかしフィルタ設計方法によって製造されたことを特徴とする。

【0022】

請求項9の発明は、被検査対象の微細パターン部を走査し、被検査対象を通過して得られる透過光を対物レンズでCCD等の受光素子上に結像させて、前記受光素子から実画像を生成し、前記実画像のパターン情報が有するぼけ量を設計データに施し、得られた参照データのぼけ画像の階調分布が実画像の階調分布を精密に再現するぼかしフィルタ設計システムであって、前記被検査対象の微細パターン部を走査して走査信号を出力する光学的走査手段と、前記光学的走査手段によって出力された前記走査信号を多値階調の実画像に変換して出力する光電画像処理手段と、設計データを入力する設計データ入力手段と、実画像のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置され検査分解能より細かな分解能を有する各画素上に前記設計データ入力手段によって入力された前記設計データに基づいた多階調の階調値を定めることで、ぼかし情報を一切持たない参照データを生成する設計データ展開手段と、前記実画像のエッジ位置に基づいて前記参照データの各パターンの幅を多階調のまま検査分解能以下でコーナー部の丸め階調補正を行い、前記実画像のパターンエッジ部を垂直方向にトレースした輝度プロファイル上の注目画素位置と注目画素位置+2番目の輝度差の絶対値の最大値を実画像エッジ傾きとし、当該実画像エッジ傾きから、上、下、左、右のうち、それぞれの方向の隣接する2方向の組み合わせで決まる真円または楕円の範囲内の各画素領域内に占める画素内面積値を係数に持つ半径値を前記実画像の各方向の光学係数とし、当該光学係数から実画像の光点拡がり関数となるぼけフィルタ係数の領域と方向とを決定して光点拡がり関数によるぼかし処理を行ってぼかし参照画像を生成する参照画像生成手段と、前記実画像と前記ぼかし参照画像を所定の画像メモリ内で対応する画像位置アドレスに位置あわせをする、画像メモリ位置あわせ手段と、前記実画像と前記ぼかし参照画像の輝度を比較して前記パターンの欠陥を検出する画像比較欠陥検出手段とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、多数倍精度の多階調値マトリックスで画素の階調値が表現された設計データに、実画像の光学係数を反転させた光点拡がり関数を持つぼかしフィルタを走査してぼかし処理を施すことにより、参照データのエッジが画素の切れ目ではなく画素内のいかなる位置に存在していても、参照データのエッジ位置の階調を高精度に表現でき、検査対象から得られた実画像の輝度分布に極めて近い輝度分布を有する高精度なぼかし参照画

10

20

30

40

50

像を作成できる。

【 0 0 2 4 】

実パターンの各トレース方向の任意の大きさの半径 R を持つ光学係数を組み合わせて光点拡がり関数のぼかしフィルタ係数を構成することにより、パターン方向によってぼけ方が異なるぼかし参照画像を自在に生成できる。また、多値の参照データで 1 画素以内のパターンズレがあっても光学係数が変化せず、パターンズレを許容して光学係数を安定に抽出できるので、実画像と参照画像のロバストな画像位置合わせが実現でき、欠陥検出時の位置ズレ誤差要因を大幅に低減できる効果がある。

【 0 0 2 5 】

また、光点拡がり関数が真円ではなく非対象な形状でも、1 画素格子内の点拡がり関数の係数値は画素内の光の拡がりを示す楕円面積換算値かつ光強度として定義されるため、被検査対象の走査系が非対称なビーム形状、例えばレーザーのビームウエストの形状が変化する場合、光学瞳が光の回り込みや光の揺らぎの存在によって撮像光学系の伝達関数が複雑形状を有する場合でも、実画像の各方向の光学係数から生成されるぼかしフィルタの光点拡がり関数は光学係数の半径 R の各画素位置に占める真円、または楕円形状に一意に集約されるため、実画像から生成される光学係数は、走査系の光強度分布の形状に依存しないロバストなボケ量として定量化できる。

【 0 0 2 6 】

展開された多階調を持つ参照データに対し実画像からぼけ方の異なる方向別の光学係数からぼかしフィルタの光の強度と範囲を表す光点拡がり関数が得られるため、実画像の階調分布に則した精密なぼかし参照画像を作成できる。また、実画像のエッジパターンのぼけ量に応じて、画素単位でもまた、サブ画素単位でも光点拡がり関数を求めることができるので、所望する検査精度にあったぼかし参照画像の階調分布が得ることができる。

【 0 0 2 7 】

さらに、設計データのコーナー部および、配線パターンの任意角度を持つエッジ部が、いかなる角度で配置されていても、画素分解能より細かなサブ画素単位でのぼかし処理を行うようにしたので、設計データの配置と撮像画像の走査方向との位置関係に依存せず被検査対象パターンの実画像に極めて近いぼかし参照画像パターンを作成できるため、パターン検査装置の実画像のコーナー部やパターンエッジ部付近にある欠陥の検出感度を大幅に向上させることができるという効果がある。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 8 】

本発明は、スクリーン、ガラス素材等に描かれた微細パターンの画像比較検査において、被検査対象を撮像した実画像パターンの各方向のエッジ情報から、光の強度とボケ範囲を示す光点拡がり関数を求め、対応する位置にある設計データを実画像 1 5 ( 図 1 ) に類似したボケ量を持つ欠陥フリーなぼかし参照画像 1 3 ( 図 1 ) の設計手段を提供するものである。以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図 1 は本発明の一実施の形態であるぼかしフィルタ設計方法および、ぼかし参照画像 1 3 の自動生成を実現する、画像比較欠陥検出ハードウェアのブロック図である。このぼかしフィルタ設計方法を実装する画像比較欠陥検出ハードウェアには、検査を行う配線パターンすなわち被検査パターンをスキャンすることにより走査信号 1 4 を出力する光学的走査部 4 と、この走査信号 1 4 を多値階調の実画像 1 5 として変換出力する光電画像処理部 5 とが設けられている。

【 0 0 2 9 】

また、被検査パターンの図形寸法が定義された設計データ 1 1 を入力する設計データ入力部 1 と、この設計データ 1 1 を配線パターンに展開して多値階調の参照データ 1 2 を作成する設計データ展開部 2 と、この参照データ 1 2 の各配線パターンを実画像 1 5 に近付けるための補正を行うことによりぼかし参照画像 1 3 を作成する参照画像生成部 3 と、光学的走査により得られた被検査パターンの実画像 1 5 と設計データ 1 1 から作成されたぼかし参照画像 1 3 とを内蔵する図示しない画像メモリ内で対応する画像位置のアドレスに

10

20

30

40

50

位置あわせを行う画像メモリ位置あわせ部 6 と、画像メモリ位置あわせ部 6 内にある設計データ 1 1 に対応する実画像 1 5 とぼかし参照画像 1 3 とを比較することにより被検査パターンの検査を行う画像比較欠陥検出部 7 とが設けられている。

【 0 0 3 0 】

次に、図を参照して、本発明の動作について説明する。NEBES, ラスタースキャンデータ形式等のフォーマットで記述された設計データ 1 1 が、設計データ入力部 1 から入力される。続いて、設計データ展開部 2 において、入力された設計データ 1 1 が、実画像 1 5 のパターン座標のアドレスに対応して格子状に配置された各画素上に、回路パターンとして展開される。

【 0 0 3 1 】

図 2 は、展開された配線パターンの一部を示す説明図である。各画素は、設計データ展開部 2 における展開分解能に相当する。この場合、パターン 2 1 のエッジ 2 2 は画素の切れ目なく、例えば画素 2 3 上では、x 方向（横方向）に 3 : 1 の比率位置に展開され、y 方向（縦方向）に 1 : 1 の比率位置に展開されていることを示している。

【 0 0 3 2 】

各画素には、多値階調の階調値（濃淡値）を検査分解能より細かな分解能で算出するために、複数のサブ画素が設けられており、このサブ画素の数により、各画素における階調値の精度が決定される。例えば、最大階調値を 2 5 5、最小階調値を 0 としてデータを展開する場合には、1 画素が 1 6 × 1 6 個のサブ画素で構成され、各サブ画素は、「0」, 「1」の 2 値をとる。

【 0 0 3 3 】

図 3 は、図 2 の画素 2 3 の拡大図であり、この場合、1 6 × 1 6 個のサブ画素のうち、8 × 1 2 個のサブ画素上にパターン 2 1 が存在している。ここで、パターン 2 1 に属するサブ画素を「1」で表し、パターン 2 1 に属さないサブ画素を「0」で表した場合、画素 2 3 の階調値は、8 × 1 2 = 9 6 となる。

【 0 0 3 4 】

これにより、パターン 2 1 に属さない画素の階調値は最小階調値（MIN = 0）となり、パターン 2 1 に属する画素のうちパターンエッジ以外の部分の画素の階調値は最大階調値（MAX = 2 5 5）となる。また、パターン 2 1 に部分的に属するパターンエッジ部分の画素の階調値は、その画素内でパターン 2 1 に属するサブ画素数に対応する階調値となる。

【 0 0 3 5 】

このようにして、画素内のビット列の面積を積分することにより、図 4 に示すように、展開されたパターン 2 1 の階調値を、各画素すなわち実画像 1 5 のパターン座標のアドレスごとに算出できる。したがって、設計データ展開部 2 では、設計データ 1 1 に基づいて各画素上に配線パターンを展開した後、各画素ごとにビット積分した値を階調値として算出し、参照データ 1 2 として出力する。

【 0 0 3 6 】

次に参照画像生成部 3 において、設計データ展開部 2 から出力された参照データ 1 2 のうち、各配線パターン幅の適切な画素単位またはサブ画素での拡大 / 縮小補正が実行され、各配線パターンのエッジ位置を移動修正する。続いて参照データ 1 2 のコーナー部に対応する位置の実画像 1 5 のコーナー半径に基づいて、その参照データ 1 2 のコーナー部の丸め補正処理を行う。その後、被検査対象を光学走査して得られる実画像 1 5 の光学特性を持つフィルタでぼかし処理を実施し、実画像 1 5 に近いぼかし参照画像 1 3 を作成する。

【 0 0 3 7 】

なお、画像欠陥検査部 7 で画像比較を行う欠陥検出ハードウェアに実装された実画像 1 5 の光学特性を持つフィルタのぼけの強さ、ぼけの範囲については、画像メモリ位置あわせ部 6 に格納されている実画像 1 5 のうち代表事例とみなされる画像から、被検査パターンの 4 方向の垂直・水平エッジ部分が存在する位置の階調分布に沿ってぼけ量を表す光学

10

20

30

40

50

係数を作成し、この光学係数をトレース方向毎に反転させた光点拡がり関数を合成し、ぼかしフィルタ係数を作成する。続いて得られたぼかしフィルタ係数を用いて参照画像生成部3で、設計データ展開部2から出力された参照データ12に対し、畳み込み演算を行い、ぼかし参照画像13を作成して画像メモリ位置あわせ部6に転送し、画像メモリ位置あわせ部6内で設計データ11の位置アドレスに相当する実画像15とぼかし参照画像13の画像メモリ内での位置あわせを行い、情報画像欠陥検査部7で実画像15とぼかし参照画像13の比較処理を行い、非検査対象の欠陥部を検出する。

#### 【0038】

まず最初に、ぼかしフィルタ動作を実行する参照画像生成部3に予め登録されているぼけの強さと範囲の基準となる光学係数(フィルタの半径R)、およびぼかしフィルタの係数となる光点拡がり関数の生成方法について説明する。図5は画像欠陥検出ハードウェアの光学特性の決定に必要な真円の光点拡がり関数の半径Rを変化させた時のぼけの範囲と、単位画素内の光強度の重み付けを表すフィルタ係数の説明図である。

#### 【0039】

図5(a)の格子領域は、設計データ11の展開分解能に等しい単位画素を示し、この単位画素に占める真円の領域面積は、光点拡がり関数の光学係数となる半径Rが占めるフィルタ係数の強さを示している。検査分解能以下で光の強度および広がりをサブ画素単位で計算するため、単位画素に一致する領域は $16 \times 16$ 分割(1画素面積の最大値を256)に量子化されており、このサブ画素はON、OFF値を持つビット列で構成されている。例えば図5(b)に示すように、各々の単位画素内の半径Rを持つ光点拡がり関数のフィルタ係数は、真円領域が占める各単位画素内の灰色のサブ画素のONビット数を積算して算出する。一方、ぼかし処理では個々の単位画素内のフィルタ係数値は全フィルタ係数の総和で正規化され、量子化誤差は無視できる程小さいため、本実施例では単位画素内に占めるフィルタ面積が最大値の256をとる場合、フィルタの光強度の最大値は255に設定する。

#### 【0040】

図6(a),(b),(c),(d)はトレース方向の光学係数の組み合わせから光点拡がり関数のフィルタ係数の合成方法を示す説明図である。各々のフィルタ領域内のフィルタ係数値は、図6に示す(上,右)(右,下)(下,左)(左,上)の二組の半径値の光学係数を持つ真円の光点拡がり関数の $1/4$ 分割領域内の各単位画素に占める円の面積値とする集合である。トレース方向の光学係数の組み合わせで決まる $1/4$ 分割領域が確定すると、対象領域の範囲に合わせて参照画像生成部3に予め記憶されている左上 $1/4$ 分割領域を順次回転、または、反転させて光点拡がり関数の全領域のフィルタ係数値を合成する。ただし、フィルタ係数の合成時は、図6(a)に示すように $1/4$ 分割領域のそれぞれの境界部にあたる画素位置のフィルタ係数は他の $1/4$ 分割領域との重なりを考慮して、実際にもつべき面積値の $1/2$ を記憶しておき、重なり部分で生じる係数和は255を越えない値に設定する。

#### 【0041】

例えば図7に示す実施例は図6の上、下、左、右それぞれの方向の光学係数がすべて半径 $R = 2.0$ [画素]となる領域を合成して得られる光点拡がり関数の $7 \times 7$ 画素範囲のフィルタ係数である。

#### 【0042】

本例では真円となる光学係数について示したが、真円のほかに、二つの異なる半径の光学係数から構成される楕円の面積領域でも同様な計算で光点拡がり関数のフィルタ係数値を算出してもよい。

このようにして参照画像生成部3には、予めシミュレーションで求めた真円または、楕円となる光点拡がり関数の左上 $1/4$ 分割領域を占める光学係数の組み合わせでできるフィルタ係数が予め記憶されており、参照画像生成部3は二つのトレース方向の光学係数の組み合わせに応じて記憶されている左上 $1/4$ 分割領域の係数群を回転または反転させて合成し、光点拡がり関数の全フィルタ係数を生成する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 3 】

次に参照画像生成部 3 に記憶されている真円の光学係数を持つ光点拡がり関数の半径 R と輝度プロファイルから算出されるトレース方向のぼけ量 について説明する。説明を簡便化するためにここでは参照データは画素の区切りに常に存在し、パターン of 辺縁部の単位画素が 2 5 5 の最大階調値をとる実施例で説明する。

## 【 0 0 4 4 】

図 8 は図 5 に示す真円となる光点拡がり関数の半径 R を順次拡大し、各半径 R に対応するフィルタ係数で参照データ 1 2 をぼかした時のぼかし参照画像 1 3 のエッジ周辺部の輝度プロファイルを示したものである。半径 R の拡大に伴って、パターンエッジの輝度プロファイルの傾きは緩やかになり、エッジ周辺部のぼけ方が大きくなる。このようにして真円となる光点拡がり関数の半径 R を可変にすることで、参照データをぼかしたときの輝度プロファイルのエッジ傾き、すなわち、ぼけ量を制御することができる。

10

## 【 0 0 4 5 】

図 9 は真円の光点拡がり関数の光学係数となる各半径 R で参照データをぼかしたときのぼかし参照画像 1 3 の輝度プロファイル上の各々の画素位置の輝度値および、ぼけ量を算出したものである。例えば図 8 のぼかし参照画像 1 3 の各半径 R における輝度プロファイル上の注目画素位置を  $S(x, y)$ 、輝度値  $L_s(x, y)$  とした時、パターン上を左方向にトレースする場合のぼけ量は、

$$= \text{MAX} \{ L_s(x+k, y) - L_s(x, y) \} \quad (\text{ただし、} k = 2)$$

( 数式 1 )

20

と、算出する。

## 【 0 0 4 6 】

図 9 から ( 数式 1 ) で計算される輝度プロファイルの注目画素と、トレース方向にある近傍画素との絶対値の差の最大値で定義された真円となる光点拡がり関数を持つぼかし参照画像 1 3 のぼけ量は、大きさの異なる光点拡がり関数の各半径 R の光学係数に対し、一意に決まる固有値をとることが説明される。

## 【 0 0 4 7 】

さらに、これらの光学係数は参照データ 1 2 のエッジ端の画素内の位置に依存しない性質を持っている。例えば図 1 1 ( a ) , ( b ) , ( c ) , ( d ) は適切な分解能で展開された直後の参照データ 1 2 の階調分布および、図 7 の半径  $R = 2.0$  [ 画素 ] の真円が占める光学係数を持つ光点拡がり関数で参照データ 1 2 をぼかしたときの階調分布である。このパターンは、エッジ部が  $1/4$  画素ずつずらして展開された画素の切れ目に存在していない上下方向に幅を持つパターン例であり、数値はその画素位置における階調値を示している。

30

## 【 0 0 4 8 】

図 1 1 ( a ) , ( b ) , ( c ) , ( d ) の実施例のいずれの場合も、1 画素以内に展開された任意のエッジ位置にある注目画素の  $N \sim N + K$  間 ( ただし、ここでは  $K = 2$  ) の輝度値の絶対値の差の最大値は 1 5 0 近傍となる。

図 1 1 ( a ) より、 $N \sim N + 2$  間の輝度値最大差 :  $167 - 18 = 149$

図 1 1 ( b ) より、 $N \sim N + 2$  間の輝度値最大差 :  $185 - 35 = 150$

図 1 1 ( c ) より、 $N \sim N + 2$  間の輝度値最大差 :  $202 - 52 = 150$

図 1 1 ( d ) より、 $N \sim N + 2$  間の輝度値最大差 :  $219 - 70 = 149$

40

このように、図 1 1 ( a )、図 1 1 ( d ) の  $N$  から  $N + K$  (  $K = 2$  ) の間の輝度値の最大差が 1 4 9 となり、図 1 1 ( b )、図 1 1 ( c ) の場合の輝度値差 1 5 0 となる違いはあるが、これは計算上のまるめ誤差である。

## 【 0 0 4 9 】

このように光学係数の各々の半径 R に一意に決まるエッジパターンに垂直方向にトレースした方向のぼけ量は、展開された参照データ 1 2 の単位画素内のエッジ端の位置に無関係に同一値をとる。すなわちトレース方向の半径 R の真円で示される光点拡がり関数の光学係数は、ぼけ量を検出することで、1 画素内のエッジ端の位置ズレ量を許容して安

50

定に求められることが説明される。

【 0 0 5 0 】

上述した真円の半径  $R$  を持つ光点拡がり関数の光学係数とぼけ量 の関係は任意の大きさの半径に拡張することができる。図 1 0 は、図 9 に示す半径  $R$  光学係数の半径  $R$  と、注目画素位置とその  $K$  個先の位置にあるトレース方向の画素位置の輝度値の絶対値差の最大値で定義されるぼけ量 との関係を示したものである。例えば、 $K = 2$  の場合のボケ量はボケ量を表す光学係数を用いて図 9 に示すぼけ量 と光学係数のサンプル点での関係から最小自乗法を用いると多項式の係数は一意に決定でき、

$$= 1.3261R^3 - 0.3449R^2 - 68.085R + 276.5 \quad (\text{数式 2})$$

なる 3 次多項式で算出される。

10

【 0 0 5 1 】

このようにして輝度プロファイル上のトレース方向のボケ量 は、(数式 2) によって、真円となる任意サイズの半径  $R$  の光学係数から一意に算出できる。また、ぼけ量 が既知の場合、(数式 1) および(数式 2) を用いて対応する光学係数の半径  $R$  を求めることで、図 5 の実施例のように、ぼけの強さとぼけの範囲を示す真円の光点拡がり関数を視覚的かつ定量的に求められる。

【 0 0 5 2 】

次に参照画像生成部 3 に記憶された光学係数  $R$  とぼけ量 を用いて実画像 1 5 のぼけ量の設計方法について図を用いて説明する。光学特性を持つフィルタのぼけの強さ、ぼけの範囲については、画像メモリ位置あわせ部 6 に格納されている実画像 1 5 のうち代表事例とみなされる画像から、被検査パターンの 4 方向の垂直・水平エッジ部分が存在する位置の階調分布に基づき、実画像 1 5 のエッジパターンに垂直な方向にトレースする。

20

【 0 0 5 3 】

図 1 2 は、実画像 1 5 のエッジパターンを左方向にトレースした時のぼけ量 の算出方法を示したものである。図 1 2 の実画像 1 5 上の輝度プロファイル上の座標位置を  $P(x, y)$ 、その位置でのパターンの輝度値が  $L_p(x, y)$  の時、探索開始点 2 5 から左方向にトレースした場合の実画像 1 5 のぼけ量 を

$$= \text{MAX} \{ L_p(x+k, y) - L_p(x, y) \} \quad (\text{ただし } k > = 2) \quad (\text{数式 3})$$

と、算出する。残りの上、下、右方向のエッジパターンについても同様な処理を行い、実画像 1 5 の各エッジパターン方向のぼけ量 を計算する。ただし、ノイズや光のゆらぎ、光の周り込みの影響を避けるため、実画像 1 5 でのトレース幅 2 6 は 7 画素程度とし、トレース幅 2 6 内の輝度平均を代表輝度値として、(数式 3) を用いてボケ量 を算出する。続いて、実画像 1 5 のぼけ量 を参照画像生成部 3 に記憶されている真円の光点拡がり関数で得られるぼけ量 と比較し、誤差量の最も小さい時のぼけ量 の半径値を実画像 1 5 のトレース方向の光学係数として選択する。

30

【 0 0 5 4 】

図 1 2 は図 1 6 (c) の実画像 1 5 の各方向のパターンエッジをトレースして得られた実画像 1 5 のぼけ状態を光学係数で示したものである。図 1 2 の各方向の光学係数  $R$  に対応する実画像 1 5 の持つぼけの強さと範囲は、1 / 4 分割された楕円状のフィルタ領域を合成した光点拡がり関数となる。

40

【 0 0 5 5 】

次に、実画像 1 5 から得られた光学係数を用いて参照データ 1 2 に作用させる光点拡がり関数のぼかし処理フィルタの構成方法について図を用いて説明する。図 1 4 はぼかし参照画像 1 3 のエッジ部分とぼかしフィルタ係数との関係を示す説明図である。各方向のパターンエッジの輝度プロファイルから光学係数を抽出する場合、パターンエッジ上の各画素の輝度値はパターンの存在していない方向に対する光強度や拡がり影響する。

【 0 0 5 6 】

図 1 4 のようにパターンの存在しない方向に光の拡がり等がある場合、エッジ部分の輝度値は「なだらか」になる。すなわち、実画像 1 5 内の対応する画素位置にあるエッジの

50

輝度分布と類似するぼかし参照画像 13 を得るためには、参照データ 12 の位置にかけるぼかしフィルタとなる光点拡がり関数の光学係数には、パターンの存在しない方向（輝度値が小さくなる方向）に対する光学係数を割り当てる必要がある。従って、参照データ 12 に対するぼかし処理に必要な光点拡がり関数は、図 15 の実施例に示されるように、図 13 の実画像 15 で得られた走査方向の光学係数を反転させた光学係数をもつ光点拡がり関数となる。このようにして得られた光学係数を持つ、ぼかしフィルタとなる光点拡がり関数を用いて、参照データ 12 に畳み込み処理を行い、ぼかし参照画像 13 を作成する。

#### 【 0 0 5 7 】

以上の参照データ 12 をぼかすぼかしフィルタとなる光点拡がり関数の動作説明を補足するため、ここではパターンエッジをトレースする代表的な画像を用いて説明する。図 16 ( a ) は画像メモリ位置あわせ部 6 内に展開された多値化した参照データ 12、図 16 ( b ) は従来のガウス分布に基づいて図 16 ( a ) にぼかし処理を行った実施例、図 16 ( c ) は実際の検査装置の光学的走査でえられた実画像 15、図 16 ( d ) は図 16 ( c ) の実画像 15 から抽出した図 15 に示す光点拡がり関数を用いて、多値化した参照データ 12 に畳み込み演算した処理結果を示すものである。

#### 【 0 0 5 8 】

図 16 ( b ) のガウス関数をベースにした光点拡がり関数では等方性のぼけ方をするのに対し、図 16 ( c ) の実画像 15 から抽出した光点拡がり関数でぼかした図 16 ( d ) のぼかし参照画像 13 の上下左右のエッジのぼけ方は、それぞれのエッジ方向で異なり、実画像 15 のぼけ方に極めて類似した非対称なぼけ特性を持つぼかし参照画像 13 が生成できることが示されている。また、コーナー部のぼけ方においても、実画像 15 の丸まりに類似した形状となる光強度分布を実現していることが示されている。

#### 【 0 0 5 9 】

ぼかしフィルタ設計方法および、ぼかし参照画像 13 の自動生成法の効果のより具体的な事例を示すため、ここでは、汎用的な配線パターンを持つ被検査対象の輝度分布を用いて説明する。図 17 ( a ) は画像欠陥検査ハードウェアの光学走査によってえられたガラス基板上に描かれた欠陥を持つ配線パターンの実画像 15、図 17 ( b ) は参照データ 12 に適切にリサイズおよびコーナー丸め処理を実施後、図 17 ( a ) の実画像 15 から抽出した図 18 に示される光学係数を持つ光点広がり関数でぼかし処理行って得られるぼかし参照画像 13 である。図 19 に示される直線パターンは、図 17 ( a ) の 27 領域での実画像 15 の輝度分布、図 20 は図 17 ( b ) の図 17 ( a ) に示す実画像 15 の 27 領域に対応する位置にあるぼかし参照画像 13 の輝度分布例、図 21 は図 19 の実画像 15 と図 20 のぼかし参照画像 13 との差画像の輝度分布である。図 19、図 20 からあきらかな様にぼかし参照画像 13 は実画像 15 の輝度分布に極めて類似し、図 21 の差画像から平均 2.5 階調程度の差に収まっている。

#### 【 0 0 6 0 】

図 22 ~ 図 24 は、図 17 ( b ) に示される外コーナー、内コーナーを含み、斜めパターン部に欠陥部を持つ配線パターンの輝度分布について実画像 15 とぼかし参照画像 13 を比較したものである。図 23 に示されるぼかし参照画像 13 の欠陥の無い正常部の斜めパターン、コーナー部の輝度分布は、対応する位置にある図 22 の実画像 15 の輝度分布と極めて類似する。さらに、図 24 に示される差画像でも周囲輝度値に対し、欠陥部の輝度値のみが高く出ることから、エッジ上の欠陥部を容易に検出することができる。

#### 【 0 0 6 1 】

このようにして、図 1 の参照画像生成部 3 では、入力された参照データ 12 に画素単位およびサブ画素単位でリサイズ処理を行い、適切なコーナー補正処理を行ってから、得られた光点拡がり関数をフィルタ係数を持つぼかしフィルタを参照データ 12 に作用させて実画像 15 の輝度分布に近いぼかし参照画像 13 を作成する。続いて、このぼかし参照画像 13 は画像メモリ位置あわせ部 6 の画像メモリに格納され、設計データ 11 に対応する位置アドレスに実画像 15 およびぼかし参照画像 13 の位置あわせが行われた後、画像比較欠陥検出部 7 において、すでに格納されている実画像 15 と比較され、被検査パターン

10

20

30

40

50

が、設計データ 11 から作成された理想的なパターンの寸法、形状に基づいて正確に描かれているか否か検査される。

【0062】

なお、上記実施の形態の構成及び動作は例であって、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することができることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0063】

本発明は、ぼかし参照画像を自動生成する場合等にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図1】本発明の一実施の形態によるぼかしフィルタ設計方法およびぼかし参照画像自動生成方法を実装した画像比較欠陥検出ハードウェアのブロック図である。

【図2】展開された配線コーナーパターンの一部を示す説明図である。

【図3】図2の1画素の拡大図である。

【図4】図2のパターンの各画素の階調値を示す説明図である。

【図5】半径Rの範囲を広げたときの真円の光点拡がり関数のぼけの強さと範囲を示す説明図である。

【図6】1/4分割領域で定義された光点拡がり関数の係数を用いたぼかしフィルタ係数の合成方法を示す説明図である。

【図7】円形マスクパターン(半径R = 2.5)で定義された真円の光点拡がり関数を示す説明図である。

【図8】図5の光点拡がり関数の半径Rとエッジ傾きとの関係を示す説明図である。

【図9】光学係数となる半径Rの輝度プロファイルとぼけ量との数値関係を示す説明図である。

【図10】フィルタ半径Rを拡大した時の光点拡がり関数の半径Rとぼけ量との関係式を示す説明図である。

【図11】展開された参照データのエッジが画素の切れ目がない場合のエッジ位置とぼけ量との関係を示す説明図である。

【図12】実画像のエッジパターンをトレースして光学係数を求める方法を示す説明図である。

【図13】実画像をトレースしたときの実画像の持つ光点拡がり関数の光強度分布および、範囲を示す説明図である。

【図14】参照データのトレース方向の輝度分布と実画像から得られる光点拡がり関数の係数領域から生成される輝度プロファイルとの関係を示す説明図である。

【図15】実画像から得られる光点拡がり関数の係数領域から生成される参照データのぼかし処理に必要なぼかしフィルタ係数となる光点拡がり関数を示す説明図である。

【図16】光点拡がり関数を生成するのに必要な被検査対象の画像、参照データ、ぼかし参照画像の説明図である。

【図17】欠陥を含む配線パターンの実画像および、対応する位置にあるぼかし参照画像との関係を示す説明図である。

【図18】実画像パターンから得られた参照データのぼかし処理に必要な光点拡がり関数を示す説明図である。

【図19】実画像の直線パターンの階調分布を数値で示した説明図である。

【図20】実画像の直線パターンに対応する位置にあるぼかし参照画像の階調分布を数値で示した説明図である。

【図21】直線パターンでの実画像とぼかし参照画像の差画像の階調分布を数値で示した説明図である。

【図22】実画像の欠陥のある斜めパターンおよびコーナー部の階調分布を数値で示した説明図である。

【図23】実画像の欠陥のある斜めパターンおよびコーナー部の対応する位置にあるぼか

10

20

30

40

50

し参照画像の階調分布を数値で示した説明図である。

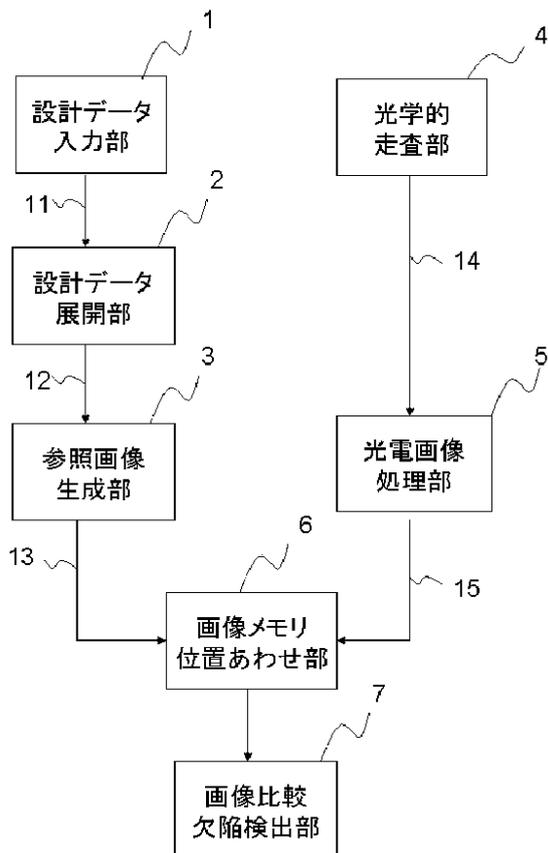
【図24】欠陥のある斜めパターンおよびコーナー部を持つ実画像と対応する位置にあるぼかし参照画像との差画像の階調分布を数値で示した説明図である。

【符号の説明】

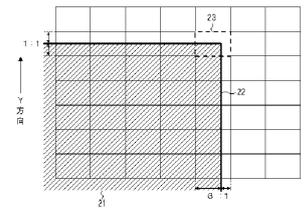
【0065】

1...設計データ入力部、2...設計データ展開部、3...参照画像生成部、4...光学的走査部、5...光電画像処理部、6...画像メモリ位置あわせ部 7...画像比較欠陥検出部、11...設計データ、12...参照データ、13...ぼかし参照画像、14...走査信号、15...実画像

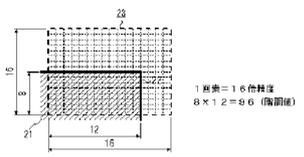
【図1】



【図2】



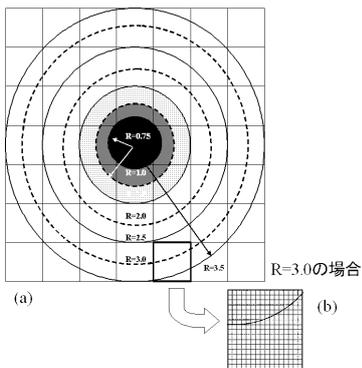
【図3】



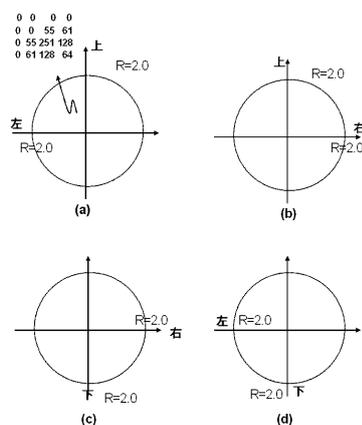
【図4】

0	0	0	0	0	0	0
128	128	128	128	96	0	0
255	255	255	255	192	0	0
255	255	255	255	192	0	0
255	255	255	255	192	0	0
255	255	255	255	192	0	0

【図5】



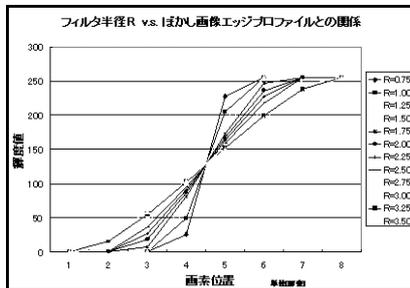
【図6】



【図7】

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0  
0, 0, 54, 122, 54, 0, 0  
0, 54, 251, 255, 251, 54, 0  
0, 122, 255, 255, 255, 122, 0  
0, 54, 251, 255, 251, 54, 0  
0, 0, 54, 122, 54, 0, 0  
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0

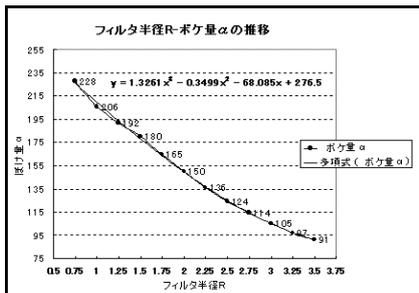
【図8】



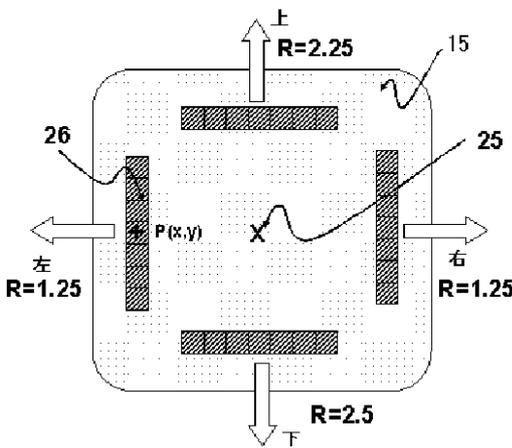
【図9】

エッジ検出後の画像	プロファイル抽出後の画像				フィルタ半径MAX				
画素値が0の割合	1階差	2階差	3階差	4階差	1階差	2階差	3階差	4階差	
R0.75	0	0	0	28	228	251	255	255	228
R1.00	0	0	0	49	204	251	255	255	204
R1.25	0	0	0	62	182	251	255	255	182
R1.50	0	0	0	72	160	251	255	255	160
R1.75	0	0	7	81	133	247	251	255	133
R2.00	0	0	15	87	107	236	251	255	107
R2.25	0	0	21	93	79	227	251	255	79
R2.50	0	0	26	99	50	218	251	255	50
R2.75	0	0	43	97	19	211	251	255	19
R3.00	0	10	49	100	14	205	244	255	10
R3.25	0	16	53	102	12	199	238	255	12
R3.50	0	22	59	104	10	195	232	255	10

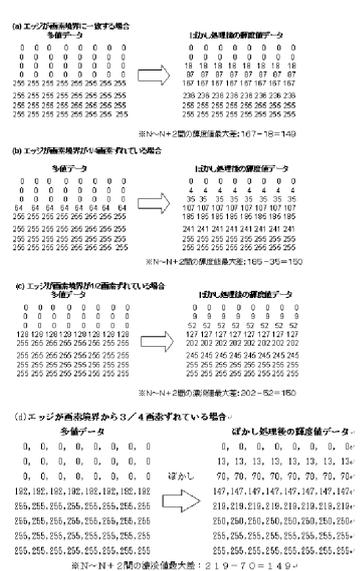
【図10】



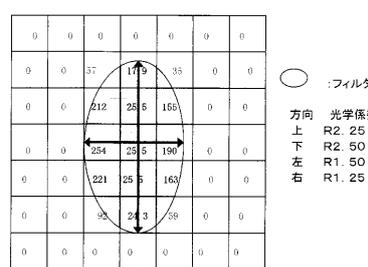
【図12】



【図11】



【図13】







---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-175857(JP, A)  
国際公開第2006/049243(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T	5/20
G03F	1/08
G06T	1/00
H01L	21/027