

(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2008-281580
(P2008-281580A)

(43) 公開日 平成20年11月20日(2008.11.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 A	2 G O 5 1
GO 6 T 7/00 (2006.01)	GO 6 T 7/00 3 O O F	5 B O 5 7
GO 6 T 1/00 (2006.01)	GO 6 T 1/00 3 O 5 A	5 L O 9 6

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-167743 (P2008-167743)	(71) 出願人	000000376 オリンパス株式会社
(22) 出願日	平成20年6月26日 (2008. 6. 26)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4 3番2号
(62) 分割の表示	特願2001-370218 (P2001-370218) の分割	(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦
原出願日	平成13年12月4日 (2001. 12. 4)	(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100091351 弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

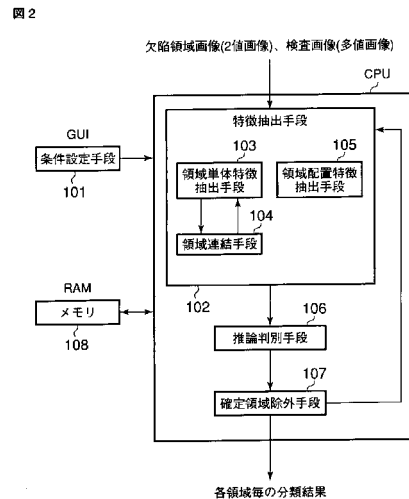
(54) 【発明の名称】 欠陥分類装置

(57) 【要約】

【課題】主に半導体ウェハ及び液晶パネルのマクロ検査におけるレジストの塗付ムラや露光不良、キズ、塵埃の付着などの欠陥に関して、欠陥データの登録を必要とせず、より人間の判断に近い分類を可能にする欠陥分類装置を提供する。

【解決手段】被検体の画像を基に検出された欠陥の種類を判別する欠陥分類装置において、検出された欠陥領域の画像より特徴量を抽出する手段であって、少なくとも2つ以上の検出領域の配置形状に基づく特徴量を抽出する手段を含む特徴抽出手段102と、この特徴抽出手段102により抽出された特徴量に基づき、欠陥種を判別する推論判別手段106と、この推論判別手段106により判別された欠陥種が確定した領域を前記欠陥領域の画像から除外する確定領域除外手段107とを具備する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検体の画像を基に検出された欠陥の種類を判別する欠陥分類装置において、
検出された欠陥領域の画像より特徴量を抽出する手段であって、少なくとも2つ以上の
検出領域の配置形状に基づく特徴量を抽出する手段を含む特徴量抽出手段と、

この特徴量抽出手段により抽出された特徴量に基づき、欠陥種を判別する欠陥種判別手
段と、

この欠陥種判別手段により判別された欠陥種が確定した領域を前記欠陥領域の画像から
除外する確定領域除外手段と

を具備することを特徴とする欠陥分類装置。

10

【請求項 2】

前記特徴量抽出手段は、各検出領域の形状により適応的な構造要素を用いた膨張処理によ
り、少なくとも2つ以上の検出領域を連結する連結手段と、当該連結領域の特徴量を抽出
する手段とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類装置。

【請求項 3】

前記連結手段は、各欠陥領域の最大最小フェレ径比（ 1 ）及び主軸角を算出する手段と
、算出した最大最小フェレ径比の値を基に膨張処理に用いられる構造要素の形状を円形あ
るいは細線形から選択する手段と、細線形の構造要素が選択された欠陥領域の主軸角に対
しその細線形の方角を合わせる手段と、各欠陥領域ごとに決定された構造要素を用いて欠
陥領域画像において膨張処理を行い、重なり合う領域を連結する手段とを含むことを特徴
とする請求項 2 記載の欠陥分類装置。

20

【請求項 4】

前記欠陥種判別手段は、特徴量の値と予め設定した分類ルールに基づくファジィ推論を行
う手段を含むことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類装置。

【請求項 5】

前記欠陥は、半導体ウェハや液晶パネル等の製造工程で生じる露光不良、塗付ムラ、キズ
、塵、埃等であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類装置
。

【請求項 6】

前記特徴量抽出手段は、露光工程での露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段を含む
ことを特徴とする請求項 5 記載の欠陥分類装置。

30

【請求項 7】

前記露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段は、露光区画形状を示すテンプレート画
像を作成する手段と、前記テンプレート画像を検出欠陥領域の画像の露光区画位置に合わ
せて走査し、各露光区画位置での両画像の相関値を算出する手段と、前記相関値が算出さ
れた露光区画内の検出欠陥に対し前記相関値を特徴量として付加する手段とを含むこと
を特徴とする請求項 6 記載の欠陥分類装置。

【請求項 8】

前記露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段は、検出欠陥領域の画素を垂直あるいは
水平方向に積算する手段と、積算値の外形曲線をフーリエ変換し各周波数における振幅値
を算出する手段と、露光区画周期に相当する周波数の振幅値と他の周期に相当する周波数
の平均振幅値の比を算出する手段と、前記積算に用いられた検出欠陥に対し前記比の値を
特徴量として付加する手段とを含むことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥分類装置。

40

【請求項 9】

前記露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段は、検出欠陥領域の画像における任意の
露光区画よりテンプレート画像を作成する手段と、前記テンプレート画像を前記任意の露
光区画の上下あるいは左右に位置する露光区画に合わせて相関値を算出し、その平均を算
出する手段と、前記任意の露光区画内の検出欠陥に対し前記平均値を特徴量として付加す
る手段とを含むことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥分類装置。

【請求項 10】

50

前記特徴量抽出手段は、塗付工程でのウェハ回転中心に対する極座標を用いて特徴量を抽出する手段を含むことを特徴とする請求項 5 記載の欠陥分類装置。

【請求項 11】

前記特徴量抽出手段は、検出欠陥領域を塗付工程でのウェハ回転中心に対する極座標系に変換した極座標画像を作成する手段と、前記極座標画像において直線成分を検出する手段と、前記直線成分を構成する欠陥領域に対し前記直線成分の長さを特徴量として付加する手段とを含むことを特徴とする請求項 10 記載の欠陥分類装置。

【請求項 12】

検出された欠陥領域の画像を示す表示手段と、この表示手段において欠陥種が確定した領域を、その確定した順に明示する手段とを備え、これによって欠陥種が確定した経過をユーザーに示すことを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は欠陥分類装置に関し、特に、画像に基づき検出した欠陥種の種類を判別するものであり、特に半導体ウェハや液晶パネル等の製造ラインで行われる外観検査における欠陥分類装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウェハや液晶パネル等の製造では、成膜、レジスト塗布、露光、現像、エッチング、レジスト剥離といった工程を複数回繰り返すことで、多層の配線パターンを形成していく。

20

【0003】

最終的に数百工程にもなる製造工程を経て完成する製品の歩留まりを向上するためには、欠陥の早期発見や製造工程の最適化が必須項目である。

【0004】

このため従来から、実際のパターンが形成されるエッチング工程前に、対象物の外観検査を行い、欠陥の検出、不良品の選別を行うと共に、欠陥の種類を判別して、その情報を製造工程にフィードバックする取り組みがなされている。

【0005】

ここでの外観検査には、主にミクロ検査とマクロ検査の 2 種類がある。

30

【0006】

ミクロ検査は 5 μm 程度の分解能により、微小な欠陥やパターン異常などを検出するものであり、マクロ検査は 100 μm 程度の分解能により、レジストの塗付ムラや露光不良、キズ、塵埃の付着といった比較的大きな欠陥を検出する検査である。

【0007】

マクロ検査は、ミクロ検査で局所的に見てもわからない欠陥を検出できたり、低分解能ゆえ高スループットであるなどの利点がある。

【0008】

欠陥分類装置に関しては、特開平 8-21803 号公報に記載の“欠陥種別判定装置及びプロセス管理システム”に、各欠陥情報 (= 特徴量) の入力パターンに対し、その欠陥種を出力するよう学習させたニューラルネットワークを構築し、これにより欠陥を分類する装置の構成が示されている。

40

【0009】

また、前記先行技術における学習時の教示用データの与え方に関する問題を指摘し、改善を図った特開平 11-344450 号公報に記載の“教示用データ作成方法並びに欠陥分類方法およびその装置”には、画像特徴量による多次元空間での各欠陥の分布を教示用データに基づいて既定し、統計的な判別分析により欠陥を分類する装置の構成が示されている。

【0010】

50

更に、特開平 8-9 4 5 3 6 号公報に記載の“欠陥種別判定装置及びプロセス管理システム”には、検出欠陥に対する複数の評価項目（特徴量）の実測値を段階的に分けてコード化し、そのコード列に基づき予め設定された欠陥名称を参照することで欠陥を分類する装置の構成（いわゆる分類木的手法）が示されている。

【特許文献 1】特開平 8-2 1 8 0 3 号公報

【特許文献 2】特開平 1 1-3 4 4 4 5 0 号公報

【特許文献 3】特開平 8-9 4 5 3 6 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特開平 8-2 1 8 0 3 号公報や特開平 1 1-3 4 4 4 5 0 号公報のようにニューラルネットワークや統計手法を用いた欠陥分類装置では、予め欠陥サンプルを多数登録する必要があり、非常に多くの時間を要するという問題がある。

【0012】

また通常は、品種、工程が変わるごとに登録が必要となるため、少量多品種の製品では十分な欠陥サンプルを用意できないという問題もある。

【0013】

一方、特開平 8-9 4 5 3 6 号公報に記載の装置では、人の経験や知識より各コード列に対応する欠陥を設定することができ、上記のような問題は生じないが、コードの切り替わり付近での曖昧な処理ができない、つまり、切り替わり位置の微妙な差で、全く異なる結果に分類される対象が生じたり、同じコード列ながら切り替わり付近の値を持つ対象と明らかに切り替わりから離れた値を持つ対象とに同じ結果しか与えられない、などの問題が生じる。

【0014】

更に、これまでの欠陥分類装置に用いられる特徴量には、検出された欠陥領域を単体として捉えて処理するものが多く、ミクロ検査のように人間に認識される欠陥と検出領域が 1 対 1 で対応する場合には問題ないが、マクロ検査のように、人間に認識される欠陥と検出領域が 1 対 1 で対応しない（図 5（A）のようにパターンによる欠陥の分断や画像の量子化レベルにより、一つの欠陥が分割されて検出される）場合には、正確な分類が難しいなどの問題がある。

【0015】

これまで上記のような問題を解決して、有効的に欠陥分類を行う装置は明確にされていない。

【0016】

本発明はこのような課題に着目してなされたものであり、その目的とするところは、主に半導体ウェハ及び液晶パネルのマクロ検査におけるレジストの塗付ムラや露光不良、キズ、塵埃の付着などの欠陥に関して、欠陥データの登録を必要とせず、より人間の判断に近い分類を可能にする欠陥分類装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記の目的を達成するために、本発明の第 1 の態様に係る欠陥分類装置は、被検体の画像を基に検出された欠陥の種類を判別する欠陥分類装置において、検出された欠陥領域の画像より特徴量を抽出する手段であって、少なくとも 2 つ以上の検出領域の配置形状に基づく特徴量を抽出する手段を含む特徴量抽出手段と、この特徴量抽出手段により抽出された特徴量に基づき、欠陥種を判別する欠陥種判別手段と、この欠陥種判別手段により判別された欠陥種が確定した領域を前記欠陥領域の画像から除外する確定領域除外手段とを具備する。

【0018】

また、本発明の第 2 の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第 1 の態様に係る欠陥分類装置において、前記特徴量抽出手段は、各検出領域の形状により適応的な構造要素を用い

10

20

30

40

50

た膨張処理により、少なくとも2つ以上の検出領域を連結する連結手段と、当該連結領域の特徴量を抽出する手段とを含む。

【0019】

また、本発明の第3の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第2の態様に係る欠陥分類装置において、前記連結手段は、各欠陥領域の最大最小フェレ径比(1)及び主軸角を算出する手段と、算出した最大最小フェレ径比の値を基に膨張処理に用いられる構造要素の形状を円形あるいは細線形から選択する手段と、細線形の構造要素が選択された欠陥領域の主軸角に対しその細線形の方角を合わせる手段と、各欠陥領域ごとに決定された構造要素を用いて欠陥領域画像において膨張処理を行い、重なり合う領域を連結する手段とを含む。

10

【0020】

また、本発明の第4の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第1から第3の態様に係る欠陥分類装置において、前記欠陥種判別手段は、特徴量の値と予め設定した分類ルールに基づくファジィ推論を行う手段を含む。

【0021】

また、本発明の第5の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第1から第4の態様において、前記欠陥は、半導体ウェハや液晶パネル等の製造工程で生じる露光不良、塗付ムラ、キズ、塵、埃等である。

【0022】

また、本発明の第6の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第5の態様に係る欠陥分類装置において、前記特徴量抽出手段は、露光工程での露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段を含む。

20

【0023】

また、本発明の第7の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第6の態様に係る欠陥分類装置において、前記露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段は、露光区画形状を示すテンプレート画像を作成する手段と、前記テンプレート画像を検出欠陥領域の画像の露光区画位置に合わせて走査し、各露光区画位置での両画像の相関値を算出する手段と、前記相関値が算出された露光区画内の検出欠陥に対し前記相関値を特徴量として付加する手段とを含む。

【0024】

また、本発明の第8の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第6の態様に係る欠陥分類装置において、前記露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段は、検出欠陥領域の画素を垂直あるいは水平方向に積算する手段と、積算値の外形曲線をフーリエ変換し各周波数における振幅値を算出する手段と、露光区画周期に相当する周波数の振幅値と他の周期に相当する周波数の平均振幅値の比を算出する手段と、前記積算に用いられた検出欠陥に対し前記比の値を特徴量として付加する手段とを含む。

30

【0025】

また、本発明の第9の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第6の態様に係る欠陥分類装置において、前記露光区画情報を用いて特徴量を抽出する手段は、検出欠陥領域の画像における任意の露光区画よりテンプレート画像を作成する手段と、前記テンプレート画像を前記任意の露光区画の上下あるいは左右に位置する露光区画に合わせて相関値を算出し、その平均を算出する手段と、前記任意の露光区画内の検出欠陥に対し前記平均値を特徴量として付加する手段とを含む。

40

【0026】

また、本発明の第10の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第5の態様に係る欠陥分類装置において、前記特徴量抽出手段は、塗付工程でのウェハ回転中心に対する極座標を用いて特徴量を抽出する手段を含む。

【0027】

また、本発明の第11の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第10の態様に係る欠陥分類装置において、前記特徴量抽出手段は、検出欠陥領域を塗付工程でのウェハ回転中心

50

に対する極座標系に変換した極座標画像を作成する手段と、前記極座標画像において直線成分を検出する手段と、前記直線成分を構成する欠陥領域に対し前記直線成分の長さの特微量として付加する手段とを含む。

【0028】

また、本発明の第12の態様に係る欠陥分類装置は、本発明の第1から第11の態様に係る欠陥分類装置において、検出された欠陥領域の画像を示す表示手段と、この表示手段において欠陥種が確定した領域を、その確定した順に明示する手段とを備え、これによって欠陥種が確定した経過をユーザーに示す。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、欠陥種が確定した領域を除外した画像を基に配置形状による特徴を抽出することで、より正確な特徴が得られ、分類精度が向上する。

【0030】

また、欠陥種が確定した領域を除外した画像を基に膨張（連結）処理を行って得た領域の特徴を抽出することで、より正確な特徴が得られ、分類精度が向上する。

【0031】

また、知識に基づく分類ルールにより欠陥分類を行うため、教示用のサンプルが必要ない。

【0032】

また、欠陥種を示す特徴が顕著な領域とそうでない領域を欠陥種の可能性の差として示せる。

【0033】

また、検出領域単体の特微量だけでなく、配置による特微量を用いることで、分類精度を向上できる。

【0034】

また、検出領域に適応的な構造要素による連結を行うことで、正確な連結領域特徴が得られ、分類精度が向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

以下に、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。本発明の実施の形態を説明するに先立って、分類対象となる欠陥の種類を説明する。図1(A)～(H)は、マクロ検査における主な欠陥例（対象：半導体ウェハ）を示す図である。

【0036】

レジスト塗付工程では、例えばコーター装置を用いてウェハ中央部に塗付素材（液状）を滴下し、そこを中心にウェハを回転させることで、ウェハ全面へのレジスト塗布を行う。同工程で発生する欠陥には以下のようなものがある。

【0037】

塗付ムラ1（図1(A)）：滴下がうまく行かず、飛び散ってしまったり、塗付素材の粘性が適切でなく回転時にスムーズに伸びない場合などは、回転中心に対し放射状にムラが生じる。

【0038】

塗付ムラ2（図1(B)）：ウェハ上に異物が付着すると、その部分から外側にかけて塗付素材がスムーズに流れなくなり、彗星形状にムラが生じる。

【0039】

塗付ムラ3（図1(C)）：図1(B)と同様に異物が付着した際、塗付素材の粘性具合、塗付時の回転速度によっては、螺旋状にムラが生じる。

【0040】

露光工程では、レジスト塗付後のウェハにパターンを形成するため、所定の露光区画単位で転写を行う。代表的な装置にステッパがある。同工程で発生する欠陥には以下のようなものがある。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

露光不良 1 (図 1 (D)) : 露光区画単位でフォーカスがずれることにより、その区画が他の区画と異なる表面状態となる (パターンがだれる) 。

【 0 0 4 2 】

露光不良 2 (図 1 (E)) : 露光機が傾き、露光区画内で部分的にフォーカスがずれたままステップを続けることにより、ステップ単位の周期で通常と異なる表面状態が生じる。

【 0 0 4 3 】

露光不良 3 (図 1 (F)) : 露光されるレジスト膜の裏側に異物が混入することにより、部分的にレジスト膜が盛り上がり、その部分でフォーカスがずれることにより、他と異なる表面状態となる。

【 0 0 4 4 】

上記の各工程に代表される欠陥の他にも以下の欠陥がある。

【 0 0 4 5 】

キズ (図 1 (G))

塵、埃の付着 (図 1 (H))

画像を用いた外観検査では、特開平 8 - 2 1 8 0 3 号公報に示されるように被検体の外観を干渉、回折像等により画像化し、基準となる良品ウェハ画像との比較を行ったり、同一パターンとなる区画単位で比較を行うことで、通常と異なる部分 (欠陥部) の検出を行う。

【 0 0 4 6 】

以下に、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図 2 は、本実施の形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。本実施の形態の欠陥分類装置は、分類に必要な諸条件を設定する条件設定手段 1 0 1 と、検出された領域単体の形状や輝度に関する特徴を得る領域単体特徴抽出手段 1 0 3 と、検出された領域を所定の方法で連結する領域連結手段 1 0 4 と、検出された領域の配置形状による特徴を得る領域配置特徴抽出手段 1 0 5 と、前記領域単体特徴抽出手段 1 0 3、領域配置特徴抽出手段 1 0 5 の各特徴抽出手段で得られた特徴量と、条件設定手段 1 0 1 により設定された分類ルールに基づき各欠陥種の可能性を推論し、欠陥の判別を行う推論判別手段 1 0 6 と、判別により欠陥種が確定した領域を除外する確定領域除外手段 1 0 7 と、前記各々の処理に利用するメモリ 1 0 8 から構成される。領域単体特徴抽出手段 1 0 3 と領域配置特徴抽出手段 1 0 5 と領域連結手段 1 0 4 とは特徴抽出手段 1 0 2 を構成する。

【 0 0 4 7 】

なお、本発明の欠陥分類装置は、先に述べた良品ウェハ画像との比較や同一パターン区画での比較により検出された欠陥画素を明、他を暗とした 2 値画像 (以後、欠陥検出画像と記す) と、この欠陥検出に用いた被検体の外観 (多値) 画像 (以後、検査画像と記す) を得て、各検出領域毎にその欠陥種が何であるかを判定した結果を出力する構成である。

【 0 0 4 8 】

以下に、上記した構成の作用を図 2、図 3 のフローチャートを参照して説明する。欠陥分類装置は、欠陥検出画像と検査画像を取得 (ステップ S 1) した後、領域単体特徴抽出手段 1 0 3 において検出領域単体での特徴量の抽出を行う (ステップ S 2)。次に領域配置特徴抽出手段 1 0 5 において、複数領域の配置形状による特徴量を抽出し、この特徴量を、配置形状を構成する各検出領域に付加する (ステップ S 3)。その後、領域単体特徴抽出手段 1 0 3 で得た情報と欠陥検出画像を基に、領域連結手段 1 0 4 において、各検出領域の形状に適応的な構造要素を用いて膨張処理を行い、領域を連結した画像 (以後、連結領域画像と記す) を作成する (ステップ S 4)。

【 0 0 4 9 】

連結領域画像は、再度、領域単体特徴抽出手段 1 0 3 に送られ、ここで、連結領域の特徴量を抽出し、この特徴量を、連結領域を構成する各検出領域に付加する (ステップ S 5)。ステップ S 2、S 3、S 5 により得られた特徴量と条件設定手段 1 0 1 により設定され

10

20

30

40

50

た分類ルールに基づき、推論判別手段 106 では、各欠陥種の可能性値を推論し、欠陥種の判別を行う（ステップ S6）。ステップ S6 の結果を基に、確定領域除外手段 107 では、欠陥種が確定した領域を欠陥検出画像より除外する（ステップ S7）。ステップ S7 の結果、全ての領域が除外された場合には、全ての検出領域の欠陥種が確定しているので、処理は終了する。

【0050】

欠陥検出画像に領域が残った場合には、この画像を基に再度ステップ S3 ~ S7 のステップを繰り返す。

【0051】

画像が異なるため、配置形状による特徴量や連結領域の特徴量が異なる。つまり確定した領域を除くことで、より正確な特徴量を抽出し、これに基づき推論、判別を行える。

10

【0052】

続いて上記した各手段での処理の詳細を説明する。条件設定手段 101 では、分類に必要な諸条件を入力する。入力内容については後述の各手段での処理に沿って説明する。

【0053】

図 4 は、領域単体特徴抽出手段 103 での処理の詳細を説明するためのフローチャートである。領域単体特徴抽出手段 103 では、以下の手順に従って、各検出領域の特徴量を得る。

【0054】

1. 欠陥検出画像内の検出された複数の領域をラベリングする（図 4 のステップ S10、図 5（B））。

20

【0055】

2. 検出領域の位置特徴（重心位置、外接矩形位置）を算出する（図 4 のステップ S11、図 6（A））。

【0056】

3. 検出領域の形状特徴（面積、円径度、最大最小フェレ径比（ r ）、主軸角）を算出する（図 4 のステップ S12、図 6（A））。

【0057】

4. 検出領域の輝度特徴（平均、分散）を算出する（図 4 のステップ S13、図 6（A））。

30

【0058】

5. 検出領域ごとの特徴量リストを作成する（図 4 のステップ S14、図 6（B））。

【0059】

なお、上記 1, 2, 3, 4 で示される一連の処理は、粒子解析（またはプロブ解析）と呼ばれる一般的な画像処理手法である。

【0060】

図 7 は、領域連結手段 104 での処理の詳細を説明するためのフローチャートである。また、図 8、図 9 は、領域連結の説明図である。

【0061】

領域連結手段 104 では、領域単体特徴抽出手段 103 で得た特徴を利用し、以下の手順に従って、各検出領域を連結した連結領域画像を作成する。

40

【0062】

1. 各領域の最大最小フェレ径比を基に、その領域に対する膨張処理用の構造要素を選択する。最大最小フェレ径比が、ある閾値（試行した結果の固定値でも、条件設定手段 101 で設定した値でも良い）以上かどうかを判断し（図 7 のステップ S20）、YES ならば方向性をもつ領域と見做し、細線形の構造要素（図 8（A））を選択する（図 7 のステップ S21）。

【0063】

また、ステップ S20 での判断が NO、すなわち、閾値より小さければ円径の構造要素（図 8（B））を選択する（図 7 のステップ S23）。なお、円径度を利用して上記の選

50

扱を行ってもよい。

【 0 0 6 4 】

2 . 細線形の構造要素を選択した場合には、更にその領域の主軸方向に細線形の方
向をあわせる（図7のステップS22）。図8（C）に細線形構造要素の方向例を示す。構造
要素のサイズが小さい場合には方向が制限されるが、サイズを大きくすることで方向の細
分化は可能である。なお、輪郭方向のヒストグラム分布より領域の方向を推定し、これと
同方向になるようにしても良い。

【 0 0 6 5 】

3 . 選択された構造要素を用いて膨張処理（図7のステップS24）を行い、連結領域
画像を作成する。ここでの膨張処理は、モフォロジー処理と呼ばれる一般的な画像処理手
法の一つであり、膨張の結果、重なり合った領域は連結されることになる。膨張の処理回
数は撮像系、被検体の諸条件、各構造要素のサイズに基づき条件設定手段101で設定す
る。

10

【 0 0 6 6 】

図7のステップS25で全ての検出領域に対して判定がなされたと判断された場合には
処理を終了する。

【 0 0 6 7 】

図8（D）に図5（A）の検出領域に対し、本例の膨張処理を行った結果を示す。

【 0 0 6 8 】

上記手順により、検出領域形状に適応的な構造要素で膨張処理を行うことで、方向性を
もつ領域は長手方向に、その他は放射方向に膨張、連結することができる。また、膨張後
の領域形状を基に構造要素を再決定して、収縮処理を行えば、より良好な領域連結も可能
となる。

20

【 0 0 6 9 】

全ての検出領域に同一の構造要素（円形）を用いる一般的な膨張、あるいは膨張収縮処
理では、検出領域の方向性が考慮されないため、図8（E）、図9（A）、（B）に示す
ように、キズとその近傍にある塵を良好な状態で連結することができず、以後の特徴抽出
を正確に行うことができない。

【 0 0 7 0 】

領域連結手段104で作成された連結領域画像は、再度、領域単体特徴抽出手段103
に送られ、以下の手順で処理される。基本的な処理フローは図4と同様である。

30

【 0 0 7 1 】

1 . 連結後の各領域（連結領域と記す）をラベリングする（図10（A））。

【 0 0 7 2 】

2 . 連結領域の位置特徴（重心位置、外接矩形位置）を算出する。

【 0 0 7 3 】

3 . 連結領域の形状特徴（面積、円径度、最大最小フェレ径比（1）、主軸角）を算
出する。

【 0 0 7 4 】

4 . 算出した特徴を、それぞれの構成パーツとなる検出領域に付加して、検出領域ごと
の特徴量リストを作成する（図10（B））。

40

【 0 0 7 5 】

上記した1, 2, 3の一連の処理は粒子解析による。

【 0 0 7 6 】

領域配置特徴抽出手段105では、連結前の欠陥検出画像を基に領域の配置特徴を得る
。以下に代表的な配置特徴を挙げ、その算出方法を示す。

【 0 0 7 7 】

1) 検出領域による露光区画形状の構成具合を示す特徴量（露光不良1の判断に用いる
）。

【 0 0 7 8 】

50

< 算出方法 >

1 . 露光区画形状の部分をも、その周辺を暗としたテンプレートを作成する (図 1 1 (A)) 。

【 0 0 7 9 】

2 . 欠陥検出画像 (欠陥画素が明、その他が暗の 2 値画像) 内の露光区画位置とテンプレート内の露光区画形状が完全に重なるように配置し、テンプレート範囲内で両画像の差分絶対値の総和を算出する (図 1 1 (B)) 。

【 0 0 8 0 】

両画像の差分絶対値の総和 R は、

【 数 1 】

$$R = \sum_{a=0}^m \sum_{b=0}^n |I(xi+a, yi+b) - T(a,b)|$$

10

【 0 0 8 1 】

により求めることができる。ここで、I (a、b) は欠陥検出画像の座標 (a、b) での画素値 (1 または 0) である。また、T (a、b) はテンプレートの座標 (a、b) での画素値 (1 または 0) である。

【 0 0 8 2 】

3 . 2 で算出した値を 1) の特徴量として、対象の露光区画内の検出領域に付加する。

20

【 0 0 8 3 】

4 . テンプレートを走査し (図 1 2 (A))、欠陥検出画像内の全ての露光区画位置で 2 及び 3 の処理を行う。

【 0 0 8 4 】

なお、計算量を減らすために図 1 2 (B) に示すようなテンプレートを用いても良い。

【 0 0 8 5 】

2) 水平、垂直方向の露光区画単位の周期性具合を示す特徴量 (露光不良 2 の判断に用いる) 。

【 0 0 8 6 】

< 算出方法 1 >

30

1 . 欠陥検出画像内の検出画素 (明画素) を垂直方向に積算する (図 1 3 (A)) 。

【 0 0 8 7 】

2 . 積算結果により得た曲線をフーリエ変換する (図 1 3 (B)) 。

【 0 0 8 8 】

3 . 露光区画周期に相当するパワースペクトル値 X と他の周期に相当するパワースペクトル値 a (露光区画周期以外の部分で平均的に算出する) の比を算出する (図 1 3 (B)) 。

【 0 0 8 9 】

4 . 3 で算出した値を 2) の特徴量 (水平方向の周期具合) として、画像内の各検出領域に付加する。

40

【 0 0 9 0 】

なお、局所的な特徴量を得るために、図 1 4 に示すような短冊領域を複数設定して、各々の短冊領域内の検出画素を積算して処理を行っても良い。その場合は算出した特徴量は短冊領域内の各検出領域に付加する。

【 0 0 9 1 】

本実施の形態では垂直方向の積算を示したが、水平方向に積算することで、垂直方向の周期具合を示す特徴量とすることができる。

【 0 0 9 2 】

< 算出方法 2 >

1 . 対象露光区画での検出領域画像よりテンプレート 5 2 を作成する (図 1 5 (A))

50

。

【0093】

2. 1でのテンプレートを対象露光区画の左隣の露光区画(図15(B))に完全に重なるように配置し、テンプレート範囲内で両画像の差分絶対値の総和を算出する。

【0094】

3. 1でのテンプレートを対象露光区画の右隣の露光区画(図15(B))に完全に重なるように配置し、テンプレート範囲内で両画像の差分絶対値の総和を算出する。

【0095】

4. 2及び3で求めた値の平均値を2)の特徴量(水平方向の周期具合)として、対象露光区画内の各検出領域に付加する。

10

【0096】

5. テンプレートを走査し(図12(A))、欠陥検出画像内の全ての露光区画位置で1~4の処理を行う。

【0097】

なお、対象の露光区画が端に位置し、左あるいは右隣の露光区画が存在しない場合には、片側のみの値を用いる。

【0098】

また、本実施形態では水平方向の左右隣との差分を示したが、垂直方向の上下隣との差分を行うことで、垂直方向の周期具合を示す特徴量とすることができる。

【0099】

20

3) 画像全体での(塗付時の回転中心に対する)放射方向成分の総量を示す特徴量(塗付ムラ1の判断に用いる)。

【0100】

<算出方法>

1. 検出領域のエッジを抽出する(図16(A))。

【0101】

2. 抽出されたエッジ部分の画素を、塗付時の回転中心に対する極座標系画像(横軸:角度、縦軸:中心からの距離 r)へ変換する(図16(B))。極座標系画像での縦方向線分は、原画像での放射方向線分に相当する。縦方向線分検出用のオペレータ(テンプレート)等を用いて縦方向線分の検出を行う(図17(A))。

30

【0102】

3. 検出された縦方向線分の総長さ(総面積)を3)の特徴量として、画像内の各検出領域に付加する。

【0103】

なお、極座標系画像において縦方向の細線構造要素で連結処理を行うことは、原画像における放射方向連結を行うことに相当する。さらに外周側からの輪郭追跡等を併用することで図17(B)に示すような縦線分の検出も可能である。

【0104】

4) 各検出領域での(塗付時の回転中心に対する)放射方向成分の量を示す特徴量(塗付ムラ2の判断に用いる)。

40

【0105】

<算出方法>

1. 3)の特徴量算出の1~3の処理を行う。

【0106】

2. 検出された縦方向線分の長さを4)の特徴量として、対応する各検出領域に付加する。

【0107】

なお、極座標系画像において縦方向の細線構造要素で連結処理を行い(原画像での放射方向連結に相当)、その後、縦方向線分の長さ測定を行うことで得た特徴量を、連結領域の構成パーツとなる各領域に付加しても良い。

50

【0108】

5) 各検出領域における(塗付時の回転中心に対する)螺旋成分の割合を示す特徴量(塗付ムラ3の判断に用いる)。

【0109】

<算出方法>

1.3)の特徴量算出の1及び2の処理を行う。なお原画像での螺旋成分は極座標系画像での斜方向線分に相当する。

【0110】

2. 斜方向線分検出用のオペレータ等を用いて斜方向線分の検出を行う。

【0111】

3. 検出された斜方向線分の長さを5)の特徴量として、対応する各検出領域に付加する。

【0112】

なお、3)、4)、5)の特徴量算出における線分検出にはハフ変換を利用してもよい。

【0113】

推論判別手段106では、103、105の各特徴抽出手段で得られた特徴量と条件設定手段101により設定された分類ルールに基づき、各欠陥種の可能性を推論する。

【0114】

推論のプロセスを示す前に、分類ルールについて説明する。これまでの経験や知識より“小さくて細長い領域はキズである可能性が高い”とか、“小さければ細長くなくてもキズの可能性がある”等が言える場合、“大きさ”を表す指標に面積を、“細長さ”を表す指標に最大最小フェレ径比(細長いものほど値は大きい)を用いると以下のようにルール化できる。

【0115】

(1) : IF 面積 = 小さい AND 最大最小フェレ径比 = 大きい THEN キズの可能性 = 高い

(2) : IF 面積 = 小さい AND 最大最小フェレ径比 = 小さい THEN キズの可能性 = 中程度

(3) : IF 面積 = 大きい AND 最大最小フェレ径比 = 大きい THEN キズの可能性 = 中程度

(4) : IF 面積 = 大きい AND 最大最小フェレ径比 = 小さい THEN キズの可能性 = 低い

次に、ルールで用いられる“小さい”、“大きい”、“高い”、“低い”という表現に対して、各特長軸での数値が、どの程度合致するかの度合いを0~1の値(適合度)で示した変化線(メンバーシップ関数)を設定する(図18(A)~図18(C))。

【0116】

上記の設定に基づき、ある検出領域(面積 = x、最大最小フェレ径比 = y)のキズの可能性を推論するプロセスを図19, 図20に示す。これはファジィ推論における直接法として一般的な推論方法である((参考)ラッセル社: 応用をめざす人のためのファジィ理論入門: 田中一男著)。

【0117】

図20では、図19においてそれぞれのルール(1)~(4)で得た集合を合成(論理和)して中間的な解(重心Z)を得る。結果的には、4つのルールに対しそれぞれのルールの観点で考えた場合のキズの可能性を求め、補完的な判定結果を得ることに相当する。

【0118】

本例では、キズに対して4つのルールしか示さなかったが、更に多くのルールを設定することで精度の向上が図れる。

【0119】

また、同様に他の欠陥に対する知識を基に複数のルール(&メンバーシップ関数)を設定

10

20

30

40

50

し、それらのルールを処理することで、全ての欠陥種に対する可能性の値が算出できる。

【0120】

各欠陥種の可能性値が推論された後は以下の処理によって、欠陥種の確定を行う。

【0121】

1. 判定対象の検出領域における各欠陥種の可能性値を高い順に並べる。

【0122】

2. “最も高い欠陥種の可能性値 - 2番目に高い欠陥種の可能性値 > 閾値”の場合に、対象の検出領域の欠陥種が確定したと判定する。

【0123】

3. 1. 及び 2. の処理を欠陥検出画像内の全ての検出領域に対して行う。

10

【0124】

なお、2. での閾値は、試行した結果の固定値でも、条件設定手段101で設定した値でも良い。また、前述の繰り返し処理(図3,ステップS3~S8)の回数が多くなるにつれ低くなるように設定しても良い。

【0125】

確定領域除外手段107では、欠陥検出画像において欠陥種が確定した検出領域内の画素を明から暗に変更することで、欠陥種が確定した領域の除外を行う。

【図面の簡単な説明】

【0126】

【図1】マクロ検査における主な欠陥例を示す図である。

20

【図2】本実施の形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。

【図3】欠陥分類処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

【図4】領域単体特徴抽出手段103での処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

【図5】領域単体特徴抽出の説明図(その1)である。

【図6】領域単体特徴抽出の説明図(その2)である。

【図7】領域連結手段104での処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

【図8】領域連結の説明図(その1)である。

【図9】領域連結の説明図(その2)である。

【図10】連結領域単体特徴抽出の説明図である。

30

【図11】露光区画形状の構成具合を示す特徴量の説明図であり、(A)は露光区画形状の部分をも、その周辺を暗としたテンプレートを示し、(B)は欠陥検出画像の露光区画部分を示している。

【図12】露光区画形状の構成具合を示す特徴量の説明図であり、(A)はテンプレートの走査例を示し、(B)は計算量削減のためのテンプレート例を示している。

【図13】露光区画サイズの周期性具合を示す特徴量の説明図(その1)であり、(A)は検出画素の垂直方向への積算を示し、(B)は積算曲線のフーリエ変換と露光区画サイズの周期性を示す特徴量を示している。

【図14】露光区画サイズの周期性具合を示す特徴量の説明図(その1)であり、短冊領域での垂直方向への積算を示している。

40

【図15】露光区画サイズの周期性具合を示す特徴量の説明図(その2)であり、(A)は対象露光区画の検出結果画像に基づくテンプレートの作成を示し、(B)は対象露光区画の水平方向の左右隣の露光区画を示している。

【図16】画像全体での放射方向成分の量を示す特徴量の説明図であり、(A)は検出領域のエッジ抽出を示し、(B)は塗布時の回転中心に対する極座標変換を示している。

【図17】画像全体での放射方向成分の量を示す特徴量の説明図であり、(A)は極座標画像での縦方向線分1を示し、(B)は極座標画像での縦方向線分検出2を示している。

【図18】ファジィ推論による欠陥の可能性の算出の説明図であり、キズ判定ルールでの表現に対するメンバシップ関数を示している。

【図19】ファジィ推論による欠陥の可能性の算出の説明図であり、推論プロセス(その

50

1) を示している。

【図20】ファジィ推論による欠陥の可能性の算出の説明図であり、推論プロセス(その2)を示している。

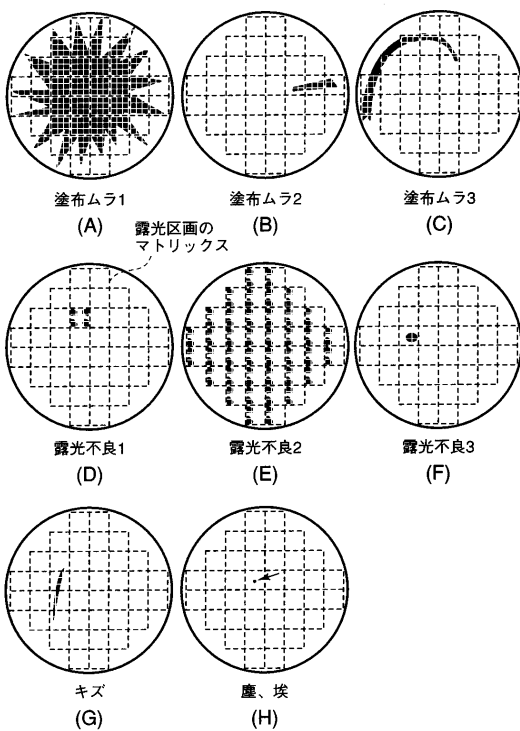
【符号の説明】

【0127】

- 101 条件設定手段
- 102 特徴抽出手段
- 103 領域単体特徴抽出手段
- 104 領域連結手段
- 105 領域配置特徴抽出手段
- 106 推論判別手段
- 107 確定領域除外手段
- 108 メモリ

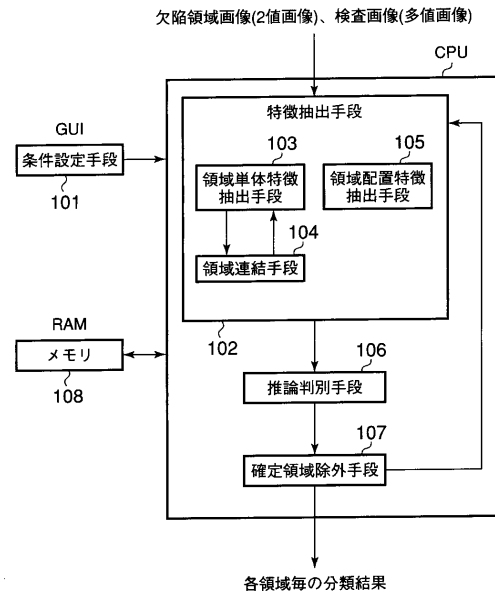
【図1】

図1



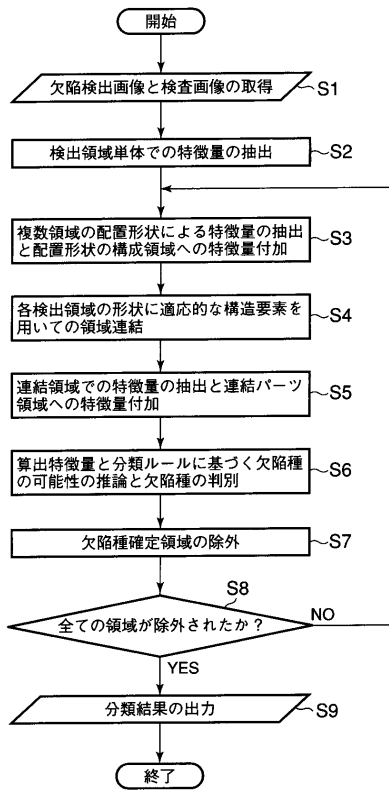
【図2】

図2



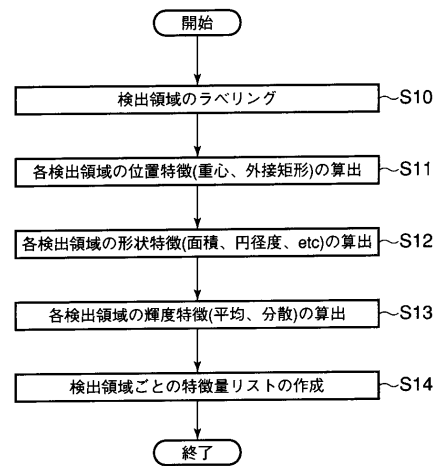
【 図 3 】

図 3



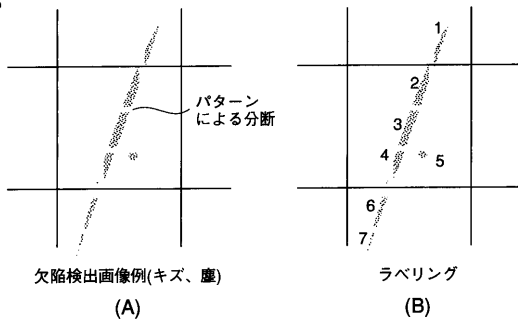
【 図 4 】

図 4



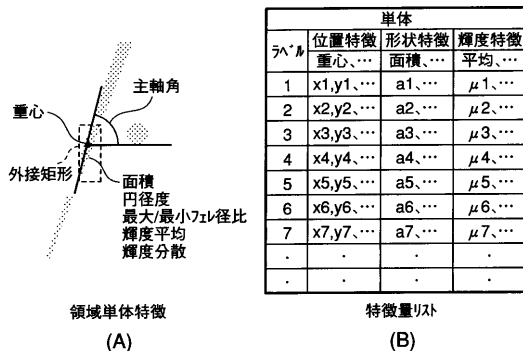
【 図 5 】

図 5



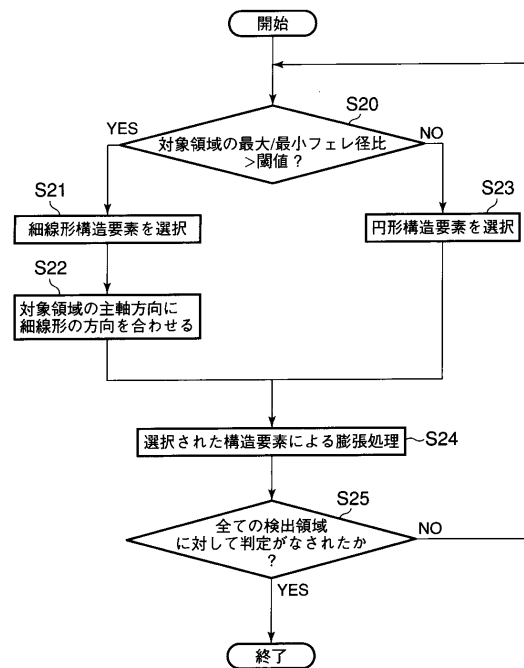
【 図 6 】

図 6

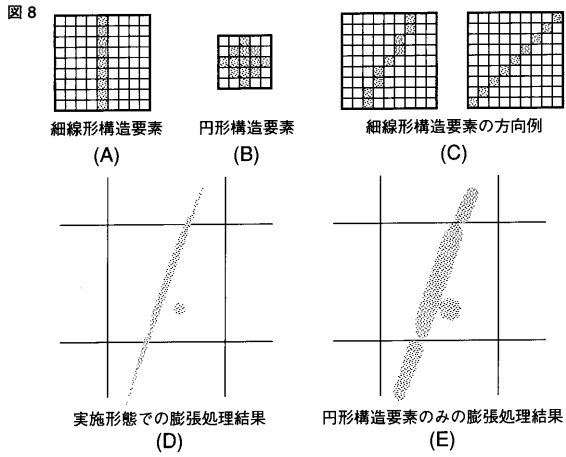


【 図 7 】

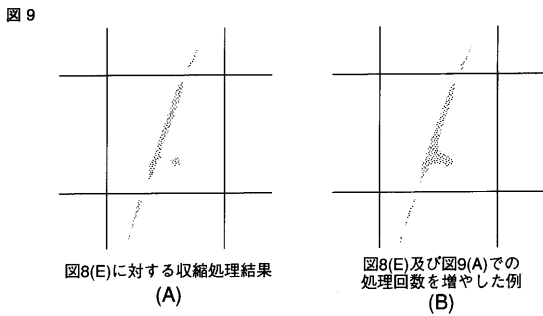
図 7



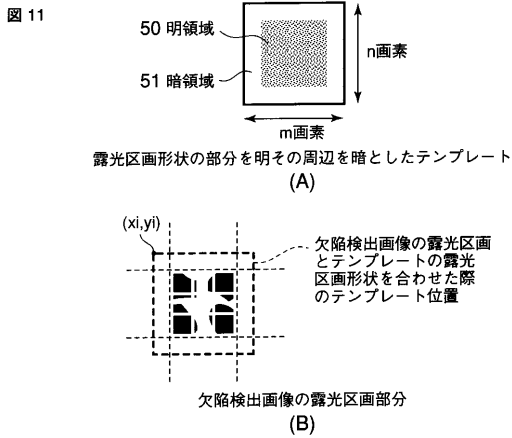
【 図 8 】



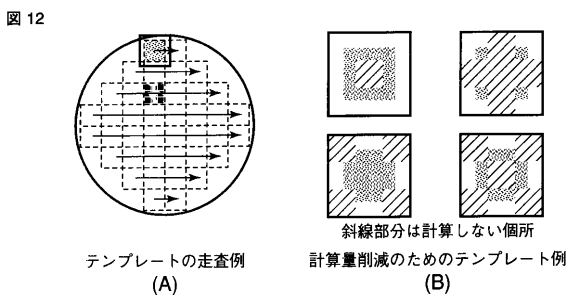
【 図 9 】



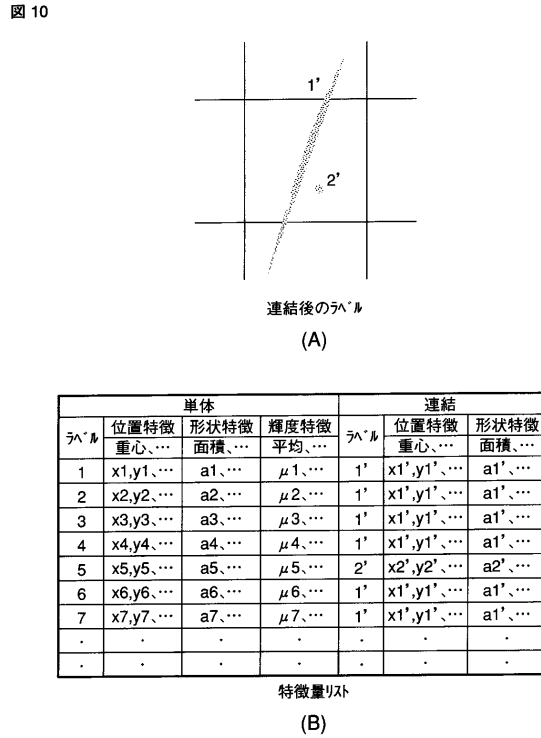
【 図 1 1 】



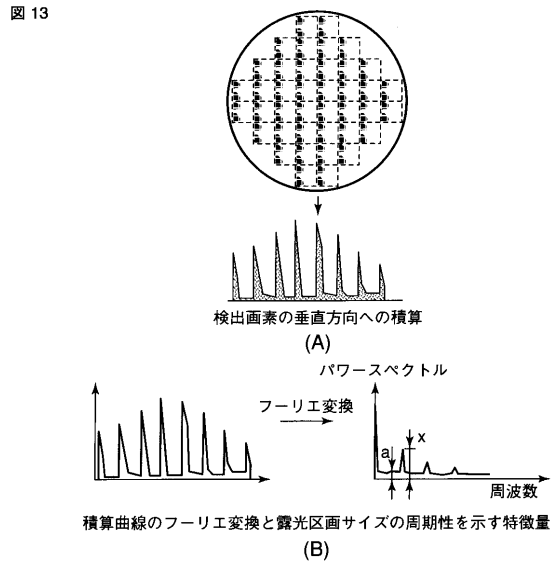
【 図 1 2 】



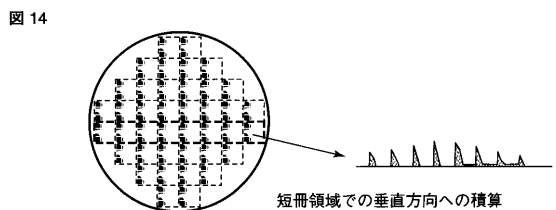
【 図 1 0 】



【 図 1 3 】

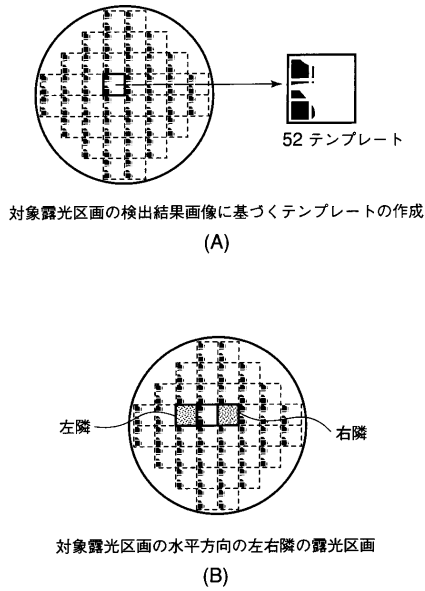


【 図 1 4 】



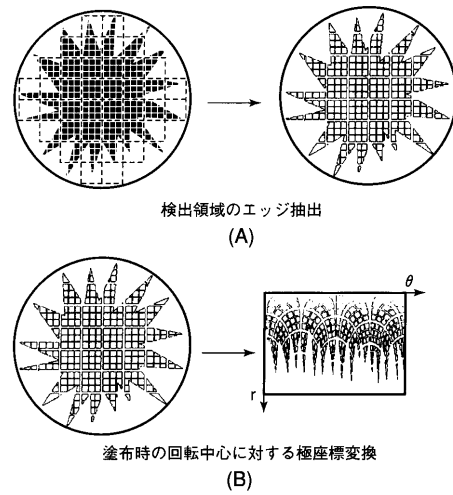
【 図 1 5 】

図 15



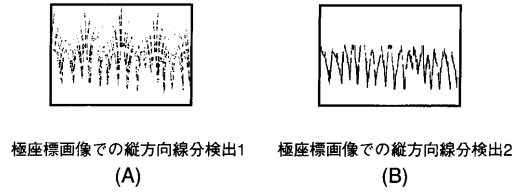
【 図 1 6 】

図 16



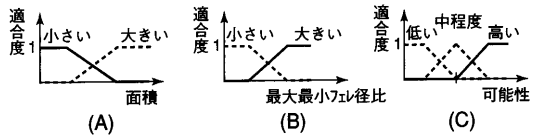
【 図 1 7 】

図 17



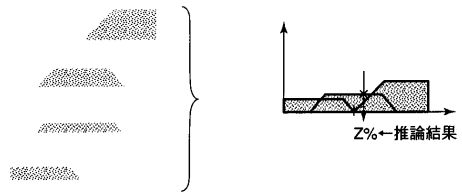
【 図 1 8 】

図 18



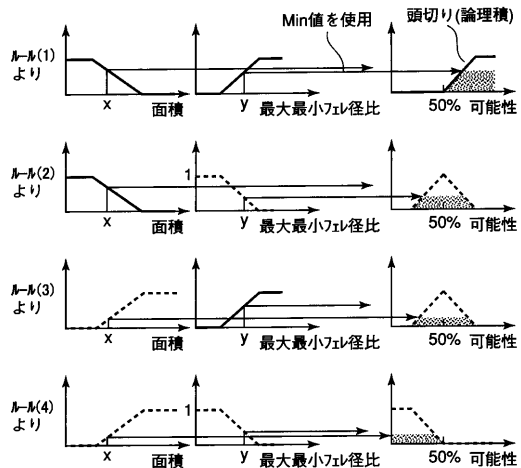
【 図 2 0 】

図 20



【 図 1 9 】

図 19



フロントページの続き

- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
- (74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘
- (74)代理人 100070437
弁理士 河井 将次
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三
- (74)代理人 100141933
弁理士 山下 元
- (72)発明者 神田 大和

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内

F ターム(参考) 2G051 AA51 AB01 AB02 AB12 EC01

5B057 AA03 BA02 CD18 DA03 DB02 DB09 DC04 DC09 DC14 DC16
DC30 DC33

5L096 AA06 BA03 CA02 EA02 FA03 FA04 FA62 FA67 GA57 HA09
JA09 JA11