

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3803677号
(P3803677)

(45) 発行日 平成18年8月2日(2006.8.2)

(24) 登録日 平成18年5月12日(2006.5.12)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L	21/66	(2006.01)	HO 1 L	21/66 J
GO 1 N	21/956	(2006.01)	GO 1 N	21/956 A
GO 6 T	1/00	(2006.01)	GO 6 T	1/00 305A

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-107209 (P2004-107209)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成16年3月31日(2004.3.31)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2005-294521 (P2005-294521A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成17年10月20日(2005.10.20)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成16年3月31日(2004.3.31)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男
		(74) 代理人	100100952
			弁理士 風間 鉄也
		(72) 発明者	神田 大和
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥分類装置及び欠陥分類方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検体に形成されたコーティングの表面を照明する照明手段と、
結像光学系を通して前記コーティング表面の画像を撮像する撮像手段と、
撮像した画像内の各画素に対する周囲の輝度勾配の放射方向成分量を算出する放射方向成分算出手段と、

算出した放射方向成分量を基に欠陥を分類する分類手段と、
を具備することを特徴とする欠陥分類装置。

【請求項2】

前記照明手段は、波長を制限した照明光を照明するものであり、前記撮像手段は、前記被
検体からの反射光と、前記コーティング表面からの反射光とによる干渉像を撮像すること
を特徴とする請求項1記載の欠陥分類装置。

【請求項3】

前記照明手段は、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を照明し
、前記撮像手段は、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像
することを特徴とする請求項1記載の欠陥分類装置。

【請求項4】

前記照明手段は、前記コーティング表面に水平な方向から当該コーティング表面を照明し
、前記撮像手段は、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像
することを特徴とする請求項1記載の欠陥分類装置。

10

20

【請求項 5】

前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、中心となる画素との位置関係に基づき選択する選択手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類装置。

【請求項 6】

前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、当該画素の輝度勾配の強度に基づき選択する選択手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類装置。

【請求項 7】

前記撮像手段により撮像した画像から欠陥領域を抽出する欠陥領域抽出手段を更に有し、この抽出した欠陥領域近傍の各画素に対してのみ前記放射方向成分量を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類装置。

10

【請求項 8】

被検体に形成されたコーティングの表面を照明するステップと、
結像光学系を通して前記コーティング表面の画像を撮像するステップと、
撮像した画像内の各画素に対する周囲の輝度勾配の放射方向成分量を算出する放射方向成分算出するステップと、
算出した放射方向成分量を基に欠陥を分類するステップと、
を具備することを特徴とする欠陥分類方法。

【請求項 9】

前記照明ステップは、波長を制限した照明光を照明し、前記撮像ステップは、前記被検体からの反射光と、前記コーティング表面からの反射光とによる干渉像を撮像することを特徴とする請求項 8 記載の欠陥分類方法。

20

【請求項 10】

前記照明ステップは、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を照明し、前記撮像ステップは、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像することを特徴とする請求項 8 記載の欠陥分類方法。

【請求項 11】

前記照明ステップは、前記コーティング表面に水平な方向から当該コーティング表面を照明し、前記撮像ステップは、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像することを特徴とする請求項 8 記載の欠陥分類方法。

30

【請求項 12】

前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、中心となる画素との位置関係に基づき選択するステップを更に備えることを特徴とする請求項 8 ~ 11 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類方法。

【請求項 13】

前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、当該画素の輝度勾配の強度に基づき選択するステップを更に備えることを特徴とする請求項 8 ~ 11 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類方法。

【請求項 14】

前記撮像した画像から欠陥領域を抽出する欠陥領域抽出ステップを更に有し、この抽出した欠陥領域近傍の各画素に対してのみ前記放射方向成分量を算出することを特徴とする請求項 8 ~ 13 のいずれか 1 つに記載の欠陥分類方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は欠陥分類装置及び欠陥分類方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体ウエハの製造工程では、成膜、レジスト塗布（コーティング）、露光、現像、エ

50

ッチング、レジスト剥離といったプロセス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る。このような製造工程において、被検体に形成されたコーティング材の裏面へ異物が混入することで欠陥が生じる場合がある。

【0003】

以下、図17を参照してこの異物混入による欠陥について説明する。レジスト塗布プロセスにより被検体801上にコーティング材800を形成する際、被検体801の表面に異物802が混入すると、その箇所のコーティング後の表面は異物のために盛り上がる。これがコーティング材裏面への異物混入欠陥である（以後は裏面異物欠陥と記す）。

【0004】

このような欠陥が生じると、被検体表面の盛り上がりのため、以後の露光プロセスにおいて、その箇所のみ焦点が合わなくなり、正確なパターンが露光されなくなる。裏面異物欠陥は、コーティング材表面の清掃で除去可能な欠陥と異なり、レジスト剥離後の再塗付が必要であるし、また欠陥原因の特定による製造プロセス最適化の観点からも他の欠陥と分類する必要がある。

【0005】

従来、このような欠陥分類は、主として目視検査により行われていた。しかしながら目視検査は、検査員への負担が大きく、しかも個人差があり、統一した結果が得られないという問題がある。そこで、このような表面検査を光学装置により実現することが試みられている。

【0006】

本発明人による特開2003-168114号公報では、比較的分解能な画像を用いて被検体表面を検査するマクロ検査により、裏面異物欠陥等を分類する方法を開示している。以下にこの欠陥分類方法を図18を参照して説明する。

【0007】

被検体表面の干渉像（または回折像）により検査画像805を得る（図18の（A））。次に、基準となる良品ウェハの干渉像（または回折像）により良品画像806を得る（図18の（B））。次に、検査画像805と良品画像806とを比較して、あるいは、被検体表面の干渉像（または回折像）内で同一パターンとなる区画単位で比較して差分画像807を抽出する（図18の（C））。次に、この差分画像807から所定の閾値を用いて良品部との差が大きい輝度値を持つ画素を基に抽出して欠陥抽出画像809を得る。次に、その形状情報（面積、円径度など）を基に裏面異物欠陥を分類する。

【特許文献1】特開2003-168114号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記した特開2003-168114号公報に開示された方法では、裏面異物欠陥の分類に用いられる形状情報は欠陥領域を抽出する際の閾値により大きく左右される。例えば、適正な閾値を用いた場合には、図19（A）に示すような差分画像から本来の円形の画像（図19（B））が得られるが、適正な閾値より低い値で抽出される過剰抽出の際には、周囲の画素をも抽出することにより図19（C）に示すように形状が変化する。一方、適正な閾値よりも高い値で抽出される不足抽出の際には、欠陥部を十分に抽出できないため図19（D）に示すように形状が変化する。このため従来の方法では欠陥抽出時の閾値の変化に対してロバスト性の高い分類を行うことができない。このような課題を解決した欠陥分類装置や欠陥分類方法はこれまでに提案されていない。

【0009】

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、輝度勾配の情報をを用いることにより、欠陥抽出時の閾値が不要な、または閾値に対してロバスト性の高い分類を行うことが可能な欠陥分類装置及び欠陥分類方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

上記の目的を達成するために、第1の発明は、欠陥分類装置であって、被検体に形成されたコーティングの表面を照明する照明手段と、結像光学系を通して前記コーティング表面の画像を撮像する撮像手段と、撮像した画像内の各画素に対する周囲の輝度勾配の放射方向成分量を算出する放射方向成分算出手段と、算出した放射方向成分量を基に欠陥を分類する分類手段と、を具備する。

【 0 0 1 1 】

また、第2の発明は、第1の発明に係る欠陥分類装置において、前記照明手段は、波長を制限した照明光を照明するものであり、前記撮像手段は、前記被検体からの反射光と、前記コーティング表面からの反射光とによる干渉像を撮像する。

10

【 0 0 1 2 】

また、第3の発明は、第1の発明に係る欠陥分類装置において、前記照明手段は、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を照明し、前記撮像手段は、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像する。

【 0 0 1 3 】

また、第4の発明は、第1の発明に係る欠陥分類装置において、前記照明手段は、前記コーティング表面に水平な方向から当該コーティング表面を照明し、前記撮像手段は、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像する。

【 0 0 1 4 】

また、第5の発明は、第1～第4のいずれか1つの発明に係る欠陥分類装置において、前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、中心となる画素との位置関係に基づき選択する選択手段を更に備える。

20

【 0 0 1 5 】

また、第6の発明は、第1～第4のいずれか1つの発明に係る欠陥分類装置において、前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、当該画素の輝度勾配の強度に基づき選択する選択手段を更に備える。

【 0 0 1 6 】

また、第7の発明は、第1～第6のいずれか1つの発明に係る欠陥分類装置において、前記撮像手段により撮像した画像から欠陥領域を抽出する欠陥領域抽出手段を更に有し、この抽出した欠陥領域近傍の各画素に対してのみ前記放射方向成分量を算出する。

30

【 0 0 1 7 】

また、第8の発明は、欠陥分類方法であって、被検体に形成されたコーティングの表面を照明するステップと、結像光学系を通して前記コーティング表面の画像を撮像するステップと、撮像した画像内の各画素に対する周囲の輝度勾配の放射方向成分量を算出する放射方向成分算出するステップと、算出した放射方向成分量を基に欠陥を分類するステップと、を具備する。

【 0 0 1 8 】

また、第9の発明は、第8の発明に係る欠陥分類方法において、前記照明ステップは、波長を制限した照明光を照明し、前記撮像ステップは、前記被検体からの反射光と、前記コーティング表面からの反射光とによる干渉像を撮像する。

40

【 0 0 1 9 】

また、第10の発明は、第8の発明に係る欠陥分類方法において、前記照明ステップは、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を照明し、前記撮像ステップは、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像する。

【 0 0 2 0 】

また、第11の発明は、第8の発明に係る欠陥分類方法において、前記照明ステップは、前記コーティング表面に水平な方向から当該コーティング表面を照明し、前記撮像ステップは、前記コーティング表面に垂直な方向から当該コーティング表面を撮像する。

【 0 0 2 1 】

また、第12の発明は、第8～第11のいずれか1つの発明に係る欠陥分類方法におい

50

て、前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、中心となる画素との位置関係に基づき選択するステップを更に備える。

【0022】

また、第13の発明は、第8～第11のいずれか1つの発明に係る欠陥分類方法において、前記放射方向成分量の算出に用いる画素を、当該画素の輝度勾配の強度に基づき選択するステップを更に備える。

【0023】

また、第14の発明は、第8～第13のいずれか1つの発明に係る欠陥分類方法において、前記撮像した画像から欠陥領域を抽出する欠陥領域抽出ステップを更に有し、この抽出した欠陥領域近傍の各画素に対してのみ前記放射方向成分量を算出する。

10

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、欠陥抽出時の閾値が不要な、または閾値に対してロバスト性の高い分類を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0026】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。第1実施形態の欠陥分類装置は、半導体ウェハ等の被検体100を照明する照明器101と、照明器101からの照明光の波長を制限する帯域通過フィルタ102と、被検体100からの反射光を結像させるためのレンズ103と、結像された被検体100の像を電気信号に変換するCCDカメラ104と、CCDカメラ104からの電気信号を画像として取り込むための画像入力ボード105と、画像の保持、及び後述の各手段の処理に用いるための演算用のメモリ106と、画像より欠陥領域を抽出する欠陥領域抽出手段107と、抽出された欠陥領域近傍の画素に対する周囲の輝度勾配の放射方向成分量を算出する放射方向成分算出手段108と、算出した放射方向成分量を基に裏面異物欠陥を分類する分類手段109とから構成される。

20

【0027】

ここで、メモリ106はPC110内のメモリにより、欠陥領域抽出手段107と、放射方向成分算出手段108と、分類手段109とはPC110内のCPUにより具現化される。なおここでの被検体100は、光透過性のあるコーティング材(図1には図示せず)が塗付されたものである。

30

【0028】

次に、第1実施形態における裏面異物欠陥の画像について説明する。第1実施形態では、図2(A)に示すように、波長を制限した照明光120により、光透過性のあるコーティング材121が塗付された被検体100の表面を照明する。このためレンズ103を通して結像されるのは、コーティング材121の表面で反射する光と、被検体100の表面で反射する光が互いに干渉し合った干渉光123である。干渉による光の強弱はコーティング材121の膜厚124に依存するため、裏面異物が混入して膜厚124に差が生じると、図2(B)及び図2(C)で示されるような輝度の変化をもつ画像が得られる。つまり、異物が混入した箇所を中心として放射方向に輝度の勾配が生じる画像となる。図2(B)では中心から離れるに従って輝度が低くなっており、図2(C)では中心から離れるに従って輝度が高くなっていき、その後、輝度が低くなっている。すなわち環状(ドーナツ状)の輝度の盛り上がりが生じている。

40

【0029】

以下に、本実施形態に係る欠陥分類装置の動作について図1及び図2を参照して説明する。本欠陥分類装置は、照明器101からの光を帯域通過フィルタ102により波長制限して被検体100に照射し、被検体100からの反射光とコーティング材121からの反

50

射光による干渉光をレンズ 103 により結像して CCD カメラ 104 により電気信号に変換する。この電気信号は画像入力ボード 105 を通して、演算用のメモリ 106 に取り込まれ、これが被検体の検査画像となる。

【0030】

図 3 (A) はこのようにして取得した検査画像 130 の一例を示しており、ムラ欠陥 131 (図 3 (B)) や裏面異物欠陥 132 (図 3 (C)) が観察される。

【0031】

次に、欠陥領域抽出手段 107 は、取得した検査画像 130 から上記した欠陥領域を抽出する。抽出方法の例として以下に 2 通りの方法を示す。第 1 の方法では、図 4 (A) に示すような検査画像 130 に対して、良品レベルの輝度範囲となる閾値を設定しておき、この閾値を超える輝度を持つ画素の領域を欠陥抽出画像 133 として抽出する (図 4 (B))。ここで、良品レベルの輝度範囲を示す閾値は、PC 110 内に予め設定しておいても良いし、画像内の輝度ヒストグラムを基に適応的に決定しても良い (東京大学出版会：画像解析ハンドブック：高木幹夫、下田陽久、監修：502P、2 値化、を参照)。

10

【0032】

第 2 の方法では、図 18 の (B) に示すような良品ウェハ画像 806 (または図 5 の (A) に示すような良品となる基準区画の画像 134 を保持しておき、この画像と図 5 の (A) に示すような検査画像 130 (または検査画像内の対応区画) を位置合わせし、重なり合う画素間の輝度差を求めて差分画像 135 (図 5 の (B)) を作成し、この差分画像 132 を用いて上記第 1 の方法と同様の閾値処理により欠陥領域を抽出する。

20

【0033】

以上、欠陥領域の抽出方法の 2 つの例を述べたが、上記の各方法の 2 値化処理の後に、抽出された欠陥領域の面積を求め (この際の処理は粒子解析として一般に利用される方法が考えられる)、その面積が所定の範囲内にある領域を裏面異物欠陥の可能性のある欠陥領域として再抽出する処理を加えても良い。

【0034】

このようにして欠陥領域が抽出された後は、放射方向成分算出手段 108 により、欠陥領域近傍の各画素に対する周囲の輝度勾配の放射方向成分量を算出する。以下、この算出手順を説明する。

【0035】

1. 検査画像 130 内の任意の対象画素 P' における輝度勾配ベクトル $V_{p'}$ の方向を求める。ここで、図 6 に示すような対象画素 140 の周囲に位置する画素 140-1 ~ 140-8 の輝度値 $I_1 \sim I_8$ を基に、以下の (1) 式を用いて計算される。なお、後述の処理で用いるのは欠陥領域周辺の画素での輝度勾配ベクトルのみであるので、欠陥領域の周囲 X 画素 (X は裏面異物欠陥の最大径 R_{max} より大) 内の画素に限定して計算すると、計算量が削減できる。

30

【数 1】

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{(I_6 + I_7 + I_8) - (I_1 + I_2 + I_3)}{(I_3 + I_5 + I_8) - (I_1 + I_4 + I_6)} \right) \quad \dots(1)$$

40

【0036】

2. 次に、欠陥領域近傍の任意の画素 P の周囲、半径 R 内における輝度勾配の放射方向成分量 Z_{PR} を以下の (2) 式に従って算出する。

【数 2】

$$Z_{PR} = 1 - \frac{1}{N} \sum \frac{\lambda_p \times 2}{\pi} \quad \dots(2)$$

【0037】

50

ここで、図7に示すように、 P' は対象画素 P の周囲、半径 R 内に存在する任意の画素を示し、 ρ_p は、 P' の輝度勾配ベクトル V_{ρ_p} と、 P 、 P' の位置より決定される方向ベクトル $V_{\rho_{p-p'}}$ のなす最小角 ($0 \sim \pi / 2 \text{ rad}$) である。また N は P' の個数である。

【0038】

3. 欠陥領域近傍の任意の画素 P の周囲における輝度勾配の放射方向成分量 Z_p を以下の(3)式に従って算出する。

【数3】

$$Z_p = \text{MAX}(Z_{pR}) \quad R_{\min} \leq R \leq R_{\max} \quad \dots(3)$$

10

【0039】

ここで、 R_{\min} 、 R_{\max} はそれぞれ裏面異物欠陥の最小径、最大径として予め設定しておく。

【0040】

4. 次に、対象の欠陥領域における放射方向成分量 Z を以下の(4)式に従って算出する。

【数4】

$$Z = \text{MAX}(Z_p) \quad P \in \text{欠陥領域の近傍 Y 画素内の画素} \quad \dots(4)$$

【0041】

但し、 Y は予め設定しておく。

20

【0042】

図8は、輝度勾配の放射方向成分量の違いを説明するための図である。図8では、裏面異物欠陥1、裏面異物欠陥2、ムラ欠陥の各々について輝度勾配方向を求めている。図8からわかるように、裏面異物欠陥1では輝度が中心から離れるに従って低くなっており、その輝度勾配は中心に向かう放射状の方向性を示す。また、裏面異物欠陥2では中心から少し離れた部分の輝度が環状に高くなっており、その輝度勾配は中心と外側から環状の輝度のピークに向かう放射状の方向性を示す。また、ムラ欠陥では、輝度がほぼ全体に渡って均一になるのでその輝度勾配は方向性をもたない。従って、求められる放射方向成分量は、裏面異物欠陥1、2のように所定の画素を中心として放射方向に輝度の勾配が生じる画像では高くなり、輝度の勾配をもたないその他の欠陥(ここではムラ欠陥)では低くなる。

30

【0043】

放射方向の成分量が算出された後は、分類手段109において、裏面異物欠陥を分類する。これは、算出した放射方向成分量に対して所定の閾値を設定し、この閾値より放射方向成分量が大きければ裏面異物欠陥とし、小さければ、その他と分類することで実現される。

【0044】

図9は、本発明の第1実施形態に係る欠陥分類処理の流れを示すフローチャートである。まず、CCDカメラ104により検査画像を取得する(ステップS1)。次に、取得した検査画像から欠陥領域抽出手段107により欠陥領域を抽出する(ステップS2)。次に、抽出した欠陥領域の周囲 X 画素(裏面異物欠陥の最大径よりも大)内の各画素における輝度勾配ベクトル V_{ρ_p} の方向を放射方向成分算出手段108により算出する(ステップS3)。次に、放射方向成分算出手段108により、欠陥領域近傍の任意の画素 P の周囲における輝度勾配の放射方向成分量 Z_{pR} を(2)式を用いて算出する(ステップS4)。次に、放射方向成分算出手段108により、欠陥領域近傍の任意の画素 P の周囲における輝度勾配の放射方向成分量 Z_p を(3)式を算出する(ステップS5)。次に、放射方向成分算出手段108により、対象の欠陥領域における輝度勾配の放射方向成分量 Z を(4)式を用いて算出する(ステップS6)。次に、分類手段109により放射方向成分量 Z を基に欠陥領域を分類する(ステップS7)。次に、分類結果を出力する(ステップS8

40

50

)。

【 0 0 4 5 】

以上、本発明の第1実施形態によれば、欠陥抽出時の閾値に左右されないロバスト性の高い欠陥分類が実現できる。なお、本例では計算時間削減の観点から放射方向成分量の算出の前に欠陥領域抽出を行い、抽出された領域近傍の画素に絞って放射方向成分量の算出を行っているが、時間的な制約が無い場合には、撮像した画像内の各画素に対して放射方向成分量の算出を行い、この値が高い画素が存在する箇所を裏面異物欠陥とすれば、欠陥抽出処理を不要とし、かつ精度の高い分類が可能となる。

【 0 0 4 6 】

(第2実施形態)

以下に、本発明の第2実施形態を説明する。図10は、本発明の第2実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示している。図10の200～210で示す構成要素は図9の100～110と同一であるが、図10ではさらに、放射方向成分量の算出に用いる画素を選択するための選択手段211をさらに有することを特徴とする。

【 0 0 4 7 】

半導体ウェハ等の被検体では、検査画像中に下層に存在するパターンが写り込む場合がある。図11は、このようなパターンが写り込んだ場合の裏面異物欠陥画像の例を示している。なお半導体等において用いられるパターンは実質的に水平線及び垂直線により構成されることが多い。図11に示すようにパターンが写り込むと、第1実施形態の放射方向成分算出手段108(図1)が(2)式を用いて Z_{PR} の計算を行う場合に、 Z_{PR} の値がパターンによって変化してしまう。そこで第2実施形態の欠陥分類装置では、選択手段211によって、 Z_{PR} 算出の際に加算される P_i を計算する画素 P' を選択する。選択の方法には例えば以下の方法を用いることができる。

【 0 0 4 8 】

1) 中心となる対象画素 P の周囲の半径 R 内に存在する任意の画素のうち、画素 P に対して水平、垂直方向 θ (事前に設定)以外に存在する画素を P' とする。図12は、この方法により選択される P' の範囲を示している。これにより、水平、垂直パターンによる影響は軽減される。

【 0 0 4 9 】

2) 検査画像において、輝度勾配の強度 f を算出し、中心となる対象画素 P の周囲の半径 R 内に存在する任意の画素のうち、強度 f が所定の閾値以下となる画素を P' とする。輝度勾配の強度 f の算出には、図6で説明した周囲の画素輝度値を用いて以下の(5)式により算出する(ソーベルフィルタ)方法がある。

【数5】

$$f = \frac{|(I1+2 \times I2+I3)-(I6+2 \times I7+I8)| + |(I3+2 \times I5+8)-(I1+2 \times I4+I6)|}{2}$$

…(5)

【 0 0 5 0 】

通常パターンによる輝度勾配は、裏面異物による輝度勾配より急峻であるため、パターンが写り込むことによる影響は軽減される。

【 0 0 5 1 】

以上、本発明の第2実施形態によれば、半導体等のパターンが写り込んだ検査画像においても、精度良く裏面異物欠陥を分類することができる。

【 0 0 5 2 】

(第3実施形態)

以下に、本発明の第3実施形態を説明する。図13は、本発明の第3実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示している。第3実施形態は、照明、撮像に関する構成(301～304)以外の構成は第1実施形態と同一であり、構成要素305～310は図1の構成要

10

20

30

40

50

素 105 ~ 110 に対応している。第 3 実施形態では、被検体 300 表面の垂直上方からの照明、撮像を行えるようにするために以下の構成を用いる。すなわち、ハーフミラー 302 を新たに加え、ハーフミラー 302、レンズ 303 及び CCD カメラ 304 を被検体 300 の垂直上方に所定の距離をおいて順に配置する。さらに、被検体 300 表面の垂直上方でかつ光がハーフミラー 302 に先導される位置に照明器 301 を配置する。また、第 3 実施形態では、第 1 実施形態とは異なり、光遮光性のコーティング材（図 13 には図示せず）が塗付された被検体 300 を用いる。

【0053】

上記した構成において、照明器 301 からの光はハーフミラー 302 に反射し、被検体 300 に塗布されたコーティング材の表面を垂直上方より照明する。コーティング材表面からの反射光は、ハーフミラー 302 を通してレンズ 303 により結像され、CCD カメラ 304 により電気信号に変換される。この電気信号は画像入力ボード 305 を通して、PC 310 により演算用のメモリ 306 に取り込まれる。これがコーティング材表面の検査画像となる。

10

【0054】

ここで、図 14 (A)、(B) を参照して CCD カメラ 304 により取り込まれる画像について説明する。図 14 (A) は、コーティング材表面の角度と反射光強度について説明するための図である。

【0055】

ここで、図 14 (A)、(B) を参照して CCD カメラ 304 により取り込まれる画像について説明する。図 14 (A) は、コーティング材表面の角度と反射光強度について説明するための図であり、図 14 (B) は裏面異物欠陥画像の一例を示す図である。図 14 (A) に示すように、被検体 300 上には光遮光性のコーティング材 324 が塗布されている。また、コーティング材裏面には異物 322 が混入している。

20

【0056】

コーティング材 324 表面に垂直上方より照射された照明光 320 は、コーティング材 324 表面の角度に応じた反射光強度パターン 321 で垂直上方に反射する。つまりコーティング材 324 表面が水平の位置では最も反射光が大きく、コーティング材 324 表面が斜めになるに応じて小さくなる。反射光が大きい場合には画像の輝度が高くなるから、異物 322 が存在する部分の画像は図 14 (B) に示すように、異物が混入した箇所を中心として放射方向に輝度の勾配が生じる画像となる。よって、画像を取り込んだ後は第 1 実施形態と同様の構成により、輝度勾配の放射方向成分量を算出することで欠陥の分類が可能である。

30

【0057】

以上、本発明の第 3 実施形態によれば、光遮光性のコーティング材 324 表面を撮像する場合に、精度良く裏面異物欠陥を分類することができる。

【0058】

(第 4 実施形態)

以下に、本発明の第 4 実施形態を説明する。図 15 は、本発明の第 4 実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示している。第 4 実施形態は、照明、撮像に関する構成 (401 ~ 404) 以外の構成は第 1 実施形態と同一であり、構成要素 405 ~ 410 は図 1 の構成要素 105 ~ 110 に対応している。第 4 実施形態では、被検体表面に水平な方向からの照明と、垂直方向からの撮像とを可能にするために以下の構成を用いる。すなわち、一对の照明器 401 を被検体 400 の左右の位置に被検体 400 表面を照射可能に配置するとともに、レンズ 403 及び CCD カメラ 404 を被検体 400 の垂直上方に所定の距離をおいて順に配置する。また、第 4 実施形態では、第 1 実施形態とは異なり、光遮光性のコーティング材（図 15 には図示せず）が塗付された被検体 400 を用いる。

40

【0059】

上記した構成において、一对の照明器 401 からの光は、被検体 400 に塗布されたコーティング材の表面を水平方向から照明する。コーティング材表面からの反射光は、レン

50

ズ403により結像され、CCDカメラ404により電気信号に変換される。この電気信号は画像入力ボード405を通して、PC410により演算用のメモリ406に取り込まれる。これがコーティング材表面の検査画像となる。

【0060】

ここで、図16(A)、(B)を参照してCCDカメラ404により取り込まれる画像について説明する。図16(A)は、コーティング材表面の角度と反射光強度について説明するための図であり、図16(B)は裏面異物欠陥画像の一例を示す図である。図16(A)に示すように、被検体423上には光遮光性のコーティング材424が塗布されている。また、コーティング材424の裏面には異物422が混入している。

【0061】

コーティング材424表面に水平方向より照射された光は、コーティング材424表面の角度に応じた反射光強度パターン421で垂直上方に反射する。つまりコーティング材424表面が水平の位置では最も反射光が小さく(ほぼ無し)、コーティング材424表面が斜めになるに応じて大きくなる。反射光が大きい場合には画像の輝度が高くなるから、異物422が存在する部分の画像は図16(B)に示すように、当該異物422が混入した箇所を中心として放射方向に輝度の勾配が生じる画像となる。よって、画像を取り込んだ後は第1実施形態と同様の構成により、輝度勾配の放射方向成分量を算出することで欠陥の分類が可能である。

【0062】

以上、本発明の第4実施形態によれば、光遮光性のコーティング材424表面を撮像する場合に、ーフミラーなどを必要とする複雑な照明-撮像系が無くとも、精度良く裏面異物欠陥を分類することができる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明の第1実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。

【図2】第1実施形態における裏面異物欠陥の画像について説明するための図である。

【図3】検査画像130の一例を示す図である。

【図4】欠陥領域抽出の第1の方法について説明するための図である。

【図5】欠陥領域抽出の第2の方法について説明するための図である。

【図6】検査画像内の任意の対象画素における輝度勾配ベクトルの方向を求める手順を説明するための図である。

【図7】欠陥領域近傍の任意の画素の周囲の半径R内における輝度勾配の放射方向成分量を算出する手順を説明するための図である。

【図8】輝度勾配の放射方向成分量の違いを説明するための図である。

【図9】本発明の第1実施形態に係る欠陥分類処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】本発明の第2実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。

【図11】検査画像中に下層に存在するパターンが写り込んだ場合の裏面異物欠陥画像の例を示す図である。

【図12】中心となる対象画素Pの周囲の半径R内に存在する任意の画素のうち、画素Pに対して水平、垂直方向以外に存在する画素P'の範囲を示す図である。

【図13】本発明の第3実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。

【図14】本発明の第3実施形態の構成により取り込まれる画像について説明するための図である。

【図15】本発明の第4実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。

【図16】本発明の第4実施形態の構成により取り込まれる画像について説明するための図である。

【図17】異物混入による欠陥について説明するための図である。

【図18】従来技術による欠陥分類方法を説明するための図である。

【図19】従来技術の問題点について説明するための図である。

【符号の説明】

10

20

30

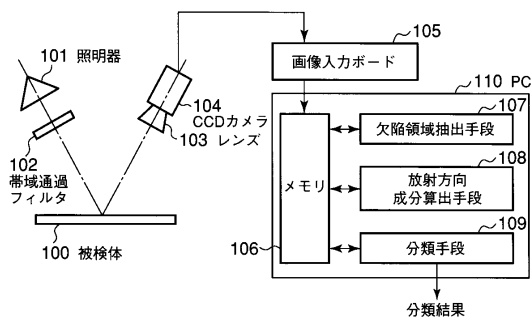
40

50

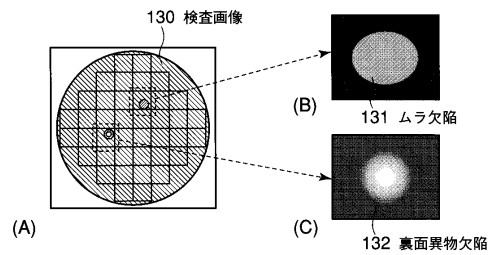
【 0 0 6 4 】

1 0 0 ... 被検体、1 0 1 ... 照明器、1 0 2 ... 帯域通過フィルタ、1 0 3 ... レンズ、1 0 4 ... CCDカメラ、1 0 5 ... 画像入力ボード、1 0 6 ... メモリ、1 0 7 ... 欠陥領域抽出手段、1 0 8 ... 放射方向成分算出手段、1 0 9 ... 分類手段、1 1 0 ... P C。

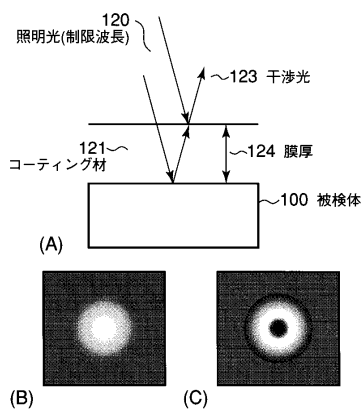
【 図 1 】



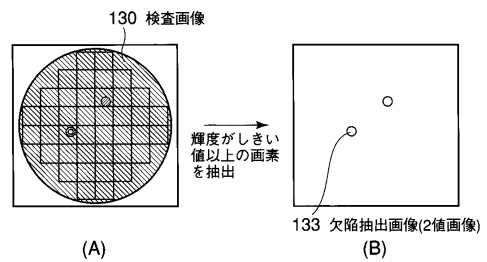
【 図 3 】



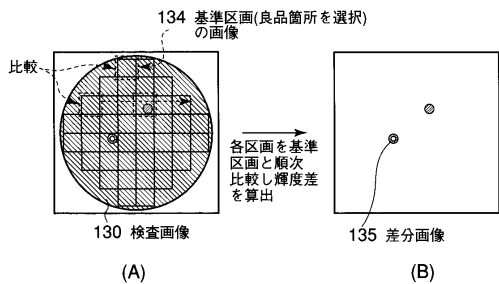
【 図 2 】



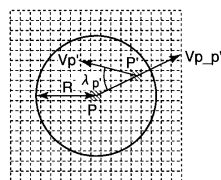
【 図 4 】



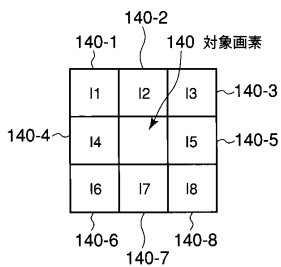
【 図 5 】



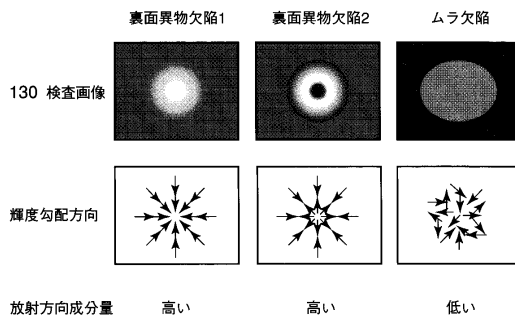
【 図 7 】



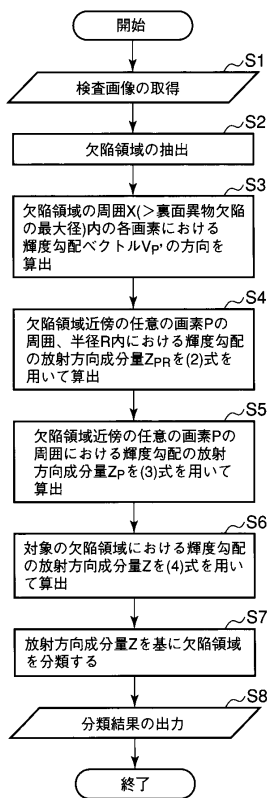
【 図 6 】



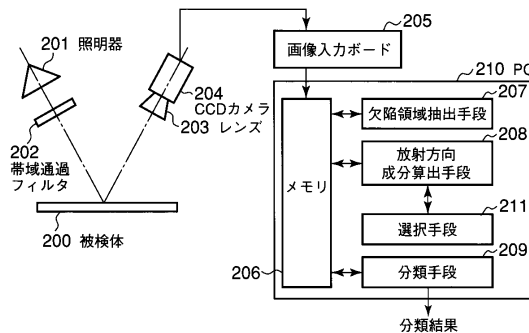
【 図 8 】



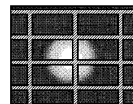
【 図 9 】



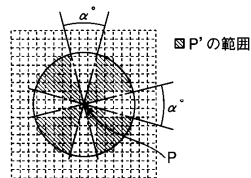
【 図 10 】



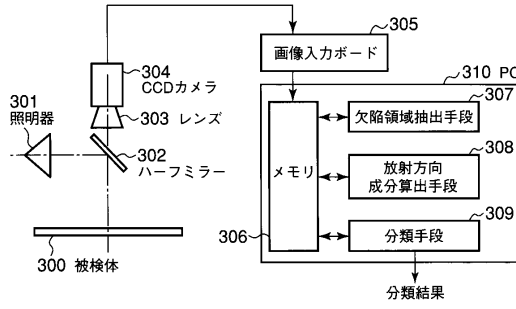
【 図 11 】



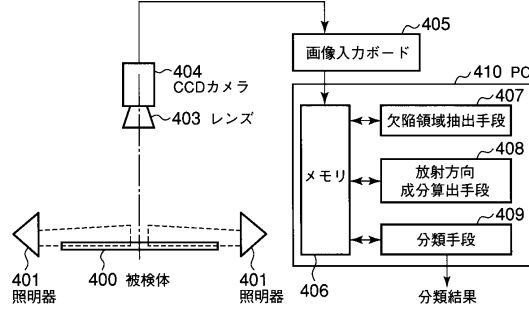
【 図 12 】



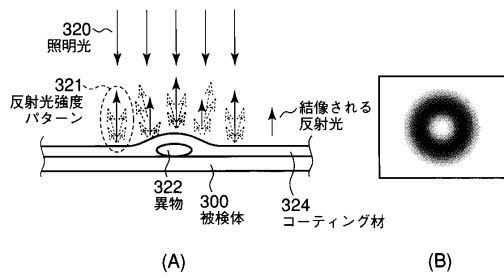
【 図 1 3 】



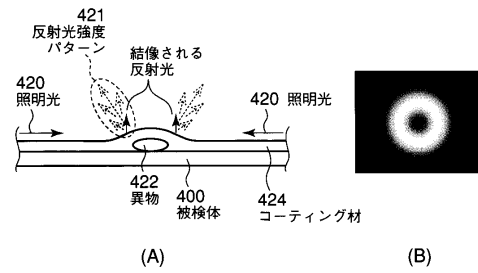
【 図 1 5 】



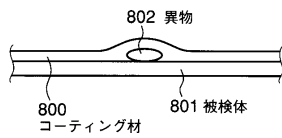
【 図 1 4 】



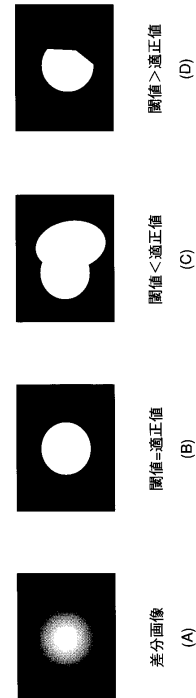
【 図 1 6 】



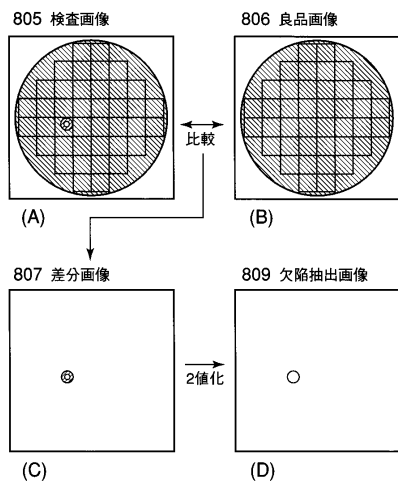
【 図 1 7 】



【 図 1 9 】



【 図 1 8 】



フロントページの続き

審査官 河本 充雄

(56)参考文献 特開平3 - 230544 (JP, A)
特開2001 - 255278 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/66
G01N 21/956
G06T 1/00