

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 10 月 27 日 (27.10.2005)

PCT

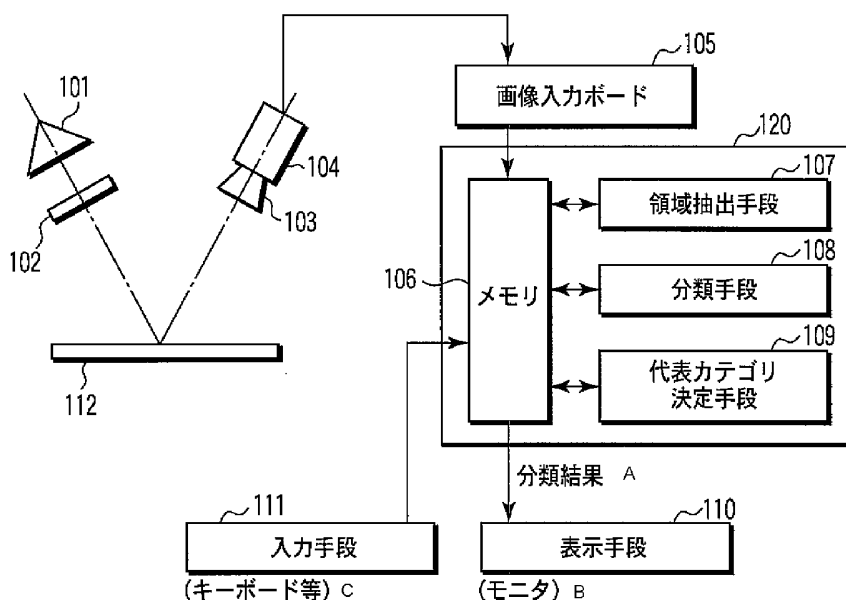
(10) 国際公開番号
WO 2005/100962 A1

- (51) 国際特許分類: G01N 21/956, H01L 21/66 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/007228 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 神田 大和 (KANDA, Yamato) [JP/JP]. 菊地 奨 (KIKUCHI, Susumu) [JP/JP].
(22) 国際出願日: 2005 年 4 月 14 日 (14.04.2005) (74) 代理人: 鈴江 武彦, 外(SUZUYE, Takehiko et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 7 番 2 号 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
(25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
(30) 優先権データ: 特願2004-119291 2004 年 4 月 14 日 (14.04.2004) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: CLASSIFICATION DEVICE AND CLASSIFICATION METHOD

(54) 発明の名称: 分類装置及び分類方法



(57) Abstract: A classification device having region extracting means (107) for extracting regions from an image, classifying means (108) for classifying each of the extracted regions into a predetermined category, and representative category determining means (109) for determining the representative category in the entire image based on the result of the classification of each region in the image.

(57) 要約: 分類装置であって、画像内より複数の領域を抽出する領域抽出手段 107 と、抽出した各領域を所定のカテゴリに分類する分類手段 108 と、画像内の各領域の分類結果を基に画像全体における代表のカテゴリを決定する代表カテゴリ決定手段 109 とを備える。

105... IMAGE INPUT BOARD
107... REGION EXTRACTING MEANS
108... CLASSIFYING MEANS
109... REPRESENTATIVE CATEGORY DETERMINING MEANS
106... MEMORY
A... CLASSIFICATION RESULT
110... DISPLAY MEANS
B... (MONITOR)
111... INPUT MEANS
C... (KEYBOARD ETC.)



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

分類装置及び分類方法

技術分野

[0001] 本発明は、分類装置及び分類方法に関するものである。

背景技術

[0002] 現在、被検体を撮像して取得した画像を用いて分類を行う装置には様々なものがある。それらは“処理画像内に分類すべき対象が1つしかないもの”と“処理画像内に分類すべき対象が複数あるもの”に分けることができる。具体例として、半導体ウェハの製造工程で用いる欠陥分類装置を考える。

[0003] 配線パターンの異常や結晶欠陥等の微細な欠陥を対象としたマイクロ検査の欠陥分類では、予め検出した欠陥箇所を局所的に拡大撮像し、この画像を用いて対象の欠陥の分類を行うため、前述の“処理画像内に分類すべき対象が1つしかないもの”に相当する。

[0004] 一方、裸眼レベルの低倍率でウェハ全体の画像を撮像し、解像不良、膜ムラ、キズ、異物といった広範囲の欠陥を対象とするマクロ検査の欠陥分類では、画像内に複数の欠陥が存在することがあり、前述の“処理画像内に分類すべき対象が複数存在する場合”に相当する。

[0005] 後者のように、被検体をマクロ的に検査、解析することは、局所的な検査、解析では分からない結果を得たり、同一範囲をより高速に処理できる等のメリットがあり、様々な分野で有効な方法である。

[0006] 本発明人による特開2003-168114号公報では、半導体ウェハ等を対象としたマクロ検査の欠陥分類装置に関する構成を開示している。以下、図18を参照してこの欠陥分類の原理を説明する。被検体表面の全体を撮像することにより取得した検査画像800(図18の(A))には、概して、解像不良801、ムラ802、キズ803等が含まれている。このような検査画像800と、良品画像850(図18の(B)))とを比較することにより差分画像860(図18の(C))を得る。この差分画像860に対して2値化等の処理を行うことにより欠陥領域871～873が抽出された欠陥領域抽出画像870が得られ

る。次に、抽出された各欠陥領域871～873の大きさ、形状、配置、輝度などに関する特徴量(図中では仮に特徴量1, 2, 3, …とする)を算出して図19の(A)に示すような各領域毎の特徴量情報を得る。次に、この情報と図19の(B)に示すような分類ルール(ここでは、ファジィ理論におけるIF-THENルール)を用いて、各欠陥領域871～873を所定の欠陥種(=カテゴリ)に分類する。その結果として、例えば、

欠陥領域871→ムラ(確信度:0. 6)

欠陥領域872→解像不良(確信度:0. 9)

欠陥領域873→キズ(確信度:0. 8)

のような分類結果が出力される。

発明の開示

[0007] 前記した特開2003-168114号公報では、画像内(=1枚のウェハ内)に検出した各欠陥領域の分類結果を個別に出力している。しかしながら、実際に装置を利用する際には、

- (1) 重要な欠陥種(=カテゴリ)のみを優先して確認したい
- (2) 分類結果の信頼性が高い欠陥種(=カテゴリ)を確認したい
- (3) 全体としての傾向を確認したい

といった理由により、画像内(ウェハ内)を代表した結果を得たい場合が多々ある。これまで、このような課題に対し有効な解決策を示した分類装置は提案されていない。例えば、特開2001-225453号公報に記載の印刷物検査装置には、画像を基に欠陥の種類を判別して、種類に応じた警報音を発する装置の構成が示されているが、2つ以上の欠陥種を検出した際には、複合欠陥であるという警報を発するのみで、欠陥種に関する情報は出力していない。

[0008] 本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、複数の分類対象が存在する画像より、個々の対象の分類結果を代表した分類結果を出力することが可能な分類装置及び分類方法を提供することにある。

[0009] 上記の目的を達成するために、第1の発明は、分類装置であって、画像内より複数の領域を抽出する領域抽出手段と、前記抽出した各領域を所定のカテゴリに分類する分類手段と、前記画像内の各領域の分類結果を基に画像全体における代表のカ

テゴリを決定する代表カテゴリ決定手段と、を備える。

- [0010] また、第2の発明は、第1の発明に係る分類装置において、前記代表のカテゴリは、画像内での各領域の存在割合を示す値、各領域の分類結果の信頼性を示す値、各カテゴリの優先度のうち、少なくともいずれか1つを用いて決定される。
- [0011] また、第3の発明は、第2の発明に係る分類装置において、前記各領域の存在割合を示す値は、画像内における各カテゴリ毎の領域数、各カテゴリ毎の総面積、画像内を任意サイズで区画分割した際の各カテゴリ毎の占有区画数のうち、少なくともいずれか1つによって表される。
- [0012] また、第4の発明は、第2または第3の発明に係る分類装置において、前記信頼性を示す値は、分類に用いた特徴量空間内の距離を基に算出される。
- [0013] また、第5の発明は、第1～第4のいずれか1つの発明に係る分類装置において、前記複数の分類対象領域は、被検体表面を撮像した際の欠陥領域である。
- [0014] また、第6の発明は、第5の発明に係る分類装置において、前記優先度は、前記欠陥領域の致命度に応じて設定される。
- [0015] また、第7の発明は、第1～第6のいずれか1つの発明に係る分類装置において、前記被検体は、半導体ウェハまたはフラットパネルディスプレイ基板である。
- [0016] また、第8の発明は、第7の発明に係る分類装置において、前記画像は、被検体表面の干渉像または回折像である。
- [0017] また、第9の発明は、第1～第8のいずれか1つの発明に係る分類装置において、検出した各領域のカテゴリと、画像全体における代表のカテゴリを切り替えて表示可能な表示手段を更に備える。
- [0018] また、第10の発明は、第9の発明に係る分類装置において、前記表示手段でのカテゴリの表示の際に、処理対象の画像を共に表示する。
- [0019] また、第11の発明は、第10の発明に係る分類装置において、前記処理対象の画像に対し、抽出領域または抽出領域の外形線をカテゴリ毎に色分けして表示する。
- [0020] また、第12の発明は、画像内より複数の領域を抽出する工程と、前記抽出した各領域を所定のカテゴリに分類する工程と、前記画像内の各領域の分類結果を基に画像全体における代表のカテゴリを決定する工程とを有する。

図面の簡単な説明

- [0021] [図1]図1は、本発明の一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]図2は、欠陥領域抽出の第1の方法を説明するための図である。
- [図3]図3は、欠陥領域抽出の第2の方法を説明するための図である。
- [図4]図4は、モルフォロジー処理(closing処理)を用いた領域連結処理の一例を示す図である。
- [図5]図5は、メンバシップ関数の一例を示す図である。
- [図6]図6は、メンバシップ関数を用いた分類ルールによる欠陥種判別の原理を説明するための図である。
- [図7]図7は、k近傍法による欠陥種判別の原理を説明するための図である。
- [図8]図8は、教師データ分布の代表点との距離による欠陥種判別の原理を説明するための図である。
- [図9]図9は、領域別の分類結果データの表を示す図である。
- [図10]図10は、欠陥種別の分類結果データの表を示す図である。
- [図11]図11は、検査画像に対する人の判断結果と、領域数による判断結果または領域面積による判断結果との差について説明するための図である。
- [図12]図12は、図11(A)のキズ200、ムラ201による占有区画の状況を示す図である。
- [図13]図13は、領域別分類結果データの表において信頼性指標値が高い領域を選択した結果を示す図である。
- [図14]図14は、図13で選択された領域を基にした欠陥種別分類結果データの表である。
- [図15]図15は、代表欠陥種情報と検査画像とを表示した表示画面である。
- [図16]図16は、図15のslot03の詳細な分類結果を表示した表示画面である。
- [図17]図17は、本実施形態の欠陥分類装置の処理の流れを説明するためのフローチャートである。
- [図18]図18は、従来の欠陥分類方法の原理を説明するための図である。
- [図19]図19は、各欠陥領域ごとに算出した特徴量および分類ルール例を示す図で

ある。

発明を実施するための最良の形態

- [0022] 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。ここでは、本発明を、半導体ウェハやフラットパネルディスプレイ基板を対象としたマクロ検査に用いる欠陥分類装置に適用した場合について説明するが、これに限定されることはなく、例えば、複数種類の細胞を分類し、代表とする結果を表示する用途にも適用可能である。
- [0023] 図1は、本発明の一実施形態に係る欠陥分類装置の構成を示す図である。本欠陥分類装置は、被検体112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112からの反射光を結像させるためのレンズ103と、結像した被検体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、画像データの保持、及び後述の各手段の処理に用いるためのメモリ106と、画像より分類対象となる欠陥領域を抽出する領域抽出手段107と、抽出した各欠陥領域を所定の欠陥種（またはグレードなど）に分類する分類手段108と、各領域の分類結果を基に画像全体における代表のカテゴリを決定する代表カテゴリ決定手段109と、分類の結果を表示するための表示手段110と、前述の各手段に必要な諸設定を外部より設定するための入力手段111とから構成される。ここで、メモリ106はPC120内のメモリにより、領域抽出手段107と、分類手段108と、代表カテゴリ決定手段109とはPC120内のCPUにより、表示手段110はモニタにより、入力手段111はキーボード等により具現化される。
- [0024] 以下に、上記した欠陥分類装置の動作を説明する。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112に照射する。被検体112表面から反射する回折光（または干渉光）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。
- [0025] ここで回折光（または干渉光）を得るのは、半導体ウェハのマクロ検査で対象とする解像不良、膜ムラ、キズ、異物などの欠陥を十分に画像化するためである。例えば、解像不良が生じた箇所は、表面の微細な凹凸パターンにダレが生じるため、照明光に対する回折角が正常部とは異なる。このため回折光を得ることで画像化し易い。

- [0026] 一方、膜ムラは、透過性のあるレジスト素材の厚さが変化するため、レジストの厚さに応じた光量差が得られる干渉光を得ることで画像化し易い。また、キズ、異物などは、表面が削られたり、物が付着するということから回折光、干渉光どちらも画像化し易い欠陥である。なお、画像化の程度(＝正常部とのコントラストの大きさ)は変化するが、解像不良、膜ムラに対して、それぞれ干渉光、回折光を用いても画像化することは可能である。
- [0027] CCDカメラ104からの電気信号は画像入力ボード105を通してデジタル化され、演算用のメモリ106に取り込まれる。これが被検体の検査画像133(図2の(A))となる。次に、領域抽出手段107は、取得した検査画像133から欠陥領域を抽出する。
- [0028] 抽出の方法としてここでは2通りの方法を示す。第1の方法では、検査画像133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140として抽出する(図2の(B))。ここで、良品レベルの輝度範囲を示す閾値は、PC120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)。
- [0029] 第2の方法では、図18の(B)に示すような良品ウェハ画像850(または図3の(A)の上部に示すような、良品となる一定区画の画像150)を保持しておき、この画像と図3の(A)に示すような検査画像133(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160(図3の(B))を作成し、この差分画像160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。
- [0030] このようにして欠陥領域を抽出した後は、分類手段108において各欠陥領域を分類する。以下に分類の手順を説明する。
- [0031] 手順1)抽出した各欠陥領域に対する特徴量を算出する。なお、半導体ウェハでは、下地パターンやダイシングラインなどの影響により、領域抽出時に同一の欠陥が分割されて抽出される場合がある。よって必要に応じてモルフォロジー処理((参考):コロナ社:モルフォロジー:小畑秀文著)などによる領域連結を行い、その後に特徴量を算出する。
- [0032] 図4の(A)、(B)は、モルフォロジー処理(closing処理)を用いた領域連結処理の一

例を示している。図4の(A)に示される連続解像不良170やムラ171は領域連結処理により、図4の(B)に示すような連結欠陥領域170-1、171-1となる。また、特徴量としては、領域単体での大きさ、形状、位置、輝度、テクスチャに関するものや、複数の領域がなす配置構造に関するもの等がある。マクロ検査における特徴量に関しては、本発明人による特開2003-168114号公報に開示されている。なお、前述の領域の抽出方法や、特徴量の算出方法は、分類の対象に応じて変更されるものであり、本発明の内容を限定するものではない。

[0033] 手順2)算出した特徴量に対して所定の分類ルールを適用し、各領域のカテゴリを判別する。ここでは、分類ルールとして、ファジィ推論におけるIF-THENルールを用いた例を示す。この場合、

(1) IF (面積 = 大 AND 露光区画依存性 = 小) THEN (ムラの可能性あり)

ここで露光区画依存性とはウェハ製造におけるステップ露光時の露光区画位置との関連性を示す特徴量である。

[0034] (2) IF (露光区画依存性 = 大) THEN (解像不良の可能性高い)

(3) IF (面積 = 小 AND 方向性 = 大) THEN (キズの可能性高い)

(4) IF (方向性 = 大) THEN (キズの可能性あり)

(5) ...

...

のごとく特徴量と欠陥種間の関係を人の知識などを基にIF-THEN形式で表し、事前に設定しておく。また、上記のルールで用いられる各特徴量の程度に対する“大”、“小”などのラベルと実際の値の関係を、図5に示すような、メンバシップ関数で設定しておき、これらを基に推論を行って各領域の欠陥種を判別する。図5のメンバシップ関数における横軸は面積であり、縦軸は適合度である。適合度とは所定の特徴量が対象のラベルにどの程度合致するかを示す値である。

[0035] 図6は、メンバシップ関数を用いた分類ルールによる欠陥種判別の原理を説明するための図である。ここでは、上記(1)～(4)の4つの分類ルールを用いて、領域X(面積 = a_x 、露光区画依存性 = s_x 、方向性 = d_x)の欠陥種を判別することを考える。ルール(1)はムラに対する特徴量を示したルールであるが、領域Xの面積 a_x は、面積 = 大

のメンバシップ関数に対して適合度=0である。つまり面積axは“大”ではないということを示している。よってIF節に示される条件に領域Xは合致しないため、領域Xがムラであるという可能性はなくなる。

- [0036] ここで、このような判別結果に対する信頼性を0～1の数値により示す値として確信度を定義し、IF節への適合度と確信度の間に、THEN節の内容に応じた関係式を設定する。
- [0037] 例えば、THEN節が、“可能性あり”の場合には、その際のIF節への適合度に応じて、確信度が0～0.5となる線形式を設定し、“可能性高い”の場合には、確信度が0.5～1.0となる線形式を設定する。
- [0038] 結果として、領域Xはルール(2)より、解像不良である確信度=0.6、ルール(3)、(4)より、キズである確信度=0.7となる。なお、IF節全体の適合度として、各特徴量における適合度の最小値を使用したり、欠陥種毎に重複するルールの確信度で最大値を使用するのは一例であり、他の方法も考えられる。
- [0039] 以上、最終的に領域Xはキズ(確信度:0.7)と判別される。なお、全欠陥種の確信度の総和=1と成るように計算し直して、ムラ=0/(0+0.6+0.7)=0、解像不良=0.6/(0+0.6+0.7)=0.46、キズ=0/(0+0.6+0.7)=0.54、これら値を最終的な確信度とする方法も考えられる。
- [0040] 上記手順2)の推論を用いる以外の方法として、教師データを用いて分類する方法を手順2')に示す。
- [0041] 手順2')算出した特徴量に対し、特徴量空間内での教師データとの関係を基に、各領域の欠陥種を判別する。教師データとは、特徴量と正解欠陥種の情報をセットにしたものであり、事前に用意しておく。
- [0042] 図7は、教師データを用いて分類を行う方法の一つであるk近傍法による欠陥種判別の原理を説明するための図である。図7の○、△、□は、それぞれムラ、キズ、解像不良の教師データの特徴量空間内での位置を示している。これに対しPは分類対象の領域の特徴量空間内での位置である。
- [0043] k近傍法とは、対象領域Pに最も近いk個(例では5個(事前設定))の教師データの中で最も多い欠陥種を対象領域の欠陥種とする方法である。例ではキズ3個>解像

不良1個>ムラ1個で、キズが最も多いので対象領域=キズと判別する。この方法の場合、特徴空間(N次元)内での2点(x_i :教師データ、 x_j :分類対象)間の距離計算が必要となるが、距離計算法として下記に挙げるもの等がある。

[数1]

<重み付きユークリッド距離>

$$dij = \left\{ \sum_{l=1}^N w^l (x_i^l - x_j^l)^2 \right\}^{1/2} \quad (1)$$

但し x_i^l は、 x_i の特徴量 l ($1 \leq l \leq N$) の値、 w^l は、特徴量 l に対する重み係数(事前設定)。

[数2]

<マハラノビス距離>

$$dij = \left\{ \sum_{l=1}^N \sum_{m=1}^N (x_i^l - x_j^l) v_{lm} (x_i^m - x_j^m) \right\}^{1/2} \quad (2)$$

但し v_{lm} は x_i と同じ欠陥種の教師データの分散共分散行列 V の逆行列 V^{-1} の (l,m) 要素。
この距離は、教師データの各欠陥種分布の分散による影響を正規化した空間での距離である。

[数3]

<マハラノビス汎距離>

$$dij = \left\{ \sum_{l=1}^N \sum_{m=1}^N (x_i^l - x_j^l) v_{lm} (x_i^m - x_j^m) \right\}^{1/2} \quad (3)$$

但し v_{lm} は教師データ全体の分散共分散行列 V の逆行列 V^{-1} の (l,m) 要素。
この距離は、教師データの全体分布の分散による影響を正規化した空間での距離である。

[数4]

<重み付き市街地距離>

$$dij = \sum_{l=1}^N w^l |x_i^l - x_j^l| \quad (4)$$

但し w^l は、特徴量 l に対する重み係数(事前設定)。

[0044] また、k近傍法以外の方法として、図8に示すように、各欠陥種毎の教師データ分布の代表点(例えば中心)との距離に基づいて分類する方法がある。この場合、代表点における特徴量 l (エル) ($1 \leq l(\text{エル}) \leq N$) の値 μ^l を下記の式により算出し、上記の距離計算を行い、最も距離が近い欠陥種に分類する。

[数5]

$$\mu^l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^l \quad (n: \text{代表点に集約される(同一欠陥種の)教師データ数}) \quad (5)$$

- [0045] なお、上記のk近傍法、代表点距離比較法ともに、特徴量数(次元数)が増えるほど計算負荷が大きくなるため、事前に、教師データを主成分分析などして分類に必要な特徴量の算出法を決定し、これに基づく特徴量削減処理を行ってから距離計算を行っても良い。
- [0046] 各欠陥領域を分類した後は、代表カテゴリ決定手段109において画像を代表する欠陥種(=カテゴリ)を決定する。代表欠陥種の決定のために、まずは画像内の欠陥領域の分類結果のデータを得る。
- [0047] 図9はこの領域別分類結果データの表である。表中の占有区画数とは、画像内を任意のサイズの区画で分割した際に、欠陥領域が重なる区画の個数である。占有区画数を用いる効果については後述する。
- [0048] また、信頼性指標値は、分類手段108の手順2)で示した推論による分類を行った場合には、判別の際の確信度の値とする。また、手順2')に示したk近傍法を用いた場合には、近傍k個のうち、対象領域の欠陥種と同じ欠陥種である(複数の)教師データの平均距離とする。欠陥種分布の代表点との距離比較を用いた場合には、最も距離が近かった代表点(当然、対象領域の判別欠陥種と同様の欠陥種分布の代表点である)との距離とする。なお、確信度を用いた場合には大きいほど結果の信頼性があり、特徴量空間内の距離を用いた場合には小さいほど信頼性がある。
- [0049] 更に、この結果に基づいて画像内の欠陥種毎の分類結果データを得る。図10はこの分類結果データの表である。表中の優先度は、分類装置の利用者から見た場合の欠陥種の優先レベルを示すもので事前に設定しておく。通常、致命度の高い欠陥種ほど優先される。(図10では、数値が大きいほど優先とする。)

以下に、上記の分類結果データを基に代表欠陥種を求める方法を説明する。まず基本的な操作として、

“領域数判断”:画像内で領域数が最も多い欠陥種を代表とする。例:欠陥種A

“総面積判断”:画像内で総面積が最も大きい欠陥種を代表とする。例:欠陥種C

“総区画数判断”:画像内で占有区画数が最も多い欠陥種を代表とする。例:欠陥種

B

“優先度判断”:画像内で優先度が最も高い欠陥種を代表とする。例:欠陥種Bを用意する。

- [0050] これらの各判断は、入力手段111を用いて順序付けられるようにしておき、例えば“優先度判断”→“総区画数判断”→“総面積判断”→“領域数判断”のように順序付けて設定した場合には、画像内の結果より、まず“優先度判断”による代表欠陥種の決定を行い、代表が決定すれば処理を終了し、比較要素(ここでは優先度)が同値の場合には、順に次の判断を行って決定する。設定した内容は名称付けて保存可能とし、以後は入力手段111を用いて選択的に使用可能とする。
- [0051] 以下に、占有区画数を用いた場合の効果について説明する。例えば図11の(A)に示すように、キズ200が画像内に多数散在し、ムラ201が一部に存在するような画像を考える。この場合、人はキズ200が画像内を代表する欠陥種だと捉える。また、“領域数判断”においても、キズ200が代表の欠陥種であると判断されるので正しい判断結果が得られる。一方、図11の(B)に示すような画像を処理すると、人はムラ201が代表の欠陥種であると判断できるが、“領域数判断”ではムラ201が画像の大半を占めているにもかかわらず、代表の欠陥種はキズ200であると判断してしまう。
- [0052] 一方、“領域面積判断”を用いたとすると、図11の(B)の画像に対してはムラ201が代表の欠陥種であると正しく判断できるが、図11の(A)の画像に対してもムラ201が代表の欠陥種であると判断してしまい、やはり人の判断と異なる結果になってしまう。
- [0053] そこでこのような欠陥種間の大きさの差を吸収する必要がある場合に占有区画数を用いる。図12の(A)、(B)は、図11の(A)に示すキズ200、ムラ201による占有区画の状況を示す図である。図12の(A)では区画サイズを半導体ウェハの露光区画サイズとし、図12の(B)では区画サイズを1/4露光区画サイズとしているが、これは予め任意に設定することが可能である。このような占有区画数に基づく比較を行うことにより、図12の(A)の画像に対してはキズが代表の欠陥種であると判断され、図11の(B)の画像に対してはムラが代表の欠陥種であると判断されることになり、より自然な代表欠陥種を決定することができる。
- [0054] 以下に、信頼性指標値を考慮する方法を示す。分類結果の信頼性が高い領域に

絞って判断する方が、より正確な判断となる。そこで画像内の各領域に対する信頼性指標値の分布を基に信頼性の高いものを選択して上記の各判断を行う。図13は、図9の領域別分類結果データの表において、結果の信頼性が高い領域を選択し、斜線を施したものである。図14は、図13で選択された領域を基にした欠陥種別分類結果データの表である。

- [0055] 信頼性の高いものの選択には、以下に示す方法がある。まず、信頼性指標値を2分する閾値Thを考え、この閾値Thを予め設定した下限値～上限値の間で変動させながら、順次、Th未満の指標値集団Lと、Th以上の指標値集団Uの分離指標E(以下の(6)式で求められる)を求める。次に、求めた分離指標Eの値が基も大きくなるThで信頼性指標値を2分し、信頼性の高いものを選択する。

[数6]

$$E = \frac{m_U - m_L}{\sigma_U + \sigma_L} \quad \text{但し、} m_X: \text{集団 X の平均値、} \sigma_X: \text{集団 X の標準偏差} \quad (6)$$

- [0056] 上記した信頼性指標値の考慮に関しても入力手段111を用いて設定する。
- [0057] 代表欠陥種が決定された後は、表示手段110により代表欠陥種(=カテゴリ)の情報を表示する。
- [0058] 図15は、代表欠陥種の表示画面の一例を示している。図15の検査情報表示部300には、各slot01～slot25毎の代表欠陥種の情報(キズ、ムラ、解像不良等)が表示されている。また、この分類結果と検査画像との対応を確認し易くするために、検査画像表示部301には各slotの縮小検査画像が表示されている。
- [0059] また、入力手段111を用いて、表示手段110内の、より詳細内容を確認したい対象を指定することにより、指定対象内の各領域の欠陥種情報を表示する。図16は、図15の表示画面においてslot03を指定し、slot03内の詳細な分類結果を表示させた例を示している。この際は、異物311、キズ312、ムラ313の抽出領域または抽出領域の外形線を欠陥種(=カテゴリ)別に色分けして表示すると、分類結果を速やかに確認することができる。
- [0060] 図17は、上記した本実施形態の処理の流れを説明するためのフローチャートである。まず、被検体をCCDカメラにより撮像することにより検査画像を取得する(ステッ

プS1)。次に、検査画像から分類対象となる欠陥領域を抽出する(ステップS2)。次に、抽出した各欠陥領域の特徴量を抽出し(ステップS3)、抽出した特徴量を基に各欠陥領域を所定のカテゴリに分類する(ステップS4)。次に、分類結果の信頼性が高い領域を選択する(ステップS5)。次に、各領域の情報(カテゴリ、面積、占有区画数)を基に、画像内での各カテゴリの存在割合値を算出する(ステップS6)。次に、各カテゴリの優先度、各カテゴリの存在割合値を基に画像を代表するカテゴリを決定する(ステップS7)。次に、画像を代表するカテゴリ及び検査画像や、各領域のカテゴリ及び欠陥領域の外形を表示する(ステップS8)。

産業上の利用可能性

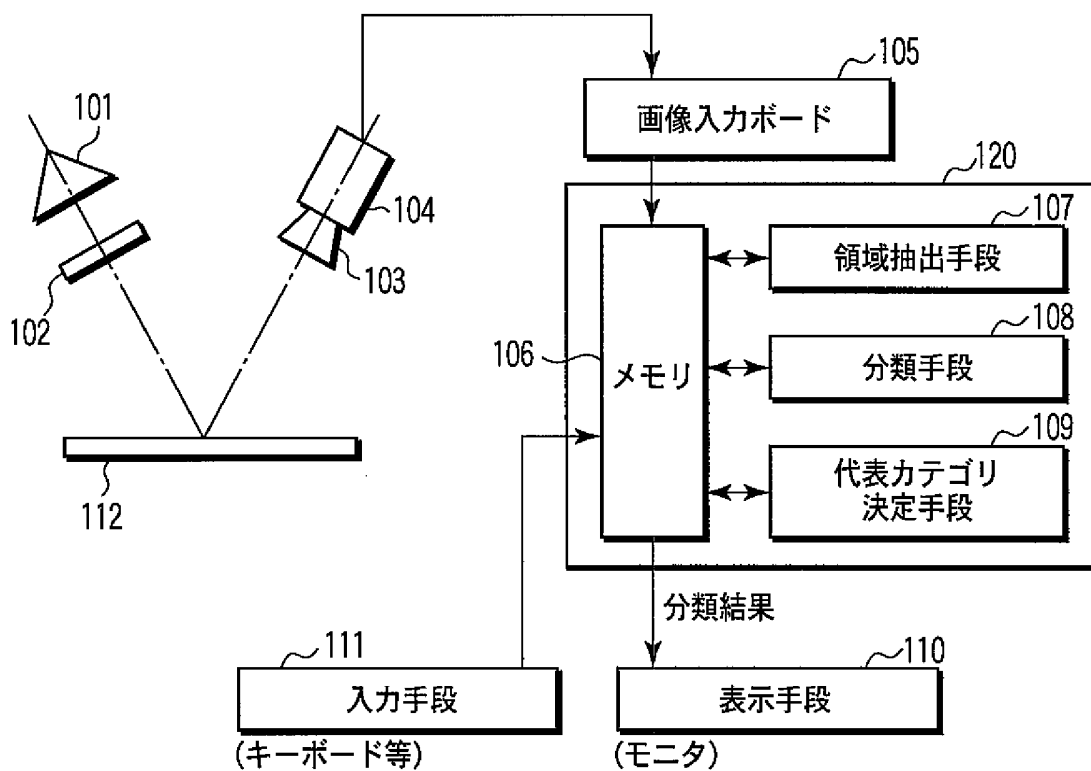
- [0061] 本発明によれば、画像内における重要なカテゴリのみを優先して確認したり、多数の被検体における傾向を速やかに確認したり、また必要に応じて画像内の個別の分類結果を詳細に確認することができる。

請求の範囲

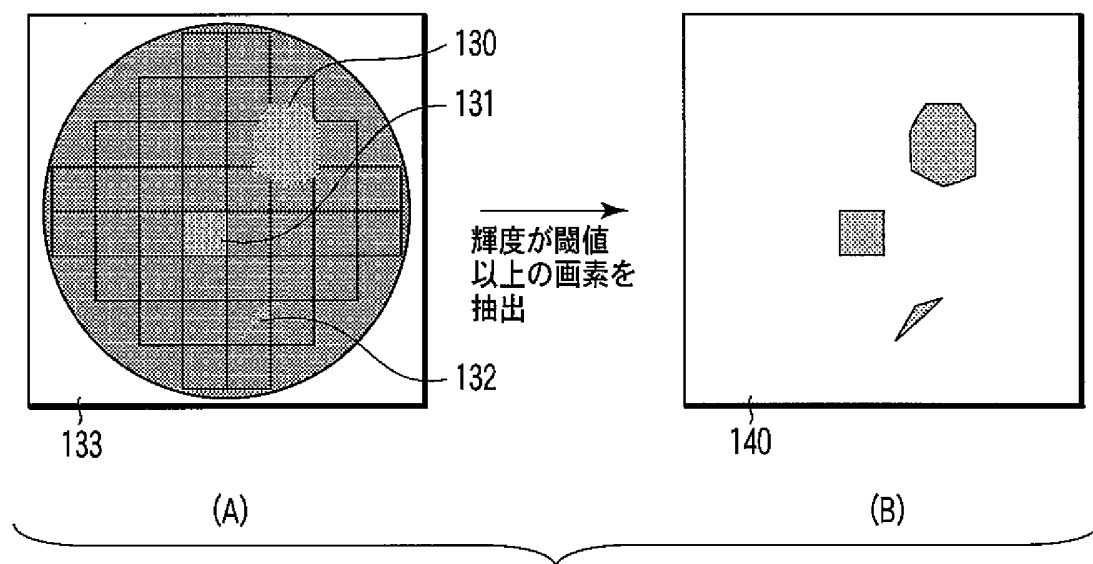
- [1] 画像内より複数の領域を抽出する領域抽出手段と、
前記抽出した各領域を所定のカテゴリに分類する分類手段と、
前記画像内の各領域の分類結果を基に画像全体における代表のカテゴリを決定する代表カテゴリ決定手段と、
を備える分類装置。
- [2] 前記代表のカテゴリは、画像内での各領域の存在割合を示す値、各領域の分類結果の信頼性を示す値、各カテゴリの優先度のうち、少なくともいずれか1つを用いて決定される請求項1に記載の分類装置。
- [3] 前記各領域の存在割合を示す値は、画像内における各カテゴリ毎の領域数、各カテゴリ毎の総面積、画像内を任意サイズで区画分割した際の各カテゴリ毎の占有区画数のうち、少なくともいずれか1つによって表される請求項2に記載の分類装置。
- [4] 前記信頼性を示す値は、分類に用いた特徴量空間内の距離を基に算出される請求項2または3に記載の分類装置。
- [5] 前記複数の分類対象領域は、被検体表面を撮像した際の欠陥領域である請求項1～4のいずれか1つに記載の分類装置。
- [6] 前記優先度は、前記欠陥領域の致命度に応じて設定される請求項5記載の分類装置。
- [7] 前記被検体は、半導体ウェハまたはフラットパネルディスプレイ基板である請求項1～6のいずれか1つに記載の分類装置。
- [8] 前記画像は、被検体表面の干渉像または回折像である請求項7に記載の分類装置。
- [9] 検出した各領域のカテゴリと、画像全体における代表のカテゴリを切り替えて表示可能な表示手段を更に備える請求項1～8のいずれか1つに記載の分類装置。
- [10] 前記表示手段でのカテゴリの表示の際に、処理対象の画像を共に表示する請求項9に記載の分類装置。
- [11] 前記処理対象の画像に対し、抽出領域または抽出領域の外形線をカテゴリ毎に色分けして表示する請求項10に記載の分類装置。

- [12] 画像内より複数の領域を抽出する工程と、
前記抽出した各領域を所定のカテゴリに分類する工程と、
前記画像内の各領域の分類結果を基に画像全体における代表のカテゴリを決定する工程とを有する分類方法。

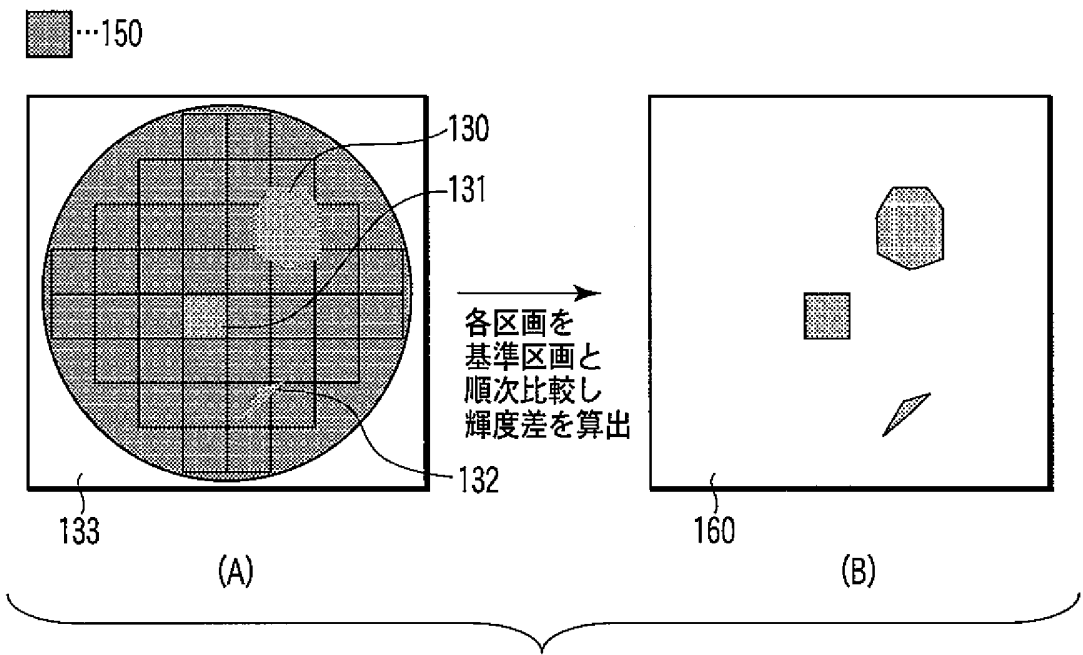
[図1]



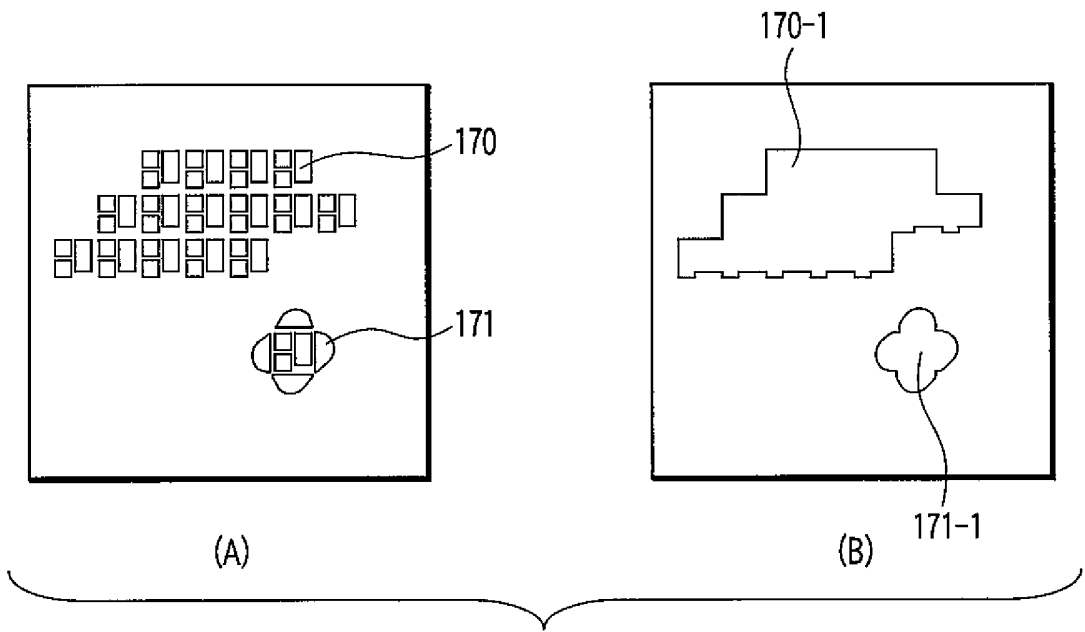
[図2]



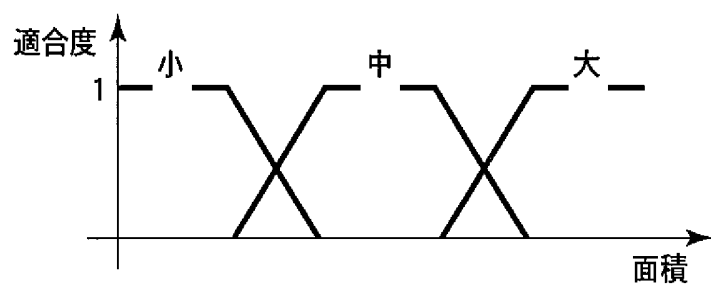
[図3]



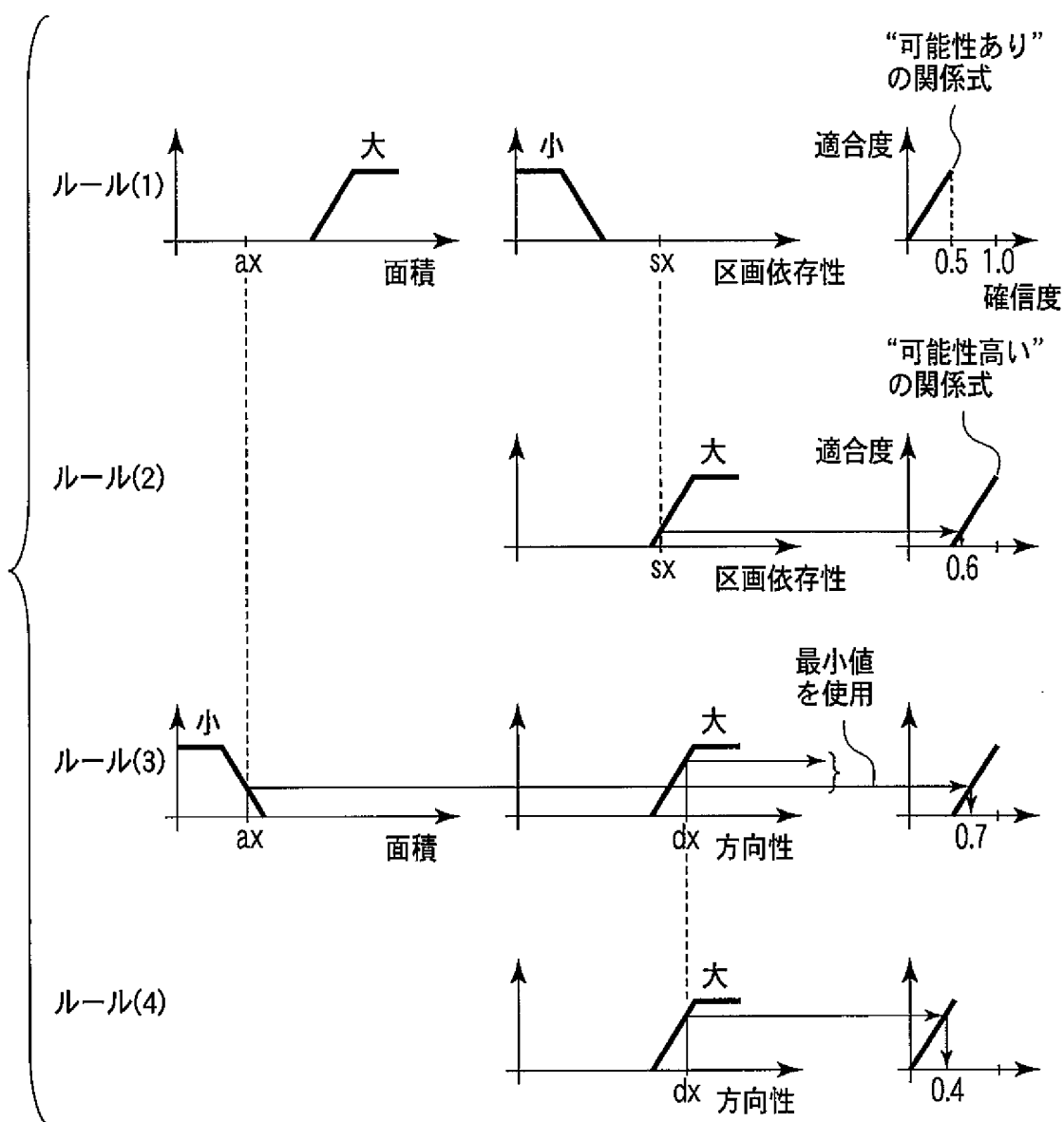
[図4]



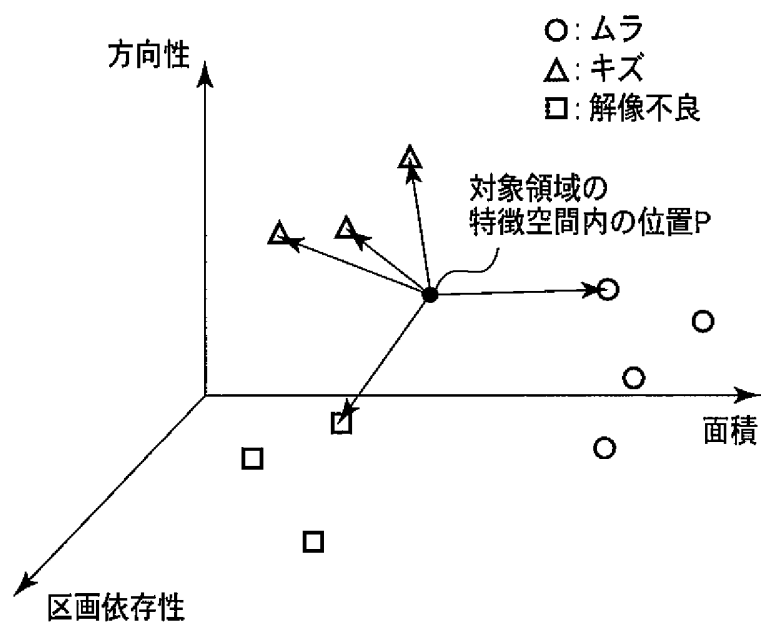
[図5]



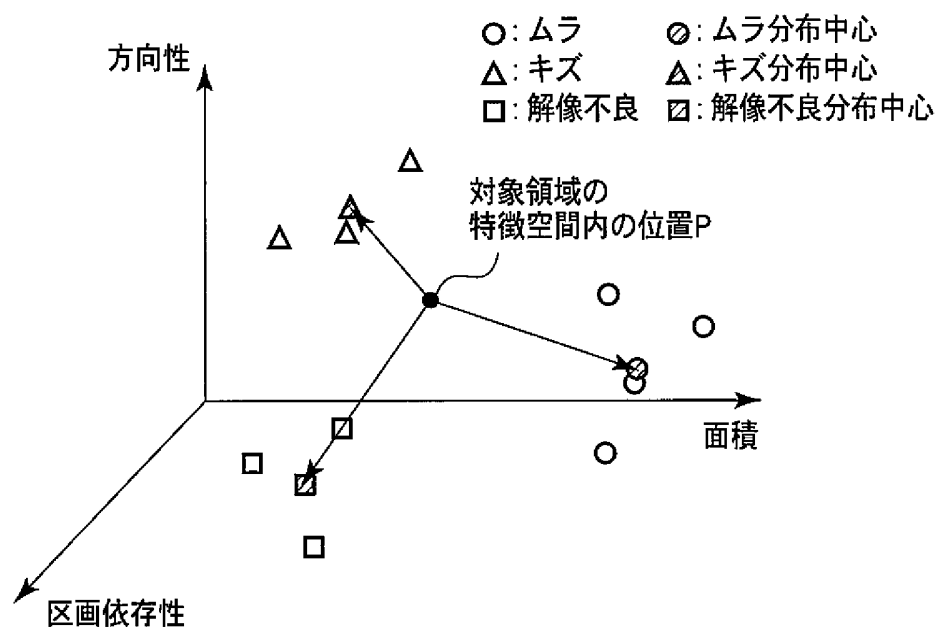
[図6]



[図7]



[図8]



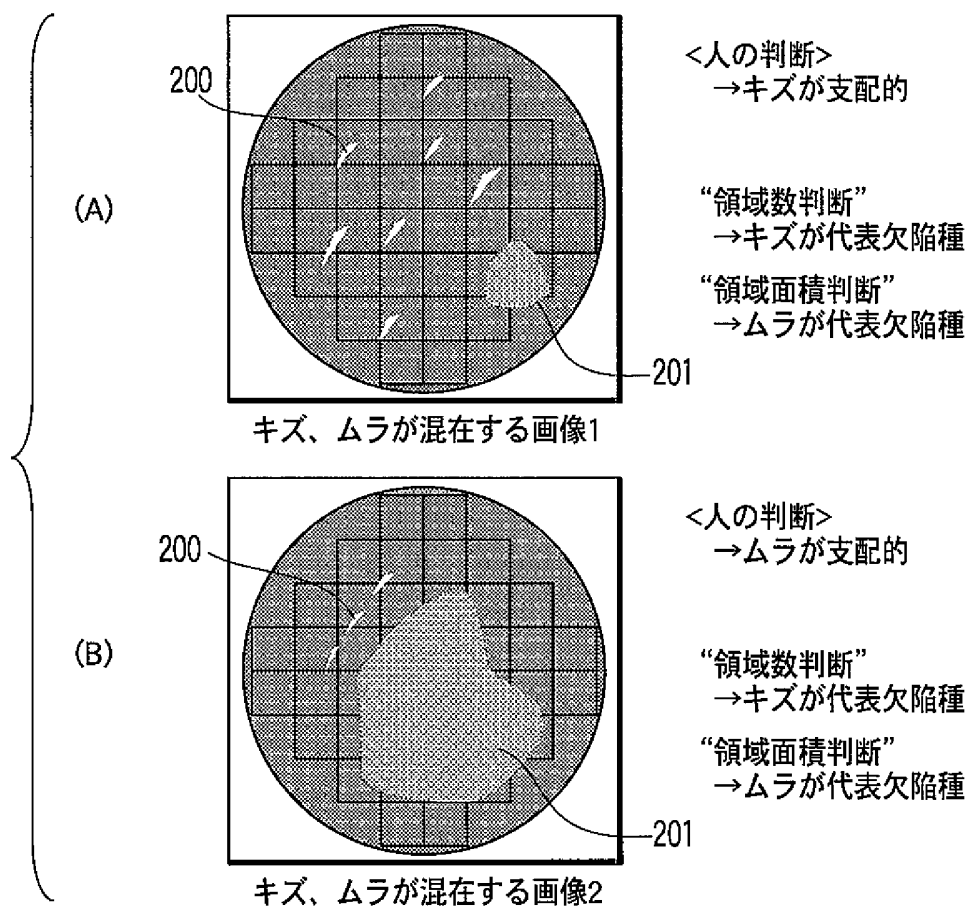
[図9]

	面積(画素数)	占有区画数	欠陥種	信頼性指標値
領域1	200	4	A	0.1
領域2	500	6	B	0.8
領域3	50	3	A	0.2
領域4	1400	11	C	0.4
領域5	400	4	D	0.3
領域6	600	6	B	0.9
領域7	100	3	A	0.7

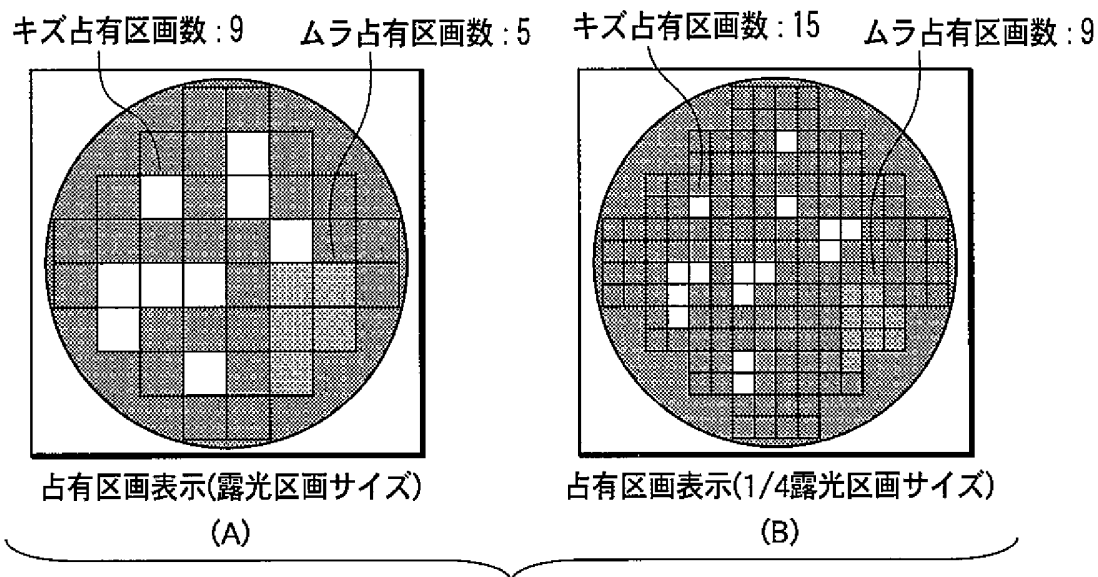
[図10]

	総面積	総区画数	領域数	優先度
欠陥種A	350	10	3	1
欠陥種B	1100	12	2	3
欠陥種C	1400	11	1	2
欠陥種D	400	4	1	1

[図11]



[図12]



[図13]

	面積(画素)	占有区画数	欠陥種	信頼性指標値
領域1	200	4	A	0.1
領域2	500	6	B	0.8
領域3	50	3	A	0.2
領域4	1400	11	C	0.4
領域5	400	4	D	0.3
領域6	600	6	B	0.9
領域7	100	3	A	0.7

[図14]

	総面積	総区画数	領域数	優先度
欠陥種A	100	3	1	2
欠陥種B	1100	12	2	4
欠陥種C	0	0	0	3
欠陥種D	0	0	0	1

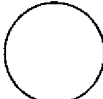
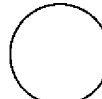
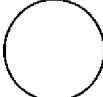
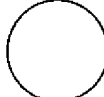
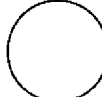
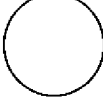
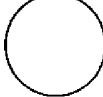
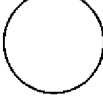
[図15]

検査情報

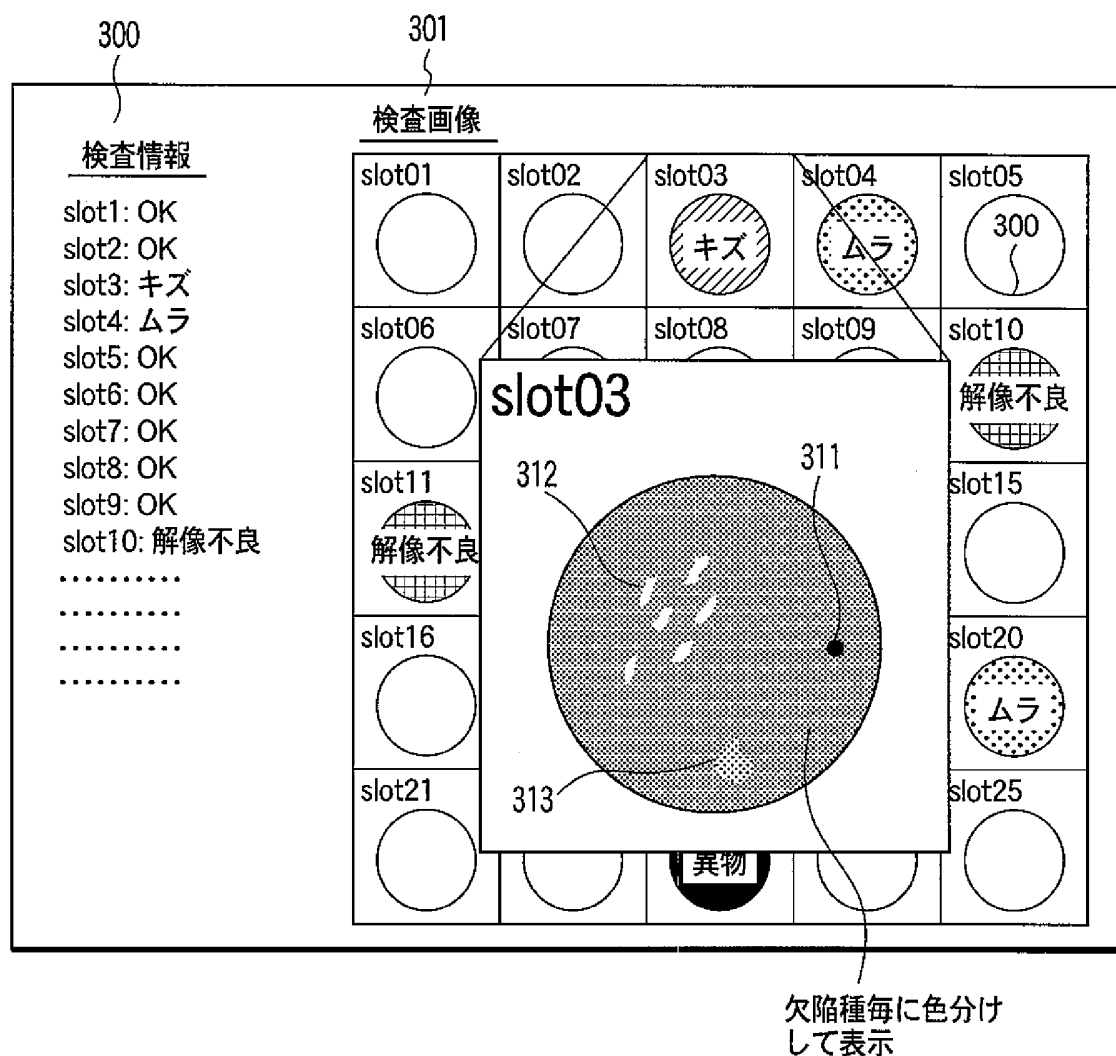
slot1: OK
 slot2: OK
 slot3: キズ
 slot4: ムラ
 slot5: OK
 slot6: OK
 slot7: OK
 slot8: OK
 slot9: OK
 slot10: 解像不良

.....

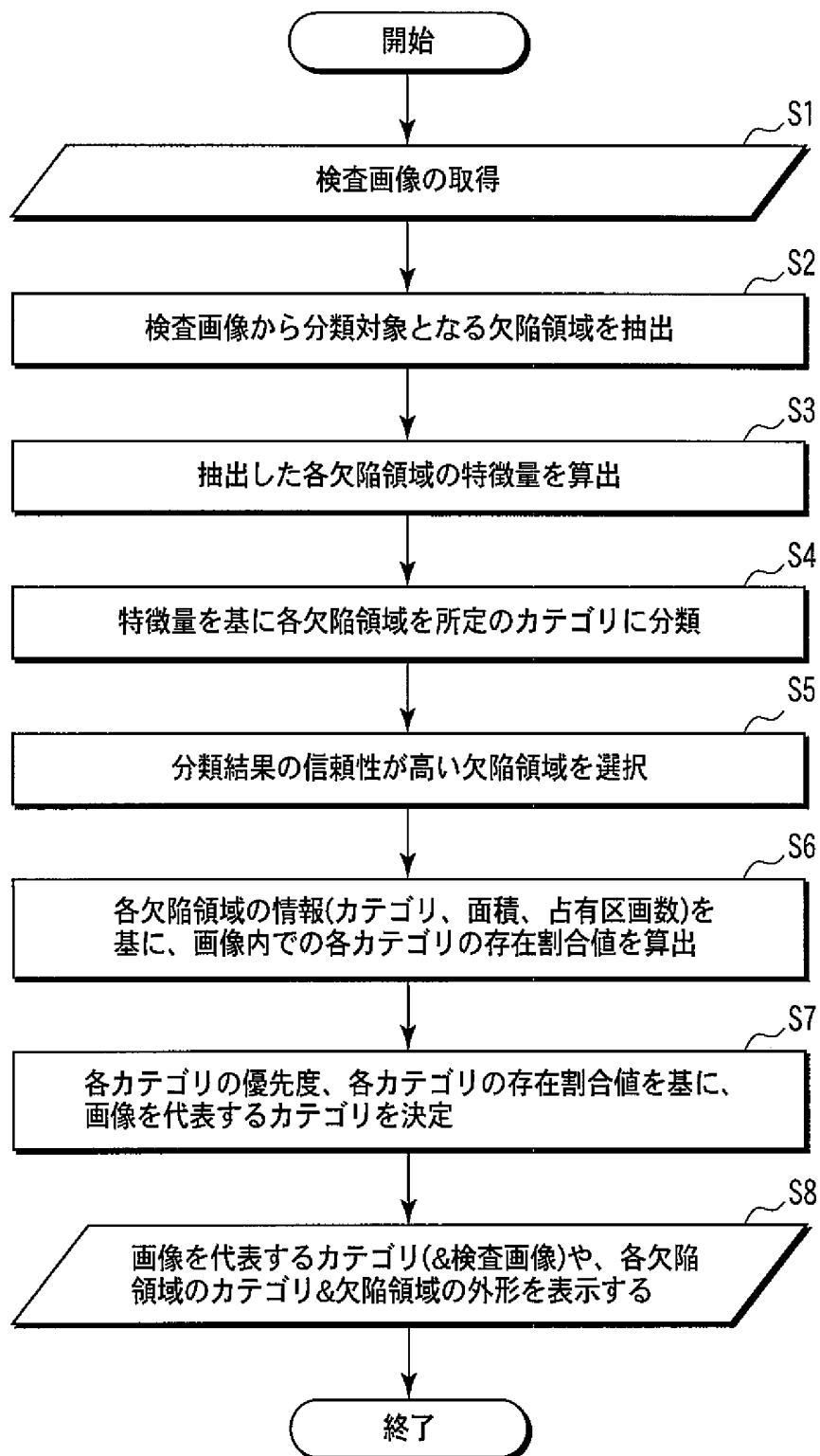
検査画像

slot01 	slot02 	slot03 	slot04 	slot05 
slot06 	slot07 	slot08 	slot09 	slot10 
slot11 	slot12 	slot13 	slot14 	slot15 
slot16 	slot17 	slot18 	slot19 	slot20 
slot21 	slot22 	slot23 	slot24 	slot25 

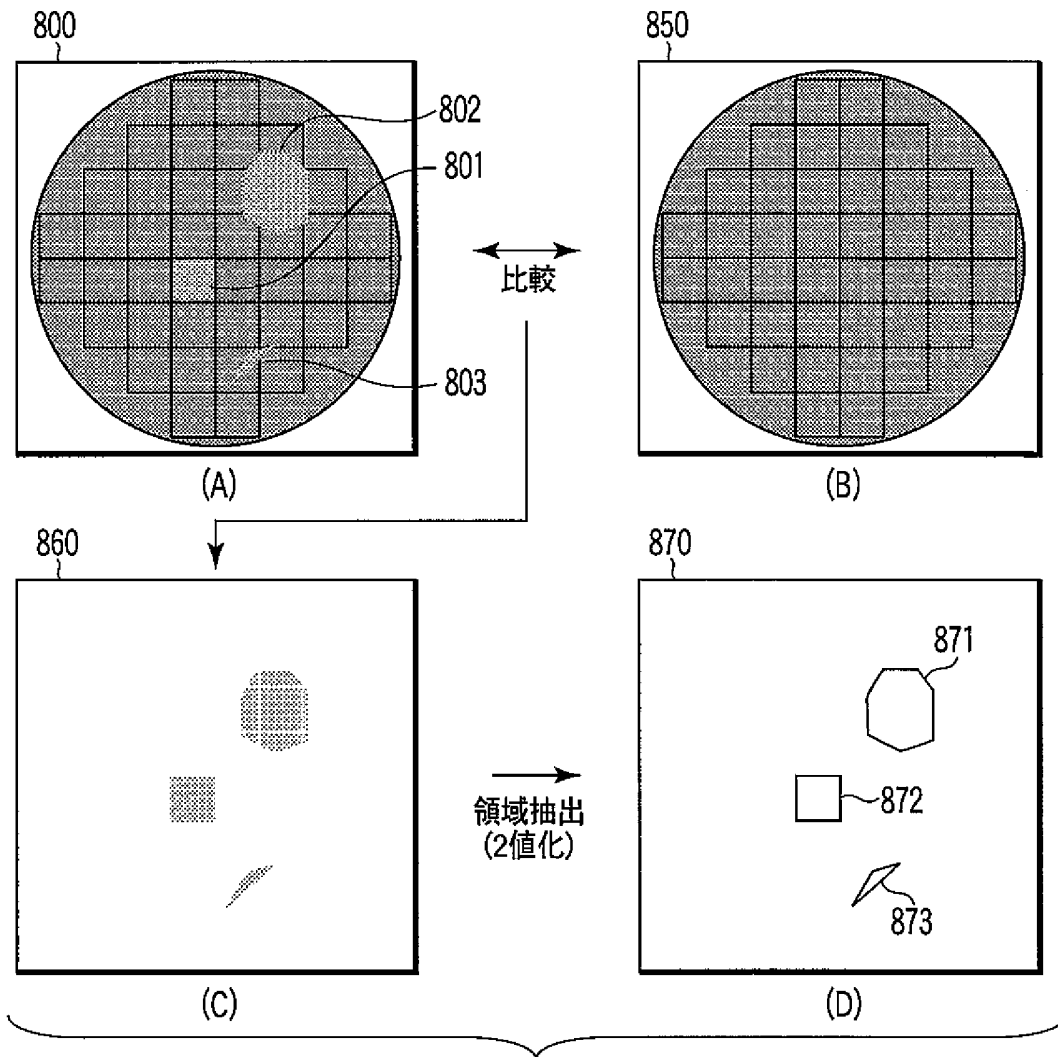
[図16]



[図17]



[図18]



[図19]

(A)	領域	特徴量1	特徴量2	特徴量3	...
	領域871	0.8	0.9	0.3	...
	領域872	0.6	0.7	1	...
	領域873	0.1	0.2	0.2	...

(B)	<分類ルール(ファジィIF-THEN)>				
	IF(特徴量1=大 AND 特徴量3=小) THEN(ムラ)				
	IF(特徴量2=中 AND 特徴量3=大) THEN(解像不良)				
	IF(特徴量1=小 AND 特徴量2=小) THEN(キズ)				
	:				
	:				

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/007228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁷ G01N21/956, H01L21/66		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁷ G01N21/84-21/958, H01L21/64-21/66		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-305073 A (Hitachi, Ltd.),	1, 5, 7, 9-12
Y	31 October, 2001 (31.10.01), Full text; all drawings (Family: none)	8
Y	JP 2003-168114 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 13 June, 2003 (13.06.03), Full text; all drawings (Family: none)	8
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 July, 2005 (12.07.05)		Date of mailing of the international search report 26 July, 2005 (26.07.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01N21/956, H01L21/66

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01N21/84-21/958, H01L21/64-21/66

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2001-305073 A (株式会社日立製作所) 2001. 10. 31, 全文、全図 (ファミリー無し)	1, 5, 7, 9-12 8
Y	JP 2003-168114 A (オリンパス光学工業株式会社) 2003. 06. 13, 全文、全図 (ファミリー無し)	8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 07. 2005

国際調査報告の発送日

26. 7. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田邊 英治

2W

9409

電話番号 03-3581-1101 内線 3292