

(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2005-98970
(P2005-98970A)

(43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)

(51) Int. Cl.⁷
G01N 21/94

F I
G O I N 21/94

テーマコード(参考)
2 G O 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 24 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-94269 (P2004-94269) (22) 出願日 平成16年3月29日 (2004. 3. 29) (31) 優先権主張番号 特願2003-300248 (P2003-300248) (32) 優先日 平成15年8月25日 (2003. 8. 25) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(71) 出願人 000001122 株式会社日立国際電気 東京都中野区東中野三丁目14番20号 (72) 発明者 深町 哲昭 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内 (72) 発明者 清水 高博 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内 Fターム(参考) 2G051 AA90 AB01 AB06 AB07 BA10 CA04 CA07 CB01 CC11 CD02 DA07 EA08 EA11 EB01 EB02 EC01 ED08 ED21</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 異物識別方法及び異物識別装置

(57) 【要約】

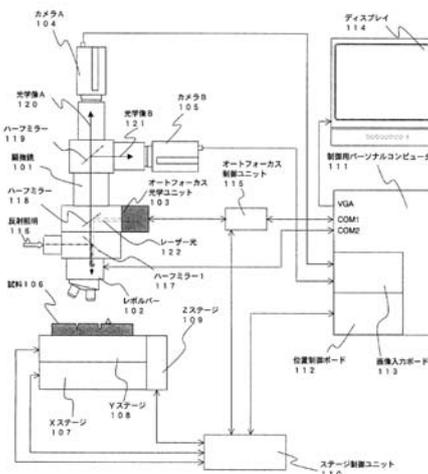
【課題】

検査対象物の表面上または内部に形成された異物を検査する装置に関し、特に、検出された異物が検査対象物が表面に付着したものの否かを識別する識別方法及び装置を提供する。

【解決手段】

撮像装置から検査対象物の上表面に焦点の合った画像情報(合焦点画像情報)と、表面から下面でかつ内部異物が認識できる位置に焦点をずらした画像情報(非焦点画像情報)とを取得し、合焦点画像情報と非焦点画像情報とに基づいて表面異物と内部異物とを識別する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

顕微鏡装置と撮像装置を用い、検査対象物の基準となる焦点位置で基準画像取得し、該焦点位置と異なる少なくとも1つの焦点位置で異なる焦点位置の画像を取得し、取得したそれらの画像を比較して、比較結果から、上記基準となる焦点位置より上にある異物と下にある異物とを識別することを特徴とする異物識別方法。

【請求項 2】

検査対象物を載せるステージを有する顕微鏡装置と、該顕微鏡装置で拡大された上記検査対象物の拡大画像を撮影する撮像装置と、上記ステージを制御する制御装置とを備える異物識別装置において、

10

上記顕微鏡装置は、上記基準となる焦点位置と異なる焦点位置の少なくとも1つの画像を得るために、上記検査対象物の表面に焦点面を合わせる撮像装置と、これを基準に異なる位置に焦点の合うように第2の撮像装置を備え、

上記撮像装置は上記検査対象物の表面に焦点の合った画像情報を取得し、上記第2の撮像装置は表面と異なる位置に焦点を変えた画像情報を取得し、該焦点がずれた画像情報の微分成分を求め、微分値の大きくなる部分を認識し、前者の画像情報にある部分と認識した微分値の大きくなる部分を識別することを特徴とする異物識別装置手法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、検査対象物上または内部に形成された異物を検査する装置に関し、特に、検出された異物が検査対象物が表面に付着したものが否かを識別する識別方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来光学顕微鏡とCCD等の撮像装置を用いた異物検査装置では、検査対象物(試料)表面を透過光または反射光によって撮像する。このとき、検査対象物の表面または内部に存在する異物は表面部に比較して暗い輝度レベルの画像として撮像される。この暗い輝度レベルの画像領域を異物として検出する。

しかし、検出された異物が、検査対象物表面より上に存在するのか下に存在するのかを識別できにくかった。

30

以降、顕微鏡を介して取得する画像の合焦点位置を検査対象物(試料)表面と云う。また、この表面よりZ軸方向について、上に存在する異物を表面異物、下に存在する異物を内部異物と称する。

例えば、異物とは、欠陥、ポイド、溝、穴、凹凸、等、検査対象物面に形成された穴、凹み、溝、及び内部に形成された異物、空洞、等を総称するものである。また、表面異物には、その他に表面に付着した異物や搭載部品等がある。

また例えば、異物とは、元の試料(検査対象物)について、加工等、外部的時間的等の要因によって生じられた外観的な変化がある部分のことで、内部の空洞、欠陥、きず、付着物、パターン配線、生成膜、搭載部品、はんだ、等を含む。

40

【0003】

検出された異物を識別する方法としては、例えば、検出が予想される(または、事前に分かっている)検査対象物面に形成された穴、凹み、溝、及び内部に形成された空洞、更に検査対象物が透明に近い材料ならば屈折率の異なる異物、等や搭載部品等を、画像情報として記憶しておき、実際に検出された異物と比較し、同じ位置にある異物を検査対象から除外するテンプレート比較という方法がある。

このテンプレートによる比較方法は、検出された異物のサイズ、形状、輝度レベル差について、テンプレート画像と比較することによって、形成物と異物とを識別していた。しかし、この識別方法では異物の形状、サイズ、輝度レベル差により見逃しや誤認識が発生する可能性があった。また、テンプレートによる比較方法では、事前に検査対象物に形成

50

されている異物（例えば、穴、や搭載部品、等）の位置情報が必要な上、テンプレートの作成に多くの時間が必要であった（例えば、先行特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】特開平3-72249号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述の従来技術では、検出された異物が、検査対象物表面より上に存在するのか下に存在するのか識別できにくかった。

また、テンプレートによる比較方法を使って識別すると、異物の形状、サイズ、輝度レベル差により見逃しや誤認識が発生する場合があります、更に、事前に検査対象物に形成されている異物の位置情報が必要な上、テンプレートの作成に多くの時間が必要だった

本発明の目的は、検査対象物表面または内部に形成される内部異物を検査対象物表面に付着した異物（表面異物）と確実に識別する方法とその装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の目的を達成するため、本発明の異物識別方法は、顕微鏡装置と撮像装置を用い、検査対象物の基準となる焦点位置で基準画像取得し、焦点位置と異なる少なくとも1つの焦点位置で異なる焦点位置の画像を取得し、取得したそれらの画像を比較して、比較結果から、基準となる焦点位置より上にある異物と下にある異物とを識別することを特徴とする。

また、本発明の異物識別装置は、検査対象物を載せるステージを有する顕微鏡装置と、顕微鏡装置で拡大された検査対象物の拡大画像を撮影する撮像装置と、上記ステージを制御する制御装置とを備える異物識別装置において、顕微鏡装置は、基準となる焦点位置と異なる焦点位置の少なくとも1つの画像を得るために、検査対象物の表面に焦点面を合わせる撮像装置と、これを基準に異なる位置に焦点の合うように第2の撮像装置を備え、撮像装置は上記検査対象物の表面に焦点の合った画像情報を取得し、第2の撮像装置は表面と異なる位置に焦点を変えた画像情報を取得し、焦点がずれた画像情報の微分成分を求め、微分値の大きくなる部分を認識し、前者の画像情報にある部分と認識した微分値の大きくなる部分とを識別することを特徴とする。

【0007】

即ち、上記の目的を達成するため、本発明の異物識別方法及び装置は、検査対象物を載せるステージを有する顕微鏡装置と、その顕微鏡装置で拡大された検査対象物の拡大画像を撮影する撮像装置と、検査対象物を載せたステージを制御する制御装置と、検査対象物に応じた検査条件を記録する記録装置とを有し、記録装置に記録された検査条件に基づいて、撮像装置から出力した画像情報を解析し、検査対象物上の異物を検査する検査装置において、検査対象物の表面または内部に本来存在する穴または凹みまたは溝等の内部異物と表面に付着した異物（表面異物）とを識別するために、撮像装置から検査対象物の表面に焦点の合った画像情報（合焦点画像情報）と、表面から下面でかつ内部異物が認識できる位置に焦点をずらした画像情報（非焦点画像情報）とを取得し、合焦点画像情報と非焦点画像情報とに基づいて表面異物と内部異物とを識別するものである。

また、本発明の異物識別方法及び装置は、合焦点画像情報と非焦点画像情報との情報とは、好ましくは、非焦点画像情報の微分成分を算出し、算出された微分値が所定値以上の画素領域の部分と、合焦点画像情報の輝度レベルが所定値未満の画素領域の部分がほぼ一致する画素領域の部分とを内部異常物として識別するものである。

また、好ましくは、本発明の異物識別方法及び装置は、合焦点画像情報と非焦点画像情報との情報とは、非焦点画像情報の輝度レベルが所定値未満の画素領域の部分と、合焦点画像情報の輝度レベルが所定値未満の画素領域の部分がほぼ一致する画素領域の部分を内部異常物として識別するものである。

【0008】

10

20

30

40

50

また本発明の異物識別装置は、焦点面の異なる2つの画像情報を得る手段として、顕微鏡装置に、検査対象物の表面に焦点面を合わせる撮像装置と、これを基準に異なる位置に合焦点する撮像装置を配置し、後者の撮像装置の焦点位置を調整するものである。

【0009】

即ち、本発明は、光学顕微鏡と撮像装置を利用して検査対象物の画像を取得し、取得された画像を解析して、検査対象物上または内部に形成された微細な穴や凹凸、パターンなどを形成した際の溝、または傷や、その表面に付着した異物を検査する装置に関し、特に、検出された異物が検査対象物が表面に付着したものが否かを識別するものである。

【発明の効果】

【0010】

本発明の異物識別方法及び異物識別装置によれば、試料のテンプレート等の事前情報なしに、かつ、試料面下に形成された異物と、表面に付着した異物とを識別し、検査不要のものは検査対象から除外できるため、検査準備時間及び検査時間を短くできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

本発明は、検査対象物の表面または内部に本来存在する穴または凹みまたは溝等の内部異物と表面に付着した異物（表面異物）とを識別するために、撮像装置から検査対象物の表面に焦点の合った画像情報（合焦点画像情報）と、表面から下面でかつ内部異物が認識できる位置に焦点をずらした画像情報（非焦点画像情報）とを取得し、合焦点画像情報と非焦点画像情報とに基づいて表面異物と内部異物とを識別する。このとき、合焦点画像情報と非焦点画像情報との情報とは、好ましくは、非焦点画像情報の微分成分を算出し、算出された微分値が所定値以上の画素領域の部分と、合焦点画像情報の輝度レベルが所定値未満の画素領域の部分がほぼ一致する画素領域の部分を内部異常物として識別する。

また、好ましくは、合焦点画像情報と非焦点画像情報との情報とは、非焦点画像情報の輝度レベルが所定値未満の画素領域の部分と、合焦点画像情報の輝度レベルが所定値未満の画素領域の部分がほぼ一致する画素領域の部分を内部異常物として識別する。

【0012】

また本発明の異物識別装置は、焦点面の異なる2つの画像情報を得る手段として、顕微鏡装置に、検査対象物の表面に焦点面を合わせる撮像装置と、これを基準に異なる位置に合焦点する撮像装置を配置し、後者の撮像装置の焦点位置を調整する。

【0013】

即ち、本発明は、光学顕微鏡と撮像装置を利用して検査対象物の画像を取得し、取得された画像を解析して、検査対象物上または内部に形成された微細な穴や凹凸、パターンなどを形成した際の溝、または傷や、その表面に付着した異物を検査する装置に関し、特に、検出された異物について、検査対象物の表面に付着したものが否かを識別する。

【実施例1】

【0014】

本発明の識別方法の具体的な実施例を図7、図2～図4、及び図5によって説明する。図7と図2～図4は、本発明の一実施例の原理を説明するための図で、図5は、本発明の一実施例の処理動作例のフローチャートである。106は試料、701と702は内部異物、703は表面異物、704はカメラフォーカス面、705は対物レンズ、706は接眼レンズ、707はカメラ撮像面、708は光軸である。内部異物701、702は、図7の例では、試料に開けられた穴である。

図示しない光源からの光（落射光）が試料106に垂直に照射され、照射された光が試料106の表面から反射し、反射した光が、対物レンズ705、接眼レンズ706を通して、カメラ撮像面707で結像する。

【0015】

図7(a)は、検査対象物である試料106の上表面にカメラフォーカス面（焦点）が合っている場合の光学系を説明する図である。また、図7(b)は、試料106の上表面より

10

20

30

40

50

下方向にカメラフォーカス面（焦点）が合っている場合の光学系を説明する図である。

【0016】

試料106の上表面に焦点が合っている場合には、カメラ撮像面707で結像した光学像によって取得された画像は、図2(a)に示すようになる。図2は、第1のカメラ104が撮像した画像（図2(a)）とその画像の輝度プロファイル（図2(b)）の一例を示す図である。201と202は検出対象となる試料に形成された穴701と702の画像、203は試料106の表面上にある異物703の画像、204は破線部の輝度プロファイルである。図2(a)の画像は、顕微鏡の反射照明による画像であり、穴701（画像201）、穴702（画像202）と異物703（画像203）は、他の表面部分の画像と比較して反射光が少なく暗いため、輝度レベルが低い。図2(b)は、図2(a)の破線部分の輝度プロファイル204を示し、画像201、202と画像203の輝度が、共に、低いことを表す。

10

【0017】

図7(b)のように、試料106の上表面より下側に焦点が合っている場合には、カメラ撮像面707で結像した光学像によって取得された画像は、図3(a)に示すようになる。図3は、カメラB105が撮像した画像（図3(a)）とその画像の輝度プロファイル（図3(b)）の一例を示す図である。301と302は検出対象となる試料106に形成された穴701と702の画像、303は試料106の表面上にある異物703の画像、304は破線部の輝度プロファイルである。図2と図3とで、穴の画像201と301は同じ穴701を撮像し、穴の画像202と302は同じ穴702を撮像し、異物の画像203と303は同じ異物703を撮像している。図3(a)の画像は、図2と同一場所を撮像しているが、顕微鏡の焦点位置が図2に比べて試料の内部（表面から下方向に）少しずれている。このため、画像全体としてはぼけた像となっており、輝度レベルの変化が少ない。この焦点位置は、試料106の下面より上にあることが望ましいが、試料106の下面より合っても良い。

20

【0018】

図3(a)において、穴701、702（画像301、302）と異物703（画像303）は、他の表面部分の画像と比較して反射光が少なく暗いため、表面部分より輝度レベルが低い。図3(b)は、図3(a)の破線部分の輝度プロファイル304を示し、穴701、702の画像301、302と異物703の画像303の輝度が、共に、低いことを表す。

30

しかし、表面異物703は、穴701、702より焦点がずれていく方向に存在するため、輝度レベルが高く見える。また、穴701、702は、試料106の上表面より深い（下方向）場所に空洞があるものであり、図7(b)の場合でも焦点が合うところが存在することから、輝度レベルが低い。例えば、穴が光軸708方向に平行に空いていれば、図7(a)と図7(b)のどちらの焦点で撮影しても穴701、702の画像の輝度レベルは同じになる。

即ち、穴701、702の画像301、302は、焦点位置が試料106の上表面より下方向にあるため、その輝度レベルは、穴701、702の画像201、202より輝度レベルが等しいかまたは多少小さいが、他の部分の画像と比較して反射光が少なく暗いため、輝度レベルが低い。したがって、他の部分との輝度レベル差が大きいため、輝度レベルの微分値が高くなる。

40

これに対し、異物703の画像303は、図7(b)の焦点で取得した画像では、焦点が合わなくなるため、画像203よりぼけた画像となっており輝度レベルが表面の輝度レベルに近くなる。

【0019】

次に図2～図4を用いて、異物を識別する方法の一実施例を説明する。

まず、図2の画像について、所定の輝度レベル未満の部分の異物として検出し、その異物の位置座標を算出する。位置座標の算出方法としては、例えば、所定の輝度レベル未満の画素領域を画素毎に2値化して検出し、検出したそれぞれのかたまりの重心位置をその

50

異物の位置座標とする。

また、図3の画像について、輝度レベルの微分値を算出する。そして、微分値が所定値以上の部分を輝点として検出し、その輝点の位置座標を求める。もし、異物の大きさが1画素～数画素分に近いサイズであれば、検出したそれぞれのかたまりの形状は異物の形状に似ているし、異物の大きさが数画素分以上のサイズであれば、検出したそれぞれのかたまりの形状は異物の輪郭形状に近くなる。位置座標の算出方法としては、例えば、所定の輝度レベル以上の画素領域を画素毎に2値化して検出し、検出したそれぞれのかたまりの重心位置をその異物の位置座標とする。

図4は、カメラB105が取得した画像(図3(a))から算出した微分値から算出した2値化画像の一実施例である。401と402は穴の2値化画像、403は表面異常物の2値化画像である。表面異常物403は2値化すると、実際には、図4に示すものより輝度が周囲の黒い部分と同じになるが、図4では、周囲の黒い部分と区別するために明るめに描いている。

そして、カメラA104の画像(図2(a))から求めた異物の位置座標と、カメラB105の画像(図3(a))から求めた輝点とが一致する位置と一致しない位置とを検出し、一致する位置にある異物を内部異常物と判定し、一致しない位置にある異物を表面異常物と判定する。

【0020】

このように、図2の異物検出結果と図3、図4の輝度レベルの微分値から算出した2値化画像の結果とが一致するか否かで穴と異物を区別することが可能となり、穴の位置と分布を異物と混在することなく求めることができる。

【0021】

より簡単な方法としては、図2の画像による輝度レベルが低い部分と図3の画像による輝度レベルが低い部分(画素のかたまり)とを比較し、どちらも輝度レベルが低い部分は、内部異物(図7(a)の焦点位置より下方向に分布する異物)であると判定することもできる。また、図2の画像による輝度レベルが低い部分であるが、図の画像では輝度レベルがそれほど低くない部分は表面異物(図7(a)の焦点位置より上方向に分布する異物)であると識別できる。

【0022】

図4は、図3(a)の画像について画素毎に輝度レベルを微分して、微分した値が所定値未満の輝度レベルの画素を“0”、それ以外の画素を“255”とした場合の2値化画像の一例である。401と402は穴701と702の2値化画像、403は表面異常物703の2値化画像である。表面異常物703は実際には、周囲の黒い部分と同じであるが、図4では、周囲の黒い部分と区別するために斜線を入れて描いている。

そして、図2(a)の画像から求めた異物の位置座標と、図3(a)の画像から求めた輝点とが一致する位置と一致しない位置とを検出し、一致する位置にある異物を内部異常物と判定し、一致しない位置にある異物を表面異常物と判定し、内部異常物と表面異常物とを識別する。

【0023】

図5において、ステップ501では、図7(a)の焦点位置で画像ImAを取得する。

ステップ502では、図7(a)の焦点位置での2値化閾値ThAを入力機器またはメモリから読出す。メモリは、例えば、本処理動作を実行する制御用パーソナルコンピュータ(後述)に内蔵されているか、または外付けの記憶装置である。また、入力機器は、制御用パーソナルコンピュータと操作者とのマンマシンインタフェースであって、例えば、キーボード、ポインティングデバイス、操作パネル等である。

ステップ503では、画像ImAについて読込んだ2値化閾値ThAを使って2値化処理し、2値化画像BimAを算出する。即ち、例えば、画素毎に、輝度レベルが2値化閾値ThA未満の画素を、“0”とし、輝度レベルが2値化閾値ThA以上の画素を、“255”に設定する(輝度レベルの最小値が“0”で最大値が“255”の場合)。

ステップ504では、2値化画像BimAから、輝度レベルが2値化閾値ThA未満の画

10

20

30

40

50

素のかたまりについてラベリング処理を行う。

ステップ505では、ステップ504のラベリング処理で作成された各ラベルの画像上の位置座標 P_n をメモリに記憶する。ここで、 n は整数で、 $n \geq 0$ である。

【0024】

ステップ506では、図7(b)の焦点位置に試料を移動する。

ステップ507では、図7(b)の焦点位置で画像 I_mB を取得する。

ステップ508では、画像 I_mB の輝度レベルを画素毎に微分し、微分値を画像 I_mBd として取得する。

ステップ509では、2値化閾値 ThB を入力機器またはメモリから読出す。

ステップ510では、画像 I_mBd について読込んだ2値化閾値 ThB を使って2値化処理し、2値化画像 $BimB$ を算出する。即ち、例えば、画素毎に、輝度レベルが2値化閾値 ThB 未満の画素を、“0”とし、輝度レベルが2値化閾値 ThB 以上の画素を、“255”に設定する(輝度レベルの最小値が“0”で最大値が“255”の場合)。

ステップ511では、2値化画像 $BimB$ から、輝度レベルが2値化閾値 ThB 未満の画素のかたまりについてラベリング処理を行う。

ステップ512では、ステップ511のラベリング処理で作成された各ラベルの画像上の位置座標 p_k をメモリに記憶する。ここで、 k は整数で、 $k \geq 0$ である。

【0025】

ステップ513では、すべての位置座標 P_n と全ての位置座標 p_k の値をそれぞれ比較して、位置座標 P_n が位置座標 p_k に所定の範囲以内であればステップ514に進み、所定の範囲以上であればステップ515に進む。例えば、位置座標 P_n と位置座標 p_k の間の2点間距離の最小値を算出し、2点間距離の最小値が所定の値以内であれば所定の範囲以内とする。

例えば、位置座標 P_1 と位置座標 $p_1 \sim p_k$ とを次々と比較し、位置座標 $p_1 \sim p_k$ のいずれかが位置座標 P_1 とほぼ一致するか否かを調べる。

ステップ514では、所定の範囲以内にある位置座標の値の組合わせ P_n と p_k とを対象の異物として抽出し、内部異物として記憶する。

ステップ515では、全ての位置座標 P_n について、位置座標 p_k の組合わせについて比較が終了したか否かを判定し、終了していれば、位置座標 p_k と関連付けられなかった位置座標 P_n を表面異物として記憶し、この識別処理動作を終了する。全ての比較が終了していなければ、ステップ513に戻り識別処理を続ける。

この結果、例えば、試料に加工した穴の検査をする場合に、試料表面に付着した異物を誤検出することがないため、検出した部分だけを検査できるため、迅速な検査を行うことができる。

【実施例2】

【0026】

本発明の識別方法を実施するための装置の一実施例を図6によって説明する。図6は、本発明の一実施例の識別装置の構成を示すブロック図である。図6の識別装置は、検査対象物(試料)の表面に付着した異物と試料の表面から内部に向かって開いた穴を判別し、穴の開いた位置とその分布を検査する機能を兼ねている。

【0027】

101は顕微鏡、102は対物レンズを切替えるためのレボルバー、103はオートフォーカス光学ユニット、120は光学像、604はカメラ、111は制御用パーソナルコンピュータである。カメラ604は、例えば、CCD等の撮像素子を備え、顕微鏡101から入射する光(光学像120)を電気信号に変換して制御用パーソナルコンピュータ111に出力する。

また、107はX軸ステージ、108はY軸ステージ、109はZ軸ステージ、106はY軸ステージ108上に載置した検査対象物(試料)である。X軸ステージ107とY軸ステージ108は、Z軸ステージ109上に配置されXY軸方向、Z軸方向の移動が可能で観察位置を制御できる。試料106は、Y軸ステージ108上に載置されているため

10

20

30

40

50

、 X , Y , Z ステージの移動に伴って、 X 軸方向 , Y 軸方向 , Z 軸方向に移動する。

【 0 0 2 8 】

1 1 6 は反射照明、 1 1 7 と 1 1 8 はハーフミラー、 1 2 2 はレーザ光である。

反射照明光 1 1 6 は、図 6 に示すように、顕微鏡 1 0 1 の横方向から入射して、ハーフミラー 1 1 7 で反射してレボルバー 1 0 2 に取付けられた対物レンズ (図示しない) を通って試料 1 0 6 の表面を照射する。照射された光によって試料 1 0 6 は反射光 (光学像 1 2 0) を出し、対物レンズを通して顕微鏡に入射する。即ち、対物レンズを通った光は、ハーフミラー 1 1 7、 1 1 8 を通過して、光学像 1 2 0 として図示しない結像レンズによってカメラ 6 0 4 の結像面位置 (光電変換面) で結像する。カメラ 6 0 4 は光学像 1 2 0 を画像データに変換して制御用パーソナルコンピュータ 1 1 1 に出力する。

10

【 0 0 2 9 】

1 1 0 はステージ制御ユニット、 1 1 2 は制御用パーソナルコンピュータ 1 1 1 内に実装された位置制御ボードである。ステージ制御ユニット 1 1 0 は、位置制御ボード 1 1 2 からの指令でステージ機構 (X 軸ステージ 1 0 7、 Y 軸ステージ 1 0 8、及び Z 軸ステージ 1 0 9) の制御を行う。

【 0 0 3 0 】

1 1 3 は画像入力ボードで、制御用パーソナルコンピュータ 1 1 1 内に実装されており、第 1 のカメラ 1 0 4 と第 2 のカメラ 1 0 5 が取得した画像の取込みを行う。 1 1 4 はディスプレイで、この検査装置の制御画面、取込んだ画像、処理画像の少なくとも 1 つを表示する。

20

1 1 5 はオートフォーカス制御ユニットで、オートフォーカス光学ユニット 1 0 3 とステージ制御ユニット 1 1 0、 Z 軸ステージ 1 0 9 の組合せで第 1 のカメラ 1 0 4 のフォーカスを検査対象物 1 0 6 の表面に合わせる。即ち、オートフォーカス制御ユニット 1 1 5 は、オートフォーカス光学ユニット 1 0 3 からレーザ光を出力させ、ハーフミラー 1 1 8 で試料 1 0 6 の表面に直角に照射させ、反射したレーザ光を検知させ、焦点が合っていないければ、ステージ制御ユニット 1 1 0 に誤差信号を出力する。ステージ制御ユニット 1 1 0 は、入力された誤差信号に対応して、 Z ステージ 1 0 9 に制御信号を送る。 Z ステージ 1 0 9 は、入力された制御信号に応じてステージを上下動する。

【 0 0 3 1 】

制御用パーソナルコンピュータ 1 1 1 は、カメラ 6 0 4 から画像入力ボード 1 1 3 を介して入力された画像を処理し、ディスプレイ 1 1 4 に表示画像を出力する。また、制御用パーソナルコンピュータ 1 1 1 は、オートフォーカス制御ユニット 1 1 5 からフォーカス情報をもらい、ディスプレイ 1 1 4 に表示したり、画像解析のデータとして使用する。また、制御用パーソナルコンピュータ 1 1 1 は、設定されたプログラムに応じて焦点距離の変更情報をオートフォーカス制御ユニット 1 1 5 に出力して焦点位置を変更する。また、制御用パーソナルコンピュータ 1 1 1 は、レボルバー 1 0 2 に信号を送り、レボルバー 1 0 2 に取付けられた対物レンズを入力機器またはメモリから読出した指定された倍率の対物レンズに変更する。

30

【 実施例 3 】

【 0 0 3 2 】

上記図 5 の実施例では、焦点位置を試料上表面より下方向にずらして撮像した画像について、微分画像を求めてから閾値を用いて 2 値化した画像についてラベリングしていた。しかし、試料の表面に合焦点して撮像した画像と試料の表面より下に合焦点して撮像した画像のどちらを微分しても良いし、両方とも微分した画像について 2 値化しても良いし、また両方とも微分しないで 2 値化しても良い。図 1 0 によって、図 3 で示した焦点位置を試料上表面より下方向にずらして撮像した画像について、所定の閾値で 2 値化した場合の輝度プロファイルと閾値 $T_h B$ との関係の一例を示す。

40

【 0 0 3 3 】

また、焦点位置を変更して取得する画像の数は、 2 つに限るわけではなく、例えば、更に、焦点位置を下方または上方 (表面より上の場合もある) にして取得した画像を用いて

50

複数の画像の論理計算によって異物の識別を行っても良いことは自明である。多数回の焦点位置変更は、例えば、半導体や絶縁体基板上に複数のパターン膜を生成して重ねた場合のそれぞれの膜についての異物の解析に有効である。また、搭載部品の高さが異なる部品についてそれぞれの高さごとに異物があるか否かの検査のために本発明の識別方法が適用可能である。

【0034】

図8によって、両方とも微分しないで2値化する方法の一実施例の処理を説明する。図8は、本発明の一実施例の処理動作例を示すフローチャートである。

図8において、図5と同一の処理には同一のステップ番号を付与した。図8のフローチャートは、図5のフローチャートのステップ508を削除し、ステップ510をステップ810に変更したものである。

10

図5で説明した処理については、説明を省略する。

図5と同様な処理によってステップ501からステップ507の処理が終了、ステップ509に進むと、図5と同様に、ステップ509では、2値化閾値 ThB を入力機器またはメモリから読出す。

そして次のステップ810では、ステップ507で取得した画像 ImB について、読込んだ2値化閾値 ThB を使って2値化処理し、2値化画像 $BimB$ を算出する。ステップ511では、2値化画像 $BimB$ から、輝度レベルが2値化閾値 ThB 未満の画素のかたまりについてラベリング処理を行う。

以降、ステップ512からの処理は図5と同様である。

20

【実施例4】

【0035】

図9を用いて、本発明の異物識別方法の他の実施例について説明する。図9は、本発明の一実施例の原理を説明するための図である。図9の実施例は、図7で説明した識別方法が、焦点位置を変えて少なくとも2回撮像するため、識別に時間がかかることを改善する方法である。即ち、図9に示すように、複数の撮像装置を備え、同時に焦点位置の異なる画像を取得するものである。

図9において、図7と同一の機能のものには、同一の参照番号を付した。その他、707はカメラAの撮像面、807はカメラBの撮像面、808は光軸、806は接眼レンズ、801は結像面位置、119はハーフミラーである。

30

【0036】

図9において、カメラAの動作は、図7(a)におけるカメラと同一である。即ち、カメラAが、カメラA撮像面707で取得する画像は、検査対象物である試料106の上表面に焦点が合っている。これに対して、カメラBの場合は、ハーフミラー119が試料から反射する光を2つに分岐し、一方は従来どおり接眼レンズ706によってカメラA撮像面707で結像するように設置するのに対し、他方が接眼レンズ806によって結像面位置801で結像するようにし、かつ、カメラB撮像面807を結像面位置801より前ピン位置に設けている。

これによって、試料106上表面に合焦点している画像とそれ以外の焦点位置にある画像とを同時に別のカメラで取得できる。

40

図9の実施例では、カメラB撮像面807を結像面位置801より前ピン位置に設けているが、結像面位置801より後ピン位置に設けても良いし、カメラA撮像面707とカメラB撮像面807の焦点位置は相対的に異なればよいので、どちらが基準ということはないことは自明である。

また、図7の実施例のように、更に、Zステージの位置を変更することにより、更に焦点位置の組合わせのパリエーションを多くすることができ、解析に多様な処理方法を適用できる。

【実施例5】

【0037】

図9の具体的な実施例を図1によって説明する。図1は、本発明の一実施例の識別装置

50

の構成を示すブロック図である。図1の識別装置は、検査対象物（試料）の表面に付着した異物と試料の表面から内部に向かって開いた穴を判別し、穴の開いた位置とその分布を検査するための装置に含まれている。図6と同一の機能のものには同一の参照番号を付した。その他、104はカメラA、105はカメラB、119はハーフミラー、121はハーフミラー119で分光されたカメラB105に入射する光学像である。

【0038】

図1において、カメラA104は、図1で説明したカメラ604と同一の機能と役割を有し、試料106の上表面に合焦点された画像（光学像120）を取得し、制御用パーソナルコンピュータ111に出力する。この場合、図9で説明したように、光学像120が接眼レンズ706によってカメラA撮像面707で結像するように設置する。同様に、カメラB105は、試料106の上表面より下方向の位置に合焦点された画像（光学像121）を取得し、制御用パーソナルコンピュータ111に出力する。この場合、図9で説明したように、光学像121が接眼レンズ806によってカメラB撮像面807より後方で結像するように設置する。

10

【0039】

図2のような画像と、これと焦点位置の異なる図3のような画像を用いることで、試料のテンプレート等の事前情報なしに、かつ、試料面下に形成された異物と、表面に付着した異物とを識別し、検査不要のものは検査対象から除外できるため、検査準備時間及び検査時間を短くできる。

【実施例6】

20

【0040】

本発明の一実施例として、試料に貫通した穴を検出する手順の一例を以下に述べる。

手順1． 試料表面に焦点を合わせた画像を取得し、この画像を2値化処理して、黒点を検出し、その画像上の座標を求める。検出に際しては、2値化閾値を黒点判別する面積閾値は可変で設定可能なものとする。

手順2． 試料裏面に近い位置に焦点を合わせた画像を取得し、手順1で求めた黒点の座標を中心に検査ウインドを設定し、ウインド内の微分画像を求める。手順1で黒点が複数存在する場合は、検査ウインドは複数となる。また、ウインドのサイズは可変とし設定可能とする。一般に、検査ウインドのサイズは検出する貫通穴の予想される傾きによって定める。傾きが小さい場合は、ウインドサイズも小さく、傾きが大きくなると大きく設定する必要がある。

30

手順3． 手順2で求めた各微分画像のうち、微分値が大きくなる位置を検出し画像上の座標を求める。検出に際して閾値となる微分値は可変で設定可能なものとする。貫通穴であれば、手順1及び手順3で共通に（論理積）検出されることが条件となる。このため、処理順序を試料表面に焦点を合わせた画像、試料裏面付近に焦点を合わせた画像の順で行う。ここで、共通に検出される条件は画像上の座標情報で、穴が傾きを持つことと装置の構成上考えられる画像のずれを考慮した範囲を持った一致検出とする。

手順4． 共通に検出させるものがある場合は、試料表面と試料裏面の間、例えば中間付近に焦点を合わせた画像で、共通に検出された点に対し検査ウインドを設定し、検査ウインド内の微分画像を求める。

40

手順5． 手順4で求めた各微分画像のうち、微分値が大きくなる位置を検出する。ここで、検出される点を貫通穴とする。

手順4以降の処理は、試料表面、試料裏面共に付着した異物、傷等が想定されるため検出信頼性を向上するために行う。

また、手順4以降の処理を繰返し実行することで検出信頼性の向上が見込める。

【実施例7】

【0041】

図11と図12によって、本発明の他の実施例の識別装置を説明する。図11は、本発明の一実施例の識別装置の構成を示すブロック図である。また図12は、シリコン等の結晶で作られた半導体ウエハの断面の一部を示す図で、ウエハの表面、裏面及びバ

50

ルク内に存在する欠陥、傷、穴等を模式的に表している。

図 1 1 の識別装置は、検査対象物（試料、例えば、図 1 2）の表面に付着した異物と試料の表面から内部に向かって開いた穴を判別し、穴の開いた位置とその分布を検査するための装置に含まれている。図 1 1 の装置には、カメラが 3 台（カメラ 1、カメラ 2、カメラ 3）が備えられ、図 1 2 にその一部を断面図で示すような半導体ウエハ内または表面または裏面等に存在する貫通孔、へこみ等の傷、異物、等を検出するものである。図 1 1 において、図 1 または図 6 に記載したようなオートフォーカスユニット、ステージ制御ユニット、制御用 PC、ディスプレイ、及びそれらとの間を結ぶケーブル等の配線は省略している。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 において、カメラ 1 ~ カメラ 3 は、例えば 2000 × 2000 画素の高解像度カメラであり、光学顕微鏡から得られる試料の像をミラー 5、6 及びハーフミラー 7、8 で分岐して、それぞれ撮像する。このとき、それぞれのカメラの結像面は、例えば図 1 2 に示すように、カメラ 1 が試料の表面、カメラ 2 が試料の表面から 1 / 3 ほど中に入った位置、カメラ 3 が試料の表面から 2 / 3 ほど中に入った位置である。これらの位置は、事前に設定できるか、または、測定対象の試料の種類や厚さに応じて変更できる。

【 0 0 4 3 】

図 1 3 ~ 図 1 5 によって、図 1 2 に示す貫通孔（貫通穴）の検出結果を目視の結果と比較して説明する。図 1 3 は、試料としての半導体ウエハ（例えば、シリコンウエハ、直径約 50 mm）と評価範囲の関係を示す図である。また、図 1 4 は、図 1 3 に示した試料の評価範囲について、本発明の一実施例の画像処理方法及び装置を使用して得られた貫通穴の検出結果の一例を示す図である。また、図 1 5 は同じ試料の同じ評価範囲を目視で貫通穴を検出した結果を示す図である。

【 0 0 4 4 】

図 1 3 ~ 図 1 5 においては、視野を約 1 mm × 1 mm（対物レンズ 10 倍を使用）とし、照明方式は透過照明、撮像に使用したカメラ解像度は 2000 × 2000 画素、評価範囲の観察視野数を約 1900 視野（目視にて確認、全視野の画像を記録）、評価範囲は約 15 × 15 視野（図 1 4 に示すように画像処理シミュレーションを実施）である。また、図 1 4 の画像処理は、表面及び異なる内部層（例えば、図 1 2 の表面、A 面、B 面）に焦点を合わせた画像で共通に検出された対象を貫通穴としてカウントした。

以上の結果、貫通穴の検出率を 95 % 以上にすることができた。

また、画像処理の過程で、貫通穴と区別して、ウエハ表面の異物、傷やウエハ中の気泡、欠陥、等を検出することができた。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 5 】

試料のどの高さに異物等の検査すべき対象があるかが予め分かっている場合には、本発明の識別方法を用いて、対象の識別や特定を行いその対象の位置座標を記憶し、その後、識別装置を兼ねた検査装置または測定装置を用いて、識別や特定をした対象の検査または測定を行うことができる。また、本発明の識別装置によって対象を識別した位置座標等のデータをもとに、別の検査装置または想定装置で、検査または測定を行うことが容易に可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 6 】

【 図 1 】 本発明の一実施例の識別装置の構成を示すブロック図。

【 図 2 】 本発明の原理の一例を説明するための図。

【 図 3 】 本発明の原理の一例を説明するための図。

【 図 4 】 本発明の原理の一例を説明するための図。

【 図 5 】 本発明の一実施例の処理動作例を示すフローチャート。

【 図 6 】 本発明の一実施例の識別装置の構成を示すブロック図。

【 図 7 】 本発明の原理の一例を説明するための図。

10

20

30

40

50

【図 8】本発明の一実施例の処理動作例を示すフローチャート。

【図 9】本発明の一実施例の原理を説明するための図。

【図 10】本発明の原理の一例を説明するための図。

【図 11】本発明の一実施例の識別装置の構成を示すブロック図。

【図 12】半導体ウエハの断面の一部を示す図。

【図 13】試料と評価範囲の関係を示す図。

【図 14】本発明の一実施例の画像処理方法及び装置を使用して得られた貫通穴の検出結果の一例を示す図。

【図 15】目視で貫通穴を検出した結果を示す図。

【符号の説明】

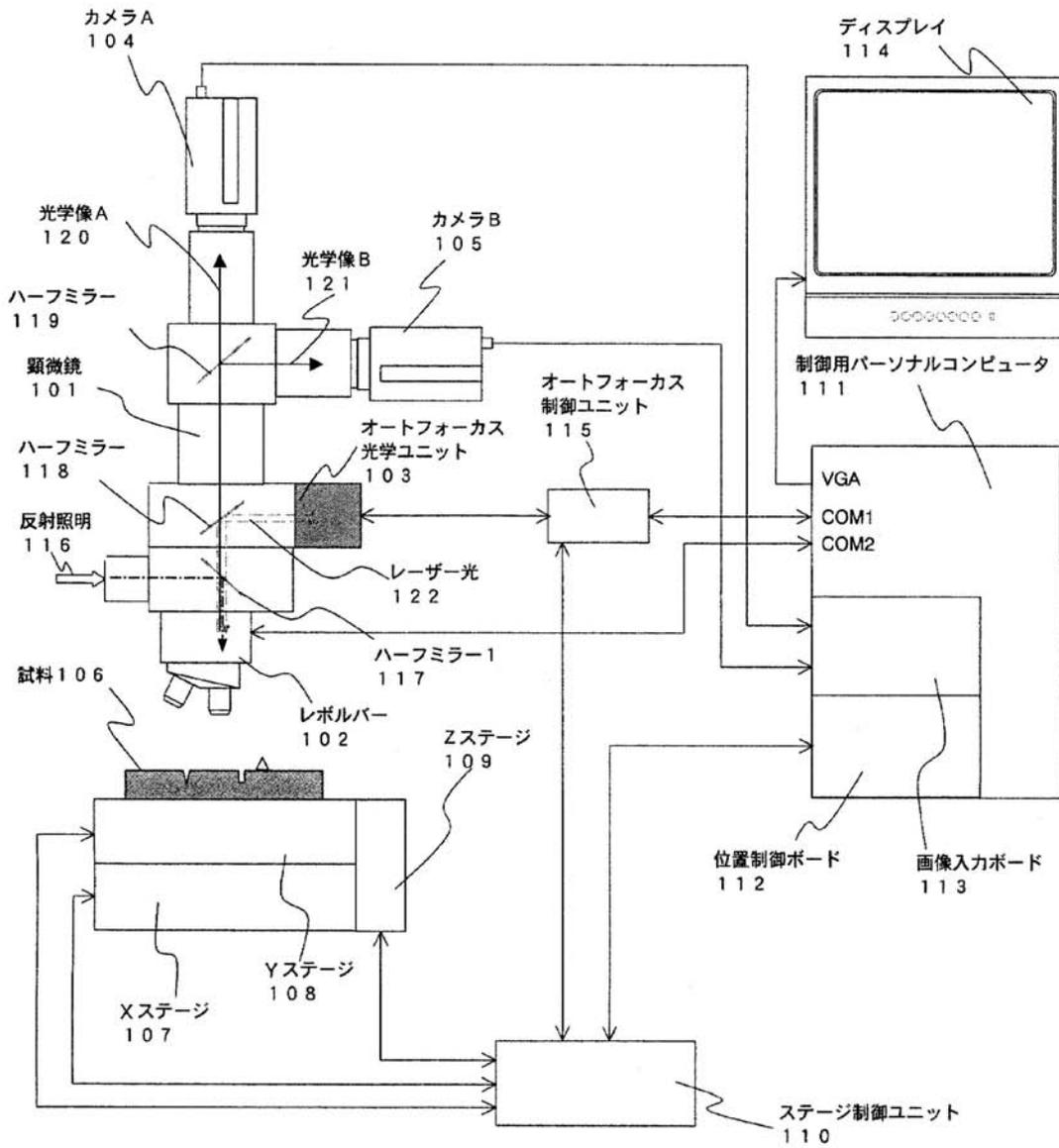
10

【0047】

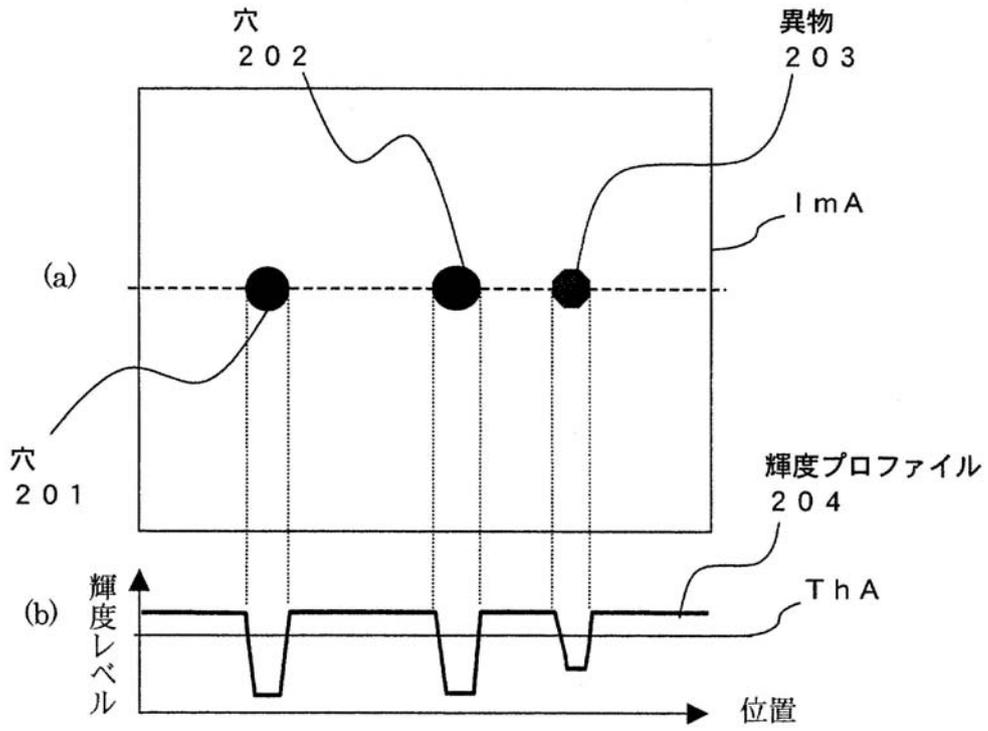
101：顕微鏡、 102：レボルバー、 103：オートフォーカス光学ユニット、
104：カメラA、 105：カメラB、 106：試料、 107：X軸ステージ、
108：Y軸ステージ、 109：Z軸ステージ、 110：ステージ制御ユニット、
111：制御用パーソナルコンピュータ、 112：位置制御ボード、 113：画像
入力ボード、 116：反射照明光、 117, 118, 119：ハーフミラー、 120
, 121：光学像、 122：レーザ光、 201, 202：穴の画像、 203：異物
の画像、 204：輝度プロファイル、 301, 302：穴の画像、 303：異物の
画像、 304：輝度プロファイル、 701, 702：内部異物、 703：表面異物
、 704：カメラフォーカス面、 705：対物レンズ、 706：接眼レンズ、 7
07：カメラ撮像面、 708：光軸。

20

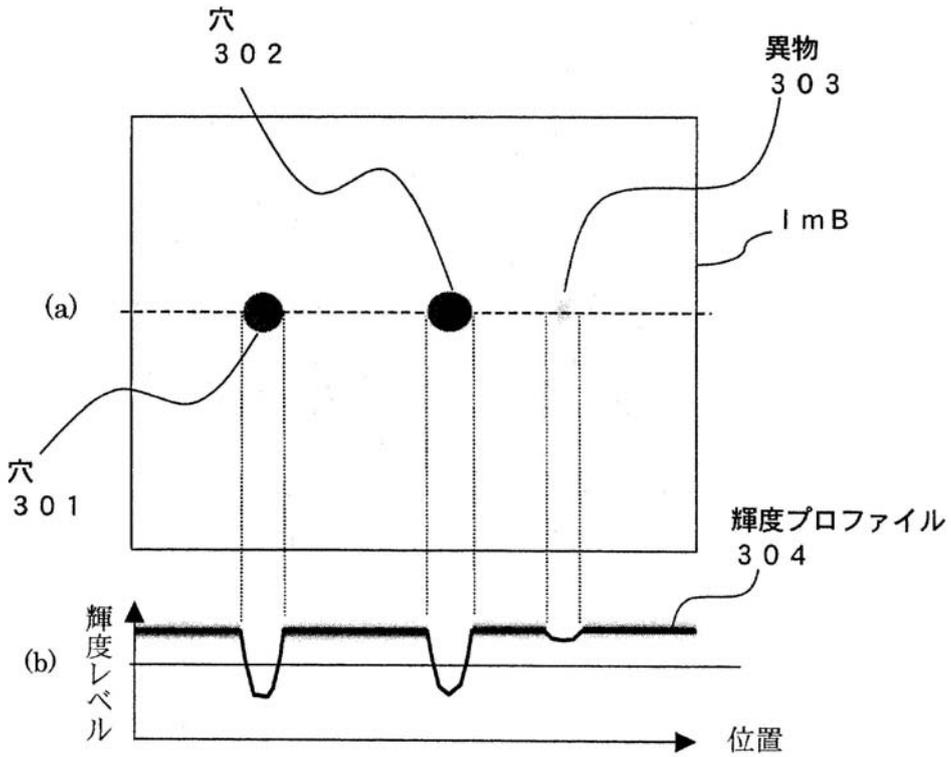
【 図 1 】



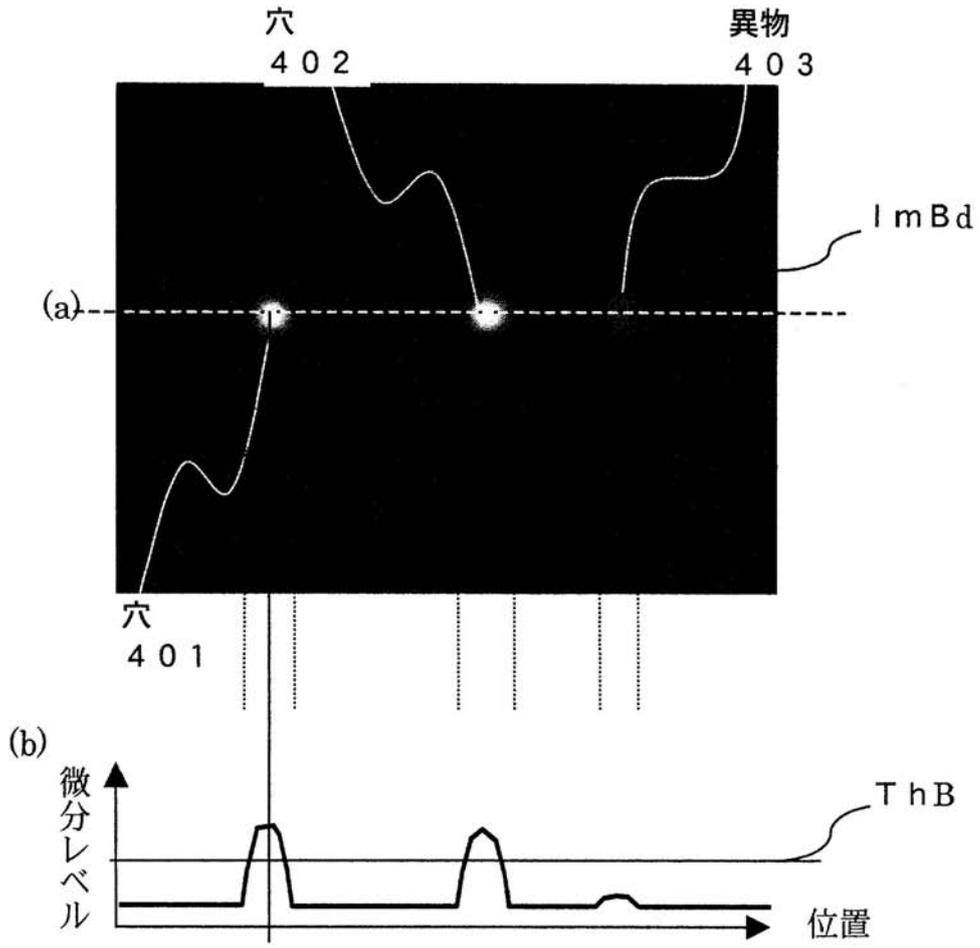
【 図 2 】



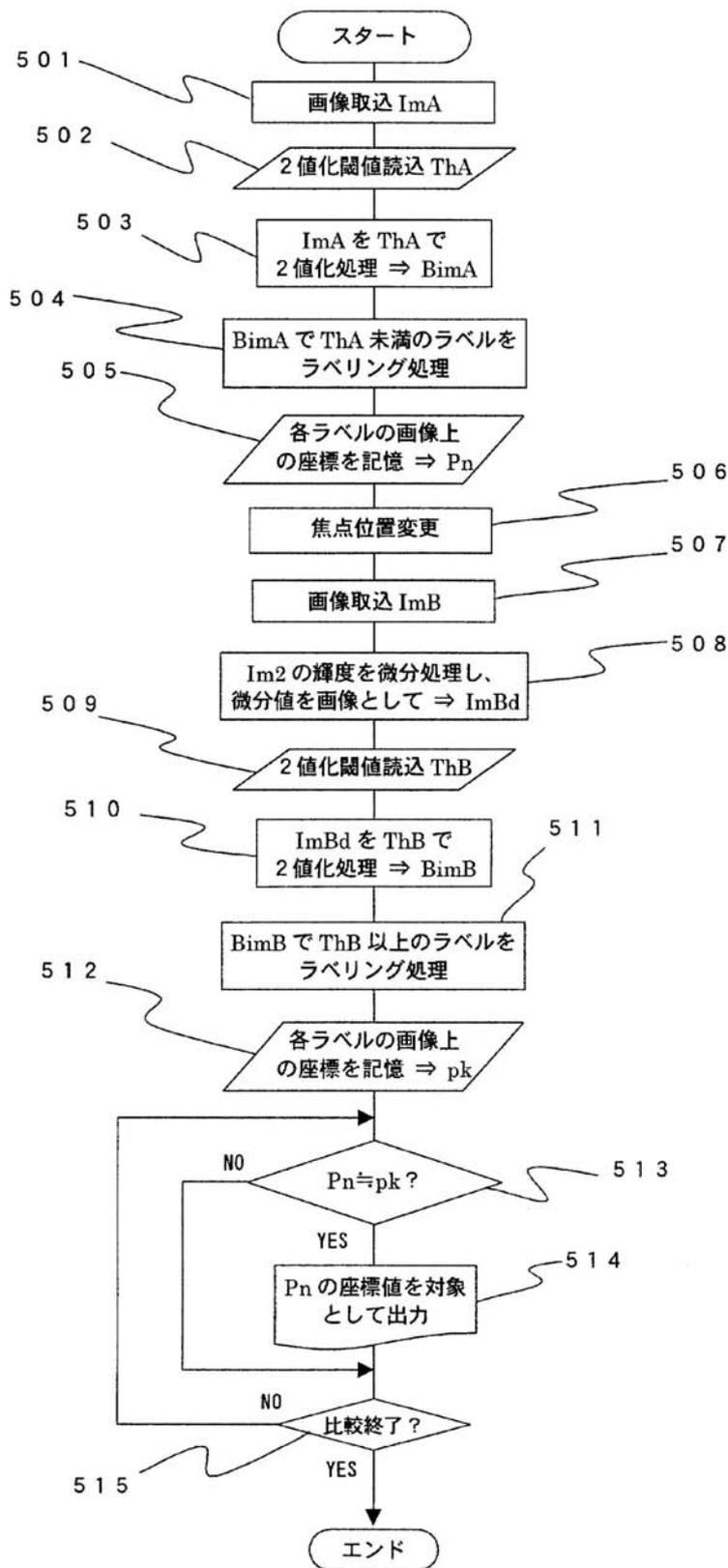
【 図 3 】



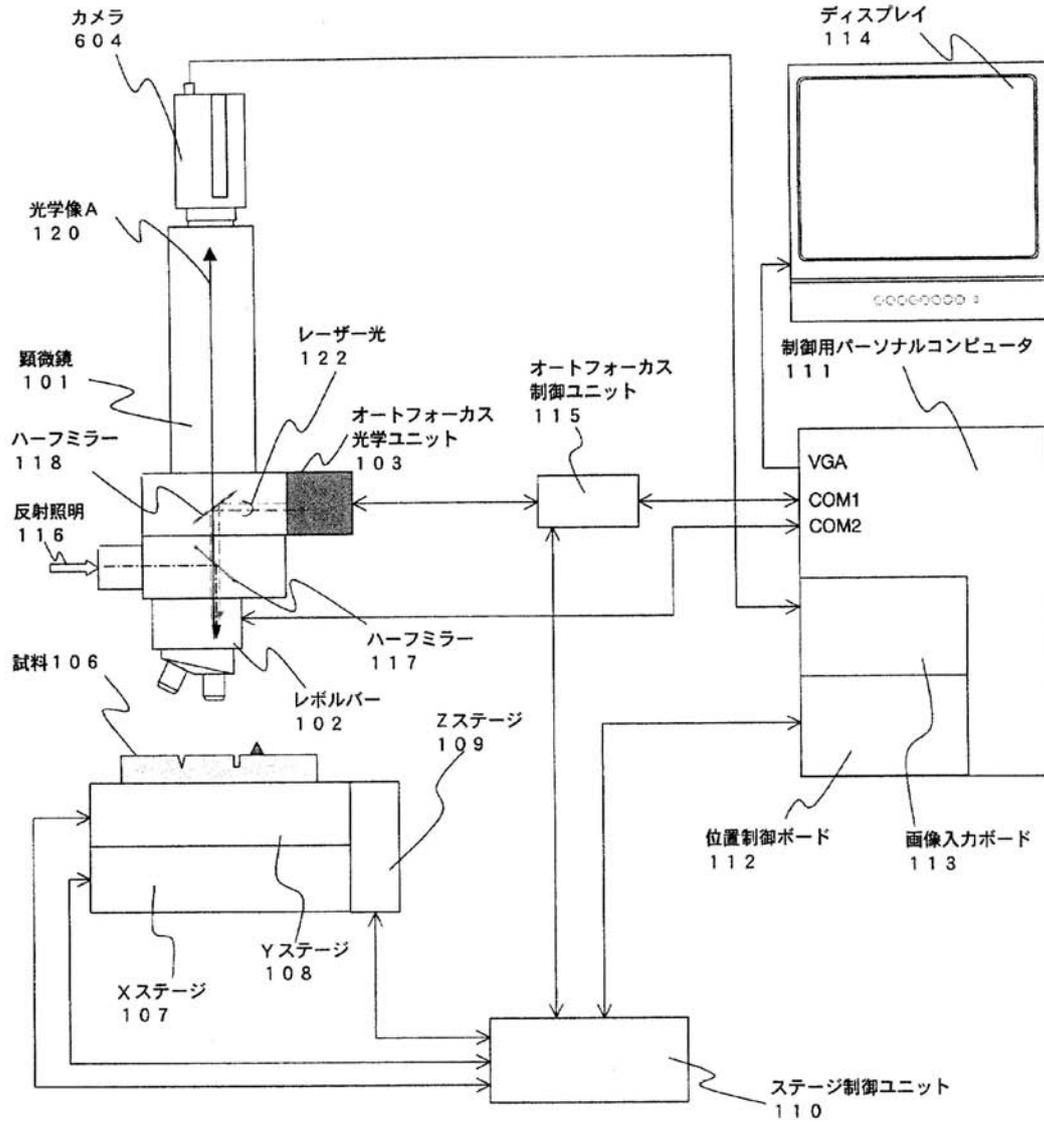
【 図 4 】



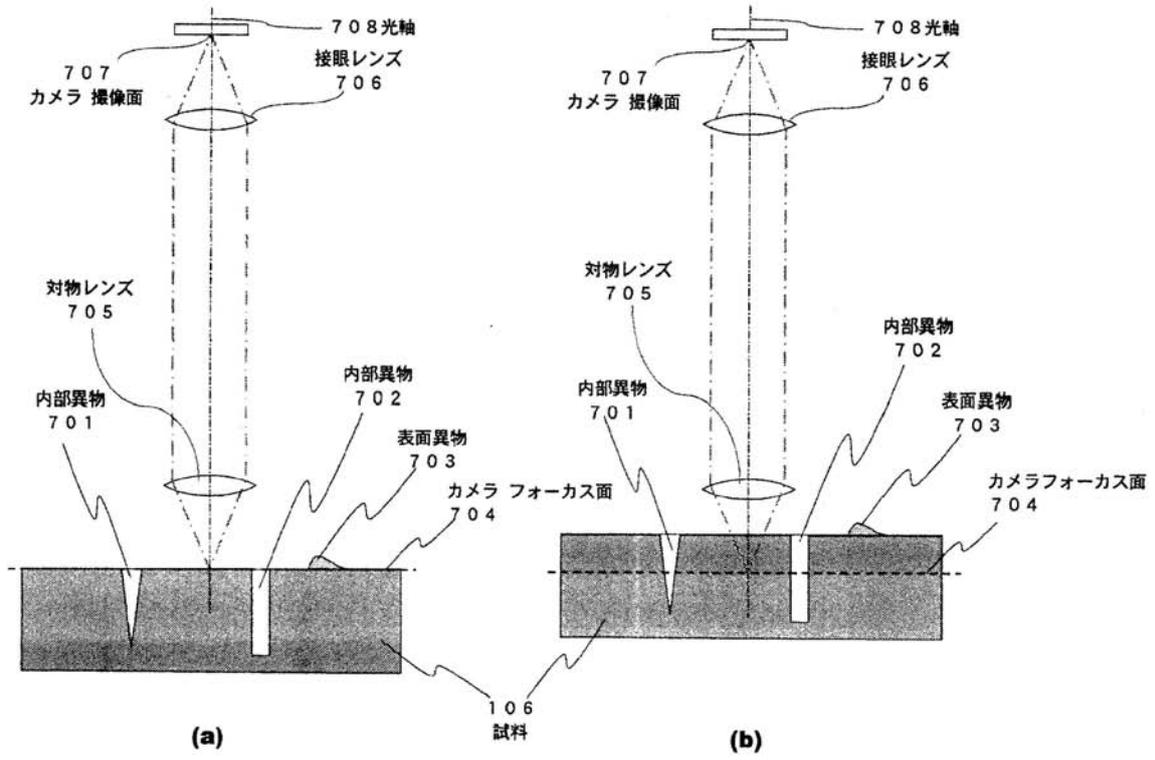
【 図 5 】



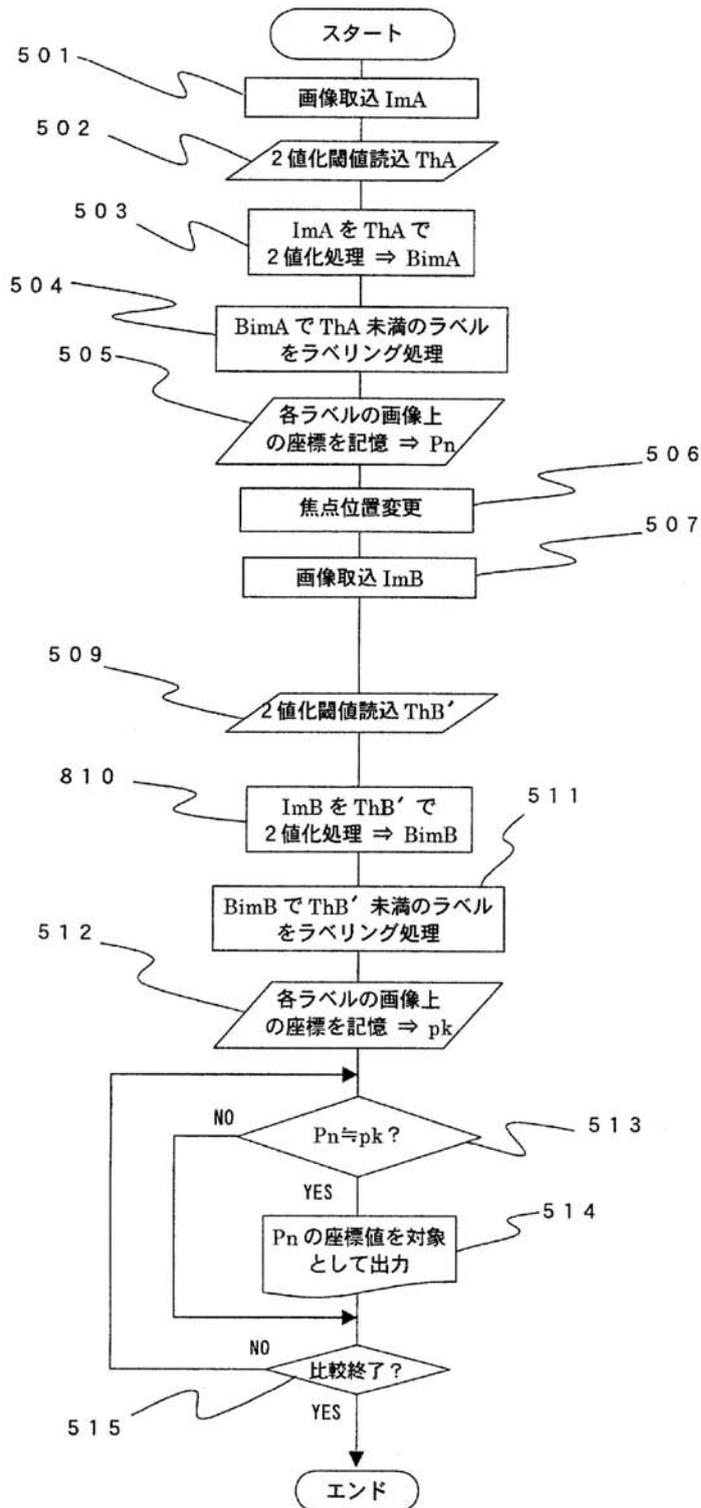
【 図 6 】



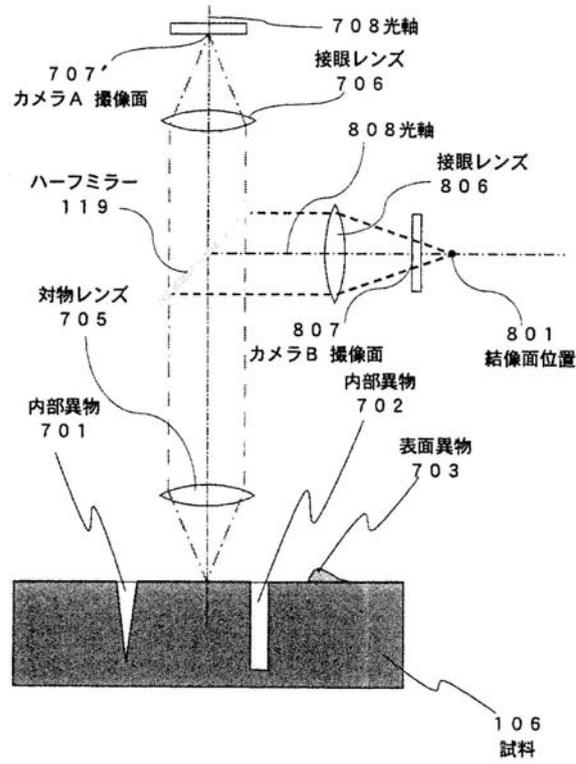
【 図 7 】



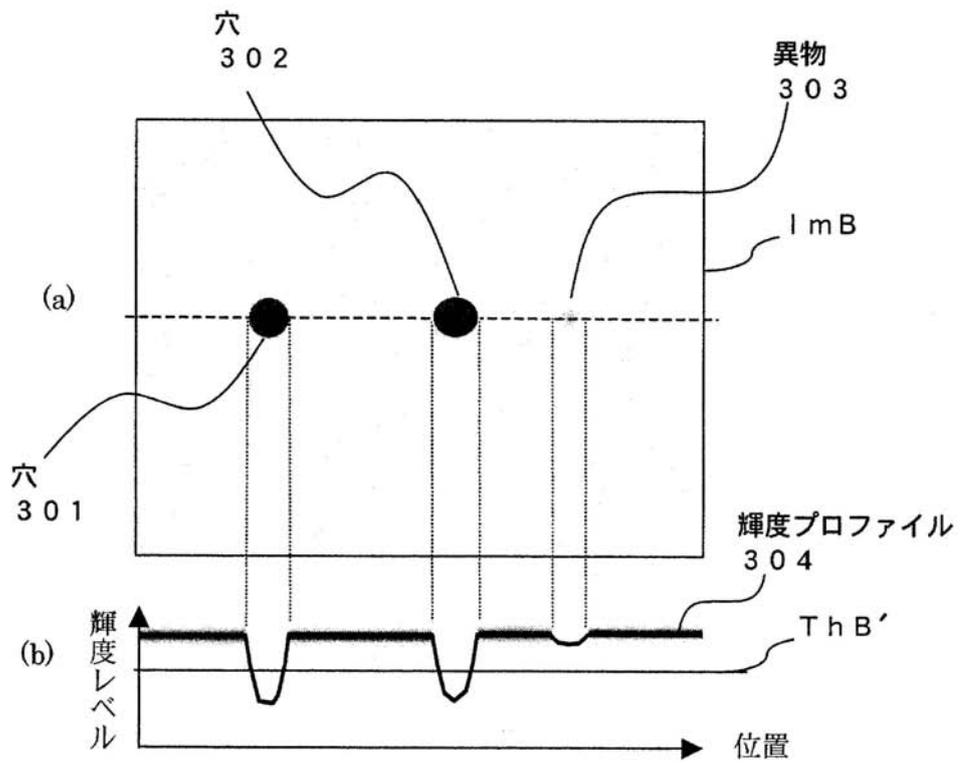
【 図 8 】



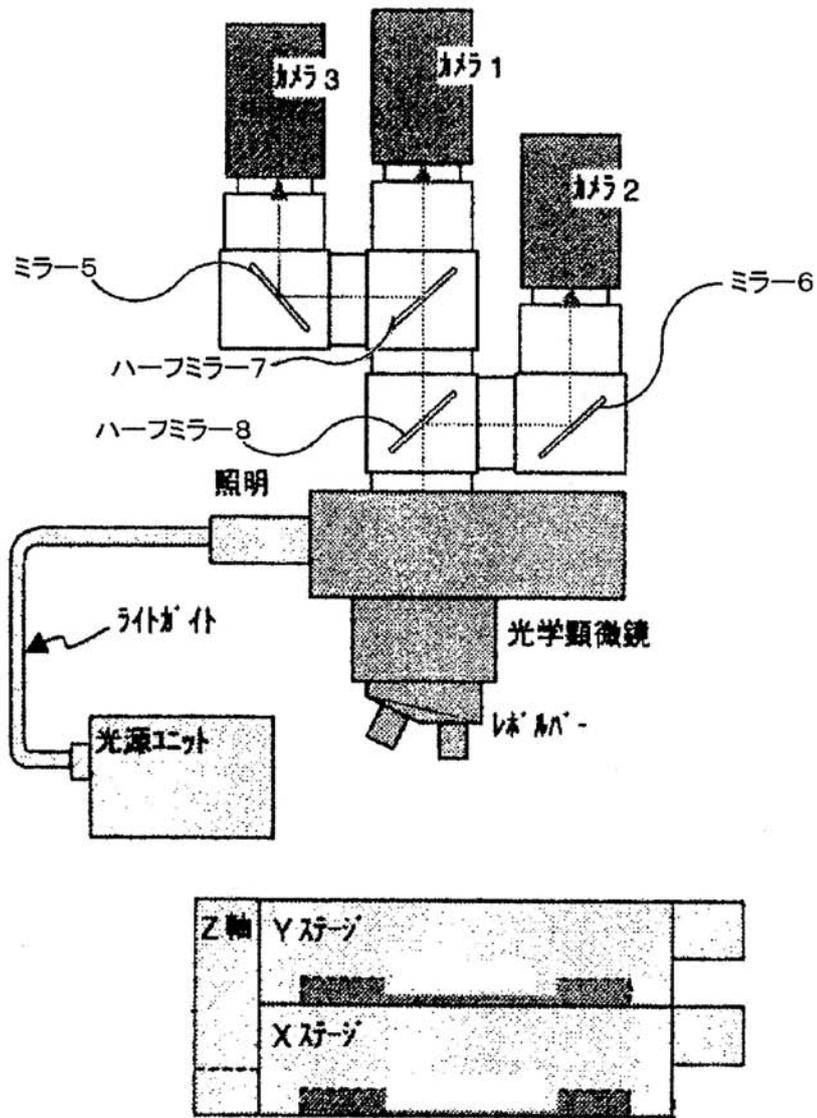
【 図 9 】



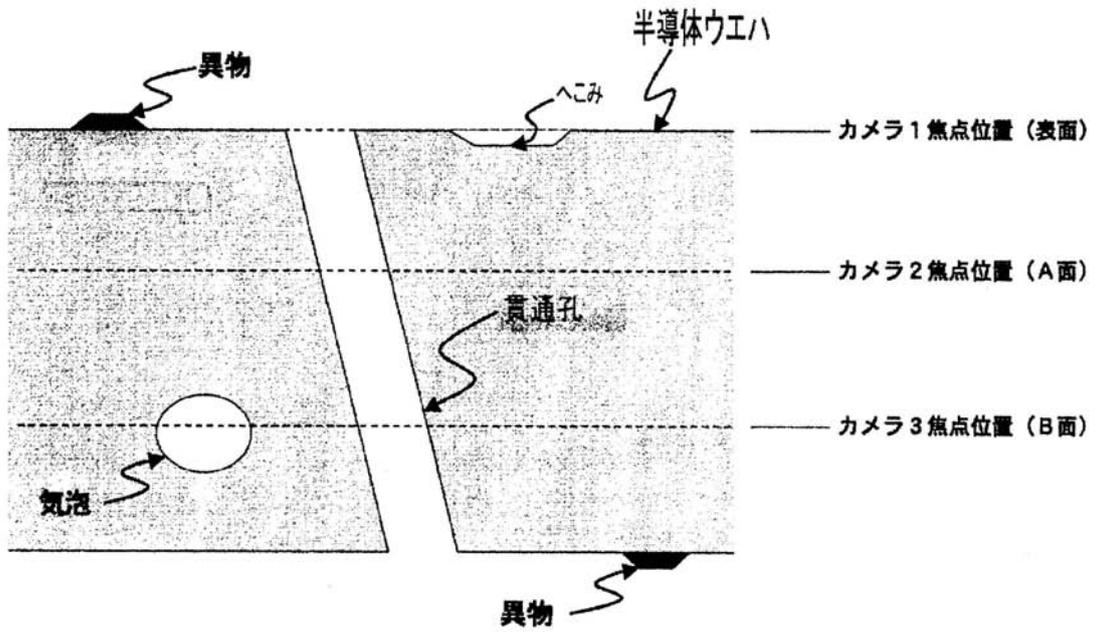
【 図 10 】



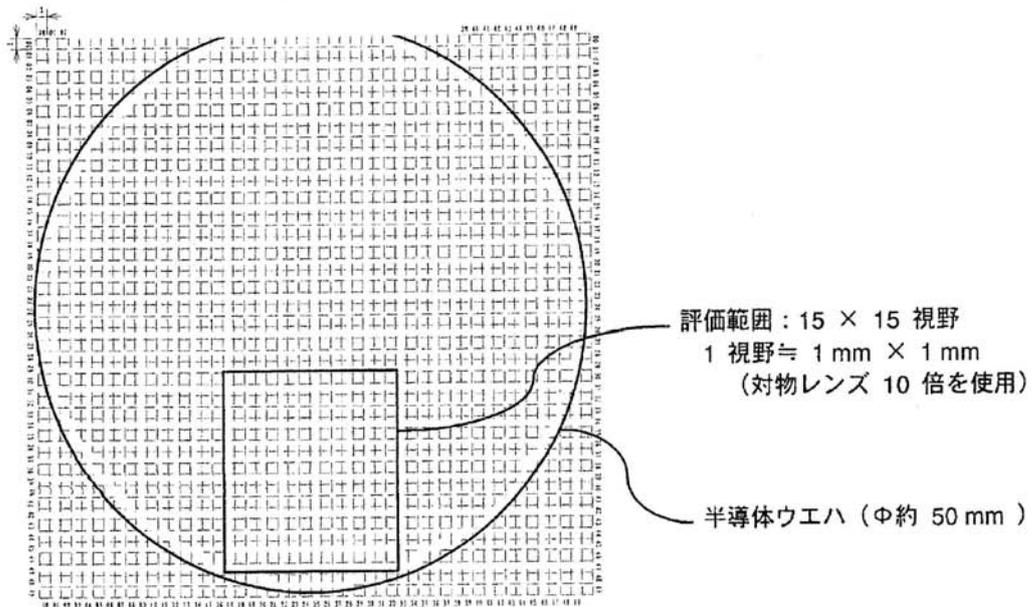
【図11】



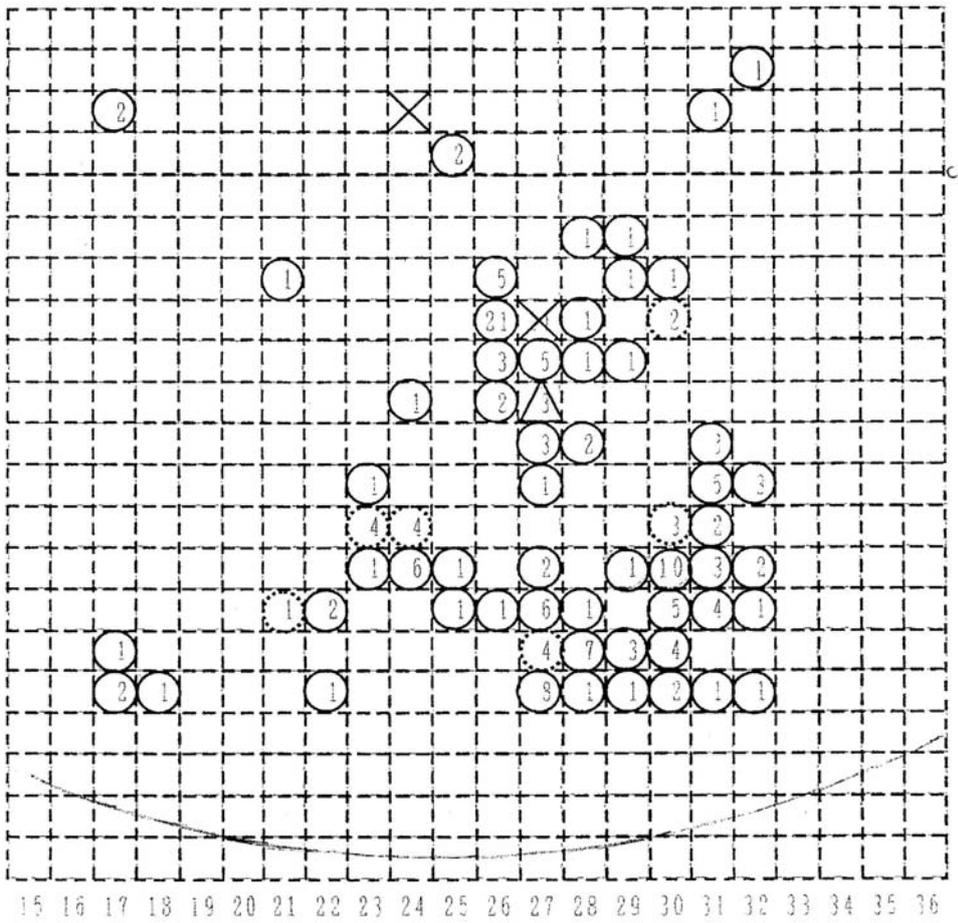
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

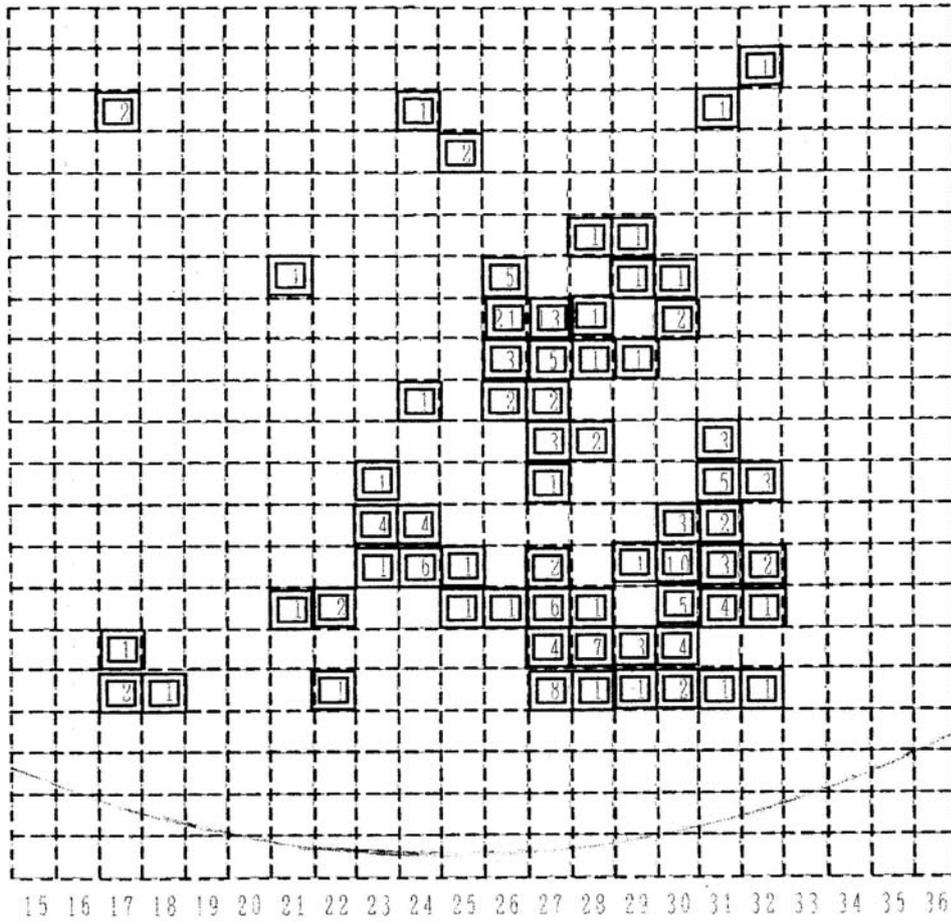


【 図 1 4 】



- : 検出結果が、目視と一致した視野
 - ⊙: 検出結果が、目視と一致したが不安定要素がある視野
 - △: 検出結果に、虚報を含む場合の視野
 - ×: 検出結果が、目視と一致せず見逃しがある視野
- 記号の中の数字は、検出個数を示す

【 図 1 5 】



□ : 目視の結果貫通穴が検出された視野

目視検出数 = 189 個