

(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2016-14636
(P2016-14636A)

(43) 公開日 平成28年1月28日(2016.1.28)

(51) Int.Cl.
G01N 21/896 (2006.01)

F I
G O I N 21/896

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 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2014-137992(P2014-137992)
(22) 出願日 平成26年7月3日(2014.7.3)

(71) 出願人 507182807
クアーズテック株式会社
東京都品川区大崎二丁目11番1号
(74) 代理人 100101878
弁理士 木下 茂
(72) 発明者 磯貝 真希
神奈川県秦野市曾屋30番地 コバレント
マテリアル株式会社 技術開発センター内
(72) 発明者 内丸 知紀
神奈川県秦野市曾屋30番地 コバレント
マテリアル株式会社 技術開発センター内
(72) 発明者 白井 宏
神奈川県秦野市曾屋30番地 コバレント
マテリアル株式会社 技術開発センター内

最終頁に続く

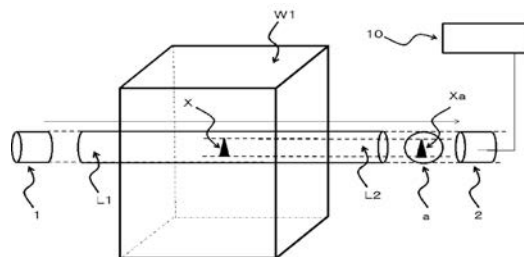
(54) 【発明の名称】 検査方法及び検査装置

(57) 【要約】

【課題】透明材料中の深部に存在する微小な異物の検出を可能にし、さらには、その形状を正確に把握する検査方法を提供する。

【解決手段】本発明は、照射光を前記光透過性の材料に照射する照射ステップと、前記照射光が前記光透過性材料中を透過後得られた出射光を受光する受光ステップと、前記受光された出射光を解析する解析ステップと、を備え、前記照射光の光線軸上に前記出射光を受光する受光部が配置されており、前記受光された出射光が前記異物と接触せずに透過した直接光成分と前記異物外周縁部で回折した回折光成分から構成されており、前記直接光成分と前記回折光成分から得られる情報を基にして異物の解析を実行することを特徴とする光透過性の材料内部に存在する異物を光学的に検査する検査方法である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光透過性の材料内部に存在する異物を光学的に検査する検査方法であって、照射光を前記光透過性の材料に照射する照射ステップと、前記照射光が前記光透過性材料中を透過後得られた出射光を受光する受光ステップと、前記受光された出射光を解析する解析ステップと、を備え、前記照射光の光線軸上に前記出射光を受光する受光部が配置されており、前記受光された出射光が前記異物と接触せずに透過した直接光成分と前記異物外周縁部で回折した回折光成分から構成されており、前記直接光成分と前記回折光成分から得られる情報を基にして異物の解析を実行することを特徴とする検査方法。

【請求項 2】

材料の表面に存在する異物を光学的に検査する検査方法であって、照射光を前記材料表面に照射する照射ステップと、前記照射光が前記材料表面で全反射後出射して得られる出射光を受光する受光ステップと、前記受光された出射光を解析する解析ステップと、を備え、前記出射光の光線軸上に前記出射光を受光する受光部が配置されており、前記受光された出射光が前記異物と接触せずに全反射した直接光成分と前記異物外周端部で回折した回折光成分から構成されており、前記直接光成分と前記回折光成分から得られる情報を基にして異物の解析を実行することを特徴とする検査方法。

【請求項 3】

異物の解析は、受光された出射光を画像処理する手段、または、電気信号へ変換後処理する手段のいずれかによることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の検査方法。

【請求項 4】

照射光の照射角度あるいは照射位置の変更により、任意の一測定範囲を複数回測定することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の検査方法。

【請求項 5】

照射光を材料に照射する照射部と、前記照射光が前記材料中を透過または前記材料表面を全反射して得られた出射光を受光する受光部と、前記受光した出射光を解析する解析装置と、を備え、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の検査方法を用いて材料の表面または内部に存在する異物を光学的に検出、解析する検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、好適にはシリカガラス板等の光透過性材料に含まれる欠陥等の異物や脈理を検出する検査方法、及びこの異物の検査方法を用いた検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造装置用のフォトリソグラフィーマスクやディスプレイパネルの品質を決定する要因として、光透過性材料中の異物や脈理の存在がある。これらの検出方法には、光学的な手法が広く用いられている。

【0003】

例えば特許文献 1 には、表裏面を平滑にした板状の透明体を連続走行させ、その幅方向の少なくとも一方の端面から検査光を入射し、この検査光が透明体の表裏面で全反射を繰り返しながら透明体内部を伝播する過程で、透明体に存在する欠陥部によって散乱された散乱光を透明体の表裏いずれかの面を通して光電検出する透明体の欠陥検出方法、が開示されている。

【0004】

また特許文献 2 には、公知デバイスのスキームとして、従来型の光源 2 4 がガラスカートリッジ 1 0 0 の真下に置かれ、操作者は、最も欠陥が生じやすいその下端を観察するために、ガラスカートリッジ 1 0 0 の上方に自分の頭を置き、操作者のビューライン (view line) 7 0 はそれ故、ガラスカートリッジ 1 0 0 の縦軸に沿って伸び、光源は下方からガラスカートリッジ 1 0 0 を通して伝播する光ビーム 2 2 を放射するので、ライトライン

10

20

30

40

50

(light line) 60はガラスカートリッジの縦軸に沿って伸び、ライトライン60及びビュライン70は平行であり、それ故検出角度 θ はそれぞれ 0° 又は 180° である、という技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平8-261953号公報

【特許文献2】特開2013-525804号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

ところで、近年では、最終製品の検査のみならず、その前段階で異物の検査、良否判定を行うことで、製品歩留まりを向上させることが求められている。

【0007】

ところが、フォトマスクのような板状製品に適用される散乱光による検査方法を、前工程段階のブロック体に適用すると、特に深部に存在する異物等の検出が、適切に行われないう懸念がある。

【0008】

特許文献1に記載の発明は、板ガラス等の検査には適しているが、板の主面から得られる散乱光を検出するので、例えばブロック体のような場合には、その深部の異物を観察することが困難と考えられる。

20

【0009】

特許文献2に記載の技術は、透明材料中の深部に存在する異物の検出が可能ではあるが、目視観察の為、微小な異物の確認は困難である。また、観察にCCDカメラ等の検出素子を用いた場合でも、形状を正確に把握するのは困難なものであった。

【0010】

本発明は、上記技術的課題を解決するために、透明材料中の深部に存在する微小な異物の検出を可能にし、さらには、その形状を正確に把握することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

30

本発明は、光透過性の材料内部に存在する異物を光学的に検査する検査方法であって、照射光を前記光透過性の材料に照射する照射ステップと、前記照射光が前記光透過性材料中を透過後得られた出射光を受光する受光ステップと、前記受光された出射光を解析する解析ステップと、を備え、前記照射光の光線軸上に前記出射光を受光する受光部が配置されており、前記受光された出射光が前記異物と接触せずに透過した直接光成分と前記異物外周縁部で回折した回折光成分から構成されており、前記直接光成分と前記回折光成分から得られる情報を基にして異物の解析を実行することを特徴とする。

【0012】

かかる構成を有することで、透明材料中の深部に存在する微小な異物の検出、および、その形状を正確に把握することを可能とする。

40

【0013】

また本発明は、材料の表面に存在する異物を光学的に検査する異物検査方法であって、照射光を前記材料表面に照射する照射ステップと、前記照射光が前記材料表面で全反射後出射して得られる出射光を受光する受光ステップと、前記受光された出射光を解析する解析ステップと、を備え、前記出射光の光線軸上に前記出射光を受光する受光部が配置されており、前記受光された出射光が前記異物と接触せずに全反射した直接光成分と前記異物外周端部で回折した回折光成分から構成されており、前記直接光成分と前記回折光成分から得られる情報を基にして異物の解析を実行することもできる。

【0014】

このようにすることで、透明材料中の深部のみならず、表面に存在する微小な異物の検出

50

、および、その形状を正確に把握することも可能とする。

【0015】

また、本発明においては、異物の解析は、受光された出射光を画像処理する手段、または、電気信号へ変換後処理する手段のいずれかを用いても良い。

【0016】

あるいは、照射光の照射角度あるいは照射位置の変更により、任意の一測定範囲を複数回測定してもよい。

【0017】

そして、本発明に係る検査方法を用いることで、照射光を材料に照射する照射部と、前記照射光が前記材料中を透過または前記材料表面を全反射して得られた出射光を受光する受光部と、前記受光した出射光を解析する解析装置と、を備え、請求項1～4のいずれかに記載の検査方法を用いて材料の表面または内部に存在する異物を光学的に検出、解析する検査装置が提供される。

10

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、従来と比べて高価かつ複雑な装置を用いることなく、透明材料の表面及び内部、特に深部に存在する微小な異物の検出、および、その形状を正確に把握することを可能とする。

【図面の簡単な説明】

【0019】

20

【図1】図1は、本発明の一態様に係る検査方法を実施するための検査装置を示す概念図である。

【図2】図2は、異物Xを通過した平行光による出射光の形態を説明する概念図である。

【図3】図3は、異物Xを通過前に集光後拡散した光による出射光の形態を説明する概念図である。

【図4】図4は、異物Xの形態による回折光形状の違いを示す概念図である。

【図5】図5は、本発明の他の一態様に係る検査方法を実施するための検査装置を示す概念図である。

【図6】図6は、板状の光透過性材料の側面から照射し、異物に当たって散乱した散乱光を主面方向から受光する、従来の一方法を示す概念図である。

30

【図7】図7は、本発明の一態様に係る検査方法で測定して得られた異物の一例を示す画像である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、図面も参照して本発明を詳細に説明する。本発明は、照射光を前記光透過性の材料に照射する照射ステップと、前記照射光が前記光透過性材料中を透過後得られた出射光を受光する受光ステップと、前記受光された出射光を解析する解析ステップと、を備え、前記照射光の光線軸上に前記出射光を受光する受光部が配置されており、前記受光された出射光が前記異物と接触せずに透過した直接光成分と前記異物外周縁部で回折した回折光成分から構成されており、前記直接光成分と前記回折光成分から得られる情報を基にして異物の解析を実行する、光透過性の材料内部に存在する異物を光学的に検査する検査方法である。

40

【0021】

まず、本発明の一態様にかかる検査方法は、照射光を光透過性の材料に照射する照射ステップと、照射光が光透過性材料中を透過後得られた出射光を受光する受光ステップと、受光された出射光を解析する解析ステップと、を備えている。図1に、本発明の一態様に係る検査方法を実施するための検査装置を概念図で示す。

【0022】

照射部1から発せられた照射光L1が、光透過性材料W1中を透過後、異物Xを含んで通過することで得られた出射光L2を受光する受光部2と、受光された出射光L2の情報

50

を解析装置 10 で解析する。ここで a は、出射光 L 2 が受光部 2 に映し出された平面画像である。

【0023】

照射ステップ、受光ステップ、解析ステップは、公知の光学的異物観察方法に適用されているものに準ずる。また、必要に応じて、測定対象の座標移動機構を備えても良いし、照射部、受光部を複数設置し、自在に可動するものでも良い。

【0024】

照射光 L 1 には、公知の光源、波長、強度のものを用いても良いが、紫外領域波長のレーザー光を用いると、測定精度が高く出来るので、より好ましい。

【0025】

本発明では、図 1 に示すとおり、照射光 L 1 の光線軸上に射出光 L 2 を受光する受光部 2 が配置されている。

【0026】

異物 X の情報を含む射出光 L 2 は、光透過性材料 W 1 中の散乱や吸収による拡散や減衰の影響を受ける。しかし、本発明のように構成すると、射出光 2 の散乱や拡散は、異物からの散乱光を主面方向で受光する方法に比べて少ない。従って、異物 X から光学的に得られる情報の劣化が抑えられる。

【0027】

照射部 1 から照射される照射光 L 1 の断面形状は、円形、楕円形、長方形、等の形状を任意に選択して採用できる。また、一度に広い面積を照射できるよう、所定の縦幅を有しかつ横方向に充分長い、いわゆるラインビーム形状にしてもよい。

【0028】

図 6 に、板状の光透過性材料 W 1 の側面から照射し、異物 X に当たって散乱した散乱光を主面方向から受光する、従来の一方法を示す。図 6 に示す方法では、散乱光の一部しか受光されず、信号は弱い。かつ、板状材料でなくブロック体では、主面方向にも光透過性材料 W 1 中を透過中に減衰し、信号はさらに弱くなるので、特に異物が小さいと検出が困難となる。

【0029】

ここで、射出光 L 2 が受光部 2 に映し出され手形成された平面画像 a について、さらに詳しく説明する。図 2 に示すように、a は、受光された射出光 L 2 が異物 X と接触せずに透過した直接光成分 a 0 と、異物 X の外周縁部で回折した回折光成分 X a 1 と、a 0 および X a 1 のいずれもが照射されない領域 X a 2 から構成される。

【0030】

図 2 では、照射光 L 1 は平行光を図示しているが、実際は完全な平行光で構成されているわけではない。本発明でも、完全な平行光であることは要しない。また、図 3 に示すように、集光光を用いても良い。集光光は平行光と比べて、異物 X の形状の特定精度を高くできる点で好適といえる。

【0031】

なお集光光を用いる場合、集光光の焦点もしくはその近傍に異物 X がくるように調整すると、単位面積当たりの光量が最大になり回折光の強度も増すので、異物 X の形状の特定精度をさらに高くできる。

【0032】

図 4 は、受光された射出光 L 2 が異物 X と接触せずに透過した直接光成分 a 0 と、異物 X の外周縁部で回折した回折光成分 X a 1 と、a 0 および X a 1 のいずれもが照射されない領域 X a 2 から構成される a を示す概念図である。

【0033】

直接光成分 a 0 は、照射光 L 1 の輪郭を形成し、かつ、異物 X と接触することなく照射部 1 から直進してきた光成分である。また、回折光成分 X a 1 は、回折の度合いにより光強度に分布をもち、いわゆる「縞状」に形成されている。X a 2 は、直接光 a 0 及び回折光 X a 1 を含まない領域で、いわゆる「影」である。

10

20

30

40

50

【0034】

厳密には、 a_0 および $X a_2$ の領域にも回折光 $X a_1$ が存在しているが、実用上の光学素子での検出限界以下であるので、実質的に回折光 $X a_2$ は存在していない、と扱って差し支えない。

【0035】

本発明においては、直接光成分 a_0 と、回折光成分 $X a_1$ から得られる情報を基にして異物の解析を実行する。 a は、外周が強度に強い a_0 で構成されるので、異物 X からの不要な散乱や他の部位からの光の影響を受けることなく、異物 X を含む鮮明な外郭を有する測定画像を得ることが可能となる。

【0036】

回折光成分 $X a_1$ は、異物 X の外周縁部の形状の情報が多く含まれている。言い換えると、異物 X の外周縁部の形状以外の情報はほぼ含まれない。そのため、回折光成分 $X a_1$ を解析することで、異物 X が作り出す特定の一平面方向の形状を、精度よく解析できる。

【0037】

図4に示す回折光 $X a_1$ の形状は、あくまで模式的に示したものであり、実際の異物 X の外周縁部は、見る方向によっても形状は変わるので、厳密に形状の特定は必ずしも容易ではない。

【0038】

本発明では、例えば寸法が既知の真円、正方形等の金属箔をシリカガラス中に形成し、この画像 a をいくつかあらかじめ得ておき、これを参照画像とする。そして、実際の異物 X の観測画像と比較して、近い形状のものを特定する、という方法を用いても良い。

【0039】

そして、参照画像を多く用意すること、そして、異物 X の画像を蓄積することで、画像解析の精度を向上させることも可能である。

【0040】

また、本発明においては、照射光1の平面上の最小幅を、測定対象とする異物 X のサイズを想定して適切に設定することで、微小な異物 X の検出、形状の特定を、より効果的に実行できる。

【0041】

一例として、異物 X の最大幅が $20 \mu\text{m}$ 程度を検出しようとするならば、照射光の最小幅を $60 \mu\text{m}$ とするとよい。照射光1の平面上の最小幅が異物 X のサイズより大きすぎると、微小な異物を1つの画像内に複数含むことになり、回折光が相互に干渉して解析しにくくなる懸念がある。

【0042】

次に、本発明の他の一態様にかかる検査方法について説明する。すなわち、材料の表面に存在する異物を光学的に検査する検査方法であって、照射光を前記材料表面に照射する照射ステップと、前記照射光が前記材料表面で全反射後出射して得られる出射光を受光する受光ステップと、前記受光された出射光を解析する解析ステップと、を備え、前記出射光の光線軸上に前記出射光を受光する受光部が配置されており、前記受光された出射光が前記異物と接触せずに全反射した直接光成分と前記異物外周端部で回折した回折光成分から構成されており、前記直接光成分と前記回折光成分から得られる情報を基にして異物の解析を実行する、というものである。

【0043】

すなわち、図5に示すように、材料 W_2 の表面に存在する異物 X を、照射光1の全反射により、直接光 a_0 と回折光 $X a_1$ 、それ以外の $X a_2$ を得ることで、図1と同様に異物 X の解析を行うものである。

【0044】

照射光1は、異物 X の存在する表面に対して全反射が起こる入射角より浅い角度で入射される。また、この場合、材料 W_2 は光透過性に限定されず、半透明や不透明でもよい。

【0045】

10

20

30

40

50

また、本発明における異物の解析は、受光された出射光を画像処理する手段、または、電気信号へ変換後処理する手段のいずれかによるものであって良い。

【0046】

電気信号へ変換後処理する手段の一例としては、得られた回折光 $X a 1$ の変化量をフーリエ変換してデータ処理する方法が挙げられる。

【0047】

あるいは、本発明は、照射光の照射角度あるいは照射位置の変更により、任意の一測定範囲を複数回測定することができる。

【0048】

図2では、照射光 $L 1$ を光透過性材料 $W 1$ 中の一方向から照射したものを示しているが、これを立体的に3方向から同一箇所を測定すれば、異物 X を立体的に捉えられ、異物 X の形状をさらに正確に把握することができる。

10

【0049】

また、一回目の測定実施後、水平方向にわずかにずらして2回目の測定、さらに複数回同一方向、あるいは反対方向にずらして測定を繰り返し、複数回の測定データを得ることで、異物 X の形状を正確に把握することが可能となる。

【0050】

さらには、照射光線軸を基準として、わずかに角度をつけて複数回測定してもよい。これは、特に得られた a を信号強度に変換してデータ解析する手法において、好適である。

【0051】

なお、本発明でいう異物とは、これに照射光が透過、反射、散乱、または回折されることで、光の強度、波長に変化をきたすものは、広義に含まれるものとする。

20

【0052】

すなわち、異物の材質、形態は、本発明の実施を特に制限しない。異物の形状は、粒、針、板、環、筒、中空体、もしくはこれらの複合構造が例示される。また異物の材質は、異物が含まれる材料と相違していれば検出は可能である。さらに異物の形態も、固体、液体、気体のいずれか、またはこれらの複合体、でもよい。

【0053】

なお、異物 X が完全に光を反射または吸収せず、一部もしくは大部分が透過するような材料で構成されていても、直接光 $a 0$ と異物 X 透過光との光強度や波長の違いを解析して分離することで、異物の検出、形状の解析は可能である。

30

【0054】

その他、たとえばシリカガラス中に存在する脈理のような、結晶構造のみの相違で材質が材料と同じものも、光学的な変化を引き起こす要因となるという観点から、本発明においては異物の一形態に含むものとする。

【0055】

そして、本発明にかかる検査方法を用いて、照射光を材料に照射する照射部と、前記照射光が前記材料中を透過または前記材料表面を全反射して得られた出射光を受光する受光部と、前記受光した出射光を解析する解析装置と、を備え、材料の表面または内部に存在する異物を光学的に検出、解析する検査装置が提供される。

40

【0056】

本発明に係る検査装置では、照射部1の移動、材料の設置、移動、搬出、得られたデータの解析を自動で行うようにして、異物の検出工程をオンラインで自動化することも可能である。

【0057】

また本発明に係る検査装置では、受光部2と垂直方向に分光器を併設すれば、異物 X からの蛍光成分を得ることで、異物 X 中に含まれる元素の同定も合わせて実施できる。

【0058】

以上の通り、本発明においては、従来検出が困難であった微小な異物を検出することを可能とした。更に異物の存在有無だけでなく、その形状や位置も、精度よく特定すること

50

も可能とするものである。

【実施例】

【0059】

以下、本発明の好ましい実施形態を実施例に基づいて説明するが、本発明は、下記実施例により限定されるものではない。

【0060】

[実験1]

合成シリカからなるガラスブロック(300mm立方体)を試験体として用意した。この試験体に対して、蛍光灯下での目視観察(比較例1)、従来の検査方法(比較例2)、本発明の検査方法(実施例1)を用いて、水平に載置した試験体の一側面から対向する側面に対して、内部の異物観察を実施した。測定条件はそれぞれ以下のとおりである。

10

【0061】

(比較例1)

白色光の蛍光灯下(1000ルクス)で、目視により試験体の6主面全面から異物の有無を確認した。

【0062】

(比較例2)

波長532nmのレーザ光を1500 μ m径から60 μ m径に集光したビーム光(出力5mW)を、試験体の一面から、一面の高さ中心部をブロック幅一往復スキャンして、照射した。そして、照射面と垂直方向の一主面方向に、CCDカメラを設置し、得られた画像を市販の光学分光解析装置にて、異物の有無を判定した。

20

【0063】

(実施例1)

波長532nmのレーザ光を1500 μ m径から60 μ m径に集光したビーム光(出力5mW)を試験体の一面から照射し比較例1と同様にスキャンして、照射面と対向する一主面方向の照射光の光軸上に、CCDカメラの受光部が来るように設置し、得られた画像を比較例2と同じ光学分光解析装置で解析し、異物の有無を判定した。

【0064】

その結果、比較例1では、異物は観測されなかった。比較例2では、最大幅500 μ mの異物3ヶが検出された。そして実施例1では、比較例1で検出された分に加えて、比較例1,2では検出できなかった最大幅5 μ mの異物5ヶが検出された。

30

【0065】

図7に、本発明の一態様に係る検査方法で測定して得られた異物の一例を示す画像を示す。なお図7は、得られたデータを光の濃淡で画像処理したものであり、解像度の関係で回折光の形状はややぼやけている。

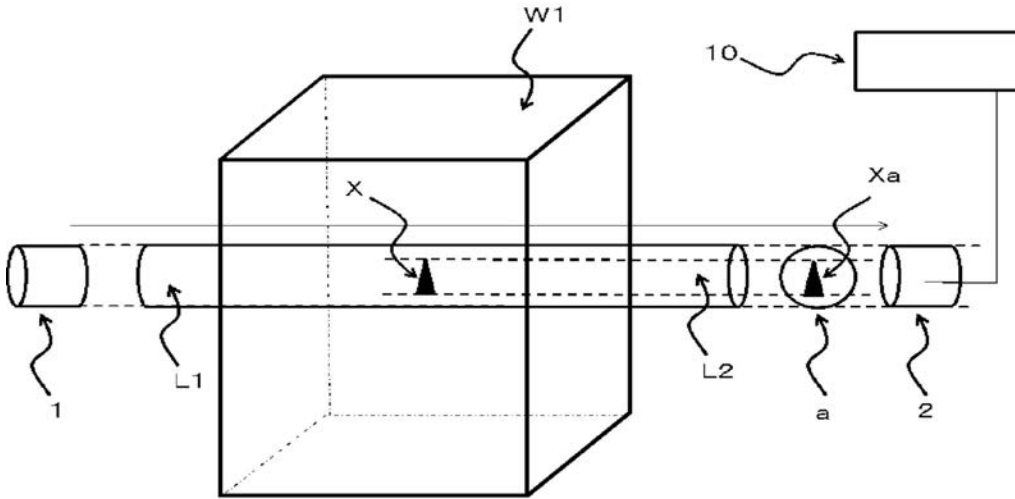
【符号の説明】

【0066】

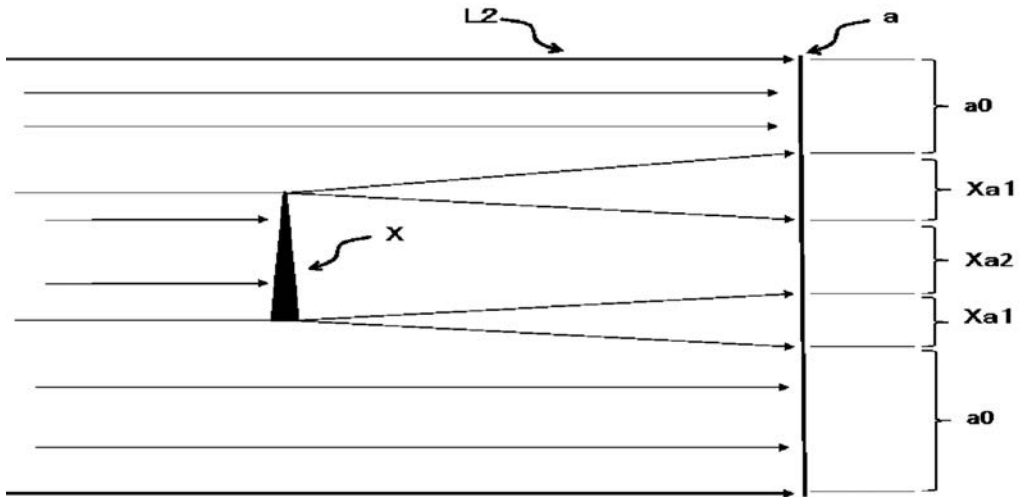
W1 光透過性材料
 1 照射部
 2 受光部
 L1 照射光
 L2 出射光
 X 異物
 a 受光部2で得られる平面画像
 Xa 異物Xにより得られた画像
 10 解析装置

40

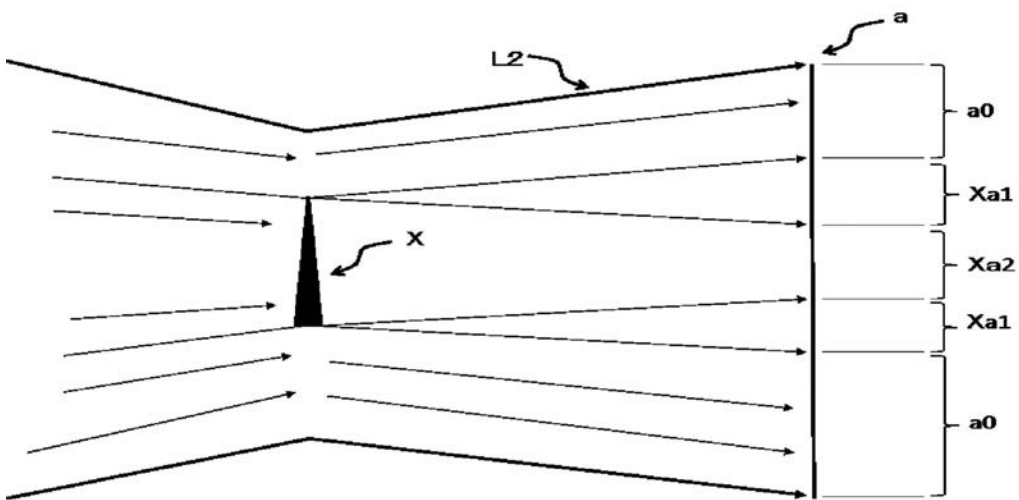
【 図 1 】



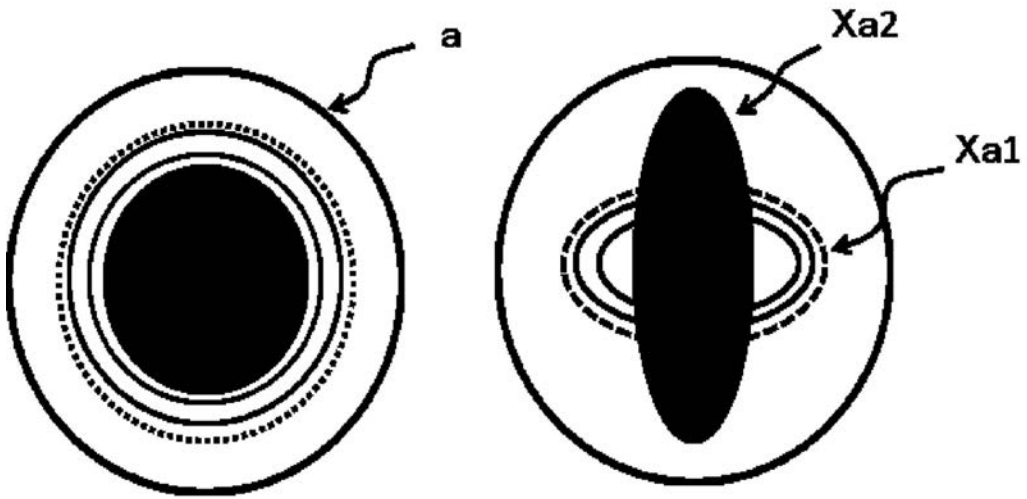
【 図 2 】



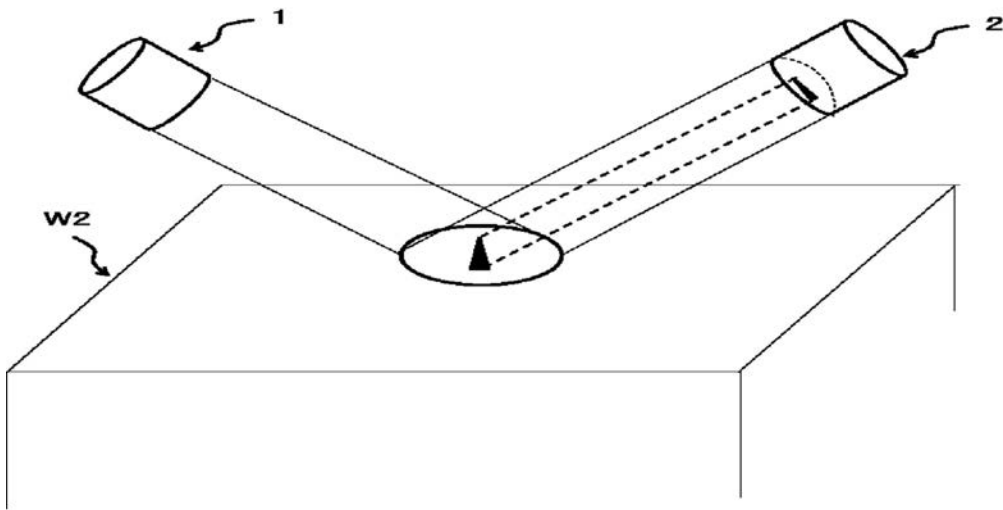
【 図 3 】



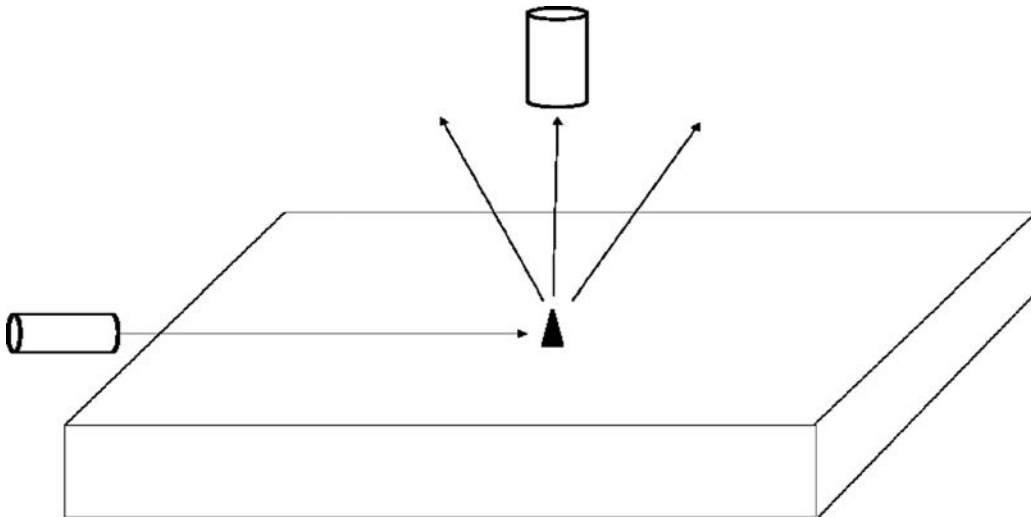
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 大石 浩司

神奈川県秦野市曾屋 3 0 番地 コバレントマテリアル株式会社 技術開発センター内

(72)発明者 田中 雅文

神奈川県秦野市曾屋 3 0 番地 コバレントマテリアル株式会社 技術開発センター内

Fターム(参考) 2G051 AA56 AA73 AA84 AB06 AB07 BA04 BA10 CA04 CB01 CB02

CB06 EA12 EA16