

(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2019-12006

(P2019-12006A)

(43) 公開日 平成31年1月24日(2019.1.24)

(51) Int.Cl.
G 0 1 B 11/00 (2006.01)F I
G O 1 B 11/00テーマコード (参考)
2 F 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2017-128275 (P2017-128275)	(71) 出願人	000137694
(22) 出願日	平成29年6月30日 (2017. 6. 30)		株式会社ミットヨ
			神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
		(74) 代理人	100103894
			弁理士 冢入 健
		(72) 発明者	金原 圭吾
			神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
		(72) 発明者	加藤 隆介
			神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
		Fターム(参考)	2F065 AA04 AA17 BB05 DD02 FF01
			FF04 GG00 HH03 JJ03 JJ08
			JJ26 LL59 QQ03 QQ13 QQ28
			QQ29 QQ31

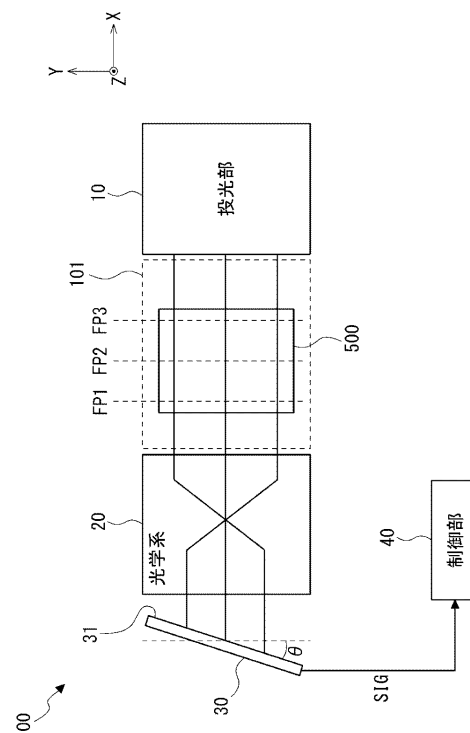
(54) 【発明の名称】 光学測定装置

(57) 【要約】

【課題】光学測定装置において測定精度の向上を簡易に実現すること。

【解決手段】投光部10は、測定対象物500が配置される測定空間101へ、X方向に平行に光を投射する。受光部30は、受光面31に投射される光の二次元分布を示す信号SIGを出力する。光学系20は、測定空間101を通過する光を受光部30の受光面31へ導く。制御部40は、受光部30から出力される信号SIGに基づいてX方向における測定対象物500の位置を検出する。受光面31は、投射される光の投射方向に対して、Z方向を軸として角度 θ だけ傾いている。制御部40は、信号SIGに基づいて光の二次元分布においてZ方向で光量が所定量変化している箇所を検出し、検出した箇所のY方向での位置を検出し、検出した位置に基づいて測定対象物500が配置された測定空間101内のX方向における位置を検出する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測定対象物が配置される測定空間へ、第 1 の方向に平行に光を投射する投光部と、
受光面に投射される光の二次元分布を示す信号を出力する受光部と、
前記測定空間を通過する光を前記受光部の前記受光面へ導く光学系と、
前記受光部から出力される前記信号に基づいて前記第 1 の方向における前記測定対象物の位置を検出する制御部と、を備え、

前記受光部の前記受光面は、前記受光面に投射される光の投射方向に対して、前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向を軸として所定角度だけ傾いており、

前記制御部は、前記受光部から出力される前記信号に基づいて、前記光の二次元分布において前記第 2 の方向で光量が所定量変化している箇所を検出し、検出した箇所の前記受光面において前記第 2 の方向と交差する第 3 の方向での位置を検出し、前記検出した位置に基づいて、前記測定対象物が配置された前記測定空間内の前記第 1 の方向における位置を検出する、

光学測定装置。

【請求項 2】

前記制御部は、

前記受光部から出力される前記信号に基づいて、前記光の二次元分布において前記第 2 の方向における光量の微分値分布を、前記第 3 の方向の複数の箇所について検出し、

前記微分値分布の極値の絶対値が最大となる前記第 3 の方向での位置を検出し、

検出した前記第 3 の方向での位置に基づいて、前記測定対象物が配置された前記測定空間内の前記第 1 の方向における位置を検出する、

請求項 1 に記載の光学測定装置。

【請求項 3】

前記第 3 の方向の複数の箇所で検出した前記第 2 の方向における光量の微分値分布の極値の絶対値が所定の範囲内に収まる場合には、前記測定対象物が前記第 2 の方向を軸として前記所定角度だけ回転していると判定する、

請求項 2 に記載の光学測定装置。

【請求項 4】

前記光学系は、両側テレセントリック光学系として構成される、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の光学測定装置。

【請求項 5】

前記受光部は、前記第 2 の方向及び第 3 の方向に二次元的に配列された複数の受光素子を有する二次元イメージセンサである、

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の光学測定装置。

【請求項 6】

前記制御部は、

前記受光面で前記第 2 の方向に離隔して並んだ像の 2 つのエッジを検出し、

前記 2 つのエッジに基づいて、前記 2 つのエッジの前記第 3 の方向に対する傾きを検出し、

前記 2 つのエッジ間の前記第 2 の方向の距離を、検出した前記傾きに基づいて補正することで、前記 2 つのエッジ間の距離を算出する、

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光学測定装置。

【請求項 7】

前記 2 つのエッジは 1 つの前記測定対象物の像のエッジに対応し、又は、

前記 2 つのエッジの一方は 2 つの前記測定対象物の一方の像のエッジに対応し、前記 2 つのエッジの他方は 2 つの前記測定対象物の他方の像のエッジに対応する、

請求項 6 に記載の光学測定装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記 2 つのエッジ間の前記第 2 の方向の距離に、前記検出した傾きを示

10

20

30

40

50

す角度の余弦を乗じることで、前記２つのエッジ間の距離を算出する、
請求項６又は７に記載の光学測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、光学測定装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

測定対象物に光を投射して、イメージセンサでその透過光又は反射光を受けて受光量分布を測定することで、測定対象物の寸法、位置、形状等を測定する光学測定装置が知られている。

10

【０００３】

このような光学測定装置として、測定空間内に置かれた測定対象物の位置を検出することができる光学測定装置が提案されている（特許文献１）。この光学測定装置では、投光部から、測定対象物が置かれる測定空間へ光が投射される。測定空間を通過した光は、第１の光学系を通して第１のイメージセンサに導かれ、かつ、第２の光学系を通して第２のイメージセンサに導かれる。光軸に直交する方向における測定対象物のエッジの位置は、第１のイメージセンサの出力信号に基づいて算出される。この光学測定装置では、測定空間内における、光軸方向における第１の光学系の第１の焦点の位置と第２の光学系の第２の焦点の位置とが互いに異なるように構成される。これにより、第１のイメージセンサ及び第２のイメージセンサの出力信号に基づいて、測定対象物が、第１の焦点を基準として光軸方向のどの位置にあるかを判定することができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２０１４－６１３４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

ところが、上述の光学測定装置には、以下に示す問題点がある。上述の光学測定装置は、２つの光学系のそれぞれを介して、２つのイメージセンサによって光を受光して、それぞれの焦点位置を利用して測定対象物の位置を検出している。そのため、測定用の二次元イメージセンサとは別に、位置検出のための一次元イメージセンサが２つ必要となる。また、位置検出のためのイメージセンサに光を導くために、ビームスプリッタやハーフミラーなど、光を分岐、配向させる光学部品も必要となる。その結果、光学部品の数が多くなり、光学測定装置が大型化してしまう。そのため、光学測定装置の高コスト化を招き、かつ、各光学部品の調整に多大な労力が必要となってしまう。

30

【０００６】

本発明は、上記の事情に鑑みて成されたものであり、本発明の目的は、光学測定装置において測定精度の向上を簡易に実現することである。

40

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の第１の態様である光学測定装置は、
測定対象物が配置される測定空間へ、第１の方向に平行に光を投射する投光部と、
受光面に投射される光の二次元分布を示す信号を出力する受光部と、
前記測定空間を通過する光を前記受光部の前記受光面へ導く光学系と、
前記受光部から出力される前記信号に基づいて前記第１の方向における前記測定対象物の位置を検出する制御部と、を有し、
前記受光部の前記受光面は、前記受光面に投射される光の投射方向に対して、前記第１の方向と直交する第２の方向を軸として所定角度だけ傾いており、

50

前記制御部は、前記受光部から出力される前記信号に基づいて、前記光の二次元分布において前記第2の方向で光量が所定量変化している箇所を検出し、検出した箇所の前記受光面において前記第2の方向と交差する第3の方向での位置を検出し、前記検出した位置に基づいて、前記測定対象物が配置された前記測定空間内の前記第1の方向における位置を検出する、ものである。

【0008】

本発明の第2の態様である光学測定装置は、上記の光学測定装置であって、
前記制御部は、

前記受光部から出力される前記信号に基づいて、前記光の二次元分布において前記第2の方向における光量の微分値分布を、前記第3の方向の複数の箇所について検出し、
前記微分値分布の極値の絶対値が最大となる前記第3の方向での位置を検出し、
検出した前記第3の方向での位置に基づいて、前記測定対象物が配置された前記測定空間内の前記第1の方向における位置を検出する、ものである。

10

【0009】

本発明の第3の態様である光学測定装置は、上記の光学測定装置であって、
前記第3の方向の複数の箇所で検出した前記第2の方向における光量の微分値分布の極値の絶対値が所定の範囲内に収まる場合には、前記測定対象物が前記第2の方向を軸として前記所定角度だけ回転していると判定する、ものである。

【0010】

本発明の第4の態様である光学測定装置は、上記の光学測定装置であって、
前記光学系は、両側テレセントリック光学系として構成される、ものである。

20

【0011】

本発明の第5の態様である光学測定装置は、上記の光学測定装置であって、
前記受光部は、前記第2の方向及び第3の方向に二次元的に配列された複数の受光素子を有する二次元イメージセンサである、ものである。

【0012】

本発明の第6の態様である光学測定装置は、上記の光学測定装置であって、
前記制御部は、

前記受光面で前記第2の方向に離隔して並んだ像の2つのエッジを検出し、
前記2つのエッジに基づいて、前記2つのエッジの前記第3の方向に対する傾きを検出し、
前記2つのエッジ間の前記第2の方向の距離を、検出した前記傾きに基づいて補正することで、前記2つのエッジ間の距離を算出する、ものである。

30

【0013】

本発明の第7の態様である光学測定装置は、上記の光学測定装置であって、
前記2つのエッジは1つの前記測定対象物の像のエッジに対応し、又は、
前記2つのエッジの一方は2つの前記測定対象物の一方の像のエッジに対応し、前記2つのエッジの他方は2つの前記測定対象物の他方の像のエッジに対応する、ものである。

【0014】

本発明の第8の態様である光学測定装置は、上記の光学測定装置であって、
前記制御部は、前記2つのエッジ間の前記第2の方向の距離に、前記検出した傾きを示す角度の余弦を乗じることで、前記2つのエッジ間の距離を算出する、ものである。

40

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、光学測定装置において測定精度の向上を簡易に実現することができる。

【0016】

本発明の上述及び他の目的、特徴、及び長所は以下の詳細な説明及び付随する図面からより完全に理解されるだろう。付随する図面は図解のためだけに示されたものであり、本発明を制限するためのものではない。

50

【図面の簡単な説明】**【 0 0 1 7 】**

【図 1】実施の形態 1 にかかる光学測定装置の基本構成の上面図である。

【図 2】実施の形態 1 にかかる光学測定装置の基本構成の側面図である。

【図 3】実施の形態 1 にかかる光学測定装置の構成を模式的に示す図である。

【図 4】測定空間における焦点位置と各焦点位置における像の結像状態とを模式的に示す図である。

【図 5】測定空間における焦点位置と各焦点位置における像の結像状態とを模式的に示す図である。

【図 6】測定空間における焦点位置と各焦点位置における像の結像状態とを模式的に示す図である。

10

【図 7】受光部の受光面において二次元的に配列された受光素子と受光面における結像位置とを示す図である。

【図 8】焦点位置 F P 1 に対応する像が受光面の結像位置 L 1 で結像している場合の受光素子の受光量の微分値を示す図である。

【図 9】焦点位置 F P 2 に対応する像が受光面の結像位置 L 2 で結像している場合の受光素子の受光量の微分値を示す図である。

【図 10】焦点位置 F P 3 に対応する像が受光面の結像位置 L 3 で結像している場合の受光素子の受光量の微分値を示す図である。

【図 11】実施の形態 2 にかかる光学測定装置での測定対象物の配置を示す図である。

20

【図 12】実施の形態 2 にかかる光学測定装置において受光面に結像する測定対象物の像を示す図である。

【発明を実施するための形態】**【 0 0 1 8 】**

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。各図面においては、同一要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略される。

【 0 0 1 9 】**実施の形態 1**

以下、実施の形態 1 にかかる光学測定装置 1 0 0 について説明する。図 1 に実施の形態 1 にかかる光学測定装置 1 0 0 の基本構成の上面図を示し、図 2 に実施の形態 1 にかかる光学測定装置 1 0 0 の基本構成の側面図を示し、図 3 に実施の形態 1 にかかる光学測定装置 1 0 0 の構成を模式的に示す。

30

【 0 0 2 0 】

実施の形態 1 にかかる光学測定装置 1 0 0 は、投光部 1 0、光学系 2 0、受光部 3 0 及び制御部 4 0 を有する。

【 0 0 2 1 】

投光部 1 0 は、筐体（不図示）内に配置された、光源 1 1、拡散部 1 2 及び投光レンズ 1 3 を有する。

【 0 0 2 2 】

投光部 1 0 の光源 1 1 から出射された光は、拡散部 1 2 により等方的に（図 3 の Y 方向及び Z 方向に）拡散され、その後、投光レンズ 1 3 により平行光となり、光学系 2 0 に向かって投射される。

40

【 0 0 2 3 】

以下では、平行光が通過する投光部 1 0 と光学系 2 0 との間の、測定対象物 5 0 0 が置かれる空間を測定空間 1 0 1 と称する。また、測定空間 1 0 1 において、平行光の進行方向と逆方向を X 方向（第 1 の方向とも称する）、X 方向に垂直な面内で互いに直交する方向を Y 方向（第 3 の方向とも称する）及び Z 方向（第 2 の方向とも称する）とする。換言すれば、X 方向は測定空間 1 0 1 を通過する平行光の光軸と平行な方向であり、Y 方向は測定空間 1 0 1 を通過する平行光の厚み方向であり、Z 方向は測定空間 1 0 1 を通過する平行光の幅方向である。

50

【 0 0 2 4 】

光学系 2 0 は、筐体（不図示）内に配置された第 1 のレンズ 2 1、絞り 2 2 及び第 2 のレンズ 2 3 を有する。

【 0 0 2 5 】

光学系 2 0 に入射した平行光は、第 1 のレンズ 2 1 により集光され、絞り 2 2 の開口部を通過し、第 2 のレンズ 2 3 によって再び平行光となる。第 2 のレンズ 2 3 を透過した平行光は、受光部 3 0 に入射する。なお、測定対象物 5 0 0 が X 方向で位置がばらついた場合に、受光部 3 0 の受光面 3 1 での像の寸法変動を避ける必要があるため、光学系 2 0 は両側テレセントリック光学系として構成されることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

受光部 3 0 は、二次元イメージセンサとして構成される。二次元イメージセンサとしては、二次元 C C D（Charge Coupled Device）イメージセンサ、二次元 C M O S（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサなど、複数の画素が二次元的に配列された各種の二次元イメージセンサを用いることが可能である。受光部 3 0 の二次元イメージセンサでは、複数の画素が、その受光面 3 1 において、第 2 のレンズ 2 3 から入射する平行光の厚み方向（Y 方向）及び幅方向（Z 方向）に二次元的に配列されるように配置される。受光部 3 0 は、受光面 3 1 での受光量分布を示すアナログ信号である信号 S I G を出力する。

【 0 0 2 7 】

また、この二次元イメージセンサは、受光面 3 1 が入射する平行光の光軸に垂直な面に対して角度 θ だけ傾くように、換言すれば、受光面 3 1 が Z 方向を軸として角度 θ だけ回転するように配置される。従って、受光面 3 1 は、厳密には Z 方向と、Y 方向に対して Z 方向を軸として角度 θ だけ回転した方向とに平行な面であることが理解できる。しかしながら、角度 θ は比較的小さな値となるため、説明の簡略化のため、以下では受光面 3 1 において Z 方向に直交する方向を、便宜的に Y 方向として説明する。

【 0 0 2 8 】

制御部 4 0 は、筐体（不図示）内に収容された、アナログ / デジタル（A / D : Analog to Digital）変換器 4 1、中央演算処理装置（C P U : Central Processing Unit）4 2、メモリ 4 3、入力装置 4 4、出力装置 4 5 及び表示装置 4 6 を有する。

【 0 0 2 9 】

A / D 変換器 4 1 は、受光部 3 0 から出力される信号 S I G をデジタル信号に変換し、変換したデジタル信号を C P U 4 2 へ出力する。なお、この際、A / D 変換器 4 1 から出力されるデジタル信号が示す受光面 3 1 の受光量分布を保持するため、図示しないメモリにデジタル信号を格納してもよい。

【 0 0 3 0 】

C P U 4 2 は、受け取ったデジタル信号に所定の信号処理を行い、測定対象物 5 0 0 の測定動作を行い、測定対象物 5 0 0 が測定空間 1 0 1 のいずれの位置にいるかを検出し、測定対象物の Z 軸に対する傾きを検出し、又は、受光部 3 0 の受光量分布を表示可能な形式に変換したりすることが可能に構成される。C P U 4 2 での検出結果や演算結果は適宜メモリ 4 3 に書き込み可能であり、かつ、C P U 4 2 は必要に応じて所望のデータをメモリ 4 3 から読み出すことが可能である。

【 0 0 3 1 】

メモリ 4 3 には、制御部 4 0 の制御プログラムが記憶されていてもよい。C P U 4 2 は、メモリ 4 3 から制御プログラムを読み出すことで、自己の演算プロセスや光学測定装置 1 0 0 の測定動作を実行してもよい。また、図示しないが、C P U 4 2 は、制御プログラムに従って投光部 1 0 の投光動作を制御するとともに、光学測定装置 1 0 0 に組み込まれた各種回路での動作を制御してもよい。

【 0 0 3 2 】

なお、メモリ 4 3 は、制御部 4 0 によってデータの書き込み及び読み出しが行われるデータと上記の制御プログラムとが同じ記憶装置に記憶されてもよいし、同じ記憶装置内で

10

20

30

40

50

領域を分けてデータと制御プログラムとを別個に記憶してもよいし、複数の記憶装置を設けてデータと制御プログラムとを物理的に分離して記憶してもよく、種々の記憶方法をとってもよい。メモリ 43 としては、ハードディスク、SSD (Solid State Drive)、フラッシュメモリなどの各種の記憶装置を用いることが可能である。

【0033】

入力装置 44 は、光学測定装置 100 に各種のデータやコマンドを与えるための装置であり、スイッチ、ジョイスティック、キーボード、マウス、USB (Universal Serial Bus) ポートなどの各種の入力装置を用いることができる。

【0034】

出力装置 45 は、各種のデータや測定結果などを光学測定装置 100 の外部に出力するための装置であり、プリンタや USB ポートなどの各種の出力装置を用いることができる。

10

【0035】

表示装置 46 は、光学測定装置 100 における各種の設定内容、データ、測定の進捗状況、測定結果やユーザの操作に供する情報を視認可能に表示するための装置であり、液晶ディスプレイなどの各種の表示装置を用いることができる。また、表示装置 46 は、CPU 42 から測定不可信号が与えられた場合には、測定対象物 500 が測定空間 101 から外れたことを示す情報を表示することもできる。

【0036】

次いで、光学測定装置 100 の動作について、図を参照して説明する。図 4 ~ 図 6 は、測定空間 101 における焦点位置と各焦点位置における像の結像状態とを模式的に示す図である。図 4 ~ 図 6 では、焦点位置として Y - Z 平面に平行な焦点面を考慮した。ここでは、測定空間 101 内の X 方向で位置が異なる焦点位置として、焦点位置 FP1 ~ FP3 を想定した。焦点位置 FP1 は受光部 30 に最も近く、焦点位置 FP3 は受光部 30 から最も遠く、焦点位置 FP2 は焦点位置 FP1 と焦点位置 FP3 との中間とした。図 4 ~ 図 6 に示すように、焦点位置 FP1 ~ FP3 に対応する像が、受光部 30 の受光面 31 において Y 方向に離隔している結像位置 L1 ~ L3 でそれぞれ結像するように、角度 θ が調整されている。なお、図 2 では、受光面 31 の結像位置 L2 に到達する光線を代表例として表示している。

20

【0037】

ここでは、上記の結像位置 L1 ~ L3 を用いて光学測定装置 100 の構成及び動作を説明するが、これは、受光部 30 における受光面 31 での受光量分布の位置依存性を説明するための便宜上のものに過ぎず、結像位置 L1 ~ L3 は固定的な位置ではなく、適宜選択することが可能である。また、結像位置 L1 ~ L3 の数もあくまで例示にすぎず、適宜任意の数の結像位置を設定してもよい。

30

【0038】

図 4 に示すように、測定対象物 500 のエッジが受光部 30 の受光面 31 に近い焦点位置 FP1 にある場合、測定対象物 500 のエッジを通過して受光面 31 に入射する光は、上面図において、受光面 31 のうちで第 2 のレンズ 23 から最も遠い結像位置 L1 で結像することとなる。結像位置 L1 以外の Y 方向の位置では、焦点位置 FP1 に対応する像が受光面 31 では結像しない。なお、以下では、説明の簡略化のため、測定対象物 500 として円柱形状の物体を想定し、円柱の軸方向を Y 方向と平行な方向として説明する。

40

【0039】

図 7 に、受光部 30 の受光面 31 において Y 方向及び Z 方向に二次元的に配列された受光素子 32 と受光面 31 における結像位置とを示す。図 7 に示すように、焦点位置 FP1 に対応する結像位置 L1 は、Z 方向に配列された受光素子 32 の列のうち、受光面 31 の中心から Y 軸のマイナス方向側に位置する列に沿った位置となることが理解できる。なお、図 7 に示す線 O B J は、例えば円柱形状の測定対象物 500 をこの円柱の中心軸が Y 軸に平行になるように測定空間 101 内に配置して、X 方向から観察したときに Y 方向に平行な円柱の輪郭、すなわち円柱の側面のエッジの像の位置を示すものであり、ここでは円

50

柱の側面の上側（受光面 3 1 の中心から Z 軸のプラス方向側）のエッジを示すものとする。

【 0 0 4 0 】

焦点位置 F P 3 に対応する結像位置 L 3 は、Z 方向に配列された受光素子 3 2 の列のうち、受光面 3 1 の中心から Y 軸のプラス方向側に位置する列に沿った位置となることが理解できる。

【 0 0 4 1 】

焦点位置 F P 2 に対応する結像位置 L 2 は、Z 方向に配列された受光素子 3 2 の列のうち、結像位置 L 1 と結像位置 L 3 との中間付近の列に沿った位置となることが理解できる。

10

【 0 0 4 2 】

結像位置 L 1 では、焦点位置 F P 1 に対応する像が結像しているため、結像位置 L 1 の線 O B J 付近では、円柱のエッジによって受光素子 3 2 での受光量は Z 方向で暗から明へ急峻に変化する。結像位置 L 2 では、像が結像せずに（ピンぼけ状態）光が照射されるため、結像位置 L 1 と比べて強度が小さな光が照射される。結像位置 L 3 では、像がよりぼけた状態（ピンぼけ状態）で光が照射されるため、結像位置 L 2 と比べて更に強度が小さな光が照射される。

【 0 0 4 3 】

結像位置 L 1 ~ L 3 での受光素子 3 2 の受光量を Z について微分すると、それぞれの結像位置において微分値は極値をとる。ここでは、像が暗から明へ急峻に変化する場合について考慮するため、結像位置 L 1 ~ L 3 での受光素子 3 2 の受光量を Z について微分すると、それぞれの結像位置において微分値は極大値をとる。図 8 に、焦点位置 F P 1 に対応する像が受光面 3 1 の結像位置 L 1 で結像している場合の受光素子の受光量の微分値を示す。図 8 に示すように、結像位置 L 1 では、像が結像しているため、受光量の変化が大きくなる。そのため、結像位置 L 1 における受光量 $I(L1)$ の微分値 $(\Delta I / \Delta Z)$ は、極大値（ピーク値）が大きく、かつ狭い範囲で分布することとなる。これに対し、焦点位置 F P 1 に対応する像は受光面 3 1 の結像位置 L 2 及び L 3 では結像しないため（ピンボケ状態）、結像位置 L 2 及び L 3 の線 O B J 付近では受光素子 3 2 での受光量の Z 方向の変化は無い、または緩やかである。そのため、図 8 に示すように、結像位置 L 2 における受光量 $I(L2)$ の微分値と結像位置 L 3 における受光量 $I(L3)$ の微分値とは、結像位置 L 1 と比べて極大値（ピーク値）が小さく、かつ結像位置 L 1 から離れるに従って緩やかな分布を示す。

20

30

【 0 0 4 4 】

以上より、結像位置 L 1 での受光量 $I(L1)$ の微分値 $(\Delta I / \Delta Z)$ のピーク値（極大値）は、結像位置 L 2 及び L 3 と比較して大きくなることが理解できる。よって、図 8 に示す例では、測定対象物 5 0 0 の焦点位置、すなわちエッジが焦点位置 F P 1 にあるものと判断することができる。このように、受光量 I の微分値 $(\Delta I / \Delta Z)$ の極大値がいずれの結像位置で最大となるかを判定することで、測定対象物 5 0 0 の像が結像している結像位置を決定することができる。

【 0 0 4 5 】

次いで、図 5 に示すように、測定対象物 5 0 0 のエッジが受光部 3 0 の受光面 3 1 に 2 番目に近い焦点位置 F P 2 にある場合、焦点位置 F P 2 に置かれた測定対象物 5 0 0 のエッジを通過して受光面 3 1 に入射する光は、上面図において、受光面 3 1 のうちで中央付近の位置 L 2 で結像することとなる。結像位置 L 2 以外の Y 方向の位置では、焦点位置 F P 2 に対応する像が受光面 3 1 では結像しない（ピンボケ状態）。

40

【 0 0 4 6 】

結像位置 L 2 では、焦点位置 F P 2 に対応する像が結像しているため、結像位置 L 2 の線 O B J 付近では、円柱のエッジによって受光素子 3 2 での受光量は Z 方向で暗から明へ急峻に変化する。結像位置 L 1 及び L 3 では、像が結像せずに（ピンぼけ状態）光が照射されるため、結像位置 L 2 と比べて強度が小さな光が照射される。

50

【 0 0 4 7 】

結像位置 L 1 ~ L 3 での受光素子 3 2 の受光量を Z について微分すると、それぞれの結像位置において微分値は極大値をとる。図 9 に、焦点位置 F P 2 に対応する像が受光面 3 1 の結像位置 L 2 で結像している場合の受光素子の受光量の微分値を示す。図 9 に示すように、結像位置 L 2 では、像が結像しているため、受光量の変化が大きくなる。そのため、結像位置 L 2 における受光量 $I(L 2)$ の微分値 $(\Delta I / \Delta Z)$ は、極大値（ピーク値）が大きく、かつ狭い範囲で分布することとなる。これに対し、焦点位置 F P 2 に対応する像は受光面 3 1 の結像位置 L 1 及び L 3 では結像しないため（ピンボケ状態）、結像位置 L 1 及び L 3 の線 O B J 付近では、受光素子 3 2 での受光量の Z 方向の変化は無いが、または緩やかである。そのため、図 9 に示すように、結像位置 L 1 における受光量 $I(L 1)$ の微分値と結像位置 L 3 における受光量 $I(L 3)$ の微分値とは、結像位置 L 2 と比べて極大値（ピーク値）が小さく、かつ結像位置 L 1 よりも緩やかな分布を示す。

10

【 0 0 4 8 】

以上より、結像位置 L 2 での受光量 $I(L 2)$ の微分値 $(\Delta I / \Delta Z)$ の極大値は、結像位置 L 1 及び L 3 と比較して大きくなることが理解できる。よって、図 9 に示す例では、測定対象物 5 0 0 の焦点位置、すなわちエッジが焦点位置 F P 2 にあるものと判断することができる。

【 0 0 4 9 】

次いで、図 6 に示すように、測定対象物 5 0 0 のエッジが受光部 3 0 の受光面 3 1 から最も遠い焦点位置 F P 3 にある場合、焦点位置 F P 3 に置かれた測定対象物 5 0 0 のエッジを通過して受光面 3 1 に入射する光は、上面図において、受光面 3 1 のうちで第 2 のレンズ 2 3 から最も近い位置 L 3 で結像することとなる。結像位置 L 3 以外の Y 方向の位置では、焦点位置 F P 3 に対応する像が受光面 3 1 では結像しない（ピンボケ状態）。

20

【 0 0 5 0 】

結像位置 L 3 では、焦点位置 F P 3 に対応する像が結像しているため、結像位置 L 3 の線 O B J 付近では、円柱のエッジによって受光素子 3 2 での受光量は Z 方向で暗から明へ急峻に変化する。結像位置 L 1 及び L 2 では、像が結像せずに（ピンぼけ状態）光が照射されるため、結像位置 L 3 と比べて強度が小さな光が照射される。

【 0 0 5 1 】

結像位置 L 1 ~ L 3 での受光素子 3 2 の受光量を Z について微分すると、それぞれの結像位置において微分値は極大値をとる。図 1 0 に、焦点位置 F P 3 に対応する像が受光面 3 1 の結像位置 L 3 で結像している場合の受光素子の受光量の微分値を示す。図 1 0 に示すように、結像位置 L 3 では、像が結像しているため、受光量の変化が大きくなる。そのため、結像位置 L 3 における受光量 $I(L 3)$ の微分値 $(\Delta I / \Delta Z)$ は、極大値（ピーク値）が大きく、かつ狭い範囲で分布することとなる。これに対し、焦点位置 F P 3 に対応する像は受光面 3 1 の結像位置 L 1 及び L 2 では結像しないため（ピンボケ状態）、結像位置 L 1 及び L 2 の線 O B J 付近では、受光素子 3 2 での受光量の Z 方向の変化は無いが、または緩やかである。そのため、図 1 0 に示すように、結像位置 L 1 における受光量 $I(L 1)$ の微分値と結像位置 L 2 における受光量 $I(L 2)$ の微分値とは、結像位置 L 2 と比べて極大値（ピーク値）が小さく、かつ結像位置 L 3 から離れるに従って緩やかな分布を示す。

30

40

【 0 0 5 2 】

以上より、結像位置 L 3 での受光量 $I(L 3)$ の微分値 $(\Delta I / \Delta Z)$ の極大値は、結像位置 L 1 及び L 2 と比較して大きくなることが理解できる。よって、図 1 0 に示す例では、測定対象物 5 0 0 の焦点位置、すなわちエッジが焦点位置 F P 3 にあるものと判断することができる。

【 0 0 5 3 】

以上説明したように、受光面 3 1 において、Y 方向のいずれの位置で受光量の微分値の極大値が最大となるかによって、焦点位置の X 方向の位置、すなわち被測定物が測定空間 1 0 1 のどの位置に配置されているかを検出することができる。

50

【 0 0 5 4 】

また、測定対象物 5 0 0 の概略形状がわかっている場合には、測定対象物 5 0 0 によっては、結像位置 L 1 ~ L 3 の全てで像が結像する場合がある。この場合、結像した像に対応する測定対象物 5 0 0 のエッジが概ね直線である場合には、測定対象物 5 0 0 の Z 方向を回転軸とする回転量を検出することも可能である。この場合、結像位置 L 1 ~ L 3 では、受光量の Z 方向の微分値がそれぞれ極大値をとるが、これらの極大値が所定の範囲内に収まっている場合に結像位置 L 1 ~ L 3 の全てで像が結像していると判定することが可能である。

【 0 0 5 5 】

本構成では、二次元イメージセンサを 1 つ用いるだけでよいので、複数のイメージセンサを用いて同様の動作を行う光学測定装置と比べて装置構成を簡素化できるので、製造コストの削減、メンテナンス性及び信頼性の向上、光学部品の調整の簡易化を実現することができる。また、複数のイメージセンサに光を分配する必要がないので、ビームスプリッタやハーフミラーを配置せずともよいので、部品点数を削減でき、かつ、各イメージセンサに入射する光量の減少を防止できる。その結果、測定精度の向上、測定的高速化を図ることができる。また、ハーフミラーの使用を回避できるので、これによるゴースト発生の懸念を解消することもできる。

【 0 0 5 6 】

実施の形態 2

以下、実施の形態 2 にかかる光学測定装置について説明する。上述の実施の形態 1 では、円柱形状の測定対象物 5 0 0 は、軸方向が Y 方向に平行であるものとしたが、測定対象物 5 0 0 を測定空間 1 0 1 に置くときの状態によっては、円柱の軸方向が Y 方向と平行ではなくなることが考え得る。図 1 1 に、実施の形態 2 にかかる光学測定装置での測定対象物の配置を示す。本実施の形態では、図 1 1 に示すように、測定対象物 5 0 0 のエッジが焦点位置 F P 1 ~ F P 3 に位置するように、測定対象物 5 0 0 は Z 方向を軸として角度 θ だけ回転している。また、測定対象物 5 0 0 の軸は、Y 方向に対して角度 φ だけ回転している。

【 0 0 5 7 】

この場合、測定対象物 5 0 0 の像が受光部 3 0 の受光面 3 1 上に結像する。図 1 2 に、実施の形態 2 にかかる光学測定装置において受光面に結像する測定対象物の像を示す図である。図 1 2 では、像の暗部を符号 5 0 1 で示している。図 1 2 に示すように、測定空間 1 0 1 において測定対象物 5 0 0 の軸方向が Y 方向に対して角度 φ だけ回転しているので、受光面 3 1 上の像も Y 方向に対して角度 φ だけ傾いている。この状態で測定対象物 5 0 0 の Z 方向の寸法を測定してしまうと、傾きによって、実際の測定対象物 5 0 0 の寸法よりも長い寸法 W a が測定されてしまう。

【 0 0 5 8 】

そこで、本実施の形態では、像が結像したときの受光面 3 1 上での受光量分布を用いて傾きを補正し、測定対象物 5 0 0 の寸法を正確に求める方法について検討する。なお、図 1 2 では、受光素子 3 2 が配列されている領域を、受光領域 3 3 として表示している。

【 0 0 5 9 】

まず、光学測定装置 1 0 0 は、像が結像したときの受光面 3 1 上での受光量分布を測定し、C P U 4 2 は測定した受光量分布をメモリ 4 3 に書き込む。

【 0 0 6 0 】

C P U 4 2 は、結像位置 L 1 近傍の受光素子 3 2 の Z 方向の列（例えば、2 列程度）が検出した受光量データをメモリ 4 3 から読み込み、受光量が急峻に変化する端点 P 1 1 と端点 P 1 2 とを算出する。なお、言うまでもないが、端点 P 1 1 と端点 P 1 2 とは、Z 方向に平行な線上に位置する点である。その後、C P U 4 2 は、端点 P 1 1 と端点 P 1 2 との間の中点 P 1 3 を算出する。

【 0 0 6 1 】

C P U 4 2 は、結像位置 L 3 近傍の受光素子 3 2 の Z 方向の列（例えば、2 列程度）が

10

20

30

40

50

検出した受光量データをメモリ 43 から読み込み、受光量が急峻に変化する端点 P 31 と端点 P 32 とを算出する。なお、言うまでもないが、端点 P 31 と端点 P 32 とは、Z 方向に平行な線上に位置する点である。その後、CPU 42 は、端点 P 31 と端点 P 32 との間の中点 P 33 を算出する。

【0062】

CPU 42 は、中点 P 13 と中点 P 33 とを結ぶ線と Y 方向との傾き、すなわち角度 φ を算出する。

【0063】

CPU 42 は、結像位置 L 2 近傍の受光素子 32 の Z 方向の列（例えば、4 列程度）が検出した受光量データをメモリ 43 から読み込み、受光量が急峻に変化する端点 P 21 と端点 P 22 とを算出する。なお、言うまでもないが、端点 P 21 と端点 P 22 とは、Z 方向に平行な線上に位置する点である。

10

【0064】

その後、CPU 42 は、端点 P 21 と端点 P 22 との間の Z 方向の寸法 W_a を算出する。そして、寸法 W_a に $\cos \varphi$ を乗じること、測定対象物 500 の正確な寸法 W_t を算出することができる。

【0065】

以上、本構成によれば、イメージセンサの受光面における像に傾きが生じた場合でも、受光面での受光量分布を用いて像の傾きを検出し、傾き補正を行って測定対象物 500 の寸法を正確に検出することができる。

20

【0066】

また、本構成によれば、受光面での受光量分布データのうち一部だけを用いて傾き補正を行うため、正確な寸法測定を正確かつ高速に行うことが可能となる。

【0067】

なお、本実施の形態では、単一の測定対象物 500 の像が受光部 30 の受光面 31 上に結像し、像の暗部 501 の幅を測定する例について示したが、これは例示に過ぎない。例えば、2 つの測定対象物の像の間に存在する明部の幅についても、同様の補正を行って測定できることは言うまでもない。

【0068】

その他の実施の形態

30

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。例えば、結像位置 L 1 ~ L 3 での結像状態と様々な形状を有する測定対象物との関係を予め把握しておくことで、結像位置 L 1 ~ L 3 での結像を観察することで、結像位置 L 1 ~ L 3 の一部又は全部で像が結像しない場合でも、測定対象物の回転量を検出できる構成とすることも可能である。

【0069】

また、結像位置 L 1 ~ L 3 の一部又は全部における受光量の微分値の Z 座標を特定することで、測定空間 101 における測定対象物 500 の位置を検出できることは、言うまでもない。

【0070】

上述の光学測定装置には、例えば他の制御装置や表示装置などを接続することで、光学測定装置の外部から測定動作を制御する構成とすることも可能である。

40

【0071】

上述の光学測定装置の光学系は例示に過ぎず、光源から投射され、測定空間を通過した平行光の光軸に対して二次元イメージセンサを傾けて配置できる限り、他の構成の光学系を用いてもよい。

【0072】

上記の制御部の構成は例示に過ぎず、上述の実施の形態と同様の動作を実現できる限り、他の構成としてもよい。

【0073】

50

上述の実施の形態では、受光部 30 を構成する二次元イメージセンサがアナログ信号である信号 S I G を出力し、制御部 40 の A / D 変換器が信号 S I G をデジタル信号に変換し、変換後のデジタル信号が C P U 42 に入力される構成について説明したが、これは例示に過ぎない。例えば、受光部 30 を構成する二次元イメージセンサ内に A / D 変換器変換器を設け、検出結果を示すアナログ信号を二次元イメージセンサ内でアナログ / デジタル変換し、変換後のアナログ信号を制御部 40 の C P U 42 に与える構成としてもよい。これにより、制御部の構成を簡素化し、コストダウンと実装面積の縮小化を図ることが可能となる。

【 0 0 7 4 】

上述の実施の形態では、像が暗から明へ急峻に変化する場合について考慮し、受光素子 32 の受光量を Z について微分し、微分値が極大値をとる位置を検出する例について説明した。これに対し、像が明から暗へ急峻に変化する場合について考慮したときには、受光素子 32 の受光量を Z について微分し、微分値が極小値をとる位置を検出し、そして極小値が最小となる受光面における Y 方向の位置を検出してもよい。すなわち、微分値が極大値及び極小値を含む極値を検出し、検出した極値の絶対値が受光面の Y 方向のいずれの位置で最大になるかを検出できればよい。

【 0 0 7 5 】

また、受光部 30 を構成する二次元イメージセンサセンサの回転角度 θ を調節することで、例えば焦点位置 F P 1 と焦点位置 F P 3 との間の距離が可変となる。これにより、角度 θ を大きくすることで、測定空間 101 内の X 軸方向の焦点位置観測範囲を広くすることができる。角度 θ が 0 の場合は、焦点位置 F P 1 及び F P 3 は、焦点位置 F P 2 と一致する。この場合、結像位置 L 1 ~ L 3 でほぼ同等の微分値が検出されるので、検出した微分値を平均する事でより精度が高いエッジ検出が可能となる。このように、適宜角度 θ を調整することで、所望の焦点位置観測範囲やエッジ検出を使い分けることも可能である。角度 θ の調整は、例えば、受光部 30 に連結されたアクチュエータ（不図示）などを制御部 40 が駆動することで実現することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 6 】

- 10 投光部
- 11 光源
- 12 拡散部
- 13 投光レンズ
- 20 光学系
- 21 第 1 のレンズ
- 22 絞り
- 23 第 2 のレンズ
- 30 受光部
- 31 受光面
- 32 受光素子
- 33 受光領域
- 40 制御部
- 41 A / D 変換器
- 42 C P U
- 43 メモリ
- 44 入力装置
- 45 出力装置
- 46 表示装置
- 100 光学測定装置
- 101 測定空間
- 500 測定対象物

10

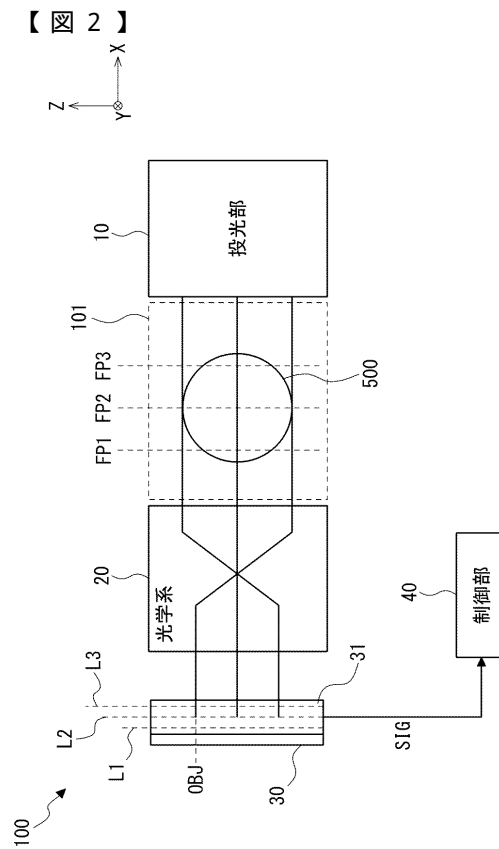
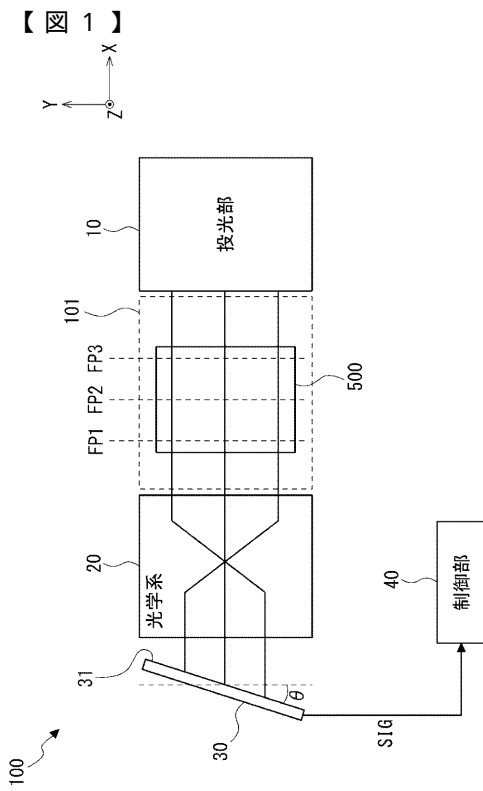
20

30

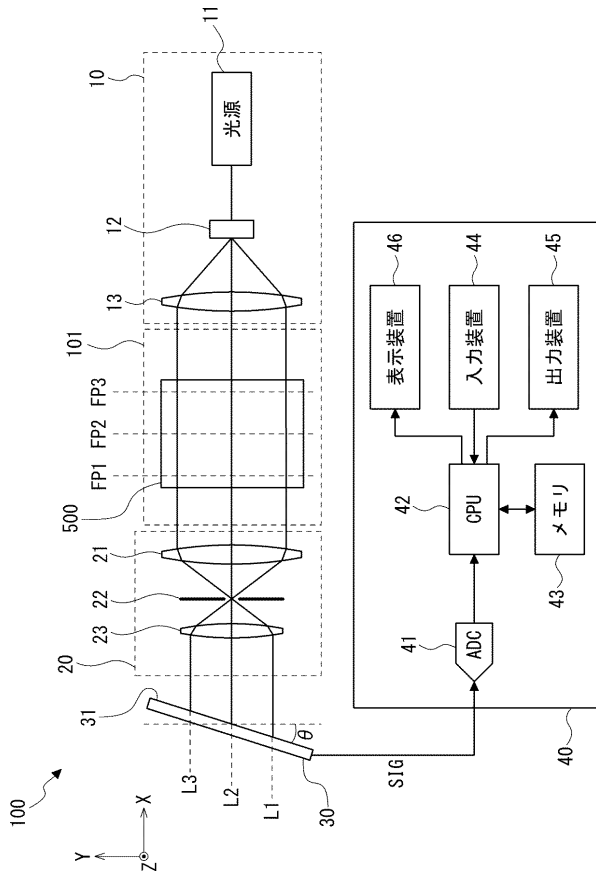
40

50

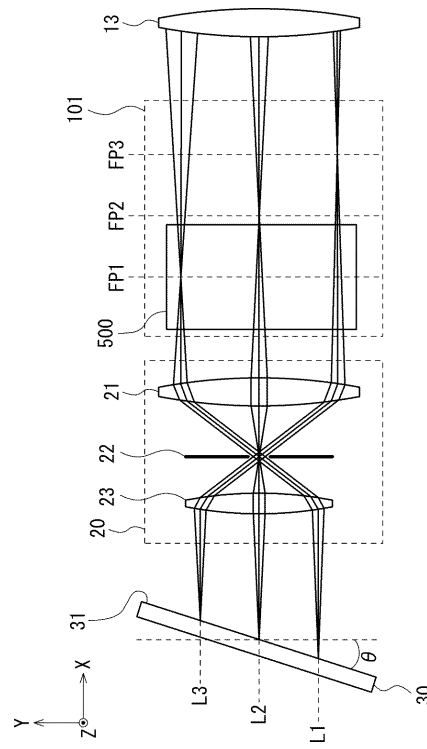
F P 1 ~ F P 3 焦点位置
 L 1 ~ L 3 結像位置
 S I G 信号



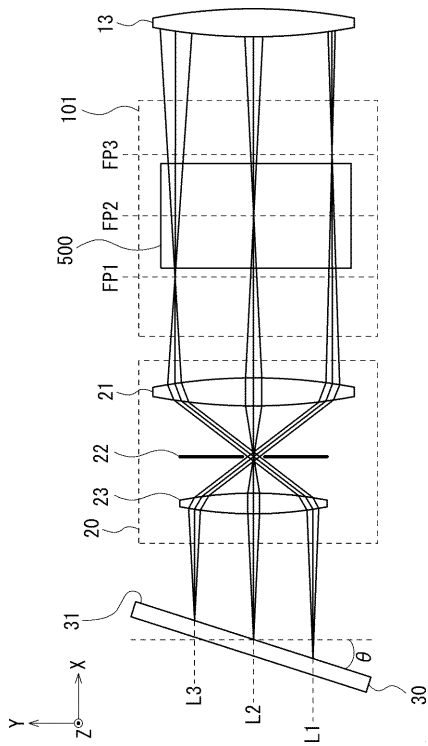
【図 3】



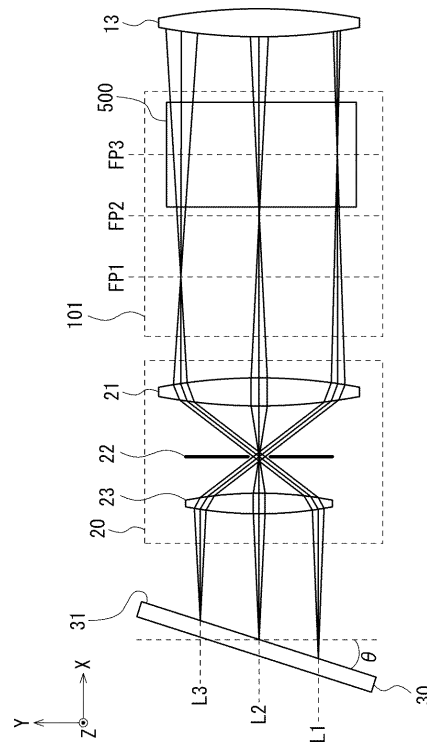
【図 4】



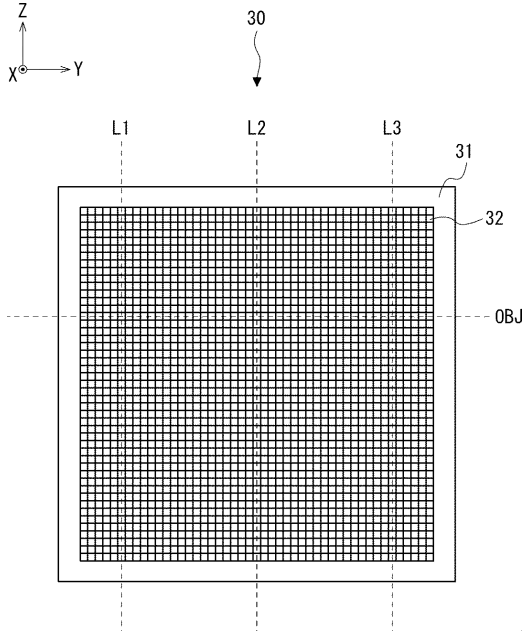
【図 5】



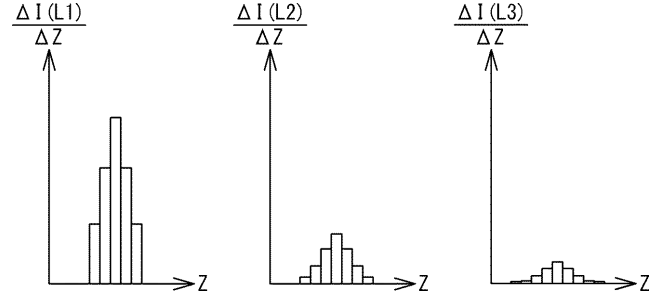
【図 6】



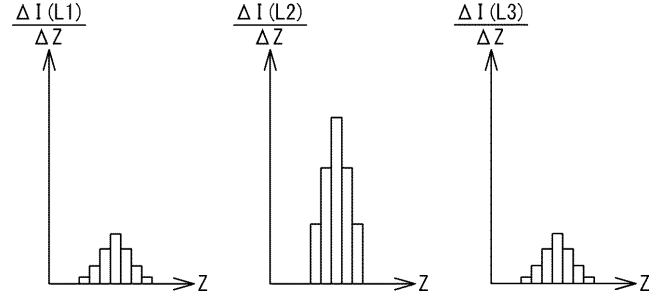
【図 7】



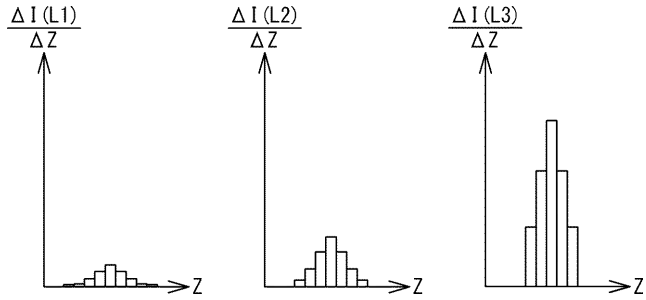
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

