

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5105719号  
(P5105719)

(45) 発行日 平成24年12月26日 (2012. 12. 26)

(24) 登録日 平成24年10月12日 (2012. 10. 12)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 M 11/02 (2006. 01)** GO 1 M 11/02 B  
**GO 2 B 7/02 (2006. 01)** GO 2 B 7/02 Z

請求項の数 18 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2005-186634 (P2005-186634)	(73) 特許権者	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(22) 出願日	平成17年6月27日 (2005. 6. 27)	(74) 代理人	100065824 弁理士 篠原 泰司
(65) 公開番号	特開2006-47292 (P2006-47292A)	(74) 代理人	100104983 弁理士 藤中 雅之
(43) 公開日	平成18年2月16日 (2006. 2. 16)	(72) 発明者	橋本 安史 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
審査請求日	平成20年5月20日 (2008. 5. 20)	(72) 発明者	加藤 智香子 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
(31) 優先権主張番号	特願2004-194450 (P2004-194450)		
(32) 優先日	平成16年6月30日 (2004. 6. 30)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学部品の評価装置、評価方法及びそれを用いた光軸調整装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の光束を生成する光束生成部と、  
 前記光束生成部からの光を受光する位置に配置された撮像装置と、  
 前記撮像装置よりも前記光束生成部側に配置され、光学部品を保持する保持部材と、  
 前記撮像装置からの出力情報に基づいて、所定の処理を行なう処理装置を備え、  
 前記光束生成部は、第1の領域群と第2の領域群を少なくとも有し、  
 前記第1の領域群における複数の領域は、第1の所定の線上に、互いに離れて位置し、  
 前記第2の領域群における複数の領域は、第2の所定の線上に、互いに離れて位置し、  
 前記第2の領域群は、前記第1の領域群の外側に位置し、  
 前記出力情報には、前記第1の領域群における前記複数の領域の像から求めた、第1の領域群の中心位置の情報と、前記第2の領域群における前記複数の領域の像から求めた、第2の領域群の中心位置の情報が含まれ、

前記処理装置は、前記第1の領域群の中心位置の情報と前記第2の領域群の中心位置の情報とに基づいて、前記光学部品の位置調整に必要な前記光学部品の移動量を算出するようにした、

ことを特徴とする光学部品の評価装置。

【請求項2】

前記光束生成部は、光源と基板を有し、

前記基板は、前記光源と前記保持部材の間、あるいは前記保持部材と前記撮像装置の間

に配置され、

前記第 1 の領域群及び前記第 2 の領域群における複数の領域は、光を透過あるいは反射する領域である、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 3】

前記光束生成部は、複数の発光部を有する光源であり、

前記第 1 の領域群及び前記第 2 の領域群における複数の領域は、前記複数の発光部であり、前記第 1 の所定の線及び前記第 2 の所定の線上に等間隔に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 4】

前記第 1 の所定の線は円周であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 5】

前記第 1 の所定の線は多角形の辺であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 6】

前記第 2 の所定の線は円周であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 7】

前記第 2 の所定の線は多角形の辺であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 8】

前記第 1 の領域群における前記複数の領域の外形形状は、全て同じ形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 9】

前記第 1 の領域群における前記複数の領域の外形形状は、少なくとも 2 つの異なる形状を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 10】

前記第 2 の領域群における前記複数の領域の外形形状は、全て同じ形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 11】

前記第 2 の領域群における前記複数の領域の外形形状は、少なくとも 2 つの異なる形状を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 12】

前記複数の領域の外形形状は円であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 13】

前記複数の領域の外形形状は多角形であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 14】

前記第 1 の領域群の中心位置の情報は、前記第 1 の領域群における前記複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であり、

前記第 2 の領域群の中心位置の情報は、前記第 2 の領域群における前記複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学部品の評価装置。

【請求項 15】

請求項 1 から請求項 14 のいずれか一項に記載の光学部品の評価装置と、

前記処理装置が算出した前記光学部品の位置調整に必要な情報に基づいて、前記光学部

10

20

30

40

50

品の光軸と直交する方向に移動する移動手段と、

前記光学部品に接触するよう配置されるとともに、前記移動手段と連結状態に構成された調心治具と、

を備えることを特徴とする光軸調整装置。

【請求項 16】

第1の所定の線上に互いに離れて位置する複数の領域からなる第1の領域群と前記第1の領域群の外側に位置して第2の所定の線上に互いに離れて位置する複数の領域からなる第2の領域群を、光学部品を介して撮像する撮像ステップと、

前記第1の領域群における複数の領域の像から求めた、第1の領域群の中心位置の情報と、前記第2の領域群における複数の領域の像から求めた、第2の領域群の中心位置の情報とに基づいて、前記光学部品の位置調整に必要な前記光学部品の移動量を算出する算出ステップと、

を含むことを特徴とする光学部品の評価方法。

【請求項 17】

前記第1の領域群の中心位置の情報が、前記第1の領域群における複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であり、

前記第2の領域群の中心位置の情報が、前記第2の領域群における複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であることを特徴とする請求項16に記載の光学部品の評価方法。

【請求項 18】

前記算出ステップにおいて算出された前記光学部品の位置調整に必要な前記光学部品の移動量に基づいて、前記光学部品の位置調整を行うステップを更に含むことを特徴とする請求項16又は17に記載の光学部品の評価方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学部品の評価装置及び評価方法に関し、特に、カメラ用レンズや撮像ユニット等のレンズユニットの組立て時に用いられるレンズユニットの評価装置及び評価方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

レンズユニットの光軸調整を行なう装置は、例えば、特許文献1に開示されている。ここで開示されているレンズユニットの光軸調整装置は、中心光線と該中心光線に平行な3本以上の輪帯光線とが、レンズユニットに照射されるようになっている。

【特許文献1】特許第3208902号公報

【0003】

次に、特許文献1に開示された光軸調整装置について、図15、図16および図17を用いて説明する。図15はその光軸調整装置の概略構成図、図16はその光軸調整装置の結像に関する説明図、図17はその光軸調整装置のCCDカメラ受像面における像を示す図である。

【0004】

図15において、レンズユニットの光軸調整装置は、光源50と、ピンホール板51と、NDフィルタ52と、コリメータレンズ53及びミラー54とを備えている。ピンホール板51は、この光源50の左方に配置されている。このピンホール板51には、0.6μm程度のピンホール加工が施されている。また、NDフィルタ52及びコリメータレンズ53は、ピンホール板51の左方に配置されている。ミラー54は、コリメータレンズ53の左方に配置されている。

【0005】

更に、図15において、ミラー54の下方には、不透明で平板状のチャート55が配置されている。このチャート55は、チャート55の面が、チャート55に入射する光の光

10

20

30

40

50

軸に対して垂直になるように配置されている。

このチャート55には、図16に示すように、チャート55の中心点M0と、この中心点M0を中心とする輪帯上において等間隔に並ぶ8点(M1~M8)に、光透過領域形成されている。M0~M8の各点には、ピンホール加工が施されている。

【0006】

図15において、チャート55の下方には、対象レンズ系Tが配置されている。対象レンズ系Tは、レンズ系56と、玉杵57と、本体側の取付部58と、レンズ系59と、調整治具60とを有している。玉杵57は、レンズ系56を保持及び固定する。本体側の取付部58は、この玉杵57が差し込まれる構造を有している。レンズ系59は、玉杵57の上部に配置され、調整対象となるレンズ系である。調整治具60は、レンズ系59に接

10

【0007】

図15において、対象レンズ系Tの下方の任意の位置には、像面61がある。像面61の下方には、顕微鏡レンズ62、CCDカメラ63、フォーカス軸64が配置されている。顕微鏡レンズ62は、その光軸が対象レンズ系Tの光軸と一致するように配置されている。CCDカメラ63は、顕微鏡レンズ62の下方に配置されている。このCCDカメラ63は、その受像面が対象レンズ系Tの光軸に垂直になるように配置されている。

【0008】

上記顕微鏡レンズ62、CCDカメラ63、フォーカス軸64は、粗調心二軸65によって動くX-Yテーブルに搭載されている。そして、粗調心二軸65を調整することにより、CCDカメラ63の受像画面内に像を捉えるようになっている。

20

【0009】

ここで、この光軸調整装置の結像について説明する。

上記光源50から発した光は、ピンホール板51、NDフィルタ52及びコリメータレンズ53を介して平行光Rとなる。平行光束Rは、ミラー54により反射されて、ミラー54から下方へ向かう平行光R'となる。

【0010】

この平行光R'は、チャート55によって一部の光が遮られ、残りの光はチャート55を通過する。具体的には、平行光R'は、チャート55の中心点M0のピンホール、及び中心点M0を中心とする輪帯上において等間隔に並ぶ8点(M1~M8)のピンホールを通過して、9本の光線となる(ピンホール像が形成される)。そして、チャート55を通過した9本の光線は、対象レンズ系Tを通過して、像面61に入射する。このとき、平行光R'は、その光のほとんどがチャート55によって遮蔽されるので、9個のピンホール像のみがCCDカメラ63に結像する。

30

【0011】

ここで、レンズ系59の光軸が、レンズ系56及び全光学系の光軸に対して理想的に一致しているとする。この場合、図16において、レンズ系59、56を通過した光線R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8によって、輪帯上の照射点L1~L8が得られる。これらの照射点の重心位置から求まる中心位置と、レンズ系59、56を通過した光線R0によって得られる照射点L0の重心位置は一致する。

40

【0012】

しかし、レンズ系59の光軸がレンズ系56乃至全光学系の光軸に対してずれている場合、輪帯上の照射点L1~L8の重心位置から求まる中心位置と、照射点L0の重心位置は、ずれてしまう。そこで、この輪帯上の照射点L1~L8の重心位置から求まる中心位置と、照射点L0の重心位置とのずれを合致させるために、特許文献1では、演算処理部66及び微調心二軸69を用いた光軸調整を行なっている。すなわち、演算処理部66は、照射点67(図17参照)を除く輪帯を構成する8個の照射点の画素すべてについて、そのX座標XR1~XRm、Y座標YR1~YRmの平均を求めて、輪帯の中心68における中心座標B(XG, YG)を得る。

【0013】

50

次に、照射点 6 7 における重心座標  $A(X_0, Y_0)$  と輪帯の重心座標  $B(X_G, Y_G)$  との偏差  $(X_G - X_0, Y_G - Y_0)$  を、軸上コマ量  $(X, Y)$  として検出する(評価値を得る)。そして、検出された軸上コマ量に応じて、微調心二軸 6 9 を微動させる。その際、軸上コマ量が設定された規格内に収まるように、レンズ系 5 9 を微動させて、光軸調整を行なう。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

上記特許文献 1 では、第 1 レンズ系(図 1 5 におけるレンズ系 5 6)及び第 2 レンズ系(図 1 5 におけるレンズ系 5 9)の光軸ずれの検出において、評価値のばらつきは、中心光束の重心、及び輪帯光束の中心のばらつきである。言い換えれば、評価値のばらつきは、中心光束の重心座標、及び輪帯光束の中心座標のばらつきになる。ここに記載の検出方法によれば、輪帯光束の中心座標は、輪帯を構成する八つの光束の平均値から算出される。すなわち、平均化が行なわれることにより、八つの光束のばらつきが相殺される。その結果、中心座標のばらつきが、各光束の重心位置のばらつきに比べて小さくなるようになっている。

10

しかし、中心光束の重心座標に関しては、一つの光束のみから算出されている。そのため、一つの光束の重心座標のばらつきが、そのまま評価値に影響してしまうことになるので、評価値のばらつきを悪化させる要因の一つになっている。

【0015】

20

また、最近の技術動向として、レンズユニットの小型化という流れがある。このような小型化実現のために、レンズユニットの組立時に要求される光軸ずれ精度も厳しくなってきた。

しかし、特許文献 1 に記載の装置を用いてレンズユニットの光軸を調整しようとした場合、上記のように評価値のばらつきが大きくなるため、検出分解能を著しく低下させ、調整精度を悪化させてしまうおそれがある。そのため、レンズユニットの小型化も困難となるおそれがある。

【0016】

そこで、本発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであり、光軸ずれ(あるいは光学部品と枠の取り付け誤差)を高い分解能で検出することができる光学部品の評価装置、評価方法及びそれを用いた光軸調整装置を提供することを目的とする。

30

【0017】

上記の目的を達成するため、本発明による光学部品の評価装置は、複数の光束を生成する光束生成部と、前記光束生成部からの光を受光する位置に配置された撮像装置と、前記撮像装置よりも前記光束生成部側に配置され、光学部品を保持する保持部材と、前記撮像装置からの出力情報に基づいて、所定の処理を行なう処理装置を備え、前記光束生成部は、第 1 の領域群と第 2 の領域群を少なくとも有し、前記第 1 の領域群における複数の領域は、第 1 の所定の線上に、互いに離れて位置し、前記第 2 の領域群における複数の領域は、第 2 の所定の線上に、互いに離れて位置し、前記第 2 の領域群は、前記第 1 の領域群の外側に位置し、前記出力情報には、前記第 1 の領域群における前記複数の領域の像から求めた、第 1 の領域群の中心位置の情報と、前記第 2 の領域群における前記複数の領域の像から求めた、第 2 の領域群の中心位置の情報が含まれ、前記処理装置は、前記第 1 の領域群の中心位置の情報と前記第 2 の領域群の中心位置の情報とに基づいて、前記光学部品の位置調整に必要な前記光学部品の移動量を算出するようにした、ことを特徴とする。

40

【0018】

本発明の光学部品の評価装置においては、前記光束生成部は、光源と基板を有し、前記基板は、前記光源と前記保持部材の間あるいは前記保持部材と前記撮像装置の間に配置され、前記第 1 の領域群及び前記第 2 の領域群における複数の領域は、光を透過あるいは反射する領域であることを特徴とする。

【0019】

50

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記光束生成部は、複数の発光部を有する光源であり、前記第1の領域群及び前記第2の領域群における複数の領域は、前記複数の発光部であり前記第1の所定の線及び前記第2の所定の線上に等間隔に配置されていることを特徴とする。

【0020】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第1の所定の線は、円周であることを特徴とする。

【0021】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第1の所定の線は、多角形の辺であることを特徴とする。

10

【0022】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第2の所定の線は円周であることを特徴とする。

【0023】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第2の所定の線は多角形の辺であることを特徴とする。

【0024】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第1の領域群における前記複数の領域の外形形状は、全て同じ形状であることを特徴とする。

【0025】

20

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第1の領域群における前記複数の領域の外形形状は、少なくとも2つの異なる形状を含むことを特徴とする。

【0026】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第2の領域群における前記複数の領域の外形形状は、全て同じ形状であることを特徴とする。

【0027】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第2の領域群における前記複数の領域の外形形状は、少なくとも2つの異なる形状を含むことを特徴とする。

【0028】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記複数の領域の外形形状は、円であることを特徴とする。

30

【0029】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記複数の領域の外形形状は、多角形であることを特徴とする。

【0030】

また、本発明の光学部品の評価装置においては、前記第1の領域群の中心位置の情報は、前記第1の領域群における前記複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であり、前記第2の領域群の中心位置の情報は、前記第2の領域群における前記複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であることを特徴とする。

【0031】

40

また、上記の目的を達成するため、本発明による光軸調整装置は、上記いずれかの光学部品の評価装置と、前記処理装置が算出した前記光学部品の位置調整に必要な情報に基づいて、前記光学部品の光軸と直交する方向に移動する移動手段と、前記光学部品に接触するように配置されるとともに、前記移動手段と連結状態に構成された調心治具と、を備えることを特徴とする。

【0032】

さらに、上記の目的を達成するため、本発明の光学部品の評価方法は、第1の所定の線上に互いに離れて位置する複数の領域からなる第1の領域群と前記第1の領域群の外側に位置して第2の所定の線上に互いに離れて位置する複数の領域からなる第2の領域群を、光学部品を介して撮像する撮像ステップと、前記第1の領域群における複数の領域の

50

像から求めた、第1の領域群の中心位置の情報と、前記第2の領域群における複数の領域の像から求めた、第2の領域群の中心位置の情報とに基づいて、前記光学部品の位置調整に必要な前記光学部品の移動量を算出する算出ステップと、を含むことを特徴とする。

【0033】

また、本発明の光学部品の評価方法においては、前記第1の領域群の中心位置の情報が、前記第1の領域群における複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であり、前記第2の領域群の中心位置の情報が、前記第2の領域群における複数の領域の像の全重心座標の平均値を算出して得られる情報であることを特徴とする。

さらに、本発明の光学部品の評価方法においては、前記算出ステップにおいて算出された前記光学部品の位置調整に必要な前記光学部品の移動量に基づいて、前記光学部品の位置調整を行うステップを更に含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0036】

このように、本発明によれば、従来技術の課題でもあった評価値のバラツキが抑えられる。その結果、光軸ずれ（あるいは光学部品と枠の取り付け誤差）を、高い分解能で評価できる光学部品の評価装置、評価方法及びそれを用いた光軸調整装置を提供することができる。これにより、光軸ずれの許容量が厳しい小型のレンズユニットの調整も可能となる。よって、レンズユニットの小型化へ寄与することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

実施形態における光学部品の評価とは、例えば、光学部品どうしの光軸ズレや、光学部品と枠の取り付け誤差を評価することである。より具体的には、光軸ズレや取り付け誤差をゼロ、または十分小さくする調整を行なうにあたって、その調整ができるような情報を得ることである。なお、この評価に際しては、光学部品は保持部に取り付けた状態になっている。また、本発明の光学部品の評価装置では、評価結果に基づいて、光学部品どうしの光軸ズレや、光学部品と枠の取り付け誤差をゼロ、または十分小さくする調整を行なうこともできる。

本発明の実施形態の説明に先立ち、作用効果を総括的に述べておく。

一方の光学部品が固定された状態で保持され、他方の光学部品が移動可能に保持されているとする。このとき、一方の光学部品の光軸と、他方の光学部品の光軸とが一致していないとする。この場合、各光学部品を透過した2つの透過光束群（第1の領域群を通過した光束と、第2の領域群を通過した光束）の中心座標は、一致しない。そこで、一方の透過光束群の中心座標と、他方の透過光束群の中心座標の差（距離）を、一方の光学部品における光軸のずれ量として算出する。そして、算出された光軸のずれ量に基づいて、一方の光学部品の移動量を求める。このように、光軸のずれ量の算出に、各透過光束の中心座標を使うようにしたので、中心座標を算出する際の母集団の画素数を増やすことができる。その結果、母集団の画素数が少ない場合に比べて、中心座標のばらつきを小さくすることができる。すなわち、評価値のばらつきを小さくすることができる。その結果、光軸のズレ量の検出分解能を高くすることができる。よって、より精度の良い光軸調整が可能となる。

【0038】

#### 第1実施例

以下、図1乃至図5に基づいて、第1実施例を説明する。

図1(a)は本実施例に係る光軸調整装置の概略図、図1(b)は図1(a)におけるA-A方向に見たチャート4の説明図、図2は撮像装置で撮像されるピンホール像の模式図、図3は透過孔を通過した二つの光束を構成する各ピンホール像の模式図、図4は各光束の中心座標を表した模式図、図5は図4に示す中心座標部分を拡大した説明図である。

【0039】

図1(a)において、光源1の下方には、ピンホール加工が施されたピンホール板2が配置されている。また、ピンホール板2の下方には、コリメータレンズ3が配置されてい

10

20

30

40

50

る。コリメータレンズ 3 の下方には、チャート 4 が配置されている。チャート 4 は、不透明な円盤形状の薄板部材であり、その円盤平面が、後述する被調整レンズ系 15 の光軸に対して垂直になるように配置されている。

【 0 0 4 0 】

図 1 (b) に示すように、チャート 4 は、透過孔列 R 0 (第 1 の領域群) と、透過孔列 R 0 の円周と同心円状に配置される透過孔列 R 1 (第 2 の領域群) とを有している。この透過孔列 R 0 は、ピンホール P 0 1、P 0 2、P 0 3、P 0 4、P 0 5、P 0 6、P 0 7、P 0 8 (複数の領域) を、円周上に等間隔で 8 点配置して形成されている。また、透過孔列 R 1 は、ピンホール P 1 1、P 1 2、P 1 3、P 1 4、P 1 5、P 1 6、P 1 7、P 1 8 (複数の領域) を、円周上に等間隔で 8 点配置して形成されている。

10

【 0 0 4 1 】

ここで、チャート 4 のピンホール P 0 1 ~ P 0 8、P 1 1 ~ P 1 8 は、通常の金属加工により形成してもよいが、通常の金属加工よりも加工精度の良いフォトリソ処理による加工を施すことが好ましい。又は、基板を平行平面形状で形成し、通常の金属加工よりも加工精度の良いパターン蒸着により、ピンホール P 0 1 ~ P 0 8、P 1 1 ~ P 1 8 を形成することが好ましい。

フォトリソ処理、パターン蒸着は、加工精度が、通常の金属加工よりも二桁程度良い。一方、基板に設けられているピンホール (透過孔) の加工精度 (精度良く円周に整列する整列度、二つの透過孔の同心度等) は、そのまま評価値の精度に効いてしまう。そこで、基板をフォトリソ処理、パターン蒸着で作製する。このようにすることで、基板の加工精度を向上させることができ、評価値の精度を向上させることができる。

20

【 0 0 4 2 】

図 1 (a) において、チャート 4 の下方には、レンズ系 9 を含む被調整レンズ系 15、調心治具 8、保持手段 6 及び移動手段 5 が設けられている。調心治具 8 は、レンズ系 9 に接触するように配置されている。保持手段 6 は、被調整レンズ系 15 を保持する。移動手段 5 は、保持手段 6 の上に配置されている。調心治具 8 は、移動手段 5 と連結状態に構成されている。よって、移動手段 5 の動きが、調心治具 8 を介して被調整レンズ系 9 に伝わる。移動手段 5 は、被調整レンズ系 15 の光軸と直交する X - Y 方向に、調心治具 8 を移動させることが可能な構成になっている。

30

【 0 0 4 3 】

被調整レンズ系 15 は、レンズ系 9 とレンズ系 11 とを保持する枠 10 を備えている。また、保持手段 6 は、枠 10 を保持することにより、被調整レンズ系 15 を保持している。ここで、レンズ系 11 は、光軸調整前に、枠 10 に固定された状態で保持されるようになっている。

【 0 0 4 4 】

レンズ系 9 は、光軸調整前には、枠 10 に移対して動可能な状態で保持されている。このレンズ系 9 と枠 10 との間は、紫外線硬化型接着剤が、光軸調整前に充填されている。紫外線硬化型接着剤は、光軸調整後に、図示しない紫外線照射ユニットより紫外線を照射され、硬化する。これにより、レンズ系 9 を保持 (固定) するようになっている。

【 0 0 4 5 】

また、枠 10 は、保持手段 6 により保持されるようになっている。この枠 10 は、透過孔列 R 0 と R 1 の中心と、レンズ系 11 の光軸とが一致するように配置されている。

40

【 0 0 4 6 】

なお、本実施例では、レンズ系 9 とレンズ系 11 とを、枠 10 により保持することとしているが、本発明の保持部はこれに限定されるものではない。第 1 光学素子 (光学部品) であるレンズ系 11 と第 2 光学素子であるレンズ系 9 (光学部品) とを、異なる保持部により保持するように構成してもよい。

【 0 0 4 7 】

図 1 (a) において、被調整レンズ系 15 の下方には、CCD カメラ 12 が配置されている。CCD カメラ 12 は、駆動手段 7 により、被調整レンズ系 15 の光軸方向に移動可

50



能に構成されている。また、CCDカメラ12、駆動手段7及び移動手段5を制御するための演算処理部14が設けられている。

【0048】

この演算処理部14は、二つの透過孔列R0、R1及び被調整レンズ系15を透過した二つの光束群について、それぞれの座標検出を行う。具体的には、演算処理部14は、CCDカメラ12で撮像される像(二つの透過孔列R0、R1及び被調整レンズ系5を透過した光束群の像)を用いて、二つの透過孔列R0とR1の中心座標(すなわち、各光束群の円周の中心座標)を求める。そして、中心座標間の距離を算出し、この算出結果よりレンズ系9の移動量を算出する。なお、CCDカメラ12で観察された二つの光束群の像(透過孔列R0とR1の観察像)は、表示装置13に表示されるようになっている。

10

【0049】

上記のように構成した光軸調整装置において、光源1で発光した光は、ピンホール板2を透過して点光源をつくる。点光源からの光は、コリメータレンズ3により平行光束となる。コリメータレンズ3より照射された平行光束を、透過孔列R0、R1が設けられているチャート4に照射する。そして、チャート4から射出した二つの透過光束群を、被調整レンズ系15に照射する。被調整レンズ系15を透過した二つの透過光束群は、CCDカメラ12で撮像される。この撮像による像は、表示装置13に表示される。

【0050】

図3は、表示装置13に表示された各ピンホール像の模式図である。各ピンホール像は、透過光束群を構成している。図3に示すように、表示装置13は、ピンホール像Z01、Z02、Z03、Z04、Z05、Z06、Z07、Z08から構成される透過光束群Z0と、ピンホール像Z11、Z12、Z13、Z14、Z15、Z16、Z17、Z18から構成される透過光束群Z1を表示する。これらのピンホール像は、被調整レンズ系15を介して得られる。

20

【0051】

上記した透過光束群Z0、Z1の大きさは、CCDカメラ12において撮像される透過光束Z0、Z1が、CCDカメラ12の視野内で最大になるように、調整される。この調整は、駆動手段7により、CCDカメラ12を被調整レンズ系15の光軸方向に上下させることにより行なう。

【0052】

次に、演算処理部14により、中心座標を算出する方法について説明する。中心座標を算出にあたっては、まず、CCDカメラ12で撮像した各透過光束から、各々の重心座標を検出する。続いて、この重心座標を用いて、透過光束群のおのおのについて、その中心座標を算出する。中心座標の算出では、各光束の重心座標の合計を求め、平均を求める。

30

【0053】

中心座標の算出について、更に説明する。CCDカメラ12で撮像(観察)された二つの透過光束群Z0、Z1の画像は、演算処理部14に送られる。ここで、演算処理部14において、透過光束群Z0、Z1を構成する各々のピンホール像に画像処理が施される。この画像処理は、各画素に、2値化処理を施すことにより行なう。2値化処理では、予め設定された所定の閾値より輝度の高い画素には「1」を与え、その他の輝度の低い画素には「0」を与える。

40

【0054】

次に、画像処理を施した透過光束群Z0、Z1の画像を用いて、レンズ系9の移動量の算出について説明する。

各々のピンホール像毎に、2値化処理において「1」となった画素の全てのX座標X01~X0n及びY座標Y01~Y0nの平均を求め、各々のピンホール像の重心座標(Xc、Yc)を算出する(図2の例を参照)。

【0055】

各々のピンホール像の重心座標は、下記の算出式(1)、(2)より求められる。

$$Xc = (X01 \sim X0n \text{の合計}) / n \quad \dots (1)$$

50

$$Y_c = (Y_{01} \sim Y_{0n} \text{の合計}) / n \quad \dots (2)$$

算出式(1)、(2)を用いて、各々のピンホール像の重心座標  $Z_{c01}$ 、 $Z_{c02}$ 、 $Z_{c03}$ 、 $Z_{c04}$ 、 $Z_{c05}$ 、 $Z_{c06}$ 、 $Z_{c07}$ 、 $Z_{c08}$ 、 $Z_{c11}$ 、 $Z_{c12}$ 、 $Z_{c13}$ 、 $Z_{c14}$ 、 $Z_{c15}$ 、 $Z_{c16}$ 、 $Z_{c17}$ 、 $Z_{c18}$ を求める。算出された各々のピンホール像の重心座標を、図3における各ピンホール像の符号の括弧内に示す。

【0056】

図3に示す各々のピンホール像の重心座標を用いて、二つの透過光束群  $Z_0$ 、 $Z_1$ の中心座標  $Z_{0c}$ 、 $Z_{1c}$ を、下記の算出式(3)、(4)、(5)、(6)より求める(図4参照)。

$$Z_{0c} \text{の} X \text{座標} : Z_{0c} X = (Z_{c01} \sim Z_{c08} \text{の} X \text{座標の合計}) / 8 \quad \dots (3) \quad 10$$

$$Z_{0c} \text{の} Y \text{座標} : Z_{0c} Y = (Z_{c01} \sim Z_{c08} \text{の} Y \text{座標の合計}) / 8 \quad \dots (4)$$

同様に、

$$Z_{1c} \text{の} X \text{座標} : Z_{1c} X = (Z_{c11} \sim Z_{c18} \text{の} X \text{座標の合計}) / 8 \quad \dots (5)$$

$$Z_{1c} \text{の} Y \text{座標} : Z_{1c} Y = (Z_{c11} \sim Z_{c18} \text{の} Y \text{座標の合計}) / 8 \quad \dots (6)$$

【0057】

また、上記算出式(3)～(6)により算出された中心座標  $Z_{0c}$ と $Z_{1c}$ を用いて、二つの透過光束の中心座標間距離を、下記の式(7)より求める(図5参照)。

$$\{(Z_{1c} X - Z_{0c} X)^2 + (Z_{1c} Y - Z_{0c} Y)^2\}^{1/2} \quad \dots (7)$$

算出式(7)より求められた中心座標間距離に応じて、補正移動量を求める。ここで、補正移動量とは、求められた中心座標間距離に定数  $k$  をかけたものをいう。また、定数  $k$  は、レンズ系9とレンズ系11との間に光軸のずれを与えて、その時の中心座標間距離をグラフ上にプロットした近似直線から求めた傾きであり、被調整レンズごとに設定される値になる。この補正移動量は、上記各算出と同様に、演算処理部14で算出する。この補正移動量が、レンズ系9の最終的な移動量(評価値)となる。

【0058】

次に、中心座標の評価値に基づき、レンズ系9を移動させて、レンズ系9の光軸、レンズ系11及び光軸調整装置の光学系の光軸とを一致させる方法について、説明する。

演算処理部14が算出した補正移動量(評価値)に基づき、移動手段5が移動する。移動手段5の移動は、調心治具8を介してレンズ系9に伝達され、レンズ系9が移動する。移動後、レンズ系9を枠10に固定する。固定に際しては、図示しない紫外線照射ユニットより紫外線を照射して、紫外線硬化型接着剤を硬化させる。

なお、上記の説明では、レンズ系9の1回の移動で、光軸ズレ(あるいは光学部品と枠の取り付け誤差)をゼロあるいは、十分に小さくにできるものとしている。ただし、1回の移動では、光軸ズレ(あるいは光学部品と枠の取り付け誤差)をゼロあるいは、十分に小さくにできない場合もある。そこで、予め規格を設定しておき、この規格内に評価値が収まるまでレンズ系9の移動を行なっても良い。すなわち、評価値が予め設定された規格内に収まるようにするために、移動手段5によりレンズ系9の位置調整を繰り返し行う。そして、規格内に収まった段階で、レンズ系9を枠10に固定するために、図示しない紫外線照射ユニットより紫外線を照射して紫外線硬化型接着剤を硬化させる。

【0059】

次に、本発明に係る基板の各種構成例を説明する。

図6は、上記基板としてのチャートの一構成例を示す図である。

図6に示すチャート20は、上記チャート4のピンホール  $P_{01} \sim P_{08}$  に代えてリング状の透過孔  $T_1$  を、ピンホール  $P_{11} \sim P_{18}$  に代えて透過孔  $T_1$  と同心円状に配置されるリング状の透過孔  $T_2$  とを有している。ここで、チャート20における透過孔  $T_1$ 、 $T_2$  は、各孔の重心位置を同一円周上に有している。

このチャート20を、図1(a)におけるチャート4に代えて用いることにより、チャート4を用いたときと同様の作用効果を得ることができる。

【0060】

図7は、上記基板としてのチャートの更に他の構成例を示す図であり、第1透過孔及び

10

20

30

40

50

第2透過孔を四個以上の孔で形成するチャートの一例を示している。

図7において、チャート21は、チャート21の円周と同心円状に配置される内側の透過孔を形成する八個の孔と、この内側の透過孔と同心円状に配置される外側の透過孔を形成する八個の孔とを有している。各孔は、図7に示すように、矩形形状に形成されている。ここで、チャート21における第1透過孔及び第2透過孔は、各孔の重心位置を同一円周上に有している。

このチャート21を、図1(a)におけるチャート4に代えて用いると、チャート21を透過して直方体状となった二つの光束を得ることができ、チャート4を用いたときと同様の作用効果を得ることができる。

【0061】

図8は、上記基板としてのチャートの更に他の構成例を示す図であり、撮像装置で撮像される光束の円周の大きさを変更することができる円周可変機構を備えたチャートの一例を示している。

図8に示すチャート22は、複数の固定ねじ23と、各固定ねじ23を締めることによりチャート22に固定される複数の絞り板24と、絞り板24よりも縦長である複数の絞り板25とを有している。

【0062】

絞り板24は、細長矩形形状の薄板部材であり、長手方向の一端に矩形の孔を有し、長手方向の他端に固定ねじ係止用穴29を有している。この固定ねじ係止用穴29は、絞り板24の長手方向に長い扁平楕円形状で形成されており、その幅は固定ねじ23の直径とほぼ同じ幅に形成されている。

この絞り板24は、孔をチャート22の中心点に向けて、固定ねじ係止用穴29をチャート22の外周に向けて、チャート上に配置されている。そして、絞り板24を図8に矢印で示した方向に移動させることにより、内側の透過孔を形成する光束の円周の大きさを変更することができるようになっている。

【0063】

絞り板25は、絞り板24よりも長手方向に長い細長矩形形状の薄板部材である。この絞り板25は、絞り板24の矩形の孔と同様の構成の孔と、絞り板24の固定ねじ係止用穴29と同様の構成の固定ねじ係止用穴29を有している。

この絞り板25は、絞り板24と同様に、孔をチャート22の中心点に向けて、固定ねじ係止用穴をチャート22の外周に向けて、チャート上に配置されている。そして、絞り板25を図8に矢印で示した方向に移動させることにより、外側の透過孔を形成する光束の円周の大きさを変更することができるようになっている。

【0064】

チャート22は、その円周に、絞り板24、25の各固定ねじ係止用穴29に対応して、各固定ねじ係止用穴29を固定ねじ23で固定する位置に、固定ねじ23の直径とほぼ等しい径の嵌合用穴(図示省略)を有している。また、チャート22は、絞り板24、25の各孔が移動可能な位置に対応して、複数の空隙(図示省略)を有している。

【0065】

上記チャート22を用いて各透過孔の円周の大きさを変更するには、チャート22上の任意の位置に各絞り板24、25を配置し、各固定ねじ23を締めて各絞り板24、25をチャート22上に固定する。

このように構成したチャート22を、図1(a)におけるチャート4に代えて用いることにより、チャート4を用いたときと同様の作用効果を得ることができる。

なお、チャート22に設けられた嵌合用穴は固定ねじの直径とほぼ等しい径であり、チャート22に設けられた空隙は絞り板24、25のいずれかにより塞がれている。したがって、光束がチャート22に照射されると、絞り板24、25が有する孔のみを光束を通過し、レンズ系9の移動量を算出するために必要な二つの光束が得られる。

このように、二つの透過孔の円周の大きさを可変にすることができれば、異なる直径の被調整レンズ系に入れ替えたときの光軸を調整することができるので、様々な被調整レン

10

20

30

40

50

ズ系に対応することができる。

【 0 0 6 6 】

図 9 は、図 7 及び図 8 に示すチャートの第 1 透過孔及び第 2 透過孔について、各孔の大きさを変更することができる孔径可変機構の構成を示す図である。

図 9 において、透過孔板 2 6 は、細長板状部材を折り曲げた略 L 字型で形成されている。この透過孔板 2 6 は、折れ曲がり部の略中央に、透過孔板 2 6 とチャートとを固定する固定ねじ 2 8 のための貫通穴 3 0 を有している。透過孔板 2 6 の貫通穴 3 0 は、その縦の長さが透過孔板の幅より短い扁平楕円形状で形成されており、貫通穴 3 0 の幅は固定ねじ 2 8 の直径とほぼ同じ幅に形成されている。

透過孔板 2 7 は、透過孔板 2 6 と同様の細長板状部材を、透過孔板 2 6 と逆の方向に折り曲げた略逆 L 字型で形成されており、その折れ曲がり部の略中央に、透過孔板 2 6 の貫通穴 3 0 と同様の貫通穴 3 0 を有している。

また、透過孔板 2 6 , 2 7 を配置するチャート ( 図示省略 ) には、固定ねじ 2 8 を係止する係止穴 ( 図示省略 ) が設けられている。

なお、透過孔板 2 6 , 2 7 は、一つの固定ねじ 2 8 により、それぞれの折れ曲がり部を係止されるのみであるが、透過孔板 2 6 と透過孔板 2 7 とが接する面の摩擦及びチャートと透過孔板 2 6 とが接する面の摩擦により、透過孔板 2 6 , 2 7 がチャート上でずれないようにしている。

【 0 0 6 7 】

この透過孔板 2 6 を用いて透過孔の大きさを変更するには、チャート上で、透過孔板 2 6 をチャートに係止している固定ねじ 2 8 を緩めて、透過孔板 2 6 を図 9 の右側に示す矢印方向に透過孔板 2 6 を移動させて、所望の透過孔の径の位置に透過孔板 2 6 を固定する。透過孔板 2 7 を用いて透過孔の大きさを変更するには、図 9 の左側に示す矢印方向に透過孔板 2 7 を移動させる。なお、透過孔板 2 6 , 2 7 の両方を移動させて透過孔の大きさを調整してもよい。

ここで、チャートが有する係止穴と透過孔板 2 6 , 2 7 の各貫通穴 3 0 と固定ねじ 2 8 とにより、透過孔板 2 6 , 2 7 の移動可能な方向はチャートの径方向に限られているので、透過孔板 2 6 , 2 7 を移動した結果得られる各透過孔も、チャートの中心座標を中心とした同心円上に位置するようになっている。

このように、透過孔板 2 6 , 2 7 を移動させることにより、各透過孔を中心座標を中心とした同心円状に保持しつつ、図 7 又は図 8 に示す透過孔の大きさを変更することができる。

このように、孔径可変機構を備えるようにすれば、調整対象となる被調整レンズ系が変わっても、被調整レンズ系ごとに基板を変更することなく光軸調整を行うことができる。

【 0 0 6 8 】

図 1 0 は、上記基板としてのチャートの他の構成例を示す図である。この構成例では、基板は透過孔列 R 0 と透過孔列 R 1 を有し、透過孔列 R 0 の中心座標と、透過孔列 R 1 の中心座標が一致するように配置されている。透過孔列 R 0 と R 1 は矩形状に配列されている。このチャート 3 1 を図 1 ( a ) におけるチャート 4 に代えて用いることにより、チャート 4 を用いた時と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 は、上記基板としてのチャートの更に他の構成例を示す図である。この構成例では、基板に配置されている透過孔のパターンが、円形状に配列された透過孔列 R 0 と、矩形状に配列された透過孔列 R 1 の組合せとなっている。ここで、透過孔列 R 0 の中心座標と、透過孔列 R 1 の中心座標が一致するように 2 つの透過孔列は、配置されている。

このチャート 3 2 を図 1 ( a ) におけるチャート 4 に代えて用いることにより、チャート 4 を用いた時と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 7 0 】

図 1 2 は、上記基板としてのチャートの更に他の構成例を示す図である。この構成例では、基板に配置されている透過孔列 R 0 を構成するピンホールが同心円上に等角度間隔に

10

20

30

40

50

3個配置されている。同様に透過孔列R1についてもピンホールが同心円上に等角度間隔に3個配置されている。ここで、透過孔列R0の中心座標と透過孔列R1の中心座標が一致するように2つの透過孔列は、配置されている。

このチャート33を図1(a)におけるチャート4に代えて用いることにより、チャート4を用いた時と同様の作用効果を得ることができる。

【0071】

## 第2実施例

次に、図13及び図14に基づいて、第2実施例を説明する。

図13は本実施例に係る光軸調整装置の概略構成図、図14は本実施例に用いられるチャートの詳細図である。

本実施例は、第1実施例と比較して、光源1、ピンホール板2、コリメータレンズ3及びチャート4の代わりに、複数の発光部を有する光源4'を配置している点で異なっている。その他の構成は、第1実施例と同じになっている。

【0072】

図14に示すように、光源4'は、基板23上に複数の発光部が配置されて構成されている。光源4'は、光束リングL0と、光束リングL0と同心円状に配置された光束リングL1とを有している。

この光束リングL0は、図14(a)に示すように、発光部L01, L02, L03, L04, L05, L06, L07, L08を同一円周上に等間隔で8点配置して形成されている。また、光束リングL1は、発光部L11, L12, L13, L14, L15, L16, L17, L18を、光束リングL0と同心の円周上に等間隔で8点配置して形成されている。各光束リングを構成する発光部はLED、LD等の発光素子から構成され、出射される光束は平行光束となるようになっている。平行光束を得るために、発光素子の光射出側にレンズを配置しても良い。

【0073】

本実施例では、光源1、ピンホール板2、コリメータレンズ3、チャート4から構成されている第1実施例と、同様の作用、効果を得ることができる。

また、本実施例では2つの光束リングが同心円状に配置されているが、図6乃至図12に示したチャートのように発光部を配置しても、同様の作用、効果を得ることができる。

【0074】

以上の説明で明らかのように、本実施例によれば、透過光束Z0, Z1の中心座標を検出値の算出に用いたので、各点のばらつきを相殺することができ、中心座標のばらつきを小さくすることができる。即ち、検出値のばらつきを抑えることができ、高い検出分解能を実現できる。このことにより、光軸ずれ精度の厳しい小型のレンズユニットにおける光軸調整が可能となり、レンズユニットの小型化に寄与することができる。

【0075】

本発明によれば、2つの透過領域を透過した光束を被調整レンズ系に照射し、透過した光束を観察して、2つの透過領域の中心座標を検出値の算出に用いる。2つの透過領域の中心座標は、透過領域を透過した各光束の座標の合計をとり、これを平均して算出する。これにより各光束のバラツキは相殺され、中心座標のバラツキは光束1点のバラツキに比べると小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】(a)は本発明による光軸調整装置の第1実施例の概略構成図であり、(b)は(a)のA-A線に沿って見たチャート4の説明図である。

【図2】観察されたピンホール像の模式図である。

【図3】観察された透過光束を構成する各ピンホール像の模式図である。

【図4】透過光束の中心座標を表した模式図である。

【図5】図4の中心座標部分を拡大した説明図である。

【図6】円周上の帯から構成されているチャートを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 7】矩形形状の孔から透過孔が構成されているチャートを示す図である。

【図 8】円周の大きさを変更できるチャートを示す図である。

【図 9】透過孔の各孔の大きさを変更することができる孔径可変機構の構成を示す図である。

【図 10】チャートの一構成例を示す平面図である。

【図 11】チャートの他の構成例を示す平面図である。

【図 12】チャートの更に他の構成例を示す平面図である。

【図 13】本発明による光軸調整装置の第 2 実施例の概略構成図である。

【図 14】(a) は第 2 実施例に用いられるチャートの平面図、(b) は発光部の一部を省略して示す (a) の側面図である。

10

【図 15】従来の光軸調整装置の概略構成図である。

【図 16】従来の光軸調整装置の結像に関する説明図である。

【図 17】従来の光軸調整装置の CCD カメラ受像面における像を示す図である。

【符号の説明】

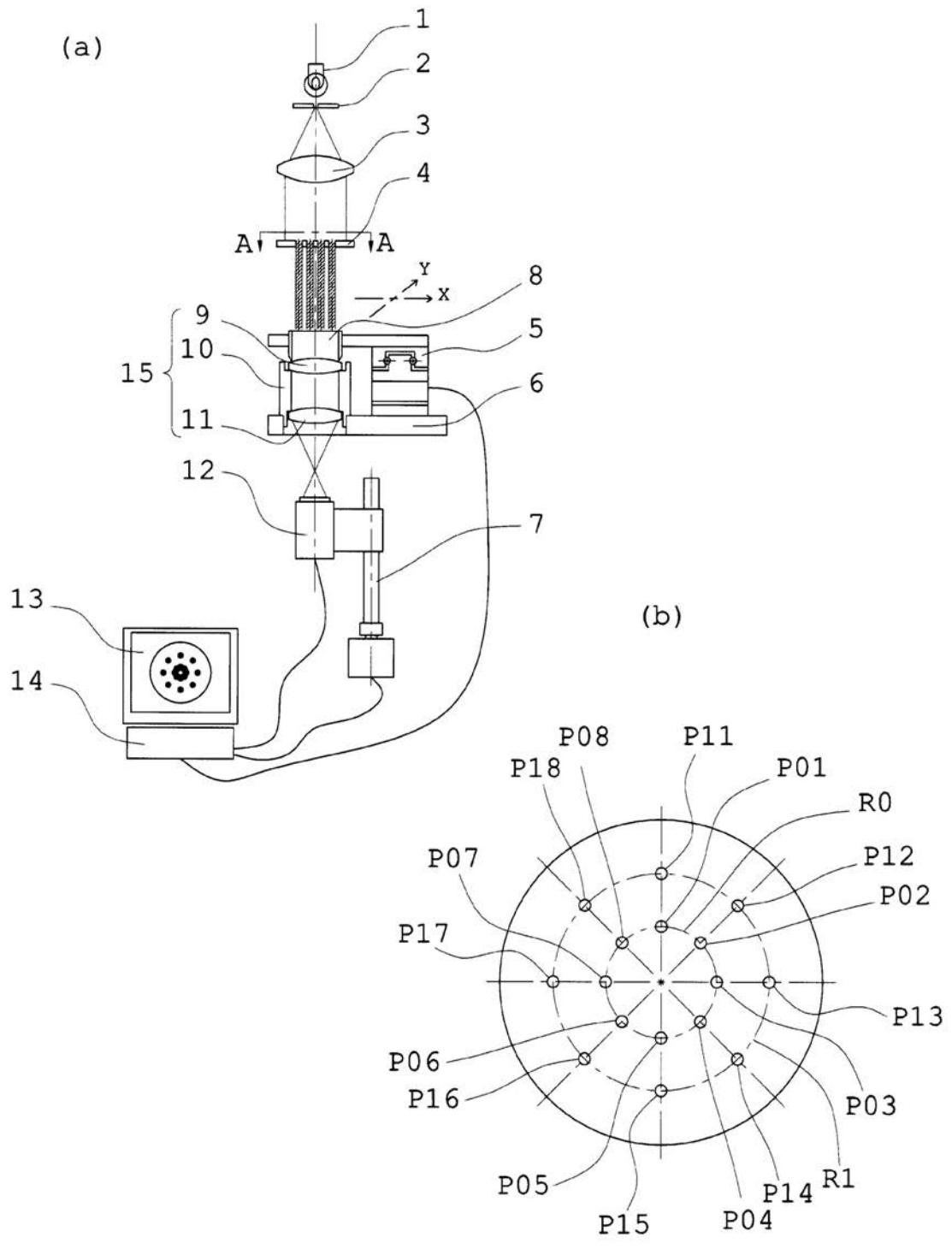
【 0 0 7 7 】

1, 5 0	光源	
2, 5 1	ピンホール板	
3, 5 3	コリメータレンズ	
4, 4', 5 5	チャート	
5	移動手段	20
6	保持手段	
7	駆動手段	
8	調心治具	
9, 1 1	レンズ系	
1 0	枠	
1 2, 6 3	CCD カメラ	
1 3	表示装置	
1 4, 6 6	演算処理部	
1 5	被調整レンズ系	
2 0, 2 1, 2 2, 3 1, 3 2, 3 3, 3 4	基板	30
2 3	固定ねじ	
2 4, 2 5	絞り板	
2 6, 2 7	透過孔板	
2 8	固定ねじ	
2 9	固定ねじ係止用穴	
3 0	貫通穴	
5 2	ND フィルタ	
5 4	ミラー	
5 6, 5 9	レンズ系	
5 7	玉枠	40
5 8	取付部	
6 0	調整治具	
6 1	像面	
6 2	顕微鏡レンズ	
6 4	フォーカス軸	
6 5	粗調心二軸	
6 7	照射点	
6 8	重心	
6 9	微調心二軸	
P 0 1 ~ P 0 8, P 1 1 ~ P 1 8	ピンホール	50

R 0 , R 1  
Z 0 1 ~ Z 0 8 , Z 1 1 ~ Z 1 8  
Z 0 , Z 1  
L 0 , L 1  
L 0 1 ~ L 0 8 , L 1 1 ~ L 1 8

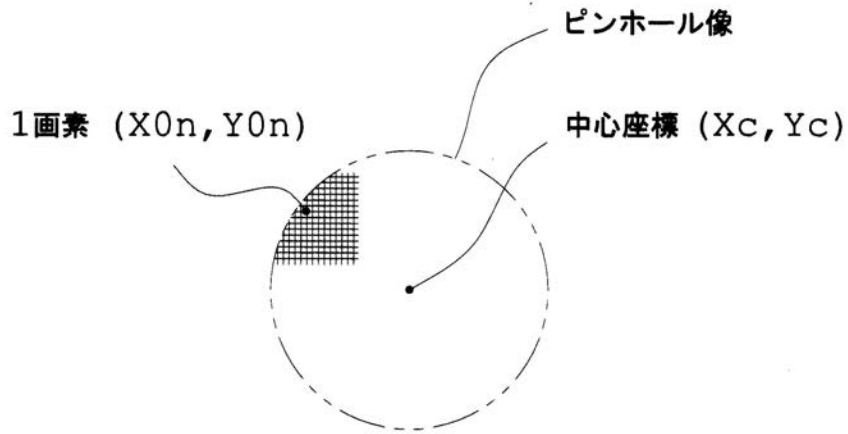
透過孔列  
ピンホール像  
透過光束群  
光束リング  
発光部

【図1】

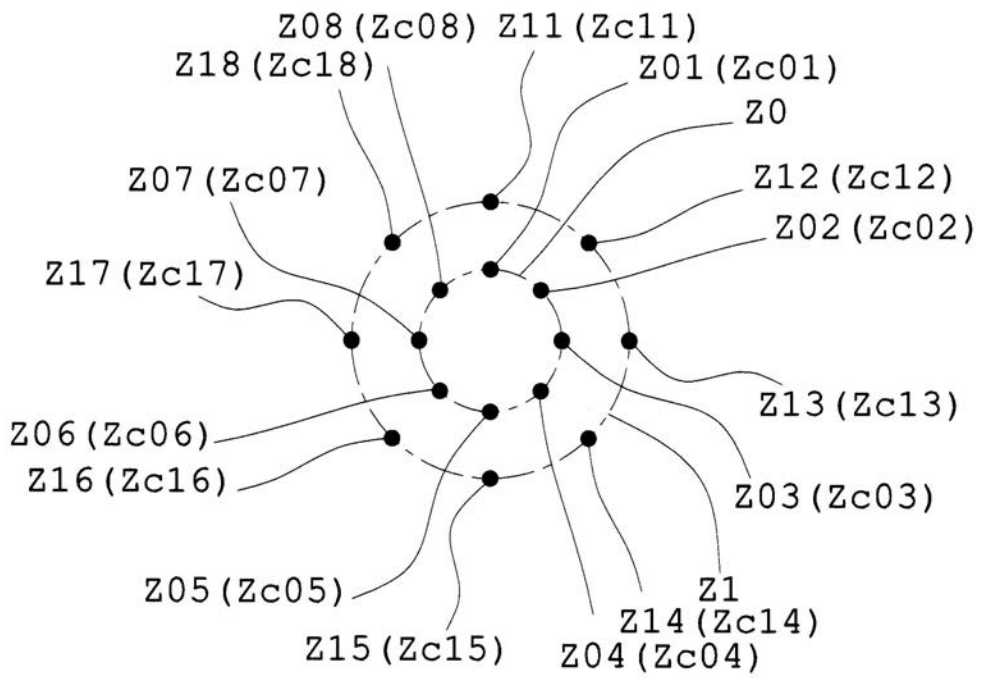




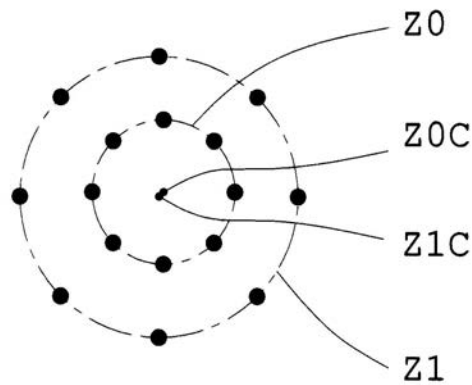
【図2】



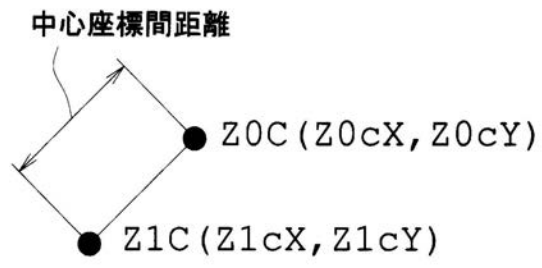
【図3】



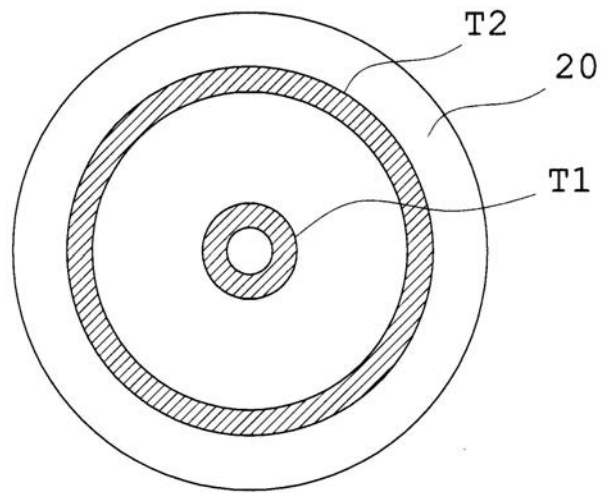
【図4】



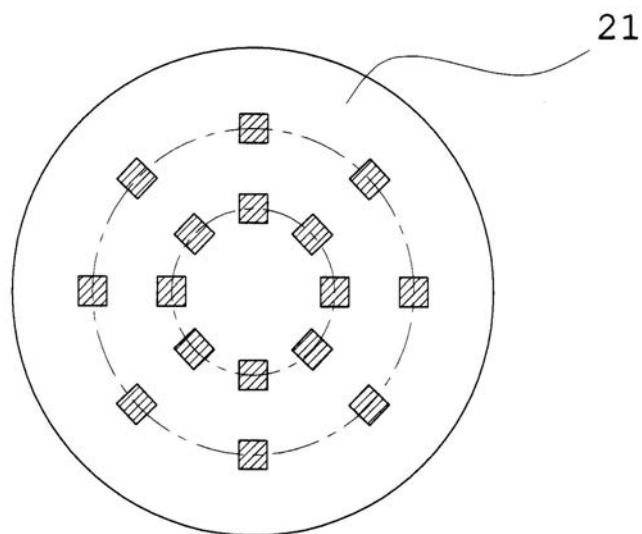
【 図 5 】



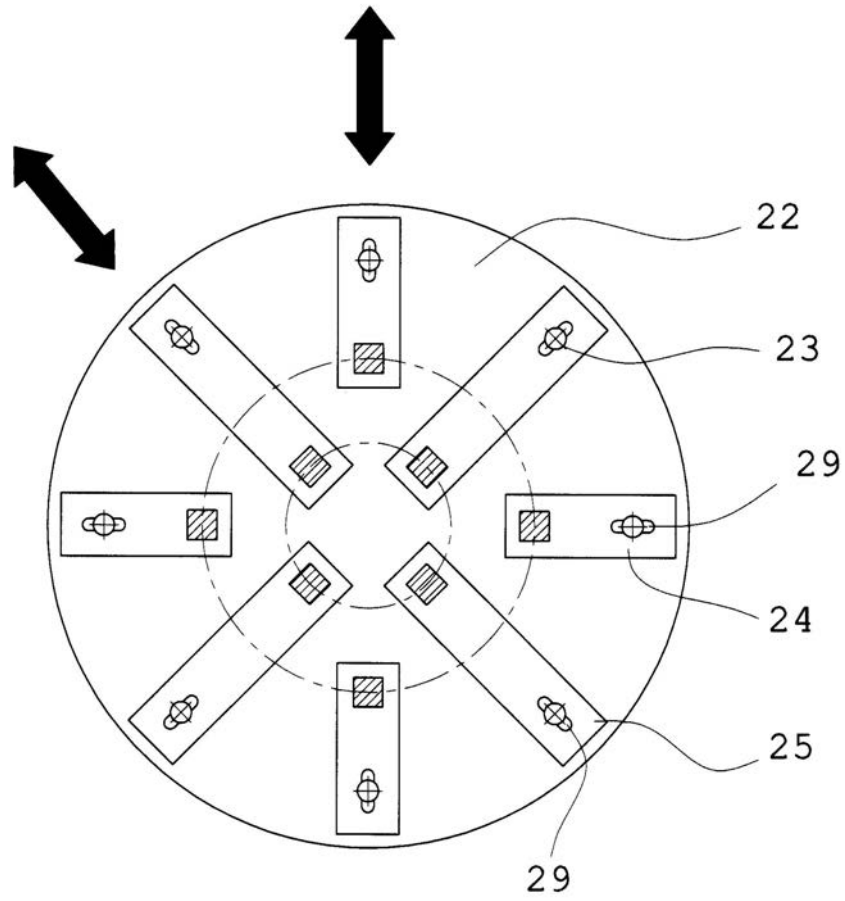
【 図 6 】



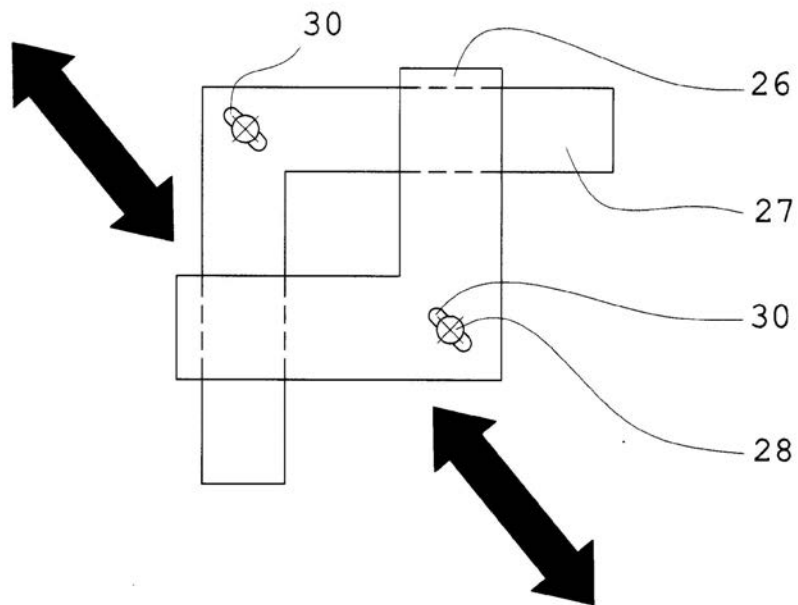
【 図 7 】



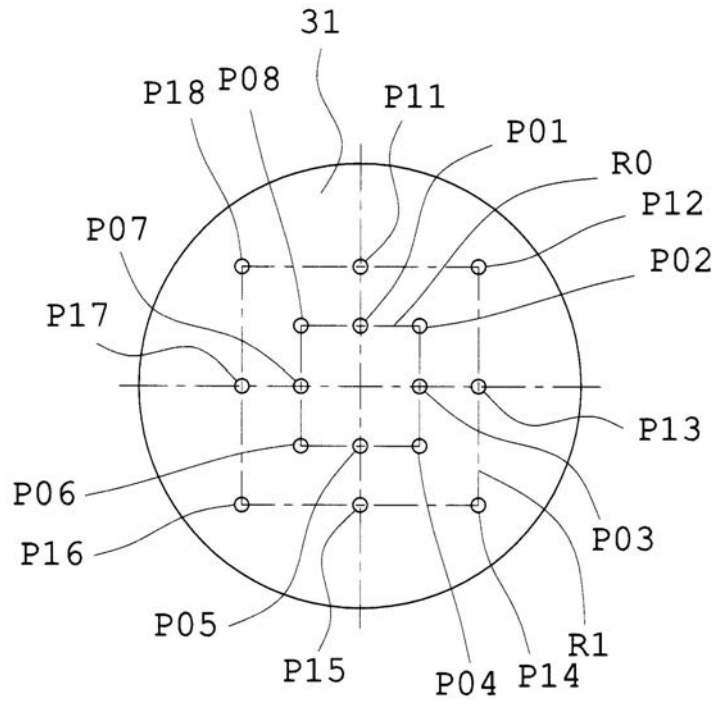
【 図 8 】



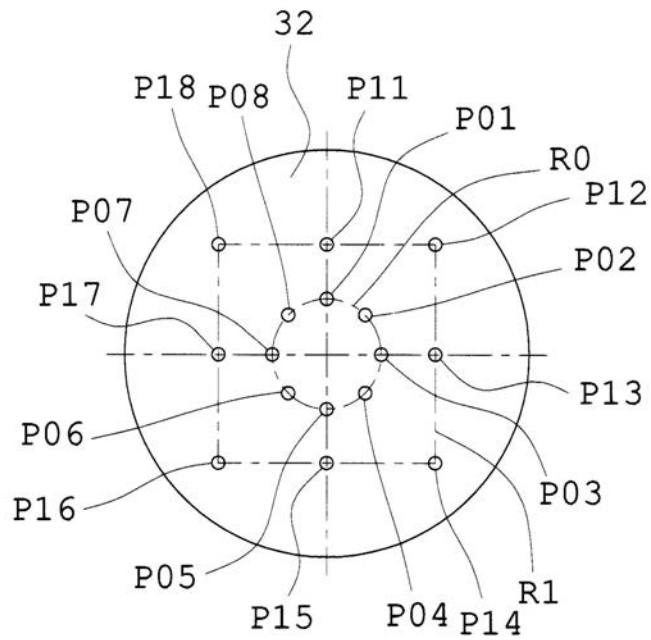
【 図 9 】



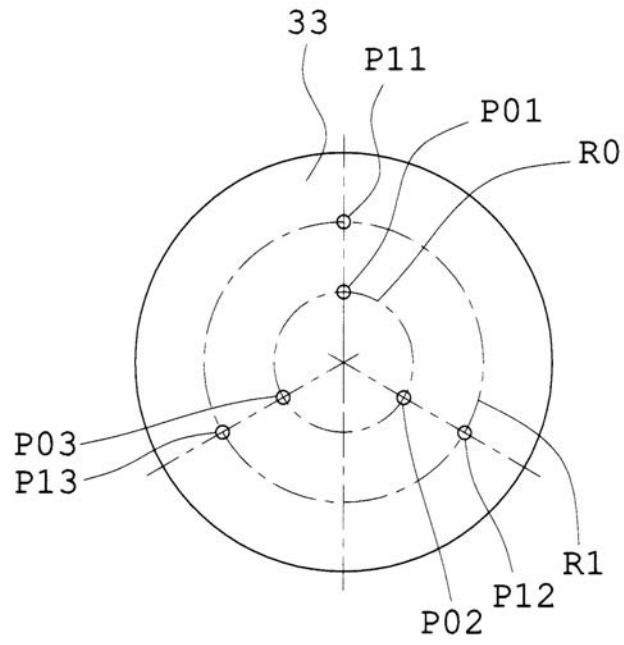
【図10】



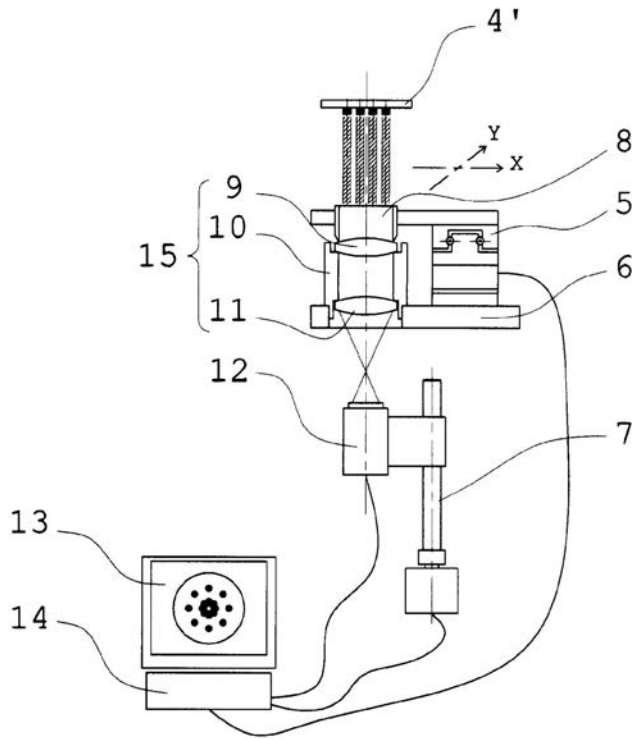
【図11】



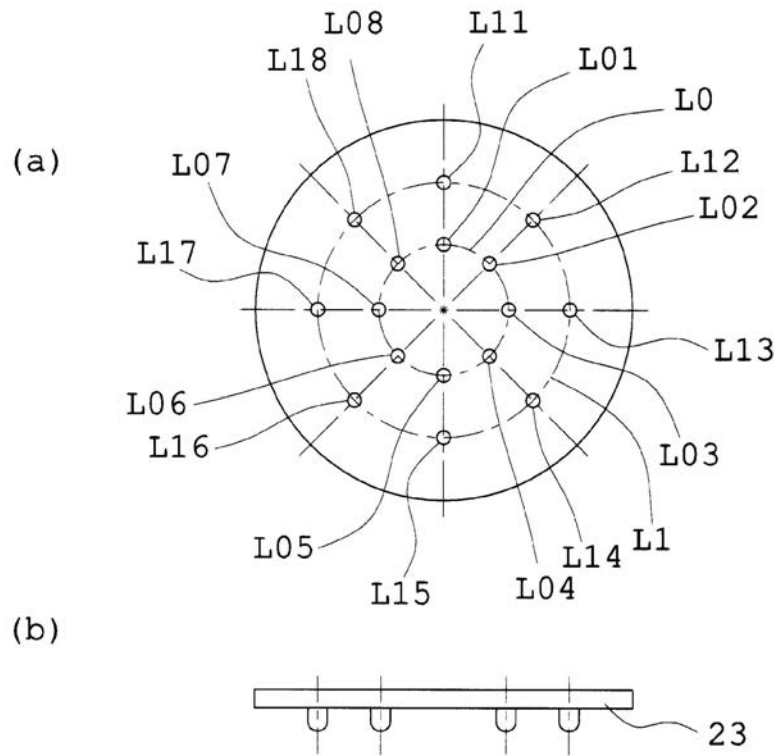
【図12】



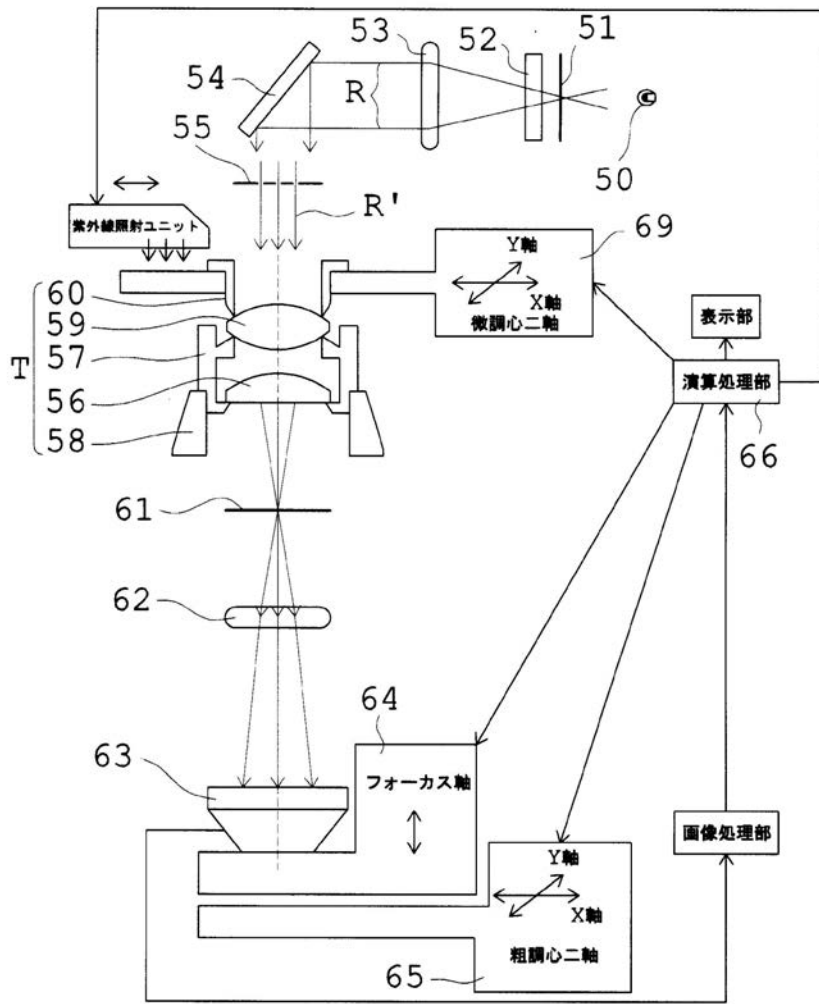
【図13】



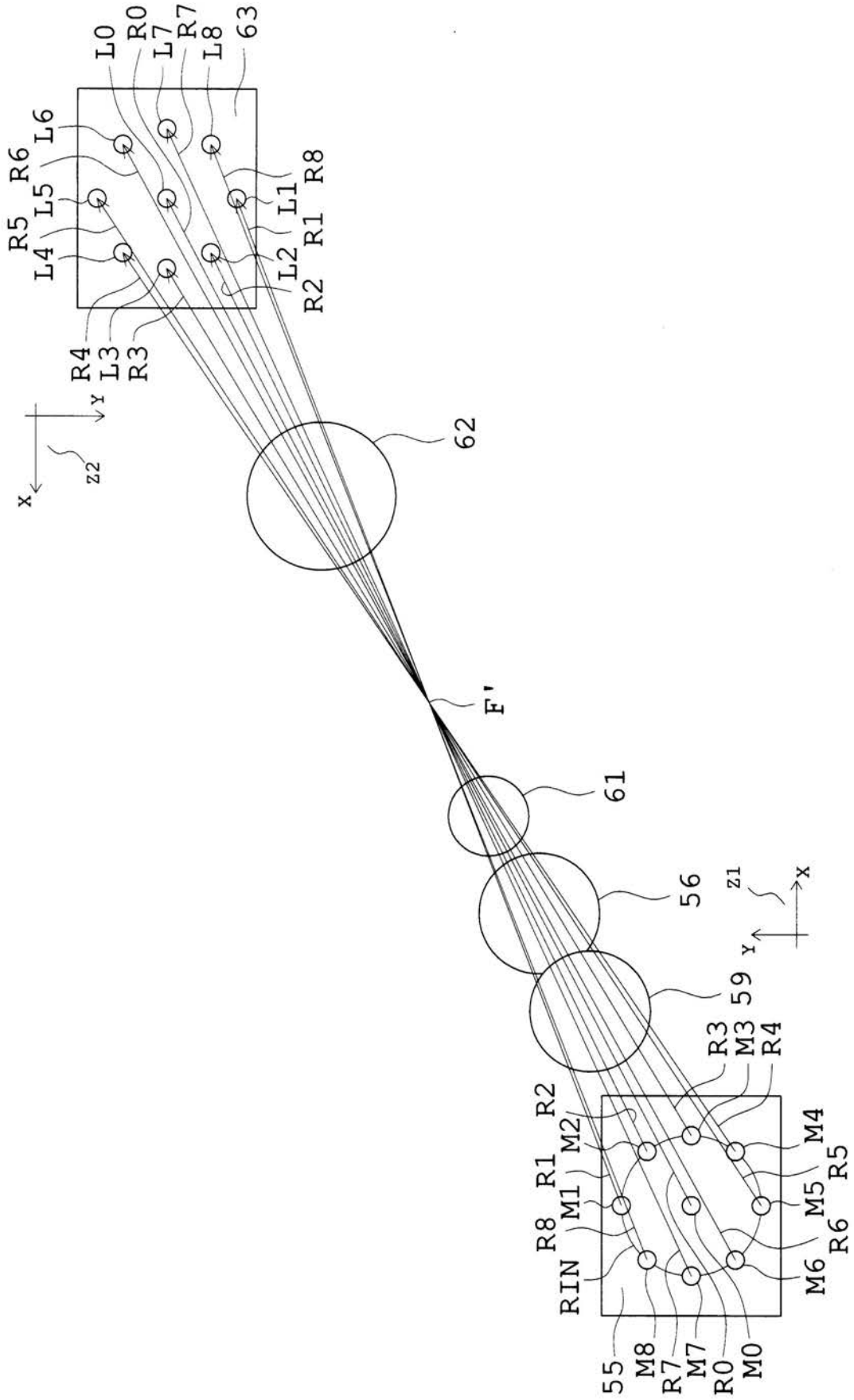
【 図 1 4 】



【図15】

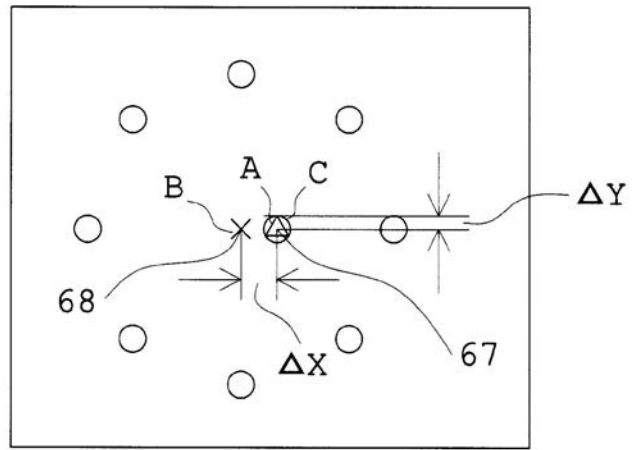


【 図 1 6 】





【図17】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 西村 和也  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
- (72)発明者 高橋 利夫  
長野県上伊那郡辰野町伊那富6666番地

審査官 西村 直史

- (56)参考文献 特開2006-170958(JP,A)  
特開2005-017374(JP,A)  
特開2003-004590(JP,A)  
特許第3208902(JP,B2)  
特開2001-093819(JP,A)  
特開平02-238338(JP,A)  
特開昭58-205834(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 11/00 - 11/02  
G02B 7/02