

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4190044号
(P4190044)

(45) 発行日 平成20年12月3日(2008.12.3)

(24) 登録日 平成20年9月26日(2008.9.26)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 M 11/00 (2006.01)

G O 1 M 11/00

L

請求項の数 6 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平10-9154
 (22) 出願日 平成10年1月20日(1998.1.20)
 (65) 公開番号 特開平11-211611
 (43) 公開日 平成11年8月6日(1999.8.6)
 審査請求日 平成17年1月14日(2005.1.14)

(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
 (74) 代理人 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 安田 英治
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内
 (72) 発明者 中村 稔
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏心測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸対称な非球面を含む被検レンズの該非球面の偏心を求めるための偏心測定装置において、

前記被検レンズを保持する保持部材を備えており、回転軸を中心として該被検レンズを該保持部材と共に回転させる回転手段と、

前記非球面の非球面軸と前記回転軸とが一致している無偏心状態における該非球面に対して垂直となるような光束を投光する投光手段と、

前記光束により得られる前記非球面からの反射像を検出する検出手段と、

前記反射像の長手方向及び該長手方向と直交する方向を座標の成分の方向として該反射像の重心座標を求め、該重心座標から前記被検レンズを回転させることにより該反射像が辿る軌跡の大きさを求めることができ、無偏心状態における前記非球面軸に沿って前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから近軸曲率中心の偏心を求めると共に無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから前記非球面軸以外の周辺部に対応する曲率中心であるローカル曲率中心の偏心を求め、該近軸曲率中心の偏心と該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる該近軸曲率中心と該ローカル曲率中心との幾何的な関係から該非球面の偏心を演算する演算手段とを有し、

前記反射像の辿る軌跡の大きさは、前記回転軸の回転角の異なる少なくとも3つ以上の角度位置でそれぞれ検出した前記反射像の重心座標から求め、

10

20

前記非球面の偏心は、前記ローカル曲率中心における前記反射像の重心座標の成分のうち、該反射像の長手方向の座標の成分を用いずに求めるようにしたことを特徴とする偏心測定装置。

【請求項 2】

近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化が大きい軸対称な非球面を含む被検レンズの該非球面の偏心を求めるための偏心測定装置において、

前記被検レンズを保持する保持部材を備えており、回転軸を中心として該被検レンズを該保持部材と共に回転させる回転手段と、

前記非球面の非球面軸と前記回転軸とが一致している無偏心状態における該非球面に対して垂直となるような光束を投光する投光手段と、

前記光束により得られる前記非球面からの反射像を検出する検出手段と、

前記反射像の長手方向及び該長手方向と直交する方向を座標の成分の方向として該反射像の重心座標を求め、該重心座標から前記被検レンズを回転させることにより該反射像が辿る軌跡の大きさを求めることができ、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから前記非球面軸以外の周辺部に対応する曲率中心であるローカル曲率中心を2つ以上求め、各該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる2つ以上の該ローカル曲率中心の幾何的な関係から該非球面の偏心を演算する演算手段とを有し、

前記反射像の辿る軌跡の大きさは、前記回転軸の回転角の異なる少なくとも3つ以上の角度位置でそれぞれ検出した前記反射像の重心座標から求め、

前記非球面の偏心は、前記ローカル曲率中心における前記反射像の重心座標の成分のうち、該反射像の長手方向の座標の成分を用いずに求めるようにしたことを特徴とする偏心測定装置。

【請求項 3】

前記演算手段が、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に対応する子午面内における前記ローカル曲率中心の偏心と、該点に対応する球欠面内における前記ローカル曲率中心の偏心とを求め、各該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる2つの該ローカル曲率中心の幾何的な関係から該非球面の偏心を演算するようにしたことを特徴とする請求項2に記載の偏心測定装置。

【請求項 4】

前記演算手段が、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする第1の円周上の点に対応する子午面内における前記ローカル曲率中心の偏心と、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする第2の円周上の点に対応する子午面内における前記ローカル曲率中心の偏心とを求め、各該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる2つの該ローカル曲率中心の幾何的な関係から該非球面の偏心を演算するようにしたことを特徴とする請求項2に記載の偏心測定装置。

【請求項 5】

近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化が大きい軸対称な非球面を含む被検レンズの該非球面の偏心を求めるための偏心測定装置において、

前記被検レンズを保持する保持部材を備えており、回転軸を中心として該被検レンズを該保持部材と共に回転させる回転手段と、

前記非球面の非球面軸と前記回転軸とが一致している無偏心状態における該非球面に対して垂直となるような光束を投光する投光手段と、

前記光束により得られる前記非球面からの反射像を検出する検出手段と、

前記反射像の長手方向及び該長手方向と直交する方向を座標の成分の方向として該反射像の重心座標を求め、該重心座標から前記被検レンズを回転させることにより該反射像が辿る軌跡の大きさを求めることができ、無偏心状態における前記非球面軸に沿って前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから該光束の径の範囲内における非球面形状に最も近い球面の曲率中心である近似曲率中心の偏心を求めると共に無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に前記光束

10

20

30

40

50

を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから前記非球面軸以外の周辺部に対応する曲率中心であるローカル曲率中心の偏心を求め、該近似曲率中心の偏心と該ローカル曲率中心の偏心、及び前記非球面の形状で決まる該近似曲率中心と該ローカル曲率中心との幾何的な関係から該非球面の偏心を演算する演算手段とを有し、

前記反射像の辿る軌跡の大きさは、前記回転軸の回転角の異なる少なくとも3つ以上の角度位置でそれぞれ検出した前記反射像の重心座標から求め、

前記非球面の偏心は、前記ローカル曲率中心における前記反射像の重心座標の成分のうち、該反射像の長手方向の座標の成分を用いずに求めるようにしたことを特徴とする偏心測定装置。

【請求項6】

前記演算手段が、前記円周上における少なくとも3つ以上の点でそれぞれ検出される前記反射像の重心座標の成分うちの該反射像の長手方向と直交する方向の座標の成分と、該座標に対応する前記回転角とを正弦関数でフィティングして前記ローカル曲率中心の偏心を求めるようにしたことを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の偏心測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、非球面レンズ、不均質媒質レンズ等の偏心及び傾きを測定する方法、並びにそれらの測定方法を実施するための測定装置又は加工機に関する。

【0002】

【従来の技術】

カメラ、顕微鏡、内視鏡等の光学機器では、使用されているレンズが光軸に対して偏心すると結像性能が劣化する。そこで、このような障害を防止するために、機器の組立工程、レンズ加工工程等においてレンズの偏心測定が行なわれる。とりわけ、近年では、より高性能かつ低コストな光学機器を実現するために、非球面レンズを用いることも多くなっている。非球面レンズの偏心は非球面軸のシフト及び非球面軸のチルトの影響を受けるため、非球面レンズの偏心を測定する装置はそれら2つを測定できることが要求される。

【0003】

ところで、従来の非球面の偏心測定手段としては、特開平4-268433号公報及び特開平5-196540号公報に開示された方法、並びにこれらを発展させた方法が提案されている。しかし、これらの方法は、レンズに非球面偏心測定用のマーキングを入れる必要があったり、測定プローブをレンズに接触させる必要があったりするため、内視鏡等に用いられている極めて微小な非球面レンズの偏心測定には不適であった。

【0004】

このような不具合を解決するために、特開平8-159915号公報や特開平9-145537号公報等により、非球面偏心測定用のマーキングが不必要でかつ完全非接触測定が可能な方法が提案されている。これらの方法は、非球面の非球面軸近傍の曲率中心及び非球面の周辺部における球欠面内の曲率中心の偏心から非球面軸の測定を行なう方式である。しかし、内視鏡に用いられる非球面レンズでは、非球面の非球面軸近傍の曲率中心及び非球面の周辺部における球欠面内の曲率中心が非常に近い場合がしばしばあり、先の方法では、内視鏡用非球面レンズの非球面軸偏心を精度良く測定することは困難であった。

【0005】

更に、内視鏡用非球面レンズ及び球面レンズにおいて、非球面偏心測定用のマーキングが不要でかつ完全非接触測定が可能な方法としては、特開平7-120218号、特開平9-222380号の各公報に記載された方法等がある。これらの方法は、確かに高精度な測定は可能である。しかしながら、▲1▼光学的に非球面周辺部の偏心測定を行なう場合、被検レンズで生ずる非点収差を原因とする大きな誤差が発生するため、測定装置が本来有している性能を発揮できない。又、▲2▼レンズを測定装置に装着するときが発生する取り付け誤差の影響を補正することができず、外径よりも中心厚の方が大きいレンズ（以後、ロッドレンズと云う）の測定ができない。

10

20

30

40

50

このように、前記各公報に示された方法では、実使用上、高精度な偏心測定を行なうには不十分である。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、本発明は、上記従来技術の有する問題点に鑑み、内視鏡等に用いられる微小な非球面レンズ及び球面レンズの偏心測定を、非常に高精度にかつ効率的に行なえる測定方法及び測定装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明による偏心測定装置は、軸対称な非球面を含む被検レンズの該非球面の偏心を求めるための偏心測定装置において、前記被検レンズを保持する保持部材を備えており、回転軸を中心として該被検レンズを該保持部材と共に回転させる回転手段と、前記非球面の非球面軸と前記回転軸とが一致している無偏心状態における該非球面に対して垂直となるような光束を投光する投光手段と、前記光束により得られる前記非球面からの反射像を検出する検出手段と、前記反射像の長手方向及び該長手方向と直交する方向を座標の成分の方向として該反射像の重心座標を求め、該重心座標から前記被検レンズを回転させることにより該反射像が辿る軌跡の大きさを求めることができ、無偏心状態における前記非球面軸に沿って前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから近軸曲率中心の偏心を求めると共に無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから前記非球面軸以外の周辺部に対応する曲率中心であるローカル曲率中心の偏心を求め、該近軸曲率中心の偏心と該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる該近軸曲率中心と該ローカル曲率中心との幾何的な関係から該非球面の偏心を演算する演算手段とを有し、前記反射像の辿る軌跡の大きさは、前記回転軸の回転角の異なる少なくとも3つ以上の角度位置でそれぞれ検出した前記反射像の重心座標から求め、前記非球面の偏心は、前記ローカル曲率中心における前記反射像の重心座標の成分のうち、該反射像の長手方向の座標の成分を用いずに求めるようにしたことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

また、上記目的を達成するため、本発明による偏心測定装置は、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化が大きい軸対称な非球面を含む被検レンズの該非球面の偏心を求めるための偏心測定装置において、前記被検レンズを保持する保持部材を備えており、回転軸を中心として該被検レンズを該保持部材と共に回転させる回転手段と、前記非球面の非球面軸と前記回転軸とが一致している無偏心状態における該非球面に対して垂直となるような光束を投光する投光手段と、前記光束により得られる前記非球面からの反射像を検出する検出手段と、前記反射像の長手方向及び該長手方向と直交する方向を座標の成分の方向として該反射像の重心座標を求め、該重心座標から前記被検レンズを回転させることにより該反射像が辿る軌跡の大きさを求めることができ、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから前記非球面軸以外の周辺部に対応する曲率中心であるローカル曲率中心を2つ以上求め、各該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる2つ以上の該ローカル曲率中心の幾何的な関係から該非球面の偏心を演算する演算手段とを有し、前記反射像の辿る軌跡の大きさは、前記回転軸の回転角の異なる少なくとも3つ以上の角度位置でそれぞれ検出した前記反射像の重心座標から求め、前記非球面の偏心は、前記ローカル曲率中心における前記反射像の重心座標の成分のうち、該反射像の長手方向の座標の成分を用いずに求めるようにしたことを特徴とする。

また、本発明の偏心測定装置は、このような構成の場合、前記演算手段が、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に対応する子午面内における前記ローカル曲率中心の偏心と、該点に対応する球欠面内における前記ローカル曲率中心の偏心とを求め、各該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる2つの該ローカル曲率中心の幾何的な関係から該非球面の偏心を演算すること

が好ましい。

また、本発明の偏心測定装置は、このような構成の場合、前記演算手段が、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする第1の円周上の点に対応する子午面内における前記ローカル曲率中心の偏心と、無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする第2の円周上の点に対応する子午面内における前記ローカル曲率中心の偏心とを求め、各該ローカル曲率中心の偏心及び前記非球面の形状で決まる2つの該ローカル曲率中心の幾何的な関係から該非球面の偏心を演算するようにしたことが好ましい。

【0009】

また、上記目的を達成するため、本発明による偏心測定装置は、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化が大きい軸対称な非球面を含む被検レンズの該非球面の偏心を求めるための偏心測定装置において、前記被検レンズを保持する保持部材を備えており、回転軸を中心として該被検レンズを該保持部材と共に回転させる回転手段と、前記非球面の非球面軸と前記回転軸とが一致している無偏心状態における該非球面に対して垂直となるような光束を投光する投光手段と、前記光束により得られる前記非球面からの反射像を検出する検出手段と、前記反射像の長手方向及び該長手方向と直交する方向を座標の成分の方向として該反射像の重心座標を求め、該重心座標から前記被検レンズを回転させることにより該反射像が辿る軌跡の大きさを求めることができ、無偏心状態における前記非球面軸に沿って前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから該光束の径の範囲内における非球面形状に最も近い球面の曲率中心である近似曲率中心の偏心を求めると共に無偏心状態における前記非球面軸近傍以外であって該非球面軸を中心とする所定の円周上の点に前記光束を投光したときに求められる前記軌跡の大きさから前記非球面軸以外の周辺部に対応する曲率中心であるローカル曲率中心の偏心を求め、該近似曲率中心の偏心と該ローカル曲率中心の偏心、及び前記非球面の形状で決まる該近似曲率中心と該ローカル曲率中心との幾何的な関係から該非球面の偏心を演算する演算手段とを有し、前記反射像の辿る軌跡の大きさは、前記回転軸の回転角の異なる少なくとも3つ以上の角度位置でそれぞれ検出した前記反射像の重心座標から求め、前記非球面の偏心は、前記ローカル曲率中心における前記反射像の重心座標の成分のうち、該反射像の長手方向の座標の成分を用いずに求めるようにしたことを特徴とする。

なお、本発明の偏心測定装置は、上記いずれかの構成の場合、前記演算手段が、前記円周上における少なくとも3つ以上の点でそれぞれ検出される前記反射像の重心座標の成分うちの該反射像の長手方向と直交する方向の座標の成分と、該座標に対応する前記回転角とを正弦関数でフィティングして前記ローカル曲率中心の偏心を求めることが好ましい。

【0010】

【発明の実施の形態】

図1は非球面レンズ1の断面を示す図である。ここに示すように、非球面軸2の偏心は、基準軸に対するチルト(ε)及びシフト(δ)で表わされる。なお、ここで、非球面軸とは、非球面面頂(V)と非球面レンズ1の近軸曲率中心を通る軸のことを云う。

又、非球面レンズ1の曲率中心には、近軸曲率中心(C_0)と、非球面レンズ1の非球面軸2以外の周辺部に対応する曲率中心(L:以後、ローカル曲率中心と云う)とがある。ローカル曲率中心は、無限に存在する。

例えば、互いに独立している近軸曲率中心(C_0)の偏心やローカル曲率中心(L)の偏心の測定を少なくとも2つ以上行なえば、非球面軸2の偏心を測定することができる。

【0011】

本発明の偏心測定装置では、以下のように近軸曲率中心の偏心を測定する。まず、図2(a)に示すように、光源を含む投光手段3によって、非球面形状の被検レンズ4の非球面軸8近傍に光束を入射させながら(以後、図2(a)に示すような配置で行なう測定を垂直入射測定と云う)、被検レンズ4を回転軸5を中心に回転手段(図示せず)により回転させ、CCD等を備えた検出手段6で被検レンズ4の反射像の強度分布を検出する。このとき、少なくとも3つ以上の異なる被検レンズ4の向きにおいて反射像を検出し、演算手

投 7 へ出力する。演算手段 7 では、被検レンズ 4 の反射像の強度分布から各反射像の重心座標を算出し、各反射像の重心座標から前記反射像の軌跡の大きさを算出する。さらに、演算手段 7 で前記反射像の軌跡の大きさを投光手段 3 の投光倍率及び検出手段 6 の検出倍率で補正した結果が、被検レンズ 4 の近軸曲率中心の偏心となる。

【 0 0 1 2 】

又、本発明の偏心測定装置において、ローカル曲率中心の偏心を測定するには、図 2 (b) に示すように、投光手段 3 で被検レンズ 4 の非球面軸 8 近傍以外の周辺部に光束を入射させる (以後、図 2 (b) のような配置で行なう測定を斜入射測定と云う) 。この後の測定方法は、前述の近軸曲率中心の偏心を測定する方法と同じである。

【 0 0 1 3 】

本発明の偏心測定装置では、演算手段 7 は、近軸曲率中心の偏心、ローカル曲率中心の偏心及び非球面形状で決まる近軸曲率中心とローカル曲率中心との幾何的な関係から、非球面軸 8 の偏心を算出する。

本発明の偏心測定装置において、被検レンズ 4 への光束の入射位置は、非球面軸近傍以外の周辺部に関しては任意に選ぶことが可能であるが、被検レンズ 4 の有効径から外れない範囲で非球面軸 8 からできるだけ離れた部分に入射させる方が、非球面軸 8 の偏心をより高精度に測定できる。これは、光束の入射位置を非球面軸 8 からできるだけ離れた位置に設定した方が、近軸曲率半径とローカル曲率半径との差がより大きくなるからである。

なお、本発明の偏心測定装置では、非球面の周辺部において 2 つ以上のローカル曲率中心の偏心を測定することによっても、非球面軸 8 の偏心を測定することが可能である。

【 0 0 1 4 】

以上のように、本発明の偏心測定装置によれば、完全に非接触でかつ非球面加工と同時に非球面偏心測定用のマーキングなしで非球面軸の偏心を高精度に測定することが可能である。よって、内視鏡に用いられるような微小非球面レンズの偏心測定を行なうのに好適であると云える。

【 0 0 1 5 】

ところで、非球面レンズのローカル曲率半径は、子午方向と球欠方向とでローカル曲率半径が異なる。従って、斜入射測定の際に非点収差が発生し、非球面レンズの反射像は略円形ではなく、図 3 に示すように、ライン状の反射像 9 となることがある。反射像 9 の短い方向は、光強度分布 1 0 の幅が狭いので、重心検出精度は良好である。一方、反射像 9 の長い方向は、光強度分布 1 1 が大きく広がるので、重心座標の検出精度が非常に悪くなる。

従って、反射像 9 の短い方向及び長い方向の重心座標から反射像 9 の軌跡 1 2 を求め、ローカル曲率中心の偏心を算出すると、偏心測定精度が悪化することになる。

【 0 0 1 6 】

そこで、本発明の偏心測定装置では、前述のような不具合を回避するため、被検レンズの反射像の短い方向の重心座標とそれに対応するレンズの方位から反射像の軌跡を求め、ローカル曲率中心の偏心を算出するようにしている。従って、非点収差の影響を受けることなく、高精度な非球面軸の偏心測定が可能となる。

【 0 0 1 7 】

次に、本発明の偏心測定装置における非球面軸の偏心の算出方法を図 4 に基づいて説明する。

【 0 0 1 8 】

図 4 は、無偏心状態の非球面 1 3 (図中実線で示されている) 及びその非球面軸 1 4 と、偏心状態の非球面 1 5 (図中点線で示されている) 及びその非球面軸 1 6 の関係を示している。なお、非球面軸 1 4 は、被検レンズ回転手段の回転軸と一致している。又、図 4 に示された各符号の意味は以下の通りである。

【 0 0 1 9 】

V : 無偏心状態の非球面 1 3 の面頂

R : 非球面の近軸曲率半径

10

20

30

40

50

L_T : 無偏心状態の非球面 1 3 の周辺部の子午面内におけるローカル曲率中心

L_S : 無偏心状態の非球面 1 3 の周辺部の球欠面内におけるローカル曲率中心

C : 無偏心状態の非球面 1 3 の近軸曲率中心

Q : 無偏心状態の非球面 1 3 の周辺部における斜入射測定時の光束入射点

ϕ : C V L_T

θ : L_T L_S V

ε_{ASP} : 非球面軸 1 6 の回転軸に対するチルト

δ_{ASP} : 非球面軸 1 6 の回転軸に対するシフト

$V L_T$: 点 V と点 L_T との距離

$V L_S$: 点 V と点 L_S との距離

10

【 0 0 2 0 】

以後、重心座標は、検出手段に設定した座標系により示す。又、無偏心状態の非球面 1 3 の座標系において、 $X-Z$ 断面を子午面、 $Y-Z$ 断面を球欠面とする。被検レンズにつけた基準マークの向き（以後被検レンズの向きと云う）は、無偏心状態の非球面 1 3 の座標系において、 x 軸から反時計回りを正の向きとする。また、斜入射測定は、無偏心状態の非球面 1 3 に対して、垂直に光束が入射するようにして行なうものとする。

【 0 0 2 1 】

図 5 (a) に示すように、斜入射測定の際の反射像軌跡 1 7 において、被検レンズの斜入射反射像 1 8 の短い方向を x 軸方向とする。そして、斜入射反射像 1 8 の重心の x 座標が最大となるとき、斜入射反射像 1 8 の重心座標を

20

$$\left(L_{x1}, L_{y1} \right) \dots\dots (1)$$

とする。又、このときの被検レンズの向きを A_L とする。更に、斜入射測定における (1) 式及び A_L に対応する垂直入射反射像 1 9 の重心座標を

$$\left(\delta_{cx1}, \delta_{cy1} \right) \dots\dots (2)$$

とする。このとき、(1) 式及び (2) 式と非球面軸のチルト・シフトの関係は次のようになる。

$$\begin{pmatrix} \delta_{cy1}/\beta_c \\ \delta_{cx1}/\beta_c \\ \Delta_{ly1}/\beta_{ly} \\ \Delta_{lx1}/\beta_{lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R & 0 & 1 \\ VL_S & 0 & 1 & 0 \\ 0 & VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \dots\dots (3)$$

30

但し、 β_c は垂直入射測定における投光倍率と検出倍率の積、 β_L は斜入射測定における投光倍率と検出倍率の積を示している。

【 0 0 2 2 】

又、図 5 (b) に示すように、斜入射反射像 1 8 が (1) 式の状態から、任意量だけ回転したとき（被検レンズが回転したことに相当する）の斜入射反射像 2 0 の重心座標を

$$\left(L_{x1}', L_{y1}' \right) \dots\dots (4)$$

とする。又、そのときの被検レンズの向きを A_M とする。更に、(4) 式及び A_M に対応する垂直入射反射像 2 1 の座標を

40

$$\left(\delta_{cx1}', \delta_{cy1}' \right) \dots\dots (5)$$

とする。このとき、(4) 式及び (5) 式と非球面軸のチルト・シフトの関係は次のようになる。

$$\begin{pmatrix} \delta_{cy1}'/\beta_c \\ \delta_{cx1}'/\beta_c \\ \Delta_{ly1}'/\beta_{ly} \\ \Delta_{lx1}'/\beta_{lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R & 0 & 1 \\ VL_S & 0 & 1 & 0 \\ 0 & VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1}' \\ \varepsilon_{ASP-x1}' \\ \delta_{ASP-y1}' \\ \delta_{ASP-x1}' \end{pmatrix} \dots\dots (6)$$

【 0 0 2 3 】

50

ここで、(6) 式で表わされる非球面軸のチルト・シフトは(5) 式で表わされる非球面軸のチルト・シフトを $A_M - A_L$ だけ回転させたものとみなすことができるので、次のように表わすことができる。

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1}' \\ \varepsilon_{ASP-x1}' \\ \delta_{ASP-y1}' \\ \delta_{ASP-x1}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos A & -\sin A & 0 & 0 \\ \sin A & \cos A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos A & -\sin A \\ 0 & 0 & \sin A & \cos A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \quad \dots\dots(7)$$

但し、 $A = A_M - A_L$ である。

10

【 0 0 2 4 】

又、(7) 式を(6) 式に代入すると次のようになる。

$$\begin{pmatrix} \delta_{cy1}' / \beta_c \\ \delta_{cx1}' / \beta_c \\ \Delta_{Ly1}' / \beta_{Ly} \\ \Delta_{Lx1}' / \beta_{Lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \cos A & R \sin A & \cos A & \sin A \\ -R \sin A & R \cos A & -\sin A & \cos A \\ VL_s \cos A & VL_s \sin A & \cos A & \sin A \\ -VL_T \cos(\phi - \theta) \sin A & VL_T \cos(\phi - \theta) \cos A & -\cos \theta \sin A & \cos \theta \cos A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix}$$

$\dots\dots(8)$

20

この(8) 式において、未知数は ε_{ASP-y1} , ε_{ASP-x1} , δ_{ASP-y1} , δ_{ASP-x1} の4つであるから、解を得るためには、(3) 式、(8) 式からその4つの成分を選べば良い。そこで、(3) 式の1行目、2行目、4行目及び(8) 式の4行目を用いると

$$\begin{pmatrix} \delta_{cy1} / \beta_c \\ \delta_{cx1} / \beta_c \\ \Delta_{Lx1} / \beta_{Lx} \\ \Delta_{Lx1}' / \beta_{Lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R & 0 & 1 \\ 0 & VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & \cos \theta \\ -VL_T \cos(\phi - \theta) \sin A & VL_T \cos(\phi - \theta) \cos A & -\cos \theta \sin A & \cos \theta \cos A \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix}$$

$\dots\dots(9)$

30

となる。

【 0 0 2 5 】

特に、 $A = A_M - A_L = \pi / 2$ のときは次のように表せる。

$$\begin{pmatrix} \delta_{cy1} / \beta_c \\ \delta_{cx1} / \beta_c \\ \Delta_{Lx1} / \beta_{Lx} \\ \Delta_{Lx1}' / \beta_{Lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R & 0 & 1 \\ 0 & VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & \cos \theta \\ -VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & -\cos \theta & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \quad \dots\dots(10)$$

40

【 0 0 2 6 】

同様に、斜入射測定時の反射像軌跡において反射像の短い方向が y 軸方向かつ $A = A_M - A_L = \pi / 2$ のときは(10) 式に相当するものは次式のようにになる。

$$\begin{pmatrix} \delta_{cy1} / \beta_c \\ \delta_{cx1} / \beta_c \\ \Delta_{Ly1} / \beta_{Ly} \\ \Delta_{Ly1}' / \beta_{Ly} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R & 0 & 1 \\ VL_s & 0 & 1 & 0 \\ 0 & VL_s & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \quad \dots\dots(11)$$

【 0 0 2 7 】

50

更に、(9)式、(10)式又は(11)式を用いれば、斜入射反射像の座標のうち、反射像の短い方向の座標のみを用いて非球面軸のチルト・シフトを算出することが可能になる。斜入射反射像の軌跡において、反射像の短い方向の最大重心座標及びこのときの被検レンズの向きは、異なる3つ以上の被検レンズの向き及びこれらの向きにおける斜入射反射像の短い方向の重心座標の測定データに正弦関数をフィティングさせることで求めることができる。

【0028】

(9)式、(10)式又は(11)式で求まる非球面軸のチルト・シフトは、斜入射反射像の軌跡のx座標又はy座標が最大となる被検レンズの向きにおけるチルト・シフトの大きさ及び方位である。被検レンズにつけた基準マークを基準にした偏心を測定したい場合には、基準マークを測定機の方位の基準(図3ではx軸)に合わせるように被検レンズをセットして測定を行ない、(9)式、(10)式又は(11)式で求めた結果を斜入射反射像の軌跡のx座標又はy座標が最大となる被検レンズの向きの分だけ回転変換すれば良い。

【0029】

このようにすれば、非点収差によって反射像が長くなる方向の反射像の中心座標を用いずに済むため、ローカル曲率中心の偏心を精度良く求めることができる。この結果、非球面レンズの偏心も高精度に求めることができる。

【0030】

又、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量が大きい非球面では、前述したように、近軸曲率中心及びローカル曲率中心の偏心から非球面軸の偏心を求める方法を用いることができない場合がある。垂直入射測定を行うとき、近軸曲率半径が大きい非球面では、偏心に対する測定感度を大きくすると非球面への入射光束径が大きくなる傾向がある。

一方、非球面量の変化量が大きい非球面では、曲率半径を近軸曲率半径で近似しても差し支えない範囲は非常に狭い。つまり、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量が大きい非球面に対して垂直入射測定を行なうと、入射光束の中心部と周辺部とで非球面の曲率半径に大きな差が生じる。従って、反射像に大きな球面収差が発生することになり、しばしば、反射像の重心座標が算出できない程像がぼけてしまう。又、斜入射測定でも同様のことが起こり得る。このような場合、非球面軸の偏心測定ができないか、仮に測定できたとしても、測定精度は非常に悪いものとなる。

【0031】

しかし、本発明の偏心測定装置によれば、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量が大きい非球面であっても、その周辺に行くほど曲率半径が小さくなるような場合に限って、反射像に大きな球面収差が発生することなく、高精度に非球面軸の偏心を測定することができる。具体的には、非球面の周辺部において2つ以上のローカル曲率中心の偏心を測定し、各ローカル曲率中心の偏心及び非球面形状で決まる2つ以上のローカル曲率中心の幾何的な関係から非球面軸の偏心を算出することによって、前述のような不具合を解消できる。

【0032】

なお、非球面の周辺部において2つ以上のローカル曲率中心の偏心を測定する方法は、主に2通りある。1つは、非球面軸近傍以外の少なくとも2箇所以上の周辺部で子午面内又は球欠面内のローカル曲率中心の偏心を測定する方法であり、もう1つは、非球面軸近傍以外の少なくとも1箇所以上の周辺部で子午面内及び球欠面内のローカル曲率中心の偏心を測定する方法である。何れの方法でも高精度な測定が可能だが、非球面形状に応じて使い分けると、より高い測定精度が得られる。

【0033】

ところで、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量が大きい非球面を測定する場合、本発明の偏心測定装置を用いれば、非球面軸近傍以外の少なくとも1箇所以上の周辺部で子午面内及び球欠面内のローカル曲率中心の偏心を測定することによって、非球面の偏心測定ができる。このとき、非球面の任意の周辺部を選ぶことが可能であるが、その有効径から外れない範囲でより非球面軸から離れた部分を選んだ方が、非球面軸の偏心をより高

10

20

30

40

50

精度に測定できるため、好都合である。これは、子午面内のローカル曲率半径と球欠面内のローカル曲率中心との差がより大きくなるためである。

【 0 0 3 4 】

ここで説明した非球面軸の偏心の算出方法は、前述した(9)式，(10)式又は(11)式を用いて行う方法と同様であるが、(9)式，(10)式，(11)式の代わりに次に示す(12)式を用いる必要がある。

$$\begin{pmatrix} \Delta L_{yS}/\beta_{Ly} \\ \Delta L_{yS'}/\beta_{Ly} \\ \Delta L_{xT}/\beta_{Lx} \\ \Delta L_{xT'}/\beta_{Lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VL_S & 0 & 1 & 0 \\ 0 & VL_S & 0 & 1 \\ 0 & VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & \cos \theta \\ -VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & -\cos \theta & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \quad \dots \dots (12) \quad 10$$

(12)式における符号の意味は、図3に示されているものと同様である。

【 0 0 3 5 】

ここに示した方法によれば、近軸曲率中心の偏心を測定しなくても非球面の偏心を求めることができる。よって、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量大きい非球面において、垂直入射測定時の球面収差の影響によって反射像のぼけが非常に大きく近軸曲率中心の偏心が測定不可能な場合でも、高精度に非球面の偏心測定を行うことができる。特に、非球面の周辺部において、子午面内のローカル曲率半径と球欠面内のローカル曲率半径との差が大きくなっているような場合の測定に有効である。 20

【 0 0 3 6 】

更に、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量大きい非球面の測定を行う場合、本発明の偏心測定装置によれば、非球面軸近傍以外の少なくとも2箇所以上の周辺部で、子午面内の偏心を測定することによって、非球面の偏心測定ができる。この場合、任意の2箇所の非球面周辺部を選ぶことが可能であるが（任意に選らんだ2箇所の周辺部を、第1の周辺部、第2の周辺部と区別することにする）非球面の有効径から外れない範囲で、できるだけ離れた2箇所を選んだ方が、非球面軸の偏心をより高精度に測定できる。これは、互いのローカル曲率半径の差がより大きくなるためである。

【 0 0 3 7 】

この非球面軸の偏心の算出方法は、前述した(9)式，(10)式又は(11)式を用いて行う方法と同様であるが、ここでは(9)式，(10)式，(11)式に代えて次に示す(13)式を用いる必要がある。 30

$$\begin{pmatrix} \Delta L_{xT2}/\beta_{Lx2} \\ \Delta L_{xT2'}/\beta_{Lx2} \\ \Delta L_{xT1}/\beta_{Lx1} \\ \Delta L_{xT1'}/\beta_{Lx1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & VL_{T2} \cos(\phi_2 - \theta_2) & 0 & \cos \theta_2 \\ -VL_{T2} \cos(\phi_2 - \theta_2) & 0 & -\cos \theta_2 & 0 \\ 0 & VL_{T1} \cos(\phi_1 - \theta_1) & 0 & \cos \theta_1 \\ -VL_{T1} \cos(\phi_1 - \theta_1) & 0 & -\cos \theta_1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \quad \dots \dots (13) \quad 40$$

なお、この(13)式における符号の意味は、図3に示されたものと同様である。但し、 L_{xT} ， β_L ， VL_T ， θ 及び ϕ に付された添字1，2は夫々第1の周辺部、第2の周辺部に対応している。

【 0 0 3 8 】

ここに示した方法によれば、近軸曲率中心の偏心を測定しなくても非球面の偏心を求めることができる。よって、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量大きい非球面において、垂直入射測定において球面収差の影響によって反射像のぼけが非常に大きく近軸曲率中心の偏心が測定不可能な場合でも、高精度に非球面の偏心測定を行うことができる。 50

特に、非球面の第1の周辺部における子午面内ローカル曲率半径と非球面の第2の周辺部における子午面内ローカル曲率半径との差が大きい非球面の偏心測定を行う場合に有効である。

【0039】

又、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量が大きい非球面では、前述のように、近軸曲率中心及びローカル曲率中心の偏心から非球面軸の偏心を求めることができない場合もある。しかし、この場合でも、本発明の偏心測定装置を用いて、入射光束径の範囲での非球面形状に最も近い球面の曲率中心の偏心測定を垂直入射測定により行えば、この垂直入射測定の結果と斜入射測定の結果とから非球面軸の偏心を求めることができる。

以下、この方法を用いた偏心測定方法を説明する。

【0040】

まず、反射像の重心座標が十分検出可能なレベルまで像のぼけが小さくなるように投光系又は検出系の位置をセッティングして垂直入射測定を行なう。次に、斜入射測定を、前述の図2及び図4に基づき説明した方法で行なう。ここで注意が必要なのは、垂直入射測定において、反射像の重心座標が十分検出可能なレベルまで像のぼけが小さくなくても、非球面量の変化量に対して入射光束径がまだ大きく曲率半径を近軸曲率半径で近似できない場合である。なぜなら、近軸曲率中心の偏心を測定しているのではなく、非球面と光束とが交わっている範囲における非球面形状に最も近い球面の曲率中心（以後、近似曲率中心と云う）の偏心を測定していることに相当するからである。

しかし、この近似曲率中心は非球面軸上に存在しているとみなして良いので、近似曲率中心の偏心とローカル曲率中心の偏心から非球面軸の偏心を算出することは可能である。即ち、次に示すような(10)式中のRを近似曲率半径 R_{ap} で置き換えた次式を用いれば良い。

【0041】

$$\begin{pmatrix} \delta_{Cy1ap}/\beta_{Cap} \\ \delta_{Cx1ap}/\beta_{Cap} \\ \Delta_{Lx1}/\beta_{Lx} \\ \Delta_{Lx1'}/\beta_{Lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{ap} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R_{ap} & 0 & 1 \\ 0 & VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & \cos \theta \\ -VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & -\cos \theta & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \quad \dots \dots (14)$$

但し、 δ_{C1ap} は近似曲率中心の偏心量、 β_{Cap} は近似曲率中心の偏心を測定するときの投光倍率と検出倍率の積を示す。

【0042】

この方法によれば、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量が大きい非球面で、垂直入射測定において球面収差の影響によって反射像のぼけが非常に大きく近軸曲率中心の偏心が測定不可能な場合でも、高精度に非球面の偏心測定を行うことができる。特に、非球面周辺部において、子午面内のローカル曲率半径と球欠面内のローカル曲率半径の差が小さく、かつ、非球面の第1の周辺部における子午面内ローカル曲率半径と非球面の第2の周辺部における子午面内ローカル曲率半径との差が小さい非球面の偏心測定を行う場合に有効である。

【0043】

又、本発明の偏心測定装置では、被検レンズに光束を入射させる手投と、被検レンズを回転させる手投と、被検レンズからの反射像を検出する手段と、被検レンズを回転させることによって得られる反射像の軌跡から被検レンズの偏心を求める手段と、被検レンズ外周の振れを測定する手投と、被検レンズの外周部を保持する保持部材とを備えることにより、被検レンズの外周を基準にした偏心測定を行うことができる。

【0044】

レンズ保持部材には、様々な方式があるが、図6(a)、(b)に示すようにレンズ23（ここではロッドレンズを用いている）の外周部24を保持部材25で挟む（チャックする）方式のレンズホルダー22が良く用いられる。このレンズホルダー22は、レンズホ

10

20

30

40

50

ルダ－２２のチルトをレンズ２３を回転させる手段の回転軸２６に一致させるチルト調整機構２７によりチルト調整を行うことができる。更に、レンズ２３の球心又はレンズ２３の外周心又は保持部材２５の中心を、レンズ２３を回転させる手段の回転軸２６に一致させるためのシフト調整機構２８によって、シフト調整できるようになっている。

【００４５】

ところで、図６（ａ）のようにレンズホルダ－２２のチルト調整が不十分であったり、又は同図（ｂ）のようにレンズ２３が傾いてチャックされてしまったりする（以後、チャックチルトと云う）ことがある。ここで説明する偏心測定方法で直接に求まるのは、被検レンズ回転手段の回転軸を基準にした偏心量である。ロッドレンズ２３はレンズ外周部２４が長いので、図６（ａ）、（ｂ）のような状態であると、

$$\delta(\text{Lens-spin}) = \delta(\text{Lens-外周軸}) \text{ 及び } \varepsilon(\text{Lens-spin}) = \varepsilon(\text{Lens-外周軸})$$

$$\dots\dots(15)$$

とはならない。即ち、レンズ外周を基準としたレンズ偏心測定を行なうことはできないのである。

なお、 $\delta(\text{Lens-spin})$ は被検レンズ回転手段の回転軸に対するレンズ光軸のシフト、 $\delta(\text{Lens-外周軸})$ は被検レンズ外周中心軸に対するレンズ光軸のシフト、 $\varepsilon(\text{Lens-spin})$ は被検レンズ回転手段の回転軸に対するレンズ光軸のチルト、 $\varepsilon(\text{Lens-外周軸})$ は被検レンズ外周中心軸に対するレンズ光軸のチルトを示す。

【００４６】

このような場合でも、本発明の偏心測定装置によれば、レンズ外周部２４の少なくとも異なる２箇所でレンズ外周の振れを測定すればレンズ外周軸のチルトを求めることができる。従って、レンズホルダ－２２自体のチルトやレンズ２３をチャックしたときのチャックチルトが存在しても、その影響を補正できるため、レンズ外周軸に対するレンズ光軸のチルト（ ε ）、シフト（ δ ）を求めることは可能である。即ち、レンズ外周軸を基準としたレンズ偏心測定が可能となる。

【００４７】

又、本発明の偏心測定装置では、レンズホルダ－２２のチルト調整をラフに行なうか、又はそれを省略してもロッドレンズの偏心測定を十分高精度に行なうことができるため、測定作業は容易である。更に、レンズホルダ－２２のチルトを被検レンズを回転させる手段の回転軸２６に一致させるチルト調整機構２７を省略することも可能であり、測定装置の簡略化及び低コスト化を図ることができる。

【００４８】

又、本発明の偏心測定装置では、被検レンズに光束を入射させる手段と、被検レンズを回転させる手段と、被検レンズからの反射像を検出する手段と、被検レンズを回転させることによって得られる反射像の軌跡から被検レンズの偏心を求める手段と、被検レンズ外周の振れを測定する手段と、被検レンズの外周部を保持する保持部材とを備えることにより、基準治具を用いた被検レンズ保持部の芯出し調整及び１箇所以上における被検レンズ外周部の振れの測定から被検レンズ外周部のチルトを求めることができる。

【００４９】

以下、この偏心測定装置を用いたロッドレンズの偏心測定について、図６（ａ）、（ｂ）に基づき説明する。

まず、チルト調整機構２７によって、レンズホルダ－２２のチルト調整を行う。次に、シフト調整機構２８によって、レンズホルダ－２２の保持部材２５付近でレンズ外周２４の中心が被検レンズ回転手段の回転軸２６と一致するようにレンズホルダ－２２のシフト調整を行う。シフト調整には基準治具（例えばボールレンズ等）を用いる。以上の調整を行なった上で、ロッドレンズ２３をレンズホルダ－２２に装着し、偏心測定を行なう。

【００５０】

本発明の偏心測定装置では、基準治具によるレンズホルダ－２２のシフト調整が行われることによって、被検レンズ回転手段の回転軸２６に対するレンズ下端（チャックされている部分）でのレンズ外周中心軸のシフトはほぼゼロになっているとみなして良い。このと

10

20

30

40

50

き、被検レンズ回転手段の回転軸 26 に対するレンズ外周中心軸チルトは、次式で表わされる。

$$\varepsilon \text{ (外周軸-spin)} = \delta \text{ (外S1-spin)/d} \quad \cdots \cdots (16)$$

ここで、 ε (外周軸-spin)は被検レンズ回転手段の回転軸に対する被検レンズ外周中心軸のチルト、 δ (外S1-spin/d)は被検レンズ回転手段の回転軸に対する被検レンズ第1面外周中心、 d は被検レンズ下端とその第1面外周面との間隔を示す。

【0051】

このようにしてレンズ外周中心軸のチルトを求めれば、レンズホルダー22自体のチルトやロッドレンズ23をチャックしたときのチャックチルトが存在しても、その影響を補正できるため、レンズ外周中心軸に対するレンズ光軸のチルト・シフトを求めることが可能となる。即ち、レンズ外周軸を基準としたレンズ偏心測定が可能となる。

ここに示した偏心測定装置では、レンズ外周の振れを測定する手段を2つ設けたり、レンズ側面部の異なる2箇所でレンズ外周の振れを測定することが可能なように測定位置を可変にする機構を設けたりする必要がなく、測定装置の簡略化及び低コスト化が図れる。

【0052】

以下、図示した実施例に基づき本発明を詳細に説明する。

【0053】

第1実施例

図7は第1実施例にかかる偏心測定装置の全体構成を示す図である。本実施例の偏心測定装置は、垂直入射測定又は斜入射測定にて被検レンズ面の偏心を観察するための部材を搭載したレンズ面偏心測定ユニット29、被検レンズ外周部の偏心量を測定するレンズ外周偏心測定ユニット30、回転角エンコーダーとスピンドルモーターが搭載され被検レンズ31を保持するレンズホルダーユニット32、及び制御・演算ユニット33により構成されている。

【0054】

図8はレンズ面偏心測定ユニット29内部の詳細構成図である。同図は図7に示された矢印Iの方向に見た状態を示している。

レンズ面偏心測定ユニット29において、半導体レーザーの光を図示しない内蔵の光学系で平行光にコリメートして射出する光源34からの光を、顕微鏡対物レンズ35により集光し点光源36が形成される。点光源36の像はハーフプリズム37で反射された後、テレセントリックに構成された投光・結像レンズ38及び回転ミラー39を介して図7の被検レンズ31に投光される。

次に、被検レンズ31で反射された光束は、再度回転ミラー39、投光・結像レンズ38、ハーフプリズム37を介して観察光学系40へ導かれることになるが、投光・結像レンズ38によりハーフプリズム37付近で結像する。この像は観察光学系40で計測され、被検レンズ31のレンズ面の偏心量が求められる。観察光学系40は、顕微鏡対物レンズ41、三角プリズム42、ズームレンズ43、及びCCDカメラ44より構成されている。

なお、回転ミラー39は、投光・結像レンズ38から導かれる被検レンズ31への入射光束の角度を変えるためのものである。又、回転ミラー39を所望の角度に設定するために、この回転ミラー39には制御・演算ユニット33により制御されるステッピングモーター45が備えられている。

【0055】

更に、点光源36を形成する顕微鏡対物レンズ35は、制御・演算ユニット33により制御されているボールネジ付きのステッピングモーター46とガイドレール47とにより、点光源36の位置を図8の矢印Kの方向にほぼ任意に設定できる。これにより、被検レンズ31の面へ投影する点光源36の像の入射位置を可変にでき、後述する被検レンズ31の面での反射倍率をほぼ任意の値に設定することが可能となる。又、観察光学系40においても制御・演算ユニット33により制御されているボールネジ付きのステッピングモーター48とガイドレール49とにより矢印J方向の所望の位置に設定できるようになってい

る。このため、投光・結像レンズ38による被検レンズ31の面からの反射像にピント位置を合わせることができる。又、ズームレンズ43のズーミングも、制御・演算ユニット33により制御される。

【0056】

又、図7に示すように、レンズ面偏心測定ユニット29は、マイクロメーター付きXYステージ50及びステッピングモーター付きガイドステージ51を介して基盤52に固定されている。このため、ガイドステージ51によってレンズ面偏心測定ユニット29を矢印B方向に可動させた後、XYステージ50によって、レンズ面偏心測定ユニット29が被検レンズ31に対して適切な位置にくるように、矢印B及び矢印Gの方向に微動調整が可能となっている。

10

【0057】

レンズ外周偏心測定ユニット30は、図7に示されているように、マイクロメーター付きステージ54及びステッピングモーター付きガイドステージ55を介して基盤52に固定されている。レンズ外周偏心測定ユニット30は、ガイドステージ55により図の矢印Bの方向に移動可能になり、又、ステージ54によって矢印B方向の微調節が可能になる。

【0058】

レンズ面偏心測定ユニット29とレンズ外周偏心測定ユニット30との位置関係は、被検レンズ31の測定に際して、制御・演算ユニット33からの指令により、レンズ外周偏心量の測定時になると、レンズ面偏心測定ユニット29が図7の左方向に十分に退避し、それに代わりレンズ外周偏心測定ユニット30が自動的に被検レンズ31の外周が見える位置に移動するようになる。

20

ここで、被検レンズ31の外周部の画像は、外周偏心測定ユニット30に設けられているCCDカメラ56により取り込まれ、制御・演算ユニット33に送られる。なお、レンズ面偏心測定ユニット29からの画像との切替えは、制御・演算ユニット33内のセクターにより測定者が行う。

【0059】

なお、被検レンズ31への照明は、被検レンズ31のレンズ面とレンズコバの境界が観察しやすい斜照射の暗視野照明と、窪んだエッジが観察しやすい落射式の明視野照明が行えるようになっており、測定者が自由に設定できるようになっている。又、ピント調整は、本実施例の装置では手動であるが、適切な装備を付加することで自動化することは可能である。

30

【0060】

レンズホルダーユニット32は基盤52に固定されている。このレンズホルダーユニット32は、図9に示すように、被検レンズ31を着脱可能に固定するレンズ保持部材57と、固定された被検レンズ31を回転させるためのスピンドルモーターを備えた回転手段58と、スピンドル回転軸59に対して被検レンズ31の位置を図の矢印E及び矢印F方向のシフト調整を行うためのXYステージ60と、スピンドル回転軸59に対する被検レンズ31の傾き角を調整するためのチルト調整機構61と、回転角エンコーダーによる基準位置からどれだけ被検レンズ31が回転したかを検出する機構（図示せず）とにより構成されている。

40

レンズ保持部材57は、図の矢印方向Dに開閉機構を備え、バネ圧によって被検レンズ31を挟込んで固定することができる。又、このレンズ保持部材57は、被検レンズ31の形状に最適なものが使用できるように、取替え可能になっている。

【0061】

更に、このレンズホルダーユニット32は、制御・演算ユニット33内のスピンドル回転制御部からの指令によりスピンドルモーターの回転を制御できるようになっており、又、回転角エンコーダーにより検出された基準位置からの被検レンズ31の回転角のデータを制御・演算ユニット33へ送信するようになっている。

【0062】

制御・演算ユニット33は、被検レンズ31の光学データ（曲率半径、面間隔、屈折率）

50

及び測定条件の入力や、レンズ面偏心測定ユニット 29 及び外周偏心測定ユニット 30 の CCD カメラ 56 からの測定画像データの取込み、レンズ面偏心測定ユニット 29、外周偏心測定ユニット 30 及びレンズホルダーユニット 32 の各可動部材の制御、測定データの計算処理・表示を行うものである。

【0063】

制御・演算ユニット 33 は、図 7 に示すように、モニター 62 に接続された専用のプログラムソフトを動かすことができるパソコン 63 を有している。その専用プログラムソフトが起動されたパソコン 63 は、被検レンズ 31 のデータ及び測定条件の入力を受け、入力されたデータに基づいてレンズ面偏心測定ユニット 29 をレンズ面偏心測定ユニット制御部 64 を介して、又レンズ外周偏心測定ユニット 30 をレンズ外周偏心測定ユニット制御部 65 を介して自動制御する。又、レンズホルダーユニット 32 のスピンドルモーターの制御と回転角エンコーダーの読取りを、スピンドル回転制御部 66 を介して行う。又、手動コントローラー 67 は各ユニットの微調整を行うものである。

【0064】

以下、本実施例の偏心測定装置を用いて行う実際の測定を順を追って説明する。

【0065】

まず、被検レンズ 31 のデータ、測定条件の入力を行う。ここでは、図 10 (a) に示すように、第 1 面が非球面で中心厚が長いレンズ (ロッドレンズ) を測定対象とする。この被検レンズ 31 における第 1 面の被球面データは、以下に示す通りである (単位はミリメートル)。

【0066】

第 1 面の非球面データ

$C = 0.125$, $K = 0.4$, $E = -0.5 \times 10^{-3}$, $F = -0.6 \times 10^{-5}$

レンズ中心厚 40 第 2 面曲率半径 2 屈折率 1.5 外径 ϕ 6

又、非球面形状は次の (17) 式により与えられる。なお、図 10 (b) に示すように、Z は光軸に沿う方向、H は光軸と垂直な方向を意味している。

$$Z = CH^2 / (1 + (1 - (K + 1)(CH)^2)^{1/2}) + EH^4 + FH^6 \dots (17)$$

【0067】

ここで、測定条件とは、1 つは測定の順番に関するものである。例えば、被検レンズ 31 の外周偏心量を図 9 に示したレンズホルダーユニット 32 の XY ステージ 60 で調整してゼロに抑えたい場合は、被検レンズ 31 の外周の偏心測定から行う必要がある。又、第 1 面の偏心を調整によりゼロに抑えたい場合は、面偏心の測定から行う必要がある。このような測定の順番を設定することである。

【0068】

更に、本実施例の偏心測定装置では、被検レンズ面に光束を入射させその反射像によりレンズ面の偏心を求めている。そこで、更に測定条件で規定すべきことがらとして、被検レンズ面での反射倍率がある。例えば、図 11 (a) に示すように、レンズ 68 の第 1 面 69 の面偏心を測定する場合に、その反射倍率は入射光束の入射点 I_1 と第 1 面 69 の曲率半径で決まり、第 1 面 69 での反射像 R_1 の位置は前記反射倍率の設定により決まる。本実施例では、前述のように、この反射倍率をほぼ任意に設定できる。それにより、例えば、図 11 (b) に示すような第 1 面 69 の球心 C_1 と第 2 面 70 の球心 C_2 とが近いレンズでは、第 1 面 69 の測定時に第 1 面 69 の球心 C_1 付近に光束を入射させる (反射倍率は -1 倍) と、第 2 面 70 での反射像 R_2 の位置が第 1 面 69 での反射像 R_1 の位置と近くなるため、測定が困難となる。

【0069】

しかしながら、本実施例の偏心測定装置が備えている被検レンズ面の反射倍率を任意に設定できる利点を生かして、例えば、図 11 (a) に示すように第 1 面 69 への入射光束を設定すると、第 2 面 70 の反射像 R_2 の位置を第 1 面 69 の反射像 R_1 の位置から離してしかも像をぼかすことができ、第 1 面 69 の測定時に第 2 面 70 の反射像による影響をなくすか又は弱くすることが可能となり、測定が容易になる。

【 0 0 7 0 】

又、図 1 2 に示すように、被検レンズ 3 1 が内視鏡光学系のような微小で曲率の強い場合には、被検レンズ 3 1 からの反射光の光路が被検レンズ 3 1 のレンズ面の偏心により入射光路から大きくずれることになる。この結果、反射光路が投光・結像レンズ 3 8 に入射せず測定不能な事態が生ずる。しかし、この場合、反射倍率の絶対値を小さく設定することにより、反射光を適切に投光・結像レンズ 3 8 へ導くことが可能となる。

【 0 0 7 1 】

ところで、本実施例の偏心測定装置では測定方法として斜入射測定を用いているが、前述のように、本発明では非球面の偏心量を測定する際に数種類の測定形態の選択が可能である。例えば、垂直入射測定と斜入射測定との組合せによるものや、異なる 2 点での斜入射測定の組合せ、同一点であるが子午方向ローカル曲率中心と球欠方向ローカル曲率方向との組合せによるもの等ある。

但し、斜入射測定では、被検レンズ面への斜入射光束の入射角度や、被検レンズの子午方向、球欠方向何れのローカル曲率で測定するかを予め設定をする必要がある。このため、予め斜入射測定の条件を規定する必要がある。

【 0 0 7 2 】

本実施例の偏心測定装置を用いる場合の測定条件は、以下の ▲ 1 ▼ ~ ▲ 6 ▼ に示す通りである。

▲ 1 ▼ 平行平板によるレンズホルダーユニット 3 2 の傾き調整を行う。

▲ 2 ▼ ボールレンズによるレンズホルダーユニット 3 2 のシフト調整を行う。

▲ 3 ▼ 第 1 面非球面測定は、垂直入射測定と斜入射測定との組み合わせによる。

▲ 4 ▼ 斜入射測定は、子午方向ローカル曲率中心の測定で、入射角度は 20.36° とする。又、このときの子午方向ローカル曲率半径は 6.06 である。

▲ 5 ▼ レンズ外周の偏心測定とレンズホルダーの基準位置とによるレンズ外周軸に対する各偏心量を算出する。

▲ 6 ▼ 反射倍率は第 1 面垂直入射時は -1 倍、斜入射測定時は -1 倍、第 2 面垂直入射測定時は -0.5 倍である。

【 0 0 7 3 】

次に、パソコン 6 3 上で専用プログラムを起動し、前記レンズデータと測定条件を入力して、測定を開始する。最初は、レンズホルダーユニット 3 2 のチルト調整が必要である。所定の平行平板をレンズホルダーユニット 3 2 に取付けると、制御・演算ユニット 3 3 からの指令により、自動的にレンズ外周偏心測定ユニット 3 0 が退避し、レンズ面偏心測定ユニット 2 9 がレンズホルダーユニット 3 2 の上部に移動し、前記平行平板に対して入射光束が垂直に入射するように回転ミラー 3 9 が回転する。更に、続けて、レンズ面偏心測定ユニット 2 9 内の点光源 3 6 と観察光学系 4 0 とが、平行平板からの反射像が測定できる位置に自動的に移動する。又、反射像を見つけやすくするために、ズームレンズ 4 3 が自動的に最低倍率になる。すると、平行平板からの反射像が確認できる。そして、手動コントローラー 6 7 を操作することにより、レンズホルダーユニット 3 2 を回転させ、反射像が回転する軌跡がパソコン 6 3 のモニター 6 2 上で所望の大きさになるようにズームレンズ 4 3 をズーミングする。更に、手動コントローラー 6 7 を操作することにより、前記平行平板の反射像の光量を調節し、反射像の詳細なピント合わせを行う。

【 0 0 7 4 】

次に、パソコン 6 3 から測定開始の指令を送り、反射像の円形の軌跡を求める。これは、スピンドル回転角の違う 3 点以上の反射像を制御・演算ユニット 3 3 の画像データインターフェースを介してパソコン 6 3 に取込み、反射像の重心位置から最小二乗法等により求める。

図 1 3 は、測定直後のモニター画面の様子を示す図である。 W_C は測定直後の反射像を示している。制御・演算ユニット 3 3 の画像データインターフェースはスーパーインポーズ機能を備えているので、反射像 W_C は現在観測している画像となる。又、同図中、点線は計算で求めた円形軌跡、 O_1 はその円形軌跡の中心を示している。これらは、パソコン 6

10

20

30

40

50

3 の処理により表示される。次に、レンズホルダーユニット 3 2 のチルト調整機構 6 1 により、反射像 W_C が中心 O_1 に重なるようにモニター 6 2 を見ながらレンズホルダーユニット 3 2 の傾きを調整する。これにより、レンズホルダーユニット 3 2 のレンズ保持部材 5 7 の軸とスピンドル回転軸 5 9 とがほぼ平行になる。

【 0 0 7 5 】

次に進む指令をパソコン 6 3 より送信すると、図 1 4 に示すようなボールレンズ 7 1 によるレンズホルダーユニット 3 2 のシフト調整に入る。ボールレンズ 7 1 をレンズホルダーユニット 3 2 に取付けると、制御・演算ユニット 3 3 からの指令により、ボールレンズ 7 1 の反射像を所定の反射倍率で測定できるように、レンズ面偏心測定ユニット 2 9 内の点光源 3 6 と観察光学系 4 0 が自動的に移動する。後は、前述のチルト調整と同様の操作・測定により調整の目標点を求め、レンズホルダーユニット 3 2 の X Y ステージ 6 0 によりシフト調整を行う。

10

【 0 0 7 6 】

以上の操作により、レンズホルダーユニット 3 2 に固定されたボールレンズ 7 1 の球心位置 7 2 を基準点とすることができる。そして、この後取得されるレンズ外周偏心測定のデータと合わせて計算することにより、中心厚が長いロッドレンズにおいて、外周の和を基準として、被検レンズの各偏心量を求めることが可能になる。

【 0 0 7 7 】

次に、被検レンズ 3 1 をレンズホルダーユニット 3 2 に装着する。そして、被検レンズ 3 1 の第 1 面非球面の垂直入射測定に続き、第 2 面球面の垂直入射測定を行う。この際、前述のチルト調整、シフト調整と同様に、制御・演算ユニット 3 3 から適切な指令が出され、適切な条件下で自動的に測定が行える。この条件は、例えば、第 1 面の測定時には反射倍率は - 1 倍に設定され、第 2 面の測定時にはそれが - 0 . 5 倍に設定される等である。

20

【 0 0 7 8 】

ここで、反射像のピント調整による観察倍率に誤差が生じることについて述べる。図 1 5 (a) に示す投光・結像レンズ 3 8 ' のように、図 8 に示された投光・結像レンズ 3 8 と比べて射出瞳位置がハーフプリズム 3 7 に近い位置にある場合、反射像の合焦位置は像面 7 3 で示される位置にくる。このため、被検レンズ 3 1 の曲率半径又は中心厚の誤差等により、観察光学系 4 0 の自動設定されたピント位置が例えば像面 7 4 にずれ反射像がぼけることが起こり得る。測定は、ピント調整を行った後像面 7 3 を観察して行うので、反射像の軌跡の径である図中の d と e では大きさが異なることは明確である。しかし、設定された観察倍率は像面 7 4 におけるデータで計算するので、測定データに誤差が生じる。

30

ところが、本実施例では、投光・結像レンズ 3 8 にテレセントリック光学系を用いているので、反射像の軌跡及び光束は図 1 5 (b) に示すようになる。即ち、明らかに像面 7 3 と像面 7 4 とで反射像の軌跡である d ' の径と e ' の径とが同じになり、ピント調節による誤差は生じない。

以上のように、本実施例の偏心測定装置では、垂直入射測定により第 1 面非球面の近軸球心の偏心量 δ_{cx1} , δ_{cy1} が求まる。又、第 2 面球面の球心の偏心量も求まる。

【 0 0 7 9 】

次に、第 1 面非球面の斜入射測定に入る。ここでは、斜入射測定での測定条件に従い、被検レンズへの光束の入射角度が 2 0 . 3 6 ° , 反射倍率が - 1 倍になるように前記点光源 3 6 と観察光学系 4 0 が移動する。更に、回転ミラー 3 9 が回転し、点光源 3 6 及び観察光学系 4 0 の位置が自動的に移動し、ズームレンズ 4 3 が最低倍率になる。この場合、図 1 6 に示すように、縦長の反射像 W_L が観測される。そして、垂直入射測定の場合と同様に、手動コントローラー 6 7 を操作することにより、レンズホルダーユニット 3 2 を回転させ、反射像が回転する軌跡がディスプレイ 6 2 上で十分大きくなるように、ズームレンズ 4 3 をズームングする。なお、この場合の必要となる測定データは、短い像 (図中の M 方向) が現れるときの反射像 W_L の位置及び回転角であるので、反射像 W_L の長い方向の像が回転中にモニター 6 2 の画面からはみ出して全てが観察されなくても良い。

40

【 0 0 8 0 】

50

更に、反射像の光量を調節し、ピントを合わせる。その後、パソコン 63 から測定開始の指令を送信し、回転角の違う 3 点以上の反射像画像をパソコン 63 に取込む。そして、回転角と反射像 W_L の M 方向の位置とを正弦関数でフィティングして、偏心率 L_{x1} と L_{x1}' とを求める。なお、図 16 中に示された点線は回転による反射像 W_L の重心位置の軌跡を描いたものである。

【0081】

この後、前述したような第 1 面での垂直入射測定で得られる δ_{cx1} , δ_{cy1} と斜入射測定で得られる L_{x1} と L_{x1}' のデータを(10)式を用いて、非球面軸の偏心率 (ε_{ASP-x1} , ε_{ASP-y1} , δ_{ASP-x1} , δ_{ASP-y1}) とを専用プログラムにより計算し求める。

$$\begin{pmatrix} \delta_{cy1}/\beta_c \\ \delta_{cx1}/\beta_c \\ \Delta L_{x1}/\beta_{Lx} \\ \Delta L_{x1}'/\beta_{Lx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R & 0 & 1 \\ 0 & VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & \cos \theta \\ -VL_T \cos(\phi - \theta) & 0 & -\cos \theta & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{ASP-y1} \\ \varepsilon_{ASP-x1} \\ \delta_{ASP-y1} \\ \delta_{ASP-x1} \end{pmatrix} \dots (10)$$

ここで、R は 8、 ϕ は 3.68° 、 θ は 20.6° 、 VL_T は 6.11 である。

【0082】

以上の測定が終了すると、レンズ面偏心率測定ユニット 29 は図 7 の左方向に待避した後、レンズ外周偏心率測定ユニット 30 が左方向に移動し、被検レンズ 31 の外周偏心率測定に入る。ここで、制御・演算ユニット 33 内のセクターを切り替え、被検レンズ 31 の外周にピントが合うように手でフォーカシングを行う。又、図 17 に示すように、被検レンズ 31 の外周が直線 N に対して対称となるようにマイクロメータ付きステージ 54 でレンズ外周偏心率測定ユニット 30 の位置調整を行う。

【0083】

図 17 は、そのときのモニター画面を示している。被検レンズ 31 を回転させたとき、レンズ外周の偏心率がある場合には、被検レンズ 31 の外周は外周部 S と外周部 T との間を図中の矢印の方向に振れるのでその振れ幅と振れ方向を測定する。振れ幅は、直線 N とレンズエッジとの交点を画像処理により自動的に検出し、3 点以上の回転角における角度とレンズエッジの位置とを測定し、それを正弦関数に最適化して求める。

【0084】

以上で、測定は終了する。実際に測定された量は、みなスピンドル回転軸を基準とした量であるので、所望の基準軸に対する偏心率は、専用プログラムにより求めることができる。例えば、第 1 面の近軸球心と第 2 面の球心とを結んだ軸を基準として、非球面軸の偏心率を求める等である。

【0085】

以上のように、本実施例の偏心率測定装置では、垂直入射測定による近軸曲率中心の偏心率と、被検レンズの非球面軸以外の 1 点における斜入射測定による子午方向ローカル曲率中心の偏心率との組み合わせにより、非球面軸の偏心率 (δ_{ASP-x1} , δ_{ASP-y1} , ε_{ASP-x1} , ε_{ASP-y1}) を求めたが、この他にも以下に示す (A) ~ (D) を組合わせた測定を行っても同様の結果が得られる。

【0086】

(A) 垂直入射測定による δ_{cx1} , δ_{cy1} と、斜入射測定による被検レンズ軸外のある 1 点における球欠方向ローカル曲率の偏心率 L_{sy1} を測定し、この結果から非球面の偏心率 (δ_{ASP-x1} , δ_{ASP-y1} , ε_{ASP-x1} , ε_{ASP-y1}) を求める。この場合、前記(11)式を用いる。又、このときの斜入射測定における測定条件は、例えば、 $\theta = 20.36^\circ$ とすると、 $\phi = 0.27^\circ$ 、 $VL_S = 7.16$ 、球欠方向ローカル曲率半径は 7.19 になる。

【0087】

(B) 第 1 面非球面での垂直入射測定を行わずに、斜入射測定により被検レンズ軸外のある 1 点において子午方向ローカル曲率と球欠方向ローカル曲率とを測定し、 L_{xt} , L_{xs} を求める。この場合、非球面の偏心率 (δ_{ASP-x1} , δ_{ASP-y1} , ε_{ASP-x1} , ε_{ASP-y1}) を

10

20

30

40

50

求めるには、前記(12)式を用いる。又、このときの斜入射測定における測定条件は、例えば、 $\theta = 20.36^\circ$ とすると、 $\varphi = 0.27^\circ$ 、 $VL_T = 6.12$ 、 $VL_S = 7.16$ 、子午方向ローカル曲率半径は6.06、球欠方向ローカル曲率半径は7.19になる。

【0088】

(C) 第1面非球面での垂直入射測定を行わずに、斜入射測定により被検レンズ軸外の子午方向ローカル曲率(又は、球欠方向ローカル曲率)の異なる2点の L_{XT1} 、 L_{XT2} を求める。この場合、非球面の偏心(δ_{ASP-x1} 、 δ_{ASP-y1} 、 ε_{ASP-x1} 、 ε_{ASP-y1})を求めるには前記(13)式を用いる。又、このときの斜入射測定における測定条件は、例えば、 $\theta_1 = 20.36^\circ$ 、 $\theta_2 = 7.32^\circ$ とすると、 $\varphi_1 = 0.27^\circ$ 、 $\varphi_2 = 3.68^\circ$ 、 $VL_{T1} = 6.12$ 、 $VL_{T2} = 7.57$ 、ローカル曲率半径は夫々6.06と7.57になる。

10

【0089】

(D) 垂直入射測定において、近軸曲率中心の偏心を測定するのではなく、入射光束が覆う第1面非球面部分における近似曲率中心の偏心を求める。この場合には、前記(14)式を用いる。又、近似曲率半径 R_{ap} は8.43である。なお、この近似曲率半径 R_{ap} を自動的に求める専用プログラムソフトは備えているものとする。

【0090】

第2実施例

図18は、本実施例にかかる偏心測定装置の全体構成を示す図である。第1実施例の装置と同一部材については、同符号を付してある。又、第1実施例の装置と異なるところは、以下の点である。

20

【0091】

▲1▼レンズ外周偏心測定ユニット30を省略し、被検レンズ31の外周偏心の測定にはレンズ面偏心測定ユニット29内の観察光学系40を用いている点。但し、被検レンズ31の外周偏心測定時にはリング照明ユニット75を手動で適切な位置に設定し被検レンズ31の外周部分が十分に明るくなるようにしている。

▲2▼レンズ面偏心測定ユニット29の投光・結像レンズ38をテレセントリックでなく射出瞳位置が有限のものを用いている点。前述したようなピント調節により生じる誤差に対しては、以下の(18)式に基づき、制御・演算ユニット33に取込まれたデータを専用プログラムにて補正することにより対処する。

30

$$e = P / (P - U) \times d \quad \dots (18)$$

但し、Pは観察光学系40の焦点位置と投光・結像レンズ38の射出瞳位置との距離、Uは観察光学系40の焦点位置と反射像の合焦位置との距離、dは観察光学系40の焦点位置における反射像の軌跡の径の大きさ、eは反射像の合焦位置における反射像の軌跡の径の大きさを示す。

【0092】

第3実施例

図19は、本実施例にかかる偏心測定装置の全体構成を示す図である。第1実施例の装置との相違点は、レンズ外周偏心測定ユニットを顕微鏡によるレンズ外周部画像の観察によるものでなく、レーザーを利用した距離計(レーザー外径測定機76, 77)を用いている点である。従って、被検レンズ31の外周偏心の測定データはレンズ外周偏心測定ユニット制御部65を経由してパソコン63に取込まれる。又、図20は、本実施例の偏心測定装置に備えられるレンズホルダーユニット32とレーザー外径測定機76, 77の概略構成を示す図である。

40

【0093】

図20において、ロッドレンズ78は、レンズホルダー79のレンズ保持部80によってレンズ外周部81が挟まれるかたちで保持固定されている。レンズホルダー79のスピンデル軸82に対するチルト及びシフトの調整は、チルト調整機構83、シフト調整機構84によって行われる。

チルト調整及びシフト調整後、レーザー外径測定機76, 77でレンズ外周部81の2箇

50

所においてレンズ外周振れを測定する。測定結果は、制御・演算ユニット内のパソコン 63 に送られ、スピンドル軸に対するレンズ外周軸のチルト・シフトを算出し、この結果からレンズ外周軸を基準としたレンズの偏心量が求められる。

【0094】

このようにすれば、レンズホルダー 79 自体のチルトやレンズ 78 をチャックしたときのチルトが存在しても、その補正が可能なため、レンズ外周軸を基準としたレンズの偏心量を求めることが可能となる。

なお、本実施例の偏心測定装置では、レーザー外径測定機 77 を省略し、レーザー外径測定機 76 をスピンドル軸に沿う方向へ移動させる機構を設けて、レンズ外周部 81 の 2 箇所においてレンズ外周の振れを測定するようにしても良い。

10

【0095】

第4実施例

本実施例の偏心測定装置は、ほぼ第3実施例のものと同一構成であるが、レンズホルダーユニット 32 に装備した外周偏心測定ユニットとしてのレーザー外径測定機が 1 つのみで、かつ、スピンドル軸方向に移動する機構等を設けない点異なる。

図 21 に本実施例の偏心測定装置に備えられるレンズホルダーユニット 32 とレーザー外径測定機 76 の概略構成を示す。

【0096】

図 21 において、ロッドレンズ 85 は、レンズホルダー 86 のレンズ保持部材 87 によってレンズ外周部 88 が挟み込まれるかたちで保持固定されている。又、レンズホルダー 86 のスピンドル軸 89 に対するチルト及びシフトの調整は、チルト調整機構 90 及びシフト調整機構 91 によって行われる。レンズの外周振れは、レーザー外径測定器 76 で測定される。ここでの測定結果は、制御・演算ユニット内のパソコン 63 へ送られることになる。

20

【0097】

以下、本実施例の偏心測定装置を用いた被検レンズの測定方法を説明する。

まず、第 1 実施例で説明した方法でチルト調整を行なう。次に、同様に第 1 実施例で説明した方法でシフト調整を行なう。このようなシフト調整を行なえば、ロッドレンズ 85 を装着したとき、ロッドレンズ 85 の下端（チャックされている部分）のスピンドル軸 89 に対するレンズ外周中心軸のシフトはほとんどゼロとなる。

30

【0098】

チルト調整及びシフト調整後、ロッドレンズ 85 をレンズホルダー 86 に装着し、レーザー外径測定機 76 でレンズ外周部 88 の振れを測定する。測定結果は、制御・測定ユニット内のパソコン 63 へ送信され、前記(16)式に基づきスピンドル軸 89 に対するレンズ外周軸のチルト・シフトが算出される。この結果からレンズ外周軸を基準としたレンズの偏心量を求めることができる。

【0099】

このような方法により、本実施例の偏心測定装置では、レンズホルダー 86 自体のチルトやレンズ 85 をチャックしたときのチャックチルトが存在しても、その補正が可能なため、レンズ外周軸を基準としたレンズの偏心量を求めることができる。

40

【0100】

以上説明したように、本発明の偏心測定装置は特許請求の範囲に記載の特徴と合わせ、以下の(1)～(5)に示すような特徴も備えている。

【0104】

(1) 非球面の少なくとも 2 つ以上の部分において、入射光束径の範囲内における非球面形状に最も近い球面の曲率中心の偏心を測定することによって、非球面軸の偏心を求めるようにしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の偏心測定装置。

【0105】

(2) 被検レンズに光束を入射させる手段と、該被検レンズを回転させる手段と、該被検レンズからの反射像を検出する手段と、該被検レンズを回転させることによって得られ

50

る反射像の軌跡から該被検レンズの偏心を求める手段と、該被検レンズ外周の振れを測定する手段と、該被検レンズの外周部を保持する保持部材とを備え、基準治具を用いた前記被検レンズ保持部材の芯出し調整及び1箇所以上における該被検レンズ外周部の振れの測定から該被検レンズ外周部のチルトを求めるようにしたことを特徴とする偏心測定装置。

【0106】

【発明の効果】

上述のように、本発明の偏心測定装置によれば、完全に非接触でかつ非球面加工と同時に非球面偏心測定用のマーキングなしで非球面軸の偏心を高精度に測定することができる。又、測定に際し、非点収差によって反射像が長くなっている方向の反射像重心座標を用いないので、ローカル曲率中心の偏心が高精度に求められ、その結果、非球面の偏心も高精度に求めることが可能である。

10

【0107】

更に、本発明の偏心測定装置によれば、近軸曲率半径が大きくかつ非球面量の変化量が大い非球面であっても、反射像に大きな球面収差が発生することなく、高精度に非球面軸の偏心を測定することができる。特に、ロッドレンズを測定する際に、レンズホルダー自体のチルトやレンズをチャックしたときのチャックチルトが存在しても、その影響を殆ど受けなため、レンズ外周軸を基準としたレンズの偏心量を容易に求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】非球面軸の偏心の測定方法を説明するための図である。

【図2】(a)、(b)は本発明の偏心測定装置の基本構成を示す図である。

20

【図3】被検レンズの反射像の方向とその光強度分布との関係を示すグラフである。

【図4】本発明の偏心測定装置による非球面軸の偏心の算出方法を説明するための図である。

【図5】(a)は基準位置にある被検レンズの測定結果を示すグラフである。(b)は(a)の状態から被検レンズを任意量だけ回転させたときの結果を示すグラフである。

【図6】(a)、(b)は一般に用いられるレンズホルダーの構成を示す図である。

【図7】第1実施例にかかる偏心測定装置の全体構成を示す図である。

【図8】第1実施例の偏心測定装置を構成するレンズ面偏心測定ユニット29の詳細構成を示す図である。

【図9】第1実施例の偏心測定装置に備えられているレンズホルダーユニット32の構成を示す図である。

30

【図10】(a)は被検レンズの一例として用いられるロッドレンズの構成を説明するための図である。(b)は(a)に示されたロッドレンズの第1面非球面の形状を示すグラフである。

【図11】(a)、(b)は第1実施例の偏心測定装置の効果を説明するための図である。

【図12】第1実施例の偏心測定装置を用いて微小で曲率の強いレンズの測定を行う場合に生じる障害を回避する方法を説明するための図である。

【図13】第1実施例の偏心測定装置を用いて測定を行った直後に表示されるモニター画像の様子を示す図である。

40

【図14】レンズホルダーユニット32のシフト調整方法を説明するための図である。

【図15】(a)、(b)は反射像のピント調整による観察倍率の誤差について説明するための図である。

【図16】被検レンズを回転させた後の被検レンズの反射像 W_L の重心位置の軌跡を示す図である。

【図17】レンズ外周偏心測定ユニット30の位置調整時に表示されるモニター62の画面の様子を示す図である。

【図18】第2実施例にかかる偏心測定装置の全体構成を示す図である。

【図19】第3実施例にかかる偏心測定装置の全体構成を示す図である。

【図20】第3実施例の偏心測定装置に備えられたレンズホルダーユニット32及びレー

50

ザー外径測定機 7 6 , 7 7 の概略構成を示す図である。

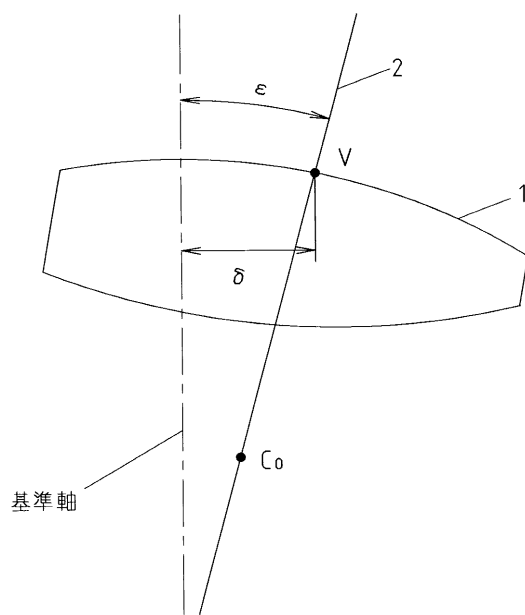
【図 2 1】第 4 実施例の偏心測定装置に備えられたレンズホルダーユニット 3 2 及びレーザー外径測定機 7 6 の概略構成を示す図である。

【符号の説明】

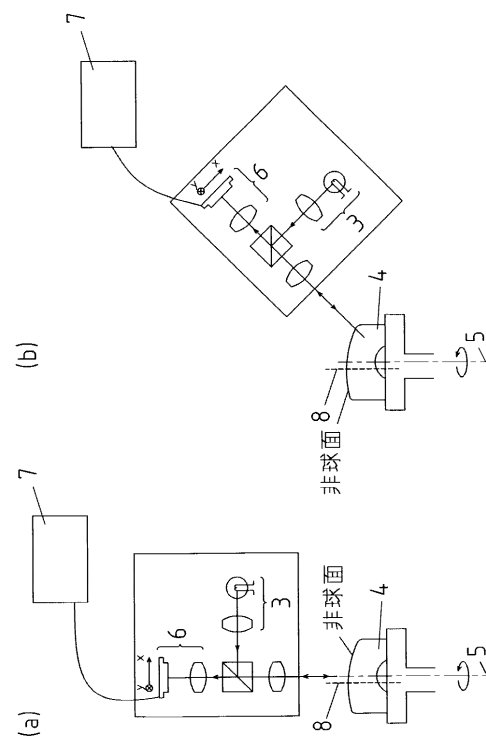
1	非球面レンズ	
2 , 8 , 1 4 , 1 6	非球面軸	
3	投光手段	
4 , 3 1	被検レンズ	
5 , 2 6 , 5 9	回転軸	
6	検出手段	10
7	演算手段	
9	反射像	
1 0 , 1 1	光強度分布	
1 2 , 1 7	反射像軌跡	
1 3	無偏心状態の非球面	
1 5	偏心状態の非球面	
1 8 , 2 0	斜入射反射像	
1 9 , 2 1	垂直入射反射像	
2 2 , 7 9 , 8 6	レンズホルダー	
2 3	レンズ	20
2 4 , 8 1 , 8 8	レンズ外周部	
2 5 , 5 7 , 8 0 , 8 7	保持部材	
2 7 , 6 1 , 8 3 , 9 0	チルト調整機構	
2 8 , 8 4 , 9 1	シフト調整機構	
2 9	レンズ面偏心測定ユニット	
3 0	レンズ外周偏心測定ユニット	
3 2	レンズホルダーユニット	
3 3	測定・演算ユニット	
3 4	光源	
3 5 , 4 1	顕微鏡対物レンズ	30
3 6	点光源	
3 7	ハーフプリズム	
3 8	投光・結像レンズ	
3 9	回転ミラー	
4 0	観察光学系	
4 2	三角プリズム	
4 3	ズームレンズ	
4 4 , 5 6	C C D カメラ	
4 5 , 4 6 , 4 8	ステッピングモーター	
4 7 , 4 9	ガイドレール	40
5 0 , 6 0	X Y ステージ	
5 1 , 5 5	ガイドステージ	
5 2	基盤	
5 4	ステージ	
5 8	回転手段	
6 2	モニター	
6 3	パソコン	
6 4	レンズ面偏心測定ユニット制御部	
6 5	レンズ外周偏心測定ユニット制御部	
6 6	スピンドル回転制御部	50

- 6 7 手動コントローラー
- 6 8 レンズ
- 6 9 第 1 面
- 7 0 第 2 面
- 7 1 ボールレンズ
- 7 2 ボールレンズ球心位置
- 7 3 , 7 4 像面
- 7 5 リング照明ユニット
- 7 6 , 7 7 レーザ外径測定機
- 7 8 , 8 5 ロッドレンズ
- 8 2 , 8 9 スピンドル軸

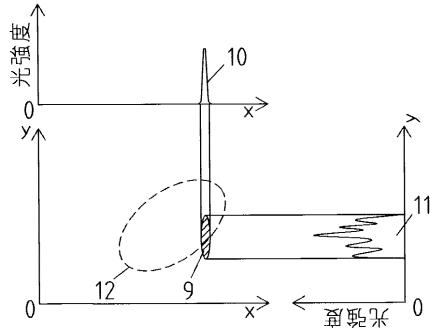
【図 1】



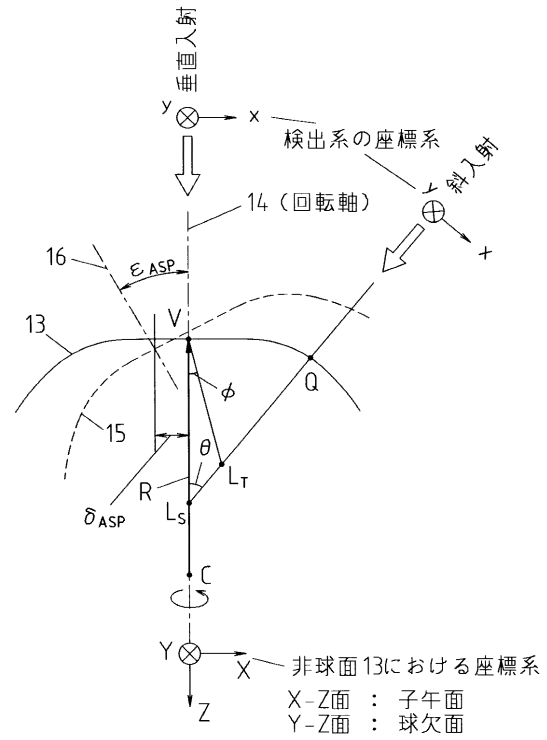
【図 2】



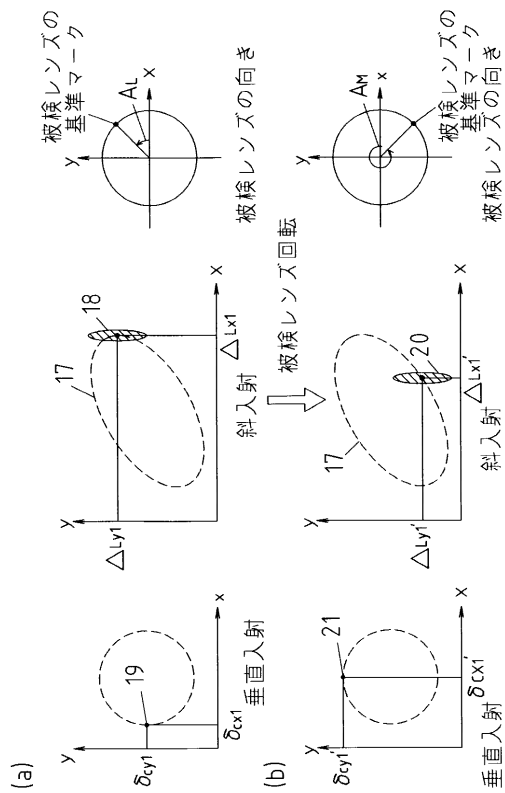
【図 3】



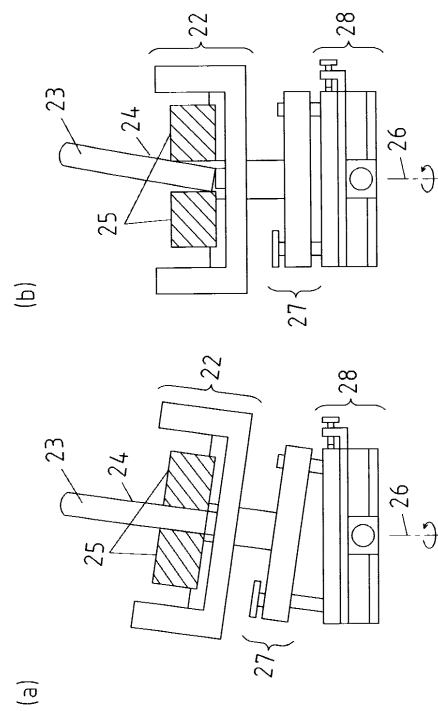
【図 4】



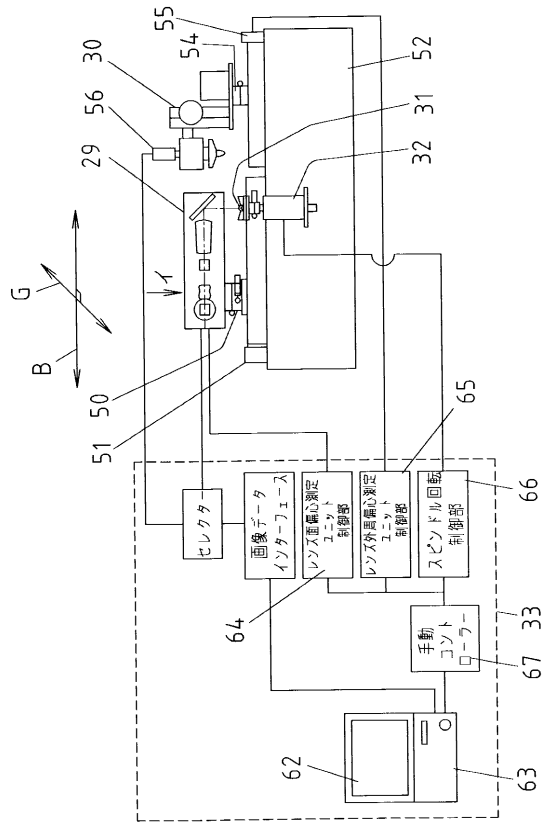
【図 5】



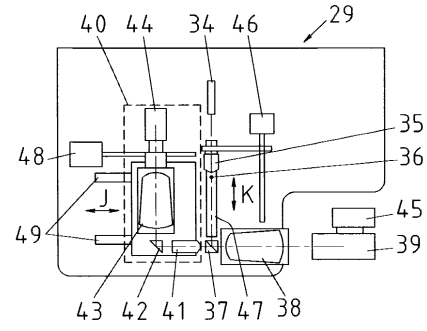
【図 6】



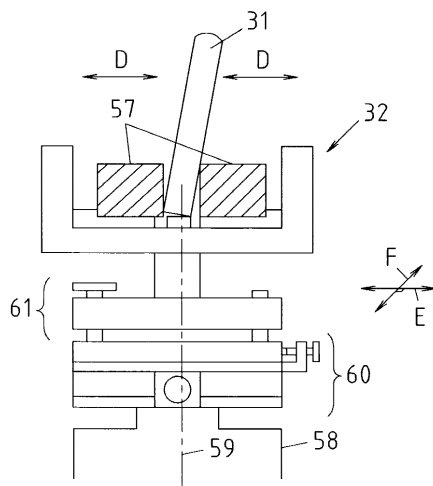
【図 7】



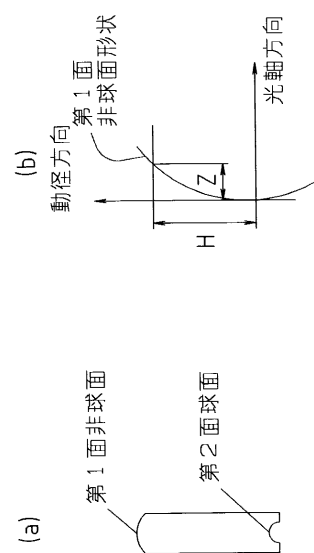
【図 8】



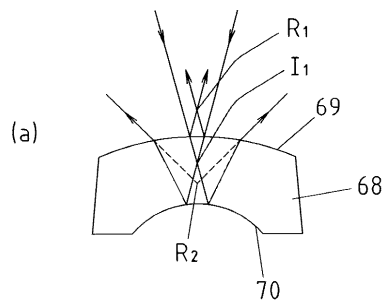
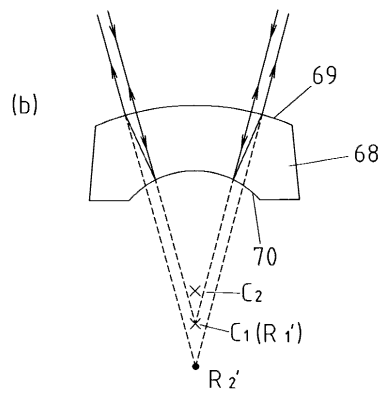
【図 9】



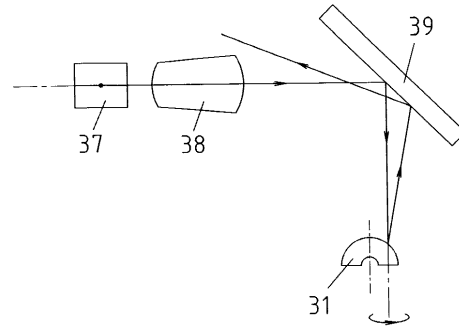
【図 10】



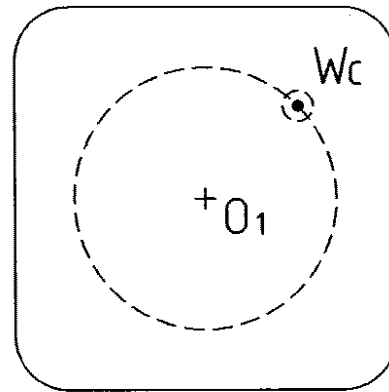
【図 1 1】



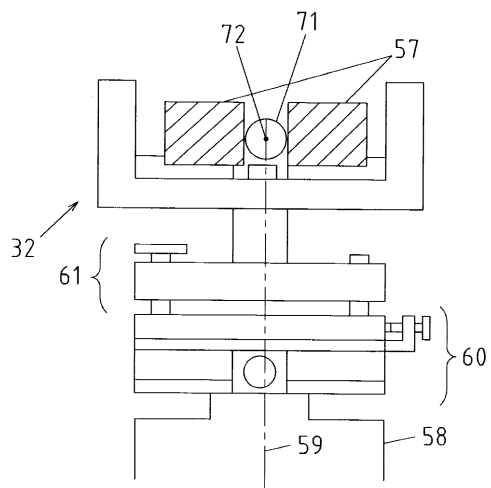
【図 1 2】



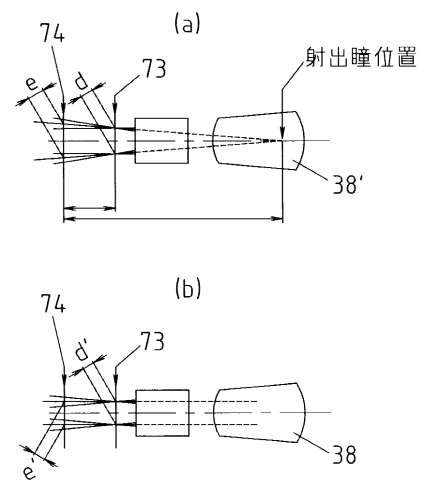
【図 1 3】



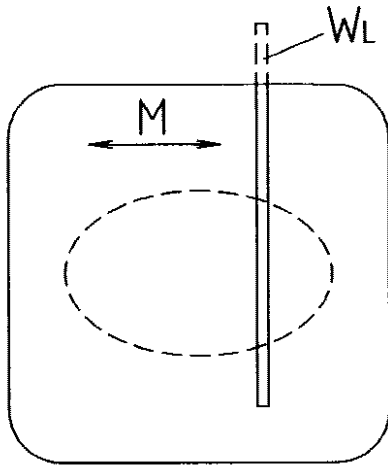
【図 1 4】



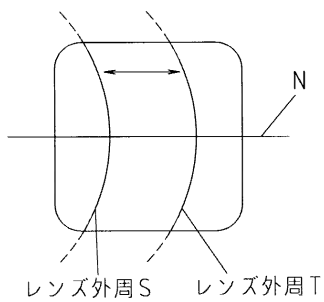
【図 1 5】



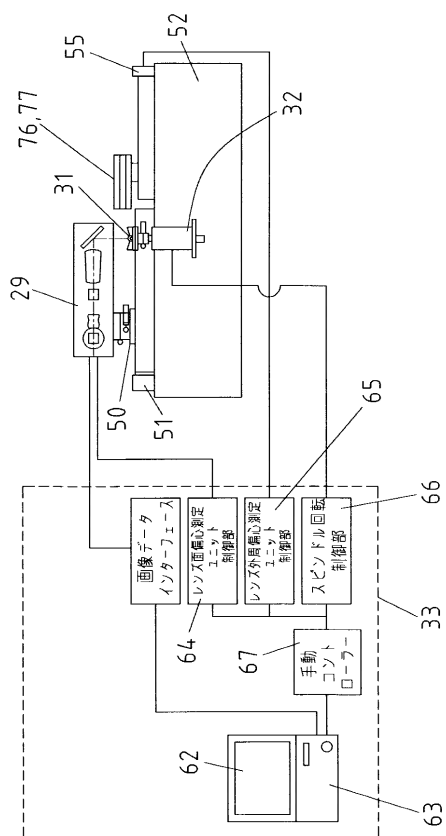
【図 16】



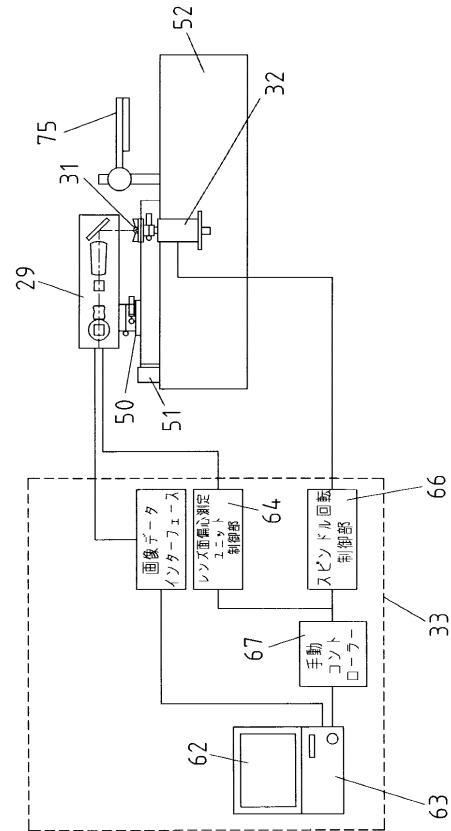
【図 17】



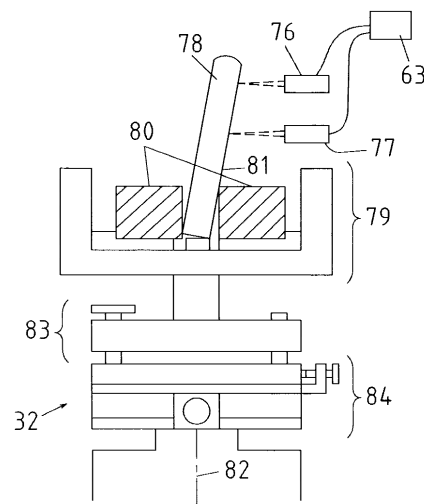
【図 19】



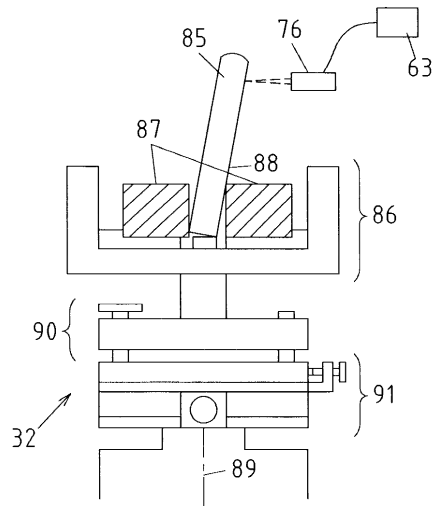
【図 18】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

- (72)発明者 米沢 友浩
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 小川 浩太
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 西岡 公彦
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

審査官 平田 佳規

- (56)参考文献 特開平 0 7 - 1 2 0 2 1 8 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 3 4 3 2 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01M 11/00- 11/02
G01J 1/00
G01B 11/00- 11/30
G02B 3/02- 3/06
A61B 1/00- 1/32