(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3597222号
(P3597222)
(45)発行日　平成16年12月2日(2004.12.2)　(24)登録日　平成16年9月17日(2004.9.17)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01B 11/00	G01B	11/00	D
B23Q 17/24	B23Q	17/24	Z
G01M 11/00	G01M	11/00	L

請求項の数 5　(全 26 頁)

(21)出願番号　特願平6-188544
(22)出願日　平成6年8月10日(1994.8.10)
(65)公開番号　特開平7-120218
(43)公開日　平成7年5月12日(1995.5.12)
審査請求日　平成13年5月23日(2001.5.23)
(31)優先権主張番号　特願平5-217681
(32)優先日　平成5年9月1日(1993.9.1)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

前置審査

(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４３番２号
(72)発明者　西岡　公彦
東京都渋谷区幡ヶ谷２の４３の２　オリンパス光学工業株式会社内
(72)発明者　小川　治男
東京都渋谷区幡ヶ谷２の４３の２　オリンパス光学工業株式会社内

審査官　山下　雅人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レンズ，反射鏡等の偏心測定法及びそれを利用した機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

回転対称軸を有する非球面をもつ光学素子、又は金型に対し、前記回転対称軸外の非球面周辺の少なくとも一つの部分に、実像を形成する光束を面に略垂直に入射させ、その反射光束が形成する反射像の、非球面が偏心していない状態を基準とした位置を求めることによって非球面の偏心量を評価することを特徴とする、レンズ、反射鏡、金型等の偏心測定法。

【請求項２】

請求項１に記載の偏心測定法を用いた偏心測定機、或いはレンズ芯取り機、レンズ接合機等のレンズ加工機。

【請求項３】

回転対称軸を有する非球面をもつ光学素子、又は金型に対し、前記回転対称軸外の非球面周辺の、前記回転対称軸からの距離が異なる二つ以上の部分に、実像を形成する光束をそれぞれの部分での面に略垂直に入射させ、その反射光束が形成する反射像の、非球面が偏心していない状態を基準とした位置を求めることによって非球面の偏心量を評価することを特徴とするレンズ、反射鏡、金型等の偏心測定法。

【請求項４】

回転対称軸を有する非球面をもつ光学素子、又は金型に対し、前記回転対称軸上の非球面部分と、前記回転対称軸外の非球面周辺の一つ以上の部分とに、実像を形成する光束をそれぞれの部分での面に略垂直に入射させ、その反射光束が形成する反射像の、非球面が

偏心していない状態を基準とした位置を求めることによって非球面の偏心量を評価することを特徴とするレンズ、反射鏡、金型等の偏心測定法。

【請求項５】

請求項１、３、４に記載の偏心測定法を用いた偏心測定機において、前記反射像の、非球面が偏心していない状態を基準とした位置を求めるために、被検物を回転させる機構と、前記反射像の軌跡を求める装置とを有する、レンズ、反射鏡、金型等の偏心測定機。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

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、或いはそれらのレンズ等のおおよその良し悪しを評価できる測定法、並びにそれらの測定法を用いた機械に関する。

【０００２】

【従来の技術】

従来のカメラ，顕微鏡，内視鏡等の光学機器では、装置に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低下する。そこで、このような障害を防止するために、のレンズの偏心測定が、装置の組み立て工程，レンズ加工工程において行われている。

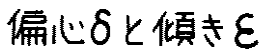
【０００３】

図２０は、従来の装置（特開昭５６－１６２０３１号公報に記載の装置等）の構成を示している。図中、１はピンホール、２は回転可能なレンズホルダー、３は投光レンズ、４は結像レンズ、５は光量を二分するハーフプリズム、６は接眼レンズ、７はプリズム、８は被検レンズである球面レンズ、９は球面レンズ８によるピンホール１の反射像である。従って、従来装置で球面レンズのレンズ偏心測定を行う場合には、ピンホール１の実像を球面レンズ８に入射し、その反射像９を拡大し観察する。そして、球面レンズ８をレンズホルダー２にのせて回転させたときに、球面レンズ８の上面の球心１０がレンズホルダー２の回転軸上に存在するならば、反射像９は振れることはないが、球面レンズ８が偏心している場合には、レンズホルダー２の回転に伴って反射像９が振れるため、その振れ量を測定することにより球面レンズ８の偏心を測定することができる。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の方法では、図１８（ａ）に示したような非球面レンズ１１のように、非球面の



との二つの偏心自由度を有するレンズについては、その偏心量



を測定することは不可能であった。

但し、図中、Ｖは非球面の無偏心時における面頂、ｌは回転軸、ｍは点Ｖにおける法線ベクトルである。

又、非球面レンズの偏心測定方法としては、図１８（ｂ）に示したような距離センサー１２を用いて、非球面レンズ１１を回転させたときのセンサーとレンズ光面との距離ｄの変化を測定し、偏心と傾きとに換算する方法が知られている。しかし、この方法を用いる装置は高価であり、又、当該装置のワーキングディスタンス（前記センサーとレンズ光面との距離ｄの最大値）は５ｍｍ～１５ｍｍ程度と小さく、作業がしにくい等の問題があった。

【０００５】

本発明は、上記のような従来技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、多様な形態を呈する非球面レンズでもその偏心及び傾きを測定することが可能でワーキングディスタンスも長く操作性に優れ、更に、装置の製造コストも低く、且つ、球面レンズの偏心測定も従来装置に比較してより便利に測定できるようにした測定法、また生産現場等でおおよその偏心の良否を判定する場合にも有用な測定法、並びにそれらの測定法を用いた機械を提供することである。

【０００６】

【課題を解決するための手段及び作用】

上記目的を達成するために、本発明の請求項１に係るレンズ，反射鏡，金型等の偏心測定法は、非球面、又は不均質媒質から成る光学素子、又は型に対し、光軸外の少なくとも一つの部分に光束を入射させ、反射光束の反射像の位置から非球面の偏心量を評価することを特徴としている。

また、本発明の請求項２に係る偏心測定機、或いはレンズ心取り機，レンズ接合機等のレンズ加工機は、請求項１に係る偏心測定法を用いている。

また、本発明の請求項３に係るレンズ，反射鏡，金型等の偏心測定法は、非球面の少なくとも二つの部分に光束を入射させ、反射光束の反射像の位置から非球面の偏心量を求めることを特徴としている。

また、本発明の請求項４に係るレンズ，反射鏡，金型等の偏心測定機は、非球面の光軸外の少なくとも一つの部分に光束を入射させ、被検物を回転させた場合の反射光束の反射像の軌跡から非球面の偏心量を求めることを特徴としている。また、本発明の請求項５に係るレンズ偏心測定機、或いはレンズ接合機等のレンズ加工機は、請求項２に係る偏心測定機、或いは加工機において、光軸外の反射像を測定する光学系を用いてレンズ外周の画像を撮影し解析することで、レンズ外周に対するレンズ面の偏心量を求めることを特徴としている。

また、本発明の請求項６に係るレンズ偏心測定機は、斜入射法で測定したローカル曲率中心の偏心から、非球面レンズの偏心誤差を評価することを特徴としている。

また、本発明の請求項７に係るレンズ偏心測定法は、非球面上の光軸外の少なくとも一つの部分に光束を入射させ、その反射光束の反射像の位置から非球面の偏心誤差を評価することを特徴としている。

【０００７】

以下、図１７に基づき、従来装置と同一の部材には同一の符号を付して本発明におけるレンズ偏心測定機の原理構成を説明する。図中、１０１は光源（可視半導体レーザー等）、２は回転可能なレンズホルダー、３は投光レンズ、４は結像レンズ、５はハーフプリズム、１１は被検レンズである非球面レンズ、１２は距離センサー、１０２はフォーカスレンズ、１０３はミラー、１０４はフォーカスレンズ１０２によって結像される実像、１０５は実像１０４を拡大する顕微鏡対物レンズ、１０６は１０倍ズームレンズ、１０７はＣＣＤカメラ、１０８はスーパーポーズボード、１０９はディスプレイ、１１０は光路中に挿入せしめるスライドミラー、１１１は手動又は電動の回転ミラー、１１２はＡＤ変換画像ボード（又は画像処理ボード）、１１３は後述する画像処理計算等を行うパソコン、１１４は測定結果を表示するカラーディスプレイ、１１５はプリンターである。

尚、ハーフプリズム５の代わりに光量を二分するハーフミラーを使用してもよいし、又、光源１０１の戻り光による影響を避ける目的で、偏光ビームスプリッターを使用することもできる。但し、偏光ビームスプリッターを使用する場合、結像レンズ４との間に１／４波長板を追加することが必要となる。

【０００８】

まず、被検レンズが球面レンズである場合における本測定機の動作を説明する。光源１０１からの射出光は順に投光レンズ３，ハーフプリズム５，結像レンズ４を通過し、球面レンズ８に実像を入射する。前記実像の球面レンズ８の表面での反射像は、順に結像レンズ４，ハーフプリズム５，フォーカスレンズ１０２を通過することにより実像１０４が結像され、更に、実像１０４は顕微鏡対物レンズ１０５で拡大され、１０倍ズームレンズ１０

６によりＣＣＤカメラ１０７上に結像される。ＣＣＤカメラ１０７から送出される電子画像信号はスーパーポーズボード１０８経由でディスプレイ１０９に送られ、これにリアルタイムの画像が表示される。ここで、球面レンズ８に偏心があれば、球面レンズ８を回転せさるとディスプレイ１０９に表示される光源像も動くので、レンズの偏心を発見できる。以上の測定手段を垂直入射法と呼ぶことにする。

【０００９】

次に、被検レンズが非球面レンズ１１である場合には、上記垂直入射法に従った偏心測定を行った後、スライドミラー１１０を非球面レンズ１１と結像レンズ４との間の光路に挿入し、更に回転ミラー１１１で光路を曲げて非球面レンズ１１の周辺部にレンズ面に対してほぼ垂直に光源光が入射するようにする（以下、この状態を斜入射の状態という）。更に、レンズホルダー２を回転させ、非球面レンズ１１を回転させたときに非球面レンズ１１の反射像がどの程度動くかを測定するために、前記非球面レンズ１１の反射像を、順に、回転ミラー１１１，スライドミラー１１０，結像レンズ４，ハーフプリズム５，フォーカスレンズ１０２，顕微鏡対物レンズ１０５，１０倍ズームレンズ１０６を経由する光路を通じて結像された像をＣＣＤカメラ１０７によって撮像する。以上を斜入射法と呼ぶことにする。

尚、垂直入射法でも斜入射法でも、レンズ面に略垂直に光束を入射させた方が反射光束を測定機の光学系で受光し易いが、反射光束の受光さえできれば、必ずしも垂直である必要はない。図６参照。

【００１０】

上記垂直入射法及び斜入射法により撮像された光源光の反射像は、ＡＤ画像ボード１１２及びパソコン１１３において画像処理が行われ、更に、パソコン１１３において非球面レンズの偏心及び傾きの計算がなされ、その結果をカラーディスプレイ１１４に表示することができる。

又、フォーカスレンズ１０２及び顕微鏡対物レンズ１０５はパルスモーター等の駆動により光軸方向に移動され得るように構成されているため、当該レンズに対して、光源輝点像の位置を変化させ最適な位置に結像でき、且つ、レンズ面による光源輝点の反射像に対してＣＣＤカメラ１０７のピント調整を行うことが可能である。

【００１１】

更に、結像レンズ４，フォーカスレンズ１０２，回転ミラー１１１夫々の位置及び角度はパソコン１１３によって制御される。又、結像レンズ４と非球面レンズ１１との間の距離調整は、レンズホルダー２の位置を光軸に対し上下方向に移動させて行ってもよく、又は、結像レンズ４或いはスライドミラー１１０の位置より上部に配設されている部材の上下移動によっても可能である。

回転ミラー１１１は非球面レンズ１１の周辺部においてレンズ面に対してほぼ垂直に光束を入射（或いは出射）させるために、回転可能に構成されている。又、同様の目的で、レンズホルダー２，非球面レンズ１１を除く本測定機の各構成部材の位置関係を図面上左右対称の方向に変えて構成してもよく、或いは、回転ミラー１１１のみを左右対称な位置に配設してもよい。

更に、距離センサー１２は従来より使用されているものであるが、これにより非球面レンズ１１の周辺部と距離センサー１２との距離を測定し、非球面レンズ１１を回転させたときに起きる前記距離の変化から非球面の偏心を求めることも可能であるし、又、上記垂直入射法及び斜入射法との併用も可能である。

【００１２】

次に、図１８（ａ）及び図１９に基づき、垂直入射法及び斜入射法により測定した非球面レンズ回転時の光源像の移動から前記偏心量、即ちレンズの偏心及び傾きを求める方法を述べる。図中、

Ｖ：非球面の無偏心時における面頂

ｌ：回転軸

ｍ：点Ｖにおける法線ベクトル（図１８（ａ）では－ｍを示してある）

Ｒ：非球面の無偏心時における近軸の曲率半径（図１９（ａ）ではＲ＞０）
L_T　：非球面の周辺部の一点Ｑにおける子午面内の接触円の中心（ローカル曲率の中心）
φ：∠ＣＶL_T　の大きさ（図１９（ａ）ではφ＞０）　θ：∠L_TＰＶの大きさ（図１９（ａ）ではθ＜０）
Ｐ：直線ＱL_T　とＶＣとの交点

δ：非球面の面頂Vにおけるレンズ回転軸1に対する偏心ベクトル

ε：非球面の傾きを表すベクトル

$\overline{VL_T}$：点VL_T間の距離（常に正）

とする。
但し、レンズホルダー２を回転させたとき、夫々垂直入射法で測定した球心Ｃの偏心を

$\tilde{\delta}_C$

斜入射法で測定したローカル曲率の中心L_T　の偏心を

$\tilde{\delta}_L$

とする。更に、添字ｘ，ｙは点Ｖ又は点Ｑでの接平面内における直交座標を表し、又

$\tilde{\delta}_C$

は点Ｖを原点とし、

$\tilde{\delta}_L$

は点Ｑを原点とする直交座標のｘ，ｙ成分を持つベクトルを表わすものとする。又、

δ 及び ε

は、図１８（ａ）に示した如く、レンズホルダー２の回転軸をＺ軸方向にとった場合の直交座標のＸ，Ｙ成分を表わすベクトルである。

【００１３】

ε

はその大きさが非球面の傾きをラジアンで表わされたものであり、その成分ε_X，ε_Yは図１８（ａ）の点Ｖにおける法線ベクトルｍのＸ，Ｙ平面内での方位角をＡとするとき

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_X &= |\varepsilon|\cos A\\ \varepsilon_Y &= |\varepsilon|\sin A\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (1)$$

で与えられ、又、このとき、以下に示す式が成立する（図１９（ａ）においてはＲ＞０となるようにＲの符号を定める）。

$$\widetilde{\delta_C} = R\varepsilon + \delta \qquad \cdots\cdots(2a)$$

$$\widetilde{\delta_L} = \begin{pmatrix} \overline{VL_T} & 0 \\ 0 & \overline{VL_T}\cos(\phi-\theta) \end{pmatrix}\varepsilon + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \cos\theta \end{pmatrix}\delta \qquad \cdots\cdots(2b)$$

即ち，

$$\begin{pmatrix} \widetilde{\delta_{Cx}} \\ \widetilde{\delta_{Cy}} \\ \widetilde{\delta_{Lx}} \\ \widetilde{\delta_{Ly}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & 0 & 1 & 0 \\ 0 & R & 0 & 1 \\ \overline{VL_T} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \overline{VL_T}\cos(\phi-\theta) & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y \\ \delta_X \\ \delta_Y \end{pmatrix} \qquad \cdots\cdots(3)$$

従って、式（３）の連立方程式を解くことにより、δ_X ，δ_Y ，ε_X ，ε_Y の値が夫々求められる。即ち、

δ 及び ε

を求めることができるのである。
尚、図１９（ａ）の線分QL_T 、即ちローカル曲率半径は、非球面の方程式を

$$Z = Z(S), \quad S = \sqrt{X^2+Y^2}$$

で表わすとき、

$$1/QL_T = \frac{d^2Z}{dS^2} \Big/ \left\{ 1 + \left(\frac{dZ}{dS} \right)^2 \right\}^{3/2}$$

で与えられる。
【００１４】
上述した方法では、レンズホルダーの回転軸１を回転させて

$\widetilde{\delta_C}$ 及び $\widetilde{\delta_L}$

を求めたが、無偏心時の輝点像の位置が予め判明している場合には、前記レンズホルダーを回転させなくても

$\widetilde{\delta_C}$ 及び $\widetilde{\delta_L}$

は求められるので、前記レンズホルダーを回転させる必要はない。
又、偏心の測定値としては、周辺の点Ｌを数カ所において測定してもよい。即ち、二つ以上のL_1 ，L_2 ，・・・と球心Ｃとの偏心測定値から、最小二乗法等を用いて

δ及びε

を求めても良く、或いは、球心Ｃの測定を止め、二つ以上のＬ$_1$　，Ｌ$_2$　，・・・の偏心から

δ及びε

を求めることも可能である。この様子を図１９（ｂ）に示した。

【００１５】

【実施例】

以下、図１乃至１６に基づき、図１７に示したものと同一の部材には同一の符号を付して、本発明の実施例を説明する。

図１は、本発明による第一実施例のレンズ偏心測定機の外観図である。図中、１２１は測定機本体、１２２はスライドミラー１１０が内蔵されていて測定機本体１２１に固定されている切換え部、１２３は切換えノブ、１２４ａは測定機本体１２１を支持し本体１２１を被検レンズである球面レンズ１１の光軸方向に移動するスライドステージ、１２４ｂはスライドノブ、２は非球面レンズ１１を搭載し回転せしめる回転ホルダー、１２５は測定機の制御基板や光源１０１の電源等が内蔵されているコントロールボックスである。又、ディスプレイ１０９，パソコン１１３及びカラーディスプレイ１１４は夫々前述の偏心等の計算のために設けられたものである。

【００１６】

尚、測定機本体１２１には、図１７に示した光源１０１，投光レンズ３，結像レンズ４，ハーフプリズム５，フォーカスレンズ１０２，顕微鏡対物レンズ１０５，１０倍ズームレンズ１０６及びＣＣＤカメラ１０７を備えたレンズ偏心測定ユニットが内蔵されている。又、結像レンズ４及びフォーカスレンズ１０２は、図示しないステッピングモータ等により駆動されるスライドステージ１２４ａによって光軸方向に移動可能な機構となっており、コントロールボックス１２５の指示により所望の位置に配置されるようになっている。更に、切換え部１２２においては、切換えノブ１２３によってスライドミラー１１０の切換えが可能であり、又、測定機本体１２１はスライドノブ１２４ｂを回転させることにより、スライドステージ１２４ａを介して光軸方向に移動可能に構成されている。又、パソコン１１３には、前述したスーパーポーズボード１０８，ＡＤ変換ボード１１０等が内蔵されている。

【００１７】

以下、作用について説明する。

まず、被検レンズである非球面レンズ１１に対し任意の作業領域を確保するため、スライドノブ１２４ｂによって測定機本体１２１を配置させ、垂直入射法により測定可能にすべくスライドミラー１１０を切換えノブ１２３により光路から外す。更に、非球面レンズ１１の曲率半径に合わせＣＣＤカメラ１０７において反射輝点像が観察できるように、コントロールボックス１２５の指示により結像レンズ４，フォーカスレンズ１０２を夫々所望の位置に配置させる。

この状態において、レンズホルダー２を回転させ、垂直入射法による測定を行う。このとき、ＣＣＤカメラ１０７により捕らえた反射輝点像はスーパーポーズボード１０８を介してディスプレイ１０９に表示され、観察することができる。又、ＡＤ変換画像ボード１１０によりレンズホルダー２の回転に伴う反射輝点像の重心位置の移動量が求められ、更に偏心量がパソコン１１３により計算され、その計算結果はカラーディスプレイ１１４に表示される。

【００１８】

次に、斜入射測定法を行うため、スライドノブ１２３をスライドさせてスライドミラー１１０を光路内に挿入し、非球面レンズ１１の周辺部のレンズ面にほぼ垂直に入射させ、非球面レンズ１１の周辺部の曲率半径に合わせ、ＣＣＤカメラ１０７において反射輝点像が観察可能なように、コントロールボックス１２５の指示により、結像レンズ４，フォーカスレンズ１０２を夫々所望の位置に配置させる。この状態で、レンズホルダー２を回転させ斜入射法により測定を行う。この後のディスプレイ１０９での観察及びレンズの偏心量の計算方法等は前述した通りである。
以上のように、垂直入射法及び斜入射測定法の測定結果から、パソコン１１９によって上記式（１）乃至（３）に基づいて計算され、非球面レンズ１１の偏心量が求められる。

【００１９】

図２は本発明による第二実施例であり、基本的な測定原理及び構成は第一実施例に示した装置と同様であるが、図２（ａ）においては、投光レンズ３，結像レンズ４及びハーフプリズム５を複数からなる一つのレンズ系１３１で構成したため、レンズ偏心測定ユニットの構成が単純化されている。又、１３２，１３３夫々は後述する理由のため設けられたシャッターである。二つのハーフプリズム５は常に光路中に配置されている。更に、光源１０１，レンズ系１３１を夫々移動させることにより光源１０１の輝点像の非球面レンズ１１に対する位置及びその反射像のＣＣＤカメラ１０７に対する合焦を行うことができる。又、非球面レンズ１１又はシャッター１３３の位置より上部に配置されている部材相互間の距離を調整しても、前記目的は達成される。

【００２０】

本実施例による装置は上記のように構成されているので、垂直入射時にはシャッター１３２が光路を遮り、又、斜入射測定時にはシャッター１３３が光路を遮ることにより、スライドミラー１１０を必要とせずにレンズの偏心測定が可能であり、上記ユニットの構成も単純化できる。

【００２１】

又、図２（ｂ）に示した装置は、ミラー１３４を設けたことにより、上記のレンズ系１３１を用いずとも第一実施例に示した測定機に比べて結像レンズ４及びスライドミラー１１０を省略できるため、更にシンプルに構成され得る。又、本装置においても、ハーフミラー５は常に光路中に配置され、投光レンズ３及びフォーカスレンズ１０２を夫々光軸方向に移動させることによって、光源１０１の輝点像の非球面レンズ１１に対する位置及びその反射像のＣＣＤカメラ１０７に対する合焦を行うことができる。又、非球面レンズ１１又はシャッター１３２の位置より上部に配置されている部材相互間の距離の調整によっても前記目的は達成される。
尚、図２（ａ），（ｂ）双方に記載の装置共に、斜入射法の際、非球面レンズ１１と偏心測定機との位置関係はそのどちらかを左右方向にずらしても偏心測定が可能である。

【００２２】

図３は本発明の第三実施例であり、（ａ）は装置の上面図，（ｂ）はＡＸ軸方向から見た装置の側面図である。本実施例の装置は、図のように、移動ステージ１４１上に光源１０１，ハーフプリズム５，第一実施例において示したものと同様のレンズ系１３１及び回転ミラー１１１が夫々光軸上直列に配置され、特に回転ミラー１１１はＡＸ軸を中心として回転し得るように構成されており、更に、ハーフミラー５，顕微鏡対物レンズ１０５，１０倍ズームレンズ１０６及びＣＣＤカメラ１０７は夫々上記光軸からハーフプリズム５によって曲げられたもう一方の光軸上に直列に配置されている。

【００２３】

従って、光源１０１からの射出光は、順にハーフプリズム５，レンズ系１３１及び回転ミラー１１１の光路を通って非球面レンズ１１に入射する。前記入射光は非球面レンズ１１により反射され、回転ミラー１１１，レンズ系１３１，ハーフミラー５，顕微鏡対物レンズ１０５及び１０倍ズームレンズ１０６の順で通過してＣＣＤカメラ１０７に結像する。
垂直入射法の場合は、光束は非球面レンズ１１のレンズ面に対して図中矢印Ｖの方向に入射され、一方、斜入射法の場合は、回転ミラー１１１が回転して光束は非球面レンズ１１

のレンズ面に対して図中矢印G_1　又はG_2　の方向に入射される（図３（ｂ）参照）。このとき、移動ステージ１４１は非球面レンズ１１のレンズ面に対して光束が適切な角度で入射され得るように、水平方向に移動する。又、非球面レンズ１１のレンズ面に対する光軸上の光束入射位置及び結像位置を最適なものとするために、顕微鏡対物レンズ１０５，１０倍ズームレンズ１０６及びＣＣＤカメラ１０７は夫々一体化されて光軸上を移動する。又、前記方法の代わりに、レンズ系１３１を移動させても同様の効果が得られる。

【００２４】

以上のように、本実施例による装置は第二実施例に示した装置と比較して、シャッター１３２，１３３を必要とせず、更に非常にシンプルな装置構成を備え、従って製造過程におけるコストを低く抑えることができるという利点を有する。ここで、各光学部品の設計数値の一例をあげれば、レンズ系１３１の焦点距離は９０ｍｍ，Ｆナンバーは２．０、顕微鏡対物レンズ１０５の倍率は１０倍又は２０倍又は４０倍、１０倍ズームレンズ１０６の焦点距離は１１～１１０ｍｍ，乃至２２～２２０ｍｍ、光源１０１の波長は６８５～６４０ｎｍ、ＣＣＤカメラ１０７のＣＣＤサイズは１／２乃至１／４インチである。

【００２５】

図４は、本発明による第四実施例を示している。本実施例では、第二実施例において示した偏心測定ユニットを二つ設けたことを特徴としている。即ち、図のように、ユニットＡを垂直に建てた状態で固定し、又，ユニットＢを斜めに傾けた状態に固定して二組の偏心測定ユニットを配設したことにより、回転ミラー１１１が不要となり、垂直入射法と斜入射法とを同時に行うことができるため測定に要する時間を短縮できる。測定データの処理方法は、第一実施例に示した方法と同様である。

このような本実施例は、レンズ心取り機に適用し、偏心量を監視しつつレンズの心取り加工を行うようにして好都合である。勿論、本発明の他の実施例もレンズ心取り機に適用することが可能であり、またすべての実施例は、その他にもレンズ接合機などに適用してレンズ加工を行えるようにすることが可能である。

尚、前記ユニットＡ及びＢ夫々の傾斜角度は任意に調整できるものとする。又、前記偏心測定ユニットのどちらか一方を垂直に立てた状態で固定し、非球面レンズ１１を水平に保持した状態と傾斜させた状態とで、各々測定を行えば、一組の偏心測定ユニットのみでも前記ユニット二組を使用したときと同様の効果が得られる。又、後述のように斜入射法による測定のみを行う場合には、ユニットＡを省けばよい。

【００２６】

図５に示したように、非球面周辺が光軸１５１に対してほぼ垂直になっている場合には、周辺部の偏心測定時に輝点像の入射光束は図中矢印Ｅのように光軸に対して平行になる。従って、斜入射の状態でも、入射光束は垂直入射法の場合と同様矢印Ｄと平行になるが、このような場合も含めて、本発明では、非球面周辺の偏心を測定する手法を斜入射法と呼ぶことにする。

【００２７】

図６は本発明の第五実施例を示している。本実施例は、図のように、光源１０１，結像レンズ４，フォーカスレンズ１０２及びＣＣＤカメラ１０７を夫々二組配置して、非球面レンズ１１のレンズ面に対して斜めに光束を入射することにより、非球面の中央部の球心Ｃと周辺部のローカル曲率の中心L_T　とを測定し、非球面の偏心を求める方法である。

このように、輝点像の入射光束が非球面での少なくとも二つの相異なる部分に当てられていれば、それらの解析を行うことで、非球面の偏心と傾きとを求めることが可能である。

【００２８】

図７は、ローカル曲率の二つの中心L_T　及びL_S　を夫々示した図である。これまでの説明では、子午面内の曲率中心L_T　のみを考えてきたため、ローカル曲率の中心は非球面上の一点Ｑを定めればただ一つ定まるとしてきた。しかしながら、サジタル方向のローカル曲率の中心L_S　をも考慮すれば、点Ｑにおける曲率中心は二つ存在するのである。よって、点光源の光束を入射させた場合の非球面による反射像は、L_T　では図７の紙面に対して垂直な方向に延びた楕円となり、L_S　では前記紙面に対して平行な方向に延び

た楕円となる。
以上より、偏心測定に当たっては、L_T ，L_S 或いはその中間点の偏心の何れを用いてもよく、そのとき用いた点の

$$諸量(\theta, \phi, \overline{VL})$$

を非球面方程式により計算すればよいことになる。又、L_S 及びL_T とL_S との中間点L_{TS}の偏心から

$$\delta 及び \varepsilon$$

を求めるためには、式（３）の

$$\overline{VL_T}$$

を，

$$\overline{VL_S} \quad 又は \quad \overline{VL_{TS}}$$

に置き換えた式から求めればよい。但し、このときθ，φ等もL_S ，L_{TS}に対応して置き換える。
【００２９】
即ち、サジタル方向のローカル曲率の半径は、図８を参照して、

Ls：サジタルローカル曲率の中心

V：非球面と交軸の交点

$\overline{LsQ}$：サジタル方向のローカル曲率の半径

としたとき、式（４）で与えられる。尚、図８，図９においてはθ＜０である。

$$\overline{LsQ} = -\frac{Y_Q}{\sin\theta} \qquad \cdots\cdots(4)$$

この場合、図９で分かるように、次に示す式（５ａ），式（５ｂ）が式（２ｄ），式（２ｂ）に代わって成り立つ。尚、L_S に関しては常にψ＝０となる。又、

$$\widetilde{\delta_S}$$

は、点Ｑを原点とする直交座標系ｘ，ｙ，ｚでのサジタルローカル曲率の偏心である。

$$\widetilde{\delta C} = R\varepsilon + \delta \qquad \cdots\cdot(5a)$$

$$\widetilde{\delta S} = \begin{pmatrix} \overline{VLS} & 0 \\ 0 & \overline{VLS}\cos(\phi-\theta) \end{pmatrix}\varepsilon + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \cos\theta \end{pmatrix}\delta \qquad \cdots\cdot(5b)$$

従って、式（５ａ），式（５ｂ）を連立させて解くことによって、

$\widetilde{\delta C}$ 及び $\widetilde{\delta S}$

から

δ 及び ε

を求めることができるのである。

【００３０】

更に、L_T と T_S との中間点 L_{TS} の偏心

$\widetilde{\delta TS}$

を用いて

δ 及び ε

を求めるには、上記式（５ａ）と次の式（６ａ）を連立させて解けばよい。その際用いる

$\overline{VL_{TS}}$

は、L_{TS} の位置を式（６ｂ）より求める。

$$\widetilde{\delta TS} = \begin{pmatrix} \overline{VL_{TS}} & 0 \\ 0 & \overline{VL_{TS}}\cos(\phi-\theta) \end{pmatrix}\varepsilon + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \cos\theta \end{pmatrix}\delta \qquad \cdots\cdot(6a)$$

$$\overline{QL_{TS}} = \frac{1}{2}\left(\overline{QL_T} + \overline{QL_S}\right) \qquad \cdots\cdot(6b)$$

このように、L_T と L_S の中間点の偏心測定の場合には、光の反射像は略円形となるので、測定機の焦点合せが行い易く、精度の良い測定が可能である。

【００３１】

上記のほか、垂直入射を行わず、L_T と L_S の偏心

$\widetilde{\delta L}$ 及び $\widetilde{\delta S}$

を測定し、式（２ｂ）と式（５ｂ）とから

δ 及び ε

を求めてもよい。要するに、偏心の独立測定量が二つあれば、それらの組合せから求めることが可能となる。従って、上記の組合せの他にも、

$\widetilde{\delta_C}, \widetilde{\delta_L}, \widetilde{\delta_S}, \widetilde{\delta_{TS}}$

のうちの適宜な二つを測定すれば、

δ 及び ε

を求めることが可能であり、又、異なるθについての

$\widetilde{\delta_C}, \widetilde{\delta_L}, \widetilde{\delta_S}, \widetilde{\delta_{TS}}$

の測定量を組み合わせるようにしても差し支えない。何れの場合にも、それらの組合せに応じて、式（２ａ），式（２ｂ），式（５ｂ），式（６ａ）のうちの二つを連立させて求めることになる。

【００３２】

レンズの生産現場などで高精度の偏心測定を必要としない場合などには、斜入射法の測定だけから合否を判定してよい場合がある。即ち、L_T ，L_S ，L_{TS} のうち少なくとも一つの偏心を測定し、

$\widetilde{\delta_L}, \widetilde{\delta_S}$ 又は $\widetilde{\delta_{TS}}$

が小さければ、そのレンズはおおよそ

δ 及び ε

も小さいと推定できるからである。

【００３３】

然しながら、高精度の偏心測定が要求される場合でも、一つの斜入射法による偏心測定から

δ 及び ε

を求めることが可能である。以下、その場合の一例を説明する。この例は、一つのθにおける L_T の偏心測定から

δ 及び ε

を求める場合についてであるが、L_S ，L_{TS} についても同様にして求めることが可能である。

【００３４】

測定時、被検レンズ１１は測定機の回転軸ｌの回りに回転するものとし、その時の L_T

の軌跡を観測することにする。
レンズの回転角速度をω，時間をｔ，及びε，δのｔ＝０における方位角を夫々ｅ，ｄとし、式（３）の３，４行目を時間変化を含む式で表わすと、次の式（７）となる。

$$\begin{pmatrix} \widetilde{\delta_{Lx}} \\ \widetilde{\delta_{Ly}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overline{VL_T} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \overline{VL_T}\cos(\phi-\theta) & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon\cos(\omega t+e) \\ \varepsilon\sin(\omega t+e) \\ \delta\cos(\omega t+d) \\ \delta\sin(\omega t+d) \end{pmatrix} \quad \cdots\cdots(7)$$

即ち，

$$\begin{pmatrix} \widetilde{\delta_{Lx}} \\ \widetilde{\delta_{Ly}} \end{pmatrix}$$

で表わされる点の軌跡を本発明の偏心測定機で観測するわけである。ここで、

$$\widetilde{\delta_{Lx}} \equiv x \ , \ \widetilde{\delta_{Ly}} \equiv y$$

と置換して、式（７）を展開すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} x &= \overline{VL_T}\varepsilon\cos(\omega t+e) + \delta\cos(\omega t+d) \\ &= \overline{VL_T}\varepsilon\cos e\cos\omega t - \overline{VL_T}\varepsilon\sin e\sin\omega t \\ &\qquad + \delta\cos d\cos\omega t - \delta\sin d\sin\omega t \\ &= (\overline{VL_T}\varepsilon\cos e + \delta\cos d)\cos\omega t \\ &\qquad - (\overline{VL_T}\varepsilon\sin e + \delta\sin d)\sin\omega t \\ &\equiv D\cos\omega t + E\sin\omega t \qquad \cdots\cdots(8) \end{aligned}$$

但し、ｃｏｓωｔの係数をＤ、ｓｉｎωｔの係数をＥと置いた。

$$y = \overline{VL_T}\cos(\phi-\theta)\,\varepsilon\sin(\omega t+e) + \cos\theta\,\sin(\omega t+d)$$
$$= \overline{VL_T}\cos(\phi-\theta)\,\varepsilon\cos e\sin\omega t + \overline{VL_T}\cos(\phi-\theta)\,\varepsilon\sin e\cos\omega t + \cos\theta\,\delta\cos d\sin\omega t + \cos\theta\,\delta\sin d\cos\omega t$$
$$= (\overline{VL_T}\cos(\phi-\theta)\cos e\,\varepsilon + \cos\theta\cos d\,\delta)\sin\omega t + (\overline{VL_T}\cos(\phi-\theta)\,\varepsilon\sin e + \cos\theta\sin d\,\delta)\cos\omega t$$
$$\equiv F\cos\omega t + G\sin\omega t \quad \cdots\cdots (9)$$

但し、ｓｉｎωｔの係数をＧ、ｃｏｓωｔの係数をＦと置いた。

【００３５】

次に、ｔを式（８）及び式（９）から消去し、ｘ，ｙの間の関係式を求めてみる。これがL_Tの軌跡にほかならない。

式（８）及び式（９）を、ｃｏｓωｔ，ｓｉｎωｔについて解くと、

$$\begin{pmatrix}\cos\omega t\\ \sin\omega t\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}D & E\\ F & G\end{pmatrix}^{-1}\begin{pmatrix}x\\ y\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\dfrac{\begin{vmatrix}x & E\\ y & G\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}D & E\\ F & G\end{vmatrix}}\\ \dfrac{\begin{vmatrix}D & x\\ F & y\end{vmatrix}}{\begin{vmatrix}D & E\\ F & G\end{vmatrix}}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\dfrac{Gx-Ey}{DG-EF}\\ \dfrac{Dy-Fx}{DG-EF}\end{pmatrix} \quad \cdots\cdots (10)$$

$\cos^2\omega t+\sin^2\omega t=1$であるから、$\Delta\equiv DG-EF$と置けば、

$$1 = \frac{(Gx-Ey)^2}{\Delta^2} + \frac{(Dy-Fx)^2}{\Delta^2} \quad \cdots\cdots (11)$$

を得る。この式（１１）を展開すると、次のようになる。

$$1 = \frac{G^2+F^2}{\Delta^2}x^2 - 2\frac{EG+DF}{\Delta^2}xy + \frac{E^2+D^2}{\Delta^2}y^2$$
$$\equiv Kx^2+2Lxy+My^2 \quad \cdots\cdots (12)$$

但し、x^2，ｘｙ，y^2の係数を夫々Ｋ，２Ｌ，Ｍと置いた。

この式（１２）は、正しく楕円の方程式である。即ち、L_Tの軌跡は図１０に示すよう

な楕円となる。

【００３６】

図１０に示すように、楕円の長半径ａ，短半径ｂ，長軸の傾斜角γは本実施例の測定機で測定可能な量であるから、これらのａ，ｂ，γを上記のＫ，Ｌ，Ｍで表わしてみる。

式（１２）を行列を用いて表わすと、次のようになる。

$$1=(x,y)\begin{pmatrix}K & L\\ L & M\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\ y\end{pmatrix} \qquad \cdots\cdots (13)$$

行列Ｕの固有値をα_1，α_2とする。

$$U\equiv\begin{pmatrix}K & L\\ L & M\end{pmatrix}$$

α_1，α_2は、次のαについての方程式（１４）の２根である。

$$\begin{vmatrix}K-\alpha & L\\ L & M-\alpha\end{vmatrix}=0 \qquad \cdots\cdots (14)$$

$$\alpha_1=\frac{M+K+\sqrt{(M-K)^2+4L^2}}{2} \qquad \cdots\cdots (15)$$

$$\alpha_2=\frac{M+K-\sqrt{(M-K)^2+4L^2}}{2} \qquad \cdots\cdots (16)$$

Ｕは、実数の対称行列であるから、２行２列の直交行列Ｐを用いて、$P^{-1}UP$が対角行列となるようにすることができる。そして、この時、楕円の

$$\text{長半径は}\ \frac{1}{\sqrt{\alpha_1}}\ ,\ \text{短半径は}\ \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}}$$

で与えられる。

$$P\equiv(P_1,P_2)\equiv\begin{pmatrix}P_{11} & P_{12}\\ P_{21} & P_{22}\end{pmatrix}$$

と置けば、

P_1 及び P_2

は、夫々固有値 α_1 ，α_2 の規格化された固有ベクトルである。
規格化されていない α_1 ，α_2 の固有ベクトルとして夫々、

$$P_1' = \begin{pmatrix} -\dfrac{M-\alpha_1}{L} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad P_2' = \begin{pmatrix} -\dfrac{M-\alpha_2}{L} \\ 1 \end{pmatrix} \qquad \cdots\cdots (17)$$

をとる。次に、これを規格化して、下記のように式（１８）を得る。

$$P \equiv (P_1, P_2) \equiv \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \dfrac{-\frac{1}{2L}(M-K-\sqrt{(M-K)^2+4L^2})}{\sqrt{1+\frac{1}{4L^2}(M-K-\sqrt{(M-K)^2+4L^2})^2}} & \dfrac{-\frac{1}{2L}(M-K+\sqrt{(M-K)^2+4L^2})}{\sqrt{1+\frac{1}{4L^2}(M-K+\sqrt{(M-K)^2+4L^2})^2}} \\ \dfrac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{4L^2}(M-K-\sqrt{(M-K)^2+4L^2})^2}} & \dfrac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{4L^2}(M-K+\sqrt{(M-K)^2+4L^2})^2}} \end{pmatrix}$$

$$\cdots\cdots (18)$$

従って，

$$a = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{M+K-\sqrt{(M-K)^2+4L^2}}{2}}} \qquad \cdots\cdots (19)$$

$$b = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{M+K+\sqrt{(M-K)^2+4L^2}}{2}}} \qquad \cdots\cdots (20)$$

$$\left.\begin{aligned} \cos\gamma &= P_{11} \\ \sin\gamma &= P_{21} \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots (21)$$

$$\tan\gamma = -\frac{2L}{M-K-\sqrt{(M-K)^2+4L^2}} \qquad \cdots\cdots (22)$$

を得る。

【００３７】
このようにして、L_T の軌跡から、ａ，ｂ，γを求め、且つ特定の時刻t_0 における（ｘ，ｙ）の値（x_0 ，y_0 ）を測定することによって、式（８），式（９）から
$x_0 = D\cos\omega t_0 + E\sin\omega t_0$ ・・・・（２３）
$y_0 = F\cos\omega t_0 + G\sin\omega t_0$ ・・・・（２４）
を得、式（１９）、式（２０）、式（２１）、及び式（２３）又は（２４）を連立させて解くことにより四つの未知数ε，δ，ｄ，ｅを求めることができる。即ち、偏心量

δ及びε

を求めることができるのである。
尚、四つの未知数に対して方程式は（１９），（２０），（２１），（２３），（２４）の五つがあるから、これらのうち四つを選んで解いてもよい。又、最小二乗法を用いて五つの式を極力満たすε，δ，ｄ，ｅを求めるようにすれば精度の高い測定ができる。
このようにして、一つの斜入射測定からでも、偏心量を求めることができるが、これはL_T の軌跡からのみならず、L_S 及びL_{TS} の各軌跡からも同様にして求めることができ。
【００３８】
上述のような一つの斜入射測定から非球面レンズの偏心量

δ及びε

を求める方法は、前述の垂直入射法と斜入射法の二つの測定法から求める方法に比べて測定回数が半分で良いこと、又、一つの測定からの解析で求めるので、測定誤差が解析結果に及ぼす影響が比較的単純な形で表われ、誤差の補正がし易いこと、などの利点がある。
又、本発明における上述の方法は、偏心測定機に適用されるだけではなく、レンズ加工機にも適用できる。即ち、上記のような斜入射測定の可能な偏心測定機をレンズ心取り機に取付け、その輝点反射像の軌跡が許容される円内に入るようにレンズの偏心調整を行ったあと心取り加工を行うようにすれば、偏心の小さい非球面レンズを製作することができる。又、２枚以上のレンズを接合させる場合でも、上記のような斜入射の偏心測定を行いレンズの心出しを行って接合するようにすれば、偏心の小さい非球面接合レンズが得られる。
更に、上記においては非球面の偏心を求めたが、同様に斜入射測定のみによって球面の偏心を求めることが可能であるし、また何枚かの球面，非球面を組み合わせた組合せレンズの各々の偏心をも求めることが可能である。
【００３９】
更に、本発明は、図１１に示したようにレンズの第二面１６２が非球面である場合にも適用することができる。その場合には、第一面１６１の偏心によって生じる見かけの球心Ｃ及びローカル曲率の中心Ｌを除去してから非球面の偏心を求めればよい。両面が非球面の場合でも同様に測定すれば各面の偏心量を求めることができる。
【００４０】
図１２は、本発明による第六実施例であり、底面が鏡状を呈しているレンズホルダー１７１に非球面レンズ１１を搭載して偏心を測定している状態が示されている。本実施例において使用される偏心測定ユニット及び偏心測定方法は、上記各実施例に示したものと同様である。
【００４１】
図１１及び図１２に示した測定方法は、被検レンズが不均質媒質レンズ（例えば商品名「セルフォック」日本板硝子社製）の場合に用いると、媒質の偏心をも含めたレンズの偏心の影響が総合的に測定できるので有効である。この場合、二つの面が球面であるならば、

垂直入射と一つ以上の斜入射との組合せにより三つ以上の測定を行えば、両面の偏心と共に媒質の偏心量をも求めることができる。何れか一方の面が非球面であるならば、条件を変えた測定を更に付け加えるようにすればよい。図１３に示す如く、不均質媒質レンズ１１－２の偏心は、二つの面の傾きε_1，ε_2と媒質の偏心量δ_M，ε_Mの四つのベクトル量で決まる。但し、レンズの両面が球面の場合を想定している。従って、偏心自由度がベクトル量で四つあるので、測定も、垂直入射を二つに斜入射を一つ、或いは垂直入射を一つに斜入斜を二つ、若しくは垂直入射を三つ行う必要がある。軸対称不均質媒質の偏心自由度は、これまでの実施例における非球面の場合と同じであり、二つのベクトル量δ_M，ε_Mで決まることに留意する必要がある。

尚、図１１，図１２に示した例の場合、非球面の偏心及び傾きを求める計算式は上記式（３）とは異なるが、非球面の相異なる二つ以上の部分に入射する光束の反射光束から、上記各実施例に示した方法と同様に前記偏心及び傾きを求めることができる。

【００４２】

図１４は、本発明の第七実施例を示した図であり、アナモフィックレンズ（ラグビーボールの如き表面を有する回転非対称レンズの一種）１８１に本発明による測定方法を応用した例を示している。

レンズ設計上は、図中の点Ｖにおける二つの主曲率C_X，C_Yが点Ｖにおける直交座標のＺ軸上にあるものとし、又、Ｘ－Ｙ平面は点Ｖにおける接平面であり、前記二つの主曲率C_X，C_Yの方向はＸ－Ｙ平面であるとする。

実際に加工されたレンズでは必ずしも前記C_X，C_YはＺ軸上にあるとは限らない。このとき、アナモフィックレンズ１８１をレンズホルダー２に搭載して回転させた場合、垂直入射光束Ｄ及び斜入射光束Ｅの反射像のＣＣＤカメラ１０７上での位置は、図１５（ａ），（ｂ）に夫々示した点線のように変化する。但し、図１５（ａ）は光束Ｄの反射像を、（ｂ）は光束Ｅの反射像を夫々示した図である。

一方、前記C_X，C_YがほぼＺ軸上に存在するときは、それら反射像のＣＣＤカメラ１０７上での軌跡は図１５（ａ），（ｂ）に夫々示した実線のようになるため、これら二つの軌跡を解析することにより、アナモフィックレンズ１８１の偏心を（方位を含めて）求めることが可能である。

【００４３】

図１６は本発明の第八実施例の説明図であり、二枚接合の球面レンズ１９１の例を示し、（ａ）は従来方法、（ｂ）は本発明を適用した方法を夫々示した図である。

光束を垂直入射で入射させて球面レンズの偏心を測定する場合、従来は、レンズ第一面１９２の球心に向けて光束を入射させる方法がよく行われていた。しかし、図１６（ａ）に示したように、レンズ第一面１９２の球心C_1と第三面１９３の球心C_2とが接近している状態では、前記二つの面における反射像がＣＣＤカメラ１０７上で同時に結像してしまい、どちらのレンズ面での偏心を測定しているのかが分からなくなるという問題があった。

【００４４】

しかしながら、上記のような場合でも本発明による装置を用いれば、装置の偏心測定ユニット内の投光レンズ３，結像レンズ４及びフォーカスレンズ１０２相互間の位置関係を調整することによって、図１６（ｂ）に示したように、レンズの第一面１９２と第三面１９３との間に結像する光束を入射させ、その反射像の結像位置I_1，I_2相互間に距離差を設けることができ、従って、前記二つの反射像のうちの一方の反射像のみをぼけて見えなくなるようにすることができる。

このように、本発明の装置を使用すれば、各レンズ面での反射像の倍率を等倍からずらすことによって、各レンズ面の反射像を区別することができる。

【００４５】

尚、レンズ外周のレンズ光軸に対する偏心の測定には、前記レンズ外周に本測定機の結像レンズ４（又はレンズ系１３１）のピントを合わせ、画像処理により外周を検出し、その中心を求め光軸からのズレを計算すればよい。これらの処理はＡＤ変換画像ボード１１０

，パソコン１１３等によって行われ得る。勿論、画像処理の代わりに、テレビ画像の外周をマウス等をクリックすることで指定し、外周の偏心を求めるようにしてもよい。

【００４６】

【発明の効果】

上述のように、本発明による偏心測定法及びそれを利用した機械は、球面及び非球面レンズのみならず、非球面の反射鏡，モールドで作られるレンズの金型等の偏心測定を可能とし、更に、装置のワーキングディスタンスが長く、製造コストも低く抑えられるという優れた利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明によるレンズ偏心測定機における第一実施例の装置外観図である。

【図２】本発明のレンズ偏心測定機における第二実施例を示した図であり、（ａ）は偏心測定ユニットの構成に光学系１３１を適用した例を示した図、（ｂ）はミラー１３４を偏心測定ユニット内に設けた例を示した図である。

【図３】本発明の第三実施例を示した図であり、（ａ）は装置の上面図，（ｂ）はＡＸ軸方向から見た装置の側面図である。

【図４】本発明の第四実施例を示した図である。

【図５】非球面周辺が光軸に対してほぼ垂直になっているレンズにおける周辺部の偏心測定時での輝点像の入射光束の方向の説明図である。

【図６】本発明の第五実施例を示した図である。

【図７】ローカル曲率の二つの中心L_T　及びL_S　についての説明図である。

【図８】サジタルローカル曲率の中心L_S　についての説明図である。

【図９】サジタルローカル曲率の中心L_S　の偏心を用いて非球面レンズの偏心及び傾きを測定する方法の説明図である。

【図１０】一つの斜入射法だけで偏心測定を行う場合におけるローカル曲率中心L_T　の軌跡を示す説明図である。

【図１１】本発明による装置をレンズの第二面が非球面であるレンズに適用した状態を示した図である。

【図１２】本発明の第六実施例を示した図である。

【図１３】不均質媒質レンズの偏心測定に関係する四つのベクトルの説明図である。

【図１４】本発明の第七実施例を示した図である。

【図１５】第七実施例における垂直入射光束Ｄ及び斜入射光束Ｅの反射像をＣＣＤカメラ１０７上で捉えた図であり、（ａ）は光束Ｄの反射像、（ｂ）は光束Ｅの反射像を示した図である。

【図１６】二枚接合の球面レンズにおける偏心測定の方法の説明図であり、（ａ）は従来方法を、（ｂ）は本発明を適用した方法を示した図である。

【図１７】本発明によるレンズ偏心測定機の原理構成図である。

【図１８】（ａ）は非球面レンズにおける非球面の傾き及び偏心の説明図、（ｂ）は距離センサーを用いた従来の非球面レンズの偏心測定方法の説明図である。

【図１９】（ａ）は垂直入射法及び斜入射法による非球面レンズの偏心及び傾きの測定方法の説明図、（ｂ）は二つ以上のローカル曲率の中心L_1　，L_2　，・・・と球心Ｃとの偏心測定値からレンズの偏心及び傾きを求める方法の説明図である。

【図２０】従来のレンズ偏心測定機の装置構成図である。

【符号の説明】

1　　ピンホール
2　　レンズホルダー
3　　投光レンズ
4　　結像レンズ
5　　ハーフプリズム
6　　接眼レンズ
7　　プリズム

８　球面レンズ（被検レンズ）
９　反射像
１０　球心
１１　非球面レンズ（被検レンズ）
１２　距離センサー
１０１　光源（可視半導体レーザー等）
１０２　フォーカスレンズ
１０３　ミラー
１０４　実像
１０５　顕微鏡対物レンズ
１０６　１０倍ズームレンズ
１０７　ＣＣＤカメラ
１０８　スーパーポーズボード
１０９　ディスプレイ
１１０　スライドミラー
１１１　回転ミラー
１１２　ＡＤ変換ボード
１１３　パソコン
１１４　カラーディスプレイ
１１５　プリンター
１２１　測定機本体
１２２　切換え部
１２３　切換えノブ
１２４ａ　スライドステージ
１２４ｂ　スライドノブ
１２５　コントロールボックス
１３１　レンズ系
１３２，１３３　シャッター
１３４　ミラー
１４１　移動ステージ
１５１　光軸
１６１　レンズの第一面
１６２　レンズの第二面
１７１　底面が鏡状を呈しているレンズホルダー
１８１　アナモフィックレンズ
１９１　二枚結合の球面レンズ
１９２　レンズの第一面
１９３　レンズの第二面
Ｖ　非球面の無偏心時の面頂
Ｃ，C_1，C_2　球心
C_x，C_y　主曲率
Ｄ，Ｅ　光束
L_T，L_S，L_{TS}　ローカル曲率の中心
Ｐ　直線ＱＬとＶＣとの交点
Ｑ　非球面の周辺部の一点
Ｒ　非球面の無偏心時における近軸曲率半径
ｄ　距離
ｌ　回転の中心（回転軸）
ｍ　法線ベクトル
φ　∠ＣＶＬ$_T$　又は∠ＣＶＬ$_S$　若しくは∠ＣＶＬ$_{TS}$の大きさ

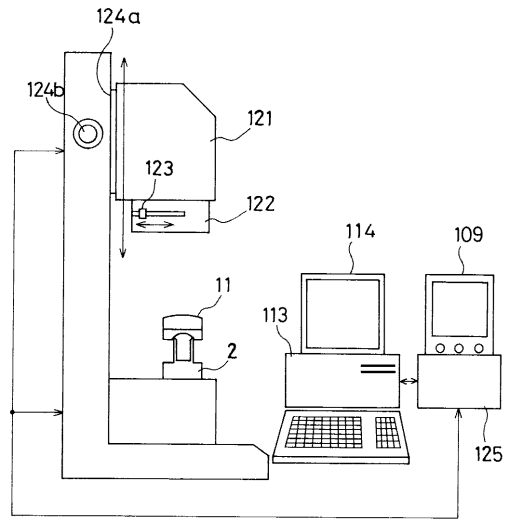
θ ∠L_T PV又は∠L_S PV若しくは∠L_T $_S$ PVの大きさ

δ：非球面の面頂Vにおけるレンズ回転軸1に対する偏心ベクトル

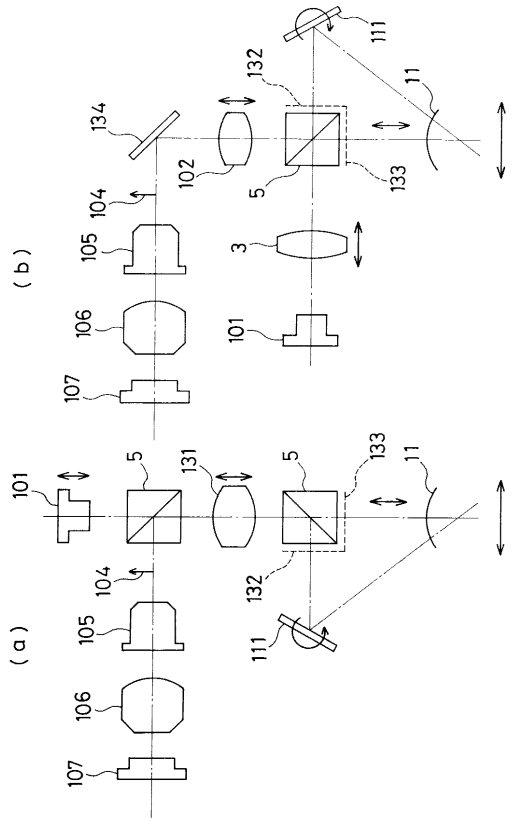
ε：非球面の傾きを表すベクトル

$\overline{VL_T}$：点VL_T間の距離

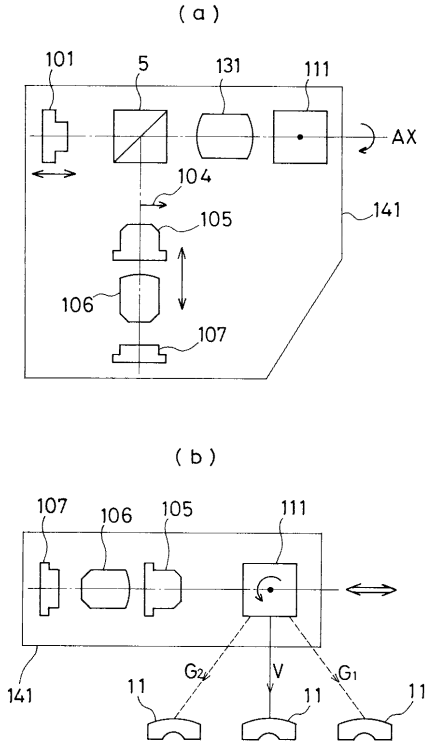
【図１】



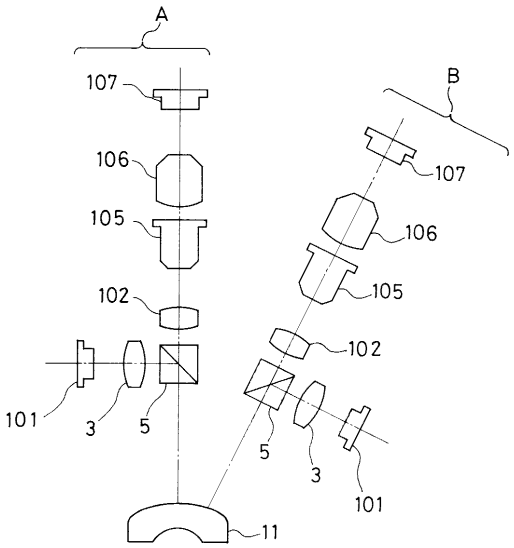
【図２】



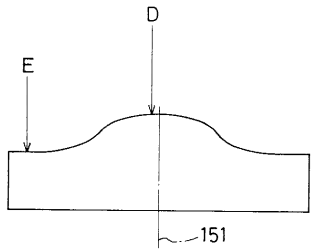
【図３】


(a)
101
5
131
111
AX
104
105
141
106
107
(b)
107
106
105
111
141
11
G2
V
G1
11
11

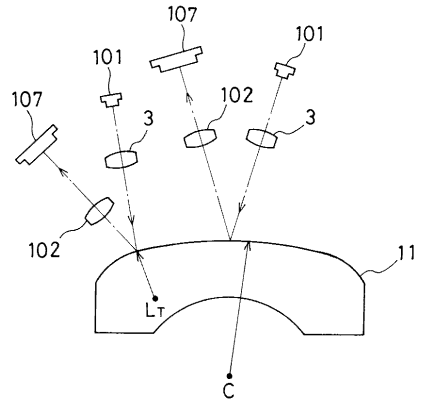
【図４】


A
B
107
106
105
102
101
3
5
107
106
105
102
5
3
101
11

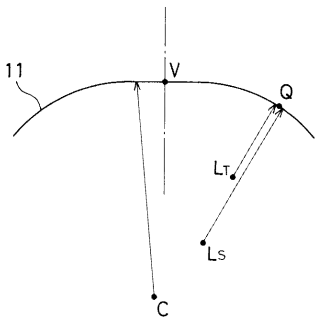
【図５】


D
E
151

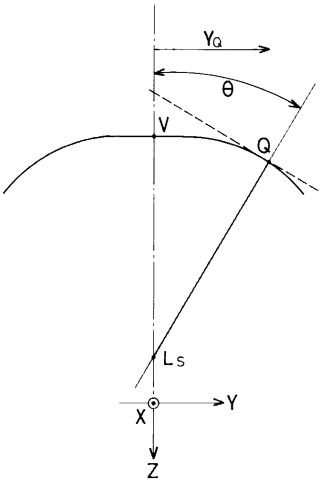
【図６】


107
101
101
107
102
3
3
102
11
LT
C

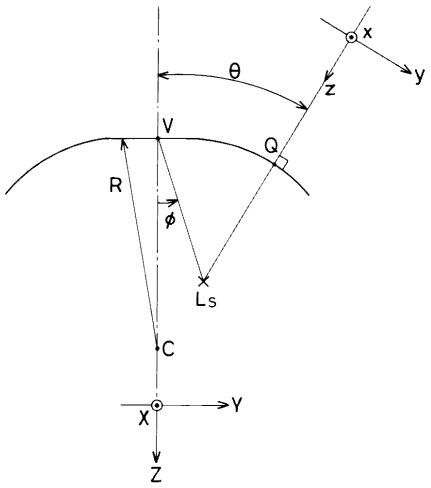
【図７】


11
V
Q
LT
LS
C

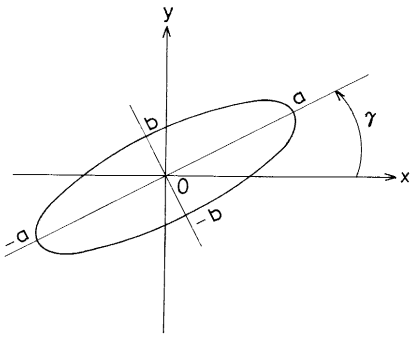
【図８】



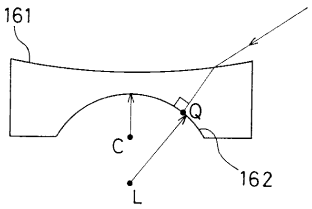
【図９】



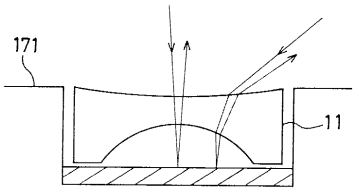
【図１０】



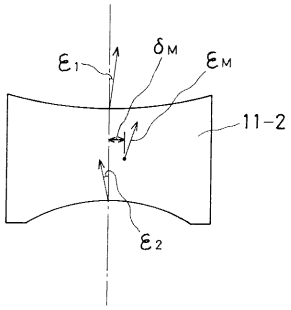
【図１１】



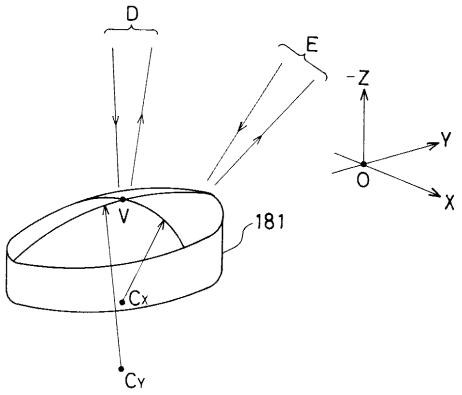
【図１２】



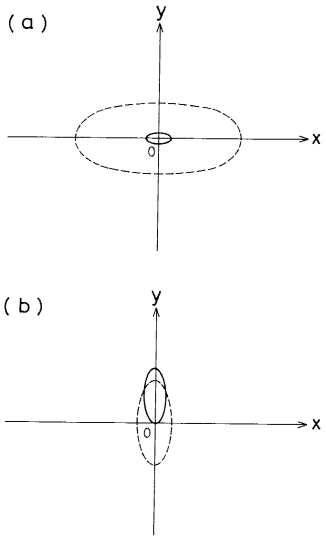
【図１３】



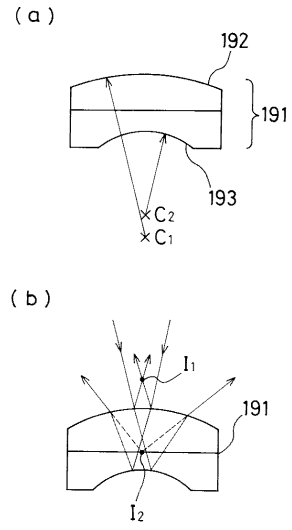
【図１４】



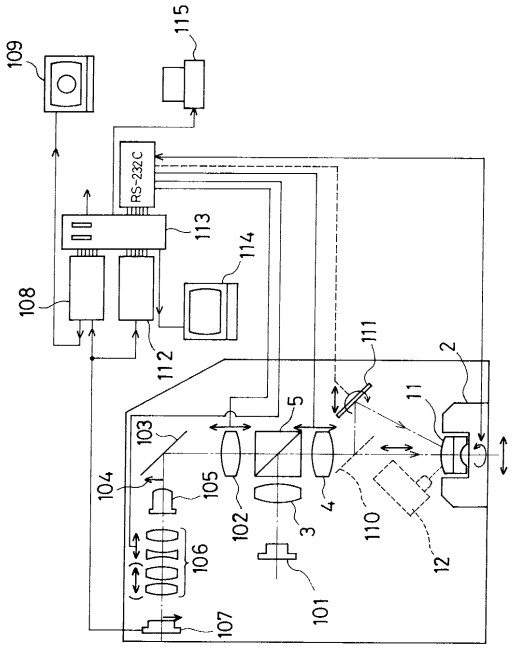
【図１５】



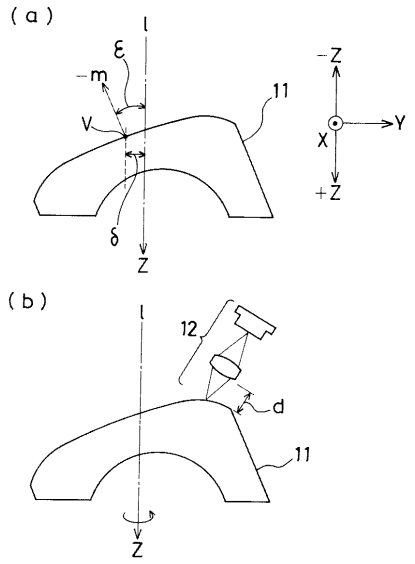
【図１６】



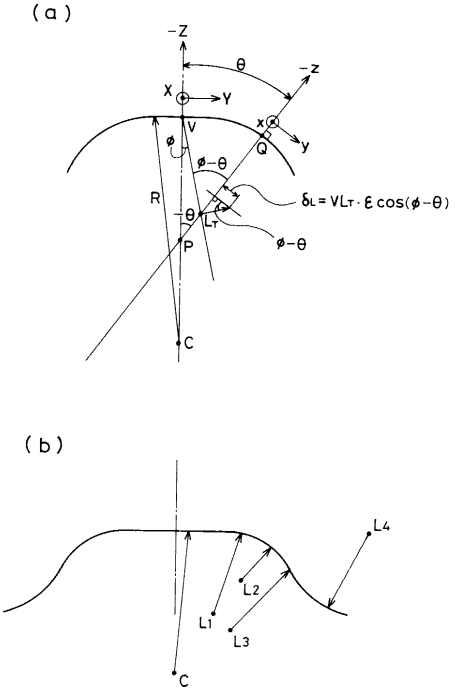
【図１７】



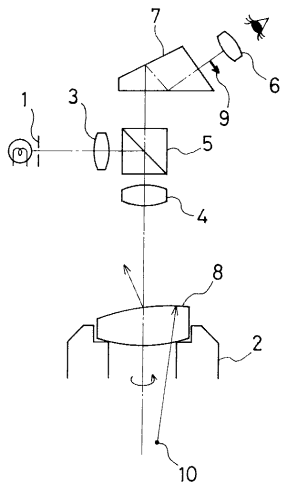
【図１８】


(a)
l
ε
-m
V
11
-Z
Y
X
+Z
δ
Z
(b)
l
12
d
11
Z

【図１９】


(a)
-Z
θ
-z
X
Y
x
y
V
Q
φ
φ-θ
R
-θ
P
C
δL = VLT · ε cos(φ-θ)
φ-θ
(b)
L4
L2
L1
L3
C

【図２０】


7
6
1
3
9
5
4
8
2
10

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０１－２９６１３２（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０３７５４４（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－１１５９４４（ＪＰ，Ａ）
特開昭５６－１６２０３１（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１９４１２２（ＪＰ，Ａ）
実開平０２－００４７４８（ＪＰ，Ｕ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01B 11/00 - 11/30
B23Q 17/24
G01M 11/00