

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】平成 18 年 11 月 30 日 (2006.11.30)

【公開番号】特開 2005-127810 (P2005-127810A)

【公開日】平成 17 年 5 月 19 日 (2005.5.19)

【年通号数】公開・登録公報 2005-019

【出願番号】特願 2003-362473 (P2003-362473)

【国際特許分類】

**G 0 1 B 21/00 (2006.01)**

**G 0 1 M 11/00 (2006.01)**

【F I】

G 0 1 B 21/00 E

G 0 1 M 11/00 L

【手続補正書】

【提出日】平成 18 年 10 月 18 日 (2006.10.18)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2 つの面を少なくとも有する被検物を、回転機構に接続された保持部材に保持し、前記被検物の測定に先立って、前記保持部材を回転させて前記保持部材の外周部を測定プローブで測定し、  
該測定結果から、前記回転機構の回転軸に関する情報を算出し、  
前記被検物の第 1 面が前記測定プローブと対向するように前記保持部材を回転させ、その回転角度を第 1 回転角度として記憶し、  
前記被検物の第 1 面の面形状を測定して、該第 1 面の面形状データを取得し、  
前記被検物の第 2 面が前記測定プローブと対向するように前記保持部材を回転させ、その回転角度を第 2 回転角度として記憶し、  
前記被検物の第 2 面の面形状を測定して、該第 2 面の面形状データを取得し、  
前記回転機構の回転軸に関する情報、前記第 1 面の面形状データ、前記第 2 の面形状データ、前記第 1 の回転角度、前記第 2 の回転角度から、前記第 1 面と前記第 2 面の相対的な位置関係を算出することを特徴とする 3 次元座標測定方法。

【請求項 2】

前記回転機構の回転軸に関する情報は、  
前記測定プローブの第 1 位置における測定結果と、前記保持部材の中心軸から外周面までの距離に基づくことを特徴とする請求項 1 記載の 3 次元座標測定方法。

【請求項 3】

前記保持部材は円柱形状を有し、前記距離は該円柱の半径であることを特徴とする請求項 2 記載の 3 次元座標測定方法。

【請求項 4】

前記回転軸に関する情報は、前記測定プローブの第 1 位置における測定と、前記測定プローブの第 2 位置における測定とに基づくことを特徴とする請求項 1 記載の 3 次元座標測定方法。

【請求項 5】

前記回転機構の回転軸に関する情報は、

前記測定プローブの変位する軸方向と前記保持部材の中心軸とが交わる際の該測定プローブの位置と、  
前記保持部材の回転角度と、  
前記保持部材の回転角度に対応した、前記測定プローブの位置と、  
前記保持部材の中心軸から外周面までの距離と、  
に基づくことを特徴とする請求項 1 記載の 3 次元座標測定方法。

【請求項 6】

2 つの面を少なくとも有する被検物の形状を測定するプローブ、  
前記被検物を保持する保持部材、  
該保持部材を回転させる回転機構、  
前記回転機構に備えられ、回転角度を検出する検出素子、  
前記プローブ、前記検出素子からの情報に基づいて処理を行う処理装置を備え、  
該処理装置は、  
前記被検物の測定に先立って、前記保持部材を回転させて前記保持部材の外周部を  
測定し、該測定結果から前記回転機構の回転軸に関する情報を算出する過程、  
前記被検物の複数の面を測定する過程、  
第 1 面の面形状、及び第 2 面の面形状データを取得する過程、  
前記第 1 面の測定時における前記検出素子からの情報、及び前記第 2 面の測定時に  
における前記検出素子からの情報を取得する過程、  
前記回転機構の回転軸に関する情報、前記第 1 面及び第 2 の面形状データ、前記検  
出素子からの情報に基づいて、前記第 1 面と前記第 2 面の相対的な位置関係を算出  
する過程を備えることを特徴とする 3 次元座標測定装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0002】

光学素子としては、レンズやプリズム等がある。この光学素子の評価項目には、表面形状と、面の相対的な位置関係(偏心)がある。これらの評価を行うには、光学素子の面形状を測定し、各面の相対位置を算出しなければならない。そのため、測定手法の確立は、光学素子の製造工程における品質管理上、重要な課題となっている。特に、光学素子が自由曲面を有する場合、この自由曲面の形状、及び複数の面の相対的な位置関係を正確に求める必要がある。

【特許文献 1】特開平 9 - 146002 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 250621 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 250622 号公報

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0003】

しかしながら、特許文献 1 及び特許文献 3 で開示されているのは、面形状を正確に測定する技術である。また、特許文献 2 に開示されているのは、光学素子同士の位置関係を求める技術である。そのため、これらの特許文献においては、各面の相対的な位置関係を正確に求める技術は開示されていない。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本発明の3次元座標測定装置は、前記回転機構の回転軸に関する情報が、前記測定プローブの変位する軸方向と前記保持部材の中心軸とが交わる際の該測定プローブの位置と、前記保持部材の回転角度と、前記保持部材の回転角度に対応した、前記測定プローブの位置と、前記保持部材の中心軸から外周面までの距離と、に基づくことを特徴とする。

本発明の3次元座標測定装置は、2つの面を少なくとも有する被検物の形状を測定するプローブ、前記被検物を保持する保持部材、該保持部材を回転させる回転機構、前記回転機構に備えられ、回転角度を検出する検出素子、前記プローブ、前記検出素子からの情報に基づいて処理を行う処理装置を備え、該処理装置は、前記被検物の測定に先立って、前記保持部材を回転させて前記保持部材の外周部を測定し、該測定結果から保持部材の回転軸に関する情報を算出する過程、前記被検物の複数の面を測定する過程、第1面の面形状、及び第2面の面形状データを取得する過程、前記第1面の測定時における前記検出素子からの情報、及び前記第2面の測定時における前記検出素子からの情報を取得する過程、前記回転軸に関する情報、前記第1面及び第2の面形状データ、前記検出素子からの情報に基づいて、前記第1面と前記第2面の相対的な位置関係を算出する過程を備えることを特徴とする。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

自由曲面項は、

66

$$\begin{aligned}
 & C_j X^m Y^n \\
 j=2 \\
 & = C_2 X + C_3 Y \\
 & + C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2 \\
 & + C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3 \\
 & + C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} XY^3 + C_{15} Y^4 \\
 & + C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} XY^4 \\
 & \quad + C_{21} Y^5 \\
 & + C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 \\
 & \quad + C_{27} XY^5 + C_{28} Y^6 \\
 & + C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 \\
 & \quad + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} XY^6 + C_{36} Y^7 \\
 & \quad \dots
 \end{aligned}$$

ただし、 $C_j$  ( $j$  は2以上の整数) は係数である。上記自由曲面式は、一般的にはX-Z面、Y-Z面共に対称面を持つことはないが、Xの奇数次項を全て0にすることによって、Y-Z面と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。またYの奇数次項を全て0にすることによって、X-Z面と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

ここで、プリズムは自由曲面で構成されているとする。このようなプリズムの各面を測

定するために、プリズムを円柱状の保持部材に保持する。そして、保持部材を回転機構で回転させる。このようにすれば、保持部材を回転させることで、測定したい面を、順次、プローブに対向させることができる。各面は同じプローブで測定されているので、各面の測定座標系に違いは生じない。よって、各面の測定データと各面の測定時における回転ステージを固定していた位置(角度)から、各面の位置関係も簡単に求めることができる。ただし、これは、保持部材の中心軸と回転機構の回転軸が一致している場合である。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0020】

図1において、1は回転機構である回転ステージ、2は保持部材である基準円柱、3は回転ステージ1の回転軸、4は触針式のプローブ(以下、単にプローブ4とする。)である。また、7は固定具であり、プリズム6を基準円柱2に固定する。ここで、基準円柱2は、中心軸(回転対称軸)が、回転ステージ1の回転軸3と略一致するように設置してある。また、基準円柱2は、非常に高い真円度を有する。また、回転ステージ1は、所望の角度で停止できる構造となっている。更に、回転ステージ1には、検出素子(不図示)が内蔵されている。この検出素子により、回転ステージ1が停止した時の位置(角度)を、高精度に検出できるようになっている。よって、初期位置を適当に設定しておけば、初期位置から停止位置までの、回転角を算出することが可能となっている。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0023】

プローブ4を、基準円柱2の外周面に位置させる。この時、プローブ4をY方向に移動させて、Z方向の位置が最も高くなる位置を見つける。図1では、点Pが最も高い位置で、ここが初期位置となる。この点Pにプローブ4を接触させた状態で、回転ステージ1を回転させると、基準円柱2も回転する。ここで、回転ステージ1の回転軸3と、基準円柱2の中心軸5が一致していると、プローブ4はZ方向に移動しない。すなわち、プローブ4からの出力信号は一定である。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

点Pでは、回転ステージ1の回転に伴い変位が生じる。その変位は、図2に示すように、軸ズレの量を( $Y$ ,  $Z$ )とすると、回転ステージ1の回転角に対して、正弦波状の変位Hとなる。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

図3は、回転に伴う $Y = 0$ における変位Hを示したものである。ここで、基準円柱2の半径は5mmである。また、基準円柱2の中心軸5は、回転軸に対して $Y = 0.02\text{ mm}$

、  $Z = 0.03 \text{ mm}$  ( $= 0^\circ$ ) だけ軸ズレしているとする。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 0】

図 4 ( a ) ~ ( c ) において、面  $S_1 \sim S_3$  の測定時における Z 軸を  $Z_1 \sim Z_3$  とし、Y 軸を  $Y_1 \sim Y_3$  とする。また、回転ステージ 1 の初期位置 (例えば、回転角  $0$  度) における Z 軸を  $Z_0$  とする。そして、 $Z_1 \sim Z_3$  と  $Z_0$  のなす角を、それぞれ  $\alpha_1 \sim \alpha_3$  とする。この、 $\alpha_1 \sim \alpha_3$  は、回転ステージ 1 の回転角に相当する。この回転角は、初期位置を基準としている。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 3】

測定が終了すると、測定結果として各面  $S_1 \sim S_3$  の形状データ、各面  $S_1 \sim S_3$  の測定時における回転角を  $\alpha_1 \sim \alpha_3$  が得られる。そこで、これらの測定結果から、各面  $S_1 \sim S_3$  の相対位置を算出する。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 6】

ここでは、面  $S_1$  を基準とする。面  $S_1$  の測定にあたって、回転ステージ 1 は  $\alpha_1$  回転している。一方、面  $S_2$  の測定にあたって、回転ステージ 1 は  $\alpha_2$  回転している。したがって、面  $S_1$  の測定から面  $S_2$  の測定に移る際、ステージ 1 は ( $\alpha_1 - \alpha_2$ ) だけ回転していることになる。よって、面  $S_2$  の測定座標に対して、X 軸回りに、( $\alpha_1 - \alpha_2$ ) 量だけ、回転の座標変換を実施する。同様に、面  $S_2$  の測定座標に対して、X 軸回りに、( $\alpha_1 - \alpha_3$ ) 量だけ、回転の座標変換を実施する。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 3】

各面の設計座標系を算出するためには、各面毎に設計形状と測定結果を重ね合わせる。そして、そのときの残差が最小になるように、座標変換を行い、そのときのパラメータ (シフト、チルト) を最適化すればよい。この解析は、ニュートン法等の最適化手法を用いる。

この結果、形状の測定結果と、回転軸、設計座標系の各相対位置を明確にすることが可能となる。

【手続補正 1 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 4 4 】

また、設計座標系の位置を算出した際、測定結果と設計形状の差が形状誤差成分となる。従って、形状誤差成分を、例えば、多項式でフィッティングすることで、形状誤差成分を関数で近似することが可能となる。これらの解析の結果、各面の測定結果から設計座標系の位置を算出し、更に同座標系を用いて、形状を以下の関数 $G(x, y)$ で近似することが可能となる。

$$G(x, y) = F(x, y) + E(x, y)$$

$G(x, y)$ ：測定結果を近似した関数

$F(x, y)$ ：設計形状関数

$E(x, y)$ ：形状誤差成分を近似した関数

これらの解析を予め実施しておく。そして、上記解析と同様に、回転ステージ 1 の回転軸 3 の周りに、各面の測定の際に記録しておいた角度分だけ、回転の座標変換をそれぞれ実施する。このようにすることで、図 6 に示すように、各面の設計座標系  $D_1 \sim D_3$  と、関数で表した近似形状  $G_1 \sim G_3$  の相対位置を算出することが可能となる。

## 【 手 続 補 正 1 6 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 4 6 】

尚、設計座標系を算出する方法は、上記方法に限定されない。例えば図 7 に示すように、被検物の面上に、マーク m 等を加工しておき、その測定結果から導出する手法をとっても良い。この場合、予め、測定に用いるマーク m の位置と、設計座標系 D の相対位置を明確にしておく必要がある。

## 【 手 続 補 正 1 7 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 4 8 】

これより、各点における Y-Z 断面と回転軸が交わる点同士を結ぶ直線が、回転ステージ 1 の回転軸 3 となる。よって、これらのズレ量から、基準円柱 2 の中心軸 5 の位置（傾きを含む）を算出することができる。

## 【 手 続 補 正 1 8 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 5 5 】

【図 1】基準円柱の中心軸を求める様子を示す図である。

【図 2】回転ステージの回転軸に対する基準円柱の中心軸のズレの様子を示す図である。

【図 3】基準円柱の中心軸を求める過程において、プローブから出力される信号を示す図である。

【図 4】被検物の各被検面を測定する様子であって、(a) は面  $S_1$  を測定している様子、(b) は面  $S_2$  を測定している様子、(c) は面  $S_3$  を測定している様子を示す図である。

【図 5】各面を回転ステージの回転軸の周り回転させた様子示す図である。

【図 6】各面の設計座標系を、回転ステージの回転軸の周り回転させる様子を示す図である。

【図 7】設計座標系を算出するために、加工したマークや被検物の外形に設けた例を示す

図である。

【図 8】基準円柱の中心軸を求める別の様子を示す図である。

【図 9】回転ステージの回転軸に対する基準円柱の中心軸のズレの様子を示す図である。

【図 10】被検物であるレンズを面の偏心量を測定する様子を示す図である。