

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4980818号
(P4980818)

(45) 発行日 平成24年7月18日 (2012. 7. 18)

(24) 登録日 平成24年4月27日 (2012. 4. 27)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 B 21/20 (2006. 01)

G O 1 B 21/20

C

G O 1 B 21/00 (2006. 01)

G O 1 B 21/00

E

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-205342 (P2007-205342)
 (22) 出願日 平成19年8月7日 (2007. 8. 7)
 (65) 公開番号 特開2009-41983 (P2009-41983A)
 (43) 公開日 平成21年2月26日 (2009. 2. 26)
 審査請求日 平成22年5月17日 (2010. 5. 17)

(73) 特許権者 000150604
 株式会社ナガセインテグレックス
 岐阜県関市武芸川町跡部1 3 3 3 番地の1
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (72) 発明者 清野 慧
 宮城県仙台市青葉区土樋1-9-3-10
 1
 (72) 発明者 島田 尚一
 大阪府堺市堺区南陵町3-4-20
 (72) 発明者 宇田 豊
 奈良県奈良市西大寺新町1-2-28-3
 01

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多点プローブの零点誤差の変動検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のセンサを含む真直形状測定用の多点プローブを、回転手段にて回転されている状態の測定対象物の測定面に相対するように多点プローブ支持手段にて配置して、

少なくとも前記測定対象物が1回転する間において、前記測定対象物が所定回転角度回転する毎に前記複数のセンサから出力される、前記測定対象物の測定面における同心円に沿う形状値及びプローブの零点誤差に基づく誤差を含む測定値を読み取り手段に読み取りさせて記憶手段に記憶させ、

前記記憶手段が記憶した、同一の前記測定対象物に関する新しい測定値（以下、第1測定値という）と、第1測定値の取得時期よりも取得時期が古い測定値（以下、第2測定値という）とに基づいて、零点誤差の変動量を算出することを特徴とする多点プローブの零点誤差の変動検出方法。

【請求項 2】

前記多点プローブ支持手段が、前記回転手段の径方向に移動可能に設けられ、

前記測定値には、前記多点プローブ支持手段を前記径方向において複数の位置に移動させて、それぞれの位置において、前記測定対象物を前記回転手段にて少なくとも1回転以上回転させた際に得られた値の平均値を含むことを特徴とする請求項1に記載の多点プローブの零点誤差の変動検出方法。

【請求項 3】

前記多点プローブ支持手段が支持する複数のセンサが前記多点プローブ支持手段の移動

10

20

方向に離れて設置した3つの変位センサであることを特徴とする請求項2に記載の多点プローブの零点誤差の変動検出方法。

【請求項4】

前記多点プローブ支持手段が支持する複数のセンサが前記多点プローブ支持手段の移動方向に離れて設置した2つの2次元角度センサであることを特徴とする請求項2に記載の多点プローブの零点誤差の変動検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多点プローブの零点誤差の変動検出方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

3つの変位センサを用いて、逐次3点法で測定対象の表面形状を測定する表面形状測定装置では、各変位センサ間に生じる測定誤差要因として零点誤差がある。零点誤差は、図1に示すように複数の変位センサA～Cのうち、いずれかを基準とした場合、基準の変位センサ（図1では変位センサB）の零点と他の変位センサA、Cの零点のずれのことである。通常、複数の変位センサの零点を合わせるためには、何かの基準となる直線状の基準面となる平面に当ててみることににより、その読みがゼロになるように調整する。

【0003】

或いは、反転法等を使用して、零点誤差を算出して、その零点誤差を補償するようにしている（特許文献1参照）。

20

しかし、一旦、零点誤差を解消したり、或いは、反転法等を使用して零点誤差を補償しても、時間が経過した場合、変位センサの取付け位置がドリフトなどによって、3つの変位センサ間の零点誤差が変動していることがある。

【特許文献1】特開2006-337112号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来は、このように時間が経過したことによって多点プローブのセンサ間の零点誤差が変動した場合、改めて、零点誤差を調整したり、或いは、反転法等を行って零点誤差の補償を行うようにしているため、零点誤差を解消するための作業が繁雑である問題があった。

30

【0005】

本発明の目的は、上記課題を解決して、複数のセンサのドリフトが生じた後の零点誤差の補償を容易に行うことができる多点プローブの零点誤差の変動検出方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記問題点を解決するために、請求項1の発明は、複数のセンサを含む真直形状測定用の多点プローブを、回転手段にて回転されている状態の測定対象物の測定面に相対するように多点プローブ支持手段にて配置して、少なくとも前記測定対象物が1回転する間に、前記測定対象物が所定回転角度回転する毎に前記複数のセンサから出力される、前記測定対象物の測定面における同心円に沿う形状値及びプローブの零点誤差に基づく誤差を含む測定値を読み取り手段に読み取りさせて記憶手段に記憶させ、前記記憶手段記憶した、同一の前記測定対象物に関する新しい測定値（以下、第1測定値という）と、第1測定値の取得時期よりも取得時期が古い測定値（以下、第2測定値という）とに基づいて、零点誤差の変動量を算出することを特徴とする多点プローブの零点誤差の変動検出方法を要旨とするものである。

40

【0007】

請求項1の発明によれば、第1測定値と第2測定値とに基づいて零点誤差の変動量が算

50

出されるため、その変動量に基づいて複数のセンサのドリフトが生じた後の零点誤差の補償を容易に行うことができる。

【0008】

請求項2の発明は、請求項1において、前記多点プローブ支持手段が、前記回転手段の径方向に移動可能に設けられ、前記測定値には、前記多点プローブ支持手段を前記径方向において複数の位置に移動させて、それぞれの位置において、前記測定対象物を前記回転手段にて少なくとも1回転以上回転させた際に得られた値の平均値を含むことを特徴とする。

【0009】

請求項2の発明によれば、回転手段の径方向に移動して複数の位置で多点プローブが測定面を測定する行い、その測定値の平均が取られると、測定値に含まれる偶然誤差が少なくなる。

10

【0010】

又、測定値が平均値であるため、測定面の形状値が不変となる。これは、例えば、3点プローブや2点プローブにより測定される変位であっても、同じ位置で再度その変位が測定できるのであれば、零点誤差の記憶・補償は可能である。しかし、例えば、1回目と2回目の円周方向の測定開始位置を同じ位置で測定できなければ、それは記憶・補償の誤差となる。しかし、請求項2の発明では、円周方向の測定開始位置がずれても、測定値が平均値であるため、測定面の形状値が不変となる。この結果、零点誤差の記憶・補償ができ、古い測定値(平均値)と新しい測定値(平均値)に基づいて零点誤差の変動量を算出することができる。

20

【0011】

請求項3の発明は、請求項2において、前記多点プローブ支持手段が支持する複数のセンサが前記多点プローブ支持手段の移動方向に離れて設置した3つの変位センサであることを特徴とする。

【0012】

請求項3の発明によれば、多点プローブが3つの変位センサにおける零点誤差の変動量が容易に求められる。

請求項4の発明は、請求項2において、前記多点プローブ支持手段が支持する複数のセンサが前記多点プローブ支持手段の移動方向に離れて設置した2つの2次元角度センサであることを特徴とする。

30

【0013】

請求項4の発明によれば、多点プローブが2つの2次元角度センサにおける零点誤差の変動量が容易に求められる。

【発明の効果】

【0014】

請求項1の発明によれば、多点プローブの零点誤差の変動量を容易に求めることができ、その結果、その変動量に基づいて複数のセンサのドリフトが生じた後の零点誤差の補償を容易に行うことができる。

【0015】

40

請求項2の発明によれば、回転手段の径方向に移動して複数の位置で多点プローブが測定面を測定する行い、その測定値の平均が取られると、測定値に含まれる偶然誤差が少なくなる。又、測定値が平均値であるため、測定面の形状値を不変とすることができる。すなわち、円周方向の測定開始位置がずれても、測定値が平均値であるため、測定面の形状値が不変となる。この結果、零点誤差の記憶・補償ができ、古い測定値(平均値)と新しい測定値(平均値)に基づいて零点誤差の変動量を算出することができる。

【0016】

請求項3の発明によれば、多点プローブが3つの変位センサにおける零点誤差の変動量を容易に求めることができる。

請求項4の発明によれば、多点プローブが2つの2次元角度センサにおける零点誤差の

50

変動量を容易に求めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

(第1実施形態)

以下、本発明の多点プローブの零点誤差の変動検出方法を実現できる多点プローブの零点誤差関連値記録装置(以下、単に零点誤差関連値記録装置という)について図1及び図2を参照して説明する。

【0018】

図2に示すように、測定対象物としての試料200は、スピンドル210上に搭載されて、スピンドル210の回転軸(すなわち、z軸)の周りで回転自在となっている。本実施形態では試料200の上面が測定面202となっている。試料200は測定面202の形状が変化しないような十分な厚さを有していることが好ましく、測定面202は、平面であることが好ましい。又、試料200は、本実施形態では、円板状に形成されているが、四角板状であってもよく、形状は限定されるものではない。要は、試料200がスピンドル210により回転された際に、真直形状測定用の多点プローブで測定できる領域を備えていればよい。

【0019】

真直形状測定用の多点プローブとしてのセンサユニット220は、リニアセンサキャリッジ(以下、センサキャリッジ230という)によりx方向、すなわち、スピンドル210の径方向に移動可能にされ、試料200が回転手段としてのスピンドル210により回転しているときに、試料表面を走査する。センサキャリッジ230は多点プローブ支持手段に相当する。

【0020】

センサユニット220中には3つの変位センサA, B, Cが、x方向に沿うように、すなわち、センサキャリッジ230の移動方向に沿うように間隔 d_1 , d_2 を介して設置されている。

【0021】

なお、 $d_1 = r_F - r_0$ 、 $d_2 = r_0 - r_R$ である(図2参照)。

本実施形態では、前記変位センサA, B, Cは、非接触式のセンサであって、静電容量型センサからなる。なお、変位センサは、非接触式の静電容量型センサに限定されるものではなく、接触式でもよく、或いは、非接触式の場合、静電容量型センサに代えて、例えば、光学センサとしてもよい。

【0022】

零点誤差関連値記録装置においては、各変位センサA, B, Cからの出力は図示しないA/D変換等でデジタル値に変換され、パソコン等のコンピュータシステム300に入力される。又、コンピュータシステム300は、CPU310、RAM320、ROM330を備えている。CPU310は、読取り手段及び算出手段に相当する。コンピュータシステム300には、ハードディスク等からなる記憶装置340が接続され、前記変位センサA, B, Cからの測定値が読出し可能に記憶される。

【0023】

本明細書で零点誤差関連値とは、零点誤差を算出するための値や、零点誤差変動量や零点誤差を含む。

(第1実施形態の作用)

さて、試料200における測定面202の半径 r_F , r_0 , r_R の円周上の形状を $f(r_F, \quad)$, $f(r_0, \quad)$, $f(r_R, \quad)$ 、各変位センサA, B, Cの出力(すなわち、測定値)を S_F , S_0 , S_R とする。又、 $e_z(\quad)$, $y(\quad)$ をそれぞれ試料200のz軸方向の運動誤差、スピンドル210の回転軸のy軸周りの傾きによって生ずる運動誤差とすると、変位センサA, B, Cの出力(すなわち、測定値)は S_F , S_0 , S_R は、式(1)~式(3)で表わすことができる。ここで、式(1)中の r_F は、変位センサBを基準とした、変位センサAの零点誤差である。又、式(3)中の r_R は、変位センサBを基準とし

10

20

30

40

50

た、変位センサCの零点誤差である。又、式(1)～式(3)中の $f(r_F, \theta)$ 、 $f(r_0, \theta)$ 、 $f(r_R, \theta)$ は測定対象物の測定面における同心円に沿う形状値に相当する。

【0024】

【数1】

$$S_F(\theta) = e_z(\theta) + r_F \phi_y(\theta) + f(r_F, \theta) + \alpha_F \quad \cdots (1)$$

$$S_0(\theta) = e_z(\theta) + r_0 \phi_y(\theta) + f(r_0, \theta) \quad \cdots (2)$$

$$S_R(\theta) = e_z(\theta) + r_R \phi_y(\theta) + f(r_R, \theta) + \alpha_R \quad \cdots (3)$$

変位センサA、B、Cがy軸上において、半径 r_F 、 r_0 、 r_R にそれぞれ位置するときに、スピンドル210により試料200を回転中心(すなわち、z軸)の周りで1回転させた場合、この1回転中において、零点誤差関連値記録装置は所定回転角度経過する毎に、変位センサA、B、Cの出力 S_F 、 S_0 、 S_R (すなわちデータ)を入力する。そして、CPU310はこの測定値を記憶装置340に格納する。なお、所定回転角度は、例えば1度であってよく、0.5度でもよく、限定されるものではない。は、原点位置からの回転角度である。

【0025】

なお、これらの回転角度や、センサキャリッジ230のx軸上の位置は、図示しないリニアエンコーダやロータリエンコーダ等の位置センサで検出可能である。

例えば、変位センサBのx軸上の位置は前記リニアエンコーダで検出され、変位センサA、Cの位置は、変位センサBの検出された位置と d_1 、 d_2 に基づいてCPU310により算出される。

【0026】

(1回目の測定及び記録)

1回目の記録では、試料200を1回転させ、各変位センサA、B、Cからの変位出力に添字「1」を付して、変位センサA、B、Cの出力(すなわち、測定値)を表わすと、 S_F 、 S_0 、 S_R は、式(4)～式(6)で表わすことができる。

【0027】

なお、ここでは、最初に1回目の零点誤差が公知の方法で求められていて補償されており、試料200の表面形状が測定できる変位センサA～Cの零点誤差は、 F_{F1} 、 F_{01} 、 F_{R1} は既知とする。

【0028】

【数2】

$$S_{F1}(\theta) = f(r_F, \theta) + e_{z1}(\theta) + r_F \phi_{y1}(\theta) + \alpha_{F1} \quad \cdots (4)$$

$$S_{01}(\theta) = f(r_0, \theta) + e_{z1}(\theta) + r_0 \phi_{y1}(\theta) \quad \cdots (5)$$

$$S_{R1}(\theta) = f(r_R, \theta) + e_{z1}(\theta) + r_R \phi_{y1}(\theta) + \alpha_{R1} \quad \cdots (6)$$

試料200が1回転された後、コンピュータシステム300のCPU310は、1回転している際に入力された変位センサA、B、Cから得られた各測定値の平均値を算出する。

【0029】

すなわち、所定回転角度が1度であれば、変位センサAの各データを合計して360で割ることにより、変位センサAで得られた表面形状の平均値が得られる。変位センサBについても同様に変位センサBで得られた表面形状の平均値が得られる。

【0030】

$f(r_F, \theta)$ 、 $f(r_0, \theta)$ 、 $f(r_R, \theta)$ の平均値 F_{F1} 、 F_{01} 、 F_{R1} は、試料200の形状が変わらない限り、それぞれ不変である。運動誤差 $e_z(\theta)$ 、 $\phi_y(\theta)$ の平均値をそれぞれ E_{Z1} 、 Y_1 とし、 $S_{F1}(\theta)$ 、 $S_{01}(\theta)$ 、 $S_{R1}(\theta)$ の平均値をそれぞれ S_{F1} 、 S_{01} 、 S_{R1} とすると、式(4)～(6)は、式(7)～(9)

10

20

30

40

50

)となる。

【 0 0 3 1 】

【数 3】

$$SF1 = FF1 + EZ1 + r_F \Phi Y1 + \alpha_{F1} \quad \dots\dots (7)$$

$$S01 = F01 + EZ1 + r_0 \Phi Y1 \quad \dots\dots (8)$$

$$SR1 = FR1 + EZ1 + r_R \Phi Y1 + \alpha_{R1} \quad \dots\dots (9)$$

次に、CPU310は式(7) - 式(8)を演算すると、z方向の運動誤差が消去されて式(10)となる。

【 0 0 3 2 】

【数 4】

$$SF1 - S01 = (FF1 - F01) + (r_F - r_0) \Phi Y1 + \alpha_{F1} \quad \dots\dots (10)$$

次に、CPU310は式(8) - 式(9)を演算すると、同じくz方向の運動誤差が消去されて式(11)となる。

【 0 0 3 3 】

【数 5】

$$S01 - SR1 = (F01 - FR1) + (r_0 - r_R) \Phi Y1 - \alpha_{R1} \quad \dots\dots (11)$$

又、CPU310は、式(10) × (r₀ - r_R) / (r_F - r₀)を演算すると、式(12)が得られる。

【 0 0 3 4 】

【数 6】

$$\frac{(SF1 - S01)(r_0 - r_R)}{(r_F - r_0)} = \frac{(FF1 - F01)(r_0 - r_R)}{(r_F - r_0)} + (r_0 - r_R) \Phi Y1 + \frac{(r_0 - r_R) \alpha_{F1}}{(r_F - r_0)} \quad \dots (12)$$

次に、CPU310は式(12) - 式(11)を演算すると、運動誤差解消値を表わす式(13)を得る。

【 0 0 3 5 】

【数 7】

$$\begin{aligned} & \frac{(SF1 - S01)(r_0 - r_R) - (S01 - SR1)(r_F - r_0)}{(r_F - r_0)} \\ &= \frac{(FF1 - F01)(r_0 - r_R) - (F01 - FR1)(r_F - r_0)}{(r_F - r_0)} + \frac{\alpha_{F1}(r_0 - r_R) + \alpha_{R1}(r_F - r_0)}{(r_F - r_0)} \quad \dots (13) \end{aligned}$$

ここで、式(13)では、回転軸のy軸周りの傾きによる運動誤差も消去されている。又、式(13)において、左辺は表面形状の2回差分に関するものであり、右辺は「測定して得られた値 + 零点誤差」に関するものとなる。

【 0 0 3 6 】

このようにして、CPU310は、1回目の測定値を記憶装置340に行うとともに、前述した測定のための演算を行い、この演算結果を記憶装置340に記憶する。

この1回目の測定値は第2測定値に相当する。

【 0 0 3 7 】

(2回目の測定及び記録)

1回目の測定後においては、温度ドリフト等によって変位センサA, B, Cの零点誤差が変動する。そこで、1回目の測定及び記録がされた後、新たにワークの表面形状を測定する場合、2回目の測定においては、コンピュータシステム300のCPU310は、試料200が1回転中に入力された変位センサA, B, Cから得られた各測定値の平均値等を「1回目の測定及び記録」と同様に算出する。そして、CPU310はその算出結果等

10

20

30

40

50

を記憶装置 340 に記憶する。この 2 回目の測定値は第 1 測定値に相当する。

【0038】

ここでは、説明の便宜上、詳細な説明を省略するが、式(7)～式(12)中、1回目の測定で説明した各変数に添字「1」の代わりに添字「2」を付けて表わせば、「2回目の測定」の結果が同様に得られる。又、「1回目の測定」の欄で得られた式(13)は、2回目の測定での運動誤差解消値は、式(14)で表わされる。

【0039】

【数8】

$$\begin{aligned} & \frac{(SF2-S02)(r_0-r_R)-(S02-SR2)(r_F-r_0)}{(r_F-r_0)} \\ & = \frac{(FF2-F02)(r_0-r_R)-(F02-FR2)(r_F-r_0)}{(r_F-r_0)} + \frac{\alpha_{F2}(r_0-r_R)+\alpha_{R2}(r_F-r_0)}{(r_F-r_0)} \quad \cdots (14) \end{aligned}$$

1回目の運動誤差解消値を表わす式(13)と2回目の運動誤差解消値を表わす式(14)を比較すると、同一の試料200を測定しているため、その表面形状は変化しないとしてもよいから、 $FF2=FF1$ 、 $F02=F01$ 、 $FR2=FR1$ であり、右辺第1項は同じになる。従って、CPU310は、式(14)-式(13)をCPU310は演算することにより、零点誤差の変動量を算出する。式(15)は式(14)-式(13)で演算された零点誤差の変動量を求めるための式である。

【0040】

なお、 $d_1=r_F-r_0$ 、 $d_2=r_0-r_R$ である。

【0041】

【数9】

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha_{F2}(r_0-r_R)+\alpha_{R2}(r_F-r_0)}{(r_F-r_0)} - \frac{\alpha_{F1}(r_0-r_R)+\alpha_{R1}(r_F-r_0)}{(r_F-r_0)} \\ & = \frac{(SF2-S02)(r_0-r_R)-(S02-SR2)(r_F-r_0)}{(r_F-r_0)} - \frac{(SF1-S01)(r_0-r_R)-(S01-SR1)(r_F-r_0)}{(r_F-r_0)} \end{aligned}$$

…(15)

ここで、式(15)中、 r_F 、 r_0 、 r_R は、前述したように図示しないリニアエンコーダの検出値及び、 d_1 、 d_2 に基づいて得られる既知の値であり、演算結果として記憶装置340に格納されている。又、 $SF1$ 、 $SF2$ 、 $S01$ 、 $S02$ 、 $SR1$ 、 $SR2$ は第1回目と第2回目の算出値であり、演算結果として記憶装置340に格納されている。

【0042】

このようにして零点誤差の変動量が求められると、1回目の零点誤差が既知となっているため、この零点誤差の変動量を既知の値である1回目の零点誤差に加算又は減算するだけで、センサのドリフトが生じた後における新たな零点誤差の補償量が得られる。このようにして、この零点誤差の変動量に基づいて、零点誤差の補償することが可能となる。

【0043】

なお、間隔 d_1 、 d_2 が同じ、すなわち、変位センサA、B、Cが等距離に離間している場合は、式(15)は、簡単になって式(16)で表わされる。

【0044】

【数10】

$$\begin{aligned} & (\alpha_{F2}+\alpha_{R2})-(\alpha_{F1}+\alpha_{R1})=\{(SF2-S02)-(S02-SR2)\}-\{(SF1-S01)-(S01-SR1)\} \\ & \quad \cdots (16) \end{aligned}$$

このように、変位センサA、B、Cが等距離に離間している場合は、零点誤差の変動量を容易に求めることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

以上のようにして、ドリフトによって変位センサの零点誤差の変動があった場合、上記の零点誤差関連値記録装置によって、零点誤差の変動量が求められ、精度の高い零点補償を行うことができる。

【 0 0 4 6 】

従って、例えば、形状測定装置に隣接して零点誤差関連値記録装置を設けておいて、形状測定装置によりワークの形状測定ができる領域と、スピンドル 2 1 0 上の試料 2 0 0 の測定面 2 0 2 の形状測定ができる領域をセンサキャリッジ 2 3 0 によって、センサユニット 2 2 0 を移動できるようにするしておくことが好ましい。

【 0 0 4 7 】

第 1 実施形態では、下記の特徴を有する。

(1) 本実施形態の多点プローブの零点誤差の変動検出方法では、測定面 2 0 2 を有する試料 2 0 0 (測定対象物) をスピンドル 2 1 0 (回転手段) にて回転させ、複数の変位センサ A , B , C を含む真直形状測定用のセンサユニット 2 2 0 (多点プローブ) を、スピンドル 2 1 0 にて回転されている状態の試料 2 0 0 の測定面に相対するように配置した。そして、試料 2 0 0 が 1 回転する間において、試料 2 0 0 が所定回転角度回転する毎に前記複数の変位センサ A , B , C から出力される、試料 2 0 0 の測定面 2 0 2 における同心円に沿う形状値及び零点誤差を含む測定値を C P U 3 1 0 (読取り手段) に読取りさせて記憶装置 3 4 0 (記憶手段) に記憶させるようにした。そして、記憶装置 3 4 0 が記憶した、同一の試料 2 0 0 に関する新しい測定値 (第 1 測定値) と、第 1 測定値の取得時期よりも取得時期が古い測定値 (第 2 測定値) とに基づいて、零点誤差の変動量を算出するようにした。

【 0 0 4 8 】

この結果、センサユニット 2 2 0 における変位センサ A , B , C の零点誤差の変動量を容易に算出することができ、センサユニット 2 2 0 の変位センサ A , B , C の零点誤差の変動量を容易に求めることができ、その変動量に基づいて複数のセンサのドリフトが生じた後の零点誤差の補償を容易に行うことができる。

【 0 0 4 9 】

(2) 本実施形態の多点プローブの零点誤差の変動検出方法では、零点誤差関連値記録装置は、第 1 測定値、及び第 2 測定値には、試料 2 0 0 をスピンドル 2 1 0 にて 1 回転回転させた際に得られた値の平均値を含むようにした。この結果、本実施形態では、同一の試料 2 0 0 を測定して得られた第 1 測定値と第 2 測定値がそれぞれ平均値であるため、測定面 2 0 2 の形状値を不変となる。これは、測定面 2 0 2 は、円周方向の測定開始位置 (すなわち、測定開始点) がずれても、その測定開始点から 1 周分したときに得られた測定値の平均値である測定面の形状値が不変となることを利用している。この結果、零点誤差の変動量の算出の際に形状値の影響を受けることがない。

【 0 0 5 0 】

(3) 本実施形態の零点誤差の変動検出方法では、センサキャリッジ 2 3 0 (多点プローブ支持手段) が支持する複数の変位センサ A , B , C がセンサキャリッジ 2 3 0 の移動方向に離れて設置されている。この結果、センサユニット 2 2 0 (多点プローブ) が 3 つの変位センサにおける零点誤差の変動量を容易に求めることができ、既知のドリフトが生ずる前の零点誤差に対する変動量が求まるため、容易に複数のセンサのドリフトが生じた後の零点誤差を算出できるとともに零点誤差の補償を容易に行うことができる。

【 0 0 5 1 】

(第 2 実施形態)

次に、多点プローブの零点誤差の変動検出方法を実現できる第 2 実施形態の零点誤差関連値記録装置を図 3 ~ 7 を参照して説明する。なお、第 1 実施形態と同一又は相当する構成については同一符号を付す。第 2 実施形態は多点プローブであるセンサユニット 2 2 0 に 2 つの角度センサ P , Q を備えていることが第 1 実施形態と異なっている。

【 0 0 5 2 】

図4に示すように、試料200は、スピンドル210上に搭載されて、回転中心（すなわち、z軸）の周りで回転自在となっている。センサユニット220は、センサキャリッジ230によりx方向に移動可能にされ、試料200がスピンドル210により回転しているときに、試料200の測定面202を走査する。センサユニット220中には2つの2次元角度センサ（以下、角度センサという）P、Qが、x方向に沿うように、すなわち、センサキャリッジ230の移動方向に沿うように間隔dを介して設置されている。このセンサユニット220の構成等については、後で詳しく説明する。なお、図3においては円形の試料200を例としているが、試料200の形状は、円形に限定されるものではなく、他の形状であってもよい。

【0053】

10

零点誤差関連値記録装置においては、各角度センサP、Qからの出力は図示しないA/D変換等でデジタル値に変換され、パソコン等のコンピュータシステム300に入力される。

【0054】

角度センサP、Qは同一構成のため、角度センサQについて説明する。角度センサQは、レーザ光源231と、ビームスプリッタ232と、PSD（2次元半導体位置検出素子）233とを有する。PSD233の出力は、コンピュータシステム300のCPU310に出力され処理される。角度センサQにおいて、レーザ光源231から射出されたレーザ光束は、ビームスプリッタ232で反射され、対物レンズ234を介して試料200のサンプリング点に向かう。サンプリング点で反射したレーザ光は、対物レンズ234、ビームスプリッタ232を通過して、PSD233に至る。

20

【0055】

ここで、サンプリング点が入射レーザ光に直交している場合には、その反射光は、PSD233の中心に入射する。ところが、サンプリング点に傾斜があると、サンプリング点で反射したレーザ光は、PSD233の中心からずれた位置に入射するので、その差に応じた電気信号を測定値としてCPU310に出力することにより、サンプリング点における傾斜角度、すなわち局所2次元傾斜角度の測定ができる。

【0056】

さらに、2次元角度センサの測定原理の詳細について説明する。図6には、2次元角度センサの原理図が図示されている。

30

2次元角度センサは基本的に試料200や図示しないワークの面の2次元傾斜を検出するためのものである。入射ビームを細くすることにより、表面の2次元局部スロープの検出に用いることができる。2次元傾斜を検出するには、図6に示す光てことと呼ばれる方法が一番簡便な方法として知られている。

【0057】

図6において、Z軸方向に沿ってレーザビーム250を試料200の面に入射する。試料200の面が傾斜している場合には、PSD233上の反射光線の光点の位置が傾斜角に応じて変化する。光点の座標変化量 x 、 y を検出することにより、次式より x 、 y 軸回りの傾斜角変化 α 、 β を求めることができる。

【0058】

40

【数11】

$$\Delta\alpha = \Delta y / 2L \quad \dots\dots (17)$$

$$\Delta\beta = \Delta x / 2L \quad \dots\dots (18)$$

なお、Lは試料200の面からPSD233までの距離である。

【0059】

50

この方法は、試料 200 の面から PSD 233 までの距離 L が変化した場合に測定結果に誤差が生ずる問題がある。

このため、図 7 に示すように試料 200 と PSD 233 の間にコリメートレンズ（すなわち、対物レンズ 234）を入れ、オートコリメーションの原理によって角度検出を行う。図 7 に示すように、対物レンズ 234 を試料 200 と PSD 233 の間に置くと、試料面傾斜と PSD 233 上の光点座標との関係は対物レンズ 234 の焦点距離 F のみに依存することになり、傾斜検出精度は向上できる。この場合の傾斜角は次式のように表される。

【0060】

【数 12】

$$\Delta\alpha = \Delta y / 2F \quad \dots\dots (19)$$

$$\Delta\beta = \Delta x / 2F \quad \dots\dots (20)$$

本実施形態の零点誤差関連値記録装置に使用する 2 次元角度センサでは、このオートコリメーション方式が採用されている。

【0061】

ここで、前記角度センサ P, Q を使用してワークの表面の高さ形状の測定の仕方を以下に説明する。なお、ここでの説明は、説明の便宜上、試料 200 をワークとして扱う。

図 4 に示すように試料 200 は、スピンドル 210 上に搭載されて回転可能にされている。センサユニット 220 は、図 5 に示すようにセンサキャリッジ 230 により x 方向に移動可能であり、試料 200 がスピンドル 210 により回転しているときに、試料 200 の表面を走査する。センサユニット 220 中には 2 つの角度センサ P, Q という) が x 方向に沿うように間隔 d を介して設置されている。

【0062】

表面形状を測定する場合、各角度センサ P, Q からの出力はコンピュータ・システムに入力されて、以下に説明する演算が行われる。

図 5 は、センサユニット 220 で測定する試料面のデータのサンプリング点を示す図である。図 5 に示すように、 x 方向の走査は、試料 200 の回転中心から始まっており、各サンプリング点（すなわち、サンプリング位置）は x_i ($i = 1, 2, \dots, M$) とする。2 つの角度センサ P, Q の間隔 d とサンプリング間隔 s は径方向において同じとする。サンプリング点 x_i において、試料 200 上の二つの同心円がセンサユニット 220 内の 2 つの角度センサ P, Q によって走査される。円周上のサンプリング位置を θ_j ($j = 1, 2, \dots, N$) とする。センサユニット 220 の x 方向出力 (y 軸回りの局部スロープに対応) $\mu_{Py}(x_i, \theta_j)$, $\mu_{Qy}(x_i, \theta_j)$ はそれぞれ次のように表される。なお、サンプリング位置 (x_i, θ_j) は、図示しないリニアエンコーダやロータリエンコーダ等の位置センサで検出可能である。

【0063】

【数 13】

$$\mu_{Py}(x_i, \theta_j) = f'_y(x_i, \theta_j) + e_{cx}(x_i) + e_{sx}(x_i, \theta_j) + \alpha_P \quad \dots\dots (21)$$

$$\mu_{Qy}(x_i, \theta_j) = f'_y(x_{i+1}, \theta_j) + e_{cx}(x_i) + e_{sx}(x_i, \theta_j) + \alpha_Q \quad \dots\dots (22)$$

なお、 $i = 1, 2, \dots, M - 1$, $j = 1, 2, \dots, N$ である。又、 $e_{cx}(x_i)$ は、

10

20

30

40

50

センサキャリッジ 230 のロール誤差、 $e_{sx}(x_i, j)$ はスピンドル 210 の x 軸回りのアンギュラ誤差であり、ともに運動誤差である。 α_p と α_q は角度センサ P, Q のオフセットであり、真平らな平面を測定したときに角度センサ P, Q に現れる出力である。 $f'_y(x, j)$ は試料表面の y 軸局部スロープであり、次のように定義される。

【0064】

【数14】

$$f'_y(x, \theta) = \frac{\partial f(x, \theta)}{\partial y} \quad \dots\dots (23)$$

10

そして、センサキャリッジ 230 及びスピンドル 210 の運動誤差を取り除いた差動出力 $\mu_y(x_i, j)$ は式(22)から式(21)を引くことにより次のようになる。

【0065】

【数15】

$$\Delta\mu_y(x_i, \theta_j) = f'_y(x_{i+1}, \theta_j) - f'_y(x_i, \theta_j) + (\alpha_q - \alpha_p)i \quad \dots\dots (24)$$

ここで、 $i = 2, 3, \dots, M-1, j = 1, 2, \dots, N$ である。

【0066】

そして、固定した j ($j = 1, 2, \dots, N$) において、 $f'_y(x_i, j)$ は $\mu_y(x_i, j)$ の積分から次のように求められる。

20

【0067】

【数16】

$$f'_y(x_i, \theta_j) = \sum_{k=1}^i \Delta\mu_y(x_k, \theta_j) + (\alpha_q - \alpha_p)j \quad \dots\dots (25)$$

$$f'_y(x_1, \theta_j) = 0$$

30

ただし、 $i = 2, 3, \dots, M-1, j = 1$ である。

【0068】

固定した x_i ($i = 2, 3, \dots, M$) において、試料 200 の i 番目の同心円上の高さ形状 $f(x_i, j)$ は、 $f'_y(x_i, j)$ の積分から求めることができる。なお、 $f'_y(x_i, j)$ の積分の求め方は公知であるので、ここでは説明を省略する。

【0069】

(第2実施形態の作用)

さて、第2実施形態の作用を説明する。

(1回目の測定及び記録)

まず、センサユニット 220 の角度センサ P, Q がサンプリング点 x_i, x_{i+1} にそれぞれ位置するときにおいて、スピンドル 210 により試料 200 を回転中心(すなわち、z 軸)の周りで 1 回転させる。この 1 回転中において、露点記録装置は所定回転角度経過する毎に、角度センサ P, Q の測定値を入力し、記憶手段としての記憶装置 340 に格納する。なお、所定回転角度は、例えば 1 度であってよく、0.5 度でもよく、限定されるものではない。

40

【0070】

これらの角度や、サンプリング位置は、第1実施例と同様に、図示しないリニア・エンコーダやロータリエンコーダ等の位置センサで検出可能である。

1 回転された後、コンピュータシステム 300 の CPU 310 は、1 回転している際に入力された角度センサ P, Q から得られた各測定値の平均値を算出する。

50

【 0 0 7 1 】

すなわち、所定回転角度が1度であれば、角度センサPの各データを合計して360で割ることにより、角度センサPで得られた表面形状の平均値が得られる。角度センサQについても同様に角度センサQで得られた表面形状に関する測定値の平均値が得られる。このときの測定値は第2測定値としてCPU310は記憶装置340に記憶する。

【 0 0 7 2 】

この平均値の算出によって、式(21)、式(22)については、下記のように変形することができる。

【 0 0 7 3 】

【数17】

10

$$\mu P = \Phi e_{cy} + \Phi e_{sy} + \alpha_P \quad \dots\dots (26)$$

$$\mu Q = \Phi e_{cy} + \Phi e_{sy} + \alpha_Q \quad \dots\dots (27)$$

なお、式(26)、式(27)は、下記のように、式(21)、式(22)中で記載されたものを平均化することにより得られたものである。「数18」で示されている各式の右辺は平均化された値である。

【 0 0 7 4 】

20

【数18】

$$\mu_P(x_i, \theta_j) \rightarrow \mu P$$

$$\mu_Q(x_i, \theta_j) \rightarrow \mu Q$$

$$f'_x(x_i, \theta_j) \rightarrow 0$$

$$e_{sy}(x_i, \theta_j) \rightarrow \Phi e_{sy}$$

30

$$e_{cy}(x_i) \rightarrow \Phi e_{cy}$$

そして、CPU310は式(27) - 式(26)の算出を行うことにより、零点誤差の算出ができる。

【 0 0 7 5 】

【数19】

$$\alpha = \mu Q - \mu P = \alpha_Q - \alpha_P \quad \dots\dots (28)$$

40

そして、このようにして得られた零点誤差は、他のワークの表面形状を測定して算出する際、零点誤差補償に使用される。又、このときの零点誤差はCPU310により記憶装置340に記憶される。

【 0 0 7 6 】

(2回目の測定及び記録)

1回目の測定後においては、温度ドリフト等によって角度センサP、Qの零点誤差が変動する。そこで、1回目の測定及び記録がされた後、新たにワークの表面形状を測定する場合、2回目の測定においては、コンピュータシステム300のCPU310は、試料200が1回転中に入力された角度センサP、Qから得られた各測定値の平均値等を「1回目の測定及び記録」と同様に算出する。そして、CPU310はその算出結果等を記憶装

50

置 3 4 0 に記憶する。この 2 回目の測定値は第 1 測定値に相当する。

【 0 0 7 7 】

又、C P U 3 1 0 は、「 1 回目の測定及び記録」の欄で説明した内容と同様に零点誤差 1 を算出する。そして、 1 - を算出することにより、零点誤差の変動量を得る。

以上のようにして、温度ドリフト等によって角度センサ P , Q の零点誤差の変動があった場合、上記の零点誤差関連値記録装置によって、零点誤差の変動量が求められ、精度の高い零点補償を行うことができる。

【 0 0 7 8 】

第 2 実施形態においても、例えば、N C 加工装置に隣接して零点誤差関連値記録装置を設けておいて、N C 加工装置の加工ワークの形状測定ができる領域と、スピンドル 2 1 0 上の試料 2 0 0 の測定面 2 0 2 の形状測定ができる領域をセンサキャリッジ 2 3 0 によって、センサユニット 2 2 0 を移動できるようにするしておくことが好ましい。

【 0 0 7 9 】

第 2 実施形態では、第 1 実施形態の作用効果 (1) ~ (3) と同様の作用効果を奏する他、下記の特徴を有する。

(1) 本実施形態の多点プローブの零点誤差の変動検出方法では、零点誤差関連値記録装置は、センサキャリッジ 2 3 0 (多点プローブ支持手段) が支持する複数の角度センサ P , Q がセンサキャリッジ 2 3 0 の移動方向に離れて設置されている。この結果、センサユニット 2 2 0 (多点プローブ) が 2 つの角度センサ P , Q における零点誤差の変動量を容易に求めることができ、この変動量に基づいて、容易に複数のセンサのドリフトが生じた後の零点誤差の補償を容易に行うことができる。

【 0 0 8 0 】

なお、本発明の実施形態は前記各実施形態に限定されるものではなく、下記のように変更してもよい。

第 1 実施形態では、試料 2 0 0 を 1 回転したときの、各変位センサ A , B , C の出力の平均値を算出したが、2 回転、或いは 3 回転以上を回転させてその各変位センサの出力の平均値を算出するようにしてもよい。なお、本明細書において、1 回転以上とは整数回転させることを意味している。

【 0 0 8 1 】

第 1 実施形態では、x 方向 (すなわち、径方向) の位置において変位センサ A , B , C を特定の位置に固定した状態で試料 2 0 0 の 1 回転の回転をインターバルを置いて、2 回行い、各回の変位センサ A , B , C の出力に基づいて、各変位センサの測定値の平均値を算出した。そして、各回における各変位センサ A ~ C の平均値に基づいて、測定時の運動誤差を消去して、各回における運動誤差解消値を演算し、両運動誤差解消値の差分を演算して、前記インターバル間の零点誤差の変動量を得るようにした。

【 0 0 8 2 】

変位センサ A , B , C を特定の位置に固定する代わりに、センサキャリッジ 2 3 0 を径方向において複数の位置に移動させて、それぞれの位置で、試料 2 0 0 をスピンドル 2 1 0 にて 1 回転、或いは 2 回転以上させた際に得られた変位センサ A , B , C の各出力に基づき各変位センサの A , B , C の測定値の平均値を演算するようにしてもよい。この場合、各測定値は、記憶装置 3 4 0 に記憶されるものとする。

【 0 0 8 3 】

このようにすると、各変位センサ A ~ C の総ての測定位置における測定値が得られて、その平均値が算出されるため、偶然誤差が少なくなり、精度の高い零点誤差の変動量を算出でき、その結果、精度の高い零点誤差の補償を行うことができる。

【 0 0 8 4 】

第 2 実施形態では、x 方向 (すなわち、径方向) の位置において角度センサ P , Q を特定のサンプリング点 x_i , x_{i+1} に固定した状態で試料 2 0 0 を 1 回転させ、角度センサ P , Q の測定値を得て、零点誤差を算出するようにした。

【 0 0 8 5 】

この代わりに、センサキャリッジ 230 を径方向（すなわち、x 方向）において複数の位置に移動させて、それぞれの位置において、試料 200 をスピンドル 210 にて 1 回転させた際に得られた角度センサ P、Q の各出力の平均値を演算するようにしてもよい。この演算は、前記第 2 実施形態と同様に行われる。

【0086】

そして、それぞれの位置における角度センサ P、Q の各出力の平均値をそれぞれ各出力毎に全部加算した後、その加算値を、加算した個数で割って各角度センサ P、Q の出力の総平均値を演算し、両者の総平均値の差を零点誤差として得るようにしてもよい。

【0087】

この場合、センサユニット 220 を角度センサ P、Q の間隔 d とサンプリング間隔 s を径方向（すなわち、x 方向）において同じにして移動させることが好ましいが、限定されるものではない。

【0088】

このようにすると、それぞれの位置における各出力の平均値に基づいて各出力の総平均値を演算し、両者の総平均値の差を零点誤差として得るため、偶然誤差を少なくすることができる。そして、精度が高い零点誤差を得ることができることから、算出される零点誤差の変動量も高い精度となり、その結果、高精度の零点誤差の補償を行うことができる。

【0089】

又、第 1 実施形態及び第 2 実施形態では説明はしていないが、スピンドルを回転自在に支持する軸受を静圧軸受とすれば、試料 200 の形状に含まれる偶然誤差を小さくしてもよい。このようにすれば、零点誤差の変動量の算出も高精度のものとなり、補償精度も高めることができる。

【0090】

さらに、試料 200 の円周上の形状を測定する際に、スピンドルを最初駆動した後、惰性で回転させるようにすれば、偶然誤差をさらに減少させることができる。

第 2 実施形態においては、2 次元角度センサを使用したか、2 次元である必要はない。2 つのセンサを結ぶ線を図 4 の X 軸としたとき、Y 軸周りの角度を測定できるものであればよい。又、角度センサの方式、構造も第 2 実施形態で説明した 2 次元角度センサに限定されるものではなく、他の構造に変更してもよい。

【0091】

上記実施形態から把握できる請求項以外の技術的思想を下記に挙げる。

(1) 前記測定対象物を少なくとも 1 課回転以上回転させる際に、前記回転手段を静圧軸受で回転自在に支持した状態で行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のうちいずれか 1 項に記載の多点プローブの零点誤差の変動検出方法。こうすると、零点誤差の変動量の算出も高精度のものとなり、補償精度も高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図 1】本発明を具体化した第 1 実施形態の零点誤差関連値記録装置の概略図。

【図 2】試料、スピンドル、センサユニットの配置関係を示す説明図。

【図 3】本発明を具体化した第 2 実施形態の零点誤差関連値記録装置における零点誤差演算装置の概略図。

【図 4】試料、スピンドル、センサユニットの配置関係を示す説明図。

【図 5】センサユニットの走査におけるサンプリング位置を示す説明図。

【図 6】角度センサの原理を示す説明図。

【図 7】角度センサの原理の改良を示す説明図。

【符号の説明】

【0093】

200 ... 試料（測定対象物）、210 ... スピンドル（回転手段）、

220 ... センサユニット（多点プローブ）、

230 ... センサキャリッジ（多点プローブ支持手段）、

10

20

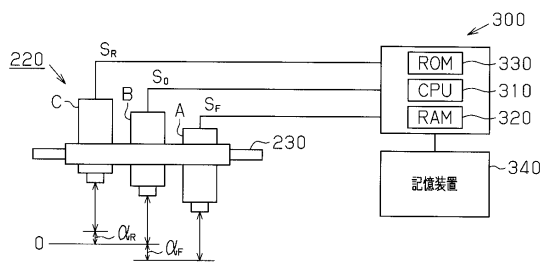
30

40

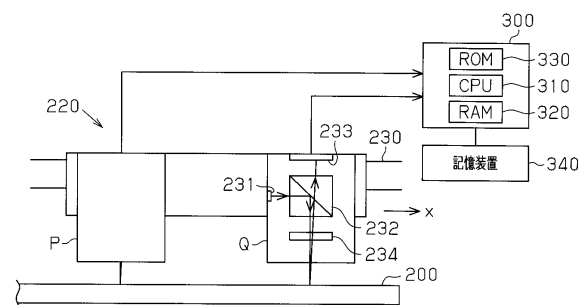
50

300...コンピュータシステム、310...CPU（読取り手段、算出手段）、
 340...記憶装置（記憶手段）、A、B、C...変位センサ、
 P、Q...角度センサ。

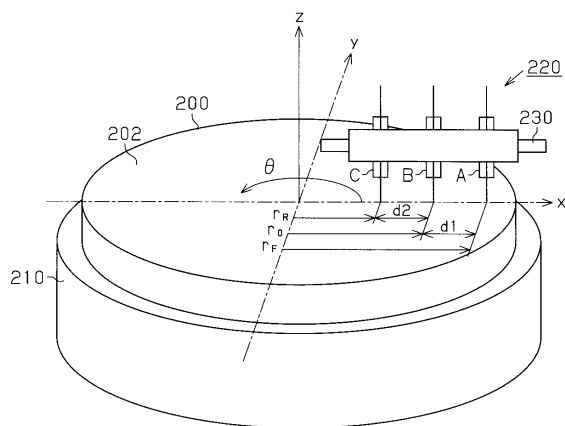
【図1】



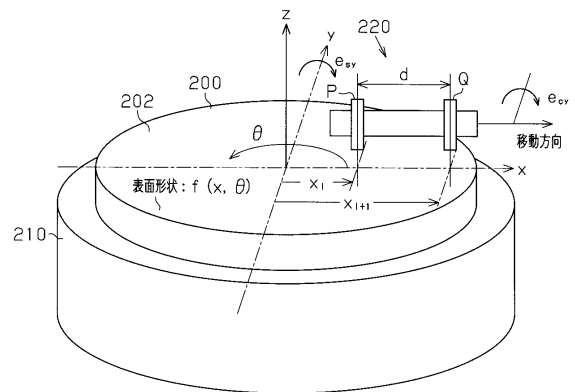
【図3】



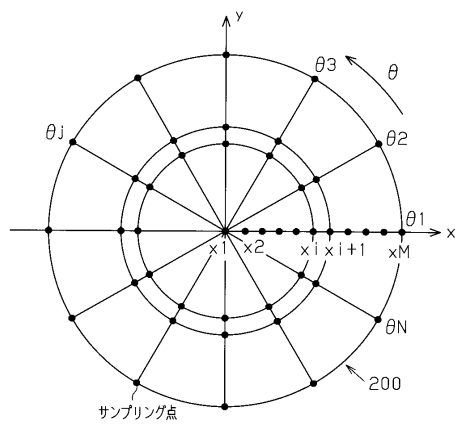
【図2】



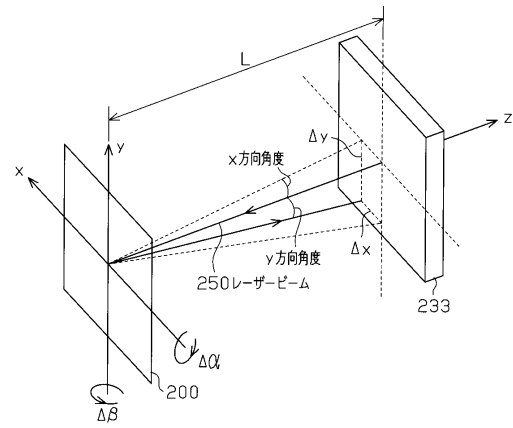
【図4】



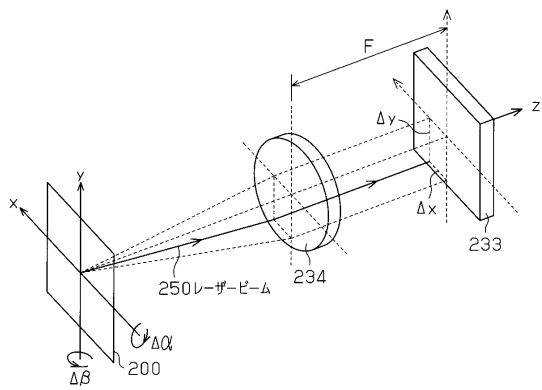
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

審査官 櫻井 仁

- (56)参考文献 特開2001-041733(JP,A)
特開2003-161615(JP,A)
特開2006-337112(JP,A)
特表2008-524576(JP,A)
特開2009-31170(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 21/00~21/32
G01B 5/00~5/30
G01B 7/00~7/34
G01B 11/00~11/30
G01B 17/00~17/08