

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-9336

(P2017-9336A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 21/30 (2006.01)	GO 1 B 21/30	1 O 1 Z 2 F 0 6 9
GO 1 B 21/20 (2006.01)	GO 1 B 21/20	C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2015-122768 (P2015-122768)	(71) 出願人	515167045
(22) 出願日	平成27年6月18日 (2015. 6. 18)		花岡 浩毅
			長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式
			会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
			穂高工場内
		(71) 出願人	591238981
			清野 慧
			宮城県仙台市青葉区土樋1丁目9番3-1
			O 1
		(74) 代理人	100107272
			弁理士 田村 敬二郎
		(74) 代理人	100109140
			弁理士 小林 研一
		(74) 代理人	100126826
			弁理士 二宮 克之

最終頁に続く

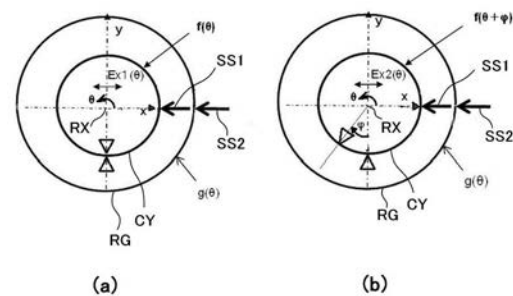
(54) 【発明の名称】 測定方法及び測定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】運動繰り返し誤差を排除しつつ高精度に真円度を測定できる測定方法及び測定装置を提供する。

【解決手段】周縁と被測定面との間にギャップが生じるようにして、試料に対して補助部材を配置し、補助部材の周縁と試料の被測定面とのギャップに関わる第1のデータと試料と補助部材とを軸線回りに角度 ϕ だけ相対回転させた第2のデータとに基づいて、運動繰り返し誤差を排除しつつ差分法により試料の真円形状を精度良く求める。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周縁を有する補助部材を用いて、略球面又は略円筒面である被測定面を有する試料の形状を測定する測定方法において、

前記周縁と前記被測定面との間にギャップが生じるようにして、前記試料に対して前記補助部材を配置し、

前記ギャップを、前記略球面又は略円筒面の軸線回りに測定して第 1 のデータを取得し、

前記試料と前記補助部材とを前記軸線回りに角度 ϕ だけ相対回動させた後、前記ギャップを、前記軸線回りに測定して第 2 のデータを取得し、

前記第 1 のデータと前記第 2 のデータとに基づいて、前記試料の被測定面の形状を求めることを特徴とする測定方法。

【請求項 2】

略球面又は略円筒面である被測定面を有する試料の形状を測定する測定装置において、回転軸線回りに回転可能であって、前記試料の軸線を前記回転軸線と一致させつつ前記試料を支持する回転テーブルと、

前記回転テーブル上に、前記試料に対して前記軸線回りに相対回動可能となるように載置され、その円周縁を、前記試料の被測定面に対してギャップを介在させるようにして配置した補助部材と、

前記回転テーブル外に支持され、前記ギャップを測定可能なギャップセンサとを有し、

前記回転テーブルと共に前記試料及び前記補助部材を回転させながら、前記ギャップを前記ギャップセンサにより測定して得られた第 1 のデータと、前記試料と前記補助部材とを前記軸線回りに角度 ϕ だけ相対回動させた後、前記ギャップを前記ギャップセンサにより測定して得られた第 2 のデータとに基づいて、前記試料の表面形状を求めることを特徴とする測定装置。

【請求項 3】

前記試料は球体であり、3 点支持により前記回転テーブルに保持されていて、前記補助部材は前記回転テーブルに支持されたリングであって、前記ギャップセンサは、前記球体の赤道と前記リングの内周縁とのギャップを測定することを特徴とする請求項 2 に記載の測定装置。

【請求項 4】

前記試料は円筒であり、前記補助部材は前記回転テーブルに支持されたリングであって、前記ギャップセンサは、前記円筒の外周面と前記リングの内周縁とのギャップを測定することを特徴とする請求項 2 に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記試料は円筒状の開口を有し、前記補助部材は前記回転テーブルに支持された円盤であって、前記ギャップセンサは、前記円筒状の開口の内周面と前記円盤の外周縁とのギャップを測定することを特徴とする請求項 2 に記載の測定装置。

【請求項 6】

前記ギャップセンサは、測定すべきギャップを透過した光束を受光することで、ギャップの間隔を測定する光学的センサであることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の測定装置。

【請求項 7】

前記ギャップセンサは、前記試料の被測定面の位置を測定する第 1 の変位センサと、前記補助部材の円周縁の位置を測定する第 2 の変位センサとからなり、前記第 1 の変位センサと前記第 2 の変位センサの感度軸は、前記軸線に向いていて、差分法により真円形状を求めることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、真円形状の測定を行える測定方法及び測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

回転運動を行う軸受などの機械構成要素において、球体や円筒などが多用されている。ここで、高精度な回転運動を実現するには、球体や円筒の真円度を高める必要があると共に、加工された球体や円筒の真円形状を精密に測定する技術が必要になる。しかるに、例えば旧 J I S B - 0 6 0 7 には、3点法、直径法、半径法などの測定法が規定されていたが、ダイヤルゲージなどを用いた機械的な測定では種々の誤差が生じるので、高精度な測定を行うには限界がある。

【0003】

これに対し、より高精度に真円度を測定するために、半径法、直径法、反転法、差分法などの測定技術が開発されてきた。これらの測定技術を比較するに、装置の価格、使いやすさ、精度などの観点から、いずれも一長一短がある。非特許文献 1 に、各測定技術について詳しく紹介されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】花岡浩毅，他 4 名，「ソフトウェアデータムにおける真円形状測定」精密工学会誌 Vol 80, No. 7, 682-686 頁、2014

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

各測定技術について説明する。真円からの偏差 $f(\theta)$ を、ここでは真円形状とする。まず、真円形状を測定するために用いられる半径法と直径法を、図 1 (a), (b) を参照して説明する。図 1 において、直交する x 軸と y 軸の原点 O に回転軸を有する回転テーブル R T 上に、試料円板 T P の中心を合わせるように置く。図 1 (a) に示す半径法では、単一の変位センサ S S 1 を、試料円板 T P の中心に向けて、回転テーブル R T 外の剛体に固定する。この半径法によれば、回転テーブル R T を回転させながら、試料円板 T P の外周形状を測定すると、変位センサ S S 1 からの出力には、試料円板 T P の真円形状 $f(\theta)$ 、回転テーブルの運動誤差(図 1 (a) の例では x 軸方向の振れ $E_x(\theta)$)が含まれることとなる。変位センサ S S 1 の出力 $m(\theta)$ は、定数項を除くと以下の式で表せる。尚、偏心の影響は剛体項として $f(\theta)$ に含まれる。

$$m(\theta) = f(\theta) + E_x(\theta) \quad (1)$$

【0006】

いわゆる真円度測定装置では、一般的に回転テーブルの運動誤差が小さいため、 $E_x(\theta)$ が、 $f(\theta)$ に比べて十分に小さくなる。しかしながら、 $E_x(\theta)$ が無視できない状況下では、半径法の問題として、 $m(\theta)$ を求めても $f(\theta)$ を精度良く導けないということがある。

【0007】

これに対し、図 1 (b) に示す直径法では、2つ変位センサ S S 1、S S 2 を、試料円板 T P の中心に向けて、互いに対向する位置で(直径に沿って)回転テーブル R T 外の剛体に固定する。変位センサ S S 1 の出力 $m_1(\theta)$ と変位センサ S S 2 の出力 $m_2(\theta)$ は、定数項を除くと以下の式で表せる。但し、 $E_{x1}(\theta)$ は、変位センサ S S 1 の検出位置での x 軸方向の振れであり、 $E_{x2}(\theta)$ は、変位センサ S S 2 の検出位置での x 軸方向の振れである。

$$m_1(\theta) = f(\theta) + E_{x1}(\theta) \quad (2)$$

$$m_2(\theta) = f(\theta + \pi) - E_{x2}(\theta) \quad (3)$$

【0008】

(2)、(3) 式の和をとることで、以下の式を得る。

$$m_1(\theta) + m_2(\theta) = f(\theta) + f(\theta + \pi) + E_{x1}(\theta) - E_{x2}(\theta)$$

$$= D(\theta) + \Delta E_x(\theta) \quad (4)$$

【0009】

(4) 式において、 $D(\theta)$ は試料円板 TP の直径の変化を表し、その x 軸方向における基準の誤差が $\Delta E_x(\theta)$ となる。このとき、運動の繰り返し誤差がなければ、 $\Delta E_x(\theta) = 0$ となり、変位センサ SS1, SS2 の出力から、 $D(\theta)$ を直接求めることができる。

【0010】

又、運動誤差を測定するために、(2)、(3) 式の差をとって 2 で割ることで、以下の式を得る。

$$\begin{aligned} & \{m_1(\theta) - m_2(\theta)\} / 2 \\ &= \{E_{x1}(\theta) + E_{x2}(\theta)\} / 2 + \{f(\theta) + f(\theta + \pi)\} / 2 \\ &= \Delta E_{xmean}(\theta) + \Delta D(\theta) \end{aligned} \quad (5)$$

これは、直径に θ の関数として変化がなければ、理想の真円を基準とした半径法と同じ結果になることを意味している。但し、直径法では等径ひずみ円の識別が出来ないという問題がある。

【0011】

これに対し、図 1 (c) に示す反転法では、図 1 (a) に示す状態から、変位センサ SS1 と試料円板 TP との位置関係を固定したまま、回転テーブル RT に対して 180 度相対回転させる。このとき変位センサ SS1 の出力 $m_3(\theta)$ は、相対回転が理想的に行われたとして、以下の式のようにになる。但し、 $E_{x3}(\theta)$ は、変位センサ SS1 の検出位置での x 軸方向の振れである。

$$m_3(\theta) = f(\theta) - E_{x3}(\theta) \quad (6)$$

【0012】

式 (2) と式 (6) とから、次の式を得る。

$$\{m_1(\theta) + m_3(\theta)\} / 2 = f(\theta) + \Delta E_x(\theta) / 2 \quad (7)$$

$$\{m_1(\theta) - m_3(\theta)\} / 2 = E_{xmean}(\theta) \quad (8)$$

【0013】

従って、式 (7) から、2 回の測定による変位センサ SS1 の出力より、運動繰り返し誤差の 1/2 の誤差を含む真円形状を求めることができる。又、式 (8) から、相対回転前後における運動繰り返し誤差の平均は 1 次的な誤差が含まれないことがわかる。但し、反転法においても、運動繰り返し誤差の 1/2 の誤差が残るので、真円度の高精度な測定における障害となりうる。

【0014】

これに対し、真円形状を測定する技術として差分法も知られている。差分法とは、図 1 (a) の半径法により変位センサ SS1 で測定を行った後、変位センサ SS1 の位置は不変として、試料円板 TP を回転テーブルに対して角度 ϕ だけ相対回転させ、再度変位センサ SS1 で測定を行い、2 つの出力から真円形状を求めるものである。しかるに、差分法においても運動繰り返し誤差が残るので、真円度の高精度な測定における障害となっている。

【0015】

本発明は、かかる従来技術の問題に鑑みてなされたものであり、運動繰り返し誤差を排除しつつ高精度に真円度を測定できる測定方法及び測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

請求項 1 に記載の測定方法は、周縁を有する補助部材を用いて、略球面又は略円筒面である被測定面を有する試料の形状を測定する測定方法において、

前記周縁と前記被測定面との間にギャップが生じるようにして、前記試料に対して前記補助部材を配置し、

前記ギャップを、前記略球面又は略円筒面の軸線回りに測定して第 1 のデータを取得し

10

20

30

40

50

、

前記試料と前記補助部材とを前記軸線回りに角度 ϕ だけ相対回動させた後、前記ギャップを、前記軸線回りに測定して第2のデータを取得し、

前記第1のデータと前記第2のデータとに基づいて、前記試料の被測定面の形状を求めることを特徴とする。

【0017】

本発明によれば、前記補助部材の周縁と前記被測定面とのギャップに関わる前記第1のデータと前記第2のデータとに基づいて、運動繰り返し誤差を排除しつつ前記試料の真円形状を精度良く求めることができる。「周縁」とは、外周縁でも良いし内周縁でも良く、必ずしも被測定面に対向している必要はなく、同じ方向を向いていても良い。

10

【0018】

請求項2に記載の測定装置は、略球面又は略円筒面である被測定面を有する試料の形状を測定する測定装置において、

回転軸線回りに回転可能であって、前記試料の軸線を前記回転軸線と一致させつつ前記試料を支持する回転テーブルと、

前記回転テーブル上に、前記試料に対して前記軸線回りに相対回動可能となるように載置され、その円周縁を、前記試料の被測定面に対してギャップを介在させるようにして配置した補助部材と、

前記回転テーブル外に支持され、前記ギャップを測定可能なギャップセンサとを有し、

前記回転テーブルと共に前記試料及び前記補助部材を回転させながら、前記ギャップを前記ギャップセンサにより測定して得られた第1のデータと、前記試料と前記補助部材とを前記軸線回りに角度 ϕ だけ相対回動させた後、前記ギャップを前記ギャップセンサにより測定して得られた第2のデータとに基づいて、前記試料の表面形状を求めることを特徴とする。

20

【0019】

本発明によれば、前記補助部材の周縁と前記被測定面とのギャップに関わる前記第1のデータと前記第2のデータとに基づいて、運動繰り返し誤差を排除しつつ前記試料の真円形状を精度良く求めることができる。

【0020】

請求項3に記載の測定装置は、請求項2に記載の発明において、前記試料は球体であり、3点支持により前記回転テーブルに保持されていて、前記補助部材は前記回転テーブルに支持されたリングであって、前記ギャップセンサは、前記球体の赤道と前記リングの内周縁とのギャップを測定することを特徴とする。

30

【0021】

これにより球体表面の真円形状を精度良く測定できる。尚、前記球体が3点支持されているので、その回転を任意に行えるから、前記球体を回転させることで任意の赤道に沿った真円形状を精度良く測定できることとなる。

【0022】

請求項4に記載の測定装置は、請求項2に記載の発明において、前記試料は円筒であり、前記補助部材は前記回転テーブルに支持されたリングであって、前記ギャップセンサは、前記円筒の外周面と前記リングの内周縁とのギャップを測定することを特徴とする。

40

【0023】

これにより円筒外周の真円形状を精度良く測定できる。

【0024】

請求項5に記載の測定装置は、請求項2に記載の発明において、前記試料は円筒状の開口を有し、前記補助部材は前記回転テーブルに支持された円盤であって、前記ギャップセンサは、前記円筒状の開口の内周面と前記円盤の外周縁とのギャップを測定することを特徴とする。

【0025】

これにより開口内周の真円形状を精度良く測定できる。

50

【0026】

請求項6に記載の測定装置は、請求項1～5のいずれかに記載の発明において、前記ギャップセンサは、測定すべきギャップを透過した光束を受光することで、ギャップの間隔を測定する光学的センサであることを特徴とする。

【0027】

これにより前記ギャップを精度良く測定でき、前記試料の真円形状を精度良く測定できる。

【0028】

請求項7に記載の測定装置は、請求項1～5のいずれかに記載の発明において、前記ギャップセンサは、前記試料の被測定面の位置を測定する第1の変位センサと、前記補助部材の円周縁の位置を測定する第2の変位センサとからなり、前記第1の変位センサと前記第2の変位センサの感度軸は、前記軸線に向いていて、差分法により真円形状を求めることを特徴とする。

【0029】

これにより前記ギャップを精度良く測定でき、前記試料の真円形状を精度良く測定できる。

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、前記第1のデータと前記第2のデータとに基づいて、前記試料の真円形状を精度良く求めることができる。すなわち、同じ運動繰り返し誤差を含む前記試料の被測定面と前記補助部材の周縁を同時に測定することで、運動繰り返し誤差の影響を排除した差分値を得ることができる。その差分値からの真円形状の復元には、積分法、逆フィルタリング法、逐次2点法と合成法など種々の手法がある。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】半径法、直径法、反転法を説明するための図である。

【図2】第1の実施の形態にかかる測定装置の概略斜視図である。

【図3】本実施の形態の測定装置の主要部を上方から見た概略図であり、(a)は円筒と円管部材との相対回転前の状態を示し、(b)は相対回転後の状態を示している。

【図4】第2の実施の形態にかかる測定装置の概略斜視図である。

【図5】本実施の形態の測定装置を回転軸線に沿って切断して示す断面図である。

【図6】(a)は、球体SPと円管部材RGとを相対回転する前の測定装置の斜視図であり、(b)は、球体SPと円管部材RGとを角度 ϕ だけ相対回転した後の測定装置の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

図面を参照して、本実施の形態について説明する。図2は、第1の実施の形態にかかる測定装置の概略斜視図である。図3は、本実施の形態の測定装置の主要部を上方から見た概略図である。図2において、回転テーブルRTの回転軸線RXに、その軸線を一致させながら、試料としての円筒CYが回転テーブルRT上に載置されている。又、補助部材としての円管部材RGが、円筒CYを包囲しつつ回転テーブルRT上に載置されている。円筒CYと円管部材RGとは回転テーブルRTにより一体的に回転可能であり、又両者は軸線RX回りに相対回転可能となっている。

【0033】

円筒CYの上端は、円管部材RGの上端より突出しており、円筒CYの上端の外周面に対向して変位センサSS1が配置され、不図示の剛体によって支持されている。一方、円管部材RGの上端の外周面に対向して変位センサSS2が配置され、同様に不図示の剛体によって支持されている。変位センサSS1, SS2の感度軸は、図3ではx軸上にあり回転軸線RXを向いている。円管部材RGの上端の外周面が、全周に渡って径方向に突出しており、周縁を形成しているものとし、かかる周縁の形状 $g(\theta)$ を、変位センサSS

2が測定するものとする。一方、被測定面である円筒CYの上端の外周面（略円筒面）の真円形状を、 $f(\theta)$ とする。周縁と外周面との間隔は1mm程度以下が望ましい。変位センサとしては、渦電流式、光学式、超音波式など種々の形態があるが、非接触式であることが望ましい。変位センサSS1、SS2がギャップセンサを構成する。

【0034】

次に、本実施の形態の測定装置を用いた測定について、図3を参照して説明する。まず比較のため、変位センサSS1の出力のみに基づいて、差分法により円筒CYの真円形状 $f(\theta)$ を求める。ここで、 $\theta = 0 \sim 360$ 度の範囲で、図3(a)に示す基準状態での測定時の変位センサSS1の出力を $m_{11}(\theta)$ とし、更に図3(b)に示すように、円管部材RGは固定したまま円筒CYを角度 ϕ だけ相対回転させた状態での測定時の変位センサSS1の出力を $m_{12}(\theta)$ とすると、以下の式を得る。但し、 $E_{x1}(\theta)$ 、 $E_{x4}(\theta)$ は、それぞれ運動繰り返し誤差になる。

$$m_{11}(\theta) = f(\theta) + E_{x1}(\theta) \quad (9)$$

$$m_{12}(\theta) = f(\theta + \phi) + E_{x4}(\theta) \quad (10)$$

【0035】

更に、(9)、(10)式から、以下の式を得る。

$$m_{11}(\theta) - m_{12}(\theta) = f(\theta) - f(\theta + \phi) + \{E_{x1}(\theta) - E_{x4}(\theta)\} \quad (11)$$

【0036】

(11)式によれば、変位センサSS1の出力のみを用いた場合、運動繰り返し誤差 $\{E_{x1}(\theta) - E_{x4}(\theta)\}$ が逐次積算されて誤差が生じ、これが測定の高精度化の障害になる。

【0037】

次に、差分法を用いた本実施の形態による測定について説明する。 $\theta = 0 \sim 360$ 度の範囲で、図3(a)に示す基準状態での測定時の変位センサSS1の出力を $m_{11}(\theta)$ とし、変位センサSS2の出力を $m_{21}(\theta)$ として、その差をとって第1のデータとすると、運動繰り返し誤差がキャンセルされ、以下の式が得られる。

$$\mu_1(\theta) = m_{21}(\theta) - m_{11}(\theta) = g(\theta) - f(\theta) \quad (12)$$

【0038】

次に、図3(b)に示すように、円管部材RGは固定したまま円筒CYを角度 ϕ だけ相対回転させた状態での測定時の変位センサSS1の出力を $m_{12}(\theta)$ とし、変位センサSS2の出力を $m_{22}(\theta)$ として、その差をとって第2のデータとすると、運動繰り返し誤差がキャンセルされ、以下の式が得られる。

$$\mu_2(\theta) = m_{22}(\theta) - m_{12}(\theta) = g(\theta) - f(\theta + \phi) \quad (13)$$

【0039】

更に、(13)、(14)式から、以下の式により差分値 $\Delta f(\theta)$ を得ることができる。差分値 $\Delta f(\theta)$ から真円形状を復元する手法としては、積分法、逆フィルタリング法、逐次2点法と合成法など種々の手法が知られているが、ここでは説明を省略する。

$$\Delta f(\theta) = \mu_1(\theta) - \mu_2(\theta) = f(\theta + \phi) - f(\theta) \quad (14)$$

【0040】

(14)式から明らかであるが、運動繰り返し誤差に加えて、円管部材RGの形状も測定結果に反映されなくなるので、円管部材RGの形状に関わらず真円形状の高精度な測定を行うことができる。又、円筒CYの真円形状 $f(\theta)$ が求めれば、円管部材RGの周縁の真円形状 $g(\theta)$ も求まることとなる。

【0041】

尚、円管部材RGの内周面形状を $g'(\theta)$ として同様の測定を行うことも出来、それにより以下の式を得る。

$$\mu_1(\theta) = m_{21}(\theta) - m_{11}(\theta) = g'(\theta) + f(\theta) \quad (15)$$

$$\mu_2(\theta) = m_{22}(\theta) - m_{12}(\theta) = g'(\theta) + f(\theta + \phi) \quad (16)$$

【0042】

10

20

30

40

50

従って、目的の差分値は次式で表され、同様の結果となる。

$$\Delta f(\theta) = \mu_2(\theta) - \mu_1(\theta) = f(\theta + \phi) - f(\theta) \quad (17)$$

【0043】

図4は、第2の実施の形態にかかる測定装置の概略斜視図であるが、円管部材を分解した状態で示し且つギャップセンサは省略している。図5は、本実施の形態の測定装置を回転軸線に沿って切断して示す断面図である。図4において、内部に空洞が設けられ回転する頂壁が透明なガラスである回転テーブルRT上に、短い円筒状のホルダHLが載置されている。ホルダHLの上面には、回転テーブルRTの回転軸線RXから等距離で、周方向に等間隔に3つの半球HPが固定されている。試料である球体SPが、半球HPにより3点支持されている。球体SPの表面（略球面）が被測定面となる。

10

【0044】

球体SPを包囲するようにして、回転テーブルRT上に円管部材RGが載置されている。円管部材RGは、上端に環状部材（リング）ANを取り付けている。環状部材ANの内周縁は薄く尖っており、球体SPの赤道EQ（ここでは回転軸線RXに直交し且つ最大径を持つ）に全周に渡って対向している。尚、環状部材ANをカメラの絞り機構のように径を可変とする構成としても良い。

【0045】

図5に示すように、回転テーブルRT内に光源LDを固定配置している。光源LDから出射された平行光束は、回転テーブルRTの回転軸線RXに平行に進行し、回転テーブルRTの平行平板状の頂壁を透過し、更に環状部材ANの内周縁と球体SPの赤道EQとの間のギャップTHを通過して、受光部PDに入射するようになっている。ギャップTHを通過した光束を受光部PDで受光することにより、ギャップTHの寸法を測定可能となっている。微小な直径変化は、一回転にわたるギャップの平均値を求めると評価できる。光源LDと受光部PDとは不図示の剛体に取り付けられており、ギャップセンサ（光学的センサ）を構成する。尚、かかるギャップセンサにおいて、例えば、特開2014-228393号公報に開示のマスクや光学系を用いることは任意である。

20

【0046】

図6(a)は、球体SPと円管部材RGとを相対回転する前の測定装置の斜視図であり、図6(b)は、球体SPと円管部材RGとを角度φだけ相対回転した後の測定装置の斜視図である。本実施の形態でも、まず図6(a)に示す状態とすることで、測定したギャップTHから上記(12)式の値を得ることが出来、また図6(b)に示す状態とすることで、測定したギャップTHから上記(13)式の値を得ることが出来るから、運動繰り返し誤差をキャンセルして、真円形状の高精度な測定を行うことができる。

30

【0047】

尚、図示していないが、円管部材RGを傾けて支持する姿勢調整装置を採用しても良い。かかる場合、円管部材RGの傾きを変えることで、任意の位置の赤道EQの真円形状を測定することができる。この場合、1回目の真円形状測定で、上述したように環状部材ANの周縁形状g(θ)が既知になれば、以降の測定では、環状部材ANを測定基準として用いることで、球体SPと円管部材RGとの相対回動が不要になり、迅速に赤道EQの真円形状が判る。尚、かかる場合、円管部材RGの傾きに依じて、光源LDと受光部PDの位置も変更されることが前提である。光源としては、半導体レーザ、LED、水銀灯など種々のものを用いることができる。

40

【0048】

又、図5において、球体SPを補助部材とし、環状部材ANを試料として、その開口としての内周面形状を測定することもできる。この場合、球体SPを固定して、環状部材ANを円管部材RGと共に角度φだけ相対回転させることとする。球体SPの代わりに、環状部材ANよりわずかに小さい外周縁を有する円盤を用いても良い。

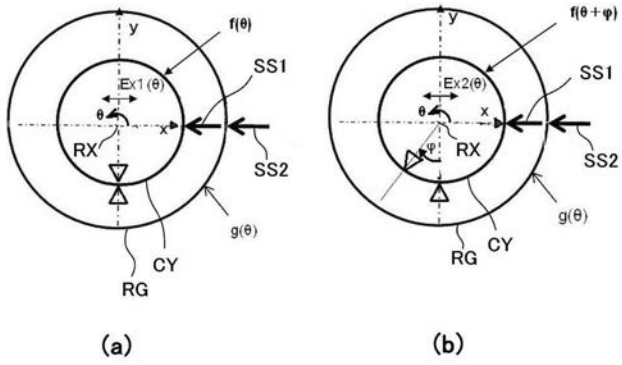
【符号の説明】

【0049】

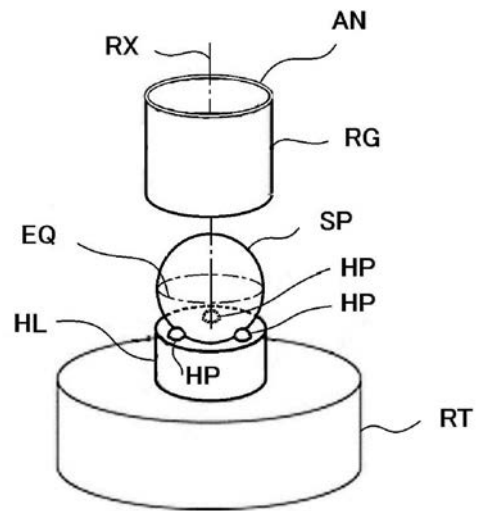
AN 環状部材

50

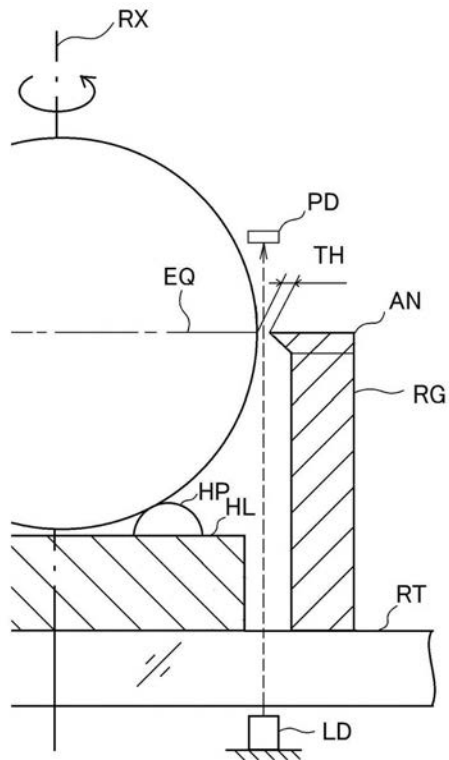
【図 3】



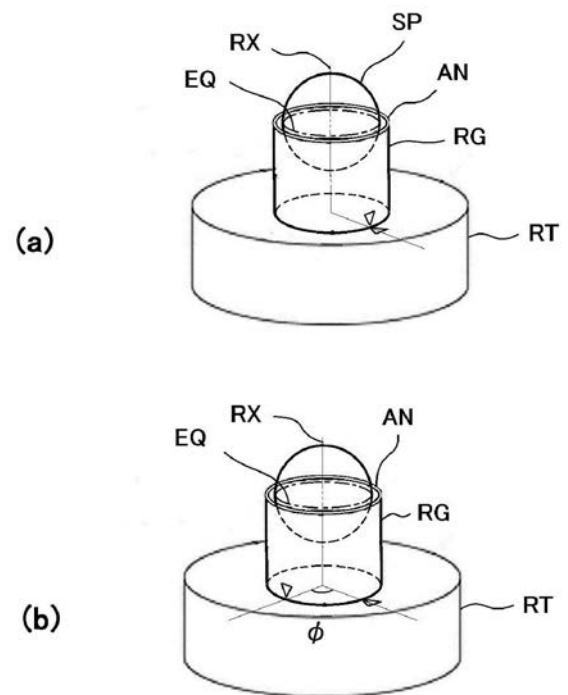
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 花岡 浩毅

長野県安曇野市穂高牧1856-1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ穂高工場内

(72)発明者 清野 慧

宮城県仙台市青葉区土樋一丁目9番3-101

Fターム(参考) 2F069 AA02 AA06 AA44 AA56 AA63 BB09 CC08 DD19 DD25 DD27
GG04 GG06 GG07 GG09 GG12 GG62 HH09 JJ17 NN02 NN06
NN26 PP02