

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5242940号
(P5242940)

(45) 発行日 平成25年7月24日(2013.7.24)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 B 11/24 (2006.01) GO 1 B 11/24 A
 GO 1 B 11/24 B

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2007-114460 (P2007-114460)	(73) 特許権者	390013033
(22) 出願日	平成19年4月24日(2007.4.24)		三鷹光器株式会社
(65) 公開番号	特開2008-268122 (P2008-268122A)		東京都三鷹市野崎1-18-8
(43) 公開日	平成20年11月6日(2008.11.6)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成22年4月6日(2010.4.6)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄
		(72) 発明者	中村 勝重
			東京都調布市深大寺元町4-30-33
		(72) 発明者	三浦 勝弘
			東京都三鷹市大沢4-6-15
		審査官	梶田 真也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触形状測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

三次元直交座標軸XYZとして、レーザ光を照射するレーザ光照射手段と、Z軸に鉛直光軸を合わせた状態でZ軸方向に移動自在で且つ鉛直光軸と平行に導かれたレーザ光を透過して焦点に向かわせると共に測定ワークの表面で反射されたレーザ光を透過して鉛直光軸と平行にする対物レンズ手段と、対物レンズ手段を透過したレーザ光を受光する光位置検出手段と、該光位置検出手段からの位置信号に基づいてレーザ光の焦点を測定ワークの表面に合致せしめるべく前記対物レンズ手段をZ軸方向で移動させるフォーカス手段と、を備えた非接触形状測定装置であって、

レーザ光は前記対物レンズ手段の非中心部に導入される光線ビームであり、

前記対物レンズ手段と測定ワークの間に配置され、対物レンズ手段を透過したレーザ光をX軸に合致した水平光軸上に位置する焦点へ向かうレーザ光として反射すると共に測定ワークで反射されたレーザ光を反射して対物レンズ手段側へ導く反射平面を有する反射手段を設け、

鉛直光軸と平行なレーザ光に対して反射手段をX軸方向へ相対的に平行移動させるX軸方向移動手段を設け、

測定ワークを反射手段で反射されたレーザ光に対して、所定の回転中心を中心に水平方向で方向へ相対的に回転させる方向移動手段を反射手段に位置固定して設けたことを特徴とする非接触形状測定装置。

【請求項2】

測定ワークを反射手段で反射されたレーザ光に対して、Z軸から見てY軸方向へ相対的に平行移動させるY軸方向移動手段を設けたことを特徴とする請求項1記載の非接触形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非接触形状測定装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

レーザオートフォーカスを用いたレーザプローブ式の非接触形状測定装置は精密部品の形状や粗さを広範囲にわたりナノレベルの分解能で計測できることが知られている。すなわち、三次元直交座標軸XYZとして、測定対象である測定ワークの上面に対し、鉛直方向であるZ軸方向でレーザ光によるオートフォーカス制御を実行しながら、測定ワークをXY方向に走査し、オートフォーカス光学系の対物レンズのZ軸方向での移動量から測定ワークの表面形状に関する測定データを取得する構造である（例えば、特許文献1参照）。

10

【0003】

すなわち、プローブ光としてのレーザ光はビーム幅が極めて狭い光線ビームであって、対物光学系の光軸に平行に進みかつ光軸からずれた位置で対物光学系に導入され、対物光学系の焦点面において光軸と交差する。この交差位置は対物光学系に対して位置固定されているため対物光学系とワークとがZ方向に相対的に移動することによりワーク表面へのXまたはY方向の照射位置が移動する。ワーク表面の一点で反射されたレーザ光は対物光学系を介して位置検出器で位置検出される。反射光の検出位置からワーク表面と対物光学系の焦点面との位置ずれが測定されるのでこれをフィードバック制御することによりオートフォーカスが実現する。その結果、対物光学系のZ方向の位置からワーク表面の形状を測定することができる。

20

【特許文献1】特開2005-201656号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、このような関連技術にあっては、対物レンズを透過したレーザプローブとしてのレーザ光を、Z軸方向で測定ワークの上面に当てる構造のため、測定ワークの上面形状しか測定することができない。例えば、インターナルギアの内歯のような内面形状は測定することができなかった。

30

【0005】

本発明は、このような関連技術における問題に着目してなされたものであり、測定ワークの内面形状も測定することができる非接触形状測定装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項1記載の発明は、三次元直交座標軸XYZとして、レーザ光を照射するレーザ光照射手段と、Z軸に鉛直光軸を合わせた状態でZ軸方向に移動自在で且つ鉛直光軸と平行に導かれたレーザ光を透過して焦点に向かわせると共に測定ワークの表面で反射されたレーザ光を透過して鉛直光軸と平行にする対物レンズ手段と、対物レンズ手段を透過したレーザ光を受光する光位置検出手段と、該光位置検出手段からの位置信号にてレーザ光の焦点を測定ワークの表面に合致せしめるべく前記対物レンズ手段をZ軸方向で移動させるフォーカス手段と、を備えた非接触形状測定装置であって、前記対物レンズ手段と測定ワークの間に配置され、対物レンズ手段を透過したレーザ光をX軸に合致した水平光軸上に位置する焦点へ向かうレーザ光として反射すると共に測定ワークで反射されたレーザ光を反射して対物レンズ手段側へ導く反射平面を有する反射手段を設けたことを特徴とする。

40

【0007】

50

請求項 2 記載の発明は、測定ワークを反射手段で反射されたレーザ光に対して、Z 軸から見て Y 軸方向へ相対的に平行移動させる Y 軸方向移動手段を設けたことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 記載の発明は、測定ワークを反射手段で反射されたレーザ光に対して、所定の回転中心を中心に水平方向で 方向へ相対的に回転させる 方向移動手段を設けたことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

請求項 4 記載の発明は、測定ワークを反射手段で反射されたレーザ光に対して、X 軸方向へ相対的に平行移動させる X 軸方向移動手段を設けたことを特徴とする。

【発明の効果】

10

【 0 0 1 0 】

請求項 1 記載の発明によれば、反射手段により、対物レンズ手段を透過したレーザプロップとしてのレーザ光の光路を水平光軸に沿った方向へ折り曲げるため、概略リング形状等の測定ワークの内面形状も、そのままの状態に測定することが可能となる。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 記載の発明によれば、測定ワークを反射手段で反射されたレーザ光に対して、Y 軸方向へ相対的に平行移動させる Y 軸方向移動手段が設けられているため、Y 軸方向に走査した二次元形状を測定することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 3 記載の発明によれば、測定ワークを反射手段で反射されたレーザ光に対して、 方向へ相対的に回転させる 方向移動手段が設けられているため、 方向に走査した二次元形状を測定することができる。

20

【 0 0 1 3 】

請求項 4 記載の発明によれば、測定ワークを X 軸方向へ相対的に平行移動させる X 軸方向移動手段が設けられているため、測定ワークを X 軸方向に移動させると、反射手段で反射されるレーザ光の Z 軸方向の位置が変位する。従って、この X 軸方向移動手段を、前記 Y 軸方向移動手段又は 方向移動手段と組み合わせることにより、三次元形状を測定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 4 】

30

(第 1 実施形態)

図 1 ~ 図 6 は、本発明の第 1 実施形態を示す図である。まず、図 1 に基づいて全体構造を説明する。図 1 において、X Y は水平面上で直交する二方向で、Z は X Y に垂直な鉛直方向である

本実施例における測定対象としての測定ワークは、概略リング状のインターナルギア 1 であり、内面には内歯 2 が形成されている。このインターナルギア 1 は、同様な中空構造をした回転ステージ 3 の上に載置されている。回転ステージ 3 は、X 軸方向にスライド自在な X 軸ステージ (X 軸方向移動手段) 4 の上に組み付けられている。X 軸ステージ 4 は、Y 軸方向へスライド自在な Y 軸ステージ (Y 軸方向移動手段) 5 の上に組み付けられている。

40

【 0 0 1 5 】

中空構造をした回転ステージ 3 の内部には、円形のセンタステージ 6 が X 軸ステージ 4 に設けられている。センタステージ 6 の縁部には反射手段としてのプリズム 7 が、角度 45 度の四角い反射平面 8 を外側へ向けた状態で設置されている。

【 0 0 1 6 】

次に、オートフォーカス光学系の構造を説明する。測定光としての半導体レーザであるレーザ光 L はビーム幅が極めて狭い光線ビームであってレーザ光照射手段 9 から照射される。レーザ光照射手段 9 からのレーザ光 L は、2 枚のミラー 10、11 を介して反射され、Z 軸に合致した鉛直光軸 K 1 と平行になって、対物レンズ手段 (対物光学系) 12 へ導かれる。

50

【 0 0 1 7 】

鉛直光軸 K 1 は対物レンズ手段 1 2 の光軸であり、前記鉛直光軸 K 1 と平行に導かれたレーザ光 L は、対物レンズ手段 1 2 の非中心部を透過する。対物レンズ手段 1 2 を透過したレーザ光 L が、いわゆるレーザプローブであり、このレーザ光 L が前記プリズム 7 の反射平面 8 に当たる。

【 0 0 1 8 】

反射平面 8 で反射されたレーザ光 L は、X 軸に合致した水平光軸 K 2 上に位置する焦点 F へ向かうレーザ光 L として X 軸方向に向かい、インターナルギア 1 の内面に形成された内歯 2 に当たる。すなわち、プローブ光としてのレーザ光 L は対物レンズ手段 1 2 の非中心部を通過しているため鉛直光軸 K 1 や水平光軸 K 2 に対して交差する方向に進み焦点 F において水平光軸 K 2 と交差する。

10

【 0 0 1 9 】

インターナルギア 1 の内歯 2 に当たって乱反射されたレーザ光 L ' の一部の成分は、再度反射平面 8 で反射されて対物レンズ手段 1 2 に入光し、対物レンズ手段 1 2 を再透過して、鉛直光軸 K 1 と平行に進む。ここでレーザ光 L は、インターナルギア 1 の内歯 2 に対し、X 軸及び Z 軸を含む垂直面に沿って水平光軸 K 2 に斜めに照射され、反射される。なお、図においては、反射されたレーザ光のうち主たる光束をレーザ光 L ' として代表的に表している。

【 0 0 2 0 】

対物レンズ手段 1 2 を透過したレーザ光 L は、2 枚のミラー 1 1、1 3 で反射され、結像レンズ 1 4 を経て、光位置検出装置 1 5 に至る。

20

【 0 0 2 1 】

レーザ光 L の焦点 F が内歯 2 の表面に合致した時に、反射したレーザ光 L ' が光位置検出装置 1 5 のセンター 1 6 と合致するように構成されており、レーザ光 L ' の光学的重心がセンター 1 6 からずれた場合には、そのずれを是正するため、サーボ式のフォーカス手段 1 7 により対物レンズ手段 1 2 をフォーカス方向 (Z 方向) に移動させる。従って、オートフォーカス制御におけるこの対物レンズ手段 1 2 の移動量から、インターナルギア 1 の内歯 2 の X 軸方向での高さ寸法 (凹凸寸法) を測定することができる。

【 0 0 2 2 】

ミラー 1 1 はハーフミラーで、このミラー 1 1 及び結像レンズ 1 8 を介してカメラ手段 (CCD カメラ等) 1 9 により撮影することができる。カメラ手段 1 9 で撮影された画像はモニター 2 0 に表示することができる。

30

【 0 0 2 3 】

インターナルギア 1 は、回転ステージ 3 及び X 軸ステージ 4 を介して Y 軸ステージ 5 上に載置されているため、前述のようにインターナルギア 1 の内歯 2 にレーザ光 L によるオートフォーカス制御を行っている状態で、インターナルギア 1 を回転ステージ 3 及び X 軸ステージ 4 ごと Y 軸方向へ平行移動させることにより、レーザ光 L を反射平面 8 の範囲内で Y 軸方向へ走査することができる (図 3 参照)。従って、反射平面 8 の範囲内において、Y 軸方向における内歯 2 の二次元形状を得ることができる (図 4 参照)。

【 0 0 2 4 】

また、図 5 に示すように、X 軸ステージ 4 により、レーザ光 L に対して、プリズム 7 を X 軸方向に移動させると、反射平面 8 が 4 5 度の角度を有しているため、反射平面 8 で反射されて内歯 2 に当たるレーザ光 L が上下動し、レーザ光 L を内歯 2 に対して上下方向 (Z 軸方向) に走査することができる。従って、Y 軸方向での一本の走査が終了した後に、Z 軸方向で水平光軸 K 2 の位置をずらして再び Y 軸方向での走査を繰り返すことにより、内歯 2 の表面形状を三次元的に測定することができる (図 6 参照)。

40

【 0 0 2 5 】

この実施形態では、レーザプローブとしてのレーザ光 L を、プリズム 7 で折り曲げて X 軸方向へ向けているため、対物レンズ手段 1 2 の Z 軸の変位はプリズム 7 で折り返すことにより測定座標系上 X 軸の変位となり、X 軸ステージ 4 の移動は測定座標系上で Z 軸の変位

50

に変換される。このようにして、インターナルギア 1 とプリズム 7 の両方を移動させ、各フォーカス点のXYZ座標を読み込むことにより内歯 2 の三次元形状の測定が可能となる。

【0026】

更に、この実施形態では、反射平面 8 からのレーザ光 L が、内歯 2 に対し、X 軸及び Z 軸を含む垂直面に沿って照射され且つ反射されるため、レーザ光 L は内歯 2 の溝の内部まで確実に当たり、内歯 2 の形状を正確に測定することができる。

【0027】

(第 2 実施形態)

図 7 ~ 図 9 は、本発明の第 2 実施形態を示す図である。なお、本実施形態は、上記第 1 実施形態と同様の構造を備えたもので、測定方向が相違している。よって、それら同様の構成要素については共通の符号を付すとともに、重複する説明を省略する。

10

【0028】

この実施形態では、回転ステージ 3 によりインターナルギア 1 を 方向へ回転させる。前記第 1 実施形態では、測定範囲がプリズム 7 の反射平面 8 の正面に限られるが、この実施形態では、内歯 2 の全周(全範囲)を測定することができる。

【0029】

まず、回転ステージ 3 の一部に基準球 21 をセットして位置固定する。回転ステージ 3 を回転させて、任意の 3 箇所で基準球 21 の頂点付近を上からのレーザ光 L で X 軸及び Y 軸方向に走査して、基準球 21 の中心を求め、その 3 つの中心位置から、回転ステージ 3 の回転中心 S を求める。

20

【0030】

プリズム 7 の反射平面 8 は Y 軸と平行にセットし、Y = 0 の位置にて、回転ステージ 3 を 方向に回転させながら、プリズム 7 で折り曲げられたレーザ光 L により、内歯 2 の全周測定を行う。

【0031】

測定された内歯 2 の回転座標系のデータは XYZ 座標系に変換される。すなわち、基準球 21 により求めた回転中心 S を $(X, Y) = (0, 0)$ とした平面座標系にて、 $(A, 0)$ 位置で、内径 R が既知のリングゲージ内径を 3 点以上測定する。リングゲージの中心座標 (X, Y) から測定点 1 の位置 A は、 $A = \sqrt{X^2 + Y^2}$ の式で算出できる。ここで R はリングゲージの内径である。

30

【0032】

このようにして回転中心の位置および測定点の座標値 $(A, 0)$ を求めた後、インターナルギア 1 を 方向で回転させ、前記回転中心 S について極座標変換することにより、内歯 2 の全周の内径測定を行うことができる。そして、第 1 実施形態と同様に、プリズム 7 を X 軸方向へ移動させることにより、レーザ光 L を内歯 2 に対して上下動させることにより、内歯 2 の全周に関する三次元形状を測定することが可能となる。

【0033】

以上の実施形態では、測定ワークとして、リング形状のインターナルギア 1 を例にしたが、これに限定されるものではない。カム等の部品でもよく、更に立てた状態で測定することが困難なアーチ形状の部品の側面を測定する場合などにも適用可能である。また、反射手段としてプリズム 7 を例にしたが、ミラーでも良い。

40

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る非接触形状測定装置を示す構造図。

【図 2】インターナルギア及び回転ステージを示す平面図。

【図 3】インターナルギアを Y 軸へ移動させた状態を示す部分平面図。

【図 4】内歯の二次元形状を示すグラフ。

【図 5】プリズムを X 軸方向へ移動させた状態を示す側面図。

【図 6】内歯の三次元形状を示すグラフ。

【図 7】本発明の第 2 実施形態を示す図 3 相当の部分平面図。

50

【図8】基準球により回転中心を求める状態を示す説明図。

【図9】座標変換を示す説明図。

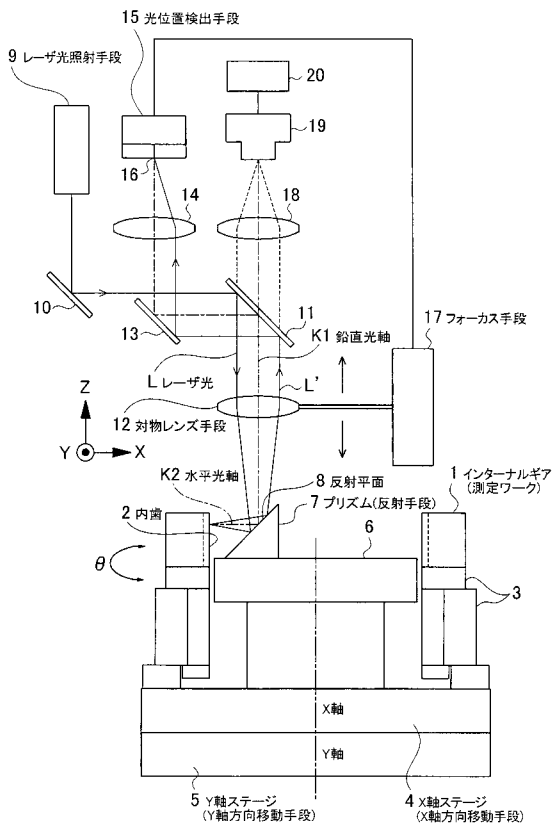
【符号の説明】

【0035】

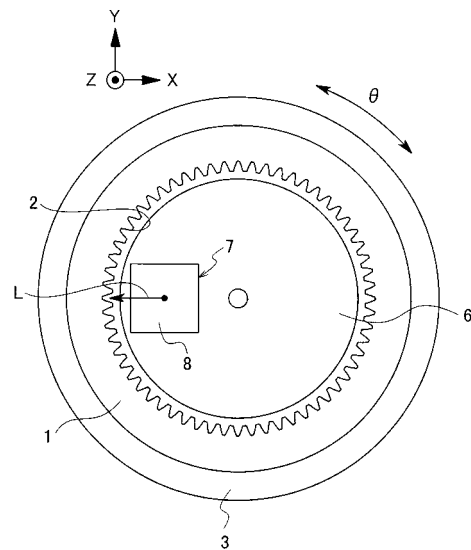
- 1 インターナルギア（測定ワーク）
- 2 内歯
- 3 回転ステージ
- 4 X軸ステージ（X軸方向移動手段）
- 5 Y軸ステージ（Y軸方向移動手段）
- 7 プリズム（反射手段）
- 8 反射平面
- 9 レーザ照射手段
- 12 対物レンズ手段
- 17 フォーカス手段
- L レーザ光, L' レーザ反射光
- K1 鉛直光軸
- K2 水平光軸
- F 焦点
- S 回転中心

10

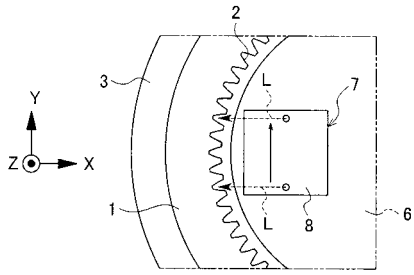
【図1】



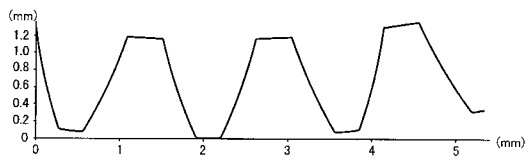
【図2】



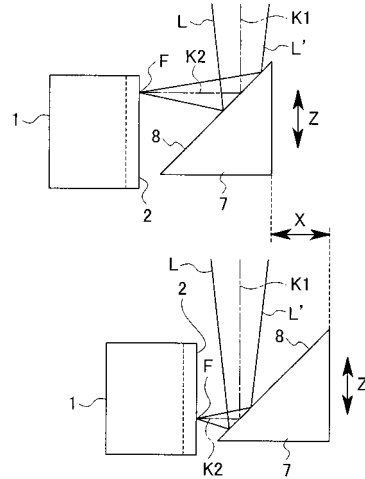
【図3】



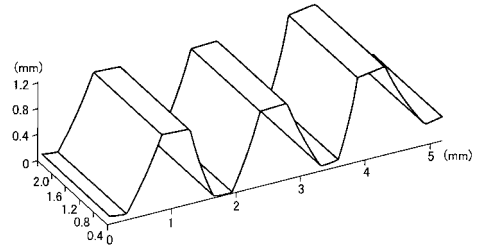
【図4】



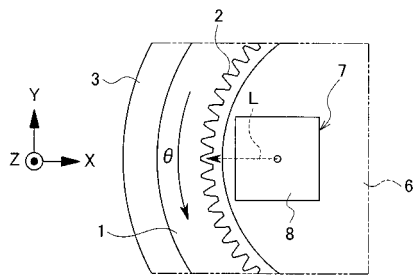
【図5】



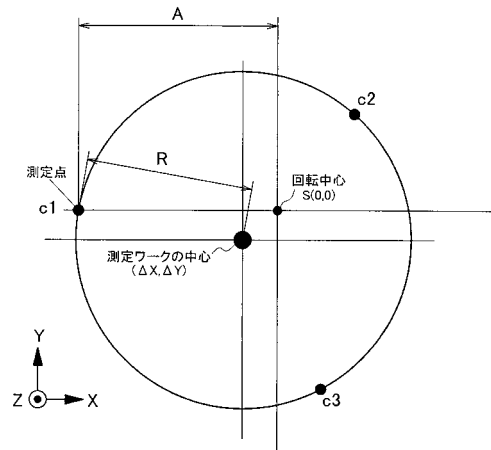
【図6】



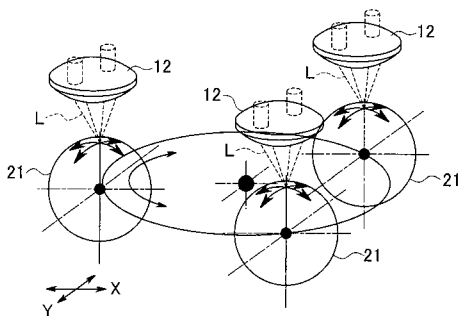
【図7】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-039724(JP,A)
特開2005-201656(JP,A)
特開平06-050734(JP,A)
特開平05-215696(JP,A)
特開平05-010748(JP,A)
特開平09-096589(JP,A)
特開2006-194672(JP,A)
特開平10-197810(JP,A)
特開平05-164556(JP,A)
特表2006-506628(JP,A)
特開平02-062903(JP,A)
特開2000-039305(JP,A)
特開2004-028914(JP,A)
米国特許第6421119(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30