

(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2012-145569

(P2012-145569A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012. 8. 2)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 1 B 5/20 (2006.01)	G 0 1 B 5/20 C	2 F 0 6 2
G 0 1 B 11/00 (2006.01)	G 0 1 B 11/00 C	2 F 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2011-273238 (P2011-273238) (22) 出願日 平成23年12月14日 (2011. 12. 14) (31) 優先権主張番号 特願2010-284196 (P2010-284196) (32) 優先日 平成22年12月21日 (2010. 12. 21) (33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(71) 出願人 000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 (74) 代理人 100082337 弁理士 近島 一夫 (74) 代理人 100095991 弁理士 阪本 善朗 (74) 代理人 100141508 弁理士 大田 隆史 (72) 発明者 中島 隆介 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内 Fターム(参考) 2F062 AA51 DD15 EE62 FF05 FG07 GG75 HH04 HH13 HH29 HH33 JJ10 最終頁に続く
---	--

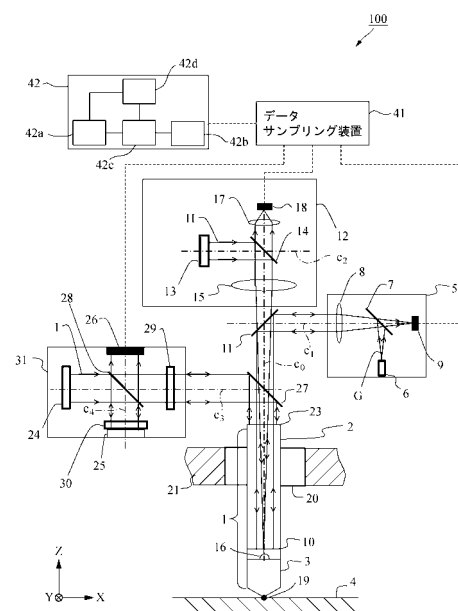
(54) 【発明の名称】 形状測定装置

(57) 【要約】

【課題】プローブの撓みの影響を受けずに高精度の形状測定を行う。

【解決手段】プローブ先端部3に一体に平面ダイクロイックミラー10及び球面ミラー16を設ける。オートコリメータ光学系5により平面ダイクロイックミラー10の傾斜量を測定し、並進移動量測定光学系12により球面ミラー16のX、Y軸方向のずれ量を測定する。ずれ量算出部42bは、測定した平面ダイクロイックミラー10の傾斜量及び球面ミラー16のずれ量に基づいて、プローブ先端部3において被測定物4の表面に接触する接触点となる球19の基準位置に対するX、Y軸方向のずれ量を算出する。推定部42cは、ずれ量算出部42bにより算出されたずれ量から、プローブ先端部3の球19のX、Y軸方向の位置を推定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Z 軸方向に移動可能に支持され、中心軸が Z 軸と平行な状態を正姿勢とするプローブシャフトと、前記プローブシャフトの先端に設けられ、被測定物の表面に接触させるプローブ先端部とを有するプローブを備え、前記プローブを被測定物の表面に対して X, Y 軸方向に走査し、前記プローブ先端部における前記被測定物に接触する接触点の X, Y 軸方向の位置に対する前記プローブの Z 軸方向の位置を測定することで、前記被測定物の表面の三次元の形状測定データを取得する形状測定装置であって、

前記プローブ先端部に一体に設けられ、前記プローブシャフトが正姿勢から姿勢変化して前記プローブ先端部が Z 軸に対して傾斜した際に、前記プローブ先端部と共に傾斜する平面ミラーと、

前記平面ミラーの Z 軸に対する傾斜量を、前記平面ミラーに第一レーザ光を照射して前記平面ミラーで反射した反射光により測定する第一測定光学系と、

前記プローブ先端部に一体に設けられた球面ミラーと、

前記プローブシャフトが正姿勢であるときの前記接触点の X, Y 軸方向の位置を基準位置とし、前記基準位置に対する前記球面ミラーの X, Y 軸方向のずれ量を、前記球面ミラーに第二レーザ光を照射して前記球面ミラーで反射した反射光により測定する第二測定光学系と、

前記第一測定光学系により測定された傾斜量、前記第二測定光学系により測定されたずれ量、及び前記接触点と前記球面ミラーとの距離から、前記基準位置に対する前記接触点の X, Y 軸方向のずれ量を算出するずれ量算出部と、

前記ずれ量算出部により算出された前記基準位置に対する前記接触点の X, Y 軸方向のずれ量から前記接触点の X, Y 軸方向の位置を推定する推定部と、

を備えたことを特徴とする形状測定装置。

【請求項 2】

前記プローブ先端部は、前記プローブシャフトよりも剛性が高い部材で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の形状測定装置。

【請求項 3】

前記プローブシャフトが透明部材からなり、前記平面ミラー及び前記球面ミラーが前記プローブシャフトと前記プローブ先端部との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の形状測定装置。

【請求項 4】

前記平面ミラーが、前記第一レーザ光を反射し、前記第二レーザ光を透過するダイクロイックミラーであり、

前記球面ミラーが、前記平面ミラーと前記プローブ先端部との間に配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非球面レンズ等の自由曲面の形状を有する被測定物の表面にプローブを接触させながら倣い動作することにより、被測定物表面の三次元形状を測定する形状測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

三次元構造を有する被測定物表面の座標や形状を測定する三次元形状測定方法として、プローブを被測定物の表面に所定の測定力で押圧しながら被測定物の表面に倣って移動させ、プローブの移動位置から被測定物の座標や形状を測定する倣い測定法が知られている。

【0003】

従来、このような三次元形状測定方法においては、エアーク軸受けを用いて上下に移動可

10

20

30

40

50

能にプローブシャフトを設け、ばねで自重を支えている構成を持つプローブを用いるものが知られている（特許文献 1 参照）。

【0004】

しかしながら、レンズ面等の傾斜面を測定する場合、被測定面の接触点での反力は被測定面の法線方向に働くが、これがプローブシャフトの移動可能方向と一致しないためプローブは法線方向と直交する成分の力を受け、プローブシャフトに傾きが生じる。これによりプローブシャフトの先端に設けたプローブ先端部の接触点が、測定器の想定している測定点（即ち、プローブシャフトが傾いていないとする接触点の位置）に存在しなくなり、特許文献 1 に開示された方法では、無視できない測定誤差が発生する。

【0005】

そこで、プローブシャフトに設けた二つのセンサによりプローブシャフトの傾きを求め、真のプローブの被測定物への接触点を推定しようとする方法が提案されている（特許文献 2 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開平 6-265340 号公報

【特許文献 2】特開 2000-193449 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、プローブシャフトは、被測定物における反力によって傾くと同時に撓み変形することがある。このとき、プローブシャフトの先端に設けられたプローブ先端部においては、プローブシャフトの傾きに加えて撓み変形による傾きと並進の変位が生じることになる。このため、特許文献 2 に開示された方法では、プローブシャフトの傾きのみを想定して接触点の位置を推定しているので、プローブシャフトの撓み変形によって生じる測定誤差を低減させることができない。

【0008】

そこで、本発明は、プローブシャフトの傾き及び撓み変形に起因した測定誤差を低減する形状測定装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、Z 軸方向に移動可能に支持され、中心軸が Z 軸と平行な状態を正姿勢とするプローブシャフトと、前記プローブシャフトの先端に設けられ、被測定物の表面に接触させるプローブ先端部とを有するプローブを備え、前記プローブを被測定物の表面に対して X、Y 軸方向に走査し、前記プローブ先端部における前記被測定物に接触する接触点の X、Y 軸方向の位置に対する前記プローブの Z 軸方向の位置を測定することで、前記被測定物の表面の三次元の形状測定データを取得する形状測定装置であって、前記プローブ先端部に一体に設けられ、前記プローブシャフトが正姿勢から姿勢変化して前記プローブ先端部が Z 軸に対して傾斜した際に、前記プローブ先端部と共に傾斜する平面ミラーと、前記平面ミラーの Z 軸に対する傾斜量を、前記平面ミラーに第一レーザ光を照射して前記平面ミラーで反射した反射光により測定する第一測定光学系と、前記プローブ先端部に一体に設けられた球面ミラーと、前記プローブシャフトが正姿勢であるときの前記接触点の X、Y 軸方向の位置を基準位置とし、前記基準位置に対する前記球面ミラーの X、Y 軸方向のずれ量を、前記球面ミラーに第二レーザ光を照射して前記球面ミラーで反射した反射光により測定する第二測定光学系と、前記第一測定光学系により測定された傾斜量、前記第二測定光学系により測定されたずれ量、及び前記接触点と前記球面ミラーとの距離から、前記基準位置に対する前記接触点の X、Y 軸方向のずれ量を算出するずれ量算出部と、前記ずれ量算出部により算出された前記基準位置に対する前記接触点の X、Y 軸方向のずれ量から前記接触点の X、Y 軸方向の位置を推定する推定部と、を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、プローブ走査時にプローブシャフトが傾いたり撓み変形したりしても、ずれ量算出部によりプローブの接触点のずれ量を算出することが可能となる。このずれ量からプローブ先端部の接触点のX、Y軸方向の位置が推定部により推定されるので、プローブシャフトの撓み変形を含む姿勢変化に依存しない、測定誤差が低減した三次元の形状測定データを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施の形態に係る形状測定装置の概略構成を示す説明図である。

10

【図2】プローブシャフトが撓み変形したときのプローブを示す模式図である。

【図3】参考例の形状測定装置の概略構成を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

(第一の実施形態)

以下、本発明を実施するための形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。図1は、本発明の実施の形態に係る形状測定装置の概略構成を示す説明図である。なお、本実施の形態では、互いに直交するX、Y、Z軸の三次元直交座標系で説明する。Z軸に対して直交するX軸及びY軸は、互いに直交している。図1に示すように、形状測定装置100は、接触式プローブであるプローブ1を備えている。プローブ1は、ベース21に平行板ばね20を介してZ軸方向に移動可能に支持された軸状のプローブシャフト2と、プローブシャフト2の先端に設けられた先細り形状のプローブ先端部3とを有する。そして、プローブシャフト2は、傾斜も撓み変形もない正姿勢のときは、プローブシャフト2の中心軸 c_0 がZ軸と平行な状態で、ベース21に平行板ばね20を介して支持されている。このプローブシャフト2は、光が透過するように、透明部材、例えば透明低膨張ガラス等で形成されている。

20

【0013】

また、プローブ先端部3は、プローブシャフト2よりも剛性が高い部材、例えばタンゲステンカーバイト等で形成されている。これにより、プローブ先端部3が撓むのを抑制している。プローブ先端部3は、プローブシャフト2よりも短く形成されている。プローブ先端部3の先端には、被測定物4の表面に接触させるための球19が形成されている。この球19は、被測定物4の表面に点接触すると見做せる程度の大きさである。

30

【0014】

ベース21は、X、Y、Z軸方向に移動可能に支持されており、不図示のX軸ステージ、Y軸ステージ、Z軸ステージにより各軸方向に移動する。各軸ステージは、それぞれ不図示のX、Y、Z軸駆動用モータによって駆動され、被測定物4の表面の形状測定を実施する際には、プローブ先端部3の球（接触点）19を被測定物4の表面に接触させながらX、Y軸方向に二次元的にプローブ1を移動させる。

【0015】

形状測定装置100は、第一測定光学系であるオートコリメータ光学系5と、第二測定光学系である並進移動量測定光学系12と、押し込み量測定光学系31と、データサンプリング装置41と、コンピュータ42とを備えている。また、形状測定装置100は、プローブシャフト2の中心軸 c_0 上にプローブシャフト2から遠ざかる方向に向かって順次配設された、ダイクロイックミラー23、ダイクロイックミラー27及びダイクロイックミラー11を備えている。

40

【0016】

オートコリメータ光学系5は、第一レーザ光Gを出射する第一レーザ光源6、第一ハーフミラー7、コリメートレンズ8、及びPSD (Position Sensitive Detector) 等の第一光位置検出素子9を有している。

【0017】

50

プローブシャフト 2 の中心軸 c_0 と直交し、ダイクロイックミラー 11 を通過する軸 c_1 上には、ダイクロイックミラー 11 から遠ざかる方向に向かって順次、コリメートレンズ 8、第一ハーフミラー 7 及び第一光位置検出素子 9 が配置されている。

【0018】

第一ハーフミラー 7 は、軸 c_1 に対して 45 度傾けて配置されている。そして、第一ハーフミラー 7 に対向する位置に、中心軸 c_0 と平行に第一レーザ光 G を出射するように、第一レーザ光源 6 が配置されている。

【0019】

並進移動量測定光学系 12 は、第二レーザ光 H を出射する第二レーザ光源 13、第二ハーフミラー 14、対物レンズ 15、集光レンズ 17 及び PSD 等の第二光位置検出素子 18 を有している。

10

【0020】

プローブシャフト 2 の中心軸 c_0 上には、プローブシャフト 2 (ダイクロイックミラー 11) から遠ざかる方向に順次、対物レンズ 15、第二ハーフミラー 14、集光レンズ 17 及び第二光位置検出素子 18 が配置されている。第二ハーフミラー 14 は、中心軸 c_0 に対して 45 度傾けて配置されている。そして、第二レーザ光源 13 は、中心軸 c_0 と直交し、第二ハーフミラー 14 を通過する軸 c_2 上であって、第二ハーフミラー 14 に対向する位置に配置されている。

【0021】

押し込み量測定光学系 31 は、所謂ヘテロダイン干渉計である。この押し込み量測定光学系 31 は、第三レーザ光 I を出射する第三レーザ光源 24、第三レーザ光 I を測定光と参照光とに分割する偏光ビームスプリッタ 28、参照ミラー 25、1/4 波長板 29、30、及び光強度検出素子 26 を有している。

20

【0022】

プローブシャフト 2 の中心軸 c_0 と直交し、ダイクロイックミラー 27 を通過する軸 c_3 上には、ダイクロイックミラー 27 に近づく方向に順次、第三レーザ光源 24、偏光ビームスプリッタ 28 及び 1/4 波長板 29 が配置されている。中心軸 c_0 と平行であり偏光ビームスプリッタ 28 を通過する軸 c_4 上には、参照ミラー 25 と光強度検出素子 26 とが偏光ビームスプリッタ 28 を挟んで配置され、更に、参照ミラー 25 と偏光ビームスプリッタ 28 との間には 1/4 波長板 30 が配置されている。

30

【0023】

ここで、ダイクロイックミラー 11 は、第一レーザ光 G は反射し、第二レーザ光 H は透過するミラーであり、中心軸 c_0 に対して 45 度傾けて配置されている。ダイクロイックミラー 27 は、第三レーザ光 I は反射し、第一レーザ光 G 及び第二レーザ光 H は透過するミラーであり、中心軸 c_0 に対して 45 度傾けて配置されている。ダイクロイックミラー 23 は、第三レーザ光 I は反射し、第一レーザ光 G 及び第二レーザ光 H は透過するミラーであり、プローブシャフト 2 の基端面に一体に設けられている。

【0024】

更に、本実施の形態では、形状測定装置 100 は、プローブ先端部 3 に一体に設けられた、平面ミラーとしての平面ダイクロイックミラー 10 と、球面ミラー 16 とを備えている。平面ダイクロイックミラー 10 は、第一レーザ光 G は反射し、第二レーザ光 H は透過するミラーである。平面ダイクロイックミラー 10 は、プローブシャフト 2 が正姿勢から姿勢変化 (傾斜又は撓み変形) してプローブ先端部 3 が Z 軸に対して傾斜した際にプローブ先端部 3 と共に傾斜するように、プローブ先端部 3 に固定されている。また、球面ミラー 16 もプローブ先端部 3 と共に並進移動するようにプローブ先端部 3 に固定されている。

40

【0025】

本実施の形態では、プローブシャフト 2 が透明部材であるので、平面ダイクロイックミラー 10 及び球面ミラー 16 は、プローブシャフト 2 とプローブ先端部 3 との間に配置されている。具体的には、平面ダイクロイックミラー 10 及び球面ミラー 16 は、プローブ

50

シャフト 2 の先端とプローブ先端部 3 の基端との間に配置されている。そして、球面ミラー 16 は、平面ダイクロイックミラー 10 とプローブ先端部 3 との間に配置されている。具体的には、球面ミラー 16 は、平面ダイクロイックミラー 10 とプローブ先端部 3 の基端との間に配置されている。この平面ダイクロイックミラー 10 は、平凹レンズの平面側を基板とし、その表面に第一レーザ光 G の波長の光を選択的に反射する誘電体多層膜を施すことで構成されている。また同レンズの凹面側には銀コートを施すことで、球面ミラー 16 が構成されている。

【0026】

また、プローブシャフト 2 を透明部材とし、平面ダイクロイックミラー 10 及び球面ミラー 16 をプローブシャフト 2 とプローブ先端部 3 との間に配置した構成とすることで、各光学系 5, 12 における光路を、プローブシャフト 2 内で共有させている。更に、ダイクロイックミラー 11, 23, 27 を配置した構成とすることで、各光学系 5, 12, 31 における光路を、一部共有させている。

【0027】

データサンプリング装置 41 は、所定のサンプリング間隔で、第一光位置検出素子 9、第二光位置検出素子 18 及び光強度検出素子 26 からの信号を取り込んでデータ化し、各測定データをサンプリングの度にコンピュータ 42 に出力する。また、データサンプリング装置 41 は、所定のサンプリング間隔で、不図示の X 軸ステージ、Y 軸ステージの位置を検出する位置検出素子から出力された信号も取り込んでデータ化し、各測定データをサンプリングの度にコンピュータ 42 に出力する。

【0028】

コンピュータ 42 は、不図示の CPU、ROM、RAM 等から構成されており、CPU は、ROM 等に格納された制御プログラムに基づいて演算処理を行う。この制御プログラムは、コンピュータ 42 に被測定物 4 の表面の三次元の形状測定データを求めさせるものである。つまり、コンピュータ 42 は、データサンプリング装置 41 から入力した各測定データに基づき、形状測定データを求める。本実施の形態では、コンピュータ 42 は、この制御プログラムにより、位置算出部 42a、ずれ量算出部 42b、推定部 42c 及び形状測定データ作成部 42d としての機能を有する。

【0029】

次に、各部の動作について説明する。まず、オートコリメータ光学系 5 において、第一レーザ光源 6 から出射された第一レーザ光 G は、第一ハーフミラー 7 で直角に反射され、その反射光はコリメートレンズ 8 により平行光となる。この平行光となった第一レーザ光 G は、ダイクロイックミラー 11 により直角に反射され、ダイクロイックミラー 27 及びダイクロイックミラー 23 を通過し、プローブシャフト 2 内を通過して、平面ダイクロイックミラー 10 で反射する。この反射光は、プローブシャフト 2、ダイクロイックミラー 23 及びダイクロイックミラー 27 を再度通過し、ダイクロイックミラー 11 で直角に反射され、コリメートレンズ 8 に入射する。この入射光は、コリメートレンズ 8 で第一光位置検出素子 9 上に焦点が合わせられ、第一ハーフミラー 7 を通過して、第一光位置検出素子 9 で受光される。

【0030】

ここで、図 2 に、プローブシャフト 2 が撓み変形したときのプローブ 1 の模式図を示す。なお、この図 2 において、説明の便宜上、プローブシャフト 2 を実際よりも極端に湾曲させている。また、プローブ 1 を X 軸方向に走査させた場合について図示しているが、この動作に限定するものではなく、X、Y 軸を含む平面内で走査した場合において同様のことが言える。

【0031】

この図 2 に示すように、プローブシャフト 2 が撓み変形すると、プローブ先端部 3 (平面ダイクロイックミラー 10) が傾斜する。また、プローブシャフト 2 が傾斜した際も、プローブ先端部 3 (平面ダイクロイックミラー 10) は傾斜する。

【0032】

そして、平面ダイクロイックミラー 10 の Z 軸に対する傾斜量 θ に対応して、第一光位置検出素子 9 (図 1) の受光面における受光位置が変位するので、第一光位置検出素子 9 による受光位置の検出結果から、平面ダイクロイックミラー 10 の傾斜量 θ がわかる。つまり、プローブシャフト 2 が正姿勢のときの第一光位置検出素子 9 の受光面における受光位置を座標基準とし、第一光位置検出素子 9 の受光面のどの座標位置で受光されたかにより、ミラー 10 (プローブ先端部 3) の傾斜の方向及び傾斜量 θ が特定される。このように、オートコリメータ光学系 5 は、平面ダイクロイックミラー 10 に第一レーザ光 G を照射して平面ダイクロイックミラー 10 で反射した反射光により、平面ダイクロイックミラー 10 の Z 軸に対する傾斜量 θ を測定する。

【0033】

また、並進移動量測定光学系 12 において、第二レーザ光源 13 から出射された第二レーザ光 H は、第二ハーフミラー 14 で直角に反射され、その反射光は対物レンズ 15 によりほぼ球面ミラー 16 の位置に焦点が合わせられる。そして、対物レンズ 15 を通過した第二レーザ光 H は、ダイクロイックミラー 11, 27, 23 を順次通過し、プローブシャフト 2 内を通過し、平面ダイクロイックミラー 10 を通過して、球面ミラー 16 に到達する。球面ミラー 16 で反射した第二レーザ光 H は、再び平面ダイクロイックミラー 10、プローブシャフト 2、ダイクロイックミラー 23, 27, 11、対物レンズ 15 を順次通過し、第二ハーフミラー 14 を通過して、集光レンズ 17 に到達する。集光レンズ 17 で集光された第二レーザ光 H は、第二光位置検出素子 18 上に焦点が合わせられ、第二光位置検出素子 18 で受光される。

【0034】

ここで、図 2 に示すように、プローブシャフト 2 が撓み変形すると、プローブ先端部 3 (球面ミラー 16) が X, Y 軸方向 (図 2 では X 軸方向) に並進移動する。プローブシャフト 2 が正姿勢であるとき、プローブ先端部 3 の球 (接触点) 19 及び球面ミラー 16 は、Z 軸と平行な中心軸 c_0 上にある。

【0035】

プローブシャフト 2 が正姿勢であると仮定したときのプローブ先端部 3 の球 19 の X, Y 軸方向の位置は、不図示の X 軸ステージ、Y 軸ステージの位置を検出する位置検出素子を用いて測定される。ここで、プローブシャフト 2 が正姿勢であるときのプローブ先端部 3 の球 19 の X, Y 軸方向の位置を基準位置 22 とする。

【0036】

そして、基準位置 22 に対する球面ミラー 16 の X, Y 軸方向のずれ量 (変位量) x_2 に対応して、第二光位置検出素子 18 (図 1) の受光面における受光位置が変位する。したがって、第二光位置検出素子 18 による受光位置の検出結果から、基準位置 22 に対する球面ミラー 16 の X, Y 軸方向のずれ量 x_2 がわかる。つまり、プローブシャフト 2 が正姿勢のときの第二光位置検出素子 18 の受光面における受光位置を座標基準とし、第二光位置検出素子 18 の受光面のどの座標位置で受光されたかにより、球面ミラー 16 の基準位置 22 からのずれ量 x_2 が特定される。このように、並進移動量測定光学系 12 は、球面ミラー 16 に第二レーザ光 H を照射して球面ミラー 16 で反射した反射光により、基準位置 22 に対する球面ミラー 16 の X, Y 軸方向のずれ量 x_2 を測定する。

【0037】

また、押し込み量測定光学系 31 において、第三レーザ光源 24 から出射された第三レーザ光 I は、偏光ビームスプリッタ 28 で測定光 (P 偏光) と参照光 (S 偏光) とに分割される。第三レーザ光 I の内の測定光は、P 偏光であるので偏光ビームスプリッタ 28 を通過し、1/4 波長板 29 を通過し、ダイクロイックミラー 27 で直角に反射して、ダイクロイックミラー 23 に入射する。ダイクロイックミラー 23 で反射した測定光は、再びダイクロイックミラー 27 で反射して 1/4 波長板 29 を通過し、S 偏光となる。この S 偏光となった測定光は、偏光ビームスプリッタ 28 で直角に反射して、光強度検出素子 26 にて受光される。他方、第三レーザ光 I の内の参照光は、S 偏光であるので偏光ビームスプリッタ 28 で直角に反射し、参照ミラー 25 にて反射する。このとき、参照ミラー 2

10

20

30

40

50

5の近傍にある1/4波長板30を2度通過するので、S偏光であった参照光は、P偏光となり、偏光ビームスプリッタ28を直進して通過し、光強度検出素子26にて受光される。

【0038】

なお、押し込み量測定光学系31がヘテロダイン干渉計である場合について説明したが、ホモダイン干渉計、或いは差動トランスや、静電容量センサなどの非接触式の変位計測手段を用いても良い。

【0039】

データサンプリング装置41は、光学系5により測定された傾斜量 θ を示す信号、光学系12により測定されたずれ量 x_2 を示す信号、光学系31により測定された測定光と参照光との干渉光を示す信号を所定のサンプリング間隔で取り込む。また、同時に、データサンプリング装置41は、不図示のX、Y軸ステージの位置を示す信号を所定のサンプリング間隔で取り込む。そして、データサンプリング装置41は、各サンプリングタイミングで取り込んだ各測定データを、コンピュータ42に出力する。

【0040】

押し込み量測定光学系31の測定データには、プローブ1（プローブシャフト2の基端面）のZ軸方向の位置情報が含まれており、位置算出部42aは、この測定データに基づいてプローブ1のZ軸方向の位置を算出する。

【0041】

同時に位置算出部42aは、データサンプリング装置41を介して取得した不図示のX、Y軸ステージの位置を示す測定データから、プローブシャフト2が正姿勢であるとしたときのプローブ先端部3の球（接触点）19のX、Y軸方向の基準位置22を算出する。

【0042】

そして、ずれ量算出部42bは、光学系5により測定された傾斜量 θ 、光学系12により測定されたずれ量 x_2 、及び球19と球面ミラー16の中心との距離Rから、基準位置22に対する球19のX、Y軸方向のずれ量 x_1 を算出する。なお、コンピュータ42のROM等には、ずれ量 x_1 を求めるための以下の式（1）が予め記憶されている。

$$x_1 = R \times \sin \theta + x_2 \cdots \text{式(1)}$$

【0043】

ここで、距離Rは、予め設定されている定数である。ずれ量算出部42bは、取得した傾斜量 θ 及びずれ量 x_2 から、式（1）を用いて、ずれ量 x_1 を求めている。

【0044】

推定部42cは、位置算出部42aから得られた基準位置22のデータと、ずれ量算出部42bにより算出された、基準位置22に対する球19のX、Y軸方向のずれ量 x_1 のデータからプローブ先端部3における球19のX、Y軸方向の位置を推定する。

【0045】

形状測定データ作成部42dは、推定部42cにより推定されたプローブ先端部3における球19のX、Y軸方向の位置と、この位置に対して、位置算出部42aにより算出されたプローブ1のZ軸方向の位置と、を取得する。これにより、被測定物4の表面の一点における形状データが求まる。

【0046】

以上のコンピュータ42の動作は、被測定物4の表面を走査してデータサンプリング装置41によりデータサンプリングされる度に行われる。そして、形状測定データ作成部42dは、被測定物4の表面の各点における形状データにより、被測定物4の表面の形状測定データを作成する。

【0047】

以上、本実施の形態では、プローブ走査時にプローブシャフト2が傾いたり撓み変形したりしても、ずれ量算出部42bによりプローブ先端部3における接触点である球19のずれ量 x_1 を算出することが可能となる。このずれ量 x_1 からプローブ先端部3における接触点である球19のX、Y軸方向の位置が推定部42cにより推定されるので、プロー

10

20

30

40

50

ブシャフト 2 の撓み変形を含む姿勢変化に依存しない、測定誤差が低減した三次元の形状測定データを得ることができる。

【0048】

また、プローブ先端部 3 の傾斜及び並進を光学系 5, 12 で測定することにより、プローブ 1 に形状計測誤差をもたらし得る力学的作用を及ぼさずにプローブ先端部 3 の傾斜及び並進の変位を測定することが可能となる。

【0049】

また、プローブ 1 のプローブシャフト 2 を透明部材とし、第一レーザ光 G 及び第二レーザ光 H を透過させ、プローブ 1 の内部に配置したミラー 10, 16 を用いてミラー 10 の傾斜量及びミラー 16 の並進量を測定するようにしている。これにより、コンパクトな構造となり、装置が小型化する。そして、各レーザ光 G, H がプローブシャフト 2 の内部を透過することで、光学系 5 におけるミラー 10 上の測定点及び光学系 12 におけるミラー 16 上の測定点を、被測定物 4 の表面に接触させる球 19 に近接させることが可能となる。これにより、各測定点と接触点となる球 19 との相対位置が変化しにくい位置関係をとらせることが可能となる。従って、プローブ 1 における接触点となる球 19 の位置の算出精度を向上させることができる。

【0050】

また、平面ミラーが平面ダイクロイックミラー 10 であり、平面ダイクロイックミラー 10 とプローブ先端部 3 との間に球面ミラー 16 を配置したので、光学系 5 の測定点と、光学系 12 の測定点とを近接させることができる。これにより、二つの測定点の相対位置が変化しにくい位置関係をとらせることが可能となる。従って、プローブ 1 における接触点となる球 19 の位置の算出精度を向上させることができる。

【0051】

また、プローブシャフト 2 を透明部材として光学系 5, 12 の光路の一部を共有させているので、各光学系 5, 12 の測定点を、プローブ 1 の動作方向軸上に配置することが可能となる。これにより、光学系 5, 12 の方向依存性を減らすことができ、光学系 5, 12 に必要となる構成要素の数及び容積を減らすことが可能となる。

【0052】

なお、上記実施の形態に基づいて本発明を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。上記実施の形態では、平面ダイクロイックミラー 10 とプローブ先端部 3 との間に球面ミラー 16 を配置した場合について説明したが、この配置関係に限定するものではない。各ミラー 10, 16 がプローブ先端部 3 に一体に設けられていれば、各光学系 5, 12 で測定可能な範囲で各ミラー 10, 16 の位置を任意に設定することが可能である。そして、球面ミラーとの関係上、平面ミラーがダイクロイックミラーである必要がない場合は、平面ミラーをダイクロイックミラー以外のミラーで構成してもよい。

【0053】

また、上記実施の形態では、プローブ先端部 3 において被測定物 4 の表面に接触する接触点となる部分を球 19 としたが、この形状に限定するものではなく、被測定物 4 の表面に点接触すると見做せる形状であれば、その形状は任意に設定することができる。

【0054】

また、上記実施の形態では、プローブ 1 を被測定物 4 に対して X, Y 軸方向に移動させてプローブ 1 を走査させる場合について説明したが、被測定物 4 をプローブ 1 に対して X, Y 軸方向に移動させてプローブ 1 を走査させる場合であってもよい。

【0055】

(参考例)

図 3 は参考例の形状測定装置 100A の概略構成を示す説明図である。図 3 において形状測定装置 100A は、プローブ 101 を備え、プローブ 101 は、ベース 121 に平行板ばね 120 によって懸架されている。プローブ 101 は、例えば U L E (登録商標) (C o r n i n g) のような透明低熱膨張ガラスで形成されたプローブシャフト 102 と、被測定物 104 に接触点 119 において接触する超硬合金製のプローブ先端部 103 とを

10

20

30

40

50

有する。プローブシャフト102の上端には、プローブシャフト102の回転角度を測定するためのターゲットとなる第一平面ミラー110、下端には下端面の回転角度を測定するためのターゲットとなる第二平面ミラー116が構成されている。第一平面ミラー110は、プローブシャフト102の上端面に第一レーザ光Gaの波長の光を選択的に反射する誘電体多層膜を施すことで構成されている。また第二平面ミラー116は、プローブシャフト102の下端面に誘電体多層膜を施すことで構成され、全反射面となっている。

【0056】

また、形状測定装置100Aは、第一の角度測定手段及び第二の角度測定手段を構成するオートコリメータ光学系112を備えている。オートコリメータ光学系112において、第一レーザ光源106は波長635nmのレーザ光を出射する半導体レーザであり、第二レーザ光源113は第一レーザ光源106の波長とは異なる波長670nmのレーザ光を出射する半導体レーザである。第一レーザ光源106及び第二レーザ光源113は、それぞれ第一ハーフミラー107と第二ハーフミラー114を落射用に備えている。また両レーザ光源用にコリメートレンズ108、信号検出用の光位置検出素子118も備えられている。また外部には、基準信号発生用のファンクションジェネレータ115、光位置検出素子118からの信号を演算する演算部117を備える。

【0057】

第一レーザ光源106から出射した第一レーザ光Gaは、第一ハーフミラー107にてプローブ101に向かって曲げられる。更に、第二レーザ光源113から出射した第二レーザ光Haについても同様に、第二ハーフミラー114にてプローブ101に向かって曲げられ、第一レーザ光Gaと同軸となる。そして、両レーザ光ともにコリメートレンズ108において平行光となり、同軸光としてプローブ101へ入射する。第一平面ミラー110は632.8nmを中心波長とする狭帯域反射特性を持たせており、ここで第一レーザ光Gaは反射され、第二レーザ光Haは透過し、プローブシャフト102を通過して下端の第二平面ミラー116にて反射される。第一レーザ光Ga、第二レーザ光Haのそれぞれの戻り光は、共にPSDの光位置検出素子118へ入射する。

【0058】

第一レーザ光源106と第二レーザ光源113には、外部からの電圧印加により強度変調が可能なものを用いている。第一レーザ光源106に対し、ファンクションジェネレータ115より発振させた基準信号を増幅して印加することにより、該基準信号に同期した強度変化を持つ第一レーザ光Gaを得ることができる。そして、第二レーザ光源113に対しては、基準信号の反転信号を増幅して印加することにより、第二レーザ光Haには第一レーザ光Gaに対し位相が180°ずれた強度変化を持たせることができる。これにより同軸光は第一レーザ光Gaと第二レーザ光Haが交互に強度を持つ光線で構成することができる。従って光位置検出素子118から得られた検出信号について、演算部117において基準信号とその反転信号に同期した成分を分離することができる。即ち、一つのオートコリメータ光学系を時間的に入れ替えて第一平面ミラー110と第二平面ミラー116の傾きを測定することが可能となる。以上により、一つのオートコリメータ光学系で複数のミラーの傾きを測定することで、複数のオートコリメータ光学系を用いた場合に比して、より小型、軽量の測定手段を得ることができる。

【符号の説明】

【0059】

1…プローブ、2…プローブシャフト、3…プローブ先端部、4…被測定物、5…オートコリメータ光学系（第一測定光学系）、10…平面ダイクロイックミラー（平面ミラー）、12…並進移動量測定光学系（第二測定光学系）、16…球面ミラー、19…球（接点）、42b…ずれ量算出部、42c…推定部、100…形状測定装置、c₀…中心軸、G…第一レーザ光、H…第二レーザ光

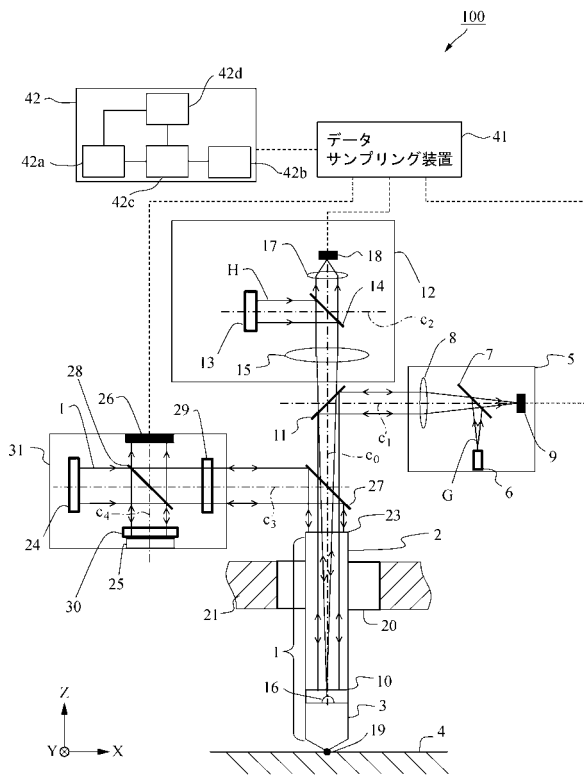
10

20

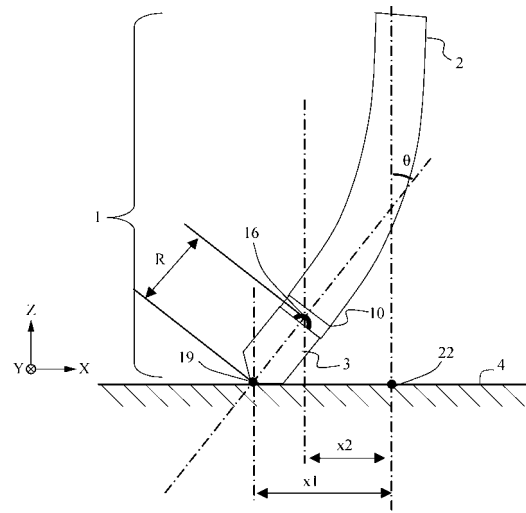
30

40

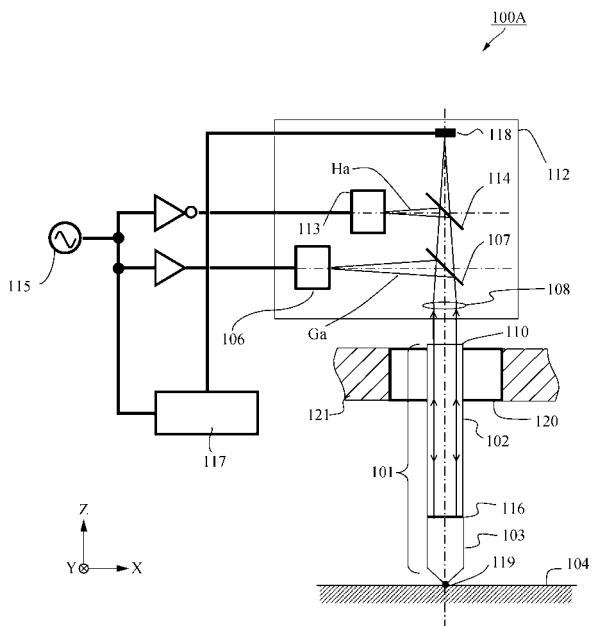
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA20 AA35 AA39 FF09 GG06 GG13 GG23 JJ05 JJ16
LL00 LL04 LL20 LL36 LL37 QQ01 QQ17 QQ23