

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3751928号  
(P3751928)

(45) 発行日 平成18年3月8日(2006.3.8)

(24) 登録日 平成17年12月16日(2005.12.16)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 B 9/02 (2006.01)** GO 1 B 9/02  
**GO 1 B 11/00 (2006.01)** GO 1 B 11/00 G

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2002-301698 (P2002-301698)	(73) 特許権者	591040236
(22) 出願日	平成14年10月16日(2002.10.16)		石川県
(65) 公開番号	特開2004-138433 (P2004-138433A)		石川県金沢市鞍月1丁目1番地
(43) 公開日	平成16年5月13日(2004.5.13)	(74) 代理人	100082337
審査請求日	平成14年10月16日(2002.10.16)		弁理士 近島 一夫
		(72) 発明者	中藪 俊博
			石川県石川郡野々市町押野1丁目132番地
		審査官	岡田 卓弥
		(56) 参考文献	特開昭62-223604 (JP, A) 特開昭49-62153 (JP, A)
		(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)	G01B 9/00-11/30

(54) 【発明の名称】 レーザ干渉計、及びそれを用いた測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定角度で傾斜した2つの平面鏡を有する反射手段と、P波と該P波に対して偏光面が直交する平面のS波とを有するレーザ光を入力して第1光路と第2光路に分光し、該第1光路と該第2光路とに分光されたレーザ光を前記反射手段に2往復させてから出力するレーザ光路生成手段と、を備え、前記反射手段と前記レーザ光路生成手段とを軸方向に相対移動させた際に、前記反射手段と前記レーザ光路生成手段との相対位置関係によって前記第1光路と前記第2光路との距離が相対変化するレーザ干渉計において、前記レーザ光路生成手段は、

一側面に、前記反射手段に対して前記レーザ光路生成手段の軸方向反対側に位置して、前記レーザ光を前記軸方向より入力自在で、かつ前記第1光路及び前記第2光路を通過したレーザ光を前記軸方向に出力自在な入出力部を有し、入力されるレーザ光に対して前記P波を直進方向に、かつ前記S波を直角方向に分光して出力する分光部と、前記分光部の前記軸方向に対して直角方向に配置され、入力されるレーザ光を直角に反射する反射部と、

前記反射部に対して前記分光部の反対側に配置され、前記分光部から出力されたレーザ光を異なる平行な軸上に折り返し出力する光路軸変更部と、

前記分光部と前記光路軸変更部との間に配置され、前記分光部から出力されて前記光路軸変更部を介して該分光部に入力されるレーザ光が通過する際に、前記P波を前記S波に、前記S波を前記P波に、それぞれ変換する第1の波長板と、

10

20

前記分光部及び前記反射部と前記反射手段との間に配置され、前記分光部及び前記反射部からの前記軸方向のレーザ光を、前記反射手段の平面鏡に対して垂直になるように前記所定角度に屈折させる屈折部と、

前記分光部及び前記反射部と前記反射手段との間に配置され、前記分光部又は前記反射部から出力されて前記反射手段を介して該分光部又は該反射部に入力されるレーザ光が通過する際に、前記P波を前記S波に、前記S波を前記P波に、それぞれ変換する第2の波長板と、を有する、

ことを特徴とするレーザ干渉計。

【請求項2】

前記反射部は、入力されるレーザ光を同一平面上に直角に反射する平面型反射鏡であり、前記反射手段と前記レーザ光路生成手段とが前記軸方向に対するロール方向に相対移動した場合に、前記第1光路と前記第2光路との距離が相対変化する、

10

ことを特徴とする請求項1記載のレーザ干渉計。

【請求項3】

前記反射部は、入力されるレーザ光を異なる平行な平面上に直角に反射する屋根型反射鏡であり、

前記反射手段と前記レーザ光路生成手段とが前記軸方向に対する横方向に相対移動した場合に、前記第1光路と前記第2光路との距離が相対変化する、

ことを特徴とする請求項1記載のレーザ干渉計。

【請求項4】

20

前記請求項1ないし3のいずれか記載のレーザ干渉計と、

前記レーザ光を照射自在で、かつ前記レーザ光路生成手段より出力された前記第1光路と前記第2光路とのレーザ光の波長の位相差に基づき、前記第1光路と前記第2光路との距離の相対変化を測定し得るレーザ測長手段と、を備え、

前記レーザ測長手段を、基準床に、該レーザ測長手段により照射される前記レーザ光が前記レーザ光路生成手段の前記入出力部に入力されるように前記軸方向に配置し、前記反射手段及び前記レーザ光路生成手段のいずれか一方を、前記基準床に対して支持される支持部材に固定し、

前記反射手段及び前記レーザ光路生成手段の他方を、前記支持部材に対して軸方向に移動自在に支持される移動部材に固定し、

30

前記移動部材を前記支持部材に対して前記軸方向に移動させた際に、前記支持部材に対する前記移動部材の位置偏差を測定する、

ことを特徴とする測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば工作機械のテーブル等の移動部材が支持部材に対して軸方向に移動する際に生じる位置偏差を測定するためのレーザ干渉計に係り、詳しくはレーザ光を入出力し得る入力部を、反射手段に対してレーザ光路生成手段の軸方向反対側に位置させたレーザ干渉計、及びそれをを用いた測定装置に関する。

40

【0002】

【従来の技術】

例えば高精度な工作が要求される旋盤、フライス盤、研削盤などの工作機械などにおいては、工場などの床に対して固定されるベッドと、該ベッド上を移動するテーブルとが備えられており、工作の際には、このテーブルに被加工物などを設置して、該テーブルを所定の軸方向に移動させつつ工作を行う。このテーブルの移動においては、軸方向、横方向、縦方向、ピッチ方向、ヨー方向、ロール方向の6つの（つまり6自由度方向の）位置偏差（誤差）が生じる虞があり、機械精度の比較、受渡し、保守などの目的から、これらの位置偏差を測定する必要がある。

【0003】

50

従来、上記6つの位置偏差を測定するため、レーザ測長機などによって測定を行うものが種々提案されており、軸方向、横方向、縦方向、ピッチ方向、ヨー方向の位置偏差を測定するものは実用化されているものもある。ところが、ロール方向の測定は、精密水準器やダイヤルゲージによって測定するように規定されている（例えば、JIS B 6336-1、ISO 10791-1）。しかしながら、上記工作機械のテーブルを移動させると、該工作機械自体の重心が移動するため、該工作機械全体が傾斜してしまう。そのため、上記水準器などによってロール方向の測定を行うと、該工作機械の傾斜も含めて測定することとなり、正確なロール方向の測定ができなかった。また、鉛直方向に移動するテーブルにおいては、ロール方向が水平方向であるため、上述の水準器ではロール方向の測定が不可能であった。そこで、特にロール方向に対する位置偏差をレーザ干渉計を用いて測定するもの（例えば、特許文献1、非特許文献1参照）も提案されている。

10

#### 【0004】

図7は従来のレーザ干渉計を示す斜視模式図である。図7に示すように、レーザ干渉計101は、反射鏡102と、レーザ干渉部103とを備えており、該反射鏡102は、平面鏡104、105を所定角度で略々V字状となるように有している。また、レーザ干渉部103は、偏光ビームスプリッタ108、109と、楔プリズム106a、106bからなるパイプリズム106と、1/4波長板107a、107bと、1/2波長板110と、キューブコーナプリズム111とを有して構成されている。

#### 【0005】

図示を省略したレーザヘッドから光路c1、d1にP波とS波とからなるレーザ光を偏光ビームスプリッタ108に照射すると、P波は直進して光路c2に、S波は直角に反射して光路d2に、それぞれ分光される。

20

#### 【0006】

光路c2のP波は1/2波長板110によりS波となって光路c3を通過し、該光路c3のS波は偏光ビームスプリッタ109により直角に反射されて光路c4を通過する。該光路c4のS波は1/4波長板107bにより円偏光となり、かつ楔プリズム106aにより角度に屈折して平面鏡104の点104bに垂直に反射し、光路c5を往復する。該光路c5を往復した円偏光は1/4波長板107bによりP波となって光路c4を通過し、偏光ビームスプリッタ109を直進して光路c6を通過する。該光路c6のP波はキューブコーナプリズム111により光路c7に反射され、偏光ビームスプリッタ108を直進して光路c8を通過する。該光路c8のP波は1/4波長板107aにより円偏光となり、かつ楔プリズム106bにより角度に屈折して平面鏡105の点105aに垂直に反射し、光路c9を往復する。該光路c9を往復した円偏光は1/4波長板107aによりS波となって光路c8を通過し、偏光ビームスプリッタ108により直角に反射され、光路c10に出力される。

30

#### 【0007】

一方、光路d2のS波は1/4波長板107aにより円偏光となり、かつ楔プリズム106aにより角度に屈折して平面鏡104の点104aに垂直に反射し、光路d3を往復する。該光路d3を往復した円偏光は1/4波長板107aによりP波となって光路d2を通過し、偏光ビームスプリッタ108を直進して光路d4を通過する。該光路d4のP波はキューブコーナプリズム111により光路d5に反射され、偏光ビームスプリッタ109を直進して光路d6を通過する。該光路d6のP波は1/4波長板107bにより円偏光となり、かつ楔プリズム106bにより角度に屈折して平面鏡105の点105bに垂直に反射し、光路d7を往復する。該光路d7を往復した円偏光は1/4波長板107bによりS波となって光路d6を通過し、偏光ビームスプリッタ109により直角に反射されて光路d8を通過する。該光路d8のS波は1/2波長板110によりP波となって光路d9を通過し、該光路d9のP波は偏光ビームスプリッタ108を直進して、光路d10に出力される。

40

#### 【0008】

例えば反射鏡102がZ軸周りのロール方向（方向）に変位すると、点104a及び点

50

105bが平面鏡104, 105の傾斜に対して、谷側(つまり内側)又は山側(つまり外側)に、点104b及び点105aが平面鏡104, 105の傾斜に対して、山側(つまり外側)又は谷側(つまり内側)に移動する形となり、即ち、光路c5及び光路c9の光路長に対して光路d3及び光路d7の光路長が縮まる、又は伸びることになり、2つの光路長に変化が生じる。また、横方向(X方向)、縦方向(Y方向)、軸方向(Z方向)、ピッチ方向(方向)、ヨー方向(方向)に対して変位があった場合は、光路c5及び光路c9の光路長と、光路d3及び光路d7の光路長とが共に伸縮、或いは変化せずに、その2つの光路長に変化が生じない。

【0009】

なお、点104aと点104b(点105aと点105b)の距離を $2v$ とし、上記ロール方向の角度 $\theta$ と光路長の変化量 $\Delta L$ とを式で示すと、 $\Delta L = \tan^{-1}(\theta / (8v \cdot \sin \theta))$ となる。また、それらロール方向の角度 $\theta$ と光路長の変化量 $\Delta L$ との関係は、点104aと点105a(点104bと点105b)の距離 $2u$ に依存せず、つまり反射鏡102とレーザ干渉部103との距離はなんら影響がない。

【0010】

そして、光路c10及び光路d10より出力されたP波とS波のレーザ光をレーザヘッドの光電変換器により、該P波とS波の波長の位相差に基づく、それら2つの光路長の相対変化を測定することによってロール方向の位置偏差を算出することが可能である。

【0011】

【特許文献1】

特開昭62-223604号公報(第7-8項、第1図、第3図、第4図、第5図)

【非特許文献1】

精密工学会誌 Vol.61, No.2, 1995(第253-257項)

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したようにレーザ干渉計101は、レーザヘッドを移動軸方向に対して横方向に配置してレーザ光を照射しているため、レーザ干渉部103をテーブルに設置して該テーブルを移動させながら測定することが不可能であり、種々の工作機械の測定に対応することができず、実用性に欠けていた。

【0013】

また、図7に示すようにキューブコーナプリズム111は大型であり、レーザ干渉部103が比較的大きなものであるため、特に工作機械の大きさが小さいものでは、レーザ干渉部103をベッドに設置することも不可能であって、例えば工場の床に三脚などによって設置していた。そのため、テーブルとベッドとのロール方向の位置偏差ではなく、テーブルと床とのロール方向の位置偏差を測定することになり、上記水準器による測定と同様に、テーブルの移動によって生じる工作機械の重心移動による該工作機械の傾斜、即ちベッドの傾斜も含んで測定してしまう。そのため、レーザ干渉計、特にレーザ干渉部をコンパクト化したものの開発が望まれていた。

【0014】

そこで本発明は、レーザ光を軸方向に入出力自在な入出力部を有するレーザ光路生成手段を備え、かつコンパクト化が可能なレーザ干渉計、及びそれを用いた測定装置を提供することを目的とするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

請求項1に係る本発明は(例えば図3、図6参照)、所定角度で傾斜した2つの平面鏡(4, 5)を有する反射手段(2)と、P波と該P波に対して偏光面が直交する平面のS波とを有するレーザ光を入力して第1光路(例えばb2~b11)と第2光路(例えばa2~a11)に分光し、該第1光路(例えばb2~b11)と該第2光路(例えばa2~a11)とに分光されたレーザ光を前記反射手段(2)に2往復させてから出力するレーザ光路生成手段(3)と、を備え、前記反射手段(2)と前記レーザ光路生成手段(3)と

10

20

30

40

50

を軸方向（Z軸方向）に相対移動させた際に、前記反射手段（2）と前記レーザ光路生成手段（3）との相対位置関係によって前記第1光路（例えばb2～b11）と前記第2光路（例えばa2～a11）との距離が相対変化するレーザ干渉計（1）において、

前記レーザ光路生成手段（3）は、

一側面に、前記反射手段（2）に対して前記レーザ光路生成手段（3）の軸方向（Z軸方向）反対側に位置して、前記レーザ光を前記軸方向（Z軸方向）より入力自在で、かつ前記第1光路（例えばb2～b11）及び前記第2光路（例えばa2～a11）を通過したレーザ光を前記軸方向（Z軸方向）に出力自在な入出力部（8a）を有し、入力されるレーザ光に対して前記P波を直進方向に、かつ前記S波を直角方向に分光して出力する分光部（8）と、

10

前記分光部（8）の前記軸方向に対して直角方向（例えばY軸方向）に配置され、入力されるレーザ光を直角に反射する反射部（9又は14）と、

前記反射部（9又は14）に対して前記分光部（8）の反対側に配置され、前記分光部（8）から出力されたレーザ光を異なる平行な軸上に折り返し出力する光路軸変更部（11）と、

前記分光部（8）と前記光路軸変更部（11）との間に配置され、前記分光部（8）から出力されて前記光路軸変更部（11）を介して該分光部（8）に輸入されるレーザ光が通過する際に、前記P波を前記S波に、前記S波を前記P波に、それぞれ変換する第1の波長板（10）と、

前記分光部（8）及び前記反射部（9又は14）と前記反射手段（2）との間に配置され、前記分光部（8）及び前記反射部（9又は14）からの前記軸方向（Z軸方向）のレーザ光を、前記反射手段（2）の平面鏡（4,5）に対して垂直になるように前記所定角度（例えば）に屈折させる屈折部（6）と、

20

前記分光部（8）及び前記反射部（9又は14）と前記反射手段（2）との間に配置され、前記分光部（8）又は前記反射部（9又は14）から出力されて前記反射手段（2）を介して該分光部（8）又は該反射部（9又は14）に輸入されるレーザ光が通過する際に、前記P波を前記S波に、前記S波を前記P波に、それぞれ変換する第2の波長板（7a,7b）と、を有する、

ことを特徴とするレーザ干渉計（1）にある。

#### 【0016】

30

請求項2に係る本発明は（例えば図3参照）、前記反射部は、入力されるレーザ光を同一平面上に直角に反射する平面型反射鏡（9）であり、

前記反射手段（2）と前記レーザ光路生成手段（3）とが前記軸方向（Z軸方向）に対するロール方向（方向）に相対移動した場合に、前記第1光路（例えばb2～b11のうちのb3及びb10）と前記第2光路（例えばa2～a11のうちのa4及びa10）との距離が相対変化する、

ことを特徴とする請求項1記載のレーザ干渉計（1）にある。

#### 【0017】

請求項3に係る本発明は（例えば図6参照）、前記反射部は、入力されるレーザ光を異なる平行な平面上に直角に反射する屋根型反射鏡（14）であり、

40

前記反射手段（2）と前記レーザ光路生成手段（3'）とが前記軸方向（Z方向）に対する横方向（X軸方向）に相対移動した場合に、前記第1光路（例えばb2～b11のうちのb3及びb10'）と前記第2光路（例えばa2～a11のうちのa4'及びa10）との距離が相対変化する、

ことを特徴とする請求項1記載のレーザ干渉計（1'）にある。

#### 【0018】

請求項4に係る本発明は（例えば図1、図2参照）、前記請求項1ないし3のいずれか記載のレーザ干渉計（1）と、

前記レーザ光を照射自在で、かつ前記レーザ光路生成手段（3）より出力された前記第1光路（例えばb2～b11）と前記第2光路（例えばa2～a11）とのレーザ光の波長

50

の位相差に基づき、前記第1光路（例えばb2～b11）と前記第2光路（例えばa2～a11）との距離の相対変化を測定し得るレーザ測長手段（12）と、を備え、前記レーザ測長手段（12）を、基準床（30）に、該レーザ測長手段（12）により照射される前記レーザ光が前記レーザ光路生成手段（3）の前記入出力部（8a）に入力されるように前記軸方向（Z軸方向）に配置し、前記反射手段（2）及び前記レーザ光路生成手段（3）のいずれか一方を、前記基準床（30）に対して支持される支持部材（21）に固定し、前記反射手段（2）及び前記レーザ光路生成手段（3）の他方を、前記支持部材（21）に対して軸方向（Z軸方向）に移動自在に支持される移動部材（22）に固定し、前記移動部材（22）を前記支持部材（21）に対して前記軸方向（Z軸方向）に移動させた際に、前記支持部材（21）に対する前記移動部材（22）の位置偏差を測定する、ことを特徴とする測定装置（50）にある。

10

**【0019】**

なお、上記カッコ内の符号は、図面と対照するためのものであるが、これは、発明の理解を容易にするための便宜的なものであり、特許請求の範囲の構成に何等影響を及ぼすものではない。

**【0020】****【発明の効果】**

請求項1に係る本発明によると、入出力部が反射手段に対してレーザ光路生成手段の軸方向反対側に位置しているため、レーザ光を軸方向より入力することができ、かつ第1光路及び第2光路を通過したレーザ光を軸方向に出力することができる。それにより、例えば反射手段に対してレーザ光路生成手段を軸方向に移動させることができ、例えば工作機械の移動部材などにレーザ光路生成手段を設置することも可能にすることができるものでありながら、反射手段とレーザ光路生成手段との相対位置関係の測定を可能にすることができる。また、光路軸変更部には、分光部からのレーザ光が1箇所に入力され、かつ他の1箇所から分光部にレーザ光を折り返し出力するので、該光路軸変更部をコンパクト化することができる。レーザ光路生成手段をコンパクト化することができる。更に、分光部が1つであるため、光路軸変更部のコンパクト化と相俟って、レーザ光路生成手段をコンパクト化することができる。それにより、例えば工作機械の移動部材や支持部材などにレーザ光路生成手段を設置することが可能となり、例えば移動部材の移動による工作機械の傾斜を含むことなく、移動部材と支持部材との相対位置関係の測定を可能にすることができる。

20

30

**【0021】**

請求項2に係る本発明によると、反射部が入力されるレーザ光を同一平面上に直角に反射する平面型反射鏡であり、反射手段とレーザ光路生成手段とが軸方向に対するロール方向に相対移動した場合に、第1光路と第2光路との距離が相対変化するので、反射手段とレーザ光路生成手段とのロール方向の位置偏差の測定を可能にすることができる。

**【0022】**

請求項3に係る本発明によると、反射部が入力されるレーザ光を異なる平行な平面上に直角に反射する屋根型反射鏡であり、反射手段とレーザ光路生成手段とが軸方向に対する横方向に相対移動した場合に、第1光路と第2光路との距離が相対変化するので、反射手段とレーザ光路生成手段との横方向の位置偏差の測定、特に反射手段とレーザ光路生成手段とを軸方向に相対移動させた際の真直度の測定を可能にすることができる。

40

**【0023】**

請求項4に係る本発明によると、レーザ測長手段を、該レーザ測長手段により照射されるレーザ光がレーザ光路生成手段の入出力部に入力されるように軸方向に基準床に配置し、反射手段及び前記レーザ光路生成手段のいずれか一方を、基準床に対して支持される支持部材に固定し、反射手段及びレーザ光路生成手段の他方を、支持部材に対して軸方向に移動自在に支持される移動部材に固定するので、移動部材の移動による支持部材の傾斜を含むことなく、移動部材と支持部材との相対位置関係の測定を可能にすることができる。

**【0024】**

50

**【発明の実施の形態】****< 第 1 の実施の形態 >**

以下、本発明に係る第 1 の実施の形態を図に沿って説明する。図 1 はレーザ干渉部をテーブルに固定した際の測定装置及び工作機械を示す斜視図、図 2 は反射鏡をテーブルに固定した際の測定装置及び工作機械を示す斜視図、図 3 は第 1 の実施の形態に係るレーザ干渉計を示す斜視模式図、図 4 は本発明のレーザ干渉計を用いた際のローリング感度校正の一例を示す図、図 5 は工作機械の測定結果の一例を示す図である。

**【 0 0 2 5 】**

図 1 に示すように、工作機械 2 0 の位置偏差を測定し得る測定装置 5 0 は、レーザ干渉計 1 とレーザヘッド（レーザ測長手段）1 2 とを備えている。該工作機械 2 0 は、例えば工場の床 3 0 に載置されて支持されているベッド（支持部材）2 1 を有しており、該ベッド 2 1 にはガイド部材 2 1 a が支持されている。該ガイド部材 2 1 a にはテーブル（移動部材）2 2 が Z 方向に移動自在に支持されており、該テーブル 2 2 は、例えば不図示のモータの駆動などにより Z 方向に移動する。

10

**【 0 0 2 6 】**

また、工作機械 2 0 のベッド 2 1 には、刃物台 2 3 が設けられており、該刃物台 2 3 に設けられたアーム 2 4 にチャック 2 5 を有している。工作機械 2 0 により工作を行う際は、該チャック 2 5 にバイトなどの工具を取付けると共にテーブル 2 2 に被工作物を設置・固定し、該テーブル 2 2 を移動させて被工作物と工具とを接触させつつ工作を行う。なお、図 1 に示す工作機械 2 0 は、説明の便宜上、簡単に示した模式的なものであり、Z 方向に移動するものを一例として説明しているが、実際には更に複雑な形状、動作を行うものである。

20

**【 0 0 2 7 】**

レーザヘッド 1 2 は、例えば三脚 1 2 b など床 3 0 に配置されており、該レーザヘッド 1 2 内には、P 波と S 波とを有するレーザ光を照射自在なレーザ発振器と、入力されるレーザ光の P 波と S 波との波長に基づき詳しくは後述する光路長の変化量を測定し得る光電変換器とが備えられている。また、レーザヘッド 1 2 には、レーザ発振器のレーザ光の照射と光電変換器へのレーザ光の入力とを同軸方向に行う入出力ヘッド 1 2 a が備えられており、該レーザヘッド 1 2 は、該入出力ヘッド 1 2 a が後述するレーザ干渉計 1 のレーザ干渉部 3 の入出力部 8 a に対して向けられ、かつレーザ光の入出力を Z 軸方向に行うように配置される。

30

**【 0 0 2 8 】**

なお、上記工作機械 2 0 のベッドやテーブルには、その形状や役割によって種々の名称があり、例えば主軸頭、刃物台、コラム、ステージなどの名称があるが、説明の便宜上、本明細書中においては、床 3 0 に対して支持されている支持部材をベッド 2 1、該ベッド 2 1 に対して移動する移動部材をテーブル 2 2 とする。

**【 0 0 2 9 】**

本発明の要部となるレーザ干渉計 1 は、反射鏡（反射手段）2 とレーザ干渉部（レーザ光路生成手段）3 とを備えて構成されており、該反射鏡 2 は、図 3 に示すように、レーザ干渉部 3 に対して略々対象な所定角度に傾斜した 2 つの平面鏡 4、5 を有している。該反射鏡 2 は、図 1 に示すように、略々直方体形状の反射鏡ケース 2 a を有しており、それら平面鏡 4、5 は、該本体ケース 2 a 内に格納されている。また、本体ケース 2 a のレーザ干渉部 3 と対向する面には、レーザ光が通過するためのスリット状の孔 2 b が形成されている。

40

**【 0 0 3 0 】**

一方、レーザ干渉部 3 は、図 3 に示すように、2 つの楔プリズム 6 a、6 b を有するバイプリズム（屈折部）6、1/4 波長板（第 2 の波長板）7 a、7 b、偏光ビームスプリッタ（分光部）8、平面型反射鏡であるターニングミラー（反射部）9、1/4 波長板（第 1 の波長板）1 0、キューブコーナプリズム（光路軸変更部）1 1 を有して構成されており、図 1 に示すように、略々直方体形状の干渉部ケース 3 a に格納されている。また、該

50

干渉部ケース 3 a には、上記レーザヘッド 1 2 に対するレーザ光が通過する孔 3 b と、上記反射鏡 2 に対するレーザ光が通過する孔 3 c、3 d とが、それぞれ形成されている。

【 0 0 3 1 】

図 3 に示すように、偏光ビームスプリッタ 8 は、Z 軸方向に対して略 45° の角度である偏光面 8 b と、レーザ光を入出力する入出力面 8 a と、を有しており、該入出力面 8 a は、反射鏡 2 に対して該偏光ビームスプリッタ 8 における Z 軸方向の反対側に位置し、即ち上記レーザヘッド 1 2 の入出力ヘッド 1 2 a に Z 軸方向において対向するように位置している。また、ターニングミラー 9 は、該偏光ビームスプリッタ 8 の Z 軸方向に対して直角方向に配置されており、上記偏光ビームスプリッタ 8 及びターニングミラー 9 と反射鏡 2 との間の Z 軸方向上には、上記バイプリズム 6 と 1/4 波長板 7 a、7 b とがそれぞれ配置されている。更に、キューブコーナプリズム 11 は、上記ターニングミラー 9 に対して偏光ビームスプリッタ 8 の反対側に配置されており、該キューブコーナプリズム 11 と偏光ビームスプリッタ 8 との間には、1/4 波長板 10 が配置されている。

10

【 0 0 3 2 】

なお、バイプリズム 6 と 1/4 波長板 7 a、7 b との Z 軸方向における位置は、図 3 に示すように、反射鏡 2、バイプリズム 6、1/4 波長板 7 a、7 b、偏光ビームスプリッタ 8 及びターニングミラー 9 の順が好ましいが、反射鏡 2、1/4 波長板 7 a、7 b、バイプリズム 6、偏光ビームスプリッタ 8 及びターニングミラー 9 の順に配置されていてもよい。また、1/4 波長板 7 a、7 b は別体であるが、一体的なものであってもよい。

【 0 0 3 3 】

また、1/4 波長板とは、結晶軸に対して正確にスライスした結晶片を用いたものであり、1/4 波長板 7 a、7 b は X - Y 軸平面において結晶軸を 45° に傾斜させ、1/4 波長板 10 は X - Z 軸平面において結晶軸を 45° に傾斜させて用いている。

20

【 0 0 3 4 】

ついで、上記レーザ干渉計 1 による測定について説明する。まず、上記レーザヘッド 1 2 のレーザ発振器より P 波（例えば縦波）と S 波（例えば横波）とを有するレーザ光が出力され、図 3 に示す光路 a 1、b 1 を介して偏光ビームスプリッタ 8 の入出力面 8 a に入力される。すると、P 波は該偏光ビームスプリッタ 8 の偏光面 8 b をそのまま通過して直進方向、即ち Z 軸方向の光路 b 2 に出力されると共に、S 波は該偏光面 8 b により直角方向、即ち Y 軸方向に反射されて光路 a 2 に出力され、つまりレーザ光が P 波と S 波とに分光され、該 P 波が通過する第 1 光路（b 2 ~ b 1 1）と該 S 波が通過する第 2 光路（a 2 ~ a 1 1）に分光される。

30

【 0 0 3 5 】

第 2 光路として、該光路 a 2 に出力された S 波のレーザ光は、ターニングミラー 9 により直角方向に反射され、即ち Z 軸方向の光路 a 3 に出力される。該光路 a 3 の S 波レーザ光は、1/4 波長板 7 a を通過して円偏光のレーザ光になると共に、バイプリズム 6 の楔プリズム 6 b によって Z 軸方向に対して角度に屈折され、光路 a 4 に出力される。該光路 a 4 の円偏光のレーザ光は、反射鏡 2 の平面鏡 4 の点 4 a において該平面鏡 4 に垂直に入力され、該光路 a 4 に反射される。反射された光路 a 4 の円偏光のレーザ光は、再び楔プリズム 6 b により Z 軸方向に屈折されると共に、1/4 波長板 7 a を通過して P 波のレーザ光になり、光路 a 3 に出力される。そして、光路 a 3 の P 波のレーザ光はターニングミラー 9 により直角方向、即ち Y 軸方向に反射されて、光路 a 2 に出力される。

40

【 0 0 3 6 】

光路 a 2 に戻ってきた形のレーザ光は、P 波になっているため、偏光ビームスプリッタ 8 の偏光面 8 b を直進方向、即ち Y 軸方向にそのまま通過し、光路 a 5 に出力される。該光路 a 5 の P 波のレーザ光は 1/4 波長板 10 を通過して円偏光のレーザ光になって光路 a 6 に出力され、該光路 a 6 の円偏光のレーザ光は、キューブコーナプリズム 11 により、該光路 a 6 の軸方向に対して平行で X 軸方向に異なる軸上である光路 a 7 に折り返して出力される。該光路 a 7 の円偏光のレーザ光は、再び 1/4 波長板 10 を通過して S 波のレーザ光となり、光路 a 8 に出力される。

50

## 【 0 0 3 7 】

該光路 a 8 のレーザ光は、S 波になっているため、偏光ビームスプリッタ 8 の偏光面 8 b により直角方向、即ち Z 軸方向の光路 a 9 に反射される。該光路 a 9 の S 波のレーザ光は、1 / 4 波長板 7 b を通過して円偏光のレーザ光になると共に、バイプリズム 6 の楔プリズム 6 a によって Z 軸方向に対して角度 に屈折され、光路 a 1 0 に出力される。該光路 a 1 0 の円偏光のレーザ光は、反射鏡 2 の平面鏡 5 の点 5 b において該平面鏡 5 に垂直に入力され、該光路 a 1 0 に反射される。反射された光路 a 1 0 の円偏光のレーザ光は、再び楔プリズム 6 a により Z 軸方向に屈折されると共に、1 / 4 波長板 7 b を通過して P 波のレーザ光になり、光路 a 9 に出力される。

## 【 0 0 3 8 】

そして、光路 a 9 のレーザ光は、P 波になっているため、偏光ビームスプリッタ 8 の偏光面 8 b をそのまま直進方向に通過し、入出力面 8 a より光路 a 1 1 に出力されて、上記レーザヘッド 1 2 の光電変換器に入力される。つまり第 2 光路 a 2 ~ a 1 1 を通過するレーザ光は、反射鏡 2 の平面鏡 4 , 5 に対して 2 往復した後、レーザヘッド 1 2 に出力される。

10

## 【 0 0 3 9 】

一方、第 1 光路として、該光路 b 2 に出力された P 波のレーザ光は、1 / 4 波長板 7 b を通過して円偏光のレーザ光になると共に、バイプリズム 6 の楔プリズム 6 b によって Z 軸方向に対して角度 に屈折され、光路 b 3 に出力される。該光路 b 3 の円偏光のレーザ光は、反射鏡 2 の平面鏡 4 の点 4 b において該平面鏡 4 に垂直に入力され、該光路 b 3 に反

20

## 【 0 0 4 0 】

射される。反射された光路 b 3 の円偏光のレーザ光は、再び楔プリズム 6 b により Z 軸方向に屈折されると共に、1 / 4 波長板 7 b を通過して S 波のレーザ光になり、光路 b 2 に出力される。

光路 b 2 に戻ってきた形のレーザ光は、S 波になっているため、偏光ビームスプリッタ 8 の偏光面 8 b により直角方向、即ち Y 軸方向の光路 b 4 に反射される。該光路 b 4 の S 波のレーザ光は 1 / 4 波長板 1 0 を通過して円偏光のレーザ光になって光路 b 5 に出力され、該光路 b 5 の円偏光のレーザ光は、キューブコーナプリズム 1 1 により、該光路 b 5 の軸方向に対して平行で X 軸方向に異なる軸上である光路 b 6 に折り返して出力される。該光路 b 6 の円偏光のレーザ光は、再び 1 / 4 波長板 1 0 を通過して P 波のレーザ光となり

30

## 【 0 0 4 1 】

光路 b 7 のレーザ光は、P 波になっているため、偏光ビームスプリッタ 8 の偏光面 8 b を直進方向、即ち Y 軸方向にそのまま通過し、光路 b 8 に出力される。該光路 b 8 の P 波のレーザ光は、ターニングミラー 9 により直角方向に反射され、即ち Z 軸方向の光路 b 9 に出力される。該光路 b 9 の P 波レーザ光は、1 / 4 波長板 7 a を通過して円偏光のレーザ光になると共に、バイプリズム 6 の楔プリズム 6 a によって Z 軸方向に対して角度 に屈折され、光路 b 1 0 に出力される。該光路 b 1 0 の円偏光のレーザ光は、反射鏡 2 の平面鏡 5 の点 5 a において該平面鏡 5 に垂直に入力され、該光路 b 1 0 に反射される。反射された光路 b 1 0 の円偏光のレーザ光は、再び楔プリズム 6 a により Z 軸方向に屈折され

40

## 【 0 0 4 2 】

そして、光路 b 9 の S 波のレーザ光はターニングミラー 9 により直角方向、即ち Y 軸方向に反射されて、光路 b 8 に出力される。そして、光路 b 8 に戻ってきた形のレーザ光は、S 波になっているため、偏光ビームスプリッタ 8 の偏光面 8 b により直角方向、即ち Z 軸方向の光路 b 1 1 に出力されて、上記レーザヘッド 1 2 の光電変換器に入力される。つまり第 1 光路 b 2 ~ b 1 1 を通過するレーザ光も同様に、反射鏡 2 の平面鏡 4 , 5 に対して 2 往復した後、レーザヘッド 1 2 に出力される。

## 【 0 0 4 3 】

なお、図 3 に示した光路 a 1 , b 1、光路 a 5 , b 4、光路 a 6 , b 5、光路 a 7 , b 6

50

、光路 a 8 , b 7、及び光路 a 1 1 , b 1 1 は、説明の便宜上、平行な軸線として示しているが、これらの光路は、それぞれ同一軸上の光路である。

【 0 0 4 4 】

ここで、例えば反射鏡 2 がレーザ干渉部 3 に対して Z 軸周りの 方向であるロール方向に相対移動したとする。すると、第 1 光路と第 2 光路とをそれぞれ通過するレーザ光が反射する点 4 a , 5 b 及び点 4 b , 5 a は、点 4 a 及び点 5 b が平面鏡 4 , 5 の傾斜に対して谷側（つまり内側）又は山側（つまり外側）に、点 4 b 及び点 5 a が平面鏡 4 , 5 の傾斜に対して山側（つまり外側）又は谷側（つまり内側）に移動する形となる。即ち、光路 a 4 及び光路 a 1 0 の光路長に対して光路 b 3 及び光路 b 1 0 の光路長が縮まる、又は伸びることになり、第 1 光路と第 2 光路との光路長に相対的な変化が生じる。第 1 光路と第 2 光路との光路長に相対的な変化が生じると、入出力面 8 a から出力される光路 a 1 1 , b 1 1 の P 波と S 波とのレーザ光にドップラー周波数偏移が生じ、レーザヘッド 1 2 の光電変換器により光路長の変化（以下、「検出光長」とする。）を検出することが可能となる。なお、この光電変換器によるドップラー周波数偏移の検出は、公知の技術であるので、その説明を省略する。

10

【 0 0 4 5 】

また、点 4 a と点 4 b（点 5 a と点 5 b）の距離を  $2v$  とし、上記ロール方向の角度  $\theta$  と光路長の変化量  $\Delta L$  とを式で示すと、

$$\Delta L = \tan^{-1} \left( \frac{2v \sin \theta}{L} \right) \cdot \dots \cdot \text{式 1}$$

となる。それらロール方向の角度  $\theta$  と光路長の変化量  $\Delta L$  との関係は、点 4 a と点 5 a（点 4 b と点 5 b）の距離  $2u$  に依存せず、つまり反射鏡 2 とレーザ干渉部 3 との距離はなんら影響がない。

20

【 0 0 4 6 】

上記式 1 の関係は、点 4 a と点 4 b（点 5 a と点 5 b）の距離  $2v$  が一定で、かつ角度  $\theta$  も一定であるため、図 4 に示すような検出光長（mm）と発生ローリング（角秒）との関係として得られる。この発生ローリングを累積演算することで、反射鏡 2 とレーザ干渉部 3 とのロール方向の位置偏差を算出することが可能であり、つまり検出光長に基づいてロール方向の位置偏差を算出することが可能である。

【 0 0 4 7 】

なお、この図 4 に示す関係は、ピッチ方向の位置偏差を測定し得るレーザ測定器により X 軸方向から測定したものによって正確性が確認されている。また、反射鏡 2 とレーザ干渉部 3 との距離を変化させて（例えば 200 mm、800 mm、1400 mm）測定した実験結果からも、その反射鏡 2 とレーザ干渉部 3 との距離に依存することなく、この関係の正確性が確認されている。

30

【 0 0 4 8 】

また、従来技術と同様に、横方向（X 方向）、縦方向（Y 方向）、軸方向（Z 方向）、ピッチ方向（ 方向）、ヨー方向（ 方向）に対して変位があった場合は、光路 a 4 及び光路 a 1 0 の光路長と、光路 b 3 及び光路 b 1 0 の光路長とが共に伸縮、或いは変化せずに、その 2 つの光路長に相対的な変化が生じない。

【 0 0 4 9 】

以上に説明したレーザ干渉計 1 を用いて工作機械 20 を測定する際は、図 1 に示すように、該工作機械 20 に、レーザ干渉計 1 を備えた測定装置 50 を設置する。まず、レーザ干渉計 1 の反射鏡 2 を工作機械 20 のベッド 21 上に固定し、レーザ干渉部 3 をテーブル 22 上に固定する。この固定の際は、反射鏡 2 とレーザ干渉部 3 とが Z 軸方向において正確に一直線上になるように、かつ平面鏡 4 , 5 の角度とレーザ干渉部 3 の角度が Z 軸方向に対する正確な位置になるように固定することが好ましいが、僅かなずれがあっても第 1 光路（特に光路 b 3 及び光路 b 1 0）と第 2 光路（特に光路 a 4 及び光路 a 1 0）との光路長に差が生じないので、特に問題はない。また、レーザヘッド 1 2 を、レーザ干渉部 3 の入出力面 8 a に対して入出力ヘッド 1 2 a が Z 軸方向において一直線上になるように床 30 上に設置する。

40

50

## 【0050】

その後、レーザヘッド12のレーザ発振器よりレーザ光を照射すると共に、光電変換器により第1光路と第2光路との光路長の相対変化の測定を開始する。そして、工作機械20のテーブル22をベッド21に対してZ軸方向に移動させ、測定装置50によって、テーブル22の移動に伴うロール方向（方向）の位置偏差を測定する。この際、レーザ干渉部3の入出力面8aはZ軸方向に移動し、またレーザヘッド12の入出力ヘッド12aもZ軸方向に向けられているので、レーザ干渉部3をテーブル22によりZ軸方向に移動しても、入出力面8aに対するレーザ光の入出力がずれることはない。また、レーザ干渉部3がZ軸方向に移動するだけであれば、第1光路と第2光路との光路長が共に伸縮するだけであって、相対的な光路長の差は生じない。

10

## 【0051】

また、レーザ干渉計1を用いて工作機械20を測定する際は、図2に示すように、レーザ干渉計1の反射鏡2を工作機械20のテーブル22上に固定し、レーザ干渉部3をベッド21上に固定してもよい。この際も同様に、レーザヘッド12を、レーザ干渉部3の入出力面8aに対して入出力ヘッド12aがZ軸方向において一直線上になるように床30上に設置する。

## 【0052】

その後、レーザヘッド12のレーザ発振器よりレーザ光を照射すると共に、光電変換器により第1光路と第2光路との光路長の相対変化の測定を開始し、工作機械20のテーブル22をベッド21に対してZ軸方向に移動させ、測定装置50によって、テーブル22の移動に伴うロール方向（方向）の位置偏差を測定する。この際、入出力面8aに対するレーザヘッド12からのレーザ光の入出力がずれることなく、また、反射鏡2がZ軸方向に移動するだけであれば、第1光路と第2光路との光路長が共に伸縮するだけであって、相対的な光路長の差は生じない。

20

## 【0053】

例えば上記測定装置50を用いて工作機械20を測定した実験結果の一例を説明する。図5に示すように、ベッド21の所定位置からZ軸方向に約1300mmまでの部分においてテーブル22を7回移動させ、その際のロール方向の位置偏差を測定すると、実験結果A, B, C, D, E, F, Gが得られた。この7回の実験結果A~Gによると、移動開始後300mm付近までに約+70角秒のローリングが生じ、500mm付近で約+30角秒のローリングに下がり、再び600mm付近で約+50角秒のローリングが生じた後、900mm付近で一旦ローリングが収まり、その900mm付近から1300mmまでに反対方向である約-140角秒のローリングが生じていることが検出された。これら7回の実験結果A~Gは、僅かな誤差があるものの、略々同じ位置で同じローリングが生じていることを証明しており、測定装置50の正確性を証明している。

30

## 【0054】

以上のように、本発明に係るレーザ干渉計1によると、レーザ干渉部3の入出力面8aが反射鏡2に対してレーザ干渉部3のZ軸方向における反対側に位置しているため、レーザ光をZ軸方向より入力することができ、かつ第1光路b2~b11及び第2光路a2~a11を通過したレーザ光をZ軸方向に出力することができる。それにより、例えば反射鏡2に対してレーザ干渉部3をZ軸方向に移動させることができ、Z軸方向に移動する工作機械20のテーブル22などにレーザ干渉部3を設置することも可能にすることができるものでありながら、反射鏡2とレーザ干渉部3とのロール方向の位置偏差の測定を可能にすることができる。

40

## 【0055】

また、キューブコーナプリズム11は、従来のように2箇所から入力されて他の2箇所に折り返し出力するのではなく（図7の光路c6, c7及び光路d4, d5参照）、偏光ビームスプリッタ8からのレーザ光が光路a5, a6及び光路b4, b5からの1箇所に入力され、かつ光路a7, a8及び光路b6, b7に対する1箇所から該偏光ビームスプリッタ8にレーザ光を折り返し出力するので、該キューブコーナプリズム11をコンパクト

50

化することができ、レーザ干渉部 3 をコンパクト化することができる。

【 0 0 5 6 】

更に、従来のように偏光ビームスプリッタが 2 つではなく（図 7 の 1 0 8 , 1 0 9 参照）、偏光ビームスプリッタが 1 つであるので、上記キューブコーナプリズム 1 1 のコンパクト化と相俟って、レーザ干渉部 3 をコンパクト化することができる。

【 0 0 5 7 】

また、レーザ干渉部 3 をコンパクト化することができるため、例えば工作機械 2 0 のテーブル 2 2 やベッド 2 1 などにレーザ干渉部 3 を設置（固定）することが可能となり、例えばテーブル 2 2 の移動による工作機械 2 0 の重心移動に起因するベッド 2 1 の傾斜を含むことなく、テーブル 2 2 とベッド 2 1 とのロール方向の位置偏差の測定を可能にすることが

10

【 0 0 5 8 】

< 第 2 の実施の形態 >

ついで、以下に本発明に係る第 2 の実施の形態を図に沿って説明する。図 6 は第 2 の実施の形態に係るレーザ干渉計を示す斜視模式図である。なお、第 2 の実施の形態においては、一部の変更部分を除き、第 1 の実施の形態と同様な部分に同符号を付して、その説明を省略する。

【 0 0 5 9 】

図 6 に示すように、レーザ干渉計 1 ' のレーザ干渉部 3 ' は、上記ターニングミラー 9 の代わりに屋根型反射鏡であるアミチプリズム（反射部）1 4 を有しており、該アミチプリ

20

【 0 0 6 0 】

レーザ干渉計 1 ' において、偏光ビームスプリッタ 8 により分光された S 波のレーザ光が光路 a 2 に出力されると、上記アミチプリズム 1 4 の反射面 1 4 a 及び反射面 1 4 b により異なる平行な平面上に直角に反射、即ち Y - Z 軸方向の光路 a 2 を含む平面上から光路 a 3 ' を含む平面上に平行移動する形で Y 軸方向から Z 軸方向に直角に反射されて、光路 a 3 ' に出力される。また、光路 a 4 '、反射鏡 5 を介して往復したレーザ光は、光路 a 3 ' において 1 / 4 波長板 7 a により P 波のレーザ光になっており、該光路 a 3 ' の P 波のレーザ光は、同様にアミチプリズム 1 4 の反射面 1 4 b 及び反射面 1 4 a を介して光路 a 2 に出力される。

30

【 0 0 6 1 】

また、光路 b 7 から偏光ビームスプリッタ 8 に入力され、偏光面 8 b を直進して光路 b 8 に出力された P 波のレーザ光は、同様にアミチプリズム 1 4 の反射面 1 4 b 及び反射面 1 4 a を介して光路 b 9 ' に出力される。更に、光路 b 1 0 '、反射鏡 4 を介して往復したレーザ光は、光路 b 9 ' において 1 / 4 波長板 7 a により S 波のレーザ光になっており、該光路 b 9 ' の S 波のレーザ光は、同様にアミチプリズム 1 4 の反射面 1 4 a 及び反射面 1 4 b を介して光路 b 8 に出力される。

【 0 0 6 2 】

即ち、第 1 光路 b 2 ~ b 1 1 を通過するレーザ光は、光路 b 3 及び光路 b 1 0 ' により反射鏡 4 に対して 2 往復し、また、第 2 光路 a 2 ~ a 1 1 を通過するレーザ光は、光路 a 4 ' 及び光路 a 1 0 により反射鏡 5 に対して 2 往復する。例えばレーザ干渉部 3 ' に対して反射鏡 2 が X 軸方向に移動したとすると、第 1 光路と第 2 光路とをそれぞれ通過するレーザ光が反射する点 4 a , 4 b 及び点 5 a , 5 b は、点 4 a 及び点 4 b が平面鏡 4 の傾斜に対して谷側（つまり内側）又は山側（つまり外側）に、点 5 a 及び点 5 b が平面鏡 5 の傾斜に対して山側（つまり外側）又は谷側（つまり内側）に移動する形となる。このため、光路 a 4 ' 及び光路 a 1 0 の光路長に対して光路 b 3 及び光路 b 1 0 ' の光路長が縮まる、又は伸びることになり、第 1 光路と第 2 光路との光路長に相対的な変化が生じる。

40

【 0 0 6 3 】

なお、例えばレーザ干渉部 3 ' に対して反射鏡 2 が Y 軸方向（ Z 軸方向）に移動したとすると、第 1 光路と第 2 光路とをそれぞれ通過するレーザ光が反射する点 4 a , 4 b 及び点

50

5 a , 5 b は、点 4 a 及び点 4 b が平面鏡 4 の傾斜に対して谷側（つまり内側）又は山側（つまり外側）に、点 5 a 及び点 5 b が平面鏡 5 の傾斜に対して山側（つまり外側）又は谷側（つまり内側）に移動する形となるが、平面鏡 4 , 5 の角度がヨー方向（軸方向）変化しているため、反射されたレーザー光の光路に該ヨー方向（軸方向）の移動に対する角度が発生する。即ち、上記バイプリズム 6 a , 6 b によって角度 2 で広がりつつ反射鏡 4 , 5 に入力されたレーザー光（光路 a 4 ' 及び光路 b 1 0 '、光路 a 1 0 及び光路 b 3 のレーザー光）は、ヨー方向（軸方向）の移動に対する角度に方向転換して反射され、同じ角度 2 で収束しつつバイプリズム 6 a , 6 b に出力される。これにより、一方の往路の光路が縮まった場合はその復路の光路が伸び、他方の往路の光路が伸びた場合はその復路の光路が縮まるので、第 1 光路と第 2 光路との光路長に相対的な変化が生じることはない。

10

【 0 0 6 4 】

つまり、縦方向（Y 方向）、軸方向（Z 方向）、ピッチ方向（方向）、ヨー方向（方向）、ロール方向（方向）に対して変位があった場合は、光路 a 4 ' 及び光路 a 1 0 の光路長と、光路 b 3 及び光路 b 1 0 ' の光路長に相対的な変化が生じない。

【 0 0 6 5 】

そして、第 1 の実施の形態と同様に、このように第 1 光路と第 2 光路との光路長に相対的な変化が生じると、入出力面 8 a から出力される光路 a 1 1 , b 1 1 の P 波と S 波とのレーザー光にドップラー周波数偏移が生じ、レーザーヘッド 1 2 の光電変換器により光路長の変化（以下、「検出光長」とする。）を検出することが可能となる。

20

【 0 0 6 6 】

以上に説明したレーザー干渉計 1 ' を用いて工作機械 2 0 を測定する際は、第 1 の実施の形態と同様に、反射鏡 2 をベッド 2 1 上に固定すると共に、レーザー干渉部 3 ' をテーブル 2 2 上に固定、又は反射鏡 2 をテーブル 2 2 上に固定すると共にレーザー干渉部 3 ' をベッド 2 1 上に固定し、レーザーヘッド 1 2 を、レーザー干渉部 3 ' の入出力面 8 a に対して入出力ヘッド 1 2 a が Z 軸方向において一直線上になるように床 3 0 上に設置する（図 1 及び図 2 参照）。

【 0 0 6 7 】

その後、レーザーヘッド 1 2 のレーザー発振器よりレーザー光を照射すると共に、光電変換器により第 1 光路と第 2 光路との光路長の相対変化の測定を開始し、工作機械 2 0 のテーブル 2 2 をベッド 2 1 に対して Z 軸方向に移動させ、測定装置 5 0 によって、テーブル 2 2 の移動に伴う横方向（X 軸方向）の位置偏差、いわゆる真直度を測定する。

30

【 0 0 6 8 】

以上のように、本発明に係るレーザー干渉計 1 ' によると、レーザー干渉部 3 ' の入出力面 8 a が反射鏡 2 に対してレーザー干渉部 3 の Z 軸方向における反対側に位置しているので、レーザー光を Z 軸方向より入力することができ、かつ第 1 光路 b 2 ~ b 1 1 及び第 2 光路 a 2 ~ a 1 1 を通過したレーザー光を Z 軸方向に出力することができる。それにより、例えば反射鏡 2 に対してレーザー干渉部 3 ' を Z 軸方向に移動させることができ、Z 軸方向に移動する工作機械 2 0 のテーブル 2 2 などにレーザー干渉部 3 を設置して、反射鏡 2 とレーザー干渉部 3 との横方向の位置偏差の測定を可能にすることができる。

40

【 0 0 6 9 】

なお、第 1 及び第 2 の実施の形態において説明したレーザー干渉計 1 , 1 ' は、ロール方向（方向）の位置偏差、或いは横方向（X 軸方向）の位置偏差を測定するものを説明したが、該レーザー干渉計 1 , 1 ' 全体を 9 0 度回転させた形、つまり横向きで用いることも可能であり、この際、レーザー干渉計 1 は同様にロール方向（方向）の位置偏差、レーザー干渉計 1 ' は Y 軸方向である縦方向の位置偏差、をそれぞれ測定することが可能である。

【 0 0 7 0 】

また、第 1 及び第 2 の実施の形態において、工作機械 2 0 を測定する測定装置 5 0 について説明したが、該測定装置 5 0 は、特に工作機械に限らず、支持部材と該支持部材に対して軸方向に移動する移動部材とであり、反射鏡 2 とレーザー干渉部 3 , 3 ' とが設置（固定

50

)可能なものであれば、どのようなものであってもそれらの位置偏差を測定することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】レーザ干渉部をテーブルに固定した際の測定装置及び工作機械を示す斜視図。

【図2】反射鏡をテーブルに固定した際の測定装置及び工作機械を示す斜視図。

【図3】第1の実施の形態に係るレーザ干渉計を示す斜視模式図。

【図4】本発明のレーザ干渉計を用いた際のローリング感度校正の一例を示す図。

【図5】工作機械の測定結果の一例を示す図。

【図6】第2の実施の形態に係るレーザ干渉計を示す斜視模式図。

【図7】従来レーザ干渉計を示す斜視模式図。

10

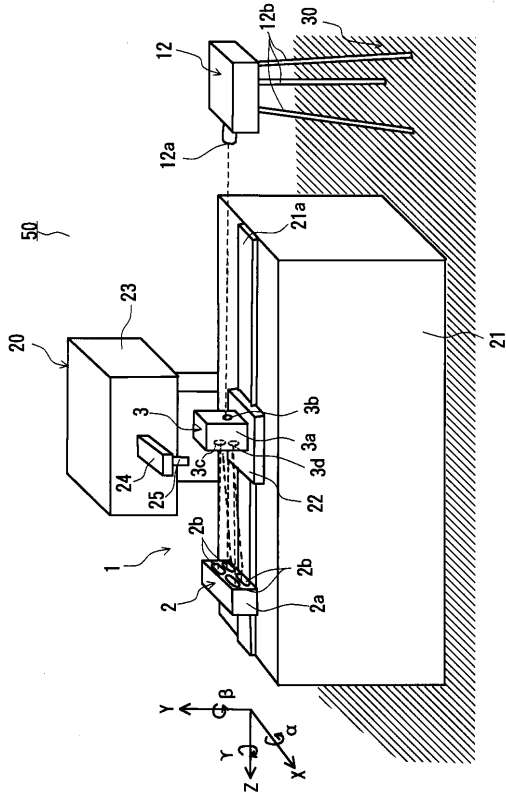
【符号の説明】

- 1 レーザ干渉計
- 2 反射手段(反射鏡)
- 3 レーザ光路生成手段(レーザ干渉部)
- 4 平面鏡
- 5 平面鏡
- 6 屈折部(バイプリズム)
- 7 a 第2の波長板(1/4波長板)
- 7 b 第2の波長板(1/4波長板)
- 8 分光部(偏光ビームスプリッタ)
- 8 a 入出力部
- 9 反射部、平面型反射鏡(ターニングミラー)
- 10 第1の波長板(1/4波長板)
- 11 光路軸変更部(キューブコーナプリズム)
- 12 レーザ測長手段(レーザヘッド)
- 14 反射部、屋根型反射鏡(アミチプリズム)
- 21 支持部材(ベッド)
- 22 移動部材(テーブル)
- 30 基準床(床)
- 50 測定装置
- a 2 ~ a 1 1 第2光路
- b 2 ~ b 1 1 第1光路

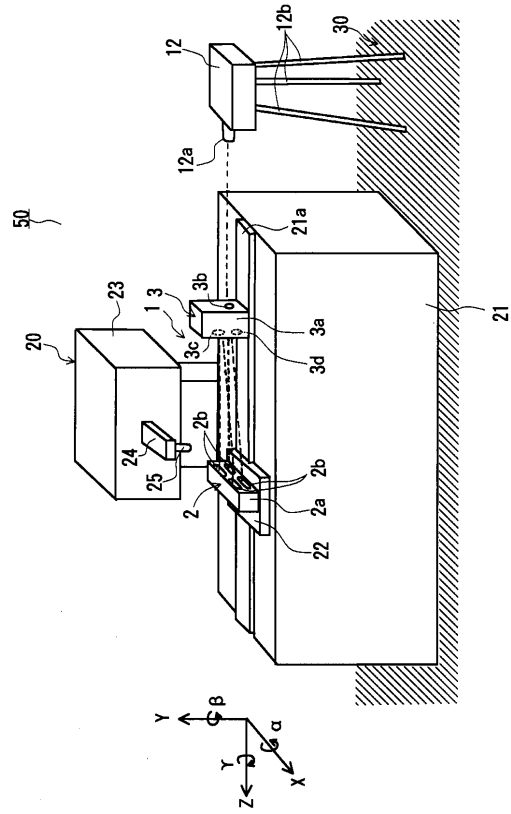
20

30

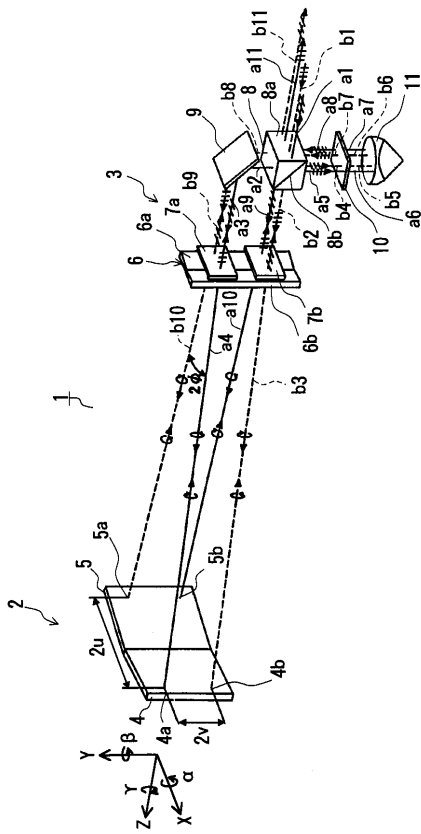
【 図 1 】



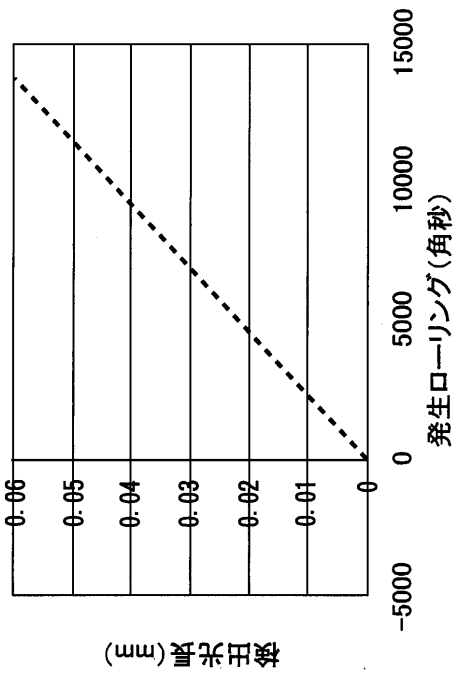
【 図 2 】



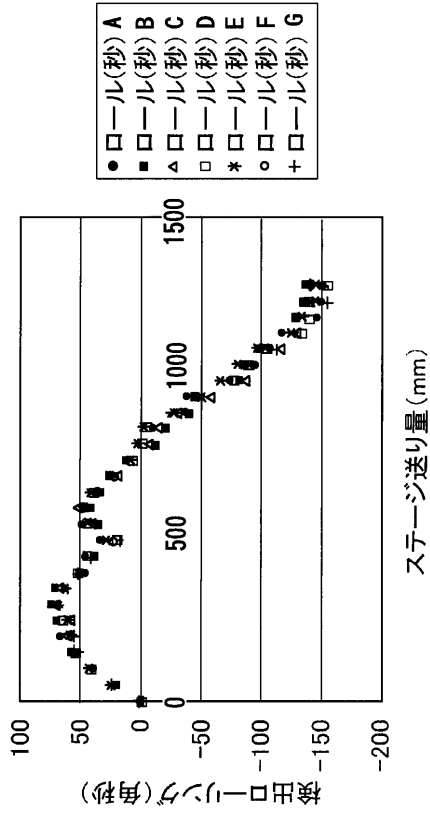
【 図 3 】



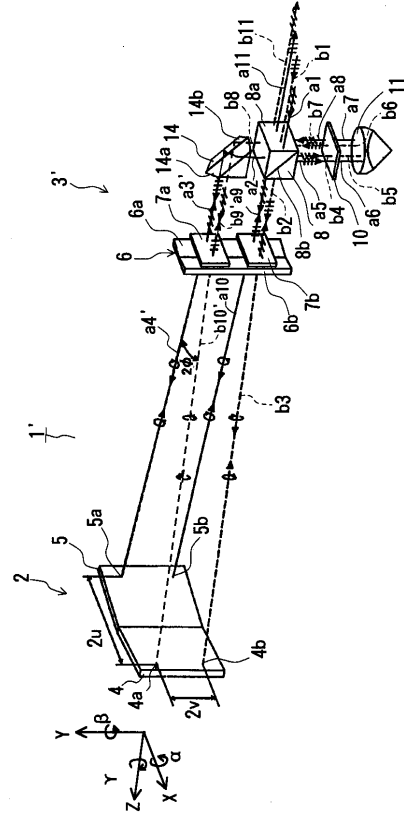
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

