

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7624585号  
(P7624585)

(45)発行日 令和7年1月31日(2025.1.31)

(24)登録日 令和7年1月23日(2025.1.23)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 1 B 11/30 (2006.01) G 0 1 B 11/30 1 0 1

請求項の数 1 (全10頁)

(21)出願番号	特願2024-67195(P2024-67195)	(73)特許権者	000151494 株式会社東京精密 東京都八王子市石川町2 9 6 8 - 2
(22)出願日	令和6年4月18日(2024.4.18)	(74)代理人	100083116 弁理士 松浦 憲三
(62)分割の表示	特願2020-64089(P2020-64089)の 分割	(74)代理人	100140992 弁理士 松浦 憲政
原出願日	令和2年3月31日(2020.3.31)	(74)代理人	100170069 弁理士 大原 一樹
(65)公開番号	特開2024-83606(P2024-83606A)	(74)代理人	100128635 弁理士 松村 潔
(43)公開日	令和6年6月21日(2024.6.21)	(72)発明者	松本 弘一 茨城県土浦市東中貫町4 株式会社東京 精密内
審査請求日	令和6年4月18日(2024.4.18)	(72)発明者	大野 祥希

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 真直度測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動体の移動方向の真直度を検出する真直度測定装置であって、  
単一周波数のレーザー光を出射するレーザー光源と、  
前記レーザー光の光路上に配置される真直度反射鏡と、  
前記レーザー光源と前記真直度反射鏡との間に配置され、前記レーザー光源から出射された  
前記レーザー光を第1のレーザー光と第2のレーザー光とに分割する偏光ビームスプリッタと、  
前記第1のレーザー光及び前記第2のレーザー光のうち前記第1のレーザー光の周波数のみを  
変調させて変調レーザー光を生成する周波数変調素子と、  
前記第2のレーザー光と前記変調レーザー光のそれぞれの位相を変化させる / 4 板と、  
前記 / 4 板を通過した前記第2のレーザー光と前記変調レーザー光とを互いに離間する方  
向に広げて前記真直度反射鏡に入射させる偏向プリズムであって、前記真直度反射鏡で反  
射した前記第2のレーザー光の反射光と前記変調レーザー光の反射光とを前記 / 4 板を介し  
て前記偏光ビームスプリッタへ入射させる偏向プリズムと、  
前記偏光ビームスプリッタから出射された干渉光であって、前記偏光ビームスプリッタ  
で合成された前記第2のレーザー光の反射光と前記変調レーザー光の反射光との干渉光の干渉  
信号を出力する受光素子と、  
前記干渉信号と前記周波数変調素子を駆動する駆動信号とに基づいて前記真直度を検出  
する検出部と、  
を備える、真直度測定装置。

10

20

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、真直度測定装置に係り、特に工作機器や測定機器に設けられた移動体の移動方向の真直度を測定する真直度測定装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、工作機器や測定機器に設けられた移動体の移動方向の真直度を、例えば、特許文献1に開示されたレーザ干渉計を用いて測定することが知られている。

**【0003】**

上記のレーザ干渉計は、レーザ発振器を有しており、このレーザ発振器からのレーザ光の光路内には、真直度干渉計と、移動体に取り付けられる反射ミラーとが配置されている。レーザ発振器からのレーザ光は、真直度干渉計を経由することにより2偏光成分のレーザ光に分割されて反射ミラーに出射され、そして、反射ミラーで反射された2つのレーザ光は、真直度干渉計に戻されて合成される。その合成された2つのレーザ光の干渉光を受光素子で受光することにより、2つのレーザ光の光路長の相対的な変化を検出し、その変化に基づいて移動体の移動方向の真直度を測定する。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

【文献】特開2004-219350号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

例えば、特許文献1のようなレーザ干渉計を使用した真直度測定装置は、レーザ発振器からのレーザ光を真直度干渉計から真直度反射鏡に向けて広げているため、広げられた2つのレーザ光は互いに離れた空間を通過する。例えば、2つのレーザ光が同一の空間を通過する場合、空間の揺らぎ（例えば、擾乱）による影響は互いに打ち消し合うため小さくなるが、上記のように互いに離れた空間を通過した場合には、互いに打ち消し合うことができず、空間の揺らぎの影響を受けてしまい、安定した測定を行うことができないという問題がある。

**【0006】**

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、空間の揺らぎの影響を抑制して安定した測定を行うことができる真直度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】****【0007】**

本発明の目的を達成するための真直度測定装置は、移動体の移動方向の真直度を検出する真直度測定装置であって、単一周波数のレーザ光を出射するレーザ光源と、レーザ光の光路上に配置される真直度反射鏡と、レーザ光源と真直度反射鏡との間に配置され、レーザ光源から出射されたレーザ光を第1のレーザ光と第2のレーザ光とに分割する偏光ビームスプリッタと、第1のレーザ光の周波数を変調させて変調レーザ光を生成する周波数変調素子と、第2のレーザ光と変調レーザ光のそれぞれの位相を変化させる  $\pi/4$  板と、 $\pi/4$  板を通過した第2のレーザ光と変調レーザ光とを互いに離間する方向に広げて真直度反射鏡に入射させる偏向プリズムであって、真直度反射鏡で反射した第2のレーザ光の反射光と変調レーザ光の反射光とを  $\pi/4$  板を介して偏光ビームスプリッタへ入射させる偏向プリズムと、偏光ビームスプリッタから出射された干渉光であって、偏光ビームスプリッタで合成された第2のレーザ光の反射光と変調レーザ光の反射光との干渉光の干渉信号を出力する受光素子と、干渉信号と周波数変調素子を駆動する駆動信号とに基づいて真直度を検出する検出部と、を備える。

**【0008】**

10

20

30

40

50

本発明の一形態は、レーザ光源のレーザ光の光路に沿って移動自在に設けられた移動体に、偏向プリズムが取り付けられることが好ましい。

【0009】

本発明の一形態は、レーザ光源のレーザ光の光路に沿って移動自在に設けられた移動体に、真直度反射鏡が取り付けられることが好ましい。

【0010】

本発明の一形態は、検出部は、干渉信号の中から駆動信号の高周波数帯域に対応する高周波数帯域の検出信号を抽出して出力するロックインアンプと、ロックインアンプから出力される検出信号に基づき真直度を演算する演算部と、を備えることが好ましい。

【0011】

本発明の一形態は、駆動信号は、1 GHz 以上の高周波数帯域の信号であることが好ましい。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、空間の揺らぎの影響を抑制して安定した測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施形態に係る真直度測定装置の基本構成を示すブロック図

【図2】真直度測定装置による真直度測定方法の一例を示した説明図

【図3】図2の測定方法で2つのレーザ光の光路長が変化することを示した説明図

【図4】真直度測定装置による真直度測定方法の他の例を示した説明図

【図5】図4の測定方法で2つのレーザ光の光路長が変化することを示した説明図

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、添付図面に従って本発明の真直度測定装置の実施形態について説明する。

【0015】

図1は、実施形態に係る真直度測定装置10の基本構成を示すブロック図である。

【0016】

図1に示すように、実施形態の真直度測定装置10は、レーザ光源12から出射されるレーザ光Lを利用して移動体の移動方向の真直度を測定する装置であり、レーザ光源12からのレーザ光Lの光路内に、偏光ビームスプリッタ14、 piezo素子16を備えたプリズム18、 /4板20、偏向プリズム22及び真直度反射鏡24が順に配置されて構成される。

【0017】

レーザ光源12としては、例えば、He-Neレーザ等の干渉距離の長い単一周波のレーザ光を出射するレーザ光源が用いられる。このレーザ光源12から出射されたレーザ光Lは、上記の偏光ビームスプリッタ14で第1のレーザ光L1と第2のレーザ光L2とに分割される。この時、偏光ビームスプリッタ14の光軸は入射するレーザ光Lの偏光面に対して45°になるように調整されている。この場合、偏光ビームスプリッタ14で反射する第1のレーザ光L1はS偏光、偏光ビームスプリッタ14を透過する第2のレーザ光L2はP偏光と呼ばれ、互いに偏光方向が直交している。

【0018】

第1のレーザ光L1は、反射面18Aにpiezo素子16が取り付けられたプリズム18に入射する。piezo素子16は、周波数源である発振器25から出力される高周波数帯域の駆動信号S1に基づき高周波数帯域で駆動される。これによって反射面18Aが振動され、この反射面18Aで反射される第1のレーザ光L1は、その周波数が変調されて高周波数帯域の周波数を有する変調レーザ光L3に変調される。この変調レーザ光L3の光軸は、第2のレーザ光L2の光軸と平行に設定されている。

【0019】

上記の構成により、偏光ビームスプリッタ14で分割された第1のレーザ光L1は、駆

10

20

30

40

50

動信号 S 1 により振動するピエゾ素子 1 6 によって変調レーザ光 L 3 に変調される。そして、変調レーザ光 L 3 の周波数は、発振器 2 5 からの高周波数帯域の駆動信号 S 1 によって任意に調整可能である。本実施形態では、後述するように、変調レーザ光 L 3 の周波数が、空気の乱れの影響を受け難い直進性の高い高周波数帯域（例えば、1 GHz 以上の高周波数帯域）の周波数に調整される。ここで、ピエゾ素子 1 6 は、本発明の周波数変調素子の一例である。

【 0 0 2 0 】

第 2 のレーザ光 L 2 と変調レーザ光 L 3 とは、それぞれ / 4 板 2 0 を通過することで、それぞれ位相が変化されて円偏光に変換される。そして、 / 4 板 2 0 を通過した第 2 のレーザ光 L 2 と変調レーザ光 L 3 とは、偏向プリズム 2 2 によって互いに離間する方向にそれぞれ所定の角度（ ）分だけ広げられて真直度反射鏡 2 4 に向けて出射される。

10

【 0 0 2 1 】

真直度反射鏡 2 4 は、変調レーザ光 L 3 を反射する反射鏡 2 6 と、第 2 のレーザ光 L 2 を反射する反射鏡 2 8 とを有している。反射鏡 2 6 は、反射鏡 2 6 の法線が変調レーザ光 L 3 の光軸と平行になるように配置され、反射鏡 2 8 は、反射鏡 2 8 の法線が第 2 のレーザ光 L 2 の光軸と平行となるように配置されている。これにより、反射鏡 2 6 に入射した変調レーザ光 L 3 は、反射鏡 2 6 で反射され、その反射光（以下、「変調レーザ反射光 L 4」と言う。）は、変調レーザ光 L 3 と同じ方向に戻される。そして、変調レーザ反射光 L 4 は、偏向プリズム 2 2 に入射する。また、反射鏡 2 8 に入射した第 2 のレーザ光 L 2 は、反射鏡 2 8 で反射され、その反射光（以下、「第 2 のレーザ反射光 L 5」と言う。）は、第 2 のレーザ光 L 2 と同じ方向に戻される。そして、第 2 のレーザ反射光 L 5 は、偏向プリズム 2 2 に入射する。

20

【 0 0 2 2 】

偏向プリズム 2 2 に入射した変調レーザ反射光 L 4 は、偏向プリズム 2 2 から / 4 板 2 0 を通過することで円偏光から直線偏光に変換された後、プリズム 1 8 の反射面 1 8 A で反射されて偏光ビームスプリッタ 1 4 に戻される。同様に、偏向プリズム 2 2 に入射した第 2 のレーザ反射光 L 5 は、偏向プリズム 2 2 から / 4 板 2 0 を通過することで円偏光から直線偏光に変換された後、偏光ビームスプリッタ 1 4 に戻される。

【 0 0 2 3 】

偏光ビームスプリッタ 1 4 に戻された上記の変調レーザ反射光 L 4 と第 2 のレーザ反射光 L 5 とは、偏光ビームスプリッタ 1 4 で合成されて干渉される。これにより、偏光ビームスプリッタ 1 4 で干渉光 L 6 が生成され、その干渉光 L 6 が偏光ビームスプリッタ 1 4 から出射されて受光素子 3 0 に入射する。

30

【 0 0 2 4 】

受光素子 3 0 は、上記の干渉光 L 6 を受光し、干渉光 L 6 の干渉縞に応じた干渉信号 S 2 をロックインアンプ 3 2 に出力する。

【 0 0 2 5 】

ロックインアンプ 3 2 には、上記の干渉信号 S 2 のほか、発振器 2 5 から駆動信号 S 1 が入力されている。ロックインアンプ 3 2 は、干渉信号 S 2 の中から駆動信号 S 1 の高周波数帯域に対応する高周波数帯域の検出信号 S 3 を抽出して演算部 3 4 に出力する。

40

【 0 0 2 6 】

演算部 3 4 は、増幅器 3 6、周波数計測部であるカウンタ 3 8、及び算出部 4 0 を備えている。ロックインアンプ 3 2 から演算部 3 4 に出力された検出信号 S 3 は、増幅器 3 6 で増幅された後、カウンタ 3 8 によって検出信号 S 3 の周波数が計数される。そして、算出部 4 0 は、カウンタ 3 8 の計数値に基づいて変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 の光路差を算出するとともに、後述する既知の角度（：図 1 参照）に基づいて移動体の移動方向の真直度を算出する。ここで、ロックインアンプ 3 2 と演算部 3 4 とによって検出部 3 3 が構成される。検出部 3 3 は、真直度を検出する本発明の検出部の一例である。

【 0 0 2 7 】

次に、真直度測定装置 1 0 を用いた真直度測定方法について説明する。

50

## 【 0 0 2 8 】

図 2 は、真直度測定装置 1 0 が工作機器 5 0 に設置された場合の第 1 の測定形態を示した説明図である。

## 【 0 0 2 9 】

図 2 によれば、工作機器 5 0 に設けられたキャリッジ 5 2 の X 軸方向の真直度を、真直度測定装置 1 0 によって測定する態様が示されている。また、図 2 に示す真直度測定装置 1 0 においては、レーザ光照射装置 5 4 と、偏向プリズム 2 2 と、真直度反射鏡 2 4 とが図示されている。なお、レーザ光照射装置 5 4 は、図 1 に示したレーザ光源 1 2 と、偏光ビームスプリッタ 1 4 と、ピエゾ素子 1 6 を有するプリズム 1 8 と、 / 4 板 2 0 とを備えて構成されている。なお、キャリッジ 5 2 は、本発明の移動体の一例である。

10

## 【 0 0 3 0 】

工作機器 5 0 のキャリッジ 5 2 は、X テーブル 5 6 に沿って X 軸方向に移動自在に取り付けられている。このように構成されたキャリッジ 5 2 の X 軸方向の真直度を測定する場合には、X 軸の前端側にレーザ光照射装置 5 4 を配置するとともに、レーザ光照射装置 5 4 から出射される変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とが X 軸と平行になるように、レーザ光照射装置 5 4 を三脚 5 8 に固定する。

## 【 0 0 3 1 】

真直度反射鏡 2 4 においては、X 軸の後端側に配置するとともに、高さ調整が可能な支持台 6 0 に固定する。偏向プリズム 2 2 においては、X 軸の軸路においてレーザ光照射装置 5 4 と真直度反射鏡 2 4 との間に配置するとともに、高さ調整が可能な支持台 6 2 を介してキャリッジ 5 2 に取り付ける。そして、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 の高さとはほぼ同じ高さになるように、偏向プリズム 2 2 と真直度反射鏡 2 4 のそれぞれの高さを上記の支持台 6 0、6 2 によってそれぞれ調整する。

20

## 【 0 0 3 2 】

そして、変調レーザ光 L 3 の周波数を、発振器 2 5 からの駆動信号 S 1 により、空気の乱れの影響を受け難い直進性の高い高周波数帯域（例えば、1 GHz 以上の高周波数帯域）の周波数に調整する。以上で、測定準備が完了する。

## 【 0 0 3 3 】

ここで、真直度とは、偏向プリズム 2 2 の移動方向（X 軸方向）に直交する方向の軸ズレ量を指し、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とを偏向プリズム 2 2 でどの方向に広げるかによって軸ズレの方向が決定される。

30

## 【 0 0 3 4 】

すなわち、図 2 に示した測定態様では、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とを垂直面内において上下方向に広げているので、X 軸に対する上下方向（Z 軸方向）の真直度の測定が可能となっている。なお、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とを水平面内において左右方向に広げた場合には、X 軸に対する左右方向（Y 軸方向）の真直度の測定が可能となる。

## 【 0 0 3 5 】

上記のように構成された真直度測定装置 1 0 によって、キャリッジ 5 2 の X 軸方向の真直度を測定する場合には、高周波数帯域の周波数に変調された変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とをレーザ光照射装置 5 4 から偏向プリズム 2 2 に向けて出射するとともに、キャリッジ 5 2 を X 軸方向に沿って移動させて、偏向プリズム 2 2 を真直度反射鏡 2 4 に対して近接又は離間させる。

40

## 【 0 0 3 6 】

このとき、例えば、図 3 に示すように、偏向プリズム 2 2 が X 軸に沿って移動する過程で上方に D だけ移動したとすると、変調レーザ光 L 3 の光路 A は、A' になり、第 2 のレーザ光 L 2 の光路 B は、B' になる。ここで、 $A = B$ 、 $A' = A - D \times \sin(\theta)$ 、 $B' = B + D \times \sin(\theta)$  の関係があるので、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 との光路差は、 $B' - A' = 2 \times D \times \sin(\theta)$  となる。よって、光路差と  $\theta$  が判れば、真直度 D が求められる。

50

## 【 0 0 3 7 】

上記の光路差は、既述したように、ロックインアンプ 3 2 から演算部 3 4 に出力される検出信号 S 3 に基づいて算出される。また、 $\theta$  は、偏向プリズム 2 2 で広げられる変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 の角度であって既知の角度である。したがって、実施形態の真直度測定装置 1 0 によれば、算出した光路差と既知の角度 ( $\theta$ ) とに基づいて真直度 D を求めることができる。

## 【 0 0 3 8 】

ここで、偏向プリズム 2 2 から真直度反射鏡 2 4 に向かう変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 は、偏向プリズム 2 2 によって互いに離間する方向に広げられ、互いに離れた空間を通過するものなので、空間の揺らぎによる影響を受け易いと考えられる。しかしながら、変調レーザ光 L 3 は、高周波数帯域の周波数（例えば、1 GHz 以上）に変調されており、更に、検出部 3 3 においては、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 のそれぞれの反射光を合成して生成された干渉信号 S 2 の中から駆動信号 S 1 の高周波数帯域に対応する高周波数帯域の検出信号 S 3 を抽出し、この検出信号 S 3 に基づいて真直度を検出している。

10

## 【 0 0 3 9 】

つまり、実施形態の真直度測定装置 1 0 は、空気の乱れの影響を受け難い直進性の高い高周波数帯域の検出信号 S 3 に基づいて真直度を検出しているので、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とが互いに離れた空間を通過しても、空間の揺らぎの影響を抑制して安定した測定を行うことができる。また、実施形態の真直度測定装置 1 0 は、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 を偏向プリズム 2 2 と真直度反射鏡 2 4 との間で一往復させるだけで真直度を測定可能なので、例えば、二往復させる態様と比較してより安定した測定を行うことが可能となる。

20

## 【 0 0 4 0 】

また、実施形態の真直度測定装置 1 0 は、偏向プリズム 2 2 から真直度反射鏡 2 4 に向けて周波数の異なる 2 本のレーザ光（変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 ）を照射し、これらの反射光に基づいて真直度を測定する装置なので、ヘテロダイン検出方式の真直度測定装置として構成されている。

## 【 0 0 4 1 】

従来、ヘテロダイン検出方式を採用したレーザ干渉計として、例えば、周波数の高い（例えば、数百 THz）二周波数のレーザ光を出射するレーザ光源（例えば、ゼーマンレーザ：特開昭 5 9 - 1 8 8 5 1 1 号公報参照）を使用し、周波数の異なる二つのレーザ光を測定対象物に照射し、測定対象物で反射した二つのレーザ光の光路差に基づく周波数差（例えば、5 0 MHz）から測定対象物の表面粗さや高さ形状を測定するものがある。しかし、上記のレーザ干渉計では、例えば、ゼーマンレーザのような特殊なレーザ光源を使用しなければならず、また、レーザ光の周波数が非常に高いため検出が困難であり、更に、上記の周波数差が小さいため空間の揺らぎによる影響を受け易く、安定した測定を行うことができない問題がある。

30

## 【 0 0 4 2 】

これに対し、実施形態の真直度測定装置 1 0 によれば、単一周波数のレーザ光を出射するレーザ光源 1 2 を使用し、このレーザ光源 1 2 からのレーザ光 L を偏光ビームスプリッタ 1 4 によって第 1 のレーザ光 L 1 と第 2 のレーザ光 L 2 とに分割する。そして、第 1 のレーザ光 L 1 を、ピエゾ素子 1 6 によって高周波数帯域の周波数に変調し、この変調した変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とを真直度反射鏡 2 4 に向けて広げて入射させ、真直度反射鏡 2 4 で反射した変調レーザ反射光 L 4 と第 2 のレーザ反射光 L 5 とを偏光ビームスプリッタ 1 4 で合成して干渉させる。そして、この干渉光を受光素子 3 0 で受光させ、受光素子 3 0 から出力される干渉信号 S 2 と、発振器 2 5 からの駆動信号 S 1 とに基づいて真直度を検出する。これにより、実施形態の真直度測定装置 1 0 は、ゼーマンレーザのような特殊なレーザ光源を用いずともヘテロダイン検出方式の測定を実施することが可能になる。また、高周波数帯域の周波数に変調した変調レーザ光 L 3 を用いることによ

40

50

り、空間の揺らぎの影響を抑制して安定した測定を行うことができる。

【 0 0 4 3 】

なお、実施形態の真直度測定装置 1 0 では、周波数変調素子として piezo 素子 1 6 を例示したが、これに限定されるものではなく、音響光学変調素子等の他の周波数変調素子を適用してもよい。

【 0 0 4 4 】

図 4 は、真直度測定装置 1 0 が工作機器 5 0 に設置された場合の第 2 の測定形態を示した説明図である。なお、図 4 に示す工作機器 5 0 と図 2 に示した工作機器 5 0 とは同一構成なので、同一の符号を付して説明する。

【 0 0 4 5 】

図 4 に示す真直度測定装置 1 0 においても、工作機器 5 0 に設けられたキャリッジ 5 2 の X 軸方向の真直度を測定するものである。ここで、図 2 に示した真直度測定装置 1 0 と、図 4 に示した真直度測定装置 1 0 との異なる点は、図 2 ではキャリッジ 5 2 に偏向プリズム 2 2 を取り付けているのに対し、図 4 ではキャリッジ 5 2 に真直度反射鏡 2 4 を取り付け、図 2 に示した偏向プリズム 2 2 を図 4 に示すレーザ光出射装置 7 0 に内蔵させた点にある。なお、レーザ光出射装置 7 0 は、図 1 に示したレーザ光源 1 2 と、偏光ビームスプリッタ 1 4 と、piezo 素子 1 6 を有するプリズム 1 8 と、 $\lambda/4$  板 2 0 と、偏向プリズム 2 2 とを備えて構成されている。よって、図 4 の真直度測定装置 1 0 は、レーザ光出射装置 7 0 から真直度反射鏡 2 4 に向けて変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とを出射する装置構成となっている。

【 0 0 4 6 】

図 4 に示す真直度測定装置 1 0 によって、キャリッジ 5 2 の X 軸方向の真直度を測定する場合には、高周波数帯域の周波数に変調された変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とをレーザ光出射装置 7 0 から真直度反射鏡 2 4 に向けて出射するとともに、キャリッジ 5 2 を X 軸方向に沿って移動させて、真直度反射鏡 2 4 を X 軸方向に沿って移動させる。そうすると、例えば、図 5 に示すように、真直度反射鏡 2 4 が X 軸に沿って移動する過程で上方に D だけ移動したとすると、変調レーザ光 L 3 の光路 A は長くなり、第 2 のレーザ光 L 2 の光路 B は短くなる。

【 0 0 4 7 】

以下、図 2 及び図 3 で説明した第 1 の測定形態と同様に、演算部 3 4 にて算出される変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 との光路差と、既知の角度 ( ) とに基づいて真直度 D を求める。

【 0 0 4 8 】

第 2 の測定形態においても、空気の乱れの影響を受け難い直進性の高い高周波数帯域の検出信号 S 3 に基づいて真直度を検出しているので、変調レーザ光 L 3 と第 2 のレーザ光 L 2 とが互いに離れた空間を通過しても、空間の揺らぎの影響を抑制して安定した測定を行うことができる。

【 0 0 4 9 】

以上、本発明の実施形態を説明したが、本発明は実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

1 0 ... 真直度測定装置、1 2 ... レーザ光源、1 4 ... 偏光ビームスプリッタ、1 6 ... piezo 素子、1 8 ... プリズム、2 0 ...  $\lambda/4$  板、2 2 ... 偏向プリズム、2 4 ... 真直度反射鏡、2 5 ... 発振器、2 6 ... 反射鏡、2 8 ... 反射鏡、3 0 ... 受光素子、3 2 ... ロックインアンプ、3 3 ... 検出部、3 4 ... 演算部、3 6 ... 増幅器、3 8 ... カウンタ、4 0 ... 算出部、5 0 ... 工作機器、5 2 ... キャリッジ、5 4 ... レーザ光照射装置、5 6 ... X テーブル、5 8 ... 三脚、6 0 ... 支持台、6 2 ... 支持台、7 0 ... レーザ光出射装置

10

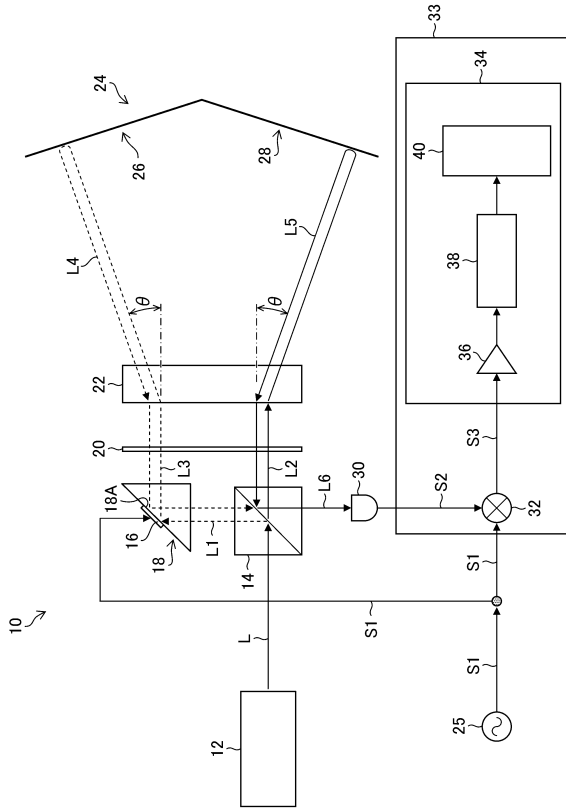
20

30

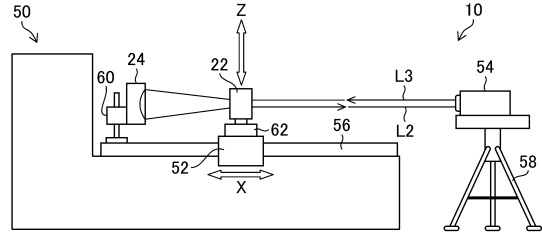
40

50

【図面】  
【図 1】



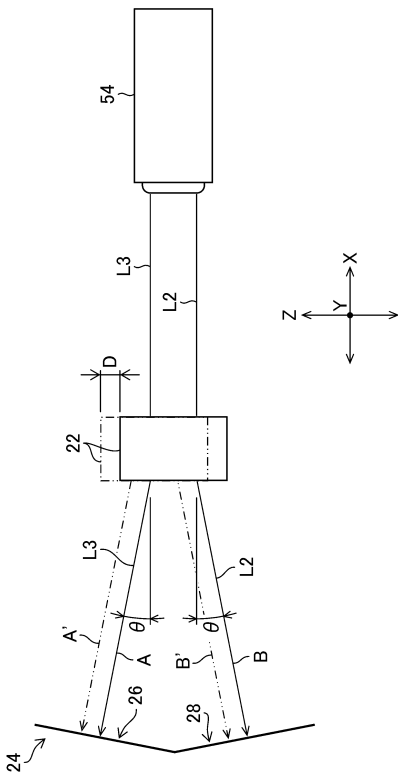
【図 2】



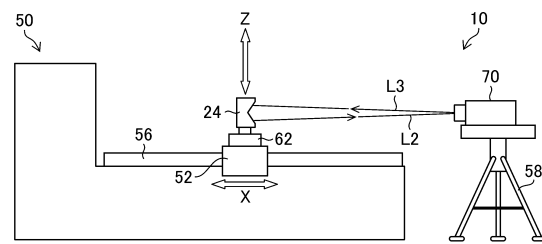
10

20

【図 3】



【図 4】

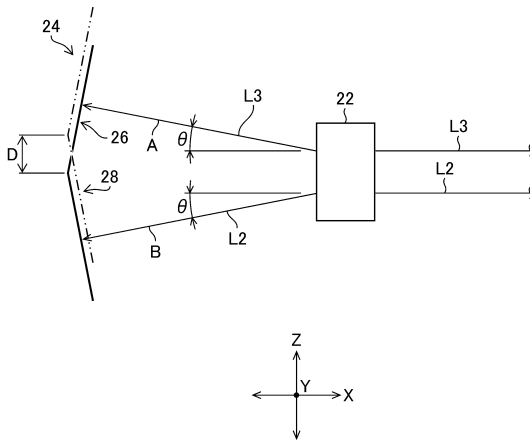


30

40

50

【 5 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

茨城県土浦市東中貫町4 株式会社東京精密内

審査官 仲野 一秀

- (56)参考文献 米国特許第4787747(US, A)  
米国特許第6519042(US, B1)  
米国特許出願公開第2016/0370170(US, A1)  
米国特許第3790284(US, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G01B 11/00 - 11/30