

(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2017-15459

(P2017-15459A)

(43) 公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

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

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-130245 (P2015-130245)  
 (22) 出願日 平成27年6月29日(2015.6.29)

(71) 出願人 000137694  
 株式会社ミットヨ  
 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号  
 (74) 代理人 110000637  
 特許業務法人樹之下知的財産事務所  
 (72) 発明者 宮▲崎▼ 雅仁  
 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA19 AA20 AA49 AA53  
 BB05 DD02 DD11 FF09 FF41  
 FF65 GG04 GG06 HH03 HH04  
 JJ03 LL12 LL13 MM16 NN20  
 PP25 QQ21 QQ25 RR06

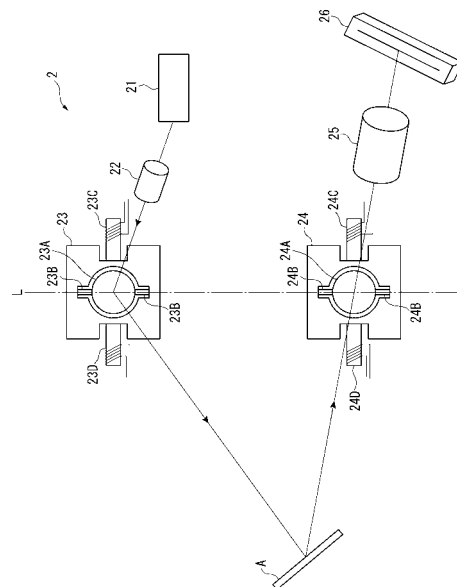
(54) 【発明の名称】 光プローブ、及び測定装置

(57) 【要約】

【課題】 小型化及び軽量化が可能な光プローブ、および測定装置を提供する。

【解決手段】 光プローブ2は、駆動軸Lを中心に回転可能に設けられた第一ミラー23Aを有し、レーザ光源21からの出射光を測定対象Aに向かって反射させる第一レゾナントスキャナ23と、駆動軸をL中心に回転可能に設けられた第二ミラー24Aを有し、測定対象Aにて反射された光をイメージセンサ26に向かって反射させる第二レゾナントスキャナ24と、を備え、第一ミラー23Aと第二ミラー24Aとが同期して回転駆動される。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

駆動軸を中心に回動可能に設けられた第一ミラーを有し、光源からの出射光を測定対象に向かって反射させる第一レゾナントスキャナと、

前記駆動軸を中心に回動可能に設けられた第二ミラーを有し、前記測定対象にて反射された光を受光部に向かって反射させる第二レゾナントスキャナと、を備え、

前記第一ミラーと前記第二ミラーとが同期して回動されることを特徴とする光プローブ。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の光プローブにおいて、

前記第一ミラー及び前記第二ミラーの少なくともいずれか一方の傾斜角を検出する傾斜角検出手段を備えている

ことを特徴とする光プローブ。

10

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の光プローブにおいて、

前記傾斜角検出手段は、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイル、及び前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルの少なくともいずれか一方を備えている

ことを特徴とする光プローブ。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の光プローブにおいて、

前記傾斜角検出手段は、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイルと、前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルとを備えている

ことを特徴とする光プローブ。

20

**【請求項 5】**

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の光プローブと、

前記光プローブからの測定結果に基づいた測定処理を実施する測定手段と、

を備えていることを特徴とする測定装置。

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載の測定装置において、

前記光プローブは、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイル、及び前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルの少なくともいずれか一方を備え、

前記測定手段は、前記第一検出用コイルから出力される電流信号、及び前記第二検出用コイルから出力される電流信号の少なくともいずれか一方に基づいて、前記測定対象における走査位置を検出する

ことを特徴とする測定装置。

30

**【請求項 7】**

請求項 5 又は請求項 6 に記載の測定装置において、

前記光プローブは、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイルと、前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルとを備え、

前記第一検出用コイル及び前記第二検出用コイルから出力された各電流信号に基づいて、前記第一ミラー及び前記第二ミラーの位相ずれを検出する位相ずれ検出手段を備えている

ことを特徴とする測定装置。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、測定対象に対して光を出射し、前記測定対象により反射された光を受光する

50

光プローブ、及び測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、測定対象に対して光を出射し、前記測定対象により反射された光を受光するとともに、光出射方向を変更可能な光プローブが知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1に記載の三次元測定装置では、光プローブを備え、当該光プローブには、出射光の出射方向を変更するガルバノミラーが設けられている。このガルバノミラーにより光出射方向を変更することで、測定対象に対する走査を行っている。

【0003】

また、特許文献1に記載の光プローブでは、1つのガルバノミラーにより出射光を設定し、戻り光を当該ガルバノミラーで元の光路に戻し、戻り光と参照光とを合成した干渉光を受光することで形状測定を実施している。

これに対して、図7に示すような構成の光プローブが知られている。図7は、従来の光プローブの一例を示す図である。図7に示す光プローブは、一对のガルバノミラー93、94を用い、三角測量法により光プローブ90から測定対象Aの距離を測定し、光プローブ90の位置情報から測定対象の形状を測定する。このような光プローブでは、レーザ光源91から出射されたレーザ光をコリメートレンズ92により平行化して、入射側ガルバノミラー93に測定対象Aに向かって反射させる。また、測定対象Aにて反射された戻り光は、受光側ガルバノミラー94により反射された後、集光レンズ95によりイメージセンサ96に受光される。この場合、入射側ガルバノミラー93と、受光側ガルバノミラー94とを同期させて駆動させることで、精度の高い測定が可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-116010号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献1や図7に示す例では、出射光を揺動させて測定対象に対する走査処理を行う機構としてガルバノミラーを用いている。

しかしながら、このようなガルバノミラーは、モーターによりミラーを駆動させる構成であるため、小型化や軽量化には限界がある。

このため、例えば三次元測定装置において、多関節アームの先端に光プローブを装着したアームタイプの測定機を用いる場合、測定者が手で光プローブを操作する際に、重量負担が大きくなり、操作性が悪化するとの課題がある。また、例えば、ステージ上に、光プローブを三軸方向に移動させる移動機構を設け、自動で光プローブを移動させるステージタイプの測定機においても、光プローブの荷重制限があり、これを超えると移動精度が低下するとの課題がある。

【0006】

本発明では、小型化及び軽量化が可能な光プローブ、および測定装置を提供することを1つの目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の光プローブは、駆動軸を中心に回動可能に設けられた第一ミラーを有し、光源からの出射光を測定対象に向かって反射させる第一レゾナントスキャナと、前記駆動軸を中心に回動可能に設けられた第二ミラーを有し、前記測定対象にて反射された光を受光部に向かって反射させる第二レゾナントスキャナと、を備え、前記第一ミラーと前記第二ミラーとが同期して回動されることを特徴とする。

【0008】

本発明では、第一レゾナントスキャナの第一ミラーと第二レゾナントスキャナの第二ミ

10

20

30

40

50

ラーとが同軸上で回動可能となり、これらのミラーを同期して回動駆動させる。

これにより、第一レゾナントスキャナの第一ミラーにて反射から出射させたレーザ光をライン上で走査させることができ、かつ、走査位置により反射されたレーザ光を第二レゾナントスキャナの第二ミラーによりイメージセンサ等の受光部に精度よく導くことができる。

そして、このようなレゾナントスキャナを用いる構成では、従来のようなガルバノモーターを用いる構成に比べて、小型化及び軽量化が可能であり、光プローブの小型化及び軽量化を促進できる。よって、例えば多関節アームの先端に光プローブを設け、測定者自身が光プローブを移動させるアームタイプの測定装置の場合では、軽量化により測定者の負担を軽減でき操作性を向上させることができる。また、例えば、ステージタイプの測定装置においては、ステージの移動機構により保持可能な荷重制限内の光プローブを簡素な構成で提供できるので、移動機構の移動精度を向上させ、ひいては測定精度の向上を図ることができる。

さらに、モーター駆動により出射光を走査させるガルバノミラーを用いた光プローブに対して、レゾナントスキャナは、電磁共振により出射光を走査させるものであり、より高速な走査が可能となる。

#### 【0009】

本発明の光プローブにおいて、前記第一ミラー及び前記第二ミラーの少なくともいずれか一方の傾斜角を検出する傾斜角検出手段を備えていることが好ましい。

本発明では、傾斜角検出手段により、第一ミラー及び第二ミラーの少なくともいずれか一方の傾斜角を検出する。ここで、第一ミラーと第二ミラーとは、上述のように同じ駆動軸を中心に駆動され、同期駆動させている。このため、第一ミラー及び第二ミラーのいずれか一方の傾斜角が判れば他方の傾斜角も同様に求められる。また、第一ミラー及び第二ミラーの双方の傾斜角を検出してもよい。

本発明では、第一ミラー及び第二ミラーを駆動させた際の各傾斜角を検出することができ、これらの傾斜角により、レーザ光の出射角や戻り光の入射角を容易に求めることができるので、測定対象における走査位置も容易に検出できる。

#### 【0010】

本発明の光プローブでは、前記傾斜角検出手段は、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイル、及び前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルの少なくともいずれか一方を備えていることが好ましい。

レゾナントスキャナにおけるミラーの傾斜角の検出としては、例えば、歪ゲージによりミラーの傾斜を検出したり、ミラーに設けられたピエゾ素子からの電流値を検出したりする等が考えられるが、構成の複雑化や、検出精度が課題となる。これに対して、本発明では、第一検出用コイル又は第二検出用コイルを用いて、ミラーの揺動駆動に伴って電磁誘導により発生する電流信号を検出する。このような電流信号は、ミラーの傾斜角に対応した信号レベル（電流波形における振幅）となるため、この電流信号の信号レベルを検出することで、容易に各ミラーの傾斜角を検出でき、これにより、容易に測定対象における走査位置を特定することができる。

#### 【0011】

本発明の光プローブでは、前記傾斜角検出手段は、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイルと、前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルとを備えていることが好ましい。

本発明では、上述した第一検出用コイルと第二検出用コイルとの双方が設けられている。このため、第一検出用コイルからの電流信号、及び第二検出用コイルからの電流信号を比較して、位相ずれがないか否かを判定することで、第一ミラーと第二ミラーとが同期して駆動されているか否かを判定することができる。

特に、光プローブを用いた測定に先立って実施されるキャリブレーション処理において、上記判定を実施することで、測定精度の低下を未然に防ぐことができる。

#### 【0012】

本発明の測定装置は、上述したような光プローブと、前記光プローブによる測定結果に基づいた測定処理を実施する測定手段と、を備えていることを特徴とする。

なお、光プローブによる測定結果とは、受光部により受光された光の測定位置等を示す測定データであり、例えばイメージセンサにより光を受光した場合は、その撮像画像データとなる。

本発明では、上記光プローブと同様に、従来のようなガルバノモーターを用いる構成に比べて、小型化及び軽量化が可能となる。よって、アームタイプの測定装置では、測定者の負担を軽減することができ、ステージタイプの測定装置では、測定精度の向上を図ることができる。また、高速な走査測定が可能であるため、測定に係る時間を短縮でき、さらに、短時間により多くのフレームを取得することができ、これらのフレームに基づいた精度の高い測定を実施できる。

10

#### 【0013】

本発明の測定装置では、前記光プローブは、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイル、及び前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルの少なくともいずれか一方を備え、前記測定手段は、前記第一検出用コイルから出力される電流信号、及び前記第二検出用コイルから出力される電流信号の少なくともいずれか一方に基づいて、前記測定対象における走査位置を検出することが好ましい。

本発明では、上述したように、第一検出用コイル又は第二検出用コイルから出力された電流信号に基づいて、光プローブから出射された出射光が測定対象にて反射された位置（走査位置）を、容易かつ精度よく検出することができる。

20

#### 【0014】

本発明の測定装置では、前記光プローブは、前記第一ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第一検出用コイルと、前記第二ミラーの傾斜角に応じた電流を出力する第二検出用コイルとを備え、前記第一検出用コイル及び前記第二検出用コイルから出力された各電流信号に基づいて、前記第一ミラー及び前記第二ミラーの位相ずれを検出する位相ずれ検出手段を備えていることが好ましい。

本発明では、位相ずれ検出手段により、各レゾナントスキャナに設けられた検出用コイルからの電流信号を検出することで、第一ミラー及び第二ミラーにおける同期が正確に行われているか否かを判定することができる。

30

#### 【発明の効果】

#### 【0015】

本発明では、光プローブの小型化、軽量化を促進できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0016】

【図1】本発明に係る一実施形態の測定装置の概略構成を示す図。

【図2】本実施形態の光プローブの概略構成を示す図。

【図3】本実施形態の測定装置の制御構成を示すブロック図。

【図4】検出用コイルから入力された電流信号と、ミラーの回動方向（Direction信号）とを示す図。

40

【図5】測定装置の動作を説明するフローチャート。

【図6】本発明における他の測定装置の構成を示す図。

【図7】従来の光プローブの概略構成を示す図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0017】

以下、本発明に係る一実施形態の測定装置（三次元測定装置）について、図面に基づいて説明する。

#### 〔測定装置の構成〕

図1は、本発明に係る一実施形態の測定装置の概略構成を示す図である。

測定装置1は、三次元測定装置であり、測定者にて光プローブ2を直接手で動かすことが可能に構成され、光プローブ2による測定結果（測定データ）を取り込むことにより、

50

測定対象の三次元形状、表面性状等の測定を行う。

この三次元測定装置 1 は、図 1 に示すように、光プローブ 2 と、多関節アーム 3 と、角度センサ 4 (図 3 参照) と、制御装置 5 (図 3 参照) と、を含んで構成されている。

【0018】

多関節アーム 3 は、光プローブ 2 を支持するとともに、当該光プローブ 2 を三次元空間内で外部からの力 (測定者による操作) に対して移動可能に構成されている。

この多関節アーム 3 は、図 1 に示すように、例えば円柱状の支柱 3 A と、例えば円柱状の第一～第六リンク 3 B～3 G と、第一～第六関節部 3 H～3 M と、プローブヘッド 3 N とを備える。

支柱 3 A は、第一軸  $A \times 1$  に沿うように作業台等に固定される。

第一関節部 3 H は、第一リンク 3 B が例えば鉛直方向に沿った第一軸  $A \times 1$  に沿う状態で、支柱 3 A と第一リンク 3 B の一端とを連結する。そして、第一リンク 3 B は、第一関節部 3 H により支柱 3 A に連結されることで、支柱 3 A に対して、第一軸  $A \times 1$  を中心として回転可能となる。

【0019】

第二関節部 3 I は、第一リンク 3 B の他端と第二リンク 3 C の一端とを連結する。そして、第一、第二リンク 3 B, 3 C は、第二関節部 3 I により互いに連結されることで、例えば水平面に沿った第二軸  $A \times 2$  を中心として相対的に回転可能となる。

第三関節部 3 J は、互いの中心軸  $A \times 3$  が一致する状態で、第二リンク 3 C の他端と第三リンク 3 D の一端とを連結する。

そして、第二、第三リンク 3 C, 3 D は、第三関節部 3 J により互いに連結されることで、中心軸  $A \times 3$  を中心として相対的に回転可能となる。

第四関節部 3 K は、第三リンク 3 D の他端と第四リンク 3 E の一端とを連結する。

そして、第三、第四リンク 3 D, 3 E は、第四関節部 3 K により互いに連結されることで、中心軸  $A \times 3$  に直交する第三軸  $A \times 4$  を中心として相対的に回転可能となる。

【0020】

第五関節部 3 L は、互いの中心軸  $A \times 5$  が一致する状態で、第四リンク 3 E の他端と第五リンク 3 F の一端とを連結する。

そして、第四、第五リンク 3 E, 3 F は、第五関節部 3 L により互いに連結されることで、中心軸  $A \times 5$  を中心として相対的に回転可能となる。

第六関節部 3 M は、第五リンク 3 F の他端と第六リンク 3 G の一端とを連結する。

そして、第五、第六リンク 3 F, 3 G は、第六関節部 3 M により互いに連結されることで、中心軸  $A \times 5$  に直交する第四軸  $A \times 6$  を中心として相対的に回転可能となる。

以上のように、多関節アーム 3 は、複数軸 (本実施形態では 6 軸) により操作可能に構成されている。

プローブヘッド 3 N は、第六リンク 3 G の他端に取り付けられるとともに、光プローブ 2 を着脱可能に支持する。

【0021】

角度センサ 4 は、具体的な図示は省略したが、第一～第六関節部 3 H～3 M にそれぞれ取り付けられている。

そして、6 つの角度センサ 4 は、第一～第六関節部 3 H～3 M により互いに連結された第一～第六リンク 3 B～3 G の相対的な回転角度を検出する。

例えば、第一関節部 3 H に設けられた角度センサ 4 は、支柱 3 A 及び第一リンク 3 B 同士の第一軸  $A \times 1$  を中心とした相対的な回転角度を検出する。

【0022】

[光プローブ 2 の構成]

次に、光プローブ 2 の構成について説明する。

図 2 は、光プローブ 2 の概略構成を示す図である。

光プローブ 2 は、測定対象 A にレーザ光 (出射光) を照射し、測定対象 A にて反射されたレーザ光を検出するレーザプローブで構成されている。

10

20

30

40

50

この光プローブ2は、レーザ光源21(光源)と、コリメートレンズ22と、第一レゾナントスキャナ23と、第二レゾナントスキャナ24と、集光レンズ25と、イメージセンサ26(受光部)と、これらの各部材を格納する外装筐体27と、を含んで構成されている。

#### 【0023】

本実施形態では、レーザ光源21は、例えば半導体レーザであり、レーザ光を出射する。レーザ光源21から出射されたレーザ光は、コリメートレンズ22により平行光とされ、第一レゾナントスキャナ23のミラー(第一ミラー23A)により反射されて、光プローブ2から出射される。光プローブ2から出射され、測定対象Aにより反射された反射光は再び光プローブ2に入射し、第二レゾナントスキャナ24のミラー(第二ミラー24A)にて反射されて集光レンズ25に入射し、集光レンズ25によりイメージセンサ26に集光される。

10

#### 【0024】

第一レゾナントスキャナ23は、第一ミラー23Aと、第一梁23Bと、第一駆動コイル23Cと、第一検出用コイル23Dと、を備えている。

第一ミラー23Aは、駆動軸Lに対して対称となる形状(例えば円形や矩形状等)に形成され、第一梁23Bにより、駆動軸Lを中心として回動可能に支持される。

第一梁23Bは、例えばトーションパネにより構成され、上記のように、駆動軸Lに沿って第一ミラー23Aを回動可能に支持する。

また、第一ミラー23Aの光反射面とは反対側の裏面には、駆動軸L上に小磁石が設けられている。この磁石は、第一駆動コイル23C側と、第一検出用コイル23D側とでそれぞれ異なる磁極となる。例えば、第一駆動コイル23C側がS極であり、第一検出用コイル23D側がN極となっている。

20

第一駆動コイル23Cは、駆動軸Lを挟んで第一ミラー23Aの一方側に配置され、第一検出用コイル23Dは、他方側に配置されている。

#### 【0025】

このような構成の第一レゾナントスキャナ23では、第一ドライバ51(図3参照)から第一駆動コイル23Cに交番電流が流され、当該交番電流の周波数と、第一梁23B及び第一ミラー23Aの小磁石により構成される機械系の固有振動数とが一致すると共振により、第一ミラー23Aが振動(揺動)する。

30

また、第一ミラー23Aの振動により、第一検出用コイル23Dに入力される磁界の強さが変化することで、第一検出用コイル23Dから電流が出力される。出力された電流は、制御装置5に入力されることで、第一レゾナントスキャナ23がフィードバック制御される。また、本実施形態では、制御装置5は、この電流値に基づいて、測定対象Aにおける走査位置(レーザ光が照射される位置)を検出する。

#### 【0026】

第二レゾナントスキャナ24は、第一レゾナントスキャナ23と同様の構成を有し、第二ミラー24Aと、第二梁24Bと、第二駆動コイル24Cと、第二検出用コイル24Dと、を備える。各部の構成は、上記第一レゾナントスキャナ23と同様であるため、ここでの説明は省略する。

40

また、第二レゾナントスキャナ24における第二梁24Bは、第一レゾナントスキャナ23における駆動軸Lと同軸上に配置されている。したがって、第二ミラー24Aは、第一ミラー23Aと同軸の駆動軸Lを中心に振動(揺動)可能となる。

#### 【0027】

なお、上記では、ミラー23A, 24Aを挟む位置に駆動コイル23C, 24Cと、検出用コイル23D, 24Dが設けられる構成を示すが、レゾナントスキャナ23, 24の構成や駆動方式としては、これに限定されない。例えば、ミラーの外周に沿ってコイルを配置し、駆動軸Lを挟んで配置された磁石間に配置する。そして、コイルに対して駆動電流を流すことで、ミラーを揺動させる構成などとしてもよい。また、ミラー23A, 24Aに電極(-)を形成し、駆動軸Lを挟む2つの領域に、それぞれ駆動電極(+ )を配置

50

する構成（静電型レゾナントスキャナ）などとしてもよい。その他、公知のレゾナントスキャナの構成を用いることができる。

【0028】

[制御装置の構成]

図3は、測定装置1の制御構成を示すブロック図である。

制御装置5は、図3に示すように、第一ドライバ51と、第二ドライバ52と、マウスやキーボード等で構成された入力部53と、ディスプレイ等の表示部54と、記憶部55と、制御部56と、を含んで構成されている。

第一ドライバ51は、制御部56からの指令信号に基づいて、第一レゾナントスキャナ23の第一駆動コイル23Cに交番交流を流す。

第二ドライバ52は、制御部56からの指令信号に基づいて、第二レゾナントスキャナ24の第二駆動コイル24Cに交番電流を流す。ここで、制御部56から出力される指令信号は、第一ドライバ51及び第二ドライバ52の双方に同時に入力される。これにより、第一ドライバ51からの第一駆動コイル23Cへの電流印加と、第二ドライバ52からの第二駆動コイル24Cへの電流印加とが、同タイミングで実施され、第一レゾナントスキャナ23及び第二レゾナントスキャナ24が同期駆動される。

【0029】

記憶部55は、例えばハードディスクやメモリ等により構成され、測定装置1を制御するための各種プログラムや各データを記憶する。

制御部56は、CPU(Central Processing Unit)等の演算回路や記憶回路により構成され、記憶部55に記憶された各プログラムを読み込み実行することで、光プローブ2の測定データ（イメージセンサ26にて検出された画像データ）、及び角度センサ4の検出値（回転角度）等に基づいて、測定対象Aの三次元形状、表面性状等の測定を行う。

具体的には、制御部56は、各種プログラムとの協働により、光源制御手段561、走査制御手段562、形状解析手段563（走査位置検出手段）、及び位相ずれ検出手段564等として機能する。

【0030】

光源制御手段561は、光プローブ2（レーザ光源21）のレーザ光の照射状態を制御する。

走査制御手段562は、第一レゾナントスキャナ23及び第二レゾナントスキャナ24を制御し、レーザ光を測定対象Aに対して走査させる。具体的には、走査制御手段562は、駆動コイル23C、24Cへの駆動指令信号を、第一ドライバ51及び第二ドライバ52に対して同時に出力する。これにより、上述のように、第一ドライバ51及び第二ドライバ52から、第一駆動コイル23C及び第二駆動コイル24Cに交番電流が流れ、第一レゾナントスキャナ23（第一ミラー23A）及び第二レゾナントスキャナ24（第二ミラー24A）が同期して振動駆動する。

【0031】

形状解析手段563は、本発明の測定手段であり、検出用コイル23D、24Dにより検出された電流信号に基づいて、光プローブ2から測定対象Aに照射されたレーザ光の位置（走査位置）を検出し、測定対象Aの形状を解析する（測定処理）。具体的には、形状解析手段563は、傾斜方向検出手段563A、傾斜角検出手段563B、及び解析手段563Cとして機能する。

なお、本実施形態では、第一レゾナントスキャナ23の第一ミラー23Aと、第二レゾナントスキャナ24の第二ミラー24Aとが、同軸上に配置され、かつ同期して同一傾斜角となるように振動駆動される。したがって、第一検出用コイル23Dからの電流信号を用いて走査位置を検出してもよく、第二検出用コイル24Dからの電流信号を用いてもよく、双方の電流信号を用いてもよい。

【0032】

図4は、検出用コイル23D、24Dから入力された電流信号と、ミラー23A、24Aの振動方向を示す角度信号（Direction信号）とを示す図である。

レゾナントスキャナ 2 3 , 2 4 では、駆動コイル 2 3 C , 2 4 C に交番電流を流すことで、周期的にミラー 2 3 A , 2 4 A が駆動軸 L を中心に振動する。したがって、検出用コイル 2 3 D , 2 4 D からは、図 4 に示すような正弦波状の電流信号が出力される。

図 4 において、ミラー 2 3 A , 2 4 A の傾斜角  $\theta$  が、最大傾斜角 ( $\theta = + \theta_1$ ) から最小傾斜角 ( $\theta = - \theta_1$ ) まで回動すると、図 4 におけるタイミング T 1 ~ T 3 に示すように、検出用コイル 2 3 D , 2 4 D から振幅レベルが正值となる電流信号が出力される。なお、タイミング T 2 において、ミラー 2 3 A , 2 4 A の傾斜角  $\theta$  は  $\theta = 0^\circ$  となる。

一方、ミラー 2 3 A , 2 4 A の傾斜角  $\theta$  が、最小傾斜角 ( $\theta = - \theta_1$ ) から最大傾斜角 ( $\theta = + \theta_1$ ) まで回動すると、図 4 におけるタイミング T 3 ~ T 5 に示すように、検出用コイル 2 3 D , 2 4 D から振幅レベルが負値となる電流信号が出力される。なお、タイミング T 4 において、ミラー 2 3 A , 2 4 A の傾斜角  $\theta$  が、 $\theta = 0^\circ$  となる。

したがって、出力された電流信号の正負を判定することで、ミラー 2 3 A , 2 4 A の回動方向を検出できる。また、ミラー 2 3 A , 2 4 A の傾斜角  $\theta$  が検出されると、光プロープ 2 からレーザ光が出射される方向、測定対象にて反射された反射光の光プロープ 2 への入射方向が特定されるので、これらの角度に基づいて、例えば三角測量法により、光プロープ 2 から測定対象における走査位置 (レーザ光が照射された点) を検出することが可能となる。

#### 【 0 0 3 3 】

すなわち、形状解析手段 5 6 3 の傾斜方向検出手段 5 6 3 A は、信号レベルが正值である場合に、ミラー 2 3 A , 2 4 A が C W (Clock Wise) 信号を出力し、負値である場合に、C C W (Counter Clock Wise) 信号を出力する。

#### 【 0 0 3 4 】

また、傾斜角検出手段 5 6 3 B は、各検出用コイル 2 3 D , 2 4 D からの電流信号、及び角度信号により、傾斜角を検出する。

例えば、角度信号が C W 信号であって、検出用コイル 2 3 D , 2 4 D から出力される電流の微分信号が正值である場合、傾斜角  $\theta$  が  $0 < \theta < \theta_1$  であり、負値である場合、傾斜角  $\theta$  が  $0 > \theta > - \theta_1$  であると判定する。同様に、角度信号が C C W 信号であって、検出用コイル 2 3 D , 2 4 D から出力される電流の微分信号が正值である場合、傾斜角  $\theta$  が  $0 < \theta < \theta_1$  であり、負値である場合、傾斜角  $\theta$  が  $0 > \theta > - \theta_1$  であると判定する。

また、記憶部 5 5 に、検出用コイル 2 3 D , 2 4 D から出力される電流信号の信号レベル (絶対値) に対する傾斜角のデータを記憶しておき、傾斜角検出手段 5 6 3 B は、当該データと電流信号の信号レベルとに基づいて、ミラー 2 3 A , 2 4 A の傾斜角を検出する。

そして、解析手段 5 6 3 C は、ミラー 2 3 A , 2 4 A の傾斜角、測定データ、角度センサ 4 の検出値、及び第一 ~ 第六リンク 3 B ~ 3 G の各長さ (既知) 等に基づいて、走査位置の三次元座標値 (測定値) を算出する。

#### 【 0 0 3 5 】

位相ずれ検出手段 5 6 4 は、第一検出用コイル 2 3 D からの電流信号と、第二検出用コイル 2 4 D からの電流信号とを比較することで、第一ミラー 2 3 A 及び第二ミラー 2 4 A の駆動において位相ずれがないか否かを検出する。すなわち、図 4 におけるタイミング T 1 , T 2 , T 3 , T 4 , T 5 が、双方で一致しているか否かを判定する。

#### 【 0 0 3 6 】

##### [ 測定装置の動作 ]

次に、測定装置 1 の動作について図面を参照して説明する。

図 5 は、測定装置 1 の動作を説明するフローチャートである。

操作者によって、光プロープ 2 が操作され、測定を開始する旨の操作が入力されると、光源制御手段 5 6 1 は、レーザ光源 2 1 を制御して、レーザ光を出射させる (ステップ S 1)。

#### 【 0 0 3 7 】

そして、走査制御手段 5 6 2 は、ステップ S 1 において測定が開始されると、走査制御

10

20

30

40

50

手段562は、駆動指令信号を第一ドライバ51及び第二ドライバ52に同時に出力する。これにより、第一ドライバ51から第一駆動コイル23Cへの交番電流の印加と、第二ドライバ52からの第二駆動コイル24Cへの交番電流の印加とが同時に実施され、第一ミラー23A及び第二ミラー24Aが同じ駆動軸L上で、同期して、共振駆動される。これにより、光プローブ2からレーザ光が測定対象A上でライン走査される(ステップS2)。

#### 【0038】

ここで、位相ずれ検出手段564は、検出用コイル23D, 24Dから入力されたそれぞれの電流信号を検出し、位相ずれがないか否かを判定する(ステップS3)。

ステップS3において、2つの電流信号に位相ずれがあると判定された場合、その位相差を算出する(ステップS4)。そして、走査制御手段562は、算出された位相差に基づいて遅延時間を算出し、第一ドライバ51に対する駆動指令信号の出力タイミングから、算出した遅延時間だけ遅延させて、第二ドライバ52に対する駆動指令信号を出力する(ステップS5: キャリブレーション処理)。ステップS5の後、再びステップS3に戻る。

なお、複数回のキャリブレーション処理を実施しても、電流信号に位相ずれがある場合では、レゾナントスキャナ23, 24に構造的な異常があるとして、エラーを出力し、処理を中断させてもよい。

#### 【0039】

また、ステップS3において、位相ずれがないと判定されると、本測定を開始する。具体的には、走査制御手段562の制御により、レゾナントスキャナ23, 24が駆動されることで、測定対象Aの走査測定が実施され、測定対象Aにて反射された光がイメージセンサ26にて受光されることで画像データが制御装置5に取り込まれる(ステップS6)。また、ステップS5による測定データの取得と同時に、制御装置5は、第一検出用コイル23Dからの電流信号を取得する(ステップS7)。さらに、制御装置5は、これらの測定データ、電流信号が取得された際に、角度センサ4により検出された検出値を取得する(ステップS8)。

#### 【0040】

この後、形状解析手段563は、傾斜方向検出手段563Aにより、ステップS7により取得された電流信号に基づいてミラー23A, 24Aの回動方向を検出し、角度信号(CW振動又はCCW信号)を出力する(ステップS9)。

また、傾斜角検出手段563Bは、角度信号と、電流信号と、記憶部55に記憶している電流信号の信号レベルに対するミラー23A, 24Aの傾斜角を記憶したデータと、を用いて、ミラー23A, 24Aの傾斜角を検出する(ステップS10)。

そして、解析手段563Cは、ステップS6により取り込まれた測定データ、ステップS7にて取得した角度センサ4の検出値、ステップS10にて検出されたミラー23A, 24Aの傾斜角、及び例えば記憶部55に記憶された既知のパラメータ(第一~第六リンク3B~3Gの各長さ等)に基づいて、レーザの走査位置の三次元座標値(測定値)を算出する(ステップS11)。

#### 【0041】

##### [ 本実施形態の作用効果 ]

本実施形態の測定装置1では、光プローブ2と制御装置5とを備えている。そして、光プローブ2は、駆動軸Lを中心に回動可能な第一ミラー23Aを有する第一レゾナントスキャナ23と、前記駆動軸Lを中心に回動可能な第二ミラー24Aを有する第二レゾナントスキャナ24と、を備えており、これらの第一ミラー23A及び第二ミラー24Aが、制御装置5の制御によって同期して振動駆動される。

すなわち、第一ミラー23Aの傾斜角と、第二ミラー24Aの傾斜角が常に同一角度となる。これにより、第一レゾナントスキャナ23の第一ミラー23Aにより反射された光を測定対象Aに対してライン走査させることができる。また、走査位置で反射された光は、第二レゾナントスキャナ24の第二ミラー24Aにより、イメージセンサ26に向

10

20

30

40

50

かって精度よく反射させることができ、精度の高い測定データを得ることができる。

そして、このようなレゾナントスキャナ 23, 24 は、従来用いられてきたガルバノミラーに比べて軽量化及び小型化が可能であり、光プローブ 2 の軽量化及び小型化を促進できる。

具体的には、ガルバノモーターを用いる場合には、モータートルク等にも作用されるものの、モーターの重量が 80 ~ 100 g であるのに対し、レゾナントスキャナでは 50 g 以下の重量となり、光プローブ 2 の軽量化を図ることができる。

また、ガルバノモーターを用いた光プローブでは、モーターを小型化する必要があり、モーターを小型化すると十分なトルクが得られない等の課題もあり、さらには、モーターを駆動させるための電力を出力する駆動ドライバも大型となる。これに対して、レゾナントスキャナでは、僅かな磁界の変動によりミラー 23 A, 24 A を共振駆動させるので、モーターが不要であり、光プローブ 2 の小型化を促進でき、省電力化をも図ることができる。

これによって、本実施形態のような多関節アーム 3 の先端に光プローブ 2 を装着して、測定者が光プローブ 2 の位置を手動で移動させる場合であっても、測定者への負担が少なく、操作性を向上させることができる。

#### 【0042】

また、従来のガルバノモーターによりミラーを駆動させる場合には、走査速度が数十 Hz が限界であるのに対し、レゾナントスキャナは、数百 Hz の走査速度を実現できる。すなわち、電磁共振によりミラー 23 A, 24 A を高速で揺動駆動させることができるため、レーザ光を用いた走査処理も高速で実現でき、測定時間内により多くの測定データを取得することができるために、測定精度の向上を図れる。また、測定時間自体の短縮を図ることも可能となる。

#### 【0043】

本実施形態では、第一レゾナントスキャナ 23 は、第一ミラー 23 A の揺動駆動に応じた電気信号を出力する第一検出用コイル 23 D を備えている。

第一検出用コイル 23 D から出力される電気信号は、第一ミラー 23 A の傾斜角 に対応した信号レベルを有するため、当該電気信号の信号レベルを検出することで、容易に第一ミラー 23 A の傾斜角 を求めることができる。また、第一ミラー 23 A の傾斜角 が求められれば、形状解析手段 563 は、三角測量法により容易に走査位置を検出することができる。

また、第一検出用コイル 23 D からの電流信号を制御装置 5 に出力することで、制御装置 5 は、当該電流信号に基づいて、第一ドライバ 51 及び第二ドライバ 52 に出力する駆動指令信号を制御し、駆動状態を制御することができる。すなわち、クローズドループ回路により、フィードバック制御を行うことができ、レーザ光の走査精度を向上させることができる。

#### 【0044】

本実施形態では、さらに、第二レゾナントスキャナ 24 は、第二ミラー 24 A の揺動駆動に応じた電気信号を出力する第二検出用コイル 24 D を備えている。そして、位相ずれ検出手段 564 は、第一検出用コイル 23 D からの電気信号及び第二検出用コイル 24 D からの電気信号をそれぞれ検出する。このため、これらの電気信号に位相ずれがあるか否かを判定することができ、位相ずれがある場合には、キャリブレーション処理を実施することで、位相ずれ量に応じた遅延時間を設定する等により、第一ミラー 23 A と第二ミラー 24 A との位相ずれをなくし、同期駆動させることができる。

#### 【0045】

#### [変形例]

なお、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、上記実施形態では、測定装置 1 として、多関節アーム 3 の先端に光プローブ 2 を装着した構成例を示したが、これに限定されない。

10

20

30

40

50

図 6 は、本発明の測定装置のその他の例である、ステージタイプの測定装置を示す図である。

図 6 に示す測定装置 1 A は、測定装置本体 1 0 と、制御装置 6 とを備える。

測定装置本体 1 0 は、台座部 1 1 と、台座部 1 1 に立設され、Y 軸方向に移動可能な一対のコラム 1 2 と、これらのコラム 1 2 間に X 軸方向に沿って架橋されたビーム 1 3 と、ビーム 1 3 上で X 軸方向に移動可能なスライダ 1 4 とを備える。スライダ 1 4 には、Z 軸方向に移動可能なラム 1 5 が設けられ、ラム 1 5 の先端部に上記実施形態と同様の光プローブ 2 を着脱可能に設けられる。

また、測定装置 1 A は、コラム 1 2 を Y 軸方向に駆動させる Y 駆動機構、スライダ 1 4 を X 軸方向に駆動させる X 駆動機構、ラム 1 5 を Z 軸方向に駆動させる Z 駆動機構、コラム 1 2、スライダ 1 4、ラム 1 5 のそれぞれの駆動量を計測する X Y Z スケールを備える。

10

#### 【 0 0 4 6 】

さらに、制御装置 6 は、図 6 に示すように、プローブ移動手段 6 1、座標検出手段 6 2、上記実施形態と同様の機能を有する光源制御手段 5 6 1、走査制御手段 5 6 2、形状解析手段 5 6 3、及び位相ずれ検出手段 5 6 4 の各機能構成を備える。

ここで、プローブ移動手段 6 1 は、X Y Z 駆動機構を制御して光プローブ 2 を移動させる。また、座標検出手段 6 2 は、X Y Z スケールにより検出されたスケール値を取得し、光プローブ 2 の座標（マシン座標系）を測定する。

そして、本例の測定装置 1 A では、形状解析手段 5 6 3 は、上記実施形態と同様に、検出用コイル 2 3 D、2 4 D からの電気信号に基づいて、各ミラー 2 3 A、2 4 A の傾斜角を検出するとともに、当該傾斜角と、座標検出手段 6 2 により検出されたスケール値と、光プローブ 2 による測定データ（イメージデータ）とに基づいて、走査位置の座標を算出する。

20

#### 【 0 0 4 7 】

このような測定装置 1 A では、自動で光プローブ 2 を移動させる構成であり、光プローブ 2 の重量が大きいと、駆動精度が低下し、測定誤差が発生する。これに対して、光プローブ 2 は、上記実施形態と同様に、ガルバノモーターを用いた従来の光プローブに比べて、小型かつ軽量であるため、光プローブ 2 の重量負荷による駆動精度の低下を抑制でき、精度の高い測定結果を得ることができる。

30

#### 【 0 0 4 8 】

また、上記実施形態では、ステップ S 3 において、第一検出用コイル 2 3 D からの電流信号と、第二検出用コイル 2 4 D からの電流信号とに位相ずれがある場合に、ステップ S 3 のキャリブレーション処理を実施する例を示したが、これに限らない。

例えば、各検出用コイル 2 3 D、2 4 D からの電流信号に位相ずれがある場合に、ステップ S 2 に戻って、第一ドライバ 5 1 及び第二ドライバ 5 2 に対して駆動指令信号を再度入力し直し、同期処理をやり直してもよい。また、複数回の同期処理の後に、電流信号の位相ずれがある場合は、レゾナントスキャナ 2 3、2 4 に異常があるとして、エラーを出力してもよい。

#### 【 0 0 4 9 】

40

上記実施形態では、本測定中のステップ S 5 において、第一検出用コイル 2 3 D から電流信号に基づいて、走査位置を検出する例を示したが、第二検出用コイル 2 4 D の電気信号を取得し、ステップ S 9 及びステップ S 1 0 において、この第二検出用コイル 2 4 D の電気信号を用いた傾斜角の算出、及び走査位置の座標算出を行ってもよい。

また、第一検出用コイル 2 3 D 及び第二検出用コイル 2 4 D の双方の電気信号に基づいて、傾斜角の算出や、走査位置の座標算出を行ってもよい。例えば、双方の電気信号の平均値等に基づいて、傾斜角の算出や、走査位置の座標算出を行ってもよい。

#### 【 0 0 5 0 】

また、本測定中において、第一検出用コイル 2 3 D 及び第二検出用コイル 2 4 D の双方の電気信号を取得できるので、位相ずれ検出手段 5 6 4 は、本測定中における第一ミラー

50

2 3 Aと第二ミラー 2 4 Aとの位相ずれを検出してもよく、位相ずれが検出された際には、キャリブレーション処理を実施してもよい。

【 0 0 5 1 】

上記実施形態では、第一検出用コイル 2 3 D及び第二検出用コイル 2 4 Dの双方が設けられた光プローブ 2を例示したが、いずれか一方のみが設けられる構成としてもよい。この場合、位相ずれ検出手段 5 6 4が設けられていなくてもよい。

さらに、第一検出用コイル 2 3 D及び第二検出用コイル 2 4 Dの電気信号が制御装置 5に入力され、これらの電気信号に基づいて、第一ドライバ 5 1及び第二ドライバ 5 2に対する駆動指令信号をフィードバック制御するクローズドループシステムの構成例を示したが、オープンループシステム構成としてもよい。すなわち、第一検出用コイル 2 3 Dや第二検出用コイル 2 4 Dは、走査位置の検出のみに用いられ、フィードバック制御には用いられない構成としてもよい。さらに、第一検出用コイル 2 3 Dや第二検出用コイル 2 4 Dが設けられない構成としてもよい。この場合、測定データに基づいて、走査位置を算出する。

【 0 0 5 2 】

上記実施形態において、光プローブ 2としては、レーザ光源からのレーザ光を出射するレーザプローブを例示したが、その他の光源（例えばLED等）からの光をコリメータレンズ等により平行光として出射させる構成などとしてもよい。

上記実施形態では、多関節アーム 3は、6つのリンク及び関節部を備え、6軸により操作可能に構成されていたが、これに限らず、その他の数のリンク及び関節部を備えた構成とし、5軸や7軸により操作可能に構成しても構わない。

【 0 0 5 3 】

上記実施形態において、第一ドライバ 5 1及び第二ドライバ 5 2が制御装置 5に設けられる構成を例示したが、例えば、光プローブ 2内に、駆動コイル 2 3 C, 2 4 Cに流す交番電流を制御する第一ドライバ 5 1及び第二ドライバ 5 2が設けられる構成としてもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 4 】

本発明は、測定対象に対して光を照射し、測定対象にて反射された光を受光する光プローブ、及び当該光プローブを備える測定装置に利用できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

1, 1 A ... 測定装置、2 ... 光プローブ、3 ... 多関節アーム、4 ... 角度センサ、5, 6 ... 制御装置、1 2 ... コラム、1 3 ... ビーム、1 4 ... スライダ、1 5 ... ラム、2 1 ... レーザ光源（光源）、2 3 ... 第一レゾナントスキャナ、2 3 A ... 第一ミラー、2 3 B ... 第一梁、2 3 C ... 第一駆動コイル、2 3 D ... 第一検出用コイル、2 4 ... 第二レゾナントスキャナ、2 4 A ... 第二ミラー、2 4 B ... 第二梁、2 4 C ... 第二駆動コイル、2 4 D ... 第二検出用コイル、2 6 ... イメージセンサ（受光部）、5 1 ... 第一ドライバ、5 2 ... 第二ドライバ、5 6 ... 制御部、5 6 2 ... 走査制御手段、5 6 3 ... 形状解析手段（測定手段）、5 6 3 A ... 傾斜方向検出手段、5 6 3 B ... 傾斜角検出手段、5 6 3 C ... 解析手段、5 6 4 ... 位相ずれ検出手段。

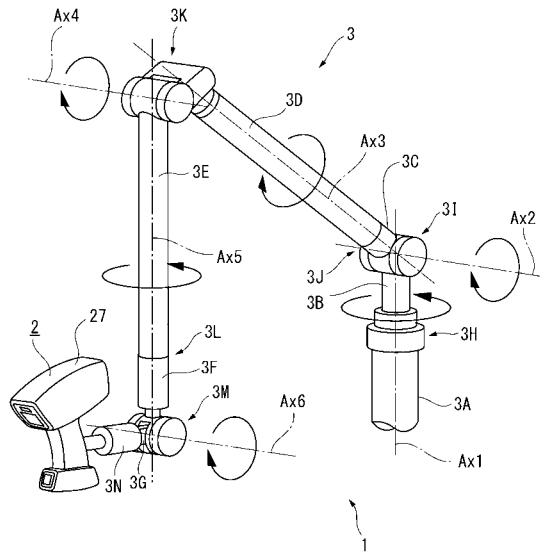
10

20

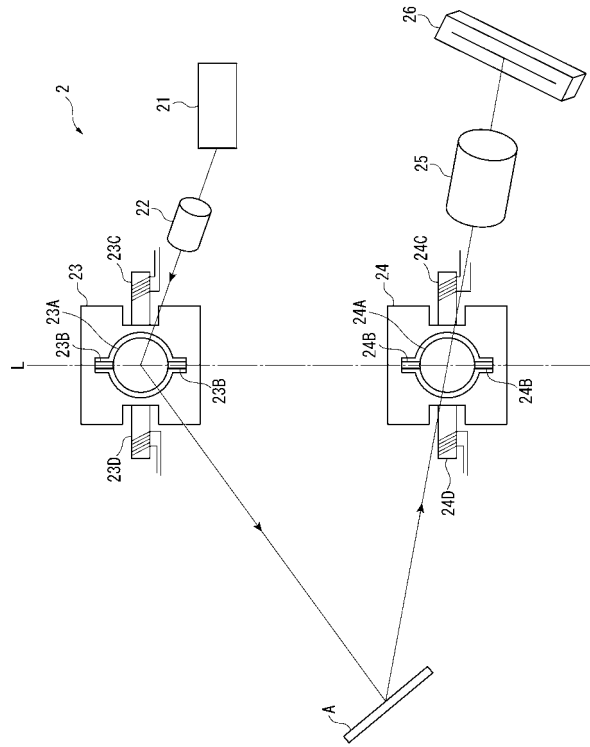
30

40

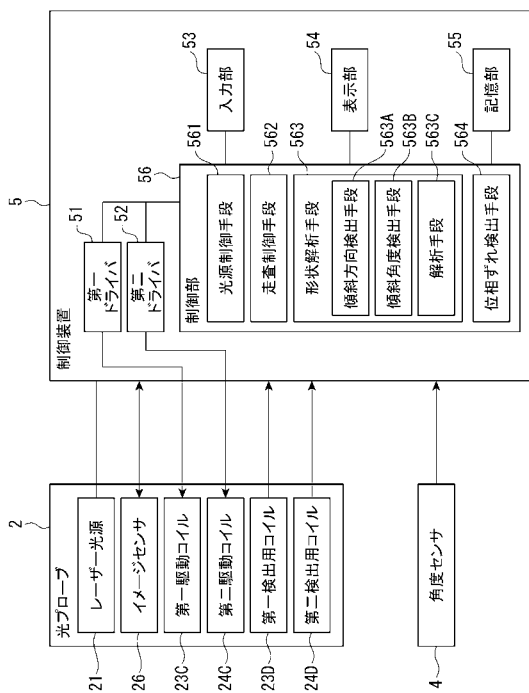
【図 1】



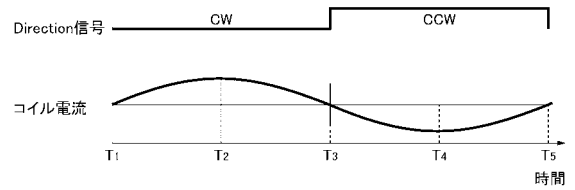
【図 2】



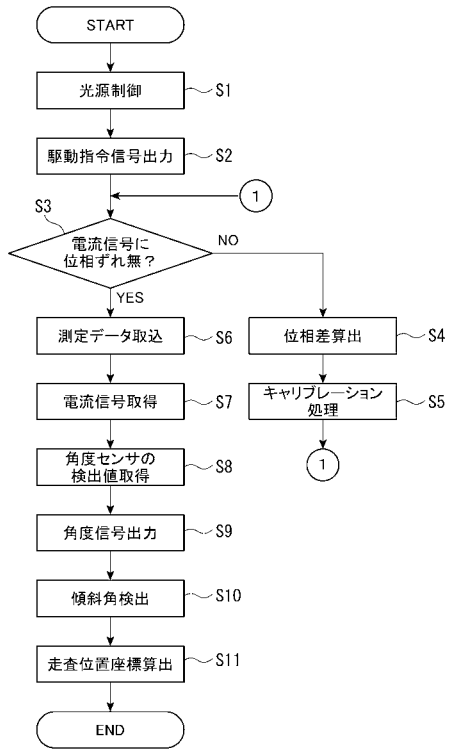
【図 3】



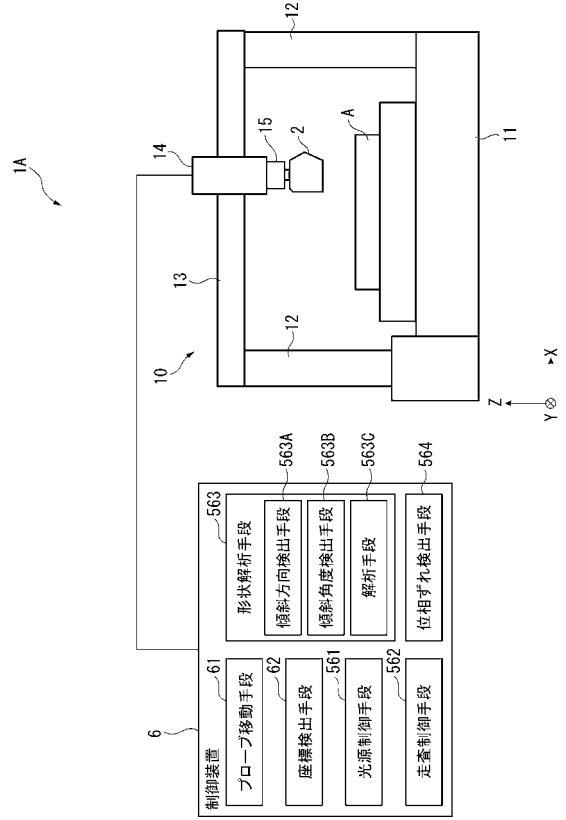
【図 4】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

