

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6790264号
(P6790264)

(45) 発行日 令和2年11月25日 (2020. 11. 25)

(24) 登録日 令和2年11月6日 (2020. 11. 6)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 26/10 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 1 O 4 Z

G O 1 S 7/481 (2006. 01)

G O 1 S 7/481 A

B 8 1 B 3/00 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 C

B 8 1 B 3/00

請求項の数 17 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2019-525056 (P2019-525056)
 (86) (22) 出願日 平成30年1月18日 (2018. 1. 18)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2018/001336
 (87) 国際公開番号 W02018/230024
 (87) 国際公開日 平成30年12月20日 (2018. 12. 20)
 審査請求日 令和1年9月13日 (2019. 9. 13)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-116746 (P2017-116746)
 (32) 優先日 平成29年6月14日 (2017. 6. 14)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72) 発明者 伊藤 恭彦
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 紺野 伸顕
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 平田 善明
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光走査装置及びその制御方法並びに移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、

基板とを備え、前記基板には走査ミラーと姿勢検出部とが一体化されており、前記走査ミラーは、前記光源から出射された光ビームを反射しかつ走査し得るように構成されており、前記走査ミラーは前記基板の主面に設けられており、前記姿勢検出部は、前記基板の姿勢角に応じた第1の信号を出力し得るように構成されており、さらに、

前記走査ミラーで反射された前記光ビームを反射し得るように構成されている反射部材と、

前記基板の前記主面に対する前記反射部材の傾きを調整し得るように構成されている駆動部と、

前記第1の信号に基づいて前記駆動部を制御し得るように構成されている制御部とを備える、光走査装置。

【請求項 2】

前記姿勢検出部は、加速度センサ及び傾斜計のいずれかを含む、請求項1に記載の光走査装置。

【請求項 3】

前記姿勢検出部は、MEMS加速度センサを含む、請求項1に記載の光走査装置。

【請求項 4】

前記姿勢検出部は、前記基板の前記主面内の一つの方向における前記基板の前記姿勢角

10

20

に応じた前記第 1 の信号を出力し得るように構成されている、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の光走査装置。

【請求項 5】

前記姿勢検出部は、前記基板の前記主面内において互いに交差する二つの方向における前記基板の前記姿勢角に応じた前記第 1 の信号を出力し得るように構成されている、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の光走査装置。

【請求項 6】

前記走査ミラーは、二次元走査ミラーである、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の光走査装置。

【請求項 7】

前記走査ミラーは、前記走査ミラーに対する前記光ビームの入射角が維持されながら、前記走査ミラーに入射する前記光ビームの光軸のまわりに首振り運動し得るように構成されている、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の光走査装置。

【請求項 8】

前記走査ミラーは、前記走査ミラーに対する前記光ビームの入射角が変化しながら、前記走査ミラーに入射する前記光ビームの光軸のまわりに首振り運動し得るように構成されている、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の光走査装置。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の前記光走査装置を備える、移動体。

【請求項 10】

前記移動体の加速度を得るように構成された移動体加速度検出部をさらに備え、
前記制御部は、前記姿勢検出部から出力される前記第 1 の信号と前記移動体の前記加速度とに基づいて前記駆動部を制御し得るように構成されている、請求項 9 に記載の移動体。

【請求項 11】

車輪をさらに備え、
前記移動体加速度検出部は、車輪速センサと演算部とを含み、
前記車輪速センサは、前記車輪の回転角速度を検出し得るように構成されており、
前記演算部は、前記回転角速度から前記移動体の前記加速度を算出し得るように構成されている、請求項 10 に記載の移動体。

【請求項 12】

光走査装置の制御方法であって、
前記光走査装置は、
光源と、
基板とを含み、前記基板には走査ミラーと姿勢検出部とが一体化されており、前記走査ミラーは前記光源から出射された光ビームを反射しかつ走査し、前記走査ミラーは前記基板の主面に設けられており、さらに、
前記走査ミラーで反射された前記光ビームを反射する反射部材を含み、
前記光走査装置の前記制御方法は、
前記姿勢検出部が前記基板の姿勢角に応じた第 1 の信号を出力することと、
前記第 1 の信号に基づいて、前記基板の前記主面に対する前記反射部材の傾きを調整することとを備える、光走査装置の制御方法。

【請求項 13】

前記姿勢検出部は、前記基板の前記主面内の一つの方向における前記基板の前記姿勢角に応じた前記第 1 の信号を出力する、請求項 12 に記載の光走査装置の制御方法。

【請求項 14】

前記姿勢検出部は、前記基板の前記主面内において互いに交差する二つの方向における前記基板の前記姿勢角に応じた前記第 1 の信号を出力する、請求項 12 に記載の光走査装置の制御方法。

【請求項 15】

前記反射部材の前記傾きを調整することは、前記第 1 の信号の逆正弦関数から前記基板の前記姿勢角である第 1 の角度を算出することと、前記反射部材を第 2 の角度だけ傾けることを含み、

前記第 2 の角度は前記第 1 の角度の - 0 . 5 倍である、請求項 1 3 または請求項 1 4 に記載の光走査装置の制御方法。

【請求項 1 6】

前記光走査装置が組み込まれる移動体の加速度を得ることをさらに備え、

前記走査ミラーで反射された前記光ビームに対する前記反射部材の前記傾きは、前記第 1 の信号と前記移動体の前記加速度とに基づいて調整される、請求項 1 2 から請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の光走査装置の制御方法。

10

【請求項 1 7】

前記反射部材の前記傾きを調整することは、前記第 1 の信号に含まれる前記移動体の前記加速度の寄与分だけ前記第 1 の信号を補正して第 2 の信号を得ることと、前記第 2 の信号の逆正弦関数から前記基板の前記姿勢角である第 1 の角度を算出することと、前記反射部材を第 2 の角度だけ傾けることを含み、

前記第 2 の角度は前記第 1 の角度の - 0 . 5 倍である、請求項 1 6 に記載の光走査装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、光走査装置及びその制御方法並びに移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2008 - 310204 号公報（特許文献 1）は、光ビームを発生する光源ユニットと、光ビームの伝搬軸上に配置された光走査手段とを備える光走査装置を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 310204 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に開示された光走査装置では、光走査装置が水平面に対して傾いたときに、水平面に対する光走査装置からの光ビームの出射角度が変化してしまうという問題があった。本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであり、その目的は、水平面に対する光走査装置の傾きに依らずに、水平面に対する光走査装置からの光ビームの出射角度が安定的に維持され得る光走査装置及びその制御方法を提供することである。本発明の別の目的は、このような光走査装置を備える移動体を提供することである。

【課題を解決するための手段】

40

【0005】

本発明の光走査装置は、光源と、基板とを備える。基板には、走査ミラーと姿勢検出部とが一体化されている。走査ミラーは、光源から出射された光ビームを反射しかつ走査し得るように構成されている。走査ミラーは基板の主面に設けられている。姿勢検出部は、基板の姿勢角に応じた第 1 の信号を出力し得るように構成されている。本発明の光走査装置は、反射部材と、駆動部と、制御部とをさらに備える。反射部材は、走査ミラーで反射された光ビームを反射し得るように構成されている。駆動部は、基板の主面に対する反射部材の傾きを調整し得るように構成されている。制御部は、第 1 の信号に基づいて駆動部を制御し得るように構成されている。

【0006】

50

本発明の移動体は、本発明の光走査装置を備える。

本発明の光走査装置の制御方法であって、光走査装置は、光源と、基板と、反射部材とを含む。基板には走査ミラーと姿勢検出部とが一体化されている。走査ミラーは、光源から出射された光ビームを反射しかつ走査する。走査ミラーは、基板の主面に設けられている。反射部材は、走査ミラーで反射された光ビームを反射する。本発明の光走査装置の制御方法は、姿勢検出部が基板の姿勢角に応じた第１の信号を出力することと、第１の信号に基づいて、基板の主面に対する反射部材の傾きを調整することとを備える。

【発明の効果】

【０００７】

本発明の光走査装置では、姿勢検出部から出力される、基板の姿勢角に応じた第１の信号に基づいて、基板の主面に対する反射部材の傾きが調整され得る。さらに、基板には走査ミラーと姿勢検出部とが一体化されているため、走査ミラーを含む光走査装置の光学系に対する姿勢検出部の位置及び傾きは実質的に不変である。そのため、姿勢検出部は、水平面に対する、走査ミラーを含む光走査装置の光学系の姿勢を、安定的かつ正確に検出し得る。本発明の光走査装置によれば、水平面に対する光走査装置の傾きに依らずに、水平面に対する光走査装置からの光ビームの出射角度は安定的に維持され得る。

【０００８】

本発明の移動体では、姿勢検出部から出力される、基板の姿勢角に応じた第１の信号に基づいて、基板の主面に対する反射部材の傾きが調整され得る。さらに、基板には走査ミラーと姿勢検出部とが一体化されているため、走査ミラーを含む光走査装置の光学系に対する姿勢検出部の位置及び傾きは実質的に不変である。そのため、姿勢検出部は、水平面に対する、走査ミラーを含む光走査装置の光学系の姿勢を、安定的かつ正確に検出し得る。本発明の移動体によれば、光走査装置が組み込まれた移動体が傾斜面上を移動しても、水平面に対する光走査装置からの光ビームの出射角度は安定的に維持され得る。

【０００９】

本発明の光走査装置の制御方法では、姿勢検出部から出力される、基板の姿勢角に応じた第１の信号に基づいて、基板の主面に対する反射部材の傾きが調整され得る。さらに、基板には走査ミラーと姿勢検出部とが一体化されているため、走査ミラーを含む光走査装置の光学系に対する姿勢検出部の位置及び傾きは実質的に不変である。そのため、姿勢検出部は、水平面に対する、走査ミラーを含む光走査装置の光学系の姿勢を、安定的かつ正確に検出し得る。本実施の形態の光走査装置の制御方法によれば、水平面に対する光走査装置の傾きに依らずに、水平面に対する光走査装置からの光ビームの出射角度は安定的に維持され得る。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の実施の形態１に係る光走査装置の概略側面図である。

【図２】本発明の実施の形態１に係る光走査装置に含まれる光源及び走査ミラーの概略部分拡大側面図である。

【図３】本発明の実施の形態１に係る光走査装置に含まれる反射部材及び第１の駆動部の概略部分拡大側面図である。

【図４】本発明の実施の形態１に係る光走査装置の制御ブロック図である。

【図５】本発明の実施の形態１に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の概略部分拡大平面図である。

【図６】本発明の実施の形態１に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の、図５に示される断面線ⅤⅠ-ⅤⅠにおける概略断面図である。

【図７】本発明の実施の形態１に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の、図５に示される断面線ⅤⅠⅠ-ⅤⅠⅠにおける概略断面図である。

【図８】本発明の実施の形態１に係る光走査装置に含まれる走査ミラーの、図５に示される断面線ⅤⅠⅠⅠ-ⅤⅠⅠⅠにおける概略断面図である。

【図９】本発明の実施の形態１に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の

10

20

30

40

50

図 6 に示される部分の製造方法の一工程を示す概略部分拡大断面図である。

【図 10】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の図 7 に示される部分の製造方法の一工程を示す概略部分拡大断面図である。

【図 11】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 9 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 12】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 10 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 13】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 11 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 14】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 12 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 15】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 13 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 16】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 14 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 17】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 15 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 18】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 16 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 19】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 17 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 20】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 18 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 21】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 19 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 22】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の製造方法における、図 20 に示される工程の次工程を示す概略部分拡大平面図である。

【図 23】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置の概略側面図である。

【図 24】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置に含まれる姿勢検出部の概略部分拡大側面図である。

【図 25】本発明の実施の形態 1 に係る光走査装置の制御方法のフローチャートを示す図である。

【図 26】本発明の実施の形態 1 の第 1 の変形例に係る光走査装置の概略側面図である。

【図 27】本発明の実施の形態 1 の第 2 の変形例に係る光走査装置の概略側面図である。

【図 28】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置の概略側面図である。

【図 29】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置に含まれる走査ミラー及び姿勢検出部の概略部分拡大平面図である。

【図 30】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置の概略側面図である。

【図 31】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置に含まれる姿勢検出部の概略部分拡大側面図である。

【図 32】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置の概略背面図である。

【図 33】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置に含まれる姿勢検出部の概略部分拡大背面図である。

【図 34】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置の制御ブロック図である。

【図 35】本発明の実施の形態 2 に係る光走査装置の制御方法のフローチャートを示す図である。

【図 36】本発明の実施の形態 3 に係る光走査装置の概略側面図である。

【図 37】本発明の実施の形態 3 に係る光走査装置の概略側面図である。

【図 38】本発明の実施の形態 3 に係る光走査装置に含まれる姿勢検出部の概略部分拡大側面図である。

10

20

30

40

50

【図 3 9】本発明の実施の形態 3 に係る光走査装置の制御ブロック図である。

【図 4 0】本発明の実施の形態 3 に係る光走査装置の制御方法のフローチャートを示す図である。

【図 4 1】本発明の実施の形態 3 に係る光走査装置の制御方法に含まれる移動体の加速度を得る工程のフローチャートを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の実施の形態を説明する。なお、同一の構成には同一の参照番号を付し、その説明は繰り返さない。

【 0 0 1 2 】

10

実施の形態 1 .

図 1 から図 2 4、図 2 6 及び図 2 7 を参照して、実施の形態 1 に係る光走査装置 1 及び移動体 5 を説明する。本実施の形態の光走査装置 1 は、光源 1 0 と、基板 1 3 と、反射部材 2 0 と、第 1 の駆動部 2 5 と、制御部 3 0 とを主に備える。本実施の形態の光走査装置 1 は、筐体 2 8 をさらに備えてもよい。本実施の形態の移動体 5 は、光走査装置 1 を主に備える。本実施の形態の移動体 5 は、本体部 4 0 と車輪 4 2 とをさらに備えてもよい。

【 0 0 1 3 】

図 1 及び図 2 に示されるように、光源 1 0 は、光ビーム 1 1 を出射し得るように構成されている。具体的には、光源 1 0 は、基板 1 3 の主面 1 3 m の法線に平行な第 3 の方向（例えば、z 方向）に沿って、走査ミラー 1 5 に向けて、光ビーム 1 1 を出射してもよい。光源 1 0 から出射される光ビーム 1 1 の光軸 1 2 は、第 3 の方向（例えば、z 方向）に平行であってもよい。光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が水平面 4 5 上を移動するとき、または、移動体 5 が水平面 4 5 上に静止しているとき、第 3 の方向（例えば、z 方向）は重力方向であってもよい。光源 1 0 は、特に限定されないが、レーザダイオード（LD）のようなレーザ光源であってもよいし、発光ダイオード素子（LED）であってもよい。光源 1 0 から出射された光ビーム 1 1 は、コリメートレンズ（図示せず）によって、平行光に変換されてもよい。

20

【 0 0 1 4 】

図 6 から図 8 に示されるように、基板 1 3 は、特に限定されないが、シリコンオンインシュレータ（SOI）基板であってもよい。具体的には、基板 1 3 は、非導電性基板 1 0 1 と、非導電性基板 1 0 1 上に設けられた第 1 の絶縁層 1 0 2 と、第 1 の絶縁層 1 0 2 上に設けられた第 1 の導電性半導体層 1 0 3 とを含んでもよい。非導電性基板 1 0 1 は、例えば、非導電性単結晶シリコン基板であってもよい。第 1 の絶縁層 1 0 2 は、例えば、二酸化シリコン層であってもよい。第 1 の導電性半導体層 1 0 3 は、導電性単結晶シリコン層であってもよい。基板 1 3 は、主面 1 3 m を有している。主面 1 3 m は第 1 の方向（例えば、x 方向）と、第 1 の方向に直交する第 2 の方向（例えば、y 方向）とに延在している。光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が水平面 4 5 上を移動するとき、第 1 の方向（例えば、x 方向）は、例えば、移動体 5 の進行方向 7 であってもよく、第 2 の方向（例えば、y 方向）は、例えば、移動体 5 の進行方向 7 及び重力方向に直交する移動体 5 の幅方向であってもよい。なお、本明細書において、x y z 座標系は、基板 1 3 に対して固定されている。

30

40

【 0 0 1 5 】

図 1、図 2、図 5 から図 8 に示されるように、基板 1 3 には、走査ミラー 1 5 と姿勢検出部 1 8 とが一体化されている。

【 0 0 1 6 】

走査ミラー 1 5 は、光源 1 0 から出射された光ビーム 1 1 を反射しかつ走査し得るように構成されている。走査ミラー 1 5 は基板 1 3 の主面 1 3 m に設けられている。走査ミラー 1 5 は、一次元走査ミラーであってもよいし、図 1、図 2 及び図 5 から図 8 に示されるように二次元走査ミラーであってもよい。具体的には、走査ミラー 1 5 は、基板 1 3 の第 1 の開口 1 3 c 内に設けられている。走査ミラー 1 5 は、反射ミラー部 5 0 と、反射ミラ

50

一部50を駆動する第2の駆動部(51, 52, 53)とを含んでもよい。第2の駆動部(51, 52, 53)は、特に限定されないが、第3の方向(例えば、z方向)に変形可能な第1の梁51, 52, 53を含んでもよい。第1の梁51, 52, 53は、基板13に接続されるとともに、反射ミラー部50を支持している。第2の駆動部(51, 52, 53)は、静電引力または電磁力を用いて反射ミラー部50を駆動してもよい。

【0017】

特定的には、反射ミラー部50は、反射膜(112)を含む。反射ミラー部50は、非導電性基板101と、非導電性基板101上に設けられた第1の絶縁層102と、第1の絶縁層102上に設けられた第1の導電性半導体層103と、第1の導電性半導体層103上に設けられた第2の絶縁層105とをさらに含んでもよく、反射膜(112)は、第2の絶縁層105上に設けられてもよい。そのため、反射膜(112)の撓みが減少され得る。第2の絶縁層105は、例えば、二酸化シリコン層であってもよい。反射膜(112)は、特に限定されないが、金属112であってもよい。基板13の主面13mの平面視において、反射ミラー部50及び反射膜(112)は、特に限定されないが、円形の形状を有してもよい。第1の梁51, 52, 53は、それぞれ、接続部56, 57, 58を介して、反射ミラー部50に接続されている。

【0018】

第1の梁51は、第1の導電性半導体層103と、第1の導電性半導体層103上に設けられた第2の絶縁層105と、第2の絶縁層105上に設けられた第1の電極層106と、第1の電極層106上に設けられた圧電層110と、圧電層110上に設けられた第2の電極層(112)とを含んでもよい。第1の電極層106は、例えば、白金(Pt)層であってもよい。圧電層110は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)のような圧電材料で形成されてもよい。第2の電極層(112)は、例えば、金属112であってもよい。第1の梁52, 53は、第1の梁51と同様に構成されている。

【0019】

図1及び図23に示されるように、走査ミラー15(反射ミラー部50)は、走査ミラー15(反射ミラー部50)に対する光ビーム11の入射角 θ が維持されながら、走査ミラー15(反射ミラー部50)に入射する光ビーム11の光軸12のまわりに首振り運動し得るように構成されてもよい。すなわち、走査ミラー15(反射ミラー部50)は、走査ミラー15(反射ミラー部50)に入射する光ビーム11に対して走査ミラー15(反射ミラー部50)を一定の入射角 θ で傾斜させたまま、走査ミラー15(反射ミラー部50)の中央を中心に、走査ミラー15(反射ミラー部50)に入射する光ビーム11の光軸12のまわりに回転してもよい。具体的には、第1の梁51の第2の電極層(112)と第1の梁52の第2の電極層(112)と第1の梁53の第2の電極層(112)とに、それぞれ、同じ周波数と同じ振幅とを有しかつ位相が互いに120°異なる交流電圧が印加されてもよい。図2に示されるように、入射角 θ は、光源10から出射された光ビーム11の光軸12と走査ミラー15(反射ミラー部50)の法線16との間の角度として定義される。走査ミラー15(反射ミラー部50)で反射された光ビーム11と光源10から出射された光ビーム11の光軸12との間の角度は2 θ で与えられる。

【0020】

姿勢検出部18は、基板13の姿勢角に応じた第1の信号31を出力し得るように構成されている。基板13の姿勢角は、水平面45に対して基板13の主面13mがなす角度として定義される。特定的には、姿勢検出部18は、基板13の主面13m内の一つの方向における基板13の姿勢角に応じた第1の信号31を出力し得るように構成されてもよい。本実施の形態では、この一つの方向は、第1の方向(例えば、x方向)であってもよい。本実施の形態の変形例では、この一つの方向は、第2の方向(例えば、y方向)であってもよい。基板13には、走査ミラー15と姿勢検出部18とが一体化されている。走査ミラー15は、光走査装置1の光学系に含まれている。そのため、姿勢検出部18によって検出される基板13の姿勢角は、水平面45に対する光走査装置1の光学系の姿勢角でもある。すなわち、姿勢検出部18は、水平面45に対する、走査ミラー15を含む光

10

20

30

40

50

走査装置 1 の光学系の姿勢角を検出し得る。

【 0 0 2 1 】

姿勢検出部 1 8 は、加速度センサ及び傾斜計のいずれかを含んでもよい。傾斜計は、特に限定されないが、液面式の傾斜角センサであってもよいし、振子式の傾斜角センサであってもよい。液面式の傾斜角センサは、容器に封入したシリコンオイルのような液体の表面に対する容器の傾斜角度から、対象物の傾斜角度を検出する。振子式の傾斜角センサは、容器の内部に装備した振子に対する容器の傾斜角度から、対象物の傾斜角度を検出する。

【 0 0 2 2 】

図 5 から図 7 に示されるように、姿勢検出部 1 8 は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 加速度センサであってもよい。具体的には、姿勢検出部 1 8 は、基板 1 3 の第 2 の開口 1 3 d 内に設けられている。姿勢検出部 1 8 は、慣性質量体 6 0 と、基板 1 3 に接続されるとともに慣性質量体 6 0 を支持する第 2 の梁 6 1 , 6 2 と、慣性質量体 6 0 に接続された第 1 の可動櫛歯電極 6 5 , 6 6 と、第 2 の開口 1 3 d 内に設けられた基板 1 3 の第 1 の固定部 1 3 f , 1 3 g にそれぞれ接続された第 1 の固定櫛歯電極 6 7 , 6 8 とを含んでもよい。

【 0 0 2 3 】

特定的には、慣性質量体 6 0 は、第 1 の導電性半導体層 1 0 3 を含んでもよい。慣性質量体 6 0 は、第 1 の側面 6 0 a と、第 1 の側面 6 0 a とは反対側の第 2 の側面 6 0 b と、第 1 の側面 6 0 a と第 2 の側面 6 0 b とを接続する第 3 の側面 6 0 c と、第 3 の側面 6 0 c とは反対側の第 4 の側面 6 0 d とを有する。第 4 の側面 6 0 d は、第 1 の側面 6 0 a と第 2 の側面 6 0 b とを接続する。第 2 の梁 6 1 , 6 2 は、第 1 の導電性半導体層 1 0 3 を含んでもよい。第 2 の梁 6 1 , 6 2 は、慣性質量体 6 0 が第 1 の方向 (例えば、x 方向) に変位し得るように構成されてもよい。第 2 の梁 6 1 は、慣性質量体 6 0 の第 3 の側面 6 0 c と基板 1 3 とを接続する。第 2 の梁 6 2 は、慣性質量体 6 0 の第 4 の側面 6 0 d と基板 1 3 とを接続する。

【 0 0 2 4 】

第 1 の可動櫛歯電極 6 5 , 6 6 は、第 1 の導電性半導体層 1 0 3 を含んでもよい。第 1 の可動櫛歯電極 6 5 は、慣性質量体 6 0 の第 1 の側面 6 0 a から、第 2 の方向 (例えば、y 方向) に延在してもよい。第 1 の可動櫛歯電極 6 5 は、第 2 の方向 (例えば、y 方向) において、第 1 の固定部 1 3 f から離間されている。第 1 の可動櫛歯電極 6 6 は、慣性質量体 6 0 の第 2 の側面 6 0 b から、第 2 の方向 (例えば、y 方向) に延在してもよい。第 1 の可動櫛歯電極 6 6 は、第 2 の方向 (例えば、y 方向) において、第 1 の固定部 1 3 g から離間されている。

【 0 0 2 5 】

基板 1 3 の主面 1 3 m の平面視において、慣性質量体 6 0 は、第 1 の固定部 1 3 f と第 1 の固定部 1 3 g との間に配置されている。第 1 の固定部 1 3 f と慣性質量体 6 0 と第 1 の固定部 1 3 g とは、第 2 の方向 (例えば、y 方向) において、この順に配置されている。第 1 の固定部 1 3 f 、1 3 g は、非導電性基板 1 0 1 と、非導電性基板 1 0 1 上に設けられた第 1 の絶縁層 1 0 2 と、第 1 の絶縁層 1 0 2 上に設けられた第 1 の導電性半導体層 1 0 3 を含んでもよい。

【 0 0 2 6 】

第 1 の固定櫛歯電極 6 7 , 6 8 は、第 1 の導電性半導体層 1 0 3 を含んでもよい。第 1 の固定櫛歯電極 6 7 は、第 1 の固定部 1 3 f から第 2 の方向 (例えば、y 方向) に延在してもよい。第 1 の固定櫛歯電極 6 7 は、第 2 の方向 (例えば、y 方向) において、慣性質量体 6 0 から離間されている。第 1 の固定部 1 3 f 及び第 1 の固定櫛歯電極 6 7 は、慣性質量体 6 0 の第 1 の側面 6 0 a に面している。第 1 の固定櫛歯電極 6 8 は、第 1 の固定部 1 3 g から第 2 の方向 (例えば、y 方向) に延在してもよい。第 1 の固定櫛歯電極 6 8 は、第 2 の方向 (例えば、y 方向) において、慣性質量体 6 0 から離間されている。第 1 の固定部 1 3 g 及び第 1 の固定櫛歯電極 6 8 は、慣性質量体 6 0 の第 2 の側面 6 0 b に面し

10

20

30

40

50

ている。

【 0 0 2 7 】

第 1 の固定櫛歯電極 6 7 は、第 1 の方向（例えば、 x 方向）において、第 1 の可動櫛歯電極 6 5 から離間されている。第 1 の可動櫛歯電極 6 5 と第 1 の固定櫛歯電極 6 7 とは、第 1 の方向（例えば、 x 方向）から見たときに、互いに重なるように配置されてもよい。第 1 の可動櫛歯電極 6 5 と第 1 の固定櫛歯電極 6 7 との間に静電容量が形成されている。第 1 の固定櫛歯電極 6 8 は、第 1 の方向（例えば、 x 方向）において、第 1 の可動櫛歯電極 6 6 から離間されている。第 1 の可動櫛歯電極 6 6 と第 1 の固定櫛歯電極 6 8 とは、第 1 の方向（例えば、 x 方向）から見たときに、互いに重なるように配置されてもよい。第 1 の可動櫛歯電極 6 6 と第 1 の固定櫛歯電極 6 8 との間に静電容量が形成されている。

10

【 0 0 2 8 】

詳しくは後で述べるが、図 2 3 及び図 2 4 に示されるように、第 1 の方向（例えば、 x 方向）における水平面 4 5 に対する基板 1 3 の傾斜角（ α ）、すなわち、水平面 4 5 に対する光走査装置 1 の傾斜角（ α ）に応じて、第 1 の可動櫛歯電極 6 5、6 6 と第 1 の固定櫛歯電極 6 7、6 8 との間隔は変化する。第 1 の方向（例えば、 x 方向）における水平面 4 5 に対する基板 1 3 の傾斜角（ α ）は、第 1 の可動櫛歯電極 6 5、6 6 と第 1 の固定櫛歯電極 6 7、6 8 との間に形成される静電容量の変化として検出される。本実施の形態では、姿勢検出部 1 8 は、静電容量の変化を検出し得る加速度センサである。姿勢検出部 1 8 は、例えば、ひずみゲージまたは半導体材料のピエゾ効果による電気抵抗の変化を検出し得る加速度センサであってもよい。

20

【 0 0 2 9 】

図 5 から図 2 2 を参照して、光走査装置 1 に含まれる走査ミラー 1 5 及び姿勢検出部 1 8 の製造方法の一例を説明する。

【 0 0 3 0 】

図 9 及び図 1 0 に示されるように、本実施の形態における走査ミラー 1 5 及び姿勢検出部 1 8 の製造方法は、基板 1 3 を準備することを含む。基板 1 3 は、特に限定されないが、シリコンオンインシュレータ（SOI）基板 1 3 であってもよい。具体的には、基板 1 3 は、非導電性基板 1 0 1 と、非導電性基板 1 0 1 上に設けられた第 1 の絶縁層 1 0 2 と、第 1 の絶縁層 1 0 2 上に設けられた第 1 の導電性半導体層 1 0 3 とを含んでもよい。

【 0 0 3 1 】

図 1 1 及び図 1 2 に示されるように、本実施の形態における走査ミラー 1 5 及び姿勢検出部 1 8 の製造方法は、第 1 の導電性半導体層 1 0 3 上にパターンニングされた第 2 の絶縁層 1 0 5 を形成することを含む。第 1 の導電性半導体層 1 0 3 の全面上に第 2 の絶縁層 1 0 5 が形成され、それから、フォトリソグラフィ工程とエッチング工程とによって、第 2 の絶縁層 1 0 5 の一部が除去されて、第 2 の絶縁層 1 0 5 がパターンニングされてもよい。第 2 の絶縁層 1 0 5 は、例えば、二酸化シリコン層であってもよい。

30

【 0 0 3 2 】

図 1 3 に示されるように、本実施の形態における走査ミラー 1 5 及び姿勢検出部 1 8 の製造方法は、第 1 の梁 5 1、5 2、5 3 に含まれる第 2 の絶縁層 1 0 5 上に、第 1 の電極層 1 0 6 を形成することを含む。図 1 4 に示されるように、反射ミラー部 5 0 に含まれる第 2 の絶縁層 1 0 5 上には、第 1 の電極層 1 0 6 は形成されない。第 1 の電極層 1 0 6 は、例えば、白金（Pt）層であってもよい。

40

【 0 0 3 3 】

図 1 5 に示されるように、本実施の形態における走査ミラー 1 5 及び姿勢検出部 1 8 の製造方法は、第 1 の電極層 1 0 6 上に、圧電層 1 1 0 を形成することを含む。図 1 6 に示されるように、反射ミラー部 5 0 に含まれる第 2 の絶縁層 1 0 5 上には、圧電層 1 1 0 は形成されない。圧電層 1 1 0 は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）のような圧電材料で形成されてもよい。

【 0 0 3 4 】

図 1 7 及び図 1 8 に示されるように、本実施の形態における走査ミラー 1 5 及び姿勢検

50

出部 18 の製造方法は、圧電層 110 上と、反射ミラー部 50 に含まれる第 2 の絶縁層 105 上とに、パターニングされた金属 112 を形成することを含む。第 1 の梁 51, 52, 53 に含まれる金属 112 は、第 2 の電極層 (112) に相当する。反射ミラー部 50 に含まれる金属 112 は、反射膜 (112) に相当する。

【0035】

図 19 及び図 20 に示されるように、本実施の形態における走査ミラー 15 及び姿勢検出部 18 の製造方法は、第 1 の導電性半導体層 103 をパターニングすることを含む。具体的には、第 1 の導電性半導体層 103 の一部をエッチングすることによって、第 1 の導電性半導体層 103 がパターニングされてもよい。図 21 及び図 22 に示されるように、本実施の形態における走査ミラー 15 及び姿勢検出部 18 の製造方法は、非導電性基板 101 をパターニングすることを含む。具体的には、非導電性基板 101 の一部をエッチングすることによって、非導電性基板 101 がパターニングされてもよい。最後に、本実施の形態における走査ミラー 15 及び姿勢検出部 18 の製造方法は、第 1 の絶縁層 102 をパターニングすることを含む。具体的には、第 1 の絶縁層 102 の一部をエッチングすることによって、第 1 の絶縁層 102 がパターニングされてもよい。こうして、図 5 から図 8 に示される走査ミラー 15 及び姿勢検出部 18 が製造される。

【0036】

図 1、図 3 及び図 23 に示されるように、反射部材 20 は、走査ミラー 15 で反射された光ビーム 11 を反射し得るように構成されている。反射部材 20 は、第 1 の駆動部 25 に回転可能に取り付けられている。反射部材 20 の中心軸 23 は、光源 10 から出射される光ビーム 11 の光軸 12 と同軸であってもよい。反射部材 20 は、反射面 21 を有している。反射面 21 は、水平面 45 に対して、傾斜角 φ で傾いている。反射部材 20 は、例えば、円錐台の形状を有してもよく、円錐台の側面に反射面 21 が形成されてもよい。反射部材 20 で反射された光ビーム 11 は、例えば、水平面 45 に沿って、光走査装置 1 から出射される。走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) に入射される光ビーム 11 と反射面 21 で反射された光ビーム 11 との間の角度が 90° であるとき、入射角 θ 及び傾斜角 φ は、以下の式 (1) で表される関係を有している。

【0037】

$$2\theta + 2\varphi = 90^\circ \quad (1)$$

第 1 の駆動部 25 は、基板 13 の主面 13m に対する反射部材 20 の傾きを調整し得るように構成されている。第 1 の駆動部 25 は、走査ミラー 15 で反射された光ビーム 11 に対する反射部材 20 の傾きを調整し得るように構成されている。特定のには、第 1 の駆動部 25 は、姿勢検出部 18 によって検出された基板 13 の姿勢角あるいは光走査装置 1 の姿勢角に応じて、基板 13 の主面 13m に対する反射部材 20 の傾きを調整する。第 1 の駆動部 25 は、水平面 45 に対する基板 13 の傾きに依らずに、水平面 45 に対する光走査装置 1 からの光ビーム 11 の出射角が維持されるように、基板 13 の主面 13m に対する反射部材 20 の傾きを調整し得る。さらに特定のには、第 1 の駆動部 25 は、水平面 45 に対する基板 13 の傾きに依らずに、光走査装置 1 から出射される光ビーム 11 が水平面 45 に平行に進行するように、基板 13 の主面 13m に対する反射部材 20 の傾きを調整し得る。第 1 の駆動部 25 は、反射部材 20 の中心軸 23 上の一点を中心に、反射部材 20 を、第 2 の方向に沿う軸 (例えば、y 軸) まわりに傾けることができる。第 1 の駆動部 25 は、例えば、モータであってもよい。

【0038】

制御部 30 は、第 1 の信号 31 に基づいて第 1 の駆動部 25 を制御し得るように構成されている。具体的には、制御部 30 は、姿勢検出部 18 から出力された第 1 の信号 31 を受信する。本実施の形態では、第 1 の信号 31 は、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 G_x の比 G_x / G を含む。制御部 30 は、第 1 の信号 31 から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出する。制御部 30 は、第 1 の角度 (α) から、反射部材 20 を傾ける角度である第 2 の角度 ($-\alpha / 2$) を算出する。制御部 30 は、走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) の動作をさらに制御してもよい。特定のには、制御部 3

10

20

30

40

50

0 は、反射ミラー部 50 を支持する第 1 の梁 51, 52, 53 の第 1 の電極層 106 と第 2 の電極層 (112) との間に印加される電圧を制御してもよい。

【0039】

筐体 28 は、光源 10 と、基板 13 と、反射部材 20 と、第 1 の駆動部 25 とを収容する。筐体 28 は、制御部 30 をさらに収容してもよい。基板 13 及び制御部 30 は、筐体 28 の底面に固定されてもよい。第 1 の駆動部 25 は、筐体 28 の頂面に固定されてもよい。光源 10 は、筐体 28 に固定されてもよい。

【0040】

図 1 を参照して、光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が水平面 45 上を進行方向 7 に向かって等速運動しているとき、または、移動体 5 が水平面 45 上に静止しているときの、光走査装置 1 の動作を説明する。進行方向 7 は、第 1 の方向 (例えば、x 方向) に平行である。光源 10 から出射された光ビーム 11 は、走査ミラー 15 と反射部材 20 とで反射されて、光走査装置 1 から出射される。光走査装置 1 から出射される光ビーム 11 は、例えば、水平面 45 に平行に進む。走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) は、走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) に対する光ビーム 11 の入射角 θ が維持されながら、走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) に入射する光ビーム 11 の光軸 12 のまわりに首振り運動する。そのため、移動体 5 に組み込まれた光走査装置 1 は、水平方向の全周囲を光ビーム 11 で走査することができる。

【0041】

光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が水平面 45 上を進行方向 7 に向かって等速運動している、または、移動体 5 が水平面 45 上に静止しているため、姿勢検出部 18 の慣性質量体 60 には、第 1 の方向に沿う力が加わらない。慣性質量体 60 は基板 13 の第 1 の固定部 13f, 13g に対して変位しない。姿勢検出部 18 は、第 1 の可動櫛歯電極 65, 66 と第 1 の固定櫛歯電極 67, 68 との間に形成される静電容量に基づいて、基板 13 の姿勢角に応じた第 1 の信号 31 を制御部 30 に出力する。制御部 30 は、第 1 の駆動部 25 を駆動しない。

【0042】

図 23 を参照して、光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が傾斜面 47 上を進行方向 7 に向かって等速運動しているとき、または、移動体 5 が傾斜面 47 上に静止しているときの、光走査装置 1 の動作を説明する。本実施の形態では、傾斜面 47 は、水平面 45 に対して、移動体 5 の進行方向 7 である第 1 の方向 (例えば、x 方向) に角度 α だけ傾いている。本実施の形態では、傾斜面 47 は、水平面 45 に対して、第 2 の方向 (例えば、y 方向) に傾いていない。

【0043】

図 24 に示されるように、光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が傾斜面 47 上を進行方向 7 に向かって等速運動している、または、移動体 5 が傾斜面 47 上に静止しているため、姿勢検出部 18 の慣性質量体 60 には、第 1 の方向 (例えば、x 方向) に沿う力が作用する。具体的には、この力を慣性質量体 60 の質量で除算することによって、第 1 の方向 (例えば、x 方向) に沿って慣性質量体 60 に作用する加速度が与えられる。第 1 の方向 (例えば、x 方向) に沿って慣性質量体 60 に作用する加速度は、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 (例えば、x 成分) G_x に等しい。

【0044】

慣性質量体 60 に作用する力によって、慣性質量体 60 は基板 13 の第 1 の固定部 13f, 13g に対して第 1 の方向 (例えば、x 方向) に沿って変位して、第 1 の可動櫛歯電極 65, 66 と第 1 の固定櫛歯電極 67, 68 との間に形成される静電容量が変化する。姿勢検出部 18 は、変化後の静電容量に基づいて、基板 13 の姿勢角に応じた第 1 の信号 31 を制御部 30 に出力する。本実施の形態では、第 1 の信号 31 は、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 G_x の比 G_x / G を含む。

【0045】

制御部 30 は、第 1 の信号 31 から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出す

る。特定的には、制御部 30 は、第 1 の信号 31 の逆正弦関数から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出してもよい。第 1 の角度 (α) は、以下の式 (2) で与えられてもよい。

【0046】

$$\alpha = \sin^{-1}(G_x / G) \quad (2)$$

制御部 30 は、第 1 の角度 (α) から第 2 の角度 ($-\alpha/2$) を算出する。第 2 の角度 ($-\alpha/2$) は、第 1 の角度 (α) の -0.5 倍である。制御部 30 は、第 1 の駆動部 25 を制御して、反射部材 20 を第 2 の方向に沿う軸 (例えば、y 軸) まわりに第 2 の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾ける。第 2 の角度 ($-\alpha/2$) の絶対値は第 1 の角度 (α) の絶対値の半分であり、かつ、反射部材 20 を傾ける方向は、基板 13 の傾斜方向 (または光走査装置 1 の傾斜方向) と反対である。こうして、光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が傾斜面 47 上を進行方向 7 に向かって等速運動していても、あるいは、移動体 5 が傾斜面 47 上に静止していても、水平面 45 に対する光走査装置 1 の傾きに依らずに、水平面 45 に対する光走査装置 1 からの光ビーム 11 の出射角度は維持され得る。特定的には、水平面 45 に対する光走査装置 1 の傾きに依らずに、光ビーム 11 は光走査装置 1 から水平方向に出射される。

【0047】

図 25 を参照して、実施の形態 1 に係る光走査装置 1 の制御方法を説明する。

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法は、姿勢検出部 18 が基板 13 の姿勢角に応じた第 1 の信号 31 を出力すること (S1) を備える。特定的には、姿勢検出部 18 は、基板 13 の主面 13m 内の一つ方向 (例えば、x 方向) における基板 13 の姿勢角に応じた第 1 の信号 31 を出力してもよい。本実施の形態では、第 1 の信号 31 は、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 G_x の比 G_x / G を含む。

【0048】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法は、第 1 の信号 31 に基づいて、基板 13 の主面 13m に対する反射部材 20 の傾きを調整すること (S2) をさらに備える。特定的には、本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法では、反射部材 20 の傾きを調整すること (S2) は、第 1 の信号 31 から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出すること (S11) と、反射部材 20 を第 2 の方向に沿う軸 (例えば、y 軸) まわりに第 2 の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾けること (S12) とを含んでもよい。

【0049】

第 1 の信号 31 から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出すること (S11) は、第 1 の信号 31 の逆正弦関数から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出することであってもよい。第 1 の角度 (α) は、式 (2) で与えられてもよい。反射部材 20 を第 2 の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾けること (S12) は、第 1 の角度 (α) から第 2 の角度 ($-\alpha/2$) を算出すること (S13) と、第 1 の駆動部 25 を制御して、反射部材 20 を第 2 の方向に沿う軸 (例えば、y 軸) まわりに第 2 の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾けること (S14) とを含んでもよい。第 2 の角度 ($-\alpha/2$) は、第 1 の角度 (α) の -0.5 倍であってもよい。第 2 の角度 ($-\alpha/2$) の絶対値は第 1 の角度 (α) の絶対値の半分であり、かつ、反射部材 20 を傾ける方向は、基板 13 の傾斜方向 (または光走査装置 1 の傾斜方向) と反対である。

【0050】

本実施の形態の第 1 の変形例の光走査装置 1 では、図 26 に示されるように、走査ミラー 15 は、走査ミラー 15 に対する光ビーム 11 の入射角 θ が変化しながら、走査ミラー 15 に入射する光ビーム 11 の光軸 12 のまわりに首振り運動し得るように構成されてもよい。すなわち、走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) は、走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) に入射する光ビーム 11 に対して変化する入射角 θ で走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) を傾斜させながら、走査ミラー 15 (反射ミラー部 50) の中央を中心に、走査ミラー 15 に入射する光ビーム 11 の光軸 12 のまわりに回転してもよい。光走査装置 1 は、水平方向の全周囲だけでなく、第 3 の方向 (例えば、z 方向) にも走査することが

できる。

【0051】

図27に示されるように、本実施の形態の第2の変形例の光走査装置1は、固定ミラー27をさらに備えてもよい。光源10は、筐体28の側面に固定されている。固定ミラー27は、筐体28に固定されている。固定ミラー27は、光源10から出射された光ビーム11を反射して、光ビーム11を走査ミラー15に入射させる。

【0052】

本実施の形態の光走査装置1及びその制御方法並びに移動体5の効果を説明する。

本実施の形態の光走査装置1は、光源10と、基板13とを備える。基板13には、走査ミラー15と姿勢検出部18とが一体化されている。走査ミラー15は、光源10から出射された光ビーム11を反射しかつ走査し得るように構成されている。走査ミラー15は基板13の主面13mに設けられている。姿勢検出部18は、基板13の姿勢角に応じた第1の信号31を出力し得るように構成されている。本実施の形態の光走査装置1は、反射部材20と、駆動部(第1の駆動部25)と、制御部30とをさらに備える。反射部材20は、走査ミラー15で反射された光ビーム11を反射し得るように構成されている。駆動部(第1の駆動部25)は、基板13の主面13mに対する反射部材20の傾きを調整し得るように構成されている。制御部30は、第1の信号31に基づいて駆動部(第1の駆動部25)を制御し得るように構成されている。

【0053】

本実施の形態の光走査装置1では、姿勢検出部18から出力される、基板13の姿勢角に応じた第1の信号31に基づいて、基板13の主面13mに対する反射部材20の傾きが調整され得る。さらに、基板13には走査ミラー15と姿勢検出部18とが一体化されているため、走査ミラー15を含む光走査装置1の光学系に対する姿勢検出部18の位置及び傾きは実質的に不変である。例えば、光走査装置1を長期間使用する間に、光走査装置1の光学系に対する、光走査装置1の光学系以外の部材の位置または傾きが変化しても、光走査装置1の光学系に対する姿勢検出部18の位置及び傾きは実質的に不変である。そのため、姿勢検出部18は、水平面45に対する光走査装置1の光学系の姿勢を、安定的かつ正確に検出し得る。本実施の形態の光走査装置1によれば、水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0054】

本実施の形態の光走査装置1では、姿勢検出部18は、加速度センサ及び傾斜計のいずれかを含んでもよい。本実施の形態の光走査装置1によれば、水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0055】

本実施の形態の光走査装置1では、姿勢検出部18は、MEMS加速度センサを含んでもよい。本実施の形態の光走査装置1によれば、水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。また、MEMS加速度センサは小型の加速度センサであるため、基板13に容易に一体化され得て、光走査装置1は小型化され得る。

【0056】

本実施の形態の光走査装置1では、姿勢検出部18は、基板13の主面13m内の一つの方向(第1の方向(例えば、x方向))における基板13の姿勢角に応じた第1の信号31を出力し得るように構成されてもよい。本実施の形態の光走査装置1によれば、基板13の主面13m内の一つの方向(例えば、x方向)における水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0057】

本実施の形態の光走査装置1では、走査ミラー15は、二次元走査ミラーであってもよ

10

20

30

40

50

い。本実施の形態の光走査装置 1 は、水平方向の全周囲を光ビーム 1 1 で走査することができる。

【 0 0 5 8 】

本実施の形態の光走査装置 1 では、走査ミラー 1 5 は、走査ミラー 1 5 に対する光ビーム 1 1 の入射角 θ が維持されながら、走査ミラー 1 5 に入射する光ビーム 1 1 の光軸 1 2 のまわりに首振り運動し得るように構成されてもよい。本実施の形態の光走査装置 1 は、水平方向の全周囲を光ビーム 1 1 で走査することができる。

【 0 0 5 9 】

本実施の形態の光走査装置 1 では、走査ミラー 1 5 は、走査ミラー 1 5 に対する光ビーム 1 1 の入射角 θ が変化しながら、走査ミラー 1 5 に入射する光ビーム 1 1 の光軸 1 2 のまわりに首振り運動し得るように構成されてもよい。本実施の形態の光走査装置 1 は、水平方向の全周囲だけでなく、垂直方向（第 3 の方向（例えば、 z 方向））の周囲も、光ビーム 1 1 で走査することができる。

【 0 0 6 0 】

本実施の形態の移動体 5 は、光走査装置 1 を備える。本実施の形態の移動体 5 では、姿勢検出部 1 8 から出力される、基板 1 3 の姿勢角に応じた第 1 の信号 3 1 に基づいて、基板 1 3 の主面 1 3 m に対する反射部材 2 0 の傾きが調整され得る。さらに、基板 1 3 には走査ミラー 1 5 と姿勢検出部 1 8 とが一体化されているため、走査ミラー 1 5 を含む光走査装置 1 の光学系に対する姿勢検出部 1 8 の位置及び傾きは実質的に不変である。そのため、姿勢検出部 1 8 は、水平面 4 5 に対する光走査装置 1 の光学系の姿勢を、安定的かつ正確に検出し得る。本実施の形態の移動体 5 によれば、光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5 が傾斜面 4 7 上を移動しても、水平面 4 5 に対する光走査装置 1 からの光ビーム 1 1 の出射角度は安定的に維持され得る。

【 0 0 6 1 】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法であって、光走査装置 1 は、光源 1 0 と、基板 1 3 と、反射部材 2 0 とを含む。基板 1 3 には走査ミラー 1 5 と姿勢検出部 1 8 とが一体化されている。走査ミラー 1 5 は、光源 1 0 から出射された光ビーム 1 1 を反射しかつ走査する。走査ミラー 1 5 は、基板 1 3 の主面 1 3 m に設けられている。反射部材 2 0 は、走査ミラー 1 5 で反射された光ビーム 1 1 を反射する。光走査装置 1 の制御方法は、姿勢検出部 1 8 が基板 1 3 の姿勢角に応じた第 1 の信号 3 1 を出力すること（S 1）と、第 1 の信号 3 1 に基づいて、基板 1 3 の主面 1 3 m に対する反射部材 2 0 の傾きを調整すること（S 2）とを備える。

【 0 0 6 2 】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法では、姿勢検出部 1 8 から出力される、基板 1 3 の姿勢角に応じた第 1 の信号 3 1 に基づいて、基板 1 3 の主面 1 3 m に対する反射部材 2 0 の傾きが調整され得る。さらに、基板 1 3 には走査ミラー 1 5 と姿勢検出部 1 8 とが一体化されているため、走査ミラー 1 5 を含む光走査装置 1 の光学系に対する姿勢検出部 1 8 の位置及び傾きは実質的に不変である。そのため、姿勢検出部 1 8 は、水平面 4 5 に対する光走査装置 1 の光学系の姿勢を、安定的かつ正確に検出し得る。本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法によれば、水平面 4 5 に対する光走査装置 1 の傾きに依らずに、水平面 4 5 に対する光走査装置 1 からの光ビーム 1 1 の出射角度は安定的に維持され得る。

【 0 0 6 3 】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法では、姿勢検出部 1 8 は、基板 1 3 の主面 1 3 m 内の一つの方向（第 1 の方向（例えば、 x 方向））における基板 1 3 の姿勢角に応じた第 1 の信号 3 1 を出力してもよい。本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法によれば、基板 1 3 の主面 1 3 m 内の一つの方向（例えば、 x 方向）における水平面 4 5 に対する光走査装置 1 の傾きに依らずに、水平面 4 5 に対する光走査装置 1 からの光ビーム 1 1 の出射角度は安定的に維持され得る。

【 0 0 6 4 】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法では、反射部材 2 0 の傾きを調整すること（S

10

20

30

40

50

2) は、第1の信号31の逆正弦関数から基板13の姿勢角である第1の角度(α)を算出すること(S11)と、反射部材20を第2の角度($-\alpha/2$)だけ傾けること(S12)とを含んでもよい。第2の角度($-\alpha/2$)は、第1の角度(α)の -0.5 倍であってもよい。本実施の形態の光走査装置1の制御方法によれば、水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0065】

実施の形態2.

図28から図34を参照して、実施の形態2に係る光走査装置1b及び移動体5bを説明する。本実施の形態の光走査装置1b及び移動体5bは、実施の形態1の光走査装置1及び移動体5と同様の構成を備えるが、主に以下の点で異なる。

【0066】

本実施の形態の光走査装置1b及び移動体5bでは、姿勢検出部18bは、基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向における基板13の姿勢角に応じた第1の信号31bを出力し得るように構成されている。この二つの方向は、第1の方向(例えば、x方向)と、第2の方向(例えば、y方向)である。光走査装置1bが組み込まれた移動体5bが水平面45上を移動するとき、第1の方向(例えば、x方向)は、例えば、移動体5の進行方向7であってもよく、第2の方向(例えば、y方向)は、例えば、移動体5の進行方向7及び重力方向に直交する移動体5の幅方向であってもよい。

【0067】

図29に示されるように、本実施の形態における姿勢検出部18bは、MEMS(Micro Electro Mechanical System)加速度センサであってもよい。姿勢検出部18bは、慣性質量体60と、基板13に接続されるとともに慣性質量体60を支持する第2の梁61, 62, 63, 64と、慣性質量体60に接続された第1の可動櫛歯電極65, 66と、慣性質量体60に接続された第2の可動櫛歯電極65b, 66bと、第2の開口13d内に設けられた基板13の第1の固定部13f, 13gにそれぞれ接続された第1の固定櫛歯電極67, 68と、第2の開口13d内に設けられた基板13の第2の固定部13h, 13iにそれぞれ接続された第2の固定櫛歯電極67b, 68bとを含んでもよい。

【0068】

本実施の形態の慣性質量体60及び第1の可動櫛歯電極65, 66は、それぞれ、実施の形態1の慣性質量体60及び第1の可動櫛歯電極65, 66と同様の構成を有している。本実施の形態の第1の固定部13f, 13g及び第1の固定櫛歯電極67, 68は、それぞれ、実施の形態1の第1の固定部13f, 13g及び第1の固定櫛歯電極67, 68と同様の構成を有している。

【0069】

第2の梁61, 62, 63, 64は、第1の導電性半導体層103を含んでもよい。第2の梁61, 62, 63, 64は、慣性質量体60が第1の方向(例えば、x方向)と第2の方向(例えば、y方向)とに変位し得るように構成されてもよい。第2の梁61, 62, 63, 64は、慣性質量体60の角部のそれぞれと基板13とを接続する。第2の可動櫛歯電極65b, 66bは、第1の導電性半導体層103(図6を参照)を含んでもよい。第2の可動櫛歯電極65bは、慣性質量体60の第3の側面60cから第1の方向(例えば、x方向)に延在してもよい。第2の可動櫛歯電極65bは、第1の方向(例えば、x方向)において、基板13の第2の固定部13hから離間されている。第2の可動櫛歯電極66bは、慣性質量体60の第4の側面60dから、第1の方向(例えば、x方向)に延在してもよい。第2の可動櫛歯電極66bは、第1の方向(例えば、x方向)において、基板13の第2の固定部13iから離間されている。

【0070】

基板13の主面13mの平面視において、慣性質量体60は、第2の固定部13hと第2の固定部13iとの間に配置されている。第2の固定部13hと慣性質量体60と第2の固定部13iとは、第1の方向(例えば、x方向)において、この順に配置されている

10

20

30

40

50

。第2の固定部13h、13iは、非導電性基板101と、非導電性基板101上に設けられた第1の絶縁層102と、第1の絶縁層102上に設けられた第1の導電性半導体層103を含んでもよい。

【0071】

第2の固定櫛歯電極67b、68bは、第1の導電性半導体層103（図6を参照）を含んでもよい。第2の固定櫛歯電極67bは、第2の固定部13hから第1の方向（例えば、x方向）に延在してもよい。第2の固定櫛歯電極67bは、第1の方向（例えば、x方向）において、慣性質量体60から離間されている。第2の固定部13h及び第2の固定櫛歯電極67bは、慣性質量体60の第3の側面60cに面している。第2の固定櫛歯電極68bは、第2の固定部13iから第1の方向（例えば、x方向）に延在してもよい。第2の固定櫛歯電極68bは、第2の方向（例えば、y方向）において、慣性質量体60から離間されている。第2の固定部13i及び第2の固定櫛歯電極68bは、慣性質量体60の第4の側面60dに面している。

10

【0072】

第2の固定櫛歯電極67bは、第2の方向（例えば、y方向）において、第2の可動櫛歯電極65bから離間されている。第2の可動櫛歯電極65bと第2の固定櫛歯電極67bとは、第2の方向（例えば、y方向）から見たときに、互いに重なるように配置されてもよい。第2の可動櫛歯電極65bと第2の固定櫛歯電極67bとの間に静電容量が形成されている。第2の固定櫛歯電極68bは、第2の方向（例えば、y方向）において、第2の可動櫛歯電極66bから離間されている。第2の可動櫛歯電極66bと第2の固定櫛歯電極68bとは、第2の方向（例えば、y方向）から見たときに、互いに重なるように配置されてもよい。第2の可動櫛歯電極66bと第2の固定櫛歯電極68bとの間に静電容量が形成されている。

20

【0073】

本実施の形態の姿勢検出部18bは、実施の形態1の姿勢検出部18と同様に、第1の方向（例えば、x方向）における水平面45に対する基板13の傾斜角（ α ）を、第1の可動櫛歯電極65、66と第1の固定櫛歯電極67、68との間に形成される静電容量の変化として検出し得る。詳しくは後で述べるが、図32及び図33に示されるように、第2の方向（例えば、y方向）における水平面45に対する基板13の傾斜角（ β ）に応じて、第2の可動櫛歯電極65b、66bと第2の固定櫛歯電極67b、68bとの間の間隔は変化する。第2の方向（例えば、y方向）における水平面45に対する基板13の傾斜角（ β ）は、第2の可動櫛歯電極65b、66bと第2の固定櫛歯電極67b、68bとの間に形成される静電容量の変化として検出される。

30

【0074】

本実施の形態の第1の駆動部25bは、実施の形態1の第1の駆動部25と同様であるが、以下の点で異なる。第1の駆動部25bは、反射部材20の中心軸23上の一点を中心に、反射部材20を、第1の方向に沿う軸（例えば、x軸）まわりだけでなく、第2の方向に沿う軸（例えば、y軸）まわりにも傾けることができる。

【0075】

制御部30は、第1の信号31bに基づいて第1の駆動部25bを制御し得るように構成されている。具体的には、制御部30は、姿勢検出部18bから出力された第1の信号31bを受信する。本実施の形態では、第1の信号31bは、重力加速度Gに対する、重力加速度Gの第1の方向の成分 G_x の比 G_x/G を示す第1のサブ信号と、重力加速度Gに対する、重力加速度Gの第2の方向の成分 G_y の比 G_y/G を示す第2のサブ信号とを含む。制御部30は、第1の信号31bから基板13の姿勢角である第1の角度（ α 、 β ）を算出する。制御部30は、第1の角度（ α 、 β ）から、反射部材20を傾ける角度である第2の角度（ $-\alpha/2$ 、 $-\beta/2$ ）を算出する。

40

【0076】

図30から図33を参照して、光走査装置1bが組み込まれた移動体5bが傾斜面47b上を進行方向7に向かって等速運動しているとき、または、移動体5bが傾斜面47b

50

上に静止しているときの、光走査装置 1 b の動作を説明する。本実施の形態では、傾斜面 4 7 b は、水平面 4 5 に対して、第 1 の方向（例えば、x 方向）に角度 α だけ傾いているとともに、第 2 の方向（例えば、y 方向）に角度 β だけ傾いている。傾斜面 4 7 b は、水平面 4 5 に対して、移動体 5 b の進行方向 7 である第 1 の方向（例えば、x 方向）に角度 α だけ傾いているとともに、移動体 5 b の幅方向（例えば、第 2 の方向）に角度 β だけ傾いている。

【 0 0 7 7 】

図 3 1 及び図 3 3 に示されるように、光走査装置 1 b が組み込まれた移動体 5 b が傾斜面 4 7 b 上を進行方向 7 に向かって等速運動している、または、移動体 5 b が傾斜面 4 7 b 上に静止しているため、姿勢検出部 1 8 b の慣性質量体 6 0 には、第 1 の方向（例えば、x 方向）及び第 2 の方向（例えば、y 方向）に沿う力が作用する。具体的には、この力の第 1 の方向の成分（例えば、x 成分）を慣性質量体 6 0 の質量で除算することによって、第 1 の方向（例えば、x 方向）に沿って慣性質量体 6 0 に作用する加速度が与えられる。第 1 の方向（例えば、x 方向）に沿って慣性質量体 6 0 に作用する加速度は、重力加速度 G の第 1 の方向の成分（例えば、x 成分） G_x に等しい（図 3 1 を参照）。この力の第 2 の方向の成分（例えば、y 成分）を慣性質量体 6 0 の質量で除算することによって、第 2 の方向（例えば、y 方向）に沿って慣性質量体 6 0 に作用する加速度が与えられる。第 2 の方向（例えば、y 方向）に沿って慣性質量体 6 0 に作用する加速度は、重力加速度 G の第 2 の方向の成分（例えば、y 成分） G_y に等しい（図 3 3 を参照）。

【 0 0 7 8 】

慣性質量体 6 0 に作用する力によって、慣性質量体 6 0 は基板 1 3 の第 1 の固定部 1 3 f , 1 3 g に対して第 1 の方向（例えば、x 方向）に沿って変位して、第 1 の可動櫛歯電極 6 5 , 6 6 と第 1 の固定櫛歯電極 6 7 , 6 8 との間に形成される静電容量が変化する。慣性質量体 6 0 に作用する力によって、慣性質量体 6 0 は基板 1 3 の第 2 の固定部 1 3 h , 1 3 i に対して第 2 の方向（例えば、y 方向）に沿って変位して、第 2 の可動櫛歯電極 6 5 b , 6 6 b と第 2 の固定櫛歯電極 6 7 b , 6 8 b との間に形成される静電容量が変化する。姿勢検出部 1 8 b は、変化後の静電容量に基づいて、基板 1 3 の姿勢角に応じた第 1 の信号 3 1 b を制御部 3 0 に出力する。第 1 の信号 3 1 b は、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 G_x の比 G_x / G を示す第 1 のサブ信号と、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 2 の方向の成分 G_y の比 G_y / G を示す第 2 のサブ信号とを含む。

【 0 0 7 9 】

制御部 3 0 は、第 1 の信号 3 1 b から基板 1 3 の姿勢角である第 1 の角度（ α 、 β ）を算出する。具体的には、制御部 3 0 は、第 1 のサブ信号から、第 1 の方向（例えば、x 方向）における基板 1 3 の姿勢角である、第 1 の角度（ α ）を算出する。制御部 3 0 は、第 2 のサブ信号から、第 2 の方向（例えば、y 方向）における基板 1 3 の姿勢角である、第 1 の角度（ β ）を算出する。特定的には、制御部 3 0 は、第 1 のサブ信号の逆正弦関数から、第 1 の方向（例えば、x 方向）における基板 1 3 の姿勢角である第 1 の角度（ α ）を算出してもよい。第 1 の角度（ α ）は、上記の式（2）で与えられてもよい。制御部 3 0 は、第 2 のサブ信号の逆正弦関数から、第 2 の方向（例えば、y 方向）における基板 1 3 の姿勢角である第 1 の角度（ β ）を算出してもよい。第 1 の角度（ β ）は、以下の式（3）で与えられてもよい。

【 0 0 8 0 】

$$\beta = \sin^{-1} (G_y / G) \quad (3)$$

制御部 3 0 は、第 1 の角度（ α ）から第 2 の角度（ $-\alpha / 2$ ）を算出する。第 2 の角度（ $-\alpha / 2$ ）は、第 1 の角度（ α ）の -0.5 倍である。制御部 3 0 は、第 1 の駆動部 2 5 b を制御して、反射部材 2 0 を第 2 の方向に沿う軸（例えば、y 軸）まわりに第 2 の角度（ $-\alpha / 2$ ）だけ傾ける。すなわち、第 2 の角度（ $-\alpha / 2$ ）の絶対値は第 1 の角度（ α ）の絶対値の半分であり、かつ、反射部材 2 0 を傾ける方向は、基板 1 3 の傾斜方向（または光走査装置 1 b の傾斜方向）と反対である。制御部 3 0 は、第 1 の角度（ β ）から

第2の角度 ($-\beta/2$) を算出する。第2の角度 ($-\beta/2$) は、第1の角度 (β) の -0.5 倍である。制御部30は、第1の駆動部25bを制御して、反射部材20を第1の方向に沿う軸 (例えば、 x 軸) まわりに第2の角度 ($-\beta/2$) だけ傾ける。すなわち、第2の角度 ($-\beta/2$) の絶対値は第1の角度 (β) の絶対値の半分であり、かつ、反射部材20を傾ける方向は、基板13の傾斜方向 (または光走査装置1bの傾斜方向) と反対である。

【0081】

こうして、光走査装置1bが組み込まれた移動体5bが傾斜面47b上を進行方向7に向かって等速運動していても、あるいは、移動体5bが傾斜面47b上に静止していても、水平面45に対する光走査装置1bの傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1bからの光ビーム11の出射角度は維持され得る。特定のには、水平面45に対する光走査装置1bの傾きに依らずに、光ビーム11は光走査装置1bから水平方向に出射される。

10

【0082】

図35を参照して、実施の形態2に係る光走査装置1bの制御方法を説明する。本実施の形態の光走査装置1bの制御方法は、実施の形態1の光走査装置1の制御方法と同様の工程を備えるが、主に以下の点で異なる。

【0083】

本実施の形態の光走査装置1bの制御方法は、姿勢検出部18bが基板13の姿勢角に応じた第1の信号31bを出力すること ($S1b$) を備える。特定のには、姿勢検出部18bは、基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向 (第1の方向 (例えば、 x 方向) 及び第2の方向 (例えば、 y 方向)) における基板13の姿勢角に応じた第1の信号31bを出力してもよい。本実施の形態では、第1の信号31bは、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第1の方向の成分 G_x の比 G_x/G を示す第1のサブ信号と、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第2の方向の成分 G_y の比 G_y/G を示す第2のサブ信号とを含む。

20

【0084】

本実施の形態の光走査装置1bの制御方法は、第1の信号31bに基づいて、基板13の主面13mに対する反射部材20の傾きを調整すること ($S2b$) をさらに備える。特定のには、本実施の形態の光走査装置1bの制御方法では、反射部材20の傾きを調整すること ($S2b$) は、第1の信号31bから基板13の姿勢角である第1の角度 (α 、 β) を算出すること ($S11b$ 、 $S21$) と、反射部材20を第2の角度 ($-\alpha/2$ 、 $-\beta/2$) だけ傾けること ($S12$ 、 $S22$) とを含んでもよい。

30

【0085】

第1の信号31bから基板13の姿勢角である第1の角度 (α) を算出すること ($S11b$) は、第1のサブ信号の逆正弦関数から、第1の方向 (例えば、 x 方向) における基板13の姿勢角である第1の角度 (α) を算出することであってもよい。第1の角度 (α) は、式 (2) で与えられてもよい。反射部材20を第2の方向に沿う軸 (例えば、 y 軸) まわりに第2の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾けること ($S12$) は、第1の角度 (α) から第2の角度 ($-\alpha/2$) を算出すること ($S13$) と、第1の駆動部25bを制御して、反射部材20を第2の方向に沿う軸 (例えば、 y 軸) まわりに第2の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾けること ($S14$) とを含んでもよい。第2の角度 ($-\alpha/2$) は、第1の角度 (α) の -0.5 倍であってもよい。第2の角度 ($-\alpha/2$) の絶対値は第1の角度 (α) の絶対値の半分であり、かつ、反射部材20を傾ける方向は、基板13の傾斜方向 (または光走査装置1の傾斜方向) と反対である。

40

【0086】

第1の信号31bから基板13の姿勢角である第1の角度 (β) を算出すること ($S21$) は、第2のサブ信号の逆正弦関数から、第2の方向 (例えば、 y 方向) における基板13の姿勢角である第1の角度 (β) を算出することであってもよい。第1の角度 (β) は、式 (3) で与えられてもよい。反射部材20を第1の方向に沿う軸 (例えば、 x 軸)

50

まわりに第2の角度($-\beta/2$)だけ傾けること(S22)は、第1の角度(β)から第2の角度($-\beta/2$)を算出すること(S23)と、第1の駆動部25bを制御して、反射部材20を第1の方向に沿う軸(例えば、x軸)まわりに第2の角度($-\beta/2$)だけ傾けること(S24)とを含んでもよい。第2の角度($-\beta/2$)は、第1の角度(β)の -0.5 倍であってもよい。第2の角度($-\beta/2$)の絶対値は第1の角度(β)の絶対値の半分であり、かつ、反射部材20を傾ける方向は、基板13の傾斜方向(または光走査装置1の傾斜方向)と反対である。

【0087】

本実施の形態の光走査装置1b及びその制御方法並びに移動体5bの効果を説明する。本実施の形態の光走査装置1b及びその制御方法並びに移動体5bは、実施の形態1の光走査装置1及びその制御方法並びに移動体5の効果に加えて、以下の効果を奏する。

10

【0088】

本実施の形態の光走査装置1bでは、姿勢検出部18bは、基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向(第1の方向(例えば、x方向)及び第2の方向(例えば、y方向))における基板13の姿勢角に応じた第1の信号31bを出力し得るように構成されてもよい。本実施の形態の光走査装置1bによれば、基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向(第1の方向(例えば、x方向)及び第2の方向(例えば、y方向))における水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1bからの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

20

【0089】

本実施の形態の移動体5bは、光走査装置1bを備える。本実施の形態の移動体5bによれば、光走査装置1bが組み込まれた移動体5bが、水平面45に対して基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向(第1の方向(例えば、x方向)及び第2の方向(例えば、y方向))に傾いている傾斜面47b上を移動しても、水平面45に対する光走査装置1bからの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0090】

本実施の形態の光走査装置1bの制御方法では、姿勢検出部18bは、基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向(第1の方向(例えば、x方向)及び第2の方向(例えば、y方向))における基板13の姿勢角に応じた第1の信号31bを出力してもよい。本実施の形態の光走査装置1bの制御方法によれば、基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向(第1の方向(例えば、x方向)及び第2の方向(例えば、y方向))における水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1bからの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

30

【0091】

本実施の形態の光走査装置1bの制御方法では、反射部材20の傾きを調整すること(S2b)は、第1の信号31bの逆正弦関数から基板13の姿勢角である第1の角度(α 、 β)を算出すること(S11b、S21)と、反射部材20を第2の角度($-\alpha/2$ 、 $-\beta/2$)だけ傾けること(S12、S22)とを含んでもよい。第2の角度($-\alpha/2$ 、 $-\beta/2$)は、第1の角度(α 、 β)の -0.5 倍であってもよい。本実施の形態の光走査装置1bの制御方法によれば、基板13の主面13m内において互いに交差する二つの方向(第1の方向(例えば、x方向)及び第2の方向(例えば、y方向))における水平面45に対する光走査装置1の傾きに依らずに、水平面45に対する光走査装置1bからの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

40

【0092】

実施の形態3.

図36から図39を参照して、実施の形態3に係る光走査装置1及び移動体5cを説明する。本実施の形態の光走査装置1及び移動体5cは、実施の形態1の光走査装置1及び移動体5と同様の構成を備えるが、主に以下の点で異なる。

【0093】

本実施の形態の移動体5cは、移動体5cの加速度 A_x を得るように構成された移動体

50

加速度検出部 70 をさらに備える。特定的には、移動体加速度検出部 70 は、車輪速センサ 71 と、演算部 72 とを含んでもよい。車輪速センサ 71 は、車輪 42 の回転角速度 ω を検出し得るように構成されている。演算部 72 は、車輪 42 の回転角速度 ω から、移動体 5c の加速度 A_x を算出し得るように構成されている。特定的には、車輪 42 の回転角速度 ω から移動体 5c の加速度 A_x を算出することは、車輪 42 の回転角速度 ω から、進行方向 7 である第 1 の方向（例えば、x 方向）における移動体 5c の速度 v を算出することと、移動体 5c の速度 v から、進行方向 7 である第 1 の方向（例えば、x 方向）における移動体 5c の加速度 A_x を算出することを含んでもよい。車輪 42 の回転角速度 ω から移動体 5c の速度 v を算出することは、車輪 42 の回転角速度 ω に車輪 42 の半径 r を乗じることを含んでもよい。移動体 5c の速度 v から移動体 5c の加速度 A_x を算出することは、移動体 5c の速度 v を時間で微分することを含んでもよい。

10

【0094】

制御部 30 は、姿勢検出部 18 から出力される第 1 の信号 31c と移動体加速度検出部 70 で得られた移動体 5c の加速度 A_x とに基づいて、第 1 の駆動部 25 を制御し得るように構成されている。具体的には、制御部 30 は、姿勢検出部 18 から出力された第 1 の信号 31c と、移動体 5c の加速度 A_x とを受信する。第 1 の信号 31c は、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 G_x の比 G_x / G と、進行方向 7 における移動体 5c の加速度 A_x とを含む。制御部 30 は、第 1 の信号 31c と移動体 5c の加速度 A_x とから、基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出する。特定的には、制御部 30 は、第 1 の信号 31c に含まれる移動体 5c の加速度 A_x の寄与分（慣性質量体 60 に作用する慣性力の加速度 - A_x ）だけ第 1 の信号 31c を補正して、第 2 の信号を得る。制御部 30 は、第 2 の信号から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出する。制御部 30 は、第 1 の角度 (α) から、反射部材 20 を傾ける角度である第 2 の角度 ($-\alpha / 2$) を算出する。

20

【0095】

図 37 及び図 38 を参照して、光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5c が傾斜面 47 上を進行方向 7 に向かって加速度 A_x で運動しているときの、光走査装置 1 の動作を説明する。本実施の形態では、傾斜面 47 は、水平面 45 に対して、移動体 5c の進行方向 7 である第 1 の方向（例えば、x 方向）に角度 α だけ傾いている。本実施の形態では、傾斜面 47 は、水平面 45 に対して、第 2 の方向（例えば、y 方向）に傾いていない。

30

【0096】

光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5c が傾斜面 47 上を進行方向 7 に向かって加速度 A_x で運動しているため、姿勢検出部 18 の慣性質量体 60 には、第 1 の方向（例えば、x 方向）に沿う力が作用する。具体的には、この力を慣性質量体 60 の質量で除算することによって、第 1 の方向（例えば、x 方向）に沿って慣性質量体 60 に作用する加速度が与えられる。第 1 の方向（例えば、x 方向）に沿って慣性質量体 60 に作用する加速度は、重力加速度 G の第 1 の方向の成分（例えば、x 成分） G_x と、移動体 5c が加速度 A_x で運動することに起因して慣性質量体 60 に作用する慣性力の加速度 - A_x との和に等しい。

。

【0097】

慣性質量体 60 に作用する力によって、慣性質量体 60 は基板 13 の第 1 の固定部 13f, 13g に対して第 1 の方向（例えば、x 方向）に沿って変位して、第 1 の可動櫛歯電極 65, 66 と第 1 の固定櫛歯電極 67, 68 との間に形成される静電容量が変化する。姿勢検出部 18 は、変化後の静電容量に基づいて、基板 13 の姿勢角に応じた第 1 の信号 31c を制御部 30 に出力する。本実施の形態では、第 1 の信号 31c は、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 G_x の比 G_x / G と、慣性質量体 60 に作用する慣性力の加速度 - A_x とを含む。

40

【0098】

制御部 30 は、第 1 の信号 31c に含まれる移動体 5c の加速度 A_x の寄与分（慣性質量体 60 に作用する慣性力の加速度 - A_x ）だけ第 1 の信号 31c を補正して、第 2 の信

50

号を得る。制御部 30 は、第 2 の信号から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出する。特定的には、制御部 30 は、第 2 の信号の逆正弦関数から基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出してもよい。第 1 の角度 (α) は、式 (2) で与えられてもよい。

【0099】

制御部 30 は、第 1 の角度 (α) から第 2 の角度 ($-\alpha/2$) を算出する。第 2 の角度 ($-\alpha/2$) は、第 1 の角度 (α) の -0.5 倍である。制御部 30 は、第 1 の駆動部 25 を制御して、反射部材 20 を第 2 の方向に沿う軸 (例えば、y 軸) まわりに第 2 の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾ける。第 2 の角度 ($-\alpha/2$) の絶対値は第 1 の角度 (α) の絶対値の半分であり、かつ、反射部材 20 を傾ける方向は、基板 13 の傾斜方向 (または光走査装置 1 の傾き方向) と反対である。こうして、光走査装置 1 が組み込まれた移動体 5c が傾斜面 47 上を進行方向 7 に向かって加速度 A_x で運動していても、水平面 45 に対する光走査装置 1 の傾きに依らずに、水平面 45 に対する光走査装置 1 からの光ビーム 11 の出射角度は維持され得る。特定的には、水平面 45 に対する光走査装置 1 の傾きに依らずに、光ビーム 11 は、光走査装置 1 から水平方向に出射される。

【0100】

図 40 及び図 41 を参照して、実施の形態 3 に係る光走査装置 1 の制御方法を説明する。本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法は、実施の形態 1 の光走査装置 1 の制御方法と同様の工程を備えるが、主に以下の点で異なる。

【0101】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法は、姿勢検出部 18 が基板 13 の姿勢角に応じた第 1 の信号 31c を出力すること (S1) を備える。特定的には、姿勢検出部 18 は、基板 13 の主面 13m 内の一つの方向 (例えば、x 方向) における基板 13 の姿勢角に応じた第 1 の信号 31c を出力してもよい。本実施の形態では、第 1 の信号 31c は、重力加速度 G に対する、重力加速度 G の第 1 の方向の成分 G_x の比 G_x/G と、慣性質量体 60 に作用する慣性力の加速度 $-A_x$ とを含む。

【0102】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法は、光走査装置 1 が組み込まれる移動体 5c の加速度 A_x を得ること (S30) をさらに備える。特定的には、移動体加速度検出部 70 によって、移動体 5c の加速度 A_x を得る。図 41 に示されるように、移動体 5c の加速度 A_x を得ることは、移動体 5c の速度 v を得ること (S35) と、移動体 5c の速度 v から移動体 5c の加速度 A_x を得ること (S36) とを含んでもよい。移動体 5c の速度 v を得ること (S35) は、車輪速センサ 71 から車輪 42 の回転角速度 ω を検出すること (S37) と、車輪 42 の回転角速度 ω から移動体 5c の速度 v を算出すること (S38) とを含んでもよい。車輪 42 の回転角速度 ω から移動体 5c の速度 v を算出することは、車輪 42 の回転角速度 ω に車輪 42 の半径 r を乗じることを含んでもよい。移動体 5c の速度 v から移動体 5c の加速度 A_x を算出することは、移動体 5c の速度 v を時間で微分することを含んでもよい。

【0103】

本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法は、第 1 の信号 31c と移動体 5c の加速度 A_x とに基づいて、基板 13 の主面 13m に対する反射部材 20 の傾きを調整すること (S2c) を備える。特定的には、本実施の形態の光走査装置 1 の制御方法では、反射部材 20 の傾きを調整すること (S2c) は、第 1 の信号 31c と移動体 5c の加速度 A_x とから基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出すること (S11c) と、反射部材 20 を第 2 の方向に沿う軸 (例えば、y 軸) まわりに第 2 の角度 ($-\alpha/2$) だけ傾けること (S12) とを含んでもよい。

【0104】

第 1 の信号 31c と移動体 5c の加速度 A_x とから基板 13 の姿勢角である第 1 の角度 (α) を算出すること (S11c) は、第 1 の信号 31c に含まれる移動体 5c の加速度 A_x の寄与分 (慣性質量体 60 に作用する慣性力の加速度 $-A_x$) だけ第 1 の信号 31c を

補正して、第2の信号を得ること(S32)と、第2の信号から、第1の方向における基板13の姿勢角である第1の角度(α)を算出すること(S33)とを含んでもよい。特定的には、第2の信号から、第1の方向における基板13の姿勢角である第1の角度(α)を算出すること(S33)は、第2の信号の逆正弦関数から基板13の姿勢角である第1の角度(α)を算出することであってもよい。第1の角度(α)は、式(2)で与えられてもよい。

【0105】

反射部材20を第2の角度($-\alpha/2$)だけ傾けること(S12)は、第1の角度(α)から第2の角度($-\alpha/2$)を算出すること(S13)と、第1の駆動部25を制御して、反射部材20を第2の方向に沿う軸(例えば、y軸)まわりに第2の角度($-\alpha/2$)だけ傾けること(S14)とを含んでもよい。第2の角度($-\alpha/2$)は、第1の角度(α)の -0.5 倍であってもよい。第2の角度($-\alpha/2$)の絶対値は第1の角度(α)の絶対値の半分であり、かつ、反射部材20を傾ける方向は、基板13の傾斜方向(または光走査装置1の傾斜方向)と反対である。

【0106】

本実施の形態の移動体5c及び光走査装置1の制御方法の効果の説明する。本実施の形態の移動体5c及び光走査装置1の制御方法は、実施の形態1の移動体5及び光走査装置1の制御方法の効果に加えて、以下の効果を奏する。

【0107】

本実施の形態の移動体5cは、光走査装置1と、移動体5cの加速度 A_x を得るように構成された移動体加速度検出部70とを備える。制御部30は、姿勢検出部18から出力される第1の信号31cと移動体5cの加速度 A_x とに基づいて駆動部(第1の駆動部25)を制御し得るように構成されている。本実施の形態の移動体5cによれば、光走査装置1が組み込まれた移動体5cが傾斜面47上を加速度 A_x で移動しても、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0108】

本実施の形態の移動体5cは、車輪42をさらに備える。移動体加速度検出部70は、車輪速センサ71と演算部72とを含む。車輪速センサ71は、車輪42の回転角速度 ω を検出し得るように構成されている。演算部72は、回転角速度 ω から移動体5cの加速度 A_x を算出し得るように構成されている。本実施の形態の移動体5cによれば、光走査装置1が組み込まれた移動体5cが傾斜面47上を進行方向7に向かって加速度 A_x で移動しても、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0109】

本実施の形態の光走査装置1の制御方法は、光走査装置1が組み込まれる移動体5cの加速度を得ること(S30)をさらに備える。基板13の主面13mに対する反射部材20の傾きは、第1の信号31cと移動体5cの加速度 A_x とに基づいて調整される。本実施の形態の光走査装置1の制御方法によれば、光走査装置1が組み込まれた移動体5cが傾斜面47上を加速度 A_x で移動しても、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【0110】

本実施の形態の光走査装置1の制御方法では、反射部材20の傾きを調整すること(S2c)は、第1の信号31cに含まれる移動体5cの加速度 A_x の寄与分だけ第1の信号31cを補正して第2の信号を得ること(S32)と、第2の信号の逆正弦関数から基板13の姿勢角である第1の角度(α)を算出すること(S33)と、反射部材20を第2の角度($-\alpha/2$)だけ傾けること(S12)とを含んでもよい。第2の角度($-\alpha/2$)は、第1の角度(α)の -0.5 倍であってもよい。本実施の形態の光走査装置1の制御方法によれば、光走査装置1が組み込まれた移動体5cが傾斜面47上を加速度 A_x で移動しても、水平面45に対する光走査装置1からの光ビーム11の出射角度は安定的に維持され得る。

【 0 1 1 1 】

今回開示された実施の形態 1 - 3 及び実施の形態 1 の変形例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。矛盾のない限り、今回開示された実施の形態 1 - 3 及び実施の形態 1 の変形例の少なくとも 2 つを組み合わせてもよい。本発明の範囲は、上記した説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることを意図される。

【符号の説明】

【 0 1 1 2 】

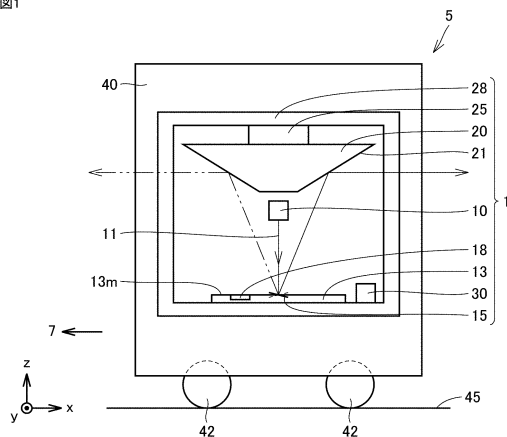
1, 1b 光走査装置、5, 5b, 5c 移動体、7 進行方向、10 光源、11 光ビーム、12 光軸、13 基板、13f, 13g 第1の固定部、13h, 13i 第2の固定部、13m 主面、15 走査ミラー、16 法線、18, 18b 姿勢検出部、20 反射部材、21 反射面、23 中心軸、25, 25b 第1の駆動部、27 固定ミラー、28 筐体、30 制御部、31, 31b, 31c 第1の信号、40 本体部、42 車輪、45 水平面、47, 47b 傾斜面、50 反射ミラー部、51, 52, 53 第1の梁、56, 57, 58 接続部、60 慣性質量体、60a 第1の側面、60b 第2の側面、60c 第3の側面、60d 第4の側面、61, 62, 63, 64 第2の梁、65, 66 第1の可動櫛歯電極、65b, 66b 第2の可動櫛歯電極、67, 68 第1の固定櫛歯電極、67b, 68b 第2の固定櫛歯電極、70 移動体加速度検出部、71 車輪速センサ、72 演算部、101 非導電性基板、102 第1の絶縁層、103 第1の導電性半導体層、105 第2の絶縁層、106 第1の電極層、110 圧電層、112 金層。

10

20

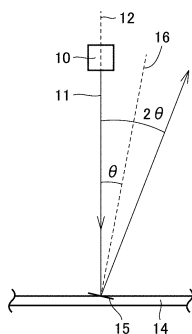
【図 1】

図1



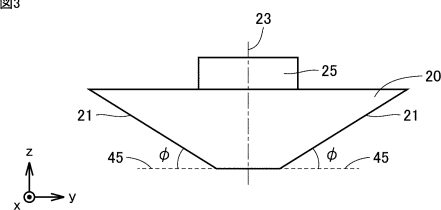
【図 2】

図2



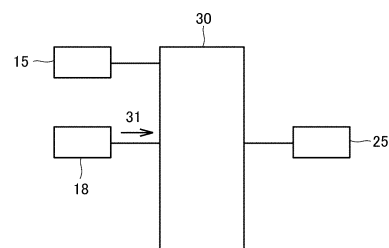
【図 3】

図3

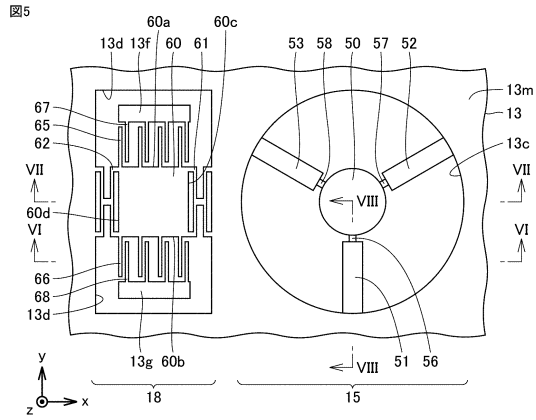


【図 4】

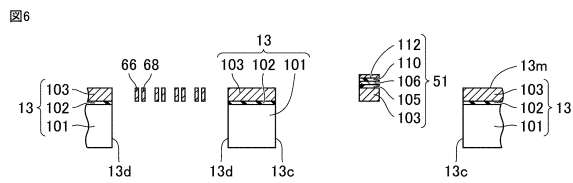
図4



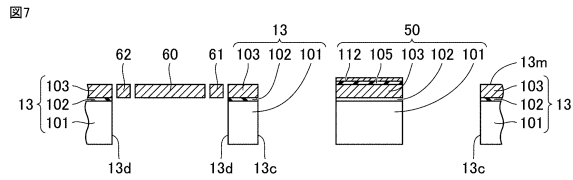
【図 5】



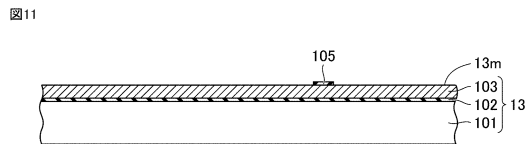
【図 6】



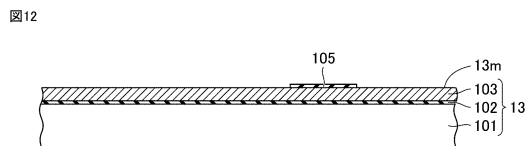
【図 7】



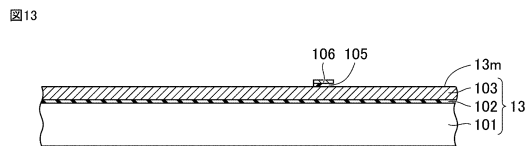
【図 11】



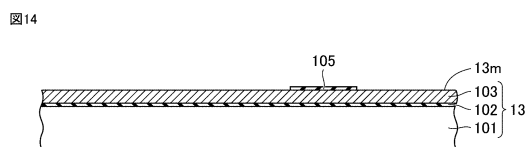
【図 12】



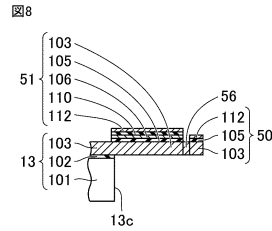
【図 13】



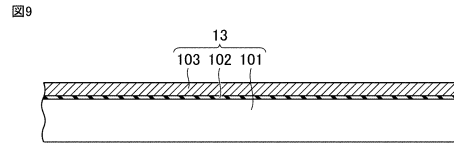
【図 14】



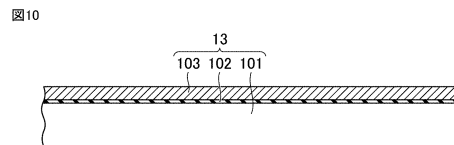
【図 8】



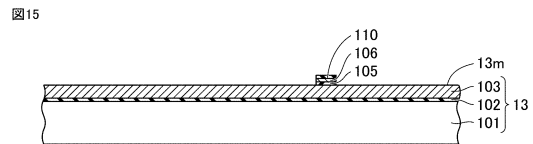
【図 9】



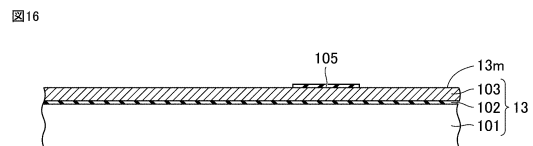
【図 10】



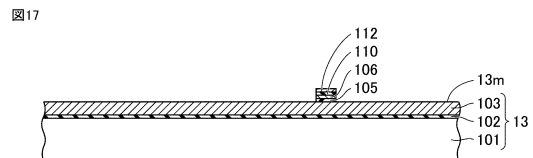
【図 15】



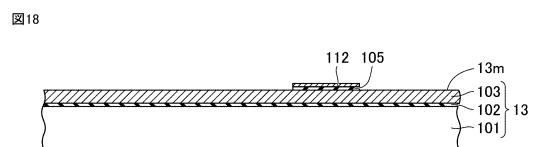
【図 16】



【図 17】

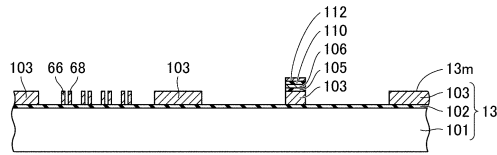


【図 18】



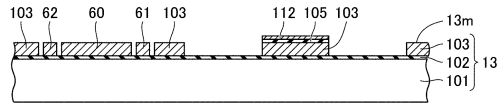
【図 19】

図19



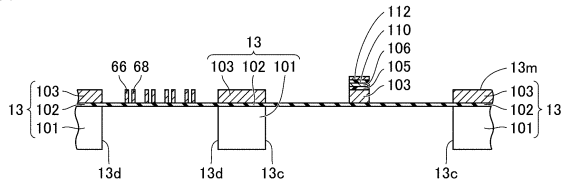
【図 20】

図20



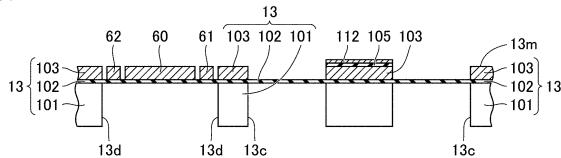
【図 21】

図21



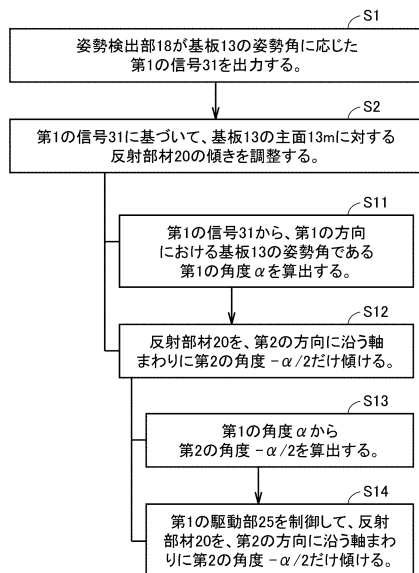
【図 22】

図22



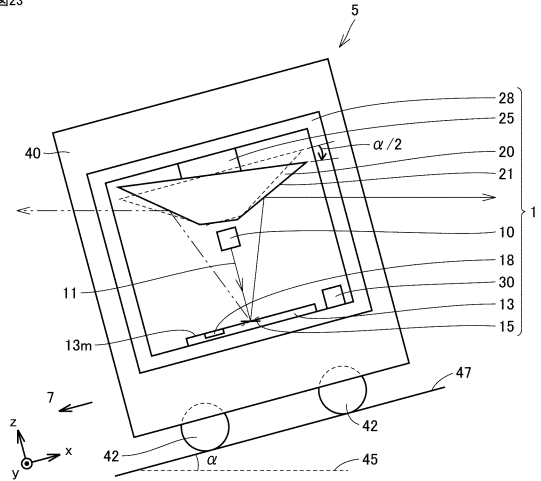
【図 25】

図25



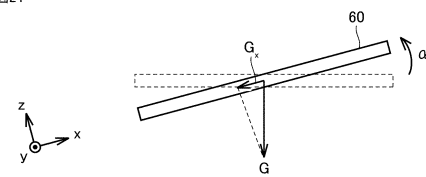
【図 23】

図23



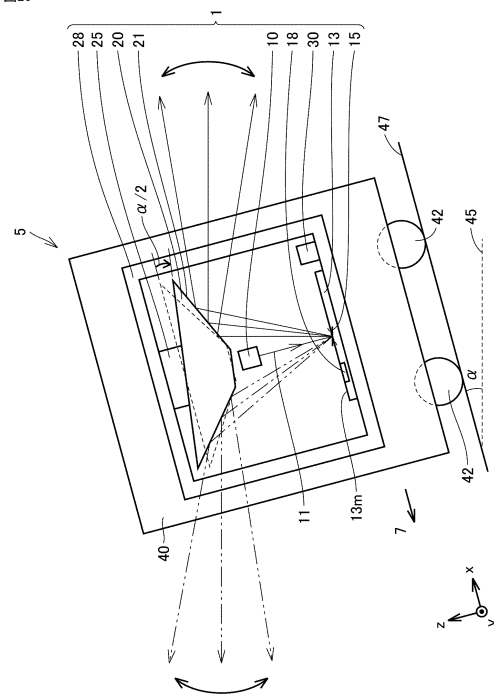
【図 24】

図24



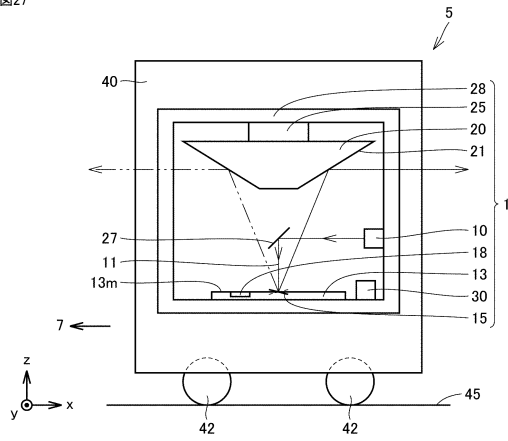
【図 26】

図26



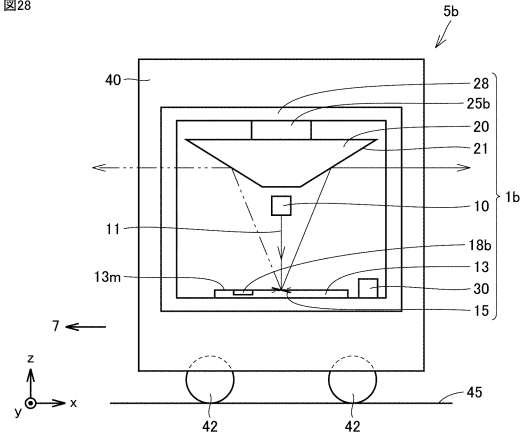
【図 27】

図27



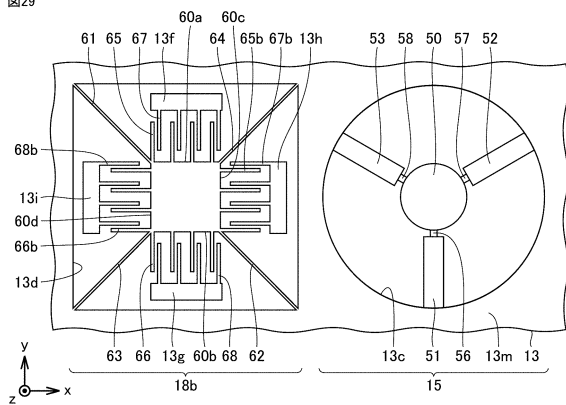
【図 28】

図28



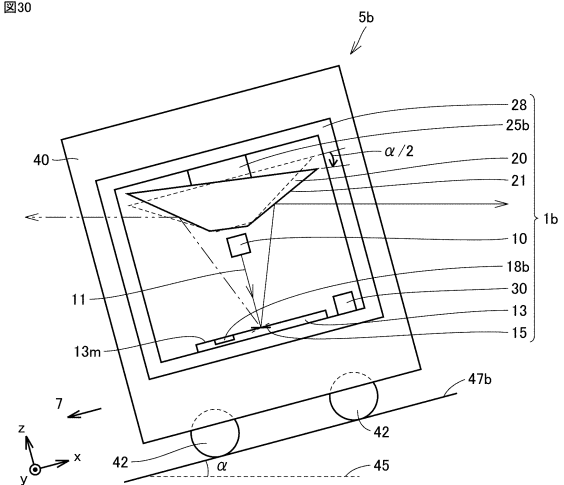
【図 29】

図29



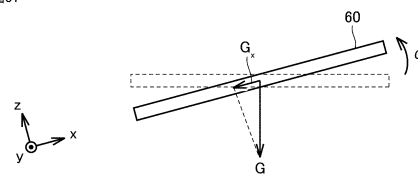
【図 30】

図30



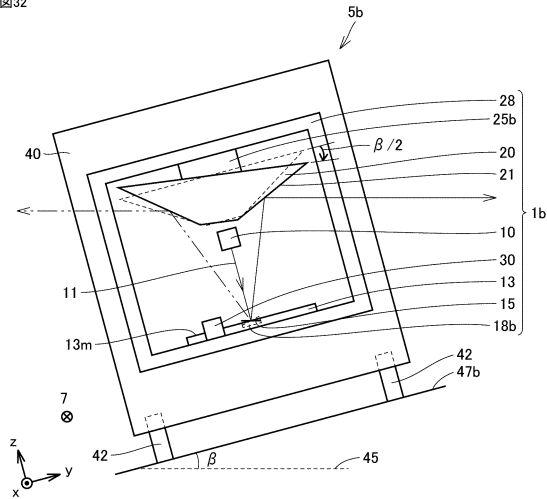
【図 31】

図31



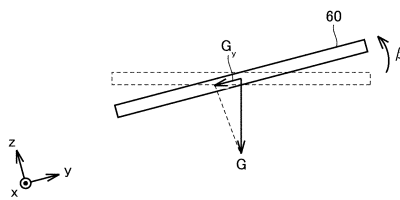
【図 3 2】

図32



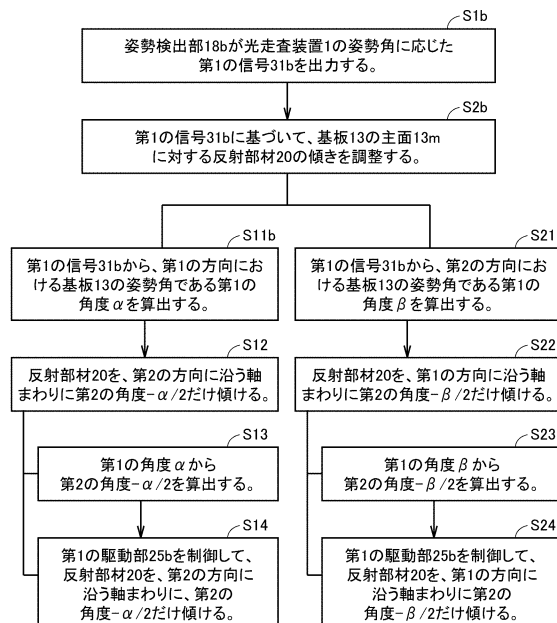
【図 3 3】

図33



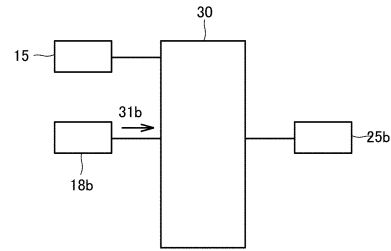
【図 3 5】

図35



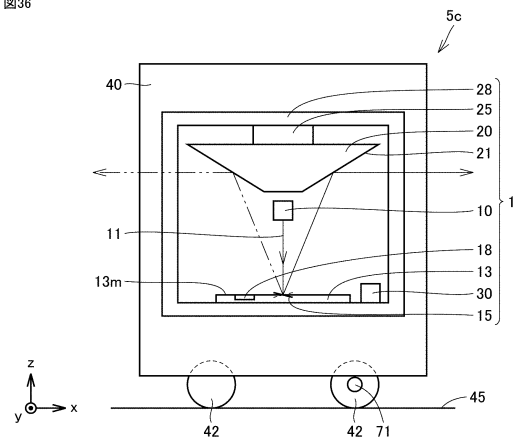
【図 3 4】

図34



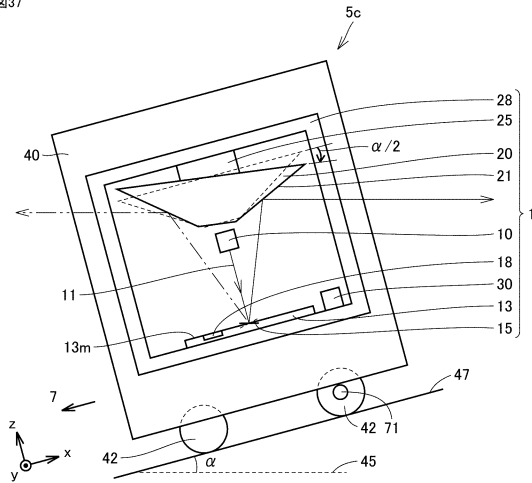
【図 3 6】

図36



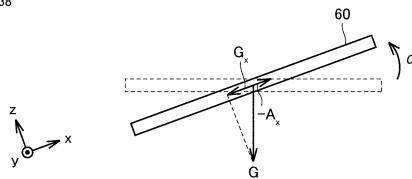
【図 37】

図37



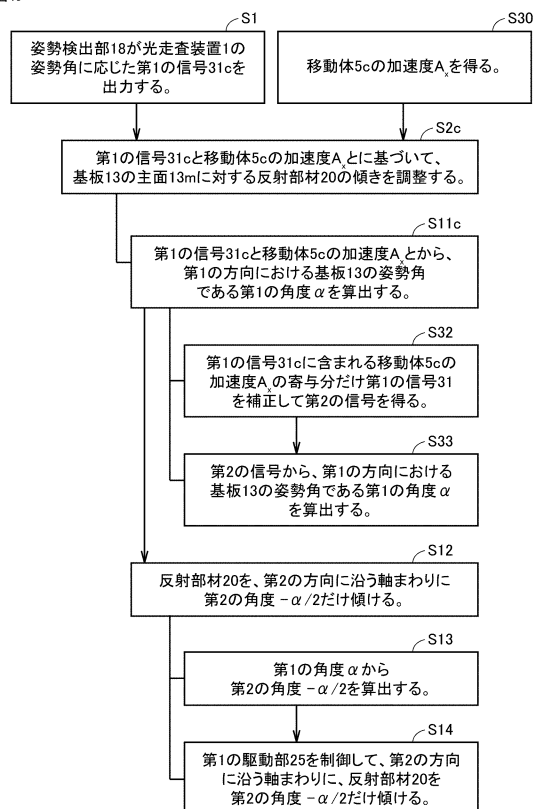
【図 38】

図38



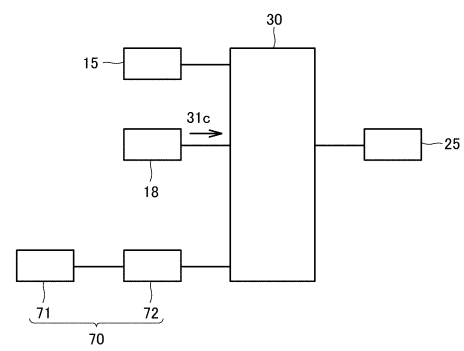
【図 40】

図40



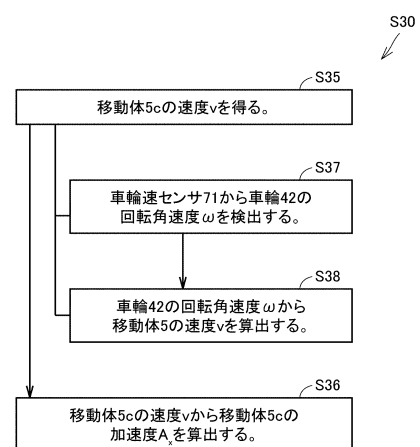
【図 39】

図39



【図 41】

図41



フロントページの続き

審査官 堀部 修平

- (56)参考文献 特開2010-127969(JP,A)
特開2015-90463(JP,A)
米国特許第6392821(US,B1)
特開2008-82782(JP,A)
特開2016-205851(JP,A)
米国特許第5485266(US,A)
米国特許第4221483(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	26/10	-	26/12
B81B	3/00		
G01S	7/48	-	7/51
G01S	17/00	-	17/95