

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6111532号
(P6111532)

(45) 発行日 平成29年4月12日 (2017. 4. 12)

(24) 登録日 平成29年3月24日 (2017. 3. 24)

(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 2 B 26/08 (2006. 01)

G O 2 B 26/08 E

G O 2 B 27/01 (2006. 01)

G O 2 B 26/10 C

G O 2 B 27/02 (2006. 01)

G O 2 B 27/01

G O 2 B 27/02 Z

請求項の数 14 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2012-109007 (P2012-109007)
 (22) 出願日 平成24年5月11日 (2012. 5. 11)
 (65) 公開番号 特開2013-235200 (P2013-235200A)
 (43) 公開日 平成25年11月21日 (2013. 11. 21)
 審査請求日 平成27年5月11日 (2015. 5. 11)

前置審査

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (72) 発明者 溝口 安志
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 ーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 日野 真希子
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 ーエプソン株式会社内

審査官 山本 貴一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学デバイス、光スキャナーおよび画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の軸周りに揺動可能な可動部と、
 前記第1の軸に交差する第2の軸周りに揺動可能な枠体部と、
 前記可動部を前記枠体部に対して前記第1の軸周りに揺動可能に支持する第1軸部と、
 前記枠体部を支持する支持部と、
 前記可動部に設けられ、かつ光を反射する光反射板と、
 前記光反射板と前記可動部との間に前記光反射板と前記可動部とを離間させるスペー
 ーと、を有し、
 前記枠体部は、前記可動部を囲んで設けられ、
 前記第1軸部は、一端部が前記可動部に接続され、他端部が前記枠体部に接続され、
 前記光反射板は、前記第1軸部に対して前記光反射板の板厚方向に離間し、前記板厚方
 向からみたときに前記第1軸部の少なくとも一部と重なっており、前記光反射部の外周は
 前記支持部の外周と前記枠体部との間にあり、
 前記スペーサーは SiO_2 層および Si 層からなる積層体で構成されており、前記光反
 射板は Si 層で構成されていることを特徴とする光学デバイス。

【請求項 2】

前記光反射板は、前記板厚方向からみたときに、前記第1軸部の全体を覆って形成され
 ている請求項1に記載の光学デバイス。

【請求項 3】

前記光反射板は、前記板厚方向からみたときに、前記枠体部の全体を覆って形成されている請求項 2 に記載の光学デバイス。

【請求項 4】

前記枠体部に接続され、かつ前記枠体部を前記第 2 の軸周りに揺動可能に支持する第 2 軸部をさらに有し、

前記光反射板は、前記板厚方向からみたときに、前記第 2 軸部の全体を覆って形成されている請求項 3 に記載の光学デバイス。

【請求項 5】

前記光反射板は、前記板厚方向からみたときに、前記第 1 の軸および前記第 2 の軸のうちの少なくとも一方の軸に沿った方向に突出した部分を有する形状をなす請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の光学デバイス。

10

【請求項 6】

前記光反射板の前記可動部側の面の少なくとも一部には、前記光反射板の材料よりも硬い材料で構成される硬質層が形成されている請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項 7】

前記硬質層の材料は、ダイヤモンドである請求項 6 に記載の光学デバイス。

【請求項 8】

前記枠体部に配置された永久磁石と、

前記枠体部に対向して配置されたコイルと、

20

前記コイルに電圧を印加する電圧印加部とを備え、

前記電圧印加部が前記コイルに電圧を印加することにより、前記可動部を前記第 1 の軸周りおよび前記第 2 の軸周りに揺動させる請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項 9】

前記枠体部に配置されたコイルと、

前記枠体部に対向して配置された永久磁石と、

前記コイルに電圧を印加する電圧印加部とを備え、

前記電圧印加部が前記コイルに電圧を印加することにより、前記可動部を前記第 1 の軸周りおよび前記第 2 の軸周りに揺動させる請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光学デバイス。

30

【請求項 10】

前記第 2 軸部に設けられた圧電素子と、

前記圧電素子に電圧を印加する電圧印加部とを備え、

前記電圧印加部が前記圧電素子に電圧を印加することにより、前記可動部を前記第 1 の軸周りおよび前記第 2 の軸周りに揺動させる請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項 11】

前記電圧印加部は、

第 1 周波数の第 1 の電圧を発生させる第 1 電圧発生部と、

40

前記第 1 周波数と周波数の異なる第 2 周波数の第 2 の電圧を発生させる第 2 電圧発生部と、

前記第 1 の電圧と前記第 2 の電圧とを重畳する電圧重畳部とを有し、

前記可動部を、前記第 1 周波数で前記第 1 の軸周りに揺動させるとともに、前記第 2 周波数で前記第 2 の軸周りに揺動させる請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の光学デバイス。

【請求項 12】

前記第 1 の軸に沿った方向における前記枠体部の長さを a とし、前記第 2 の軸に沿った方向における前記枠体部の長さを b としたとき、 $a > b$ なる関係を満たす請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の光学デバイス。

50

【請求項 13】

第1の軸周りに揺動可能な可動部と、前記第1の軸に交差する第2の軸周りに揺動可能な枠体部と、前記可動部を前記枠体部に対して前記第1の軸周りに揺動可能に支持する第1軸部と、を含む光スキャナーであって、

前記枠体部を支持する支持部と、

前記可動部に設けられ、かつ光を反射する光反射板と、

前記光反射板と前記可動部との間に前記光反射板と前記可動部とを離間させるスペーサーと、を有し、

前記枠体部は、前記可動部を囲んで設けられ、

前記第1軸部は、一端部が前記可動部に接続され、他端部が前記枠体部に接続され、

前記光反射板は、前記第1軸部に対して板厚方向に離間し、前記板厚方向からみたときに前記第1軸部の少なくとも一部と重なっており、前記光反射部の外周は前記支持部の外周と前記枠体部との間にあり、

前記スペーサーはSiO₂層およびSi層からなる積層体で構成されており、前記光反射板はSi層で構成されていることを特徴とする光スキャナー。

10

【請求項 14】

第1の軸周りに揺動可能な可動部と、前記第1の軸に交差する第2の軸周りに揺動可能な枠体部と、前記可動部を前記枠体部に対して前記第1の軸周りに揺動可能に支持する第1軸部と、を含む光スキャナーを備える画像形成装置であって、

前記光スキャナーは、

前記枠体部を支持する支持部と、

前記可動部に設けられ、かつ光を反射する光反射板と、

前記光反射板と前記可動部との間に前記光反射板と前記可動部とを離間させるスペーサーと、を有し、

前記枠体部は、前記可動部を囲んで設けられ、

前記第1軸部は、一端部が前記可動部に接続され、他端部が前記枠体部に接続され、

前記光反射板は、前記第1軸部に対して前記光反射板の板厚方向に離間し、前記板厚方向からみたときに前記第1軸部の少なくとも一部と重なっており、前記光反射部の外周は前記支持部の外周と前記枠体部との間にあり、

前記スペーサーはSiO₂層およびSi層からなる積層体で構成されており、前記光反射板はSi層で構成されていることを特徴とする画像表示装置。

20

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学デバイス、光スキャナーおよび画像表示装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、プロジェクター等に用いられる光学デバイスとして、2次元的に光を走査する光スキャナーが知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1に記載の光スキャナーは、一对の永久磁石が設けられた絶縁基板と、一对の永久磁石の間に位置するように絶縁基板に支持されたスキャナー本体とを有する。そして、スキャナー本体は、枠状の支持部と、支持部の内側に設けられた枠状の外側可動板と、外側可動板の内側に設けられた内側可動板（ミラー）とを有している。また、外側可動板は、X軸方向に延在する一对の第1トーションバーを介して支持部に連結されており、内側可動板は、X軸方向と直交するY軸方向に延在する第2トーションバーを介して外側可動板に連結している。また、外側可動板および内側可動板には、それぞれコイルが設けられている。

40

【0003】

このような構成の光スキャナーでは、通電により各コイルから発生する磁界と一对の永久磁石間に発生する磁界との相互作用により、外側可動板が内側可動板とともに第1トー

50

ションバーを中心軸としてX軸まわりに揺動し、内側可動板が第2トーションバーを中心軸としてY軸まわりに揺動する。

しかし、特許文献1に記載の光スキャナーでは、平面視にて（内側可動板の厚さ方向から見たとき）、内側可動板および第2トーションバーが互いに重ならないように配置されているため、ミラー（内側可動板）の寸法に応じて、全体の寸法が大きくなってしまいう問題があった。

【0004】

特に、特許文献1に記載の光スキャナーでは、例えば、内側可動板の寸法が大きくなると、その分第2トーションバーを外側に配置しなければならず、これに伴って、外側可動板の寸法が大きくなり、さらに、その分第1トーションバーを外側に配置しなければならない。また、外側可動板の寸法が大きくなると、外側可動板の質量も大きくなるため、第1トーションバーの長さが長くなるとともに、外側可動板を揺動させるのに必要な駆動力が大きくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平8-322227号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、小型化を図りつつ、2次元的に光を走査することができる光学デバイス、光スキャナーおよび画像表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の光学デバイスは、第1の軸周りに揺動可能な可動部と、

前記第1の軸に交差する第2の軸周りに揺動可能な枠体部と、

前記可動部を前記枠体部に対して前記第1の軸周りに揺動可能に支持する第1軸部と、

前記枠体部を支持する支持部と、

前記可動部に設けられ、かつ光を反射する光反射板と、

前記光反射板と前記可動部との間に前記光反射板と前記可動部とを離間させるスペーサーと、を有し、

前記枠体部は、前記可動部を囲んで設けられ、

前記第1軸部は、一端部が前記可動部に接続され、他端部が前記枠体部に接続され、

前記光反射板は、前記第1軸部に対して前記光反射板の板厚方向に離間し、前記板厚方向から見たときに前記第1軸部の少なくとも一部と重なっており、前記光反射部の外周は前記支持部の外周と前記枠体部との間にあり、

前記スペーサーはSiO₂層およびSi層からなる積層体で構成されており、前記光反射板はSi層で構成されていることを特徴とする。

【0008】

このように構成された光学デバイスによれば、可動部を第1の軸周りおよび第2の軸周りに揺動させることができる。そのため、光反射部で反射した光を2次元的に走査することができる。

特に、光反射板が第1軸部に対して板厚方向に離間するとともに板厚方向から見たときに第1軸部の少なくとも一部と重なって設けられているので、光学デバイスの小型化を図ることができる。

また、第1軸部および枠体部との接触を防止しつつ、光反射板を揺動させることができる。

【0009】

本発明の光学デバイスでは、前記光反射板は、前記板厚方向から見たときに、前記第1

10

20

30

40

50

軸部の全体を覆って形成されていることが好ましい。

これにより、光反射部の面積を大きくすることができる。また、光反射部に入射できなかった光が第1軸部で反射して迷光となるのを防止することができる。

本発明の光学デバイスでは、前記光反射板は、前記板厚方向からみたときに、前記枠体部の全体を覆って形成されていることが好ましい。

これにより、光反射部の面積を大きくすることができる。また、光反射部に入射できなかった光が枠体部で反射して迷光となるのを防止することができる。

【0010】

本発明の光学デバイスでは、前記枠体部に接続され、かつ前記枠体部を前記第2の軸周りに揺動可能に支持する第2軸部をさらに有し、

10

前記光反射板は、前記板厚方向からみたときに、前記第2軸部の全体を覆って形成されていることが好ましい。

これにより、光反射部の面積を大きくすることができる。また、光反射部に入射できなかった光が第2軸部で反射して迷光となるのを防止することができる。

【0011】

本発明の光学デバイスでは、前記光反射板は、前記板厚方向からみたときに、前記第1の軸および前記第2の軸のうちの少なくとも一方の軸に沿った方向に突出した部分を有する形状をなすことが好ましい。

これにより、光反射板の第1の軸周りまたは第2の軸周りの慣性モーメントを抑えつつ、光反射板を、板厚方向からみたときに、第1軸部、枠体部または第2軸部を覆うように設けることができる。

20

【0012】

本発明の光学デバイスでは、前記光反射板の前記可動部側の面の少なくとも一部には、前記光反射板の材料よりも硬い材料で構成される硬質層が形成されていることが好ましい。

これにより、光反射板の剛性を高め、光反射板の撓みを抑制することができる。

本発明の光学デバイスでは、前記硬質層の材料は、ダイヤモンドであることが好ましい。

【0013】

本発明の光学デバイスでは、前記枠体部に配置された永久磁石と、

30

前記枠体部に対向して配置されたコイルと、

前記コイルに電圧を印加する電圧印加部とを備え、

前記電圧印加部が前記コイルに電圧を印加することにより、前記可動部を前記第1の軸周りおよび前記第2の軸周りに揺動させることが好ましい。

これにより、小型化を図りつつ、電磁駆動方式（ムービングマグネット方式）により、光反射板を第1の軸周りおよび第2の軸周りに揺動させることができる。また、コイルが光学デバイスの振動系と離間しているので、コイルの発熱による悪影響を防止することができる。

【0014】

本発明の光学デバイスでは、前記枠体部に配置されたコイルと、

40

前記枠体部に対向して配置された永久磁石と、

前記コイルに電圧を印加する電圧印加部とを備え、

前記電圧印加部が前記コイルに電圧を印加することにより、前記可動部を前記第1の軸周りおよび前記第2の軸周りに揺動させることが好ましい。

これにより、小型化を図りつつ、電磁駆動方式（ムービングコイル方式）により、光反射板を第1の軸周りおよび第2の軸周りに揺動させることができる。

【0015】

本発明の光学デバイスでは、前記第2軸部に設けられた圧電素子と、

前記圧電素子に電圧を印加する電圧印加部とを備え、

前記電圧印加部が前記圧電素子に電圧を印加することにより、前記可動部を前記第1の

50

軸周りおよび前記第 2 の軸周りに揺動させることが好ましい。

これにより、小型化を図りつつ、圧電駆動方式により、光反射板を第 1 の軸周りおよび第 2 の軸周りに揺動させることができる。

【0016】

本発明の光学デバイスでは、前記電圧印加部は、
第 1 周波数の第 1 の電圧を発生させる第 1 電圧発生部と、
前記第 1 周波数と周波数の異なる第 2 周波数の第 2 の電圧を発生させる第 2 電圧発生部と、

前記第 1 の電圧と前記第 2 の電圧とを重畳する電圧重畳部とを有し、

前記可動部を、前記第 1 周波数で前記第 1 の軸周りに揺動させるとともに、前記第 2 周波数で前記第 2 の軸周りに揺動させることが好ましい。 10

これにより、駆動源を構成する部品数を少なくすることができる。そのため、光学デバイスの小型化および低コスト化を図ることができる。

【0017】

本発明の光学デバイスでは、前記第 1 の軸に沿った方向における前記枠体部の長さを a とし、前記第 2 の軸に沿った方向における前記枠体部の長さを b としたとき、 $a > b$ なる関係を満たすことが好ましい。

これにより、第 1 軸部に必要な長さを確保しつつ、第 2 の軸に沿った方向における光学デバイスの長さを抑えることができる。

【0018】

本発明の光スキャナーは、第 1 の軸周りに揺動可能な可動部と、前記第 1 の軸に交差する第 2 の軸周りに揺動可能な枠体部と、前記可動部を前記枠体部に対して前記第 1 の軸周りに揺動可能に支持する第 1 軸部と、を含む光スキャナーであって、

前記枠体部を支持する支持部と、

前記可動部に設けられ、かつ光を反射する光反射板と、

前記光反射板と前記可動部との間に前記光反射板と前記可動部とを離間させるスペーサーと、を有し、

前記枠体部は、前記可動部を囲んで設けられ、

前記第 1 軸部は、一端部が前記可動部に接続され、他端部が前記枠体部に接続され、

前記光反射板は、前記第 1 軸部に対して板厚方向に離間し、前記板厚方向からみたときに前記第 1 軸部の少なくとも一部と重なっており、前記光反射部の外周は前記支持部の外周と前記枠体部との間にあり、 30

前記スペーサーは SiO_2 層および Si 層からなる積層体で構成されており、前記光反射板は Si 層で構成されていることを特徴とする。

このように構成された光スキャナーによれば、小型化を図りつつ、2 次元的に光を走査することができる。

【0019】

本発明の画像表示装置は、第 1 の軸周りに揺動可能な可動部と、前記第 1 の軸に交差する第 2 の軸周りに揺動可能な枠体部と、前記可動部を前記枠体部に対して前記第 1 の軸周りに揺動可能に支持する第 1 軸部と、を含む光スキャナーを備える画像形成装置であって 40

、

前記光スキャナーは、

前記枠体部を支持する支持部と、

前記可動部に設けられ、かつ光を反射する光反射板と、

前記光反射板と前記可動部との間に前記光反射板と前記可動部とを離間させるスペーサーと、を有し、

前記枠体部は、前記可動部を囲んで設けられ、

前記第 1 軸部は、一端部が前記可動部に接続され、他端部が前記枠体部に接続され、

前記光反射板は、前記第 1 軸部に対して前記光反射板の板厚方向に離間し、前記板厚方向からみたときに前記第 1 軸部の少なくとも一部と重なっており、前記光反射部の外周は 50

前記支持部の外周と前記枠体部との間にあり、

前記スペーサーは SiO_2 層および Si 層からなる積層体で構成されており、前記光反射板は Si 層で構成されていることを特徴とする。

このように構成された画像表示装置によれば、小型化を図りつつ、２次元的に光を走査することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第１実施形態を示す平面図である。

【図２】図１に示す光スキャナーの断面図（Ｘ軸に沿った断面図）である。

【図３】図１に示す光スキャナーが備える駆動部の電圧印加部を説明するためのブロック図である。

10

【図４】図３に示す第１の電圧発生部および第２の電圧発生部での発生電圧の一例を示す図である。

【図５】本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第２実施形態を示す断面図（Ｘ軸に沿った断面図）である。

【図６】本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第３実施形態を示す平面図である。

【図７】図６に示す光スキャナーの断面図（Ｘ軸に沿った断面図）である。

【図８】本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第４実施形態を示す平面図である。

【図９】図８に示す光スキャナーの断面図（Ｘ軸に沿った断面図）である。

【図１０】図８に示す光スキャナーが備える駆動部の電圧印加部を説明するためのブロック図である。

20

【図１１】図１０に示す第１の電圧発生部および第２の電圧発生部での発生電圧の一例を示す図である。

【図１２】本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第５実施形態を示す平面図である。

【図１３】本発明の画像表示装置の実施形態を模式的に示す図である。

【図１４】本発明の画像表示装置の応用例１を示す斜視図である。

【図１５】本発明の画像表示装置の応用例２を示す斜視図である。

【図１６】本発明の画像表示装置の応用例３を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【００２１】

30

以下、本発明の光学デバイス、光スキャナーおよび画像表示装置の好適な実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。なお、以下の実施形態では、本発明の光学デバイスを光スキャナーに適用した場合について代表的に説明する。

< 第１実施形態 >

図１は、本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第１実施形態を示す平面図、図２は、図１に示す光スキャナーの断面図（Ｘ軸に沿った断面図）、図３は、図１に示す光スキャナーが備える駆動部の電圧印加部を説明するためのブロック図、図４は、図３に示す第１の電圧発生部および第２の電圧発生部での発生電圧の一例を示す図である。なお、以下では、説明の便宜上、図２中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

図１および図２に示すように、光スキャナー１は、可動ミラー部１１と、１対の軸部１２ａ、１２ｂ（第１軸部）と、枠体部１３と、２対の軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ（第２軸部）と、支持部１５と、永久磁石２１と、コイル３１と、磁心３２と、電圧印加部４とを備える。

40

【００２２】

ここで、可動ミラー部１１、１対の軸部１２ａ、１２ｂは、軸部１２ａ、１２ｂを軸としてＹ軸（第１の軸）周りに揺動（往復回動）する第１の振動系を構成する。また、可動ミラー部１１、１対の軸部１２ａ、１２ｂ、枠体部１３、２対の軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄおよび永久磁石２１は、Ｘ軸（第２の軸）周りに揺動（往復回動）する第２の振動系を構成する。

また、永久磁石２１、コイル３１および電圧印加部４は、前述した第１の振動系および

50

第２の振動系を駆動（すなわち、可動ミラー部１１をＸ軸およびＹ軸周りに揺動）させる駆動部を構成する。

【００２３】

以下、光スキャナー１の各部を順次詳細に説明する。

可動ミラー部１１は、基部（可動部）１１１と、スペーサー１１２を介して基部１１１に固定された光反射板１１３とを有する。

光反射板１１３の上面（一方の面）には、光反射性を有する光反射部１１４が設けられている。

【００２４】

この光反射板１１３は、軸部１２ａ、１２ｂに対して光反射板１１３の板厚方向に離間するとともに、板厚方向からみたときに（以下、「平面視」ともいう）軸部１２ａ、１２ｂと重なって設けられている。

そのため、軸部１２ａと軸部１２ｂとの間の距離を短くしつつ、光反射板１１３の板面の面積を大きくすることができる。また、軸部１２ａと軸部１２ｂとの間の距離を短くすることができることから、枠体部１３の小型化を図ることができる。さらに、枠体部１３の小型化を図ることができることから、軸部１４ａ、１４ｂと軸部１４ｃ、１４ｄとの間の距離を短くすることができる。

このようなことから、光反射板１１３の板面の面積を大きくしても、光スキャナー１の小型化を図ることができる。

【００２５】

また、光反射板１１３は、平面視にて、軸部１２ａ、１２ｂの全体を覆うように形成されている。言い換えると、軸部１２ａ、１２ｂは、それぞれ、平面視にて、光反射板１１３の外周に対して内側に位置している。これにより、光反射板１１３の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部１１４の面積を大きくすることができる。また、不要な光（例えば、光反射部１１４に入射できなかった光）が軸部１２ａ、１２ｂで反射して迷光となるのを防止することができる。

【００２６】

また、光反射板１１３は、平面視にて、枠体部１３の全体を覆うように形成されている。言い換えると、枠体部１３は、平面視にて、光反射板１１３の外周に対して内側に位置している。これにより、光反射板１１３の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部１１４の面積を大きくすることができる。また、不要な光が枠体部１３で反射して迷光となるのを防止することができる。

【００２７】

さらに、光反射板１１３は、平面視にて、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄの全体を覆うように形成されている。言い換えると、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄは、それぞれ、平面視にて、光反射板１１３の外周に対して内側に位置している。これにより、光反射板１１３の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部１１４の面積を大きくすることができる。また、不要な光が軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄで反射して迷光となるのを防止することができる。

【００２８】

本実施形態では、光反射板１１３は、平面視にて、円形をなしている。なお、光反射板１１３の平面視形状は、これに限定されず、例えば、楕円形、四角形等の多角形であってもよい。

このような光反射板１１３の下面（他方の面、光反射板１１３の基部１１１側の面）には、硬質層１１５が設けられている。

【００２９】

硬質層１１５は、光反射板１１３本体の構成材料よりも硬質な材料で構成されている。これにより、光反射板１１３の剛性を高めることができる。そのため、光反射板１１３の揺動時における撓みを防止または抑制することができる。また、光反射板１１３の厚さを薄くし、光反射板１１３のＸ軸およびＹ軸周りの揺動時における慣性モーメントを抑える

10

20

30

40

50

ことができる。

このような硬質層 115 の構成材料としては、光反射板 113 本体の構成材料よりも硬質な材料であれば、特に限定されず、例えば、ダイヤモンド、水晶、サファイヤ、タンタル酸リチウム、ニオブ酸カリウム、カーボンナイトライド膜などを用いることができるが、特に、ダイヤモンドを用いるのが好ましい。

【0030】

硬質層 115 の厚さ（平均）は、特に限定されないが、 $1 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましく、 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度であるのがさらに好ましい。

また、硬質層 115 は、単層で構成されていてもよいし、複数の層の積層体で構成されていてもよい。また、硬質層 115 は、光反射板 113 の下面全体に設けられていてもよいし、下面の一部に設けられていてもよい。なお、硬質層 115 は、必要に応じて設けられるものであり、省略することもできる。

【0031】

このような硬質層 115 の形成には、例えば、プラズマ CVD、熱 CVD、レーザー CVD のような化学蒸着法（CVD）、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング等の乾式メッキ法、電解メッキ、浸漬メッキ、無電解メッキ等の湿式メッキ法、溶射、シート状部材の接合等を用いることができる。

また、光反射板を第 1、第 2 の軸に沿った方向に突出した形状にすることで、各軸部の迷光を光反射板の慣性モーメント増加を抑えて効率よく低減できる。

【0032】

また、光反射板 113 の下面は、スペーサー 112 を介して基部 111 に固定されている。これにより、軸部 12a、12b、枠体部 13 および軸部 14a、14b、14c、14d との接触を防止しつつ、光反射板 113 を Y 軸周りに揺動させることができる。

また、基部 111 は、平面視にて、光反射板 113 の外周に対して内側に位置している。また、基部 111 の平面視での面積は、基部 111 がスペーサー 112 を介して光反射板 113 を支持することができれば、できるだけ小さいのが好ましい。これにより、光反射板 113 の板面の面積を大きくしつつ、軸部 12a と軸部 12b との間の距離を小さくすることができる。

【0033】

枠体部 13 は、枠状をなし、前述した可動ミラー部 11 の基部 111 を囲んで設けられている。言い換えると、可動ミラー部 11 の基部 111 は、枠状をなす枠体部 13 の内側に設けられている。

そして、枠体部 13 は、軸部 14a、14b、14c、14d を介して支持部 15 に支持されている。また、可動ミラー部 11 の基部 111 は、軸部 12a、12b を介して枠体部 13 に支持されている。

【0034】

また、枠体部 13 は、Y 軸に沿った方向での長さが X 軸に沿った方向での長さよりも長くなっている。すなわち、Y 軸に沿った方向における枠体部 13 の長さを a とし、X 軸に沿った方向における枠体部 13 の長さを b としたとき、 $a > b$ なる関係を満たす。これにより、軸部 12a、12b に必要な長さを確保しつつ、X 軸に沿った方向における光スキャナー 1 の長さを抑えることができる。

【0035】

また、枠体部 13 は、平面視にて、可動ミラー部 11 の基部 111 および 1 対の軸部 12a、12b からなる構造体の外形に沿った形状をなしている。これにより、可動ミラー部 11、1 対の軸部 12a、12b で構成された第 1 の振動系の振動、すなわち、可動ミラー部 11 の Y 軸周りの揺動を許容しつつ、枠体部 13 の小型化を図ることができる。

なお、枠体部 13 の形状は、枠状であれば、図示のものに限定されない。

【0036】

軸部 12a、12b および軸部 14a、14b、14c、14d は、それぞれ、弾性変形可能である。

そして、軸部 12 a、12 b は、可動ミラー部 11 を Y 軸（第 1 の軸）周りに揺動（回動）可能とするように、可動ミラー部 11 と枠体部 13 を連結している。また、軸部 14 a、14 b、14 c、14 d は、枠体部 13 を Y 軸に直交する X 軸（第 2 の軸）周りに揺動（回動）可能とするように、枠体部 13 と支持部 15 を連結している。

【0037】

軸部 12 a、12 b は、可動ミラー部 11 の基部 111 を介して互いに対向するように配置されている。また、軸部 12 a、12 b は、それぞれ、Y 軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部 12 a、12 b は、それぞれ、一端部が基部 111 に接続され、他端部が枠体部 13 に接続されている。また、軸部 12 a、12 b は、それぞれ、中心軸が Y 軸に一致するように配置されている。

10

このような軸部 12 a、12 b は、それぞれ、可動ミラー部 11 の Y 軸周りの揺動に伴ってねじれ変形する。

【0038】

軸部 14 a、14 b および軸部 14 c、14 d は、枠体部 13 を介して互いに対向するように配置されている。また、軸部 14 a、14 b、14 c、14 d は、それぞれ、X 軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部 14 a、14 b、14 c、14 d は、それぞれ、一端部が枠体部 13 に接続され、他端部が支持部 15 に接続されている。また、軸部 14 a、14 b は、X 軸を介して互いに対向するように配置され、同様に、軸部 14 c、14 d は、X 軸を介して互いに対向するように配置されている。

このような軸部 14 a、14 b、14 c、14 d は、枠体部 13 の X 軸周りの揺動に伴って、軸部 14 a、14 b 全体および軸部 14 c、14 d 全体がそれぞれねじれ変形する。

20

【0039】

このように、可動ミラー部 11 を Y 軸周りに揺動可能とするとともに、枠体部 13 を X 軸周りに揺動可能とすることにより、可動ミラー部 11（換言すれば光反射板 113）を互いに直交する X 軸および Y 軸の 2 軸周りに揺動（回動）させることができる。

なお、軸部 12 a、12 b および軸部 14 a、14 b、14 c、14 d の形状は、それぞれ、前述したものに限定されず、例えば、途中の少なくとも 1 箇所に屈曲または湾曲した部分や分岐した部分を有していてもよい。

前述したような基部 111、軸部 12 a、12 b、枠体部 13、軸部 14 a、14 b、14 c、14 d および支持部 15 は、一体的に形成されている。

30

【0040】

本実施形態では、基部 111、軸部 12 a、12 b、枠体部 13、軸部 14 a、14 b、14 c、14 d および支持部 15 は、第 1 の Si 層（デバイス層）と、SiO₂ 層（ボックス層）と、第 2 の Si 層（ハンドル層）とがこの順に積層した SOI 基板をエッチングすることにより形成されている。これにより、第 1 の振動系および第 2 の振動系の振動特性を優れたものとすることができる。また、SOI 基板は、エッチングにより微細な加工が可能であるため、SOI 基板を用いて基部 111、軸部 12 a、12 b、枠体部 13、軸部 14 a、14 b、14 c、14 d および支持部 15 を形成することにより、これらの寸法精度を優れたものとすることができ、また、光スキャナー 1 の小型化を図ることができる。

40

【0041】

そして、基部 111、軸部 12 a、12 b および軸部 14 a、14 b、14 c、14 d は、それぞれ、SOI 基板の第 1 の Si 層で構成されている。これにより、軸部 12 a、12 b および軸部 14 a、14 b、14 c、14 d の弾性を優れたものとすることができる。また、基部 111 が Y 軸周りに回動する際に枠体部 13 に接触するのを防止することができる。

【0042】

また、枠体部 13 および支持部 15 は、それぞれ、SOI 基板の第 1 の Si 層、SiO₂ 層および第 2 の Si 層からなる積層体で構成されている。これにより、枠体部 13 およ

50

び支持部 1 5 の剛性を優れたものとすることができる。また、枠体部 1 3 の SiO_2 層および第 2 の Si 層は、枠体部 1 3 の剛性を高めるリブとしての機能だけでなく、可動ミラー部 1 1 が永久磁石 2 1 に接触するのを防止する機能も有する。

また、平面視にて、光反射板 1 1 3 の外側に位置する第 1 軸部、第 2 軸部、枠体部 1 3、支持部 1 5 の上面には、反射防止処理が施されているのが好ましい。これにより、光反射板 1 1 3 以外に照射された不要光が迷光となるのを防止することができる。

【0043】

かかる反射防止処理としては、特に限定されないが、例えば、反射防止膜（誘電体多層膜）の形成、粗面化处理、黒色処理等が挙げられる。

なお、前述した基部 1 1 1、軸部 1 2 a、1 2 b および軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d の構成材料および形成方法は、一例であり、本発明は、これに限定されるものではない。

【0044】

また、本実施形態では、スペーサー 1 1 2 および光反射板 1 1 3 も、 SOI 基板をエッチングすることにより形成されている。そして、スペーサー 1 1 2 は、 SOI 基板の SiO_2 層および第 2 の Si 層からなる積層体で構成されている。また、光反射板 1 1 3 は、 SOI 基板の第 1 の Si 層で構成されている。

このように、 SOI 基板を用いてスペーサー 1 1 2 および光反射板 1 1 3 を形成することにより、互いに接合されたスペーサー 1 1 2 および光反射板 1 1 3 を簡単かつ高精度に製造することができる。

【0045】

このようなスペーサー 1 1 2 は、例えば、接着剤、ろう材等の接合材（図示せず）により基部 1 1 1 に接合されている。

前述した枠体部 1 3 の下面（光反射板 1 1 3 とは反対側の面）には、永久磁石 2 1 が接合されている。

永久磁石 2 1 と枠体部 1 3 との接合方法としては、特に限定されないが、例えば、接着剤を用いた接合方法を用いることができる。

永久磁石 2 1 は、平面視にて、 X 軸および Y 軸に対して傾斜する方向に磁化されている。

【0046】

本実施形態では、永久磁石 2 1 は、 X 軸および Y 軸に対して傾斜する方向に延在する長手形状（棒状）をなす。そして、永久磁石 2 1 は、その長手方向に磁化されている。すなわち、永久磁石 2 1 は、一端部を S 極とし、他端部を N 極とするように磁化されている。

また、永久磁石 2 1 は、平面視にて、 X 軸と Y 軸との交点を中心として対称となるように設けられている。

【0047】

なお、本実施形態では、枠体部 1 3 に 1 つの永久磁石の数を設置した場合を例に説明するが、これに限定されず、例えば、枠体部 1 3 に 2 つの永久磁石を設置してもよい。この場合、例えば、長尺状をなす 2 つの永久磁石を、平面視にて基部 1 1 1 を介して互いに対向するとともに、互いに平行となるように、枠体部 1 3 に設置すればよい。

X 軸に対する永久磁石 2 1 の磁化の方向（延在方向）の傾斜角 θ は、特に限定されないが、 30° 以上 60° 以下であるのが好ましく、 45° 以上 60° 以下であることがより好ましく、 45° であるのがさらに好ましい。このように永久磁石 2 1 を設けることで、円滑かつ確実に可動ミラー部 1 1 を X 軸の周りに回転させることができる。

【0048】

これに対し、傾斜角 θ が前記下限値未満であると、電圧印加部 4 によりコイル 3 1 に印加される電圧の強さなどの諸条件によっては、可動ミラー部 1 1 を十分に X 軸周りに回転させることができない場合がある。一方、傾斜角 θ が前記上限値を超えると、諸条件によっては、可動ミラー部 1 1 を十分に Y 軸周りに回転させることができない場合がある。

このような永久磁石 2 1 としては、例えば、ネオジム磁石、フェライト磁石、サマリウ

10

20

30

40

50

ムコバルト磁石、アルニコ磁石、ボンド磁石等を好適に用いることができる。このような永久磁石 2 1 は、高磁性体を着磁したものであり、例えば、着磁前の硬磁性体を枠体部 1 3 に設置した後に着磁することにより形成される。既に着磁がなされた永久磁石 2 1 を枠体部 1 3 に設置しようとする、外部や他の部品の磁界の影響により、永久磁石 2 1 を所望の位置に設置できない場合があるからである。

【 0 0 4 9 】

永久磁石 2 1 の直下には、コイル 3 1 が設けられている。すなわち、枠体部 1 3 の下面に対向するように、コイル 3 1 が設けられている。これにより、コイル 3 1 から発生する磁界を効率的に永久磁石 2 1 に作用させることができる。これにより、光スキャナー 1 の省電力化および小型化を図ることができる。

10

本実施形態では、コイル 3 1 は、磁心 3 2 に巻回されて設けられている。これにより、コイル 3 1 で発生した磁界を効率的に永久磁石 2 1 に作用させることができる。なお、磁心 3 2 は、省略してもよい。

【 0 0 5 0 】

このようなコイル 3 1 は、電圧印加部 4 に電氣的に接続されている。

そして、電圧印加部 4 によりコイル 3 1 に電圧が印加されることで、コイル 3 1 から X 軸および Y 軸に直交する磁束を有する磁界が発生する。

電圧印加部 4 は、図 3 に示すように、可動ミラー部 1 1 を Y 軸周りに回転させるための第 1 の電圧 V_1 を発生させる第 1 の電圧発生部 4 1 と、可動ミラー部 1 1 を X 軸周りに回転させるための第 2 の電圧 V_2 を発生させる第 2 の電圧発生部 4 2 と、第 1 の電圧 V_1 と第 2 の電圧 V_2 とを重畳する電圧重畳部 4 3 とを備え、電圧重畳部 4 3 で重畳した電圧をコイル 3 1 に印加する。

20

【 0 0 5 1 】

第 1 の電圧発生部 4 1 は、図 4 (a) に示すように、周期 T_1 で周期的に変化する第 1 の電圧 V_1 (水平走査用電圧) を発生させるものである。すなわち、第 1 の電圧発生部 4 1 は、第 1 周波数 ($1 / T_1$) の第 1 の電圧 V_1 を発生させるものである。

第 1 の電圧 V_1 は、正弦波のような波形をなしている。そのため、光スキャナー 1 は効果的に光を主走査することができる。なお、第 1 の電圧 V_1 の波形は、これに限定されない。

また、第 1 周波数 ($1 / T_1$) は、水平走査に適した周波数であれば、特に限定されないが、 $10 \sim 40 \text{ kHz}$ であるのが好ましい。

30

【 0 0 5 2 】

本実施形態では、第 1 周波数は、可動ミラー部 1 1 、 1 対の軸部 1 2 a 、 1 2 b で構成される第 1 の振動系 (ねじり振動系) のねじり共振周波数 (f_1) と等しくなるように設定されている。つまり、第 1 の振動系は、そのねじり共振周波数 f_1 が水平走査に適した周波数になるように設計 (製造) されている。これにより、可動ミラー部 1 1 の Y 軸周りの回転角を大きくすることができる。

【 0 0 5 3 】

一方、第 2 の電圧発生部 4 2 は、図 4 (b) に示すように、周期 T_1 と異なる周期 T_2 で周期的に変化する第 2 の電圧 V_2 (垂直走査用電圧) を発生させるものである。すなわち、第 2 の電圧発生部 4 2 は、第 2 周波数 ($1 / T_2$) の第 2 の電圧 V_2 を発生させるものである。

40

第 2 の電圧 V_2 は、鋸波のような波形をなしている。そのため、光スキャナー 1 は効果的に光を垂直走査 (副走査) することができる。なお、第 2 の電圧 V_2 の波形は、これに限定されない。

【 0 0 5 4 】

第 2 周波数 ($1 / T_2$) は、第 1 周波数 ($1 / T_1$) と異なり、かつ、垂直走査に適した周波数であれば、特に限定されないが、 $30 \sim 120 \text{ Hz}$ (60 Hz 程度) であるのが好ましい。このように、第 2 の電圧 V_2 の周波数を 60 Hz 程度とし、前述したように第 1 の電圧 V_1 の周波数を $10 \sim 40 \text{ kHz}$ とすることで、ディスプレイでの描画に適した

50

周波数で、可動ミラー部 11 を互いに直交する 2 軸（X 軸および Y 軸）のそれぞれの軸周りに回動させることができる。ただし、可動ミラー部 11 を X 軸および Y 軸のそれぞれの軸周りに回動させることができれば、第 1 の電圧 V_1 の周波数と第 2 の電圧 V_2 の周波数との組み合わせは、特に限定されない。

【0055】

本実施形態では、第 2 の電圧 V_2 の周波数は、可動ミラー部 11、1 対の軸部 12 a、12 b、枠体部 13、2 対の軸部 14 a、14 b、14 c、14 d および永久磁石 21 で構成された第 2 の振動系（ねじり振動系）のねじり共振周波数（共振周波数）と異なる周波数となるように調整されている。

このような第 2 の電圧 V_2 の周波数（第 2 周波数）は、第 1 の電圧 V_1 の周波数（第 1 周波数）よりも小さいことが好ましい。すなわち、周期 T_2 は、周期 T_1 よりも長いことが好ましい。これにより、より確実かつより円滑に、可動ミラー部 11 を Y 軸周りに第 1 周波数で回動させつつ、X 軸周りに第 2 周波数で回動させることができる。

【0056】

また、第 1 の振動系のねじり共振周波数を f_1 [Hz] とし、第 2 の振動系のねじり共振周波数を f_2 [Hz] としたとき、 f_1 と f_2 とが、 $f_2 < f_1$ の関係を満たすことが好ましく、 $f_1 = 10 f_2$ の関係を満たすことがより好ましい。これにより、より円滑に、可動ミラー部 11 を、Y 軸周りに第 1 の電圧 V_1 の周波数で回動させつつ、X 軸周りに第 2 の電圧 V_2 の周波数で回動させることができる。これに対し、 $f_1 = f_2$ とした場合は、第 2 周波数による第 1 の振動系の振動が起こる可能性がある。

【0057】

このような第 1 の電圧発生部 41 および第 2 の電圧発生部 42 は、それぞれ、制御部 7 に接続され、この制御部 7 からの信号に基づき駆動する。このような第 1 の電圧発生部 41 および第 2 の電圧発生部 42 には、電圧重畳部 43 が接続されている。

電圧重畳部 43 は、コイル 31 に電圧を印加するための加算器 43 a を備えている。加算器 43 a は、第 1 の電圧発生部 41 から第 1 の電圧 V_1 を受けるとともに、第 2 の電圧発生部 42 から第 2 の電圧 V_2 を受け、これらの電圧を重畳しコイル 31 に印加するようになっている。

【0058】

次に、光スキャナー 1 の駆動方法について説明する。なお、本実施形態では、前述したように、第 1 の電圧 V_1 の周波数は、第 1 の振動系のねじり共振周波数と等しく設定されており、第 2 の電圧 V_2 の周波数は、第 2 の振動系のねじり共振周波数と異なる値に、かつ、第 1 の電圧 V_1 の周波数よりも小さくなるように設定されている（例えば、第 1 の電圧 V_1 の周波数が 18 kHz、第 2 の電圧 V_2 の周波数が 60 Hz に設定されている）。

【0059】

例えば、図 4 (a) に示すような第 1 の電圧 V_1 と、図 4 (b) に示すような第 2 の電圧 V_2 とを電圧重畳部 43 にて重畳し、重畳した電圧をコイル 31 に印加する。

すると、第 1 の電圧 V_1 によって、永久磁石 21 の一端部（N 極）をコイル 31 に引き付けようとするとともに、永久磁石 21 の他端部（S 極）をコイル 31 から離間させようとする磁界（この磁界を「磁界 A1」という）と、永久磁石 21 の一端部（N 極）をコイル 31 から離間させようとするとともに、永久磁石 21 の他端部（S 極）をコイル 31 に引き付けようとする磁界（この磁界を「磁界 A2」という）とが交互に切り換わる。

【0060】

ここで、上述したように、永久磁石 21 は、それぞれの端部（磁極）が、Y 軸で分割される 2 つの領域に位置するように配置される。すなわち、図 1 の平面視において、Y 軸を挟んで一方側に永久磁石 21 の N 極が位置し、他方側に永久磁石 21 の S 極が位置している。そのため、磁界 A1 と磁界 A2 とが交互に切り換わることで、枠体部 13 に Y 軸周りのねじり振動成分を有する振動が励振され、その振動に伴って、軸部 12 a、12 b を挟み変形させつつ、可動ミラー部 11 が第 1 の電圧 V_1 の周波数で Y 軸まわりに回動する。

【0061】

10

20

30

40

50

また、第1の電圧 V_1 の周波数は、第1の振動系のねじり共振周波数と等しい。そのため、第1の電圧 V_1 によって、効率的に、可動ミラー部11をY軸周りに回動させることができる。すなわち、前述した枠体部13のY軸周りのねじり振動成分を有する振動が小さくても、その振動に伴う可動ミラー部11のY軸周りの回動角を大きくすることができる。

【0062】

一方、第2の電圧 V_2 によって、永久磁石21の一端部(N極)をコイル31に引き付けようとするとともに、永久磁石21の他端部(S極)をコイル31から離間させようとする磁界(この磁界を「磁界B1」という)と、永久磁石21の一端部(N極)をコイル31から離間させようとするとともに、永久磁石21の他端部(S極)をコイル31に引き付けようとする磁界(この磁界を「磁界B2」という)とが交互に切り換わる。

10

【0063】

ここで、上述したように、永久磁石21は、それぞれの端部(磁極)が、X軸で分割される2つの領域に位置するように配置される。すなわち図1の平面視において、X軸を挟んで一方側に永久磁石21のN極が位置し、他方側に永久磁石21のS極が位置している。そのため、磁界B1と磁界B2とが交互に切り換わることで、軸部14a、14bおよび軸部14c、14dをそれぞれ挟れ変形させつつ、枠体部13が可動ミラー部11とともに、第2の電圧 V_2 の周波数でX軸周りに回動する。

また、第2の電圧 V_2 の周波数は、第1の電圧 V_1 の周波数に比べて極めて低く設定されている。また、第2の振動系のねじり共振周波数は、第1の振動系のねじり共振周波数よりも低く設計されている。そのため、可動ミラー部11が第2の電圧 V_2 の周波数でY軸周りに回動してしまうことを防止することができる。

20

【0064】

以上説明したように光スキャナー1では、第1の電圧 V_1 と第2の電圧 V_2 とを重畳させた電圧をコイル31に印加することで、可動ミラー部11を、Y軸周りに第1の電圧 V_1 の周波数で回動させつつ、X軸周りに第2の電圧の V_2 の周波数で回動させることができる。これにより、装置の低コスト化および小型化を図るとともに、電磁駆動方式(ムービングマグネット方式)により、可動ミラー部11をX軸およびY軸のそれぞれの軸周りに回動させることができる。また、駆動源を構成する部品(永久磁石およびコイル)の数を少なくすることができるため、簡単かつ小型な構成とすることができる。また、コイル31が光スキャナー1の振動系と離間しているので、かかる振動系に対するコイル31の発熱による悪影響を防止することができる。

30

特に、光反射板113が軸部12a、12bに対して厚さ方向に離間するとともに厚さ方向からみたときに軸部12a、12bと重なって設けられているので、光スキャナー1の小型化を図ることができる。

【0065】

<第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

図5は、本発明の光スキャナー(光学デバイス)の第2実施形態を示す断面図(X軸に沿った断面図)である。なお、以下では、説明の便宜上、図5中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

40

【0066】

以下、第2実施形態について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。なお、図5において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

本実施形態の光スキャナーは、枠体部および永久磁石の構成(形状)が異なる以外は、前述した第1実施形態の光スキャナーと同様である。

【0067】

図5に示すように、第2実施形態の光スキャナー1Aは、枠体部13Aおよび永久磁石21Aを備える。

50

枠体部 13A は、枠状をなし、可動ミラー部 11 の基部（可動部）111 を囲んで設けられている。

そして、枠体部 13A は、軸部 14a、14b、14c、14d を介して支持部 15 に支持されている。また、可動ミラー部 11 の基部 111 は、軸部 12a、12b を介して枠体部 13A に支持されている。

【0068】

本実施形態では、枠体部 13A は、SOI 基板の第 1 の Si 層で構成されている。これにより、枠体部 13 の慣性モーメントを抑えることができる。

このような枠体部 13A の下面（光反射板 113 とは反対側の面）には、永久磁石 21A が接合されている。

永久磁石 21A は、枠体部 13A 側に凹部が形成されている。これにより、可動ミラー部 11 が永久磁石 21A に接触するのを防止することができる。

以上説明したような第 2 実施形態の光スキャナー 1A によっても、小型化を図りつつ、2 次元的に光を走査することができる。

【0069】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。

図 6 は、本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第 3 実施形態を示す平面図、図 7 は、図 6 に示す光スキャナーの断面図（X 軸に沿った断面図）である。なお、以下では、説明の便宜上、図 7 中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

【0070】

以下、第 3 実施形態について、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。なお、図 6 および図 7 において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

本実施形態の光スキャナーは、ムービングコイル方式を採用した以外は、前述した第 1 実施形態の光スキャナーと同様である。

【0071】

図 6 に示すように、第 3 実施形態の光スキャナー 1B は、永久磁石 21B およびコイル 31B を備える。

コイル 31B は、枠体部 13 の上面に設けられている。このコイル 31B は、枠体部 13 の周方向に沿って巻回された状態で、枠体部 13 の上面に接合されている。

このコイル 31B は、予め巻回されたコイルを枠体部 13 に接着剤により接合したものであってもよいし、枠体部 13 上に公知の成膜法によりパターンニングされたものであってもよい。

【0072】

このようなコイル 31B は、電圧印加部 4 に電氣的に接続されている。

なお、コイル 31B は、枠体部 13 の下面（光反射板 113 とは反対側の面）に設けられていてもよいし、また、枠体部 13 の上面および下面の両方に設けられていてもよい。

永久磁石 21B は、平面視にて、コイル 31B を介して互いに対向する 1 対の磁極（S 極および N 極）を有する。

【0073】

この永久磁石 21B は、X 軸および Y 軸に対して傾斜する方向に磁界を発生させる。すなわち、永久磁石 21B の一方の磁極と他方の磁極とを結ぶ線分が X 軸に対して傾斜している。かかる線分の X 軸に対する傾斜角は、前述した第 1 実施形態の傾斜角と同様である。

このような永久磁石 21B、コイル 31B および電圧印加部 4 は、可動ミラー部 11 を X 軸および Y 軸周りに揺動させる駆動部を構成する。

【0074】

すなわち、電圧印加部 4 がコイル 31B に電圧を印加することにより、コイル 31B および永久磁石 21B の磁界の相互作用により、可動ミラー部 11 を X 軸周りおよび Y 軸周

10

20

30

40

50

りに揺動させる。これにより、小型化を図りつつ、電磁駆動方式（ムービングコイル方式）により、可動ミラー部 11 を X 軸周りおよび Y 軸周りに揺動させることができる。

以上説明したような第 3 実施形態の光スキャナー 1B によっても、小型化を図りつつ、2 次元的に光を走査することができる。

【0075】

< 第 4 実施形態 >

次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。

図 8 は、本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第 4 実施形態を示す平面図、図 9 は、図 8 に示す光スキャナーの断面図（X 軸に沿った断面図）、図 10 は、図 8 に示す光スキャナーが備える駆動部の電圧印加部を説明するためのブロック図、図 11 は、図 10 に示す第 1 の電圧発生部および第 2 の電圧発生部での発生電圧の一例を示す図である。なお、以下では、説明の便宜上、図 9 中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

【0076】

以下、第 4 実施形態について、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。なお、図 8 ~ 図 10 において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

本実施形態の光スキャナーは、圧電駆動方式を採用した以外は、前述した第 1 実施形態の光スキャナーと同様である。

【0077】

図 8 に示すように、第 4 実施形態の光スキャナー 1C は、枠体部 13C、4 つ（2 対）の軸部 14e、14f、14g、14h（第 2 軸部）、支持部 15C および 4 つ（2 対）の圧電素子 33a、33b、33c、33d を備える。

枠体部 13C は、枠状をなし、可動ミラー部 11 の基部（可動部）111 を囲んで設けられている。

【0078】

そして、枠体部 13C は、軸部 14e、14f、14g、14h を介して支持部 15C に支持されている。また、可動ミラー部 11 の基部 111 は、軸部 12a、12b を介して枠体部 13C に支持されている。

2 対の軸部（梁）14e、14f、14g、14h は、枠体部 13C を介して、一方の側に 1 対の軸部 14e、14f が設けられ、他方の側に 1 対の軸部 14g、14h が設けられている。

【0079】

そして、これらの軸部 14e、14f、14g、14h は、平面視にて、枠体部 13C の中心に対し点対称となるように設けられている。

支持部 15C は、前述した枠体部 13C の外周を囲むように形成されている。

そして、1 対の軸部 14e、14f は、それぞれ、枠体部 13C と支持部 15C とを連結している。これと同様に、1 対の軸部 14g、14h は、それぞれ、枠体部 13C と支持部 15C とを連結している。

【0080】

各軸部 14e、14f、14g、14h は、弾性変形可能であり、長手形状をなすとともに、Y 軸に平行に延在している。このような 2 対の軸部 14e、14f、14g、14h にあっては、軸部 14e、14g と軸部 14f、14h とを互いに反対方向に曲げ変形させることにより、枠体部 13C を X 軸周りに揺動（回動）させることができ、また、軸部 14e、14f と軸部 14g、14h とを互いに反対方向に曲げ変形させることにより、枠体部 13C を Y 軸周りに揺動（回動）させることができる。

そして、このように X 軸周りおよび Y 軸周りに枠体部 13C を回動させるために、軸部 14e 上には圧電素子 33a、軸部 14f 上には圧電素子 33b、軸部 14g 上には圧電素子 33c、軸部 14h 上には圧電素子 33d が設けられている。

【0081】

以下、圧電素子 33a、33b について代表的に詳述する。なお、圧電素子 33c、3

10

20

30

40

50

3 d については、圧電素子 3 3 a、3 3 b と同様である。

圧電素子 3 3 a は、軸部 1 4 e の上面に接合され、軸部 1 4 e の長手方向に伸縮するように構成されている。これにより、圧電素子 3 3 a は、その伸縮により、軸部 1 4 e を上下方向に曲げ変形させることができる。また、圧電素子 3 3 b は、軸部 1 4 f の上面に接合され、軸部 1 4 f の長手方向に伸縮するように構成されている。これにより、圧電素子 3 3 b は、その伸縮により、軸部 1 4 f を上下方向に曲げ変形させる。

【0082】

言い換えすれば、圧電素子 3 3 a は、軸部 1 4 e の長手方向に沿って延在し、その延在方向に伸縮することにより、軸部 1 4 e を曲げ変形させる。これにより、比較的簡単な構成で、より確実に、圧電素子 3 3 a により軸部 1 4 e を曲げ変形させることができる。これと同様に、圧電素子 3 3 b は、軸部 1 4 f の長手方向に沿って延在し、その延在方向に伸縮することにより、軸部 1 4 f を曲げ変形させる。これにより、比較的簡単な構成で、より確実に、圧電素子 3 3 b により軸部 1 4 f を曲げ変形させることができる。

このような圧電素子 3 3 a、3 3 b は、それぞれ、例えば、いずれも図示しないが、圧電材料を主材料として構成された圧電体層と、この圧電体層を挟持する 1 対の電極とを有している。

【0083】

この圧電材料としては、例えば、酸化亜鉛、窒化アルミニウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウム、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT)、チタン酸バリウム、その他、各種のものが挙げられる。これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができるが、特に、酸化亜鉛、窒化アルミニウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウムおよびチタン酸ジルコン酸鉛のうちの少なくとも 1 種を主とするものが好ましい。このような材料で圧電素子 3 3 a、3 3 b の圧電体層を構成することにより、より高い周波数で光スキャナー 1 C を駆動することができる。

【0084】

また、圧電素子 3 3 a は、軸部 1 4 e の上面のほぼ全体を覆うように設けられている。したがって、圧電素子 3 3 a は、軸部 1 4 e の長手方向でのほぼ全域に亘って設けられている。これにより、圧電素子 3 3 a の作動により、軸部 1 4 e をより大きく曲げ変形させることができる。これと同様に、圧電素子 3 3 b は、軸部 1 4 f の上面のほぼ全体を覆うように設けられている。したがって、圧電素子 3 3 b は、軸部 1 4 f の長手方向でのほぼ全域に亘って設けられている。これにより、圧電素子 3 3 b の作動により、軸部 1 4 f をより大きく曲げ変形させることができる。

【0085】

このような圧電素子 3 3 a、3 3 b は、ともに上面側に設けられているので、一方を伸張させ他方を収縮させるように動作させると、1 対の軸部 1 4 e、1 4 f を互いに逆方向に曲げ変形させることができる。

前述した圧電素子 3 3 a、3 3 b と同様に、圧電素子 3 3 c、3 3 d は構成されている。このような圧電素子 3 3 c、3 3 d は、前述した圧電素子 3 3 a、3 3 b と同様に、ともに上面側に設けられているので、一方を伸張させ他方を収縮させるように動作させると、1 対の軸部 1 4 g、1 4 h を互いに逆方向に曲げ変形させることができる。

【0086】

このような圧電素子 3 3 a、3 3 b、3 3 c、3 3 d は、図示しない配線を介して、後述する電圧印加部 4 C に接続されている。

電圧印加部 4 C は、図 10 に示すように、可動ミラー部 1 1 を Y 軸周りに回転させるための第 1 の電圧を発生させる第 1 の電圧発生部 4 1 C と、可動ミラー部 1 1 を X 軸周りに回転させるための第 2 の電圧を発生させる第 2 の電圧発生部 4 2 C と、第 1 の電圧と第 2 の電圧を重ねて圧電素子 3 3 a、3 3 b、3 3 c、3 3 d に印加する電圧重畳部 4 3 C とを備えている。

【0087】

第 1 の電圧発生部 4 1 C は、図 11 (a) ~ (d) の右側に示すように、周期 T_1 で周

10

20

30

40

50

期的に変化する電圧（水平走査用電圧）を発生させるものである。すなわち、第１の電圧発生部４１Ｃは、第１周波数（ $1/T_1$ ）で周期的に変化する２種の第１の電圧 V_{11} 、 V_{12} を発生するものである。

より具体的に説明すると、第１の電圧発生部４１Ｃは、圧電素子３３ａ、３３ｂにそれぞれ印加する水平走査用電圧（水平走査駆動信号）として、図１１（ａ）、（ｂ）の右側に示すように、周期 T_1 で周期的に変化する第１の電圧 V_{11} を発生する。

【００８８】

第１の電圧 V_{11} は、正弦波のような波形をなしている。そのため、光スキャナー１Ｃは効果的に光を主走査することができる。なお、第１の電圧 V_{11} の波形は、これに限定されない。

10

ここで、第１周波数（ $1/T_1$ ）は、水平走査に適した周波数であれば、特に限定されないが、 $10 \sim 40 \text{ kHz}$ であるのが好ましい。また、第１周波数は可動ミラー部１１および軸部１２ａ、１２ｂで構成される振動系のねじり共振周波数と略一致させるように設定することが好ましい。つまり、かかる振動系のねじり共振周波数が、水平走査に適した周波数になるように設計されていることが好ましい。

また、第１の電圧発生部４１Ｃは、圧電素子３３ｃ、３３ｄにそれぞれ印加する水平走査用電圧（水平走査駆動信号）として、図１１（ｃ）、（ｄ）の右側に示すように、周期 T_1 で周期的に変化する第１の電圧 V_{12} を発生する。この第１の電圧 V_{12} は、第１の電圧 V_{11} と同一波形であるが、第１の電圧 V_{11} に対し 180° 位相がずれている。

【００８９】

20

一方、第２の電圧発生部４２Ｃは、図１１（ａ）～（ｄ）の左側に示すように、周期 T_1 と異なる周期 T_2 で周期的に変化する電圧（垂直走査用電圧）を発生させるものである。すなわち、第２の電圧発生部４２Ｃは、第１周波数（ $1/T_1$ ）と異なる２種の第２周波数（ $1/T_2$ ）で周期的に変化する第２の電圧 V_{21} 、 V_{22} を発生するものである。

より具体的に説明すると、第２の電圧発生部４２Ｃは、圧電素子３３ａ、３３ｃにそれぞれ印加する垂直走査用電圧（垂直走査駆動信号）として、図１１（ａ）、（ｃ）の左側に示すように、周期 T_1 と異なる周期 T_2 で周期的に変化する第２の電圧 V_{21} を発生する。

【００９０】

第２の電圧 V_{21} は、鋸波のような波形をなしている。そのため、光スキャナー１Ｃは効果的に光を副走査することができる。なお、第２の電圧 V_{21} の波形は、これに限定されない。

30

ここで、第２周波数（ $1/T_2$ ）は、第１周波数（ $1/T_1$ ）と異なり、かつ、垂直走査に適した周波数であれば、特に限定されないが、第１周波数（ $1/T_1$ ）よりも小さいのが好ましい。すなわち、周期 T_2 は、周期 T_1 よりも長いのが好ましい。

【００９１】

また、第２周波数（ $1/T_2$ ）は、 $40 \sim 80 \text{ Hz}$ （ 60 Hz 程度）であるのが好ましい。これにより、ディスプレイでの描画に適した周波数で、可動ミラー部１１を互いに直交する２軸（Ｘ軸およびＹ軸）のそれぞれの軸まわりに回動させることができる。

また、第２の電圧発生部４２Ｃは、圧電素子３３ｂ、３３ｄにそれぞれ印加する垂直走査用電圧（垂直走査駆動信号）として、図１１（ｂ）、（ｄ）の左側に示すように、周期 T_2 で周期的に変化する第２の電圧 V_{22} を発生する。この第２の電圧 V_{22} は、第２の電圧 V_{21} をある基準電圧に対して反転した同一波形である。

40

【００９２】

このような第１の電圧発生部４１Ｃおよび第２の電圧発生部４２Ｃは、それぞれ、制御部７に接続され、この制御部７からの信号に基づき駆動する。

このような第１の電圧発生部４１Ｃおよび第２の電圧発生部４２Ｃには、電圧重畳部４３Ｃが接続されている。この電圧重畳部４３Ｃは、圧電素子３３ａに電圧を印加するための加算器４３ａと、圧電素子３３ｂに電圧を印加するための加算器４３ｂと、圧電素子３３ｃに電圧を印加するための加算器４３ｃと、圧電素子３３ｄに電圧を印加するための加

50

算器 4 3 d とを備えている。

【 0 0 9 3 】

加算器 4 3 a は、第 1 の電圧発生部 4 1 C から第 1 の電圧 V_{11} を受けるとともに、第 2 の電圧発生部 4 2 C から第 2 の電圧 V_{21} を受け、これらを重畳し圧電素子 3 3 a に印加するようになっている。

また、加算器 4 3 b は、第 1 の電圧発生部 4 1 C から第 1 の電圧 V_{11} を受けるとともに、第 2 の電圧発生部 4 2 C から第 2 の電圧 V_{22} を受け、これらを重畳し圧電素子 3 3 b に印加するようになっている。

【 0 0 9 4 】

また、加算器 4 3 c は、第 1 の電圧発生部 4 1 C から第 1 の電圧 V_{12} を受けるとともに、第 2 の電圧発生部 4 2 C から第 2 の電圧 V_{21} を受け、これらを重畳し圧電素子 3 3 c に印加するようになっている。

また、加算器 4 3 d は、第 1 の電圧発生部 4 1 C から第 1 の電圧 V_{12} を受けるとともに、第 2 の電圧発生部 4 2 C から第 2 の電圧 V_{22} を受け、これらを重畳し圧電素子 3 3 d に印加するようになっている。

【 0 0 9 5 】

以上のような構成の光スキャナー 1 C は、次のようにして駆動する。

例えば、図 1 1 (a) に示すような電圧 V_{11} と V_{21} を重畳して圧電素子 3 3 a に印加するとともに、図 1 1 (b) に示すような電圧 V_{11} と V_{22} を重畳して圧電素子 3 3 b に印加する。これと同期して、図 1 1 (c) に示すような電圧 V_{12} と V_{21} を重畳して圧電素子 3 3 c に印加するとともに、図 1 1 (d) に示すような電圧 V_{12} と V_{22} を重畳して圧電素子 3 3 d に印加する。

【 0 0 9 6 】

すると、第 1 周波数 ($1/T_1$) で、圧電素子 3 3 a、3 3 b を伸張させるとともに圧電素子 3 3 c、3 3 d を収縮させる状態と、圧電素子 3 3 a、3 3 b を収縮させるとともに圧電素子 3 3 c、3 3 d を伸張させる状態とを交互に繰り返しながら、第 2 周波数 ($1/T_2$) で、圧電素子 3 3 a、3 3 c を伸張させるとともに圧電素子 3 3 b、3 3 d を収縮させる状態と圧電素子 3 3 a、3 3 c を収縮させるとともに、圧電素子 3 3 b、3 3 d を伸張させる状態とを交互に繰り返す。

【 0 0 9 7 】

言い換えると、第 2 周波数 ($1/T_2$) で、圧電素子 3 3 a、3 3 c の伸縮可能な範囲 (変位可能な長さ) に対する圧電素子 3 3 b、3 3 d の伸張可能な範囲 (変位可能な長さ) の比を変化させながら、第 1 周波数 ($1/T_1$) で、圧電素子 3 3 a、3 3 b と圧電素子 3 3 c、3 3 d とを互いに反対方向に伸張させる。

このように圧電素子 3 3 a ~ 3 3 d が作動することにより、各軸部 1 4 e、1 4 f、1 4 g、1 4 h が主に曲げ変形しながら、枠体部 1 3 C は、Y 軸周りに第 1 周波数 ($1/T_1$) で揺動 (回動) しつつ、X 軸周りに第 2 周波数 ($1/T_2$) で揺動 (回動) する。

【 0 0 9 8 】

このように電圧印加部 4 C が各圧電素子 3 3 a、3 3 b、3 3 c、3 3 d に電圧を印加することにより、可動ミラー部 1 1 を、Y 軸周りに第 1 周波数 ($1/T_1$) で回動させつつ、X 軸周りに第 2 周波数 ($1/T_2$) で回動させる。

これにより、小型化を図りつつ、圧電駆動方式により、可動ミラー部 1 1 を X 軸周りおよび Y 軸周りに揺動させることができる。

【 0 0 9 9 】

なお、圧電駆動方式の光スキャナーの形態は、上記に限定されるものではない。例えば、各圧電素子 3 3 a、3 3 b、3 3 c、3 3 d の形状は、各軸部 1 4 e、1 4 f、1 4 g、1 4 h を曲げ変形させることができる程度に伸縮が得られる形状であればよく、平面視で台形であってもよい。また、各軸部 1 4 e、1 4 f、1 4 g、1 4 h による枠体部 1 3 C と支持部 1 5 C の接続の仕方についても、各軸部 1 4 e、1 4 f、1 4 g、1 4 h の曲げ変形によって、枠体部 1 3 C を Y 軸周りに揺動しつつ、X 軸周りに揺動できるように構

10

20

30

40

50

成されていればよい。

以上説明したような第４実施形態の光スキャナー１Ｃによっても、小型化を図りつつ、２次元的に光を走査することができる。

【０１００】

< 第５実施形態 >

次に、本発明の第５実施形態について説明する。

図１２は、本発明の光スキャナー（光学デバイス）の第５実施形態を示す平面図である。

以下、第５実施形態について、前述した第１実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。なお、図１２において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【０１０１】

本実施形態の光スキャナーは、光反射板１１３の平面視形状が異なる以外は、前述した第１実施形態の光スキャナーと同様である。

図１２に示すように、第５実施形態の光スキャナー１Ｄは、可動ミラー部１１Ｄを備える。

可動ミラー部１１Ｄは、基部（可動部）１１１と、スペーサー１１２を介して基部１１１に固定された光反射板１１３Ｄとを有する。

【０１０２】

光反射板１１３Ｄは、平面視にて、Ｘ軸およびＹ軸の双方の軸に沿った方向に外側に向けて突出した部分を有する形状をなす。言い換えると、光反射板１１３Ｄは、平面視にて、略十字状をなしている。これにより、光反射板１１３ＤのＸ軸周りおよびＹ軸周りの慣性モーメントを抑えつつ、光反射板１１３Ｄを平面視にて軸部１２ａ、１２ｂ、枠体部１３または軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄを覆うように設けることができる。

【０１０３】

以上説明したような第５実施形態の光スキャナー１Ｄによっても、小型化を図りつつ、２次元的に光を走査することができる。

以上説明したような光スキャナー１～１Ｄは、それぞれ、例えば、プロジェクター、ヘッドアップディスプレイ（ＨＵＤ）、ヘッドマウントディスプレイ（ＨＭＤ）のようなイメージング用ディスプレイ等の画像表示装置が備える光スキャナーに好適に適用することができる。

【０１０４】

< 画像表示装置の実施形態 >

図１３は、本発明の画像表示装置の実施形態を模式的に示す図である。

本実施形態では、画像表示装置の一例として、光スキャナー１をイメージング用ディスプレイの光スキャナーとして用いた場合を説明する。なお、スクリーンＳの長手方向を「横方向」といい、長手方向に直角な方向を「縦方向」という。また、Ｘ軸がスクリーンＳの横方向と平行であり、Ｙ軸がスクリーンＳの縦方向と平行である。

【０１０５】

画像表示装置（プロジェクター）９は、レーザーなどの光を照出する光源装置（光源）９１と、複数のダイクロイックミラー９２Ａ、９２Ｂ、９２Ｃと、光スキャナー１とを有している。

光源装置９１は、赤色光を照出する赤色光源装置９１１と、青色光を照出する青色光源装置９１２と、緑色光を照出する緑色光源装置９１３とを備えている。

【０１０６】

各ダイクロイックミラー９２Ａ、９２Ｂ、９２Ｃは、赤色光源装置９１１、青色光源装置９１２、緑色光源装置９１３のそれぞれから照出された光を合成する光学素子である。

このような画像表示装置９は、図示しないホストコンピューターからの画像情報に基づいて、光源装置９１（赤色光源装置９１１、青色光源装置９１２、緑色光源装置９１３）から照出された光をダイクロイックミラー９２Ａ、９２Ｂ、９２Ｃでそれぞれ合成し、こ

の合成された光が光スキャナー１によって２次元走査され、スクリーンＳ上でカラー画像を形成するように構成されている。

【０１０７】

２次元走査の際、光スキャナー１の可動ミラー部１１のＹ軸周りの回転により光反射部１１４で反射した光がスクリーンＳの横方向に走査（主走査）される。一方、光スキャナー１の可動ミラー部１１のＸ軸周りの回転により光反射部１１４で反射した光がスクリーンＳの縦方向に走査（副走査）される。

なお、図１３中では、ダイクロイックミラー９２Ａ、９２Ｂ、９２Ｃで合成された光を光スキャナー１によって２次的に走査した後、その光を固定ミラー９３で反射させてからスクリーンＳに画像を形成するように構成されているが、固定ミラー９３を省略し、光スキャナー１によって２次的に走査された光を直接スクリーンＳに照射してもよい。

10

【０１０８】

以下に、画像表示装置の応用例について説明する。

< 画像表示装置の応用例１ >

図１４は、本発明の画像表示装置の応用例１を示す斜視図である。

図１４に示すように、画像表示装置９は、携帯用画像表示装置１００に適用することができる。

【０１０９】

この携帯用画像表示装置１００は、手で把持することができる寸法で形成されたケーシング１１０と、ケーシング１１０内に内蔵された画像表示装置９とを有している。この携帯用画像表示装置１００により、例えば、スクリーンや、デスク上等の所定の面に、所定の画像を表示することができる。

20

また、携帯用画像表示装置１００は、所定の情報を表示するディスプレイ１２０と、キーパッド１３０と、オーディオポート１４０と、コントロールボタン１５０と、カードスロット１６０と、ＡＶポート１７０とを有している。

なお、携帯用画像表示装置１００は、通話機能、ＧＳＰ受信機能等の他の機能を備えていてもよい。

【０１１０】

< 画像表示装置の応用例２ >

図１５は、本発明の画像表示装置の応用例２を示す斜視図である。

30

図１５に示すように、画像表示装置９は、ヘッドアップディスプレイシステム２００に適用することができる。

このヘッドアップディスプレイシステム２００では、画像表示装置９は、自動車のダッシュボードに、ヘッドアップディスプレイ２１０を構成するよう搭載されている。このヘッドアップディスプレイ２１０により、フロントガラス２２０に、例えば、目的地までの案内表示等の所定の画像を表示することができる。

なお、ヘッドアップディスプレイシステム２００は、自動車に限らず、例えば、航空機、船舶等にも適用することができる。

【０１１１】

< 画像表示装置の応用例３ >

40

図１６は、本発明の画像表示装置の応用例３を示す斜視図である。

図１６に示すように、画像表示装置９は、ヘッドマウントディスプレイ３００に適用することができる。

すなわち、ヘッドマウントディスプレイ３００は、眼鏡３１０と、眼鏡３１０に搭載された画像表示装置９とを有している。そして、画像表示装置９により、眼鏡３１０の本来レンズである部位に設けられた表示部３２０に、一方の目で視認される所定の画像を表示する。

【０１１２】

表示部３２０は、透明であってもよく、また、不透明であってもよい。表示部３２０が透明な場合は、現実世界からの情報に画像表示装置９からの情報を上乗せして使用するこ

50

とができる。

なお、ヘッドマウントディスプレイ 300 に、2 つ画像表示装置 9 を設け、両方の目で視認される画像を、2 つの表示部に表示するようにしてもよい。

【0113】

以上、本発明の光学デバイス、光スキャナーおよび画像表示装置について、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、本発明の光学デバイス、光スキャナーおよび画像表示装置では、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができ、また、他の任意の構成を付加することもできる。

【0114】

また、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成（特徴）を組み合わせただのものであってもよい。

また、前述した実施形態では、第 1 軸部が 2 つ（1 対）設けられている場合を例に説明したが、これに限定されず、例えば、第 1 軸部が 4 つ（2 対）以上設けられていてもよい。

【0115】

また、前述した実施形態では、第 2 軸部が 4 つ（2 対）設けられている場合を例に説明したが、これに限定されず、例えば、第 2 軸部が 2 つ（1 対）または 6 つ（3 対）以上であってよい。

また、前述した実施形態では、平面視にて光反射板が第 1 軸部全体、枠体部全体および第 2 軸部全体を覆う場合を例に説明したが、平面視にて光反射板が第 1 軸部の少なくとも一部（可動ミラー部の基部側の端部）が覆われていれば、前述したような光学デバイスの小型化、光反射板の大面积化、光反射板の動撓みの防止、第 1 軸部の基部側の端部による迷光の防止等の効果を奏することができる。

【0116】

また、前述した実施形態では、SOI 基板を加工することにより光反射板およびスペーサーを形成した場合を例に説明したが、これに限定されず、例えば、光反射板およびスペーサーを別々の基板から形成してもよい。

また、光反射板と基部との間のスペーサーは、ハンダボールであってもよい。この場合、例えば、光反射板および基部のスペーサー側の面にそれぞれ金属膜を形成しておき、これらの金属膜同士をハンダボールを介して接合すればよい。

また、前述した実施形態では、本発明の光学デバイスを光スキャナーに適用した場合を例に説明したが、これに限定されず、本発明の光学デバイスは、例えば、光スイッチ、光アッテネータ等の他の光学デバイスにも適用可能である。

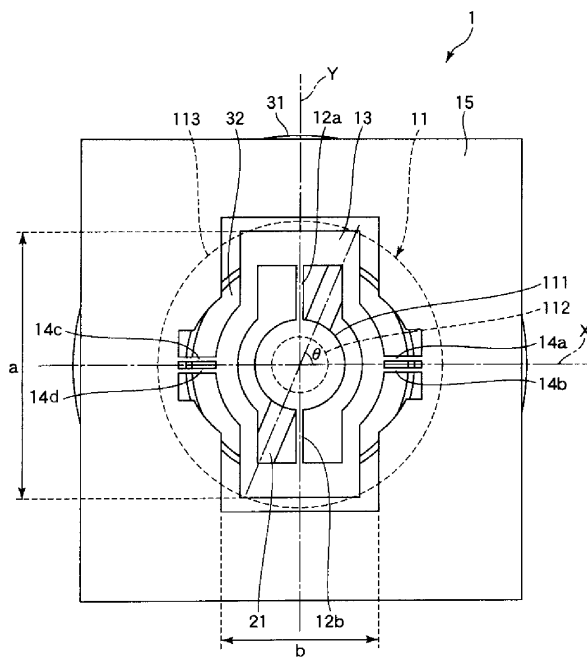
【符号の説明】

【0117】

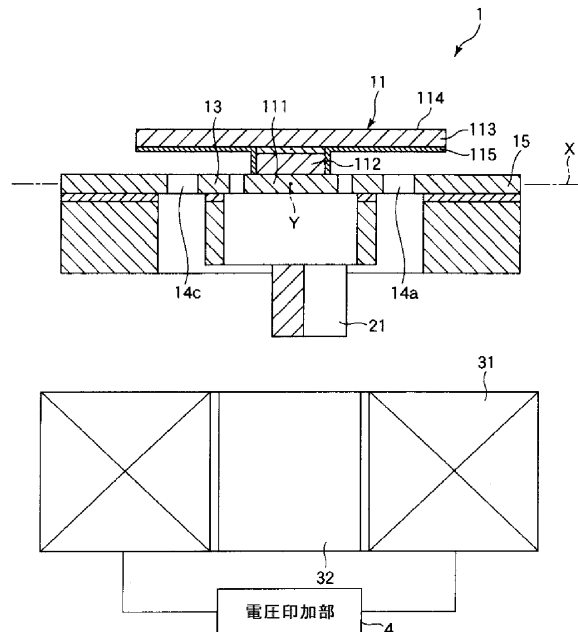
1	光スキャナー	1 A	光スキャナー	1 B	光スキャナー	1 C	光スキャナー
1 D	光スキャナー	4	電圧印加部	4 C	電圧印加部	7	制御部
9	画像表示装置	1 1	可動ミラー部	1 1 D	可動ミラー部	1 2 a	軸部
1 2 b	軸部	1 3	枠体部	1 3 A	枠体部	1 3 C	枠体部
1 4 a	軸部	1 4 b	軸部	1 4 c	軸部	1 4 d	軸部
1 4 e	軸部	1 4 f	軸部	1 4 g	軸部	1 4 h	軸部
1 5	支持部	1 5 C	支持部	2 1	永久磁石	2 1 A	永久磁石
2 1 B	コイル	3 1	コイル	3 1 B	コイル	3 2	磁心
3 3 a	圧電素子	3 3 b	圧電素子	3 3 c	圧電素子	3 3 d	圧電素子
4 1	第 1 の電圧発生部	4 1 C	第 1 の電圧発生部	4 2	第 2 の電圧発生部	4 2 C	第 2 の電圧発生部
4 3	電圧重畳部	4 3 C	電圧重畳部	4 3 a	加算器	4 3 b	加算器
4 3 c	加算器	4 3 d	加算器	9 1	光源装置	9 2 A	ダイクロイックミラー
9 2 B	ダイクロイックミラー	9 2 C	ダイクロイックミラー	9 3	固定ミラー	1 0 0	携帯用画像表示装置
1 1 0	ケーシング	1 1 1	基部（可動部）	1 1 2	スペーサー	1 1	

3 光反射板 113 D 光反射板 114 光反射部 115 硬質層 12
 0 ディスプレイ 130 キーパット 140 オーディオポート 150
 コントロールボタン 160 カードスロット 170 ポート 200 ヘッド
 アップディスプレイシステム 210 ヘッドアップディスプレイ 220 フロン
 トガラス 300 ヘッドマウントディスプレイ 310 眼鏡 320 表示部
 911 赤色光源装置 912 青色光源装置 913 緑色光源装置 S
 スクリーン T_1 周期 T_2 周期 V_1 第1の電圧 V_{11} 第1の電圧
 V_{12} 第1の電圧 V_2 第2の電圧 V_{21} 第2の電圧 V_{22} 第2
 の電圧 傾斜角

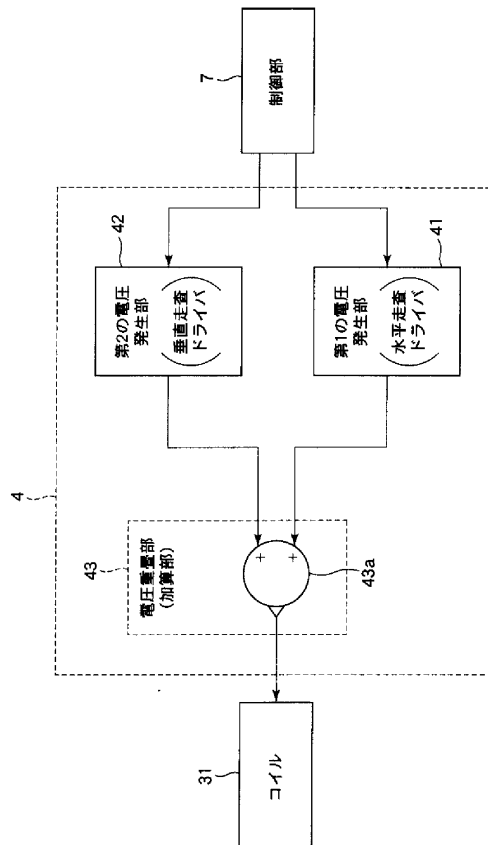
【図1】



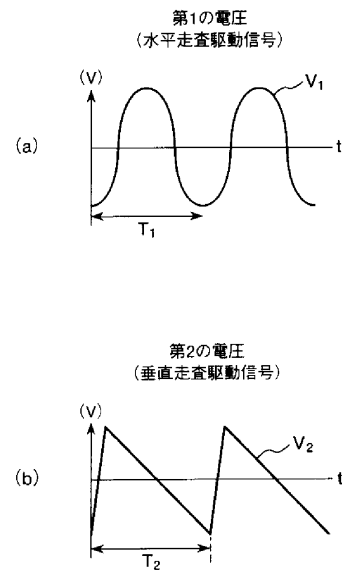
【図2】



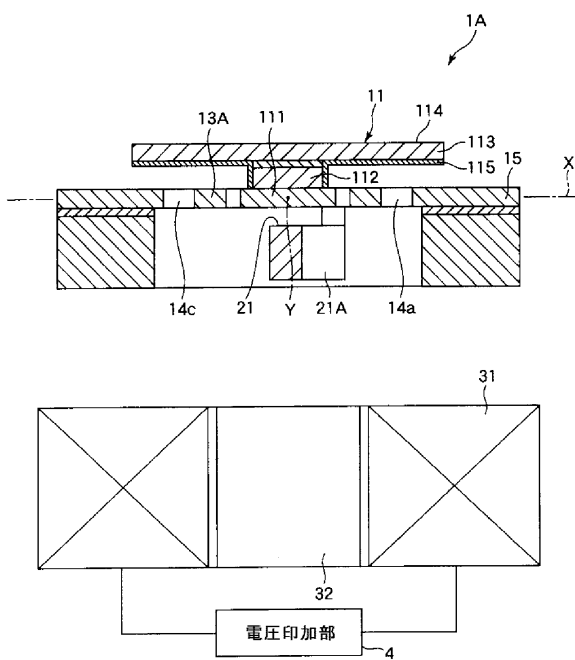
【図 3】



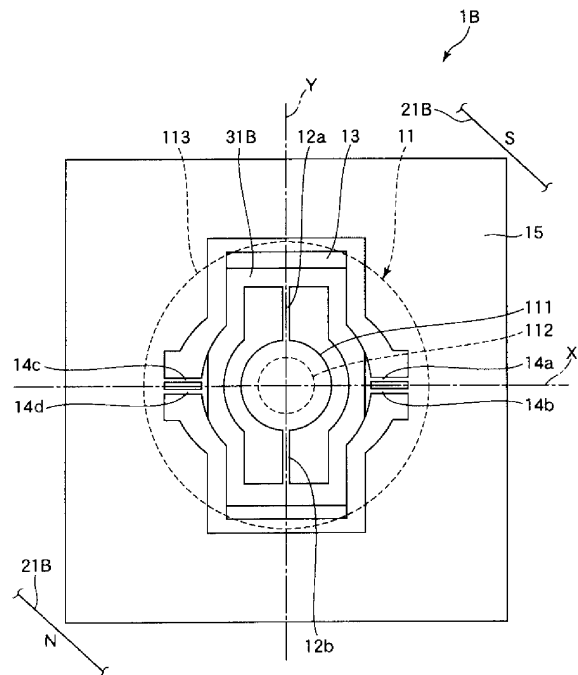
【図 4】



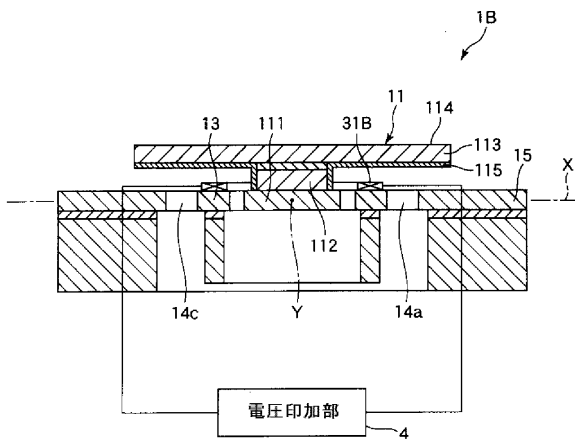
【図 5】



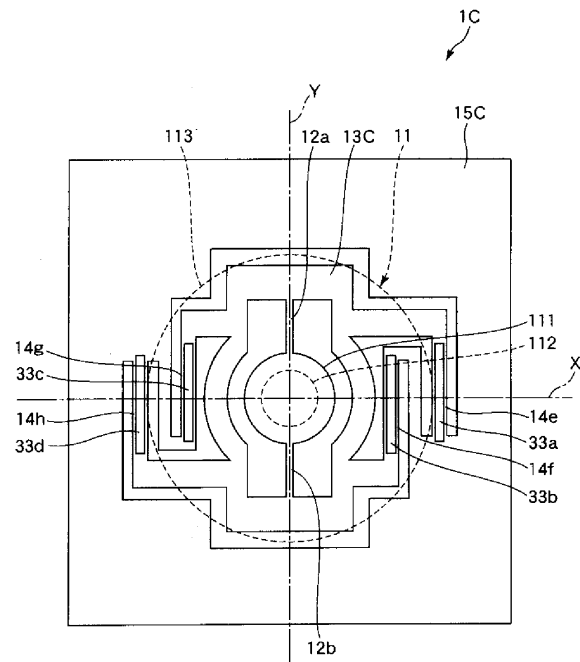
【図 6】



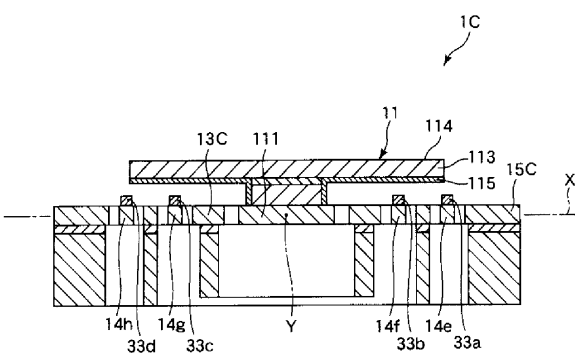
【図 7】



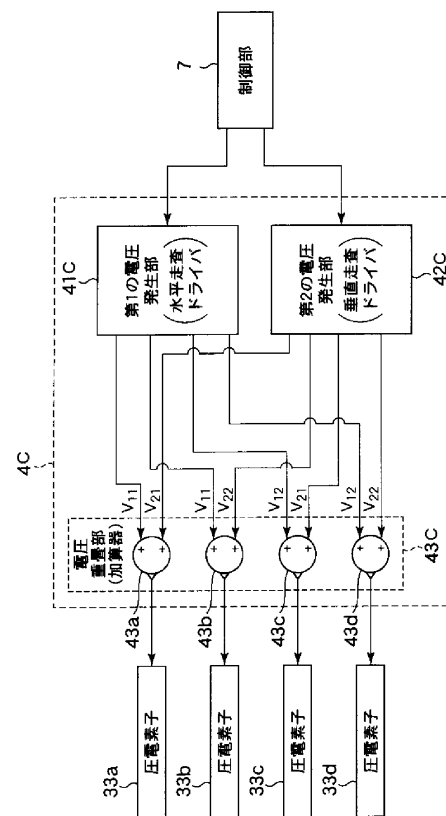
【図 8】



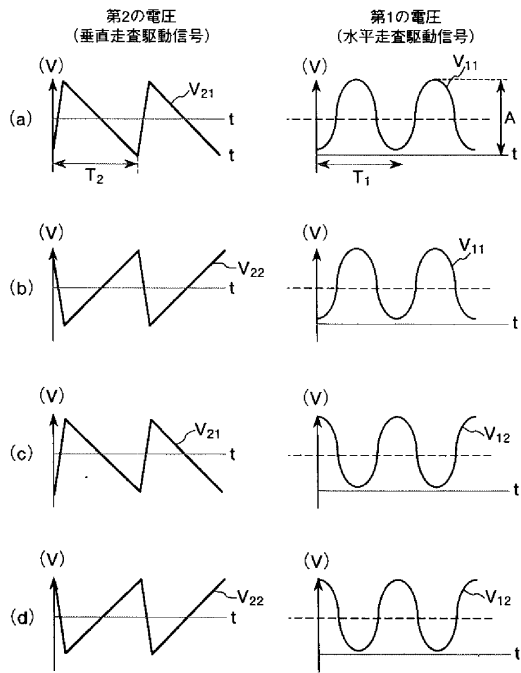
【図 9】



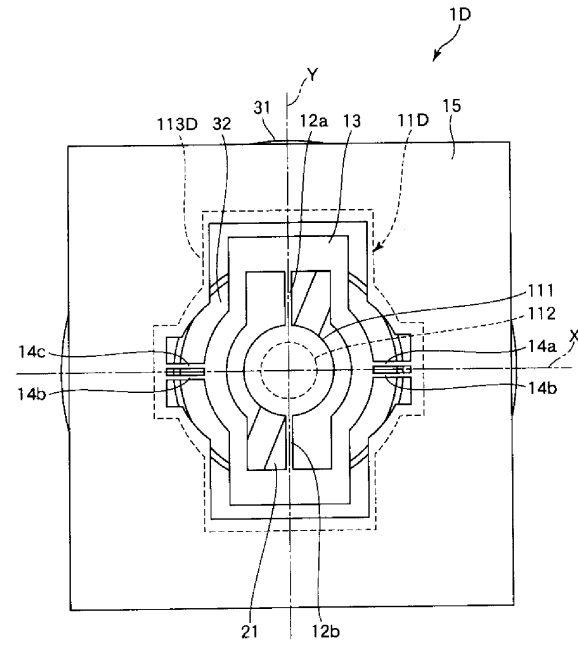
【図 10】



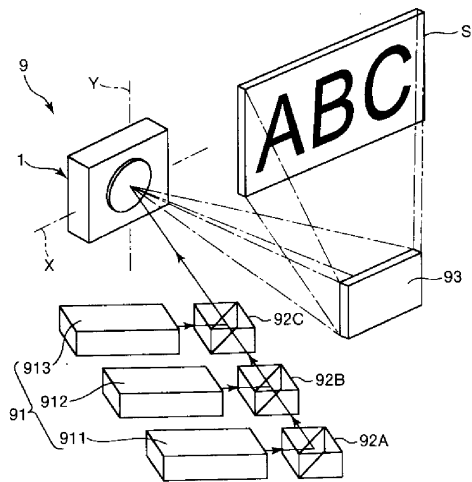
【図 1 1】



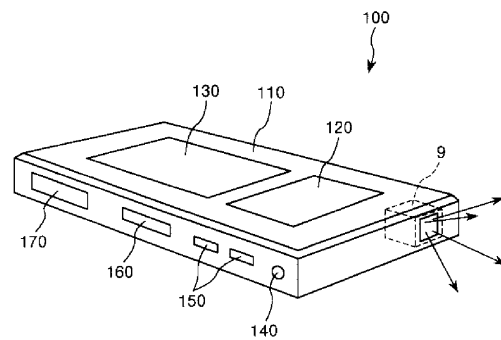
【図 1 2】



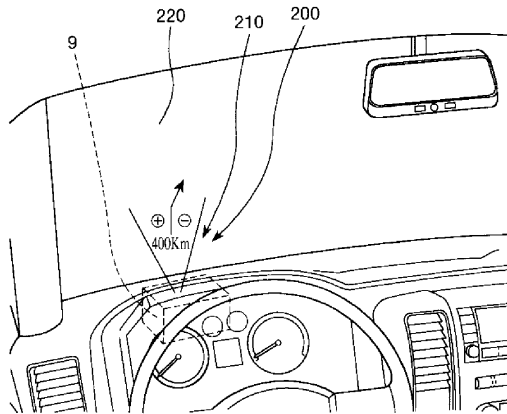
【図 1 3】



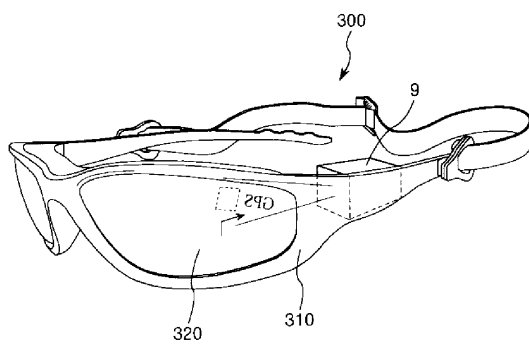
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2011-137961 (JP, A)
特開 2008-040240 (JP, A)
特開 2009-134196 (JP, A)
特開 2008-216920 (JP, A)
特開 2008-102362 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B26/00 - 26/12
G02B6/35
B81B1/00 - 7/04
B81C1/00 - 99/00