(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6065694号
(P6065694)

(45)発行日　平成29年1月25日(2017.1.25)　(24)登録日　平成29年1月6日(2017.1.6)

(51)Int.Cl.		F I		
G02B 27/02	(2006.01)	G02B	27/02	Z
H04N 5/64	(2006.01)	H04N	5/64	511A
G02B 26/10	(2006.01)	G02B	26/10	104Z

請求項の数 11　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願2013-63528(P2013-63528)
(22)出願日　平成25年3月26日(2013.3.26)
(65)公開番号　特開2014-191007(P2014-191007A)
(43)公開日　平成26年10月6日(2014.10.6)
審査請求日　平成28年2月25日(2016.2.25)

(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　100116665
弁理士　渡辺　和昭
(74)代理人　100164633
弁理士　西田　圭介
(74)代理人　100179475
弁理士　仲井　智至
(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

審査官　堀部　修平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
観察者の頭部に装着して使用されるフレームと、
前記フレームに支持され、信号光を出射する光ファイバーと、
前記光ファイバーから出射された前記信号光を走査する光スキャナーと、
前記光ファイバーに対して離間し、前記光スキャナーを支持する支持部と、
前記フレームと前記支持部とを接続し、前記フレームから前記光スキャナーへの衝撃を緩和する衝撃緩和部と、を備えることを特徴とする画像表示装置。
【請求項２】
前記支持部は、前記光スキャナーを収納する筐体である請求項１に記載の画像表示装置。
【請求項３】
前記筐体は、前記信号光を透過する窓部を有し、前記光ファイバーから出射した前記信号光が前記窓部を介して前記光スキャナーに入射する請求項２に記載の画像表示装置。
【請求項４】
前記光ファイバーから出射した前記信号光を前記光スキャナーに向けて反射する反射部を備える請求項１ないし３のいずれか１項に記載の画像表示装置。
【請求項５】
前記反射部は、前記フレームに設けられている請求項４に記載の画像表示装置。
【請求項６】

前記衝撃緩和部は、弾性部材を有する請求項１ないし５のいずれか１項に記載の画像表示装置。
【請求項７】
前記光スキャナーおよび前記支持部は、前記フレームを前記使用したとき、前記フレームに対して前記観察者側に位置している請求項１ないし６のいずれか１項に記載の画像表示装置。
【請求項８】
前記フレームに支持され、前記信号光を生成する信号光生成部を備え、
前記信号光生成部で生成した前記信号光は、前記光ファイバーの一端部に入射し、前記光ファイバーの他端部から出射する請求項１ないし７のいずれか１項に記載の画像表示装置。
【請求項９】
前記光スキャナーは、光反射性を有する光反射部を備える可動部を有し、前記可動部を互いに直交する２つの軸周りにそれぞれ揺動させることにより前記信号光を２次元的に走査する請求項１ないし８のいずれか１項に記載の画像表示装置。
【請求項１０】
前記光スキャナーは、前記可動部、および、前記可動部を囲むように設けられた枠体部を含むジンバル構造を有する請求項９に記載の画像表示装置。
【請求項１１】
前記衝撃緩和部は、貫通孔を有し、前記光ファイバーから出射された信号光は前記貫通孔を通る請求項１に記載の画像表示装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、画像表示装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
画像表示装置として、観察者の頭部に装着して使用され、観察者が視認する画像を虚像として表示するヘッドマウントディスプレイ（頭部装着型画像表示装置）が知られている（例えば、特許文献１参照）。
例えば、特許文献１に係る網膜走査型ディスプレイ装置は、画像信号に基づいて変調されたレーザー光を出射する光源ユニットと、光源ユニットから出射されたレーザー光を２次元的に走査する走査ユニットと、走査ユニットで走査されたレーザー光を網膜に向けて反射するハーフミラーと、光源ユニットから走査ユニットへレーザー光を導く光ファイバーとを備える。
ここで、走査ユニットおよび光ファイバーは、それぞれ、観察者の頭部に装着されるフレームに直接的に支持されている。また、光ファイバーは、走査ユニットに物理的に接続されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００５－９１５５３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１に係る装置では、走査ユニットがフレームに直接的に支持されているため、フレームに衝撃が加わったとき、その衝撃が走査ユニットにも及んでしまい、走査ユニット（特に走査ユニット内の光スキャナー）が損傷するおそれがあるという問題がある。
また、特許文献１に係る装置では、光ファイバーが走査ユニットに物理的に接続されているため、走査ユニットに衝撃が及んだとき、光ファイバーの走査ユニットとの接続部に

過大な応力がかかり、光ファイバーが損傷するおそれがあるという問題もある。
本発明の目的は、光スキャナーおよび光ファイバーの損傷を防止することができる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】
【０００５】
このような目的は、下記の本発明により達成される。
本発明の画像表示装置は、観察者の頭部に装着して使用されるフレームと、
前記フレームに支持され、画像信号に応じて変調された信号光を出射する光ファイバーと、
前記光ファイバーから出射された信号光を走査する光スキャナーと、
前記光ファイバーに対して離間し、前記光スキャナーを支持する支持部と、
前記フレームと前記支持部とを接続し、前記フレームから前記光スキャナーへの衝撃を緩和する衝撃緩和部と、を備えることを特徴とする。
【０００６】
このような画像表示装置によれば、衝撃緩和部がフレームから光スキャナーへの衝撃を緩和することができる。そのため、光スキャナーの損傷を防止することができる。
また、光ファイバーと支持部とが離間しているので、衝撃緩和部の作用により支持部がフレームに対して変位しても、光ファイバーに外力が加わるのを防止または抑制することができる。そのため、光ファイバーの損傷も防止することができる。
【０００７】
本発明の画像表示装置では、前記支持部は、前記光スキャナーを収納する筐体であることが好ましい。
これにより、光スキャナーを外部から保護することができる。
本発明の画像表示装置では、前記筐体は、前記信号光を透過する窓部を有し、前記光ファイバーから出射した前記信号光が前記窓部を介して前記光スキャナーに入射することが好ましい。
これにより、光スキャナー全体を覆うように筐体を構成しても、光ファイバーから出射した信号光を筐体内の光スキャナーに入射させることができる。
【０００８】
本発明の画像表示装置では、前記光ファイバーから出射した前記信号光を前記光スキャナーに向けて反射する反射部を備えることが好ましい。
これにより、光ファイバーが急激に屈曲または湾曲するのを防止することができる。その結果、光ファイバーの損傷がより生じ難くなる。
本発明の画像表示装置では、前記反射部は、前記フレームに設けられていることが好ましい。
これにより、光ファイバーと反射部との位置関係が変動するのを防止することができる。
【０００９】
本発明の画像表示装置では、前記衝撃緩和部は、弾性部材を有することが好ましい。
これにより、衝撃緩和部の構成を比較的簡単なものとすることができる。
本発明の画像表示装置では、前記光スキャナーおよび前記支持部は、前記フレームを前記使用したとき、前記フレームに対して前記観察者側に位置していることが好ましい。
これにより、フレームの外側（使用時における観察者と反対側）からの外力をフレームで阻止し、光スキャナーおよび支持部に加わるのを防止することができる。
【００１０】
本発明の画像表示装置では、前記フレームに支持され、前記信号光を生成する信号光生成部を備え、
前記信号光生成部で生成した前記信号光は、前記光ファイバーの一端部に入射し、前記光ファイバーの他端部から出射することが好ましい。
これにより、信号光生成部と光ファイバーとを光学的に接続した状態を安定して維持す

ることができる。また、信号光生成部と光ファイバーとの着脱が不要となるため、観察者の利便性が増すとともに、信号光生成部と光ファイバーとの着脱による損傷を防止することができる。

【００１１】

本発明の画像表示装置では、前記光スキャナーは、光反射性を有する光反射部を備える可動部を有し、前記可動部を互いに直交する２つの軸周りにそれぞれ揺動させることにより前記信号光を２次元的に走査することが好ましい。

これにより、信号光を２次元的に走査する構成（光走査部）の小型化および軽量化を図ることができる。

【００１２】

本発明の画像表示装置では、前記光スキャナーは、前記可動部、および、前記可動部を囲むように設けられた枠体部を含むジンバル構造を有することが好ましい。

これにより、信号光を２次元的に走査する構成（光走査部）をより小型なものとすることができる。

本発明の画像表示装置では、前記衝撃緩和部は、貫通孔を有し、前記光ファイバーから出射された信号光は前記貫通孔を通ることが好ましい。

これにより、衝撃緩和部は、衝撃の緩和だけでなく、光ファイバーの他端部からの出射光が外部へ漏れることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】本発明の第１実施形態に係る画像表示装置（ヘッドマウントディスプレイ）の概略構成を示す図である。

【図２】図１に示す画像表示装置の部分拡大図である。

【図３】図２に示す信号生成部の概略構成図である。

【図４】図３に示す駆動信号生成部の駆動信号の一例を示す図である。

【図５】図２に示す光走査部の概略構成図である。

【図６】図５に示す光スキャナーの平面図である。

【図７】図５に示す光スキャナーの断面図（Ｘ１軸に沿った断面図）である。

【図８】図２に示す光走査部の作用を説明するための図である。

【図９】本発明の第２実施形態に係る画像表示装置の部分拡大図である。

【図１０】図９に示す光走査部の概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

以下、本発明の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。

＜第１実施形態＞

図１は、本発明の第１実施形態に係る画像表示装置（ヘッドマウントディスプレイ）の概略構成を示す図、図２は、図１に示す画像表示装置の部分拡大図である。また、図３は、図２に示す信号生成部の概略構成図、図４は、図３に示す駆動信号生成部の駆動信号の一例を示す図である。また、図５は、図２に示す光走査部の概略構成図、図６は、図５に示す光スキャナーの平面図、図７は、図５に示す光スキャナーの断面図（Ｘ１軸に沿った断面図）である。また、図８は、図２に示す光走査部の作用を説明するための図である。

【００１５】

なお、図１および図２では、説明の便宜上、互いに直交する３つの軸として、Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸を図示しており、その図示した矢印の先端側を「＋側」、基端側を「－側」とする。また、Ｘ軸に平行な方向を「Ｘ軸方向」、Ｙ軸に平行な方向を「Ｙ軸方向」、Ｚ軸に平行な方向を「Ｚ軸方向」という。ここで、Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸は、後述する画像表示装置１を観察者の頭部Ｈに装着した際に、Ｘ軸方向が頭部Ｈの前後方向、Ｙ軸方向が頭部Ｈの上下方向、Ｚ軸方向が頭部Ｈの左右方向となるように設定されている。

【００１６】

図１に示す画像表示装置１は、眼鏡のような外観を有するヘッドマウントディスプレイ（頭部装着型画像表示装置）であって、観察者の頭部Ｈに装着して使用され、観察者に虚像による画像を外界像と重畳した状態で視認させるものである。
この画像表示装置１は、図１に示すように、フレーム２と、信号生成部３と、走査光出射部４と、衝撃緩和部５と、反射部６とを備える。

【００１７】

また、画像表示装置１は、図２に示すように、光ファイバー７を備える。
このような画像表示装置１では、信号生成部３が画像情報に応じて変調された信号光を生成し、光ファイバー７がその信号光を走査光出射部４へ導き、走査光出射部４が信号光を２次元的に走査して走査光を出射し、反射部６がその走査光を観察者の眼ＥＹに向けて反射する。これにより、画像情報に応じた虚像を観察者に視認させることができる。

【００１８】

なお、本実施形態では、信号生成部３、走査光出射部４、衝撃緩和部５、反射部６および光ファイバー７をフレーム２の右側にのみ設け、右眼用の虚像のみを形成する場合を例に説明するが、フレーム２の左側を右側と同様に構成することによって、右眼用の虚像と併せて左眼用の虚像も形成してもよいし、左眼用の虚像のみを形成するようにしてもよい。

【００１９】

以下、画像表示装置１の各部を順次詳細に説明する。
（フレーム）
図１に示すように、フレーム２は、観察者の頭部Ｈに装着して使用され、眼鏡フレームのような形状をなし、信号生成部３、衝撃緩和部５および反射部６を支持する機能を有する。また、図１では図示しないが、フレーム２は、光ファイバー７を支持する機能をも有する（図２参照）。
また、フレーム２は、図１に示すように、衝撃緩和部５、反射部６、ノーズパッド部２１を支持するフロント部２２と、フロント部２２に接続されて使用者の耳に当接する１対のテンプル部２３（つる部）と、各テンプル部２３のフロント部２２と反対の端部であるモダン部２４と、を含む。

【００２０】

ノーズパッド部２１は、使用時に観察者の鼻ＮＳに当接して、画像表示装置１を観察者の頭部に対して支持している。フロント部２２には、リム部２５やブリッジ部２６が含まれる。
このノーズパッド部２１は、使用時における観察者に対するフレーム２の位置を調整可能に構成されている。
なお、フレーム２の形状は、観察者の頭部Ｈに装着することができるものであれば、図示のものに限定されない。

【００２１】

（信号生成部）
図１および図２に示すように、信号生成部３は、前述したフレーム２の一方のモダン部２４に取り付けられている。
すなわち、信号生成部３は、使用時に観察者の耳ＥＡに対して眼ＥＹとは反対側に配置されている。これにより、画像表示装置の重量バランスを優れたものとすることができる。

【００２２】

この信号生成部３は、後述する走査光出射部４の光走査部４２で走査される信号光を生成する機能と、光走査部４２を駆動する駆動信号を生成する機能とを有する。
このような信号生成部３は、図３に示すように、信号光生成部３１と、駆動信号生成部３２と、制御部３３と、レンズ３４とを備える。
信号光生成部３１は、後述する走査光出射部４の光走査部４２（光スキャナー）で走査（光走査）される信号光を生成するものである。

この信号光生成部３１は、波長の異なる複数の光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂと、複数の駆動回路３１２Ｒ、３１２Ｇ、３１２Ｂと、光合成部（合成部）３１３とを有する。

【００２３】

光源３１１Ｒ（Ｒ光源）は、赤色光を出射するものであり、光源３１１Ｇ（Ｇ光源）は、緑色光を出射するものであり、光源３１１Ｂは、青色光を出射するものである。このような３色の光を用いることにより、フルカラーの画像を表示することができる。

このような光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂは、それぞれ、特に限定されないが、例えば、レーザーダイオード、ＬＥＤを用いることができる。

このような光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂは、それぞれ、駆動回路３１２Ｒ、３１２Ｇ、３１２Ｂに電気的に接続されている。

【００２４】

駆動回路３１２Ｒは、前述した光源３１１Ｒを駆動する機能を有し、駆動回路３１２Ｇは、前述した光源３１１Ｇを駆動する機能を有し、駆動回路３１２Ｂは、前述した光源３１１Ｂを駆動する機能を有する。

このような駆動回路３１２Ｒ、３１２Ｇ、３１２Ｂにより駆動された光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂから出射された３つ（３色）の光は、光合成部３１３に入射する。

【００２５】

光合成部３１３は、複数の光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂからの光を合成するものである。これにより、信号光生成部３１で生成される信号光を走査光出射部４へ伝送するための光ファイバーの数を少なくすることができる。そのため、本実施形態では、フレーム２のテンプル部２３に沿って設けられた１本の光ファイバー７を介して信号生成部３から走査光出射部４へ信号光を伝送することができる。

【００２６】

本実施形態では、光合成部３１３は、２つのダイクロイックミラー３１３ａ、３１３ｂを有する。

ダイクロイックミラー３１３ａは、赤色光を透過させるとともに緑色光を反射する機能を有する。また、ダイクロイックミラー３１３ｂは、赤色光および緑色光を透過させるとともに青色光を反射する機能を有する。

【００２７】

このようなダイクロイックミラー３１３ａ、３１３ｂを用いることにより、光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂからの赤色光、緑色光および青色光の３色の光を合成して、信号光を形成する。

本実施形態では、光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂからの赤色光、緑色光および青色光の光路長が互いに等しくなるように、光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂが配置されている。

【００２８】

なお、光合成部３１３は、前述したようなダイクロイックミラーを用いた構成に限定されず、例えば、光導波路、光ファイバー等で構成されていてもよい。

このような信号光生成部３１で生成した信号光は、レンズ３４を介して光ファイバー７の一端部７１に入射する。そして、かかる信号光は、光ファイバー７の他端部７２から出射し、後述する走査光出射部４の光走査部４２に伝送される。

このように信号光生成部３１で生成した信号光を光走査部４２へ導光する光ファイバー７を用いることにより、信号光生成部３１の設置位置の自由度が増す。

【００２９】

ここで、レンズ３４は、信号光生成部３１で生成した信号光を光ファイバー７に入力するために集光するものである。なお、レンズ３４は、必要に応じて設ければよく、省略することができる。また、例えば、レンズ３４に代えて、各光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂと光合成部３１３との間にレンズを設けることによっても、信号光を光ファイバー７に入力することができる。

また、信号光生成部３１がフレーム２に支持されていることにより、信号光生成部３１と光ファイバー７とを光学的に接続した状態を安定して維持することができる。また、信号光生成部３１と光ファイバー７との着脱が不要となるため、観察者の利便性が増すとともに、信号光生成部３１と光ファイバー７との着脱による損傷を防止することができる。

【００３０】

駆動信号生成部３２は、後述する走査光出射部４の光走査部４２（光スキャナー）を駆動する駆動信号を生成するものである。

この駆動信号生成部３２は、光走査部４２の第１の方向での走査（水平走査）に用いる第１の駆動信号を生成する駆動回路３２１（第１の駆動回路）と、光走査部４２の第１の方向に直交する第２の方向での走査（垂直走査）に用いる第２の駆動信号を生成する駆動回路３２２（第２の駆動回路）とを有する。

【００３１】

例えば、駆動回路３２１は、図４（ａ）に示すように、周期Ｔ１で周期的に変化する第１の駆動信号Ｖ１（水平走査用電圧）を発生させるものであり、駆動回路３２２は、図４（ｂ）に示すように、周期Ｔ１と異なる周期Ｔ２で周期的に変化する第２の駆動信号Ｖ２（垂直走査用電圧）を発生させるものである。

なお、第１の駆動信号および第２の駆動信号については、後に詳述する。

このような駆動信号生成部３２は、図示しない信号線を介して、後述する走査光出射部４の光走査部４２に電気的に接続されている。これにより、駆動信号生成部３２で生成した駆動信号（第１の駆動信号および第２の駆動信号）は、後述する走査光出射部４の光走査部４２に入力される。

【００３２】

前述したような信号光生成部３１の駆動回路３１２Ｒ、３１２Ｇ、３１２Ｂおよび駆動信号生成部３２の駆動回路３２１、３２２は、制御部３３に電気的に接続されている。

制御部３３は、映像信号（画像信号）に基づいて、信号光生成部３１の駆動回路３１２Ｒ、３１２Ｇ、３１２Ｂおよび駆動信号生成部３２の駆動回路３２１、３２２の駆動を制御する機能を有する。

これにより、信号光生成部３１が画像情報に応じて変調された信号光を生成するとともに、駆動信号生成部３２が画像情報に応じた駆動信号を生成する。

【００３３】

（光ファイバー）

光ファイバー７は、前述した信号生成部３の信号光生成部３１から出射された信号光を走査光出射部４へ導く機能を有する。

この光ファイバー７は、フレーム２に支持されている。本実施形態では、光ファイバー７がフレーム２内に埋設されている。なお、光ファイバー７は、フレーム２の外表面に接合されていてもよい。

【００３４】

また、図２に示すように、光ファイバー７は、フレーム２のテンプル部２３に沿って設けられている。

そして、光ファイバー７の一端部７１（信号光が入射する側の端部）には、前述した信号光生成部３１が光学的に接続され、信号光が入射する。これにより、信号光が光ファイバー７の他端部７２に向けて伝送される。

【００３５】

一方、光ファイバー７の他端部７２（信号光が出射する側の端部）は、走査光出射部４に光学的に接続され、信号光を走査光出射部４に出射する。これにより、信号光が走査光出射部４に入射する。

特に、光ファイバー７の他端部７２は、走査光出射部４に臨む位置で、かつ、走査光出射部４に離間した状態で、フレーム２のフロント部２２の内側の面から外部に露出している（図５参照）。

【００３６】

（走査光出射部）
図１および図２に示すように、走査光出射部４は、前述したフレーム２のブリッジ部２６近傍（言い換えればフロント部２２の中心近傍）に衝撃緩和部５を介して取り付けられている。
すなわち、走査光出射部４は、使用時に観察者の眼ＥＹよりも鼻ＮＳ側に位置するように配置されている。言い換えれば、走査光出射部４は、使用時の観察者の正面から見て、観察者の両眼ＥＹの間に位置している。さらに言い換えれば、走査光出射部４は、反射部６によって反射された信号光の光軸の位置よりも、ブリッジ部２６側（すなわちフロント部２２の中心側）位置している。これにより、画像表示装置１に観察者の顔に対して側方側に張り出した部分が形成されるのを防止することができる。
【００３７】
ここで、走査光出射部４は、フレーム２の内側に配置されている。すなわち、走査光出射部４は、使用時にフレーム２に対して観察者側（すなわちフロント部２２のノーズパッド部２１側）に位置している。これにより、フレーム２の外側（使用時における観察者と反対側）からの外力をフレーム２で阻止し、走査光出射部４（より具体的には後述する光走査部４２およびハウジング４１）に加わるのを防止することができる。例えば、フレーム２の外側から走査光出射部４が触れられるのを防止することができる。そのため、使用時に画像表示装置１が安定して画像表示を行うことができ、また、フレーム２の外側から触れられることによる走査光出射部４の損傷を防止することができる。また、画像表示装置１に観察者の顔に対して前方側に張り出した部分が形成されるのを防止することができる。そのため、画像表示装置１のデザイン性を優れたものとすることができる。
【００３８】
また、走査光出射部４は、画像表示装置１の未使用時に、他の物体上に載置した場合、その物体に接触しない位置に配置されている。これにより、画像表示装置１の未使用時における走査光出射部４の損傷を防止することができる。
このような走査光出射部４は、図５に示すように、ハウジング４１（筐体）と、光走査部４２と、レンズ４３（カップリングレンズ）と、レンズ４５（集光レンズ）とを備える。
【００３９】
ハウジング４１は、光走査部４２を支持するとともに光走査部４２を収納している。これにより、光走査部４２を外部から保護することができる。なお、収納とは、光走査部４２を完全に覆って（囲んで）いてもよいし、一部だけを覆って（囲んで）いてもよい。ここで、ハウジング４１は、光走査部４２を支持する支持部を構成する。
このハウジング４１は、防塵・防滴、防湿構造をなしていることが好ましい。これにより、画像表示装置１の信頼性を高めることができる。
【００４０】
また、ハウジング４１には、レンズ４３およびレンズ４５が取り付けられ、レンズ４３、４５がハウジング４１の一部（壁部の一部）を構成している。これにより、部品点数を抑えるとともに、装置の小型化を図ることができる。また、光ファイバー７から出射した信号光がレンズ４３を介して光走査部４２に入射する。したがって、レンズ４３は、信号光に対する透過性を有する窓部を構成している。このように、光走査部４２全体を覆うようにハウジング４１を構成しても、光ファイバー７から出射した信号光をハウジング４１内の光走査部４２に入射させることができる。また、光走査部４２で走査した信号光（走査光）がレンズ４５を介してハウジング４１の外部へ出射する。したがって、レンズ４５は、走査光に対する透過性を有する窓部を構成している。
【００４１】
また、レンズ４３（ハウジング４１の信号光を透過する窓部）には、光ファイバー７の他端部７２が離間した状態で臨んでいる。光ファイバー７とハウジング４１とが離間していることにより、従来のような光ファイバーの走査ユニットとの接続部に過大な応力がかかることによる光ファイバーの損傷を防止することができる。また、後述する衝撃緩和部

５の作用によりハウジング４１がフレーム２に対して変位しても、光ファイバー７に外力（応力）が加わるのを防止または抑制することができる。そのため、光ファイバー７の損傷も防止することができる。

【００４２】

光走査部４２は、信号光生成部３１からの信号光を２次元的に走査する光スキャナーである。この光走査部４２で信号光を走査することにより走査光が形成される。

この光走査部４２は、図６に示すように、可動ミラー部１１と、１対の軸部１２ａ、１２ｂ（第１の軸部）と、枠体部１３と、２対の軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ（第２の軸部）と、支持部１５と、永久磁石１６と、コイル１７とを備える。言い換えれば、光走査部４２はいわゆるジンバル構造を有している。

【００４３】

ここで、可動ミラー部１１および１対の軸部１２ａ、１２ｂは、Ｙ１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、２対の軸部１２ａ、１２ｂ、枠体部１３、１対の軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄおよび永久磁石１６は、Ｘ１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、光走査部４２は、信号重畳部１８を有しており（図７参照）、永久磁石１６、コイル１７、信号重畳部１８および駆動信号生成部３２は、前述した第１の振動系および第２の振動系を駆動（すなわち、可動ミラー部１１をＸ１軸およびＹ１軸周りに揺動）させる駆動部を構成する。

【００４４】

以下、光走査部４２の各部を順次詳細に説明する。

可動ミラー部１１は、基部１１１（可動部）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。

【００４５】

この光反射板１１３は、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（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できる。

【００４６】

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、光走査部４２の小型化を図ることができる。言い換えると、光反射部１１４の面積に対する光走査部４２の大きさを小さくすることができる。

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。

【００４７】

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。

【００４８】

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。

【００４９】

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）には、図７に示すように、硬質層１１５が設けられている。

【００５０】

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Ｘ１軸およびＹ１軸周りの揺動時における慣性モーメントを抑えることができる。

【００５１】

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、カーボンナイトライド膜、水晶、サファイヤ、タンタル酸リチウム、ニオブ酸カリウム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。

硬質層１１５の厚さ（平均）は、特に限定されないが、１～１０μｍ程度であるのが好ましく、１～５μｍ程度であるのがさらに好ましい。

【００５２】

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。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。

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。

【００５３】

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Ｙ１軸周りに揺動させることができる。

また、基部１１１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。すなわち、光反射板１１３の光反射部１１４が設けられる面（板面）の面積は、基部１１１のスペーサー１１２が固定される面の面積よりも大きい。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。

【００５４】

枠体部１３は、図６に示すように、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。
【００５５】
また、枠体部１３は、Ｙ１軸に沿った方向での長さがＸ１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、Ｙ１軸に沿った方向における枠体部１３の長さをａとし、Ｘ１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、Ｘ１軸に沿った方向における光走査部４２の長さを抑えることができる。
【００５６】
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および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Ｙ１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。
【００５７】
なお、枠体部１３の形状は、可動ミラー部１１の基部１１１を囲む枠状であれば、図示のものに限定されない。
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１２ａ、１２ｂは、可動ミラー部１１をＹ１軸（第１の軸）周りに回動（揺動）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１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄは、枠体部１３をＹ１軸に直交するＸ１軸（第２の軸）周りに回動（揺動）可能とするように、枠体部１３と支持部１５を連結している。
【００５８】
軸部１２ａ、１２ｂ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１２ａ、１２ｂは、それぞれ、Ｙ１軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部１２ａ、１２ｂ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１２ａ、１２ｂは、それぞれ、中心軸がＹ１軸に一致するように配置されている。
【００５９】
このような軸部１２ａ、１２ｂは、それぞれ、可動ミラー部１１のＹ１軸周りの揺動に伴って捩れ変形する。
軸部１４ａ、１４ｂおよび軸部１４ｃ、１４ｄは、枠体部１３を介して（挟んで）互いに対向するように配置されている。また、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄは、それぞれ、Ｘ１軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ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１４ａ、１４ｂは、Ｘ１軸を介して互いに対向するように配置され、同様に、軸部１４ｃ、１４ｄは、Ｘ１軸を介して互いに対向するように配置されている。
【００６０】
このような軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄは、枠体部１３のＸ１軸周りの揺動に伴って、軸部１４ａ、１４ｂ全体および軸部１４ｃ、１４ｄ全体がそれぞれ捩れ変形する。
このように、可動ミラー部１１をＹ１軸周りに揺動可能とするとともに、枠体部１３をＸ１軸周りに揺動可能とすることにより、可動ミラー部１１を互いに直交するＸ１軸およびＹ１軸の２軸周りに揺動（往復回動）させることができる。
【００６１】
また、このような軸部１２ａ、１２ｂのうちの少なくとも一方の軸部、および、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄのうちの少なくとも１つの軸部には、それぞれ、例えば歪みセンサーのような角度検出センサーが設けられている。この角度検出センサーは、光走査部４２の角度情報、より具体的には、光反射部１１４のＸ１軸周りおよびＹ１軸周りの

それぞれの揺動角を検出することができる。この検出結果は、図示しないケーブルを介して、制御部３３に入力される。

【００６２】

なお、軸部１２ａ、１２ｂおよび軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ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１２ａ、１２ｂ、枠体部１３、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄおよび支持部１５は、一体的に形成されている。

【００６３】

本実施形態では、基部１１１、軸部１２ａ、１２ｂ、枠体部１３、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄおよび支持部１５は、第１のＳｉ層（デバイス層）と、SiO_2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１２ａ、１２ｂ、枠体部１３、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ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、光走査部４２の小型化を図ることができる。

【００６４】

そして、基部１１１、軸部１２ａ、１２ｂおよび軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ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１２ａ、１２ｂおよび軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄの弾性を優れたものとすることができる。また、基部１１１がＹ１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。

【００６５】

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、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。これにより、枠体部１３および支持部１５の剛性を優れたものとすることができる。また、枠体部１３のSiO_2層および第２のＳｉ層は、枠体部１３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１１が永久磁石１６に接触するのを防止する機能も有する。

【００６６】

また、支持部１５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、支持部１５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。

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、粗面化処理、黒色処理等が挙げられる。

なお、前述した基部１１１、軸部１２ａ、１２ｂおよび軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄ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。

【００６７】

また、本実施形態では、スペーサー１１２および光反射板１１３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１１２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１１３は、ＳＯＩ基板の第１のＳｉ層で構成されている。

【００６８】

このように、ＳＯＩ基板を用いてスペーサー１１２および光反射板１１３を形成することにより、互いに接合されたスペーサー１１２および光反射板１１３を簡単かつ高精度に製造することができる。

【００６９】

このようなスペーサー１１２は、例えば、接着剤、ろう材等の接合材（図示せず）により基部１１１に接合されている。

前述した枠体部１３の下面（光反射板１１３とは反対側の面）には、永久磁石１６が接合されている。

永久磁石１６と枠体部１３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。

【００７０】

永久磁石１６は、平面視にて、Ｘ１軸およびＹ１軸に対して傾斜する方向に磁化されている。

本実施形態では、永久磁石１６は、Ｘ１軸およびＹ１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１６は、その長手方向に磁化されている。すなわち、永久磁石１６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。

【００７１】

また、永久磁石１６は、平面視にて、Ｘ１軸とＹ１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。

なお、本実施形態では、枠体部１３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１３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１１１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１３に設置すればよい。

【００７２】

Ｘ１軸に対する永久磁石１６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１６を設けることで、円滑かつ確実に可動ミラー部１１をＸ１軸の周りに回動させることができる。

このような永久磁石１６としては、例えば、ネオジム磁石、フェライト磁石、サマリウムコバルト磁石、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１６は、硬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１３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１６を枠体部１３に設置しようとすると、外部や他の部品の磁界の影響により、永久磁石１６を所望の位置に設置できない場合があるからである。

【００７３】

このような永久磁石１６の直下には、コイル１７が設けられている。すなわち、枠体部１３の下面に対向するように、コイル１７が設けられている。これにより、コイル１７から発生する磁界を効率的に永久磁石１６に作用させることができる。これにより、光走査部４２の省電力化および小型化を図ることができる。

このようなコイル１７は、信号重畳部１８に電気的に接続されている（図７参照）。

そして、信号重畳部１８によりコイル１７に電圧が印加されることで、コイル１７からＸ１軸およびＹ１軸に直交する磁束を有する磁界が発生する。

信号重畳部１８は、前述した第１の駆動信号Ｖ１と第２の駆動信号Ｖ２とを重畳する加算器（図示せず）を有し、その重畳した電圧をコイル１７に印加する。

【００７４】

ここで、第１の駆動信号Ｖ１および第２の駆動信号Ｖ２について詳述する。

前述したように、駆動回路３２１は、図４（ａ）に示すように、周期Ｔ１で周期的に変化する第１の駆動信号Ｖ１（水平走査用電圧）を発生させるものである。すなわち、駆動回路３２１は、第１周波数（１／Ｔ１）の第１の駆動信号Ｖ１を発生させるものである。

第１の駆動信号Ｖ１は、正弦波のような波形をなしている。そのため、光走査部４２は効果的に光を主走査することができる。なお、第１の駆動信号Ｖ１の波形は、これに限定されない。

【００７５】

また、第１周波数（１／Ｔ１）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、１０～４０ｋＨｚであるのが好ましい。

本実施形態では、第１周波数は、可動ミラー部１１および１対の軸部１２ａ、１２ｂで構成される第１の振動系（捩り振動系）の捩り共振周波数（ｆ１）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、その捩り共振周波数ｆ１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１１のＹ１軸周りの回動角を大きくすることができる。

【００７６】

一方、前述したように、駆動回路３２２は、図４（ｂ）に示すように、周期Ｔ１と異なる周期Ｔ２で周期的に変化する第２の駆動信号Ｖ２（垂直走査用電圧）を発生させるものである。すなわち、駆動回路３２２は、第２周波数（１／Ｔ２）の第２の駆動信号Ｖ２を発生させるものである。

第２の駆動信号Ｖ２は、鋸波のような波形をなしている。そのため、光走査部４２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の駆動信号Ｖ２の波形は、これに限定されない。

【００７７】

第２周波数（１／Ｔ２）は、第１周波数（１／Ｔ１）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、３０～８０Ｈｚ（６０Ｈｚ程度）であるのが好ましい。このように、第２の駆動信号Ｖ２の周波数を６０Ｈｚ程度とし、前述したように第１の駆動信号Ｖ１の周波数を１０～４０ｋＨｚとすることで、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（Ｘ１軸およびＹ１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Ｘ１軸およびＹ１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の駆動信号Ｖ１の周波数と第２の駆動信号Ｖ２の周波数との組み合わせは、特に限定されない。

【００７８】

本実施形態では、第２の駆動信号Ｖ２の周波数は、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１６で構成された第２の振動系（捩り振動系）の捩り共振周波数（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の駆動信号Ｖ２の周波数（第２周波数）は、第１の駆動信号Ｖ１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Ｔ２は、周期Ｔ１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Ｙ１軸周りに第１周波数で回動させつつ、Ｘ１軸周りに第２周波数で回動させることができる。

【００７９】

また、第１の振動系の捩り共振周波数をｆ１［Ｈｚ］とし、第２の振動系の捩り共振周波数をｆ２［Ｈｚ］としたとき、ｆ１とｆ２とが、ｆ２＜ｆ１の関係を満たすことが好ましく、ｆ１≧１０ｆ２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、Ｙ１軸周りに第１の駆動信号Ｖ１の周波数で回動させつつ、Ｘ１軸周りに第２の駆動信号Ｖ２の周波数で回動させることができる。これに対し、ｆ１≦ｆ２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。

【００８０】

次に、光走査部４２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の駆動信号Ｖ１の周波数は、第１の振動系の捩り共振周波数と等しく設定されており、第２の駆動信号Ｖ２の周波数は、第２の振動系の捩り共振周波数と異なる値に、かつ、第１の駆動信号Ｖ１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の駆動信号Ｖ１の周波数が１８ｋＨｚ、第２の駆動信号Ｖ２の周波数が６０Ｈｚに設定されている）。

【００８１】

例えば、図４（ａ）に示すような第１の駆動信号Ｖ１と、図４（ｂ）に示すような第２の駆動信号Ｖ２とを信号重畳部１８にて重畳し、重畳した電圧をコイル１７に印加する。

すると、第１の駆動信号Ｖ１によって、永久磁石１６の一端部（Ｎ極）をコイル１７に引き付けようとするとともに、永久磁石１６の他端部（Ｓ極）をコイル１７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１６の一端部（Ｎ極）をコイル１７から離間させようとするとともに、永久磁石１６の他端部（Ｓ極）をコイル１７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。

【００８２】

ここで、上述したように、永久磁石１６は、それぞれの端部（磁極）が、Ｙ１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６の平面視において、Ｙ１軸を挟んで一方側に永久磁石１６のＮ極が位置し、他方側に永久磁石１６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Ｙ１軸周りの捩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１２ａ、１２ｂを捩れ変形させつつ、可動ミラー部１１が第１の駆動信号Ｖ１の周波数でＹ１軸まわりに回動する。

【００８３】

また、第１の駆動信号Ｖ１の周波数は、第１の振動系の捩り共振周波数と等しい。そのため、第１の駆動信号Ｖ１によって、効率的に、可動ミラー部１１をＹ１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Ｙ１軸周りの捩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Ｙ１軸周りの回動角を大きくすることができる。

【００８４】

一方、第２の駆動信号Ｖ２によって、永久磁石１６の一端部（Ｎ極）をコイル１７に引き付けようとするとともに、永久磁石１６の他端部（Ｓ極）をコイル１７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１６の一端部（Ｎ極）をコイル１７から離間させようとするとともに、永久磁石１６の他端部（Ｓ極）をコイル１７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。

【００８５】

ここで、上述したように、永久磁石１６は、それぞれの端部（磁極）が、Ｘ１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６の平面視において、Ｘ１軸を挟んで一方側に永久磁石１６のＮ極が位置し、他方側に永久磁石１６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をそれぞれ捩れ変形させつつ、枠体部１３が可動ミラー部１１とともに、第２の駆動信号Ｖ２の周波数でＸ１軸周りに回動する。

また、第２の駆動信号Ｖ２の周波数は、第１の駆動信号Ｖ１の周波数に比べて極めて低く設定されている。また、第２の振動系の捩り共振周波数は、第１の振動系の捩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の駆動信号Ｖ２の周波数でＹ１軸周りに回動してしまうことを防止することができる。

【００８６】

以上説明したような光走査部４２によれば、光反射性を有する光反射部１１４を備える可動ミラー部１１を互いに直交する２つの軸周りにそれぞれ揺動させるので、光走査部４２の小型化および軽量化を図ることができる。

特に、光走査部４２がジンバル構造を有するため、信号光を２次元的に走査する構成（光走査部４２）をより小型なものとすることができる。

【００８７】

このような光走査部４２の光反射部１１４には、光ファイバー７から出射した信号光がレンズ４３を介して入射する。これにより、信号光が光走査部４２により２次元的に走査される。

レンズ４３は、光ファイバー７から出射した信号光のスポット径を調整する機能を有する。また、レンズ４３は、光ファイバー７から出射した信号光の放射角を調整し、略平行化する機能をも有する。

【００８８】

そして、光走査部４２で走査された信号光（走査光）は、レンズ４５を介して、ハウジング４１の外部へ出射する。

レンズ４５は、光走査部４２と反射部６との間に設けられている。
このレンズ４５は、反射部６で反射した信号光が平行光となるように、光走査部４２からの信号光を光走査部４２と反射部６との間で集光する単レンズである。すなわち、レンズ４５は、反射部６で反射した信号光が平行光となるように、走査される位置に応じて信号光の結像点（集光位置）を調整する結像点調整部を構成していると言える。このようなレンズ４５を設けることにより、反射部６の姿勢や形状等の設計の自由度が増す。

【００８９】

（衝撃緩和部）

衝撃緩和部５は、フレーム２とハウジング４１とを接続し、フレーム２から光走査部４２への衝撃を緩和する機能を有する。これにより、光走査部４２の損傷を防止することができる。

本実施形態では、衝撃緩和部５は、図５に示すように、フレーム２のフロント部２２に取り付けられ、支持されている。

【００９０】

この衝撃緩和部５は、弾性を有する。すなわち、衝撃緩和部５は、弾性部材で構成されている。これにより、衝撃緩和部５の構成を比較的簡単なものとすることができる。

また、衝撃緩和部５は、ブロック状をなしている。なお、衝撃緩和部５の形状、数、大きさ等は、図示のものに限定されず、例えば、弾性を高めるよう、衝撃緩和部５に貫通孔や凹部が形成されていてもよいし、複数の弾性部材で衝撃緩和部５が構成されていてもよい。また、衝撃緩和部５に貫通孔がある場合、貫通孔に光ファイバー７の他端部７２からの出射した信号光が通るようにしてもよい。これにより、衝撃緩和部５が衝撃の緩和だけでなく、光ファイバー７の他端部７２からの出射光が外部へ漏れることを抑制する効果も兼ねることができる。

【００９１】

また、衝撃緩和部５の構成材料としては、衝撃緩和部５の形状、大きさや、走査光出射部４の質量、大きさ、形状等に応じて決められるものであり、特に限定されないが、例えば、ゴム材料、エラストマー材料、樹脂材料等が挙げられる。また、衝撃緩和部５を構成する材料は、固体状であってもよいし、ゲル状でもあってもよい。なお、衝撃緩和部５の形状、大きさ、走査光出射部４の質量等によっては、金属材料のような比較的硬質な材料を衝撃緩和部５の構成材料として用いることもできる。この場合、衝撃緩和部５は、弾性を発揮し得るよう、コイルばねや板バネのような形状をなしていることが好ましい。

このような衝撃緩和部５のフレーム２とは反対側の部分には、走査光出射部４のハウジング４１の外表面が接合されている。これにより、ハウジング４１がフレーム２に対して離間した状態で、衝撃緩和部５を介してハウジング４１をフレーム２に対して支持することができる。

【００９２】

（反射部）

図１および図２に示すように、反射部６は、前述したフレーム２のフロント部２２に含まれるリム部２５に取り付けられている。

すなわち、反射部６は、使用時に観察者の眼ＥＹの前方かつ光走査部４２よりも当該観察者に対して遠方側に位置するように配置されている。これにより、画像表示装置１に観察者の顔に対して前方側に張り出した部分が形成されるのを防止することができる。

【００９３】

この反射部６は、図８に示すように、光走査部４２からの信号光を当該観察者の眼に向けて反射する機能を有する。

本実施形態では、反射部６は、ハーフミラーであり、外界光を透過させる機能（可視光に対する透光性）をも有する。すなわち、反射部６は、光走査部４２からの信号光を反射させるとともに、使用時において反射部６の外側から観察者の眼に向かう外界光を透過させる機能を有する。これにより、観察者は、外界像を視認しながら、信号光により形成された虚像（画像）を視認することができる。すなわち、シースルー型のヘッドマウントデ

ィスプレイを実現することができる。

【００９４】

例えば、反射部６は、回折格子を有していてもよい。この場合、回折格子に様々な光学特性をもたせ、光学系の部品点数を減らしたり、デザインの自由度を高めたりすることができる。例えば、回折格子としてホログラム素子を用いることにより、反射部６で反射する信号光の出射方向を調整することができる。また、回折格子にレンズ効果をもたせることによって、反射部６で反射する信号光からなる走査光全体の結像状態を調整することもできる。

【００９５】

また、反射部６は、例えば、透明基板上に金属薄膜や誘電体多層膜等で構成された半透過反射膜を形成したものであってもよい。

また、反射部６は、眼幅方向に対して使用時の観察者の鼻ＮＳ側から耳ＥＡ側に向かう方向に傾斜した状態で配置される。言い換えれば、反射部６は、使用時の観察者の鼻ＮＳ側から耳ＥＡ側に向かう顔の輪郭に略沿った曲面形状を有する。さらに言い換えると、使用時の観察者の鼻ＮＳ側から耳ＥＡ側に向かって湾曲している。これにより、画像表示装置１の小型化を図るとともに、画像表示装置１のデザイン性を高めることができる。また、光走査部４２からの信号光を反射部６で容易に使用時の観察者の眼ＥＹに向けて反射させることができる。

本実施形態では、反射部６は、フレーム２の湾曲に沿って湾曲した形状をなす。すなわち反射部６の反射面は凹面の曲面形状を有している。

【００９６】

以上説明したような画像表示装置１によれば、衝撃緩和部５がフレーム２から光走査部４２への衝撃を緩和することができる。そのため、光走査部４２の損傷を防止することができる。したがって、画像表示装置１は信頼性に優れる。

また、光ファイバー７とハウジング４１とが離間しているので、衝撃緩和部５の作用によりハウジング４１がフレーム２に対して変位しても、光ファイバー７に外力が加わるのを防止または抑制することができる。そのため、光ファイバー７の損傷も防止することができる。したがって、画像表示装置１は安全性に優れる。

【００９７】

＜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９は、本発明の第２実施形態に係る画像表示装置の部分拡大図、図１０は、図９に示す光走査部の概略構成図である。

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９および図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。

【００９８】

本実施形態の画像表示装置は、光スキャナー、支持部および光ファイバーの配置が異なるとともに、光ファイバーから出社した信号光を反射する反射部を設けた以外は、前述した第１実施形態の画像表示装置と同様である。

本実施形態の画像表示装置１Ａは、図９に示すように、フレーム２Ａと、信号生成部３と、走査光出射部４と、衝撃緩和部５Ａと、光ファイバー７Ａと、反射部８とを備える。

【００９９】

フレーム２Ａは、ノーズパッド部２１を支持するフロント部２２Ａと、フロント部２２Ａに接続されて使用者の耳に当接する１対のテンプル部２３Ａ（つる部）と、各テンプル部２３Ａのフロント部２２Ａと反対の端部であるモダン部２４と、を含む。なお、図示しないが、フロント部２２Ａは、反射部６をも支持する。

衝撃緩和部５Ａは、右側の一方のテンプル部２３Ａのフロント部２２Ａ側の端部に取り付けられている。

【０１００】

衝撃緩和部５Ａは、フレーム２Ａと走査光出射部４とを接続している。これにより、走査光出射部４が衝撃緩和部５Ａを介してフレーム２Ａに支持されている。

この衝撃緩和部５Ａは、前述した第１実施形態の衝撃緩和部５と同様に構成することができる。

光ファイバー７Ａは、フレーム２Ａのテンプル部２３Ａに沿って設けられている。

そして、光ファイバー７Ａの一端部７１Ａ（信号光が入射する側の端部）には、前述した信号光生成部３１が光学的に接続され、信号光が入射する。

【０１０１】

一方、光ファイバー７Ａの他端部７２Ａ（信号光が出射する側の端部）は、走査光出射部４に光学的に接続され、信号光を走査光出射部４に出射する。

特に、光ファイバー７Ａの他端部７２Ａは、反射部８に臨む位置で、かつ、走査光出射部４に離間した状態で、フレーム２Ａのフロント部２２Ａの内側の面から外部に露出している。本実施形態では、フレーム２Ａには、フレーム２Ａの内側に開口する凹部２７が設けられており、光ファイバー７Ａの他端部７２Ａは、凹部２７内に露出している。

【０１０２】

この光ファイバー７Ａは、主に、テンプル部２３Ａに設けられているので、急激に屈曲または湾曲した部分がなく、損傷がより生じ難くなる。また、光ファイバー７Ａの他端部がテンプル部２３Ａに位置することにより、テンプル部２３Ａをフロント部２５Ａに対して折りたたみ可能に構成することができる。

また、フロント部２２Ａの右側のテンプル部２３Ａ側の端部には、反射部８が設けられている。本実施形態では、反射部８は、凹部２７内に設けられている。これにより、反射部８の損傷、汚れ等を防止することができる。なお、凹部２７の開口には、透明材料で構成された窓部で覆われていてもよい。また、光ファイバー７Ａをフレーム２Ａの外表面に接合する場合には、凹部２７を省略し、反射部８もフレーム２Ａの外表面に接合すればよい。また、反射部８は、フレーム２Ａと一体で形成されていてもよい。

【０１０３】

反射部８は、光ファイバー７Ａから出射した信号光を光走査部４２に向けて反射する機能を有する。これにより、光ファイバー７Ａが急激に屈曲または湾曲するのを防止することができる。その結果、光ファイバー７Ａの損傷がより生じ難くなる。

また、反射部８がフレーム２Ａに設けられているので、光ファイバー７Ａと反射部８との位置関係が変動するのを防止することができる。そのため、安定した画像表示が可能となる。

この反射部８は、信号光を反射し得るものであれば、特に限定されず、例えば、ミラー、プリズム等で構成することができる。

【０１０４】

以上説明したような第２実施形態の画像表示装置１Ａによっても、光走査部４２および光ファイバー７Ａの損傷を防止することができる

以上、本発明の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。

【０１０５】

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）を組み合わせたものであってもよい。

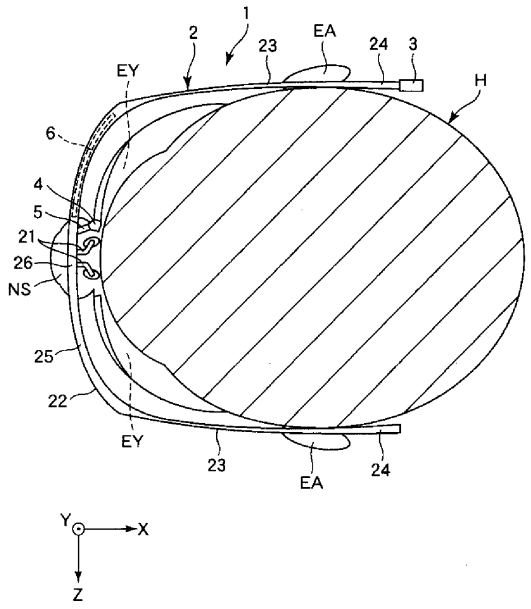
また、前述した実施形態では、眼鏡型の頭部装着型画像表示装置に本発明を適用した場合を例に説明したが、本発明は、頭部に装着可能な画像表示装置であれば、これらに限定されず、例えば、ヘッドセット型、ヘルメット型等の他の頭部装着型画像表示装置にも適用可能である。

【符号の説明】

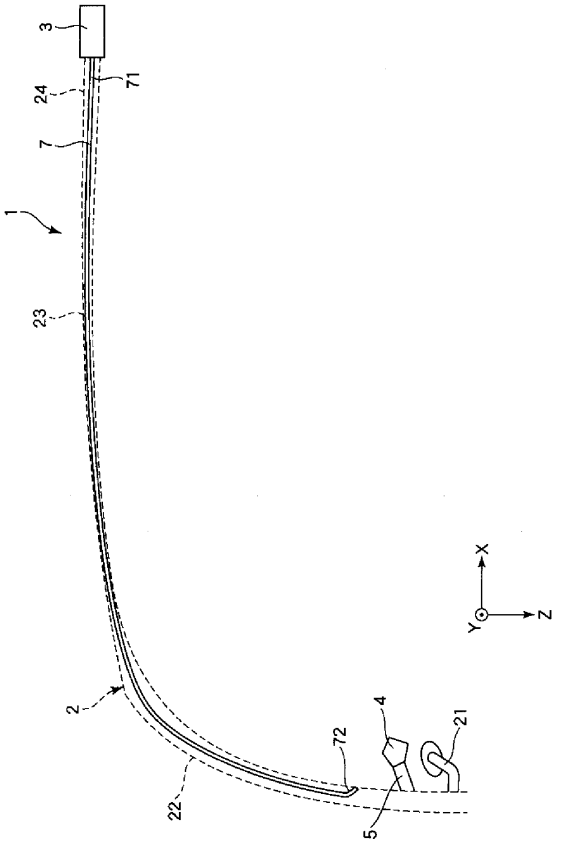
【０１０６】

１・・・・画像表示装置　１Ａ・・・・画像表示装置　２・・・・フレーム　２Ａ・・・・フレーム　３・・・・信号生成部　４・・・・走査光出射部　５・・・・衝撃緩和部　５Ａ・・・・衝撃緩和部　６・・・・反射部　７・・・・光ファイバー　７Ａ・・・・光ファイバー　８・・・・反射部　１１・・・・可動ミラー部　１２ａ・・・・軸部　１２ｂ・・・・軸部　１３・・・・枠体部　１４ａ・・・・軸部　１４ｂ・・・・軸部　１４ｃ・・・・軸部　１４ｄ・・・・軸部　１５・・・・支持部　１６・・・・永久磁石　１７・・・・コイル　１８・・・・信号重畳部　２１・・・・ノーズパッド部　２２・・・・フロント部　２２Ａ・・・・フロント部　２３・・・・テンプル部　２３Ａ・・・・テンプル部　２４・・・・モダン部　２５・・・・リム部　２５Ａ・・・・フロント部　２６・・・・ブリッジ部　２７・・・・凹部　３１・・・・信号光生成部　３２・・・・駆動信号生成部　３３・・・・制御部　３４・・・・レンズ　４１・・・・ハウジング（支持部）　４２・・・・光走査部　４３・・・・レンズ　４４・・・・レンズ　４５・・・・レンズ　７１・・・・一端部　７１Ａ・・・・一端部　７２・・・・他端部　７２Ａ・・・・他端部　１１１・・・・基部　１１２・・・・スペーサー　１１３・・・・光反射板　１１４・・・・光反射部　１１５・・・・硬質層　３１１Ｂ・・・・光源　３１１Ｇ・・・・光源　３１１Ｒ・・・・光源　３１２Ｂ・・・・駆動回路　３１２Ｇ・・・・駆動回路　３１２Ｒ・・・・駆動回路　３１３・・・・光合成部　３１３ａ・・・・ダイクロイックミラー　３１３ｂ・・・・ダイクロイックミラー　３２１・・・・駆動回路　３２２・・・・駆動回路　ＥＡ・・・・耳　ＥＹ・・・・眼　Ｈ・・・・頭部　ＮＳ・・・・鼻　Ｔ１・・・・周期　Ｔ２・・・・周期　Ｖ１・・・・第１の駆動信号　Ｖ２・・・・第２の駆動信号　θ・・・・傾斜角

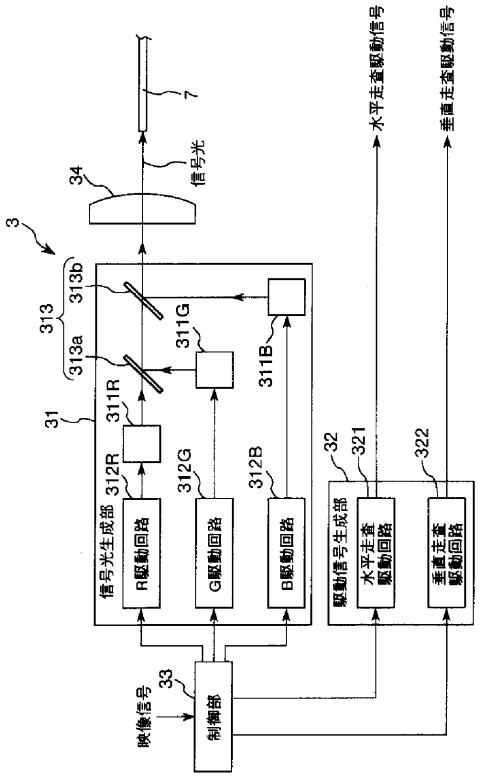
【図１】



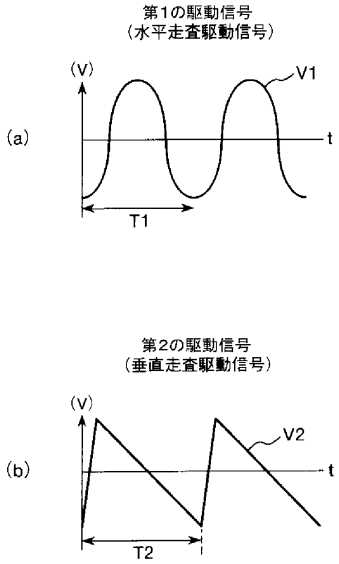
【図２】



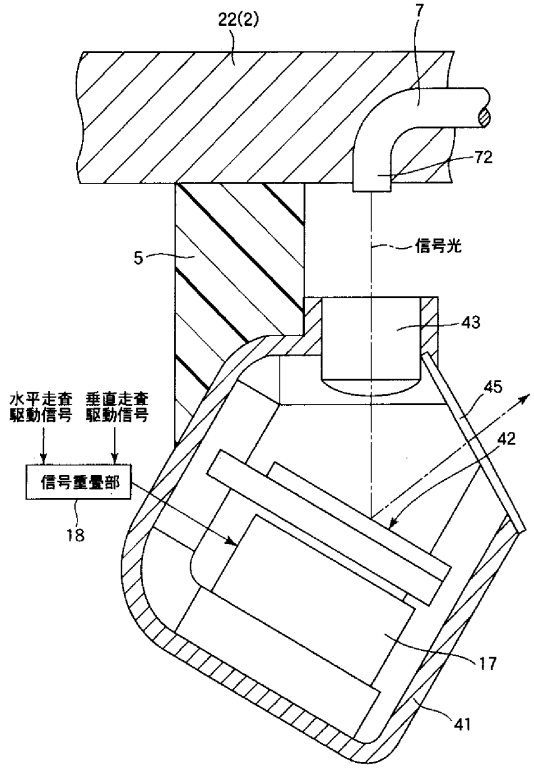
【図３】


7
信号光
34
3
313
313b
313a
311G
311B
311R
31
312R
312G
312B
信号光生成部
R駆動回路
G駆動回路
B駆動回路
32
321
322
駆動信号生成部
水平走査駆動回路
垂直走査駆動回路
水平走査駆動信号
垂直走査駆動信号
33
映像信号
制御部

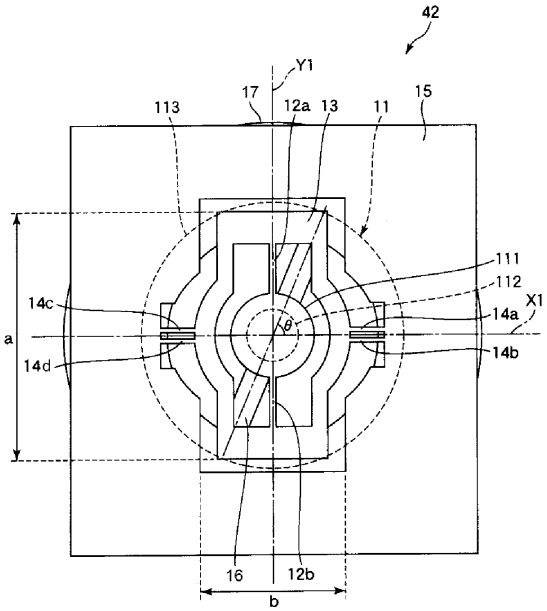
【図４】


第1の駆動信号
（水平走査駆動信号）
(V)
V1
(a)
t
T1
第2の駆動信号
（垂直走査駆動信号）
(V)
V2
(b)
t
T2

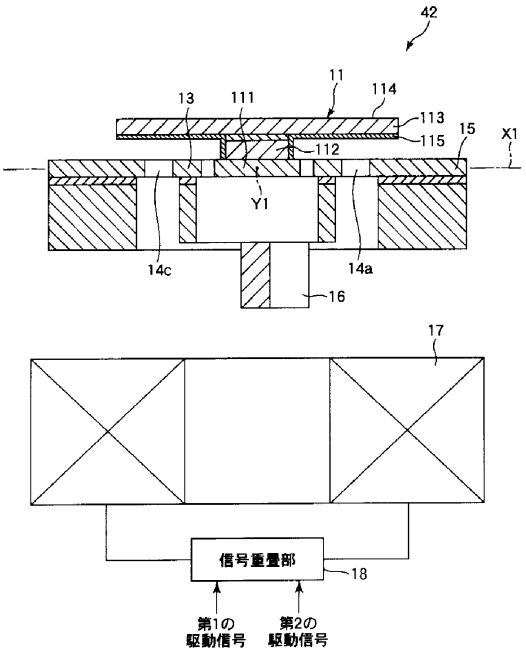
【図５】


22(2)
7
72
信号光
5
43
45
42
水平走査
駆動信号
垂直走査
駆動信号
信号重畳部
18
17
41

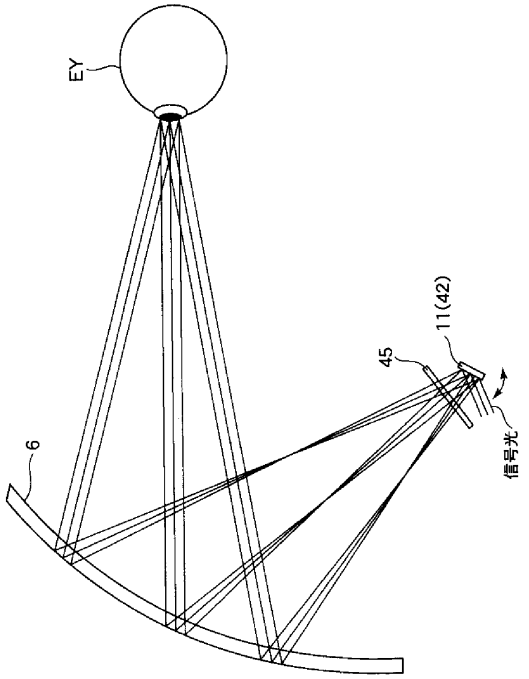
【図６】


42
Y1
17
12a
13
11
15
113
111
112
14c
14a
X1
θ
a
14d
14b
16
12b
b

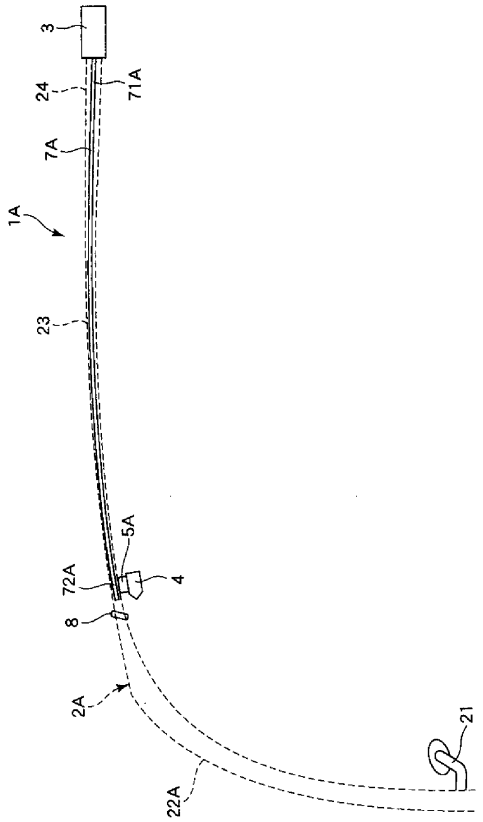
【図７】


42
11
13
111
114
113
115
15
X1
112
Y1
14c
14a
16
17
信号重畳部
18
第1の
駆動信号
第2の
駆動信号

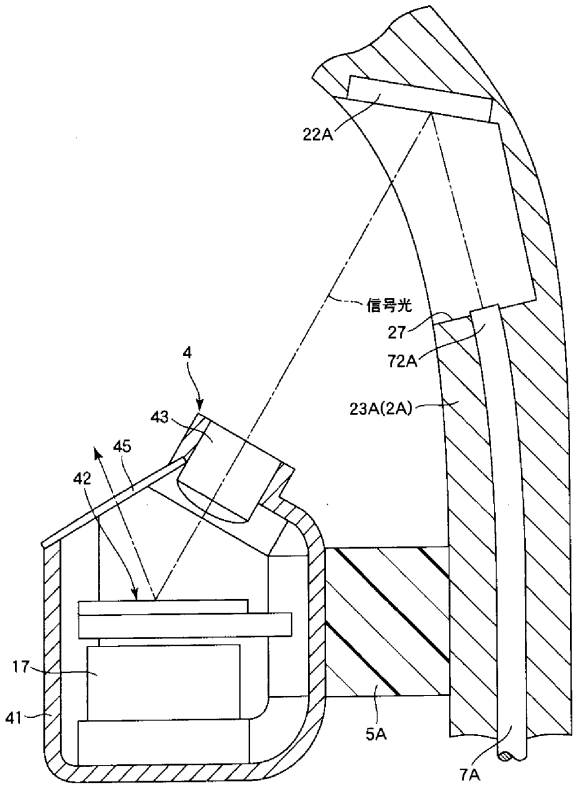
【図８】


EY
11(42)
45
6
信号光

【図９】


3
24
71A
7A
1A
23
5A
72A
4
8
2A
21
22A

【図１０】


22A
信号光
27
72A
4
23A(2A)
43
45
42
17
41
5A
7A

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００５－９１５５３（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－７０６７１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－４１４３４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　２７／０２
Ｇ０２Ｂ　２６／１０
Ｈ０４Ｎ　５／６４