

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-149478

(P2014-149478A)

(43) 公開日 平成26年8月21日(2014.8.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 27/02 (2006.01)	GO2B 27/02 Z	2H045
GO2B 26/10 (2006.01)	GO2B 26/10 1O4Z	2H199
HO4N 5/64 (2006.01)	HO4N 5/64 511A	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2013-19181 (P2013-19181)
 (22) 出願日 平成25年2月4日(2013.2.4)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 官坂 一彦
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (72) 発明者 清水 武士
 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
 Fターム(参考) 2H045 AB13 AB24 AB25 AB38 AB43
 BA13 BA24 CB63
 2H199 CA02 CA06 CA29 CA30 CA34
 CA66 CA69 CA70 CA89

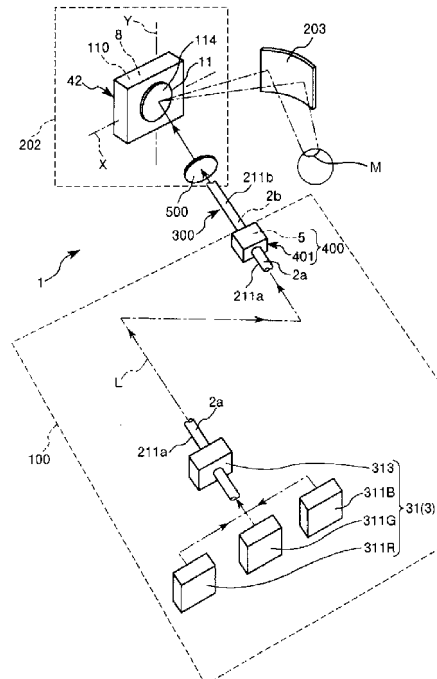
(54) 【発明の名称】 画像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ

(57) 【要約】

【課題】可動部の揺動が停止しているとき、可動部への光の入射を防止することができる画像表示装置およびヘッドマウントディスプレイを提供すること。

【解決手段】画像表示装置1は、光源3と、光源3から出射された光が通過する導光部Lと、光を反射する光反射部114と、反射部が設けられた可動部11と、可動部11を揺動させる可動部駆動部110とを有する光スキャナー42と、導光部Lの光源3と光スキャナー42との間に設けられ、光が導光部Lから出射する通過状態と光が導光部Lから出射しない遮断状態とを切り替える切替部5と、可動部11が揺動しているか否かを検出する検出部8とを備え、切替部5は、検出部8が可動部11の揺動が停止していることを検出した場合には、遮断状態に切り替えることを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、
 前記光源から出射された光が通過する導光部と、
 光を反射する反射部と、前記反射部が設けられた可動部と、前記可動部を揺動させる駆動部とを有する光スキャナーと、
 前記導光部の前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられ、光が前記導光部から出射する通過状態と光が前記導光部から出射しない遮断状態とを切り替える切替部と、
 前記可動部が揺動しているか否かを検出する検出部とを備え、
 前記切替部は、前記検出部が前記可動部の揺動が停止していることを検出した場合には、前記遮断状態に切り替えることを特徴とする画像表示装置。 10

【請求項 2】

前記切替部は、前記検出部が前記可動部が揺動していることを検出した場合には、前記通過状態に切り替える請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 3】

前記検出部は、前記駆動部に前記可動部を揺動させる駆動信号が送信されているときに前記可動部が揺動しているか否かを検出する請求項 1 または 2 に記載の画像表示装置。

【請求項 4】

前記導光部は、前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられた第 1 の光ファイバーと、前記第 1 の光ファイバーと前記光スキャナーとの間に設けられた第 2 の光ファイバーとを有し、
 前記切替部は、前記第 1 の光ファイバーと前記第 2 の光ファイバーとの間に設けられている請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。 20

【請求項 5】

前記切替部は、前記遮断状態のときは、前記第 1 の光ファイバーと前記第 2 の光ファイバーとの間の前記第 1 の光ファイバーから出射した光の光路上に移動し、前記通過状態のときは、前記光路から退避する遮光板と、前記遮光板を移動させる駆動源とを有する請求項 4 に記載の画像表示装置。

【請求項 6】

前記導光部は、前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられた第 1 の光ファイバーと、前記第 1 の光ファイバーと前記光スキャナーとの間に設けられた第 2 の光ファイバーとを有し、
 前記切替部は、前記第 1 の光ファイバーから出射した光が前記第 2 の光ファイバーに入射する前記通過状態と、前記第 1 の光ファイバーの光軸と前記第 2 の光ファイバーの光軸とがずれて、前記第 1 の光ファイバーから出射した光が前記第 2 の光ファイバーに入射しない前記遮断状態とに、前記第 1 の光ファイバーと前記第 2 の光ファイバーとを相対的に移動させる駆動源を有する請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。 30

【請求項 7】

前記光源と前記切替部とを含む第 1 の構造体と、前記光スキャナーと前記検出部とを含む第 2 の構造体とを有する請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。 40

【請求項 8】

前記遮断状態で、前記光源からの光の強度を検出する受光素子を有する請求項 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、前記可動部を囲んで設けられた枠体部と、
 一端が前記可動部に接続され、他端が前記枠体部に接続され、第 1 の軸回りに前記可動部を前記枠体部に対して揺動可能に支持する第 1 軸部と、
 一端が前記枠体部に接続され、前記第 1 の軸に交差する第 2 の軸回りに前記枠体部を前記可動部ごと揺動可能に支持する第 2 軸部を有する請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。 50

【請求項 10】

前記検出部は、前記第 1 軸部に設けられた第 1 の圧電素子と、前記第 2 軸部に設けられた第 2 の圧電素子とを有する請求項 9 に記載の画像表示装置。

【請求項 11】

光源と、

前記光源から出射された光が通過する導光部と、

光を反射する反射部と、前記反射部が設けられた可動部と、前記可動部を揺動させる駆動部とを有する光スキャナーと、

前記導光部の前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられ、光が前記導光部から出射する通過状態と光が前記導光部から出射しない遮断状態とを切り替える切替部と、

前記可動部が揺動しているか否かを検出する検出部とを備え、

前記切替部は、前記検出部が前記可動部の揺動が停止していることを検出した場合には、前記遮断状態に切り替えることを特徴とするヘッドマウントディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示装置およびヘッドマウントディスプレイに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、ヘッドマウントディスプレイのように、光を走査して対象物に画像を描画する画像表示装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

特許文献 1 に記載の画像表示装置は、光を出射する光源と、光源から出射された光を 2 次元的に走査し、対象物に画像を投影する走査部とを有している。走査部は、光を反射するミラーと、ミラーを揺動する駆動源とを有している。光源から出射された光は、駆動源により揺動されるミラーによって反射される。このように、光源から出射された光は、走査部により走査され、画像として対象物に投影される。

しかしながら、この特許文献 1 に記載された画像表示装置では、走査部の故障等、何らかの原因でミラーが停止した場合、光源から光が出射されていると、光は停止状態のミラーによって反射される。この場合、光は対象物（例えば、網膜）の一点に集中して照射されるおそれがあった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特表 2007 - 537465 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、可動部の揺動が停止しているとき、可動部への光の入射を防止することができる画像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ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、下記の適用例により達成される。

本適用例の画像表示装置は、光源と、

前記光源から出射された光が通過する導光部と、

光を反射する反射部と、前記反射部が設けられた可動部と、前記可動部を揺動させる駆動部とを有する光スキャナーと、

前記導光部の前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられ、光が前記導光部から出射する通過状態と光が前記導光部から出射しない遮断状態とを切り替える切替部と、

前記可動部が揺動しているか否かを検出する検出部とを備え、

前記切替部は、前記検出部が前記可動部の揺動が停止していることを検出した場合には

10

20

30

40

50

、前記遮断状態に切り替えることを特徴とする。

これにより、検出部が可動部の揺動が停止していると検出した場合には、切替部は、光源と光スキャナーとの間で、導光部上の光を確実に遮断することができる。よって、可動部の揺動が停止しているとき、可動部への光の入射を確実に防止することができる。

【0006】

本適用例の画像表示装置では、前記切替部は、前記検出部が前記可動部が揺動していることを検出した場合には、前記通過状態に切り替えることが好ましい。

これにより、可動部が揺動しているとき、光を確実に可動部に入射させることができる。よって、画像が対象物に確実に投影される。

本適用例の画像表示装置では、前記検出部は、前記駆動部に前記可動部を揺動させる駆動信号が送信されているときに前記可動部が揺動しているか否かを検出することが好ましい。

10

これにより、可動部駆動部に可動部を揺動操作するための駆動信号が送信されているにも関わらず、可動部の揺動が停止していること検出することができる。よって、可動部が故障等、何らかの原因で停止していることを確実に検出することができる。

【0007】

本適用例の画像表示装置では、前記導光部は、前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられた第1の光ファイバーと、前記第1の光ファイバーと前記光スキャナーとの間に設けられた第2の光ファイバーとを有し、

前記切替部は、前記第1の光ファイバーと前記第2の光ファイバーとの間に設けられていることが好ましい。

20

これにより、切替部を導光部の光源と可動部との間の部分の任意の位置に設けることができ、よって、設計の自由度が向上する。

【0008】

本適用例の画像表示装置では、前記切替部は、前記遮断状態のときは、前記第1の光ファイバーと前記第2の光ファイバーとの間の前記第1の光ファイバーから出射した光の光路上に移動し、前記通過状態のときは、前記光路から退避する遮光板と、前記遮光板を移動させる駆動源とを有することが好ましい。

これにより、切替部は、遮断状態と通過状態とに遮光板を移動させるという簡単な構成で、光の通過・遮断を確実に選択することができる。

30

【0009】

本適用例の画像表示装置では、前記導光部は、前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられた第1の光ファイバーと、前記第1の光ファイバーと前記光スキャナーとの間に設けられた第2の光ファイバーとを有し、

前記切替部は、前記第1の光ファイバーから出射した光が前記第2の光ファイバーに入射する前記通過状態と、前記第1の光ファイバーの光軸と前記第2の光ファイバーの光軸とがずれて、前記第1の光ファイバーから出射した光が前記第2の光ファイバーに入射しない前記遮断状態とに、前記第1の光ファイバーと前記第2の光ファイバーとを相対的に移動させる駆動源を有することが好ましい。

これにより、切替部は、通過状態と遮断状態とに、第1の光ファイバーと第2の光ファイバーとを相対的に移動させるという簡単な構成で、光の通過・遮断を確実に選択することができる。

40

【0010】

本適用例の画像表示装置では、前記光源と前記切替部とを含む第1の構造体と、前記光スキャナーと前記検出部とを含む第2の構造体とを有することが好ましい。

これにより、第2の構造体に切替部が内蔵されている場合に比べ、第2の構造体を小型化することができる。

本適用例の画像表示装置では、前記遮断状態で、前記光源からの光の強度を検出する受光素子を有することが好ましい。

これにより、光の強度を検出ことができ、よって、ホワイトバランスをとることが

50

できる。

【0011】

本適用例の画像表示装置では、前記光スキャナーは、前記可動部を囲んで設けられた枠体部と、

一端が前記可動部に接続され、他端が前記枠体部に接続され、第1の軸回りに前記可動部を前記枠体部に対して揺動可能に支持する第1軸部と、

一端が前記枠体部に接続され、前記第1の軸に交差する第2の軸回りに前記枠体部を前記可動部ごと揺動可能に支持する第2軸部を有することが好ましい。

これにより、1つの光スキャナーで光を2次元的に走査することができる。よって、光を1次元的に走査する光スキャナーを2つ設ける場合に比べて、画像表示装置の小型化を図ることができる。

本適用例の画像表示装置では、前記検出部は、前記第1軸部に設けられた第1の圧電素子と、前記第2軸部に設けられた第2の圧電素子とを有することが好ましい。

これにより、検出部は、可動部の揺動に伴って第1の圧電素子および第2の圧電素子から生じる起電力を検出することができる。

【0012】

本適用例のヘッドマウントディスプレイは、光源と、

前記光源から出射された光が通過する導光部と、

光を反射する反射部と、前記反射部が設けられた可動部と、前記可動部を揺動させる駆動部とを有する光スキャナーと、

前記導光部の前記光源と前記光スキャナーとの間に設けられ、光が前記導光部から出射する通過状態と光が前記導光部から出射しない遮断状態とを切り替える切替部と、

前記可動部が揺動しているか否かを検出する検出部とを備え、

前記切替部は、前記検出部が前記可動部の揺動が停止していることを検出した場合には、前記遮断状態に切り替えることを特徴とするのが好ましい。

これにより、可動部の揺動が停止しているとき、可動部への光の入射を確実に遮断することができるヘッドマウントディスプレイを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】画像表示装置の第1実施形態を示す斜視図である。

【図2】図1に示す画像表示装置の概略構成図である。

【図3】図1に示す画像表示装置のブロック図である。

【図4】図1に示す画像表示装置が備える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1に示す画像表示装置が備える光スキャナーの平面図である。

【図6】図5中のA-A線断面図である。

【図7】図1に示す画像表示装置が備える中継部の縦断面図である。

【図8】本発明における実施形態の制御部の動作を示すフローチャートである。

【図9】本発明の画像表示装置の第2実施形態が備える中継部の縦断面図である。

【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、本実施形態の画像表示装置を示す斜視図、図2は、図1に示す画像表示装置の概略構成図、図3は、図1に示す画像表示装置のブロック図、図4は、図1に示す画像表示装置が備える駆動信号生成部の駆動信号の一例を示す図、図5は、図1に示す画像表示装置が備える光スキャナーの平面図、図6は、図5中のA-A線断面図、図7は、図1に示す画像表示装置が備える中継部の縦断面図、図8は、本実施形態における制御部の動作を示すフローチャートである。なお、以下では、説明の都合上、図1および図6中の上側

10

20

30

40

50

を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」という。また、図7中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「先端」、左側を「基端」という。

【0015】

図1に示すように、画像表示装置1は、装置本体(第1の構造体)100と、装着部(第2の構造体)200と、ケーブル300とを備えたヘッドマウントディスプレイ(頭部装着型画像表示装置)である。

装置本体100から出射された信号光(光)は、ケーブル300と装着部200とをこの順に介して網膜Mに投影される。

【0016】

図2に示すように、装置本体100は、信号生成部(光源)3と、第1の光ファイバー2aと、切替部5と接続部材401とを有する中継部400と、制御部6(図示せず)とを備えている(内蔵している)。また、装置本体100は、使用者の衣類のポケット等に収納、または装着され用いられる。

図1、図2に示すように、ケーブル300は、第2の光ファイバー2bを有している。

【0017】

図1、図2に示すように、装着部200は、フレーム201と、フレーム201に固定されたレンズ部203と、レンズ500と光スキャナー42と検出部8とを有する走査光出射部202とを備えている(内蔵している)。また、装着部200は、使用者の頭部に装着され用いられる。

また、図2に示すように、信号生成部3と網膜Mとの間の信号光が通過する部分を導光部(導光部)Lという。導光部Lは、信号生成部3と光スキャナー42との間に設けられた第1の光ファイバー2aと、第1の光ファイバー2aと光スキャナー42との間に設けられた第2の光ファイバー2bとを有している。

【0018】

以下、装置本体100、ケーブル300および装着部200の各部について説明する。

図2、図3に示すように、信号生成部3は、信号光生成部31と、駆動信号生成部32とを有する。

信号光生成部31は、装着部200の光スキャナー42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。

【0019】

光源(R光源)311Rは、赤色光を出射するものであり、光源(G光源)311Gは、緑色光を出射するものであり、光源(B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(映像)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に電氣的に接続されている。

【0020】

図3に示すように、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。

図2に示すように、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。

【0021】

光合成部313は、複数の光源311R、311G、311Bからの光を合成するコン

10

20

30

40

50

バイナーで構成されている。この光合成部 3 1 3 が設けられていることで、信号光生成部 3 1 で生成される信号光を走査光出射部 2 0 2 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。

駆動信号生成部 3 2 は、光スキャナー 4 2 を駆動するための駆動信号を生成するものである。

この駆動信号生成部 3 2 は、光スキャナー 4 2 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（第 1 の駆動回路）3 2 1 と、光スキャナー 4 2 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（第 2 の駆動回路）3 2 2 とを有する。

【0022】

図 4（a）に示すように、駆動回路 3 2 1 は、周期 T_1 で周期的に変化する第 1 の駆動信号 V_1 （水平走査用電圧）を発生させるものである。また、図 4（b）に示すように、駆動回路 3 2 2 は、周期 T_1 と異なる周期 T_2 で周期的に変化する第 2 の駆動信号 V_2 （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。

【0023】

このような駆動信号生成部 3 2 は、図示しない信号線を介して、装着部 2 0 0 の光スキャナー 4 2 に電氣的に接続されている。これにより、駆動信号生成部 3 2 で生成した駆動信号（第 1 の駆動信号 V_1 および第 2 の駆動信号 V_2 ）は、光スキャナー 4 2 に入力される。

このような、信号生成部 3 で生成された信号光は、第 1 の光ファイバー 2 a に入射する。

【0024】

図 7 に示すように、第 1 の光ファイバー 2 a は、複数本の光ファイバーが束ねられた長尺状の光ファイバー束 2 1 0 a を有している。また、光ファイバー束 2 1 0 a の外周面 2 1 2 a は、光ファイバー束 2 1 0 a を保護する被覆部材 2 1 1 a で覆われている。この第 1 の光ファイバー 2 a の先端部 2 1 3 a は、中継部 4 0 0 の接続部材 4 0 1 を介して、ケーブル 3 0 0 の第 2 の光ファイバー 2 b と光学的に接続される。

【0025】

制御部 6 は、例えば、マイクロコンピュータ（CPU）で構成されており、画像信号（映像信号）に基づいて、信号光生成部 3 1 の駆動回路 3 1 2 R、3 1 2 G、3 1 2 B および駆動信号生成部 3 2 の駆動回路 3 2 1、3 2 2 等、画像表示装置 1 の各部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 3 1 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 3 2 が画像情報に応じた駆動信号を生成する。

このような構成の装置本体 1 0 0 は、ケーブル 3 0 0 を介して装着部 2 0 0 に接続されている。

【0026】

図 1、図 2、図 7 に示すように、ケーブル 3 0 0 は、長尺状をなし、その内部に第 2 の光ファイバー 2 b を有している。

第 2 の光ファイバー 2 b は、複数本の光ファイバーが束ねられた光ファイバー束 2 1 0 b を有している。また、光ファイバー束 2 1 0 b の外周面 2 1 2 b は、光ファイバー束 2 1 0 b を保護する被覆部材 2 1 1 b で覆われている。また、第 2 の光ファイバー 2 b（ケーブル 3 0 0）の基端部 2 1 3 b には、コネクタ 2 1 b が設けられている。このコネクタ 2 1 b と基端部 2 1 3 b とでコネクタ部 2 3 b が構成される。このコネクタ部 2 3 b は、装置本体 1 0 0 に対し着脱自在に挿入される。

また、ケーブル 3 0 0 は、図示しない導電線を有し、装置本体 1 0 0 と装着部 2 0 0 とを電氣的に接続する。このように、ケーブル 3 0 0 は、光電気複合ケーブルで構成されている。このような構成のケーブル 3 0 0 の先端部は、装着部 2 0 0 の走査光出射部 2 0 2 に接続されている。

10

20

30

40

50

【0027】

以下、装着部200の各部について説明する。

図1に示すように、フレーム201は、眼鏡フレームのような形状をなし、使用者の頭部に装着され用いられる。また、フレーム201は、走査光出射部202を支持する機能を有している。

図1、図2に示すように、走査光出射部202は、レンズ500と、光スキャナー42と、検出部8とを有している。走査光出射部202には、ケーブル300の先端部が接続されている。この走査光出射部202は、フレーム201の内側、すなわち、使用者が装着した際、使用者の顔に臨む部分に設けられている。これにより、走査光出射部202から出射した信号光(走査光)は、使用者の目に直接入射され、画像として網膜M上に投影される。

10

【0028】

レンズ500は、導光部L上の光スキャナー42と第2の光ファイバー2bとの間に設けられている。このレンズ500は、第2の光ファイバー2bを出射した信号光が平行光とするレンズである。レンズ500を透過した信号光は、光スキャナー42に入射する。

光スキャナー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。この光スキャナー42で信号光を走査することにより走査光が形成される。

【0029】

図5および図6に示すように、光スキャナー42は、可動部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。

20

可動部11および1対の軸部12a、12bは、Y1軸(第1の軸)回りに揺動(往復回転)する第1の振動系を構成する。また、可動部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)回りに揺動(往復回転)する第2の振動系を構成する。

【0030】

また、光スキャナー42は、信号重畳部18を有しており(図6参照)、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の振動系を駆動させる可動部駆動部(駆動部)110を構成する。この可動部駆動部110は、駆動信号生成部32からの信号に基づいて、信号光を走査して網膜M上に投影するよう可動部11を揺動する機能を有する。

30

【0031】

以下、光スキャナー42の各部を順次詳細に説明する。

図5、図6に示すように、可動部11は、基部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、光を反射する光反射部114が設けられている。

【0032】

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、平面視で軸部12a、12bと重なって設けられている。

40

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。

【0033】

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42の小型化を図ることができる。換言すれば、光反射部114の面積に対する光スキャナー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、平面視で、軸部12a、12bの全体を覆うように形成され

50

ている。換言すれば、軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、平面視で、光反射板 1 1 3 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 1 1 3 の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部 1 1 4 の面積を大きくすることができる。また、不要な光が軸部 1 2 a、1 2 b で反射して迷光となるのを防止することができる。

【0034】

また、光反射板 1 1 3 は、平面視で、枠体部 1 3 の全体を覆うように形成されている。換言すれば、枠体部 1 3 は、平面視で、光反射板 1 1 3 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 1 1 3 の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部 1 1 4 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 1 3 で反射して迷光となるのを防止することができる。

10

【0035】

さらに、光反射板 1 1 3 は、平面視で、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d の全体を覆うように形成されている。換言すれば、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、それぞれ、平面視で、光反射板 1 1 3 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 1 1 3 の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部 1 1 4 の面積を大きくすることができる。また、不要な光が軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d で反射して迷光となるのを防止することができる。

本実施形態では、光反射板 1 1 3 は、平面視で、円形をなしている。なお、光反射板 1 1 3 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。

20

【0036】

図 6 に示すように、このような光反射板 1 1 3 の下面（他方の面）には、硬質層 1 1 5 が設けられている。

硬質層 1 1 5 は、光反射板 1 1 3 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 1 1 3 の剛性を高めることができる。そのため、光反射板 1 1 3 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 1 1 3 の厚さを薄くし、光反射板 1 1 3 の X 1 軸および Y 1 軸回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。

【0037】

このような硬質層 1 1 5 の構成材料としては、光反射板 1 1 3 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、カーボンナノライド膜、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。

30

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

【0038】

また、硬質層 1 1 5 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 1 1 5 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 1 1 5 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。

40

【0039】

また、光反射板 1 1 3 の下面は、スペーサー 1 1 2 を介して基部 1 1 1 に固定されている。これにより、軸部 1 2 a、1 2 b、枠体部 1 3 および軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d との接触を防止しつつ、光反射板 1 1 3 を Y 1 軸回りに揺動させることができる。

また、基部 1 1 1 は、それぞれ、平面視で、光反射板 1 1 3 の外周に対して内側に位置している。すなわち、光反射板 1 1 3 の光反射部 1 1 4 が設けられる面（板面）の面積は、基部 1 1 1 のスペーサー 1 1 2 が固定される面の面積よりも大きい。また、基部 1 1 1

50

の平面視での面積は、基部 1 1 1 がスペーサー 1 1 2 を介して光反射板 1 1 3 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 1 1 3 の板面の面積を大きくしつつ、軸部 1 2 a と軸部 1 2 b との間の距離を小さくすることができる。

【0040】

図 5 に示すように、枠体部 1 3 は、枠状をなし、前述した可動部 1 1 の基部 1 1 1 を囲んで設けられている。換言すれば、可動部 1 1 の基部 1 1 1 は、枠状をなす枠体部 1 3 の内側に設けられている。

そして、枠体部 1 3 は、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d を介して支持部 1 5 に支持されている。また、可動部 1 1 の基部 1 1 1 は、軸部 1 2 a、1 2 b を介して枠体部 1 3 に支持されている。

10

【0041】

また、枠体部 1 3 は、Y 1 軸に沿った方向での長さが X 1 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 1 軸に沿った方向における枠体部 1 3 の長さを a とし、X 1 軸に沿った方向における枠体部 1 3 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 1 2 a、1 2 b に必要な長さを確保しつつ、X 1 軸に沿った方向における光スキャナー 4 2 の長さを抑えることができる。

また、枠体部 1 3 は、平面視で、可動部 1 1 の基部 1 1 1 および 1 対の軸部 1 2 a、1 2 b 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、可動部 1 1 および 1 対の軸部 1 2 a、1 2 b で構成された第 1 の振動系の振動、すなわち、可動部 1 1 の Y 1 軸回りの揺動を許容しつつ、枠体部 1 3 の小型化を図ることができる。

20

【0042】

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 は、それぞれ、弾性変形可能である。

そして、軸部 1 2 a、1 2 b は、一端部が可動部 1 1 に接続され、他端部が枠体部 1 3 に接続されている。また、軸部 1 2 a、1 2 b は、Y 1 軸（第 1 の軸）回りに、可動部 1 1 を枠体部 1 3 に対して揺動可能に支持している。

【0043】

また、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、一端部が支持部 1 5 に接続され、他端部が枠体部 1 3 に接続されている。また、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、Y 1 軸に直交する X 1 軸（第 2 の軸）回りに、枠体部 1 3 を可動部 1 1 ごと揺動可能に支持している。

30

軸部 1 2 a、1 2 b は、可動部 1 1 の基部 1 1 1 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 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、Y 1 軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、一端部が基部 1 1 1 に接続され、他端部が枠体部 1 3 に接続されている。また、軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、中心軸が Y 1 軸に一致するように配置されている。

【0044】

このような軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、可動部 1 1 の Y 1 軸回りの揺動に伴ってねじれ変形する。

軸部 1 4 a、1 4 b および軸部 1 4 c、1 4 d は、枠体部 1 3 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 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、それぞれ、X 1 軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、それぞれ、一端部が枠体部 1 3 に接続され、他端部が支持部 1 5 に接続されている。また、軸部 1 4 a、1 4 b は、X 1 軸を介して互いに対向するように配置され、同様に、軸部 1 4 c、1 4 d は、X 1 軸を介して互いに対向するように配置されている。

40

【0045】

このような軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、枠体部 1 3 の X 1 軸回りの揺動に伴って、軸部 1 4 a、1 4 b 全体および軸部 1 4 c、1 4 d 全体がそれぞれねじれ変形する。

50

このように、可動部 11 を Y 1 軸回りに揺動可能とするとともに、枠体部 13 を X 1 軸回りに揺動可能とすることにより、可動部 11 を互いに直交する X 1 軸および Y 1 軸の 2 軸回りに揺動（往復回転）させることができる。

【0046】

また、図 5 に示すように、軸部 12 a には、圧電素子（第 1 の圧電素子）81 が設けられ、軸部 14 a には、圧電素子（第 2 の圧電素子）82 が設けられている。圧電素子 81、82 は、それぞれ、歪みセンサーのような角度検出センサーとして機能する。この圧電素子 81、82 は、光スキャナー 42 の角度情報、より具体的には、可動部 11 の X 1 軸回りおよび Y 1 軸回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、検出部 83 により、ケーブル 300 を介して、制御部 6 に入力される。制御部 6 は、検出部 83 から送信された可動部 11 の揺動角の検出結果に基づいて、可動部 11 の揺動と光信号生成部 3 からの信号光の出射とを同期する（図 3 参照）。

10

【0047】

また、本実施形態では、この圧電素子 81、82 および検出部 83 は、可動部 11 が揺動しているか否かを検出する検出部 8 としても機能する。

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。

【0048】

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。

20

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 42 の小型化を図ることができる。

30

【0049】

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 1 軸回りに回転する際に枠体部 13 に接触するのを防止することができる。

【0050】

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 SiO₂ 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。

40

【0051】

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 12 a、12 b および軸部 14 a、14 b、14 c、14 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。

50

【0052】

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。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。

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。

【0053】

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。

【0054】

永久磁石16は、平面視で、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。

【0055】

また、永久磁石16は、平面視で、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、平面視で基部111を介して互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。

【0056】

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部11をX1軸の回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、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。

【0057】

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、光スキャナー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に電氣的に接続されている（図6参照）。

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。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

ここで、第 1 の駆動信号 V 1 および第 2 の駆動信号 V 2 について詳述する。

前述したように、駆動回路 3 2 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 の駆動信号 V 1 (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 3 2 1 は、第 1 周波数 ($1 / T 1$) の第 1 の駆動信号 V 1 を発生させるものである。

第 1 の駆動信号 V 1 は、正弦波のような波形をなしている。これにより、光スキャナー 4 2 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 V 1 の波形は、これに限定されない。

【 0 0 5 9 】

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 ~ 40 kHz であるのが好ましい。

本実施形態では、第 1 周波数は、可動部 1 1 および 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、可動部 1 1 の Y 1 軸回りの回動角を大きくすることができる。

【 0 0 6 0 】

一方、図 4 (b) に示すように、駆動回路 3 2 2 は、周期 T 1 と異なる周期 T 2 で周期的に変化する第 2 の駆動信号 V 2 (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 3 2 2 は、第 2 周波数 ($1 / T 2$) の第 2 の駆動信号 V 2 を発生させるものである。

第 2 の駆動信号 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 4 2 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 V 2 の波形は、これに限定されない。

【 0 0 6 1 】

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 ~ 80 Hz (60 Hz 程度) であるのが好ましい。このように、第 2 の駆動信号 V 2 の周波数を 60 Hz 程度とし、前述したように第 1 の駆動信号 V 1 の周波数を 10 ~ 40 kHz とすることで、ディスプレイでの描画に適した周波数で、可動部 1 1 を互いに直交する 2 軸 (X 1 軸および Y 1 軸) のそれぞれの軸回りに回動させることができる。ただし、可動部 1 1 を X 1 軸および Y 1 軸のそれぞれの軸回りに回動させることができれば、第 1 の駆動信号 V 1 の周波数と第 2 の駆動信号 V 2 の周波数との組み合わせは、特に限定されない。

【 0 0 6 2 】

本実施形態では、第 2 の駆動信号 V 2 の周波数は、可動部 1 1、1 対の軸部 1 2 a、1 2 b、枠体部 1 3、2 対の軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d および永久磁石 1 6 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 の駆動信号 V 2 の周波数 (第 2 周波数) は、第 1 の駆動信号 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、可動部 1 1 を Y 1 軸回りに第 1 周波数で回動させつつ、X 1 軸回りに第 2 周波数で回動させることができる。

【 0 0 6 3 】

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、可動部 1 1 を、Y 1 軸回りに第 1 の駆動信号 V 1 の周波数で回動させつつ、X 1 軸回りに第 2 の駆動信号 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。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

50

次に、光スキャナー 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 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 の駆動信号 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 の駆動信号 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 の駆動信号 V 1 の周波数が 15 kHz、第 2 の駆動信号 V 2 の周波数が 60 Hz に設定されている）。

【0065】

例えば、図 4 (a) に示すような第 1 の駆動信号 V 1 と、図 4 (b) に示すような第 2 の駆動信号 V 2 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。これにより、第 1 の駆動信号 V 1 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 A 1」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 A 2」という) とが交互に切り換わる。

10

【0066】

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、Y 1 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、Y 1 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 A 1 と磁界 A 2 とが交互に切り換わることで、枠体部 13 に Y 1 軸回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 を捩れ変形させつつ、可動部 11 が第 1 の駆動信号 V 1 の周波数で Y 1 軸回りに回転する。

20

【0067】

また、第 1 の駆動信号 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 の駆動信号 V 1 によって、効率的に、可動部 11 を Y 1 軸回りに回転させることができる。すなわち、前述した枠体部 13 の Y 1 軸回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部 11 の Y 1 軸回りの回転角を大きくすることができる。

【0068】

一方、第 2 の駆動信号 V 2 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 B 1」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 B 2」という) とが交互に切り換わる。

30

【0069】

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、X 1 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、X 1 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 B 1 と磁界 B 2 とが交互に切り換わることで、軸部 14 a、14 b および軸部 14 c、14 d をそれぞれ捩れ変形させつつ、枠体部 13 が可動部 11 とともに、第 2 の駆動信号 V 2 の周波数で X 1 軸回りに回転する。

40

また、第 2 の駆動信号 V 2 の周波数は、第 1 の駆動信号 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、可動部 11 が第 2 の駆動信号 V 2 の周波数で Y 1 軸回りに回転してしまうことを防止することができる。

【0070】

以上説明したような光スキャナー 42 によれば、光を反射する光反射部 114 を備える可動部 11 を互いに直交する 2 つの軸回りにそれぞれ揺動させることができ、よって、光スキャナー 42 の小型化および軽量化を図ることができる。

50

このような光スキャナー 42 で走査された信号光（走査光）は、網膜 M 上に画像として投影される。

【0071】

さて、従来の画像表示装置では、光スキャナーの故障等、何らかの原因で可動部の揺動が停止した場合、信号生成部から信号光が出射されていると、信号光は停止状態の可動部によって反射される。この場合、光は対象物（例えば、網膜 M）の一点に集中して照射されるおそれがあった。

しかしながら、本実施形態の画像表示装置 1 では、そのような不具合を防止することができる。それを実現するために、本実施形態の画像表示装置 1 は、中継部 400 を備えている。

【0072】

図 7 に示すように、画像表示装置 1 の中継部 400 は、第 1 の光ファイバー 2 a と第 2 の光ファイバー 2 b とを接続する接続部材 401 と、信号光の通過・遮断を選択する切替部 5 とを有している。以下、中継部 400（切替部 5）の各部を説明する。

接続部材 401 は、ブロック状をなし、先端から基端に貫通した内腔部 402 と、下側に開口した凹部 403 とを有している。内腔部 402 と凹部 403 とは連通している。また、凹部 403 の下側には、信号光の通過・遮断を選択する後述の切替部 5 が設けられている。

【0073】

内腔部 402 は、第 1 の光ファイバー 2 a が挿入される第 1 の内腔部 405 と、第 1 の内腔部 405 よりも基端側に配置され、コネクタ部 23 b が挿入される第 2 の内腔部 406 とを有する。また、第 2 の内腔部 406 の途中には、内径が急峻に拡張した段差部 407 が形成されている。コネクタ部 23 b が段差部 407 に当接することにより、段差部 407 より基端側へのコネクタ部 23 b の挿入が規制される。

【0074】

第 2 の内腔部 406 にコネクタ部 23 b を挿入した挿入状態では、第 1 の光ファイバー 2 a の先端面 22 a と第 2 の光ファイバー 2 b の基端面 22 b とは、対向し、離間して保持されている。よって、第 1 の光ファイバー 2 a から出射した信号光は、第 2 の光ファイバー 2 b に入射する。

また、第 1 の光ファイバー 2 a および第 2 の光ファイバー 2 b は、先端部 213 a および基端部 213 b が、それぞれ、凹部 403 内から退避している。これにより、後述の遮光板 51 の移動に伴う先端面 21 a および基端面 22 b の損傷を防止することができる。

【0075】

凹部 403 は、第 1 の内腔部 405 と第 2 の内腔部 406 との間に設けられ、後述の遮光板 51 が下側から挿入される部分である。この凹部 403 の上面（底面）404 は、遮光板 51 が当接し、上面 404 よりも上側への遮光板 51 の移動を規制する。

凹部 403 の深さは、その深さ方向の途中に内腔部 402 が位置するように設定されている。すなわち、上面 404 は、内腔部 402 の位置よりも図 7 中の上側に位置している。これにより、遮光板 51 が上面 404 に当接しているとき、確実に導光部 L を遮断することができる。

【0076】

このような接続部材 401 を構成する材料としては、特に限定されず、例えば、各種セラミックス、炭素材料、ガラスまたはそれらの複合材料が挙げられる。その具体例としては、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 TiO_2 、 Ti_2O_3 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム等の酸化物系セラミックス、 AlN 、 Si_3N_4 、 TiN 、 BN 、 ZrN 、 HfN 、 VN 、 TaN 、 NbN 、 CrN 、 Cr_2N 等の窒化物系セラミックス、グラファイト、 SiC 、 ZrC 、 Al_4C_3 、 CaC_2 、 WC 、 TiC 、 HfC 、 VC 、 TaC 、 NbC 等の炭化物系のセラミックス、 ZrB_2 、 MoB 、 TiB_2 等のホウ化物系のセラミックス、あるいは、これらのうちの 2 つ以上を任意に組合せた複合セラミックス等が挙げられる。

10

20

30

40

50

【0077】

切替部5は、信号生成部3と光スキャナ42との間の導光部Lの途中、すなわち、第1の光ファイバ2aと第2の光ファイバ2bとの間に設けられている。これにより、切替部5を信号生成部3と光スキャナ42との間の任意の位置のうちの、切替部5を比較的設置しやすい位置に設けることができ、よって、設計の自由度が向上する。

切替部5は、光を遮断する遮光板51と、遮光板51を移動させる駆動源54とを有する。

【0078】

遮光板51は、光を遮断する板部材で構成されている。また、遮光板51は、接続部材401の凹部403内を移動可能に設けられている。遮光板51の幅W1は、凹部403の幅(導光部Lの長手方向に沿った長さ)W2よりも薄い。これにより、遮光板51の移動に伴う遮光板51の表面の損傷を防止することができるとともに、遮光板51の基端面510に後述の受光素子53を設けることができる。

10

【0079】

遮光板51を構成する材料としては、信号光に対して実質的に不透明な材料であれば特に限定されず、例えば、各種セラミックス、炭素材料、ガラスまたはそれらの複合材料が挙げられる。その具体例としては、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 TiO_2 、 Ti_2O_3 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム等の酸化物系セラミックス、 AlN 、 Si_3N_4 、 TiN 、 BN 、 ZrN 、 HfN 、 VN 、 TaN 、 NbN 、 CrN 、 Cr_2N 等の窒化物系セラミックス、グラファイト、 SiC 、 ZrC 、 Al_4C_3 、 CaC_2 、 WC 、 TiC 、 HfC 、 VC 、 TaC 、 NbC 等の炭化物系のセラミックス、 ZrB_2 、 MoB 、 TiB_2 等のホウ化物系のセラミックス、あるいは、これらのうちの2つ以上を任意に組合せた複合セラミックス等が挙げられる。

20

このような遮光板51は、駆動源54により導光部L上で光を遮断する状態(以下、この状態を「遮断状態」という)と、導光部Lから退避した状態(以下、この状態を「通過状態」という)とに移動される。

【0080】

図3に示すように、駆動源54は、ソレノイド540と、ソレノイド540を駆動するソレノイド駆動回路541とで構成されている。

ソレノイド540は、凹部403の開口の下側に設けられている。また、ソレノイド540は、上下方向に移動する棒状のソレノイドロッド52を有しており、ソレノイドロッド52を介して遮光板51を移動操作する。

30

【0081】

また、ソレノイド540は、図7中の上側に向かって遮光板51を付勢するコイルバネ55を有している。コイルバネ55は、ソレノイドロッド52に巻回され、その両端は、遮光板51とソレノイド540とにそれぞれ当接している。また、この状態では、コイルバネ55は、収縮しており、遮光板51を上側に付勢している。これにより、駆動源54が故障した場合にも、コイルバネ55の付勢力により、遮光板51は遮断状態となる。

【0082】

図3に示すように、ソレノイド駆動回路541は、制御部6と電氣的に接続されている。ソレノイド駆動回路541は、制御部6からの信号に基づいて、ソレノイド540を駆動させる。具体的には、ソレノイド駆動回路541に所定方向の電流を流すと、遮光板51は、下側に移動し通過状態となる(図7(a)参照)。一方、ソレノイド駆動回路541への通電を停止すると、遮光板51は、コイルバネ55により上側に押し上げられ遮断状態となる(図7(b)参照)。

40

このような切替部5は、前述したように、装置本体100に収納されている。これにより、切替部5が装着部200に内蔵されていた場合に比べ、装着部200の小型化を図ることができ、よって、使用者が装着部200を装着した際の負担を軽減することができる。

【0083】

50

図7に示すように、遮光板51の第1の光ファイバー2aの先端面22aに臨む面、すなわち、基端面510には、信号生成部3からの信号光の強度を検出する受光素子53が設けられている。受光素子53は、遮断状態で導光部L上に位置するように配置されている。これにより、受光素子53は、遮断状態で、第1の光ファイバー2aから出射した信号光を受光することができる。

この受光素子53は、制御部6と電氣的に接続され、受光素子53で検出された信号光の強度の情報を含む信号は、制御部6に送信される。これにより、ホワイトバランスをとることができる。

【0084】

また、受光素子53が遮光板51に設けられていることにより、受光素子53を配置する部材を別途設けるのを省略することができる。よって、画像表示装置1の小型化に寄与する。

このような受光素子53は、特に限定されないが、例えば、フォトダイオードを用いることができる。

【0085】

次に、画像表示装置1の作用について説明する。

図2、図3に示すように、まず、制御部6が駆動回路312R、312G、312Bをそれぞれ駆動する。光源311R、311G、311Bは、駆動回路312R、312G、312Bにより駆動され、それぞれ、赤色光、緑色光、青色光を出射する。光源311R、311G、311Bから出射された3色の光は、光合成部313で合成されて第1の光ファイバー2aに入射する。

図7(b)に示すように、第1の光ファイバー2aから出射した信号光は、遮光板51に設けられた受光素子53に入射する。受光素子53は、信号生成部3からの信号光の強度を検出し、制御部6に検出結果の信号を送信する。この検出結果に基づいて制御部6は、駆動回路312R、312G、312Bの駆動を調整する。

【0086】

次に、図3に示すように、制御部6は、駆動信号生成部32を駆動し、可動部駆動部110の信号重畳部18に第1の駆動信号V1および第2の駆動信号V2を送信する。これにより、可動部11は揺動する。この揺動に伴って第1の圧電素子81および第2の圧電素子82から発生した起電力は、検出部83により検出される。この検出結果を含む信号は、検出部83から制御部6に送信される。すなわち、検出部8は、可動部11が揺動しているか否かを検出し、この検出結果を含む信号を制御部6に送信する。

【0087】

そして、図8に示すように、ステップS101において、可動部11が揺動していると検出した場合には、制御部6は、切替部5が信号光の通過を選択するよう、ソレノイド駆動回路541を駆動させる(ステップS103)。このとき、図7(a)に示すように、ソレノイド540は、コイルパネ55の付勢力に抗して遮光板51を下側に移動させる。これにより、遮光板51は、導光部Lから退避した退避状態となる。この退避状態では、第1の光ファイバー2aから出射した信号光は、凹部403を通過し、信号光は第2の光ファイバー2bに入射する。すなわち、第1の光ファイバー2aと第2の光ファイバー2bとは、光学的に接続される。第2の光ファイバー2bから出射した信号光は、レンズ500を介して可動部11に入射する。これにより、信号光は、光スキャナー42によって走査され、画像として網膜M上に投影される。

【0088】

ここで、光スキャナー42に第1の駆動信号V1および第2の駆動信号V2が送信されているにも関わらず、光スキャナーの故障等、何らかの原因で可動部11の揺動が停止している場合について説明する。

この場合、検出部8は、故障等、何らかの原因で可動部11の揺動が停止していることを検出し、この検出結果を含む信号を制御部6に送信する。

【0089】

10

20

30

40

50

図 8 に示すように、ステップ S 1 0 1 において、可動部 1 1 の揺動が停止していると検出した場合には、制御部 6 は、切替部 5 が信号光の遮断を選択するよう、ソレノイド駆動回路 5 4 1 を駆動させる（ステップ S 1 0 2）。このとき、ソレノイド 5 4 0 は、遮光板 5 1 を図 7（b）中の上側に移動させる。遮光板 5 1 は、凹部 4 0 3 の上面 4 0 4 に当接し、上面 4 0 4 よりも上側への移動が規制される。これにより、遮光板 5 1 は、遮断状態となる。よって、第 1 の光ファイバー 2 a から出射した信号光が、第 2 の光ファイバー 2 b へ入射することを確実に防止することができる。従って、可動部 1 1 への信号光の入射を確実に防止することができる。

【0090】

また、例えば、検出部 8 が可動部 1 1 の揺動が停止していると検出したにも関わらず、故障等、何らかの原因で切替部 5 の作動が停止した場合であっても、コイルバネ 5 5 の付勢力により、遮光板 5 1 は、上面 4 0 4 に当接し、遮断状態となる。これにより、可動部 1 1 への信号光の入射をより確実に防止することができる。

このように、本実施形態では、切替部 5 は、遮断状態と通過状態とに遮光板 5 1 を移動させるという簡単な構成で、光の通過・遮断を確実に選択することができる。

以上述べたように、本実施形態によれば、可動部 1 1 の揺動が停止した状態で、可動部 1 1 への光の入射を確実に防止することができる。よって、可動部 1 1 が停止した状態で、網膜 M に光が入射することを確実に防止することができる。従って、安全性の高い画像表示装置を提供することができる。

【0091】

< 第 2 実施形態 >

次に、画像表示装置の第 2 実施形態について説明する。

図 9 は、本発明の画像表示装置の第 2 実施形態が備える中継部の縦断面図である。

以下、この図を参照して本発明の画像表示装置の第 2 実施形態について説明するが、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項はその説明を省略する。

【0092】

本実施形態は、中継部（切替部）の構成が異なること以外は前記第 1 実施形態と同様である。

本実施形態の接続部材 4 0 1 の内腔部 4 0 2 は、第 1 の光ファイバー 2 a が挿入される第 1 の内腔部 4 0 5 と、第 2 の光ファイバー 2 b が挿入され、第 1 の内腔部 4 0 5 よりも内径が大きい第 2 の内腔部 4 0 6 を有している。

【0093】

第 2 の内腔部 4 0 6 に臨む上側の内壁面（上面）4 0 9 には、その基端部に凹部 4 1 3 が形成されている。この凹部 4 1 3 は、その底部に、後述の遮光部 4 1 6 が当接する当接面 4 1 1 を有している。

また、内壁面 4 0 9 には、第 2 の光ファイバー 2 b を安定的に保持する添え板 4 1 4 が 3 つのコイルバネ 4 1 5 を介して設けられている。

【0094】

添え板 4 1 4 は、その下面で第 2 の光ファイバー 2 b に当接して安定的に姿勢を保持する。また、添え板 4 1 4 の上面の基端部には、当該部分から垂直に立設した遮光部 4 1 6 が設けられている。この遮光部 4 1 6 は、板部材で構成され、その先端面には、受光素子 5 3 が設けられている。

コイルバネ 4 1 5 は、下側に向かって添え板 4 1 4 を付勢する。3 つのコイルバネ 4 1 5 の付勢力の合計は、コイルバネ 5 5 の付勢力よりも大きい。

【0095】

第 2 の内腔部 4 0 6 に臨む下側の内壁面（下面）4 1 0 には、上下方向に貫通し、切替部 5 のソレノイドロッド 5 2 が挿入される貫通孔 4 1 2 が設けられている。

本実施形態の切替部 5 は、操作板 4 1 7 と駆動源 5 4 とで構成されている。操作板 4 1 7 の上面は、第 2 の光ファイバー 2 b に当接している。操作板 4 1 7 の下面は、貫通孔 4 1 2 に挿入されたソレノイドロッド 5 2 を介してソレノイド 5 4 0 に連結されている。

第2の光ファイバー2bは、添え板414と操作板417との間で安定的に挟持されている。

【0096】

以下、本実施形態の切替部5の作用について説明する。

切替部5が信号光の通過を選択した場合には、図9(a)に示すように、ソレノイド540は、コイルバネ415の付勢力に抗して操作板417を上側に移動させる。これにより、遮光部416の上面は、凹部413の当接面411に当接し、当接面411より上側への移動が規制される。このとき、第1の光ファイバー2aの光軸と第2の光ファイバー2bの光軸とが一致し、第1の光ファイバー2aから第2の光ファイバー2bへ光が通過する通過状態となる。すなわち、第1の光ファイバー2aと第2の光ファイバー2bとは、光学的に接続される。

10

【0097】

一方、切替部5が信号光の遮断を選択した場合には、図9(b)に示すように、ソレノイド540は、コイルバネ55の付勢力に抗して操作板417を下側に移動させる。これにより、操作板417は、第2の内腔部406の下面410に当接し、下面410より下側への移動が規制される。このとき、第1の光ファイバー2aの光軸と第2の光ファイバー2bの光軸とがずれて、第1の光ファイバー2aから第2の光ファイバー2bへの光の入射が遮断される遮断状態となる。よって、第1の光ファイバー2aから出射した信号光が、第2の光ファイバー2bへ入射することを確実に防止することができる。従って、可動部11への信号光の入射を確実に防止することができる。

20

【0098】

また、前述したように、3つのコイルバネ415の付勢力の合計は、コイルバネ55の付勢力よりも大きい。これにより、例えば、検出部8が可動部11の揺動が停止していると検出したにも関わらず、故障等、何らかの原因で切替部5の作動が停止した場合であっても、操作板417は、コイルバネ415の付勢力によって、第2の内腔部406の下面410に当接し、遮断状態となる。よって、可動部11への信号光の入射をより確実に防止することができる。

このように、本実施形態では、切替部は、接続状態と遮断状態とに、第1の光ファイバー2aと第2の光ファイバー2bとを相対的に移動させるという簡単な構成で、光の通過・遮断を確実に選択することができる。

30

【0099】

以上、本発明の画像表示装置を図示の実施形態について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、画像表示装置を構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものとして置換することができる。また、任意の構成物が付加されていてもよい。

また、本発明の画像表示装置は、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。

【0100】

なお、各実施形態では、ヘッドマウントディスプレイに本発明を適用した場合を例に説明したが、本発明はこれに限定されず、例えば、ヘッドアップディスプレイ等にも適用することができる。

40

また、各実施形態の光合成部は、コンバイナーで構成されているが、本発明ではこれに限定されず、ダイクロミックミラー等で構成されていてもよい。

【0101】

また、各実施形態では、駆動源としてソレノイドとソレノイド駆動回路を用いているが、本発明ではこれに限定されず、移動体を移動させる駆動源であれば、いかなるものであってもよい。

また、各実施形態の切替部は、信号光を機械的に遮断するメカニカルシャッターで構成されているが、本発明ではこれに限定されず、信号光を電氣的に遮断するエレクトロニクシャッターで構成されていてもよい。

【0102】

50

また、各実施形態の切替部は、第1の光ファイバーと第2の光ファイバーとの間で遮光板を移動させる、または、第1の光ファイバーと第2の光ファイバーとを相対的に移動させることで光の通過・遮断を選択するものであるが、本発明ではこれに限定されず、光ファイバーを所定曲率以上に湾曲変形させることで、光の通過・遮断を選択するよう構成されていてもよい。

また、各実施形態の光出射部は、眼鏡フレームの形状をなすフレームに設置されているが、本発明ではこれに限定されず、例えば、帽子や使用者の肌に直接装着して用いてもよい。

【符号の説明】

【0103】

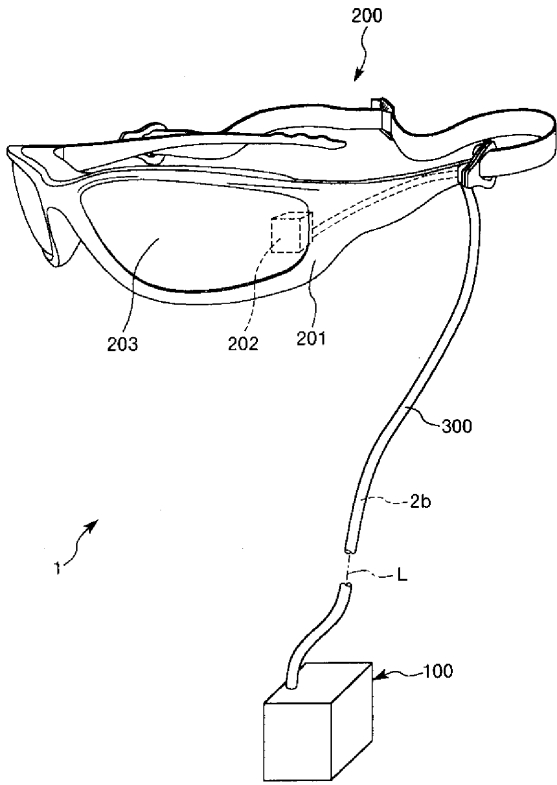
1 ... 画像表示装置 2 a ... 第1の光ファイバー 2 1 a ... 先端面 2 b ... 第2の光ファイバー 2 1 b ... コネクター 2 2 a ... 先端面 2 2 b ... 基端面 2 3 b ... コネクター部 2 1 0 a、2 1 0 b ... 光ファイバー束 2 1 1 a、2 1 1 b ... 被覆部材 2 1 2 a、2 1 2 b ... 外周面 2 1 3 a ... 先端部 2 1 3 b ... 基端部 3 ... 信号生成部(光源) 3 1 ... 信号光生成部 3 1 1 B、3 1 1 G、3 1 1 R ... 光源 3 1 2 B、3 1 2 G、3 1 2 R ... 駆動回路 3 1 3 ... 光合成部 3 2 ... 駆動信号生成部 3 2 1 ... 駆動回路(第1の駆動回路) 3 2 2 ... 駆動回路(第2の駆動回路) 4 2 ... 光スキャナー 5 ... 切替部 5 1 ... 遮光板 5 1 0 ... 基端面 5 2 ... ソレノイドロッド 5 3 ... 受光素子 5 4 ... 駆動源 5 5 ... コイルバネ 5 4 0 ... ソレノイド 5 4 1 ... ソレノイド駆動回路 6 ... 制御部 8 ... 検出部 8 1 ... 圧電素子(第1の圧電素子) 8 2 ... 圧電素子(第2の圧電素子) 8 3 ... 検出部 1 1 ... 可動部 1 1 0 ... 可動部駆動部 1 1 1 ... 基部 1 1 2 ... スペーサー 1 1 3 ... 光反射板 1 1 4 ... 光反射部 1 1 5 ... 硬質層 1 2 a、1 2 b ... 軸部(第1の軸部) 1 3 ... 枠体部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d ... 軸部(第2の軸部) 1 5 ... 支持部 1 6 ... 永久磁石 1 7 ... コイル 1 8 ... 信号重畳部 1 0 0 ... 装置本体 2 0 0 ... 装着部 2 0 1 ... フレーム 2 0 2 ... 走査光出射部 2 0 3 ... レンズ部 3 0 0 ... ケーブル 4 0 0 ... 中継部 4 0 1 ... 接続部材 4 0 2 ... 内腔部 4 0 3 ... 凹部 4 0 4 ... 上面(底面) 4 0 5 ... 第1の内腔部 4 0 6 ... 第2の内腔部 4 0 7 ... 段差部 4 0 9 ... 内壁面(上面) 4 1 0 ... 内壁面(下面) 4 1 1 ... 当接面 4 1 2 ... 貫通孔 4 1 3 ... 凹部 4 1 4 ... 添え板 4 1 5 ... コイルバネ 4 1 6 ... 遮光部 4 1 7 ... 操作板 5 0 0 ... レンズ L ... 導光部 W 1、W 2 ... 幅 T 1、T 2 ... 周期 V 1 ... 第1の駆動信号 V 2 ... 第2の駆動信号 ... 傾斜角 M ... 網膜(目)

10

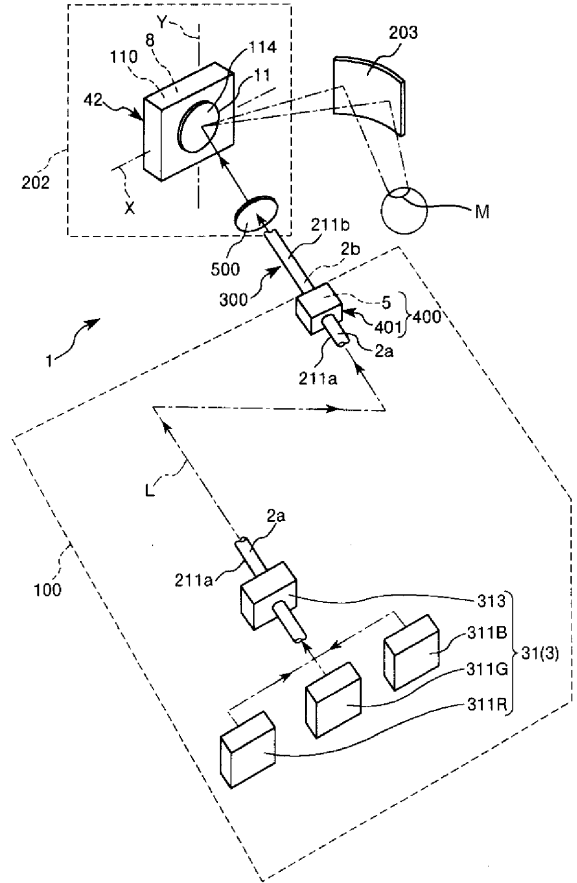
20

30

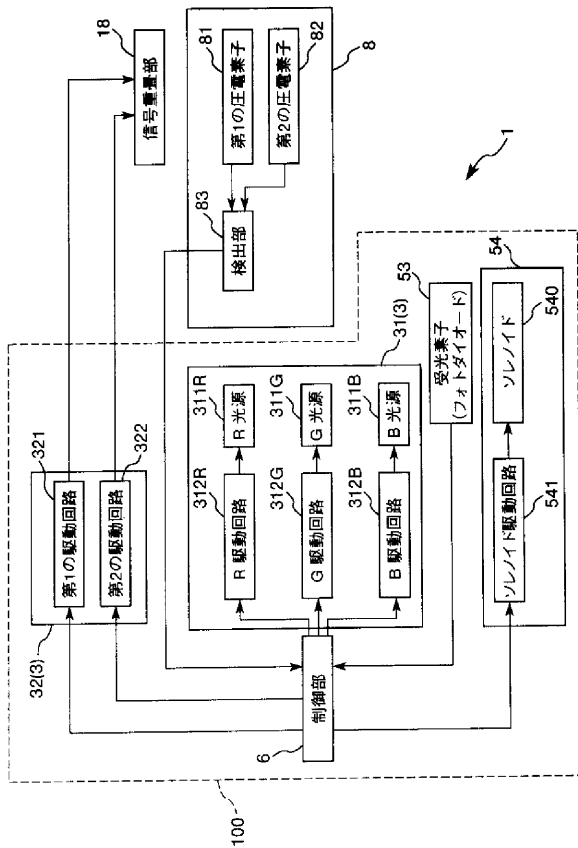
【図 1】



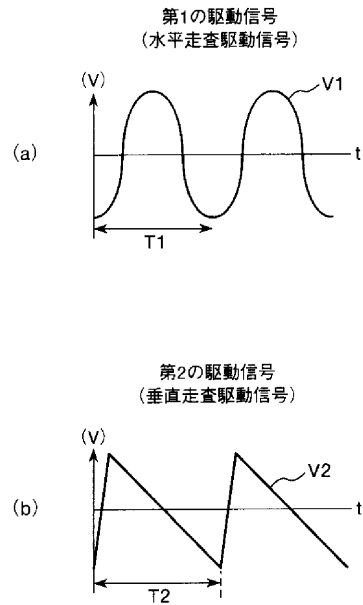
【図 2】



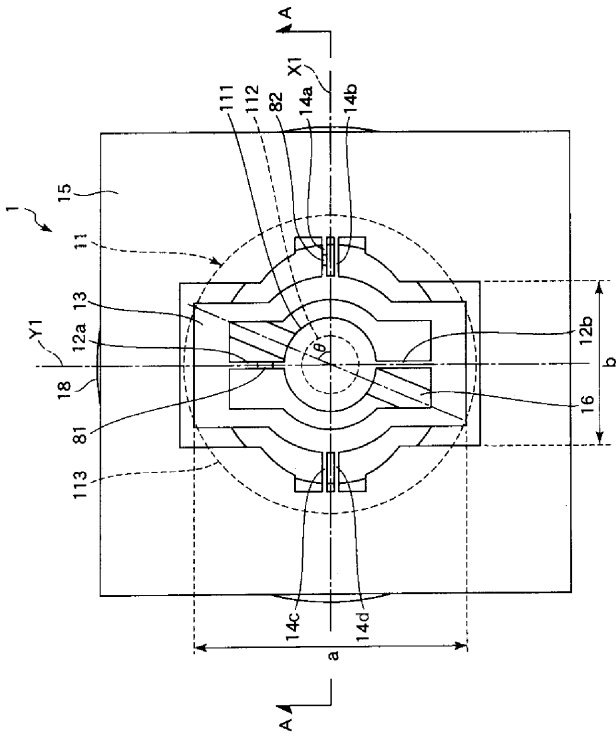
【図 3】



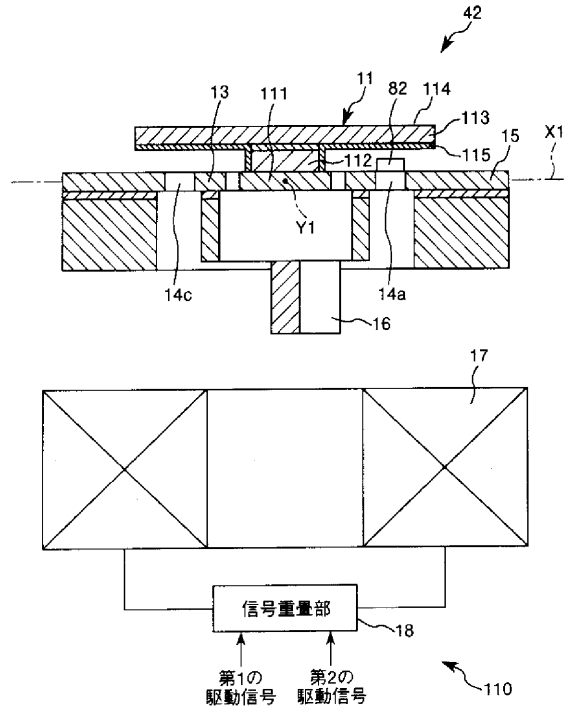
【図 4】



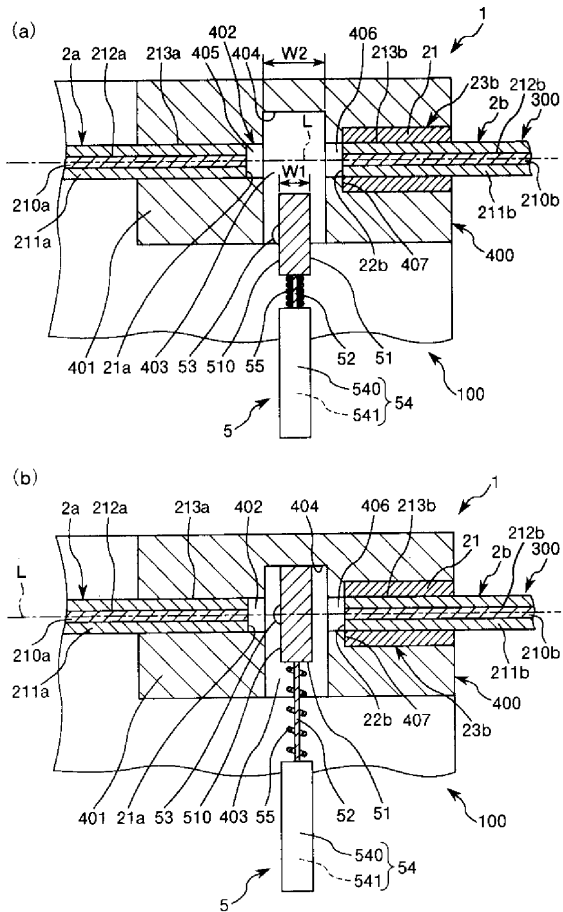
【図5】



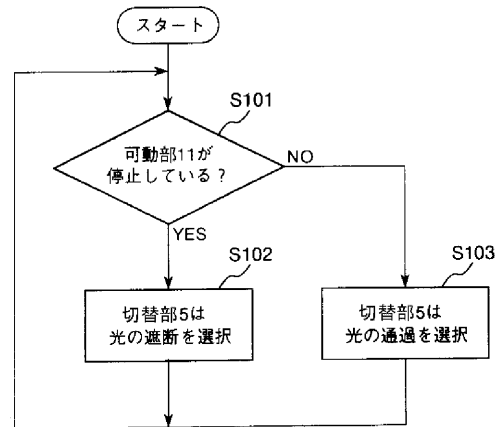
【図6】



【図7】



【図8】



【 図 9 】

