

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6107292号  
(P6107292)

(45) 発行日 平成29年4月5日 (2017.4.5)

(24) 登録日 平成29年3月17日 (2017.3.17)

(51) Int.Cl.	F I
GO2B 26/10 (2006.01)	GO2B 26/10 1 O 4 Z
GO2B 26/08 (2006.01)	GO2B 26/08 E
GO2B 27/02 (2006.01)	GO2B 27/02 Z
HO4N 5/64 (2006.01)	HO4N 5/64 5 1 1 A

請求項の数 12 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-62318 (P2013-62318)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成25年3月25日 (2013.3.25)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-186236 (P2014-186236A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成26年10月2日 (2014.10.2)	(74) 代理人	100091292
審査請求日	平成28年3月25日 (2016.3.25)		弁理士 増田 達哉
		(74) 代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(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	児嶋 長子
			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	鈴木 俊光
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スキャナーの製造方法、光スキャナー、画像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基部となる基部領域、前記基部を揺動可能に支持する軸部となる軸部領域、および前記軸部を介して前記基部を支持する支持部となる支持部領域、を含む第1の基板と、一方の面に、棒状の凹部、前記凹部の内側に位置する第1の部分、および前記凹部の外側に位置し光反射率を低減する機能を有する棒状の第2の部分、が形成された第2の基板と、を重ね合わせて、前記基部領域および前記第1の部分並びに前記支持部領域および前記第2の部分をそれぞれ接合する接合工程と、

前記第1の基板をパターニングし、前記基部、前記軸部および前記支持部を形成するパターニング工程と、

前記第2の基板を他方の面側から削り、前記凹部を前記他方の面側へ貫通させることによって、前記第1の部分と前記第2の部分とを分離する薄肉化工程と、を有することを特徴とする光スキャナーの製造方法。

【請求項2】

前記薄肉化工程の後に、さらに、前記第1の部分の前記第1の基板と反対側の面に反射性を有する光反射部を形成する光反射部形成工程を有している請求項1に記載の光スキャナーの製造方法。

【請求項3】

前記薄肉化工程に先立って、前記第1の基板と前記第2の基板の隙間に封止材を充填する充填工程を有し、

前記薄肉化工程では、ウェットエッチングによって前記第 2 の基板を削る請求項 1 または 2 に記載の光スキャナーの製造方法。

【請求項 4】

前記第 2 の部分の表面には、光反射率を低減する光反射低減部が設けられている請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の光スキャナーの製造方法。

【請求項 5】

前記凹部の内面は、湾曲面を含む凹状をなしている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の光スキャナーの製造方法。

【請求項 6】

前記接合工程は、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを陽極接合によって接合する請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の光スキャナーの製造方法。

10

【請求項 7】

基部と、前記基部を揺動可能に支持する軸部と、前記軸部を介して前記基部を支持する支持部とを有する基板と、

前記基部に支持されたスペーサーと、

前記支持部に固定され、前記スペーサーの外周の少なくとも一部を囲むように設けられ、前記スペーサーと同一材料で構成された固定部と、

前記固定部の前記基板側の面に設けられ、光反射率を低減する光反射低減部と、を有することを特徴とする光スキャナー。

【請求項 8】

20

前記スペーサーの前記基板と反対の面側には、光反射性を有する光反射部が設けられている請求項 7 に記載の光スキャナー。

【請求項 9】

前記スペーサーと前記固定部の前記基板と反対側の面同士は、同一面上に位置している請求項 7 または 8 に記載の光スキャナー。

【請求項 10】

前記固定部は、前記基板の平面視で、前記軸部の少なくとも一部と重なっており、

前記軸部の前記固定部と重なっている領域には、前記軸部の擦れを検出する擦れ検出素子が設けられている請求項 7 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の光スキャナー。

【請求項 11】

30

基部と、前記基部を揺動可能に支持する軸部と、前記軸部を介して前記基部を支持する支持部とを有する基板と、

前記基部に支持され、光を反射する光反射部を有するスペーサーと、

前記支持部に固定され、前記スペーサーの外周の少なくとも一部を囲むように設けられ、前記スペーサーと同一材料で構成された固定部と、

前記固定部の前記基板側の面に設けられ、光反射率を低減する光反射低減部と、を有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 12】

観察者の頭部に装着されるフレームと、

前記フレームに設けられた光スキャナーと、を備えたヘッドマウントディスプレイであって、

40

前記光スキャナーは、基部と、前記基部を揺動可能に支持する軸部と、前記軸部を介して前記基部を支持する支持部とを有する基板と、

前記基部に支持され、光を反射する光反射部を有するスペーサーと、

前記支持部に固定され、前記スペーサーの外周の少なくとも一部を囲むように設けられ、前記スペーサーと同一材料で構成された固定部と、

前記固定部の前記基板側の面に設けられ、光反射率を低減する光反射低減部と、を有す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】

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、光スキャナーの製造方法、光スキャナー、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ものである。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

例えば、スクリーンに画像を表示する画像表示装置として、光源と、光源からの光を走査する光スキャナーとを有する構成が知られている（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、3つのレーザー光源と、3つのレーザー光源からのレーザー光を合成する合成部と、合成部により合成されたレーザー光を走査する光スキャナーとを有している。

10

## 【 0 0 0 3 】

また、光スキャナーは、枠状をなす支持部、支持部の内側に設けられ、光反射部を有する可動板および支持部と可動板とを連結する 1 対の連結部を有する基体と、基板を覆うように設けられた遮光部材とを有している。また、遮光部材には、光反射部へのレーザー光の入射のための入射用窓部と、光反射部で反射したレーザー光の出射のための出射用窓部とが設けられている。特許文献 1 では、このような遮光部材を設けることにより、光スキャナーでのレーザー光の走査を可能としつつ、迷光の発生を低減している。

しかしながら、特許文献 1 に記載の光スキャナーでは、基体（特に可動板）と遮光部材とが別部材で構成されているため、基体と遮光部材とのアライメントがずれるおそれがある。アライメントがずれると、レーザー光の一部が入射用窓部または出射用窓部を通過できなかつたり、迷光防止効果が低下したりする。

20

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開平 2 0 0 9 - 2 1 6 9 3 8 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、迷光を低減することのできる光スキャナーを精度よく形成することのできる光スキャナーの製造方法、この製造方法によって形成され、迷光を低減することのできる光スキャナー、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。

30

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 6 】

このような目的は、下記の適用例により達成される。

本発明の光スキャナーの製造方法は、基部となる基部領域、前記基部を揺動可能に支持する軸部となる軸部領域、および前記軸部を介して前記基部を支持する支持部となる支持部領域、を含む第 1 の基板と、一方の面に、枠状の凹部、前記凹部の内側に位置する第 1 の部分、および前記凹部の外側に位置し光反射率を低減する機能を有する枠状の第 2 の部分、が形成された第 2 の基板と、を重ね合わせて、前記基部領域および前記第 1 の部分並びに前記支持部領域および前記第 2 の部分をそれぞれ接合する接合工程と、

40

前記第 1 の基板をパターンニングし、前記基部、前記軸部および前記支持部を形成するパターンニング工程と、

前記第 2 の基板を他方の面側から削り、前記凹部を前記他方の面側へ貫通させることによって、前記第 1 の部分と前記第 2 の部分とを分離する薄肉化工程と、を有することを特徴とする。

これにより、迷光を低減することのできる光スキャナーを精度よく形成することができる。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の光スキャナーの製造方法では、前記薄肉化工程の後に、さらに、前記第 1 の部

50

分の前記第 1 の基板と反対側の面に反射性を有する光反射部を形成する光反射部形成工程を有していることが好ましい。

これにより、光反射部によって、受けた光を効率的に反射することができる。

本発明の光スキャナーの製造方法では、前記薄肉化工程に先立って、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板の隙間に封止材を充填する充填工程を有し、

前記薄肉化工程では、ウェットエッチングによって前記第 2 の基板を削ることが好ましい。

これにより、第 1 の基板をエッチング液から保護することができる。

#### 【 0 0 0 8 】

本発明の光スキャナーの製造方法では、前記第 2 の部分の表面には、光反射率を低減する光反射低減部が設けられていることが好ましい。

これにより、第 2 の部分に光反射低減機能を簡単に付与することができる。

本発明の光スキャナーの製造方法では、前記凹部の内面は、湾曲面を含む凹状をなしていることが好ましい。

これにより、分離された状態の第 1 の部分および第 2 の部分に、主面に直交する側面が形成されないため、迷光の発生をより効果的に低減することができる。

本発明の光スキャナーの製造方法では、前記接合工程は、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを陽極接合によって接合することが好ましい。

これにより、比較的簡単に、かつ高い強度で、第 1 の基板と第 2 の基板とを接合することができる。

#### 【 0 0 0 9 】

本発明の光スキャナーは、基部と、前記基部を揺動可能に支持する軸部と、前記軸部を介して前記基部を支持する支持部とを有する基板と、

前記基部に支持されたスペーサーと、

前記支持部に固定され、前記スペーサーの外周の少なくとも一部を囲むように設けられ、前記スペーサーと同一材料で構成された固定部と、

前記固定部の前記基板側の面に設けられ、光反射率を低減する光反射低減部と、を有することを特徴とする。

これにより、迷光を低減することのできる光スキャナーが得られる。

#### 【 0 0 1 0 】

本発明の光スキャナーでは、前記スペーサーの前記基板と反対の面側には、光反射性を有する光反射部が設けられていることが好ましい。

これにより、光反射部によって、受けた光を効率的に反射することができる。

本発明の光スキャナーでは、前記スペーサーと前記固定部の前記基板と反対側の面同士は、同一面上に位置していることが好ましい。

これにより、光反射部による光の走査を妨害せずに、迷光の発生をより効果的に低減することができる。

#### 【 0 0 1 1 】

本発明の光スキャナーでは、前記固定部は、前記基板の平面視で、前記軸部の少なくとも一部と重なっており、

前記軸部の前記固定部と重なっている領域には、前記軸部の擦れれを検出する擦れれ検出素子が設けられていることが好ましい。

これにより、検出素子への光の入射が防止または低減され、検出素子による擦れれ検出をより精度よく行うことができる。

#### 【 0 0 1 2 】

本発明の画像表示装置は、基部と、前記基部を揺動可能に支持する軸部と、前記軸部を介して前記基部を支持する支持部とを有する基板と、

前記基部に支持され、光を反射する光反射部を有するスペーサーと、

前記支持部に固定され、前記スペーサーの外周の少なくとも一部を囲むように設けられ、前記スペーサーと同一材料で構成された固定部と、

10

20

30

40

50

前記固定部の前記基板側の面に設けられ、光反射率を低減する光反射低減部と、を有することを特徴とする。

これにより、迷光を低減することができ、優れた表示特性を発揮することのできる画像表示装置が得られる。

【0013】

本発明のヘッドマウントディスプレイは、観察者の頭部に装着されるフレームと、前記フレームに設けられた光スキャナーと、を備えたヘッドマウントディスプレイであって、

前記光スキャナーは、基部と、前記基部を揺動可能に支持する軸部と、前記軸部を介して前記基部を支持する支持部とを有する基板と、

前記基部に支持され、光を反射する光反射部を有するスペーサーと、

前記支持部に固定され、前記スペーサーの外周の少なくとも一部を囲むように設けられ、前記スペーサーと同一材料で構成された固定部と、

前記固定部の前記基板側の面に設けられ、光反射率を低減する光反射低減部と、を有することを特徴とする。

これにより、迷光を低減することができ、優れた表示特性を発揮することのできるヘッドマウントディスプレイが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の画像表示装置の第1実施形態を示す構成図である。

【図2】図1に示す画像表示装置が備える光スキャナーの上面図である。

【図3】図2に示す光スキャナーから固定部の図示を省略した上面図である。

【図4】図3に示す光スキャナーからスペーサーの図示を省略した上面図である。

【図5】図2中のA-A線断面図である。

【図6】図4に示す光スキャナーが有する検出素子を示す平面図である。

【図7】図5に示す光スキャナーが有する電圧印加手段のブロック図である。

【図8】図7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9】本発明の第2実施形態にかかる画像表示装置が備える光スキャナーの上面図である。

【図10】図9中のB-B線断面図である。

【図11】図2に示す光スキャナーの製造方法を説明するための図である。

【図12】図2に示す光スキャナーの製造方法を説明するための図である。

【図13】図2に示す光スキャナーの製造方法を説明するための図である。

【図14】図2に示す光スキャナーの製造方法を説明するための図である。

【図15】図2に示す光スキャナーの製造方法を説明するための図である。

【図16】本発明の画像表示装置を応用したヘッドアップディスプレイを示す斜視図である。

【図17】本発明のヘッドマウントディスプレイを示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、光スキャナーの製造方法、光スキャナー、画像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ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。

1. 画像表示装置

< 第1実施形態 >

まず、本発明の画像表示装置の第1実施形態について説明する。

【0016】

図1は、本発明の画像表示装置の第1実施形態を示す構成図である。図2は、図1に示す画像表示装置が備える光スキャナーの上面図である。図3は、図2に示す光スキャナーから固定部の図示を省略した上面図である。図4は、図3に示す光スキャナーからスペー

10

20

30

40

50

サーの図示を省略した上面図である。図 5 は、図 2 中の A - A 線断面図である。図 6 は、図 4 に示す光スキャナーが有する検出素子を示す平面図である。図 7 は、図 5 に示す光スキャナーが有する電圧印加手段のブロック図である。図 8 は、図 7 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 ないし図 4 の紙面手前側および図 5 中の上側を「上」と言い、図 2 ないし図 4 の紙面奥側および図 5 中の下側を「下」と言う。

#### 【 0 0 1 7 】

図 1 に示す画像表示装置 1 は、スクリーン、壁面などの対象物 1 0 に描画用レーザー光 LL を 2 次元的に走査することにより画像を表示する装置である。

図 1、図 4 および図 7 に示すように、画像表示装置 1 は、描画用レーザー光 LL を出射する描画用光源ユニット 2 と、描画用レーザー光 LL を走査する光スキャナー 4 と、光スキャナー 4 で走査した描画用レーザー光 LL を反射させるミラー 1 1 と、描画用光源ユニット 2 および光スキャナー 4 の作動を制御する制御部 6 とを有している。なお、ミラー 1 1 は、必要に応じて設ければよく、省略してもよい。

#### 【 0 0 1 8 】

##### 描画用光源ユニット

図 1 に示すように、描画用光源ユニット 2 は、赤色、緑色、青色、各色のレーザー光源（光源部）2 1 R、2 1 G、2 1 B と、レーザー光源 2 1 R、2 1 G、2 1 B に対応して設けられたコリメーターレンズ 2 2 R、2 2 G、2 2 B およびダイクロイックミラー 2 3 R、2 3 G、2 3 B と、を備えている。

#### 【 0 0 1 9 】

レーザー光源 2 1 R、2 1 G、2 1 B は、それぞれ、図示しない光源と駆動回路とを有している。そして、レーザー光源 2 1 R は、赤色のレーザー光 RR を射出し、レーザー光源 2 1 G は、緑色のレーザー光 GG を射出し、レーザー光源 2 1 B は、青色のレーザー光 BB を射出する。レーザー光 RR、GG、BB は、それぞれ、制御部 6 から送信される駆動信号に対応して射出され、コリメーターレンズ 2 2 R、2 2 G、2 2 B によって平行光または略平行光にされる。レーザー光源 2 1 R、2 1 G、2 1 B としては、例えば、端面発光半導体レーザー、面発光半導体レーザーなどの半導体レーザーを用いることができる。半導体レーザーを用いることにより、レーザー光源 2 1 R、2 1 G、2 1 B の小型化を図ることができる。

#### 【 0 0 2 0 】

このようなレーザー光源 2 1 R、2 1 G、2 1 B の配置に倣って、ダイクロイックミラー 2 3 R、ダイクロイックミラー 2 3 B、ダイクロイックミラー 2 3 G が配置されている。ダイクロイックミラー 2 3 R は、レーザー光 RR を反射する特性を有している。ダイクロイックミラー 2 3 B は、レーザー光 BB を反射するとともに、レーザー光 RR を透過する特性を有している。ダイクロイックミラー 2 3 G は、レーザー光 GG を反射するとともに、レーザー光 RR、BB を透過する特性を有している。これらダイクロイックミラー 2 3 R、2 3 G、2 3 B によって、各色のレーザー光 RR、GG、BB が合成されて描画用レーザー光 LL となる。

#### 【 0 0 2 1 】

##### 光スキャナー

光スキャナー 4 は、描画用光源ユニット 2 から描画用レーザー光 LL を 2 次元走査する機能を有している。図 2 ないし図 6 に示すように、光スキャナー 4 は、構造体 4 0 と、永久磁石 4 6 と、コイル 4 7 と、磁心 4 8 と、電圧印加部 4 9 と、を備えている。また、構造体 4 0 は、可動部 4 1 1 と、1 対の第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b と、枠体部 4 1 3 と、1 対の第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b と、支持部 4 1 5 と、固定部 4 1 6 と、を有している。

#### 【 0 0 2 2 】

これらのうち、可動部 4 1 1、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b は、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b を軸として第 1 の軸 J 1 周りに揺動（往復回転）する第 1 の振動系を構成する

10

20

30

40

50

。また、可動部 4 1 1、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b、枠体部 4 1 3、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b および永久磁石 4 6 は、第 2 の軸 J 2 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 4 6、コイル 4 7、磁心 4 8 および電圧印加部 4 9 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駆動手段を構成する。

#### 【0023】

可動部 4 1 1 は、基部 4 1 1 a と、基部 4 1 1 a の上面に設けられたスペーサー 4 1 1 b と、スペーサー 4 1 1 b の上面のほぼ全域に設けられ、光反射性を有する光反射部 4 1 1 c とを有している。このような可動部 4 1 1 には、描画用レーザー光 LL が入射し、入射した描画用レーザー光 LL は、光反射部 4 1 1 c の表面で反射され、光反射部 4 1 1 c の姿勢に応じた方向へ走査される。光反射部 4 1 1 c は、例えば、アルミニウム等の金属材料をスペーサー 4 1 1 b の上面へ成膜することにより形成することができる。

10

#### 【0024】

スペーサー 4 1 1 b は、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b に対して板厚方向に離間するとともに、図 2 および図 3 に示すように、構造体 4 0 の平面視にて、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b の全域と重なって設けられている。そのため、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b の間の距離を短くしつつ、スペーサー 4 1 1 b の上面の面積（光反射部 4 1 1 c の面積）を大きくすることができる。また、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b の間の距離を短くすることから、枠体部 4 1 3 の小型化を図ることができる。さらに、枠体部 4 1 3 の小型化を図ることができることから、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b 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、光反射部 4 1 1 c の板面の面積を大きくしても、光

20

#### 【0025】

後に詳述するが、図 4 に示すように、第 1 の軸部 4 1 2 a の基端部には第 1 の軸部 4 1 2 a の捩じれ量（可動部 4 1 1 の揺動角）を検出する検出素子 5 1 が設けられている。そのため、スペーサー 4 1 1 b は、検出素子 5 1 への描画用レーザー光 LL の入射を光反射部 4 1 1 c で遮るように設けられているとも言える。後述するように、検出素子 5 1 の出力信号は、光に影響されるため、光反射部 4 1 1 c によって描画用レーザー光 LL を遮ることで、検出素子 5 1 から正確な出力信号を得ることができる。

#### 【0026】

また、図 5 に示すように、スペーサー 4 1 1 b は、略円錐台形状をなしており、その上底に当たる面が基部 4 1 1 a に接合されている。スペーサー 4 1 1 b をこのような構成とすることにより、スペーサー 4 1 1 b の上面（光反射部 4 1 1 c の形成領域）を大きく確保しつつ、スペーサー 4 1 1 b を支持する基部 4 1 1 a を小さくすることができる。そのため、優れた光走査特性を維持しつつ、光スキャナー 4 の小型化を図ることができる。

30

#### 【0027】

また、図 5 に示すように、スペーサー 4 1 1 b の側面 4 1 1 b' は、円錐台と比較して内側へ凹んだ湾曲凹面で構成されている。このような構成とすることによって、スペーサー 4 1 1 b の上面と側面のなす角  $\theta_1$  をより小さくすることができる。これにより、スペーサー 4 1 1 b の側面（上面付近）に、上方から照射される描画用レーザー光 LL が照射され難くなり、迷光の原因となる光の不要反射を低減することができる。 $\theta_1$  としては、特に限定されないが、 $5^\circ$  以上、 $40^\circ$  以下程度であるのが好ましく、 $20^\circ$  以上、 $30^\circ$  以下程度であるのがより好ましい。これにより、スペーサー 4 1 1 b の上面縁部の強度を十分に確保しつつ、上記の効果をより効果的に発揮することができる。

40

#### 【0028】

枠体部 4 1 3 は、枠状をなしており、可動部 4 1 1 の基部 4 1 1 a を囲んで設けられている。言い換えると、可動部 4 1 1 の基部 4 1 1 a は、枠状をなす枠体部 4 1 3 の内側に設けられている。可動部 4 1 1 の基部 4 1 1 a は、1 対の第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b を介して枠体部 4 1 3 に支持されている。

図 4 に示すように、枠体部 4 1 3 は、第 1 の軸 J 1 に沿った方向での長さが第 2 の軸 J 2 に沿った方向での長さよりも長くなっている。すなわち、第 1 の軸 J 1 に沿った方向に

50

おける枠体部 4 1 3 の長さを  $a$  とし、第 2 の軸 J 2 に沿った方向における枠体部 4 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、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b に必要な長さを確保しつつ、第 2 の軸 J 2 に沿った方向における光スキャナ 4 の長さを抑えることができる。

【0029】

また、支持部 4 1 5 は、枠状をなしており、枠体部 4 1 3 を囲んで設けられている。言い換えると、枠体部 4 1 3 は、枠状をなす支持部 4 1 5 の内側に設けられている。枠体部 4 1 3 は、1 対の第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b を介して支持部 4 1 5 に支持されている。

また、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b および第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、それぞれ、弾性変形可能に構成されている。そして、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b は、可動部 4 1 1 を第 1 の軸 J 1 周りに揺動可能とするように、可動部 4 1 1 と枠体部 4 1 3 とを連結している。また、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、枠体部 4 1 3 を第 1 の軸 J 1 に直交する第 2 の軸 J 2 周りに揺動可能とするように、枠体部 4 1 3 と支持部 4 1 5 とを連結している。

【0030】

第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b は、可動部 4 1 1 の基部 4 1 1 a を介して互いに対向するように配置されている。また、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b は、それぞれ、第 1 の軸 J 1 に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b は、それぞれ、一端部が基部 4 1 1 a に接続され、他端部が枠体部 4 1 3 に接続されている。また、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b は、それぞれ、中心軸が第 1 の軸 J 1 に一致するように配置されている。このような第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b は、それぞれ、可動部 4 1 1 の第 1 の軸 J 1 周りの揺動に伴ってねじれ変形する。

【0031】

一方、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、枠体部 4 1 3 を介して互いに対向するように配置されている。また、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、それぞれ、第 2 の軸 J 2 に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、それぞれ、一端部が枠体部 4 1 3 に接続され、他端部が支持部 4 1 5 に接続されている。また、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、それぞれ、中心軸が第 2 の軸 J 2 に一致するように配置されている。このような第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、枠体部 4 1 3 の第 2 の軸 J 2 周りの揺動に伴ってねじれ変形する。なお、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b および第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b 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。また、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b および第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b は、2 本の軸部に分割されていてもよい。

【0032】

このような構造体 4 0 では、可動部 4 1 1 を第 1 の軸 J 1 周りに揺動可能とするとともに、枠体部 4 1 3 を第 2 の軸 J 2 周りに揺動可能とすることにより、可動部 4 1 1 ( 光反射部 4 1 1 c ) を互いに直交する第 1、第 2 の軸 J 1、J 2 の 2 軸周りに揺動させることができる。

また、支持部 4 1 5 の上面には、固定部 4 1 6 が設けられている。固定部 4 1 6 は、可動部 4 1 1 のスペーサ 4 1 1 b と同じ高さに配置されており、平面視にて、スペーサ 4 1 1 b を囲んで設けられている。言い換えると、スペーサ 4 1 1 b は、枠状をなす固定部 4 1 6 の内側に設けられている。

【0033】

また、固定部 4 1 6 は、下面から突出する突出部 4 1 6 a を有しており、この突出部 4 1 6 a にて支持部 4 1 5 と接合されている。そのため、固定部 4 1 6 は、その下面が支持部 4 1 5 や第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b と板厚方向に離間している。ここで、突出部 4 1 6 a と支持部 4 1 5 との接合方法によっては、突出部 4 1 6 a に後述する遮光部 4 1 7 を設けることができない場合がある。そのため、突出部 4 1 6 a は、支持部 4 1 5 との接



合強度を確保することができる限り、なるべく小さく設計するのが好ましく、また、光反射部 4 1 1 c からなるべく離間した位置に配置するのが好ましい。また、接合方法によっては、接合部に応力を生じることもあるため、接合面積をなるべく小さくすることが好ましい。なお、突出部 4 1 6 a の形状、配置は、特に限定されず、例えば、固定部 4 1 6 の外周に沿った枠状をなしていてもよいし、固定部 4 1 6 の各角部に設けられていてもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

固定部 4 1 6 の表面（突出部 4 1 6 a 以外の領域）には、遮光機能および光反射率低減機能を有する遮光部（光反射低減部）4 1 7 が設けられている。これにより、固定部 4 1 6 は、遮光機能および光反射率低減機能を発揮することができる。そのため、描画用レーザー光 LL が固定部 4 1 6 を介して構造体 4 0 内に侵入するのを抑制でき、構造体 4 0 内での迷光の発生を効果的に低減することができる。これに加えて、固定部 4 1 6 の表面での反射により発生する迷光も低減することができる。また、例えば、スペーサー 4 1 1 b と固定部 4 1 6 の隙間から構造体 4 0 内に侵入し、第 1 の軸部 4 1 2 a、4 1 2 b、枠体部 4 1 3 および第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b 等で反射して迷光となった光を効果的に吸収することができる。そのため、迷光の構造体 4 0 の外への漏れを低減することができるとともに、後述する検出素子 5 1、5 2 への迷光の入射を低減することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

遮光部 4 1 7 の非透過率としては、高い程よく、具体的には、70%以上であるのが好ましく、90%以上であるのがより好ましい。また、遮光部 4 1 7 の反射率としては、低い程好ましく、具体的には、5%以下であるのが好ましく、2%以下であるのがより好ましい。

遮光部 4 1 7 の構成材料としては、遮光機能および光反射率低減機能を有していれば、特に限定されず、例えば、Cr（クロム）を用いることができる。Crを用いることによって、遮光機能および光反射率低減機能が共に優れる遮光部 4 1 7 が得られる。この場合、遮光部 4 1 7 の表面を粗面化処理してもよい。また、Crで構成された層に、さらに、反射防止膜（ARコート）を積層した構成としてもよい。

#### 【 0 0 3 6 】

なお、遮光部 4 1 7 は、本実施形態のように、固定部 4 1 6 のほぼ全域にわたって設けられているのが好ましいが、これに限定されない。例えば、遮光部 4 1 7 は、固定部 4 1 6 の上面のみに設けられていてもよいし、下面のみに設けられていてもよい。また、遮光部 4 1 7 は、少なくとも、光反射率低減機能を有していれば、遮光機能を有していなくてもよい。

#### 【 0 0 3 7 】

固定部 4 1 6 は、構造体 4 0 の平面視にて、第 2 の軸部 4 1 4 a、4 1 4 b の基端部と重なって設けられている。後に詳述するが、第 2 の軸部 4 1 4 a の基端部（固定部 4 1 6 と重なる領域）には、第 2 の軸部 4 1 4 a の捩じれ量（枠体部 4 1 3 の揺動角）を検出する検出素子 5 2 が設けられている。すなわち、固定部 4 1 6 は、検出素子 5 2 への描画用レーザー光 LL の入射を遮るように設けられている。後述するように、検出素子 5 2 の出力信号は、光に影響されるため、固定部 4 1 6 によって描画用レーザー光 LL を遮ることで、検出素子 5 2 から正確な出力信号を得ることができる。

#### 【 0 0 3 8 】

また、図 2 に示すように、固定部 4 1 6 の上面の内周は、スペーサー 4 1 1 b の上面と同心的な円形（相似形状）をなしている。これにより、固定部 4 1 6 の内周とスペーサー 4 1 1 b の外周とをより近づけて配置することができるため、固定部 4 1 6 とスペーサー 4 1 1 b の間の隙間が小さくなる。その結果、前記隙間を介して構造体 4 0 内に侵入する描画用レーザー光 LL が減り、迷光の発生を低減できるとともに、迷光が構造体 4 0 外へ漏れ難くなる。

#### 【 0 0 3 9 】

また、図 5 に示すように、固定部 4 1 6 の内周面（内側面）4 1 6' は、固定部 4 1 6

10

20

30

40

50

とのなす角  $\theta$  が  $90^\circ$  未満となるように、傾斜して設けられている。これにより、可動部 411 の接触を防止しつつ、固定部 416 をスペーサー 411b へより接近させて配置することができる。そのため、固定部 416 とスペーサー 411b の間の隙間が小さくなる。その結果、前記隙間を介して構造体 40 内に侵入する描画用レーザー光 LL が減り、迷光の発生を低減できるとともに、迷光が構造体 40 の外へ漏れ難くなる。特に、本実施形態では、固定部 416 の内周面 416' を固定部 416 の内側に凹んだ湾曲凹面で構成しているため、 $\theta$  をより小さくすることができる。なお、 $\theta$  としては、特に限定されないが、 $5^\circ$  以上、 $40^\circ$  以下程度であるのが好ましく、 $20^\circ$  以上、 $30^\circ$  以下程度であるのがより好ましい。これにより、固定部 416 の内側縁部の強度を十分に確保しつつ、上記の効果を効果的に発揮することができる。

10

また、固定部 416 の上面は、スペーサー 411b の上面と同一平面上に位置している。これにより、光反射部 411c での描画用レーザー光 LL の走査を阻害せずに、迷光の発生を低減することができる。

#### 【0040】

具体的に説明すると、固定部 416 の上面がスペーサー 411b の上面よりも上側に位置している場合は、描画用レーザー光 LL の光路に固定部 416 が重なり、描画用レーザー光 LL の走査が阻害されるおそれがある。また、固定部 416 とスペーサー 411b の上面同士が上下にずれる分、本実施形態と比べて、固定部 416 とスペーサー 411b の隙間が大きくなる。そのため、前記隙間から構造体 40 内に侵入する描画用レーザー光 LL が増加し、迷光の発生量が増えるおそれがある。

20

#### 【0041】

反対に、固定部 416 の上面がスペーサー 411b の上面よりも下側に位置している場合は、揺動時のスペーサー 411b との接触を避けるために、本実施形態と比べて、固定部 416 の内周をスペーサー 411b から遠ざけて配置する必要があり、その分、固定部 416 とスペーサー 411b の隙間が大きくなる。また、固定部 416 とスペーサー 411b の上面同士が上下にずれる分、本実施形態に比べて、固定部 416 とスペーサー 411b の隙間が大きくなる。そのため、前記隙間から構造体 40 内に侵入する描画用レーザー光 LL が増加し、迷光の発生量が増えるおそれがある。

#### 【0042】

このように、本実施形態のように、固定部 416 の上面をスペーサー 411b の上面と同一平面上に配置することによって、それ以外の場合と比較して、光反射部 411c での描画用レーザー光 LL の走査を阻害せずに、迷光の発生を低減することができる。

30

以上のような構造体 40 は、第 1 の基板 42 と、第 2 の基板 43 とを積層した積層体として構成されている。

#### 【0043】

第 1 の基板 42 は、基部 411a、第 1 の軸部 412a、412b、枠体部 413、第 2 の軸部 414a、414b および支持部 415 を備え、これらを一体的に形成している。本実施形態では、第 1 の基板 42 は、第 1 の Si 層（デバイス層）と、SiO<sub>2</sub> 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 基板であり、当該基板をエッチングすることで、基部 411a、第 1 の軸部 412a、412b、枠体部 413、第 2 の軸部 414a、414b および支持部 415 が形成されている。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 411a、第 1 の軸部 412a、412b、枠体部 413、第 2 の軸部 414a、414b および支持部 415 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 4 の小型化を図ることができる。

40

#### 【0044】

基部 411a、第 1 の軸部 412a、412b および第 2 の軸部 414a、414b 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、第 1 の軸部 412a、412b および第 2 の軸部 414a、414b の弾性を優れたものとするこ

50

きる。また、基部 4 1 1 a が第 1 の軸 J 1 周りに回転する際に枠体部 4 1 3 に接触するのを防止することができる。また、枠体部 4 1 3 および支持部 4 1 5 は、それぞれ、SOI 基板の第 1 の Si 層、SiO<sub>2</sub> 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 4 1 3 および支持部 4 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 4 1 3 の SiO<sub>2</sub> 層および第 2 の Si 層は、枠体部 4 1 3 の剛性を高めるリブとしての機能だけでなく、基部 4 1 1 a が永久磁石 4 6 に接触するのを防止する機能も有する。

#### 【0045】

一方、第 2 の基板 4 3 は、スペーサー 4 1 1 b および固定部 4 1 6 を備えている。本実施形態では、第 2 の基板 4 3 は、石英ガラス、テンパックスガラス、パイレックスガラス（「パイレックス」は登録商標）等のガラス材料で構成されたガラス基板で構成され、当該ガラス基板をエッチングすることで、スペーサー 4 1 1 b および固定部 4 1 6 が形成されている。ガラス基板は、エッチングにより微細な加工（特に、曲面加工）が可能であるため、ガラス基板を用いてスペーサー 4 1 1 b および固定部 4 1 6 を形成することにより、本実施形態のような湾曲凹面で構成された側面を有するスペーサー 4 1 1 b および固定部 4 1 6 を簡単に形成することができる。

#### 【0046】

第 1 の基板 4 2 と第 2 の基板 4 3 の接合方法、すなわち、基部 4 1 1 a とスペーサー 4 1 1 b および支持部 4 1 5 と固定部 4 1 6 の接合方法としては、特に限定されないが、陽極接合を用いるのが好ましい。これにより、第 1、第 2 の基板 4 2、4 3 を簡単かつ高強度に接合することができる。この点からも、前述したように、第 1 の基板 4 2 を SOI 基板とし、第 2 の基板 4 3 をガラス基板とすることが好ましい。

#### 【0047】

前述したように、第 1 の軸部 4 1 2 a の基端部に、第 1 の軸部 4 1 2 a の捫じれを検出する検出素子 5 1 が設けられており、第 2 の軸部 4 1 4 a の基端部に、第 2 の軸部 4 1 4 a の捫じれ量を検出する検出素子 5 2 が設けられている。以下では、これら検出素子 5 1、5 2 について説明する。なお、検出素子 5 1、5 2 の構成は、同様であるため、以下では、検出素子 5 1 の構成について代表して説明し、検出素子 5 2 の構成については、その説明を省略する。

#### 【0048】

図 6 に示すように、検出素子 5 1 は、Si 基板表面に形成したピエゾ抵抗素子で、第 1 の軸部 4 1 2 a の幅方向に対向して設けられた 1 対の入力端子 5 1 1、5 1 2 と、第 1 の軸部 4 1 2 a の長手方向に対向して設けられた 1 対の出力端子 5 1 3、5 1 4 と、を有している。図示しないが、これら端子 5 1 1 ~ 5 1 4 は、それぞれ、配線によって枠体部 4 1 3 および第 2 の軸部 4 1 4 b を介して支持部 4 1 5 まで引き出されている。

#### 【0049】

1 対の入力端子 5 1 1、5 1 2 に電圧を印加した状態で、第 1 の軸部 4 1 2 a が捫じれ変形すると、1 対の出力端子 5 1 3、5 1 4 から、前記捫じれの方角と大きさに基づいた電圧が出力される。そのため、出力された電圧に基づけば、第 1 の軸部 4 1 2 a の捫じれの状態から可動部 4 1 1 の第 1 の軸 J 1 まわりの揺動角を検出することができる。検出素子 5 2 も、同様にして、第 2 の軸部 4 1 4 a の捫じれの状態から可動部 4 1 1 の第 2 の軸 J 2 まわりの揺動角を検出することができる。

#### 【0050】

なお、検出素子 5 1 の構成は、本実施形態に限定されず、例えば、入力端子 5 1 1、5 1 2 の位置と、出力端子 5 1 3、5 1 4 の位置を反対にしてもよい。すなわち、入力端子 5 1 1、5 1 2 を第 1 の軸部 4 1 2 a の長手方向に離間して設け、出力端子 5 1 3、5 1 4 を第 1 の軸部 4 1 2 a の幅方向に離間して設けてもよい。また、検出素子 5 1 の配置位置は、第 1 の軸部 4 1 2 a の基端部付近であればよく、第 1 の軸部 4 1 2 a 上でも、枠体部 4 1 3 上でも、両者の境界上であってもよい。

#### 【0051】

前述したように、このような検出素子 5 1、5 2 は、光を受けると出力信号にノイズ（不要信号）が乗ってしまい、第 1、第 2 の軸部 4 1 2 a、4 1 4 a の擦じれの状態を精度よく検出することができなくなるという問題を有している。そのため、本実施形態では、検出素子 5 1 の上方に光反射部 4 1 1 c を配置し、検出素子 5 2 の上方に固定部 4 1 6 を配置することによって、検出素子 5 1、5 2 への描画用レーザー光 L L の入射を低減し、検出素子 5 1、5 2 からの出力信号をより正確なものとしている。その結果、可動部 4 1 1 の姿勢をより正確に検出することができる。

#### 【0052】

図 5 に示すように、枠体部 4 1 3 の下面には、永久磁石 4 6 が接合されている。永久磁石 4 6 と枠体部 4 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 4 6 は、平面視にて、第 1、第 2 の軸 J 1、J 2 に対して傾斜する方向に磁化されている。

10

本実施形態では、永久磁石 4 6 は、第 1、第 2 の軸 J 1、J 2 の両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 4 6 は、その長手方向に磁化されている。すなわち、永久磁石 4 6 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 4 6 は、平面視にて、第 1 の軸 J 1 と第 2 の軸 J 2 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。

#### 【0053】

第 2 の軸 J 2 に対する永久磁石 4 6 の磁化の方向（延在方向）の傾斜角  $\theta$  は、特に限定されないが、 $30^\circ$  以上  $60^\circ$  以下であるのが好ましく、 $45^\circ$  以上  $60^\circ$  以下であることがより好ましく、 $45^\circ$  であるのがさらに好ましい。このように永久磁石 4 6 を設けることにより、円滑かつ確実に、可動部 4 1 1（光反射部 4 1 1 c）を第 2 の軸 J 2 周りに揺動させることができる。

20

#### 【0054】

このような永久磁石 4 6 としては、例えば、ネオジウム磁石、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 4 6 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 4 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 4 6 を枠体部 4 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 4 6 を所望の位置に設置できない場合があるからである。

30

#### 【0055】

永久磁石 4 6 の直下には、コイル 4 7 が設けられている。これにより、コイル 4 7 から発生する磁界を効率的に永久磁石 4 6 に作用させることができる。これにより、光スキャナ 4 の省電力化および小型化を図ることができる。コイル 4 7 は、磁心 4 8 に巻回されて設けられている。これにより、コイル 4 7 で発生した磁界を効率的に永久磁石 4 6 に作用させることができる。なお、磁心 4 8 は、省略してもよい。

このようなコイル 4 7 は、電圧印加部 4 9 に電気的に接続されている。そして、電圧印加部 4 9 によりコイル 4 7 に電圧が印加されることで、コイル 4 7 から第 1、第 2 の軸 J 1、J 2 に直交する磁束を有する磁界が発生する。

#### 【0056】

40

電圧印加部 4 9 は、図 7 に示すように、可動部 4 1 1 を第 1 の軸 J 1 周りに回動させるための第 1 の電圧 V 1 を発生させる第 1 の電圧発生部 4 9 1 と、可動部 4 1 1 を第 2 の軸 J 2 周りに回動させるための第 2 の電圧 V 2 を発生させる第 2 の電圧発生部 4 9 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 9 3 とを備え、電圧重畳部 4 9 3 で重畳した電圧をコイル 4 7 に印加する。

#### 【0057】

第 1 の電圧発生部 4 9 1 は、図 8（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（主走査用電圧）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。第 1 の電圧 V 1 の周波数（ $1/T_1$ ）は、例えば、 $10 \sim 40 \text{ kHz}$  であるのが好ましい。本実施形態では、第 1 の電圧 V 1 の周波数は、可動部 4 1 1、

50

1対の第1の軸部412a、412bで構成される第1の振動系のねじり共振周波数と等しくなるように設定されている。これにより、可動部411の第1の軸J1周りの回転角を大きくすることができる。

【0058】

一方、第2の電圧発生部492は、図8(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 $V_2$ (副走査用電圧)を発生させるものである。第2の電圧 $V_2$ は、鋸波のような波形をなしている。第2の電圧 $V_2$ の周波数( $1/T_2$ )は、第1の電圧 $V_1$ の周波数( $1/T_1$ )と異なっていればよく、例えば、30~120Hz(60Hz程度)であるのが好ましい。本実施形態では、第2の電圧 $V_2$ の周波数は、可動部411、第1の軸部412a、412b、枠体部413、第2の軸部414a、414bおよび永久磁石46で構成された第2の振動系のねじり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。

10

このような第2の電圧 $V_2$ の周波数は、第1の電圧 $V_1$ の周波数よりも小さいことが好ましい。これにより、より確実かつより円滑に、可動部411を第1の軸J1周りに第1の電圧 $V_1$ の周波数で揺動させつつ、第2の軸J2周りに第2の電圧 $V_2$ の周波数で揺動させることができる。

【0059】

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、 $10f_2 = f_1$ 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411を、第1の軸J1周りに第1の電圧 $V_1$ の周波数で回転させつつ、第2の軸J2周りに第2の電圧 $V_2$ の周波数で回転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の電圧 $V_2$ の周波数による第1の振動系の振動が発生する可能性がある。

20

【0060】

このような第1の電圧発生部491および第2の電圧発生部492は、それぞれ、制御部6に接続され、この制御部6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491および第2の電圧発生部492には、電圧重畳部493が接続されている。

電圧重畳部493は、コイル47に電圧を印加するための加算器493aを備えている。加算器493aは、第1の電圧発生部491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492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47に印加するようになっている。

30

【0061】

次に、光スキャナ4の駆動方法について説明する。なお、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18kHz、第2の電圧 $V_2$ の周波数が60Hzに設定されている)ものとする。

【0062】

例えば、図8(a)に示す第1の電圧 $V_1$ と、図8(b)に示す第2の電圧 $V_2$ とを電圧重畳部493にて重畳し、重畳した電圧をコイル47に印加する。すると、第1の電圧 $V_1$ によって、永久磁石46の一端部(N極)をコイル47に引き付けようとするとともに、永久磁石46の他端部(S極)をコイル47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46の一端部(N極)をコイル47から離間させようとするとともに、永久磁石46の他端部(S極)をコイル47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。

40

【0063】

磁界A1、A2が交互に切り換わることで、枠体部413に第1の軸J1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、第1の軸部412a、412bを捩れ変形させつつ、可動部411が第1の電圧 $V_1$ の周波数で第1の軸J1周りに揺動す

50

る。なお、第１の電圧Ｖ１の周波数は、第１の振動系のねじり共振周波数と等しいため、共振振動によって、可動部４１１を大きく揺動させることができる。

【００６４】

一方、第２の電圧Ｖ２によって、永久磁石４６の一端部（Ｎ極）をコイル４７に引き付けようとするとともに、永久磁石４６の他端部（Ｓ極）をコイル４７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４６の一端部（Ｎ極）をコイル４７から離間させようとするとともに、永久磁石４６の他端部（Ｓ極）をコイル４７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。

【００６５】

磁界Ｂ１、Ｂ２が交互に切り換わることで、第２の軸部４１４ａ、４１４ｂを捩れ変形させつつ、枠体部４１３が可動部４１１とともに、第２の電圧Ｖ２の周波数で第２の軸Ｊ２周りに揺動する。なお、前述のように、第２の電圧Ｖ２の周波数が第１の電圧Ｖ１の周波数に比べて極めて低く設定され、第２の振動系のねじり共振周波数が第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ため、可動部４１１が第２の電圧Ｖ２の周波数で第１の軸Ｊ１周りに回転してしまうことを防止することができる。

【００６６】

このように、光スキャナー４では、第１の電圧Ｖ１と第２の電圧Ｖ２とを重畳させた電圧をコイル４７に印加することで、可動部４１１を、第１の軸Ｊ１周りに第１の電圧Ｖ１の周波数で回転させつつ、第２の軸Ｊ２周りに第２の電圧Ｖ２の周波数で回転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ことができる。また、電磁駆動方式（ムービングマグネット方式）を採用することによって、確実に、可動部４１１を第１、第２の軸Ｊ１、Ｊ２のそれぞれの軸周りに揺動させ、光反射部４１１ｃで反射した描画用レーザー光ＬＬを２次元走査することができる。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４７が光スキャナー４の振動系と離間しているため、かかる振動系に対するコイル４７の発熱による悪影響を防止することができる。

【００６７】

以上、光スキャナー４について詳細に説明した。本実施形態のようなジンバル型をなす２次元走査型の光スキャナー４によれば、１つの装置で描画用レーザー光ＬＬを２次元走査することができるため、例えば、１次元走査型の光スキャナーを２つ組み合わせて描画用レーザー光ＬＬを２次元走査させる構成と比較して、装置の小型化を図ることができるとともに、アライメントの調整も容易となる。

【００６８】

制御部

制御部６は、描画用光源ユニット２および光スキャナー４の作動を制御する機能を有している。具体的には、制御部６は、光スキャナー４を駆動して可動部４１１を第１、第２の軸Ｊ１、Ｊ２周りに揺動させるとともに、検出素子５１、５２から検出される可動部４１１の揺動に同期させて、描画用光源ユニット２から描画用レーザー光ＬＬを出射させる。制御部６は、例えば外部コンピューターから送信された画像データに基づいて、各レーザー光源２１Ｒ、２１Ｇ、２１Ｂから所定強度のレーザー光ＲＲ、ＧＧ、ＢＢを所定のタイミングで出射させ、所定色および強度の描画用レーザー光ＬＬを所定タイミングで出射させる。これにより、対象物１０に画像データに応じた画像が表示される。

【００６９】

< 第２実施形態 >

次に、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。

図９は、本発明の第２実施形態にかかる画像表示装置が備える光スキャナーの上面図、図１０は、図９中のＢ－Ｂ線断面図である。

以下、第２実施形態の画像表示装置について、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本発明の第２実施形態にかかる画像表示装置は、光スキャナーの固定部の構成が異なる

10

20

30

40

50

こと以外は、前述した第1実施形態と同様である。なお、前述した第1実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【0070】

##### 光スキャナー

図9および図10に示すように、本実施形態の光スキャナー4Aの固定部416は、第2の軸部414a、414bの基端部と重なるように設けられている。固定部416の下面には、遮光部417が設けられており、これにより、検出素子52への描画用レーザー光LLの入射を低減している。

このような第2実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

10

#### 【0071】

##### 2. 光スキャナーの製造方法

次に、図11ないし図15に基づいて、前述した光スキャナー4の製造方法について説明する。なお、図11ないし図15は、それぞれ、図5に示す断面に相当する断面図である。また、図11ないし図15では、断面の関係上、第1の軸部412a、412bおよび第1の軸部領域412a'、412b'の図示を省略している。

光スキャナー4の製造方法は、第1の基板42と第2の基板43を用意し、これらを接合する接合工程と、第1の基板42をパターニングするパターニング工程と、第2の基板43を削って薄肉化する薄肉化工程と、光反射部411cを形成する光反射部形成工程とを有している。以下、この製造方法について詳細に説明する。

20

#### 【0072】

##### [1] 接合工程

##### [1-1] 第1の基板用意工程

まず、図11(a)に示すように、上側から第1のSiO<sub>2</sub>層81、第1のSi層82、第2のSiO<sub>2</sub>層83、第2のSi層84および第3のSiO<sub>2</sub>層85が積層してなる積層基板8を用意する。各層の厚さとしては、特に限定されないが、例えば、第1のSiO<sub>2</sub>層81:0.5μm程度、第1のSi層82:40μm程度、第2のSiO<sub>2</sub>層83:0.5μm程度、第2のSi層84:250μm程度、第3のSiO<sub>2</sub>層85:1.6μm程度とすることができる。

#### 【0073】

このような積層基板8は、後のパターニング工程にて、基部411aとなる基部領域411a'、第1の軸部412a、412bとなる第1の軸部領域412a'、412b'、枠体部413となる枠体部領域413'、第2の軸部414a、414bとなる第2の軸部領域414a'、414b'および支持部415となる支持部領域415'を有している。

30

#### 【0074】

次に、第1のSi層82を各種エッチング(ドライエッチングまたはウエットエッチング)によってパターニングし、第1のSi層82に、基部411a、第1の軸部412a、412b、枠体部413の一部、第2の軸部414a、414bおよび支持部415の一部を一体形成する。

40

具体的には、まず、図11(b)に示すように、第1、第3のSiO<sub>2</sub>層81、85をパターニングし、基部領域411a'、第1の軸部領域412a'、412b'、枠体部領域413'、第2の軸部領域414a'、414b'および支持部領域415'に対応するSiO<sub>2</sub>マスクM1、M2を形成する。この時、基部411aのスペーサー411bと接合する領域と、支持部415の固定部416と接合する領域についてはSiO<sub>2</sub>マスクM1を形成せず、その替りに、レジストマスクM3を形成し、第1のSi層82の露出を防ぐ。次に、SiO<sub>2</sub>マスクM1を介して第1のSi層82をエッチングすることで、第1のSi層82に、基部411a、第1の軸部412a、412b、枠体部413の一部、第2の軸部414a、414bおよび支持部415の一部を一体形成する。次に、SiO<sub>2</sub>マスクM1および第1のSi層82から露出した第2のSiO<sub>2</sub>層83を除去する

50

。そして、最後に、レジストマスクM3を除去し、検出素子51、52（図示せず）を形成することで、図11（c）に示すように、第1の基板42が得られる。なお、検出素子51、52の形成工程は、図11（a）の段階で先に形成しておいてもよい。

#### 【0075】

##### [1-2] 第2の基板用意工程

まず、図12（a）に示すように、実質的に無色透明なガラス基板（例えば、テンパックスガラス基板）3を準備する。ガラス基板3の厚さとしては、特に限定されないが、例えば、400 $\mu$ m程度とすることができる。次に、図12（b）に示すように、例えばウエットエッチングによって、ガラス基板3の下面をパターニングすることにより、円環状の凹部31と、凹部31の内側に設けられ、スペーサー411bを構成する第1の凸部（第1の部分）32と、凹部31の外側に設けられ、固定部416を構成する第2の凸部（第2の部分）33とを形成する。この際、凹部31の内面は、湾曲面を含む凹面とされる。ガラス基板3は、凹部31の内面を湾曲面を含む凹面とする加工を容易に行うことができる点でも好ましい。

次に、例えば、蒸着、スパッタリング等によって、ガラス基板3の下面（突出部416aは除く）および凹部31の内面の外周側の領域にCrを成膜し、遮光部417の一部を形成する。これにより、遮光機能および光反射率低減機能を備えた第2の凸部33が得られる。以上により、第2の基板43が得られる。

#### 【0076】

##### [1-3] 接合工程

まず、図13（a）に示すように、前記工程[1-1]で得られた第1の基板42と、前記工程[1-2]で得られた第2の基板43とを、重ね合わせ、基部411aと第1の凸部32、支持部415と第2の凸部33をそれぞれ接合する。接合方法としては、特に限定されないが、陽極接合を用いるのが好ましい。これにより、第1、第2の基板42、43をより強固に接合することができる。前述したように、基部411aと第1の凸部32と接合される領域、支持部415の第2の凸部33と接合される領域は、第1のSiO<sub>2</sub>層81が形成されておらず、第1のSi層82が露出しているため、前記陽極接合を確実に行うことができる。

#### 【0077】

##### [2] パターニング工程

次に、例えばドライエッチングによって、SiO<sub>2</sub>マスクM2を介して第2のSi層84をパターニングして、枠体部413の一部（リブ部）と、支持部415の一部を形成する。次に、SiO<sub>2</sub>マスクM2および第2のSi層84から露出した第2のSiO<sub>2</sub>層83を除去する。これにより、図13（b）に示すように、第1の基板42から、基部411a、第1の軸部412a、412b、枠体部413、第2の軸部414a、414bおよび支持部415が一体的に形成される。

#### 【0078】

##### [3] 充填工程

次に、図14（a）に示すように、第1の基板42に形成された隙間から、ワックス等の封止材100を供給し、第1、第2の基板42、43の間の隙間（空間）を封止材100で埋める。封止材100は、第1、第2の基板42、43の強度を高める機能と、後述する薄肉化工程にて第1の基板42がエッチングダメージを受けるのを防止する機能とを有している。

#### 【0079】

##### [4] 薄肉化工程

次に、図14（b）に示すように、第1の基板42を下側にして、第1、第2の基板42、43の積層体を支持基板110に固定する。この固定には、封止材100が用いられる。次に、図15（a）に示すように、例えばウエットエッチングによって第2の基板43を上側から削って薄肉化する。これにより、第1、第2の凸部32、33以外の部分が除去されるとともに、凹部31が上面に貫通し、第1の凸部32と第2の凸部33とが



分離する。よって、スペーサー 4 1 1 b と固定部 4 1 6 とが得られる。ここで、第 1 の基板 4 2 が封止材 1 0 0 で保護されているため、本工程にて、エッチング液が第 1 の基板 4 2 に接触することがなく、第 1 の基板 4 2 のダメージを防止することができる。なお、第 2 の基板 4 3 の薄肉化方法としてはウエットエッチングに限定されず、例えば、研磨加工であってもよい。研磨加工の場合も封止材 1 0 0 で保護することで研磨時の構造体の破損を解消できる。

【 0 0 8 0 】

[ 5 ] 光反射層形成工程

次に、アセトンなどの溶剤を用いて封止材 1 0 0 を除去し、その後、スペーサー 4 1 1 b の上面に、例えば蒸着、スパッタリング等によって、アルミニウムを成膜することによって、光反射部 4 1 1 c を形成する。また、蒸着、スパッタリング等によって、固定部 4 1 6 の上面に C r を成膜し、遮光部 4 1 7 を形成する。これにより、図 1 5 ( b ) に示すように、光スキャナー 4 が得られる。

このような光スキャナーの製造方法によれば、固定部 4 1 6 とスペーサー 4 1 1 b とを共に第 2 の基板 4 3 から形成するため、製造中の固定部 4 1 6 とスペーサー 4 1 1 b との位置ずれが起こり得ず、よって、固定部 4 1 6 とスペーサー 4 1 1 b とのアライメントを高精度に制御することができる。

【 0 0 8 1 】

3 . ヘッドアップディスプレイ

次に、本発明の画像表示装置の一例であるヘッドアップディスプレイについて説明する。

図 1 6 は、本発明の画像表示装置を応用したヘッドアップディスプレイを示す斜視図である。

【 0 0 8 2 】

図 1 6 に示すように、ヘッドアップディスプレイシステム 2 0 0 では、画像表示装置 1 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 2 1 0 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 2 1 0 により、フロントガラス 2 2 0 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 2 0 0 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。

【 0 0 8 3 】

4 . ヘッドマウントディスプレイ

次に、本発明のヘッドマウントディスプレイについて説明する。

図 1 7 は、本発明のヘッドマウントディスプレイを示す斜視図である。

図 1 7 に示すように、ヘッドマウントディスプレイ 3 0 0 は、観察者の頭部に装着されるフレーム 3 1 0 と、フレーム 3 1 0 に搭載された画像表示装置 1 とを有している。そして、画像表示装置 1 により、フレーム 3 1 0 の本来レンズである部位に設けられた表示部 ( 光反射層材 ) 3 2 0 に、一方の目で視認される所定の画像を表示する。

【 0 0 8 4 】

表示部 3 2 0 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 3 2 0 が透明な場合は、現実世界からの情報に画像表示装置 1 からの情報を重ねて使用することができる。また、表示部 3 2 0 は、入射した光の少なくとも一部を反射すればよく、例えば、ハーフミラーなどを用いることができる。

なお、ヘッドマウントディスプレイ 3 0 0 に、2 つ画像表示装置 1 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。

【 0 0 8 5 】

以上、本発明の光スキャナーの製造方法、光スキャナー、画像表示装置およびヘッドマウントディスプレイを、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く、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る。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

また、前述した実施形態では、光スキャナーとして描画用レーザー光を２次元走査することのできるものを１つ用いているが、１次元走査することのできる光スキャナー（本発明の光スキャナー）を２つ用意し、これらを揺動軸が直交するように配置してもよい。このような構成によっても描画用レーザー光を２次元走査することができる。

#### 【００８６】

また、前述した実施形態では、光スキャナーの駆動方式がコイルと永久磁石を用いる電磁駆動方式であったが、駆動方式は、これに限定されず、例えば、圧電素子（ピエゾ素子）を各第１、第２の軸部に設け、圧電素子の圧縮、伸長を利用することにより光スキャナーを駆動する圧電駆動方式であってもよく、また、静電力を利用する静電駆動方式であってもよい。また、電磁駆動方式を用いる場合であっても、コイルと永久磁石の配置は、逆

10

#### 【符号の説明】

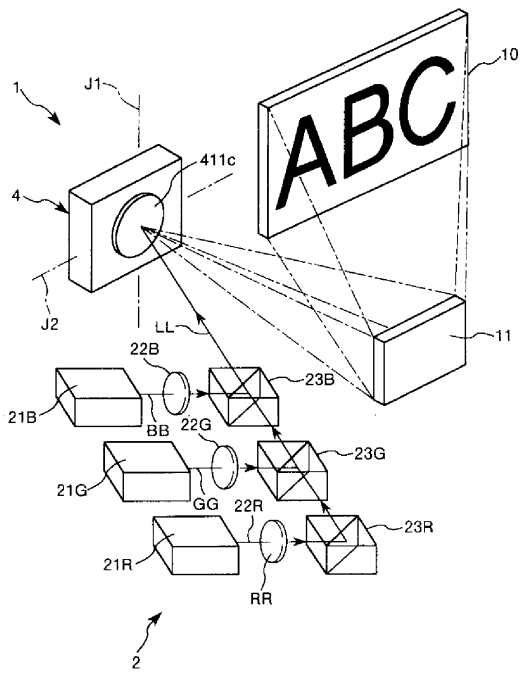
#### 【００８７】

１…画像表示装置 １０…対象物 １１…ミラー ２…描画用光源ユニット ２１Ｂ…レーザー光源 ２１Ｇ…レーザー光源 ２１Ｒ…レーザー光源 ２２Ｂ…コリメーターレンズ ２２Ｇ…コリメーターレンズ ２２Ｒ…コリメーターレンズ ２３Ｂ…ダイクロイックミラー ２３Ｇ…ダイクロイックミラー ２３Ｒ…ダイクロイックミラー ３…ガラス基板 ３１…凹部 ３２…第１の凸部 ３３…第２の凸部 ４、４Ａ…光スキャナー ４０…構造体 ４１１…可動部 ４１１ａ…基部 ４１１ａ'…基部領域 ４１１ｂ…スパーサー ４１１ｂ'…側面 ４１１ｃ…光反射部 ４１２ａ、４１２ｂ…第１の軸部 ４１２ａ'、４１２ｂ'…第１の軸部領域 ４１３…枠体部 ４１３'…枠体部領域 ４１４ａ、４１４ｂ…第２の軸部 ４１４ａ'、４１４ｂ'…第２の軸部領域 ４１５…支持部 ４１５'…支持部領域 ４１６…固定部 ４１６'…内周面 ４１６ａ…突出部 ４１７…遮光部 ４２…第１の基板 ４３…第２の基板 ４６…永久磁石 ４７…コイル ４８…磁心 ４９…電圧印加部 ４９１…第１の電圧発生部 ４９２…第２の電圧発生部 ４９３…電圧重畳部 ４９３ａ…加算器 ５１、５２…検出素子 ５１１、５１２…入力端子 ５１３、５１４…出力端子 ６…制御部 ８…積層基板 ８１…第１のＳｉＯ<sub>２</sub>層 ８２…第１のＳｉ層 ８３…第２のＳｉＯ<sub>２</sub>層 ８４…第２のＳｉ層 ８５…第３のＳｉＯ<sub>２</sub>層 １００…封止材 １１０…支持基板 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…フレーム ３２０…表示部 Ｍ１、Ｍ２…ＳｉＯ<sub>２</sub>マスク Ｍ３…レジストマスク Ｊ１…第１の軸 Ｊ２…第２の軸 ＬＬ…描画用レーザー光 ＲＲ、ＧＧ、ＢＢ…レーザー光 Ｔ１、Ｔ２…周期 Ｖ１…第１の電圧 Ｖ２…第２の電圧 、 １、 ２…角度

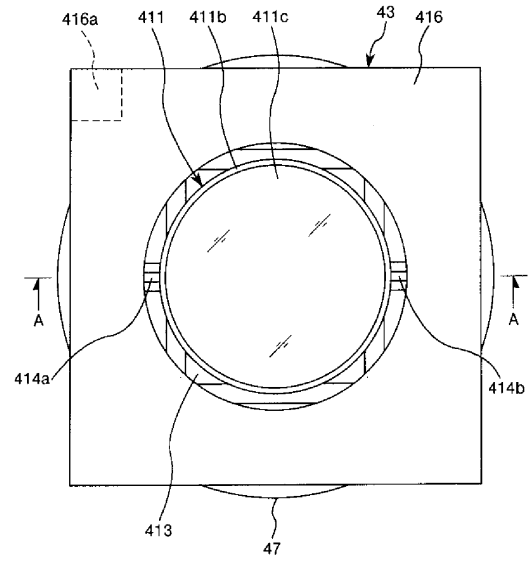
20

30

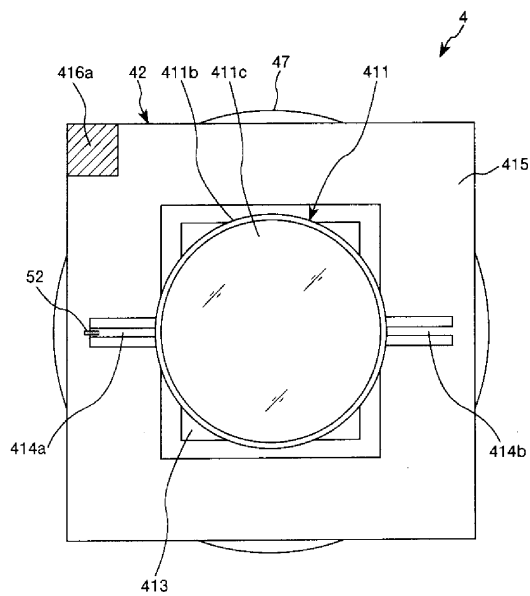
【図 1】



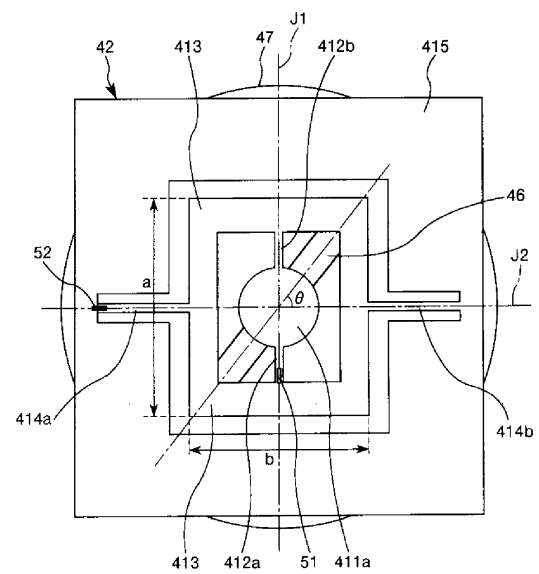
【図 2】



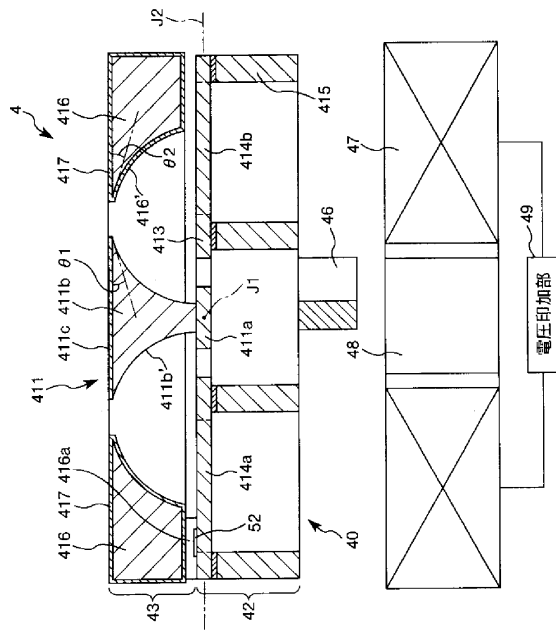
【図 3】



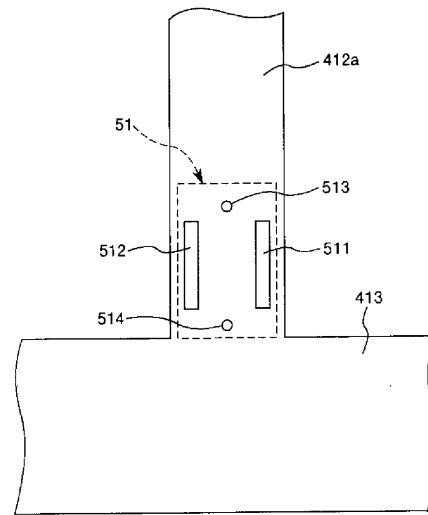
【図 4】



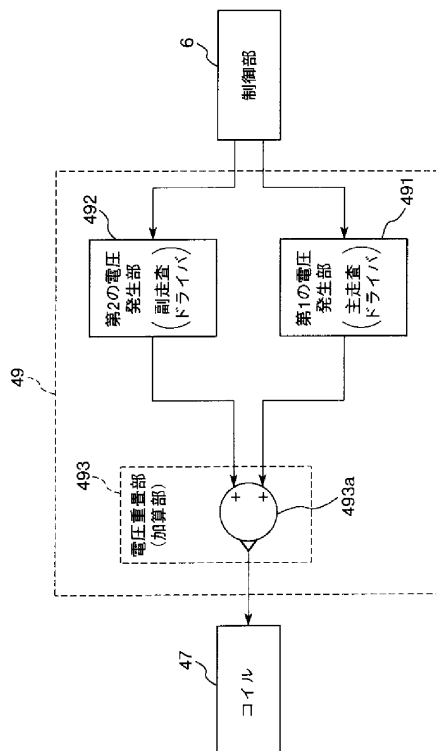
【図5】



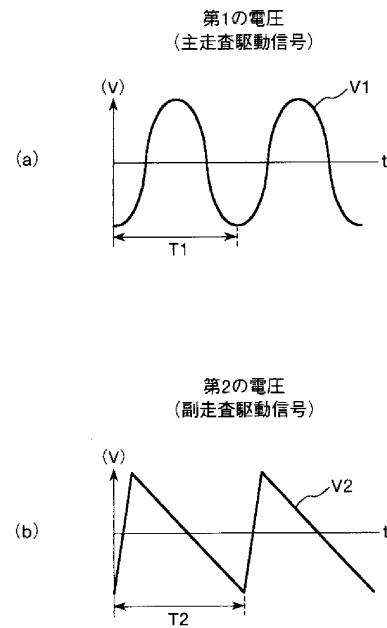
【図6】



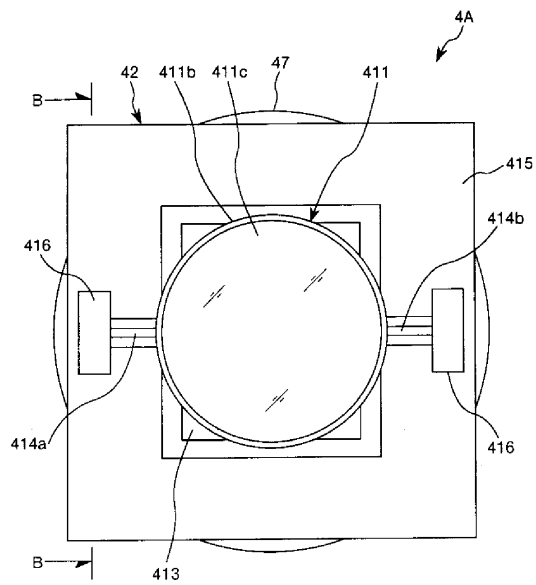
【図7】



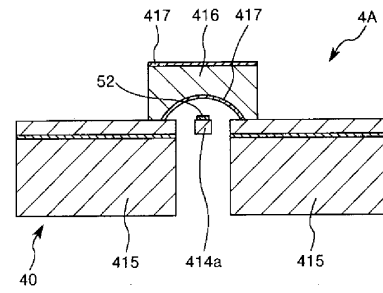
【図8】



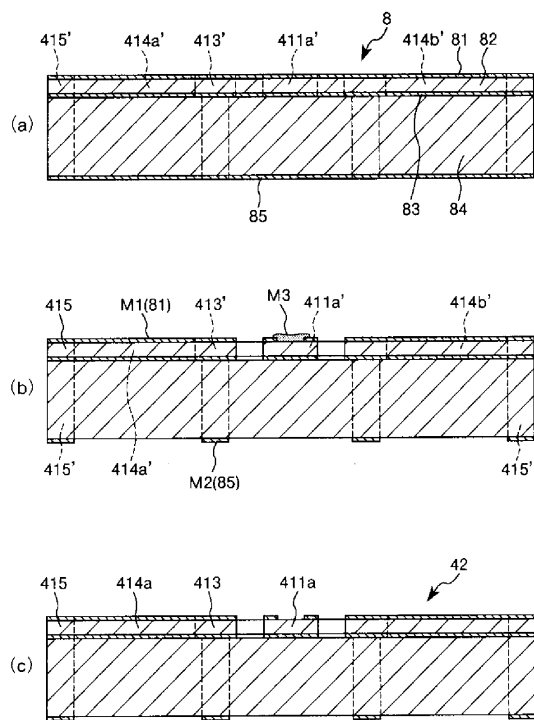
【図 9】



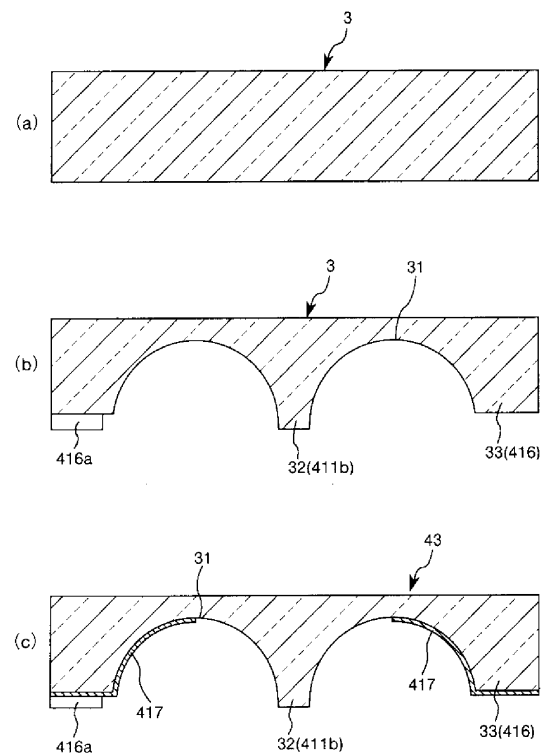
【図 10】



【図 11】



【図 12】





---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-107069(JP,A)  
特開2011-053646(JP,A)  
特開2013-027942(JP,A)  
特開2009-214231(JP,A)  
特開2011-027881(JP,A)  
特開2002-182136(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	26/10
G02B	26/08
B81B	3/00
B81C	1/00
B41J	2/47
H04N	1/113