

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6579426号  
(P6579426)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>H02N</b>	<b>2/04</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H02N</b>	<b>2/04</b>	
<b>G02B</b>	<b>26/10</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G02B</b>	<b>26/10</b>	<b>104Z</b>
<b>G02B</b>	<b>27/01</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G02B</b>	<b>27/01</b>	
<b>G02B</b>	<b>26/08</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G02B</b>	<b>26/08</b>	<b>E</b>
<b>B60K</b>	<b>35/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B60K</b>	<b>35/00</b>	<b>A</b>

請求項の数 10 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2015-127032 (P2015-127032)

(22) 出願日

平成27年6月24日(2015.6.24)

(65) 公開番号

特開2017-11935 (P2017-11935A)

(43) 公開日

平成29年1月12日(2017.1.12)

審査請求日

平成30年5月31日(2018.5.31)

(73) 特許権者 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(74) 代理人 100098626

弁理士 黒田 勇

(72) 発明者 新川 瑞季

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 南條 健

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 鈴木 修一

神奈川県横浜市港北区新横浜三丁目2番地3 リコーインダストリアルソリューションズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】回動装置、光走査装置及び画像表示装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

単一部材から構成され、第一弹性変形部及び第二弹性変形部を含む弹性変形部と、前記弹性変形部の一端を支持する支持部と、前記弹性変形部の他端側に取り付けられる可動部と、前記第一弹性変形部を変形させる第一駆動力を付与する第一駆動手段と、前記第二弹性変形部を変形させる第二駆動力を付与する第二駆動手段と、を有し、前記可動部は、前記第一駆動手段と前記第二駆動手段とによる前記弹性変形部の変形によって所定の回動軸回りで繰り返し回動し、

前記弹性変形部は、前記第一弹性変形部と前記第二弹性変形部とが互いに隣り合ったミアンダ構造を有し、

前記ミアンダ構造における前記第一弹性変形部とこれに隣り合う前記第二弹性変形部とを連結する連結部分が設けられた回動装置において、

前記連結部分は、前記単一部材から構成され、前記ミアンダ構造と一体構造となっていることを特徴とする回動装置。

## 【請求項 2】

請求項1に記載の回動装置において、前記連結部分は、前記所定の回転軸に沿って、前記ミアンダ構造における前記第一弹性変形部とこれに隣り合う第二弹性変形部とを連結することを特徴とする回動装置。

## 【請求項 3】

10

20

請求項 1 又は 2 に記載の回動装置において、  
 前記 ミアンダ構造 は、折り返し回数が 1 回を超える構造を有し、  
前記第一弾性変形部及び前記第二弾性変形部には、前記連結部分によって連結されない部分 が存在することを特徴とする回動装置。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の回動装置において、  
 前記連結部分は、前記 ミアンダ構造 の中で前記可動部に最も近い 前記第一弾性変形部と前記第二弾性変形部と を連結することを特徴とする回動装置。

## 【請求項 5】

請求項 3 に記載の回動装置において、  
 前記連結部分は、前記 ミアンダ構造 の中で前記 弾性変形部 の前記一端と前記他端との間の略中央に位置する 前記第一弾性変形部と前記第二弾性変形部と を連結することを特徴とする回動装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の回動装置において、  
 前記 弾性変形部、前記支持部及び前記可動部は、複数層構造をもつ单一の基板から形成されており、  
 前記 弾性変形部 を構成する単一部材は、前記单一の基板を構成する一部の層を除去した残りの層であることを特徴とする回動装置。

## 【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の回動装置において、  
 前記所定の回動軸に対して略直交する第二回動軸回りで繰り返し回動させる可動部回動手段を有することを特徴とする回動装置。

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の回動装置において、  
 前記 可動部回動手段 は、機械的共振を利用して、前記第二回動軸回りで前記可動部を繰り返し回動させることを特徴とする回動装置。

## 【請求項 9】

光出力手段から出力される光を走査する走査手段を有する光走査装置において、  
 前記走査手段は、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の回動装置を用い、該回動装置の可動部に設けた光学部材の光反射面で光を走査することを特徴とする光走査装置。

## 【請求項 10】

画像情報に基づく画像走査光を出力する画像走査光出力手段と、  
 前記画像走査光出力手段から出力される画像走査光を二次元走査する走査手段とを有する画像表示装置において、  
 前記走査手段は、請求項 7 又は 8 に記載の回動装置を用い、該回動装置の可動部に設けた光学部材の光反射面で光を走査するものであり、  
 前記可動部を前記所定の回動軸回りで繰り返し回動させることにより画像水平方向及び画像垂直方向のうちの一方の方向に画像走査光を走査するとともに、前記可動部を前記第二回動軸回りで繰り返し回動させることにより画像水平方向及び画像垂直方向のうちの他方の方向に画像走査光を走査することを特徴とする画像表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、回動装置、光走査装置及び画像表示装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

この種の回動装置としては、例えば、光出力手段から出力される光を走査するためのミラー等の光学部材を回動させる光走査装置に用いられるものが知られている。このような光走査装置は、例えば、画像情報に基づく画像走査光を二次元走査する走査手段として、

10

20

30

40

50

画像表示装置などに用いられる。

#### 【0003】

特許文献1には、支持部(駆動部)と、その支持部に長手方向一端が固定された連結部(捩れ部材)と、その連結部の長手方向他端に固定された可動板(可動部)とが、同一のシリコン基板から形成されて一体構造体となっている回動装置が開示されている。この回動装置は、駆動手段により生じる磁界の作用で連結部に長手方向回りの捩れを生じさせ、これにより連結部の長手方向に延びる回動軸の回りで可動部を繰り返し回動させる。この回動装置は、可動部上に形成された光反射部で画像光を反射して走査する画像表示装置の光スキャナ(光走査装置)に用いられている。

#### 【0004】

特許文献1に開示の回動装置は、蛇行状支持部(折り返し弾性変形部)と、この蛇行状支持部の一端を支持する枠部材(支持部)と、この蛇行状支持部の他端側に取り付けられる可動部材(可動部)とを備えた回動装置が開示されている。蛇行状支持部は、可動部材の回動軸に対して直交する方向へ延びる複数の直線部(往路部分及び復路部分)と、隣り合う直線部の一端部同士を連続させる折り返し部とからなる折り返し構造を有する一体構造物である。特許文献1に開示の回動装置では、このような蛇行状支持部が可動部材の回動軸方向両端にそれぞれ1つずつ配置されている。各蛇行状支持部上には圧電膜(駆動手段)が形成されており、圧電膜に所定の電圧信号を印加するにより各蛇行状支持部を変形させ、これにより可動部材を前記回動軸の回りで繰り返し回動させる。

#### 【0005】

特許文献1によれば、蛇行状支持部はシリコン基板を加工して作成されたものであり、回転軸に対して垂直方向の衝撃が加わると故障が発生する可能性が大きいことから、前記回動装置には、蛇行状支持部の折り返し構造における隣り合う直線部間にダンパー部材が配置されている。このダンパー部材は、特許文献1によれば、蛇行状支持部を構成するシリコン基板に比べて弾性が極めて小さくて減衰特性を有するものでなければならないとされ、このようなダンパー部材を設けることにより衝撃が緩和されて上述した故障発生を低減できるとされている。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

特許文献1に開示の回動装置を含め、折り返し構造を有する折り返し弾性変形部を駆動手段により変形させて可動部を繰り返し回動させる回動装置では、その構成上、折り返し弾性変形部の往路部分と復路部分を弾性変形可能な比較的低い硬度で形成する必要がある。また、折り返し弾性変形部の往路部分と復路部分との間は離間している必要がある。そのため、回動装置の動作中に何らかの振動が発生すると、折り返し弾性変形部に振動が励起されやすく、可動部の回動動作が狙いの回動動作からズレることがある。

#### 【0007】

前記特許文献1に開示の回動装置では、隣り合う往路部分の一部分と復路部分の一部分とをダンパー部材によって連結しているので、このようなダンパー部材を備えていない構成と比較して、折り返し弾性変形部の励起振動が一定程度は抑制されるとも考えられる。しかしながら、このダンパー部材は、シリコン基板を加工して蛇行状支持部(折り返し弾性変形部)の形状形成を行った後に、ゲル材料やゴム材料を付着させて、往路部分と復路部分とを連結するものである。このようなダンパー部材では、折り返し弾性変形部の折り返し構造とダンパー部材とを別個の処理工程で形成する必要があり、製造工程が複雑化するという問題が生じる。しかも、ダンパー部材を構成するゲル材料やゴム材料は、一般に、熱や経時劣化に対する耐性が低く、温度環境の変化あるいは時間経過によって、折り返し弾性変形部の全体的な変形特性が変化しやすく、可動部の安定した回動動作を実現しにくい。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

10

20

30

40

50

上述した課題を解決するために、本発明は、単一部材から構成され、第一弹性変形部及び第二弹性変形部を含む弹性変形部と、前記弹性変形部の一端を支持する支持部と、前記弹性変形部の他端側に取り付けられる可動部と、前記第一弹性変形部を変形させる第一駆動力を付与する第一駆動手段と、前記第二弹性変形部を変形させる第二駆動力を付与する第二駆動手段と、を有し、前記可動部は、前記第一駆動手段と前記第二駆動手段とによる前記弹性変形部の変形によって所定の回動軸回りで繰り返し回動し、前記弹性変形部は、前記第一弹性変形部と前記第二弹性変形部とが互いに隣り合ったミアンダ構造を有し、前記ミアンダ構造における前記第一弹性変形部とこれに隣り合う前記第二弹性変形部とを連結する連結部分が設けられた回動装置において、前記連結部分は、前記単一部材から構成され、前記ミアンダ構造と一体構造となっていることを特徴とする。

10

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、製造工程を簡略化しつつ、回動装置の動作中に何らかの振動が発生したときに折り返し弹性変形部に励起され得る励起振動を抑制でき、かつ、回動動作の安定性を向上させることができるという優れた効果が奏される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】実施形態における自動車用HUD装置を搭載した自動車の構成を模式的に表した模式図である。

20

【図2】同自動車用HUD装置の内部構成を模式的に表した模式図である。

【図3】同自動車用HUD装置によって表示される画像例を示す説明図である。

【図4】実施形態に係るアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板を示す平面図である。

【図5】フレーム基板上の副走査用圧電素子に印加される副走査駆動信号を示す波形図である。

【図6】比較例におけるアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板を示す平面図である。

【図7】比較例におけるアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板の副走査駆動部に励起振動が発生した様子を示す説明図である。

【図8】比較例におけるアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板の副走査駆動部に他の励起振動が発生した様子を示す説明図である。

30

【図9】比較例における主走査方向用の駆動信号に使われる周波数（共振周波数）とその近傍に存在する副走査用弹性変形部の固有振動成分とを示すグラフである。

【図10】光走査装置を構成するアクチュエータ駆動デバイスの副走査方向の駆動を停止した状態で主走査方向のみ駆動させたときに、HUD装置によって虚像として描画される正常な走査線画像を示す説明図である。

【図11】光走査装置を構成するアクチュエータ駆動デバイスの副走査方向の駆動を停止した状態で主走査方向のみ駆動させたときに、副走査駆動部に振動が励起され、HUD装置によって虚像として描画される異常な走査線画像を示す説明図である。

【図12】変形例におけるアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板を示す平面図である。

40

【図13】図4における符号C-C'の断面図である。

【図14】図4における符号D-D'の断面図である。

【図15】実施形態と比較例におけるフレーム基板が有する固有の共振周波数と主走査方向の駆動に用いる共振周波数とのズレ量をプロットしたグラフである。

【図16】実施形態と比較例における主走査方向の共振周波数付近の周波数特性を示すグラフである。

【図17】実施形態と比較例における300Hz近傍の周波数特性を示すグラフである。

【図18】変形例と比較例において、副走査方向の回動によりミラー上のY軸方向各位置におけるZ軸方向の変位量を示すグラフである。

50

**【発明を実施するための形態】****【0011】**

以下、本発明に係る回動装置を、画像表示装置であるヘッドアップディスプレイ（H U D）装置の光走査装置に適用した一実施形態について説明する。

移動体である自動車に搭載されるH U D装置の一例であるが、これに限らず、車両、船舶、航空機、移動式ロボットなどの移動体、あるいは、その場から移動せずにマニピュレータ等の駆動対象を操作する作業ロボットなどの非移動体に搭載される画像表示装置の光走査装置としても適用できる。

**【0012】**

図1は、本実施形態における自動車用H U D装置を搭載した自動車の構成を模式的に表した模式図である。 10

図2は、本実施形態における自動車用H U D装置の内部構成を模式的に表した模式図である。

本実施形態における自動車用H U D装置200は、例えば、自動車301のダッシュボード内に設置される。ダッシュボード内の自動車用H U D装置200から発せられる画像光である投射光Lがフロントガラス302で反射され、ユーザーである観察者（運転者300）に向かう。これにより、運転者300は、例えば、図3に示すようなナビゲーション画像を虚像として視認することができる。なお、フロントガラス302の内壁面にコンバイナを設置し、コンバイナによって反射する投射光によってユーザーに虚像を視認させることも可能である。 20

**【0013】**

図3に示すナビゲーション画像には、第一表示領域220Aに、自動車301の速度（図示の例では「60km/h」という画像）が表示されている。また、第二表示領域220Bには、カーナビゲーション装置によるナビゲーション画像が表示されている。図示の例では、次の曲がり角で曲がる方向を示す右折指示画像と、次の曲がり角までの距離を示す「あと46m」という画像が、ナビゲーション画像として表示されている。また、第三表示領域220Cには、カーナビゲーション装置による地図画像（自車両周囲の地図画像）が表示されている。

**【0014】**

自動車用H U D装置200は、赤色、緑色、青色のレーザー光源201R, 201G, 201Bと、各レーザー光源に対して設けられるコリメータレンズ202, 203, 204と、2つのダイクロイックミラー205, 206と、光量調整部207と、光走査装置208と、自由曲面ミラー209と、スクリーン210と、投射ミラー211とから構成されている。そして、本実施形態における光出力手段としての光源ユニット230は、レーザー光源201R, 201G, 201B、コリメータレンズ202, 203, 204、ダイクロイックミラー205, 206が、光学ハウジングによってユニット化されている。

**【0015】**

本実施形態の自動車用H U D装置200は、スクリーン210に表示される中間像を自動車301のフロントガラス302に投射することで、その中間像を運転者300に虚像として視認させる。レーザー光源201R, 201G, 201Bから発せられる各色レーザー光は、それぞれ、コリメータレンズ202, 203, 204で略平行光とされ、2つのダイクロイックミラー205, 206により合成される。合成されたレーザー光は、光量調整部207で光量が調整された後、光走査装置208によって二次元走査される。光走査装置208で二次元走査された投射光Lは、自由曲面ミラー209で反射されて歪みを補正された後、スクリーン210に集光され、中間像を表示する。スクリーン210は、マイクロレンズが二次元配置されたマイクロレンズアレイで構成されており、スクリーン210に入射してくる投射光Lをマイクロレンズ単位で拡大する。 40

**【0016】**

光走査装置208には、後述するアクチュエータ駆動デバイスでミラーを主走査方向及

10

20

30

40

50

び副走査方向に往復回動動作させ、ミラーに入射する投射光 L を二次元走査（ラスタスキャン）する。このアクチュエータ駆動デバイスの駆動制御は、レーザー光源 201R, 201G, 201B の発光タイミングに同期して行われる。

【0017】

本実施形態においては、自動車用 H U D 装置 200 により表示される虚像の周囲の明るさを測定するための照度計が、ダッシュボード等に配置されている。この照度計の測定結果に応じて、制御部は光量調整部 207 を制御する。具体的には、虚像周囲が明るいほど当該光量調整部 207 を透過する投射光の光量が多くなるように制御し、虚像周囲が暗いほど当該光量調整部 207 を透過する投射光の光量が少なくなるように制御する。このような光量調整制御を行うことで、虚像周囲（自車両前方）が明るくても高い輝度の画像を表示して画像の視認性を確保できる。また、虚像周囲（自車両前方）が暗い場合、画像の輝度が高いと画像が眩しくて自車両前方の視認性を落とすことになるが、前記のような光量調整制御を行うことで、虚像周囲（自車両前方）が暗い場合の自車両前方の視認性も確保することができる。10

【0018】

次に、光走査装置 208 を構成するアクチュエータ駆動デバイスの構成及び動作について説明する。

図 4 は、本実施形態のアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板 10 を示す平面図である。20

本実施形態におけるアクチュエータ駆動デバイスは、X 方向（主走査方向に対応）及び Y 方向（副走査方向に対応）の二方向に光を走査（スキャン）する M E M S スキャナである。本実施形態のフレーム基板 10 は、外周囲に位置する支持部としての支持フレーム 11 と、この支持フレーム 11 内の複数の切込 K1 ~ K6 によって形成された弾性変形部 12 ~ 15, 16A, 16B と、可動部枠 18 と、トーションバー 19A, 19B と、可動部 17 を有している。本実施形態におけるアクチュエータ駆動デバイスは、可動部 17 を主走査方向に回動させる第一可動部回動手段としての主走査駆動部 31 と、可動部 17 を副走査方向に回動させる第二可動部回動手段としての副走査駆動部 32A, 32B とに大別できる。20

【0019】

第一副走査駆動部 32A において、第一弾性変形部 12 は、一端が支持フレーム 11 に固定され、その他端が第二弾性変形部 13 の後部に固定されている。第一弾性変形部 12 と第二弾性変形部 13 とは切込 K1, K2, K7 によって 3 回の折り返し構造（ミアンダ構造）となっている。そして、最後の折り返し構造の第二弾性変形部 13 の先端部には、可動部枠 18 の図中右上角部が固定されている。30

【0020】

同様に、第二副走査駆動部 32B において、第三弾性変形部 14 は、他端が支持フレーム 11 に固定され、その一端が第四弾性変形部 15 の後部に固定されている。第三弾性変形部 14 と第四弾性変形部 15 とは切込 K1, K2, K8 によって 3 回の折り返し構造となっている。そして、最後の折り返し構造の第四弾性変形部 15 の先端部には、可動部枠 18 の図中左下角部が固定されている。40

【0021】

また、主走査駆動部 31 において、可動部枠 18 の内部には、切込 K3 ~ K6 が形成され、図中左右方向に延びる 2 つの第五弾性変形部 16A, 16B が可動部枠 18 の図中左右枠部の間を連結するように形成されている。また、2 つの第五弾性変形部 16A, 16B の図中左右方向中央部には、それぞれ、トーションバー 19A, 19B の各端で可動部 17 の図中上下端をそれぞれ保持している。可動部 17 の表面には光学部材としてのミラー 17M が形成されている。

【0022】

弾性変形部 12 ~ 15 の表面には、弾性変形部 12 ~ 15 が弾性変形するための駆動力

50

を付与する駆動手段としての副走査用圧電素子 20～23 が取り付けられている。また、第五弾性変形部 16A, 16B の表面には、第五弾性変形部 16A, 16B が弾性変形するための駆動力を付与する第二駆動手段としての主走査用圧電素子 24 が取り付けられている。

【0023】

可動部 17 は、副走査駆動部 32A, 32B における弾性変形部 12～15 の弾性変形により、可動部枠 18 並びにその内部の第五弾性変形部 16A, 16B、トーションバー 19A, 19B 及び可動部 17 が一体となって、X 方向に平行な回転軸（可動部 17 上のミラー 17M の略中心点を通る X 方向軸）の回りの回転トルクが与えられて往復回転動作する。すなわち、副走査駆動部 32A, 32B は、主走査駆動部 31 の全体を X 軸回りに回転させることで、可動部 17 の副走査方向への回転動作を実現する。

10

【0024】

詳しくは、第一及び第四副走査用圧電素子 20, 23 には、図 5 中符号 V<sub>a</sub> で示す第一副走査駆動信号が印加され、第二及び第三副走査用圧電素子 21, 22 には、図 5 中符号 V<sub>b</sub> で示す第二副走査駆動信号が印加される。このような副走査駆動信号 V<sub>a</sub>, V<sub>b</sub> が印加されると、その電圧値に応じて各副走査用圧電素子 20～23 が伸縮し、この伸縮により各弾性変形部 12～15 がそれぞれ反り返って、支持フレーム 11 に対する可動部 17 の傾斜角度が変化する。これにより、可動部 17 上のミラー 17M がそのミラー 17M の略中心点を通る X 方向軸の回りを往復回転動作する。

【0025】

20

本実施形態における副走査方向用の駆動信号の周波数は、例えば数十 Hz 程度に設定される。一般的な画像あるいは映像を表示する画像表示装置の画像垂直方向への光走査に利用する場合、60～70 Hz 程度の周波数に設定される。また、本実施形態における副走査駆動信号はのこぎり波状の駆動信号であるが、これに限られるものではない。

【0026】

一方、主走査駆動部 31 は、可動部 17 上のミラー 17M における Y 方向軸回り（主走査方向）の往復回転動作を実現する。主走査駆動部 31 において、可動部 17 は、第五弾性変形部 16A, 16B の弾性変形により Y 方向に平行な回転軸（可動部 17 上のミラー 17M の略中心点を通る Y 方向軸）の回りの回転トルクが与えられて回転動作する。本実施形態においては、上述した副走査方向の回転動作 1 回に対して、主走査方向への回転動作を複数回（例えば 525 回）行うラスタスキャン動作を行う。そのため、主走査方向への回転動作は可能な限り少ないエネルギーで大きな回転動作を実現することが望まれる。そこで、本実施形態では、主走査方向用の駆動信号としては、第五弾性変形部 16A, 16B の弾性変形に対して共振動作できる共振周波数に設定されている。

30

【0027】

主走査駆動信号が印加されると、その電圧値に応じて主走査用圧電素子 24 が伸縮し、この伸縮により各第五弾性変形部 16A, 16B が反り返る。これにより、第五弾性変形部 16A, 16B に固定されているトーションバー 19A, 19B にその長手方向回りの捩れが生じ、支持フレーム 11 に対する可動部 17 の傾斜角度が変化して、可動部 17 上のミラー 17M が Y 方向軸回り（主走査方向）へ往復回転動作する。

40

【0028】

本実施形態において、主走査方向については共振を利用して回転動作を行うため、安定して大きな回転動作が実現しやすいが、これにより、副走査方向については共振を利用して回転動作を行うことが困難となる。そのため、本実施形態において、副走査方向については非共振の回転動作となっている。非共振の回転動作では、一の副走査用圧電素子によって実現できる弾性変形量が少ないため、本実施形態では、上述したとおり、弾性変形部 12～15 に 3 回の折り返し構造を設けるとともに、第一及び第四の副走査用圧電素子 20, 23 と第二及び第三の副走査用圧電素子 21, 22 という 2 組の圧電素子グループを互いに逆向きに並列動作させることで、可動部 17 の大きな回転動作を実現している。

【0029】

50

本実施形態は、副走査用圧電素子 20～23 を、フレーム基板 10 の一方の面のみに形成した例であるが、配線の自由度や圧電素子作成の自由度等を考慮して、他方の面に形成してもよいし、あるいは両面に形成してもよい。また、本実施形態のフレーム基板 10 は、詳しくは後述するが、シリコンウエハ (Si) を加工したシリコン基板から作成される。また、主走査用圧電素子 24、副走査用圧電素子 20～23 及びこれらの電極の形成は、半導体プロセスに準じて行うことができ、大量生産によるコストダウンを図ることが容易である。特に、本実施形態では、圧電素子 20～24 が取り付けされる弾性変形部 12～15, 16A, 16B 及び可動部枠 18 が、同じ基板であるフレーム基板 10 という単一部材から構成された単一の構造体である。しかも、弾性変形部 12～15, 16A, 16B を部分的に変位させる（湾曲させる）駆動力あるいは変位力を付与する駆動手段として、いずれも圧電素子 20～24 を用いている。よって、これらの圧電素子 20～24 や電極を一括して形成することが可能となり、製造プロセスを簡単化できる。各圧電素子 20～24 としては、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) を用いているが、他の圧電素子材料であってもよい。

### 【0030】

ここで、可動部 17 を副走査方向に回動させるための副走査駆動部 32A, 32B に、基板面に沿った方向あるいは基板面に垂直な方向の振動が励起されることがある。以下、この点について説明する。

図 6 は、比較例におけるアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板 10' を示す平面図である。

図 7 は、比較例におけるアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板 10' の副走査駆動部 32A, 32B に励起振動が発生した様子を示す説明図である。

図 8 は、比較例におけるアクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板 10' の副走査駆動部 32A, 32B に他の励起振動が発生した様子を示す説明図である。

### 【0031】

副走査駆動部 32A, 32B のように、弾性変形部 12～15 が折り返し構造を有する折り返し弾性変形部を用いて可動部 17 を回動させる場合、その構成上、弾性変形部 12～15 が比較的低い硬度で形成され、かつ、弾性変形部 12～15 が切込 K1, K2 を介して X 軸方向へ互いに離間して配置されることになる。そのため、弾性変形部 12～15 は、基板面に沿った基板面方向 (X 軸方向や Y 軸方向) や基板面に垂直な基板垂直方向 (Z 軸方向) へ変位しやすいものとなっている。よって、アクチュエータ駆動デバイスの動作中に何らかの振動が発生したとき、弾性変形部 12～15 には、図 7 中の符号 A で示すように互いの間隔を狭めたり広げたりする向き (X 軸方向) の振動や、弾性変形部 12～15 を Y 軸方向へ変位させようとする振動や、図 8 中の符号 B で示すように弾性変形部 12～15 を基板垂直方向 (Z 軸方向) へ変位させようとする振動が励起される場合がある。特に、本実施形態では、共振周波数で駆動する主走査方向における可動部 17 の回動動作によって、副走査駆動部 32A, 32B には上記のような振動が励起されるという振動のクロストークが発生しやすい。

### 【0032】

図 9 は、比較例における主走査方向用の駆動信号に使われる周波数 (共振周波数)  $f_m$  とその近傍に存在する弾性変形部 12～15 の固有振動成分  $f_s$  を示すグラフである。

アクチュエータ駆動デバイスのフレーム基板 10' における副走査駆動部 32A, 32B には、可動部 17 の重量、弾性変形部 12～15 の剛性などに応じて、固有の共振周波数 (固有振動数) が複数存在する。そのため、図 9 に示すように、主走査方向用の駆動信号に使われる周波数 (共振周波数)  $f_m$  と、副走査駆動部 32A, 32B の固有の共振周波数  $f_s$  とが近接してしまうことがある。この場合、主走査方向の駆動によって、副走査駆動部 32A, 32B に振動が励起されやすい。なお、図 9 には、主走査方向用の駆動周波数  $f_m$  の低周波数側に存在する副走査駆動部 32A, 32B の固有の共振周波数  $f_s$  が 1 つだけ図示されているが、より低周波側あるいは主走査方向用の駆動周波数  $f_m$  の高周波側にも存在し得る。

10

20

30

40

50

## 【0033】

副走査駆動部32A, 32Bは、弾性変形部12～15は比較的低い硬度で形成され、かつ、弾性変形部12～15が切込K1, K2を介してX軸方向へ互いに離間して配置されている。そのため、弾性変形部12～15は、基板面方向(X軸方向やY軸方向)や基板垂直方向(Z軸方向)へ変位しやすいものとなっている。よって、副走査駆動部32A, 32Bには、主走査方向の共振駆動に起因して、弾性変形部12～15が基板面方向や基板垂直方向へ振動する励起振動が発生しやすい。

## 【0034】

図10は、光走査装置208を構成するアクチュエータ駆動デバイスの副走査方向の駆動を停止した状態で主走査方向のみ駆動させたときに、HUD装置によって虚像として描画される正常な走査線画像Mを示す説明図である。

10

図11は、光走査装置208を構成するアクチュエータ駆動デバイスの副走査方向の駆動を停止した状態で主走査方向のみ駆動させたときに、副走査駆動部32A, 32Bに振動が励起され、HUD装置によって虚像として描画される異常な走査線画像M'を示す説明図である。

## 【0035】

主走査方向の駆動時に、その共振駆動によって副走査駆動部32A, 32Bに振動が励起されなければ、HUD装置によって描画される走査線画像Mは、図10に示すように、実質的には1画素分の高さ(図中上下方向の高さ)をもち、等間隔の画素が主走査方向(図中左右方向)に配列された正常なものとなる。これに対し、主走査方向の共振駆動によって副走査駆動部32A, 32Bに振動が励起されると、副走査駆動部32A, 32Bの弾性変形部12～15には基板面方向(X軸方向やY軸方向)や基板垂直方向(Z軸方向)への励起振動が発生する。これにより、弾性変形部12～15に支持されている可動部枠18の位置がX軸方向やY軸方向あるいはZ軸方向へ変動する。よって、可動部枠18に対して主走査方向へ駆動する可動部17上のミラー17Mによって主走査方向(図中左右方向)へ走査される光が、図中上下方向や図中左右方向へ振動してしまう。その結果、図11に示すように、走査線画像M'は、1画素分を超える高さ(図中上下方向の高さ)をもち、また、主走査方向(図中左右方向)における画素間隔が不均一な異常なものとなる。したがって、走査均一性の異常が発生し、HUD装置によって表示される画像の歪みや暴れ、輝度ムラ、焦点位置ずれなどの画質劣化を引き起こすことになる。

20

30

## 【0036】

また、副走査駆動部32A, 32Bに励起振動が発生すると、弾性変形部12～15同士、あるいは、弾性変形部12～15と支持フレーム11とが衝突して、光走査装置208の故障などの他の不具合も生じ得る。

## 【0037】

そこで、本実施形態においては、図4に示すように、副走査駆動部32A, 32Bに、X軸方向で隣り合う弾性変形部12～15の一部分(Y軸方向における中間箇所)を連結する連結部分としてのブリッジ部33が設けられている。これにより、このブリッジ部33が設けられていない図6に示した比較例と比べて、副走査駆動部32A, 32Bにおける弾性変形部12～15の全体的な剛性が高められる。その結果、主走査方向の共振駆動による副走査駆動部32A, 32Bの励起振動が抑制される。

40

## 【0038】

特に、本実施形態におけるブリッジ部33は、副走査駆動部32A, 32Bにおける弾性変形部12～15の中で、可動部17に最も近い弾性変形部12～15同士を連結している。可動部17に最も近い弾性変形部12～15の変位量は可動部17の変位量に直結する。そのため、本実施形態のように、ブリッジ部33の連結で、可動部17に最も近い弾性変形部12～15の変位量を抑制することで、HUD装置によって表示される画像の画質劣化に直結する可動部17の変位を効果的に抑制することができる。

## 【0039】

また、本実施形態のようにブリッジ部33を設けることで、副走査駆動部32A, 32

50

B の固有振動成分  $f_s$  は、ブリッジ部 33 が設けられていない比較例のものからシフトさせることができる。よって、本実施形態によれば、ブリッジ部 33 を設ける位置、重量、寸法、形状などを適宜調整することで、主走査駆動部 31 の駆動周波数（共振周波数） $f_m$  と副走査駆動部 32A, 32B の固有振動成分  $f_s$  とが近接していた比較例よりも、副走査駆動部 32A, 32B の固有振動成分  $f_s'$  を主走査駆動部 31 の駆動周波数（共振周波数） $f_m$  から遠ざけることができる。よって、ブリッジ部 33 を設けることで、副走査駆動部 32A, 32B に励起される励起振動の大きさ自体を小さくすることができる。

#### 【0040】

ブリッジ部 33 を設ける位置、重量、寸法、形状などは適宜設定されるものであるが、ブリッジ部 33 を設けることで、副走査用圧電素子 20～23 による弾性変形部 12～15 の変形が阻害され、副走査駆動部 32A, 32B による本来の副走査方向回動動作に影響が出る。よって、本実施形態のように、副走査駆動部 32A, 32B を構成する弾性変形部 12～15 のすべてをブリッジ部 33 で連結するのではなく、一部の弾性変形部 12～15 だけをブリッジ部 33 で連結することが好ましい。これによれば、弾性変形部 12～15 のすべてをブリッジ部 33 で連結する場合よりも、副走査用圧電素子 20～23 による弾性変形部 12～15 の変形が阻害されにくく、副走査方向の回動範囲を広く確保できる。

#### 【0041】

また、本実施形態のように、弾性変形部 12～15 の略中央の箇所同士（Y 軸方向における略中央の箇所）を連結する連結部分としてのブリッジ部 33 が設けられている。これにより、ミラー M が副走査方向へ回動するときの回動軸（X 軸）とほぼ同軸上にブリッジ部 33 が位置することになる。このような位置にブリッジ部 33 が配置されていれば、アクチュエータ駆動デバイスの動作中に副走査方向における回動軸（X 軸）の位置が安定しやすいので、副走査用圧電素子 20～23 による副走査方向の回動動作に影響が出にくい。

#### 【0042】

また、図 12 に示す変形例のように、副走査駆動部 32A, 32B における弾性変形部 12～15 の中で、X 軸方向の略中央に位置する弾性変形部 12～15 同士を連結してもよい。この変形例では、ブリッジ部 33 による弾性変形部 12～15 の変位抑制効果が副走査駆動部 32A, 32B の全体に伝わりやすいので、少ないブリッジ部の数で副走査駆動部 32A, 32B の励起振動を効果的に抑制できる。

#### 【0043】

図 13 は、図 4 における符号 C-C' の断面図である。

図 14 は、図 4 における符号 D-D' の断面図である。

本実施形態におけるフレーム基板 10 は、単結晶シリコン（Si）材料からなるシリコン基板を用いることができる。本実施形態では、SOI（Silicon on Insulator）基板を使用し、主走査駆動部 31 のトーションバー 19A, 19B 及び第五弾性変形部 16A, 16B や副走査駆動部 32A, 32B の弾性変形部 12～15 及びブリッジ部 33 などを構成する層を活性層 101、活性層 101 に隣接して形成されている SiO<sub>2</sub> 層を B<sub>0</sub>X 層 102、さらにその B<sub>0</sub>X 層 102 に隣接して下に形成されている層を支持層 103 とする。

#### 【0044】

フレーム基板 10 のおもて面（圧電素子が形成される側の面）には、透明薄膜 110 が形成される。本実施形態において、透明薄膜 110 はシリコン酸化膜（SiO<sub>2</sub>）である。本実施形態において、主走査駆動部 31 のトーションバー 19A, 19B 及び第五弾性変形部 16A, 16B や、副走査駆動部 32A, 32B の弾性変形部 12～15 及びブリッジ部 33 など、比較的剛性を低くしたいフレーム基板部分は、SOI 基板から B<sub>0</sub>X 層 102 及び支持層 103 が除去され、活性層 101 とその上に形成される透明薄膜 110 とから構成される。一方、可動部枠 18 や支持フレーム 11 などの高い剛性が必要なフレーム基板部分は、活性層 101 及びその上の透明薄膜 110 に加え、その下の B<sub>0</sub>X 層 1

10

20

30

40

50

02及び支持層103から構成される。活性層101の厚さは例えば40μm、支持層103の厚さは例えば625μmとし、主に支持層103によってフレーム基板10の強度を保っている。

#### 【0045】

本実施形態におけるフレーム基板10に設けられる圧電素子20～24は、図14に示すように、SOI基板の活性層101上に形成される下部電極121、圧電材料122、上部電極123によって形成される。圧電素子20～24は、ユニモルフ、バイモルフのどちらかに限定されるものではない。なお、ブリッジ部33には圧電素子を形成しない。

#### 【0046】

本実施形態におけるアクチュエータ駆動デバイスを構成する弾性変形部12～15, 16A, 16B及びブリッジ部33が、同じ基板であるSOI基板という単一部材から構成された単一の構造体である。そのため、SOI基板に切欠K1～K8を形成して弾性変形部12～15, 16A, 16Bの形状形成をする処理工程において、ブリッジ部33も同時に形成することができる。よって、弾性変形部12～15, 16A, 16Bの形状形成後にブリッジ部33を別途形成する場合よりも製造工程を簡略化することができる。

#### 【0047】

また、本実施形態のブリッジ部33は、弾性変形部12～15と同じ部材、すなわち、シリコン(Si)材料から構成されることから、熱や経時劣化に対する耐性が低いゴム材料やゲル材料から構成される場合と比べて、温度環境の変化あるいは時間経過による劣化が少ない。

#### 【0048】

次に、本実施形態の効果を確認した効果確認試験について説明する。

この効果確認試験は、上述した比較例と本実施形態とを比較するものである。

本効果確認試験では、主走査方向の駆動信号には、共振周波数から数十Hzだけ高周波側の約20kHzの正弦波を用いた。これにより、可動部17上のミラー17Mはトーションバー19A, 19Bの捩れによって約20kHzの周波数で主走査方向に回動することになる。このときの主走査方向の回動角度は、±10°程度である。一方、副走査方向の駆動信号には、数十Hzのこぎり波を用い、これにより、可動部17上のミラー17Mは、副走査駆動部32A, 32Bにおける3回の折り返し構造をもった弾性変形部12～15の変位により、数十Hzの周波数で副走査方向に回動することになる。このときの副走査方向の回動角度は、±数°程度である。本実施形態も比較例も、ブリッジ部33の有無以外は同じ条件となっている。

#### 【0049】

図15は、本実施形態と比較例におけるフレーム基板10, 10'について固有値解析を行い、これらのフレーム基板10, 10'が有する固有の共振周波数(固有振動数)と主走査方向の駆動に用いる共振周波数fmとのズレ量をプロットしたグラフである。図15中の破線は、主走査方向の駆動に用いる共振周波数fmを表す。本実施形態と比較例におけるフレーム基板10, 10'において、副走査駆動部32A, 32Bがもつ最も感度の高い固有の共振周波数fsは約300Hzであるが、図15に示すグラフでは、主走査方向の駆動に用いる共振周波数fm(20kHz)の近傍に存在する固有の共振周波数fsだけに絞ってプロットしてある。

#### 【0050】

フレーム基板10, 10'が有する固有の共振周波数fsはそのすべてがアクチュエータ基板デバイスによる可動部17の回動動作に影響を与えるほどの感度を持っているわけではない。しかしながら、主走査方向の駆動に用いる共振周波数fmに近い固有の共振周波数fsは(例えば、fm - fs < 数百Hz程度)、クロストークが増大して、アクチュエータ基板デバイスによる可動部17の回動動作に影響を与えるおそれが高い。特に、主走査方向の回動範囲を増大させるほど、これに比例して振動のクロストークが増大する傾向にあり、アクチュエータ基板デバイスによる可動部17の回動動作に影響を与えるおそれがより高くなる。

10

20

30

40

50

## 【0051】

図15に示すように、ブリッジ部33を備えていない比較例は、主走査方向の駆動に用いる共振周波数 $f_m$ に近接した2つの固有共振周波数 $f_s$ が存在している。これに対し、ブリッジ部33を備えた本実施形態では、主走査方向の駆動に用いる共振周波数 $f_m$ の±1000Hzの範囲内に固有共振周波数 $f_s$ が存在しない。これは、ブリッジ部33を形成したことにより固有共振周波数 $f_s$ がシフトした結果である。

## 【0052】

図16は、本実施形態と比較例における主走査方向の共振周波数付近の周波数特性を示すグラフである。

比較例の周波数特性には一部にディップが生じているが、これは、異なる振動を誘発したことで正確な評価ができなかったためである。これに対し、本実施形態では、異常のない周波数特性が得られている。また、ブリッジ部33を設けたことで主走査方向の回動範囲が狭くなったなどの大きな変化は見受けられない。

## 【0053】

図17は、本実施形態と比較例における300Hz近傍の周波数特性を示すグラフである。

300Hz近傍の周波数帯では、上述したとおり、副走査駆動部32A, 32Bがもつ最も感度の高い固有の共振周波数 $f_s$ は約300Hzである。本実施形態では、ブリッジ部33を設けたことで、副走査駆動部32A, 32Bの当該固有の共振周波数 $f_s$ が高周波側(Q値が下がる側)にシフトしている。これにより、副走査駆動部32A, 32Bに励起振動が発生しにくく、非共振駆動が安定して実現できるようになっている。

## 【0054】

図18は、図12に示す変形例と前記比較例とにおいて、副走査方向の回動によりミラー17M上のY軸方向各位置におけるZ軸方向の変位量を示すグラフである。

このグラフは、ミラー17M上の各測定位置(Y軸方向の複数箇所)についてのZ軸方向の変位量をレーザードップラー変位計により測定した値をプロットして得たものであり、横軸がミラー17M上のY軸方向位置であり、Y軸方向におけるミラー中心位置がゼロである。縦軸はZ軸方向の変位量である。

## 【0055】

図18に示すように、比較例では、副走査方向の回動軸がミラーの中心位置(X軸)と一致していない。これに対し、図12に示す変形例では、副走査方向の回動軸がミラーの中心位置(X軸)と一致している。これは、ブリッジ部33をY軸方向におけるミラーの中心位置(X軸)のほぼ同軸上に設けたことで、副走査方向の回動軸がミラーの中心位置(X軸)に安定したものと言える。特に、変形例では、図12に示すように、副走査駆動部32A, 32Bにおける弾性変形部12~15の中で、X軸方向の略中央に位置する弾性変形部12~15同士を連結しているので、ブリッジ部33による弾性変形部12~15の変位抑制効果が副走査駆動部32A, 32Bの全体に伝わりやすく、副走査方向の回動軸をミラーの中心位置(X軸)に安定させる効果がより効果的に現れたものと考えられる。

## 【0056】

上述した実施形態において、アクチュエータ駆動デバイスは、一方向から入射してくる入射光を反射するミラー17Mを往復回動動作させて光を走査する光走査装置として利用しているが、これに限らず、例えば、複数方向から入射してくる入射光を反射するミラー17Mを回動動作させて、特定箇所に配置されている受光部へ案内するような受光装置としても利用することが可能である。

更に、本実施形態のアクチュエータ駆動デバイスを適用可能な装置は、光走査装置にも限られない。

## 【0057】

また、上述した実施形態におけるアクチュエータ駆動デバイスは、二次元方向に光を走査する光走査装置であるが、当該アクチュエータ駆動デバイスの副走査方向の構成及び動

10

20

30

40

50

作を一次元方向に光を走査する光走査装置に適用してもよい。

また、上述した実施形態では、主走査方向に可動部17を回動させる主走査駆動部31と、副走査方向に可動部17を回動させる副走査駆動部32A, 32Bが、いずれも同じ駆動方式を採用するものであるが、互いに異なる駆動方式を採用してもよい。また、駆動方式も圧電駆動方式に限らず、例えば、静電力を用いて駆動する静電駆動方式や、電磁力を用いて駆動する電磁駆動方式を採用してもよい。

#### 【0058】

また、上述した実施形態では、本実施形態のアクチュエータ駆動デバイスを適用した光走査装置が採用される画像形成装置の一例として、HUD装置を挙げたが、観測者の頭部に装着して使用されるヘッドマウントディスプレイや、スクリーン上に画像を投射して表示するプロジェクタなどの画像投射装置等にも、同様に適用することができる。

10

#### 【0059】

以上に説明したものは一例であり、次の態様毎に特有の効果を奏する。

##### (態様A)

SOI基板等の単一部材から構成される折り返し構造を有する副走査用の弾性変形部12～15等の折り返し弾性変形部と、前記折り返し弾性変形部の一端を支持する支持フレーム11等の支持部と、前記折り返し弾性変形部の他端側に取り付けられる可動部17と、前記折り返し弾性変形部を変形させる駆動力を付与して前記可動部を所定の回動軸回りで繰り返し回動させる副走査用圧電素子20～23等の駆動手段とを有し、前記折り返し弾性変形部に、前記折り返し構造における第一弾性変形部12及び第三弾性変形部14等の往路部分の一部分とこれに隣り合う第二弾性変形部13及び第四弾性変形部15等の復路部分の一部分とを連結するブリッジ部33等の連結部分が設けられた回動装置において、前記連結部分は、前記単一部材から構成され、前記折り返し構造と一体構造となっていることを特徴とする。

20

本態様においては、折り返し弾性変形部の折り返し構造における往路部分の一部分とこれに隣り合う復路部分の一部分とが連結部分によって連結されているので、このような連結部材が無い構成と比較して、折り返し弾性変形部の全体的な剛性が高められる。なお、連結部分によって連結される往路部分及び復路部分の「一部分」は、折り返し構造により互いに連続している往路部分及び復路部分の端部を除く部分（中間部分）であればよい。これにより、回動装置の動作中に何らかの振動が発生したときの折り返し弾性変形部の変位が抑制され、当該何らかの振動によって折り返し弾性変形部に励起される励起振動を抑制することができる。しかも、本態様では、連結部分が折り返し構造と同じ単一部材から構成され、折り返し構造と一体構造であることから、連結部材と当該折り返し構造とを同じ処理工程で形成することができ、製造工程を簡略化することができる。加えて、連結部分が折り返し構造と同じ単一部材から構成されていることから、熱や経時劣化に対して当該折り返し構造と同程度の安定性が得られ、温度環境の変化あるいは時間経過によっても可動部の安定した回動動作を実現できる。

30

#### 【0060】

##### (態様B)

前記態様Aにおいて、前記連結部分は、前記所定の回転軸に沿って、前記折り返し構造における往路部分の一部分とこれに隣り合う復路部分の一部分とを連結することを特徴とする。

40

これによれば、折り返し構造による可動部の回動動作において、その回動動作の回転軸の位置を安定させることができる。

#### 【0061】

##### (態様C)

前記態様A又はBにおいて、前記折り返し弾性変形部は、折り返し回数が1回を超える折り返し構造を有し、該折り返し構造には前記連結部分によって連結されない往路部分又は復路部分が存在することを特徴とする。

これによれば、すべての往路部分と復路部分との間を連結部分で連結する場合よりも、

50

連結部分による折り返し弾性変形部の変位規制量を少なく抑えることができるので、折り返し構造による可動部の回動範囲を広く確保することができる。

【0062】

(態様D)

前記態様Cにおいて、前記連結部分は、前記折り返し構造の中で前記可動部に最も近い往路部分と復路部分とを連結することを特徴とする。

可動部に最も近い往路部分と復路部分の変位量は可動部の変位量に最も影響を与える。よって、本態様のように、可動部に最も近い往路部分と復路部分とを連結部分で連結して、可動部に最も近い往路部分と復路部分の変位量を抑制することで、折り返し弾性変形部に励起される励起振動によって可動部に生じる振動を効果的に抑制できる。

10

【0063】

(態様E)

前記態様Cにおいて、前記連結部分は、前記折り返し構造の中で前記折り返し弾性変形部の前記一端と前記他端との間の略中央に位置する往路部分と復路部分とを連結することを特徴とする。

これによれば、連結部分による折り返し弾性変形部の変位量を抑制する効果が折り返し弾性変形部の全体に伝わりやすいので、少ない連結部分で折り返し弾性変形部の励起振動を効果的に抑制できる。

【0064】

(態様F)

20

前記態様A～Eのいずれかの態様において、前記折り返し弾性変形部、前記支持部及び前記可動部は、複数層構造をもつ單一の基板から形成されており、前記折り返し弾性変形部を構成する單一部材は、前記單一の基板を構成する一部の層を除去した残りの層であることを特徴とする。

これによれば、比較的高い剛性が求められる支持部及び可動部と、比較的低い剛性が求められる折り返し弾性変形部とを單一の基板から形成することができ、製造工程を簡略化できる。

【0065】

(態様G)

前記態様A～Fのいずれかの態様において、前記所定の回動軸に対して略直交する第二回動軸回りで前記可動部を繰り返し回動させる主走査駆動部31等の第二可動部回動手段を有することを特徴とする。

30

これによれば、可動部を二次元方向に回動動作させることができとなる。また、第二可動部回動手段による繰り返し回動動作によって、折り返し弾性変形部に励起振動が励起されるおそれがあるが、本態様によれば、折り返し弾性変形部に設けられる連結部分によって励起振動が抑制できるので、互いに独立した二次元方向の回動動作を確保できる。

【0066】

(態様H)

前記態様Gにおいて、前記第二可動部回動手段は、機械的共振を利用して、前記第二回動軸回りで前記可動部を繰り返し回動させることを特徴とする。

40

これによれば、機械的共振の利用によって第二回動軸回りにおける可動部の回動範囲を大きく確保できる。一方で、折り返し弾性変形部には機械的共振に起因した励起振動が励起されやすくなるが、本態様によれば、折り返し弾性変形部に設けられる連結部分によって励起振動が抑制できるので、互いに独立した二次元方向の回動動作を確保できる。

【0067】

(態様I)

光源ユニット230等の光出力手段から出力される光を走査する走査手段を有する光走査装置208において、前記走査手段は、前記態様A～Hのいずれかの態様に係る回動装置を用い、該回動装置の可動部17に設けたミラー17M等の光学部材の光反射面で光を走査することを特徴とする。

50

これによれば、製造工程を簡略化でき、光走査装置の動作中に折り返し弾性変形部に励起され得る励起振動を抑制しつつ、温度環境や経時劣化に耐性のある光走査の安定動作を実現できる。

【0068】

(態様J)

画像情報に基づく画像走査光を出力する画像走査光出力手段と、前記画像走査光出力手段から出力される画像走査光を二次元走査する走査手段とを有する画像表示装置において、前記走査手段は、前記態様G又はHに係る回動装置を用い、該回動装置の可動部に設けた光学部材の光反射面で光を走査するものであり、前記可動部を前記所定の回動軸回りで繰り返し回動させることにより画像水平方向及び画像垂直方向のうちの一方の方向に画像走査光を走査するとともに、前記可動部を前記第二回動軸回りで繰り返し回動させることにより画像水平方向及び画像垂直方向のうちの他方の方向に画像走査光を走査することを特徴とする。

これによれば、製造工程を簡略化でき、折り返し弾性変形部に励起され得る励起振動による画質劣化を抑制しつつ、温度環境や経時劣化に耐性のある安定した画像表示動作を実現できる。

【符号の説明】

【0069】

10, 10' フレーム基板

11 支持フレーム

12 ~ 15, 16A, 16B 弾性変形部

17 可動部

17M ミラー

18 可動部枠

19A, 19B トーションバー

20 ~ 24 圧電素子

31 主走査駆動部

32A, 32B 副走査駆動部

33 ブリッジ部

101 活性層

102 BOX層

103 支持層

110 透明薄膜

121 下部電極

122 圧電材料

123 上部電極

200 自動車用HUD装置

201R, 201G, 201B レーザー光源

208 光走査装置

210 スクリーン

211 投射ミラー

230 光源ユニット

300 運転者

301 自動車

302 フロントガラス

【先行技術文献】

【特許文献】

【0070】

【特許文献1】特開2012-123364号公報

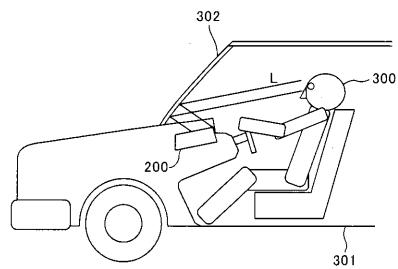
10

20

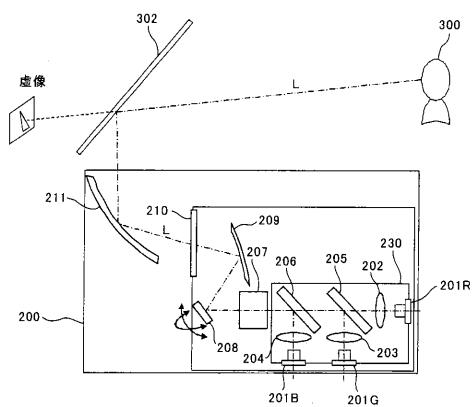
30

40

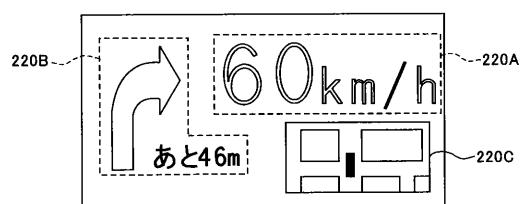
【図1】



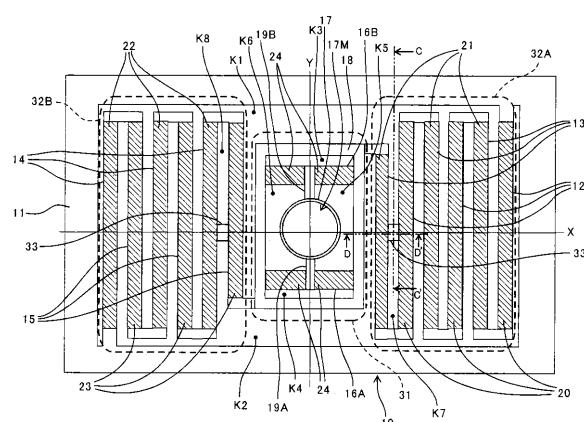
【図2】



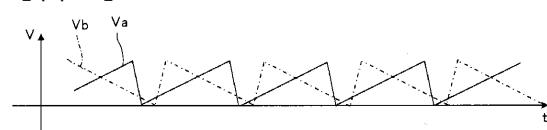
【図3】



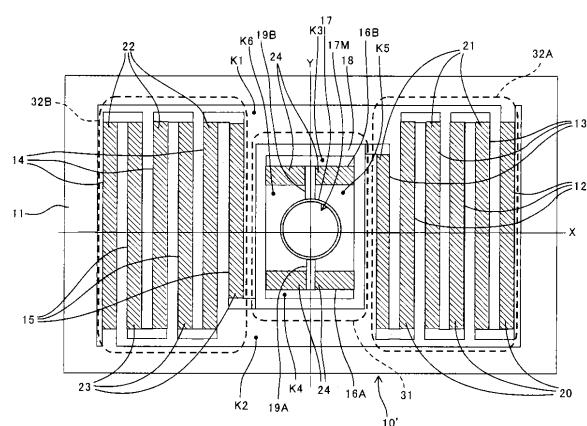
【図4】



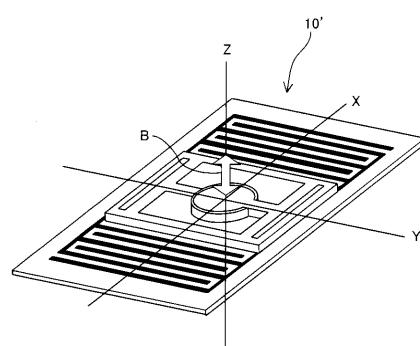
【図5】



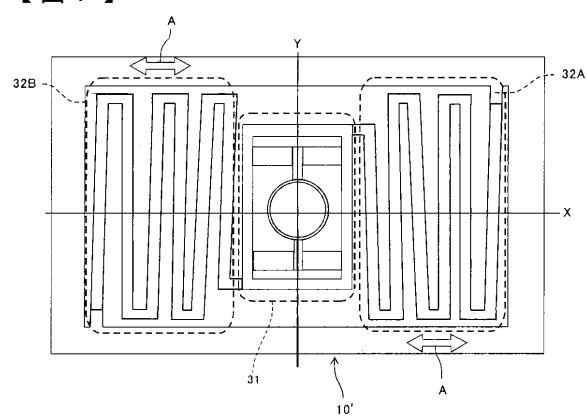
【図6】



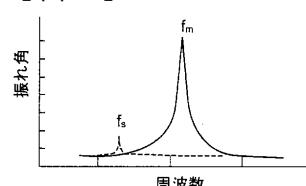
【図8】



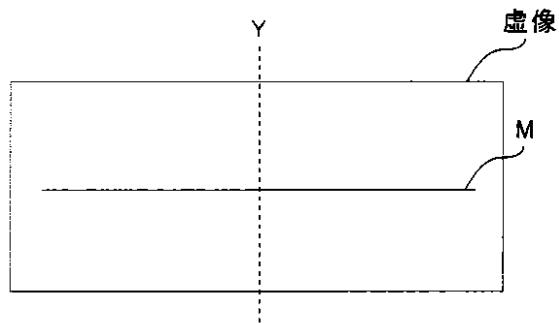
【図7】



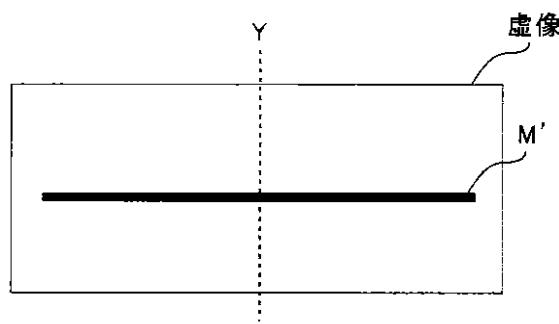
【図9】



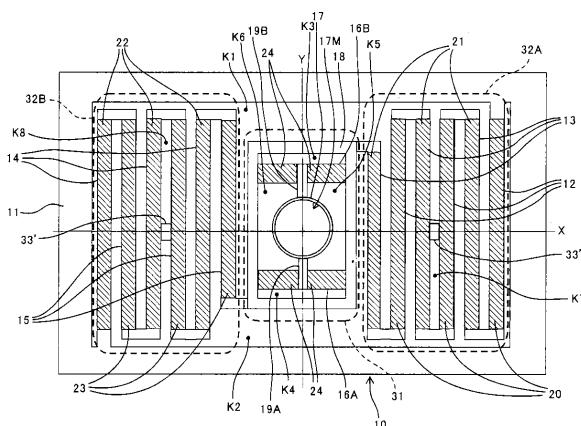
【図10】



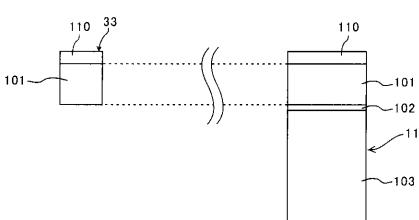
【図11】



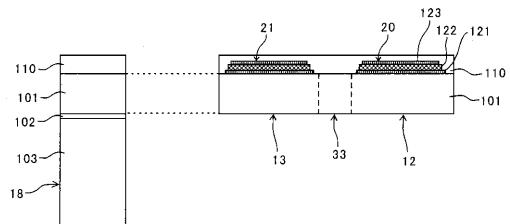
【図12】



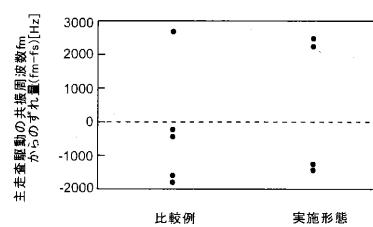
【図13】



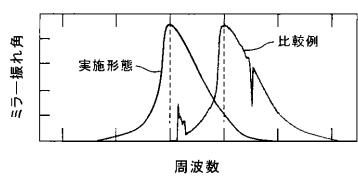
【図14】



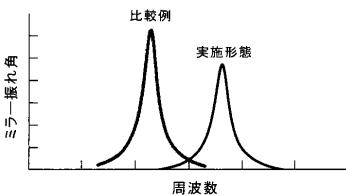
【図15】



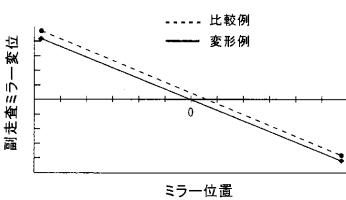
【図16】



【図17】



【図18】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 8 1 B 3/00 (2006.01) B 8 1 B 3/00

(72)発明者 橋口 強  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

審査官 若林 治男

(56)参考文献 特開2013-003473 (JP, A)  
特開2009-009067 (JP, A)  
特開2012-123364 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 N	2 / 0 4
B 6 0 K	3 5 / 0 0
G 02 B	2 6 / 0 8
G 02 B	2 6 / 1 0
G 02 B	2 7 / 0 1
B 8 1 B	3 / 0 0