

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7140959号  
(P7140959)

(45)発行日 令和4年9月22日(2022.9.22)

(24)登録日 令和4年9月13日(2022.9.13)

(51)国際特許分類	F I
G 0 2 B 26/08 (2006.01)	G 0 2 B 26/08 E
G 0 2 B 26/10 (2006.01)	G 0 2 B 26/10 1 0 4 Z
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00

請求項の数 7 (全14頁)

(21)出願番号	特願2018-46244(P2018-46244)	(73)特許権者	000006220
(22)出願日	平成30年3月14日(2018.3.14)		ミツミ電機株式会社
(65)公開番号	特開2019-159133(P2019-159133 A)	(74)代理人	100107766
(43)公開日	令和1年9月19日(2019.9.19)		弁理士 伊東 忠重
審査請求日	令和3年2月10日(2021.2.10)	(74)代理人	100070150
			弁理士 伊東 忠彦
		(72)発明者	山田 健介
			東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミ
			ツミ電機株式会社内
		審査官	山本 貴一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アクチュエータ及び光走査装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の軸に垂直な方向に延在する梁を有し、駆動対象物を支持する駆動梁と、前記梁の一方の面上に形成された駆動源と、前記梁と同じ方向に延在し、一端が前記梁の短手方向の側部に接続されたセンサ梁と、前記センサ梁の前記一方の面と同じ側の面上に形成されたセンサと、前記駆動梁が接続された枠部と、

を有し、

前記センサ梁の他端は前記枠部に接続され、

前記駆動源の駆動により前記所定の軸を回転する方向に前記駆動対象物を揺動駆動するアクチュエータ。

10

【請求項2】

前記センサは前記センサ梁が接続された前記梁の変位を検知する

請求項1に記載のアクチュエータ。

【請求項3】

前記センサは前記センサ梁の上の前記枠部の側に位置する

請求項1又は2に記載のアクチュエータ。

【請求項4】

前記梁の長手方向における前記センサ梁の長さは、前記梁の前記長手方向における前記センサの長さの1.5～2倍である

20

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記駆動梁は、前記所定の軸に垂直な方向に延在する複数の前記梁を有し、隣接する前記梁の端部同士が折り返し部で連結されて全体としてジグザグ状の蛇腹構造を有する

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

前記駆動梁を構成する複数の前記梁のそれぞれに前記センサ梁が形成されており、複数の前記センサ梁のそれぞれに前記センサが形成されている、

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のアクチュエータ。

【請求項 7】

レーザ光を反射するミラーが形成されたミラー支持部と、

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のアクチュエータと、  
を有し、

前記ミラー支持部は、前記駆動対象物である

光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アクチュエータ及び光走査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から圧電薄膜の上面に上部電極、下面に下部電極を形成した圧電素子を駆動源とするアクチュエータを用いて、入射光を反射させるミラーを回転軸回りに回転させ、反射光を走査する光走査装置が知られている。このアクチュエータでは、圧電薄膜に電圧を印加するために、上部電極に接続される上部配線と、下部電極に接続される下部配線とが形成されている（例えば特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。

【0003】

上記のアクチュエータにおいて、ミラーを回転軸回りに回転させるための MEMS 構造体を有しており、MEMS 構造体は厚さ方向に大きく変形する。MEMS 構造体としては、表面の面内方向の剛性を確保しつつ、厚さ方向の剛性を下げるために蛇腹構造とすることができる。また、MEMS 構造体としてトーションバーを有する構成とし、トーションバーの捻れによってミラーを回転軸周りに回転させることができる。

【0004】

上記のアクチュエータにおいて、MEMS 構造体の駆動梁の駆動と駆動梁の反りの検出を行うために、駆動梁にセンサ用圧電素子を設けることが知られている（例えば特許文献 3 参照）。例えば、駆動梁上にセンサ用圧電素子を設ける場合、駆動用圧電素子の一部を切り欠いてセンサ用圧電素子を配置する。

【0005】

駆動用圧電素子の一部を切り欠く場合、エッチングによって切欠き形状を形成するため、センサ用圧電素子のサイズ以上に大きく切り欠く必要がある。駆動用圧電素子の幅が切欠きの大きさに比べて十分に大きい場合には問題とならない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2016 - 1325 号公報  
特許 5876329 号  
特開 2017 - 68205 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

20

30

40

50

しかし、駆動用圧電素子の一部を切り欠いてセンサ用圧電素子を配置する場合であって、駆動梁の幅が不十分で駆動用圧電素子の幅が狭い場合には、センサ用圧電素子を設けるとその周辺において駆動用圧電素子を設ける領域がほとんど無くなってしまふという問題が発生する。このため、センサ用圧電素子の周辺において梁の反りが発生しなくなり、反りの検出ができなくなってしまう。

【 0 0 0 8 】

上記の問題に対応するため、駆動用圧電素子の幅を大きくしようとすると、感度のバランスをとるために蛇腹部の他の駆動梁も太くする必要があり、全体的に大きくなってしまふ。また、センサ用圧電素子が配置される部分のみ梁を太くした場合、その部分だけ梁の剛性が上がってしまうため、センサ部の変形量は低下し、センサの出力も低下する。

10

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、駆動用圧電素子の面積を犠牲にせずセンサ用圧電素子を配置して駆動梁の反りを検出することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の一態様に係るアクチュエータは、所定の軸に垂直な方向に延在する梁を有し、駆動対象物を支持する駆動梁（130A、130B）と、前記梁の一方の面上に形成された駆動源（131A、131B）と、前記梁と同じ方向に延在し、一端が前記梁の短手方向の側部に接続されたセンサ梁（134A、134B）と、前記センサ梁の前記一方の面と同じ側の面上に形成されたセンサ（135A、135B）と、前記駆動梁が接続された

20

枠部（160）と、を有し、前記センサ梁の他端は前記枠部に接続され、前記駆動源の駆動により前記所定の軸を回転する方向に前記駆動対象物を揺動駆動する。

【 0 0 1 1 】

なお、上記括弧内の参照符号は、理解を容易にするために付したものであり、一例にすぎず、図示の態様に限定されるものではない。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

開示の技術によれば、駆動用圧電素子の面積を犠牲にせずセンサ用圧電素子を配置して駆動梁の反りを検出することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【 0 0 1 3 】

【図1】実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例を示す上面側の斜視図（A）と下面側の斜視図（B）である。

【図2】実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例を示す上面側の平面図である。

【図3】実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例の要部を拡大した上面側の平面図である。

【図4】実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例の要部を拡大した上面側の平面図である。

【図5】従来例に係る光走査装置の光走査部の平面図である。

【図6】変形例に係る光走査装置の光走査部の一例を示す上面側の平面図である。

40

【図7】従来例（A）、参考例（B）及び実施例（C）に係る光走査装置の光走査部の上面側の平面図である。

【図8】従来例（A）、参考例（B）及び実施例（C）に係る光走査装置のセンサ出力感度を示す図である。

【図9】従来例（A）、参考例（B）及び実施例（C）に係る光走査装置の振れ角感度を示す図である。

【図10】実施例に係る光走査装置のセンサ梁長さに対するセンサ感度（センサ出力）を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

50

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0015】

<実施の形態>

図1(A)は、実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例を示す上面側の斜視図である。図1(B)は、実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例を示す下面側の斜視図である。図2は、実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例を示す上面側の平面図である。本実施の形態に係る光走査部100は、セラミックパッケージとパッケージカバー等のパッケージ部材に収容して用いることができる。

【0016】

光走査部100は、ミラー110を揺動させて光源から照射されるレーザー入射光を走査する部分である。光走査部100は、例えば圧電素子である駆動源によりミラー110を駆動させるMEMSミラー等である。光走査部100に設けられたミラー110にレーザー入射光を入射して、ミラー110から出射される光を2次元に走査する。

【0017】

図1(A)、図1(B)及び図2に示されるように、光走査部100は、ミラー110と、ミラー支持部120と、連結梁121A、121Bと、水平駆動梁130A、130Bと、可動枠160と、垂直駆動梁170A、170Bと、固定枠180とを有する。ミラー支持部120の上面にミラー110が設けられている。

【0018】

ミラー110を支持するミラー支持部120の両側に、ミラー支持部120に接続され、ミラー110とミラー支持部120を支持する一対の水平駆動梁130A、130Bが配置されている。ミラー支持部120と水平駆動梁130A、130Bは連結梁121A、121Bにより接続されている。また、水平駆動梁130A、130B、連結梁121A、121B、ミラー支持部120及びミラー110は、可動枠160によって外側から支持されている。水平駆動梁130Aは、水平回転軸AXHと直交する垂直回転軸AXVの方向に延在する複数の矩形状の水平梁133A1、133A2、133A3、133A4を有し、隣接する水平梁の端部同士が折り返し部131X2、131X3、131X4により連結され、全体としてジグザグ状の蛇腹構造を有する。水平駆動梁130Aの一方が可動枠160の内周側に、他方が折り返し部131X1及び連結梁121Aを介してミラー支持部120に接続される。また、水平駆動梁130Bは、水平回転軸AXHと直交する垂直回転軸AXVの方向に延在する複数の矩形状の水平梁133B1、133B2、133B3、133B4を有し、隣接する水平梁の端部同士が折り返し部131Y2、131Y3、131Y4により連結され、全体としてジグザグ状の蛇腹構造を有する。水平駆動梁130Bの一方が可動枠160の内周側に、他方が折り返し部131Y1及び連結梁121Bを介してミラー支持部120に接続される。

【0019】

また、可動枠160の両側に、可動枠160に接続される一対の垂直駆動梁170A、170Bが配置されている。垂直駆動梁170Aは、水平回転軸AXH方向に延在する複数の矩形状の垂直梁を有し、隣接する垂直梁の端部同士が折り返し部171Xにより連結され、全体としてジグザグ状の蛇腹構造を有する。垂直駆動梁170Aの一方が固定枠180の内周側に、他方が可動枠160の外周側に接続される。また、垂直駆動梁170Bは、水平回転軸AXH方向に延在する複数の矩形状の垂直梁を有し、隣接する垂直梁の端部同士が折り返し部171Yにより連結され、全体としてジグザグ状の蛇腹構造を有する。垂直駆動梁170Bの一方が固定枠180の内周側に、他方が可動枠160の外周側に接続される。

【0020】

水平駆動梁130A、130Bは、それぞれ圧電素子である水平駆動源131A、131Bを有する。また、垂直駆動梁170A、170Bは、それぞれ圧電素子である垂直駆動源171A、171Bを有する。水平駆動梁130A、130B、垂直駆動梁170A

10

20

30

40

50

、170Bは、ミラー110を水平回転軸AXH又は垂直回転軸AXV周りに揺動駆動してレーザ光を走査するアクチュエータとして機能する。以下、圧電素子である水平駆動源等の駆動源を、駆動用圧電素子と称してもよい。

【0021】

水平駆動梁130A、130Bの上面には、それぞれ曲線部を含まない矩形単位である水平梁133A1、133A2、133A3、133A4、133B1、133B2、133B3、133B4ごとに水平駆動源131A、131Bが形成されている。水平駆動源131Aは、水平駆動梁130Aの上面に形成された圧電素子であり、圧電薄膜と、圧電薄膜の上に形成された上部電極と、圧電薄膜の下面に形成された下部電極とを含む。水平駆動源131Bは、水平駆動梁130Bの上面に形成された圧電素子であり、圧電薄膜と、圧電薄膜の上に形成された上部電極と、圧電薄膜の下面に形成された下部電極とを含む。

10

【0022】

水平駆動梁130A、130Bは、水平梁133A1、133A2、133A3、133A4、133B1、133B2、133B3、133B4ごとに隣接している水平駆動源131A、131B同士で、駆動波形の中央値を基準に上下反転した波形の駆動電圧を印加することにより、隣接する水平梁の上方向への変位量を変化させ、各水平梁の上下動の蓄積をミラー支持部120に伝達する。水平駆動梁130A、130Bの動作によりミラー110及びミラー支持部120が水平回転軸AXHを回転する方向に揺動駆動され、この揺動する方向を水平方向と呼び、ミラー110の光反射面の中心を通る上記の揺動軸を水平回転軸AXHという。例えば水平駆動梁130A、130Bによる水平駆動には、非共振振動を用いることができる。

20

【0023】

例えば、水平駆動源131Aは、水平駆動梁130Aを構成する1番目から4番目の各水平梁133A1、133A2、133A3、133A4の上にそれぞれ形成された4つの水平駆動源131A1、131A2、131A3、131A4を含む。また、水平駆動源131Bは、水平駆動梁130Bを構成する1番目から4番目の各水平梁133B1、133B2、133B3、133B4の上にそれぞれ形成された4つの水平駆動源131B1、131B2、131B3、131B4を含む。この場合、水平駆動源131A1、131B1、131A3、131B3を同波形、水平駆動源131A2、131B2、131A4、131B4を前者と駆動波形の中央値を基準に上下反転した波形で駆動することで、ミラー110及びミラー支持部120を水平方向へ揺動駆動できる。

30

【0024】

垂直駆動梁170A、170Bの上面には、それぞれ曲線部を含まない矩形単位である垂直梁ごとに垂直駆動源171A、171Bが形成されている。垂直駆動源171Aは、垂直駆動梁170Aの上面に形成された圧電素子であり、圧電薄膜と、圧電薄膜の上に形成された上部電極と、圧電薄膜の下面に形成された下部電極とを含む。垂直駆動源171Bは、垂直駆動梁170Bの上面に形成された圧電素子であり、圧電薄膜と、圧電薄膜の上に形成された上部電極と、圧電薄膜の下面に形成された下部電極とを含む。

【0025】

垂直駆動梁170A、170Bは、垂直梁ごとに隣接している垂直駆動源171A、171B同士で、駆動波形の中央値を基準に上下反転した波形の駆動電圧を印加することにより、隣接する垂直梁の上方向への変位量を変化させ、各垂直梁の上下動の蓄積を可動枠160に伝達する。垂直駆動梁170A、170Bの動作によりミラー110及びミラー支持部120が水平回転軸AXHの方向と直交する方向に揺動駆動され、この揺動する方向を垂直方向と呼び、ミラー110の光反射面の中心を通る上記の揺動軸を垂直回転軸AXVという。例えば垂直駆動梁170A、170Bによる垂直駆動には、非共振振動を用いることができる。

40

【0026】

例えば、垂直駆動源171Aは、垂直駆動梁170Aを構成する1番目から2番目の各

50

垂直梁の上にそれぞれ形成された２つの垂直駆動源 171A1、171A2を含む。また、垂直駆動源 171Bは、垂直駆動梁 170Bを構成する１番目から２番目の各垂直梁の上にそれぞれ形成された２つの垂直駆動源 171B1、171B2を含む。この場合、垂直駆動源 171A1、171B1を同波形、垂直駆動源 171A2、171B2を前者と駆動波形の中央値を基準に上下反転した波形で駆動することで、ミラー 110に接続されている可動枠 160を垂直方向へ揺動できる。

#### 【0027】

本実施の形態の光走査装置において、アクチュエータとして機能するMEMS構造体は、例えば支持層、埋め込み（BOX）層及び活性層を有するSOI（Silicon on Insulator）基板から形成されている。上記の固定枠 180と可動枠 160等は、支持層、BOX層及び活性層の３層から形成されている。一方、水平駆動梁 130A、130B及び垂直駆動梁 170A、170B等の固定枠 180と可動枠 160等を除く部分は活性層の単層によって形成されている。あるいは、BOX層と活性層の２層で形成されていてもよい。

10

#### 【0028】

本実施の形態の光走査装置において、ミラー支持部 120のミラー 110形成面の裏面においてミラー 110と対向する位置に、リブ 112が形成されている。ミラー支持部 120の裏面に形成されているリブ 112は、ミラー支持部 120の剛性を高める目的で設けられている。

#### 【0029】

また、本実施の形態の光走査装置において、水平駆動梁 130A、130Bを構成する水平梁の一方の面（上面）には上記のように水平駆動源 131A、131Bが形成されており、他方の面（裏面）には水平駆動梁 130A、130Bを構成する水平梁の中央部である水平回転軸 AXH上にリブ 132が形成されている。リブ 132は、水平梁の長手方向に短く、短手方向に長い形状である。水平駆動梁 130A、130Bを構成する水平梁の他方の面（裏面）に形成されているリブ 132は、例えば、MEMS構造体の製造工程においてダイシングを行う際に、振動や水流によって蛇腹部分が振動し破損することを抑制するために設けられている。

20

#### 【0030】

また、本実施の形態の光走査装置においては、垂直駆動梁 170A、170Bを構成する垂直梁の一方の面（上面）には上記のように垂直駆動源 171A、171Bが形成されている。垂直梁の他方の面（裏面）にはリブ 172が形成されている。リブ 172は、例えば垂直梁と折り返し部 171X、171Yの連結部分からの距離が垂直梁の長さの10～20%である位置に形成されている。リブ 172は、垂直梁の長手方向に短く、短手方向に長い形状である。垂直駆動梁 170A、170Bを構成する垂直梁の他方の面（裏面）に形成されているリブ 172を設けることで、垂直駆動梁 170A、170Bの上方向への反りと直交する方向（垂直梁の幅（短手）方向）へ不要に反ってしまうことを防止し、ミラー支持部 120の厚さ方向の変位量を抑制できる。

30

#### 【0031】

ミラー支持部 120のミラー 110形成面の裏面に形成されているリブ 112は、固定枠 180及び可動枠 160と同じ高さ（厚さ）を有する。即ち、光走査装置のアクチュエータとして機能するMEMS構造体がSOI基板で形成される場合、活性層から形成されるミラー支持部の裏面において、BOX層と支持層からリブ 112が形成される。水平駆動梁 130A、130Bを構成する水平梁は活性層から形成され、水平梁の他方の面（裏面）に形成されているリブ 132は、BOX層と支持層から形成される。垂直駆動梁 170A、170Bを構成する垂直梁は活性層から形成され、垂直梁の他方の面（裏面）に形成されているリブ 172は、BOX層と支持層から形成される。また、リブはSOI基板の支持層を利用するほかに、バルクシリコンをエッチングすることで段差を形成することで設けてもよい。

40

#### 【0032】

図3は、本実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例の要部を拡大した上面側の平

50

面図であり、図 2 中の破線で囲んだ領域 M A の拡大図に相当する。本実施の形態の光走査装置において、水平駆動梁 1 3 0 B を構成する水平梁 1 3 3 B 4 ( 図 1 参照 ) と同じ方向に延在するセンサ梁 1 3 4 B が形成されている。センサ梁 1 3 4 B の一端が水平梁 1 3 3 B 4 の短手方向の側部に接続されている。また、センサ梁 1 3 4 B の他端が可動枠 1 6 0 の内周側に接続されている。上記のように水平駆動梁 1 3 0 B を構成する水平梁 1 3 3 B 4 の一方の面に圧電素子である水平駆動源 1 3 1 B 4 が形成されており、水平駆動源 1 3 1 B 4 の形成面と同じ側において、センサ梁 1 3 4 B にセンサ用圧電素子 1 3 5 B が形成されている。センサ用圧電素子は、単にセンサと称してもよい。ここで、センサ用圧電素子 1 3 5 B はセンサ梁 1 3 4 B が接続された水平梁 1 3 3 B 4 の反り等の変位を検知する。

#### 【 0 0 3 3 】

上記の本実施の形態の光走査装置は、水平駆動源 1 3 1 B 4 が設けられた水平梁 1 3 3 B 4 から分岐したセンサ梁 1 3 4 B が設けられ、センサ梁 1 3 4 B 上にセンサ用圧電素子 1 3 5 B が設けられている。水平駆動源 1 3 1 B 4 の圧電素子の面積を犠牲にせず、センサ用圧電素子 1 3 5 B を配置して、水平駆動梁 1 3 0 B ( 水平梁 1 3 3 B 4 ) の反りを検出することができる。また、センサ用圧電素子 1 3 5 B は水平駆動梁 1 3 0 B ( 水平梁 1 3 3 B 4 ) の駆動状態を検出することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

図 3 においては図 2 中の破線で囲んだ領域 M A の拡大図として説明したが、図 1 及び図 2 を参照すれば、水平駆動梁 1 3 0 A を構成する水平梁 1 3 3 A 4 と同じ方向に延在するセンサ梁 1 3 4 A が形成されている。センサ梁 1 3 4 A の一端が水平梁 1 3 3 A 4 の短手方向の側部に接続されている。また、センサ梁 1 3 4 A の他端が可動枠 1 6 0 の内周側に接続されている。上記のように水平駆動梁 1 3 0 A を構成する水平梁 1 3 3 A 4 の一方の面に圧電素子である水平駆動源 1 3 1 A 4 が形成されており、水平駆動源 1 3 1 A 4 の形成面と同じ側において、センサ梁 1 3 4 A にセンサ用圧電素子 1 3 5 A が形成されている。水平駆動梁 1 3 0 A ( 水平梁 1 3 3 A 4 ) においても、水平駆動源 1 3 1 A 4 の圧電素子の面積を犠牲にせず、センサ用圧電素子 1 3 5 A を配置して、水平駆動梁 1 3 0 A ( 水平梁 1 3 3 A 4 ) の反りを検出することができる。また、センサ用圧電素子 1 3 5 A は水平駆動梁 1 3 0 A ( 水平梁 1 3 3 A 4 ) の駆動状態を検出することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

図 4 ( A ) 及び図 4 ( B ) は本実施の形態に係る光走査装置の光走査部の一例の要部を拡大した上面側の平面図である。図 4 ( A ) に示されるように、水平梁 1 3 3 B 4 が長手方向に長さ L D B を有して形成されている。また、図 4 ( B ) に示されるように、センサ梁 1 3 4 B が水平梁 1 3 3 B 4 の長手方向と同じ方向に長さ L S B であり、長手方向と直交する短手方向に幅 W S B で形成されている。センサ梁 1 3 4 B の一端は、長手方向の長さ L C の連結部で水平梁 1 3 3 B 4 の短手方向の側部に接続されている。センサ梁 1 3 4 B の他端が可動枠 1 6 0 の内周側に接続されている。水平駆動梁 1 3 0 B を構成する水平梁 1 3 3 B 4 の一方の面に圧電素子である水平駆動源 1 3 1 B 4 が形成されており、水平駆動源 1 3 1 B 4 の形成面と同じ側において、センサ梁 1 3 4 B にセンサ用圧電素子 1 3 5 B が形成されている。センサ用圧電素子 1 3 5 B は略矩形形状であり、水平梁 1 3 3 B 4 の長手方向と同じ方向に長さ L S であり、長手方向と直交する短手方向に幅 W S で形成されている。

#### 【 0 0 3 6 】

水平梁 1 3 3 B 4 の根本側に細いセンサ梁 1 3 4 B を分岐させて、センサ梁 1 3 4 B の上に反りを検出するためのセンサ用圧電素子 1 3 5 B を搭載している。センサ用圧電素子 1 3 5 B と水平梁 1 3 3 B 4 の水平駆動源 1 3 1 B 4 との梁幅方向の間隔は、エッチングに必要な最低限の空間とし、シリコン部分 ( S O I 基板の活性層 ) も可能な限り除去することが望ましい。分岐されたセンサ梁 1 3 4 B の幅 W S B は、センサ用圧電素子 1 3 5 B の幅 W S に対し必要最小限の幅であることが好ましい。センサ用圧電素子 1 3 5 B の幅 W S に対してセンサ梁 1 3 4 B の幅 W S B が広すぎると、センサ梁 1 3 4 B の幅が太くなってしまい、光走査装置の小型化が困難となる可能性がある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 7 】

またセンサ梁 1 3 4 B の幅は、センサ用圧電素子 1 3 5 B の幅を含めた必要最小限となっているため、水平梁 1 3 3 B 4 への反りの影響は小さい。

## 【 0 0 3 8 】

センサ用圧電素子 1 3 5 B は、センサ梁 1 3 4 B 上の可動枠 1 6 0 側に位置し、センサ用圧電素子 1 3 5 B の位置は、センサ用圧電素子 1 3 5 B の可動枠 1 6 0 側の端部が水平梁 1 3 3 B 4 の付け根と同一位置にあることが好ましい。このような構成をとることで、水平駆動源 1 3 1 B 4 に電圧を印加して水平梁 1 3 3 B 4 を反らせた際に、分岐したセンサ梁 1 3 4 B もそれに伴って反るため、センサ用圧電素子 1 3 5 B にひずみが発生し、水平梁 1 3 3 B 4 の反りに応じて発生する電圧を検出できる。

10

## 【 0 0 3 9 】

水平梁 1 3 3 B 4 の長手方向におけるセンサ梁の長さ L S B は、水平梁 1 3 3 B 4 の長手方向におけるセンサ用圧電素子 1 3 5 B の長さ L S の 1 . 5 ~ 2 倍であることが好ましい。これにより、センサ用圧電素子 1 3 5 B の感度（水平回転軸の周りを回転する方向の 1 ° あたりの出力電圧値）を高めることができる。

## 【 0 0 4 0 】

例えば、水平梁 1 3 3 B 4 の長手方向の長さ L D B が 3 . 4 mm であるのに対し、センサ梁 1 3 4 B の長さ L S B は 0 . 5 5 mm、水平梁 1 3 3 B 4 とセンサ梁 1 3 4 B の連結部の幅 L C は 0 . 1 5 mm である。水平梁の幅 W D B が 0 . 4 6 mm であるのに対して、センサ梁 1 3 4 B の幅 W S B は 0 . 1 8 mm であり、センサ用圧電素子 1 3 5 B の幅 W S は 0 . 1 mm、長さ L S は 0 . 3 mm となっている。

20

## 【 0 0 4 1 】

図 5 ( A ) 及び図 5 ( B ) は従来例 1 及び従来例 2 に係る光走査装置の光走査部の平面図である。図 5 ( A ) に示される構成では、駆動梁 1 1 3 3 上にセンサ用圧電素子 1 1 3 5 を設ける場合、駆動用圧電素子 1 1 3 1 の一部を切り欠いてセンサ用圧電素子 1 1 3 5 を配置する。駆動用圧電素子 1 1 3 1 の一部を切り欠く場合、エッチングによって切欠き形状を形成するため、センサ用圧電素子 1 1 3 5 のサイズ以上に大きく切り欠く必要がある。図 5 ( A ) に示される構成では、駆動用圧電素子 1 1 3 1 の幅が切欠きの大きさに比べて十分に大きい。駆動梁 1 1 3 3 の幅方向におけるセンサ用圧電素子 1 1 3 5 の側部に、駆動用圧電素子 1 1 3 1 の部分 X A が十分残っているため、駆動用圧電素子 1 1 3 1 の部分 X A はセンサ用圧電素子 1 1 3 5 も変形させることができる。

30

## 【 0 0 4 2 】

一方で、図 5 ( B ) に示される構成では、駆動用圧電素子 1 1 3 1 の幅が切欠きの大きさに比べて十分な大きさとなっていない。駆動梁 1 1 3 3 の幅方向におけるセンサ用圧電素子 1 1 3 5 の側部に残された駆動用圧電素子 1 1 3 1 の部分 X B が十分ではなく、駆動用圧電素子 1 1 3 1 の部分 X B はセンサ用圧電素子 1 1 3 5 を十分に変形させることができない。

## 【 0 0 4 3 】

上記の本実施の形態の光走査装置は、駆動用圧電素子（水平駆動源 1 3 1 B 4）の圧電素子の面積を犠牲にせずに、センサ用圧電素子 1 3 5 B を配置して、水平駆動梁 1 3 0 B（水平梁 1 3 3 B 4）の反りを検出することができる。駆動用圧電素子（水平駆動源 1 3 1 B 4）はセンサ用圧電素子 1 3 5 B を十分に変形させることができる。

40

## 【 0 0 4 4 】

上記の本実施の形態に係る光走査装置では、図 1 に示されるように垂直駆動梁 1 7 0 A、1 7 0 B を構成する垂直梁においても、センサ用圧電素子 1 9 5、1 9 6 が設けられている。垂直梁においては、上記の図 5 ( A ) に示されるような駆動用圧電素子の一部を切り欠いてセンサ用圧電素子を配置する構成となっている。垂直梁の幅はセンサ用圧電素子に対して十分であり、図 5 ( A ) に示される構成のように、駆動梁の幅方向におけるセンサ用圧電素子の側部の部分がセンサ用圧電素子十分に変形させることができる。

## 【 0 0 4 5 】

50

## &lt; 変形例 &gt;

図 6 は変形例に係る光走査装置の光走査部の一例を示す上面側の平面図である。図 6 に示される光走査装置の光走査部では、水平駆動梁 130A、130B を構成する複数の水平梁 133A1、133A2、133A3、133A4、133B1、133B2、133B3、133B4 のそれぞれにセンサ梁 134A1、134A2、134A3、134A4、134B1、134B2、134B3、134B4 が形成されている。また、複数のセンサ梁 134A1、134A2、134A3、134A4、134B1、134B2、134B3、134B4 のそれぞれにセンサ用圧電素子 135A1、135A2、135A3、135A4、135B1、135B2、135B3、135B4 が形成されている。上記のように、破線で示される領域 MA1、MA2 における水平梁のそれぞれに、センサ梁とセンサ用圧電素子が設けられた構成である。

10

## 【0046】

センサ梁 134A1、134A2、134A3、134A4、134B1、134B2、134B3、134B4 の一端は、対応する水平梁 133A1、133A2、133A3、133A4、133B1、133B2、133B3、133B4 の短手方向の側部に接続し、他端は可動枠の内周側に接続されている。

## 【0047】

水平駆動源 131A1、131A2、131A3、131A4、1331B1、131B2、131B3、131B4 の圧電素子の面積を犠牲にせずに、センサ用圧電素子 135A1、135A2、135A3、135A4、135B1、135B2、135B3、135B4 を配置できる。センサ用圧電素子 135A1、135A2、135A3、135A4、135B1、135B2、135B3、135B4 のそれぞれが、水平梁 133A1、133A2、133A3、133A4、133B1、133B2、133B3、133B4 の反りを検出できる。水平梁 133A1、133A2、133A3、133A4、133B1、133B2、133B3、133B4 は、センサ用圧電素子 135A1、135A2、135A3、135A4、135B1、135B2、135B3、135B4 を十分に變形させることができる。

20

## 【0048】

## &lt; 第 1 実施例 &gt;

図 7 (A) は従来例 3 に係る光走査装置の光走査部の上面側の平面図である。駆動梁 133A 上に駆動用圧電素子 1131A が形成されており、駆動用圧電素子 1131A の一部に切り欠きが設けられて、センサ用圧電素子 1135A が配置されている。

30

## 【0049】

図 7 (B) は参考例に係る光走査装置の光走査部の上面側の平面図である。駆動梁 133B 上に駆動用圧電素子 1131B が形成されている。駆動梁 1133B の短手方向側部に張り出し部 1133BX が設けられて、張り出し部 1133BX にセンサ用圧電素子 1135B が配置されている。

## 【0050】

図 7 (C) は実施例に係る光走査装置の光走査部の上面側の平面図であり、上記の実施の形態に対応する。駆動梁 (水平梁 133B4) 上に駆動用圧電素子 (水平駆動源 131B4) が形成されている。駆動梁 (水平梁 133B4) から分岐してセンサ梁 134B が設けられている。センサ梁 134B 上にセンサ用圧電素子 135B が配置されている。

40

## 【0051】

上記の図 7 (A)、図 7 (B)、及び図 7 (C) に係る光走査装置のセンサ出力感度及び振れ角感度をシミュレーションにより算出した。図 8 は従来例 3 (A)、参考例 (B) 及び実施例 (C) に係る光走査装置のセンサ出力感度を示す図である。センサ出力感度は、水平回転軸の周りを回転する方向の 1°あたりの出力電圧値である。参考例 (B) は従来例 3 (A) より感度が高められたが、実施例 1 (C) はさらに感度を高めることができた。

## 【0052】

50

図9は従来例3(A)、参考例(B)及び実施例(C)に係る光走査装置の振れ角感度を示す図である。振れ角感度は、電圧1Vあたりの水平回転軸の周りを回転する方向の角度である。参考例(B)は従来例3(A)より感度が高められたが、実施例1(C)はさらに感度を高めることができた。

【0053】

<第2実施例>

上記の実施例に係る光走査装置のセンサ梁長さに対するセンサ感度(センサ出力)をシミュレーションにより算出した。図10は実施例に係る光走査装置のセンサ梁長さに対するセンサ感度(センサ出力)を説明する図である。図10の横軸はセンサ梁長さ/センサ長さであり、センサ長さに対するセンサ梁長さで示している。図10の縦軸はセンサ感度(センサ出力)であり、水平回転軸の周りを回転する方向の1°あたりの出力電圧値である。センサ梁の長さはセンサ(センサ用圧電素子)の長さの1.5~2倍であることが好ましい。これにより、センサの感度を高めることができる。センサ梁の長さはセンサ(センサ用圧電素子)の長さの1.5倍未満では、センサ梁長さが短くなるほど感度が低下する。また、センサ梁の長さはセンサ(センサ用圧電素子)の長さの2倍を超えると、センサ梁長さを長くしても感度への影響が小さく、センサ梁は必要最小限の長さで十分であるので、2倍以下が好ましい。

10

【0054】

上記のように、本実施の形態に係る光走査装置の光走査部によれば、駆動源(水平駆動源131B4)が設けられた駆動梁(水平梁133B4)から分岐したセンサ梁134Bが設けられ、センサ梁134B上にセンサ用圧電素子135Bが設けられている。駆動源(水平駆動源131B4)の圧電素子の面積を犠牲にせずに、センサ用圧電素子135Bを配置して、水平駆動梁130B(水平梁133B4)の反りを検出することができる。また、センサ用圧電素子135Bは水平駆動梁130B(水平梁133B4)の駆動状態を検出することができる。

20

【0055】

以上、好ましい実施の形態について説明したが、上述した実施の形態に制限されることなく、特許請求の範囲に記載された範囲を逸脱することなく、上述した実施の形態に種々の変形及び置換を加えることができる。例えば、上記の実施の形態では、ミラーを有する光走査装置にアクチュエータを適用した形態を説明しているが、アクチュエータの駆動対象物はミラーでなくてもよく、本発明はミラーを持たないアクチュエータにも適用することが可能である。また、本発明の光走査装置は、眼底検査装置の光干渉断層計に好ましく適用することができる。眼底検査装置の光干渉断層計では、プロジェクタのように一方の軸が高速動作するため共振駆動を必要とされず、振角量を自由に設定して調整して光走査ができることを求められているため、本実施例のような二軸とも非共振駆動の構成が適している。また、プロジェクション装置にも適用可能である。

30

【符号の説明】

【0056】

- 100 光走査部
- 110 ミラー
- 112 リブ
- 120 ミラー支持部
- 121A、121B 連結梁
- 130A、130B 水平駆動梁
- 131A、131B 水平駆動源
- 131A1、131A2、131A3、131A4 水平駆動源
- 131B1、131B2、131B3、131B4 水平駆動源
- 131X1、131X2、131X3、131X4 折り返し部
- 131Y1、131Y2、131Y3、131Y4 折り返し部
- 132 リブ

40

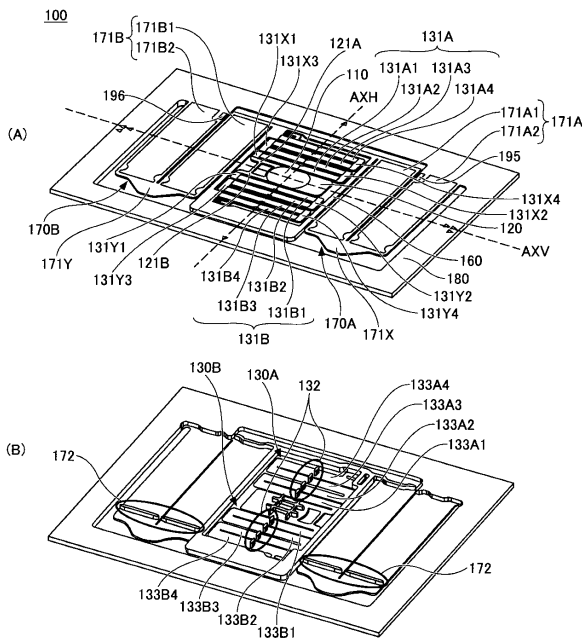
50

- 1 3 3 A 1、1 3 3 A 2、1 3 3 A 3、1 3 3 A 4、1 3 3 B 1、1 3 3 B 2、1 3 3 B 3、1 3 3 B 4 水平梁
- 1 3 4 A、1 3 4 B、1 3 4 A 1、1 3 4 A 2、1 3 4 A 3、1 3 4 A 4、1 3 4 B 1、1 3 4 B 2、1 3 4 B 3、1 3 4 B 4 センサ梁
- 1 3 5 A、1 3 5 B、1 3 5 A 1、1 3 5 A 2、1 3 5 A 3、1 3 5 A 4、1 3 5 B 1、1 3 5 B 2、1 3 5 B 3、1 3 5 B 4 センサ用圧電素子
- 1 6 0 可動枠
- 1 7 0 A、1 7 0 B 垂直駆動梁
- 1 7 1 A、1 7 1 B 垂直駆動源
- 1 7 1 A 1、1 7 1 A 2 垂直駆動源
- 1 7 1 B 1、1 7 1 B 2 垂直駆動源
- 1 7 1 X、1 7 1 Y 折り返し部
- 1 7 2 リブ
- 1 8 0 固定枠
- 1 9 5、1 9 6 センサ用圧電素子

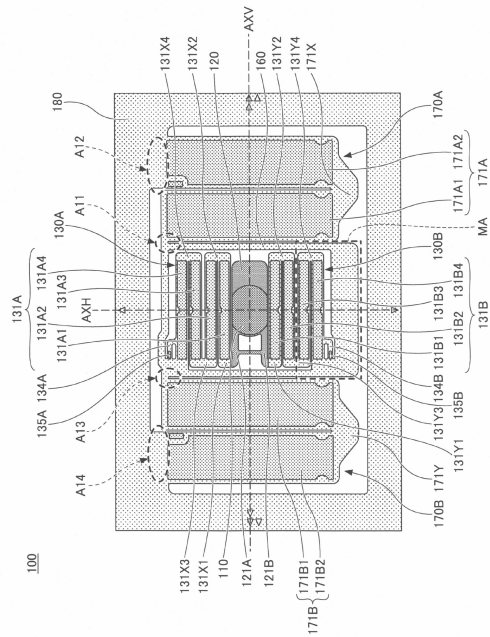
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



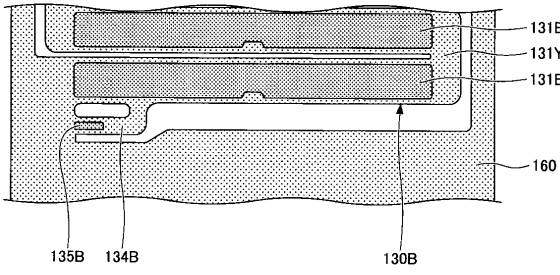
20

30

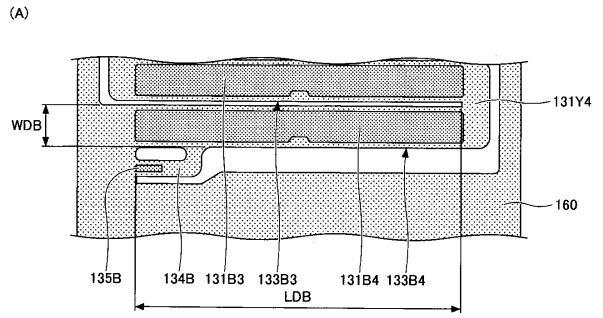
40

50

【 図 3 】

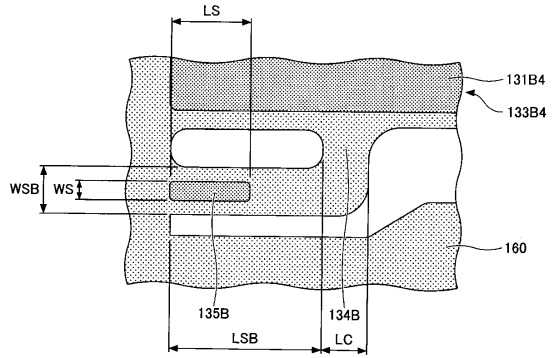


【 図 4 】



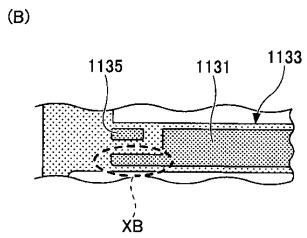
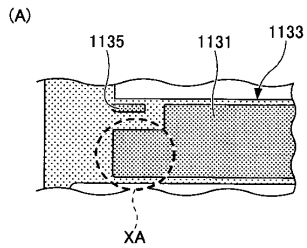
10

(B)

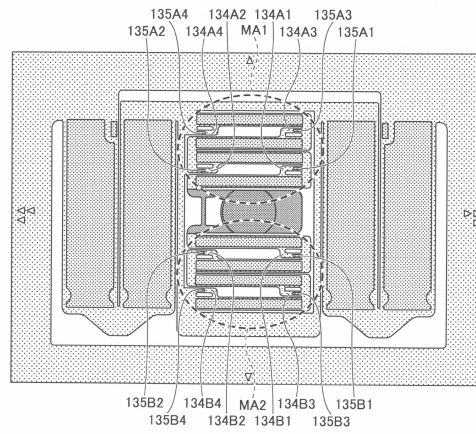


20

【 図 5 】



【 図 6 】

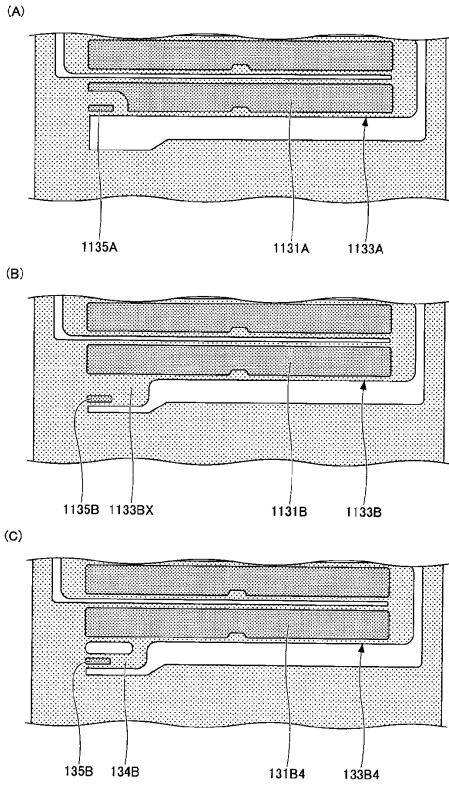


30

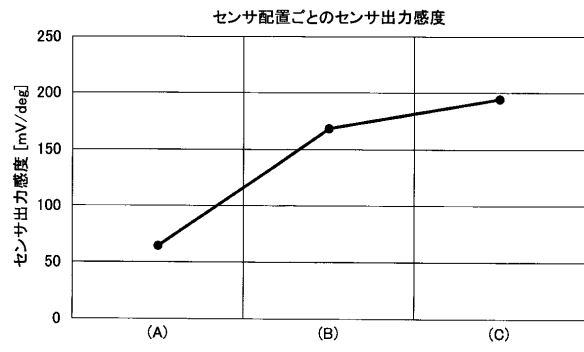
40

50

【 図 7 】



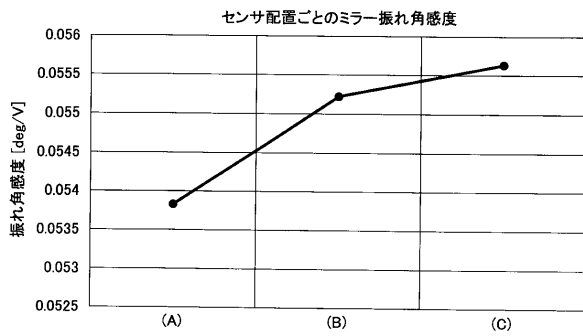
【 図 8 】



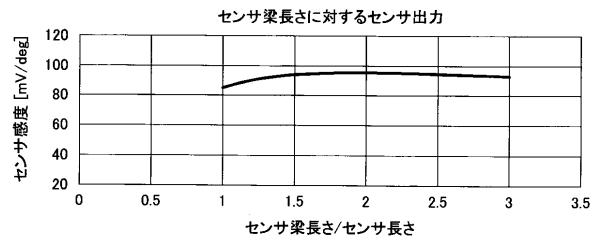
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-169325(JP,A)  
米国特許出願公開第2014/0118005(US,A1)  
特開2016-085391(JP,A)  
特開2014-056015(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G02B 26/08, 26/10  
B81B 3/00  
H02N 2/10  
JSTPlus(JDreamIII)  
JST7580(JDreamIII)  
JSTChina(JDreamIII)