

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5049904号  
(P5049904)

(45) 発行日 平成24年10月17日 (2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年7月27日 (2012.7.27)

(51) Int.Cl.	F I
<b>H O 2 N 1/00 (2006.01)</b>	H O 2 N 1/00
<b>G O 2 B 26/10 (2006.01)</b>	G O 2 B 26/10 1 O 4 Z
<b>B 8 1 B 3/00 (2006.01)</b>	B 8 1 B 3/00
<b>G O 2 B 26/08 (2006.01)</b>	G O 2 B 26/08 E

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-185893 (P2008-185893)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成20年7月17日 (2008.7.17)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2010-26147 (P2010-26147A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成22年2月4日 (2010.2.4)	(74) 代理人	100084375
審査請求日	平成23年3月23日 (2011.3.23)		弁理士 板谷 康夫
早期審査対象出願		(74) 代理人	100121692
			弁理士 田口 勝美
		(74) 代理人	100125221
			弁理士 水田 慎一
		(72) 発明者	上田 英喜
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電工株式会社内
		(72) 発明者	野毛 宏
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電工株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可動構造体及びそれを用いた光走査ミラー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可動板と、それぞれ前記可動板に一端部が接続され前記可動板の1つの揺動軸を構成する一対のヒンジと、前記一対のヒンジのそれぞれの他端部が接続されており前記ヒンジを支持するフレーム部とを備え、

前記可動板が、前記一対のヒンジをねじりながら前記フレーム部に対して揺動可能に構成されている可動構造体において、

前記ヒンジの両側方には、当該ヒンジに沿うように、前記可動板又はフレーム部から突出するようにストッパ部が形成されており、前記可動板が変位するときに、当該ストッパ部と、前記ヒンジを除く可動構造体の他の部位とが接触し、前記可動板の上面に平行な方向への該可動板の変位量が制限されることを特徴とする可動構造体。

【請求項 2】

前記可動板には、前記ヒンジにより軸支される部位の近傍にヒンジの長手方向に凹むように形成された凹部が設けられており、

前記ストッパ部は、前記フレーム部に一体に形成されており、前記ヒンジと前記凹部を形成する可動板の側縁部との間に位置するように形成されていることを特徴とする請求項1に記載の可動構造体。

【請求項 3】

前記可動板は、前記ヒンジの両側部の、前記ストッパ部よりも前記ヒンジから離れた位置に、それぞれ前記固定フレームに向けて突出するように形成された当接突起を有するこ

10

20

とを特徴とする請求項 1 記載の可動構造体。

【請求項 4】

前記ストッパ部の角部には、R 面取り形状の面取部が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の可動構造体。

【請求項 5】

前記ストッパ部は、前記可動板が側方へ変位するときに当該ストッパ部に接触する可動構造体の他の部位と同電位になるように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の可動構造体。

【請求項 6】

前記ストッパ部の少なくとも一部には、当該ストッパ部に接触したものの間でスティッキングが発生しないように、スティッキング防止膜又は突起部が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の可動構造体。

10

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の可動構造体を有し、

前記可動板の上面に、入射した光を反射するミラー面を設けたことを特徴とする光走査ミラー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ヒンジに軸支され揺動可能に構成された可動板を有する可動構造体とそれを用いた光走査ミラーに関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来より、例えばバーコードリーダーやプロジェクタ等の光学機器として、ミラー面が設けられた可動板を揺動させて、そのミラー面に入射した光ビーム等をスキャンする光走査ミラーを用いたものが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。光走査ミラーとしては、例えば、マイクロマシニング技術を用いて成形される可動構造体を有する小型のものが知られている。このような可動構造体は、光走査ミラーとして用いられるときにミラー面が形成される可動板と、可動板を支持する固定フレームとを有している。可動板と固定フレームとは互いにヒンジにより連結されている。可動板は、可動板に駆動力が加えられることにより、ヒンジを捻りながら固定フレームに対し回転し、ヒンジを軸として揺動する。駆動力としては、例えば、可動板と固定フレームとの間に形成された互いに噛み合う一対の歯輪電極に電圧が印加されて発生する静電力や、圧電効果により発生する力や、電磁力等が用いられる。

30

【0003】

ところで、このような光走査ミラーにおいて、小さな駆動電圧で駆動力を発生させ、光を走査するのに必要な振れ角を確保するためには、ヒンジを細くし、ヒンジのねじり方向のばね定数を小さくすればよい。しかしながら、このようにヒンジを細くすると、ヒンジが脆弱になる。そのため、外部から衝撃が加わったときに可動板が変位してヒンジの変形量が大きくなると、ヒンジが破損し、光走査ミラーが動作不能になることがある。

40

【0004】

なお、特許文献 1 には、可動板の傾斜中心となる中央部を支持可能なピボットが形成されたマイクロミラー装置が開示されている。しかしながら、このマイクロミラー装置は、ピボットを、可動板の中央部に対応し、且つ、可動板に近接するように、所定位置に正確に形成する必要がため、容易に製造しにくいという問題がある。

【特許文献 1】特開 2003 - 57575 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであり、容易に製造可能であり、且つ、外

50

部から衝撃が加わったときにヒンジの破損が防止され高い耐衝撃性を有する可動構造体及びそれを用いた光走査ミラーを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため、請求項1の発明は、可動板と、それぞれ前記可動板に一端部が接続され前記可動板の1つの揺動軸を構成する一対のヒンジと、前記一対のヒンジのそれぞれの他端部が接続されており前記ヒンジを支持するフレーム部とを備え、前記可動板が、前記一対のヒンジをねじりながら前記フレーム部に対して揺動可能に構成されている可動構造体において、前記ヒンジの両側方には、当該ヒンジに沿うように、前記可動板又はフレーム部から突出するようにストッパ部が形成されており、前記可動板が変位するときに、当該ストッパ部と、前記ヒンジを除く可動構造体の他の部位とが接触し、前記可動板の上面に平行な方向への該可動板の変位量が制限されるものである。

10

【0007】

請求項2の発明は、請求項1の発明において、前記可動板には、前記ヒンジにより軸支される部位の近傍にヒンジの長手方向に凹むように形成された凹部が設けられており、前記ストッパ部は、前記フレーム部に一体に形成されており、前記ヒンジと前記凹部を形成する可動板の側縁部との間に位置するように形成されているものである。

【0008】

請求項3の発明は、請求項1の発明において、前記可動板は、前記ヒンジの両側部の、前記ストッパ部よりも前記ヒンジから離れた位置に、それぞれ前記固定フレームに向けて突出するように形成された当接突起を有するものである。

20

【0009】

請求項4の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれか一項の発明において、前記ストッパ部の角部には、R面取り形状の面取部が形成されているものである。

【0010】

請求項5の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれか一項の発明において、前記ストッパ部は、前記ヒンジ部と同電位になるように構成されているものである。

【0011】

請求項6の発明は、請求項1乃至請求項5のいずれか一項の発明において、前記ストッパ部の少なくとも一部には、当該ストッパ部に接触したものと間でスティッキングが発生しないように、スティッキング防止膜又は突起部が形成されているものである。

30

【0012】

請求項7の発明は、請求項1乃至請求項6記載のいずれか一項に記載の可動構造体を有し、前記可動板の上面に、入射した光を反射するミラー面を設けたものである。

【発明の効果】

【0013】

請求項1の発明によれば、例えば外部からの衝撃が可動構造体に加わって可動板が側方に変位しても、ストッパ部が他の部位に接触することにより可動板の側方への変位量が制限される。従って、可動板が大きく変位せず、ヒンジの破損が防止されるので、可動構造体の耐衝撃性を向上させることができる。ストッパ部は、ヒンジの近傍に配置されているので、可動板がフレーム部に対し傾いているような場合であっても、可動板の側方への変位を効果的に制限することができる。また、従来のようにピボット状の突起等を形成する場合と比較して、ストッパ部の位置や形状の精度が要求される程度は低いので、比較的容易に可動構造体を製造可能である。ストッパ部はヒンジに接触しないので、確実にヒンジの破損を防止することができる。

40

【0014】

請求項2の発明によれば、可動板又はフレーム部を構成する部材を加工し可動板又はフレーム部を形成する際にストッパ部を容易に形成することができ、可動構造体をより容易に製造可能である。

50

## 【 0 0 1 5 】

請求項 3 の発明によれば、可動板の変位時に、ストッパ部が凹部の側縁部に接触することにより可動板の変位量を制限することができる。従って、可動板の変位量を制限するための構造をより容易に且つ堅牢に構成することができる。

## 【 0 0 1 6 】

請求項 4 の発明によれば、可動板の変位時に可動構造体の他の部位に接触するストッパ部の部位に尖り形状が無くなるので、ストッパ部とストッパ部に接触する部位とが接触したときにこれらの部位に応力が集中しにくくなる。従って、ストッパ部や可動構造体のストッパ部に接触する部位の破損を防止することができる。

## 【 0 0 1 7 】

請求項 5 の発明によれば、可動板が側方へ変位してストッパ部が可動構造体の他の部位に接触しても、静電引力によるスティッキングが発生し可動板が揺動不能になることを防止することができる。

## 【 0 0 1 8 】

請求項 6 の発明によれば、可動板が側方へ変位してストッパ部が可動構造体の他の部位に接触しても、スティッキング防止膜又は突起部によりスティッキングの発生が防止され、可動板が揺動不能になることを防止することができる。

## 【 0 0 1 9 】

請求項 7 の発明によれば、光走査ミラーの耐衝撃性を向上させ、且つ、光走査ミラーを容易に製造可能にすることができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 2 0 】

以下、本発明の第 1 実施形態について図面を参照して説明する。図 1 ( a )、( b )、図 2、及び図 3 は、本実施形態に係る光走査ミラー（可動構造体）の一例を示す。光走査ミラー 1 は、例えば、バーコードリーダ、外部のスクリーン等に画像を投影するプロジェクタ装置、又は光スイッチ等の光学機器に搭載される小型のものであり、外部の光源等（図示せず）から入射する光ビーム等をスキャンする機能を有している。

## 【 0 0 2 1 】

先ず、光走査ミラー 1 の構成について以下に説明する。光走査ミラー 1 は、S O I ( Silicon on Insulator ) 基板 2 0 0 をいわゆるマイクロマシニング技術等を用いて加工することにより作製された M E M S ( Micro Electro Mechanical System ) 素子である。S O I 基板 2 0 0 は、例えば、導電性を有する第 1 シリコン層（活性層）2 0 0 a と第 2 シリコン層（基板層）2 0 0 b とをシリコンの酸化膜（B O X ( Buried OXide ) 層）2 2 0 を介して接合して成る、3 層構成の基板である。酸化膜 2 2 0 は絶縁性を有しているので、第 1 シリコン層 2 0 0 a と第 2 シリコン層 2 0 0 b とは互いに絶縁されている。第 1 シリコン層 2 0 0 a の厚みは、例えば 3 0  $\mu$  m 程度であり、第 2 シリコン層 2 0 0 b の厚みは、例えば 4 0 0  $\mu$  m 程度である。図 1 ( a ) に示すように、光走査ミラー 1 は、例えば、上面視で一辺が数 mm 程度の略正方形又は略矩形である直方体状の素子である。

## 【 0 0 2 2 】

光走査ミラー 1 は、上面視で略矩形形状であり上面にミラー面 1 0 が形成された可動板 2 と、可動板 2 の両側部に一端部がそれぞれ接続され、可動板 2 の 1 つの揺動軸を構成する一対のヒンジ 3 と、可動板 2 の周囲を囲むように配され各ヒンジ 3 の他端部を支持する固定フレーム（フレーム部）4 と、可動板 2 の一部の電極 2 a 及び固定フレーム 4 の一部の電極 4 a を有する櫛歯電極 5 と、固定フレーム 4 に形成されたストッパ部 6 を備えている。図 1 ( b ) に示すように、可動板 2 の下方には空隙が設けられており、可動板 2 は、一対のヒンジ 3 をねじりながら、そのヒンジ 3 を揺動軸として固定フレーム 4 に対して揺動可能に、そのヒンジ 3 を介して支持されている。一対のヒンジ 3 は、それらが成す軸が、上面視で可動板 2 の重心位置を通過するように形成されている。ヒンジ 3 の幅寸法は、例えば、数マイクロメートル乃至数十マイクロメートル程度である。固定フレーム 4 の上面には、例えば金属膜である電圧印加部 1 0 a , 1 0 b が形成されている。なお、可動板

10

20

30

40

50

2やミラー面10等の形状は、矩形に限られず、円形等、他の形状であってもよい。光走査ミラー1は、例えば、ガラス基板110などが固定フレーム4の下面に接合され、回路基板B等の実装される。

#### 【0023】

図3に示すように、可動板2及びヒンジ3は、第1シリコン層200aに形成されている。ミラー面10は、例えばアルミニウム製の薄膜であり、可動板2の上面に外部から入射する光ビームを反射可能に形成されている。可動板2は、可動板2に対し垂直でヒンジ3を通る平面に対し略対称形状に形成されており、ヒンジ3回りにスムーズに揺動するように構成されている。

#### 【0024】

固定フレーム4は、第1シリコン層200a、酸化膜220、及び第2シリコン層200bにより構成されている。本実施形態において、固定フレーム4には、例えば、第1シリコン層200aを互いに絶縁された3つの部位に分割するように、トレンチ101が形成されている。トレンチ101は、第1シリコン層200aに、第1シリコン層200aの上端から下端まで連通し酸化膜220に到達するように溝形状に形成された空隙である。トレンチ101は第1シリコン層200aにのみ形成されているので、固定フレーム4全体は一体に構成されている。トレンチ101は、固定フレーム4のうち、一対のヒンジ3とそれぞれ接続される2つの支持部4bが他の部位から絶縁されるように、4箇所形成されている。トレンチ101が形成されていることにより、固定フレーム4は、一対のヒンジ3それぞれに接続され可動板2と同電位となり、上面に電圧印加部10aが形成された2つの支持部4bと、上面にそれぞれ電圧印加部10bが形成された2つの部位とに分割されている。トレンチ101は、第1シリコン層200aを分離しているため、これらの部位は、互いに絶縁されている。すなわち、図2にそれぞれの部位に模様を付して示すように、可動板2、ヒンジ3、及び固定フレーム4は、互いに絶縁された3つの部位で構成されている。

#### 【0025】

櫛歯電極5の電極2aは、可動板2のうちヒンジ3が接続されていない自由端側の側縁部に形成されており、電極4aは、固定フレーム4のうち当該可動板2の側縁部に対向する部分に形成されている。櫛歯電極5を構成する電極2a及び電極4aは、互いに噛み合うように形成されている。電極2a、4a間の隙間は、例えば、2μm乃至5μm程度である。

#### 【0026】

ストッパ部6は、可動板2の側方、すなわちヒンジ3で構成される揺動軸に略垂直でSOI基板200の上面に略平行な方向への変位量を制限するために設けられている。図2に示すように、ストッパ部6は、第1シリコン層200aに固定フレーム4に一体に形成されており、ヒンジ3の両側方に、ヒンジ3に沿うように、固定フレーム4から可動板2に向けて突設されている。本実施形態において、可動板2のうちヒンジ3が接続された部位には、固定フレーム4から離れる方向すなわちヒンジ3の長手方向に凹むように形成された凹部2eが設けられている。換言すると、ヒンジ3は、可動板2に設けられた凹部2eの内側縁部に接続されている。ストッパ部6は、その可動板2に近い先端部が、ヒンジ3と凹部2eとを形成する可動板2の側縁部との間に位置するように形成されている。ストッパ部6は、光走査ミラー1に外部から衝撃等が加わっていない平常時において、可動板2の揺動を妨げないようにヒンジ3との間に所定の隙間を有するように形成されている。従って、ヒンジ3がストッパ部6に当接して破損することがない。ストッパ部6は、固定フレーム4のうちヒンジ3が接続された支持部4bから突設されており、可動板2、ヒンジ3、及びストッパ部6は互いに同電位となるように構成されている。

#### 【0027】

図2に示すように、ストッパ部6の先端部近傍部位の角部には、R面取り形状に形成された面取部6aが設けられている。また、凹部2eのうちストッパ部6に面する部位にある角部にも、R面取り形状に形成された面取部2fが設けられている。ストッパ部6は、

10

20

30

40

50

ストッパ部 6 とヒンジ 3 との間の隙間よりも、ストッパ部 6 と可動板 2 の凹部 2 e との間の隙間のほうが狭くなるように形成されている。なお、ストッパ部 6 のうち、可動板 2 に面する部位には、スティッキング防止膜（図示せず）が形成されている。スティッキング防止膜は、例えば、D L C（Diamond Like Carbon）膜や、S A M（Self-assembled Mono layer）を、ストッパ部 6 の可動板 2 に面する部位に形成させることにより設けられる。

【 0 0 2 8 】

次に、上記のように構成された光走査ミラー 1 の動作について説明する。光走査ミラー 1 の可動板 2 は、櫛歯電極 5 が所定の駆動周波数で駆動力を発生することにより駆動される。櫛歯電極 5 は、例えば、支持部 4 b に配された電圧印加部 1 0 a がグランド電位に接続され、可動板 2 の電極 2 a が基準電位である状態で、電極 4 a と同電位となる電圧印加部 1 0 b の電位を周期的に変化させて、電極 2 a , 4 a 間に所定の駆動周波数の電圧を印加することにより駆動される。櫛歯電極 5 のうち 2 つの電極 4 a の電位が、同時に所定の駆動電位（例えば、数十ボルト）まで変化することにより、可動板 2 の両端部に設けられた 2 つの電極 2 a が、それぞれと対向する電極 4 a に、静電気力により同時に引き寄せられる。この光走査ミラー 1 において、櫛歯電極 5 には、例えば矩形波形状のパルス電圧が印加され、櫛歯電極 5 による駆動力が周期的に発生するように構成されている。

【 0 0 2 9 】

本実施形態において、光走査ミラー 1 は、例えば静電力を駆動力として可動板 2 を揺動させるように構成されている。電極 2 a , 4 a の間に周期的に電圧が印加されると、両電極 2 a , 4 a 間に互いに引き合う方向に作用する静電引力が発生し、この静電引力が可動板 2 の自由端部に、可動板 2 の上面に対し略垂直方向に作用する。すなわち、電圧印加部 1 0 a , 1 0 b の電位を変更して外部から櫛歯電極 5 に駆動電圧が印加されると、静電力により、ヒンジ 3 まわりのトルクが可動板 2 に発生する。

【 0 0 3 0 】

このような光走査ミラー 1 において、一般に多くの場合、その成型時に内部応力等が生じることにより、静止状態でも可動板 2 が水平姿勢ではなく、きわめて僅かであるが傾いている。そのため、静止状態からであっても、櫛歯電極 5 が駆動されると、可動板 2 にそれに略垂直な方向の駆動力が加わり、可動板 2 がヒンジ 3 を回転軸として回転する。そして、櫛歯電極 5 の駆動力を、可動板 2 が電極 2 a , 4 a が完全に重なりあうような姿勢となったときに解除すると、可動板 2 は、その慣性力により、ヒンジ 3 を捻りながら回転を継続する。そして、可動板 2 の回転方向への慣性力と、ヒンジ 3 の復元力とが等しくなると、可動板 2 のその方向への回転が止まる。このとき、櫛歯電極 5 が再び駆動され、可動板 2 は、ヒンジ 3 の復元力と櫛歯電極 5 の駆動力により、それまでとは逆の方向への回転を開始する。可動板 2 は、このような櫛歯電極 5 の駆動力とヒンジ 3 の復元力による回転を繰り返して揺動する。櫛歯電極 5 は、可動板 2 とヒンジ 3 により構成される振動系の共振周波数の略 2 倍の周波数の電圧が印加されて駆動され、可動板 2 が共振現象を伴って駆動され、その揺動角が大きくなるように構成されている。なお、櫛歯電極 5 の電圧の印加態様や駆動周波数は、上述に限られるものではなく、例えば、駆動電圧が正弦波形で印加されるように構成されていても、また、電極 2 a , 4 a の電位が互いに逆位相で変化するように構成されていてもよい。

【 0 0 3 1 】

ここで、光走査ミラー 1 は、ストッパ部 6 が設けられていることにより、ストッパ部 6 が設けられていない場合と比較して高い耐衝撃性を有している。図 4（a）、（b）は、光走査ミラー 1 のうち、ストッパ部 6 の近傍部位を示す。外部から衝撃等が加わっていない平常時においては、図 4（a）に示すように、ヒンジ 3 はほとんど撓んでおらず、ストッパ部 6 と凹部 2 e の側縁部との間にも空隙がある状態である。このとき、例えば光走査ミラー 1 に外部からの振動や衝撃等が加わると、図 4（b）に示すように、可動板 2 が、ヒンジ 3 を変形させながら、平常時よりも側方（図に黒矢印で示す）に向けて変位することがある。さらに変位量が大きくなると、ストッパ部 6 が凹部 2 e の側縁部に接触するので、可動板 2 のその方向への変位が妨げられ、それ以上ヒンジ 3 の変形量が増えなくなる

10

20

30

40

50

。なお、可動板 2 が平常時から変位してストッパ部 6 が凹部 2 e の側縁部に接触するまでの間、ヒンジ 3 はストッパ部 6 に接触しない。

【 0 0 3 2 】

なお、光走査ミラー 1 は、例えば次のようにして製造される。すなわち、先ず、第 1 シリコン層 2 0 0 a に酸化膜 2 2 0 を形成して第 2 シリコン層 2 0 0 b を貼り合わせて S O I 基板 2 0 0 を作成する。次に、その S O I 基板 2 0 0 のうち第 1 シリコン層 2 0 0 a 側に、フォトリソグラフィやエッチング等、いわゆるバルクマイクロマシニング技術による加工を施すことにより、可動板 2、ヒンジ 3、固定フレーム 4、櫛歯電極 5、ストッパ部 6 となる形状を形成する（第 1 工程）。このように、バルクマイクロマシニング技術を用いることにより、光走査ミラー 1 の各部を微細な形状も含めて容易に形成することができる。その後、例えばスパッタリング等の方法を用いることによって、S O I 基板 2 0 0 の第 1 シリコン層 2 0 0 a の上面に金属膜を形成する。この金属膜をパターニングすることにより、可動板 2 の上面にミラー面 1 0 を形成し、固定フレーム 4 の上面に電圧印加部 1 0 a、1 0 b を形成する。

【 0 0 3 3 】

次に、第 2 シリコン層 2 0 0 b に、同様にバルクマイクロマシニング技術による加工を施し、固定フレーム 4 となる形状を形成する（第 2 工程）。第 1 シリコン層 2 0 0 a、第 2 シリコン層 2 0 0 b に加工を行った後、酸化膜 2 2 0 のエッチングを行う。例えば、光走査ミラー 1 の下面側からエッチングを行うことにより、固定フレーム 4 以外の部位の酸化膜 2 2 0 が除去される（第 3 工程）。これにより、可動板 2 がヒンジ 3 を介して固定フレーム 4 に軸支され、固定フレーム 4 に対し揺動可能な状態になる。上記第 1 工程乃至第 3 工程を経ると、S O I 基板 2 0 0 に複数の光走査ミラー 1 が形成される。第 3 工程の後、S O I 基板 2 0 0 上に形成された複数の光走査ミラー 1 を個々に切り分ける。この一連の工程により、複数の光走査ミラー 1 を同時に製造し、光走査ミラー 1 の製造コストを低減させることが可能である。なお、光走査ミラー 1 の製造工程はこれに限られるものではなく、例えば、レーザ加工や超音波加工等により成形したり、1 つずつ成形してもよい。また、第 2 シリコン層 2 0 0 b の加工を第 1 シリコン層 2 0 0 a の加工に先立ち行うようにしてもよい。

【 0 0 3 4 】

上記説明したように、本実施形態では、ストッパ部 6 が設けられていることにより、可動板 2 が大きく変位せず、ヒンジ 3 の破損が防止されるので、光走査ミラー 1 の耐衝撃性を向上させることができる。ストッパ部 6 は、ヒンジ 3 の近傍に配置されているので、可動板 2 が固定フレーム 4 に対し傾いているような場合であっても、可動板 2 の側方への変位を効果的に制限することができ、ヒンジ 3 の破損をより確実に防止することができる。このとき、ストッパ部 6 はヒンジ 3 に接触しないので、確実にヒンジ 3 の破損を防止することができる。なお、可動板 2 は、ヒンジ 3 に軸支されているため、ヒンジ 3 で構成される揺動軸の長手方向には変位しにくい。従って、S O I 基板 2 0 0 の上面に平行な面内の方向での可動板 2 の変位量は、このようにストッパ部 6 を設けることによりほぼ制限することができ、効果的にヒンジ 3 の破損を防止することができる。また、可動板 2 の変位時に、ストッパ部 6 を凹部 2 e で支えるので、ストッパ部 6 を支えるための堅牢な構造を容易に構成することができる。さらにまた、ストッパ部 6 には面取部 6 a が設けられ、凹部 2 e の側縁部に接触しうる部位が尖り形状ではなく、同様に、凹部 2 e の側縁部には、面取部 2 f が設けられ、ストッパ部 6 に接触しうる部位が尖り形状ではない。従って、ストッパ部 6 と凹部 2 e の側縁部との接触部位に応力が集中しにくくなり、ストッパ部 6 や可動板 2 の破損を防止することができる。

【 0 0 3 5 】

また、ストッパ部 6 と凹部 2 e の側縁部とは、互いに同電位であって、さらに、ストッパ部 6 のうち凹部 2 e の側縁部に当接しうる部位にはスティッキング防止膜が配されている。従って、ストッパ部 6 と凹部 2 e とが接触したとき、静電引力によるスティッキングが発生しにくくなり、可動板 2 が揺動不能になることをより確実に防止することができる

。さらにまた、ストッパ部 6 は、ヒンジ 3 の側方に、可動板 2 の揺動を妨げないように、且つ、可動板 2 が側方に変位したときに可動板 2 の凹部 2 e に当接するように設ければよく、ストッパ部 6 の位置決めを高精度に行う必要がないので、比較的容易に光走査ミラー 1 を製造可能である。特に、本実施形態においては、第 1 シリコン層 2 0 0 a を加工して固定フレーム 4 を形成する工程において同時にストッパ部 6 を形成することができるので、ストッパ部 6 と固定フレーム 4 との適正な間隔を容易に確保することができ、容易に製造可能である。

#### 【 0 0 3 6 】

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。図 5 は、第 2 実施形態に係る光走査ミラー 2 1 を示す。以下、上述の第 1 実施形態と同様の構成要素には同一の符号を付し、上述の第 1 実施形態と相違する部分についてのみ説明する。光走査ミラー 2 1 は、光走査ミラー 1 の可動板 2 とは異なる形状の可動板 2 2 を有している。すなわち、図に示すように、可動板 2 2 は、凹部 2 e を有しておらず、ヒンジ 3 の両側部の、ストッパ部 6 よりもヒンジ 3 から離れた位置に、それぞれ固定フレーム 4 に向けて突出するように形成された当接突起 2 2 e を有している。可動板 2 2 のその他の構成、及び光走査ミラー 2 1 の可動板 2 2 以外の構成は、第 1 実施形態の光走査ミラー 1 と同様である。この光走査ミラー 2 1 も、第 1 シリコン層 2 0 0 a にバルクマイクロマシニング技術による加工を施すことにより当接突起 2 2 e を含む形状を形成し、容易に製造することができる。

#### 【 0 0 3 7 】

図 6 ( a )、( b ) は、光走査ミラー 2 1 のうちストッパ部 6 の近傍部位を示す。2 つの当接突起 2 2 e は、それぞれ、当該当接突起 2 2 e よりもヒンジ 3 に近い位置のストッパ部 6 の側部に近接するように配置されている。図 6 ( a ) に示すように、平常時には、ストッパ部 6 と当接突起 2 2 e との間の隙間は、ストッパ部 6 とヒンジ 3 との間の隙間よりも若干狭くなるように構成されている。また、当接突起 2 2 e のうち、ストッパ部 6 側の角部には、R 面取形状の面取部 2 2 f が形成されている。図 6 ( b ) に示すように、可動板 2 2 が側方に変位すると、一方のストッパ部 6 と当接突起 2 2 e とが接触し、それ以上可動板 2 2 が変位しない。従って、本実施形態においても、上述の第 1 実施形態と同様に、ヒンジ 3 の破損を防止し、光走査ミラー 2 1 の耐衝撃性を向上させることができる。ストッパ部 6 はヒンジ 3 に接触しないので、確実にヒンジ 3 の破損を防止することができる。ストッパ部 6 と当接突起 2 2 e とは互いに同電位であるので、ストッパ部 6 と当接突起 2 2 e とが接触したときに、スティッキングが発生しにくく、光走査ミラー 2 1 をより確実に動作可能な状態に維持することができる。

#### 【 0 0 3 8 】

図 7 は、本発明の第 3 実施形態に係る光走査ミラー 4 1 を示す。光走査ミラー 4 1 は、光走査ミラー 1 の可動板 2 に替えて、ヒンジ 3 に沿うように形成されたストッパ部 4 6 を有する可動板 4 2 を備えている。また、固定フレーム 4 の支持部 4 b には、当接突起 4 4 e が設けられている。当接突起 4 4 e は、ヒンジ 3 の両側部であってストッパ部 4 6 よりもヒンジ 3 から離れた位置に、それぞれ可動板 4 2 に向けて突出するように形成されている。光走査ミラー 4 1 の可動板 4 2 及び当接突起 4 4 e 以外の構成は、第 1 実施形態の光走査ミラー 1 と同様である。この光走査ミラー 4 1 も、第 1 シリコン層 2 0 0 a にバルクマイクロマシニング技術による加工を施すことにより、可動板 4 2 及び当接突起 4 4 e を含む形状を形成し、容易に製造することができる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 8 ( a )、( b ) は、光走査ミラー 4 1 のうちストッパ部 4 6 の近傍部位を示す。2 つの当接突起 4 4 e は、それぞれ、当該当接突起 4 4 e よりもヒンジ 3 に近い位置のストッパ部 4 6 の側部に近接するように配置されている。図 6 ( a ) に示すように、平常時には、ストッパ部 4 6 と当接突起 4 4 e との間の隙間は、ストッパ部 4 6 とヒンジ 3 との間の隙間よりも若干狭くなるように構成されている。当接突起 4 4 e 及びストッパ部 4 6 には、それぞれ、光走査ミラー 1 の凹部 2 e についての面取部 2 f、ストッパ部 6 についての面取部 6 a と同様に、面取部 4 4 f、面取部 4 6 a が形成されている。図 6 ( b )



）に示すように、可動板 4 2 が側方に変位すると、一方のストッパ部 4 6 と当接突起 4 4 e とが接触し、それ以上可動板 4 2 が変位しない。従って、本実施形態においても、上述の第 1 実施形態や第 2 実施形態と同様に、ヒンジ 3 の破損を防止し、光走査ミラー 4 1 の耐衝撃性を向上させることができる。また、ストッパ部 4 6 はヒンジ 3 に接触しないので、確実にヒンジ 3 の破損を防止することができる。さらにまた、当接突起 4 4 e には面取部 4 4 f が形成されており、ストッパ部 4 6 には面取部 4 6 a が形成されているので、ストッパ部 4 6 や当接突起 4 4 e の破損を防止することができる。

#### 【 0 0 4 0 】

図 9 は、本発明の第 4 実施形態に係る光走査ミラーのストッパ部 5 6 の近傍部位を示す。第 4 実施形態において、光走査ミラーの全体の構成は第 1 実施形態の光走査ミラー 1 と同様であるため、説明を省略する。第 4 実施形態では、スティッキング防止膜が設けられたストッパ部 6 に替えて、突起部 5 6 c が形成されたストッパ部 5 6 が設けられている。突起部 5 6 c は、図に示すように、例えば上面視で鋸歯形状を成すように設けられており、ストッパ部 5 6 のうち、可動板 2 が変位したときに凹部 2 e の側縁部と接触する部位に設けられている。

#### 【 0 0 4 1 】

第 4 実施形態では、ストッパ部 5 6 に突起部 5 6 c が設けられているので、ストッパ部 5 6 と凹部 2 e の側縁部とが接触したとき、互いの接触面積が少なくなる。これにより、ストッパ部 5 6 と凹部 2 e の間で静電引力の影響が小さくなるため、スティッキングの発生が防止される。なお、突起部 5 6 c の形状は鋸歯形状に限られるものではない。突起部 5 6 c は、ストッパ部 5 6 と凹部 2 e と接触したときにその接触部位に応力が集中しすぎないような形状に形成されるのが望ましい。さらにまた、第 4 実施形態において、さらに、ストッパ部 5 6 と凹部 2 e の側縁部とが接触しうる部分にスティッキング防止膜を形成してもよく、これにより、スティッキングの発生をより確実に防止することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

なお、本発明は上記実施形態の構成に限定されるものではなく、発明の趣旨を変更しない範囲で適宜に種々の変形が可能である。例えば、光走査ミラーは、上記実施形態のような 1 軸に揺動可能なものではなく、例えば固定フレームに対し揺動可能に軸支された可動フレーム（フレーム部）を有し、可動フレームに対して揺動可能にミラー面が設けられたミラー部が軸支されている 2 軸ジンバル型のものであってもよい。この場合、ストッパ部を、可動フレームが軸支されるヒンジに沿うように形成することにより、可動フレーム及びミラー部を含む可動板の変位量を制限することができる。同様に、ストッパ部を、ミラー部が軸支されるヒンジに沿うように形成することにより、可動板としてのミラー部の可動フレームに対する変位量を制限することができる。また、光走査ミラーは、S O I 基板でなく、単一のシリコン基板や金属板から構成されていてもよく、また、可動板を揺動する駆動力は、櫛歯電極間に働く静電力ではなく、平板電極間に働く静電力や、電磁力、電歪力、熱歪力であってもよい。さらにまた、ストッパ部は、可動板やフレーム部に一体に形成されていなくてもよく、可動板やフレーム部とは離れて、可動板の変位量を制限可能に配置されていてもよい。いずれの場合も、ストッパ部を、可動板を軸支するヒンジの側方にヒンジに沿うように形成することにより、可動板の側方への変位を制限することができ、ヒンジの破損を防止し、光走査ミラーの耐衝撃性を向上させることができる。

#### 【 0 0 4 3 】

さらにまた、本発明は、ミラー面を有し光を走査する光走査ミラーに限られず、一对のヒンジにより固定フレームに対し揺動可能に構成された可動板が半導体基板に形成される可動構造体に広く適用可能である。すなわち、ヒンジの側方にヒンジに沿うようにストッパ部を設けることにより、可動構造体の耐衝撃性を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 4 4 】

【図 1】（ a ）は本発明の第 1 実施形態に係る可動構造体である光走査ミラーの上面側を示す斜視図、（ b ）は同光走査ミラーの下面側を示す斜視図。

【図 2】上記光走査ミラーの平面図。

【図 3】図 2 の A - A 線断面図。

【図 4】(a) は上記光走査ミラーのストップ部近傍部位を示す平面図、(b) は可動板が平常時から変位したときの同部位を示す平面図。

【図 5】本発明の第 2 実施形態に係る光走査ミラーを示す斜視図。

【図 6】(a) は上記光走査ミラーのストップ部近傍部位を示す平面図、(b) は可動板が平常時から変位したときの同部位を示す平面図。

【図 7】本発明の第 3 実施形態に係る光走査ミラーを示す斜視図。

【図 8】(a) は上記光走査ミラーのストップ部近傍部位を示す平面図、(b) は可動板が平常時から変位したときの同部位を示す平面図。

【図 9】本発明の第 4 実施形態に係る光走査ミラーのストップ部近傍部位を示す平面図。

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

1, 21, 41 光走査ミラー（可動構造体）

2, 22, 42 可動板

2e 凹部

3 ヒンジ

4 固定フレーム（フレーム部）

6, 46, 56 ストップ部

6a, 46a 面取部

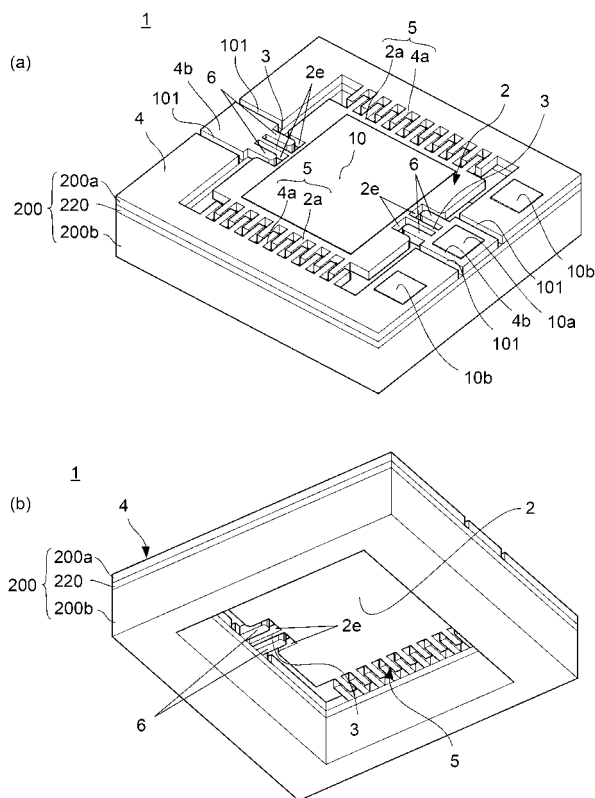
10 ミラー面

56c 突起部

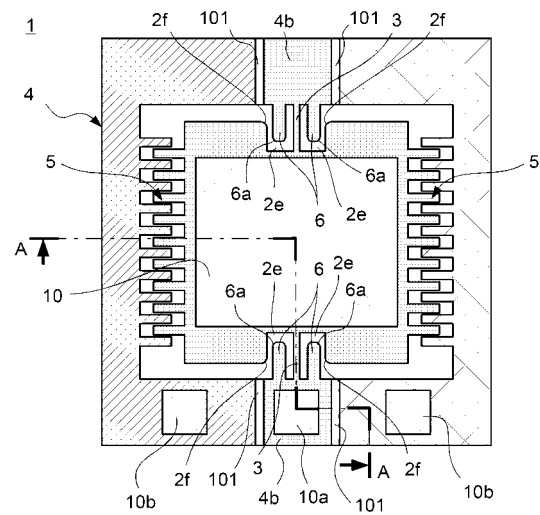
10

20

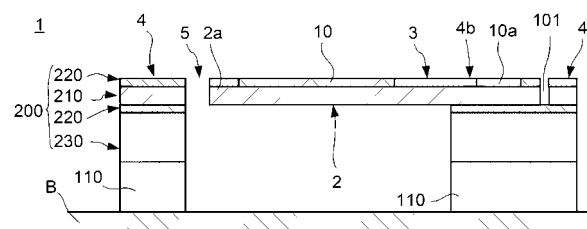
【図 1】



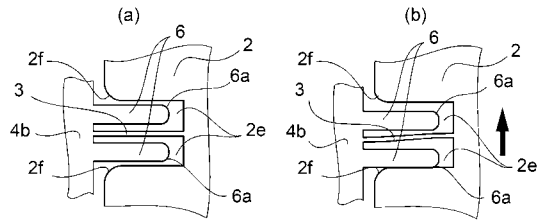
【図 2】



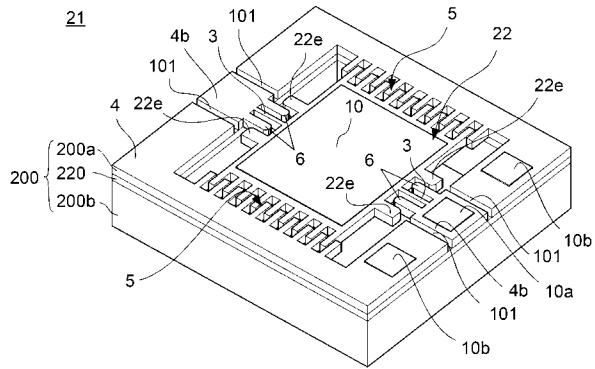
【図 3】



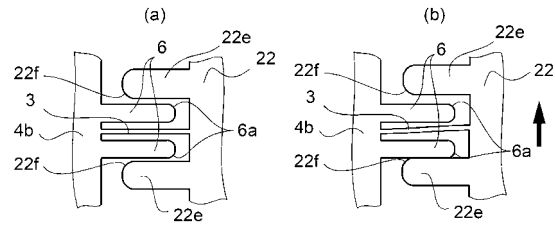
【図 4】



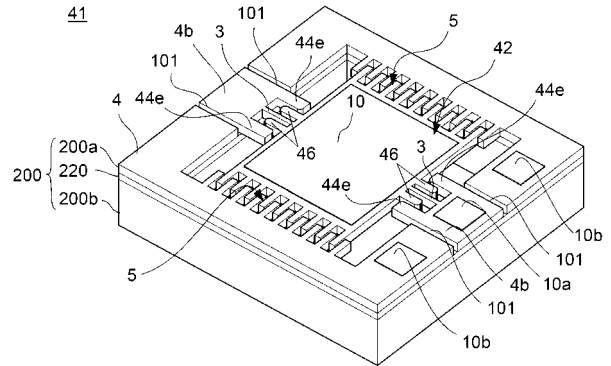
【図 5】



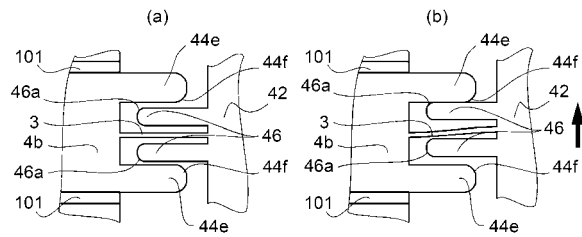
【図 6】



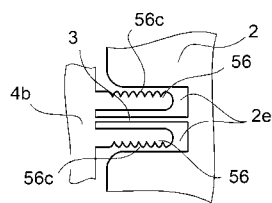
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 河野 清彦  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

審査官 仲村 靖

(56)参考文献 特開2007-152497(JP,A)  
特開2007-052256(JP,A)  
特開2004-177357(JP,A)  
国際公開第2005/102909(WO,A1)  
特開2002-022446(JP,A)  
特開2000-097709(JP,A)  
特開2006-340531(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 26/10  
B81B 3/00  
G02B 26/08  
H02N 1/00