

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6691784号
(P6691784)

(45) 発行日 令和2年5月13日 (2020.5.13)

(24) 登録日 令和2年4月15日 (2020.4.15)

(51) Int. Cl.	F 1
G 0 2 B 26/10 (2006.01)	G 0 2 B 26/10 1 0 4 Z
G 0 2 B 26/08 (2006.01)	G 0 2 B 26/08 E
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00
H 0 2 K 33/18 (2006.01)	H 0 2 K 33/18 C

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-9891 (P2016-9891)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成28年1月21日 (2016.1.21)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2017-129783 (P2017-129783A)		静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
(43) 公開日	平成29年7月27日 (2017.7.27)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成31年1月10日 (2019.1.10)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100140442
			弁理士 柴山 健一
		(72) 発明者	滝本 貞治
			静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
			浜松ホトニクス株式会社内
		(72) 発明者	森永 勇樹
			静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
			浜松ホトニクス株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

支持部と、

可動部と、

前記可動部が所定の軸線周りに揺動可能となるように、前記軸線上において前記可動部を前記支持部に連結する連結部と、

前記連結部の表面上に設けられた第 1 配線と、

前記支持部上に設けられた第 2 配線と、を備え、

前記第 1 配線を構成する第 1 金属材料は、前記第 2 配線を構成する第 2 金属材料よりも剛性が高く、

前記第 2 配線は、前記第 1 配線のうち前記支持部上に位置する第 1 接続部分における前記支持部の反対側の表面に接続されている、アクチュエータ装置。

【請求項 2】

前記第 1 接続部分は、前記軸線から所定の距離離れている、請求項 1 記載のアクチュエータ装置。

【請求項 3】

前記距離は、前記連結部の最小幅の 1/2 よりも大きい、請求項 2 記載のアクチュエータ装置。

【請求項 4】

前記第 1 配線の断面積は、前記第 2 配線の断面積よりも大きい、請求項 1～3 のいずれ

か一項記載のアクチュエータ装置。

【請求項 5】

前記第 1 配線の幅は、前記第 2 配線の幅よりも大きい、請求項 4 記載のアクチュエータ装置。

【請求項 6】

前記可動部に設けられたコイルと、

前記コイルに磁界を作用させる磁界発生部と、

前記可動部上に設けられ、前記コイルと電氣的に接続された第 3 配線と、を更に備え、

前記第 1 金属材料は、前記第 3 配線を構成する第 3 金属材料よりも剛性が高く、

前記第 3 配線は、前記第 1 配線のうち前記可動部上に位置する第 2 接続部分における前記可動部の反対側の表面に接続されている、請求項 1～5 のいずれか一項記載のアクチュエータ装置。

10

【請求項 7】

前記支持部及び前記可動部を支持する枠部を更に備え、

前記支持部は、前記軸線と交差する軸線周りに揺動可能となるように、前記枠部に連結されている、請求項 1～6 のいずれか一項記載のアクチュエータ装置。

【請求項 8】

前記可動部に設けられたミラーを更に備える、請求項 1～7 のいずれか一項記載のアクチュエータ装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) デバイスとして構成されるアクチュエータ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

MEMS デバイスとして、支持部と、可動部と、可動部が所定の軸線周りに揺動可能となるように、軸線上において可動部を支持部に連結する連結部と、連結部及び支持部上に設けられた配線と、を備えるアクチュエータ装置が知られている。そのようなアクチュエータ装置では、例えば可動部がその共振周波数レベル (数 KHz～数十 KHz) で高速に揺動される場合がある。そのような場合、配線が連結部上において金属疲労を起こし、特性の劣化、断線等に繋がるおそれがある。

30

【0003】

上述したような問題を解決するために、高剛性の金属材料により構成される第 1 配線を連結部上に設け、支持部上の低応力領域において、当該第 1 配線と低剛性の金属材料により構成される第 2 配線とを互いに電氣的に接続する技術が提案されている (例えば、特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

40

【特許文献 1】 米国特許第 8 2 1 8 2 1 8 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明者は、第 1 配線と第 2 配線との電氣的な接続位置を支持部上に配置することに加え、第 1 配線と第 2 配線との電氣的な接続構造を工夫することで、連結部及び支持部上に設けられた配線の劣化をより一層抑制し得ることを見出した。

【0006】

本発明は、連結部及び支持部上に設けられた配線の劣化を抑制することができるアクチュエータ装置を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のアクチュエータ装置は、支持部と、可動部と、可動部が所定の軸線周りに揺動可能となるように、軸線上において可動部を支持部に連結する連結部と、連結部上に設けられた第1配線と、支持部上に設けられた第2配線と、を備え、第1配線を構成する第1金属材料は、第2配線を構成する第2金属材料よりも剛性が高く、第2配線は、第1配線のうち支持部上に位置する第1接続部分における支持部の反対側の表面に接続されている。

【0008】

このアクチュエータ装置では、連結部上に設けられた第1配線を構成する第1金属材料は、支持部上に設けられた第2配線を構成する第2金属材料よりも剛性が高い。これにより、連結部上に設けられた第1配線の劣化が抑制される。このとき、連結部及び支持部上に設けられた配線全体が高剛性の金属材料で構成されることに起因する支持部の変形（反り等）も抑制される。また、第1配線と第2配線とは、支持部上に位置する第1接続部分において互いに接続されている。これにより、第1接続部分に作用する応力が低減されるため、第1接続部分の劣化が抑制される。更に、第2配線は、第1接続部分における支持部の反対側の表面において第1配線に接続されている。これにより、第1配線から第2配線に作用する応力が支持部の反対側に逃がされるため、第1金属材料よりも剛性が低い第2金属材料からなる第2配線の劣化が抑制される。よって、このアクチュエータ装置によれば、連結部及び支持部上に設けられた配線の劣化を抑制することができる。

【0009】

本発明のアクチュエータ装置では、第1接続部分は、軸線から所定の距離離れていてもよい。この構成によれば、支持部上において他の構成を設けるための領域を確保しつつ、第1接続部分に作用する応力を低減させることができる。

【0010】

本発明のアクチュエータ装置では、上記距離は、連結部の最小幅の1/2倍よりも大きくてもよい。この構成によれば、支持部上において他の構成を設けるための領域を確保しつつ、第1接続部分に作用する応力をより一層低減させることができる。

【0011】

本発明のアクチュエータ装置では、第1配線の断面積は、第2配線の断面積よりも大きくてもよい。この構成によれば、第2金属材料の比抵抗よりも第1金属材料の比抵抗が高い場合でも、第1配線の抵抗値の増大を抑制することができる。

【0012】

本発明のアクチュエータ装置では、第1配線の幅は、第2配線の幅よりも大きくてもよい。この構成によれば、連結部の振りが妨げられるのを抑制しつつ、第1配線の断面積を確保して第1配線の抵抗値の増大を抑制することができる。

【0013】

本発明のアクチュエータ装置は、可動部に設けられたコイルと、コイルに磁界を作用させる磁界発生部と、可動部上に設けられ、コイルと電気的に接続された第3配線と、を更に備え、第1金属材料は、第3配線を構成する第3金属材料よりも剛性が高く、第3配線は、第1配線のうち可動部上に位置する第2接続部分における可動部の反対側の表面に接続されていてよい。この構成によれば、連結部及び可動部上に設けられた配線の劣化を抑制することができる。

【0014】

本発明のアクチュエータ装置は、支持部及び可動部を支持する枠部を更に備え、支持部は、軸線と交差する軸線周りに揺動可能となるように、枠部に連結されていてよい。この構成によれば、互いに交差する二軸のそれぞれの周りに可動部を揺動させることができる。

【0015】

本発明のアクチュエータ装置は、可動部に設けられたミラーを更に備えていてもよい。

この構成によれば、ミラーを軸線周りに揺動させて、光の走査等に利用することができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、連結部及び支持部上に設けられた配線の劣化を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態のアクチュエータ装置の斜視図である。

【図2】図1のアクチュエータ装置の回路構成の平面図である。

【図3】図2の一部拡大図である。

【図4】図3のIV-IV線断面図である。

【図5】図3のV-V線断面図である。

【図6】第1変形例のアクチュエータ装置の第1接続部分の断面図である。

【図7】第2変形例のアクチュエータ装置の第1接続部分の断面図である。

【図8】第3変形例のアクチュエータ装置の一部拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明に係る実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、以下の説明において、同一又は相当要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

【0019】

図1及び図2に示されるように、アクチュエータ装置1は、ミラー2と、磁界発生部3と、枠部4と、支持部5と、可動部6と、一对の連結部7と、一对の連結部8と、を備えている。アクチュエータ装置1は、互いに直交する第1軸線X1及び第2軸線X2のそれぞれの周りにミラー2を揺動させるMEMSデバイスとして構成されている。このようなアクチュエータ装置1は、例えば光通信用光スイッチ又は光スキャナ等に用いられる。

【0020】

ミラー2は、金属膜により構成された光反射膜である。ミラー2は、平面視において（少なくとも支持部5、可動部6及び一对の連結部7が配置される平面と直交する方向から見た場合に）円形状を呈している。ミラー2を構成する金属材料は、例えばアルミニウム（Al）、金（Au）又は銀（Ag）等である。

【0021】

磁界発生部3は、矩形状の平板であり、一对の主面を有している。磁界発生部3は、支持部5に設けられたコイル11及び可動部6に設けられたコイル12（コイル11、12については後述する）に磁界を作用させる。磁界発生部3は、例えば永久磁石等により構成されている。磁界発生部3における磁極の配列は、例えばハルバツハ配列である。

【0022】

枠部4は、平面視において矩形状を呈する平板状の枠体である。枠部4は、磁界発生部3の一方の主面上に配置されている。枠部4は、一对の連結部7を介して、支持部5、可動部6及びミラー2等を支持している。各連結部7は、支持部5が第1軸線X1周りに揺動可能となるように、第1軸線X1上において支持部5を枠部4に連結している。つまり、各連結部7は、トーションバーとして機能する。各連結部7は、強度の向上及び振りばね定数の調整の容易化のために、平面視において蛇行形状を呈している。

【0023】

支持部5は、平面視において矩形状を呈する平板状の枠体であり、枠部4の内側に位置している。支持部5は、磁界発生部3の一方の主面と対向し且つ磁界発生部3の一方の主面から離間するように配置されている。支持部5は、一对の連結部8を介して、可動部6及びミラー2等を支持している。各連結部8は、可動部6が第2軸線X2周りに揺動可能となるように、第2軸線X2上において可動部6を支持部5に連結している。つまり、各連結部8は、トーションバーとして機能する。

【0024】

図3に示されるように、各連結部8は、平面視において略矩形状を呈する平板状の部材であり、第2軸線X2に沿って延在している。各連結部8における可動部6側の端部8aは、可動部6に近づくほど幅が増加している。ここで、連結部8の幅とは、平面視において第2軸線X2と直交する方向における連結部8の長さをいう。連結部8が少なくとも一方の端部において拡幅されて支持部5又は可動部6に連結されている場合、連結部8は、例えば、その幅が最小幅W0の1.5倍となるまでの領域である。図3では、連結部8と支持部5との境界B、及び連結部8と可動部6との境界Bが二点鎖線で示されている。なお、連結部8は、支持部5に対する可動部6の揺動時に作用する応力が最大応力の2/3倍となるまでの領域であってもよい。

10

【0025】

図1及び図2に示されるように、可動部6は、平面視において矩形状を呈する平板状の枠体であり、支持部5の内側に位置している。可動部6は、磁界発生部3の一方の主面と対向し且つ磁界発生部3の一方の主面から離間するように配置されている。可動部6の内側には、平面視において円形状を呈する配置部9が設けられている。ミラー2は、配置部9上に配置されている。つまり、ミラー2は、可動部6に設けられている。枠部4、支持部5、可動部6、一对の連結部7及び一对の連結部8は、例えばシリコン(Si)により一体に形成されている。

【0026】

アクチュエータ装置1は、図2に示されるように、支持部5に設けられたコイル11と、可動部6に設けられたコイル12と、を更に備えている。コイル11は支持部5に埋設されており、コイル12は可動部6に埋設されている。各コイル11、12は、例えば銅(Cu)等の金属材料により構成されている。なお、図2では、理解を容易にするために各配線が実線で示されているが、コイル11、12等の各配線は、実際には後述する絶縁層52及び／又は絶縁層53によって覆われている。

20

【0027】

コイル11は、平面視においてスパイラル状に複数周回巻回されている。コイル11の内側端部には、配線14aの一端が電氣的に接続されている。コイル11の外側端部には、配線14bの一端が電氣的に接続されている。各配線14a、14bは、例えばアルミニウム等の金属材料により構成されている。各配線14a、14bは、一方の連結部7上に設けられ、支持部5から枠部4に至っている。配線14aの他端は、支持部5に設けられた電極15aと電氣的に接続されており、配線14bの他端は、支持部5に設けられた電極15bと電氣的に接続されている。各電極15a、15bは、制御回路等と電氣的に接続される。配線14aは、コイル11の上方を通るようにコイル11と立体的に交差している。

30

【0028】

コイル12は、平面視においてスパイラル状に複数周回巻回されている。コイル12の内側端部には、配線16aの一端が電氣的に接続されている。コイル12の外側端部には、配線16bの一端が電氣的に接続されている。各配線16a、16bは、一对の連結部8、支持部5及び他方の連結部7上に設けられ、可動部6から枠部4に至っている。配線16aの他端は、支持部5に設けられた電極17aと電氣的に接続されており、配線16bの他端は、支持部5に設けられた電極17bと電氣的に接続されている。各電極17a、17bは、制御回路等と電氣的に接続される。配線16aは、コイル12の上方を通るようにコイル12と立体的に交差している。

40

【0029】

各配線16a、16bは、各連結部8上に設けられた第1配線21と、支持部5上に設けられた第2配線31と、可動部6上に設けられた第3配線41と、を有している。以下、図3、図4及び図5を参照しつつ、一方の連結部8の近傍における第1配線21、第2配線31及び第3配線41の構成について説明する。他方の連結部8の近傍における第1配線21等の構成は、一方の連結部8の近傍における第1配線21等の構成と同様である

50

ため、その説明を省略する。なお、図3では、後述する絶縁層52（図4及び図5参照）が省略されている。

【0030】

第1配線21は、第1金属材料により構成されている。第1配線21は、支持部5、連結部8及び可動部6上にわたって設けられている。第1配線21は、第1部分22と、第2部分23と、第3部分24と、を有している。第1部分22は、支持部5、連結部8及び可動部6上において第2軸線X2に沿って延在している。第2部分23は、支持部5上において第1部分22の支持部5側の端部から他方の連結部7側に延在している。第3部分24は、可動部6上において第1部分22の可動部6側の端部から一方の連結部7側に延在している。第1部分22の延在方向と第2部分23の延在方向とは互いに直交しており、第1部分22の延在方向と第3部分24の延在方向とは互いに直交している。

10

【0031】

第1配線21は、支持部5上の端部に位置する第1接続部分25において第2配線31と電氣的に接続されている。第1配線21は、可動部6上の端部に位置する第2接続部分26において第3配線41と電氣的に接続されている。第1接続部分25は、第2軸線X2から所定の距離D1離れている。距離D1は、連結部8の最小幅W0の1/2倍よりも大きい。第2接続部分26は、第2軸線X2から所定の距離D2離れている。距離D2は、連結部8の最小幅W0の1/2倍よりも大きい。第1部分22、第2部分23及び第3部分24は、互いに同一の幅を有している。第1配線21の幅W1は、連結部8の最小幅W0の1/2倍以上であり、この例では2/3倍以上である。ここで、第1配線21の幅W1とは、平面視において第1配線21の延在方向と直交する方向における第1配線21の長さをいう。第1部分22については、平面視において第2軸線X2と直交する方向における第1部分22の長さをいう。なお、第1配線21の幅W1は、例えば50～100μm程度である。

20

【0032】

第2配線31は、第2金属材料により構成されている。第2配線31の一端は、第1配線21と電氣的に接続されている。第2配線31の他端は、電極17aと電氣的に接続されている。第2配線31の一端には、他の部分よりも拡幅された拡幅部32が設けられている。第2配線31は、拡幅部32において第1配線21の第1接続部分25と電氣的に接続されている。

30

【0033】

第3配線41は、第3金属材料により構成されている。第3配線41の一端は、第1配線21と電氣的に接続されている。第3配線41の他端は、コイル12と電氣的に接続されている。第3配線41の一端には、他の部分よりも拡幅された拡幅部42が設けられている。第3配線41は、拡幅部42において第1配線21の第2接続部分26と電氣的に接続されている。

【0034】

第1配線21を構成する第1金属材料は、第2配線31を構成する第2金属材料よりも剛性が高い。第1配線21を構成する第1金属材料は、第3配線41を構成する第3金属材料よりも剛性が高い。換言すれば、第2配線31を構成する第2金属材料は、第1配線21を構成する第1金属材料よりも剛性が低い。第3配線41を構成する第3金属材料は、第1配線21を構成する第1金属材料よりも剛性が低い。第1金属材料と第2金属材料との組合せの例としては、タングステン（W）（第1金属材料）とアルミニウム（第2金属材料）との組合せ、タングステン（第1金属材料）と銅（第2金属材料）との組合せ、タングステン（第1金属材料）と金（第2金属材料）との組合せ等がある。第1金属材料と第3金属材料との組合せの例としては、タングステン（W）（第1金属材料）とアルミニウム（第3金属材料）との組合せ、タングステン（第1金属材料）と銅（第3金属材料）との組合せ、タングステン（第1金属材料）と金（第3金属材料）との組合せ等がある。第1金属材料は、アルミニウム合金（AL-Cu等）、ニッケル（Ni）、又はプラチナ（Pt）等であってもよい。

40

50

【0035】

アクチュエータ装置1では、第1配線21の幅W1は、第2配線31の幅W2及び第3配線41の幅W3のそれぞれよりも大きい。第1配線21の厚さは、第2配線31の厚さ及び第3配線41の厚さのそれぞれと互いに等しい。したがって、第1配線21の断面積は、第2配線31の断面積及び第3配線41の断面積のそれぞれよりも大きい。ここで、第2配線31の幅W2とは、平面視において第2配線31の延在方向と直交する方向における第2配線31（拡幅部32を除く）の長さをいう。第3配線41の幅W3とは、平面視において第3配線41の延在方向と直交する方向における第3配線41（拡幅部42を除く）の長さをいう。第1配線21の断面積とは、第1配線21の延在方向と直交する断面の面積をいう。第2配線31の断面積とは、第2配線31の延在方向と直交する断面の面積をいう。第3配線41の断面積とは、第3配線41の延在方向と直交する断面の面積をいう。なお、第2配線31の幅は、例えば5～10 μm程度である。

10

【0036】

図4に示されるように、アクチュエータ装置1は、絶縁層51、52、53を更に備えている。各絶縁層51、52、53は、例えばシリコン酸化膜（SiO₂）である。

【0037】

絶縁層51は、枠部4、支持部5、可動部6、一对の連結部7及び一对の連結部8の表面に設けられている。第1配線21は、絶縁層51上に設けられている。つまり、第1配線21は、絶縁層51を介して支持部5上に設けられている。

【0038】

絶縁層52は、第1配線21を覆うように絶縁層51上に設けられている。絶縁層52は、枠部4、支持部5、可動部6、一对の連結部7及び一对の連結部8上にわたって設けられている。絶縁層52は、第1接続部分25における支持部5の反対側の表面25aを露出させる第1開口52aを有している。第1開口52aは、平面視において円形状を呈する穴である。第1開口52aは、第1接続部分25の角25bから所定の距離離れている。絶縁層52は、第1接続部分25の角25bを覆っている。絶縁層52における支持部5の反対側の表面のうち角25bに対応する領域53dは、支持部5の反対側に向けて凸状に湾曲している。ここで、第1接続部分25の角25bとは、第1接続部分25における表面25aの外縁に沿った部分（第1接続部分25において少なくとも2つの表面が交差する部分）をいう。

20

30

【0039】

第2配線31は、絶縁層52上に設けられている。つまり、第2配線31は、絶縁層51、52を介して支持部5上に設けられている。第2配線31の拡幅部32は、第1開口52aを覆うように、第1接続部分25に乗り上げている。拡幅部32の一部32aは、第1開口52a内に配置され、第1開口52aにおいて第1接続部分25の表面25aと接続されている。拡幅部32は、支持部5の反対側の表面において第1開口52aと対応する位置に、凹部32bを有している。凹部32bは、第2配線31の形成時に拡幅部32の一部32aが第1開口52a内に入り込むことにより形成される。

【0040】

第1配線21と第3配線41との電気的な接続構造は、上述した第1配線21と第2配線31との電気的な接続構造と同様である。すなわち、図3に示されるように、絶縁層52は、第2接続部分26における可動部6の反対側の表面26aを露出させる第2開口52bを有している。第2開口52bは、平面視において円形状を呈する穴である。第2開口52bは、第2接続部分26の角26bから所定の距離離れている。絶縁層52は、第2接続部分26の角26bを覆っている。絶縁層52における可動部6の反対側の表面のうち角26bに対応する領域は、可動部6の反対側に向けて凸状に湾曲している。ここで、第2接続部分26の角26bとは、第2接続部分26における表面26aの外縁に沿った部分（第2接続部分26において少なくとも2つの表面が交差する部分）をいう。

40

【0041】

第3配線41は、絶縁層52上に設けられている。つまり、第3配線41は、絶縁層5

50

1, 52を介して可動部6上に設けられている。第3配線41の拡幅部42は、第2開口52bを覆うように、第2接続部分26に乗り上げている。拡幅部42の一部は、第2開口52b内に配置され、第2開口52bにおいて第2接続部分26の表面26aに接続されている。拡幅部42は、支持部5の反対側の表面において第2開口52bと対応する位置に、凹部を有している。当該凹部は、第3配線41の形成時に拡幅部42の一部が第2開口52b内に入り込むことにより形成される。

【0042】

絶縁層53は、第2配線31及び第3配線41を覆うように、絶縁層52上に設けられている。絶縁層53は、枠部4、支持部5、可動部6、一对の連結部7及び一对の連結部8上にわたって設けられている。絶縁層53は、支持部5の反対側の表面において第1開口52aと対応する位置に、凹部53aを有している。凹部53aは、絶縁層53の形成時に絶縁層53の一部が凹部32b内に入り込むことにより形成される。絶縁層53は、支持部5の反対側の表面において第2開口52bと対応する位置に、凹部を有している。絶縁層53の当該凹部は、絶縁層53の形成時に絶縁層53の一部が拡幅部42の凹部内に入り込むことにより形成される。

【0043】

図5に示されるように、可動部6には、コイル12に対応する形状を呈する溝部55が設けられている。溝部55の内面には、絶縁層51が設けられている。溝部55内の絶縁層51上には、シード層56が設けられている。シード層56は、例えば窒化チタン(TiN)により構成されている。コイル12は、絶縁層51及びシード層56を介して溝部55内に配置されている。コイル12は、例えばダマシン法によって溝部55内に例えば銅等の金属材料を埋め込むことにより形成される。絶縁層52は、溝部55内に配置されたコイル12を覆うように設けられている。第3配線41は、コイル12の内側端部を露出させるように絶縁層52に設けられた開口を介して、コイル12と電氣的に接続されている。

【0044】

コイル12の形成過程において、コイル12における絶縁層52側の表面とシード層56との境界に沿って溝部13が形成される。絶縁層52は、可動部6の反対側の表面において溝部13と対応する位置に、溝部52cを有している。溝部52cは、絶縁層52の形成時に絶縁層52の一部が溝部13内に入り込むことにより形成される。第3配線41は、可動部6の反対側の表面において溝部12aと対応する位置に、溝部41aを有している。溝部41aは、第3配線41の形成時に第3配線41の一部が溝部52c内に入り込むことにより形成される。絶縁層53は、可動部6の反対側の表面において溝部12aと対応する位置に、溝部53bを有している。溝部53bは、絶縁層53の形成時に絶縁層53の一部が溝部41a内に入り込むことにより形成される。

【0045】

アクチュエータ装置1では、コイル11に電流が流れると、磁界発生部3で生じる磁界により、コイル11内を流れる電子に所定の方にローレンツ力が生じる。これにより、コイル11は所定の方に力を受ける。このため、コイル11に流れる電流の向き又は大きさ等を制御することで、支持部5を第1軸線X1周りに揺動させることができる。同様に、コイル12に流れる電流の向き又は大きさ等を制御することで、可動部6を第2軸線X2周りに揺動させることができる。よって、コイル11及びコイル12の電流の向き又は大きさ等をそれぞれ制御することにより、互いに直交する第1軸線X1及び第2軸線X2それぞれの周りにミラー2を揺動させることができる。また、可動部6の共振周波数に対応する周波数の電流をコイル12に流すことで、可動部6を共振周波数レベルで高速に揺動させることもできる。

【0046】

以上説明したアクチュエータ装置1では、連結部8上に設けられた第1配線21を構成する第1金属材料は、支持部5上に設けられた第2配線31を構成する第2金属材料よりも剛性が高い。これにより、連結部8上に設けられた第1配線21の劣化が抑制される。

このとき、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線全体が高剛性の第 1 金属材料により構成されることに起因する支持部 5 の変形（反り等）も抑制される。また、第 1 配線 2 1 と第 2 配線 3 1 とは、支持部 5 上に位置する第 1 接続部分 2 5 において互いに接続されている。これにより、第 1 接続部分 2 5 に作用する応力が低減され、第 1 接続部分 2 5 の劣化が抑制される。更に、アクチュエータ装置 1 では、第 2 配線 3 1 は、第 1 接続部分 2 5 における支持部 5 の反対側の表面 2 5 a において第 1 配線 2 1 に接続されている。これにより、第 1 配線 2 1 から第 2 配線 3 1 に作用する応力が支持部 5 の反対側に逃がされるため、第 1 金属材料よりも剛性が低い第 2 金属材料からなる第 2 配線 3 1 の劣化が抑制される。すなわち、第 2 配線 3 1 の端部が第 1 配線 2 1 と支持部 5 との間に挟まれる場合のように、第 2 配線 3 1 から第 1 配線 2 1 に作用する応力と支持部 5 からの反力とが第 2 配線 3 1 の端部に集中的に作用してしまうことが回避される。よって、アクチュエータ装置 1 によれば、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線 1 6 a, 1 6 b の劣化を抑制することができる。更に、第 1 配線 2 1 と第 2 配線 3 1 とが直接に接続されているため、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線の低抵抗化を図ることができる。

10

【0047】

アクチュエータ装置 1 では、第 1 接続部分 2 5 は、第 2 軸線 X 2 から所定の距離 D 離れている。これにより、支持部 5 上において他の構成（例えば、コイル 1 1）を設けるための領域を確保しつつ、第 1 接続部分 2 5 に作用する応力を低減させることができる。すなわち、第 1 接続部分 2 5 と連結部 8 との間の第 2 軸線 X 2 に沿っての距離を確保することにより第 1 接続部分 2 5 に作用する応力を低減させる場合と比較して、支持部 5 上において他の構成を設けるための領域を確保することができる。

20

【0048】

アクチュエータ装置 1 では、距離 D は、連結部 8 の最小幅 W 0 の $1/2$ 倍よりも大きい。これにより、支持部 5 上において他の構成を設けるための領域を確保しつつ、第 1 接続部分 2 5 に作用する応力をより一層低減させることができる。

【0049】

アクチュエータ装置 1 では、第 1 配線 2 1 の断面積は、第 2 配線 3 1 の断面積よりも大きい。これにより、第 2 配線 3 1 を構成する第 2 金属材料の比抵抗よりも第 1 配線 2 1 を構成する第 1 金属材料の比抵抗は高いとしても、第 1 配線 2 1 の抵抗値の増大を抑制することができる。

30

【0050】

アクチュエータ装置 1 では、第 1 配線 2 1 の幅は、第 2 配線 3 1 の幅よりも大きい。これにより、連結部 8 の振りが妨げられるのを抑制しつつ、第 1 配線 2 1 の断面積を確保して第 1 配線 2 1 の抵抗値の増大を抑制することができる。

【0051】

アクチュエータ装置 1 では、連結部 8 上に設けられた第 1 配線 2 1 を構成する第 1 金属材料は、可動部 6 上に設けられた第 3 配線 4 1 を構成する第 3 金属材料よりも剛性が高い。また、第 1 配線 2 1 と第 3 配線 4 1 とは、可動部 6 上に位置する第 2 接続部分 2 6 において互いに接続されている。更に、絶縁層 5 2 によって第 2 接続部分 2 6 の角 2 6 b が覆われ、第 1 配線 2 1 と第 3 配線 4 1 とは、絶縁層 5 2 の第 2 開口 5 2 b によって露出させられた第 2 接続部分 2 6 における可動部 6 の反対側の表面 2 6 a において互いに接続されている。よって、連結部 8 及び可動部 6 上に設けられた配線 1 6 a, 1 6 b の劣化を抑制することができる。

40

【0052】

アクチュエータ装置 1 では、支持部 5 及び可動部 6 を支持する枠部 4 を更に備え、支持部 5 は、第 2 軸線 X 2 と直交する第 1 軸線 X 1 周りに揺動可能となるように、枠部 4 に連結されている。これにより、互いに直交する二軸のそれぞれの周りに可動部 6 を揺動させることができる。

【0053】

アクチュエータ装置 1 は、可動部 6 に設けられたミラー 2 を更に備えている。これによ

50

り、ミラー 2 を第 1 軸線 X 1 及び第 2 軸線 X 2 のそれぞれの周りに揺動させて、光の走査等に利用することができる。

【0054】

アクチュエータ装置 1 では、絶縁層 5 2 によって第 1 接続部分 2 5 の角 2 5 b が覆われ、第 1 配線 2 1 と第 2 配線 3 1 とは、絶縁層 5 2 の第 1 開口 5 2 a によって露出させられた第 1 接続部分 2 5 における支持部 5 の反対側の表面 2 5 a において互いに接続されている。これにより、第 1 配線 2 1 から第 2 配線 3 1 に作用する応力が絶縁層 5 2 によって低減されるため、第 1 金属材料よりも剛性が低い第 2 金属材料からなる第 2 配線 3 1 の劣化が抑制される。これによっても、アクチュエータ装置 1 によれば、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線 1 6 a, 1 6 b の劣化を抑制することができる。

10

【0055】

アクチュエータ装置 1 では、第 1 開口 5 2 a は、第 1 接続部分 2 5 の角 2 5 b から離れている。これにより、第 1 配線 2 1 から第 2 配線 3 1 に作用する応力を確実に低減させることができる。

【0056】

アクチュエータ装置 1 では、絶縁層 5 2 における支持部 5 の反対側の表面のうち角 2 5 b に対応する領域 5 3 d は、支持部 5 の反対側に向けて凸状に湾曲している。これにより、第 1 配線 2 1 から第 2 配線 3 1 に作用する応力をより一層低減させることができる。

【0057】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限られない。例えば、図 6 に示される第 1 変形例のように、第 1 配線 2 1 と第 2 配線 3 1 とは、互いの間に絶縁層 5 2 が介されることなく接続されてもよい。第 1 変形例では、第 1 配線 2 1 は、絶縁層 5 2 上に設けられている。第 2 配線 3 1 は、第 1 配線 2 1 上に設けられている。第 2 配線 3 1 の拡幅部 3 2 は、第 1 接続部分 2 5 に乗り上げている。拡幅部 3 2 は、第 1 接続部分 2 5 の表面 2 5 a と接続されている。このような第 1 変形例によっても、上記実施形態と同様に、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線 1 6 a, 1 6 b の劣化を抑制することができる。また、第 1 変形例と同様に、第 1 配線 2 1 と第 3 配線 4 1 とは、互いの間に絶縁層 5 2 が介されることなく接続されてもよい。

20

【0058】

図 7 に示される第 2 変形例のように、絶縁層 5 1 に代えて拡散層 5 8 が設けられていてもよい。拡散層 5 8 は、支持部 5、可動部 6 及び一对の連結部 8 の表面において、第 1 配線 2 1 と接触する領域に設けられている。拡散層 5 8 は、例えば、n 型のシリコン基板の表面に p 型の不純物が拡散されることにより形成された拡散領域である。このような第 2 変形例によっても、上記実施形態と同様に、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線 1 6 a, 1 6 b の劣化を抑制することができる。また、第 2 変形例によれば、拡散層 5 8 が第 1 配線 2 1 の一部として機能することから、拡散層 5 8 での絶縁を確保しつつ、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線 1 6 a, 1 6 b の低抵抗化を図ることができる。更に、第 1 金属材料がタングステンである場合、タングstenは拡散層 5 8 に付着し易いことから、第 1 配線 2 1 を連結部 8 上に安定的に設けることができる。

30

【0059】

図 8 に示される第 3 変形例のように、各連結部 8 における支持部 5 側の端部 8 b は、支持部 5 に近づくほど幅が増加していてもよい。図 8 では、連結部 8 と支持部 5 との境界 B、及び連結部 8 と可動部 6 との境界 B が二点鎖線で示されている。このような第 3 変形例によっても、上記実施形態と同様に、連結部 8 及び支持部 5 上に設けられた配線 1 6 a, 1 6 b の劣化を抑制することができる。

40

【0060】

上記実施形態において、第 1 配線 2 1、第 2 配線 3 1 及び第 3 配線 4 1 は、連結部 8 だけでなく連結部 7 にも設けられてもよい。この場合、第 1 配線 2 1 が連結部 7 上に設けられ、第 2 配線 3 1 が枠部 4 上に設けられて電極 1 5 a, 1 5 b 又は電極 1 7 a, 1 7 b と電氣的に接続され、第 3 配線 4 1 が支持部 5 上に設けられてコイル 1 1 又は上記実施形態

50

の第2配線31と電氣的に接続される。連結部7は、直線状であってもよい。連結部8は、可動部6が第2軸線X2周りに揺動可能となるように、第2軸線X2上において可動部6を支持部5に連結していればよく、任意の形状であってもよい。

【0061】

上記実施形態では、絶縁層52は、枠部4上、支持部5上、可動部6上、一对の連結部7上及び一对の連結部8上にわたって設けられていたが、少なくとも第1配線21と第2配線31又は第3配線41との間に介在するように設けられていればよい。第1開口52a及び第2開口52bの形状は、円形状に限られない。第1開口52a及び第2開口52bは、例えば矩形状又は菱形状等を呈していてもよい。第1開口52a及び第2開口52bは、例えば第2部分23又は第3部分24の延在方向にも開口する切り欠き形状を呈していてもよい。絶縁層52は、設けられなくてもよい。

10

【0062】

第1開口52aの一部は、第1接続部分25の角25bに接していてもよい。この構成によっても、角25bが絶縁層52により覆われるので、上記実施形態と同様に、第1配線21から第2配線31に作用する応力を低減させることができる。第2開口52bの一部は、第2接続部分26の角26bに接していてもよい。この構成によっても、角26bが絶縁層52により覆われるので、上記実施形態と同様に、第1配線21から第2配線31に作用する応力を低減させることができる。絶縁層52における支持部5の反対側の表面のうち角25bに対応する領域は、凸状に湾曲していなくてもよく、例えば平面状であってもよい。この構成によっても、上記実施形態と同様に、第1配線21から第2配線31に作用する応力を低減させることができる。絶縁層52における可動部6の反対側の表面のうち角26bに対応する領域は、凸状に湾曲していなくてもよく、例えば平面状であってもよい。この構成によっても、上記実施形態と同様に、第1配線21から第2配線31に作用する応力を低減させることができる。

20

【0063】

第1接続部分25は、第2軸線X2から所定の距離離れていればよく、連結部8の最小幅W0の1/2倍よりも大きい距離D1離れていなくてもよい。同様に、第2接続部分26は、第2軸線X2から所定の距離離れていればよく、連結部8の最小幅W0の1/2倍よりも大きい距離D2離れていなくてもよい。第2配線31には拡幅部32が設けられなくてもよく、第3配線41には拡幅部42が設けられなくてもよい。第3配線41は、金属材料からなる他の部材を介してコイル12と電氣的に接続されてもよい。

30

【0064】

第1配線21において、第1部分22と第2部分23又は第3部分24とは、垂直以外の角度で交差してもよい。あるいは、第1配線21の全体が連結部の延在方向に沿って真っ直ぐに延在していてもよい。この場合、第1接続部分25は第2軸線X2上に位置する。第1部分22、第2部分23、及び第3部分24は、互いに同一の幅を有しなくてもよい。この場合、第1配線21の幅とは、第1部分22、第2部分23及び第3部分24における最小幅又は最大幅をいう。

【0065】

第1配線21の断面積が第2配線31の断面積よりも大きければよく、第1配線21の幅W1は第2配線31の幅W2よりも小さくてもよい。例えば、第1配線21の厚さが第2配線31の厚さよりも大きいことにより、第1配線21の断面積が第2配線31の断面積よりも大きくてもよい。ただし、連結部8の振りが妨げられるのを抑制することができる点、及び製造を容易化できる点で、上記実施形態の方が好ましい。同様に、第1配線21の断面積が第3配線41の断面積よりも大きければよく、第1配線21の幅W1は第3配線41の幅W3よりも小さくてもよい。第1配線21の断面積は、第2配線31又は第3配線41の断面積以下であってもよい。

40

【0066】

アクチュエータ装置1は、ミラー2以外を駆動するものであってもよい。ミラー2の形状は、円形状に限られない。ミラー2は、例えば矩形状又は菱形状等を呈していてもよい

50

。上記実施形態では、ミラー 2 の揺動（駆動）は、電磁力によって行われているが、例えば圧電素子によって行われてもよい。この場合、コイル 11、12 に代えて、圧電素子に電圧を印加するための配線が設けられる。磁界発生部 3 は省略されてもよい。

【0067】

第 1 軸線 X1 と第 2 軸線 X2 とは、直交していなくてもよく、互いに交差していればよい。アクチュエータ装置 1 は、第 2 軸線 X2 の周りのみに揺動させるものであってもよい。この場合、枠部 4 及び連結部 7 は省略されてもよく、制御回路等との電気的な接続のための電極は支持部 5 に設けられてもよい。連結部 8 は、その幅が最小幅 W0 の 2 倍となるまでの領域であってもよい。あるいは、連結部 8 は、支持部 5 に対する可動部 6 の揺動時に作用する応力が最大応力の 1 / 2 倍となるまでの領域であってもよい。

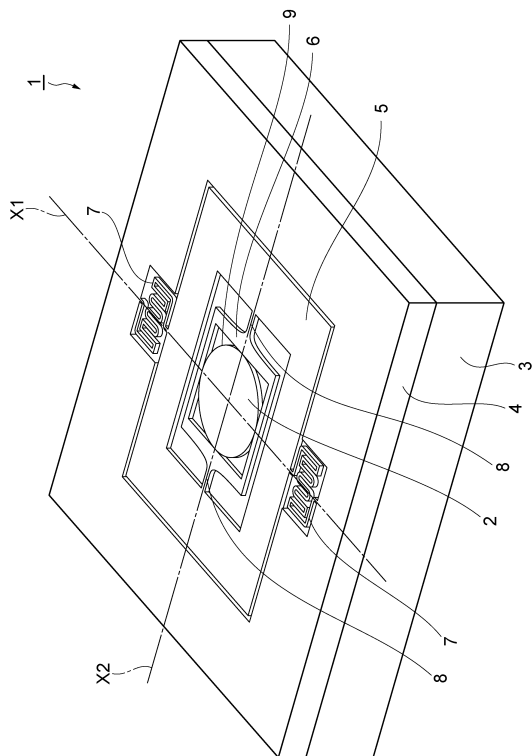
10

【符号の説明】

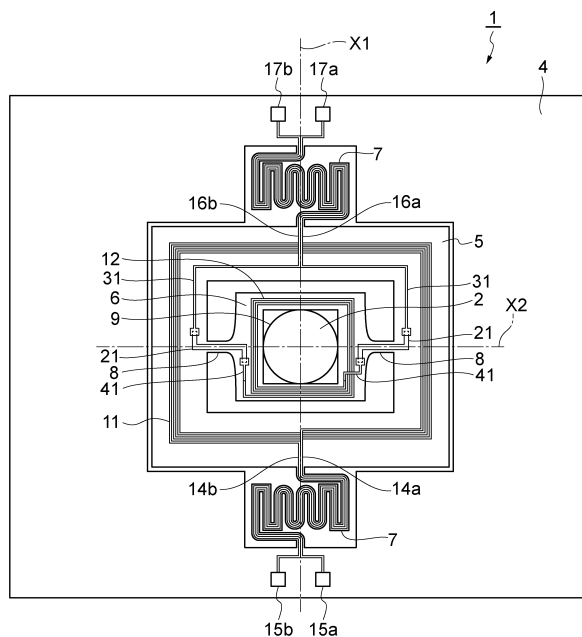
【0068】

1…アクチュエータ装置、2…ミラー、3…磁界発生部、4…枠部、5…支持部、6…可動部、8…連結部、12…コイル、21…第 1 配線、25…第 1 接続部分、25a…表面、25b…角、26…第 2 接続部分、26a…表面、26b…角、31…第 2 配線、41…第 3 配線。

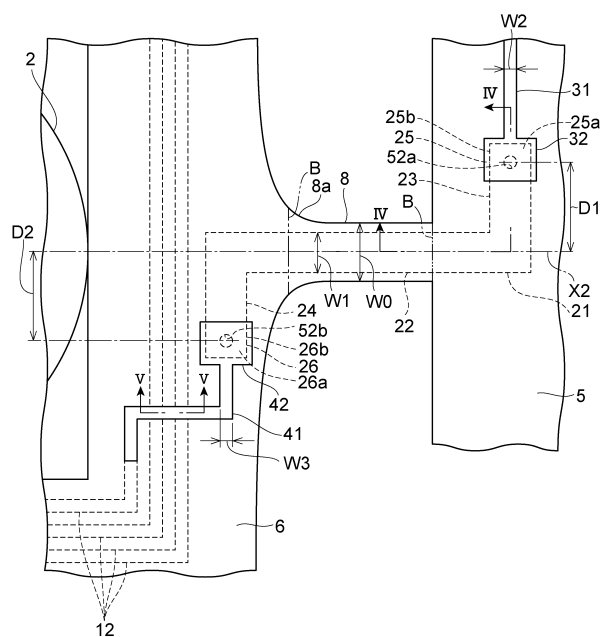
【図 1】



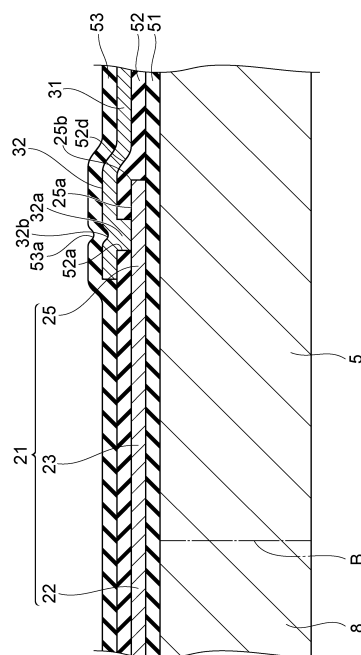
【図 2】



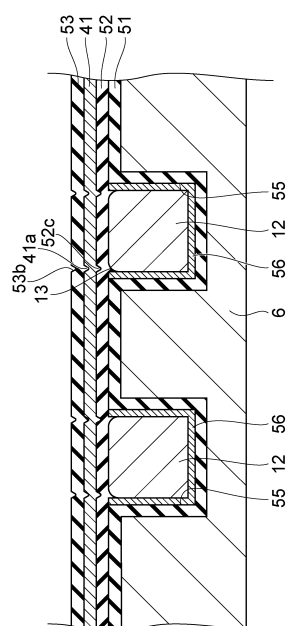
【図 3】



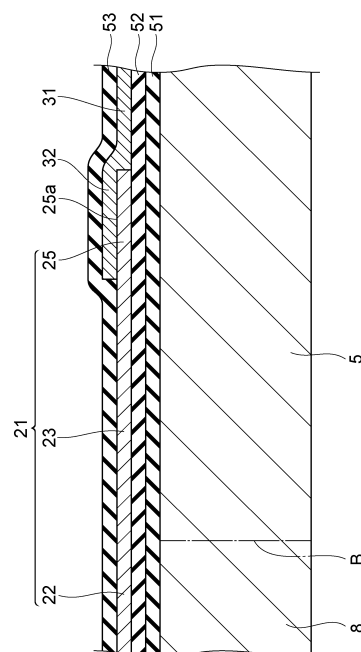
【图 4】



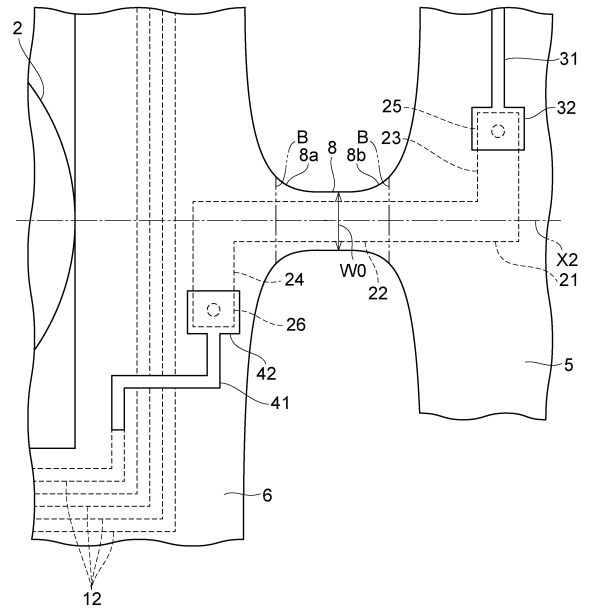
【図 5】



【图 6】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 大幾

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 藁科 禎久

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 藤田 和英

(56)参考文献 特開 2001-264677 (JP, A)

特開 2009-251002 (JP, A)

特開平 08-186975 (JP, A)

特開 2013-035081 (JP, A)

特開 2007-111847 (JP, A)

特開 2015-031792 (JP, A)

特開 2010-098905 (JP, A)

特開 2015-031786 (JP, A)

国際公開第 2014/109170 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/10

B81B 3/00

G02B 26/08

H02K 33/18