

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4665868号
(P4665868)

(45) 発行日 平成23年4月6日(2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日(2011.1.21)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 26/08	(2006.01)	GO2B 26/08	E
GO2B 26/10	(2006.01)	GO2B 26/10	104
B81B 3/00	(2006.01)	B81B 3/00	
B81B 7/02	(2006.01)	B81B 7/02	
B41J 2/44	(2006.01)	B41J 3/00	D

請求項の数 2 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2006-223658 (P2006-223658)
(22) 出願日	平成18年8月18日 (2006.8.18)
(65) 公開番号	特開2008-46511 (P2008-46511A)
(43) 公開日	平成20年2月28日 (2008.2.28)
審査請求日	平成21年7月2日 (2009.7.2)

(73) 特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(74) 代理人	100091292 弁理士 増田 達哉
(74) 代理人	100091627 弁理士 朝比 一夫
(72) 発明者	村田 昭浩 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 井上 徹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光スキャナおよび画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光反射性を有する光反射部を備え、板状をなす質量部、前記質量部を支持するための支持部、および、前記質量部を前記支持部に対し回動可能とするように前記質量部と前記支持部とを連結し、長手形状をなし弹性変形可能な一対の弹性部を有する基体と、前記基体を支持する支持基板と、前記質量部を回動駆動させるための駆動手段と、前記質量部の挙動を検知する挙動検知手段とを有し、前記駆動手段を作動させることにより、前記弹性部を捩れ変形させながら、前記質量部を回動させ、前記光反射部で反射した光を走査する光スキャナであって、

前記質量部は、樹脂材料を主材料として構成された板状の樹脂部と、前記樹脂部の前記支持基板と反対側の面に設けられ、シリコンを主材料として構成された板状のシリコン部と、前記シリコン部の前記樹脂部と反対の面に設けられた前記光反射部とを有し、

前記支持部は、前記支持基板側の面が前記支持基板に接合される部位と前記支持基板から露出する部位とを有し、

各前記弹性部および前記支持部は、それぞれ、前記樹脂部の主材料である前記樹脂材料と同一の樹脂材料を主材料として構成され、

前記質量部の前記樹脂部、各前記弹性部および前記支持部は、一体的に形成されており、

前記駆動手段は、前記樹脂部の前記シリコン部と反対側の面に設けられたコイルと、前記コイルに電気的に接続された一対の端子と、

10

20

前記一対の端子を介して前記コイルに交流電圧を印加する交流電源と、
前記質量部を介して前記質量部の回動中心軸に直交する方向に対向配置されるとともに、
対向する面側が互いに異なる磁極となるよう設けられた一対の永久磁石とを有し、

前記交流電源から前記コイルへ前記交流電圧を印加することにより、前記質量部を前記支持部に対して回動させるように構成され、

前記拳動検知手段は、前記弾性部に設けられたピエゾ抵抗素子と、

前記シリコン部の前記樹脂部側の面に形成され、前記ピエゾ抵抗素子と電気的に接続された增幅回路と、

前記增幅回路に電気的に接続された入力端子および出力端子とを有し、

前記弾性部の揺れ変形の程度に応じて変化する前記ピエゾ抵抗素子を流れる電気信号を、
前記增幅回路で増幅し、増幅後の信号に基づいて前記質量部の拳動を検知するよう構成され、

前記一対の端子、前記入力端子および前記出力端子は、それぞれ、前記支持部の前記支持基板側の面の前記支持基板から露出する部位に形成されていることを特徴とする光スキヤナ。

【請求項 2】

光反射性を有する光反射部を備え、板状をなす質量部、前記質量部を支持するための支持部、および、前記質量部を前記支持部に対し回動可能とするように前記質量部と前記支持部とを連結し、長手形状をなし弾性変形可能な一対の弾性部を有する基体と、前記基体を支持する支持基板と、前記質量部を回動駆動させるための駆動手段と、前記質量部の拳動を検知する拳動検知手段とを有し、前記駆動手段を作動させることにより、前記弾性部を揺れ変形させながら、前記質量部を回動させ、前記光反射部で反射した光を走査する光スキヤナを備える画像形成装置であって、

前記質量部は、樹脂材料を主材料として構成された板状の樹脂部と、前記樹脂部の前記支持基板と反対側の面に設けられ、シリコンを主材料として構成された板状のシリコン部と、前記シリコン部の前記樹脂部と反対の面に設けられた前記光反射部とを有し、

前記支持部は、前記支持基板側の面が前記支持基板に接合される部位と前記支持基板から露出する部位とを有し、

各前記弾性部および前記支持部は、それぞれ、前記樹脂部の主材料である前記樹脂材料と同一の樹脂材料を主材料として構成され、

前記質量部の前記樹脂部、各前記弾性部および前記支持部は、一体的に形成されており、

前記駆動手段は、前記樹脂部の前記シリコン部と反対側の面に設けられたコイルと、
前記コイルに電気的に接続された一対の端子と、

前記一対の端子を介して前記コイルに交流電圧を印加する交流電源と、
前記質量部を介して前記質量部の回動中心軸に直交する方向に対向配置されるとともに、
対向する面側が互いに異なる磁極となるよう設けられた一対の永久磁石とを有し、

前記交流電源から前記コイルへ前記交流電圧を印加することにより、前記質量部を前記支持部に対して回動させるように構成され、

前記拳動検知手段は、前記弾性部に設けられたピエゾ抵抗素子と、

前記シリコン部の前記樹脂部側の面に形成され、前記ピエゾ抵抗素子と電気的に接続された增幅回路と、

前記增幅回路に電気的に接続された入力端子および出力端子とを有し、

前記弾性部の揺れ変形の程度に応じて変化する前記ピエゾ抵抗素子を流れる電気信号を、
前記增幅回路で増幅し、増幅後の信号に基づいて前記質量部の拳動を検知するよう構成され、

前記一対の端子、前記入力端子および前記出力端子は、それぞれ、前記支持部の前記支持基板側の面の前記支持基板から露出する部位に形成されていることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、光スキャナおよび画像形成装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

例えば、レーザープリンタ等にて光走査により描画を行うための光スキャナとして、捩り振動子で構成されたアクチュエータを用いたものが知られている（例えば、特許文献1参照。）。

特許文献1には、1自由度振動系の捩り振動子を備えるアクチュエータが開示されている。このようなアクチュエータは、1自由度振動系の捩り振動子として、質量部と、固定枠部と、質量部を固定枠部に対して回動可能に連結する1対の捩りバネを有している。そして、質量部が、その両側から1対の捩りバネにより支持されている構造を有している。そして、質量部上には光反射性を有する光反射部が設けられており、1対の捩りバネを捩れ変形させながら質量部を回動駆動させて、光反射部で光を反射し走査する。これにより、光走査により描画を行うことができる。

【0003】

このようなアクチュエータは、シリコン基板（シリコンウェハ）をエッチングすることにより、質量部と1対の捩りバネと固定枠部とが一体的に形成されている。このようなアクチュエータにおいて、質量部を低速駆動させたい場合には、走査周波数を低くしなければならず、その方法としては、例えば、（1）捩りバネの長手方向での長さを長くする、（2）質量部の質量を大きくするなどが挙げられる。

しかし、特許文献1にかかるアクチュエータにおいて、上記のような方法を用いた場合には、アクチュエータの大型化を招くこととなる。すなわち、アクチュエータの小型化を図りつつ、低速駆動させることが困難であるという問題がある。

【0004】**【特許文献1】特開2004-191953号公報****【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

本発明の目的は、小型化を図りつつ、低速駆動を行うことのできる光スキャナおよび画像形成装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の光スキャナは、光反射性を有する光反射部を備え、板状をなす質量部、前記質量部を支持するための支持部、および、前記質量部を前記支持部に対し回動可能とするように前記質量部と前記支持部とを連結し、長手形状をなし弹性変形可能な一対の弹性部を有する基体と、前記基体を支持する支持基板と、前記質量部を回動駆動させるための駆動手段と、前記質量部の挙動を検知する挙動検知手段とを有し、前記駆動手段を作動させることにより、前記弹性部を捩れ変形させながら、前記質量部を回動させ、前記光反射部で反射した光を走査する光スキャナであって、

前記質量部は、樹脂材料を主材料として構成された板状の樹脂部と、前記樹脂部の前記支持基板と反対側の面に設けられ、シリコンを主材料として構成された板状のシリコン部と、前記シリコン部の前記樹脂部と反対の面に設けられた前記光反射部とを有し、

前記支持部は、前記支持基板側の面が前記支持基板に接合される部位と前記支持基板から露出する部位とを有し、

各前記弹性部および前記支持部は、それぞれ、前記樹脂部の主材料である前記樹脂材料と同一の樹脂材料を主材料として構成され、

前記質量部の前記樹脂部、各前記弹性部および前記支持部は、一体的に形成されており、

10

20

30

40

50

前記駆動手段は、前記樹脂部の前記シリコン部と反対側の面に設けられたコイルと、
前記コイルに電気的に接続された一対の端子と、

前記一対の端子を介して前記コイルに交流電圧を印加する交流電源と、

前記質量部を介して前記質量部の回動中心軸に直交する方向に対向配置されるとともに、対向する面側が互いに異なる磁極となるよう設けられた一対の永久磁石とを有し、

前記交流電源から前記コイルへ前記交流電圧を印加することにより、前記質量部を前記支持部に対して回動させるように構成され、

前記拳動検知手段は、前記弾性部に設けられたピエゾ抵抗素子と、

前記シリコン部の前記樹脂部側の面に形成され、前記ピエゾ抵抗素子と電気的に接続された增幅回路と、

前記增幅回路に電気的に接続された入力端子および出力端子とを有し、

前記弾性部の捩れ変形の程度に応じて変化する前記ピエゾ抵抗素子を流れる電気信号を、前記增幅回路で増幅し、増幅後の信号に基づいて前記質量部の拳動を検知するよう構成され、

前記一対の端子、前記入力端子および前記出力端子は、それぞれ、前記支持部の前記支持基板側の面の前記支持基板から露出する部位に形成されていることを特徴とする。

これにより、前記弾性部の長手方向での長さを抑えつつ、前記弾性部のねじりバネ定数を低くすることができる。したがって、前記質量部の質量を大きくしなくとも、前記質量部を低速で回動させることができる。また、増幅回路をシリコン部に形成することにより、質量部の質量を大きくするとともに、シリコン部のスペースを有効利用することができる。その結果、小型化を図りつつ、低速駆動（低周波数駆動）を行うことのできる光スキャナを提供することができる。

【0015】

本発明の画像形成装置は、光反射性を有する光反射部を備え、板状をなす質量部、前記質量部を支持するための支持部、および、前記質量部を前記支持部に対し回動可能とするように前記質量部と前記支持部とを連結し、長手形状をなし弾性変形可能な一対の弾性部を有する基体と、前記基体を支持する支持基板と、前記質量部を回動駆動させるための駆動手段と、前記質量部の拳動を検知する拳動検知手段とを有し、前記駆動手段を作動させることにより、前記弾性部を捩れ変形させながら、前記質量部を回動させ、前記光反射部で反射した光を走査する光スキャナを備える画像形成装置であって、

前記質量部は、樹脂材料を主材料として構成された板状の樹脂部と、前記樹脂部の前記支持基板と反対側の面に設けられ、シリコンを主材料として構成された板状のシリコン部と、前記シリコン部の前記樹脂部と反対の面に設けられた前記光反射部とを有し、

前記支持部は、前記支持基板側の面が前記支持基板に接合される部位と前記支持基板から露出する部位とを有し、

各前記弾性部および前記支持部は、それぞれ、前記樹脂部の主材料である前記樹脂材料と同一の樹脂材料を主材料として構成され、

前記質量部の前記樹脂部、各前記弾性部および前記支持部は、一体的に形成されており、

前記駆動手段は、前記樹脂部の前記シリコン部と反対側の面に設けられたコイルと、前記コイルに電気的に接続された一対の端子と、

前記一対の端子を介して前記コイルに交流電圧を印加する交流電源と、

前記質量部を介して前記質量部の回動中心軸に直交する方向に対向配置されるとともに、対向する面側が互いに異なる磁極となるよう設けられた一対の永久磁石とを有し、

前記交流電源から前記コイルへ前記交流電圧を印加することにより、前記質量部を前記支持部に対して回動させるように構成され、

前記拳動検知手段は、前記弾性部に設けられたピエゾ抵抗素子と、

前記シリコン部の前記樹脂部側の面に形成され、前記ピエゾ抵抗素子と電気的に接続された増幅回路と、

前記増幅回路に電気的に接続された入力端子および出力端子とを有し、

10

20

30

40

50

前記弾性部の捩れ変形の程度に応じて変化する前記ピエゾ抵抗素子を流れる電気信号を、前記增幅回路で増幅し、増幅後の信号に基づいて前記質量部の挙動を検知するよう構成され、

前記一対の端子、前記入力端子および前記出力端子は、それぞれ、前記支持部の前記支持基板側の面の前記支持基板から露出する部位に形成されていることを特徴とする。

これにより、小型で優れた描画特性を有する画像形成装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の光学デバイス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。

10

<第1実施形態>

まず、本発明の光学デバイスの第1実施形態を説明する。

図1は、本発明の光学デバイスの第1実施形態を示す斜視図、図2は、図1中のA-A線断面図、図3は、駆動手段を説明するための図、図4は、駆動手段を説明するための図、図5は、半導体回路を説明するための概略図である。

なお、以下では、説明の便宜上、図1中の紙面手前側を「上」、紙面奥側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言い、図2、図4中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言う。

【0017】

アクチュエータ1は、図1に示すような1自由度振動系を有する基体2と、この基体2を支持する支持基板3とを有している。

20

さらに、アクチュエータ1は、質量部21を回動させるための駆動手段4と、質量部21の挙動を検知するための挙動検知手段5とを有している。

基体2は、質量部(可動部)21と、1対の連結部22、23と、支持部24とを備えている。

【0018】

このようなアクチュエータ1にあっては、後述するコイル43に電圧を印加することにより1対の連結部22、23を捩れ変形させながら、質量部21を回動させるように構成されている。このとき、1対の連結部22、23は、図1に示す回動中心軸Xを中心にして回動する。

30

このような1対の連結部22、23は、非駆動時での質量部21の平面視にて、質量部21を中心として、ほぼ左右対称となるように設けられている。すなわち、本実施形態にかかるアクチュエータ1は、非駆動時での質量部21の平面視にて、質量部21を中心として、ほぼ左右対称となるように形成されている。さらに、アクチュエータ1は、平面視にて、回動中心軸Xに対して対称となるように形成されている。

【0019】

質量部21は、シリコンを主材料として構成された板状のシリコン部211と、シリコン部211の下面(支持基板3と対向する側の面)に設けられた板状の樹脂部212と、シリコン部211の上面(樹脂部212と反対側の面)に設けられた光反射部213とを有している。すなわち、質量部21は、シリコン部211と、樹脂部212と、光反射部213とが、シリコン部211の面の厚さ方向へ積層した積層構造を有している。言い換えすれば、質量部21は、シリコン部211を樹脂部212と光反射部213とで挟み込むようにして形成されている。

40

【0020】

シリコン部211を構成するシリコンの硬度は、一般に、樹脂材料の硬度に比べて高い(すなわち、ゆがみにくい)ため、質量部21の機械的強度を向上させることができる。これにより、質量部21の反り、歪み、撓みなどを抑制することができる。また、半導体であるシリコンを主材料としてシリコン部211を構成することで、後述する半導体回路を質量部21(シリコン部211)に形成することができる。

【0021】

50

シリコン部 211 の下面（樹脂部 212 側の面）上には、増幅回路（半導体回路）52 が形成されている。

また、樹脂部 212 の下面（シリコン部 211 と反対の面）上には、後述するコイル 43 が形成されている。

このような質量部 21 は、樹脂部 212 が連結部 22、23 を介して支持部 24 に接続されることはにより支持部 24 に支持されている。

【0022】

連結部 22 は、棒状（長手形状）をなす弾性変形可能な弾性部（弾性部材）で構成され、連結部 23 は、棒状をなす弾性変形可能な弾性部（弾性部材）で構成されている。したがって、以下、説明の便宜上、「連結部 22」を「弾性部 22」ともいい、「連結部 22」を「弾性部 22」ともいう。

弾性部 22 は、質量部 21 を支持部 24 に対して回動可能とするように、樹脂部 212 と支持部 24 とを連結している。これと同様に、弾性部 23 は、質量部 21 を支持部 24 に対して回動可能とするように、樹脂部 212 と支持部 24 とを連結している。このような弾性部 22 および弾性部 23 は、互いに同一形状かつ同一寸法となっている。

また、弾性部 22 の下面（支持基板 3 に対向する面）には、後述する応力検知素子 51 が設けられている。

弾性部 22、23 は、同軸的に設けられており、これらを回動中心軸（回転軸）X として、質量部 21 が支持部 24 に対して回動可能となっている。

【0023】

このような弾性部 22、23 は、その長手方向の全域にわたり、樹脂材料を主材料として構成されている。これにより、例えば、アクチュエータの構成材料として通常用いられるシリコンを主材料として弾性部 22、23 を形成した場合に比べ、弾性部 22、23 の剛性を低くすることができる。すなわち、弾性部 22、23 を捩れ変形させやすくすることができる。これにより、弾性部 22、23 の長手方向での長さを抑えつつ、1 対の弾性部 22、23 のねじりバネ定数を低くすることができる（すなわち、駆動周波数を低く設定することができる）。したがって、質量部 21 の質量を大きくしなくとも、低速で駆動させることができる。その結果、アクチュエータ 1 の小型化を図りつつ、アクチュエータ 1 の低速駆動を行うことができる。

【0024】

このような、弾性部 22、23 は、図 2 に示すように、質量部 21 の樹脂部 212 および支持部 24 と一体化している。言い換えすれば、弾性部 22、23 は、樹脂部 212 および支持部 24 と一体的に形成されている。ここで、質量部 21 の回動時にて、最も応力が集中する部分は、各弾性部 22、23 と樹脂部 212 との境界部および、各弾性部 22、23 と支持部 24 との境界部である。

【0025】

したがって、弾性部 22、23 と樹脂部 212 と支持部 24 とを一体化することで、弾性部 22、23 と樹脂部 212 と支持部 24 とが別体として形成されている場合（すなわち、弾性部 22 と樹脂部 212 との接合部が弾性部 22 と樹脂部 212 境界部に存在する場合）に比べ、機械的強度を向上させることができる。その結果、アクチュエータ 1 の耐久性が向上し、アクチュエータ 1 は、長期間にわたって安定した駆動を行うことができる。

また、弾性部 22、23 と樹脂部 212 と支持部 24 とは、同一の樹脂材料で形成されている。これにより、製造工程の簡易化を図ることができる。

【0026】

弾性部 22、23 と樹脂部 212 と支持部 24 とを構成する樹脂材料としては、質量部 21 を回動させることができれば、特に限定されないが、各種熱可塑性樹脂、各種熱硬化性樹脂を用いることができる。この中でも、特に、熱硬化性樹脂を用いることが好ましい。熱硬化性樹脂は、耐熱性に優れ、硬く、変質・変性しにくい性質を持つ。そのため、熱硬化性樹脂を用いることにより、アクチュエータ 1 は、長期間にわたり、所望の回動特性

10

20

30

40

50

を維持（発揮）することができる。また、アクチュエータ1を光学デバイスとして用いた場合には、光反射部213で反射しきれなかった光により質量部21が昇温してしまうことが考えられるが、このような場合であっても、熱硬化性樹脂は優れた耐熱性を有しているため、弾性部22、23などが変質・変性してしまうことを抑制することができる。その結果、アクチュエータ1は、長時間、連続的に使用される場合であっても、所望の走査特性を維持（発揮）することができる。

このような熱硬化性樹脂としては、特に限定されず、例えば、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエスチル樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ジアリルフタレート樹脂などを好適に用いることができる。

【0027】

10

以上のような基体2は、図1および図2に示すように、支持基板3に支持されている。

支持基板3は、その上面（基体2に対向する側の面）であって、支持部24に対向する位置に1対の凸部32、33が形成されている。言い換えすれば、支持基板3の上面には凹部30が形成されている。そして、その凸部32、33の上面と支持部24の下面とを接合させることにより、支持基板3は、基体2を支持している。

【0028】

さらに、凹部30の底面には質量部21に対応する部分に開口部31が形成されている。この開口部31は、質量部21が回動（振動）する際に、支持基板3に接触するのを防止する逃げ部を構成する。開口部（逃げ部）31を設けることにより、アクチュエータ1の全体の大型化を防止しつつ、質量部21の振れ角（振幅）をより大きく設定することができる。

20

【0029】

なお、前述したような逃げ部は、前記効果を十分に発揮し得る構成であれば、必ずしも支持基板3の下面（基体2と反対側の面）で開放（開口）していなくてもよい。すなわち、逃げ部は、支持基板3の上面に形成された凹部で構成することもできる。また、凹部30の深さ（凸部32、33の高さ）が質量部21の振れ角（振幅）に対し大きい場合には、開口部31を設けなくともよい。

このような支持基板3は、例えば、ガラスやシリコンを主材料として構成されている。

【0030】

30

次に、質量部21を回動させるための駆動手段4について詳述する。

駆動手段4は、図3に示すように、樹脂部212に設けられたのコイル43と、コイル43に電圧を印加するための交流電源（電圧印加手段）44と、質量部21を介して、回動中心軸Xに直角な方向に對向するように設けられた1対の磁石（磁極）41、42とを有している。このような駆動手段4は、交流電源44からコイル43へ交流電圧を印加することで、質量部21を支持部24に対して振動（回動）させるように構成されている。

【0031】

コイル43は、樹脂部212の下面（シリコン部211と反対側の面）上に設けられている。これにより、樹脂部212が絶縁層として機能するため、コイル43の配線間での短絡を防止することができる。また、例えば、シリコン部211上にコイル43を設ける場合には、シリコン部211上に絶縁層（酸化膜層）などを形成する必要があるが、本発明にかかるアクチュエータ1では、このような工程を別途設ける必要がない（省くことができる）。このような観点からみれば、アクチュエータ1の製造工程の簡易化を図ることができる。

40

【0032】

また、コイル43は、質量部21の平面視にて、回動中心軸Xに対してほぼ対称となるようにパターニングされている。これにより、コイル43を設けることによる、回動中心軸Xのぶれを抑制することができる。その結果、質量部21を安定的に回動させることができる。

また、コイル43は、樹脂部212の面の全域にわたり、渦巻き状にパターニングされている。

50

【0033】

コイル43を形成する電線（配線）の両端部のうちの一方は、支持部24に設けられた端子431に接続され、他方は、支持部24に設けられた端子432に接続されている。この端子431、432は、それぞれ、支持基板3の外部に露出している。

そして、端子431、432には交流電源44が接続されており、この交流電源44からコイル43へ交流電圧を印加することにより、コイル43から磁界を発生させることができる。

【0034】

磁石41と42とは、磁石41の磁石42と対向する側の面と、磁石42の磁石41と対向する側の面とが、互いに異なる磁極となるように設けられている。

10

このような磁石41、42としては、特に限定されないが、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、アルニコ磁石などの永久磁石を好適に用いることができる。

【0035】

以上のような構成の駆動手段4は、次のようにして質量部21を回動（駆動）させる。

なお、説明の便宜上、図4に示すように、磁石41の磁石42と対向する側の面をS極とし、磁石42の磁石41と対向する側の面をN極とした場合について代表して説明する。また、図4について、紙面上側を「上」とし、紙面下側を「下」とする。

まず、交流電源44により、端子431から端子432へ向けてコイル43に電流を流した場合（以下「第1の状態」という）について説明する。この場合、質量部21の回動中心軸Xよりも磁石42側の部分には、図4にて下方向の電磁力が作用する。一方、質量部21の回動中心軸Xよりも磁石41側の部分には、図4にて上方向の電磁力が作用する。これにより、質量部21は、図4にて、回動中心軸Xを軸として反時計回り（左回り）に回転する。

20

【0036】

反対に、交流電源44により、端子432から端子431へ向けてコイル43に電流を流した場合（以下「第2の状態」という）、質量部21のうち、回動中心軸Xよりも磁石42側では、図4にて上方向の電磁力が発生する。一方、質量部21のうち、回動中心軸Xよりも磁石41側では、図4にて下方向の電磁力が発生する。これにより、質量部21は、図4にて、回動中心軸Xを軸として時計回り（右回り）に回転する。

30

【0037】

そして、このような第1の状態と第2の状態とを交互に繰り返すことにより、弾性部22、23を捩れ変形させながら、質量部21を支持部24に対して回動させることができる。

さらに、電圧印加手段として交流電源44を用いることで、第1の状態と第2の状態とを周期的に、かつ、円滑に切り換えることができ、質量部21を円滑に回動させることができる。ただし、電圧印加手段としては、コイル43に電圧を印加することができれば、本実施形態（交流電源44）に限定されず、例えば、直流電源を用いてもよい。この場合には、例えば、コイル43に直流電圧を間欠的に印加することで、質量部21を支持部24に対して回動させることができる。

40

【0038】

次に、拳動検知手段5について、図5に基づいて詳述する。なお、図5は、図1中C-C線から見た断面図であるが、説明の便宜上、支持基板3および樹脂部212を省略している。

拳動検知手段5は、図5に示すように、弾性部22の下面に設けられた応力検知素子51と、シリコン部211に形成され、応力検知素子51に電気的に接続された增幅回路（半導体回路）52とを有している。また、支持部24には、入力端子521と出力端子522とが形成されており、これらは、それぞれ増幅回路52と電気的に接続されている。また、入力端子521および出力端子522は、それぞれ、支持基板3の外部へ露出するように設けられている。なお、応力検知素子51としては、ピエゾ抵抗素子などを好適に

50

用いることができる。

【0039】

このような挙動検知手段5は、増幅回路52からの信号に基づいて質量部21の挙動を検知するように構成されている。具体的には、応力検知素子51は、変形量に対応して抵抗値が変化する性質を有する。このような応力検知素子51を捩れ変形する弾性部22上に設けることで、弾性部22の捩れ変形の程度に対応して(すなわち質量部21の回動角に対応して)、応力検知素子51の抵抗値が変化することとなる。

【0040】

応力検知素子51の抵抗値が変化することで、応力検知素子51に流れる電流値(電気信号)が変化し、その電気信号の変化を増幅回路52で増幅し、増幅後の信号に基づいて、質量部21の挙動を検知する。これにより、より正確に質量部21の挙動を検知することができる。

なお、応力検知素子51の抵抗値変化に基づく電流値(電気信号)の変化は、微弱であるため、本実施形態のように、増幅回路52により電気信号を増幅させることで、質量部21の挙動をより正確に検知することができる。

【0041】

増幅回路52は、シリコン部211の樹脂部212側の面上に形成されているため、シリコン部211の下面を有効利用することができる。その結果、アクチュエータ1の小型化を図ることができる。ここで、このような増幅回路52をシリコン部211上に形成すると、質量部21の質量が大きくなり、その分回動速度が低下する。このような観点からしても、アクチュエータ1は、小型を図りつつ、低速駆動を行うことができる。

【0042】

また、増幅回路52は、応力検知素子51の近傍に形成されている。すなわち、増幅回路52と応力検知素子51との間の距離が極めて小さい。これにより、増幅回路52と応力検知素子51とを接続する配線の長さを短くすることができるため、ノイズの発生を抑制することができる。この結果、より正確に質量部21の挙動を検知することができる。

また、樹脂部212は、コイル43と増幅回路52とを電気的に絶縁する絶縁層としても機能する。これにより、例えば、コイル43と増幅回路52とを絶縁する絶縁層を別途形成しなくてもよいため、アクチュエータ1の製造工程の簡略化を図ることができる。また、コイル43と増幅回路52とを確実に絶縁することができる。

以上のように、増幅回路52として機能する半導体回路について説明したが、半導体回路としては、質量部21の駆動および/または挙動(回動速度や回動角など)を検知するための半導体回路であれば特に限定されず、例えば、駆動のためのドライバ回路であってもよいし、アクチュエータ1の温度を検知する温度検知用の回路であってもよい。

【0043】

このようなアクチュエータ1は、例えば、次のようにして製造することができる。

図6ないし図8は、それぞれ、第1実施形態のアクチュエータ1の製造方法を説明するための図(縦断面図)である。なお、以下では、説明の便宜上、図6ないし図8中の上側を「上」、下側を「下」と言う。

また、基体2を得る工程を[A1]とし、支持基板3を得る工程を[A2]とし、基体2と支持基板3からアクチュエータ1を得る工程を[A3]とする。

【0044】

[A1]まず、図6(a)に示すように、例えば、シリコン基板60を用意する。

次に、図6(b)に示すように、シリコン基板60の上面のシリコン部211に対応する位置に増幅回路(半導体回路)52を形成する。

次に、図6(c)に示すように、例えば、ポリイミドなどの液化した樹脂材料をスピニコートにより塗布し、乾燥、固化させることにより、シリコン基板60の上面(増幅回路52が形成された面)の全域にわたって、樹脂層(樹脂部)70を形成する。さらに、増幅回路52に配線するための貫通穴71を形成する。

【0045】

10

20

30

40

50

次に、樹脂層 70 の上面に、例えば、Cu、Al などの金属膜を形成する（図示せず）。この金属膜をコイル 43 および増幅回路 52 の配線のパターニング形状（平面視形状）に対応するようにエッチングする。さらに応力検知素子 51 を所定の位置に形成する。これにより、図 6 (d) に示すように、樹脂層 70 の上面にコイル 43 等が形成された複合基板を得ることができる。

金属膜の成膜方法としては、真空蒸着、スパッタリング（低温スパッタリング）、イオンプレーティング等の乾式メッキ法、電解メッキ、無電解メッキ等の湿式メッキ法、溶射法、金属箔の接合等が挙げられる。なお、以下の各工程における金属膜の成膜においても、同様の方法を用いることができる。

【0046】

次に、図 6 (e) に示すように、樹脂部 70 の上面（コイル 43 が形成されている面）に、シリコン部 211 と、支持部 24 と、弾性部 22、23 との形状（平面視形状）に対応するように、例えば、アルミニウム等により金属マスク 80 を形成する。また、シリコン基板 60 の下面（樹脂部 70 とは反対側の面）に、シリコン部 211 の形状（平面視形状）に対応するように、例えば、アルミニウム等により金属マスク 81 を形成する。

【0047】

次に、金属マスク 80 を介して、シリコン基板 60 および樹脂部 70 をエッチングした後、金属マスク 80 を除去する。これにより、図 7 (a) に示すように、シリコン部 211 と支持部 24 と 1 対の弾性部 22、23 との形状にエッチングされた、樹脂部 70 とシリコン基板 60 との積層体が得られる。

エッチング方法としては、例えば、プラズマエッチング、リアクティブイオンエッチング、ビームエッチング、光アシストエッチング等の物理的エッチング法を用いることができる。

【0048】

次に、金属マスク 81 を介して、シリコン基板 60 を除去するようにエッチングした後、金属マスク 81 を除去する。これにより、図 7 (b) に示すように、その長手方向の全域にわたって樹脂部 70 で構成された弾性部 22、23 を形成することができる。

エッチング方法としては、例えば、プラズマエッチング、リアクティブイオンエッチング、ビームエッチング、光アシストエッチング等の物理的エッチング法、ウェットエッチング等の化学的エッチング法等のうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせて用いることができる。なお、以下の各工程におけるエッチングにおいても、同様の方法を用いることができる。

【0049】

この後、図 7 (c) に示すように、シリコン部 211 上に金属膜を成膜し、光反射部 213 を形成する。これにより、樹脂部 212 と弾性部 22、23 と支持部 24 とが一体的に形成された基体 2 が得られる。なお、ここで、シリコン基板 60 に対しエッチングを行った後、金属マスク 81 は除去してもよく、除去せずに残存させてもよい。金属マスク 81 を除去しない場合、シリコン部 211 上に残存した金属マスク 81 は光反射部 213 として用いることができる。

【0050】

【A2】次に、図 8 (a) に示すように、支持基板 3 を形成するための基板として、例えばシリコン基板 61 を用意する。

そして、図 8 (b) に示すように、シリコン基板 61 の一方の面（下面）に、開口部 31 を形成する領域を除いた部分に対応するように、例えば、アルミニウム等により金属マスク 82 を形成する。また、シリコン基板 61 の他方の面（上面）に、凹部 30 に対応するように、例えば、アルミニウム等により金属マスク 83 を形成する。

【0051】

次に、この金属マスク 83 を介して、凹部 30 に対応する深さまで貫通するようにシリコン基板 61 をエッチングした後、金属マスク 83 を除去する。次に、金属マスク 82 を介してシリコン基板 61 を貫通するまでエッチングをした後、金属マスク 82 を除去する

10

20

30

40

50

。これにより、図 8 (c) に示すように、凹部 30 および開口部 31 が形成された支持基板 3 が得られる。

【 0 0 5 2 】

[A 3] 次に、図 8 (d) に示すように、前記工程 [A 1] で得られた基体 2 と、前記工程 [A 2] で得られた支持基板 3 とを例えれば接着剤により接合し、アクチュエータ 1 を得る。

以上のようにして、第 1 実施形態のアクチュエータ 1 が製造される。

以上説明したようなアクチュエータ 1 は光反射部 213 を備えているため、例えれば、光スキャナ、光スイッチ、光アッテネータなどに適用することができる。

【 0 0 5 3 】

本発明にかかる光スキャナは、本発明にかかるアクチュエータ 1 と同様に、質量部と、光反射部と、支持部と、1 対の弾性部と、駆動手段とを有している。このような光スキャナは、前記駆動手段を作動させることにより、前記弾性部を変形させながら、前記質量部を回動させ、前記光反射部で反射した光を走査するものである。また、光スキャナの駆動手段は、アクチュエータ 1 の駆動手段 4 と同様である。これにより、小型化を図りつつ、低速駆動を行うことのできる光スキャナを提供することができる。

【 0 0 5 4 】

このような光スキャナは、例えれば、レーザープリンタ、イメージング用ディスプレイ、バーコードリーダー、走査型共焦点顕微鏡などの画像形成装置に好適に適用することができる。

以上、本発明のアクチュエータについて、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い。例えれば、本発明のアクチュエータ 1 では、各部の構成は、同様の機能を発揮する任意の構成のものに置換することができ、また、任意の構成を付加することもできる。

【 0 0 5 5 】

また、前述した実施形態では、アクチュエータの中心を通り質量部や駆動部の回動軸線 X に直角な面に対しほぼ対称（左右対称）な形状をなしている構造を説明したが、非対称であってもよい。

また、前述した実施形態では、渦巻き状をなすコイルについて説明したが、質量部を回動させるための磁界を発生させることができれば、特に限定されない。また、コイルの形状は、回動中心軸 X に対して、非対称でもよい。

【 0 0 5 6 】

また、前述した本実施形態では、弾性部が、その長手方向の全域にわたって、樹脂材料を主成分として構成されているものについて説明したが、弾性部のねじりバネ定数を低くすることができれば、これに限定されず、例えれば、その長手方向の一部が樹脂を主材料として構成されていてもよい。

また、前述した実施形態では、各連結部が 1 つの弾性部で構成されているものについて説明したが、質量部を回動させることができれば、これに限定されない。

【 0 0 5 7 】

また、各連結部における弾性部の数、配置、形状は任意である。例えれば、(1) 平面視にて、回動中心軸を介して互いに対向するように設けられた 1 対の弾性部で構成されているものであってもよい。この場合には、例えれば、各弾性部が、その長手方向の全域にわたって樹脂材料で構成されていてもよいし、いずれか一方の弾性部が、その長手方向の全域にわたって樹脂材料で構成されていてもよい。

(2) また、各連結部の弾性部が、その長手方向の途中で分岐しているものであってもよい。この場合、例えれば、弾性部の一端から分岐部までをシリコンで構成し、分岐部か他端までを樹脂材料で構成してもよい。

(3) また、各連結部が、回動中心軸上に延在する第 1 の弾性部と、この中心軸部材を介して互いに対向する 1 対の第 2 の弾性部とを有していてもよい。この場合、例えれば、第 1 の弾性部をシリコンで構成し、各第 2 の弾性部を樹脂材料で構成してもよい。

10

20

30

40

50

【0058】

また、前述した実施形態では、1自由度振動系について説明したが、質量部を回動させることができれば、これに限定されず、例えば、2自由度振動系であってもよい。具体的には、各連結部が、板状の駆動部と、前記駆動部と支持部とを連結する第1の弾性部と、前記駆動部と質量部とを連結する第2の弾性部とで構成されていてもよい。この場合には、樹脂材料を主成分として構成された樹脂部は、第1の弾性部および／または第2の弾性部に形成されることとなる。

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図1】本発明のアクチュエータの第1実施形態を示す斜視図である。

10

【図2】図1中のA-A線断面図である。

【図3】駆動手段を説明するための図である。

【図4】図1中のB-B線断面図である。

【図5】拳動検知手段および半導体回路を説明するための図である。

【図6】本発明のアクチュエータの製造方法を説明する図である。

【図7】本発明のアクチュエータの製造方法を説明する図である。

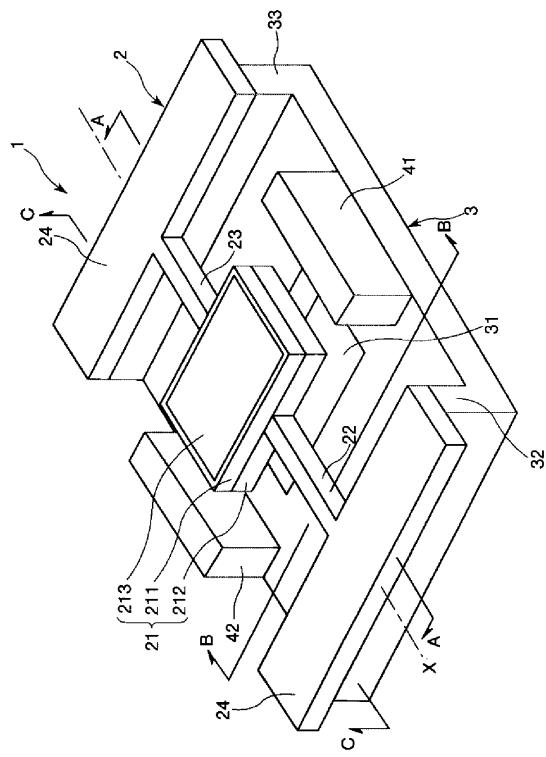
【図8】本発明のアクチュエータの製造方法を説明する図である。

【符号の説明】

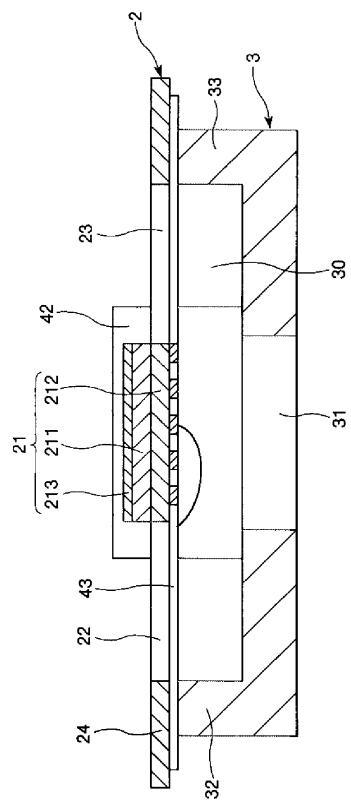
【0060】

1	アクチュエータ	2	基体	21	質量部	211	シリコン部	20
2 1 2	樹脂部	2 1 3	光反射部	2 2、2 3	連結部(弹性部)	2		
4	支持部	3	支持基板	3 0	凹部(空間)	3 1	開口部(逃げ	
部)	3 2、3 3	凸部	4	駆動手段	4 1、4 2		磁石(磁極)	4 3
	コイル	4 3 1、4 3 2		端子(電極)	4 4		交流電源(電圧印加手段	
)	5	拳動検知手段	5 1	応力検知素子	5 2		増幅回路(半導体回路	
)	5 2 1	入力端子(電極)	5 2 2	出力端子(電極)	6 0、6 1			
シリコン基板	7 0	樹脂部(樹脂層)	7 1	貫通穴	8 0、8 1、8 2、8			
3	金属マスク	X	回動中心軸					

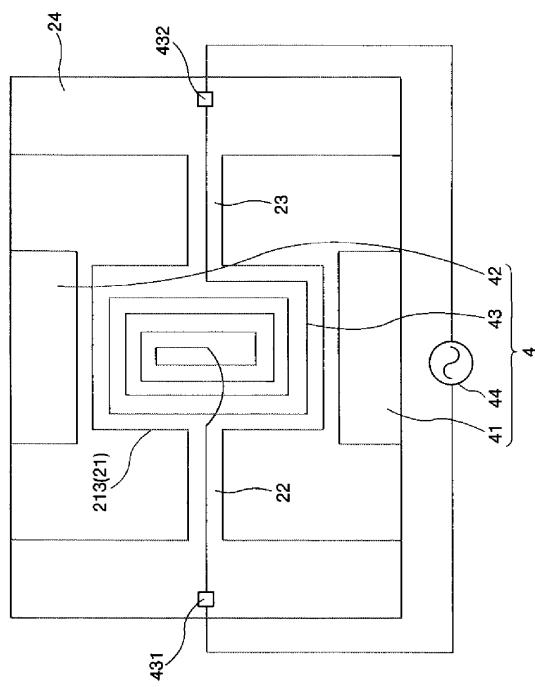
【図1】



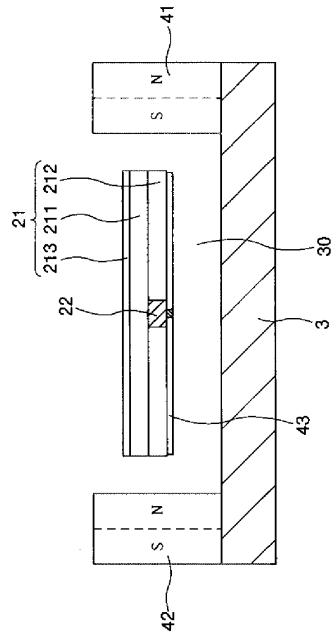
【図2】



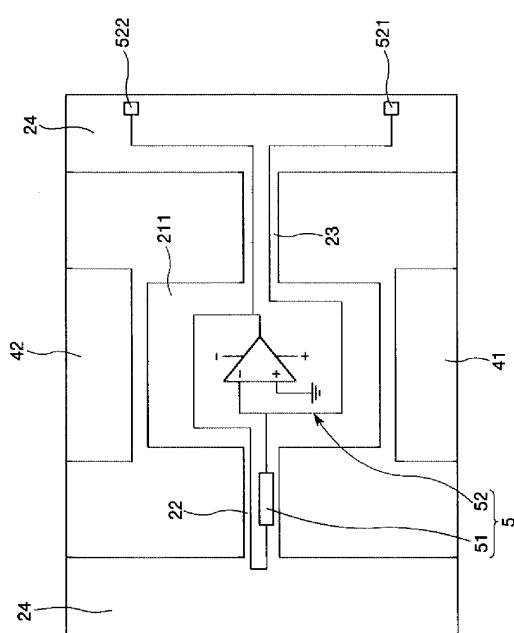
【図3】



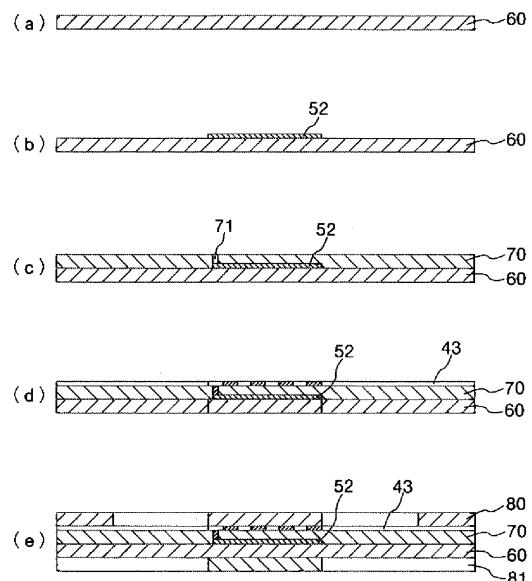
【図4】



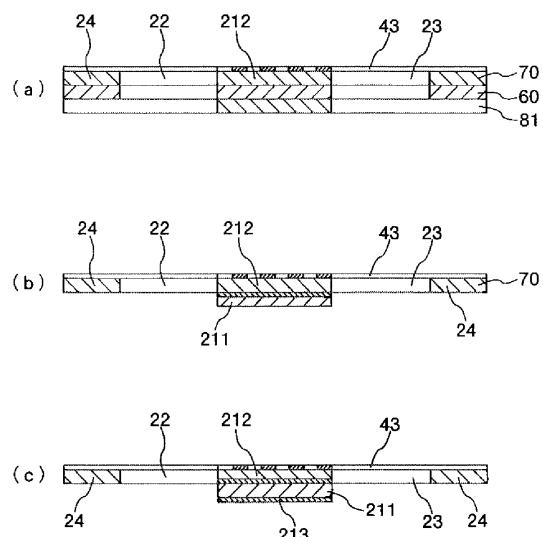
【図5】



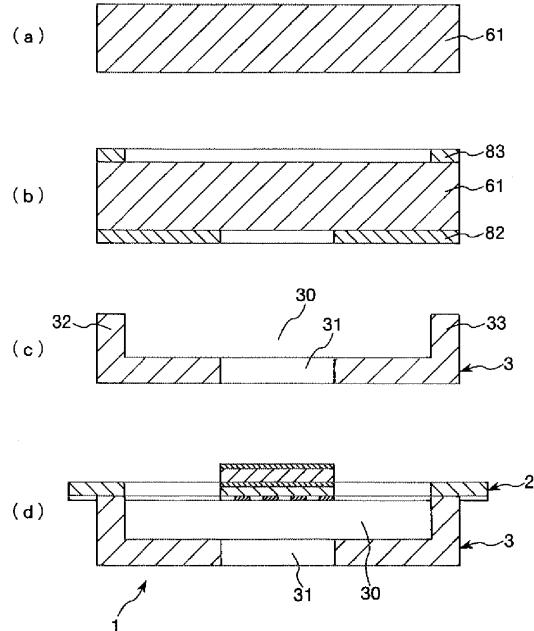
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 04N 1/113 (2006.01) H 04N 1/04 104Z

(56)参考文献 特開2002-307396 (JP, A)
特開2002-214561 (JP, A)
特開2000-081589 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 81B 1/00-7/04、
B 41J 2/44、
G 02B 26/00-26/12、
H 04N 1/04-1/203