

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年5月30日(30.05.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/076844 A1

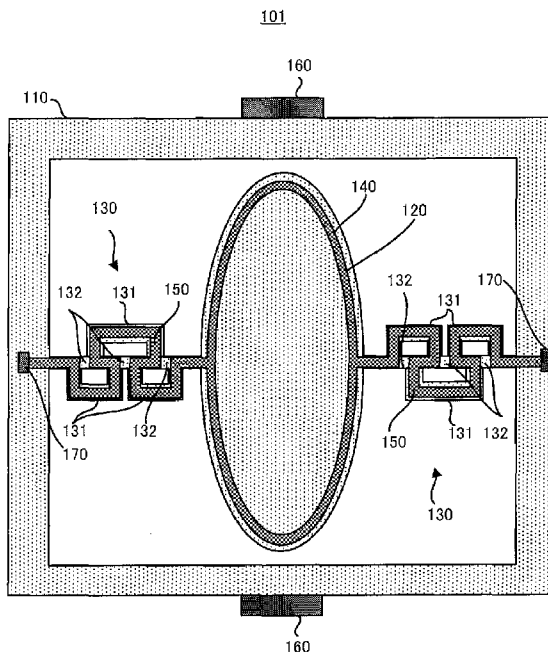
- (51) 国際特許分類:
B81B 3/00 (2006.01) *H02K 33/18* (2006.01)
G02B 26/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/077068
- (22) 国際出願日: 2011年11月24日(24.11.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): パイオニア株式会社(PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号 Kanagawa (JP). パイオニア・マイクロ・テクノロジー株式会社(PIONEER MICRO TECHNOLOGY CORPORATION) [JP/JP]; 〒4000053 山梨県甲府市大里町465番地 Yamanashi (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 藤本 健二郎(FUJIMOTO, Kenjiro) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP). 山村 雄一(YAMAMURA, Yuuichi) [JP/JP]; 〒4000053 山梨県甲府市大里町465番地 パイオニア・マイクロ・テクノロジー株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 江上 達夫, 外(EGAMI, Tatsuo et al.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 オークビル京橋3階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: ACTUATOR

(54) 発明の名称: アクチュエータ

[図1]



(57) Abstract: An actuator (101) is provided with a movable section (120), a supporting section (110) surrounding the movable section, a torsion bar (130) for connecting the movable section and the supporting section so that the movable section is able to swing, and a processing circuit (140) formed on the movable section for processing related to the rocking motion of the movable section. The torsion bar comprises (i) a first bar part (131) having wiring (150) formed to establish a connection to the processing circuit and (ii) a second bar part (132) devoid of wiring. The maximum value of stress applied to the first bar part when the movable section rocks is smaller than the maximum value of stress applied to the second bar part when the movable section rocks.

(57) 要約: アクチュエータ(101)は、可動部(120)と、可動部を取り囲む支持部(110)と、可動部が揺動可能なように可動部と支持部とを接続するトーションバー(130)と、可動部に形成されると共に当該可動部の揺動に関連する処理を行う処理回路(140)とを備えており、トーションバーは、(i)処理回路につながる配線(150)が形成される第1バー部分(131)と、(ii)配線が形成されない第2バー部分(132)とを含み、可動部が揺動した場合に第1バー部分に加わる応力の最大値は、可動部が揺動した場合に第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さい。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、例えばミラー等が設けられた可動部を駆動するMEMSスキャナ等のアクチュエータの技術分野に関する。

背景技術

[0002] 例えば、ディスプレイ、プリンティング装置、精密測定、精密加工、情報記録再生などの多様な技術分野において、半導体プロセス技術によって製造されるMEMS (Micro Electro Mechanical System) デバイスについての研究が活発に進められている。このようなMEMSデバイスとして、レーザ光のスキニングに用いられるMEMSスキャナが知られている。このようなMEMSスキャナは、可動板と、可動板を取り囲む枠状の支持枠と、可動板を支持枠に対して揺動可能に軸支するトーションバーとを備えている。

[0003] ここで、一般的なMEMSスキャナでは、可動板の表面の中央にはミラーが形成され、当該ミラーの周囲に駆動用コイルが形成される。そして、駆動用コイルに対して静磁界を発生させるための1対の永久磁石が、支持枠に配置される。このように構成されたMEMSスキャナによれば、駆動用コイルに対して制御電流が供給されることで、駆動用コイルに電磁駆動力（ローレンツ力）が発生する。従って、駆動用コイルが形成されている可動板が揺動される。

[0004] このようなMEMSスキャナを開示する先行技術として、特許文献1から特許文献5が一例としてあげられる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表2005-517990号公報

特許文献2：特開2010-39496号公報

特許文献3：特表2007-525025号公報

特許文献4：特表2007-522529号公報

特許文献5：特開2007-295780号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] ところで、可動板に形成される駆動用コイルには、可動板の外部に形成される電源から、トーションバーに形成される配線を介して駆動用の制御電流が供給されるのが一般的である。しかしながら、可動板の遙動に伴ってトーションバーにねじれが生ずると、当該トーションバー上に形成されている配線にもまたねじれに起因した応力が加わる。その結果、当該応力によって配線の断線が生じてしまうという技術的な問題点が生ずる。
- [0007] 尚、上述した技術的な問題点は、回転するように可動板（或いは、任意の可動部）を遙動させるMEMSスキャナのみならず、任意の態様で可動板（或いは、任意の可動部）を遙動させるMSMSアクチュエータに対しても同様に生じ得る。
- [0008] 更には、上述した技術的な問題点は、可動板に形成される駆動コイルにつながるようにトーションバー上に形成される配線のみならず、可動板に形成される任意の処理回路につながるようにトーションバー上に形成される配線についても同様に生じ得る。
- [0009] 本発明は、例えば前述した従来の問題点に鑑みなされたものであり、例えばトーションバーに形成される配線の断線を好適に防ぎながらトーションバーによって支持される可動部を遙動させることが可能なアクチュエータを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0010] アクチュエータは、上記課題を解決するために、可動部と、当該可動部を取り囲む支持部と、前記可動部が揺動可能なように前記可動部と前記支持部とを接続するトーションバーと、前記可動部に形成されると共に当該可動部の遙動に関連する処理を行う処理回路とを備えており、前記トーションバーは、(i)前記処理回路につながる配線が形成される第1バー部分と、(ii)前記

配線が形成されない第2バー部分とを含み、前記可動部が揺動した場合に前記第1バー部分に加わる応力の最大値は、前記可動部が揺動した場合に前記第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さい。

[0011] 本発明の作用及び他の利得は次に説明する実施形態から明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1実施例のアクチュエータの構成の一例を示す平面図である。

[図2]第1実施例のアクチュエータが備えるトーションバーの構成の詳細を示す平面図である。

[図3]第2実施例のアクチュエータの構成の一例を示す平面図である。

[図4]第3実施例のアクチュエータの構成の一例を示す平面図である。

[図5]第4実施例のアクチュエータの構成の一例を示す平面図である。

[図6]第5実施例のアクチュエータの構成の一例を示す平面図である。

[図7]第6実施例のアクチュエータの構成の一例を示す平面図である。

[図8]第7実施例のアクチュエータの構成の一例を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、アクチュエータの実施形態について順に説明する。

[0014] 本実施形態のアクチュエータは、可動部と、当該可動部を取り囲む支持部と、前記可動部が揺動可能なように前記可動部と前記支持部とを接続するトーションバーと、前記可動部に形成されると共に当該可動部の揺動に関連する処理を行う処理回路とを備えており、前記トーションバーは、(i)前記処理回路につながる配線が形成される第1バー部分と、(ii)前記配線が形成されない第2バー部分とを含み、前記可動部が揺動した場合に前記第1バー部分に加わる応力の最大値は、前記可動部が揺動した場合に前記第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さい。

[0015] 本実施形態のアクチュエータによれば、トーションバーによって懸架された可動部が揺動する。可動部は、例えば、トーションバーが伸長する方向を中心軸として回転するように揺動してもよいし、或いは、トーションバーが伸長する方向に沿って又はトーションバーが伸長する方向と交わる方向に沿

って移動するように揺動してもよい。

[0016] このとき、トーションバーは、可動部と支持部とを直接的に接続していてもよい。或いは、トーションバーは、可動部と支持部とを間接的に（言い換えれば、間に任意の部材を介在させた上で）接続してもよい。

[0017] 可動部には、処理回路が形成されている。このとき、処理回路は、可動部の表面上に形成されていてもよいし、可動部の内部に埋め込まれるように形成されていてもよい。処理回路は、例えば、可動部の揺動に関連する任意の処理を行う回路である。このような処理回路として、例えば、可動部を揺動させるためのローレンツ力を発生させるための駆動コイルや、可動部の揺動の態様（例えば、傾きや揺動量等）を検出する検出回路等が一例としてあげられる。処理回路には、アクチュエータが備える又はアクチュエータの外部に用意される電源ないしは信号源から、後述する配線を介して、可動部を揺動に関連する制御電流ないしは制御信号等が供給される。

[0018] 本実施形態では、トーションバーは、第1バー部分と第2バー部分とを含んでいる。

[0019] 第1バー部分は、可動部が揺動した場合（例えば、可動部が所定量だけ揺動した場合）に加わる応力の最大値が、相対的に小さくなるバー部分である。言い換えれば、第1バー部分は、可動部が揺動した場合（例えば、可動部が所定量だけ揺動した場合）に加わる応力の最大値が、第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さくなるバー部分である。更に、第1バー部分は、配線が形成されているバー部分である。

[0020] 一方で、第2バー部分は、可動部が揺動した場合（例えば、可動部が所定量だけ揺動した場合）に加わる応力の最大値が、相対的に小さくなるバー部分である。言い換えれば、第2バー部分は、可動部が揺動した場合（例えば、可動部が所定量だけ揺動した場合）に加わる応力の最大値が、第1バー部分に加わる応力の最大値よりも大きくなるバー部分である。更に、第2バー部分は、配線が形成されていないバー部分である。

[0021] 尚、第1バー部分及び第2バー部分は、1つのトーションバーを上述した

配線の有無や可動部が揺動した場合に加わる応力の最大値（或いは、更に後述する、可動部の揺動に対する寄与度や、全長や、幅や、厚さ等）の観点から区別できるような形状、構造又は配置位置を有していることが好ましい。但し、第1バー部分及び第2バー部分は、1つのトーションバーを上述した配線の有無や可動部が揺動した場合に加わる応力の最大値（或いは、更に後述する、可動部の揺動に対する寄与度や、全長や、幅や、厚さ等）の観点から区別できる限りは、どのような形態を有していてもよいとも言える。例えば、第1バー部分と第2バー部分とは、それらの全体が物理的に分離されていてもよいし、それらの一部が重複していてもよい（例えば、後述するように一体化していてもよい）。

[0022] また、トーションバーは、第1バー部分及び第2バー部分以外のバー部分を更に含んでいてもよい。例えば、トーションバーは、可動部が揺動した場合に加わる応力の最大値が相対的に小さく（例えば、第1バー部分に加わる応力の最大値よりも小さく）且つ配線が形成されない第3バー部分や、可動部が揺動した場合に加わる応力の最大値が相対的に大きく（例えば、第2バー部分に加わる応力の最大値よりも大きく）且つ配線が形成される第4バー部分を更に含んでいてもよい。このような第3バー部分や第4バー部分を含んでいるアクチュエータであっても、第1バー部分及び第2バー部分を含んでいる限りは、本実施形態のアクチュエータの範囲に含まれることは明らかである。

[0023] このような本実施形態のアクチュエータによれば、可動部が揺動する場合には、配線が形成されている第1バー部分のみならず配線が形成されていない第2バー部分もまた可動部を揺動させるようにトーションバーが撓む又はねじれる。このとき、可動部が揺動する場合には、第2バー部分が主としてトーションバーの撓み又はねじれの動作を規定することが好ましいが、第1バー部分が主としてトーションバーの撓み又はねじれの動作を規定してもよいし、第1バー部分及び第2バー部分の双方が均等にトーションバーの撓み又はねじれの動作を規定してもよい。ここで、上述したように、トーション

バーの撓み又はねじれに起因して第2バー部分に加わる応力は相対的に大きくなってしまふ。しかるに、第2バー部分には配線が形成されていないため、トーションバーが第1バー部分と第2バー部分とに区別（言い換えれば、分離）されていない（つまり、1つのトーションバー上に配線が形成され且つ当該1つのトーションバーがトーションバーの撓み又はねじれの動作を規定する）アクチュエータと比較して、トーションバーの撓み又はねじれ等に起因して配線が断線するおそれは相対的に低い。

[0024] 一方で、可動部が遥動する場合であっても、第1バー部分に加わる応力は相対的に小さくなる。従って、トーションバーが第1バー部分と第2バー部分とに区別されていない（つまり、1つのトーションバー上に配線が形成され且つ当該1つのトーションバーがトーションバーの撓み又はねじれの動作を規定する）アクチュエータと比較して、第1バー部分に形成された配線が、トーションバーの撓み又はねじれ等に起因して断線するおそれは相対的に低い。

[0025] その結果、本実施形態のアクチュエータによれば、トーションバーに形成される配線の断線を好適に防ぎながらトーションバーによって支持される可動部を遥動させることができる。

[0026] 尚、配線の材料等を工夫する（例えば、断線に対する耐性が高い材料を用いて配線を形成する）ことで配線の断線を防止する対応策も考えられる。しかしながら、配線の材料が制約されてしまうがゆえに、配線を含むアクチュエータの設計上の制約につながりかねない。しかるに、本実施形態によれば、配線の材料を制約することなく、配線の断線を防止することができる。

[0027] 更に、第1バー部分と第2バー部分とに区別することなくトーションバー全体の長さを長くすることで、当該トーションバー上に形成される配線に加わる応力を抑制する対応策も考えられる。しかしながら、配線に加わる応力の抑制を優先させるためにトーションバー全体の長さを長くするだけでは、トーションバーの本来の機能である可動部の遥動に制約が生ずるおそれがある。しかるに、本実施形態によれば、トーションバーを第1バー部分と第2

バー部分とに区別しているため、配線に加わる応力を抑制しつつもトーションバーの本来の機能である可動部の揺動に影響を与えることは殆どない。

[0028] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記第1バー部分の全長は、前記第2バー部分の全長よりも長い。

[0029] この態様によれば、第1バー部分の全長を相対的に長くすることで、第1バー部分に加わる応力の最大値を相対的に小さくすることができる。同様に、第2バー部分の全長を相対的に短くすることで、第2バー部分に加わる応力の最大値を相対的に大きくすることができる。つまり、第1バー部分の全長を第2バー部分の全長よりも長くすることで、第1バー部分に加わる応力の最大値を第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さくすることができる。

[0030] 上述の如く第1バー部分の全長が第2バー部分の全長よりも長いアクチュエータの態様では、前記第1バー部分は、前記支持部から前記可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向と交わる方向に少なくとも1回以上折れ曲がった形状を有しているように構成してもよい。

[0031] このように構成すれば、第1バー部分の少なくとも一部の形状を折れ曲がった形状にするすることで、第1バー部分の全長を相対的に長くする（つまり、第2バー部分の全長よりも長くする）ことができる。

[0032] 尚、第1バー部分の形状が折れ曲がった形状とは、例えば、前記支持部から前記可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向に対して、第1バー部分が一旦異なる方向に向けて伸長した後に元の方向に戻るよう伸長する形状や、第1バー部分が蛇行しながら伸長する形状や、第1バー部分がジグザグ状に折れ曲がりながら伸長する形状等が一例としてあげられる。

[0033] また、この場合には、第2バー部分は、支持部から可動部に向かうようにトーションバーが伸長する方向と交わる方向に折れ曲がっていない形状を有していることが好ましい。例えば、第2バー部分は、支持部から可動部に向けて（或いは、支持部とトーションバーとの接続点から可動部とトーション

バーとの接続点に向けて) 最短経路を通過する形状を有していてもよい。但し、第2バー部分は、支持部から可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向と交わる方向に折れ曲がっている形状を有していてもよい。同様に、第2バー部分は、支持部から可動部に向けて(或いは、支持部とトーションバーとの接続点から可動部とトーションバーとの接続点に向けて) 最短経路を通過しない形状を有していてもよい。

[0034] 上述の如く第1バー部分の全長が第2バー部分の全長よりも長いアクチュエータの態様では、前記第1バー部分は、前記支持部から前記可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向とは逆の方向に向かって少なくとも1回以上折り返された形状を有しているように構成してもよい。

[0035] このように構成すれば、第1バー部分の少なくとも一部の形状を折り返された形状にするすることで、第1バー部分の全長を相対的に長くする(つまり、第2バー部分の全長よりも長くする)ことができる。

[0036] 尚、第1バー部分の形状が折り返された形状とは、例えば、前記支持部から前記可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向に対して伸長している第1バー部分が、当該方向に対して90度以上の角度を有して折れ曲がる(つまり、折り返される)形状等が一例としてあげられる。

[0037] また、この場合には、第2バー部分は、支持部から可動部に向かうようにトーションバーが伸長する方向とは逆の方向に向かって折り返されていない形状を有していることが好ましい。例えば、第2バー部分は、支持部から可動部に向けて(或いは、支持部とトーションバーとの接続点から可動部とトーションバーとの接続点に向けて) 最短経路を通過する形状を有していてもよい。但し、第2バー部分は、支持部から可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向とは逆の方向に向かって折り返された形状を有していてもよい。同様に、第2バー部分は、支持部から可動部に向けて(或いは、支持部とトーションバーとの接続点から可動部とトーションバーとの接続点に向けて) 最短経路を通過しない形状を有していてもよい。

[0038] 上述の如く第1バー部分の全長が第2バー部分の全長よりも長いアクチュ

エータの態様では、前記可動部は、所定の回転軸に沿って回転するように揺動し、前記第1バー部分の少なくとも一部は、前記回転軸に沿った方向とは異なる方向に伸長するように形成され、前記第2バー部分は、前記回転軸に沿った方向に伸長するように形成されるように構成してもよい。

[0039] このように構成すれば、第1バー部分の形状を回転軸に沿った方向とは異なる方向に伸長する形状にするすることで、回転軸に沿った方向に伸長する形状を有している第2バー部分の全長と比較して、第1バー部分の全長を相対的に長くすることができる。

[0040] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記第1バー部分は、前記第2バー部分よりも薄い。

[0041] この態様によれば、第1バー部分の厚さを相対的に薄くすることで、第1バー部分に加わる応力の最大値を相対的に小さくすることができる。同様に、第2バー部分の厚さを相対的に厚くすることで、第2バー部分に加わる応力の最大値を相対的に大きくすることができる。つまり、第1バー部分の厚さを第2バー部分の厚さよりも薄くすることで、第1バー部分に加わる応力の最大値を第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さくすることができる。

[0042] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記可動部の揺動に対する前記第2バー部分の寄与度は、前記可動部の揺動に対する前記第1バー部分の寄与度よりも大きい。

[0043] この態様によれば、第2バー部分が主として可動部の揺動の態様を規定する。つまり、可動部の揺動の態様に対して第1バー部分が与える影響は、第2バー部分が与える影響よりも小さくなる。言い換えれば、第2バー部分が主としてトーションバーの撓み又はねじれの動作を規定する。つまり、トーションバーの撓み又はねじれの動作に対して、第1バー部分が与える影響は、第2バー部分が与える影響よりも小さくなる。

[0044] その結果、可動部を揺動させるトーションバーの撓み又はねじれの動作を主として規定するがゆえに、第2バー部分には、相対的に大きな応力が加わ

る。しかしながら、第2バー部分には配線が形成されていないため、トーションバーの撓み又はねじれ等に起因して配線が断線するおそれは相対的に低い。一方で、可動部を遙動させるトーションバーの撓み又はねじれの動作を主として規定していないがゆえに、第1バー部分に加わる応力は、可動部を遙動させるトーションバーの撓み又はねじれの動作を主として規定する第2バー部分に加わる応力よりも小さくなる。従って、第1バー部分に形成された配線が、トーションバーの撓み又はねじれ等に起因して断線するおそれは相対的に低い。

[0045] 尚、トーションバーの撓み又はねじれによって可動部が遙動することを考慮すれば、「可動部の遙動に対する寄与度」とは、トーションバーの撓み又はねじれの動作を規定する度合い（ないしは、割合）を示すとも言える。

[0046] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記第1バー部分が伸長する方向における前記第1バー部分の幅は、前記第2バー部分が伸長する方向における前記第2バー部分の幅よりも太い。

[0047] この態様によれば、配線を形成するがゆえに当該配線の幅によって定まる所定幅よりも補足することができないという制約がある第1バー部分に対して、第2バー部分はそのような制約がない。このため、第2バー部分は、いわゆるトーションバーとして理想的な細い棒状の形状を有することができ、結果として、主として可動部の遙動の態様を規定することができる。言い換えれば、第2バー部分が主としてトーションバーの撓み又はねじれの動作を規定することができる。その結果、可動部を遙動させるトーションバーの撓み又はねじれの動作を主として規定するがゆえに、第2バー部分には、相対的に大きな応力が加わる。しかしながら、第2バー部分には配線が形成されていないため、トーションバーの撓み又はねじれ等に起因して配線が断線するおそれは相対的に低い。

[0048] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記第1バー部分は、前記第2バー部分と物理的に分離している。

[0049] この態様によれば、配線が形成される第1バー部分と配線が形成される第

2バー部分とを物理的に分離することができるため、配線の断線をより一層好適に防ぐことができる。

[0050] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記第1バー部分と前記第2バー部分とは少なくとも1回以上互いに交差すると共に、当該交差する部分において前記第1バー部分の少なくとも一部が前記第2バー部分の少なくとも一部と一体的に形成されている。

[0051] この態様では、第1バー部分と第2バー部分とが少なくとも1回以上一体化される（言い換えれば、接合される）ため、第1バー部分の単独での撓み又はねじれ（或いは、共振）を好適に防ぐことができる。つまり、第1バー部分の単独での撓み又はねじれ（或いは、共振）によって可動部の遥動の態様に悪影響が生ずる事態を好適に防ぐことができる。

[0052] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記可動部は、所定の回転軸に沿って回転するように遥動し、前記第1バー部分は、前記回転軸とは異なる位置に形成され、前記第2バー部分は、前記回転軸上に形成される。

[0053] この態様では、第2バー部分は、回転軸上に形成されるがゆえに、トーションバーの撓み又はねじれの動作を主として規定することができる。その結果、第2バー部分に加わる応力の最大値を相対的に大きくすることができる。一方で、第1バー部分は、回転軸上に形成されないがゆえに、トーションバーの撓み又はねじれの動作を主として規定することがあまりない。その結果、第1バー部分に加わる応力の最大値を相対的に小さくすることができる。つまり、第1バー部分に加わる応力の最大値を第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さくすることができる。

[0054] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記トーションバーは、前記支持部の内側の相対向する2つの辺から前記可動部を挟み込むように伸びる1対のトーションバーであり、前記1対のトーションバーの少なくとも一方は、前記第1バー部分と前記第2バー部分とを含む。

[0055] この態様では、可動部を挟みこむ1対のトーションバーのうちの一方が、第1バー部分と第2バー部分の双方を含む。つまり、可動部の両側にトーシ

ョンバーが配置されるアクチュエータにおいて、可動部の片側に、第１バー部分と第２バー部分の双方が配置される。

[0056] 本実施形態のアクチュエータの他の態様では、前記可動部は、所定の回転軸に沿って回転するように揺動し、前記第１バー部分及び前記第２バー部分の少なくとも一方は、前記回転軸に対して対称となる形状を有している。

[0057] この態様によれば、可動部の揺動（つまり、回転軸に沿った回転）が相対的にスムーズに行われる。従って、可動部の通常の揺動に大きな影響を与えることなく、トーションバーを、第１バー部分と第２バー部分とに区別することができる。

[0058] 本実施形態のこのような作用及び他の利得は次に説明する実施例から明らかにされる。

[0059] 以上説明したように、本実施形態のアクチュエータによれば、可動部と、支持部と、トーションバーと、駆動コイルとを備え、トーションバーは、配線が形成される第１バー部分及び配線が形成されない第２バー部分を含み、第１バー部分に加わる応力の最大値が第２バー部分に加わる応力の最大値よりも小さくなる。従って、トーションバーに形成される配線の断線を好適に防ぎながらトーションバーによって支持される可動部を揺動させることができる。

実施例

[0060] 以下、実施例について図を参照しつつ説明する。

[0061] （１）第１実施例

以下、図１及び図２を参照して、第１実施例のアクチュエータ１０１について説明する。図１は、第１実施例のアクチュエータ１０１の構成の一例を示す平面図である。図２は、第１実施例のアクチュエータ１０１が備えるトーションバー１３０及び配線１４０の形状の詳細を示す詳細拡大図である。

[0062] 図１に示すように、第１実施例のアクチュエータ１０１は、例えばレーザー光のスキャニングに用いられるプレーナ型電磁駆動アクチュエータ（即ち、MEMSスキャナ）である。アクチュエータ１０１は、支持部１１０と、可

動部 120 と、一对のトーションバー 130 と、一对の永久磁石 160 とを備えている。

[0063] 支持部 110、可動部 120 及び一对のトーションバー 130 は、例えばシリコン基板等の非磁性基板から一体的に形成されている。即ち、支持部 110、可動部 120 及び一对のトーションバー 130 は、例えばシリコン基板等の非磁性基板の一部が除去されることにより間隙が形成されることで形成されている。このときの形成プロセスとして、MEMS プロセスが用いられることが好ましい。尚、シリコン基板に代えて、任意の弾性材料から、支持部 110、可動部 120 及び一对のトーションバー 130 が一体的に形成されてもよい。

[0064] 支持部 110 は、可動部 120 を取り囲むような枠形状を有しており、可動部 120 の両側に位置する（言い換えれば、可動部 120 の両側から当該可動部を挟み込む）一对のトーションバー 130 によって可動部 120 と接続されている。

[0065] 可動部 120 は、揺動可能なように一对のトーションバー 130 によって支持部 110 に軸支されている。可動部 120 の表面には、レーザ光を反射する不図示のミラーが形成される。可動部 120 の表面には、更に、駆動コイル 140 が形成されている。但し、駆動コイル 140 は、可動部 120 の内部に形成されてもよい。

[0066] 駆動コイル 140 は、例えば、可動部 120 の表面に形成される不図示のミラーを取り囲むように伸長するコイルである。駆動コイル 140 は、例えば相対的に導電率の高い材料（例えば、金や銅等）を用いて形成されてもよい。また、駆動コイル 140 は、めっきプロセスやスパッタリング法等の半導体製造プロセスを用いて形成されてもよい。或いは、駆動コイル 140 は、支持部 110、可動部 120 及び一对のトーションバー 130 を形成するためのシリコン基板に対してインプラント法を用いて埋め込まれてもよい。尚、図 1 上では、図面の見やすさを重視して、駆動コイル 140 の外形を簡略化して記載してあるが、実際には、駆動コイル 140 は、可動部 120 の

表面上に形成された一又は複数の巻き線によって構成されている。

[0067] 駆動コイル 140 には、支持部 110 上に形成されている電源端子 170 及び当該電源端子 170 と駆動コイル 140 とを電氣的に接続するための配線 150 であって且つトーションバー 130 上に形成された配線 150 を介して、電源から制御電流が供給される。制御電流は、可動部 120 を遙動させるための制御電流であって、典型的には、可動部 120 が遙動する周波数と同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。尚、電源は、アクチュエータ 101 自身が備えている電源であってもよいし、アクチュエータ 101 の外部に用意される電源であってもよい。

[0068] 一对のトーションバー 130 は、可動部 120 が支持部 110 に対して揺動可能なように、可動部 120 と支持部 110 とを接続する。一对のトーションバー 130 の弾性によって、可動部 120 は、一对のトーションバー 130 が伸長する方向に沿った軸を中心軸（言い換えれば、回転軸）として回転するように遙動する。つまり、可動部 120 は、図 1 における左右の方向に沿った軸を中心軸として、当該中心軸の周りで回転するように遙動する。

[0069] 一对の永久磁石 160 は、支持部 110 の外部に取り付けられている。一对の永久磁石 160 は、駆動コイル 140 に対して所定の静磁界を印加することができるように、その磁極の向きが適切に設定されていることが好ましい。尚、一对の永久磁石 160 には、静磁界の強度を高めるために、ヨークが付加されていてもよい。

[0070] このような第 1 実施例のアクチュエータ 101 が動作する（具体的には、可動部 120 が遙動する）場合には、まず、電源から、電源端子 170 及び配線 150 を介して、駆動コイル 140 に対して制御電流が供給される。一方で、駆動コイル 140 には、一对の永久磁石 160 によって静磁界が印加されている。従って、駆動コイル 140 には、一对の永久磁石 160 から印加される静磁界と駆動コイル 140 に供給される制御電流との電磁相互作用に起因した力（つまり、ローレンツ力）が生ずる。その結果、駆動コイル 140 が形成されている可動部 120 は、一对の永久磁石 160 から印加され

る静磁界と駆動コイル 140 に供給される制御電流との電磁相互作用に起因したローレンツ力によって揺動する。つまり、可動部 120 は、図 1 における左右の方向に沿った軸を中心軸として回転するように揺動する。

[0071] 第 1 実施例では特に、一对のトーションバー 130 の夫々は、第 1 バー部分 131 と、第 2 バー部分 132 とを含んでいる。第 1 バー部分 131 と第 2 バー部分 132 とは、以下の図 2 を用いて説明される 2 つの視点から区別されることが好ましい。ここに、図 2 (a) は、トーションバー 130 の形状の詳細を示す拡大平面図であり、図 2 (b) は、トーションバー 130 が含む第 1 バー部分 131 の形状の詳細を示す拡大平面図であり、図 2 (b) は、トーションバー 130 が含む第 2 バー部分 132 の形状の詳細を示す拡大平面図である。尚、図 2 (a) から図 2 (c) では、トーションバー 130 の形状を分かりやすく説明するために、点線で示す配線 150 が併記されている。更に、図 1 及び図 2 では、一对のトーションバー 130 の双方が第 1 バー部分 131 と第 2 バー部分 132 とを含む例を説明しているが、一对のトーションバー 130 のいずれか一方のみが第 1 バー部分 131 と第 2 バー部分 132 とを含んでいてもよい。つまり、一对のトーションバー 130 のいずれか他方は、第 1 バー部分 131 と第 2 バー部分 132 とを含んでいなくともよい。

[0072] まず、第 1 の視点として、第 1 バー部分 131 と第 2 バー部分 132 とは、可動部 120 が揺動した場合に加わる応力の最大値によって区別される。具体的には、可動部 120 が所定量だけ揺動した場合に第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値は、可動部 120 が所定量だけ揺動した場合に第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値よりも小さい。言い換えれば、可動部 120 が所定量だけ揺動した場合に第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値は、可動部 120 が所定量だけ揺動した場合に第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値よりも大きい。

[0073] 第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値と第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値とを異なるものとするために、第 1 実施例では、図 2 (a) か

ら図2(c)に示すように、第1バー部分131の全長(具体的には、第1バー部分131が伸長する方向における全長)と、第2バー部分132の全長(具体的には、第2バー部分132が伸長する方向における全長)とを異なるものとしている。より具体的には、図2(a)から図2(c)に示すように、第1バー部分131の全長は、第2バー部分132の全長よりも長くなっている。言い換えれば、図2(a)から図2(c)に示すように、第2バー部分132の全長は、第1バー部分131の全長よりも短くなっている。つまり、第1実施例のトーションバー130は、全長が相対的に長い第1バー部分131と全長が相対的に短い第2バー部分132とを含んでいる。

[0074] このように第1バー部分131の全長と第2バー部分132の全長とを異なるものとするために、第1実施例では、第1バー部分131の形状と第2バー部分132の形状とを異なるものとしている。

[0075] 具体的には、第1実施例では、第2バー部分132は、支持部110から可動部120に向かってトーションバー130が伸長する方向(具体的には、図1及び図2の左右の方向)に沿って伸長している。このとき、第2バー部分132は、支持部110から可動部120に向かってトーションバー130が伸長する方向(具体的には、図1及び図2の左右の方向)のみに沿って伸長していてもよい。一方で、第1バー部分131は、支持部110から可動部120に向かってトーションバー130が伸長する方向のみならず、当該方向から折れ曲がった方向にも伸長していてもよい。より具体的には、第1バー部分131は、支持部110から可動部120に向かってトーションバー130が伸長する方向と交わる方向(図1及び図2の例では、直交する方向)にも伸長していてもよい。

[0076] 尚、支持部110から可動部120に向かってトーションバー130が伸長する方向は、実質的には、可動部120の回転軸の方向と一致している。従って、可動部120の回転軸という観点から見れば、第2バー部分132は、可動部120の回転軸に沿った方向に伸長していると言える。一方で、第1バー部分131は、可動部120の回転軸に沿った方向とは異なる方向

にも伸長していると言える。

[0077] 更に、第1バー部分131は、支持部110から可動部120に向かう方向（図1及び図2における、左側から右側へ向かう方向）のみならず、当該方向とは逆の方向（図1及び図2における、右側から左側へ向かう方向）にも伸長していてもよい。或いは、第1バー部分131は、支持部110から可動部120に向かう方向（図1及び図2における、左側から右側へ向かう方向）のみならず、当該方向から見て折り返された方向（当該方向を基準として、少なくとも90度以上の角度を有して折り返された方向であって、図1及び図2における右側から左側へ向かう方向）にも伸長していてもよい。

[0078] 但し、第1バー部分131の全長と第2バー部分132の全長とを異なるものとするための具体的な手法が上述した例に限定されないことは言うまでもない。つまり、上述した例以外のその他の態様で第1バー部分131及び第2バー部分132を伸長させることで、第1バー部分131の全長と第2バー部分132の全長とを異なるものとしてもよいことは言うまでもない。

[0079] このように、第1バー部分131に加わる応力の最大値と第2バー部分132に加わる応力の最大値とを異なるものとする（可動部120が所定量だけ揺動した場合に第1バー部分131に加わる応力が、可動部120が同一の所定量だけ揺動した場合に第2バー部分132に加わる応力よりも小さくする）ことで、可動部120が揺動した場合に、第2バー部分132に応力を集中させることができる。

[0080] このとき、可動部120の揺動に対して第1バー部分131が寄与する（言い換えれば、貢献する）度合と可動部120の揺動に対して第2バー部分132が寄与する度合いとが異なるものとなることが好ましい。具体的には、可動部120の揺動に対して第1バー部分131が寄与する度合を、可動部120の揺動に対して第2バー部分132が寄与する度合いよりも小さくすることが好ましい。言い換えれば、可動部120の揺動に対して第2バー部分132が寄与する度合を、可動部120の揺動に対して第1バー部分131が寄与する度合いよりも大きくすることが好ましい。この場合、可動部

１２０は、主として、第２バー部分１３２の撓み又はねじれに起因して揺動する。

[0081] 尚、可動部１２０の揺動に対する寄与度を相対的に大きくするという観点から見れば、少なくとも第２バー部分１３２は、可動部１２０の回転軸上に位置することが好ましい。但し、第２バー部分１３２が可動部１２０の回転軸上に位置しなくともよい。第２バー部分１３２が可動部１２０の回転軸上に位置しない場合であっても、可動部１２０の揺動に対して第２バー部分１３２が寄与する度合を、可動部１２０の揺動に対して第１バー部分１３１が寄与する度合いよりも大きくすることができる。また、第１バー部分１３１もまた、その少なくとも一部が可動部１２０の回転軸上に位置していることが好ましい。但し、第１バー部分１３１は、可動部１２０の回転軸上に位置していなくともよい。

[0082] また、可動部１２０の揺動に対する寄与度を相対的に大きくするという観点から見れば、第２バー部分１３２は、上述した又は後述する条件若しくは制約を満たししつつも、できるだけ硬いことが好ましい。特に、第２バー部分１３２は、可動部１２０の回転方向に対しては柔らかい一方でそれ以外の方向に対して硬いことが好ましい。また、第１バー部分１３１は、上述した又は後述する条件若しくは制約を満たししつつも、できるだけ柔らかいことが好ましい。但し、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２との間の相対的な硬さの関係は一律に決まるとは限らず、第１バー部分１３１が第２バー部分１３２よりも硬くなってもよいし、第２バー部分１３２が第１バー部分１３１よりも硬くなってもよい。尚、第１バー部分１３１も、第２バー部分１３２と同様に、可動部１２０の回転方向に対しては柔らかい一方でそれ以外の方向に対して硬いことが好ましい。結果、第１バー部分１３１及び第２バー部分１３２は、全体として、可動部１２０の揺動に対してはいわば１本のトーションバー１３０として適切に作用する程度の硬さを有していることが好ましい。

[0083] 但し、可動部１２０の揺動に対して第１バー部分１３１が寄与する度合と

可動部 120 の遙動に対して第 2 バー部分 132 が寄与する度合いとが同一であってもよい。或いは、可動部 120 の遙動に対して第 2 バー部分 132 が寄与する度合いが、可動部 120 の遙動に対して第 1 バー部分 131 が寄与する度合いよりも小さくなくてもよい。

[0084] 尚、上述の説明では、第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値と第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値とを異なるものとするために、第 1 バー部分 131 の全長を第 2 バー部分 132 の全長と異なるものとしている。しかしながら、第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値と第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値とを異なるものとするために、第 1 バー部分 131 及び第 2 バー部分 132 の夫々の全長を異なるものとするに加えて又は代えて、第 1 バー部分 131 及び第 2 バー部分 132 の夫々のその他の特性（例えば、材料や材質や製造方法等）を異なるものとしてよい。

[0085] 或いは、第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値と第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値とを異なるものとするために又は第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値と第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値とを異なるものとするに加えて若しくは代えて、図 2（a）から図 2（c）に示すように、第 1 バー部分 131 の少なくとも一部の幅（具体的には、第 1 バー部分 131 が伸長する方向に沿った幅）と、第 2 バー部分 132 の少なくとも一部の幅（具体的には、第 2 バー部分 132 が伸長する方向に沿った幅）とを異なるものとしてもよい。より具体的には、図 2（a）から図 2（c）に示すように、第 1 バー部分 131 の幅は、第 2 バー部分 132 の幅よりも太くしてもよい。言い換えれば、図 2（a）から図 2（c）に示すように、第 2 バー部分 132 の幅は、第 1 バー部分 131 の幅よりも狭くしてもよい。つまり、第 1 実施例のトーションバー 130 は、幅が相対的に太い第 1 バー部分 131 と幅が相対的に狭い第 2 バー部分 132 とを含んでいてもよい。

[0086] 或いは、第 1 バー部分 131 に加わる応力の最大値と第 2 バー部分 132 に加わる応力の最大値とを異なるものとするために又は第 1 バー部分 131

に加わる応力の最大値と第２バー部分１３２に加わる応力の最大値とを異なるものとするに加えて若しくは代えて、第１バー部分１３１の少なくとも一部の厚さ（具体的には、アクチュエータ１０１の厚み方向に沿った大きさ）と、第２バー部分１３２の少なくとも一部の厚さとを異なるものとしてもよい。より具体的には、例えば、第１バー部分１３１の厚さは、第２バー部分１３２の厚さよりも薄くしてもよい。言い換えれば、第２バー部分１３２の厚さは、第１バー部分１３１の厚さよりも狭くしてもよい。つまり、第１実施例のトーションバー１３０は、厚さが相対的に薄い第１バー部分１３１と厚さが相対的に厚い第２バー部分１３２とを含んでいてもよい。

[0087] 或いは、第１バー部分１３１に加わる応力の最大値と第２バー部分１３２に加わる応力の最大値とを異なるものとするために又は第１バー部分１３１に加わる応力の最大値と第２バー部分１３２に加わる応力の最大値とを異なるものとするに加えて若しくは代えて、第１バー部分１３１及び第２バー部分１３２の夫々のその他の特性（例えば、材料や材質や製造方法等）を異なるものとすることで、可動部１２０の揺動に対して第１バー部分１３１が寄与する度合と可動部１２０の揺動に対して第２バー部分１３２が寄与する度合いとを異なるものとしてもよい。この場合、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とは、可動部１２０が揺動した場合に加わる応力の最大値によって区別されることに代えて、可動部１２０の揺動に対して寄与する度合いによって区別される。

[0088] 更に、第２の視点として、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とは、その上に駆動コイル１４０につながる配線１５０が形成されているか否かによって区別される。具体的には、第１バー部分１３１には、配線１５０が形成されている。一方で、第２バー部分１３２には、配線１５０が形成されていない。

[0089] 尚、駆動コイル１４０につながる配線１５０に加えて又は代えて、可動部１２０上に存在する任意の回路につながると共に当該任意の回路の動作に関連する有効な信号が供給される任意の配線が形成されているか否かによって

、第1バー部分131と第2バー部分132とが区別されてもよい。この場合、第1バー部分131には、任意の配線が形成されている一方で、第2バー部分132には、任意の配線が形成されていない。

[0090] 但し、いわゆるダミーの配線（例えば、(i)供給される信号が、アクチュエータ101の動作に対して有効に使用されない配線や、(ii)断線したとしてもアクチュエータ101の正常な動作に対して何ら影響を及ぼさない配線等）については、第2バー部分132上に形成されていてもよい。

[0091] 以上説明したように、第1実施例のアクチュエータ101によれば、可動部120が遥動する場合には、第1バー部分131や第2バー部分132が可動部120を遥動させるようにトーションバー130が撓む又はねじれる。このとき、トーションバー130の撓み又はねじれ（言い換えれば、可動部120の遥動）に起因して相対的に硬い第2バー部分132に加わる応力は相対的に大きくなってしまう。しかるに、第2バー部分132には配線150が形成されていないため、トーションバーが第1バー部分と第2バー部分とに分離していない（つまり、1つのトーションバー上に配線が形成され且つ当該1つのトーションバーが可動部の遥動を規定する）比較例のアクチュエータと比較して、トーションバー130の撓み又はねじれ等に起因して配線150が断線するおそれは相対的に低い。

[0092] 一方で、可動部120が遥動する場合であっても、第1バー部分131に加わる応力は相対的に小さいままである。言い換えれば、可動部120が遥動する場合であっても、第1バー部分131に加わる応力は、第2バー部分132に加わる応力よりも小さくなる。従って、トーションバーが第1バー部分と第2バー部分とに分離していない（つまり、1つのトーションバー上に配線が形成され且つ当該1つのトーションバーが可動部の遥動を規定する）アクチュエータと比較して、第1バー部分131に形成された配線150が、トーションバー130の撓み又はねじれ等に起因して断線するおそれは相対的に低い。

[0093] その結果、第1実施例のアクチュエータ101によれば、トーションバー

１３０に形成される配線１５０の断線を好適に防ぎながらトーションバー１３０によって支持される可動部１２０を遥動させることができる。

[0094] 尚、第１実施例のアクチュエータ１０１によれば、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とが少なくとも１回以上交差している。尚、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とは、互いに交差する箇所で一体化されている（言い換えれば、結合ないしは統合されている）ことが好ましい。例えば、図１及び図２に示すアクチュエータ１０１では、各第２バー部分１３２の両端で第１バー部分１３１と交差しているため、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とは、６回交差している。つまり、図１及び図２に示すアクチュエータ１０１では、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とは、６箇所で一体化している。このように、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とが少なくとも１回以上交差する（言い換えれば、少なくとも１ヶ所以上で一体化する）ことで、第１バー部分１３１が単独で共振してしまうことが殆どなくなる。従って、トーションバー１３０を第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とに分離したとしても、可動部１２０の遥動に与える影響は小さくなる又は殆どなくなる。

[0095] また、トーションバー１３０は、第１バー部分１３１及び第２バー部分１３２以外のバー部分を更に含んでいてもよい。例えば、トーションバー１３０は、相対的に柔らかく且つ配線１５０が形成されない第３バー部分や、相対的に硬く且つ配線１５０が形成される第４バー部分を更に含んでいてもよい。

[0096] （２）第２実施例

続いて、図３を参照して、第２実施例のアクチュエータ１０２について説明する。図３は、第２実施例のアクチュエータ１０２の構成の一例を示す平面図である。尚、第１実施例のアクチュエータ１０１が備える構成要素と同一の構成要素については、同一の参照符号を付してその詳細な説明については省略する。

[0097] 図３に示すように、第２実施例のアクチュエータ１０２は、第１実施例の

アクチュエータ１０１と比較して、第１バー部分１３１の全体と第２バー部分１３２の全体とが物理的に分断されている（言い換えれば、分離されている）という点で異なっている。つまり、第２実施例のアクチュエータ１０２では、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とが互いに１回も交差することなく（言い換えれば、一度も一体化することなく）、互いに別個独立に支持部１１０から可動部１２０に向かって伸長している。

[0098] このような第２実施例のアクチュエータ１０２であっても、第１実施例のアクチュエータ１０１が享受することができる各種効果を好適に享受することができる。加えて、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とを完全に分離されているため、可動部１２０が揺動した場合の応力を第２バー部分１３２により一層集中させることができる。その結果、第１バー部分１３１上に形成される配線１５０の断線をより一層好適に防ぐことができる。

[0099] （３）第３実施例

続いて、図４を参照して、第３実施例のアクチュエータ１０３について説明する。図４は、第３実施例のアクチュエータ１０３の構成の一例を示す平面図である。尚、第１実施例のアクチュエータ１０１が備える構成要素と同一の構成要素については、同一の参照符号を付してその詳細な説明については省略する。

[0100] 図４に示すように、第３実施例のアクチュエータ１０３は、第１実施例のアクチュエータ１０１と比較して、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とが物理的に分離した状態で可動部１２０と接続されているという点で異なっている。尚、第１実施例のアクチュエータ１０１では、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とは、支持部１１０から可動部１２０に向かう途中の経路では一時的に分離しているものの、可動部１２０に接続する段階では一体化されている（或いは、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とを区別することができない）。尚、第３実施例のアクチュエータ１０３は、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とが物理的に一体化した状態（或いは、第１バー部分１３１と第２バー部分１３２とを区別することができな

い状態)で支持部110に接続されているという点では、第1実施例のアクチュエータ101と同一である。

[0101] このような第3実施例のアクチュエータ103であっても、第1実施例のアクチュエータ101が享受することができる各種効果を好適に享受することができる。

[0102] (4) 第4実施例

続いて、図5を参照して、第4実施例のアクチュエータ104について説明する。図5は、第4実施例のアクチュエータ104の構成の一例を示す平面図である。尚、第1実施例のアクチュエータ101が備える構成要素と同一の構成要素については、同一の参照符号を付してその詳細な説明については省略する。

[0103] 図5に示すように、第4実施例のアクチュエータ104は、第1実施例のアクチュエータ101と比較して、第1バー部分131と第2バー部分132とが物理的に分離した状態で支持部110と接続しているという点で異なっている。尚、第1実施例のアクチュエータ101では、第1バー部分131と第2バー部分132とは、支持部110から可動部120に向かう途中の経路では一時的に分離しているものの、支持部110に接続する段階では一体化されている(或いは、第1バー部分131と第2バー部分132とを区別することができない)。尚、第4実施例のアクチュエータ104は、第1バー部分131と第2バー部分132とが物理的に一体化した状態(或いは、第1バー部分131と第2バー部分132とを区別することができない状態)で可動部120と接続しているという点では、第1実施例のアクチュエータ101と同一である。

[0104] このような第4実施例のアクチュエータ104であっても、第1実施例のアクチュエータ101が享受することができる各種効果を好適に享受することができる。

[0105] (5) 第5実施例

続いて、図6を参照して、第5実施例のアクチュエータ105について説

明する。図6は、第5実施例のアクチュエータ105の構成の一例を示す平面図である。尚、第1実施例のアクチュエータ101が備える構成要素と同一の構成要素については、同一の参照符号を付してその詳細な説明については省略する。

[0106] 図6に示すように、第5実施例のアクチュエータ105は、第1実施例のアクチュエータ101と比較して、第1バー部分131が、支持部110から可動部120に向かう方向から見て折り返された方向に伸長していない（言い換えれば、折り返されていない）という点で異なっている。尚、第1実施例のアクチュエータ101では、第1バー部分131は、その少なくとも一部が、支持部110から可動部120に向かう方向から見て折り返された方向に伸長している。

[0107] このような第5実施例のアクチュエータ105であっても、第1実施例のアクチュエータ101が享受することができる各種効果を好適に享受することができる。

[0108] （6）第6実施例

続いて、図7を参照して、第6実施例のアクチュエータ106について説明する。図7は、第6実施例のアクチュエータ106の構成の一例を示す平面図である。尚、第1実施例のアクチュエータ101が備える構成要素と同一の構成要素については、同一の参照符号を付してその詳細な説明については省略する。

[0109] 図7に示すように、第6実施例のアクチュエータ106は、第1実施例のアクチュエータ101と比較して、可動部622の2軸駆動を行うことができるという点で異なっている。具体的には、第6実施例のアクチュエータ106は、支持部110と、可動枠621と、可動部622と、一对のトーションバー130と、一对のトーションバー630と、一对の永久磁石160とを備えている。

[0110] 支持部110、可動枠621、可動部622、一对のトーションバー130及び一对のトーションバー630は、例えばシリコン基板等の非磁性基板

から一体的に形成されている。即ち、支持部 110、可動枠 621、可動部 622、一对のトーションバー 130 及び一对のトーションバー 630 は、例えばシリコン基板等の非磁性基板の一部が除去されることにより間隙が形成されることで形成されている。このときの形成プロセスとして、MEMS プロセスが用いられることが好ましい。尚、シリコン基板に代えて、任意の弾性材料から、支持部 110、可動枠 621、可動部 622、一对のトーションバー 130 及び一对のトーションバー 630 が一体的に形成されてもよい。

[0111] 支持部 110 は、可動枠 621 を取り囲むような枠形状を有しており、可動枠 621 の両側に位置する（言い換えれば、可動枠 621 の両側から当該可動枠 621 を挟み込む）一对のトーションバー 130 によって可動枠 621 と接続されている。

[0112] 可動枠 621 は、可動部 622 を取り囲むような枠形状を有しており、揺動可能なように一对のトーションバー 130 によって支持部 110 に軸支されている。可動枠 120 の表面には、駆動コイル 140 が形成されている。但し、駆動コイル 140 は、可動枠 621 の内部に形成されてもよい。

[0113] 駆動コイル 140 には、支持部 110 上に形成されている電源端子 170 及び当該電源端子 170 と駆動コイル 140 とを電氣的に接続するための配線 150 であって且つトーションバー 130 上に形成された配線 150 を介して、電源から制御電流が供給される。制御電流は、可動枠 621 を揺動させるための制御電流であって、典型的には、可動枠 621 が揺動する周波数と同期した周波数の信号成分を含む交流電流である。

[0114] 可動部 622 は、揺動可能なように一对のトーションバー 630 によって可動枠部 621 に軸支されている。可動部 622 の表面には、レーザ光を反射する不図示のミラーが形成される。

[0115] また、図面の見やすさを重視して図 7 上では図示していないものの、可動部 622 上にもまた、第 1 実施例のアクチュエータ 101 が備える可動部 120 と同様に、駆動コイルが形成されることが好ましい。

- [0116] 一对のトーションバー 130 は、可動枠 621 が支持部 110 に対して揺動可能なように、可動枠 621 と支持部 110 とを接続する。一对のトーションバー 130 の弾性によって、可動枠 621 は、一对のトーションバー 130 が伸長する方向に沿った軸を中心軸（言い換えれば、回転軸）として回転するように揺動する。つまり、可動枠 621 は、図 7 における左右の方向に沿った軸を中心軸として、当該中心軸の周りで回転するように揺動する。このとき、可動部 622 は、一对のトーションバー 630 を介して可動枠 621 に接続されている。従って、可動枠 621 の揺動に伴って、可動部 622 は、実質的には、図 7 における左右の方向に沿った軸を中心軸として、当該中心軸の周りで回転するように揺動する。
- [0117] 一对のトーションバー 630 は、可動部 622 が可動枠 621 に対して揺動可能なように、可動部 622 と可動枠 621 とを接続する。一对のトーションバー 630 の弾性によって、可動部 622 は、一对のトーションバー 630 が伸長する方向に沿った軸を中心軸（言い換えれば、回転軸）として回転するように揺動する。つまり、可動部 622 は、図 7 における上下の方向に沿った軸を中心軸として、当該中心軸の周りで回転するように揺動する。
- [0118] 一对の永久磁石 160 は、支持部 110 の外部に取り付けられている。一对の永久磁石 160 は、駆動コイル 140 に対して所定の静磁界を印加することができるように、その磁極の向きが適切に設定されていることが好ましい。尚、一对の永久磁石 160 には、静磁界の強度を高めるために、ヨークが付加されていてもよい。
- [0119] このような第 6 実施例のアクチュエータ 106 が動作する（具体的には、可動部 120 が揺動する）場合には、まず、電源から、電源端子 170 及び配線 150 を介して、駆動コイル 140 に対して制御電流が供給される。このとき駆動コイル 140 に対して供給される制御電流は、可動枠 621 を揺動させるための信号（具体的には、可動枠 621 の揺動の周期に同期した信号）と可動部 622 を揺動させるための信号（具体的には、可動部 622 の揺動の周期に同期した信号）とが重畳された電流であることが好ましい。一

方で、駆動コイル 140 には、一对の永久磁石 160 によって静磁界が印加されている。従って、駆動コイル 140 には、一对の永久磁石 160 から印加される静磁界と駆動コイル 140 に供給される制御電流との電磁相互作用に起因した力（つまり、ローレンツ力）が生ずる。その結果、駆動コイル 140 が形成されている可動枠 621 は、一对の永久磁石 160 から印加される静磁界と駆動コイル 140 に供給される制御電流との電磁相互作用に起因したローレンツ力によって揺動する。つまり、可動枠 621 は、図 7 における左右の方向に沿った軸を中心軸として回転するように揺動する。このとき、可動部 622 は、一对のトーションバー 630 を介して可動枠 621 に接続されている。従って、可動枠 621 の揺動に伴って、可動部 622 は、実質的には、図 7 における左右の方向に沿った軸を中心軸として、当該中心軸の周りで回転するように揺動する。

[0120] 加えて、一对の永久磁石 160 から印加される静磁界と駆動コイル 140 に供給される制御電流との電磁相互作用に起因したローレンツ力は、慣性力として可動部 622 に伝達される。その結果、可動部 622 は、図 7 における上下の方向に沿った軸を中心軸として回転するように揺動する。

[0121] このように、第 6 実施例のアクチュエータ 106 によれば、可動部 622 の 2 軸駆動が行われる。

[0122] 尚、第 6 実施例では、ローレンツ力そのものを用いて可動枠 621 を揺動させ且つローレンツ力を慣性力として用いて可動部 622 を揺動させることで、可動部 622 の 2 軸駆動が行われている。しかしながら、可動部 622 を揺動させるローレンツ力を発生させるための駆動コイルを、可動部 622 上に形成してもよい。この場合には、一对のトーションバー 630 には（更には、可動枠 621 や一对のトーションバー 130 や支持部 110）には、支持部 110 上の電源端子 170 から可動部 622 上の駆動コイルにつながる配線が形成されることが好ましい。この場合、一对のトーションバー 630 の少なくとも一方は、トーションバー 130 と同様に、第 1 バー部分 131 と第 2 バー部分 132 とを含んでいることが好ましい。更に、この場合に

は、可動部 622 上の駆動コイルに対して静磁界を印加する一对の永久磁石が支持部 110 の外部に取り付けられていることが好ましい。

[0123] このような第 6 実施例のアクチュエータ 106 であっても、第 1 実施例のアクチュエータ 101 が享受することができる各種効果を好適に享受することができる。

[0124] (7) 第 7 実施例

続いて、図 8 を参照して、第 7 実施例のアクチュエータ 107 について説明する。図 8 は、第 7 実施例のアクチュエータ 107 の構成の一例を示す平面図である。尚、第 1 実施例のアクチュエータ 101 が備える構成要素と同一の構成要素については、同一の参照符号を付してその詳細な説明については省略する。

[0125] 図 8 に示すように、第 7 実施例のアクチュエータ 107 は、第 1 実施例のアクチュエータ 101 と比較して、第 1 バー部分 131 が、可動部 120 の回転軸に対して線対称な関係を有しているという点で異なっている。つまり、第 7 実施例のアクチュエータ 107 では、第 1 バー部分 131 は、可動部 120 の回転軸に沿って左右方向に分岐しつつ当該左右方向の分岐形状が回転軸上の仮想的な中心線に対して線対称になっている。

[0126] このような第 7 実施例のアクチュエータ 107 であっても、第 1 実施例のアクチュエータ 101 が享受することができる各種効果を好適に享受することができる。加えて、第 1 バー部分 131 が回転軸に対して線対称となるため、第 1 バー部分 131 の存在が可動部 120 の通常の揺動に対して大きな悪影響を与えることは殆ど又は全くない。従って、可動部 120 のより一層のスムーズな揺動を実現できる。

[0127] 尚、第 1 実施例から第 7 実施例で説明した各構成の一部を適宜組み合わせてもよい。例えば、第 6 実施例で説明した 2 軸駆動に対して、第 2 実施例で説明した第 1 バー部分 131 と第 2 バー部分 132 との物理的な分離を組み合わせてもよい。この場合であっても、第 1 実施例から第 7 実施例で説明した各構成の一部を適宜組み合わせることで得られるアクチュエータは、上述

した各種効果を好適に享受することができる。

[0128] 尚、上述の説明では、可動部 120 がトーションバー 130 の伸長する方向に沿った軸を中心軸として回転する MEMS スキャナに着目して説明を進めている。しかしながら、MEMS スキャナに限らず、任意のアクチュエータに対して上述した各種構成が適用されてもよい。例えば、可動部 120 がトーションバー 130 の揺動に従って平行移動するように揺動する MEMS アクチュエータに対して、上述した各種構成が適用されてもよい。この場合であっても、上述した各種効果は好適に享受される。

[0129] 本発明は、前述した実施例に限られるものではなく、請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴うアクチュエータもまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

符号の説明

- [0130]
- 110 支持部
 - 120 可動部
 - 130 トーションバー
 - 131 第1バー部分
 - 132 第2バー部分
 - 140 駆動コイル
 - 150 配線
 - 160 永久磁石

請求の範囲

- [請求項1] 可動部と、
当該可動部を取り囲む支持部と、
前記可動部が揺動可能なように前記可動部と前記支持部とを接続するトーションバーと、
前記可動部に形成されると共に当該可動部の揺動に関連する処理を行う処理回路と
を備えており、
前記トーションバーは、(i)前記処理回路につながる配線が形成される第1バー部分と、(ii)前記配線が形成されない第2バー部分とを含み、
前記可動部が揺動した場合に前記第1バー部分に加わる応力の最大値は、前記可動部が揺動した場合に前記第2バー部分に加わる応力の最大値よりも小さいことを特徴とするアクチュエータ。
- [請求項2] 前記第1バー部分の全長は、前記第2バー部分の全長よりも長いことを特徴とする請求項1に記載のアクチュエータ。
- [請求項3] 前記第1バー部分は、前記支持部から前記可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向と交わる方向に少なくとも1回以上折れ曲がった形状を有していることを特徴とする請求項2に記載のアクチュエータ。
- [請求項4] 前記第1バー部分は、前記支持部から前記可動部に向かうように前記トーションバーが伸長する方向とは逆の方向に向かって少なくとも1回以上折り返された形状を有していることを特徴とする請求項2に記載のアクチュエータ。
- [請求項5] 前記可動部は、所定の回転軸に沿って回転するように揺動し、
前記第1バー部分の少なくとも一部は、前記回転軸に沿った方向とは異なる方向に伸長するように形成され、
前記第2バー部分は、前記回転軸に沿った方向に伸長するように形

成されることを特徴とする請求項 2 に記載のアクチュエータ。

[請求項 6] 前記第 1 バー部分は、前記第 2 バー部分よりも薄いことを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

[請求項 7] 前記可動部の遙動に対する前記第 2 バー部分の寄与度は、前記可動部の遙動に対する前記第 1 バー部分の寄与度よりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

[請求項 8] 前記第 1 バー部分が伸長する方向における前記第 1 バー部分の幅は、前記第 2 バー部分が伸長する方向における前記第 2 バー部分の幅よりも太いことを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

[請求項 9] 前記第 1 バー部分は、前記第 2 バー部分と物理的に分離していることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

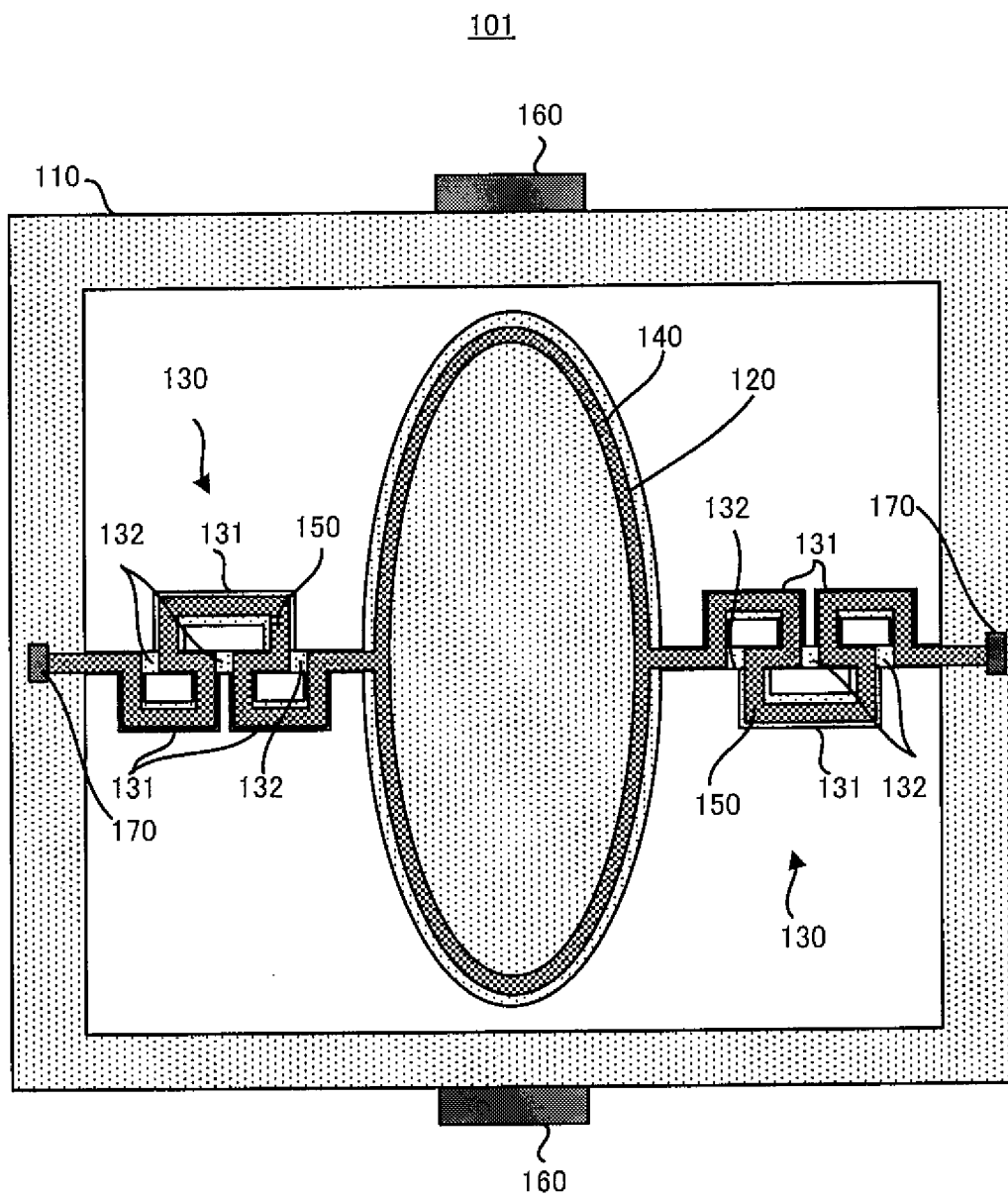
[請求項 10] 前記第 1 バー部分と前記第 2 バー部分とは少なくとも 1 回以上互いに交差すると共に、当該交差する部分において前記第 1 バー部分の少なくとも一部が前記第 2 バー部分の少なくとも一部と一体的に形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

[請求項 11] 前記可動部は、所定の回転軸に沿って回転するように遙動し、
前記第 1 バー部分は、前記回転軸とは異なる位置に形成され、
前記第 2 バー部分は、前記回転軸上に形成されることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

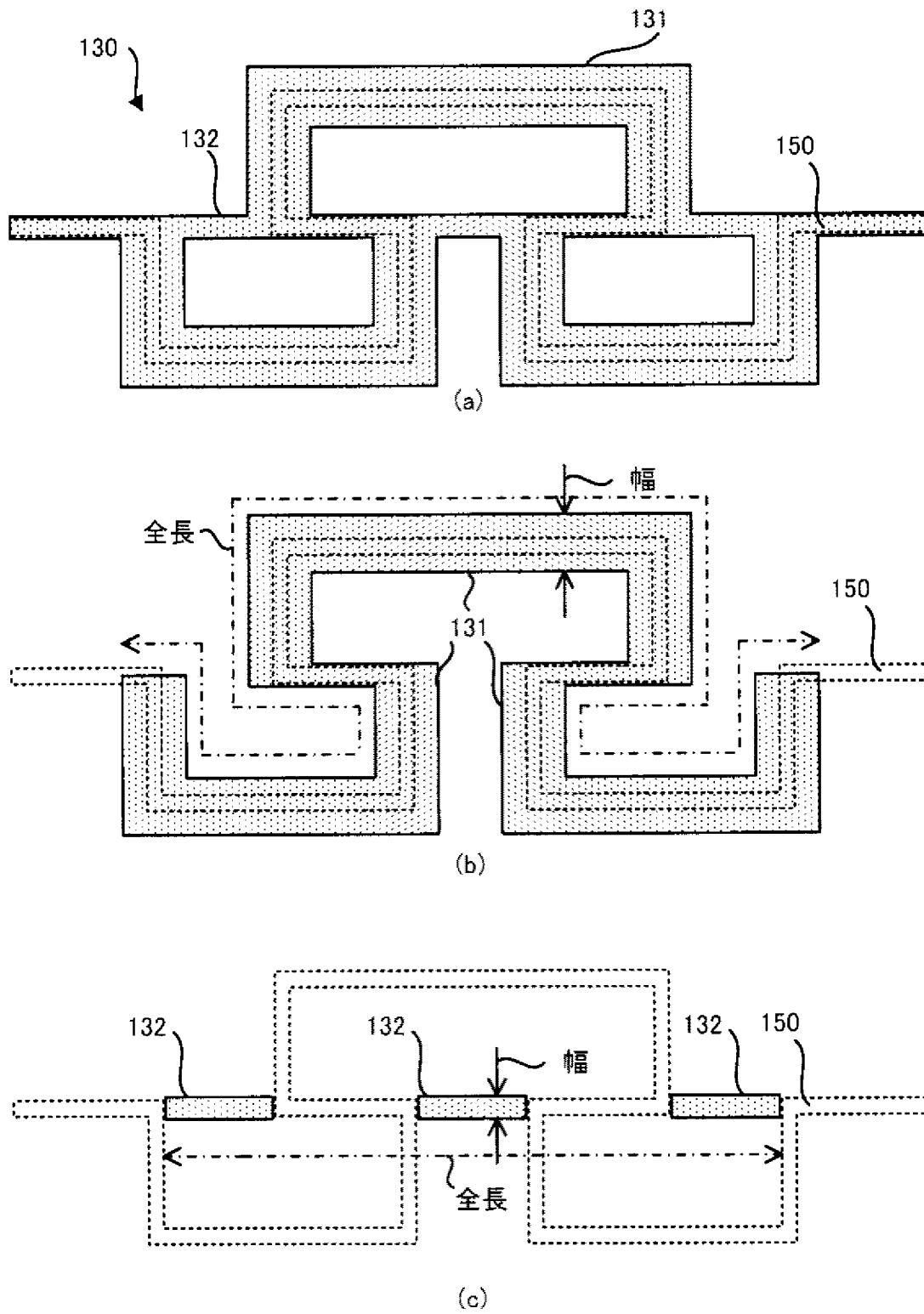
[請求項 12] 前記トーションバーは、前記支持部の内側の相対向する 2 つの辺から前記可動部を挟み込むように伸びる 1 対のトーションバーであり、
前記 1 対のトーションバーの少なくとも一方は、前記第 1 バー部分と前記第 2 バー部分とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

[請求項 13] 前記可動部は、所定の回転軸に沿って回転するように遙動し、
前記第 1 バー部分及び前記第 2 バー部分の少なくとも一方は、前記回転軸に対して対称となる形状を有していることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

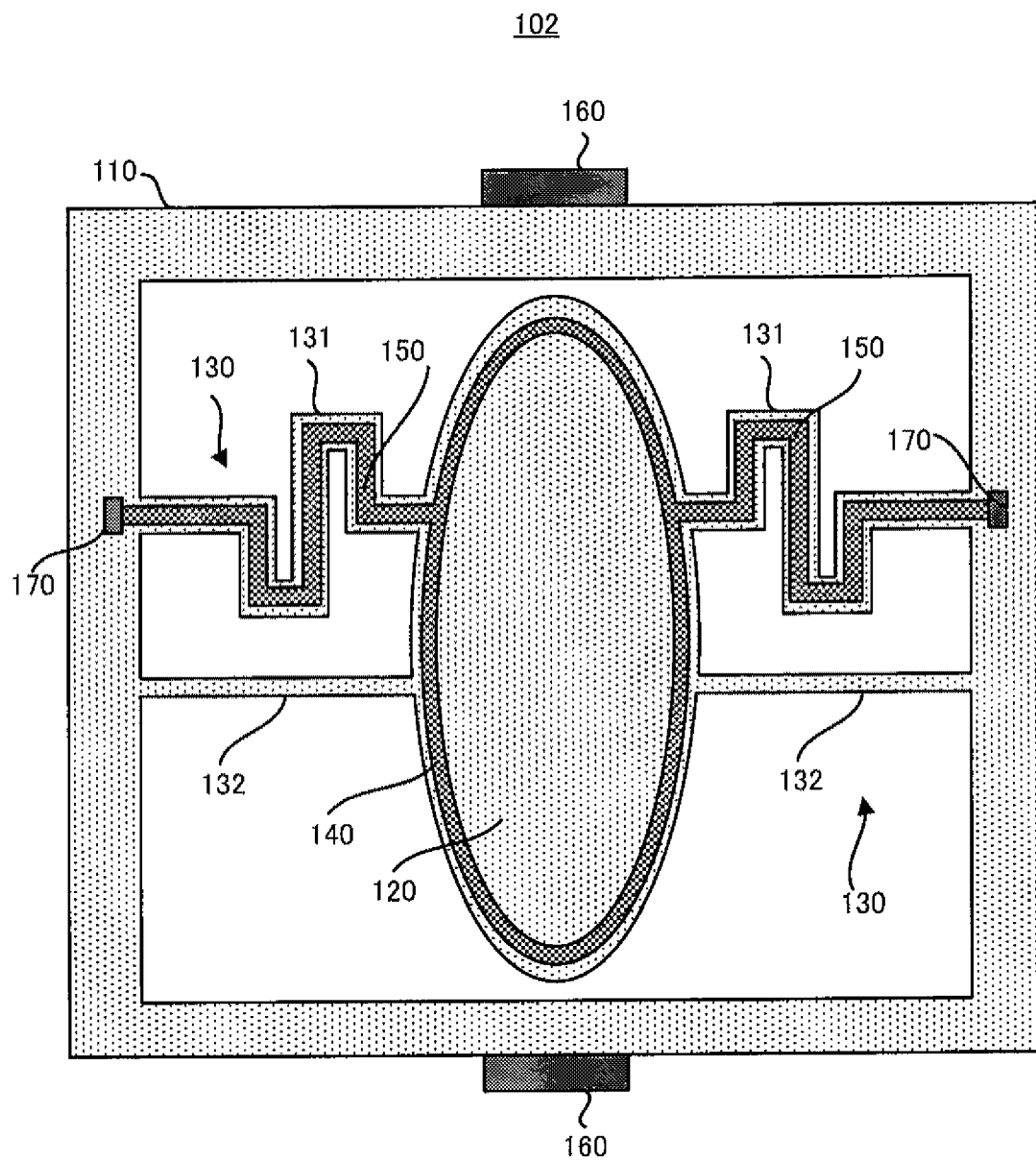
[図1]



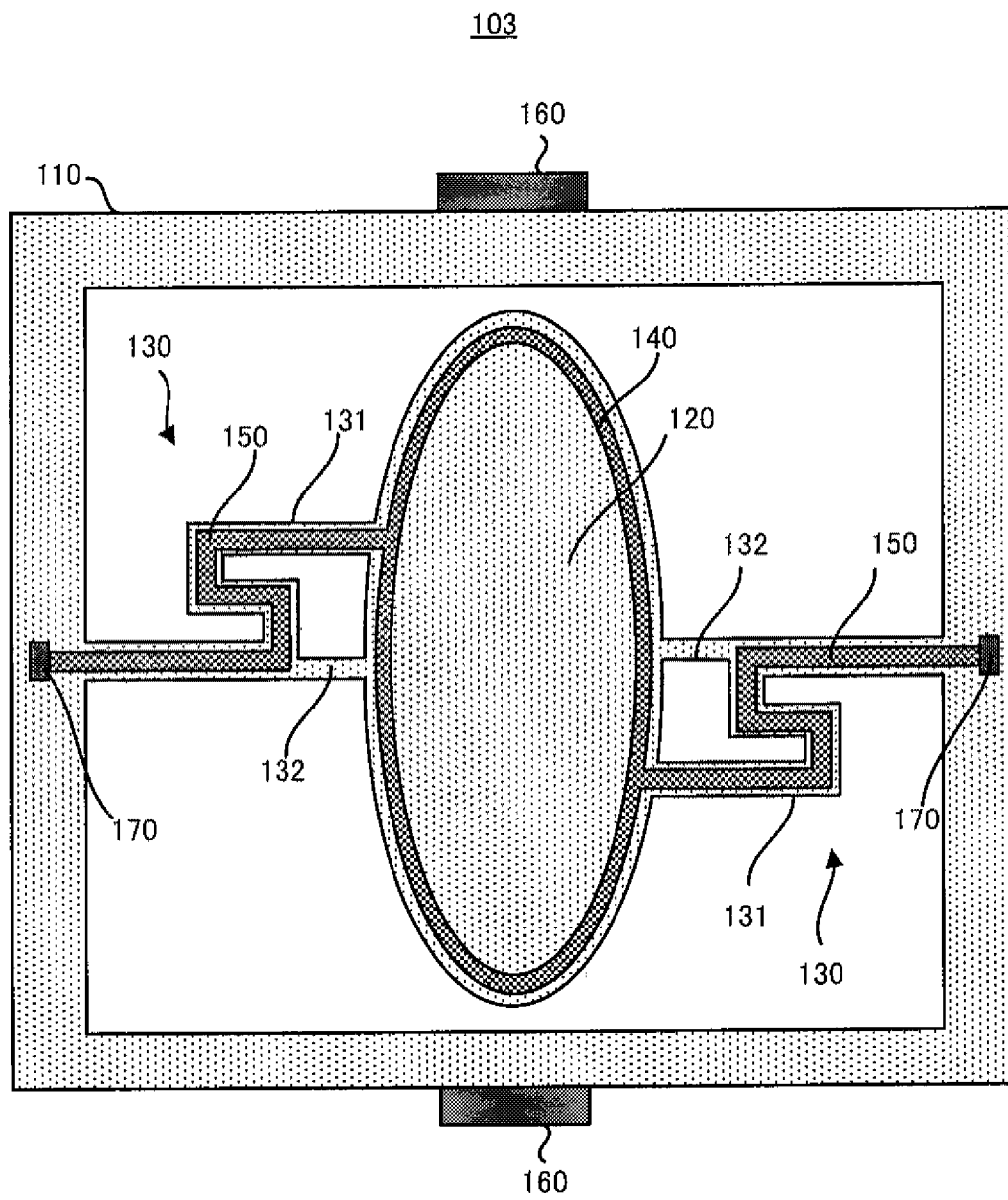
[図2]



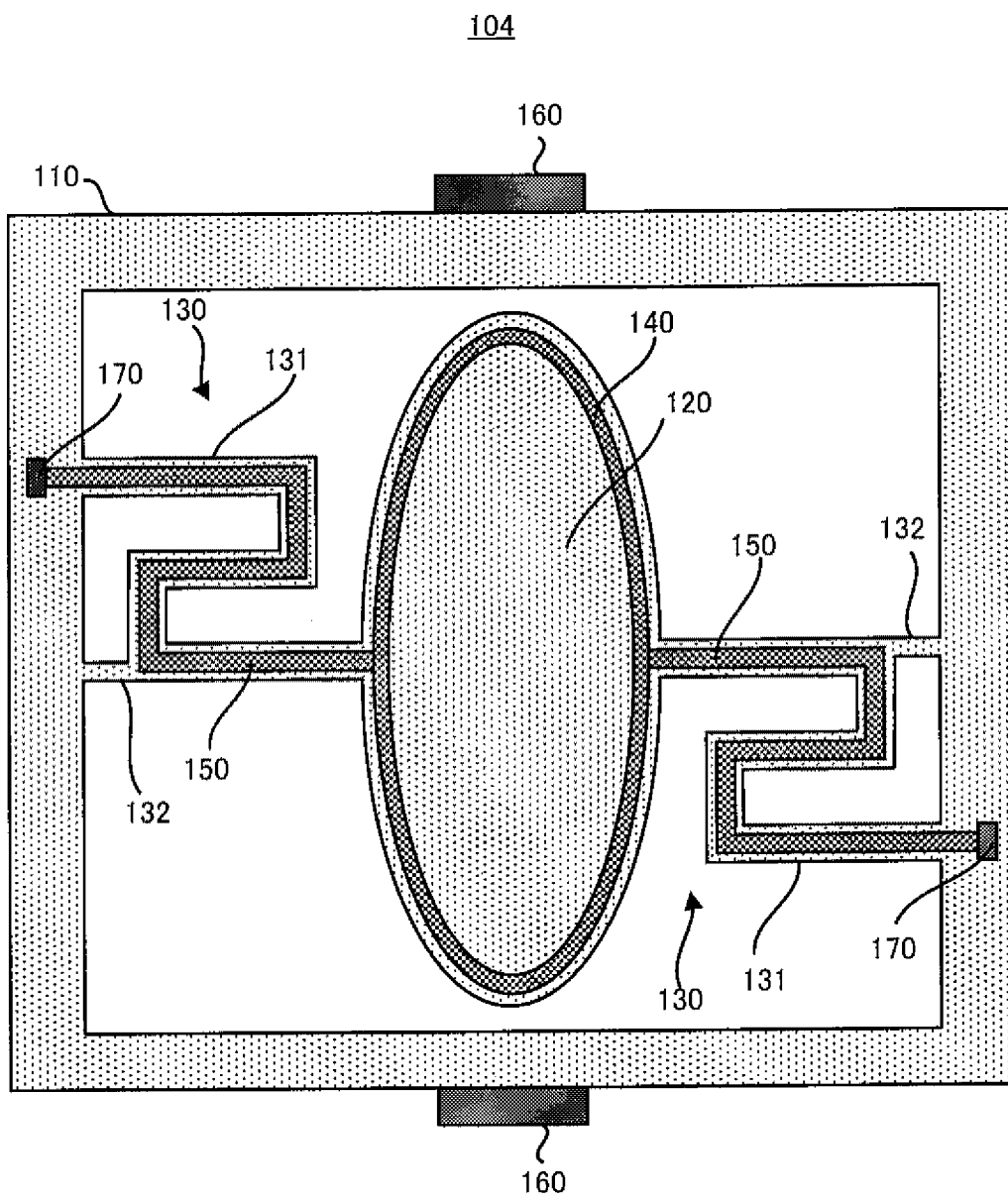
[図3]



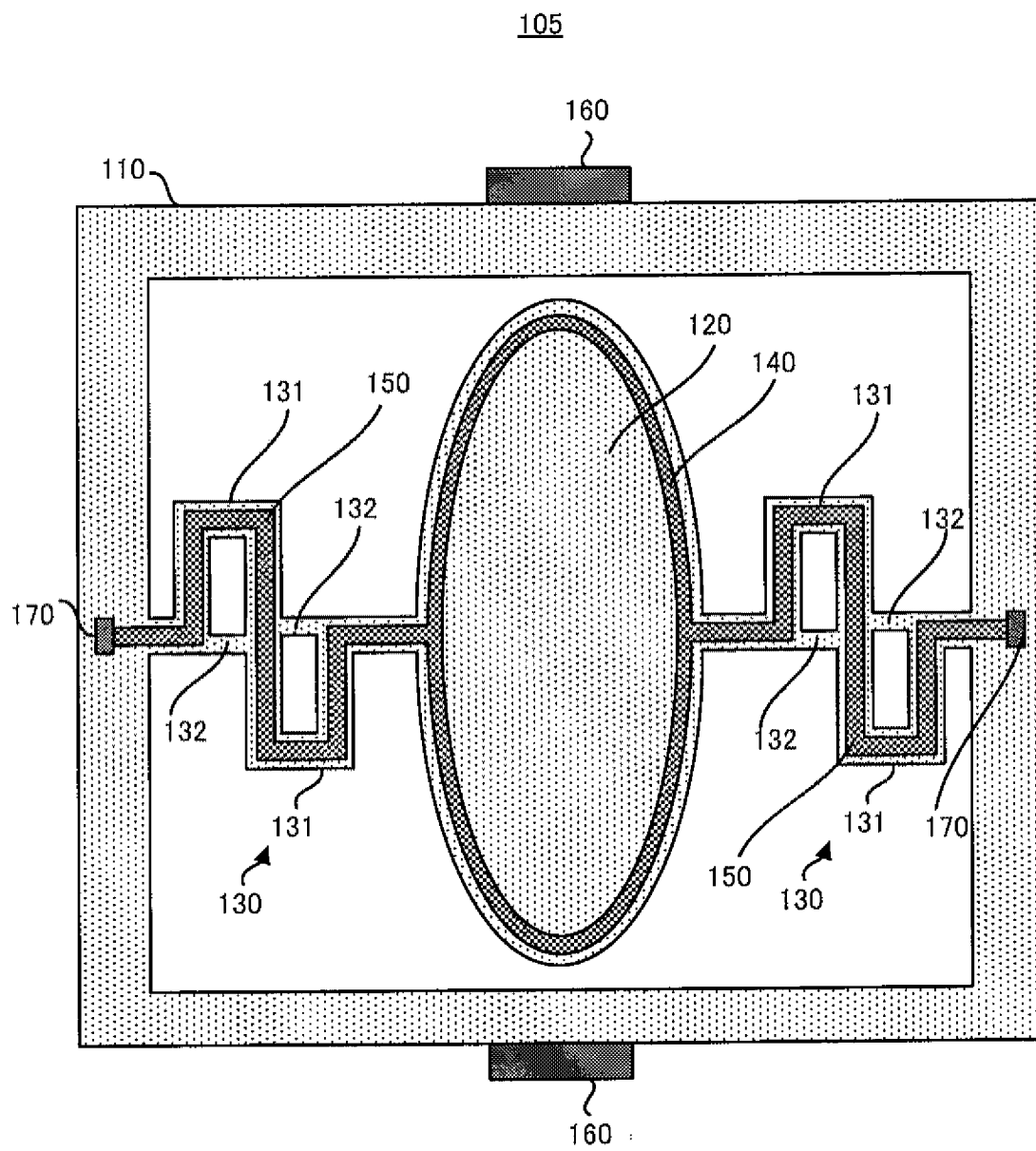
[図4]



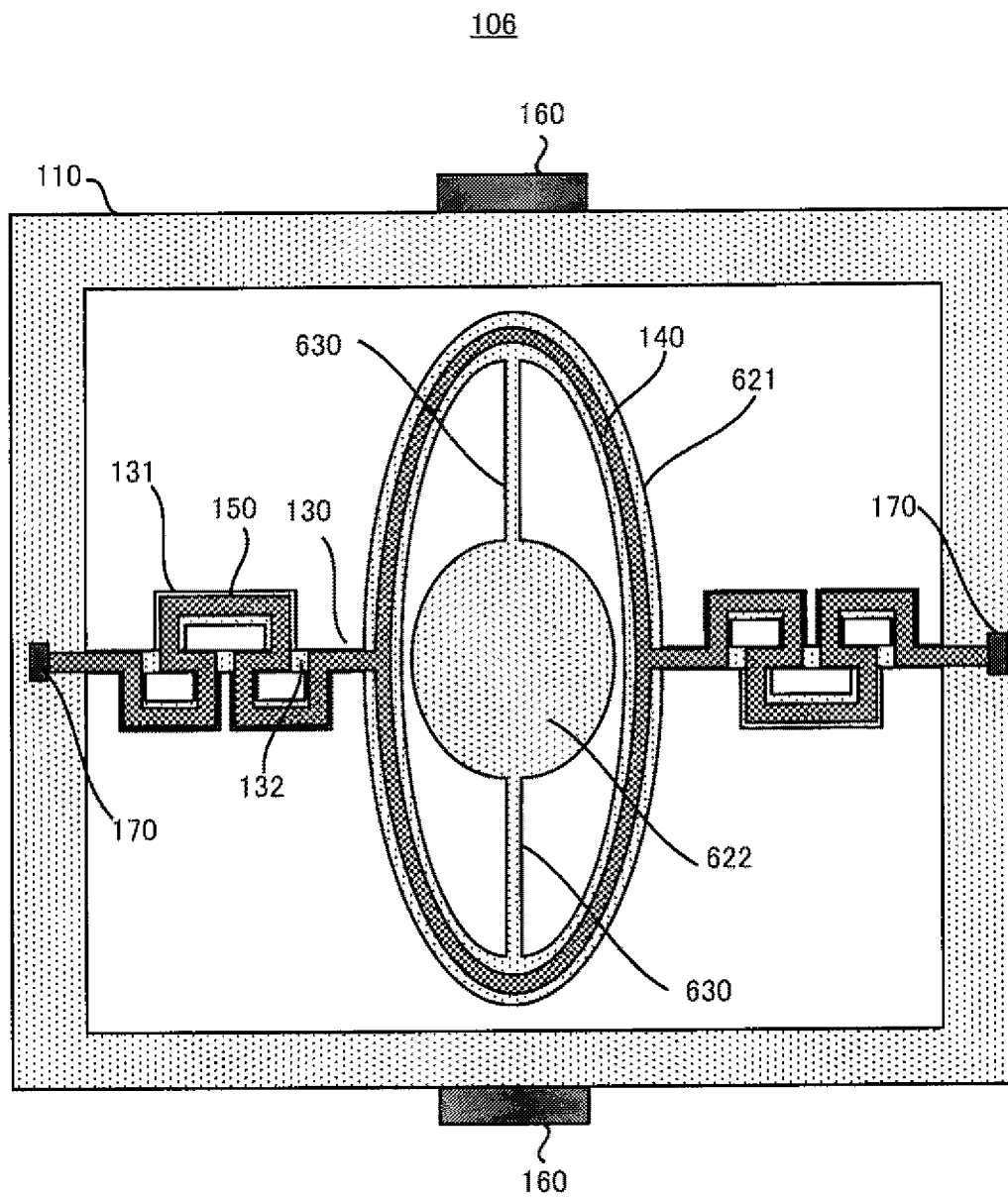
[図5]



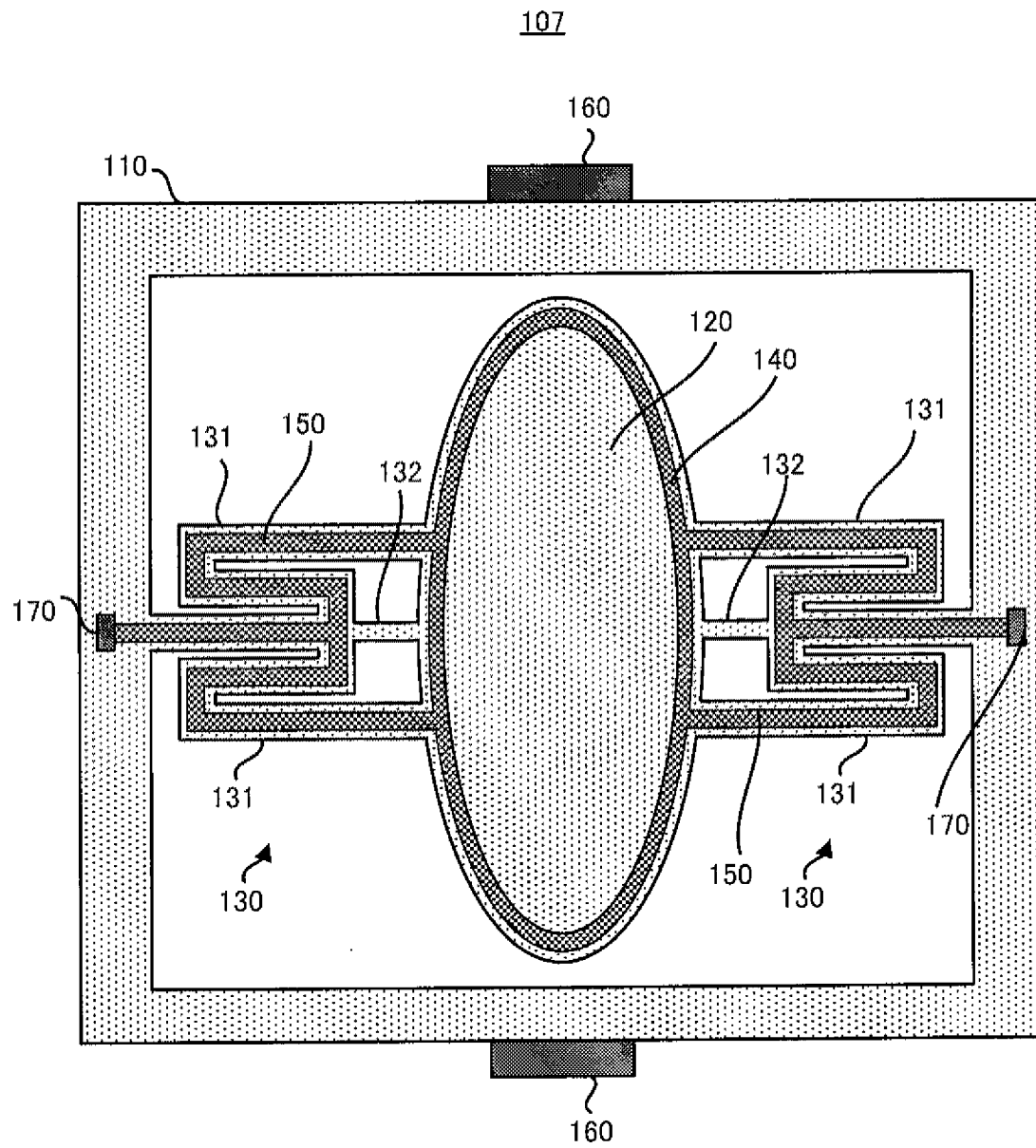
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077068

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B81B3/00(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i, H02K33/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B81B3/00, G02B26/10, H02K33/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-69340 A (Seiko Epson Corp.), 02 April 2009 (02.04.2009),	1-2, 6-7, 9, 11, 13
Y	claims; paragraphs [0002] to [0005], [0041] to [0047]; fig. 5 to 6 (Family: none)	3-5, 8, 10, 12
Y	JP 2009-77595 A (Seiko Epson Corp.), 09 April 2009 (09.04.2009), paragraphs [0060] to [0080]; fig. 7 to 9 (Family: none)	3-5, 8, 10, 12
A	JP 2010-2926 A (Olympus Corp.), 07 January 2010 (07.01.2010), fig. 1 & US 6122089 A	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 December, 2011 (12.12.11)Date of mailing of the international search report
20 December, 2011 (20.12.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077068

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-305162 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 05 November 1999 (05.11.1999), fig. 1 (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B81B3/00(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i, H02K33/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B81B3/00, G02B26/10, H02K33/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2009-69340 A（セイコーエプソン株式会社）2009.04.02, 【特許請求の範囲】, 段落【0002】－【0005】, 【0041】－【0047】, 図5－6（ファミリーなし）	1-2, 6-7, 9, 11, 13
Y		3-5, 8, 10, 12
Y	JP 2009-77595 A（セイコーエプソン株式会社）2009.04.09, 段落【0060】－【0080】, 図7－9（ファミリーなし）	3-5, 8, 10, 12
A	JP 2010-2926 A（オリンパス株式会社）2010.01.07, 図1 & US 6122089 A	1-13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 2 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山本 健晴

3 P

3 4 3 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-305162 A (オリンパス光学工業株式会社) 1999. 11. 05, 図 1 (ファミリーなし)	1-13