

(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
2024年9月6日(06.09.2024)

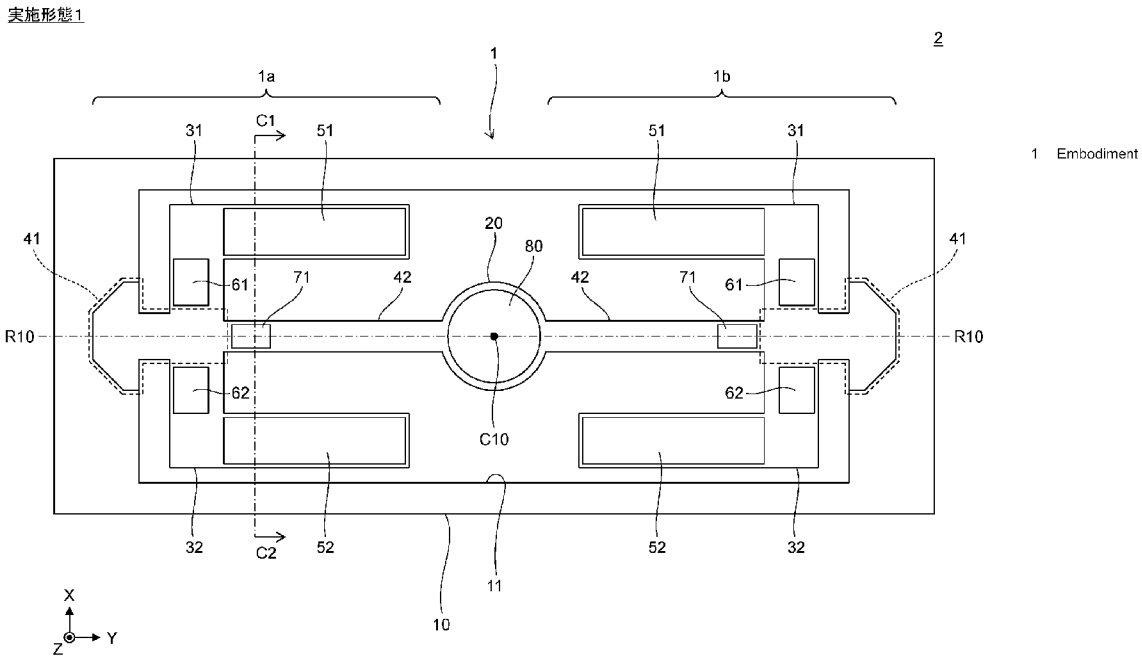


(10) 国際公開番号
WO 2024/180943 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) *G02B 26/08* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/001719
- (22) 国際出願日: 2024年1月22日(22.01.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-028947 2023年2月27日(27.02.2023) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5710057 大阪府門真市元町2番6号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 石田 貴巳 (ISHIDA, Takami), 相澤 宏幸 (AIZAWA, Hiroyuki).
- (74) 代理人: 芝野 正雅, 外 (SHIBANO, Masanori et al.); 〒6500032 兵庫県神戸市中央区伊藤町119 三井生命神戸三宮ビル9階 芝野特許事務所 Hyogo (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: TUNING-FORK-TYPE DRIVE ELEMENT, LIGHT DEFLECTION ELEMENT, AND DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称: 音叉型駆動素子、光偏向素子および駆動装置



(57) Abstract: A tuning-fork-type drive element (1) comprises a movable part (20) that can rotate about a rotation axis (R10), connecting parts (42) that extend along the rotation axis (R10) from the movable part (20), a pair of arm parts (31, 32) disposed with the rotational axis (R10) therebetween, support parts (41) that connect the connecting parts (42) and the pair of arm parts (31, 32) to a fixed part (10), drive parts (51, 52) that are disposed in respective arm parts (31, 32) and cause the movable part (20) to rotate, sensor parts (61, 62) for detecting rotation of the movable part (20), and sensor parts (71) for detecting unwanted vibration occurring in the movable part (20).

WO 2024/180943 A1

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
-

(57) 要約 : 音叉型駆動素子 (1) は、回動軸 (R 1 0) について回動可能な可動部 (2 0) と、可動部 (2 0) から回動軸 (R 1 0) に沿って延びる連結部 (4 2) と、回動軸 (R 1 0) を挟んで配置された一対のアーム部 (3 1、3 2) と、連結部 (4 2) および一対のアーム部 (3 1、3 2) を固定部 (1 0) に連結する支持部 (4 1) と、各々のアーム部 (3 1、3 2) に配置され、可動部 (2 0) を回動させる駆動部 (5 1、5 2) と、可動部 (2 0) の回動を検出するためのセンサ部 (6 1、6 2) と、可動部 (2 0) に生じる不要振動を検出するためのセンサ部 (7 1) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：音叉型駆動素子、光偏向素子および駆動装置

技術分野

[0001] 本発明は、回動軸について可動部を回動させる音叉型駆動素子、当該音叉型駆動素子を備えた光偏向素子、および当該音叉型駆動素子を備えた駆動装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いて可動部を回動させる駆動素子が開発されている。この種の駆動素子では、可動部に反射面を配置することにより、反射面に入射する光を所定の振れ角で走査させることができる。この種の駆動素子は、たとえば、ヘッドアップディスプレイやヘッドマウントディスプレイ等の画像表示装置に搭載される。この他、レーザ光を用いて物体を検出するレーザレーダ等にも、この種の駆動素子が用いられ得る。

[0003] 以下の特許文献1には、いわゆる音叉振動子により可動部を回動させる音叉型駆動素子が記載されている。この駆動素子では、回動軸に沿って延びる第1接続体によって、可動部が音叉振動子に接続される。また、音叉振動子は、回動軸に沿って延びる第2接続体に垂直に接続される。第2接続体は、基体に接続される。基体は、駆動素子を被設置面に固定するための固定部を構成する。音叉振動子を駆動することにより、回動軸について可動部が回動し、これに伴い、可動部に配置された反射面が回動する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2019-82625号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような音叉型駆動素子では、製造プロセスにおいて加工形状に非対

称性が生じる場合がある。このような非対称性が生じると、音叉型駆動素子において、本来の意図した振動とは異なる不要振動が発生し、駆動効率の低下などの性能低下が生じる。

[0006] かかる課題に鑑み、本発明は、適正な振動以外の不要振動を円滑に把握できる音叉型駆動素子、光偏向素子および駆動装置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

[0007] 本発明の第1の態様に係る音叉型駆動素子は、回動軸について回動可能な可動部と、前記可動部から前記回動軸に沿って延びる連結部と、前記回動軸を挟んで配置された一对のアーム部と、前記連結部および前記一对のアーム部を固定部に連結する支持部と、各々の前記アーム部に配置され、前記可動部を回動させる第1駆動部と、前記可動部の回動を検出するための第1センサ部と、前記可動部に生じる不要振動を検出するための第2センサ部と、を備える。

[0008] 音叉型駆動素子では、製造プロセスにおいて加工形状に非対称性が生じる場合がある。このような非対称性が生じると、音叉型駆動素子において、本来の意図した振動とは異なる不要振動が発生し、駆動効率の低下などの性能低下が生じる。これに対し、本態様に係る音叉型駆動素子によれば、第2センサ部の検出信号に基づいて、可動部において適正な回動以外の不要振動が生じていることを検出できる。よって、音叉型駆動素子の加工形状の非対称性に起因して可動部に不要振動が発生しても、不要振動を円滑に把握できる。これにより、非対称性を解消させる加工等を行うなど、可動部を適正に振動させるための対処を進めることができる。

[0009] 本発明の第2の態様に係る光偏向素子は、上記第1の態様に係る音叉型駆動素子と、前記可動部に配置された反射面と、を備える。

[0010] 本態様に係る光偏向素子によれば、光偏向素子が第1の態様の音叉型駆動素子を備えるため、反射面に不要振動が生じることを円滑に把握できる。これにより、反射面を適正に振動させるための対処を進めて、反射面に入射し

た光を、可動部の振動に伴い安定的に偏向させることができる。

[0011] 本発明の第3の態様に係る駆動装置は、上記第1の態様に係る音叉型駆動素子を備える。前記音叉型駆動素子において、前記第2センサ部は、前記アーム部の幅方向に前記第1駆動部を挟んで前記アーム部に配置された一对のセンサを含み、前記一对のセンサは、それぞれ、歪みに応じた信号を出力する。前記音叉型駆動素子は、前記アーム部の幅方向に前記第1駆動部を挟んで前記アーム部に配置された一对の第2駆動部をさらに備える。前記駆動装置は、前記第2センサ部から出力された信号に基づいて、前記アーム部の不要振動を抑制するよう前記第2駆動部を駆動する制御部を備える。

[0012] 本態様に係る駆動装置によれば、可動部における不要振動の発生源となるアーム部の不要振動を、第2センサ部からの出力に基づく第2駆動部の制御により抑制できる。よって、可動部の不要振動を適切に抑制できる。また、第2駆動部により不要振動が抑制されるため、アーム部の非対称性を解消させる加工等を行う必要がなくなる。

発明の効果

[0013] 以上のとおり、本発明によれば、適正な振動以外の不要振動を円滑に把握できる音叉型駆動素子、光偏向素子および駆動装置を提供できる。

[0014] 本発明の効果ないし意義は、以下に示す実施形態の説明により更に明らかとなる。ただし、以下に示す実施形態は、あくまでも、本発明を実施化する場合の一つの例示であって、本発明は、以下の実施形態に記載されたものに何ら制限されるものではない。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、実施形態1に係る、音叉型駆動素子および光偏向素子の構成を模式的に示す平面図である。

[図2]図2は、実施形態1に係る、C1-C2断面をX軸負方向に見た断面図である。

[図3]図3(a)～(c)は、それぞれ、実施形態1に係る、アーム部がエッチングにより成形される手順を模式的に示す図である。

[図4]図4 (a) は、実施形態1に係る、アーム部の側面の傾きがばらつく状態を模式的に示す断面図である。図4 (b) は、実施形態1に係る、アーム部の側面の傾きのばらつきによって不要振動が生じている状態を模式的に示す断面図である。

[図5]図5 (a) ~ (c) は、それぞれ、実施形態1の可動部の動作のシミュレーションに係る、3つの音叉型駆動素子のアーム部および連結部の構成を模式的に示す断面図である。

[図6]図6 (a) および図6 (b) は、それぞれ、実施形態1の共振駆動時における可動部の振動のシミュレーションに係る、可動部のX軸方向およびY軸方向の位置の変位割合を示すグラフである。

[図7]図7 (a) および図7 (b) は、それぞれ、実施形態1に係る、連結部の振動状態を模式的に示す図である。

[図8]図8 (a) および図8 (b) は、それぞれ、実施形態1に係る、アーム部の加工を説明するための図である。

[図9]図9 (a) および図9 (b) は、それぞれ、実施形態1に係る、アーム部の加工を説明するための図である。

[図10]図10は、実施形態1の変更例に係る、音叉型駆動素子および光偏向素子の構成を模式的に示す平面図である。

[図11]図11は、実施形態2に係る、音叉型駆動素子および光偏向素子の構成を模式的に示す平面図である。

[図12]図12 (a) は、実施形態2に係る、アーム部の側面の傾きがばらつく状態を模式的に示す断面図である。図12 (b) は、実施形態2に係る、アーム部の側面の傾きのばらつきによって不要振動が生じている状態を模式的に示す断面図である。

[図13]図13は、実施形態3に係る、音叉型駆動素子および光偏向素子の構成を模式的に示す平面図である。

[図14]図14は、実施形態3に係る、駆動装置の構成を示すブロック図である。

[図15]図15は、実施形態3の変更例に係る、駆動装置の構成を示すブロック図である。

[図16]図16は、その他の変更例に係る、音叉型駆動素子および光偏向素子の構成を模式的に示す平面図である。

[図17]図17(a)は、実施形態2に係る、一对のセンサ部がアーム部の中心軸について互に対称に配置されていることを示す部分平面図である。図17(b)は、実施形態3に係る、一对の駆動部がアーム部の中心軸について互に対称に配置されていることを示す部分平面図である。

[0016] ただし、図面はもっぱら説明のためのものであって、この発明の範囲を限定するものではない。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施形態について、図を参照して説明する。便宜上、各図には互いに直交するX、Y、Z軸が付記されている。Z軸正方向は鉛直上方向である。

[0018] <実施形態1>

図1は、音叉型駆動素子1および光偏向素子2の構成を模式的に示す平面図である。

[0019] 音叉型駆動素子1は、第1駆動ユニット1aと、第2駆動ユニット1bと、固定部10と、可動部20と、を備える。第1駆動ユニット1aおよび第2駆動ユニット1bは、いずれも、X軸方向に並ぶ一对のアーム部31、32と、支持部41と、連結部42と、一对の駆動部51、52と、一对のセンサ部61、62と、センサ部71と、を備える。音叉型駆動素子1は、平面視において、中心C10についてX軸方向およびY軸方向に対称となるよう構成されている。可動部20の上面に反射面80が形成されることにより、光偏向素子2が構成される。

[0020] 第1駆動ユニット1aおよび第2駆動ユニット1bは、図示しない外部の駆動回路から駆動部51、52に供給される駆動電圧により、可動部20を回転軸R10について回転させる。反射面80は、可動部20の上方から入

射した光を、可動部 20 の振り角に応じた方向に反射する。これにより、反射面 80 に入射した光（たとえば、レーザ光）が、可動部 20 の回転に伴い偏向されて走査される。

- [0021] 固定部 10 は、枠状に構成されている。4 つのアーム部 31、32 および 2 つの連結部 42 は、平面視において、固定部 10 の中央を Z 軸方向に貫通する開口 11 内に位置しており、固定部 10 と可動部 20 との間に配置されている。可動部 20 の Y 軸負側および Y 軸正側に、それぞれ、第 1 駆動ユニット 1a および第 2 駆動ユニット 1b が配置されている。第 1 駆動ユニット 1a および第 2 駆動ユニット 1b がそれぞれ備える一对のアーム部 31、32 は、平面視において音叉形状である。
- [0022] アーム部 31、32 は、平面視において略 L 字形状を有する。X 軸方向に並ぶ一对のアーム部 31、32 は、回転軸 R10 を挟んで配置されている。
- [0023] 支持部 41 は、一对のアーム部 31、32 および連結部 42 を固定部 10 に連結する。支持部 41 の Y 軸方向の外側の外縁は、固定部 10 に接続されている。連結部 42 は、可動部 20 から回転軸 R10 に沿って Y 軸方向に延びている。連結部 42 の Y 軸方向の外側の端部は、支持部 41 に接続されている。可動部 20 の Y 軸正側および Y 軸負側の端部は、一对の連結部 42 の Y 軸方向の内側の端部に接続されている。
- [0024] 可動部 20 は、平面視において略円形状を有する。可動部 20 は、一对の支持部 41 および一对の連結部 42 を介して、回転軸 R10 について回転可能に固定部 10 に支持されている。可動部 20 の中心は、音叉型駆動素子 1 の中心 C10 の位置に一致する。
- [0025] 可動部 20 の上面には光学反射膜が形成されている。光学反射膜は、高反射率の材料（たとえば、金、銀、銅、アルミニウムなどの金属や金属化合物、または、二酸化ケイ素、二酸化チタンなど）により構成される。光学反射膜は、誘電体多層膜により構成されてもよい。可動部 20 の上面に光学反射膜が形成されることにより、光学反射膜の上面が、光を反射する反射面 80 を構成する。なお、反射面 80 は、可動部 20 の上面によって構成されても

よい。この場合、可動部20の上面に鏡面加工が施されてよい。

[0026] 駆動部51、52は、それぞれ、アーム部31、32のY軸方向に延びた部分の上面に形成されている。駆動部51は、アーム部31、支持部41および固定部10上の配線（図示せず）を介して、固定部10上の電極（図示せず）に接続されており、駆動部52は、アーム部32、支持部41および固定部10上の配線（図示せず）を介して、固定部10上の電極（図示せず）に接続されている。固定部10上のこれらの電極には、外部の制御回路に繋がるケーブル（外部配線）がワイヤーボンディングにより接続される。

[0027] 駆動部51、52に外部の駆動回路から駆動信号（交流電圧）が印加されると、逆圧電効果により駆動部51、52内の圧電体層112（図2参照）が変形し、駆動部51、52がそれぞれ配置されたアーム部31、32が撓むように振動する。このとき、X軸方向に並ぶ2つの駆動部51、52に対して、互いに逆位相の駆動電圧が印加され、Y軸方向に並ぶ2つの駆動部51に対して、互いに同位相の駆動電圧が印加され、Y軸方向に並ぶ2つの駆動部52に対して、互いに同位相の駆動電圧が印加される。これにより、回動軸R10のX軸正側に位置する一対のアーム部31と、回動軸R10のX軸負側に位置する一対のアーム部32とが、互いに逆方向に撓む。こうして、4つのアーム部31、32の変形により、可動部20が回動軸R10について回動する。駆動部51、52に対して、所望の振動モードの共振周波数の駆動電圧が入力されることにより、アーム部31、32および可動部20が共振駆動される。

[0028] センサ部61、62は、それぞれ、アーム部31、32のX軸方向に延びた部分の上面に形成されている。センサ部61は、アーム部31、支持部41および固定部10上の配線（図示せず）を介して、固定部10上の電極（図示せず）に接続されており、センサ部62は、アーム部32、支持部41および固定部10上の配線（図示せず）を介して、固定部10上の電極（図示せず）に接続されている。固定部10上のこれらの電極には、外部の制御回路に繋がるケーブル（外部配線）がワイヤーボンディングにより接続され

る。

[0029] 駆動部 5 1、5 2 が駆動されアーム部 3 1、3 2 が変形すると、アーム部 3 1、3 2 上にそれぞれ形成されたセンサ部 6 1、6 2 が変形する。これにより、センサ部 6 1、6 2 内の圧電体層 1 1 2（図 2 参照）において圧電効果により電荷が発生し、センサ部 6 1、6 2 に接続された外部の制御回路に検出信号（電流）が出力される。センサ部 6 1、6 2 の検出信号に基づいて、それぞれ、アーム部 3 1、3 2 の振動が検出され、結果、可動部 2 0 の回動が検出される。

[0030] センサ部 7 1 は、連結部 4 2 の上面に形成されており、連結部 4 2 において、固定部 1 0 側の端付近の位置に配置されている。センサ部 7 1 は、連結部 4 2、支持部 4 1 および固定部 1 0 上の配線（図示せず）を介して、固定部 1 0 上の電極（図示せず）に接続されている。固定部 1 0 上のこの電極には、外部の制御回路に繋がるケーブル（外部配線）がワイヤーボンディングにより接続される。

[0031] 可動部 2 0 に後述する不要振動が生じると、連結部 4 2 上に形成されたセンサ部 7 1 が不要振動に応じて変形する。これにより、センサ部 7 1 内の圧電体層 1 1 2（図 2 参照）において圧電効果により電荷が発生し、センサ部 7 1 に接続された外部の制御回路に検出信号（電流）が出力される。センサ部 7 1 の検出信号に基づいて、可動部 2 0 に生じる不要振動が検出される。可動部 2 0 に生じる不要振動については、追って図 7（a）、（b）を参照して説明する。

[0032] 図 2 は、図 1 の C 1 - C 2 断面を Y 軸正方向に見た断面図である。

[0033] アーム部 3 1、3 2 および連結部 4 2 は、SOI 基板 1 0 0（図 3（a）参照）のデバイス層 1 0 1 により構成される。駆動部 5 1、5 2 およびセンサ部 7 1 は、それぞれ、アーム部 3 1、3 2 および連結部 4 2 の上面に形成されており、下部電極層 1 1 1、圧電体層 1 1 2 および上部電極層 1 1 3 からなる層構造を有する。デバイス層 1 0 1 は、たとえば、シリコン（Si）により構成される。下部電極層 1 1 1 は、たとえば、白金（Pt）により構

成される。圧電体層 112 は、圧電体薄膜であり、圧電体薄膜は、たとえば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛： $Pb(Zr, Ti)O_3$ ）により構成される。上部電極層 113 は、たとえば、金（Au）により構成される。

[0034] ただし、下部電極層 111、圧電体層 112 および上部電極層 113 を構成する材料は、上記の材料に限られず、他の材料であってもよい。また、センサ部 61、62 も、センサ部 71 と同様の構成でアーム部 31、32 の上面に形成される。

[0035] 図 3 (a) ~ (c) は、アーム部 31、32 がエッチングにより成形される手順を模式的に示す図である。

[0036] 図 3 (a) ~ (c) には、図 1 の C1-C2 断面を Y 軸正方向に見た断面図が示されており、便宜上、アーム部 31、32 および駆動部 51、52 の断面のみが示されている。また、図 3 (a) ~ (c) には、アーム部 31、32 の近傍のみが図示されているが、音叉型駆動素子 1 の他の部分についても、同様に一括して行われる。

[0037] 図 3 (a) に示すように、SOI 基板 100 は、上から順に、デバイス層 101 と、酸化膜層 102 と、ハンドル層 103 とが積層された構造を有する。デバイス層 101 およびハンドル層 103 は、シリコン（Si）により構成され、酸化膜層 102 は、二酸化ケイ素（ SiO_2 ）により構成される。

[0038] 駆動部 51、52 は、SOI 基板 100 の上面に、図 2 に示した下部電極層 111、圧電体層 112 および上部電極層 113 が積層されることにより形成される。同様に、センサ部 61、62 およびセンサ部 71 も、SOI 基板 100 の上面に、図 2 に示した下部電極層 111、圧電体層 112 および上部電極層 113 が積層されることにより形成される。

[0039] 図 3 (a) の状態から、デバイス層 101 が、平面視において音叉型駆動素子 1 と同じ輪郭となるよう上面側からエッチングされ、不要な部分のデバイス層 101 が取り除かれる。こうして、図 3 (b) に示すように、アーム部 31、32 と同じ輪郭のデバイス層 101 が残される。

[0040] 図 3 (b) の状態から、ハンドル層 103 が、平面視において固定部 10

(図1参照)と同じ輪郭となるよう下面側からエッチングされ、固定部10以外のハンドル層103および酸化膜層102が除去される。一方、固定部10の領域からは、ハンドル層103および酸化膜層102は除去されないため、固定部10の厚みが大きくなる。こうして、図3(c)に示すように、アーム部31、32が成形される。

[0041] ここで、本実施形態では、デバイス層101に対してイオンを入射させるプラズマエッチングにより、デバイス層101の側面が成形される。また、デバイス層101のエッチングは、ドライエッチング装置を用いて、1枚の円形状のSOI基板100(ウエハ)に対して行われ、1枚のSOI基板100から複数個の音叉型駆動素子1が一括して成形される。このようにデバイス層101が成形される場合、発明者らの検討によれば、デバイス層101の側面の傾きにばらつきが生じることが分かった。この理由としては、1枚のSOI基板100の位置ごとに、プラズマエッチング時のイオンの衝突角度が異なるためであると考えられる。

[0042] 発明者らの検討によれば、このようにデバイス層101の側面の傾きにばらつきが生じると、特に、アーム部31、32において、適正な振動に不要な振動成分が重畳する問題が生じることが分かった。以下、このような不要な振動成分の重畳について、図4(a)、(b)を参照して説明する。

[0043] 図4(a)は、アーム部31、32の側面の傾きがばらつく状態を模式的に示す断面図である。

[0044] アーム部31において、X軸正側の側面とX-Y平面とのなす角は θ_1 であり、X軸負側の側面とX-Y平面とのなす角は θ_2 である。同様に、アーム部32において、X軸正側の側面とX-Y平面とのなす角は θ_1 であり、X軸負側の側面とX-Y平面とのなす角は θ_2 である。このように、プラズマエッチング時のイオンの衝突角度により、アーム部31の側面の傾きにばらつきが生じ、アーム部32の側面の傾きにばらつきが生じる。同一の音叉型駆動素子1では、アーム部31、32の位置が近いいため、これらアーム部31、32におけるなす角 θ_1 、 θ_2 は、実質的に同様の大きさとなり得る

。すなわち、アーム部31における非対称性と、アーム部32における非対称性とが、ほぼ等しくなる。

[0045] 図4(b)は、アーム部31、32の側面の傾きのばらつきによって不要振動が生じている状態を模式的に示す断面図である。

[0046] 図4(b)には、アーム部31、32が適正に成形された場合の、X軸方向の重量および形状の中心を示す中心線L1と、Z軸方向の重量および形状の中心を示す中心線L2とが示されている。アーム部31、32の側面にはばらつきがない場合、アーム部31、32は駆動部51、52によって上下方向にのみ振動する。

[0047] しかしながら、図4(b)のようにアーム部31、32の側面の傾きにはばらつきが生じると、アーム部31のX軸正側およびX軸負側の2つの側面がX軸方向に非対称になり、アーム部32のX軸正側およびX軸負側の2つの側面がX軸方向に非対称になる。このようにアーム部31、32の加工形状に非対称性が生じると、アーム部31、32の重心G1が、中心線L1、L2の交点からずれる。これにより、適正な上下方向の振動に左右方向の不要振動が重畳し、結果、太線矢印に示すように、斜め方向の振動が生じてしまう。

[0048] なお、アーム部31、32はZ軸方向において互いに逆位相で振動するため、たとえば、図4(b)において、アーム部31が右上に振動している場合、アーム部32は左下に振動し、アーム部31が左下に振動している場合、アーム部32は右上に振動する。

[0049] このように、アーム部31、32に不要振動が生じると、この不要振動は、連結部42を介して可動部20に伝搬する。その結果、可動部20にも不要振動が生じ得る。このため、可動部20にX軸方向やZ軸方向に不要振動が生じるとともに、可動部20の駆動効率(たとえば、駆動部51、52に印可された駆動電圧(パワー)に対して可動部20がどの程度回転するかを示す指標)が低下することにより、音叉型駆動素子1および光偏向素子2に性能低下が生じる。

- [0050] 次に、発明者らは、デバイス層101の加工時にアーム部31、32および連結部42の側面が非対称に成形された場合の、可動部20の動作をシミュレーションにより検証した。
- [0051] 図5(a)～(c)は、それぞれ、可動部20の動作のシミュレーションに係る、3つの音叉型駆動素子(1)～(3)のアーム部31、32および連結部42の構成を模式的に示す断面図である。
- [0052] 発明者らは、図5(a)～(c)に示す音叉型駆動素子(1)～(3)を想定して、可動部20の動作のシミュレーションを行った。図5(a)～(c)は、アーム部31、32および連結部42をX-Z平面に平行な平面で切断したときの断面をY軸正方向に見た断面図である。
- [0053] 図5(a)に示す音叉型駆動素子(1)では、アーム部31、32および連結部42のX軸正側およびX軸負側の側面は、いずれもY-Z軸方向に対して -5° 傾いている。図5(b)に示す音叉型駆動素子(2)では、アーム部31、32および連結部42のX軸正側およびX軸負側の側面は、いずれもY-Z軸方向に対して傾いていない。図5(c)に示す音叉型駆動素子(3)では、アーム部31、32および連結部42のX軸正側およびX軸負側の側面は、いずれもY-Z軸方向に対して $+5^\circ$ 傾いている。
- [0054] 発明者らは、これら3つの音叉型駆動素子(1)～(3)において、駆動部51、52によって4つのアーム部31、32を振動させ、可動部20を振動させるシミュレーションを行った。
- [0055] 図6(a)、(b)は、それぞれ、共振駆動時における可動部20の振動のシミュレーションに係る、可動部20のX軸方向およびY軸方向の位置の変位割合を示すグラフである。
- [0056] 図6(a)は、可動部20の中心からX軸正負の方向に所定距離にある可動部20上の位置の、Z軸方向における変位割合を示すグラフである。図6(a)のZ軸方向の変位割合は、共振駆動時の1周期中の所定のタイミングを示しており、可動部20のX軸正側の端部が最も下がり、可動部20のX軸負側の端部が最も上がったときの状態を示している。図6(a)のZ軸方

向の各変位割合は、音叉型駆動素子（２）の最大変位量に対する割合を示している。

[0057] 図６（ａ）に示すように、アーム部３１、３２および連結部４２の側面が $\pm 5^\circ$ でそれぞれ傾いている音叉型駆動素子（１）、（３）の場合、アーム部３１、３２および連結部４２の側面が傾いていない音叉型駆動素子（２）に比べて、可動部２０のＺ軸方向の変位（振れ角）が小さくなっている。このことから、側面が非対称に傾くと、アーム部３１、３２に不要振動が重畳することにより、可動部２０の振れ角が小さくなることが分かる。

[0058] 図６（ｂ）は、可動部２０の中心からＹ軸正負の方向に所定距離にある可動部２０上の位置の、Ｚ軸方向における変位割合を示すグラフである。図６（ｂ）のＺ軸方向の変位割合は、共振駆動時の１周期中の所定のタイミングを示しており、側面が $+5^\circ$ で傾いている駆動素子（３）において可動部２０が最も上方向にシフトし、側面が -5° で傾いている駆動素子（１）において可動部２０が最も下方向にシフトしたときの状態を示している。図６（ｂ）のＺ軸方向の各変位割合は、音叉型駆動素子（３）の最大変位量に対する割合を示している。

[0059] 側面が $\pm 5^\circ$ で傾いている音叉型駆動素子（１）、（３）の場合、共振駆動時の所定のタイミングにおいて、図６（ｂ）に示すように、可動部２０の中心からＹ軸方向の位置は、全体として上または下にシフトすることが分かった。そして、このようなシフトは、所定周期でＺ軸正負の方向に繰り返し行われることが分かった。一方、側面が傾いていない音叉型駆動素子（２）の場合、可動部２０からＹ軸方向の位置は、上下にほぼシフトしないことが分かった。このことから、側面が傾くと、Ｚ軸正負の方向（上下方向）への動的なシフト、すなわち不要振動が生じることにより、可動部２０が適正に回転しなくなることが分かる。

[0060] 以上、図４（ａ）に示したように、製造プロセスにおいてアーム部３１、３２の加工形状に非対称性が生じると、図４（ｂ）に示したように、駆動部５１、５２による駆動時に、アーム部３１、３２に不要振動が重畳し、アー

ム部 3 1、3 2 が斜め方向に振動する。その結果、図 6 (a) に示したように可動部 2 0 の駆動効率が低下し、また、図 6 (b) に示したように可動部 2 0 に不要な動作（動的なシフト）が生じる。これにより、音叉型駆動素子の性能が低下する。

[0061] これに対し、本実施形態では、図 1 に示したように、連結部 4 2 の上面にさらにセンサ部 7 1 が配置されている。これにより、駆動部 5 1、5 2 による駆動時に、センサ部 7 1 の検出信号に基づいて、可動部 2 0 おいて適正な回動以外の不要振動が生じていることを検出できる。よって、センサ部 7 1 の検出信号を参照しつつ、この不要振動が解消されるように、アーム部 3 1、3 2 の非対称性を解消させる追加工等を行うことで、可動部 2 0 を適正に振動させるための対処を進めることができる。また、可動部 2 0 に不要振動が生じないようにアーム部 3 1、3 2 を追加工することで、不要振動とともに駆動効率の低下も改善できる。

[0062] 図 7 (a)、(b) は、連結部 4 2 の振動状態を模式的に示す図である。図 7 (a)、(b) は、連結部 4 2 およびセンサ部 7 1 を X-Z 平面に平行な平面で切断したときの断面を Y 軸正方向に見た断面図である。

[0063] 駆動部 5 1、5 2 による駆動時にアーム部 3 1、3 2 に不要振動が生じていない場合、図 7 (a) において矢印で示すように、連結部 4 2 には適正なねじれが生じる。一方、駆動部 5 1、5 2 による駆動時にアーム部 3 1、3 2 に不要振動が生じている場合、図 7 (b) において実線矢印で示すように連結部 4 2 には図 7 (a) と同様のねじれが生じるとともに、図 7 (b) において破線矢印で示すように X 軸方向および Z 軸方向に不要振動が発生する。

[0064] ここで、センサ部 7 1 は、回動軸 R 1 0 (図 1 参照) を挟んで、X 軸方向に 2 つの領域 R 1、R 2 に区分されるように連結部 4 2 に配置されている。センサ部 7 1 の X 軸正側の領域が R 1 であり、センサ部 7 1 の X 軸負側の領域が R 2 である。図 2 に示すように、センサ部 7 1 は圧電体層 1 1 2 を含むため、領域 R 1、R 2 には、歪み（圧縮／伸長）に応じた信号（電流）が圧

電効果により生じる。センサ部 7 1 において領域 R 1、R 2 は繋がっているため、センサ部 7 1 は、各々の領域 R 1、R 2 から誘起される信号の差分を不要振動の検出信号として出力することになる。

[0065] 図 7 (a) に示すように、連結部 4 2 に適正なねじれのみが生じた場合、領域 R 1、R 2 は、一方が圧縮され、他方が伸長される。このため、センサ部 7 1 の領域 R 1、R 2 の部分からそれぞれ生じる信号は、互いに逆極性となる。したがって、領域 R 1、R 2 で生じた信号は互いに打ち消し合うこととなり、センサ部 7 1 から検出信号は出力されない。一方、図 7 (b) に示すように、連結部 4 2 に適正なねじれに加えて不要振動が重畳した場合、センサ部 7 1 の領域 R 1、R 2 の部分からそれぞれ生じる信号が、アンバランスになる。この場合、センサ部 7 1 から不要振動に応じた検出信号が出力される。よって、センサ部 7 1 から検出信号が出力された場合に、連結部 4 2 に不要振動が重畳したと見なすことができ、アーム部 3 1、3 2 の非対称性を解消させる加工等を行う必要があることが分かる。

[0066] 図 8 (a) ~ 図 9 (b) は、アーム部 3 1、3 2 の加工を説明するための図である。図 8 (a) ~ 図 9 (b) は、アーム部 3 1、3 2 および駆動部 5 1、5 2 を X-Z 平面に平行な平面で切断したときの断面を Y 軸正方向に見た断面図である。

[0067] 連結部 4 2 に配置されたセンサ部 7 1 から、不要振動に対応した検出信号が出力された場合、たとえば、図 8 (a) のように、アーム部 3 1 の 2 つの側面が X 軸方向に非対称であり、アーム部 3 2 の 2 つの側面が X 軸方向に非対称であることが想定される。すなわち、アーム部 3 1、3 2 が適正に成形された場合の、X 軸方向の重量および形状の中心を示す中心線 L 1 に対して、アーム部 3 1、3 2 の側面が非対称になることが想定される。このような場合、たとえば、図 8 (b) ~ 図 9 (b) に示すように、中心線 L 1 に対して X 軸方向の重量バランスが対称となるようにアーム部 3 1、3 2 を加工することにより、アーム部 3 1、3 2 の非対称性を解消させることができる。

[0068] 図 8 (b) は、アーム部 3 1 の両側面が X 軸方向に対称となるよう、X 軸

正側の部分 3 1 a が削られ、アーム部 3 2 の両側面が X 軸方向に対称となるよう、X 軸正側の部分 3 2 a が削られた状態を示す図である。これにより、アーム部 3 1、3 2 の X 軸方向における重量のアンバランスが解消され、不要振動が抑制される。

[0069] なお、図 8 (b) に示すように、アーム部 3 1、3 2 の両側面が対称となるように側面を削ることが困難である場合には、図 9 (a)、(b) に示すように、アーム部 3 1、3 2 の X 軸正側近傍の部分 3 1 a、3 2 a を削って、アーム部 3 1、3 2 の X 軸方向における重量のアンバランスを解消してもよい。また、連結部 4 2 の不要振動を抑制するために、図 8 (b) ~ 図 9 (b) において、アーム部 3 1、3 2 の Y 軸方向に延びた部分の全域に亘って、部分 3 1 a、3 2 a が削り取られてもよく、アーム部 3 1、3 2 の Y 軸方向に延びた部分の一部において、部分 3 1 a、3 2 a が削り取られてもよい。

[0070] <実施形態 1 の効果>

実施形態 1 によれば、以下の効果が奏される。

[0071] 図 1 に示すように、駆動部 5 1、5 2 (第 1 駆動部) は、各々のアーム部 3 1、3 2 に配置され、可動部 2 0 を回動させる。センサ部 6 1、6 2 (第 1 センサ部) は、可動部 2 0 の回動を検出するために配置されている。センサ部 7 1 (第 2 センサ部) は、可動部 2 0 に生じる不要振動を検出するために配置されている。

[0072] 音叉型駆動素子 1 では、図 4 (a) に示したように、製造プロセスにおいて加工形状に非対称性が生じる場合がある。このような非対称性が生じると、図 7 (b) の破線矢印に示したように、音叉型駆動素子 1 において、本来の意図した振動とは異なる不要振動が発生し、駆動効率の低下などの性能低下が生じる。これに対し、上記の構成によれば、センサ部 7 1 の検出信号に基づいて、可動部 2 0 において適正な回動以外の不要振動が生じていることを検出できる。よって、音叉型駆動素子 1 の加工形状の非対称性に起因して可動部 2 0 に不要振動が発生しても、不要振動を円滑に把握できる。これに

より、図8(b)～図9(b)の加工例に示したように、非対称性を解消させる加工等を行うなど、可動部20を適正に振動させるための対処を進めることができる。

[0073] 図7(a)、(b)に示したように、センサ部71は、回動軸R10を挟んで2つの領域R1、R2に区分されるように連結部42に配置されており、各々の領域R1、R2から誘起される信号の差分を不要振動の検出信号として出力する。

[0074] この構成によれば、センサ部71が可動部20に直接連結された連結部42に配置されるため、可動部20の振動状態を直接的に検出できる。また、センサ部71が上記のように構成されるため、可動部20の回動時に可動部20に不要振動が生じると、不要振動に応じた検出信号がセンサ部71から出力される。これにより、センサ部71の検出信号に基づいて、不要振動の有無を容易に把握できる。

[0075] 図1に示したように、センサ部71は、連結部42において、固定部10側の端付近の位置に配置されている。

[0076] この構成によれば、センサ部71から引き出した配線を固定部10において外部の回路と接続する場合、当該配線の長さを短くできる。これにより、センサ部71からの信号に含まれるノイズを低減できる。

[0077] 図2に示したように、センサ部71は、圧電体薄膜である圧電体層112を含む。

[0078] この構成によれば、駆動部51、52およびセンサ部61、62が圧電体薄膜を含むように構成される場合、駆動部51、52およびセンサ部61、62の形成と同時にセンサ部71を形成できるため、製造プロセスが簡素になる。

[0079] 連結部42、一对のアーム部31、32、支持部41、駆動部51、52(第1駆動部)、センサ部61、62(第1センサ部)およびセンサ部71(第2センサ部)をそれぞれ備える2つの第1駆動ユニット1aおよび第2駆動ユニット1b(駆動ユニット)が、可動部20を挟んで互いに逆向きに

配置され、第1駆動ユニット1 aおよび第2駆動ユニット1 bの連結部4 2が、可動部2 0に接続されている。

[0080] この構成によれば、可動部2 0を第1駆動ユニット1 aおよび第2駆動ユニット1 bで支持して駆動することより、可動部2 0をより大きなトルクで安定的に駆動することができる。また、第1駆動ユニット1 aおよび第2駆動ユニット1 bにそれぞれ配置されたセンサ部7 1に基づいて、第1駆動ユニット1 aおよび第2駆動ユニット1 bにおいて生じた不要振動を円滑に把握できる。

[0081] 図1に示したように、光偏向素子2は、音叉型駆動素子1と、可動部2 0に配置された反射面8 0と、を備える。

[0082] この構成によれば、光偏向素子2が上記構成の音叉型駆動素子1を備えるため、反射面8 0に不要振動が生じることを円滑に把握できる。これにより、反射面8 0を適正に振動させるための対処を進めて、反射面8 0に入射した光を、可動部2 0の振動に伴い安定的に偏向させることができる。

[0083] <実施形態1の変更例>

実施形態1では、センサ部7 1は、連結部4 2において、固定部1 0側の端付近の位置に配置されたが、センサ部7 1の配置位置はこれに限らない。たとえば、センサ部7 1は、連結部4 2において、可動部2 0側の端付近の位置に配置されてもよい。

[0084] 図1 0は、本変更例に係る、音叉型駆動素子1および光偏向素子2の構成を模式的に示す平面図である。

[0085] 本変更例では、図1に示した実施形態1と比較して、第1駆動ユニット1 aおよび第2駆動ユニット1 bの各センサ部7 1が、連結部4 2において、可動部2 0側の端付近の位置に配置されている。

[0086] 本変更例によれば、実施形態1と比較して、センサ部7 1から固定部1 0へと引き出した配線の長さが長くなるものの、可動部2 0に近い連結部4 2の部分に生じる不要振動を検出できる。これにより、可動部2 0に生じる不要振動をさらに正確に検出できる。

[0087] <実施形態 2>

実施形態 2 では、可動部 20 に生じる不要振動を検出するためのセンサ部が、アーム部 31、32 に配置される。

[0088] 図 11 は、実施形態 2 に係る、音叉型駆動素子 1 および光偏向素子 2 の構成を模式的に示す平面図である。

[0089] 実施形態 2 の音叉型駆動素子 1 は、図 1 に示した実施形態 1 と比較して、センサ部 71 が省略され、アーム部 31 に一对のセンサ部 91a、91b が配置され、アーム部 32 に一对のセンサ部 92a、92b が配置されている。実施形態 2 においても、音叉型駆動素子 1 は、平面視において、中心 C10 について X 軸方向および Y 軸方向に対称となるよう構成されている。

[0090] 一对のセンサ部 91a、91b は、アーム部 31 の幅方向（X 軸方向）に駆動部 51 を挟んでアーム部 31 に配置されており、それぞれ、駆動部 51 の X 軸正側および X 軸負側に配置されている。X 軸方向および Y 軸方向において、センサ部 91a、91b の長さは互いに等しく、Y 軸方向において、センサ部 91a、91b の長さは駆動部 51 の長さに等しい。センサ部 91a、91b は、図 2 に示したセンサ部 71 と同様の積層構造により構成される。

[0091] 一对のセンサ部 92a、92b は、アーム部 32 の幅方向（X 軸方向）に駆動部 52 を挟んでアーム部 32 に配置されており、それぞれ、駆動部 52 の X 軸正側および X 軸負側に配置されている。X 軸方向および Y 軸方向において、センサ部 92a、92b の長さは互いに等しく、Y 軸方向において、センサ部 92a、92b の長さは駆動部 52 の長さに等しい。センサ部 92a、92b は、図 2 に示したセンサ部 71 と同様の積層構造により構成される。

[0092] センサ部 91a、91b は、アーム部 31、支持部 41 および固定部 10 上の配線（図示せず）を介して、固定部 10 上の電極（図示せず）に接続されており、センサ部 92a、92b は、アーム部 32、支持部 41 および固定部 10 上の配線（図示せず）を介して、固定部 10 上の電極（図示せず）

に接続されている。固定部10上のこれらの電極には、外部の制御回路に繋がるケーブル（外部配線）がワイヤーボンディングにより接続される。センサ部91a、91b、92a、92bは、それぞれ、配置されたアーム部の位置の歪みに応じた信号を出力する。

[0093] 図12(a)は、実施形態2に係る、アーム部31、32の側面の傾きがばらつく状態を模式的に示す断面図である。図12(b)は、実施形態2に係る、アーム部31、32の側面の傾きのばらつきによって不要振動が生じている状態を模式的に示す断面図である。

[0094] 図12(a)に示すように、実施形態2においても、プラズマエッチング時のイオンの衝突角度により、アーム部31、32の側面の傾きにばらつきが生じ得る。アーム部31、32の側面にばらつきがない場合、アーム部31、32は駆動部51、52によって上下方向にのみ振動するが、図12(b)のように側面の傾きにばらつきが生じると、適正な上下方向の振動に左右方向の不要振動重畳し、結果、太線矢印に示すように、斜め方向の振動が生じてしまう。

[0095] なお、実施形態1と同様、アーム部31、32はZ軸方向において互いに逆位相で振動するため、たとえば、図12(b)において、アーム部31が右上に振動している場合、アーム部32は左下に振動し、アーム部31が左下に振動している場合、アーム部32は右上に振動する。

[0096] 次に、実施形態2において、センサ部91a、91b、92a、92bが出力する信号を用いて、可動部20に生じる不要振動を検出する演算式を説明する。

[0097] 図12(b)を参照して、センサ部91a、91bが出力する信号を、それぞれ、SPL、SMLとし、センサ部92a、92bが出力する信号を、それぞれ、SMR、SPRとする。Z軸方向の振動に基づく信号SPL、SMLの信号成分は、互いに同極性であり、Z軸方向の振動に基づく信号SMR、SPRの信号成分は、互いに同極性であり、Z軸方向の振動に基づく信号SPL、SMRの信号成分は、互いに逆極性である。一方、X軸方向の不

要振動に基づく信号SPL、SPRの信号成分は、互いに同極性であり、X軸方向の不要振動に基づく信号SML、SMRの信号成分は、互いに同極性であり、X軸方向の不要振動に基づく信号SPL、SMRの信号成分は、互いに逆極性である。

[0098] したがって、信号SPLおよび信号SPRの和と、信号SMLおよび信号SMRの和との差分信号DSは、可動部20に生じた不要振動を高精度に検出可能な信号となる。差分信号DSは、以下の式Fで表される。

[0099] $DS = (SPL + SPR) - (SML + SMR) \quad \dots (F)$

[0100] 差分信号DSは、一对のアーム部31、32の一方ではなく、一对のアーム部31、32の両方に配置されたセンサ部91a、91b、92a、92bに基づいて得られる信号であるため、不要振動に基づく成分を高感度に含む。これにより、不要振動を高精度に把握できる。

[0101] <実施形態2の効果>

実施形態2によれば、以下の効果が奏される。

[0102] 図11に示したように、一对のセンサ部91a、91b（一对のセンサ）が、アーム部31の幅方向（X軸方向）に駆動部51（第1駆動部）を挟んでアーム部31に配置されており、一对のセンサ部92a、92b（一对のセンサ）が、アーム部32の幅方向（X軸方向）に駆動部52（第1駆動部）を挟んでアーム部31に配置されている。一对のセンサ部91a、91bおよび一对のセンサ部92a、92bは、それぞれ、歪みに応じた信号を出力する。

[0103] 製造プロセスにおいてアーム部31、32の形状に非対称性が生じている場合、駆動部51、52の駆動により、アーム部31、32の面に垂直な方向の適正な振動以外の不要振動がアーム部31、32に生じる。上記の構成によれば、アーム部31、32に不要振動が生じると、一对のセンサ部91a、91bからそれぞれ出力される信号に差分が生じ、一对のセンサ部92a、92bからそれぞれ出力される信号に差分が生じる。このため、この差分により、アーム部31、32の不要振動を検出できるため、可動部20の

不要振動を検出できる。

[0104] また、可動部20に生じる不要振動は、アーム部31、32の駆動により生じ得る。上記の構成によれば、センサ部91a、91bがアーム部31に配置され、センサ部92a、92bがアーム部32に配置されているため、不要振動の発生源にて生じた不要振動を直接的に検出できる。

[0105] <実施形態3>

実施形態3では、アーム部31、32に、それぞれ、アーム部31、32の不要振動を抑制するための駆動部が配置される。

[0106] 図13は、実施形態3に係る、音叉型駆動素子1および光偏向素子2の構成を模式的に示す平面図である。

[0107] 実施形態3の音叉型駆動素子1は、図11に示した実施形態2と比較して、アーム部31に一对の駆動部93a、93bが配置され、アーム部32に一对の駆動部94a、94bが配置されている。実施形態3においても、音叉型駆動素子1は、平面視において、中心C10についてX軸方向およびY軸方向に対称となるよう構成されている。

[0108] 一对の駆動部93a、93bは、アーム部31の幅方向（X軸方向）に駆動部51を挟んでアーム部31に配置されており、それぞれ、駆動部51のX軸正側およびX軸負側に配置されている。X軸方向およびY軸方向において、駆動部93a、93bの長さは互いに等しい。駆動部93a、93bは、図2に示した駆動部51、52と同様の積層構造により構成される。

[0109] 一对の駆動部94a、94bは、アーム部32の幅方向（X軸方向）に駆動部52を挟んでアーム部32に配置されており、それぞれ、駆動部52のX軸正側およびX軸負側に配置されている。X軸方向およびY軸方向において、駆動部94a、94bの長さは互いに等しい。駆動部94a、94bは、図2に示した駆動部51、52と同様の積層構造により構成される。

[0110] 駆動部93a、93bは、アーム部31、支持部41および固定部10上の配線（図示せず）を介して、固定部10上の電極（図示せず）に接続されており、駆動部94a、94bは、アーム部32、支持部41および固定部

10上の配線（図示せず）を介して、固定部10上の電極（図示せず）に接続されている。固定部10上のこれらの電極には、外部の制御回路に繋がるケーブル（外部配線）がワイヤーボンディングにより接続される。

[0111] 図14は、駆動装置3の構成を示すブロック図である。

[0112] 駆動装置3は、音叉型駆動素子1または光偏向素子2と、制御回路3aと、駆動回路3b、3cと、を備える。図14には、便宜上、第1駆動ユニット1aおよび第2駆動ユニット1bのうち一方の駆動ユニットと、制御回路3aと、駆動回路3b、3cとの接続が示されているが、他方の駆動ユニットと、制御回路3aと、駆動回路3b、3cとの接続も、図14に示す接続と同様である。以下に示す制御回路3aおよび駆動回路3b、3cの処理は、第1駆動ユニット1aおよび第2駆動ユニット1bに対して個別に行われる。

[0113] センサ部61、62は、それぞれ、固定部10の電極を介して、制御回路3aに接続されている。駆動部51、52は、それぞれ、固定部10の電極を介して、駆動回路3bに接続されている。センサ部91a、91b、92a、92bは、それぞれ、固定部10の電極を介して、制御回路3aに接続されている。駆動部93a、93b、94a、94bは、それぞれ、固定部10の電極を介して、駆動回路3cに接続されている。駆動回路3b、3cは、それぞれ、制御回路3aに接続されている。

[0114] 制御回路3aは、センサ部61、62からの検出信号（電流）に対して、I/V変換およびデジタル変換の処理を行う。制御回路3aは、センサ部61に基づく検出信号と、センサ部62に基づく検出信号の極性を反転した検出信号とを加算し、加算した検出信号が、アーム部31、32が適正な動きになるときの理想の波形に近づくように、駆動部51、52に印可するための駆動信号を生成する。具体的には、制御回路3aは、加算した検出信号の振幅、周波数および位相が、目標の振幅、周波数および位相となるように、駆動信号を生成する。

[0115] 駆動回路3bは、駆動部51、52に印可するための駆動信号に対して、

アナログ変換および増幅の処理を行い、処理後の駆動信号（交流電圧）を駆動部51に印可し、処理後の駆動信号（交流電圧）の極性を反転した駆動信号を駆動部52に印可する。このようなフィードバック制御により、アーム部31、32が理想の振動状態に近づけられ、可動部20が目標の振れ角および周波数で共振駆動される。

[0116] また、制御回路3aは、センサ部91a、91b、92a、92bからの検出信号（電流）に対して、I/V変換およびデジタル変換の処理を行う。制御回路3aは、上記式（F）に従って、センサ部91aに基づく検出信号と、センサ部91bに基づく検出信号の極性を反転した検出信号と、センサ部92aに基づく検出信号の極性を反転した検出信号と、センサ部92bに基づく検出信号とを加算して差分信号DSを算出する。

[0117] 駆動回路3cは、差分信号DSに対してアナログ変換および増幅などの処理を行って、差分信号DSが0になるように駆動電圧を生成する。そして、駆動回路3cは、生成した駆動電圧の極性を反転して駆動部93aに印可し、生成した駆動電圧を駆動部93bに印可し、生成した駆動電圧を駆動部94aに印可し、生成した駆動電圧の極性を反転して駆動部94bに印可する。これにより、駆動部93a、93b、94a、94bによりアーム部31、32の不要振動が抑制される。

[0118] 差分信号DSは、一对のアーム部31、32の一方ではなく、一对のアーム部31、32の両方に配置されたセンサ部91a、91b、92a、92bに基づいて得られる信号であるため、不要振動に基づく成分を高感度に含む。これにより、不要振動を高精度に把握できる。また、高感度な差分信号DSを用いて駆動部93a、93b、94a、94bに印可する信号が生成されるため、可動部20に生じる不要振動を高精度に抑制できる。さらに、駆動部93a、93b、94a、94bにより不要振動が抑制されるため、アーム部31、32の非対称性を解消させる加工等を行う必要がなくなる。

[0119] <実施形態3の効果>

実施形態3によれば、以下の効果が奏される。

- [0120] 図13に示したように、一对の駆動部93a、93b（第2駆動部）は、アーム部31の幅方向（X軸方向）に駆動部51（第1駆動部）を挟んでアーム部31に配置されている。一对の駆動部94a、94b（第2駆動部）は、アーム部32の幅方向（X軸方向）に駆動部52（第1駆動部）を挟んでアーム部32に配置されている。
- [0121] この構成によれば、一对のセンサ部91a、91bおよび一对のセンサ部92a、92bから得られた検出信号に基づいて駆動部93a、93b、94a、94bを駆動させることにより、アーム部31、32に生じた不要振動を抑制できる。
- [0122] 駆動部93a、93b、94a、94b（第2駆動部）は、圧電体薄膜である圧電体層112を含む。
- [0123] この構成によれば、駆動部51、52、センサ部61、62およびセンサ部91a、91b、92a、92bが圧電体薄膜を含むように構成される場合、駆動部51、52、センサ部61、62およびセンサ部91a、91b、92a、92bの形成と同時に駆動部93a、93b、94a、94bを形成できるため、製造プロセスが簡素になる。
- [0124] 図14に示したように、駆動装置3は、音叉型駆動素子1または光偏向素子2と、センサ部91a、91b、92a、92b（第2センサ部）から出力された信号に基づいて、アーム部31、32の不要振動を抑制するよう駆動部93a、93b、94a、94b（第2駆動部）を駆動する制御回路3aおよび駆動回路3b、3c（制御部）と、を備える。
- [0125] この構成によれば、可動部20における不要振動の発生源となるアーム部31、32の不要振動を、センサ部91a、91b、92a、92bからの出力に基づく駆動部93a、93b、94a、94bの制御により抑制できる。よって、可動部20の不要振動を適切に抑制できる。さらに、駆動部93a、93b、94a、94bにより不要振動が抑制されるため、アーム部31、32の非対称性を解消させる加工等を行う必要がなくなる。
- [0126] <実施形態3の変更例>

実施形態3では、一对のアーム部31、32の加工形状の非対称性が、互いにほぼ同じであるとして、図14に示したように、1つの差分信号DSに基づく駆動信号が駆動部93a、93b、94a、94bに印可された。しかしながら、一对のアーム部31、32の加工形状の非対称性が互いに異なる場合、一对のアーム部31、32でそれぞれ生じる不要振動が互いに異なる。この場合、駆動部93a、93b、94a、94bに対して、個別に適正な駆動信号が印加されるのが好ましい。

- [0127] 図15は、本変更例に係る、駆動装置3の構成を示すブロック図である。
- [0128] 本変更例の駆動装置3は、図14に示した実施形態3と比較して、制御回路3aから駆動回路3cに対して、駆動部93a、93b、94a、94bにそれぞれ対応する4つの信号が出力される。
- [0129] 制御回路3aは、センサ部91a、91b、92a、92bからの検出信号（電流）に対して、I/V変換およびデジタル変換の処理を行う。制御回路3aは、センサ部91a、91b、92a、92bに基づく検出信号を駆動回路3cに出力する。駆動回路3cは、制御回路3aから出力された4つの検出信号に対して、アナログ変換および増幅などの処理を行う。駆動回路3cは、処理後のセンサ部91aに基づく検出信号を駆動部93bに印可し、処理後のセンサ部91bに基づく検出信号を駆動部93aに印可し、処理後のセンサ部92aに基づく検出信号を駆動部94bに印可し、処理後のセンサ部92bに基づく検出信号を駆動部94aに印可する。これにより、駆動部93a、93b、94a、94bによりアーム部31、32の不要振動が抑制される。

[0130] <その他の変更例>

上記実施形態および変更例では、図1、10、11、13に示したように、可動部20を挟んで第1駆動ユニット1aおよび第2駆動ユニット1bが配置されたが、2つの駆動ユニットのうち何れか一方が省略されてもよい。たとえば、図16に示すように、第2駆動ユニット1bが省略され、可動部20が第1駆動ユニット1aの連結部42のみにより支持されてもよい。

- [0131] 上記実施形態3では、図13に示したように、センサ部91a、91bは、駆動部93a、93bに対して可動部20の反対側に配置され、センサ部92a、92bは、駆動部94a、94bに対して可動部20の反対側に配置された。しかしながら、これに限らず、センサ部91a、91bは、駆動部93a、93bに対して可動部20側に配置され、センサ部92a、92bは、駆動部94a、94bに対して可動部20側に配置されてもよい。
- [0132] 上記実施形態1および上記実施形態1の変更例では、可動部20の回動を検出するための第1センサ部として、アーム部31、32にそれぞれセンサ部61、62が配置されたが、第1センサ部として、可動部20に一对のセンサ部が配置されてもよい。この場合の一对のセンサ部は、たとえば、可動部20の上面において、それぞれ、回動軸R10のX軸正側およびX軸負側に、回動軸R10について対称に配置される。
- [0133] 上記実施形態1および上記実施形態1の変更例では、センサ部71が、連結部42において可動部20近傍または支持部41の近傍に配置されたが、可動部20近傍および支持部41の近傍の両方に配置されてもよい。また、センサ部71は、連結部42のY軸方向の全範囲に配置されてもよい。
- [0134] 上記実施形態2では、Y軸方向において、駆動部51、52の長さ、センサ部91a、91b、92a、92bの長さが互いに等しかったが、これら2つの長さが互いに異なってもよい。
- [0135] 上記実施形態および変更例において、センサ部61、62、71、91a、91b、92a、92bは、圧電体薄膜を含むよう構成されたが、歪抵抗材料を含むよう構成されてもよい。歪抵抗材料は、たとえば、歪抵抗薄膜や、シリコンに不純物をドーピングした歪抵抗素子である。これにより、上記センサ部が、ひずみゲージとして機能するようになり、圧電体薄膜を含むセンサ部と同様、配置部材（連結部42やアーム部31、32）の撓みの検出が可能になる。また、この場合、上記センサ部が接続される外部の回路が簡素になるため、外部の回路にかかるコストを抑えることができる。
- [0136] また、センサ部71、91a、91b、92a、92bが歪抵抗材料を含

むよう構成されると、圧電体薄膜を含むセンサ部と比較して、静止状態（DC状態）での配置部材の意図しないずれ（たとえば、X軸方向のずれ）を検出できる。すなわち、駆動部51、52に所定のDC電圧が印可され、所定の姿勢でアーム部31、32が静止された状態のとき、センサ部71から検出信号が出力された場合、連結部42に意図しないずれが生じていることが分かり、センサ部91a、91bからの検出信号がアンバランスである場合およびセンサ部92a、92bからの検出信号がアンバランスである場合、それぞれ、アーム部31、32に意図しないずれが生じていることが分かる。この場合、アーム部31、32の加工形状に非対称性が生じていると判断でき、可動部20に不要振動が生じ得る状態であると判断できる。

[0137] 上記実施形態1および上記実施形態1の変更例では、音叉型駆動素子1は、平面視において、中心C10についてX軸方向およびY軸方向に対称となるよう構成された。したがって、センサ部71（第2センサ部）は、平面視において回転軸R10について対称な形状を有する。この構成によれば、可動部20が適正に回転する場合、センサ部71から検出信号が略出力されないため、可動部20の回転時に可動部20にX軸方向やZ軸方向に不要振動が生じた場合、不要振動を効率良く検出できる。

[0138] なお、センサ部71は、回転軸R10について実質的に対称な形状を有していればよく、たとえば、回転軸R10について対称な形状から僅かにずれた形状を有してもよい。ただし、センサ部71が回転軸R10について対称な形状から大きくずれた形状を有する場合、可動部20が適正に回転する場合にも、センサ部71から検出信号が僅かに出力されるため、検出信号の精度が低下する。このため、より精度良く不要振動を検出するためには、上記のように、センサ部71は回転軸R10について実質的に対称な形状を有することが好ましい。

[0139] 上記実施形態2では、図11を参照して説明したように、一对のセンサ部91a、91bは、アーム部31の幅方向（X軸方向）に駆動部51を挟んでアーム部31に配置されており、X軸方向およびY軸方向において、セン

サ部 9 1 a、9 1 b の長さは互いに等しい。同様に、一对のセンサ部 9 2 a、9 2 b は、アーム部 3 2 の幅方向（X 軸方向）に駆動部 5 2 を挟んでアーム部 3 2 に配置されており、X 軸方向および Y 軸方向において、センサ部 9 2 a、9 2 b の長さは互いに等しい。

[0140] また、図 1 1 ~ 図 1 2 (b) を参照して分かるように、一对のセンサ部 9 1 a、9 1 b は、平面視において、アーム部 3 1 の幅方向（X 軸方向）の中心軸について互いに対称に配置されており、一对のセンサ部 9 2 a、9 2 b は、平面視において、アーム部 3 2 の幅方向（X 軸方向）の中心軸について互いに対称に配置されている。図 1 7 (a) に示すように、アーム部 3 1 の幅方向の中心軸は R 1 1 であり、アーム部 3 2 の幅方向の中心軸は R 1 2 である。

[0141] このように、一对のセンサ部 9 1 a、9 1 b（一对のセンサ）は、当該一对のセンサ部 9 1 a、9 1 b（一对のセンサ）が配置されたアーム部 3 1 の幅方向の中心軸 R 1 1 について、互いに対称に配置されており、一对のセンサ部 9 2 a、9 2 b（一对のセンサ）は、当該一对のセンサ部 9 2 a、9 2 b（一对のセンサ）が配置されたアーム部 3 2 の幅方向の中心軸 R 1 2 について、互いに対称に配置されている。

[0142] この構成によれば、アーム部 3 1 が適正に振動する場合、一对のセンサ部 9 1 a、9 1 b から互いに略等しい検出信号が出力され、アーム部 3 2 が適正に振動する場合、一对のセンサ部 9 2 a、9 2 b から互いに略等しい検出信号が出力される。よって、可動部 2 0 の回動時にアーム部 3 1、3 2 の振動を差分信号（ $SPL - SML$ ）、（ $SPR - SMR$ ）により個別に検出する場合、アーム部 3 1、3 2 に生じる不要振動を効率良く検出できる。

[0143] なお、一对のセンサ部 9 1 a、9 1 b は、中心軸 R 1 1 について実質的に互いに対称に配置されればよく、たとえば、中心軸 R 1 1 について互いに対称な配置から僅かにずれて配置されてもよい。同様に、一对のセンサ部 9 2 a、9 2 b は、中心軸 R 1 2 について実質的に互いに対称に配置されればよく、たとえば、中心軸 R 1 2 について互いに対称な配置から僅かにずれて配

置されてもよい。ただし、一对のセンサ部が中心軸について互いに対称な配置から大きくずれて配置される場合、差分信号（SPL-SML）、（SPR-SMR）の精度が低下する。このため、これらの差分信号の精度を高めるためには、上記のように、一对のセンサ部は中心軸について実質的に互いに対称に配置されることが好ましい。

[0144] 上記実施形態3では、図13を参照して説明したように、一对の駆動部93a、93bは、アーム部31の幅方向（X軸方向）に駆動部51を挟んでアーム部31に配置されており、X軸方向およびY軸方向において、駆動部93a、93bの長さは互いに等しい。同様に、一对の駆動部94a、94bは、アーム部32の幅方向（X軸方向）に駆動部52を挟んでアーム部32に配置されており、X軸方向およびY軸方向において、駆動部94a、94bの長さは互いに等しい。

[0145] また、図13を参照して分かるように、一对の駆動部93a、93bは、平面視において、アーム部31の幅方向（X軸方向）の中心軸について互いに対称に配置されており、一对の駆動部94a、94bは、平面視において、アーム部32の幅方向（X軸方向）の中心軸について互いに対称に配置されている。図17（b）に示すように、アーム部31の幅方向の中心軸はR11であり、アーム部32の幅方向の中心軸はR12である。

[0146] このように、一对の駆動部93a、93b（一对の第2駆動部）は、当該一对の駆動部93a、93b（一对の第2駆動部）が配置されたアーム部31の幅方向の中心軸R11について、互いに対称に配置されており、一对の駆動部94a、94b（一对の第2駆動部）は、当該一对の駆動部94a、94b（一对の第2駆動部）が配置されたアーム部32の幅方向の中心軸R12について、互いに対称に配置されている。

[0147] この構成によれば、一对の駆動部93a、93bに互いに等しい駆動信号が印加されると、アーム部31の中心軸R11を挟む両側の部分に対して、略等しい力を付与でき、一对の駆動部94a、94bに互いに等しい駆動信号が印加されると、アーム部32の中心軸R12を挟む両側の部分に対して

、略等しい力を付与できる。よって、可動部 20 の回転時にアーム部 31、32 に生じる不要振動を、個別に効率良く抑制できる。

[0148] なお、一对の駆動部 93 a、93 b は、中心軸 R 11 について実質的に互いに対称に配置されればよく、たとえば、中心軸 R 11 について互いに対称な配置から僅かにずれて配置されてもよい。同様に、一对の駆動部 94 a、94 b は、中心軸 R 12 について実質的に互いに対称に配置されればよく、たとえば、中心軸 R 12 について互いに対称な配置から僅かにずれて配置されてもよい。ただし、一对の駆動部が中心軸について互いに対称な配置から大きくずれて配置される場合、アーム部の中心軸を挟む両側の部分に対して略等しい力を付与しにくくなる。このため、アーム部 31、32 に生じる不要振動をより効率良く抑制するためには、上記のように、一对の駆動部は中心軸について実質的に互いに対称に配置されることが好ましい。

[0149] この他、本発明の実施形態は、特許請求の範囲に示された技術的思想の範囲内において、適宜、種々の変更が可能である。

[0150] (付記)

以上の実施形態の記載により、下記の技術が開示される。

[0151] (技術 1)

回転軸について回転可能な可動部と、
前記可動部から前記回転軸に沿って延びる連結部と、
前記回転軸を挟んで配置された一对のアーム部と、
前記連結部および前記一对のアーム部を固定部に連結する支持部と、
各々の前記アーム部に配置され、前記可動部を回転させる第 1 駆動部と、
前記可動部の回転を検出するための第 1 センサ部と、
前記可動部に生じる不要振動を検出するための第 2 センサ部と、を備える
、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0152] 音叉型駆動素子では、製造プロセスにおいて加工形状に非対称性が生じる場合がある。このような非対称性が生じると、音叉型駆動素子において、本

来の意図した振動とは異なる不要振動が発生し、駆動効率の低下などの性能低下が生じる。これに対し、上記の技術によれば、第2センサ部の検出信号に基づいて、可動部において適正な回動以外の不要振動が生じていることを検出できる。よって、音叉型駆動素子の加工形状の非対称性に起因して可動部に不要振動が発生しても、不要振動を円滑に把握できる。これにより、非対称性を解消させる追加工等を行うなど、可動部を適正に振動させるための対処を進めることができる。

[0153] (技術2)

技術1に記載の音叉型駆動素子において、

前記第2センサ部は、前記回動軸を挟んで2つの領域に区分されるように前記連結部に配置されたセンサを含み、

前記センサは、各々の前記領域から誘起される信号の差分を前記不要振動の検出信号として出力する、

ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0154] この技術によれば、第2センサ部が可動部に直接連結された連結部に配置されるため、可動部の振動状態を直接的に検出できる。また、第2センサ部が上記のように構成されるため、可動部の回動時に可動部に不要振動が生じると、不要振動に応じた検出信号が第2センサ部から出力される。これにより、第2センサ部の検出信号に基づいて、不要振動の有無を容易に把握できる。

[0155] (技術3)

技術2に記載の音叉型駆動素子において、

前記第2センサ部は、前記回動軸について実質的に対称な形状を有する、ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0156] この技術によれば、可動部が適正に回動する場合、第2センサ部から検出信号が略出力されないため、可動部の回動時に可動部に不要振動が生じた場合、不要振動を効率良く検出できる。

[0157] (技術4)

技術 2 または 3 に記載の音叉型駆動素子において、
前記第 2 センサ部は、前記連結部において、前記固定部側の端付近の位置に配置されている、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0158] この技術によれば、第 2 センサ部から引き出した配線を固定部において外部装置と接続する場合、当該配線の長さを短くできる。これにより、第 2 センサ部からの信号に含まれるノイズを低減できる。

[0159] (技術 5)

技術 2 ないし 4 の何れか一項に記載の音叉型駆動素子において、
前記第 2 センサ部は、前記連結部において、前記可動部側の端付近の位置に配置されている、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0160] この技術によれば、可動部に近い連結部の部分に生じる不要振動を検出できるため、可動部に生じる不要振動を正確に検出できる。

[0161] (技術 6)

技術 1 に記載の音叉型駆動素子において、
前記第 2 センサ部は、前記アーム部の幅方向に前記第 1 駆動部を挟んで前記アーム部に配置された一对のセンサを含み、
前記一对のセンサは、それぞれ、歪みに応じた信号を出力する、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0162] 製造プロセスにおいてアーム部の形状に非対称性が生じている場合、第 1 駆動部の駆動により、アーム部の面に垂直な方向の適正な振動以外の不要振動がアーム部に生じる。上記の技術によれば、アーム部に不要振動が生じると、一对のセンサからそれぞれ出力される信号に差分が生じる。このため、この差分により、アーム部の不要振動を検出できるため、可動部の不要振動を検出できる。また、可動部に生じる不要振動は、アーム部の駆動により生じ得る。上記の技術によれば、第 2 センサ部がアーム部に配置されているため、不要振動の発生源にて生じた不要振動を直接的に検出できる。

[0163] (技術 7)

技術 6 に記載の音叉型駆動素子において、
前記一对のセンサは、当該一对のセンサが配置された前記アーム部の幅方向の中心軸について、実質的に互いに対称に配置されている、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0164] この技術によれば、アーム部が適正に振動する場合、一对のセンサから互いに略等しい検出信号が出力される。よって、可動部の回転時にアーム部の振動を検出する場合、アーム部に生じる不要振動を効率良く検出できる。

[0165] (技術 8)

技術 6 または 7 に記載の音叉型駆動素子において、
前記アーム部の幅方向に前記第 1 駆動部を挟んで前記アーム部に配置された一对の第 2 駆動部をさらに備える、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0166] この技術によれば、一对のセンサから得られた信号に基づいて一对の第 2 駆動部を駆動させることにより、アーム部に生じた不要振動を抑制できる。

[0167] (技術 9)

技術 8 に記載の音叉型駆動素子において、
前記一对の第 2 駆動部は、当該一对の第 2 駆動部が配置された前記アーム部の幅方向の中心軸について、実質的に互いに対称に配置されている、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0168] この技術によれば、一对の第 2 駆動部に互いに等しい駆動信号が印加されると、アーム部の中心軸を挟む両側の部分に対して、略等しい力を付与できる。よって、可動部の回転時にアーム部に生じる不要振動を、効率良く抑制できる。

[0169] (技術 10)

技術 8 または 9 に記載の音叉型駆動素子において、
前記第 2 駆動部は、圧電体薄膜を含む、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0170] この技術によれば、第1駆動部、第1センサ部および第2センサ部が圧電体薄膜を含むように構成される場合、第1駆動部、第1センサ部および第2センサ部の形成と同時に第2駆動部を形成できるため、製造プロセスが簡素になる。

[0171] (技術11)

技術1ないし10の何れか一項に記載の音叉型駆動素子において、前記第2センサ部は、圧電体薄膜を含む、ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0172] この技術によれば、第1駆動部および第1センサ部が圧電体薄膜を含むように構成される場合、第1駆動部および第1センサ部の形成と同時に第2センサ部を形成できるため、製造プロセスが簡素になる。

[0173] (技術12)

技術1ないし10の何れか一項に記載の音叉型駆動素子において、前記第2センサ部は、歪抵抗材料を含む、ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0174] この技術によれば、第2センサ部が圧電体薄膜を含むよう構成される場合と比較して、静止状態(DC状態)において、第2センサ部が配置された配置部材の意図しないずれを検出できる。これにより、アーム部の加工形状に非対称性が生じているか否かを判断でき、可動部に不要振動が生じ得る状態であるか否かを判断できる。

[0175] (技術13)

技術1ないし12の何れか一項に記載の音叉型駆動素子において、前記連結部、前記一对のアーム部、前記支持部、前記第1駆動部、前記第1センサ部および前記第2センサ部をそれぞれ備える2つの駆動ユニットが、前記可動部を挟んで互いに逆向きに配置され、前記各駆動ユニットの前記連結部が、前記可動部に接続されている、ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[0176] この技術によれば、可動部を各駆動ユニットで支持して駆動することより

、可動部をより大きなトルクで安定的に駆動することができる。また、各駆動ユニットにそれぞれ配置された第2センサ部に基づいて、各駆動ユニットにおいて生じた不要振動を円滑に把握できる。

[0177] (技術14)

技術1ないし13の何れか一項に記載の音叉型駆動素子と、前記可動部に配置された反射面と、を備える、ことを特徴とする光偏向素子。

[0178] この技術によれば、光偏向素子が上記構成の音叉型駆動素子を備えるため、反射面に不要振動が生じることを円滑に把握できる。これにより、反射面を適正に振動させるための対処を進めて、反射面に入射した光を、可動部の振動に伴い安定的に偏向させることができる。

[0179] (技術15)

技術8ないし10の何れか一項に記載の音叉型駆動素子と、前記第2センサ部から出力された信号に基づいて、前記アーム部の不要振動を抑制するよう前記第2駆動部を駆動する制御部と、を備える、ことを特徴とする駆動装置。

[0180] この技術によれば、可動部における不要振動の発生源となるアーム部の不要振動を、第2センサ部からの出力に基づく第2駆動部の制御により抑制できる。よって、可動部の不要振動を適切に抑制できる。また、第2駆動部により不要振動が抑制されるため、アーム部の非対称性を解消させる加工等を行う必要がなくなる。

符号の説明

- [0181] 1 音叉型駆動素子
- 1 a 第1駆動ユニット (駆動ユニット)
 - 1 b 第2駆動ユニット (駆動ユニット)
- 2 光偏向素子
- 3 駆動装置
- 3 a 制御回路 (制御部)

- 3 b、3 c 駆動回路（制御部）
- 1 0 固定部
- 2 0 可動部
- 3 1、3 2 アーム部
- 4 1 支持部
- 4 2 連結部
- 5 1、5 2 駆動部（第1駆動部）
- 6 1、6 2 センサ部（第1センサ部）
- 7 1 センサ部（第2センサ部、センサ）
- 8 0 反射面
- 9 1 a、9 1 b、9 2 a、9 2 b センサ部（第2センサ部、センサ）
- 9 3 a、9 3 b、9 4 a、9 4 b 駆動部（第2駆動部）
- 1 1 2 圧電体層（圧電体薄膜）
- R 1、R 2 領域
- R 1 0 回動軸
- R 1 1、R 1 2 中心軸

請求の範囲

- [請求項1] 回転軸について回転可能な可動部と、
前記可動部から前記回転軸に沿って延びる連結部と、
前記回転軸を挟んで配置された一对のアーム部と、
前記連結部および前記一对のアーム部を固定部に連結する支持部と、
、
各々の前記アーム部に配置され、前記可動部を回転させる第1駆動部と、
前記可動部の回転を検出するための第1センサ部と、
前記可動部に生じる不要振動を検出するための第2センサ部と、を
備える、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2センサ部は、前記回転軸を挟んで2つの領域に区分される
ように前記連結部に配置されたセンサを含み、
前記センサは、各々の前記領域から誘起される信号の差分を前記不
要振動の検出信号として出力する、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。
- [請求項3] 請求項2に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2センサ部は、前記回転軸について実質的に対称な形状を有
する、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。
- [請求項4] 請求項2に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2センサ部は、前記連結部において、前記固定部側の端付近
の位置に配置されている、

ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[請求項5] 請求項2に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2センサ部は、前記連結部において、前記可動部側の端付近の位置に配置されている、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[請求項6] 請求項1に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2センサ部は、前記アーム部の幅方向に前記第1駆動部を挟んで前記アーム部に配置された一对のセンサを含み、
前記一对のセンサは、それぞれ、歪みに応じた信号を出力する、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[請求項7] 請求項6に記載の音叉型駆動素子において、
前記一对のセンサは、当該一对のセンサが配置された前記アーム部の幅方向の中心軸について、実質的に互いに対称に配置されている、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

[請求項8] 請求項6に記載の音叉型駆動素子において、
前記アーム部の幅方向に前記第1駆動部を挟んで前記アーム部に配置された一对の第2駆動部をさらに備える、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

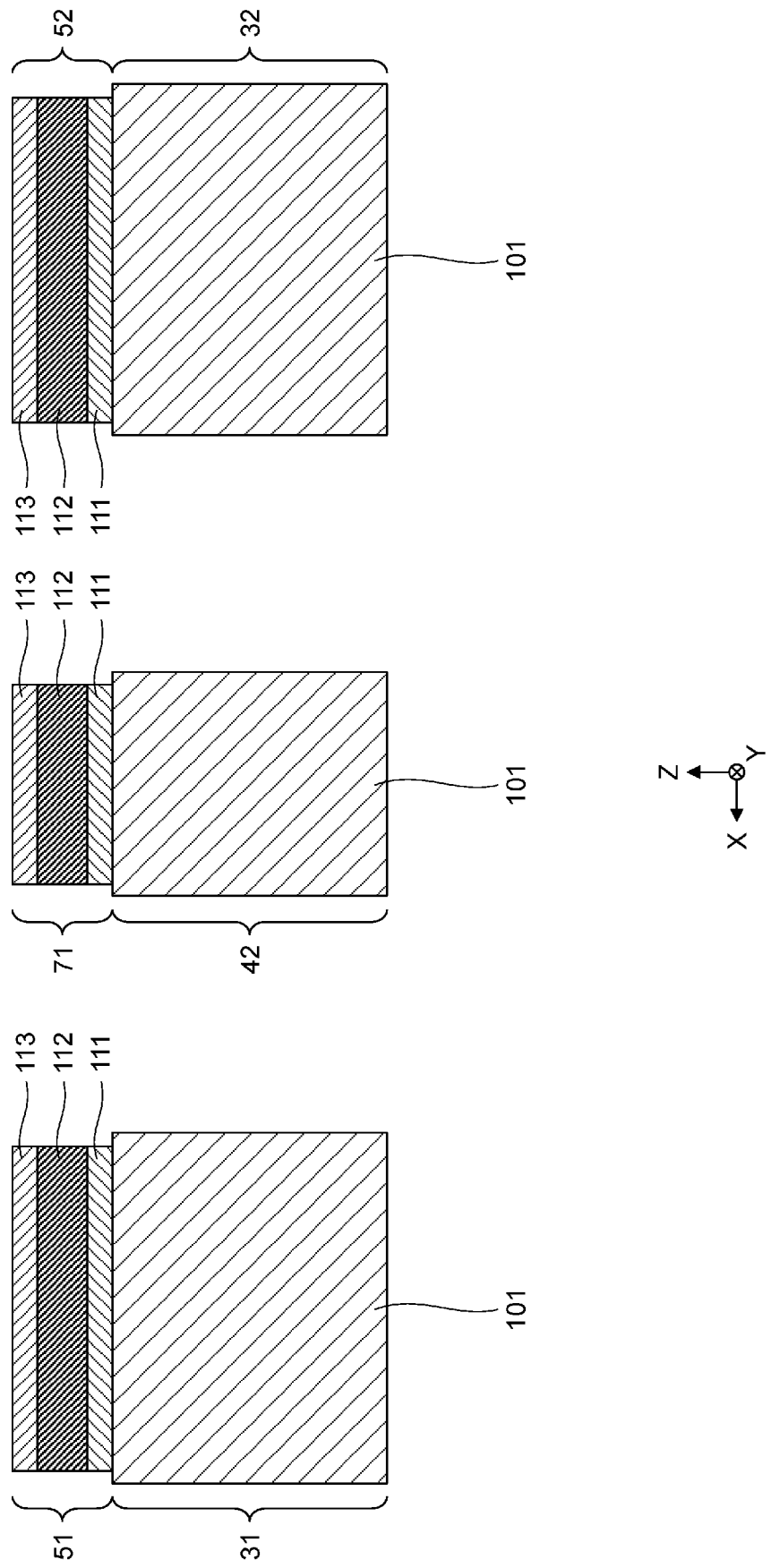
[請求項9] 請求項8に記載の音叉型駆動素子において、
前記一对の第2駆動部は、当該一对の第2駆動部が配置された前記アーム部の幅方向の中心軸について、実質的に互いに対称に配置されている、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。

- [請求項10] 請求項8に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2駆動部は、圧電体薄膜を含む、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。
- [請求項11] 請求項1に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2センサ部は、圧電体薄膜を含む、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。
- [請求項12] 請求項1に記載の音叉型駆動素子において、
前記第2センサ部は、歪抵抗材料を含む、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。
- [請求項13] 請求項1に記載の音叉型駆動素子において、
前記連結部、前記一对のアーム部、前記支持部、前記第1駆動部、
前記第1センサ部および前記第2センサ部をそれぞれ備える2つの駆
動ユニットが、前記可動部を挟んで互いに逆向きに配置され、
前記各駆動ユニットの前記連結部が、前記可動部に接続されている
、
ことを特徴とする音叉型駆動素子。
- [請求項14] 請求項1ないし13の何れか一項に記載の音叉型駆動素子と、
前記可動部に配置された反射面と、を備える、
ことを特徴とする光偏向素子。
- [請求項15] 請求項8に記載の音叉型駆動素子と、
前記第2センサ部から出力された信号に基づいて、前記アーム部の
不要振動を抑制するよう前記第2駆動部を駆動する制御部と、を備え

る、
ことを特徴とする駆動装置。

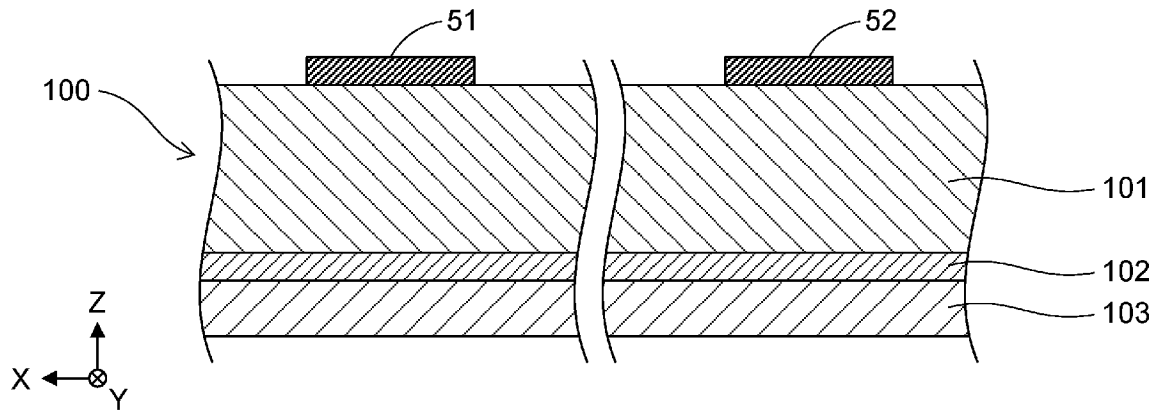
[図2]

C1-C2断面図

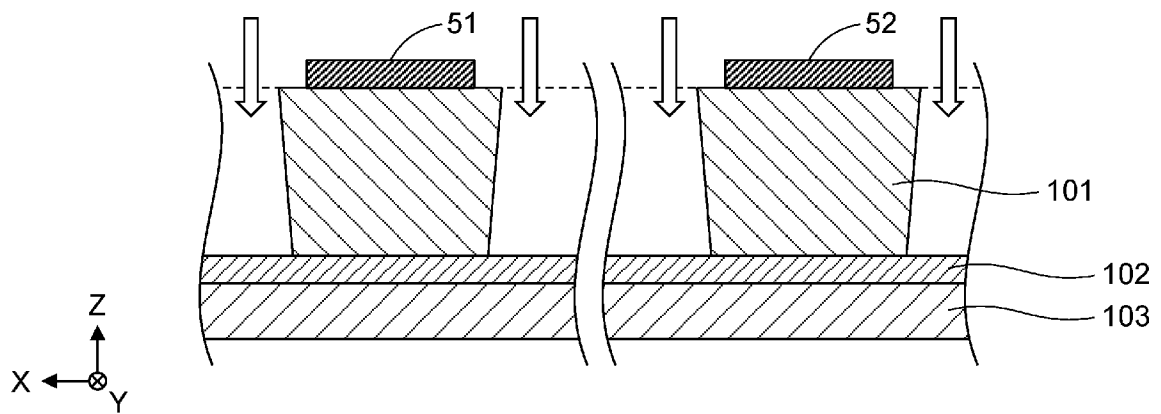


[図3]

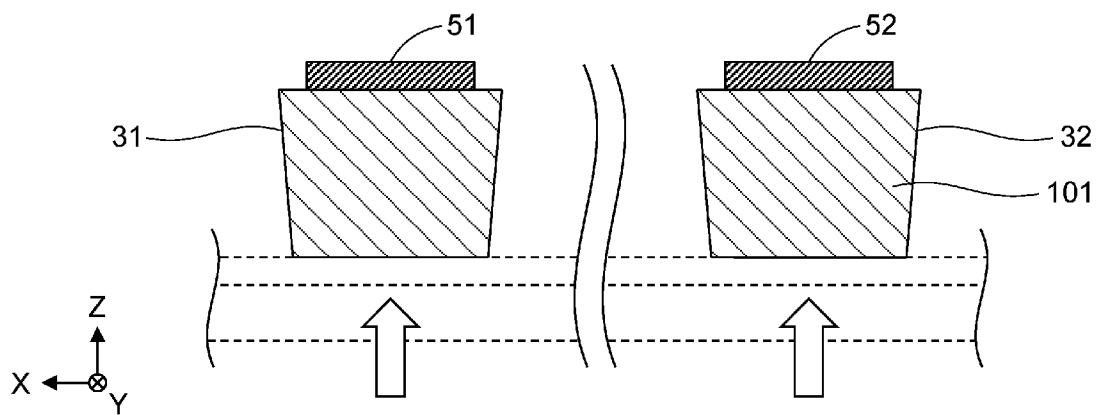
(a) C1-C2断面



(b)

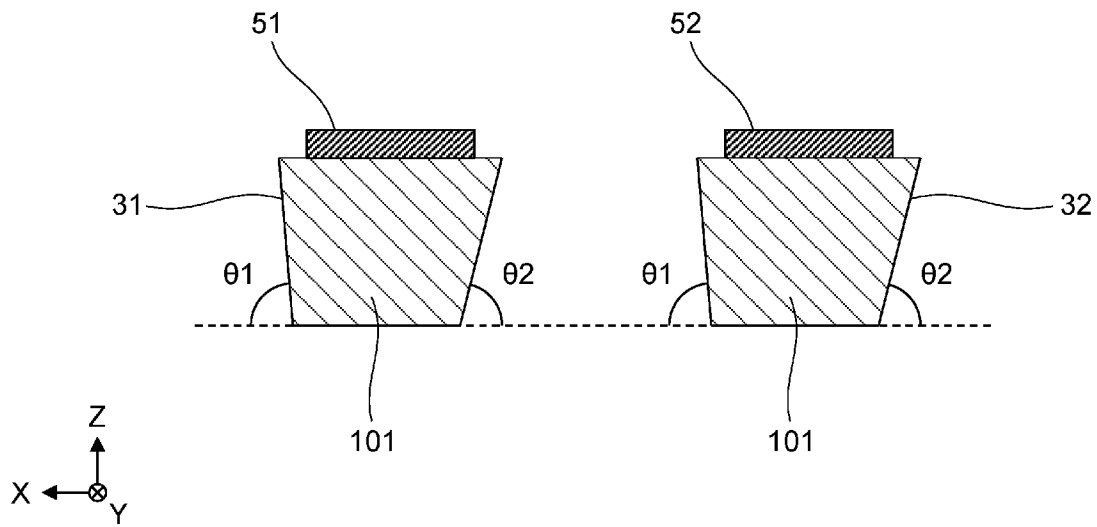


(c)

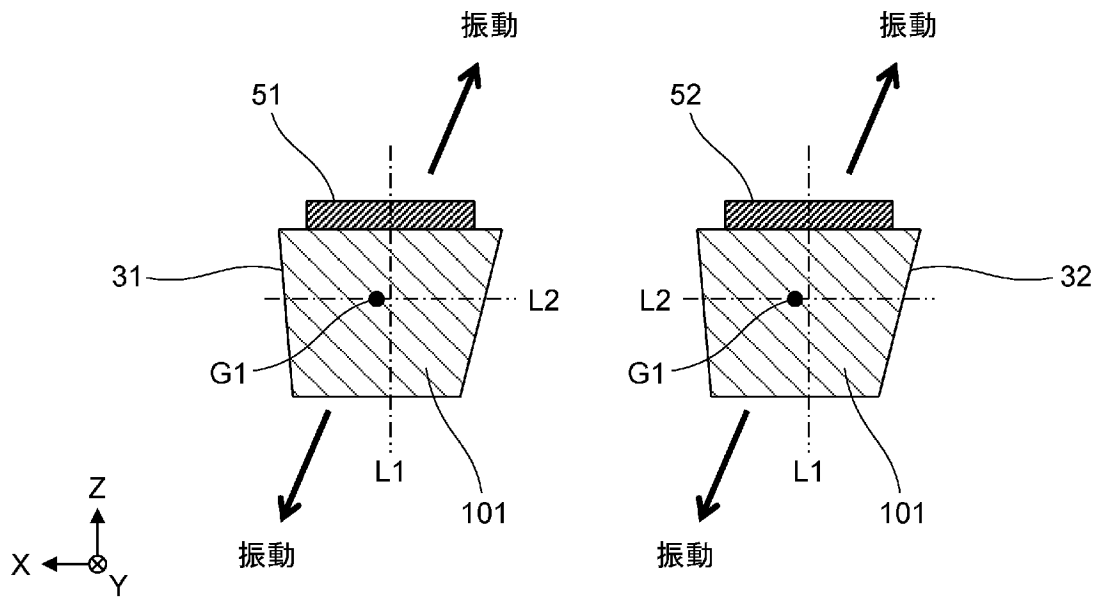


[図4]

(a)

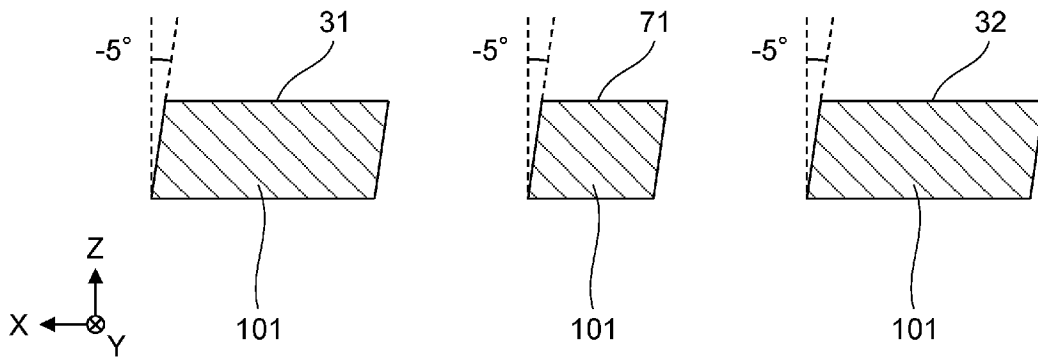


(b)

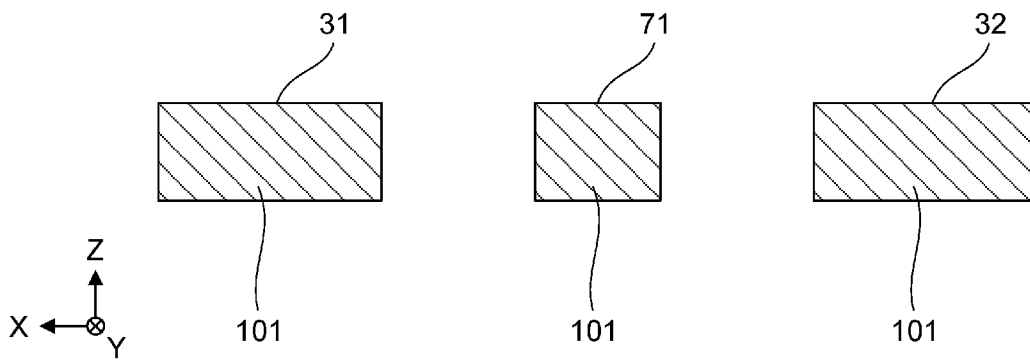


[図5]

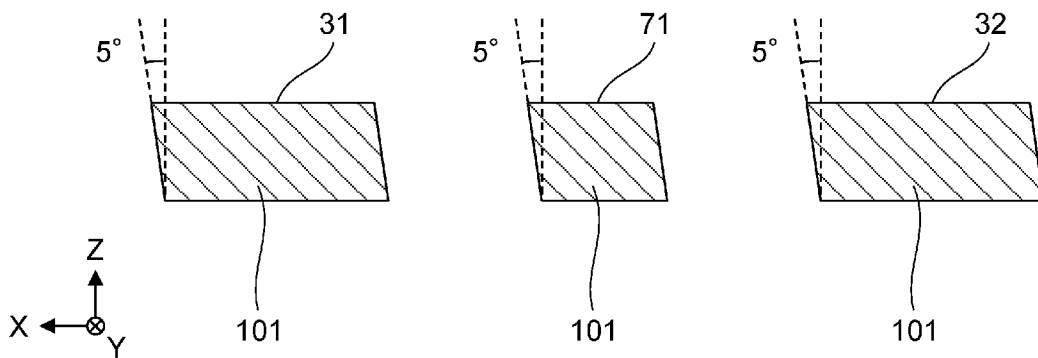
(a) (1) 傾き=-5°



(b) (2) 傾き=0°

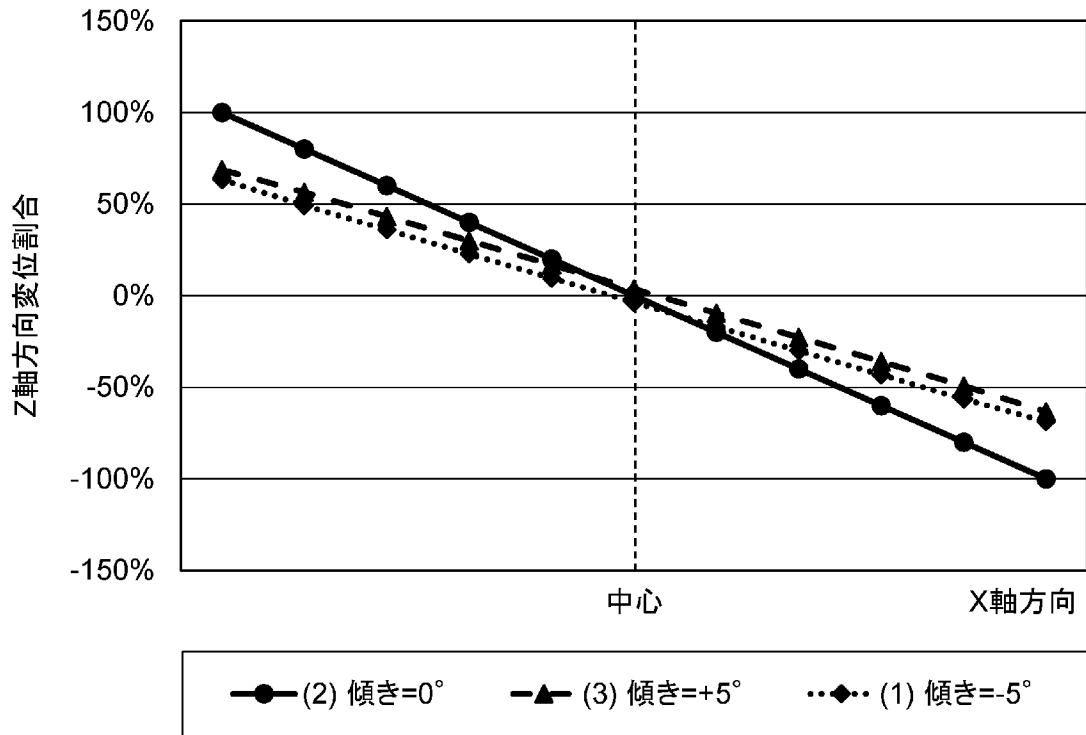


(c) (3) 傾き=+5°

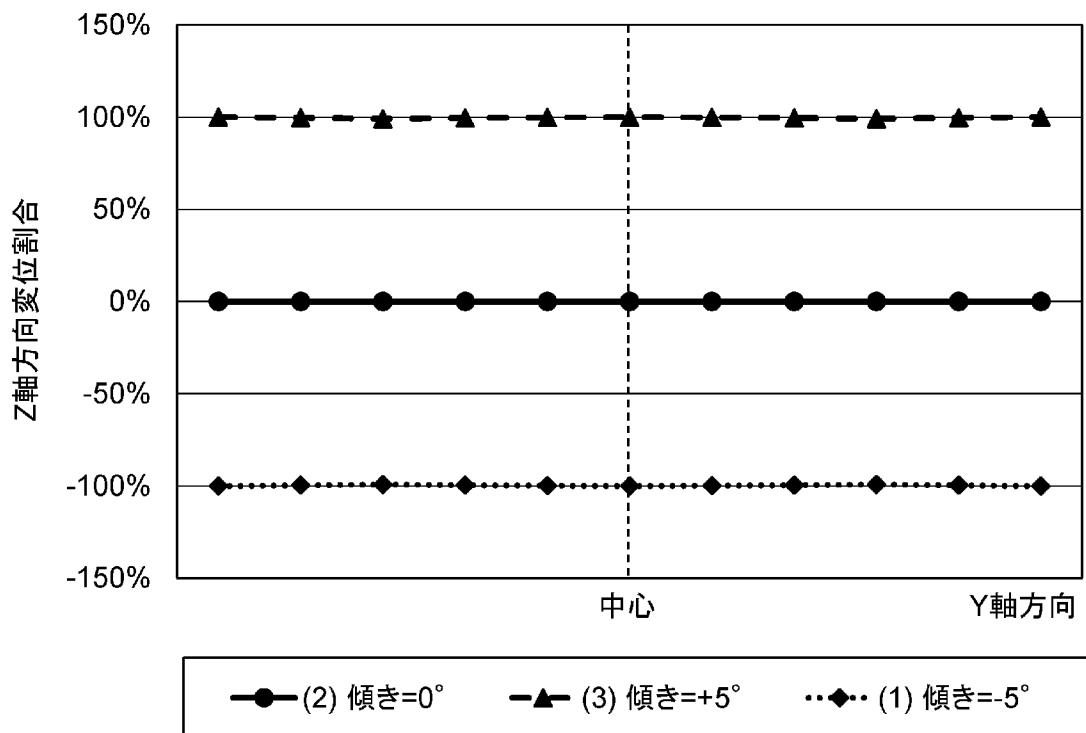


[図6]

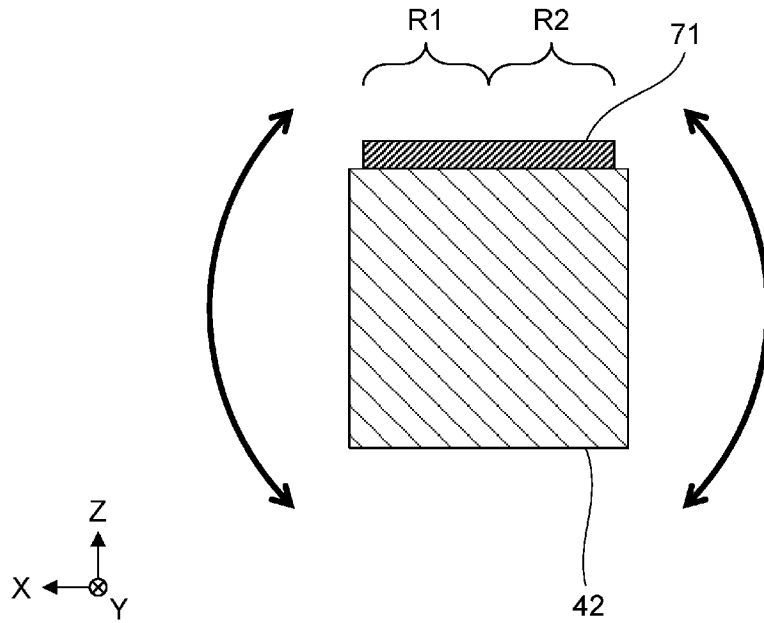
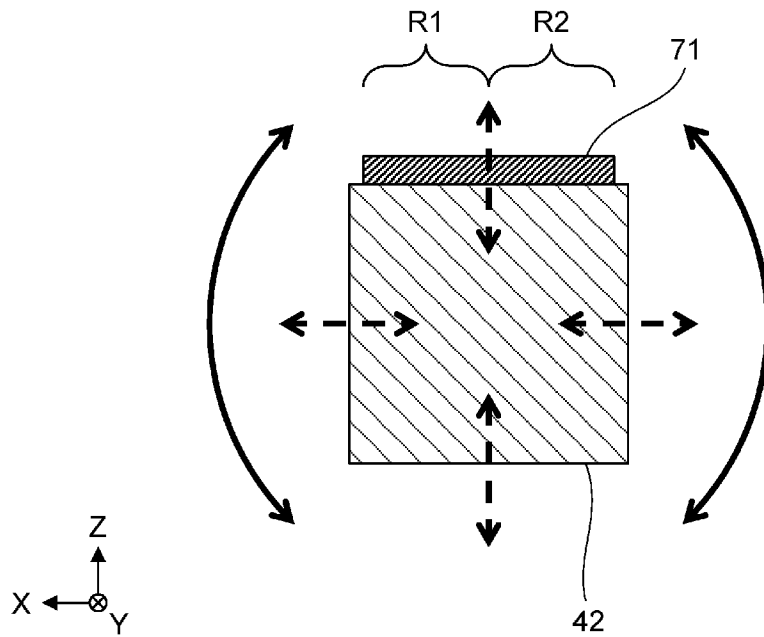
(a)



(b)

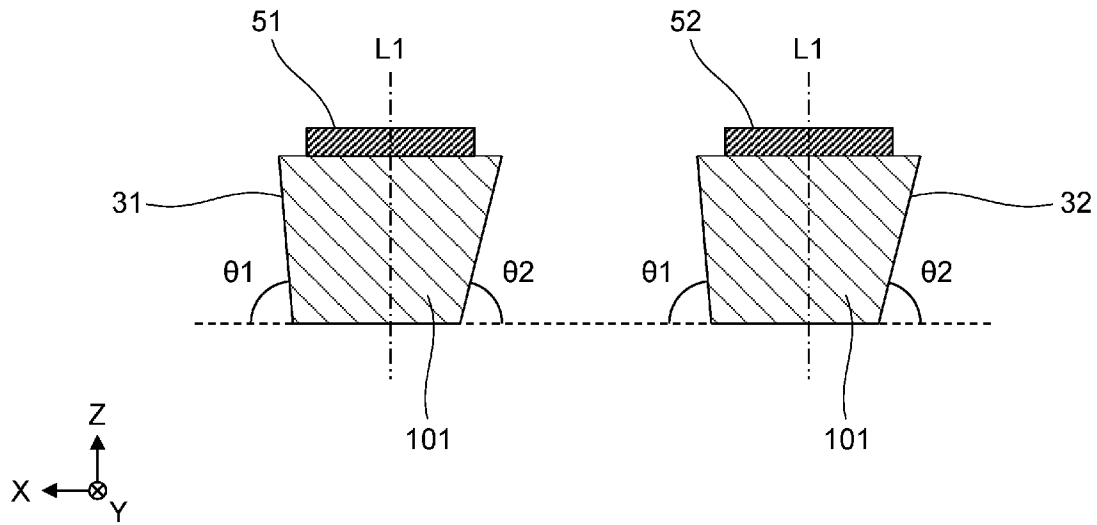


[図7]

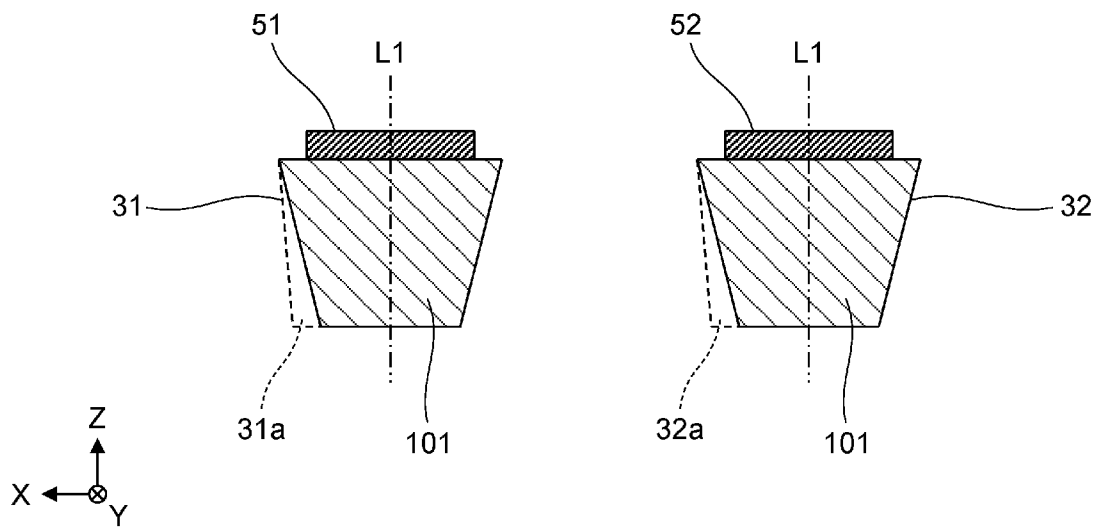
(a) アーム部に不要振動が生じていない場合(b) アーム部に不要振動が生じている場合

[図8]

(a) 加工前

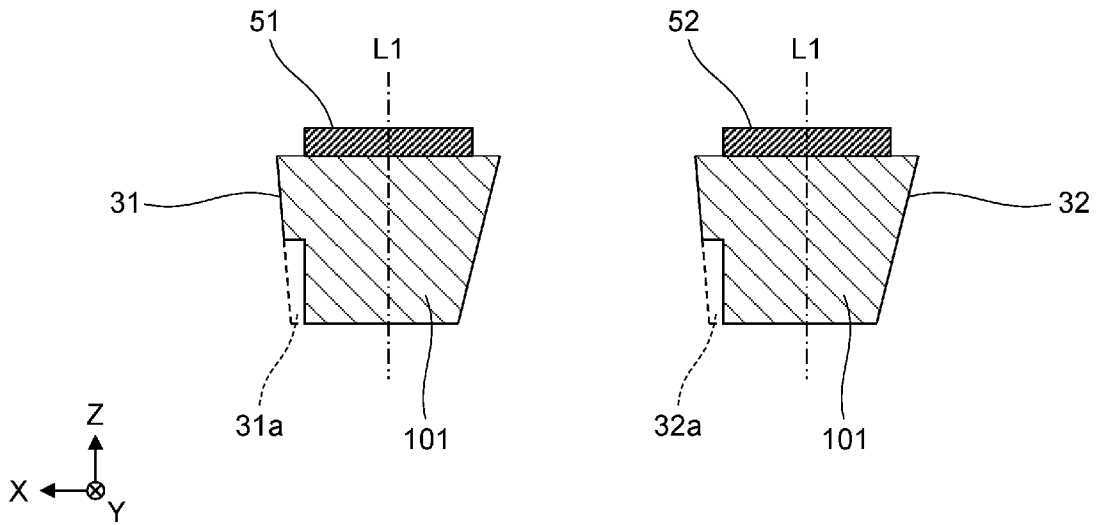


(b) 加工例1

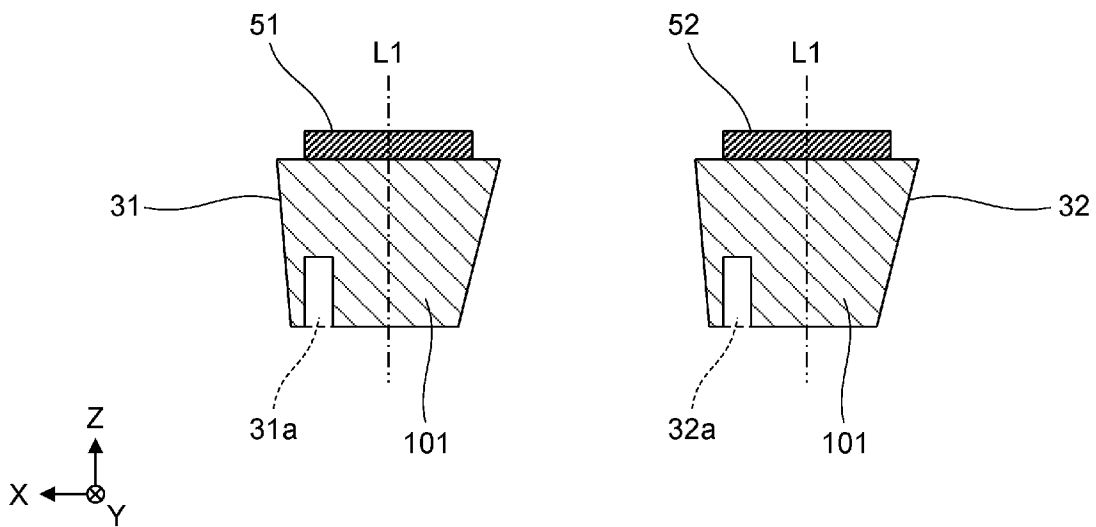


[図9]

(a) 加工例2

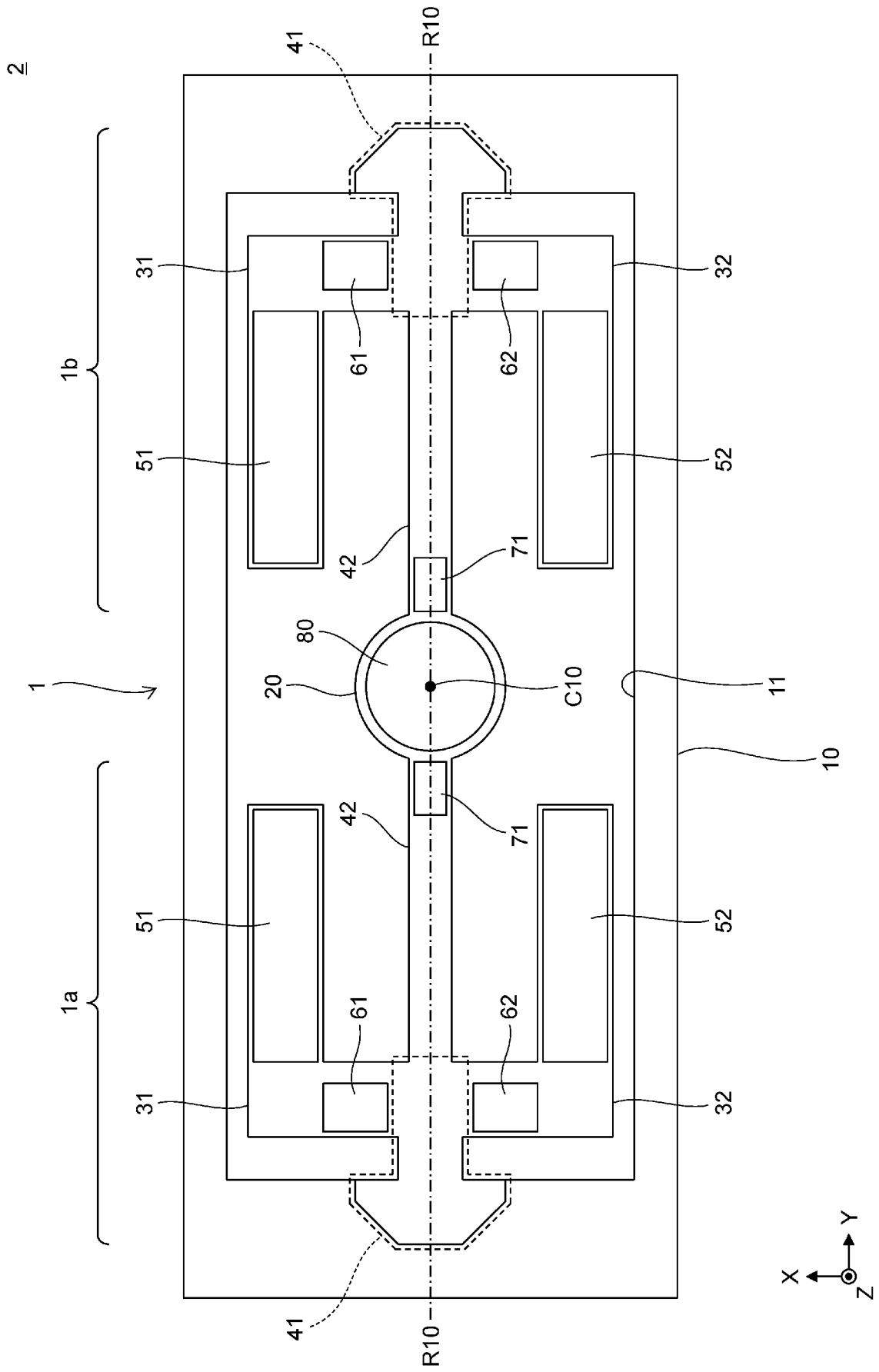


(b) 加工例3



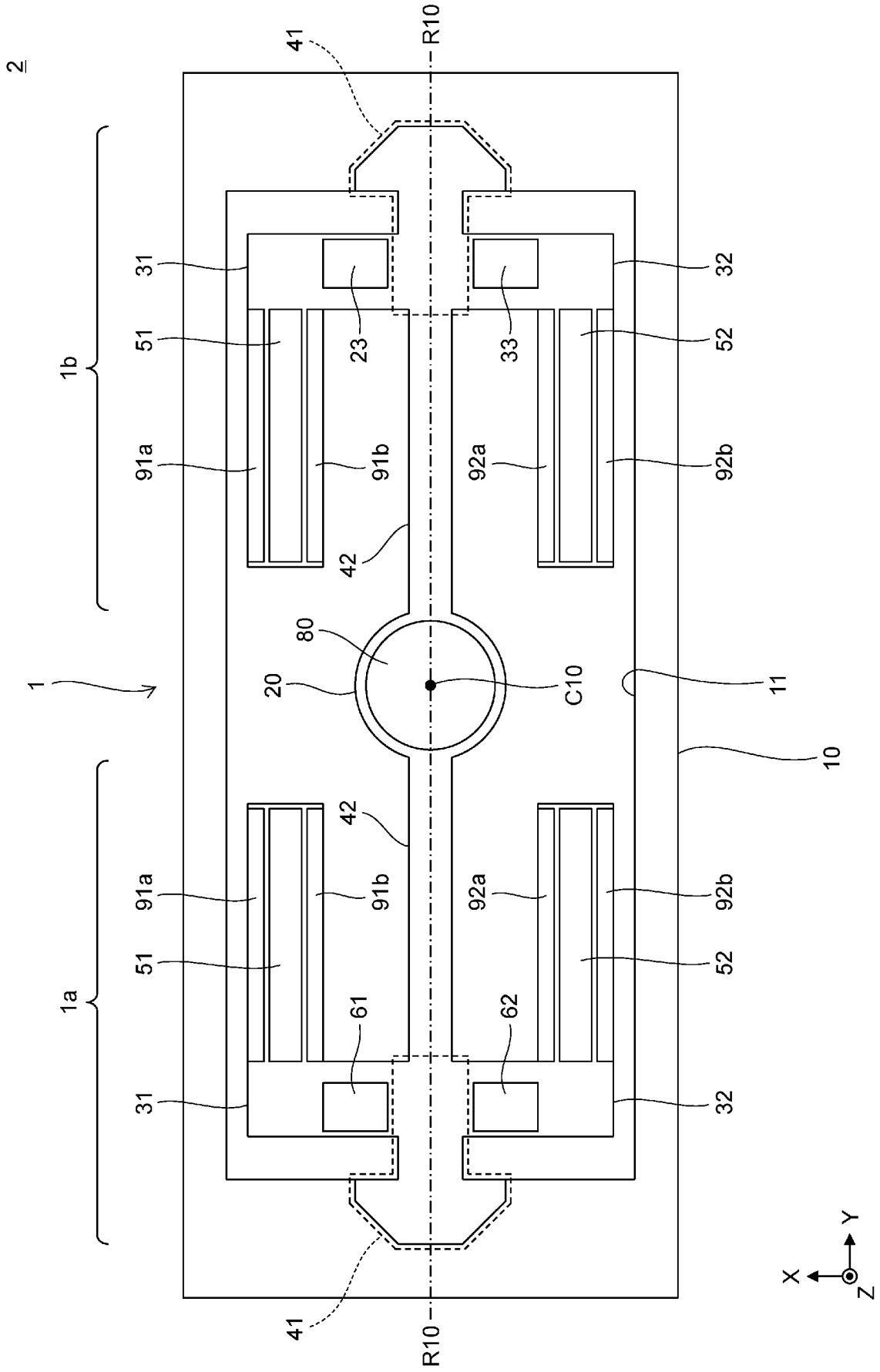
[図10]

実施形態1の変更例



[図11]

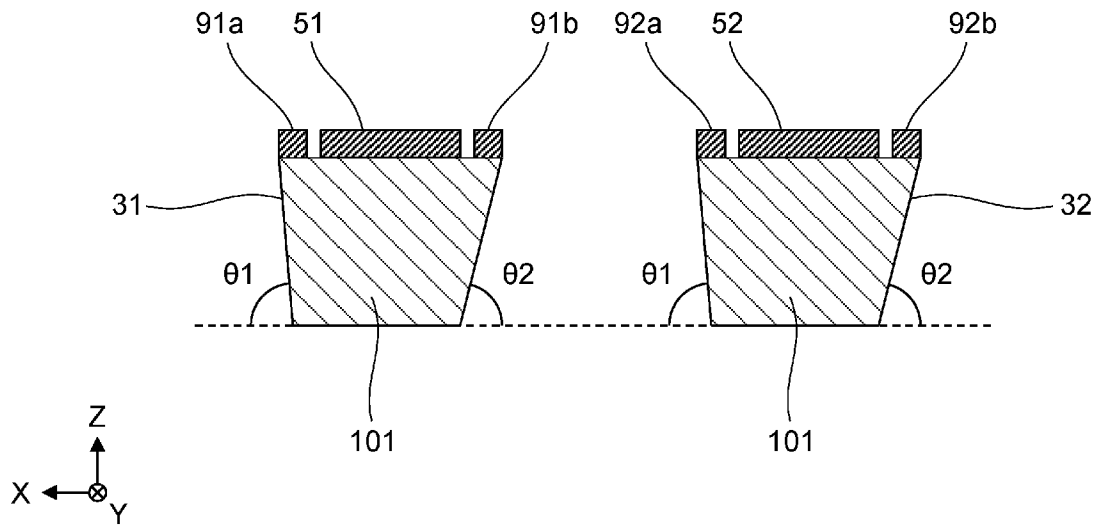
実施形態2



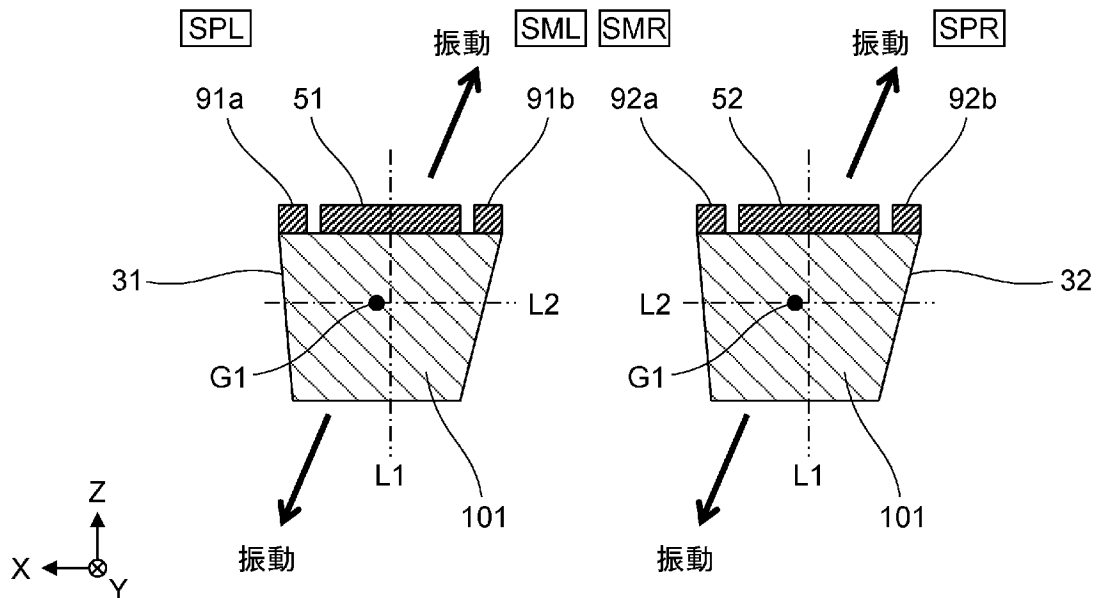
2

[図12]

(a)

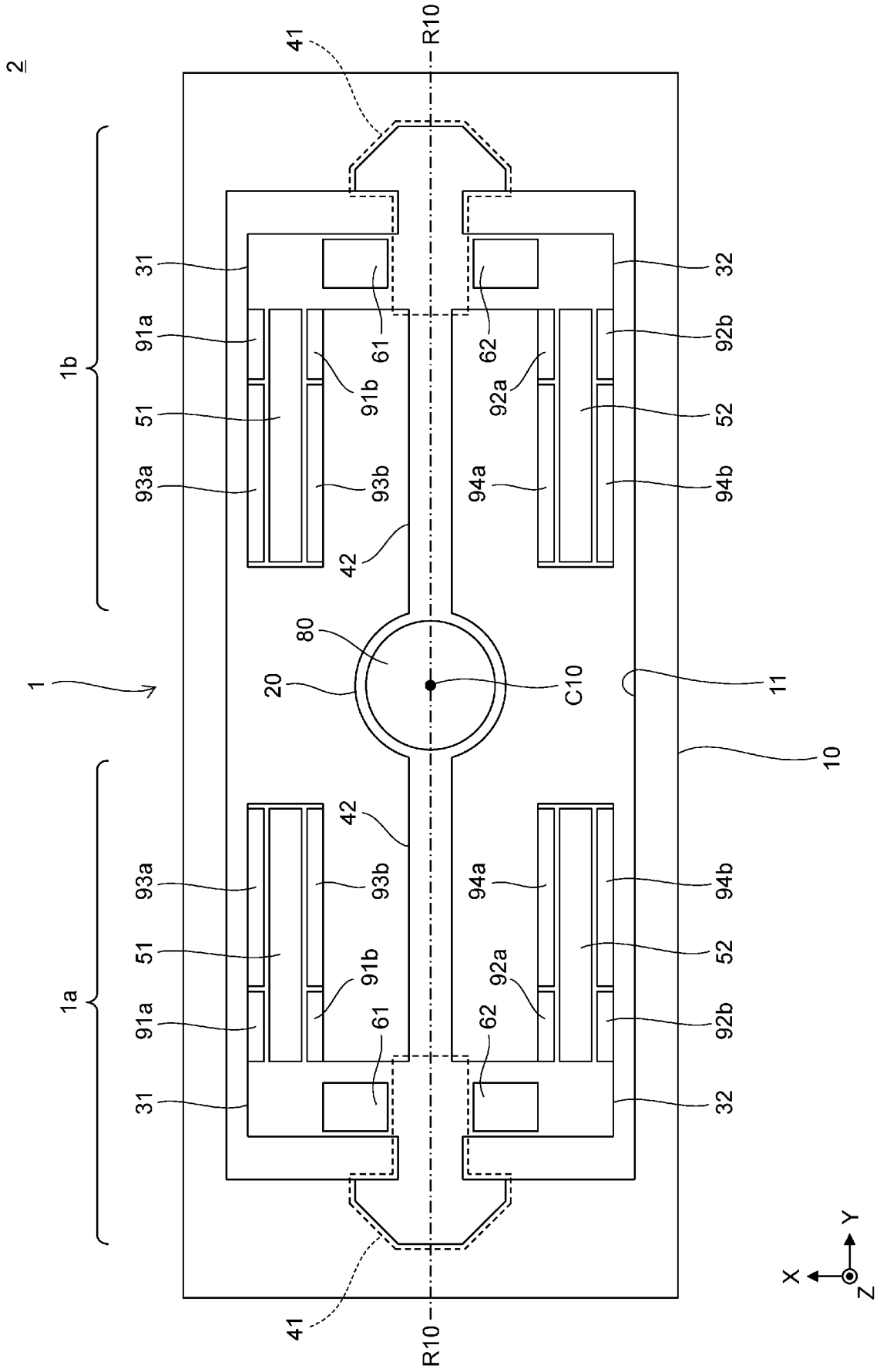


(b)



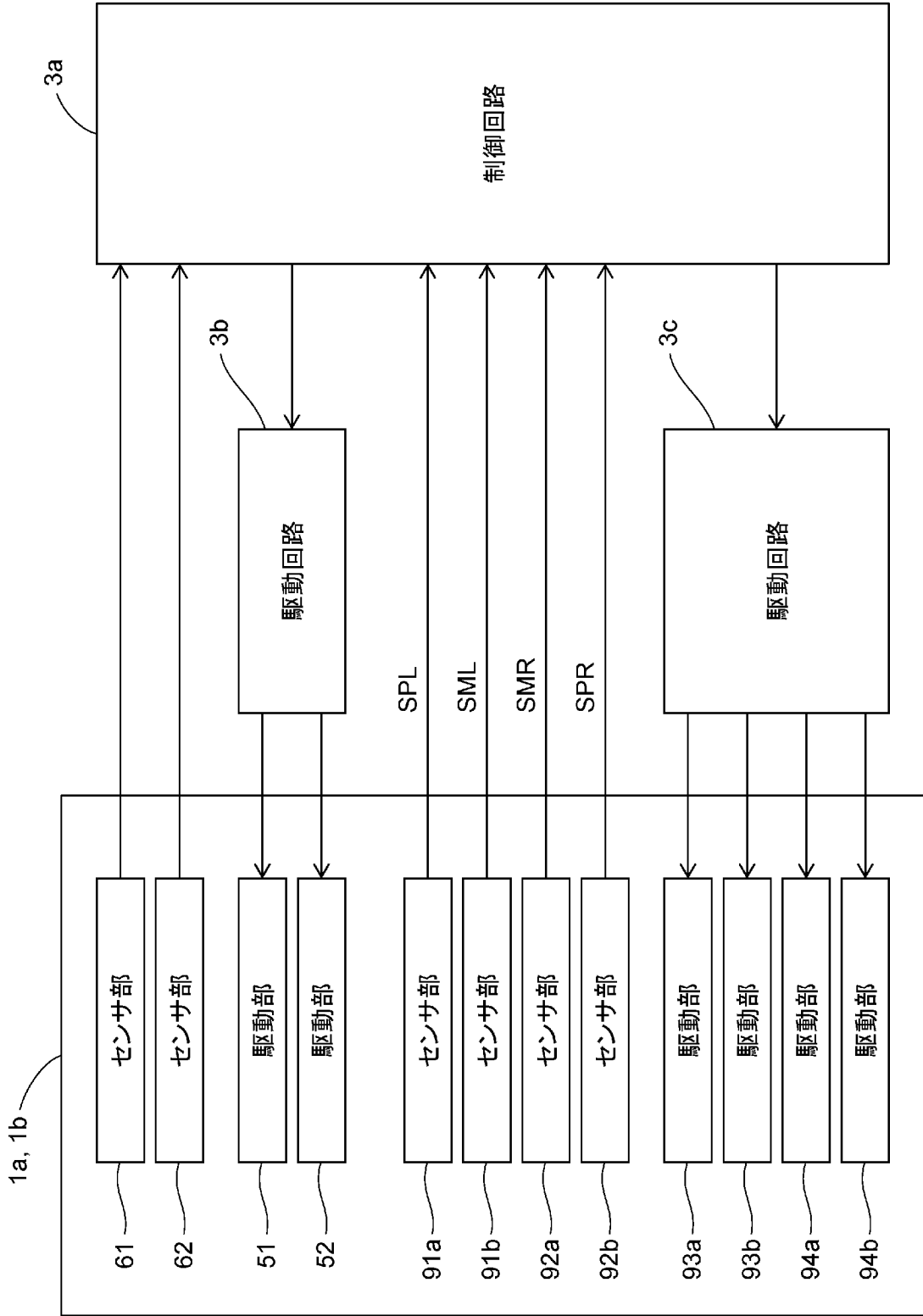
[図13]

実施形態3



[図14]

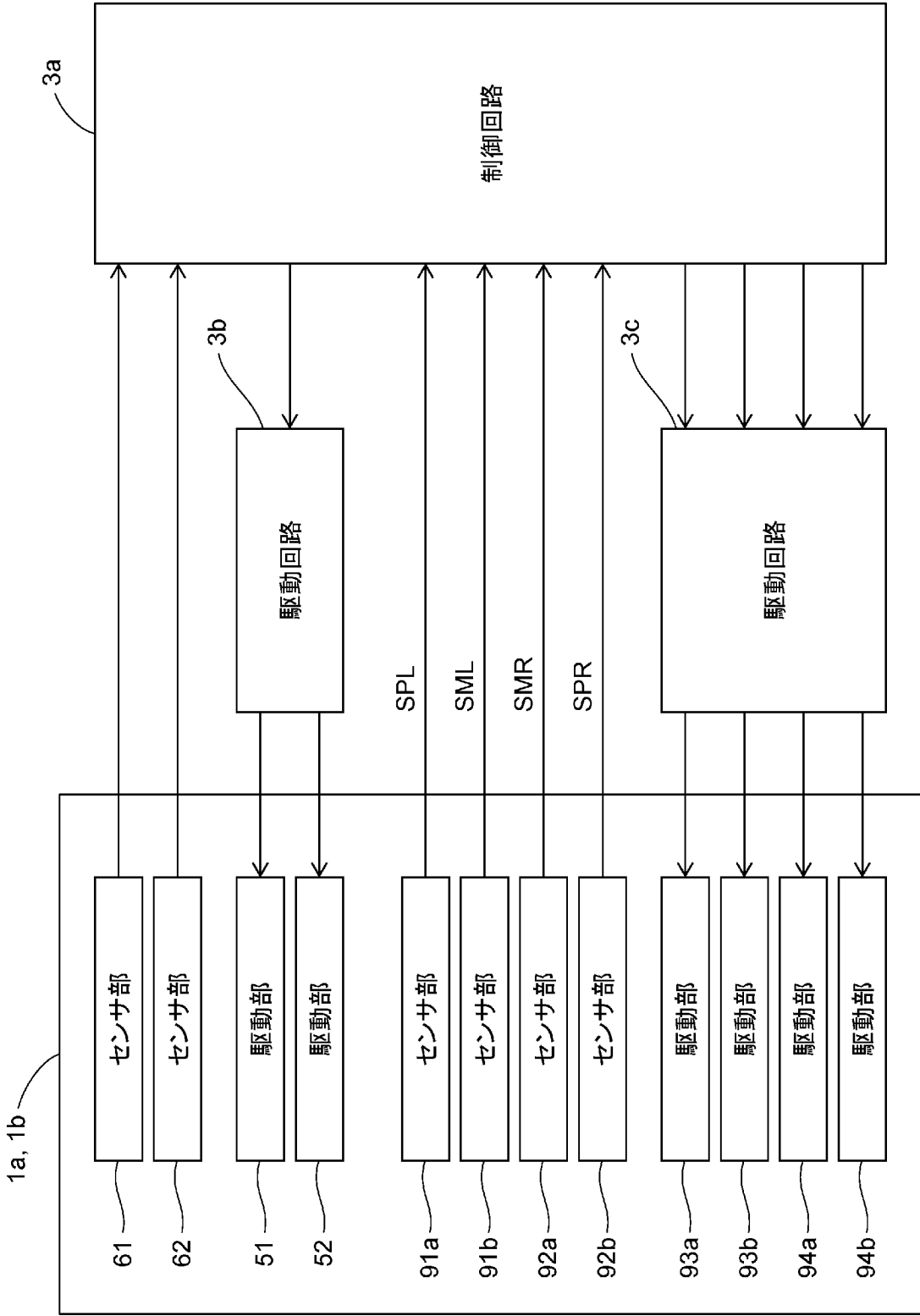
3)



[図15]

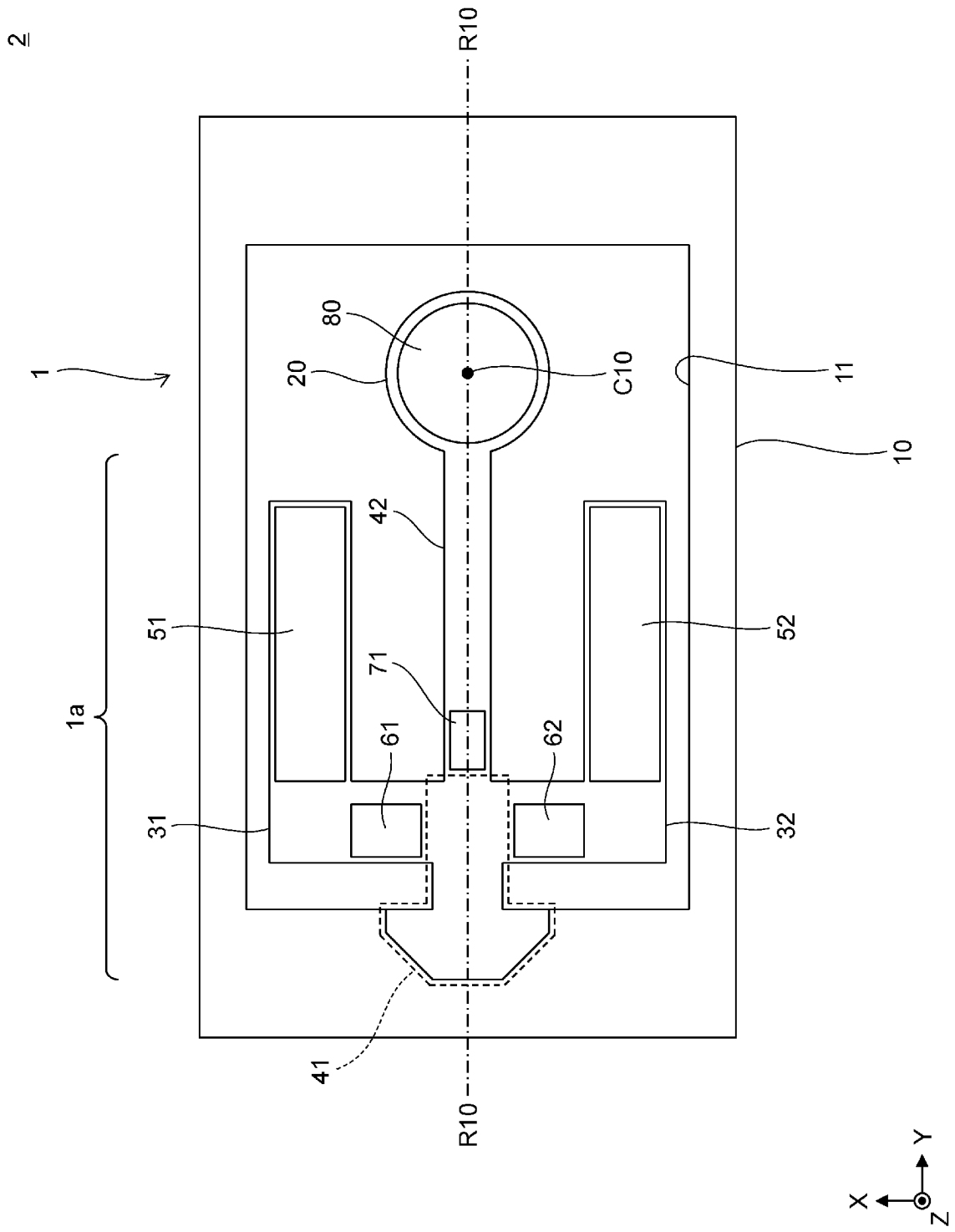
3

実施形態3の変更例



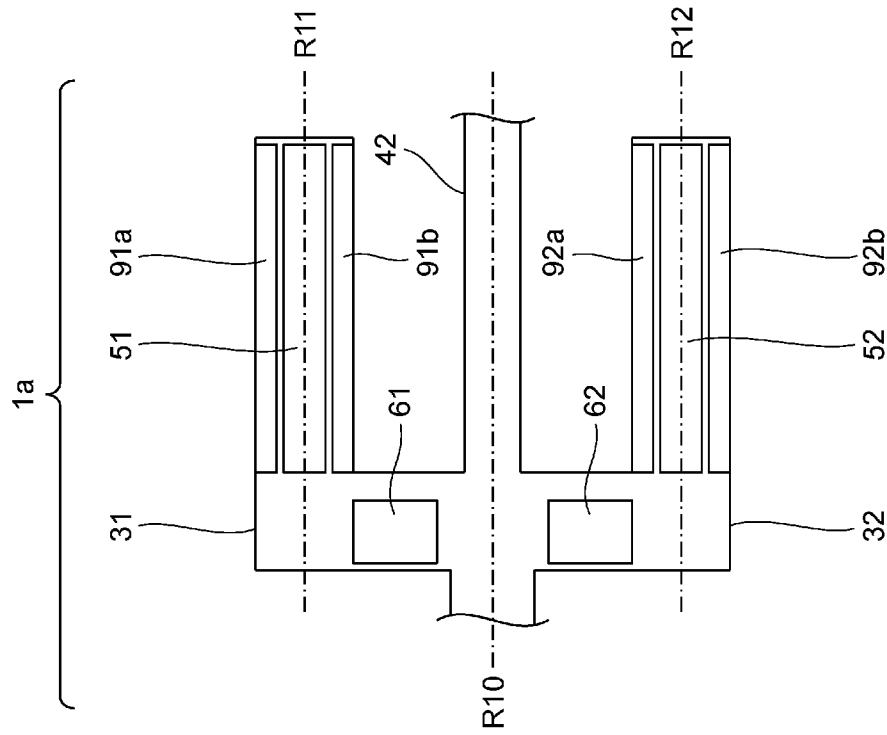
[図16]

その他の変更例

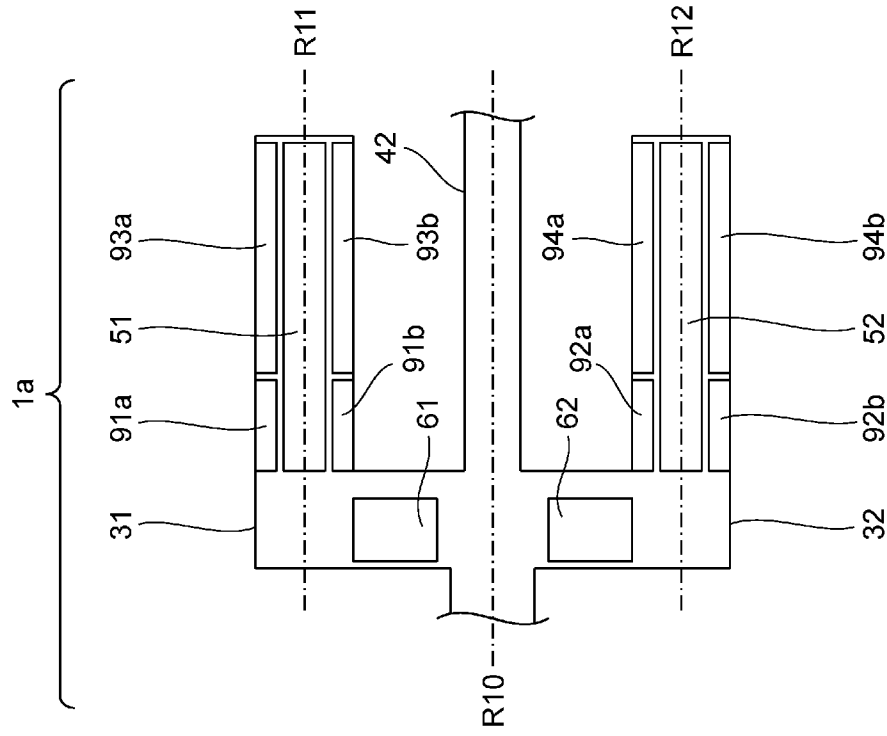


[17]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/001719

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 26/10</i> (2006.01)i; <i>B81B 3/00</i> (2006.01)i; <i>G02B 26/08</i> (2006.01)i FI: G02B26/10 104Z; B81B3/00; G02B26/08 E		
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) G02B26/10; B81B3/00; G02B26/08; H02N2/00-2/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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.
Y	WO 2023/021777 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 23 February 2023 (2023-02-23) paragraphs [0013]-[0165], fig. 1-15	1-14
A	paragraphs [0013]-[0165], fig. 1-15	15
Y	US 2014/0118005 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 01 May 2014 (2014-05-01) paragraphs [0004]-[0009], [0023]-[0052], fig. 1-4	1-14
Y	JP 2001-264663 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 26 September 2001 (2001-09-26) paragraphs [0027]-[0063], fig. 1-6	1-14
Y	JP 2013-186224 A (PANASONIC CORPORATION) 19 September 2013 (2013-09-19) claims 1, 4-6, paragraphs [0003]-[0009], [0014]-[0054], fig. 1-4, 9-10	1-14
A	JP 2015-055829 A (RICOH COMPANY, LTD.) 23 March 2015 (2015-03-23) entire text, all drawings	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 16 February 2024		Date of mailing of the international search report 05 March 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2024/001719

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2023/021777 A1	23 February 2023	(Family: none)	
US 2014/0118005 A1	01 May 2014	DE 102012219660 A1 CN 103787265 A	
JP 2001-264663 A	26 September 2001	(Family: none)	
JP 2013-186224 A	19 September 2013	(Family: none)	
JP 2015-055829 A	23 March 2015	US 2015/0077823 A1 entire text, all drawings EP 2848978 A1 CN 104459995 A	
JP 2007-025607 A	01 February 2007	WO 2007/010980 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 26/10(2006.01)i; B81B 3/00(2006.01)i; G02B 26/08(2006.01)i FI: G02B26/10 104Z; B81B3/00; G02B26/08 E		
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（IPC）） G02B26/10; B81B3/00; G02B26/08; H02N2/00-2/18 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 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2024年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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
Y	WO 2023/021777 A1 (パナソニックIPマネジメント株式会社) 23.02.2023 (2023 - 02 - 23) 段落[0013]-[0165], 図1-15	1-14
A	段落[0013]-[0165], 図1-15	15
Y	US 2014/0118005 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 01.05.2014 (2014 - 05 - 01) 段落[0004]-[0009], [0023]-[0052], 図1-4	1-14
Y	JP 2001-264663 A (株式会社東芝) 26.09.2001 (2001 - 09 - 26) 段落[0027]-[0063], 図1-6	1-14
Y	JP 2013-186224 A (パナソニック株式会社) 19.09.2013 (2013 - 09 - 19) 請求項1, 4-6, 段落[0003]-[0009], [0014]-[0054], 図1-4, 9-10	1-14
A	JP 2015-055829 A (株式会社リコー) 23.03.2015 (2015 - 03 - 23) 全文, 全図	1-15
A	JP 2007-025607 A (ブラザー工業株式会社) 01.02.2007 (2007 - 02 - 01) 全文, 全図	1-15
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵触するものではなく、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 16.02.2024	国際調査報告の発送日 05.03.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 山本 貴一 2L 4086 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/001719

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2023/021777 A1	23.02.2023	(ファミリーなし)	
US 2014/0118005 A1	01.05.2014	DE 102012219660 A1 CN 103787265 A	
JP 2001-264663 A	26.09.2001	(ファミリーなし)	
JP 2013-186224 A	19.09.2013	(ファミリーなし)	
JP 2015-055829 A	23.03.2015	US 2015/0077823 A1 全文, 全図 EP 2848978 A1 CN 104459995 A	
JP 2007-025607 A	01.02.2007	WO 2007/010980 A1	