

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7321688号
(P7321688)

(45)発行日 令和5年8月7日(2023.8.7)

(24)登録日 令和5年7月28日(2023.7.28)

(51)国際特許分類

H 0 2 N 2/04 (2006.01)

F I

H 0 2 N

2/04

請求項の数 19 (全19頁)

(21)出願番号	特願2018-174102(P2018-174102)	(73)特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成30年9月18日(2018.9.18)	(74)代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65)公開番号	特開2019-68725(P2019-68725A)	(74)代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43)公開日	平成31年4月25日(2019.4.25)	(72)発明者	新里 悠希 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ ヤノン株式会社内
審査請求日	令和3年9月13日(2021.9.13)	審査官	稻葉 礼子
(31)優先権主張番号	特願2017-192058(P2017-192058)		
(32)優先日	平成29年9月29日(2017.9.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 振動波アクチュエータ及びそれを用いた撮像装置、ステージ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

弾性体と電気・機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体と接触する接触体と、を有し、前記接触体と前記振動体が相対移動する振動波アクチュエータであって、前記接触体と共に、前記振動体に対して相対移動する被検出部と、

前記振動体と共に、前記接触体に対して相対移動し、前記被検出部に対する変位情報又は位置情報を検出する検出部と、

前記検出部を保持する保持部材と、

前記振動体を支持する支持部材と、を有し、

前記振動体は、前記相対移動する方向と交差する方向に並んで設けられている2つの突起部を有し、

前記接触体は、前記2つの突起部と接触し、

前記検出部と前記被検出部は、前記相対移動する方向と交差する方向において、前記2つの突起部の間にあり、

前記保持部材は、前記支持部材に固定され、前記振動体及び前記接触体に保持されないことを特徴とする振動波アクチュエータ。

【請求項2】

前記検出部は、反射型の光学センサであることを特徴とする請求項1に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項3】

前記被検出部は、前記光学センサからの光を反射するリフレクタであることを特徴とする請求項 2 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 4】

前記検出部は、ホール素子又は磁気抵抗素子であることを特徴とする請求項 1 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 5】

前記被検出部は、磁力線発生部であることを特徴とする請求項 4 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 6】

ばね部材を有し、

前記振動体と前記接触体とは、前記ばね部材の弾性力によって加圧接触していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 7】

前記振動体と前記接触体との間に配置されている永久磁石を有し、

前記振動体及び前記接触体のそれぞれは強磁性体を有し、

前記振動体と前記接触体とは、前記永久磁石、前記振動体及び前記接触体で形成される磁気回路で発生する吸引力によって加圧接触していることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 8】

前記永久磁石を保持する保持部材を有し、

前記保持部材及び前記永久磁石は、前記振動体及び前記接触体のそれぞれに保持されないことを特徴とする請求項 7 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 9】

前記保持部材は、前記検出部を保持することを特徴とする請求項 8 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 10】

前記永久磁石を 2 つ有し、

前記検出部は、2 つの前記永久磁石の間に配置されていることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 11】

前記 2 つの永久磁石は、前記相対移動する方向において、前記振動体の重心を通り前記相対移動する方向と直交する平面を軸に対称に配置されていることを特徴とする請求項 1 0 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 12】

前記接触体の、前記相対移動する方向における長さを L_1 、前記永久磁石の前記相対移動する方向における長さを L_2 、前記接触体の最大移動距離を L_3 とすると、 $L_1 = L_2 + L_3$ の関係を満たすことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 13】

前記振動体で励振される振動は、2 つの曲げ振動モードから形成されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 14】

前記検出部と前記被検出部は、前記振動体と前記接触体が接触する方向から見たときには、前記 2 つの突起部の間に配置されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 15】

前記接触体と前記被検出部は別部品であることを特徴とする請求項 1 に記載の振動波アクチュエータ。

【請求項 16】

光学系と、

前記光学系に含まれるレンズを、前記光学系の光軸方向又は前記光軸方向と直交する方

10

20

30

40

50

向に移動させる請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータと、を備えることを特徴とするレンズ鏡筒。

【請求項 17】

光学系と、

前記光学系に含まれるレンズを、前記光学系の光軸方向又は前記光軸方向と直交する方向に移動させる請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータと、

前記光学系により結像された光学像を電気信号に変換する撮像素子と、を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 18】

光学系と、

前記光学系により結像された光の光学像を電気信号に変換する撮像素子と、

前記撮像素子を、前記光学系の光軸方向と直交する方向に移動させる請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータと、を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 19】

ステージと、

前記ステージをその面内で移動させる請求項 1 または 2 に記載の振動波アクチュエータと、を備えることを特徴とするステージ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動波アクチュエータそれを用いた撮像装置、ステージ装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

振動波アクチュエータは、振動体の微小な振動を駆動源にして摩擦力により駆動力を取り出すアクチュエータである。振動波アクチュエータは、形状を小型化させても、電磁モータと比較して摩擦力による高い推力性能、低イナーシャによる高速応答性、さらに微小振動による高精度な位置決めを実現させることができる。高精度な位置決めを行うために、振動波アクチュエータに位置検出部を併せて設けることがある。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、図 13 に示すように、振動体 911 に 2 つの振動モードを組み合わせた振動を励振することで、振動体 911 と加圧接触している被駆動体（接触体）912 を振動体 911 に対して相対的に移動する駆動装置 910 が記載されている。特許文献 1 には、接触体 912 には、変位情報の検出に用いるパターンが描かれたスケール（被検出部）914 を設け、そのスケール 914 と対向するようにエンコーダ本体（検出部）913 を保持部材上に配置することが記載されている。これにより、筐体 915 と接触体 912 の相対位置関係を電子情報として検出することができる。そのため、振動体 911 及び接触体 912 を有する振動波アクチュエータとエンコーダ本体 913 の変位情報の分解能の範囲において、この電子情報を制御系にフィードバックすることで、振動波アクチュエータの高精度な位置制御を実現することが可能となる。

20

【0004】

特許文献 2 には、図 14 に示すように、振動体 921 の面上に接触体 922 の移動方向に沿ってパターン（被検出部）924 が設けられ、それと対向するように接触体 922 上に光学式のエンコーダ本体（検出部）923 が設けられる振動波アクチュエータ 920 が記載されている。検出手段が振動型アクチュエータ 920 に内蔵されているため、筐体 925 にエンコーダ本体 923 の配置箇所を設ける必要がなくなり、小型化が可能となる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2009-27865 号公報

特開 2001-69772 号公報

40

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

しかしながら、特許文献1に記載の駆動装置（振動波アクチュエータ）910では、接触体912と固定台915との相対位置関係の検出手段としてのエンコーダ（検出部913及び被検出部914）は、振動体911及び接触体912を含む駆動部の外側に配置している。そのため、駆動部を小型化させてもエンコーダを配置する領域が必要になり、十分に小型化できない恐れがある。

【0007】

また、特許文献2に記載の振動波アクチュエータ920では、振動体921側にスケール（被検出部）924を設けるため、所望の振動状態を形成するためにスケール924の振動状態も加味した振動設計を行わなければならず、設計は容易ではない。また、接触体922側にエンコーダ本体（検出部）923を設けると、そこから導通部材を延出させる必要があるため、モータ駆動時に導通部材の屈曲などの負荷が発生することも考えられる。

10

【0008】

上述の課題を鑑み、本発明は、変位情報又は位置情報の検出手段（検出部、エンコーダ）を設けることによる駆動性能への悪影響を低減しつつ、従来よりも小型化が可能な振動波アクチュエータを提供することを目的とする。なお、「変位情報」とは、いわゆるインクリメンタル・エンコーダにおいて検出される情報のことである。また、「位置情報」とは、いわゆるアブソリュート・エンコーダにおいて検出される情報のことである。

20

【課題を解決するための手段】**【0009】**

本発明の一側面としての振動型アクチュエータは、弾性体と電気・機械エネルギー変換素子とを有する振動体と、前記振動体と接触する接触体と、を有し、前記接触体と前記振動体が相対移動する振動波アクチュエータであって、前記接触体と共に、前記振動体に対して相対移動する被検出部と、前記振動体と共に、前記接触体に対して相対移動し、前記被検出部に対する変位情報又は位置情報を検出する検出部と、前記検出部を保持する保持部材と、前記振動体を支持する支持部材とを有し、前記振動体は、前記相対移動する方向と交差する方向に並んで設けられている2つの突起部を有し、前記接触体は、前記2つの突起部と接触し、前記検出部と前記被検出部は、前記相対移動する方向と交差する方向において、前記2つの突起部の間にあり、前記保持部材は、前記支持部材に固定され、前記振動体及び前記接触体に保持されないことを特徴とする。

30

【発明の効果】**【0010】**

本発明の一側面としての振動波アクチュエータによれば、変位情報又は位置情報の検出手段（検出部、エンコーダ）を設けることによる駆動性能への悪影響を低減しつつ、従来よりも小型化が可能な振動波アクチュエータを提供できる。

【図面の簡単な説明】**【0011】**

【図1】第1実施形態に係る振動波アクチュエータの概略構成を説明する斜視図。

40

【図2】第1実施形態に係る振動波アクチュエータの構成部品を説明する分解斜視図。

【図3】第1実施形態に係る永久磁石を用いた加圧方法について説明する図。

【図4】第1実施形態に係る永久磁石の長さと被駆動体（接触体）周りに発生するモーメントの関係を説明する図。

【図5】図1に示す振動体に励振させる2つの曲げ振動モードを説明する斜視図。

【図6】図1に示す振動体を構成する圧電素子の電極パターンを説明する図。

【図7】第1実施形態に係る位置決め検出手段の配置例を説明するための接触体の移動方向から見た正面図。

【図8】第2実施形態に係る振動波アクチュエータの概略構成を説明する斜視図。

【図9】第2実施形態に係る接触体の移動方向から見た正面図。

50

【図10】第3実施形態に係る撮像装置の概略構成図を示す上面図とブロック図。

【図11】第4実施形態に係る顕微鏡の斜視図。

【図12】第1実施形態に係る振動波アクチュエータの制御について説明するブロック図。

【図13】特許文献1に記載の従来技術の振動波アクチュエータの構成を説明する図。

【図14】特許文献2に記載の従来技術の振動波アクチュエータの構成を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

【0013】

(第1実施形態)

10

第1実施形態に係る振動波アクチュエータ10の構成について、図1、図2を参照して説明する。図1(a)は振動波アクチュエータ10の全体の構成を説明する斜視図であり、図1(b)は振動波アクチュエータ10の被駆動体(接触体)12とスケール(被検出部)14を不図示にした斜視部である。図2は、振動波アクチュエータ10の構成部品を説明する分解斜視図である。なお、以降の説明では、図1、図2に示すように、三次元の直交座標系(X方向、Y方向及びZ方向)において、振動体11の、接触体12に対する相対移動方向(接触体12の駆動方向)をX方向とし、振動体11と接触体12とを加圧接触させるための加圧方向(振動体11と接触体12が接触する方向)をZ方向とする。Y方向は、X方向及びZ方向と直交する方向である。このとき、X方向は振動体11の短手方向、Y方向は振動体11の長手方向となる。なお、振動体11の、接触体12に対する相対移動方向(接触体12の駆動方向)とは、振動体11に振動を励起して振動体11の突起部11cに発生させた橜円振動によって、振動体11と接触体12が相対移動する方向である。

20

【0014】

振動波アクチュエータ10は、振動体11と、接触体12と、エンコーダ本体(検出部)13と、スケール(被検出部)14と、筐体15と、保持部材16と、加圧部材17と、を有する。

【0015】

振動体11は、弾性体11aと、弾性体11aと接合している電気-機械エネルギー変換素子11bと、フレキシブルプリント基板11dと、を有する。

30

【0016】

弾性体11aは、矩形平板状に形成され、電気-機械エネルギー変換素子11bが接合する側と反対側に突出する突起部11cが2つ設けられる。弾性体11aの材料は、マルテンサイト系のステンレス鋼であるSUS420J2等の金属材料を用いることが好ましい。

【0017】

電気-機械エネルギー変換素子11bは、圧電素子である。電気-機械エネルギー変換素子11bの弾性体11aとの接合面と反対側の面には、フレキシブルプリント基板11dが接合される。

【0018】

本実施形態において、フレキシブルプリント基板11dは、2層のベース部材と、2層のベース部材の間に挟まれている導通部材と、を有する。フレキシブルプリント基板11dの一部には裏打ち材が設けられており、裏打ち材は図2に示した筐体15の固定部15aに固定されて振動体11を支持する。このように、給電部材であるフレキシブルプリント基板11dは、給電機能に加えて振動体11の支持機能も兼ね備えている。さらに、振動体11より延出するフレキシブルプリント基板11dのシート部分は、裏打ち材の固定部15aに対して厚みが十分小さく剛性が低いため、実質的にはフレキシブルプリント基板の支持部分は振動絶縁する機能も有する。そのため、振動体11を支持するための新たな支持部材が不要となり、部品点数や組立工程を減らすことが可能となる。なお、フレキシブルプリント基板11dは裏打ち材を固定部15aに接着剤で固定しているが、固定方法はこれに限定されず、押さえ板による挟み込みやボルト締結、カシメ等による固定でも

40

50

よい。

【0019】

弾性体11aに設けられている2つの突起部11cは、その先端で接触体12（の接触部12b）と加圧接触する。突起部11cは、振動体11の、接触体12に対する相対移動方向（及び加圧方向）と交差する方向に並んでいる。本実施形態では、突起部11cは、振動体11の略短手方向（略Y方向）に並んでいる。突起部11cの先端には、所望の摩擦係数であり耐摩耗性に優れた接触面を設けることが可能である。突起部11cは、曲げ加工により弾性体11aの一部を曲げることにより、弾性体11aと一体的に形成されている。また、突起部11cの接触体12側の面は、熱処理や表面研磨により所望の接触面を形成している。なお、突起部11cは、上述の構成に限定されず、エッティング加工、又は弾性体11aとは別に形成してから弾性体11aに固定する等の方法で形成してもよく、また、突起部11cの接触体12との接触面もメッキ処理等により別手段で設けててもよい。本実施形態のように、突起部11c、その接触面及び弾性体11aを一体的に形成する構成は、これらを別々に形成して接合する場合に比べて組立工数を減らすことができる。また、突起部11cの位置合わせを行う必要がないことで、部品間のバラつきを防止することができるため、好ましい。

【0020】

接触体12は、振動体11の突起部11cと接触する2つの接触部12bが設けられているヨーク12aを有する。ヨーク12aは、強磁性体材料であり、本実施形態では弾性体11aと同様に、マルテンサイト系のステンレス鋼であるSUS420J2等の金属材料を用いて構成されている。図7に示すように、ヨーク12aは、振動体11側に突出する2つの接触部12bが設けられており、接触部12bのそれぞれの先端の面と対向する突起部11cと加圧接触し、駆動時に摺動する。接触部12bには、突起部11cに対する耐摩耗性を向上させることを目的とした表面処理を施し、耐久性を向上することができる。

【0021】

筐体15（支持部材）は、固定部15aを有し、上述したように、フレキシブルプリント基板11dの一部を固定することにより、振動体11を支持する。

【0022】

エンコーダ本体（検出部）13は、振動体11と接触体12の相対位置（変位情報）を検出する。なお、エンコーダ本体（検出部）13は、振動体11と接触体12の絶対位置（位置情報）を検出するようにしてもよい。なお、「変位情報」とは、いわゆるインクリメンタル・エンコーダにおいて検出される情報のことである。また、「位置情報」とは、いわゆるアブソリュート・エンコーダにおいて検出される情報のことである。

本実施形態では、エンコーダ本体13として、発光素子と受光素子とを有する反射型の光学式センサを用いる。エンコーダ本体13から照射された光が、リフレクタとしてのスケール（被検出部）14で反射され、この反射光をエンコーダ本体13が受け取ることで変位情報（又は位置情報）が検出される。

エンコーダ本体13とスケール14とは、X方向（接触体と振動体が相対移動する方向）から見たときに、エンコーダ本体13とスケール14のパターンが対向するように、振動体11と接触体12の間に配置されており、また、エンコーダ本体13はY方向（振動体と接触体が接触する方向）から見たときに、2つの突起部12bの間に配置される。ここで、2つの突起部12bの間とは、2つの突起部12bで挟まれていなくてもよく、2つの突起部12bのそれより振動体11のY方向における中心側であればよい。スケール14は、2つの接触部12bの間、すなわち、2つの接触部12bよりも接触体のY方向における中心側に配置される。そのため、振動波アクチュエータ10をX方向（接触体と振動体が相対移動する方向）から見た場合、図7に示すように、エンコーダ本体13及びスケール14は、振動体11と接触体12とで囲まれる空間内に配置される。

【0023】

エンコーダ本体13は、反射型光学式センサ13aと、反射型光学式センサ13aを実

装しているセンサ用フレキ 13 b を有する。エンコーダ本体 13 は、スケール 14 に対して入力された光の反射を読み取ることで、変位情報（又は位置情報）の検出を行う。エンコーダ本体 13 は、筐体 15 の固定部 15 a に接続される保持部材 16 に支持されており、2 つの永久磁石 17 と並列して設けられている。

【0024】

スケール 14 は、2 つの接触部 12 b 間にある凹部に接触体 12 と一緒に配置されている。そのため、スケール（被検出部）14 は、振動体 11 と接触体 12 が相対移動する、接触体 12 と共に、振動体 11 に対して相対移動する。このとき、エンコーダ本体（検出部）13 は、振動体 11 と共に、接触体 12 に対して相対移動する。スケール 14 には、ステンレス系の基材表面に酸化クロムで形成されるパターンが接触体 12 の移動方向に沿って印刷されている。本実施形態では、スケール 14 は接着剤により接触体 12 に接合されているが、スケール 14 のパターンを接触体 12 に直接印刷して接触体 12 がスケール 14 を兼ねていてもよい。これにより、部品点数を削減することが可能となる。

【0025】

保持部材 16 は、加圧部材 17 として用いられる 2 つの永久磁石と、エンコーダ本体 13 と、を保持する。保持部材 16 は、筐体 15 の固定部 15 a に、振動体 11 のフレキシブルプリント基板 11 d に設けられている裏打ち材を挟んでボルトを用いて固定されており、保持部材 16 と筐体 15 との間に振動体 11 が配置される。保持部材 16 を固定部 15 a に固定する 2 つの部分は筐体 15 側に凸な段差部となっており、2 つの段差部の間の空間に振動体 11 が配置される。そのため、保持部材 16 と振動体 11 とは独立して配置されており、振動体 11 の振動を阻害しない。また、保持部材 16 は接触体 12 に対しても独立して配置されている。保持部材 16 及び振動体 11 の配置についての詳細は後述する。

【0026】

加圧部材 17 は、振動体 11 と接触体 12 とを加圧接触させるための加圧力を発生させる。本実施形態では、加圧部材 17 として 2 つの永久磁石を用いているため、以降の説明では、加圧部材 17 を永久磁石 17 と呼ぶ。2 つの永久磁石 17 が発生する磁力線を用いて、強磁性材料である振動体 11 の弾性体 11 a と、接触体 12 のヨーク 12 a との間に磁気回路を形成する。その際に発生する吸引力を振動体 11 と接触体 12 の加圧接触に用いている。

【0027】

ここで、永久磁石 17 を用いた、振動体 11 と接触体 12 の加圧方法について、図 3 を参照して説明する。図 3 は、永久磁石 17 を用いた加圧方法について説明する図である。図 3 には、永久磁石 17 により弾性体 11 a 内とヨーク 12 a 内で形成される磁気回路での磁力線を細い矢印で示した。具体的には、振動体 11 と接触体 12 間で発生する吸引力を矢印 F 0、振動体 11 と永久磁石 17 間で発生する吸引力を矢印 F 1、接触体 12 と永久磁石 17 間で発生する吸引力を矢印 F 2 で示した。説明を単純にするため、磁気回路に寄与する弾性体 11 a とヨーク 12 a、永久磁石 17 の 3 点以外不図示にしている。図 3 に示したように、永久磁石 17 は、エンコーダ本体 13 と同様に振動体 11 と接触体 12 の間である閉じた空間に配置されるため、磁気漏洩を少なくしつつ、振動体 11 の突起部 11 c と接触体 12 の接触部 12 b 界面で発生する吸引力を大きくすることができる。また、永久磁石 17 は、振動体 11 及び接触体 12 のそれぞれと接触せずに独立して両者の間のスペースに固定されている。そのため、振動体 11 及び接触体 12 それぞれと永久磁石 17 の間に発生する吸引力 F 1、F 2 は、振動体 11 と接触体 12 の間の加圧力に寄与される。

【0028】

さらに、Y 方向に対して振動体 11 及び接触体 12 の中心から等間隔に同じ形状の永久磁石を 2 つ設けることが好ましい。このような構成にすることにより、発生する吸引力 F 0、F 1、F 2 が Y 方向においてつり合うため、振動体 11 及び接触体 12 の重心を通るそれぞれの X 軸周りにモーメントが発生することなく振動体 11 及び接触体 12 の姿勢が安定する。そのため、磁気吸引力で加圧力を得る際の振動波モータの性能をより安定化さ

10

20

30

40

50

せることができる。

【0029】

さらに、図4を参照して、Y方向から見たときの振動体11、接触体12及び永久磁石17の配置と、発生する磁気吸引力と、の関係を説明する。図4は、永久磁石17の配置と、磁気吸引力と、の関係を説明する図である。なお、図4においては、説明を単純にするために、振動体11や接触体12及び永久磁石17の図を本実施形態の形状から変形させており、永久磁石17は不図示の保持部材16で保持されているものとする。吸引力F1a及びF1bは、振動体11の重心を通るZY平面を境界としたときに、その左右で発生する振動体11と永久磁石17間で発生する吸引力の大きさを示している。吸引力F2a及びF2bは、上述のZY平面を境界としたときに、その左右で発生する接触体12と永久磁石17間で発生する吸引力の大きさを示している。

10

【0030】

永久磁石17の位置は、振動体11及び接触体12に対して相対的に固定されており、振動体11と接触体12の相対移動に伴って移動しない。そのため、振動体11と接触体12とが相対移動した場合でも、図4(b)で示すように、磁気吸引力F1, F2の大きさは変化しづらい。また、2つの永久磁石17は、振動体11に対して上述のZY平面を中心として対称に配置されている。よって、図4(a)、図4(b)に示したように、X方向において永久磁石17の接触体12側の面全体と接触体12とが重なる場合は、発生する磁気吸引力の大きさは、ZY平面を境界としたときの左右で等しくなる(F1a=F1b, F2a=F2b)。すなわち、一方の永久磁石17と接触体12とが対向している部分の面積と、他方の永久磁石17と接触体12とが対向している部分の面積とが等しければ、発生する磁気吸引力の大きさは、ZY平面を境界としたときの左右で等しくなる。その場合、振動体11の重心を通るY軸周りにおいて、振動体11及び接触体12にモーメントが発生しない。そのため、振動体11及び接触体12の姿勢が安定するため、振動波モータの性能をより安定化させることができる。

20

【0031】

ただし、図4(c)に示したように、接触体12が永久磁石17の接触体側の面の全体を覆わなくなった場合に、吸引力F2aとF2bの間で差が生じるため(F2a < F2b)、Y軸周りのモーメントの発生により接触体12の姿勢が傾くことがある。そのため、接触体12の姿勢の安定を維持するためには、X方向における接触体12の長さをL1、永久磁石17の長さをL2、接触体12の最大移動距離をL3とした場合、L1-L2-L3、すなわちL1-L2+L3を満たすことが好ましい。この関係が満たされていれば、Y軸周りのモーメントが発生しづらくなり、振動波アクチュエータ10の性能がより安定する。なお、このとき、接触体12の長さL1は、接触体12の最大移動距離L3より長い。接触体12の長さL1及び永久磁石17の長さL2は、振動波アクチュエータ10の仕様によって設定される。接触体12の最大移動距離L3は、振動波アクチュエータ10の駆動の制御、若しくは位置決めピン等への接触体12の付き当てのような機械的な構成で設定できる。

30

【0032】

このように、加圧部材として永久磁石を用いる場合には、永久磁石を、X方向とY方向のそれぞれにおいて、振動体11の中心を基準として対称に配置することが好ましい。使用する永久磁石の数は、本実施形態のような2つである場合に限定されず、1つであっても3つ以上であってもよい。本実施形態では、2つの永久磁石を用い、さらに2つの永久磁石17を、Y方向において振動体11の中心を通るZX平面を中心として対称に配置する。さらに、Y方向に並列する2つの永久磁石17の間に、エンコーダ本体13を配置する。このような構成にすることにより、永久磁石17とエンコーダ本体13とがY方向に並んで配置されるため、Z方向に小型化できる。

40

【0033】

なお、加圧手段の構成は上述の構成に限定されず、例えば、加圧ばね等の加圧手段を用いて、接触体12の接触部12bと振動体11の突起部11cとを加圧接觸させてもよい。

50

【0034】

2つの突起部11cは、振動体11の重心を通る加圧方向の軸に対して略回転対称にある。また、フレキ11dに設けられている2つの固定部は、2つの突起部11cと同様に、振動体11の重心を通るZ方向の軸に対して略回転対称に配置することが好ましい。この場合、上述した手段により発生する加圧力やその反力等は振動体11の2つの突起部11cとフレキ11dの2つの固定部に対して均等に分配されるため、結果的に振動体11は重心支持されて姿勢がより安定化する。

【0035】

本実施形態の振動体11は、2つの曲げ振動モードを励振することができ、この2つの曲げ振動モードを組み合わせることにより、接触面で同一方向に橜円運動軌跡を描く橜円運動を生じさせることができる。

10

【0036】

振動体11の形状は、当該2つの曲げ振動モードのそれぞれの共振周波数のうち高い方の共振周波数をfa、2つの曲げ振動モードの共振周波数差をfとした場合、所望のfとなるように、2つの曲げ振動モードの共振周波数を近づけるように決められている。具体的には、振動体11の形状の長手方向の寸法（長辺）と長手方向と直交する方向の寸法（短辺）、及び長辺と短辺と直交する方向の寸法（平板厚み）を適宜設定することにより、2つの曲げ振動モードの共振周波数を所望のfに近づけることができる。

【0037】

図5は、本実施形態における2つの曲げ振動モードの斜視図である。図5(a)は、2つの曲げ振動モードのうちの第1の曲げ振動モードによる振動の様子を説明する斜視図であり、線Y1、Y2はモードの節線を示している。図5(b)は、2つの曲げ振動モードのうちの第2の曲げ振動モードによる振動の様子を説明する斜視図であり、線X1、X2、Y3はモードの節線を示している。当該第1の曲げ振動モードを励振させると、2つの突起部11cの先端の各接触面で主として、図5(a)の矢印で示すZ方向に振幅を持つ往復運動を生じさせることができる。また、当該第2の曲げ振動モードを励振させると、2つの突起部11cの先端の各接触面で主として、図5(b)の矢印で示すX方向に振幅を持つ往復運動を生じさせることができる。なお、2つの曲げ振動モードとは振動体11のXY平面に対する面外方向（Z方向）の振動であるため、実施例中に記載する節線や節とは、振動体11でZ方向の振動振幅が殆ど生じない極小である位置を意味する。

20

【0038】

図6は、圧電素子11bの裏面にある電極パターンを示す。ここでは、図5(b)の第2の曲げ振動モードのY方向に略平行な1本の節線Y3を境界に2つに分割されたA相電極部とB相電極部が設けられている。また、圧電素子11bの中央に、弾性体11aとの接合面に設けられているグラウンド電極からスルーホールにより取り出されたグラウンド電極部（GND）が設けられている。図6におけるA相電極部及びB相電極部はZ方向に対して同一の方向に分極処理がされている。これらの電極に対して、公知の駆動方法により、駆動信号として複数の交流信号を与えることで、上述の振動を励振することが可能となる。

30

【0039】

振動波アクチュエータ10の制御方法の一例を、図12を参照して説明する。図12は、振動波アクチュエータ10の制御方法の一例を説明するブロック図である。振動波アクチュエータ10は、制御装置18と接続している。制御装置18は、位置比較部18a、相対位置取得部18b、位相差決定部18c、周波数決定部18d、駆動信号生成部18e、及び昇圧回路18fを有する。相対位置取得部18bが、エンコーダ本体13の検出結果（変位情報（又は位置情報））を用いて、振動体11と接触体12の相対位置を取得する。相対位置取得部18bが取得した相対位置は、位置比較部18aに入力され、位置指令と比較される。位置比較部18aの比較結果に基づいて、位相差決定部18c及び周波数決定部18dが、駆動信号としての2つの交流信号の位相差及び周波数を決定し、それに基づき駆動信号生成部18eが駆動信号を生成する。生成された駆動信号は昇圧回路

40

50

18 f で昇圧され、振動体 11 の電気 - 機械エネルギー変換素子 11 b に印加され、振動波アクチュエータ 10 が駆動される。なお、ここで示した制御方法は一例であり、例えば駆動信号の電圧振幅等を変更して、振動波アクチュエータ 10 の駆動速度等を制御してもよい。

【0040】

続いて図 7 を参照して、振動波アクチュエータ 10 に内蔵される検出手段であるエンコーダ本体 13 及びスケール 14 の配置について説明する。図 7 は、検出手段の配置を説明するための、接触体 12 の移動方向から見た振動波アクチュエータ 10 の正面図である。

【0041】

筐体 15 の固定部 15 a に接続される保持部材 16 には、2 つの永久磁石 17 と並列してエンコーダ本体 13 がスケール 14 のパターン 14 a と対向する位置に配置されている。保持部材 16 は、振動体 11 及び接触体 12 と実質的に振動絶縁された固定部 15 a を介して筐体 15 に配置されているため、振動波アクチュエータ 10 の駆動を阻害することなく、振動体 11 と接触体 12 の間に保持されることが可能となる。

10

【0042】

ここで、本実施形態の振動波アクチュエータ 10 と、従来技術である図 13 の振動波アクチュエータ 910 の比較を行う。振動波アクチュエータ 910 では、エンコーダ本体 913 とスケール 914 は、振動体 911 と接触体 912 に囲まれる空間の外側に配置されており、これによりアクチュエータ全体のサイズが大きくなる。また、振動波アクチュエータ 910 において、本実施形態と同様にエンコーダ本体 913 を振動体 911 の 2 つの突起部の間に配置した場合、エンコーダ本体 913 に対応したスケール 914 を接触体 912 上のエンコーダ本体 913 と対向する位置に設ける必要がある。しかしながら、振動体 911 の 2 つの突起部の間にエンコーを配置すると、エンコーダは接触体 912 の接触部 912 b と対向するため、接触体 912 側にスケール 914 を設けることができない。

20

【0043】

一方、本実施形態では、接触体 12 は、振動体 11 側に凸な 2 つの接触部 12 b が、Y 方向に並んで設けられている。これにより、検出手段に用いるスケール 14 を 2 つの接触部 12 b の間に配置できるため、振動体 11 と接触体 12 とが対向してできたスペースの内側に設けることができる。また、この接触部 12 b の配置に対応して振動体 11 側にも接触面を有する複数の突起部 11 c が必要になる。振動体 11 に設けられる 2 つの突起部 11 c は間隔を持って振動体 11 中央から Y 方向に対称にあるため、加圧時に振動体 11 の姿勢を安定させるとともにエンコーダ本体 13 を配置するスペースも確保できる。

30

【0044】

本実施形態の振動波アクチュエータ 10 では、検出手段に用いられるエンコーダ本体 13 及びスケール 14 は、2 つの接触部 12 b の間又は 2 つの突起部 11 c の間で且つ振動体 11 と接触体 12 とが対向して囲まれた領域に配置される。そのため、振動波アクチュエータ 10 によれば、検出手段としてのエンコーダ本体 13 及びスケール 14 を配置することによる装置のサイズの大型化を低減することができる。また、エンコーダ本体 13 及びスケール 14 が振動体 11 と振動絶縁して配置されるため、駆動性能が低減することを防ぐことができる。その結果、本実施形態の振動波アクチュエータ 10 によれば、検出手段を設けることによって駆動性能が低減する等の影響を低減しつつ、従来技術と比較してアクチュエータの更なる小型化を実現することが可能となる。

40

【0045】

なお、検出部としては、上述のような反射型の光学式センサに限定されず、別のセンサを用いてもよい。例えば、磁気回路ではなく加圧ばね等による弾性力を用いた場合において、エンコーダとしてホール素子や磁気抵抗素子等の磁気センサを採用し、スケールとして磁力線発生部、具体的には、パターンのある磁石を用いる手法が考えられる。

【0046】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態に係る振動型アクチュエータ 20 について、図 8 を参照して説明する。図

50

8 (a) は、振動型アクチュエータ 20 の構成を説明する斜視図である。図 8 (b) は、振動型アクチュエータ 20 の部品構成を説明する分解斜視図である。本実施形態では、エンコーダ本体(検出部)としてのホール素子を使用する点、磁石を用いたスケールを使用する点、及び、振動体と接触体の加圧接触に板ばねの加圧力を用いる点が、第1実施形態と異なる。なお、エンコーダ本体(検出部)は、振動体と接触体の相対位置(変位情報)を検出するが、絶対位置(位置情報)を検出するようにしてもよい点は、第1の実施形態と同様である。

【 0 0 4 7 】

振動型アクチュエータ 20 は、振動体 21、接触体 22、検出部(エンコーダ)としてのホール素子 23、スケール 24、筐体 25、保持部材 26 及び加圧部材 28 を有する。

10

【 0 0 4 8 】

筐体 25 は、凹部が設けられており、加圧部材 28 が配置されている。加圧部材 28 は、土台 28a と、土台 28a 上に配置されている板ばね 28b とを有しており、板ばね 28b による弾性力を土台 28a を介して振動体 21 から接触体 22 に向かって与えている。接触体 22 は、振動体 21 と接触しない非接触部 22a と、振動体 21 と接触する接触部 22b と、溝部 22c と、を有する。接触部 22b は、非接触部 22a より振動体 22b 側に突出している。溝部 22c は、接触部 22b の一部に形成されている V 溝である。

【 0 0 4 9 】

保持部材 26 は、検出部としてのホール素子 23 を保持する。保持部材 26 には、4つの剛球 26 が設けられており、図 9 に示すように、剛球 26 が溝部 22c と係合している。図 9 は、接触体 22 の移動方向から見た正面図である。加圧部材 28 の弾性力は、土台 28a を介して振動体 21 から接触体 22 に向かって与えられ、4つの剛球 26a によってその弾性力が受けられている。保持部材 26 は、第1実施形態と同様に、振動体 21 とは振動絶縁して独立して設けられており、振動体 21 の振動の影響を受けにくい。また、接触体 22 の駆動を阻害しないように構成される。

20

【 0 0 5 0 】

ホール素子 23 は、相対的な変位情報(又は位置情報)を検出する検出部(エンコーダ本体)であり、ホール効果を利用して、磁石又は電流が発生する磁界を電気信号に変換する磁気センサである。ホール素子 23 は、保持部材 26 よりも接触体 22 側に配置されており、振動体 21 と接触体 22 の間且つ2つの突起部 21c の間に配置されている。なお、2つの突起部 21c の間とは、2つの突起部 21c のそれよりも、振動体 21 の Y 方向における中心線側であることを含む。

30

【 0 0 5 1 】

2つの突起 21c の間に、ホール素子 23 と対向するように、非接触部 22a の振動体 21 側の面にはスケール 24 が設けられている。スケール 24 には、多極着磁によるパターン 24 が設けられている。なお、本実施形態では、スケール 24 と接触体 22 とを別部品としているが、接触体 22 の非接触部 22a にスケール 24 の機能を持たせてもよい。つまり、接触体とスケールを一部品とし、接触体がスケールの機能を兼ねてもよい。その場合、接触体 22 の接触部 22b に耐摩耗性のあるメッキ処理等を施し、さらに振動体 21 を非磁性材料で構成しておくことで、モータとしての耐久性を確保しつつ不要な磁気回路が形成されず、アクチュエータの駆動性能が阻害されないため好ましい。また、部品点数を減らすことができるため、更なる小型化の実現が期待できる。

40

【 0 0 5 2 】

本実施形態では、検出部として、ホール素子 23 を使用している。そのため、発光素子を内蔵している反射型の光学センサと比較して検出部単体のサイズを小さくできるため、検出部を設置する領域を小さくすることができる。また、加圧手段として永久磁石を使用していないため、振動体 21 と接触体 22 の間に磁石を配置する空間が必要ない。

【 0 0 5 3 】

なお、第1実施形態に係る振動波アクチュエータ 10 では、加圧力を発生させる永久磁石 17 を Y 方向に並べることにより、X 方向に対して優位に小型化を実現することができ

50

る。第2実施形態に係る振動波アクチュエータ20では、加圧力を受ける保持部材16の固定箇所をX方向に並べることで、Y方向に対して優位に小型化を実現することができる。これらは、小型化したい方向に応じて適宜選択することができる。

また、第1実施形態に係る振動波アクチュエータ10では、振動体11及び接触体12が、永久磁石17を囲うことで、磁気シールドとしての機能も兼ねる。これにより、磁気シールドを別途設ける必要がなくなるため、振動波アクチュエータを大型化させることなく、磁気加圧を実現することができる。

また、第2実施形態に係る磁気式エンコーダ20では、ホール素子23とスケール24の間に粉塵が介在しても(変位情報、位置情報の)検出機能に殆ど支障をきたさない。これにより、防塵機能を有する部材を別途設ける必要がなくなるため、振動波アクチュエータのさらなる小型化を実現することができる。

【0054】

(第3実施形態)

第3実施形態では、上述の各実施形態に係る振動波アクチュエータを備える装置の一例として、撮像装置700の構成について図10を参照して説明する。

【0055】

図10(a)は、撮像装置700の概略構成を示す上面図である。撮像装置700は、撮像素子710及び電源ボタン720を搭載したカメラ本体730を備える。また、撮像装置700は、光学系を構成する、第1レンズ群810(図10(a)では不図示)、第2レンズ群820、第3レンズ群830(図10(a)では不図示)、第4レンズ群840と、振動波アクチュエータユニット620、640と、を備えるレンズ鏡筒740を備える。レンズ鏡筒740は、交換レンズとして取り換え可能であり、撮影対象に合わせて適したレンズ鏡筒740をカメラ本体730に取り付けることができる。撮像装置700では、2つの振動波アクチュエータユニット620、640によってそれぞれ、光学系に含まれる第2レンズ群820、第4レンズ群840の駆動が行われる。

【0056】

図10(b)は、撮像装置700の概略構造を示すブロック図である。第1レンズ群810、第2レンズ群820、第3レンズ群830、第4レンズ群840及び光量調節ユニット850が、レンズ鏡筒740内部の光軸上の所定位置に配置される。第1レンズ群810、第2レンズ群820、第3レンズ群830及び第4レンズ群840と光量調節ユニット850とを通過した光は、撮像素子710に結像する。撮像素子710は、(光学系により結像された)光学像を電気信号に変換して出力し、その出力は、カメラ処理回路750へ送られる。

【0057】

カメラ処理回路750は、撮像素子710からの出力信号に対して増幅やガンマ補正等を施す。カメラ処理回路750は、AEゲート755を介してCPU790に接続されると共に、AFゲート760とAF信号処理回路765とを介してCPU790に接続されている。カメラ処理回路750において所定の処理が施された映像信号は、AEゲート755と、AFゲート760及びAF信号処理回路765を通じてCPU790へ送られる。なお、AF信号処理回路765は、映像信号の高周波成分を抽出して、オートフォーカス(AF)のための評価値信号を生成し、生成した評価値をCPU790へ供給する。

【0058】

CPU790は、撮像装置700の全体的な動作を制御する制御回路であり、取得した映像信号から、露出決定やピント合わせのための制御信号を生成する。CPU790は、決定した露出と適切なフォーカス状態が得られるように、振動波アクチュエータユニット620、640及びメータ630の駆動を制御し、第2レンズ群820、第4レンズ群840及び光量調節ユニット850の光軸方向位置を調整する。CPU790による制御下において、振動波アクチュエータ620は第2レンズ群820を光軸方向に移動させ、振動波アクチュエータ640ユニットは第4レンズ群840を光軸方向に移動させ、光量調節ユニット350はメータ630により駆動制御される。

【0059】

振動波アクチュエータユニット620により駆動される第2レンズ群320の光軸方向位置は第1リニアエンコーダ770により検出され、検出結果がCPU790に送られることで、振動波アクチュエータユニット620の駆動にフィードバックされる。同様に、振動波アクチュエータユニット640により駆動される第4レンズ群840の光軸方向位置は第2リニアエンコーダ775により検出され、検出結果がCPU790に送られることで、振動波アクチュエータユニット640の駆動にフィードバックされる。光量調節ユニット350の光軸方向位置は、絞りエンコーダ780により検出され、検出結果がCPU790へ通知されることで、メータ630の駆動にフィードバックされる。

【0060】

10

本実施形態では、振動波アクチュエータユニット620、640の駆動装置として、第1実施形態の振動波アクチュエータ10を用いて、レンズ群を移動している。そのため、第1リニアエンコーダ770は、振動波アクチュエータユニット620に内蔵され、一体に構成されている。また、第2リニアエンコーダ775は、振動波アクチュエータユニット640に内蔵され、一体に構成されている。

【0061】

本実施形態の撮像装置700によれば、振動波アクチュエータ10は、従来よりも小型化が可能なため、振動波アクチュエータユニット620、640における振動波アクチュエータ10の配置スペースを従来よりも小さくすることができる。その結果、振動波アクチュエータユニット620、640を従来よりも小型化できる。撮像装置700における振動波アクチュエータ10の配置スペースが小さくなるため、別の構成を追加することも可能となる。

20

【0062】

撮像装置700の所定のレンズ群を光軸方向に移動させる用途に第1実施形態で示す振動波アクチュエータ10を用いた場合、レンズ群を停止させた状態でも大きな保持力が維持される。これにより、レンズ鏡筒や撮像装置本体に外力が作用しても、レンズ群にズレが生じることを低減することができる。

【0063】

また、レンズ鏡筒や撮像装置の光学系に手ぶれ補正用レンズが内蔵される（含まれる）場合に、手ぶれ補正用レンズを光学系の光軸方向と直交する方向に移動させる手ぶれ補正ユニットの駆動装置に、上述の実施形態の振動波アクチュエータ10を用いることができる。その場合、光軸方向と直交する面内において直交する2方向にレンズ保持部材を移動させることができるように、各方向にレンズ保持部材を駆動する1つ又は複数の振動波アクチュエータ10を配置する。なお、手ぶれ補正ユニットは、手ぶれ補正用レンズを駆動する構成に代えて、撮像装置の本体に内蔵される撮像素子710を光学系の光軸方向と直交する方向に移動させる構成としてもよい。

30

【0064】

(第4実施形態)

第4実施形態では、上述した各実施形態に係る振動波アクチュエータを少なくとも2つ以上備える装置の一例として、X-Yステージを備える顕微鏡500の構成について図11を参照して説明する。図11は、顕微鏡500の外観斜視図である。

40

【0065】

顕微鏡500は、撮像素子と光学系を内蔵する撮像部510と、自動ステージ530とを有する。自動ステージ530は、基台と、該基台上に設けられている第1の振動波アクチュエータ（不図示）及び第2の振動波アクチュエータ（不図示）と、該基台上に設けられているX-Y面内で移動されるステージ520と、を有する。第1の振動波アクチュエータ及び第2の振動波アクチュエータのそれぞれは、第1実施形態の振動波アクチュエータ10を用いる。

【0066】

第1の振動波アクチュエータは、ステージ520を、ステージ520のX方向に駆動す

50

る駆動装置として用いられ、振動体11と接触体12の一部との相対移動方向（振動体11の、接触体12に対する相対移動方向、接触体12の駆動方向）がステージ520のX方向と一致するように配置される。また、第2の振動波アクチュエータは、ステージ520を、ステージ520のY方向に駆動する駆動装置として用いられ、振動体11と接触体12の一部との相対移動方向（振動体11の、接触体12に対する相対移動方向、接触体12の駆動方向）がステージ520のY方向と一致するように配置される。

【0067】

被観察物をステージ520の上面に置いて、拡大画像を撮像部510で撮影する。観察範囲が広範囲にある場合には、第1の振動波アクチュエータ及び第2の振動波アクチュエータを用いて自動ステージ530を駆動してステージ520を面内方向に移動させて被観察物を移動させることにより、撮像領域を変更する。異なる撮像領域で撮影された画像を不図示のコンピュータで画像処理により結合させることで、観察範囲が広範囲で、高精細な1枚の画像を取得することができる。

10

【0068】

以上、本発明をその好適な実施形態に基づいて詳述してきたが、本発明はこれら特定の実施形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の様々な形態も本発明に含まれる。更に、上述した各実施形態は本発明の一実施形態を示すものにすぎず、各実施形態を適宜組み合わせることも可能である。

【0069】

例えば、第3の実施形態及び第4の実施形態では、振動波アクチュエータとして第1実施形態の振動波アクチュエータ10を用いたが、これに限定されず、例えば第2実施形態の振動波アクチュエータ20を用いてもよい。また、加圧部材の構成や加圧方法は、適宜変更可能である。

20

【0070】

上述の実施形態では、振動体と接触体とが直線方向に相対移動するリニア駆動を行っているが、これに限定されず、各実施形態の振動波アクチュエータを用いて、振動体に対して接触体が相対的に回転する駆動を行ってもよい。この場合、突起部11cに発生した橜円運動によって振動体11と接触体12の任意の位置とが相対移動するため、この相対移動方向を、振動体11の接触体12に対する相対移動方向（接触体12の駆動方向）と呼ぶ。

30

【0071】

また、上述の各実施形態では、振動体の突起部及び接触体の接触部をそれぞれ2つずつ設けているが、これに限定されず、より多くの突起部及び接触部を有していてもよい。例えば、Y方向に並んである2つの突起部をX方向に並べて2組設け、それらの4つの突起部に対応する位置に接触体に接触部を設ければよい。

【符号の説明】

【0072】

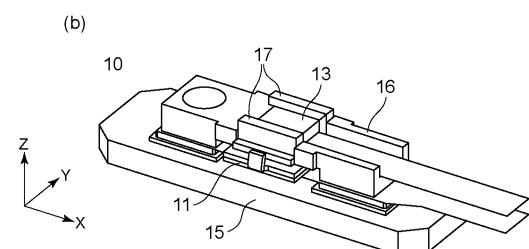
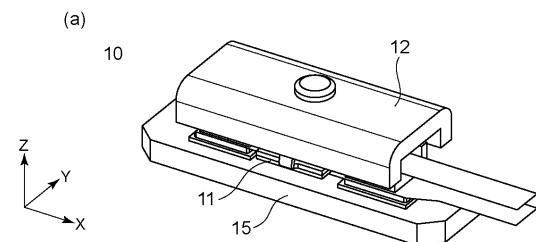
- 10 振動波アクチュエータ
- 11 振動体
- 11a 弹性体
- 11b 電気-機械エネルギー変換素子
- 11c 突起部
- 12 接触体
- 12b 接触部
- 13 検出部（エンコーダ本体）
- 14 被検出部（スケール）

40

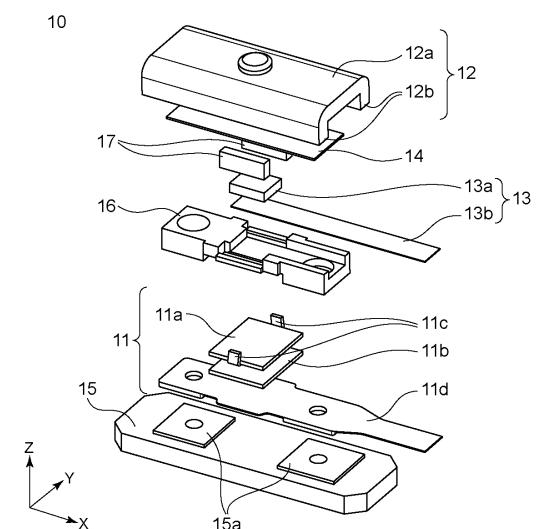
50

【図面】

【図1】



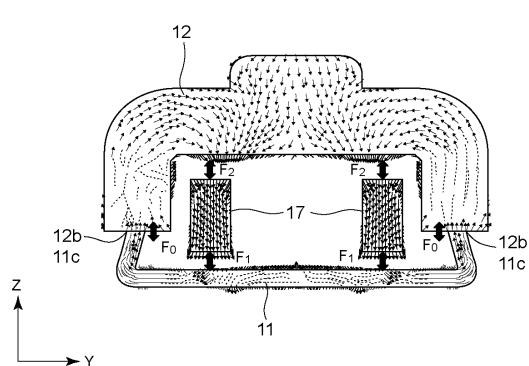
【図2】



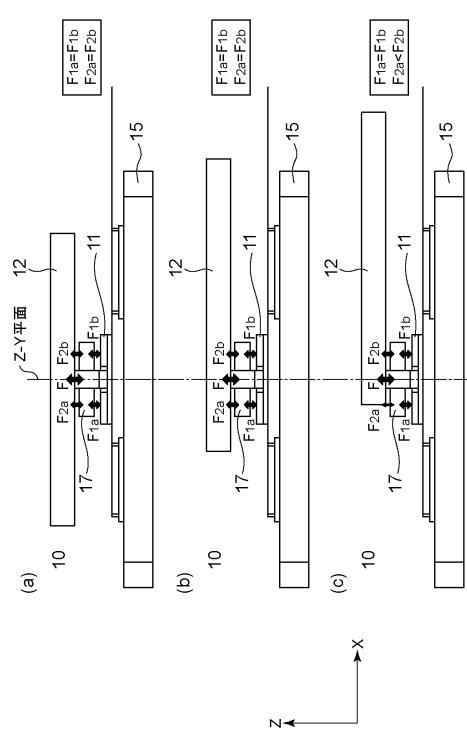
10

20

【図3】



【図4】

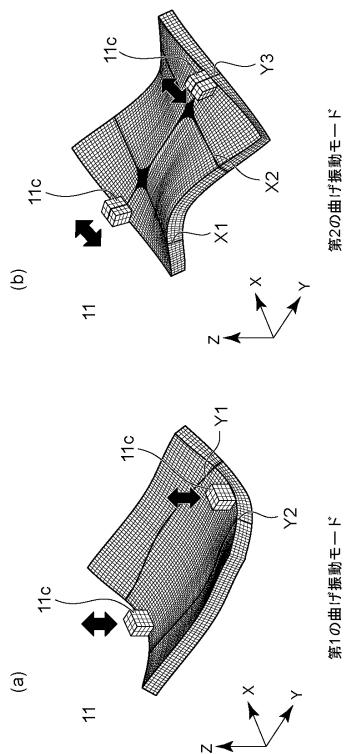


30

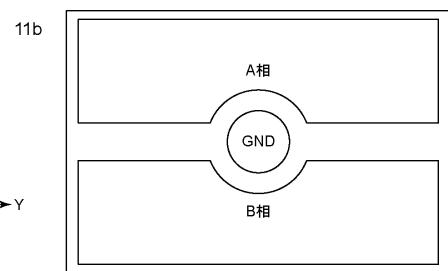
40

50

【図5】



【図6】



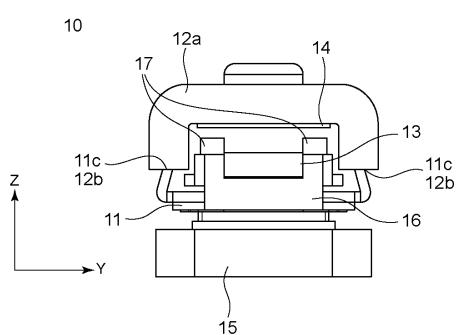
10

20

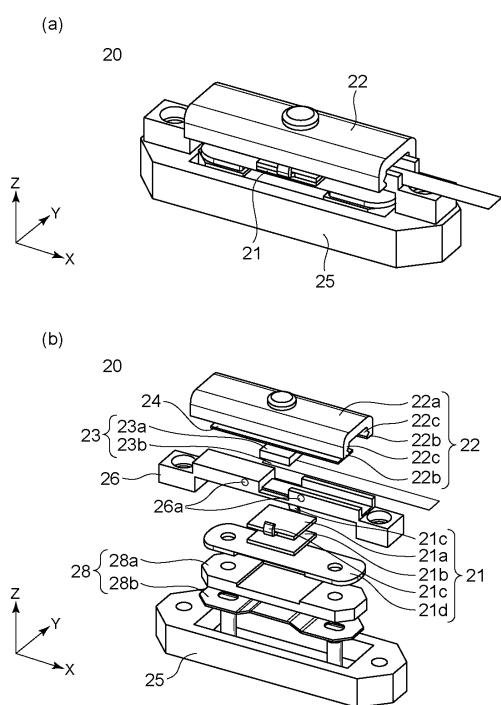
30

40

【図7】

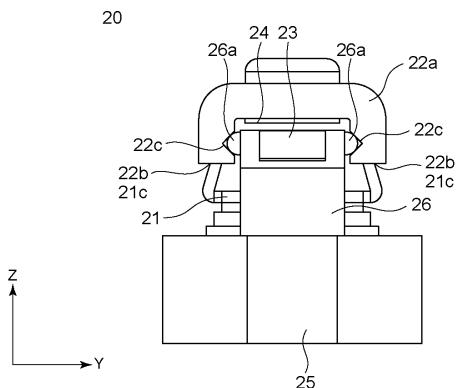


【図8】

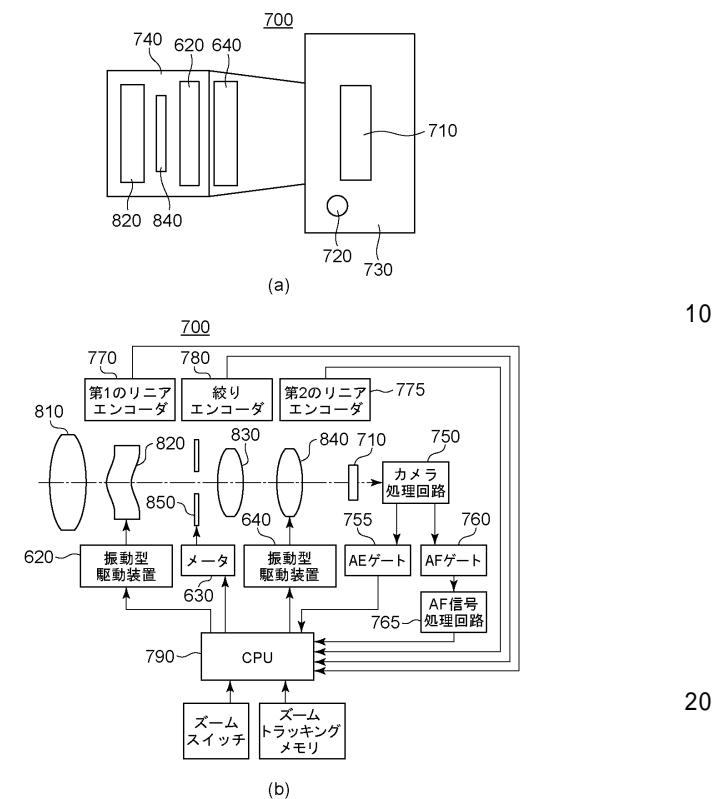


50

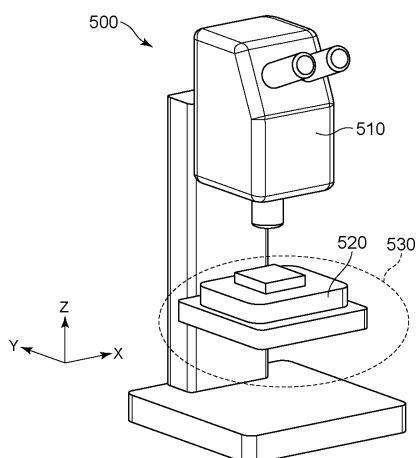
【図 9】



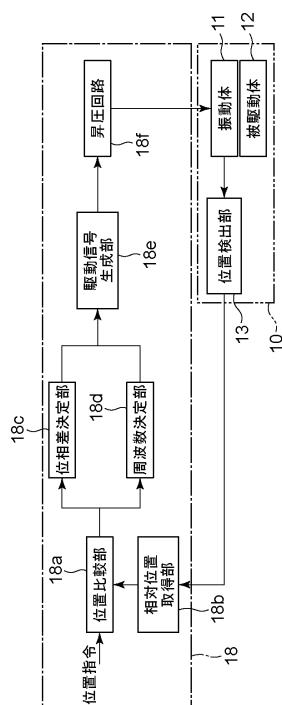
【図 10】



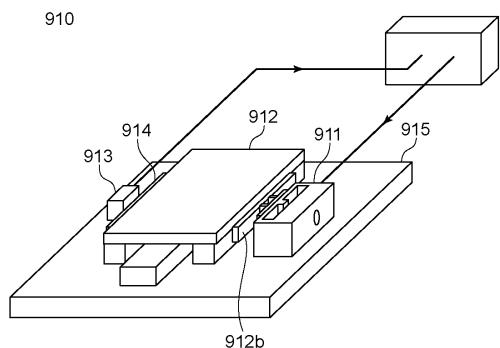
【図 11】



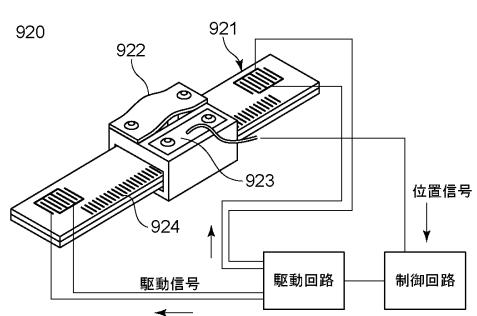
【図 12】



【図13】



【図14】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2017-127154 (JP, A)
 特開2001-069772 (JP, A)
 特開2007-312519 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02N 2/04