

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6849424号
(P6849424)

(45) 発行日 令和3年3月24日 (2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月8日 (2021.3.8)

(51) Int. Cl.		F I	
H O 2 N	2/04	(2006.01)	H O 2 N 2/04
G O 2 B	7/04	(2021.01)	G O 2 B 7/04 E
G O 2 B	21/26	(2006.01)	G O 2 B 21/26
H O 1 L	41/09	(2006.01)	H O 1 L 41/09

請求項の数 19 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-244797 (P2016-244797)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年12月16日 (2016.12.16)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2018-99002 (P2018-99002A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成30年6月21日 (2018.6.21)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	令和1年11月20日 (2019.11.20)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	末藤 啓
			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
		(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
		審査官	若林 治男
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動型アクチュエータ、これを有するレンズ鏡筒、撮像装置及びステージ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁石を有する接触体と、

磁性を有する弾性体及び前記弾性体と接合している電気 - 機械エネルギー変換素子を有する振動体と、を備え、

前記電気 - 機械エネルギー変換素子に駆動電圧を印加することによって前記振動体に振動を励起し、前記振動により前記接触体と前記振動体とを相対移動方向に移動範囲内で相対的に移動させる振動型アクチュエータであって、

前記接触体が前記移動範囲の前記相対移動方向の一方側の端部まで移動している状態では、前記磁石の前記相対移動方向の他方側の端部は、前記弾性体の前記他方側の端部よりも前記一方側に配置されることを特徴とする振動型アクチュエータ。

【請求項 2】

前記接触体が前記移動範囲の前記一方側の端部まで移動している状態では、前記磁石の前記一方側の端部は、前記弾性体の前記一方側の端部よりも前記一方側に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 3】

前記接触体が前記移動範囲の中央に配置されている状態では、前記磁石の前記一方側の端部は前記弾性体の前記一方側の端部よりも前記一方側に配置され、前記磁石の前記他方側の端部は前記弾性体の前記他方側の端部よりも前記他方側に配置されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の振動型アクチュエータ。

10

20

【請求項 4】

前記弾性体は、前記接触体と加圧接触する接触面を有する接触部を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 5】

前記接触部は、ばね性を有するように形成されており、前記弾性体の第 1 の方向における中央部に設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 6】

前記振動体を保持する支持部を有し、

前記支持部の前記電気 - 機械エネルギー変換素子の厚み方向のばね定数は、前記接触部の前記厚み方向のばね定数よりも低いことを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の振動型アクチュエータ。

10

【請求項 7】

前記接触部は、前記弾性体の前記相対移動方向及び前記電気 - 機械エネルギー変換素子の厚み方向に直交する方向の端部から延出していることを特徴とする請求項 4 から 6 のいずれか一項に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 8】

前記接触部は、曲げ加工により前記弾性体と一体的に形成されていることを特徴とする請求項 4 から 7 のいずれか一項に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 9】

前記磁石は、前記相対移動方向及び前記厚み方向に直交する方向において、前記振動体の中央に配置されていることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の振動型アクチュエータ。

20

【請求項 10】

前記振動は、2 つの固有振動が合成された振動であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 11】

前記接触体が前記移動範囲の前記相対移動方向の一方側の端部まで移動している状態では、前記弾性体の前記相対移動方向の中心より前記一方側における前記磁石の吸引力が、前記中心より前記他方側における前記磁石の吸引力より大きいことを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の振動型アクチュエータ。

30

【請求項 12】

磁石を有する接触体と、

磁性を有する弾性体及び前記弾性体と接合している電気 - 機械エネルギー変換素子を有する振動体と、を備え、

前記電気 - 機械エネルギー変換素子に駆動電圧を印加することによって前記振動体に振動を励起し、前記振動により前記接触体と前記振動体とを相対移動方向に移動範囲内で相対的に移動させる振動型アクチュエータであって、

前記接触体が前記移動範囲の前記移動方向における一方側の端部に配置されている状態では、前記振動体の中心線より前記移動方向の前記一方側における前記弾性体の前記磁石と対向する領域の面積は、前記移動方向の他方側における前記領域の面積より大きいことを特徴とする振動型アクチュエータ。

40

【請求項 13】

前記接触体が前記移動範囲の中央に配置されている状態では、前記中心線より前記一方側における前記領域の面積と、前記中心線より前記他方側における前記領域の面積と、が等しいことを特徴とする請求項 12 に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 14】

前記弾性体は、前記接触体と接触する接触面を有する接触部を有することを特徴とする請求項 12 又は 13 に記載の振動型アクチュエータ。

【請求項 15】

レンズと、

50

光軸方向に前記レンズを移動させる請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータと、を備えることを特徴とするレンズ鏡筒。

【請求項 1 6】

像ぶれ補正用のレンズと、

光軸と直交する面内で前記レンズを移動させる請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータと、を備えることを特徴とするレンズ鏡筒。

【請求項 1 7】

レンズ鏡筒と、

前記レンズ鏡筒に配置されたレンズを光軸方向に移動させる請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータと、前記レンズ鏡筒を通過した光の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。

10

【請求項 1 8】

レンズ鏡筒と、

前記レンズ鏡筒を通過した光の光学像を電気信号に変換する撮像素子と、

前記撮像素子を光軸方向と直交する面内で移動させて前記撮像素子に結像する光学像の像ぶれを補正する請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータと、を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 9】

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 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の振動型アクチュエータと、を備えることを特徴とするステージ装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動型アクチュエータ、これを有するレンズ鏡筒、撮像装置及びステージ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

振動体と被駆動体とを加圧接触させ、振動体に励起した振動により振動体と被駆動体とを相対的に移動させる振動型アクチュエータが知られている。このような振動型アクチュエータは、特許文献 1 に記載されている。

30

【0003】

図 1 5 に、公知の振動型アクチュエータ 1 0 0 の構成を説明する模式図を示した。振動型アクチュエータ 1 0 0 は、振動体 1 0 2 と被駆動体 1 0 3 とを有する。振動体 1 0 2 は、弾性体 1 0 2 b と、弾性体 1 0 2 b の一方の面に設けられた 2 つの突起部 1 0 2 d と、弾性体 1 0 2 b において突起部 1 0 2 d が設けられている面の反対側の面に接合された圧電素子 1 0 2 a とを有する。2 つの突起部 1 0 2 d は、図 1 5 の X 方向に所定の間隔で配置されており、その先端面（上面）は被駆動体 1 0 3 と加圧接触している。弾性体 1 0 2 b と 2 つの突起部 1 0 2 d は、例えば、ステンレス等の金属部材を含む。圧電素子 1 0 2 a は、例えば、接着剤により弾性体 1 0 2 b に接着されている。

40

【0004】

圧電素子 1 0 2 a には、不図示の駆動回路から位相差を有する 2 相の交流電圧が印加されることにより、振動体 1 0 2 に 2 つの曲げ振動モードの振動が励起される。そして、励起された 2 つの曲げ振動モードの振動が組み合わされることにより、突起部 1 0 2 d の先端に Z X 面内での楕円運動を生じさせる。このとき、2 つの突起部 1 0 2 d の先端は被駆動体 1 0 3 と加圧接触しているため、被駆動体 1 0 3 は 2 つの突起部 1 0 2 d の楕円運動による摩擦駆動力を受ける。これにより、振動体 1 0 2 と被駆動体 1 0 3 とを X 方向に相対的に移動させることができる。

【0005】

特許文献 2 には、複数の振動体 1 0 2 を用いて被駆動体を回転駆動させる振動型アクチ

50

ュエータが記載されている。特許文献2では、3つの振動体102を、同一円周状に等間隔に且つそれぞれの振動体102の2つの突起部102dを結ぶ線がその円周の接線と一致するように配置する。これにより、2つの振動体102と加圧接触する円板状あるいは円環状の被駆動体を回転させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-320846号公報

【特許文献2】特開2012-5309号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、振動型アクチュエータ100において、所定の移動範囲内でX方向に往復運動を繰り返す場合、被駆動体103の往復運動の動作開始位置及び動作終了位置である移動範囲の両端部では、摩耗量が増大することがあった。これは、被駆動体103の所定の移動範囲の両端部は、振動型アクチュエータ100の起動及び停止を行うため、発生する加速度が最も大きく被駆動体103と突起部102dとの相対速度差が大きい。そのため、被駆動体103の他の位置に比べ、摩耗が進みやすくなる。これにより、振動型アクチュエータ100の移動範囲の両端部において起動性が低下する恐れがあった。

【0008】

20

また、特許文献2に記載された回転型の振動型アクチュエータにおいても、被駆動体の回転角が360度に満たない所定の移動範囲内で往復運動を繰り返すと、被駆動体の移動範囲の両端部において摩耗量が増大し、起動性が低下する恐れがあった。

【0009】

本発明は上述の課題を鑑みてなされたものであり、被駆動体の摩耗が進んでも、起動性の低下を従来よりも低減できる振動型アクチュエータ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】

【0010】

本発明の一側面としての振動型アクチュエータは、磁石を有する接触体と、磁性を有する弾性体及び前記弾性体と接合している電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、を備え、

30

前記電気-機械エネルギー変換素子に駆動電圧を印加することによって前記振動体に振動を励起し、前記振動により前記接触体と前記振動体とを相対移動方向に移動範囲内で相対的に移動させる振動型アクチュエータであって、

前記接触体が前記移動範囲の前記相対移動方向の一方側の端部まで移動している状態では、前記磁石の前記相対移動方向の他方側の端部は、前記弾性体の前記他方側の端部よりも前記一方側に配置される

ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

40

本発明の一側面としての振動型アクチュエータによれば、被駆動体の摩耗が進んでも、起動性の低下を従来よりも低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1の実施形態に係る振動型アクチュエータの構成を説明する模式図。

【図2】第1の実施形態に係る振動型アクチュエータの永久磁石によって形成される磁気回路を説明する模式図。

【図3】第1の実施形態に係る振動型アクチュエータの振動体に励起される第1の振動モードでの振動体の変形を説明する斜視図。

【図4】第1の実施形態に係る振動型アクチュエータの振動体に励起される第2の振動モ

50

ードでの振動体の変形を説明する斜視図。

【図 5】第 1 の実施形態に係る振動型アクチュエータの圧電素子の電極の構成を説明する模式図。

【図 6】第 1 の実施形態に係る振動型アクチュエータの被駆動体の移動範囲を説明する模式図。

【図 7】第 1 の実施形態に係る振動型アクチュエータの被駆動体の位置と吸引力との関係を説明する図。

【図 8】第 1 の実施形態に係る振動型アクチュエータの振動体の楕円運動を説明する図。

【図 9】第 1 の実施形態に係る振動型アクチュエータの被駆動体の位置と弾性体の左右の吸引力差の変化を説明する図。

【図 10】第 1 の変形例に係る振動型アクチュエータの構成を説明する斜視図。

【図 11】第 2 の実施形態に係る振動型アクチュエータの構成を説明する斜視図。

【図 12】第 2 の実施形態に係る振動型アクチュエータの被駆動体の移動範囲を説明する斜視図。

【図 13】第 1 の実施形態の振動型アクチュエータを用いた撮像装置の構成を説明する模式図。

【図 14】第 1 の実施形態の振動型アクチュエータを用いたステージ装置を有する顕微鏡の外観斜視図。

【図 15】従来の振動型アクチュエータの構成を説明する模式図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

(第 1 の実施形態)

本実施形態に係る振動型アクチュエータ 1 について、図 1 を参照して説明する。図 1 (a) は、振動型アクチュエータ 1 の構成を説明する模式図である。振動型アクチュエータ 1 は、振動体 2 と、振動体 2 と加圧接触する被駆動体 3 とを有する。

【0014】

[振動体]

図 1 (b) は、振動体 2 の構成を説明する模式図である。振動体 2 は、電気 - 機械エネルギー変換素子 2 a と、電気 - 機械エネルギー変換素子 2 a と接合されている弾性体 2 b と、を有する。振動体 2 は、支持部材 4 に圧電素子 2 a が接合されることによって、支持部材 4 に保持されている。電気 - 機械エネルギー変換素子 2 a は、電気量を機械量に変換する素子であり、帆実施形態では平板状の圧電素子を用いる。以降の説明では、電気 - 機械エネルギー変換素子 2 a を圧電素子 2 a と呼ぶ。

【0015】

以降の説明では、図 1 (a) に示すように、振動体 2 と被駆動体 3 との相対的な移動方向 (相対移動方向) を X 方向 (第 1 の方向)、圧電素子 2 a の厚み方向を Z 方向 (第 2 の方向)、X 方向及び Z 方向と直交する方向を Y 方向 (第 3 の方向) とする。

【0016】

弾性体 2 b は、基部 2 c と、基部 2 c の Y 方向の端部から延出するように設けられた複数の接触部 2 d と、を有する。接触部 2 d は、弾性体 2 b の X 方向における略中央に設けられている。複数の接触部 2 d のそれぞれの被駆動体 3 側に設けられた接触面 2 e が、被駆動体 3 と当接して被駆動体 3 を摩擦駆動する。弾性体 2 b は、磁性を有する金属製の弾性部材であり、例えば、マルテンサイト系のステンレス鋼等を材料として用いる。また、弾性体 2 b には、耐久性を高めるための硬化処理として、例えば焼入処理が施されている。

【0017】

図 1 (c) は、弾性体 2 b の曲げ加工前の状態を示す略十字型の金属板の斜視図である。略十字型の金属板は、ステンレス鋼等の板材を、切削加工やレーザー加工、エッチング加工、打ち抜き加工等のいずれか 1 つ又は幾つかの組み合わせにより、基部 2 c と接触部 2 d とが略十字の形状となるように加工することにより製造される。

【 0 0 1 8 】

この略十字型の金属板を、図 1 (c) に示す破線部 2 f において基部 2 c と接触部 2 d との角度が鋭角となるように曲げ加工を施すことにより、図 1 (b) に示すように、Y 方向で対向する一対の接触部 2 d を形成することができる。接触部 2 d は、被駆動体 3 に対して安定して接触させることが可能となるように、ばね性を有する角度で形成されている。本実施形態では、基部 2 c と接触部 2 d とがなす角度は、略 70 度に設定されている。接触部 2 d に設けられた被駆動体 3 との接触面 2 e は、被駆動体 3 の摺動面と平滑に接触することができるように、曲げ加工後ラップ加工等によって面形状が整えられている。

【 0 0 1 9 】

このように、弾性体 2 b は、被駆動体 3 と摩擦摺動する接触部 2 d が曲げ加工により基部 2 c と一体的に形成されており、加工（製造）が容易である。また、振動体 2 では、弾性体 2 b の基部 2 c と圧電素子 2 a との間に非接合領域が生じることはいないため、弾性体 2 b と圧電素子 2 a との接合強度を高めることができる。

【 0 0 2 0 】

支持部材 4 は、ベースフィルムがポリイミド等を含むフレキシブル配線基板を有し、給電部 4 a、薄板部 4 b、固定部 4 c、取付穴部 4 d 及びコネクタ接続部 4 e を有する。

【 0 0 2 1 】

給電部 4 a は、接着剤等で圧電素子 2 a に接合され、圧電素子 2 a に駆動電圧を印加する。固定部 4 c は、フレキシブル配線基板の裏打ち材によって形成されており、不図示の基台に取り付けられている。固定部 4 c を基台に取り付ける方法は特に限定されるものではないが、例えば、穴部 4 d を位置決めに利用して、固定部 4 c の底面（振動体 2 が配置される面と対向する面）を接着剤又は粘着剤等で接合する方法を用いることができる。また、穴部 4 d に通して、ねじ又はビスを基台に設けたねじ穴又は孔部に締結することも望ましい。

【 0 0 2 2 】

接続部 4 e は、コネクタ等に差し込むことができる形状に形成されており、振動型アクチュエータ 1 を駆動するための不図示の駆動回路と接続されている。

【 0 0 2 3 】

給電部 4 a と固定部 4 c との間に介在する薄板部 4 b は、薄いフレキシブル配線基板であり、圧電素子 2 a とは接合されてない。そのため、固定部 4 c よりも低剛性である。よって、薄板部 4 b は、振動体 2 に励起された駆動振動が固定部 4 c への伝搬を低減する振動絶縁部として機能する。支持部材 4 は、薄板部 4 b を有することによって振動体 2 を柔軟に支持することができるため、振動体 2 の振動を阻害せずに振動体 2 を保持することができる。

【 0 0 2 4 】

被駆動体 3 は、直方体状のネオジム磁石である永久磁石 5 と、磁性を有する金属製の弾性部材からなるスライダ部材 6 と、を有する。永久磁石 5 は、スライダ部材 6 と振動体 2 との間に配置されている。永久磁石 5 とスライダ部材 6 とは、接着剤等により接合されている。本実施形態では、スライダ部材 6 は、マルテンサイト系のステンレス鋼が用いられている。

【 0 0 2 5 】

スライダ部材 6 は、本体部 6 a、振動体 2 の接触部 2 d と摩擦接触する摺動面を有する摺動部 6 b、及び振動型アクチュエータ 1 の不図示の駆動対象となる装置とスライダ部材 6 とを連結するための連結穴部 6 c、を有する。

【 0 0 2 6 】

本体部 6 a は、摺動部 6 b が永久磁石 5 を接合している面よりも振動体 2 に近接する形状となるように、曲げ加工等によって形成されている。

【 0 0 2 7 】

摺動部 6 b の振動体 2 の接触部 2 d と摩擦接触する摺動面には、耐久性（耐摩耗性）を高めるための硬化処理として、例えば、窒化処理（硬化処理）が施されている。なお、こ

10

20

30

40

50

れに限らず、焼入処理や表面にニッケルメッキ処理をして形成してもよい。つまり、スライダ部材 6 は、磁性を有する部位を有し、かつ、摩擦摺動面が耐摩耗性を有していればよい。

【0028】

連結穴部 6 c を駆動対象となる装置に取り付ける方法は特に限定されるものではないが、例えば、穴部 6 c を位置決めを利用して、穴部 6 c の上面を接着剤又は粘着剤等で接合する方法を用いることができる。また、穴部 6 c にねじ穴を形成し、ねじ等で駆動対象となる装置に締結してもよい。

【0029】

永久磁石 5 は、Y 方向において振動体 2 の一対の接触部 2 d の中間付近に配置されている。永久磁石 5 は、略 Z 方向に着磁されており、永久磁石 5 の磁気作用によって、振動体 2 と被駆動体 3 とは、略 Z 方向で互いに引き寄せられる。これによって、振動体 2 と被駆動体 3 との間に略 Z 方向に加圧力が与えられる。このとき、振動型アクチュエータ 1 は、振動体 2 の中心を通る X 方向の直線を軸に実質的に線対称となる。よって、振動体 2 と被駆動体 3 との間に生じる加圧力は、振動体 2 の 2 つの接触部 2 d で略同一となるため、それぞれの接触部 2 d が被駆動体 3 に与える摩擦駆動力の大きさを等しくすることができる。これにより、2 つの接触部 2 d が被駆動体 3 に与える摩擦駆動力の合力を X 方向に効率的に発生させることができるため、振動型アクチュエータ 1 では駆動効率を高めることができる。

【0030】

図 2 は、振動型アクチュエータ 1 において、永久磁石 5 によって形成される磁気回路を説明する Y - Z 断面図である。図 2 (a) は、接触部 2 d を含む断面を示しており、図 2 (b) は、接触部 2 d を含まない断面を示している。図 2 (a)、(b) のそれぞれに、振動体 2 及び被駆動体 3 とその周辺空間に生じる磁力線 I が模式的に示されている。

【0031】

図 2 (a) に示すように、接触部 2 d を含む部位において、磁力線 I は永久磁石 5 のスライダ部材 6 側の面（以降、「永久磁石 5 の上面」と呼ぶ）から生じて、永久磁石 5 に当接するスライダ部材 6 の内部を通る。磁力線 I は、スライダ部材 6 から摺動部 6 b と接触する弾性体 2 b の接触部 2 d 及び永久磁石 5 の下方に位置する基部 2 c を通り、空中を介して永久磁石 5 の基部 2 c 側の面（以降、「永久磁石 5 の底面」と呼ぶ）に戻る。永久磁石 5 によって弾性体 2 b の内部に生じる磁力線 I の作用により、弾性体 2 b には永久磁石 5 及びスライダ部材 6 への吸引作用が生じる。永久磁石 5 により生じる磁力線 I はほぼ全てがスライダ部材 6 及び弾性体 2 b を通っているため、永久磁石 5 の磁力を効果的に吸引作用に利用することができる。

【0032】

また、図 2 (b) に示すように、接触部 2 d を含まず基部 2 c のみ含む部位では、磁力線 I は、永久磁石 5 の上面から生じて、永久磁石 5 の上側に当接するスライダ部材 6 の内部を通る。磁力線 I は、スライダ部材 6 から空中を介して永久磁石 5 の下方に位置する基部 2 c を通り、再度、空中を介して永久磁石 5 の底面に戻る。よって、図 2 (a) と同様に、永久磁石 5 によって弾性体 2 b 内部に生じる磁力線 I の作用により、弾性体 2 b には永久磁石 5 及びスライダ部材 6 への吸引作用が生じる。このように、永久磁石 5 を挟むようにスライダ部材 6 及び弾性体 2 b を配置することにより、永久磁石 5 の磁力を効果的に吸引作用に利用することができる。

【0033】

こうして永久磁石 5 によって生じるスライダ部材 6 と弾性体 2 b との間の吸引作用により、互いに接触している摺動部 6 b と接触部 2 d との間に所望の加圧力を生じさせることができる。このとき、振動体 2 及び被駆動体 3 の周辺空間への磁束の漏れがほとんど生じていないことから、永久磁石 5 の磁力を効率的に加圧力として作用させることができる。よって、永久磁石 5 の小型化が可能となり、被駆動体 3 の軽量化及びコスト軽減が期待できる。

【 0 0 3 4 】

なお、本明細書における「線対称」とは、完全な線対称でなくてもよく、実質的に線対称であればよい。具体的には、本明細書の「線対称」とは、永久磁石 5 が Y 方向において、振動体 2 の重心を通る Z 方向の直線と交わる位置に配置されていればよい。これにより、振動体 2 の基部 2 c の Y 方向において、振動体 2 の重心を通る Z 方向の直線で分割される両面に吸引力が作用し、振動体 2 の 2 つの接触部 2 d で略同一の加圧力を生じさせることができる。

【 0 0 3 5 】

次に、図 3 及び図 4 を参照して、振動体 2 に励起される 2 つの振動モードについて説明する。以下、振動体 2 に励起される 2 つの振動モードを、第 1 の振動モードと第 2 の振動モードとする。振動体 2 に励起される駆動振動は、第 1 の振動モードの振動と第 2 の振動モードの振動とが合成された振動となる。

10

【 0 0 3 6 】

図 3 (a)、(b) は、振動体 2 に励起される第 1 の振動モードによる振動体 2 の変形を説明する斜視図である。なお、図 3 (a)、(b) では、振動体 2 の形状の変化を分かりやすくするために、振動体 2 の形状に比べて変位量を拡大 (誇張) して表している。

【 0 0 3 7 】

第 1 の振動モードによって、X 方向及び Z 方向の両方向と直交する Y 方向における 1 次の屈曲振動が振動体 2 の基部 2 c に励起される。一対の接触部 2 d は、第 1 の振動モードの振動により、Z 方向において往復運動を行う。

20

【 0 0 3 8 】

図 4 (a)、(b) は、振動体 2 に励起される第 2 の振動モードによる振動体 2 の変形を説明する斜視図である。なお、図 4 (a)、(b) でも、振動体 2 の形状の変化を分かりやすくするために、振動体 2 の形状に比べて変位量を拡大して表している。

【 0 0 3 9 】

第 2 の振動モードによって、被駆動体 3 の移動方向である X 方向における 2 次の屈曲振動が振動体 2 の基部 2 c に励起される。この 2 次の屈曲振動は、Y 方向と略平行な 3 本の節線を有する。一対の接触部 2 d は、第 2 の振動モードの振動により X 方向において往復運動を行う。ここで、第 2 の振動モードの振動で節となる位置の近傍に接触部 2 d を配置することにより、接触部 2 d を X 方向で最も大きく変位させることができる。

30

【 0 0 4 0 】

弾性体 2 b の基部 2 c の X 方向寸法と Y 方向寸法、接触部 2 d の Z 方向寸法や角度等は、第 1 の振動モードの固有振動数と第 2 の振動モードの固有振動数とが略一致するように設計されている。

【 0 0 4 1 】

図 5 は、圧電素子 2 a における支持部材 4 の給電部 4 a との接合面の電極構成を示す平面図である。圧電素子 2 a は、電気 - 機械エネルギー変換素子の一例である板状の圧電セラミックスの表裏面に電極が設けられた構造を有する。

【 0 0 4 2 】

圧電素子 2 a において支持部材 4 の給電部 4 a と接合される面には、A 相と B 相との 2 つの電極が設けられている。図 5 中に示す「+」は、圧電セラミックスの分極方向を示しており、A 相と B 相の各電極領域での圧電セラミックスの分極方向が同じであることを示している。なお、圧電素子 2 a において弾性体 2 b と接合される面には、面全体を覆う 1 つの全面電極 (不図示) が設けられており、この全面電極はグランド電極 (アース) として用いられる。

40

【 0 0 4 3 】

第 1 の振動モード及び第 2 の振動モードの固有振動数付近で、同一周波数、且つ、同一の位相の交流電圧を A 相及び B 相に印加すると、第 1 の振動モードの振動が励起される。また、第 1 の振動モード及び第 2 の振動モードの固有振動数付近で、同一周波数、且つ、逆位相の交流電圧を A 相及び B 相に印加すると、第 2 の振動モードの振動が励起される。

50

そこで、固有振動数付近で、同一周波数、且つ、同相でも逆相でもない位相差の交流電圧をA相及びB相に印加することにより、振動体2に第1の振動モードの振動と第2の振動モードの振動とを同時に励起させる。

【0044】

第1の振動モードの振動と第2の振動モードの振動とが合成されることにより、一对の接触部2dの接触面2eに略XZ面内での楕円運動が発生する。接触面2eの楕円運動によって被駆動体3はX方向の略一致する向きに摩擦駆動され、被駆動体3を振動体2に対して相対的にリニア駆動することができる。A相に対してB相に90度遅れた交流電圧を印加することにより、X方向の一方の向きへ被駆動体3を移動させることができ、A相に対してB相に90度進んだ交流電圧を印加することにより、X方向の他方の向きへ被駆動体3が移動する。

10

【0045】

図6は、被駆動体3の移動範囲を示す斜視図である。図6(a)は、被駆動体3の移動範囲においてX方向のプラス側の端部まで被駆動体3を駆動した状態を示している。図6(b)は、被駆動体3の移動範囲の中央まで被駆動体3を駆動した状態を示しており、図6(c)は被駆動体3の移動範囲においてX方向のマイナス側の端部まで被駆動体3を駆動した状態を示している。なお、本明細書では、X方向におけるプラス側が図6(a)における紙面右側であり、マイナス側が図6(a)における紙面左側である。以降の説明では、プラス側を右側、マイナス側を左側、と呼ぶことがある。また、以降の説明では、被駆動体3の移動範囲及び永久磁石5等のプラス側の端部を右端部、マイナス側の端部を左端部と呼ぶことがある。

20

【0046】

図6(a)に示すように、被駆動体3が右方向に駆動して所定の移動範囲の右端部に位置するとき、被駆動体3の永久磁石5の左端部5-1は、振動体2の弾性体2bの左端部2b-1よりも右側に位置する。

【0047】

この状態から、A相に対してB相に90度遅れた交流電圧を印加することにより、被駆動体3の駆動方向は、X方向におけるマイナス側(左側)へ変化する。そして、被駆動体3が左側に駆動して、図6(b)に示すように移動範囲の中央付近まで移動する。このとき、被駆動体3の永久磁石5の左端部5-1は、振動体2の左端部2b-1よりも左側に位置し、永久磁石5の右端部5-2は、振動体2の右端部2b-2よりも右側に位置している。つまり、振動体2のX方向の両端部は永久磁石5のX方向の両端部の間に位置している。この状態から被駆動体3がさらに左方向に移動し、図6(c)に示すように被駆動体3が移動範囲の左端部まで進むと、永久磁石5の右端部5-2は振動体2の右端部2b-2よりも左側に位置する。

30

【0048】

ここで、A相に対してB相に90度進んだ交流電圧を印加することにより、駆動方向を反転させ、被駆動体3は中央を通過して右端部へと移動し、これにより所定の移動範囲を往復駆動することができる。

【0049】

なお、所定の移動範囲の端部の検出は、不図示の光学式のエンコーダやホール素子等の位置センサを用いたり、両端部にフォトセンサを用いて端部を検出したりすることで実現可能である。また、被駆動体3が接触部2dからX方向において移動範囲の端部を超えないように、ストッパー等の位置を規制する部材を両端部に設けてもよい。

40

【0050】

図7は、被駆動体3の位置と吸引力との関係を示す図である。なお、図7における中心線Lは、Z方向と平行且つX方向に垂直な、弾性体2bのX方向における中心を通る直線である。

【0051】

図7(a)は、所定の移動範囲内の中央付近に被駆動体3が位置している場合の吸引力

50

を示している。この場合、永久磁石 5 の右端部は弾性体 2 b の右端部より右側に配置されており、永久磁石 5 の左端部は弾性体 2 b の左端部より左側に配置されている。

【 0 0 5 2 】

また、所定の移動範囲内の中央付近に被駆動体 3 が位置している場合、弾性体 2 b は、永久磁石 5 と X 方向における全領域で対向している。すなわち、中心線 L より X 方向右側において弾性体 2 b と永久磁石 5 とが対向している面積と、中心線 L より X 方向左側において弾性体 2 b と永久磁石 5 とが対向している面積と、は略等しい。よって、弾性体 2 b の X 方向における中心線 L からみて、弾性体 2 b の左側に発生する吸引力 F_L と弾性体 2 b の右側に発生する吸引力 F_R とは略等しい大きさとなり、振動体 2 に Y 軸まわりのモーメントは発生しない。

10

【 0 0 5 3 】

図 7 (b) は、被駆動体 3 が所定の移動範囲内において右端部に位置している場合の吸引力を示している。この場合、永久磁石 5 の右端部は弾性体 2 b の右端部より右側に配置されており、永久磁石 5 の左端部は弾性体 2 b の左端部より右側に配置されている。

【 0 0 5 4 】

また、被駆動体 3 が所定の移動範囲内において右端部に位置している場合、振動体 2 の弾性体 2 b は、弾性体 2 b の中心線 L より X 方向の右側では永久磁石 5 と全領域で対向しているのに対し、左側では一部でしか対向していない。すなわち、中心線 L より X 方向右側における弾性体 2 b と永久磁石 5 とが対向している面積が、中心線 L より X 方向左側における弾性体 2 b と永久磁石 5 とが対向している面積より大きい。よって、中心線 L からみて、弾性体 2 b の左側に発生する吸引力 F_L よりも弾性体 2 b の右側に発生する吸引力 F_R が大きくなる。

20

【 0 0 5 5 】

そのため、振動体 2 に Y 軸まわりのモーメント M が左回りの方向で発生する。支持部材 4 の薄板部 4 b はフレキシブル配線基板でできており、Z 方向のばね定数は振動体 2 の接触部 2 d の Z 方向のばね定数よりも低くなっている。その結果、振動体 2 はモーメント M による薄板部 4 b の弾性変形により姿勢が傾き、接触部 2 d の接触面 2 e は中心線 L の右側が左側よりも強圧になる。

【 0 0 5 6 】

図 7 (c) は、被駆動体 3 が所定の移動範囲内において左端部に位置している場合の吸引力を示している。この場合、永久磁石 5 の右端部は弾性体 2 b の右端部より左側に配置されており、永久磁石 5 の左端部は弾性体 2 b の左端部より左側に配置されている。

30

【 0 0 5 7 】

また、被駆動体 3 が所定の移動範囲内において左端部に位置している場合、振動体 2 の弾性体 2 b は、中心線 L より左側では永久磁石 5 と X 方向において全領域で対向しているのに対し、右側では一部でしか対向していない。すなわち、中心線 L より X 方向左側における弾性体 2 b と永久磁石 5 とが対向している面積が、中心線 L より X 方向右側における弾性体 2 b と永久磁石 5 とが対向している面積より大きい。よって、中心線 L からみて、弾性体 2 b の右側に発生する吸引力 F_R よりも弾性体 2 b の左側に発生する吸引力 F_L が大きくなる。

40

【 0 0 5 8 】

そのため、振動体 2 に Y 軸まわりのモーメント M が右回りの方向で発生する。その結果、振動体 2 はモーメント M による薄板部 4 b の弾性変形により姿勢が傾き、接触部 2 d の接触面 2 e は中心線 L の左側が右側よりも強圧になる。

【 0 0 5 9 】

図 8 は、X Z 平面で見たときの接触部 2 d の接触面 2 e に生じる楕円運動の軌跡を示す図である。図 8 に示すように、接触部 2 e の中央部に生じる楕円軌跡 E C は、楕円の長軸が Z 方向に略平行となっている。また、接触部 2 e の中央部から端部へ離れるにつれて楕円軌跡は X 方向に傾いていき、右端部の楕円軌跡 E R と左端部の楕円軌跡 E L は長軸が中心線 L に向かう方向に傾いている。

50

【 0 0 6 0 】

ここで、図 7 (b) に示したように、被駆動体 3 が右端部に位置している場合、接触面 2 e の右側が強圧になる。そのため、中心線 L より X 方向の右側で生じる長軸が中心線 L に向かう方向に傾いている橢円運動が、中心線 L より X 方向の左側で生じる橢円運動及び中心部の橢円軌跡 E C の橢円運動よりも被駆動体 3 の駆動に寄与するようになる。よって、Z 方向から X 方向のマイナス側に傾いた橢円軌跡の橢円運動が、被駆動体 3 の駆動により寄与することになり、被駆動体 3 を X 方向のマイナス側へ駆動する駆動力が増加する。

【 0 0 6 1 】

反対に、図 7 (c) に示したように、被駆動体 3 が左端部に位置している場合、接触面 2 e の左側が強圧になる。そのため、中心線 L より X 方向の左側で生じる長軸が中心線 L に向かう方向に傾いている橢円運動が、中心線 L より X 方向の右側で生じる橢円運動及び中心部の橢円軌跡 E C の橢円運動よりも被駆動体 3 の駆動に寄与するようになる。よって、Z 方向から X 方向のプラス側に傾いた橢円軌跡の橢円運動が、被駆動体 3 の駆動により寄与することになり、被駆動体 3 を X 方向のプラス側へ駆動する駆動力が増加する。

【 0 0 6 2 】

このような構成により、被駆動体 3 が所定の移動範囲の端部へ移動し、駆動方向を反転させた時の起動性が向上する。

【 0 0 6 3 】

よって、本実施形態の振動型アクチュエータによれば、被駆動体の移動範囲の両端部において駆動力が増加しているため、摩擦が発生しても、従来の振動型アクチュエータよりも振動型アクチュエータの起動性の低下を低減することが可能となる。

【 0 0 6 4 】

また、被駆動体 3 が移動範囲の端部に位置すると、永久磁石 5 と弾性体 2 b の位置関係から生じる吸引力の左右のバランスの変化から、振動体 2 が自動的に起動しやすい姿勢に変化する構成となっている。そのため、被駆動体 3 が移動範囲の端部に到達して駆動方向を反転するとき、印加電圧を高めたりする等の特別な制御による起動を用いることなく起動性の向上を実現できる。よって、起動時の特別な制御を行うことにより生じる振動型アクチュエータのモータ損失の増大や、駆動回路の複雑化を低減することができる。

【 0 0 6 5 】

ここで、本実施形態において、被駆動体 3 が X 方向において移動範囲の一方側の端部に位置するときに、永久磁石 5 の他方側の端部が弾性体 2 b の他方側の端部よりも一方側に位置するようにした効果について説明する。なお、ここでは、被駆動体 3 が X 方向の右側に移動するときを例にとって説明するが、被駆動体 3 が X 方向の左側に移動する場合は、X 方向における向きが異なる以外は同様の効果を有する。

【 0 0 6 6 】

図 9 (a) は、被駆動体 3 が右側に移動するときの位置の変化に対する弾性体 2 b の右側に発生する吸引力 F_R と弾性体 2 b の左側に発生する吸引力 F_L の差の変化を示す図である。なお、左右の吸引力差を右側の吸引力 F_R で除した割合で図示している。図 9 (b) は、図 9 (a) に示した被駆動体 3 の位置 A、位置 B、位置 C の状態を示す模式図である。位置 A は、被駆動体 3 が移動範囲の中央に位置している。位置 B は、被駆動体 3 の永久磁石 5 の左端部 5 - 1 と、振動体 2 の弾性体 2 b の左端部 2 b - 1 とが、X 方向において同じ位置に位置している。位置 C は、永久磁石 5 の左端部 5 - 1 が、弾性体 2 b の左端部 2 b - 1 よりも X 方向の右側に位置している。

【 0 0 6 7 】

図 9 (a)、(b) に示すように、被駆動体 3 が位置 A から位置 B まで移動する間は吸引力 F_R 、 F_L の差は小さく、振動体 2 に生じる Y 軸まわりのモーメントもほとんど発生しない。一方、被駆動体 3 が位置 B から位置 C まで移動する間は、吸引力 F_R と吸引力 F_L との差が大きくなり、振動体 2 に生じる Y 軸まわりのモーメントも大きくなる。そのため、たとえ永久磁石 5 の左右の厚みむら等の製作誤差があっても、十分な吸引力差が発生する。その吸引力差が大きくなり始める位置 B よりも駆動方向側に被駆動体 3 の所定の移

10

20

30

40

50

動範囲の端部を設定すれば、端部での起動性が向上できるようになる。

【0068】

本実施形態では、移動範囲の右端部は、永久磁石5の左端部5-1が弾性体2bの左端部2b-1よりも右側に位置し、移動範囲の左端部は、永久磁石5の右端部5-2が、弾性体2bの右端部2b-2よりも左側に位置するように移動範囲を規定している。そのため、被駆動体3が所定の移動範囲の一方側の端部に位置している場合は、弾性体2bの左右に発生する吸引力差が大きくなり、振動体2に生じるY軸まわりのモーメントにより振動体2の姿勢が変化し、起動性を向上することが可能となっている。

【0069】

なお、本実施形態において、接触部2dと基部2cとがなす角度は略70度であるとした。しかし、接触部2dと基部2cとがなす角度は、これに限られず、被駆動体3と安定して接触できるばね性を有し、且つ、第1の振動モードと第2の振動モードのそれぞれの共振周波数を略一致させることが可能である角度であればよい。

【0070】

また、上述の説明では、被駆動体3の駆動方向を制御する方法として、圧電素子2aのA相及びB相に印加する交流電圧の位相差を+90度と-90度とで切り替える方法を用いていた。しかし、圧電素子2aのA相及びB相に印加する交流電圧の位相差はこれに限られず、被駆動体3と振動体2との相対的な移動速度に応じて0度から±180度の範囲で変化させることができる。

【0071】

また、上述の説明では、図5に示すように、圧電素子2aの電極構成としてX方向に2分割された構成を用いた。しかし、圧電素子2aの電極構成はこれに限られず、第1の振動モードと第2の振動モードのそれぞれの振動を同時に励起することが可能な構成であればよい。さらに、上述の説明では、弾性体2bの接触部2dは略十字型の金属板の曲げ加工によって形成している。しかし、接触部2dを形成する方法はこれに限られず、所望の形状が得られる限りにおいて切削加工等の他の方法を用いることもできる。

【0072】

また、上術の説明では、フレキシブル配線基板を支持部材4として用い、振動体2を支持している。しかし、振動体2を支持する支持部材の構成はこれに限られず、給電用のフレキシブル配線基板とは別に薄い金属材料製で振動体2の一部に溶接等で接合して支持部材を構成してもよい。その場合、支持部材のZ方向のばね定数が振動体2の接触部2dのZ方向のばね定数よりも低くなるように構成することで、吸引力差により生じるモーメントによって振動体2の姿勢を傾けることができる。

【0073】

次に、本実施形態の振動型アクチュエータ1の変形例について図10を参照して説明する。図10(a)は、変形例に係る振動型アクチュエータ11の構成を説明する示す斜視模式図である。

【0074】

振動型アクチュエータ11は、振動体12と、振動体12と加圧接触する被駆動体13とを有する。なお、振動体12は不図示の支持部により保持されている。図10(b)は、振動体12の構造を説明する斜視模式図である。振動体12は、弾性体12b、弾性体12bのX方向において略中央に1つの接触部12d、及び弾性体12bにおいて接触部12dが設けられている面と対向する面に設けられた圧電素子12a、を有する。

【0075】

接触部12dは、ばね性を有する厚さ(高さ)で形成されており、例えば、弾性体12bを構成する板材のプレス加工等によって弾性体12bと一体的に形成されている。ただし、接触部12dは、これに限らず、溶接等によって弾性体12bに固定されていてもよい。

【0076】

被駆動体13は、永久磁石15と、振動体12との摩擦摺動面となる摺動板16bとを

10

20

30

40

50

有する。摺動板 1 6 b には、耐摩耗性を高めるために窒化処理等の硬化処理が施されており、永久磁石 1 5 に対して接着剤を用いて接合されている。永久磁石 1 5 と振動体 2 2 を構成する弾性体 1 2 b との間に作用する吸引力によって、振動体 1 2 と被駆動体は所定の加圧力で接触している。

【 0 0 7 7 】

本変形例に係る振動型アクチュエータ 1 1 においても、被駆動体 1 3 が移動範囲の一方側の端部に位置している場合、永久磁石 1 5 の他方側の端部は弾性体 1 2 b の他方側の端部よりも一方側に配置されている。

【 0 0 7 8 】

すなわち、被駆動体 1 3 が移動範囲の X 方向プラス側の端部に位置している場合は、永久磁石 1 5 の端部 1 5 - 1 が弾性体 1 2 b の端部 1 2 b - 1 よりも X 方向プラス側に配置される。また、被駆動体 1 3 が移動範囲の X 方向マイナス側の端部に位置している場合は、永久磁石 1 5 の端部 1 5 - 2 が弾性体 1 2 b の右端部 1 2 b - 2 よりも X 方向マイナス側に配置されるように移動範囲を規定している。そのため、被駆動体 1 3 が移動範囲の一方側の端部に位置する場合は、弾性体 1 2 b の X 方向のプラス側とマイナス側に発生する吸引力差が大きくなり、振動体 1 2 に生じる Y 軸まわりのモーメントにより振動体 1 2 の姿勢が変化する。これにより、起動性を向上することが可能となり、摩耗が発生しても、振動型アクチュエータの起動性の低下を低減することができる。

【 0 0 7 9 】

(第 2 の実施形態)

本実施形態に係る振動型アクチュエータ 2 1 の構成について、図 1 1 を参照して説明する。図 1 1 (a) は、振動型アクチュエータ 2 1 の構成を説明する模式図である。図 1 1 (b) は、振動型アクチュエータ 2 1 の被駆動体 2 3 の中心を通り、 Y Z 平面で見た時の振動型アクチュエータ 2 1 の断面の模式図である。図 1 1 (c) は、振動型アクチュエータ 2 1 の被駆動体 2 3 を振動体 2 側からみた模式図である。

【 0 0 8 0 】

振動型アクチュエータ 2 1 は、第 1 の実施形態に係る振動型アクチュエータ 1 の被駆動体 3 に代えて、被駆動体 2 3 を用いる。振動型アクチュエータ 2 1 は、この被駆動体 2 3 を回転駆動する振動型アクチュエータである。なお、振動型アクチュエータ 2 1 において、第 1 の実施形態に係る振動型アクチュエータ 1 の構成要素と同じ構成要素については、第 1 の実施形態と同じ符号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 0 8 1 】

被駆動体 2 3 は、円環状のネオジウム磁石である永久磁石 2 5 と、磁性を有する円環状の金属製の弾性部材からなるロータ部材 2 6 と、を接着剤等により接合して構成されている。本実施形態では、ロータ部材 2 6 の材料として、マルテンサイト系のステンレス鋼が用いられている。

【 0 0 8 2 】

ロータ部材 2 6 は、本体部 2 6 a と、振動体 2 の接触部 2 d と摩擦接触する摺動面を有する摺動部 2 6 b と、を有する。摺動部 2 6 b の振動体 2 の接触部 2 d と摩擦接触する摺動面には、窒化処理 (硬化処理) が施されている。本体部 2 6 a は不図示の駆動対象となる装置と接続され、駆動対象に回転力を伝達する。

【 0 0 8 3 】

永久磁石 2 5 は、略 Z 方向に着磁されており、永久磁石 2 5 の磁気作用によって、振動体 2 と被駆動体 2 3 とが略 Z 方向で互いに引き合う。これにより、振動体 2 と被駆動体 2 3 との間に略 Z 方向において加圧力が与えられる。永久磁石 2 5 は、円環状だが一部が開放されている形状をしており、第 1 の端部 2 5 - 1 と、第 2 の端部 2 5 - 2 と、を有している。

【 0 0 8 4 】

図 1 2 は、被駆動体 2 3 の移動範囲を示す斜視図である。なお、図 1 2 では、支持部材 4 を不図示としている。図 1 2 (a) は、被駆動体 2 3 の移動範囲において、 C W 方向の

10

20

30

40

50

端部まで被駆動体 2 3 を駆動した状態を示し、図 1 2 (b) は、C C W 方向の端部まで被駆動体 2 3 を駆動した状態を示している。

【 0 0 8 5 】

図 1 2 (a) に示すように、被駆動体 2 3 が移動範囲の C W 方向側の端部に位置する場合、永久磁石 2 5 の C W 方向とは反対側の第 1 の端部 2 5 - 1 は、弾性体 2 b の C W 方向とは反対側の端部 2 b - 1 よりも駆動方向側、すなわち C W 方向側に位置している。この場合、振動体 2 2 の弾性体 2 2 b の永久磁石 2 5 とは、C W 方向側では永久磁石 2 5 と駆動方向において全領域で対向しているのに対して、C C W 側では弾性体 2 2 b はその一部が永久磁石と対向していない。すなわち、C C W 側では振動体 2 2 は永久磁石 2 5 の開放部分と対向している。

10

【 0 0 8 6 】

この場合、弾性体 2 b の不図示の中心線よりも一方側 (C W 側) において弾性体 2 b と永久磁石 2 5 とが対向している面積が、他方側 (C C W 側) において弾性体 2 b と永久磁石 2 5 とが対向している面積よりも大きくなる。そのため、弾性体 2 b の C C W 方向側に発生する吸引力よりも C W 側に発生する吸引力が大きくなり、振動体 2 に Y 軸まわりのモーメントが右回りの方向で発生する。よって、振動体 2 は姿勢が傾き、接触部 2 d の接触面 2 e は C W 側が C C W 側よりも強圧になり、被駆動体 2 3 を C C W 方向へ駆動する駆動力が増加する。

【 0 0 8 7 】

この状態から、B 相の位相差を変更し回転方向を反転させ C C W 方向の端部まで被駆動体 2 3 を駆動すると、図 1 2 (b) に示すように、永久磁石 2 5 の第 2 の端部 2 5 - 2 は、振動体 2 の弾性体 2 b の端部 2 b - 2 よりも駆動方向側に位置している。この場合、振動体 2 2 の弾性体 2 2 b の永久磁石 2 5 とは、C W 方向側では永久磁石 2 5 と駆動方向において全領域で対向しているのに対して、C C W 側では弾性体 2 2 b はその一部が永久磁石と対向していない。すなわち、C C W 側では振動体 2 2 は C W 側では永久磁石 2 5 の開放部分と対向している。

20

【 0 0 8 8 】

この場合、弾性体 2 b の不図示の中心線よりも一方側 (C C W 側) において弾性体 2 b と永久磁石 2 5 とが対向している面積が、他方側 (C W 側) において弾性体 2 b と永久磁石 2 5 とが対向している面積よりも大きくなる。そのため、弾性体 2 b の C W 方向側に発生する吸引力よりも C C W 側に発生する吸引力が大きくなり、振動体 2 に Y 軸まわりのモーメントが左回りの方向で発生する。よって、振動体 2 は姿勢が傾き、接触部 2 d の接触面 2 e は C C W 側が C W 側よりも強圧になり、被駆動体 2 3 を C W 方向へ駆動する駆動力が増加する。

30

【 0 0 8 9 】

以上より、被駆動体 2 3 が所定の移動範囲の端部まで移動した場合に、駆動方向を反転させる時の起動性が向上する。

【 0 0 9 0 】

その結果、本実施形態のように所定の移動範囲を回転駆動する場合においても、被駆動体 2 3 の摩耗が発生していても、従来の振動型アクチュエータと比較して、起動性の低下を低減することができる。

40

【 0 0 9 1 】

(第 3 の実施形態)

本実施形態では、上記の実施形態に係る振動型アクチュエータを備える装置 (機械) の一例としての撮像装置の構成について、図 1 3 を参照して説明する。図 1 3 (a) は、撮像装置 7 0 0 の構成を説明する上面模式図である。

【 0 0 9 2 】

撮像装置 7 0 0 は、撮像素子 7 1 0 及び電源ボタン 7 2 0 を搭載したカメラ本体 7 3 0 を備える。また、撮像装置 7 0 0 は、第 1 レンズ群 (不図示) 、第 2 レンズ群 3 2 0 、第 3 レンズ群 (不図示) 、第 4 レンズ群 3 4 0 、振動型駆動装置 6 2 0 、6 4 0 を有するレ

50

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つの振動型駆動装置 620、640 によってそれぞれ、第2レンズ群 320、第4レンズ群 340 の駆動が行われる。

【0093】

振動型駆動装置 620 は、例えば、第1実施形態で説明した振動体 2 と円環状の被駆動体とを含む振動型アクチュエータ、及び振動体 2 の圧電素子 2a に駆動電圧を印加する駆動回路を有する。被駆動体は、ラジアル方向が光軸と略直交するように、レンズ鏡筒 740 内に配置される。被駆動体は、レンズ鏡筒 740 内に配置された状態で、光軸と略直交し、且つ、光軸方向で対向する平行な面を有する。例えば、3つの振動体 2 は、被駆動体において光軸方向で対向する平行な面を一对の接触部 2d で挟み込み、光軸を中心とする円の接線方向に被駆動体に対して推力を与えるように、光軸を中心とする円周上に略等間隔に配置される。

10

【0094】

このような構成により、振動型駆動装置 620 は、被駆動体を光軸回りに回転し、ギア等を介して被駆動体の回転出力を光軸方向での直進運動に変換することによって、第2レンズ群 320 を光軸方向に移動させることができる。振動型駆動装置 640 は、振動型駆動装置 620 と同様の構成を有することにより、第4レンズ群 340 を光軸方向に移動する。

【0095】

20

図13(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 310、第2レンズ群 320、第3レンズ群 330、第4レンズ群 340 及び光量調節ユニット 350 が、レンズ鏡筒 740 内部の光軸上の所定位置に配置されている。第1レンズ群 310 ~ 第4レンズ群 340 と光量調節ユニット 350 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。

【0096】

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 CPU 790 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 CPU 790 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 CPU 790 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 CPU 790 へ供給する。

30

【0097】

CPU 790 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。CPU 790 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、振動型駆動装置 620、640 及びメータ 630 の駆動を制御することによって、第2レンズ群 320、第4レンズ群 340 及び光量調節ユニット 350 の光軸方向位置を調整する。CPU 790 による制御下において、振動型駆動装置 620 は第2レンズ群 320 を光軸方向に移動させ、振動型駆動装置 640 は第4レンズ群 340 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。

40

【0098】

振動型駆動装置 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 CPU 790 に通知されることで、振動型駆動装置 620 の駆動にフィードバックされる。同様に、振動型駆動装置 640 により駆動される第4レンズ群 340 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 CPU 790 に通知されることで、振動型駆動装置 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、絞リエンコーダ 780 に

50

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。

【0099】

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振動型アクチュエータ1等を用いた場合、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抑制することができる。

【0100】

ここでは、円環状の被駆動体を有する振動型駆動装置620、640を用いてレンズ群を光軸方向に移動させる例について説明したが、振動型アクチュエータ1を用いてレンズ群を光軸方向に移動させる構成は、これに限られない。例えば、振動体2は、第1実施形態で説明したように、被駆動体をX方向にリニア駆動することができる。よって、レンズを保持した保持部材を被駆動体3に取り付け、レンズの光軸方向と被駆動体3の駆動方向とが略平行となる構成とすることによって、レンズ群を光軸方向に移動させることができる。

【0101】

なお、レンズ鏡筒に手ぶれ補正用レンズが内蔵される場合に、手ぶれ補正用レンズを光軸と略直交する面内の任意の方向に移動させる手ぶれ補正ユニットに、振動体2を用いることができる。その場合、光軸方向と略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又は複数の振動体2を配置する。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を光軸と直交する面内の任意の方向に移動させる構成としてもよい。

【0102】

振動型アクチュエータ1等は、隅部を有する装置内に配置する場合において、接触部対が鋭角に形成されているため、隅部のスペースを効率よく使うことができ、装置全体の小型化を実現することができる。

【0103】

(第4の実施形態)

第4の実施形態では、上述の実施形態の振動型アクチュエータ1、10、20のいずれかを少なくとも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の構成について、図14を参照して説明する。図14は、顕微鏡400の外観斜視図である。

【0104】

顕微鏡400は、撮像素子と光学系を内蔵する撮像部410と、基台上に設けられ、ステージ420を有する自動ステージ430と、を有する。

【0105】

自動ステージ430は、ステージ420を有し、上述の実施形態の振動型アクチュエータ1、10、20のいずれかにより、ステージ420をX-Y面内で移動するステージ装置である。なお、本実施形態は、ステージ装置の構成を限定するものではなく、ステージ装置の構成は適宜変更できる。

【0106】

自動ステージ430の振動型アクチュエータの少なくとも1つは、X方向駆動に用いられ、振動体2のX方向がステージ420のX方向と一致するように配置される。また、自動ステージ430の振動型アクチュエータの別の1つは、Y方向駆動に用いられ、振動体2のX方向がステージ420のY方向と一致するように配置される。

【0107】

被観察物をステージ420の上面に置いて、拡大画像を撮像部410で撮影する。観察範囲が広範囲にある場合には、自動ステージ430を駆動してステージ420を面内でX方向やY方向に移動させて被観察物を移動させることにより、多数の撮影画像を取得する。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

10

20

30

40

50

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。

【 0 1 0 8 】

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られるものではなく、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。さらに、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。

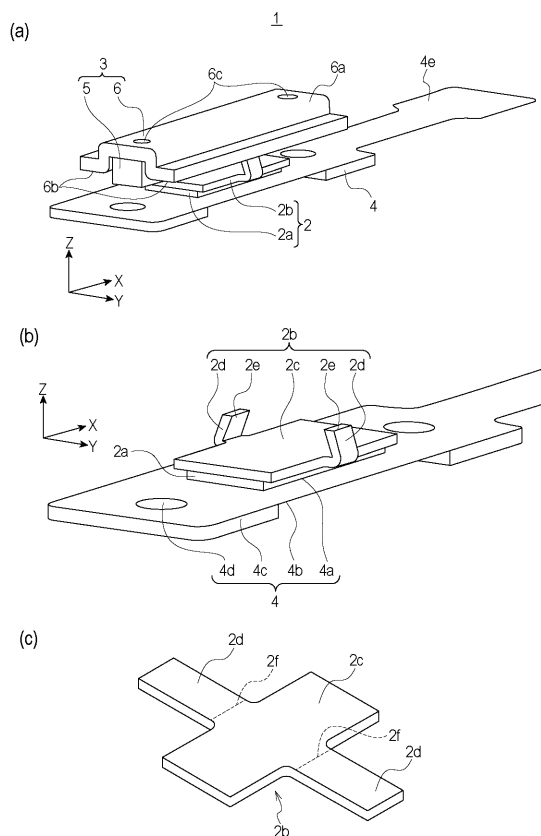
【 符号の説明 】

【 0 1 0 9 】

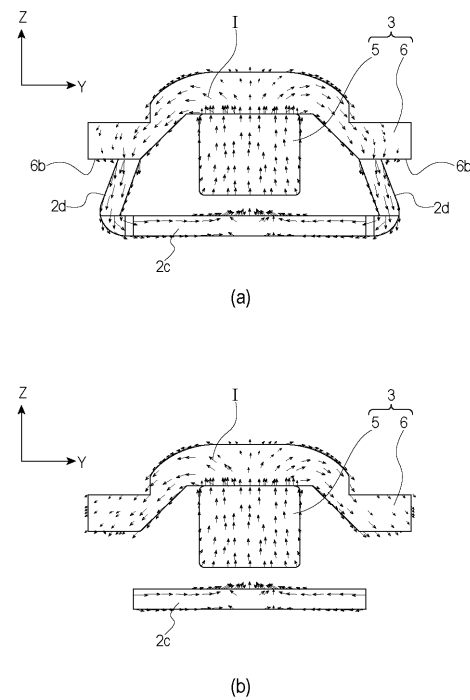
- 1 振動型アクチュエータ
- 2 振動体
- 2 a 電気 - 機械エネルギー変換素子
- 2 b 弾性体
- 3 被駆動体
- 5 永久磁石

10

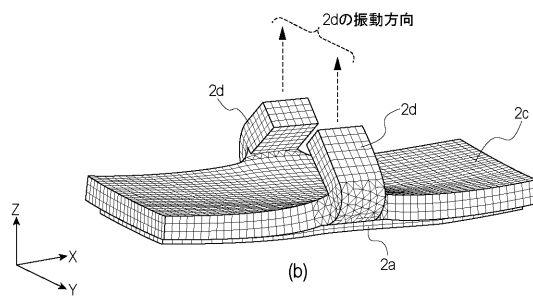
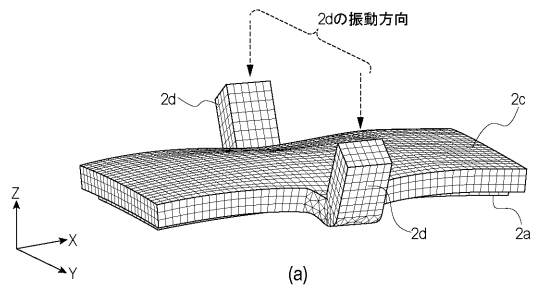
【 図 1 】



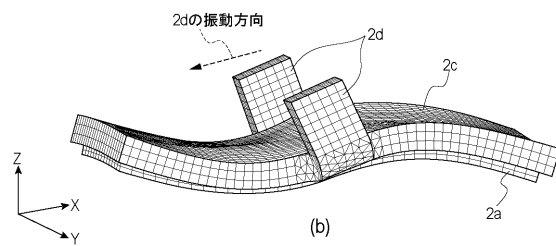
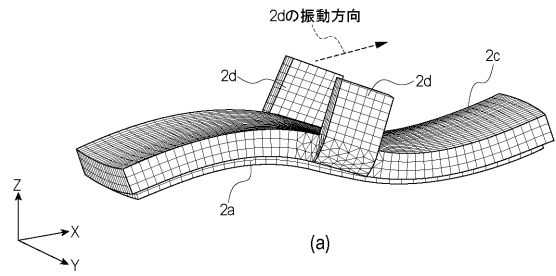
【 図 2 】



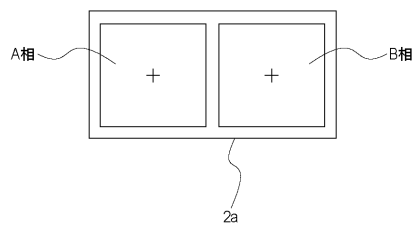
【図 3】



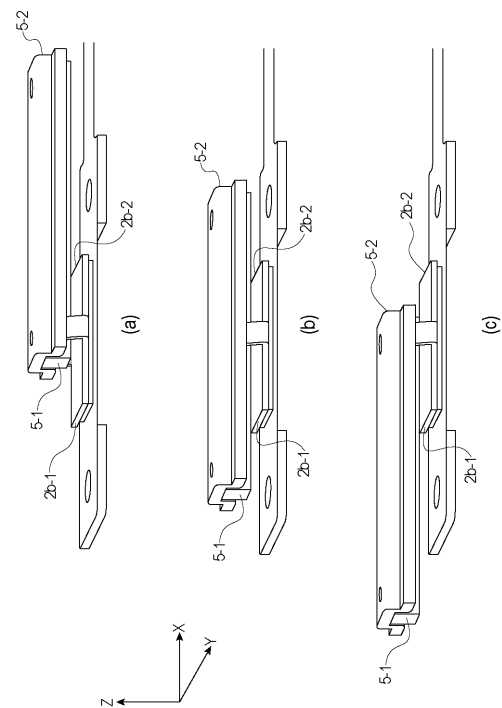
【図 4】



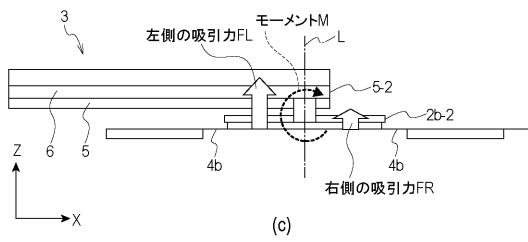
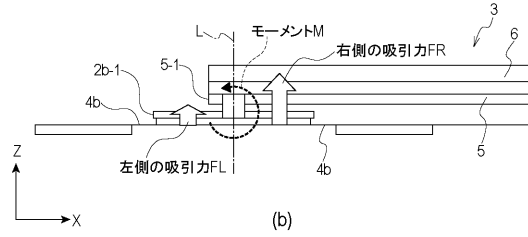
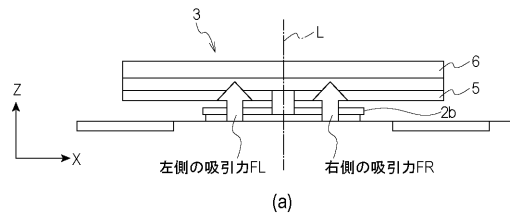
【図 5】



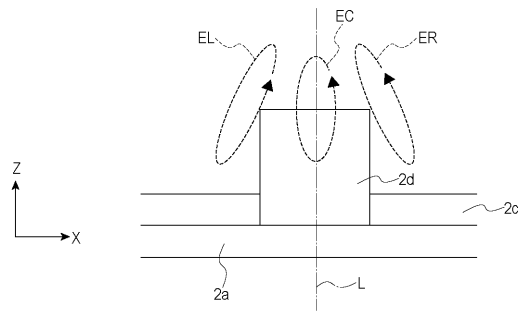
【図 6】



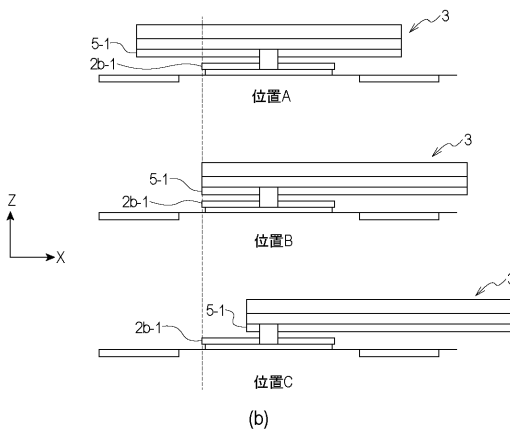
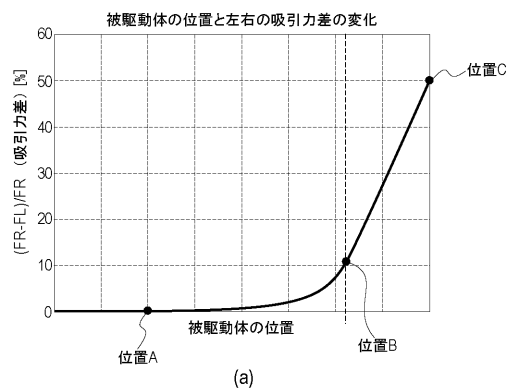
【図 7】



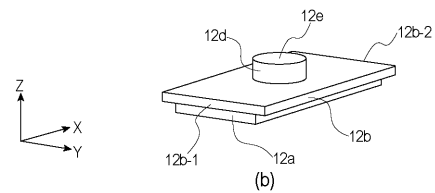
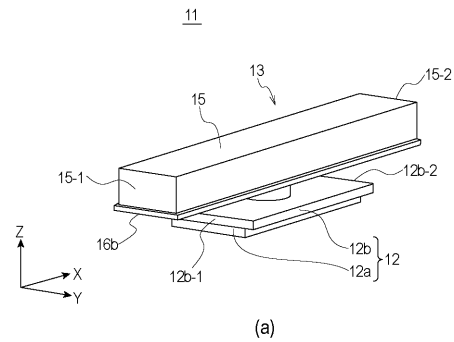
【図 8】



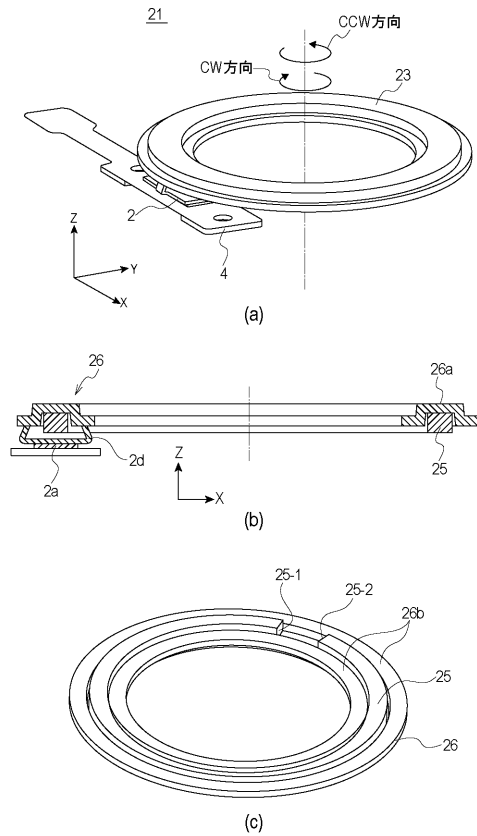
【図 9】



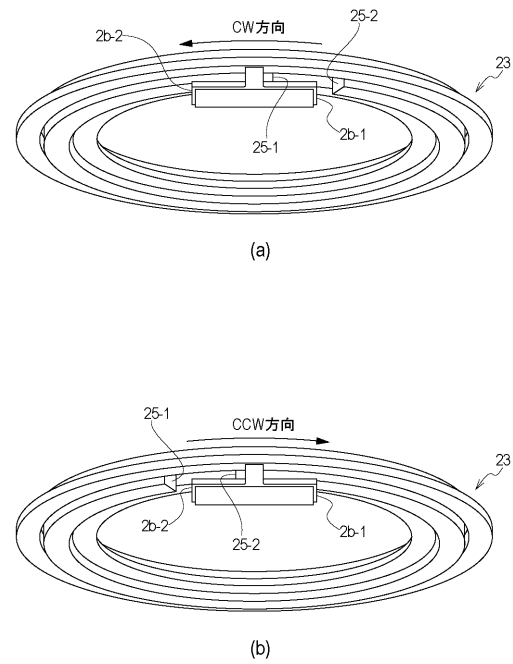
【図 10】



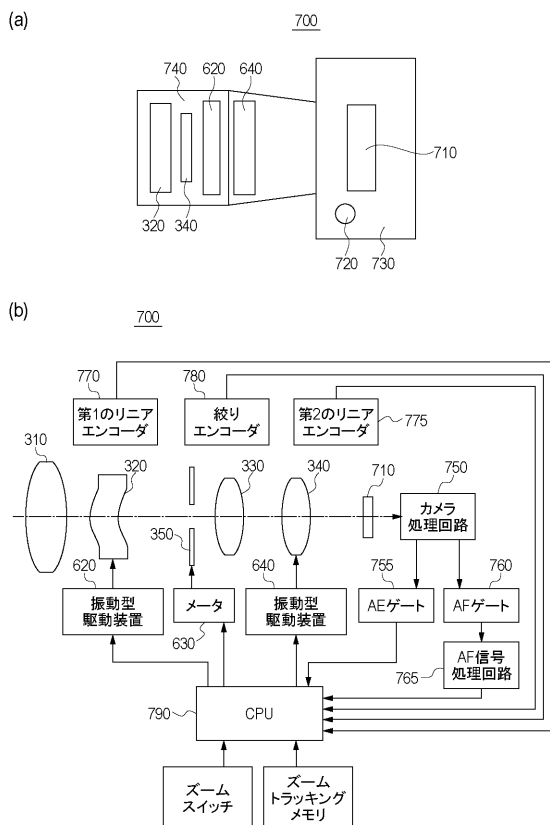
【図 1 1】



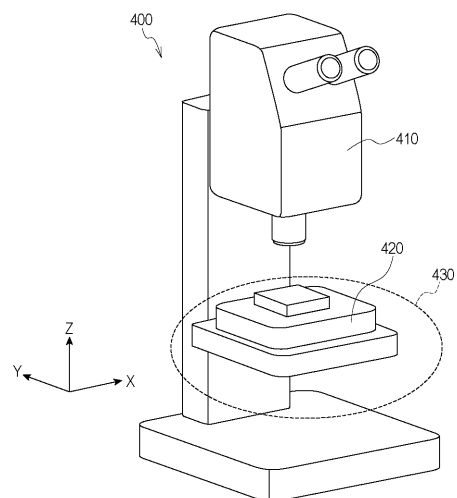
【図 1 2】



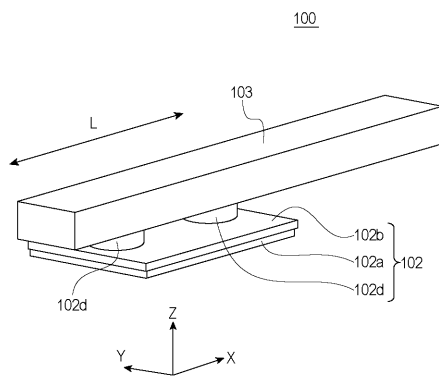
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-200053(JP,A)
特開2004-320846(JP,A)
特開2012-227988(JP,A)
特開2014-220989(JP,A)
国際公開第2006/104223(WO,A1)
特許第6639243(JP,B2)
特開2012-005309(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N	2/04
G02B	7/04
G02B	21/26
H01L	41/09