

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5633508号
(P5633508)

(45) 発行日 平成26年12月3日 (2014. 12. 3)

(24) 登録日 平成26年10月24日 (2014. 10. 24)

(51) Int. Cl.	F I
H O 2 N 2/00 (2006. 01)	H O 2 N 2/00 C
G O 2 B 7/04 (2006. 01)	G O 2 B 7/04 E

請求項の数 20 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2011-507033 (P2011-507033)	(73) 特許権者	000004112
(86) (22) 出願日	平成22年3月31日 (2010. 3. 31)		株式会社ニコン
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/002376		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(87) 国際公開番号	W02010/113505	(74) 代理人	100064908
(87) 国際公開日	平成22年10月7日 (2010. 10. 7)		弁理士 志賀 正武
審査請求日	平成25年3月22日 (2013. 3. 22)	(74) 代理人	100108578
(31) 優先権主張番号	特願2009-84113 (P2009-84113)		弁理士 高橋 詔男
(32) 優先日	平成21年3月31日 (2009. 3. 31)	(74) 代理人	100107836
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 西 和哉
(31) 優先権主張番号	特願2009-84114 (P2009-84114)	(72) 発明者	桑野 邦宏
(32) 優先日	平成21年3月31日 (2009. 3. 31)		東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	金満 容大
			東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
			株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ及びレンズ鏡筒

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の第1圧電素子の間に配置され、前記複数の第1圧電素子により前記複数の第1圧電素子が配置される方向と交差する第1の方向に駆動される第1の部材と、

前記第1の部材に設けられた第2圧電素子と、

前記第2圧電素子と接して設けられ、前記第2圧電素子により前記第1の方向と交差する第2の方向に駆動される第2の部材と、

前記第2の部材により移動される第3の部材と、
を備えることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 2】

前記第1の方向は、前記第1圧電素子、前記第1の部材、他の前記第1圧電素子が順に配置される方向と交差する方向である

ことを特徴とする請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 3】

前記複数の第1圧電素子の前記第1の部材と向かい合う面と反対側の面と当接する2つの面を有し、前記複数の第1圧電素子を介して前記第1の部材を支持する第4の部材をさらに備える

ことを特徴とする請求項2に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 4】

前記第4の部材が、弾性体を備える

10

20

ことを特徴とする請求項3に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項5】

前記複数の第1圧電素子と、前記第2圧電素子と、前記第1の部材と、前記第2の部材と、を有する組を複数組備える

ことを特徴とする請求項2から請求項4のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項6】

前記第1圧電素子及び前記第2圧電素子に電圧を供給する電源部をさらに備え、

前記電源部が、各々の前記組に位相差を有する前記電圧を供給する

ことを特徴とする請求項5に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項7】

前記電源部が、各々の前記組の前記第2の部材が、前記第3の部材との接触、前記第2の方向の送り、前記第3の部材からの離間、前記第2の方向の戻り、を繰り返すように、前記電圧を供給する

ことを特徴とする請求項6に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項8】

前記電圧の周波数と、前記第4の部材及び前記第1の部材及び前記第2の部材及び前記第1圧電素子及び前記第2圧電素子からなる構造体の共振周波数と、が等しい

ことを特徴とする請求項6または請求項7に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項9】

前記位相差が、 $360^\circ / N$ (N は、前記組の組数)である

ことを特徴とする請求項6から請求項8のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項10】

各々の前記組が、3対の前記第1圧電素子と、3つの前記第2圧電素子と、3つの前記第1の部材と、3つの前記第2の部材と、を備える

ことを特徴とする請求項5から請求項9のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項11】

前記第3の部材が、前記第1の方向と平行な回転軸を中心として回転可能に設けられ、

前記第2の方向が、前記第3の部材の回転方向に沿う方向である

ことを特徴とする請求項2から請求項10のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項12】

前記複数の第1圧電素子と、前記第2圧電素子と、前記第1の部材と、前記第2の部材と、を有する組を複数組備え、

各々の前記組の前記第1の部材が、前記回転方向に均等に配置され、

異なる前記組の前記第1の部材が、前記回転方向に順番に配置されている、

ことを特徴とする請求項11に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項13】

前記第2の部材が、前記第2の方向に沿う断面積が前記第3の部材に近づくほど小さくなるように、先細状に設けられている

ことを特徴とする請求項2から請求項12のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項14】

前記複数の第1圧電素子の各々の形状及び寸法が等しい

ことを特徴とする請求項2から請求項13のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項15】

前記第1圧電素子の縦弾性係数が、前記第1圧電素子の横弾性係数よりも大きく、

前記第2圧電素子の縦弾性係数が、前記第2圧電素子の横弾性係数よりも大きい、

ことを特徴とする請求項2から請求項14のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項16】

ベース部に設けられた複数の第1圧電素子と、

第2圧電素子と、

複数の第1圧電素子の間に配置され、前記第1圧電素子により前記複数の第1圧電素子

10

20

30

40

50

が配置される方向と交差する第 1 の方向に駆動される第 1 の部材と、

前記第 2 圧電素子により前記第 1 の方向と交差する第 2 の方向に駆動される第 2 の部材と、

前記第 2 の部材により移動される第 3 の部材とを備え、

前記第 2 の部材は、前記第 3 の部材と接触する接触面に平行な断面積が前記第 3 の部材に近づくほど小さくなるように前記接触面に対して傾斜した傾斜面が設けられていることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 17】

前記第 1 の方向は、前記第 1 圧電素子、前記第 1 の部材、他の前記第 1 圧電素子が順に配置される方向と交差する方向である

ことを特徴とする請求項 16 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 18】

前記第 1 の部材は、前記第 1 圧電素子を介して前記ベース部に支持され、前記第 2 の部材は、前記第 2 圧電素子を介して前記ベース部に支持されていること

を特徴とする請求項 17 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 19】

前記傾斜面は、前記第 3 の部材の相対移動方向と交差する方向に沿って設けられていることを特徴とする請求項 17 に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項 20】

請求項 1 から請求項 19 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータを備えたレンズ鏡筒。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電アクチュエータ及びレンズ鏡筒に関する。

本願は、2009 年 3 月 31 日に、日本に出願された特願 2009 - 084113 号および特願 2009 - 084114 号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

従来から、圧電素子を用いた圧電アクチュエータ（駆動装置）が知られている。この種の圧電アクチュエータとして、例えば、下記特許文献 1 は、複数の圧電素子を駆動させ、被駆動体に接触させるチップ部材を楕円運動させることで、被駆動体を駆動するものを開示している。下記特許文献 1 に記載の圧電アクチュエータは、XYZ 直交座標系を設定した場合に、チップ部材の XZ 平面に平行な楕円運動により被駆動体を X 軸方向に駆動する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 236138 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来の圧電アクチュエータでは、異なる 2 方向の振動をそれぞれ独立した振動として取り出せないという課題がある。上記特許文献 1 では、チップ部材の X 軸方向と Z 軸方向との振動を、それぞれ独立した振動として取り出せないため、複数の圧電素子が互いの運動を妨げる可能性がある。複数の圧電素子が互いの運動を妨げるように駆動すると、被駆動体を駆動する圧電アクチュエータの出力が低下する。

【0005】

本発明の態様は、異なる 2 方向の振動をそれぞれ独立した振動として取り出せる圧電ア

10

20

30

40

50

クチュエータ及びそれを用いたレンズ鏡筒の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様にかかる圧電アクチュエータは、複数の第1圧電素子の間に配置され、前記複数の第1圧電素子により前記複数の第1圧電素子が配置される方向と交差する第1の方向に駆動される第1の部材と、前記第1の部材に設けられた第2圧電素子と、前記第2圧電素子と接して設けられ、前記第2圧電素子により前記第1の方向と交差する第2の方向に駆動される第2の部材と、前記第2の部材により移動される第3の部材と、を備える。

本発明の別の態様にかかるレンズ鏡筒は、上記記載の圧電アクチュエータを備える。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明の態様にかかる圧電アクチュエータによれば、異なる2方向の振動を、それぞれ独立した振動として取り出せる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態に係る圧電アクチュエータの正面図である。

【図2】同圧電アクチュエータの断面図である。

【図3】図1に示す圧電アクチュエータの支持駆動部の斜視図である。

【図4】同支持駆動部の平面図である。

20

【図5A】上記圧電アクチュエータの保持部及び駆動駒の組立正面図である。

【図5B】同保持部及び同駆動駒の正面図である。

【図6A】上記圧電アクチュエータの回路図である。

【図6B】同圧電アクチュエータの回路図である。

【図7】同圧電アクチュエータの電源部が供給する電圧のタイミングチャートである。

【図8】同圧電アクチュエータの駆動駒の動作を示す正面図である。

【図9】同駆動駒の動作を示す正面図である。

【図10】同駆動駒の動作を示す正面図である。

【図11】図1に示す圧電アクチュエータの駆動駒の先端部の変位の時間変化を示すグラフである。

30

【図12】上記圧電アクチュエータを備えたレンズ鏡筒の分解斜視図である。

【図13A】同圧電アクチュエータの変形例を示す保持部及び駆動駒の正面図である。

【図13B】同圧電アクチュエータの他の変形例を示す保持部及び駆動駒の正面図である。

。

【図14】同圧電アクチュエータの駆動駒の先端部の変位の時間変化を示すグラフである。

。

【図15】同駆動駒の先端部の変位の時間変化を示すグラフである。

【図16】上記圧電アクチュエータの駆動駒の先端部、支持部、及び圧電素子の変位の時間変化を示すグラフである。

【図17A】同圧電アクチュエータの駆動駒及びベース部の凸部の動作を示す正面図である。

40

【図17B】同圧電アクチュエータの駆動駒及びベース部の凸部の動作を示す正面図である。

【図17C】同圧電アクチュエータの駆動駒及びベース部の凸部の動作を示す正面図である。

【図17D】同圧電アクチュエータの駆動駒及びベース部の凸部の動作を示す正面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の一実施形態に係る圧電アクチュエータを、図面を参照しながら以下に説明する

50

。本実施形態の圧電アクチュエータ（駆動装置）１は、例えばロータ等の第１部分と駆動駒等の第２部分とを相対的に変位させる相対駆動を行うことで、カメラのレンズ鏡筒等の光学機器や電子機器を駆動するためのものである。

【００１０】

図１は本実施形態の圧電アクチュエータ１の正面図であり、図２はその断面図である。

図１及び図２に示すように、圧電アクチュエータ１は、複数の保持部２ａが設けられたベース部（第４の部材）２と、保持部２ａに保持された駆動駒３と、駆動駒３に隣接して配置されたロータ（第３の部材）４と、ベース部２に挿通された支持軸５と、を備えている。

【００１１】

ベース部２は、例えばステンレス鋼等の金属材料により中空円筒状に形成され、支持軸５が挿通されることで、支持軸５を囲むように設けられている。

ロータ４は、ベアリング５ａを介して支持軸５によって支持（軸支）され、支持軸５を回転軸として回転自在に設けられている。ロータ４の外周面には、例えばカメラのレンズ鏡筒等を駆動するための歯車４ａが形成されている。ロータ４のベース部２側の面は、複数の駆動駒３によって支持されている。

【００１２】

ベース部２の一方の端部は、例えば不図示のボルト等により、取付部１０１ａに固定されている。ベース部２の取付部１０１ａに対向する面の中央部には、凹部２ｂが形成されている。凹部２ｂには、支持軸５の基端に形成された拡径部５ａが挿入（嵌入）されている。この状態でベース部２が取付部１０１ａに固定されることで、支持軸５がベース部２及び取付部１０１ａに固定されている。

【００１３】

ベース部２の他方の端部には、凹状の保持部２ａが、ベース部２の周方向、すなわちロータ４の回転方向Ｒに、複数設けられている。保持部２ａは、駆動駒３を支持軸５に垂直でロータ４の回転方向Ｒに沿う方向（第２の方向）の両側から支持するとともに、駆動駒３を支持軸５に平行な方向（第１の方向）に駆動可能に保持している。

【００１４】

図２に示すように、ベース部２の側面２ｃは、支持軸５と略平行に設けられている。側面２ｃの保持部２ａと取付部１０１ａ側の端部との間には、取付部１０１ａから保持部２ａへの振動の伝達を抑制する振動抑制部としての溝部２ｄが形成されている。すなわち、溝部２ｄは、支持軸５に略垂直でかつロータ４の回転方向Ｒに沿う方向（第２の方向）と交差するベース部２の側面２ｃに設けられている。溝部２ｄは、ベース部２の周方向に連続的に設けられ、保持部２ａと取付部１０１ａ側の端部との中間よりも取付部１０１ａ側の端部に近い位置に設けられている。

【００１５】

溝部２ｄの深さｄ１は、例えばベース部２の半径ｒ１の４０％以上かつ８０％以下の範囲である。上記数値は一例であってこれに限定されない。溝部２ｄの深さｄ１は、例えば、ベース部２の半径ｒ１の１０，２０，３０，４０，５０，６０，７０，８０，又は９０％にできる。また、支持軸５に平行な方向（第１の方向）の溝部２ｄの幅ｗ１は、ベース部２の振動の振幅よりも大きく、後述する第１圧電素子６、第２圧電素子７、駆動駒３、及びベース部２からなる支持駆動部（構造部）１ａの共振振動の振幅よりも大きくなるように形成されている。一例において、溝部２ｄの幅ｗ１は、ベース部２の半径よりも短くできる。

【００１６】

図２に示すように、ベース部２と支持軸５との間には、取付部１０１ａから保持部２ａへの振動を抑制するための間隙（振動抑制部）２ｅが設けられている。間隙２ｅは、支持軸５と平行な方向に、ベース部２の保持部２ａ側の端部から溝部２ｄの取付部１０１ａ側の縁と同様の位置まで設けられている。また、間隙２ｅの幅ｗ２は、溝部２ｄの幅ｗ１と同様に、ベース部２の振動の振幅よりも大きく、後述する支持駆動部１ａの共振振動の振

10

20

30

40

50

幅よりも大きくなるように形成されている。

【 0 0 1 7 】

図 3 は図 1 に示す圧電アクチュエータ 1 の支持駆動部 1 a の斜視図であり、図 4 はその平面図である。

図 3 及び図 4 に示すように、駆動駒 3 は、断面が山形の六角柱形状を有する先端部（第 2 の部材）3 a と、略直方体形状を有する基部（第 1 の部材）3 b と、を有している。先端部 3 a は、例えばステンレス鋼等により形成されている。基部 3 b は、例えば軽金属合金等により形成されている。基部 3 b は、保持部 2 a によって、支持軸 5 と平行な方向に駆動可能に支持されている。先端部 3 a は、保持部 2 a から突出してロータ 4 を支持する。

10

先端部 3 a は、接触面 S 1 に対して傾斜した傾斜面 S 2、S 3 が設けられている。傾斜面 S 2、S 3 は、ロータ 4 が回転駆動される方向と交差する方向に沿って設けられている。傾斜面 S 2、S 3 は、先端部 3 a のロータ 4 と接触する接触面 S 1 に平行な断面積が、ロータ 4 に近づくほど小さい先細状の形状になるように、先端部 3 a の接触面 S 1 と連続して設けられている。すなわち、先端部 3 a は、ロータ 4 に接触する接触面 S 1 の面積が基部 3 b 側の底面の面積よりも小さくなる先細状の形状となっている。傾斜面 S 2、S 3 は、凹状又は凸状の曲面であってもよい。

【 0 0 1 8 】

図 4 に示すように、駆動駒 3 の幅 w 3 方向（第 2 の方向）には、駆動駒 3 の基部 3 b を幅 w 3 方向の両側から挟みこむ一対の第 1 圧電素子 6、6 が、二対設けられている。駆動駒 3 の幅方向 w 3 は、支持軸 5 に垂直でロータ 4 の回転方向 R に沿う方向であって、ベース部 2 の平面視における中心線 C L と略垂直な方向である。第 1 圧電素子 6 は、保持部 2 a の深さ d 2 方向に沿って延びる細長い長方形形状の形状に形成され、基部 3 b と保持部 2 a との間に挟持されている。これにより、第 1 圧電素子 6 は、ベース部 2 に設けられた溝部 2 d（図 1 及び図 2 参照）とロータ 4 との間に配置されている。

20

【 0 0 1 9 】

第 1 圧電素子 6 は、例えば導電性の接着剤により、駆動駒 3 の基部 3 b と保持部 2 a とに接着されている。また、ベース部 2 の中心を通る中心線 C L と略平行な駆動駒 3 の奥行 p 1 方向に配置された 2 つの第 1 圧電素子 6、6 は、互いに略平行になっている。各々の第 1 圧電素子 6 の形状及び寸法は、全て略等しくなっている。

30

【 0 0 2 0 】

図 3 に示すように、駆動駒 3 の基部 3 b と先端部 3 a との間には、一対の第 2 圧電素子 7、7 が、互いに略平行に設けられている。第 2 圧電素子 7 は、駆動駒 3 の幅 w 3 方向と略平行に延びる細長い長方形形状に形成されている。第 2 圧電素子 7 は、先端部 3 a の底面と基部 3 b の上面との間に挟持され、例えば導電性の接着剤により、先端部 3 a の底面と基部 3 b の上面とに接着されている。各々の第 2 圧電素子 7 の形状及び寸法は、全て略等しくなっている。

【 0 0 2 1 】

第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛（PZT）により形成され、その振動モードは厚み滑り振動である。すなわち、第 1 圧電素子 6 は、駆動駒 3 を、支持軸 5 と略平行な保持部 2 a の深さ d 2 方向に、ベース部 2 に対して相対的に駆動させる。第 2 圧電素子 7 は、駆動駒 3 の先端部 3 a を駆動駒 3 の幅 w 3 方向（第 3 の方向）に、基部 3 b 及びベース部 2 に対して相対的に駆動させる。すなわち、本実施形態では、第 1 圧電素子 6 が駆動駒 3 を挟み込む方向（第 2 の方向）と、第 2 圧電素子 7 が駆動駒 3 の先端部 3 a を駆動させる方向（第 3 の方向）とが、略等しくなっている。

40

【 0 0 2 2 】

これら複数の第 1 圧電素子 6、第 2 圧電素子 7、駆動駒 3、及びベース部 2 により、ロータ 4 を支持し、かつロータ 4 を駆動駒 3 及びベース部 2 と相対的に駆動させる支持駆動部 1 a が構成されている。

【 0 0 2 3 】

50

図3に示すように、保持部2aは、ベース部2の端部に設けられている。ベース部2には、王冠状の凹凸が形成されている。図4に示すように、保持部2aは、ベース部2の周方向の略60°毎に、均等に形成されている。保持部2aは、平面視でベース部2の中心を通る中心線CLと略平行に設けられた一对の支持面2f、2fを備えている。支持面2fは、駆動駒3の基部3bを、ベース部2の中心線CLと略垂直な保持部2aの幅w4方向(第2の方向)の両側から、一对の第1圧電素子6、6を介して挟み込むように保持している。換言すると、ベース部2は、軸方向の一端側に設けられた周壁を有する。周壁は、周方向に間隔を空けて配された複数の溝(保持部2a)と、隣り合う溝の間に各々が配された複数の突起(凸部2h、2i、第4の部材)とを有する。本実施形態において、周壁は、実質的等間隔(約60°ピッチ)に配された6つの溝(保持部2a)と、実質的等間隔(約60°ピッチ)に配された6つの突起(凸部2h、2i)とを有する。各溝(保持部2a)は、放射方向に沿った中心線CLと、中心線CLに実質的に平行な2つの支持面(突起2h、2iの周方向の壁面2f)とを含む。突起は、外方面に比べて内方面が狭い。本実施形態において、突起は、径方向内方に向かって徐々に幅が狭くなる横断面を有する。各溝(保持部2a)に駆動駒3が配される。隣り合う突起(凸部2h、2i)の間に第1圧電素子6を介して駆動駒3が挟まれかつ支持される。他の実施形態において、周壁は、約60°以外のピッチに配された複数の溝を有することができ、また、約60°以外のピッチに配された複数の突起を有することができる。

10

【0024】

図5Aは保持部2a及び駆動駒3を拡大した組立正面図であり、図5Bは保持部2a及び駆動駒3を拡大した正面図である。

20

図5A及び図5Bに示すように、ベース部2に設けられた凹状の保持部2aの支持面2fは、図2に示す支持軸5と略平行な保持部2aの深さd2方向(第1の方向)に対して、傾斜させて設けられている。

【0025】

支持面2fは、図1に示す駆動駒3の先端部3aに支持されたロータ4からの距離が遠ざかるほど、対向する支持面2f、2f同士の間隔が漸次狭くなるように傾斜している。換言すると、保持部2aは、底面2gに近づくほど、幅w4が狭くなっている。保持部2aの深さd2方向に対する支持面2fの傾斜角度は、各部材の寸法や公差等の関係から、2°以上6°以下であることが好ましい。本実施形態において、支持面の傾斜角度は

30

【0026】

また、図5A及び図5Bに示すように、支持面2fに対向する駆動駒3の基部3bの側面3cは、支持面2fと同様に、支持軸5と略平行な駆動駒3の高さh1方向(第1の方向)に対して、傾斜させて設けられている。これにより、駆動駒3の基部3bの側面3cは、支持面2fと略平行に設けられている。ここで、基部3bの保持部2aの底面2g側の端部における基部3b及び一对の第1圧電素子6、6の幅w5は、保持部2aの開ロ部における幅w4よりも小さく、保持部2aの深さd2方向の途中における幅w4'よりも大きくなっている。

【0027】

40

そのため、駆動駒3の基部3b及び一对の第1圧電素子6、6を、保持部2aに保持させると、図5Bに示すように、駆動駒3の底面3dと保持部2aの底面2gとが離間した状態で、基部3bが、保持部2aの幅w4方向の両側から、一对の第1圧電素子6、6を介して支持面2fによって支持される。すなわち、支持面2fは、駆動駒3を、保持部2aの幅w4方向(第2の方向)の両側から支持するとともに、支持軸5と略平行な保持部2aの深さd2方向(第1の方向)において位置決めをするように、深さd2方向に対して、傾斜させて設けられている。

【0028】

図3及び図4に示すように、本実施形態の駆動駒3は、先端部3aと基部3bとの間に一对の第2圧電素子7、7を備え、基部3bの側面に一对の第1圧電素子6、6を二対備

50

えている。圧電アクチュエータ 1 は、この駆動駒 3 及び二対の第 1 圧電素子 6 を 3 つ備えた駆動駒 3 の組を、第 1 組及び第 2 組の二組備えている。第 1 組の駆動駒 3 1 と第 2 組の駆動駒 3 2 とは、同一の円周上に配置されている。また、各々の組の駆動駒 3 1 , 3 2 は、ロータ 4 の回転方向 R に、それぞれ均等に配置されている。異なる組の駆動駒 3 1 , 3 2 は、回転方向 R に、交互に（順番に）配置されている。

また、各々の組の駆動駒 3 1 , 3 2 は、初期状態において全ての接触面 S 1 1 , S 1 2 がロータ 4 に接触するように、ベース部 2 から接触面 S 1 1 , S 1 2 までの高さが均一に設けられている。

以下の説明では、異なる組の駆動駒 3 1 , 3 2 を区別しない場合には、これらの符号を駆動駒 3 とし、両者をまとめて説明する。先端部 3 1 a , 3 2 a、基部 3 1 b , 3 2 b、接触面 S 1 1 , S 1 2 等についても同様に、先端部 3 a、基部 3 b、接触面 S 1 等として説明する。

【 0 0 2 9 】

図 6 A は第 1 圧電素子 6 の模式的な配線図であり、図 6 B は第 2 圧電素子 7 の模式的な配線図である。

図 6 A 及び図 6 B に示すように、本実施形態の圧電アクチュエータ 1 は、第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 の各々に電圧を供給する電源部 1 0 を備えている。電源部 1 0 は、図 3 及び図 4 に示す第 1 組及び第 2 組のそれぞれの駆動駒 3 1 , 3 2 の先端部 3 1 a , 3 2 a が、順次、図 1 及び図 2 に示すロータ 4 との接触、ロータ 4 の回転方向 R への送り、ロータ 4 からの離間、ロータ 4 の回転方向 R と逆方向の戻り、を繰り返すように、第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 に電圧を供給する。

【 0 0 3 0 】

図 6 A に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の各々が備える第 1 圧電素子 6 1 は、第 1 配線 1 1 を介して電源部 1 0 の第 1 端子 T 1 に接続されている。第 2 組の駆動駒 3 2 の各々が備える第 1 圧電素子 6 2 は、第 2 配線 1 2 を介して電源部 1 0 の第 2 端子 T 2 に接続されている。

図 6 B に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の各々が備える第 2 圧電素子 7 1 は、第 3 配線 1 3 を介して電源部 1 0 の第 3 端子 T 3 に接続されている。第 2 組の駆動駒 3 2 の各々が備える第 2 圧電素子 7 2 は、第 4 配線 1 4 を介して電源部 1 0 の第 4 端子 T 4 に接続されている。

また、図 6 A 及び図 6 B において、図示は省略するが、駆動駒 3 1 , 3 2 の基部 3 1 b , 3 2 b は接地されている。

【 0 0 3 1 】

図 7 は、電源部 1 0 が各端子 T 1 , T 2 , T 3 , T 4 に発生させる電圧のタイミングチャートの一例である。

図 7 に示すように、電源部 1 0 は、第 1 端子 T 1 に、Phase 1 ~ Phase 2 の間では - 1 . 0 V の電圧を発生させ、Phase 3 ~ Phase 7 の 5 Phase では 1 . 0 V の電圧を発生させ、Phase 8 ~ Phase 1 0 の 3 Phase では - 1 . 0 V の電圧を発生させる。以降の Phase では、1 . 0 V の電圧を 5 Phase の間発生させ、- 1 . 0 V の電圧を 3 Phase の間発生させることを繰り返す。すなわち、電源部 1 0 は、第 1 端子に 8 Phase を一周期とする電圧を発生させる。

【 0 0 3 2 】

電源部 1 0 は、第 2 端子 T 2 に、第 1 端子 T 1 に発生させる電圧と 1 8 0 ° の位相差を有し、第 1 端子 T 1 に発生させる電圧と同様の 8 Phase を一周期とする電圧を発生させる。すなわち、第 1 端子に発生する電圧と、第 2 端子に発生する電圧とは、半周期分の 4 Phase の位相差を有している。

【 0 0 3 3 】

電源部 1 0 は、第 3 端子 T 3 に、Phase 1 において発生させる電圧を 0 V に維持し、Phase 2 において - 3 . 0 V の電圧を発生させ、Phase 3 ~ Phase 8 までの各 Phase において電圧を 1 . 0 V ずつ増加させる。以降の Phase では、この Phase 1 ~ Phase 8 の電圧の発生バ

10

20

30

40

50

ターンを繰り返す。すなわち、電源部 10 は、第 3 端子 T 3 に、8 Phaseを一周期とする電圧を発生させる。

【0034】

電源部 10 は、第 4 端子 T 4 に、第 3 端子 T 3 に発生させる電圧と 180° の位相差を有し、第 3 端子 T 3 に発生させる電圧と同様の 8 Phaseを一周期とする電圧を発生させる。すなわち、第 3 端子に発生する電圧と、第 4 端子に発生する電圧とは、半周期分の 4 Phaseの位相差を有している。

【0035】

本実施形態では、電源部 10 が第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 に供給する電圧の周波数は、第 1 圧電素子 6、第 2 圧電素子 7、駆動駒 3、及びベース部 2 からなる支持駆動部（構造部）1 a の共振振動の振動数と、略等しくなっている。

【0036】

次に、本実施形態の圧電アクチュエータ 1 の作用について、図 8～図 11 を用いて以下に説明する。

図 8～図 10 は、第 1 組と第 2 組の駆動駒 31, 32 の動作と、ロータ 4 の動作とを示す拡大正面図である。

図 11 は、第 1 組及び第 2 組の駆動駒 32 の先端部 32 a の各軸方向の変位と、時間 t との関係を示すグラフである。図 11 (a) 及び図 11 (b) において、Y 軸方向におけるロータ 4 との接触位置 y1 は、破線で表わされる。

【0037】

図 8 (a)～図 10 (a) では、ロータ 4 の回転方向 R に沿う第 1 組の駆動駒 3 の幅 w31 方向（第 2 の方向）を X1 方向とし、支持軸 5 に平行な方向（第 1 の方向）を Y 方向とする直交座標系を用いて説明する。図 8 (b)～図 10 (b) では、ロータ 4 の回転方向 R に沿う第 2 組の駆動駒 32 の幅 w32 方向（第 2 の方向）を X2 方向とし、支持軸 5 に平行な方向（第 1 の方向）を Y 方向とする直交座標系を用いて説明する。

【0038】

（Phase 0）

電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 0 において、各端子 T1, T2, T3, T4 に電圧を発生させず（0 V）、図 6 A 及び図 6 B に示す第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 に、0 V の電圧を供給している（すなわち、電圧を供給していない）状態である。

図 8 (a) 及び図 8 (b) に示すように、Phase 0 において、第 1 組の駆動駒 31 と第 2 組の駆動駒 32 とは、それぞれ先端部 31 a, 32 a の上面がロータ 4 に接した状態で静止している。ロータ 4 は、駆動駒 31, 32 の先端部 31 a, 32 a に支持された状態で静止している。

【0039】

（Phase 1）

電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 1 において、第 1 端子 T1 に -1.0 V の電圧を発生させ、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 31 の第 1 圧電素子 61 に、第 1 配線 11 を介して電圧を供給する。また、電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 1 において、第 3 端子 T3 の電圧を 0 V に維持し、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 31 の第 2 圧電素子 71 に、第 2 配線 12 を介して 0 V の電圧を供給する。

【0040】

すると、図 8 (a) に示すように、Phase 1 において、第 1 組の駆動駒 31 を駆動する第 1 圧電素子 61 が厚み滑り変形し、駆動駒 31 の基部 31 b を保持部 2 a の支持面 2 f に対して Y 方向のベース部 2 側（Y 軸負方向側）へ移動させる（図 11 (a)、Phase 1 参照）。また、図 8 (a) に示すように、Phase 1 において、第 2 圧電素子 71 は、変形しない。このため、先端部 31 a は、X1 方向へ移動しない（図 11 (c)、Phase 1 参照）。これにより、駆動駒 31 の先端部 31 a は、Y 軸負方向側へ移動し、ロータ 4 から離間する。

【0041】

10

20

30

40

50

電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 1 において、第 2 端子 T 2 に 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して電圧を供給する。また、電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 1 において、第 4 端子 T 4 の電圧を 0 V に維持し、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線を介して 0 V の電圧を供給する。

【 0 0 4 2 】

すると、図 8 (b) に示すように、Phase 1 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を駆動する第 1 圧電素子 6 2 は、厚み滑り変形し、駆動駒 3 2 の基部 3 2 b を、保持部 2 a の支持面 2 f に対して Y 方向のロータ 4 側 (Y 軸正方向側) へ移動させる (図 1 1 (b) 、Phase 1 参照) 。また、図 8 (b) に示すように、Phase 1 において、第 2 圧電素子 7 2 は、変形しない。このため、先端部 3 2 a は、X 2 方向へ移動しない (図 1 1 (d) 、Phase 1 参照) 。これにより、駆動駒 3 2 が Y 軸正方向側へ移動することで、先端部 3 2 a は、ロータ 4 を Y 軸正方向側へ押し上げる。

10

【 0 0 4 3 】

すなわち、Phase 1 においては、図 8 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、Y 軸負方向側へ移動して、ロータ 4 から離間する。同時に、図 8 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 に当接してロータ 4 を支持するとともに、ロータ 4 を Y 軸正方向側へ押し上げる。

【 0 0 4 4 】

(Phase 2)

20

電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 2 において、第 1 端子 T 1 の電圧を - 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 2 において、第 3 端子 T 3 に - 3 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して電圧を供給する。

【 0 0 4 5 】

すると、図 8 (a) に示すように、Phase 2 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 1 の変形が維持されて先端部 3 1 a がロータ 4 から離間した状態が維持される (図 1 1 (a) 、Phase 2 参照) 。この状態で、図 8 (a) に示すように、Phase 2 において、第 2 圧電素子 7 1 は、厚み滑り変形する。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、X 1 軸負方向側へ移動する (図 1 1 (c) 参照) 。このときの先端部 3 1 a の移動量は、第 2 圧電素子 7 1 に供給される電圧の絶対値に比例する。

30

【 0 0 4 6 】

電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 2 において、第 2 端子 T 2 の電圧を 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 10 は、図 7 に示すように、Phase 2 において、第 4 端子 T 4 に 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して電圧を供給する。

【 0 0 4 7 】

40

すると、図 8 (b) に示すように、Phase 2 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 2 の変形が維持されて先端部 3 a がロータ 4 に接触した状態が維持される (図 1 1 (b) 、Phase 2 参照) 。この状態で、図 8 (b) に示すように、Phase 2 において、第 2 圧電素子 7 2 は、厚み滑り変形する。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (d) 、Phase 2 参照) 。このときの先端部 3 2 a の移動量は、電圧の絶対値に比例するため、第 1 組の先端部 3 1 a の X 1 軸負方向側への移動量よりも小さくなる。

【 0 0 4 8 】

すなわち、Phase 2 においては、図 8 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a が X 2 軸正方向側へ移動することにより、先端部 3 2 a の上面とロータ 4 の下面

50

との間に、摩擦力が作用する。ここで、第 2 組の駆動駒 3 2 は、図 3 及び図 4 に示すように、ロータ 4 の回転方向 R に沿って、ベース部 2 の周方向に配置される。また、先端部 3 2 a は、ロータ 4 の回転方向 R に沿う駆動駒 3 2 の幅 w_{32} 方向 (X_2 方向) に変位する。そのため、ロータ 4 は、駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a によって、回転方向 R に駆動され、図 1 及び図 2 に示す支持軸 5 を中心とする回転を開始する。

【 0 0 4 9 】

(Phase 3)

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 3 において、第 1 端子 T 1 に正負が逆転した 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して電圧を供給する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 3 において、第 3 端子 T 3 に - 2 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して電圧を供給する。

10

【 0 0 5 0 】

すると、図 8 (a) に示すように、Phase 3 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を駆動する第 1 圧電素子 6 1 は、逆方向に厚み滑り変形し、駆動駒 3 1 の基部 3 1 b を、Y 軸正方向側へ移動させる (図 1 1 (a)、Phase 3 参照)。同時に、図 8 (a) に示すように、Phase 3 において、第 2 圧電素子 7 1 の X_1 軸負方向側への変形量は、減少する。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、 X_1 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (c)、Phase 3 参照)。このときの移動量は、Phase 3 で新たに供給された - 2 . 0 V と、Phase 2 で供給されていた - 3 . 0 V との電圧の差に比例する。

20

【 0 0 5 1 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 3 において、第 2 端子 T 2 の電圧を維持し、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 3 において、第 4 端子 T 4 に 2 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して電圧を供給する。

【 0 0 5 2 】

すると、図 8 (b) に示すように、Phase 3 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を駆動する第 1 圧電素子 6 2 の変形が維持されて先端部 3 2 a がロータ 4 に接触した状態が維持される (図 1 1 (b)、Phase 3 参照)。この状態で、図 8 (b) に示すように、Phase 3 において、第 2 圧電素子 7 2 は、厚み滑り変形する。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、 X_2 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (d)、Phase 3 参照)。このときの移動量は、Phase 3 で新たに供給された 2 . 0 V と、Phase 2 で供給されていた 1 . 0 V との電圧の差の絶対値に比例する。

30

【 0 0 5 3 】

すなわち、Phase 3 においては、図 8 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、ロータ 4 の回転方向 R に沿う X_1 軸正方向側へ移動しながら、Y 軸正方向側へ移動して、ロータ 4 に接近する。同時に、図 8 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 に当接して、ロータ 4 を支持しつつ、第 1 組の駆動駒 3 1 と同様に、ロータ 4 を回転方向 R へ駆動する。

40

【 0 0 5 4 】

(Phase 4)

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 4 において、第 1 端子 T 1 の電圧を 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 4 において、第 3 端子 T 3 に - 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して電圧を供給する。

【 0 0 5 5 】

すると、図 9 (a) に示すように、Phase 4 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を Y 軸正方向側に駆動する第 1 圧電素子 6 1 の変形が進行して先端部 3 1 a がロータ 4 に当接する (

50

図 1 1 (a)、Phase 4 参照)。同時に、図 9 (a) に示すように、Phase 4 において、第 2 圧電素子 7 1 の X 1 軸負方向側への変形量は、減少する。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、X 1 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (c)、Phase 4 参照)。このときの移動量は、Phase 4 で新たに供給された -1.0 V と、Phase 3 で供給されていた -2.0 V との電圧の差の絶対値に比例する。

【 0 0 5 6 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 4 において、第 2 端子 T 2 に正負が逆転した -1.0 V の電圧を発生させ、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して電圧を供給する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 4 において、第 4 端子 T 4 に 3.0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して電圧を供給する。

10

【 0 0 5 7 】

すると、図 9 (b) に示すように、Phase 4 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を駆動する第 1 圧電素子 6 2 が逆方向に厚み滑り変形し、駆動駒 3 2 の基部 3 2 b を Y 軸負方向側へ移動させる (図 1 1 (b)、Phase 4 参照)。同時に、図 9 (b) に示すように、Phase 4 において、第 2 圧電素子 7 2 の X 2 軸正方向側への変形量は、増加する。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (d)、Phase 4 参照)。このときの移動量は、Phase 4 で新たに供給された 3.0 V と、Phase 2 で供給されていた 2.0 V との電圧の差の絶対値に比例する。

【 0 0 5 8 】

20

すなわち、Phase 4 においては、図 9 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、ロータ 4 の回転方向 R に沿う X 1 軸正方向側へ移動しながらロータ 4 に当接し、ロータ 4 を支持して回転方向 R へ駆動させる。同時に、図 9 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 の回転方向 R へ沿う X 2 軸正方向側へ移動しながら、Y 軸負方向側へ移動してロータ 4 から離間する。これにより、第 1 組及び第 2 組の駆動駒 3 1、3 2 の先端部 3 1 a、3 2 a によって、ロータ 4 は、回転方向 R に駆動される。同時に、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a から第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a へ、ロータ 4 は、受け渡される。

【 0 0 5 9 】

このとき、図 1 1 (a) 及び図 1 1 (b) に示すように、Phase 4 において、双方の駆動駒 3 1、3 2 は、極めて短時間の間、ロータ 4 から離間する場合がある。このような場合であっても、ロータ 4 は、その慣性により、Y 方向の変位を殆どすることなく、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a によって支持されていた位置に留まる。そのため、ロータ 4 は、Y 方向の略一定の位置が維持され、回転方向 R に駆動された状態で、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a により Y 方向に支持され、回転方向 R へ駆動される。これにより、ロータ 4 は、Y 方向の略一定の位置で、支持軸 5 を中心として回転を継続する。

30

【 0 0 6 0 】

(Phase 5)

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 5 において、第 1 端子 T 1 の電圧を 1.0 V に維持し、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 5 において、第 3 端子 T 3 に発生させる電圧を 0 V にし、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して供給する電圧を 0 V にする。

40

【 0 0 6 1 】

すると、図 9 (a) に示すように、Phase 5 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 1 の変形が維持されて、先端部 3 1 a がロータ 4 に接触した状態が維持される (図 1 1 (a)、Phase 5 参照)。この状態で、図 9 (a) に示すように、Phase 5 において、第 2 圧電素子 7 1 が元の形状に戻る。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、X 1 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (c)、Phase 5 参照)。このときの先端部 3 1 a の移動量は、Phase 4 において第 2 圧電素子 7 1 に供給さ

50

れていた電圧の絶対値に比例する。

【 0 0 6 2 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 5 において、第 2 端子 T 2 の電圧を -1.0 V に維持し、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 5 において、第 4 端子 T 4 に発生させる電圧を 0 V にし、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して供給する電圧を 0 V にする。

【 0 0 6 3 】

すると、図 9 (b) に示すように、Phase 5 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 2 の変形が進行して、先端部 3 2 a がロータ 4 からさらに離間する (図 1 1 (b) Phase 5 参照)。同時に、図 9 (b) に示すように、Phase 5 において、第 2 圧電素子 7 2 は、元の形状に戻る。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸負方向側へ移動する (図 1 1 (d)、Phase 5 参照)。このときの先端部 3 2 a の移動量は、Phase 4 において第 2 圧電素子 7 2 に供給されていた電圧の絶対値に比例する。

10

【 0 0 6 4 】

すなわち、Phase 5 においては、図 9 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、ロータ 4 に当接した状態を維持して、ロータ 4 を支持しつつ、X 1 軸正方向側へ移動して、ロータ 4 を回転方向 R へ駆動させる。同時に、図 9 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、Y 軸負方向側へ移動して、ロータ 4 から離間した状態を維持しつつ、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、ロータ 4 の回転方向 R と逆の X 2 軸負方向側へ移動する。

20

【 0 0 6 5 】

(Phase 6)

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 6 において、第 1 端子 T 1 の電圧を 1.0 V に維持し、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 6 において、第 3 端子 T 3 に 1.0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して電圧を供給する。

【 0 0 6 6 】

すると、図 9 (a) に示すように、Phase 6 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 1 の変形が維持されて、先端部 3 1 a がロータ 4 に接触した状態が維持される (図 1 1 (a)、Phase 6 参照)。この状態で、図 9 (a) に示すように、Phase 6 において、第 2 圧電素子 7 1 は、厚み滑り変形する。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、X 1 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (c)、Phase 6 参照)。このときの移動量は、Phase 6 で新たに供給された電圧の絶対値に比例する。

30

【 0 0 6 7 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 6 において、第 2 端子 T 2 の電圧を -1.0 V に維持し、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 6 において、第 4 端子 T 4 に -3.0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して電圧を供給する。

40

【 0 0 6 8 】

すると、図 9 (b) に示すように、Phase 6 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 2 の変形が維持されて、先端部 3 2 a がロータ 4 から離間した状態が維持される (図 1 1 (b)、Phase 6 参照)。この状態で、図 9 (b) に示すように、Phase 6 において、第 2 圧電素子 7 2 は、厚み滑り変形する。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸負方向側へ移動する (図 1 1 (d)、Phase 6 参照)。このときの先端部 3 2 a の移動量は、第 2 圧電素子 7 2 に供給される電圧の絶対値に比例する。

50

【 0 0 6 9 】

すなわち、Phase 6 においては、図 9 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、ロータ 4 に当接した状態を維持して、ロータ 4 を支持しつつ、X 1 軸正方向側に移動して、ロータ 4 を回転方向 R へ駆動する。同時に、図 9 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 から離間した状態を維持しつつ、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、ロータ 4 の回転方向 R と逆の X 2 軸負方向側へさらに移動する。

【 0 0 7 0 】

(Phase 7)

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 7 において、第 1 端子 T 1 の電圧を 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 7 において、第 3 端子 T 3 に 2 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して電圧を供給する。

【 0 0 7 1 】

すると、図 9 (a) に示すように、Phase 7 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を駆動する第 1 圧電素子 6 1 の変形が維持されて、先端部 3 1 a がロータ 4 に接触した状態が維持される (図 1 1 (a) 、Phase 7 参照) 。この状態で、図 9 (a) に示すように、Phase 7 において、第 2 圧電素子 7 1 は、厚み滑り変形する。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、X 1 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (c) 、Phase 7 参照) 。このときの移動量は、Phase 7 で新たに供給された 2 . 0 V と、Phase 6 で供給されていた 1 . 0 V との電圧の差の絶対値に比例する。

【 0 0 7 2 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 7 において、第 2 端子 T 2 に正負が逆転した 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して電圧を供給する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 7 において、第 4 端子 T 4 に - 2 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して電圧を供給する。

【 0 0 7 3 】

すると、図 9 (b) に示すように、Phase 7 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を駆動する第 1 圧電素子 6 2 が逆方向に厚み滑り変形し、駆動駒 3 2 の基部 3 2 b を Y 軸正方向側へ移動させる (図 1 1 (b) 、Phase 7 参照) 。同時に、図 9 (b) に示すように、Phase 7 において、第 2 圧電素子 7 2 の X 2 軸負方向側への変形量は、減少する。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸正方向側へ移動する (図 1 1 (d) 、Phase 7 参照) 。このときの移動量は、Phase 7 で新たに供給された - 2 . 0 V と、Phase 6 で供給されていた - 3 . 0 V との電圧の差の絶対値に比例する。

【 0 0 7 4 】

すなわち、Phase 7 においては、図 9 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、ロータ 4 に当接した状態を維持して、ロータ 4 を支持しつつ、ロータ 4 を回転方向 R へ駆動する。同時に、図 9 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 の回転方向 R に沿う X 2 軸正方向側へ移動しながら、Y 軸正方向側へ移動して、ロータ 4 に接近する。

【 0 0 7 5 】

(Phase 8)

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 8 において、第 1 端子 T 1 に正負が逆転した - 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 1 配線 1 1 を介して電圧を供給する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 8 において、第 3 端子 T 3 に 3 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 3 配線 1 3 を介して電圧を供給する。

【 0 0 7 6 】

すると、図 10 (a) に示すように、Phase 8 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を駆動する第 1 圧電素子 6 1 が逆方向に厚み滑り変形し、駆動駒 3 の基部 3 b を Y 軸負方向側へ移動させる (図 11 (a)、Phase 8 参照)。同時に、図 10 (a) に示すように、Phase 8 において、第 2 圧電素子 7 1 の X 1 軸正方向側への変形量は、増加する。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、X 1 軸正方向側へ移動する (図 11 (c)、Phase 8 参照)。このときの移動量は、Phase 8 で新たに供給された 3 . 0 V と、Phase 7 で供給されていた 2 . 0 V との電圧の差の絶対値に比例する。

【 0 0 7 7 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 8 において、第 2 端子 T 2 の電圧を 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 8 において、第 4 端子 T 4 に - 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して電圧を供給する。

【 0 0 7 8 】

すると、図 10 (b) に示すように、Phase 8 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 2 の変形が進行して、先端部 3 2 a がロータ 4 に当接する (図 11 (b)、Phase 8 参照)。同時に、図 10 (b) に示すように、Phase 8 において、第 2 圧電素子 7 2 の X 2 軸負方向側への変形量は、減少する。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸正方向側へ移動する (図 11 (d)、Phase 8 参照)。このときの移動量は、Phase 8 で新たに供給された - 1 . 0 V と、Phase 7 で供給されていた - 2 . 0 V との電圧の差の絶対値に比例する。

【 0 0 7 9 】

すなわち、Phase 8 においては、図 10 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、ロータ 4 の回転方向 R へ沿う X 1 軸正方向側へ移動しながら、Y 軸負方向側へ移動して、ロータ 4 から離間する。同時に、図 10 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 の回転方向 R に沿う X 2 軸正方向側に移動しながら、ロータ 4 に当接し、ロータ 4 を支持して、回転方向 R へ駆動させる。これにより、第 1 組及び第 2 組の駆動駒 3 1 , 3 2 の先端部 3 1 a , 3 2 a によって、ロータ 4 は、回転方向 R に駆動せられる。同時に、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a から第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a へ、ロータ 4 が受け渡される。

【 0 0 8 0 】

このとき、図 11 (a) 及び図 11 (b) に示すように、Phase 8 において、双方の駆動駒 3 1 , 3 2 は、極めて短時間の間、ロータ 4 から離間する場合がある。このような場合であっても、ロータ 4 は、その慣性により Y 方向の変位を殆どすることなく、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a によって支持されていた位置に留まる。そのため、ロータ 4 は、Y 方向の略一定の位置が維持され、回転方向 R に駆動された状態で、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a により Y 方向に支持され、回転方向 R へ駆動される。これにより、ロータ 4 は、Y 方向の略一定の位置で、支持軸 5 を中心として回転を継続する。

【 0 0 8 1 】

(Phase 9)

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 9 において、第 1 端子 T 1 の電圧を - 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 9 において、第 3 端子 T 3 に発生させる電圧を 0 V にし、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して供給する電圧を 0 V にする。

【 0 0 8 2 】

すると、図 10 (a) に示すように、Phase 9 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 1 の変形が進行して、先端部 3 1 a がロータ 4 からさらに離間する (図 11 (a)、Phase 9 参照)。同時に図 10 (a) に示すように、Phase 9 において、第 2 圧電素子 7 1 は、元の形状に戻る。このため、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及び

10

20

30

40

50

ベース部 2 に対して、X 1 軸負方向側へ移動する（図 1 1（c）、Phase 9 参照）。このときの先端部 3 1 a の移動量は、Phase 8 において第 2 圧電素子 7 に供給されていた電圧の絶対値に比例する。

【 0 0 8 3 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 9 において、第 2 端子 T 2 の電圧を 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 9 において、第 4 端子 T 4 に発生させる電圧を 0 V にし、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して供給する電圧を 0 V にする。

【 0 0 8 4 】

すると、図 1 0（b）に示すように、Phase 9 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 2 の変形が維持されて、先端部 3 2 a がロータ 4 に接触した状態が維持される（図 1 1（b）、Phase 9 参照）。この状態で、図 1 0（b）に示すように、Phase 9 において、第 2 圧電素子 7 2 は、元の形状に戻る。このため、先端部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸正方向側へ移動する（図 1 1（d）、Phase 9 参照）。このときの先端部 3 2 a の移動量は、Phase 8 において第 2 圧電素子 7 2 に供給されていた電圧の絶対値に比例する。

【 0 0 8 5 】

すなわち、Phase 9 においては、図 1 0（a）に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、Y 軸負方向側へ移動してロータ 4 から離間した状態を維持しつつ、ロータ 4 の回転方向 R と逆の X 1 軸負方向側へ移動する。同時に、図 1 0（b）に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 に当接した状態を維持して、ロータ 4 を支持しつつ、ロータ 4 の回転方向 R に沿う X 1 軸正方向側へ移動して、ロータ 4 を回転方向 R へ駆動させる。

【 0 0 8 6 】

（Phase 1 0）

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 1 0 において、第 1 端子 T 1 の電圧を - 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 1 圧電素子 6 1 に、第 1 配線 1 1 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 1 0 において、第 3 端子 T 3 に - 3 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 1 組の駆動駒 3 1 の第 2 圧電素子 7 1 に、第 3 配線 1 3 を介して電圧を供給する。

【 0 0 8 7 】

すると、図 1 0（a）に示すように、Phase 1 0 において、第 1 組の駆動駒 3 1 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 1 の変形が維持されて、先端部 3 1 a がロータ 4 から離間した状態が維持される（図 1 1（a）、Phase 1 0 参照）。この状態で、図 1 0（a）に示すように、Phase 1 0 において、第 2 圧電素子 7 1 は、厚み滑り変形する。これにより、先端部 3 1 a は、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して、X 1 軸負方向側へ移動する（図 1 1（c）、Phase 1 0 参照）。このときの先端部 3 1 a の移動量は、第 2 圧電素子 7 1 に供給される電圧の絶対値に比例する。

【 0 0 8 8 】

電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 1 0 において、第 2 端子 T 2 の電圧を 1 . 0 V に維持し、図 6 A に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 1 圧電素子 6 2 に、第 2 配線 1 2 を介して供給する電圧を維持する。また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、Phase 1 0 において、第 4 端子 T 4 に 1 . 0 V の電圧を発生させ、図 6 B に示す第 2 組の駆動駒 3 2 の第 2 圧電素子 7 2 に、第 4 配線 1 4 を介して電圧を供給する。

【 0 0 8 9 】

すると、図 1 0（b）に示すように、Phase 1 0 において、第 2 組の駆動駒 3 2 を Y 方向に駆動する第 1 圧電素子 6 2 の変形が維持されて、先端部 3 2 a がロータ 4 に接触した状態が維持される（図 1 1（b）、Phase 1 0 参照）。この状態で、図 1 0（b）に示すように、Phase 1 0 において、第 2 圧電素子 7 2 は、厚み滑り変形する。このため、先端

10

20

30

40

50

部 3 2 a は、基部 3 2 b 及びベース部 2 に対して、X 2 軸正方向側へ移動する（図 1 1 (d)、Phase 1 0 参照）。このときの移動量は、Phase 1 0 で新たに供給された電圧の絶対値に比例する。

【 0 0 9 0 】

すなわち、Phase 1 0 においては、図 1 0 (a) に示すように、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a は、ロータ 4 から離間した状態を維持しつつ、基部 3 1 b 及びベース部 2 に対して X 1 軸負方向側へさらに移動する。同時に、図 1 0 (b) に示すように、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a は、ロータ 4 に当接した状態を維持して、ロータ 4 を支持しつつ、ロータ 4 の回転方向 R に沿う X 2 軸正方向側へ移動して、ロータ 4 を回転方向 R へ駆動する。

10

【 0 0 9 1 】

Phase 1 1 以降は、上記の Phase 3 から Phase 1 0 までの動作と同様の動作が繰り返し行われ、ロータ 4 の回転が継続される。これにより、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a と先端部 3 a と第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a とによって、交互に（順番に）ロータ 4 の Y 軸方向の支持及び回転方向 R の駆動がされ、ロータ 4 が支持軸 5 回りの回転を継続する。

【 0 0 9 2 】

本実施形態の圧電アクチュエータ 1 は、各々の駆動駒 3 を支持軸 5 の平行な方向（第 1 の方向）へ駆動させる第 1 圧電体 6 と、駆動駒 3 の先端部 3 a をロータ 4 の回転方向 R に沿う駆動駒 3 の幅 w 3 方向（第 2 の方向）へ駆動させる第 2 圧電素子 7 とが、別個に独立して設けられている。そのため、それぞれの方向の振動を、独立した振動として取り出せる。

20

【 0 0 9 3 】

したがって、駆動駒 3 によりロータ 4 を回転させ、ロータ 4 と駆動駒 3 とを相対駆動させる際に、従来よりもロータ 4 を安定して回転させることができる。また、基部 3 b を挟み込む第 1 圧電素子 6 が互いに異なる方向に基部 3 b を駆動させる場合と比較して、損失が発生し難く、エネルギー効率を向上でき、圧電アクチュエータ 1 の出力を増大できる。

【 0 0 9 4 】

また、第 1 圧電素子 6 が駆動駒 3 の基部 3 b を幅 w 3 方向から挟み込み、第 1 圧電素子 6 が駆動駒 3 を幅 w 3 方向と異なる支持軸 5 に平行な方向へ駆動させる。また、基部 3 b を挟み込む一対の第 1 圧電素子 6、6 の寸法及び形状は、略等しくなっている。これにより、駆動駒 3 の幅 w 3 方向の剛性を均等にできる。したがって、駆動駒 3 の基部 3 b の幅 w 3 方向の振動を抑制できる。また、全ての第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 を、同一の形状及び寸法とすることで、製造を容易にして、生産性を向上できる。

30

【 0 0 9 5 】

加えて、ベース部 2 には、駆動駒 3 を支持軸 5 と平行な方向へ駆動可能に保持する保持部 2 a が設けられている。保持部 2 a には、駆動駒 3 の幅 w 3 方向から駆動駒 3 の基部 3 b を支持する支持面 2 f が設けられている。そのため、支持面 2 f によって第 1 圧電素子 6 を支持し、第 1 圧電素子 6 を介して駆動駒 3 の基部 3 b を幅 w 3 方向から支持できる。これにより、駆動駒 3 の幅 w 3 方向の剛性をより高め、駆動駒 3 の基部 3 b の幅 w 3 方向の振動を抑制できる。

40

【 0 0 9 6 】

ここで、第 1 圧電素子 6 は、厚み方向の弾性係数（縦弾性係数）が、変形方向の弾性係数（横弾性係数）よりも大きい。また、第 2 圧電素子 7 も、厚み方向の弾性係数（縦弾性係数）が、変形方向の弾性係数（横弾性係数）よりも大きい。したがって、駆動駒 3 の幅 w 3 方向の剛性を高め、基部 3 b の駆動方向の剛性を低くできる。これにより、基部 3 b の幅 w 3 方向の移動を防止して振動を抑制できる。また、基部 3 b の駆動方向の変位をしやすくできる。

ここで、本実施形態の駆動駒 3 は、各々の先端部 3 a に傾斜面 S 2、S 3 が設けられ、先端部 3 a の接触面 S 1 に平行な断面積がロータ 4 に近づくほど小さくなる先細状に設け

50

られている。そのため、接触面 S 1 を研磨する場合や、接触面 S 1 が径時的に磨耗した場合であっても、傾斜面 S 2 , S 3 が設けられていない場合と比較して、駆動駒 3 の体積の減少を抑制することができる。したがって、駆動駒 3 の質量の減少を最小限にすることができる。これにより、支持駆動部 1 a の固有振動数の変動を無視できる程度まで低減することができる。

【 0 0 9 7 】

また、保持部 2 a の支持面 2 f は、図 5 A 及び図 5 B に示すように、駆動駒 3 の支持軸 5 に平行な方向に傾斜して設けられ、ロータ 4 から離間して保持部 2 a の底面 2 g に近くほど、支持面 2 f , 2 f 同士の幅 w 4 が狭くなっている。また、支持面 2 f , 2 f 同士の幅 w 4 ' は、底面 2 g よりもロータ 4 側で駆動駒 3 の基部 3 b と一対の第 1 圧電素子 6 との幅 w 5 よりも狭くなっている。

10

【 0 0 9 8 】

そのため、駆動駒 3 の基部 3 b とそれを挟み込む第 1 圧電素子 6 , 6 とを、ロータ 4 側から支持軸 5 に平行な方向に沿って、保持部 2 a の底面 2 g 側へ挿入すると、支持面 2 f の途中で基部 3 b と第 1 圧電素子 6 は、幅 w 4 方向から支持面 2 f によって、挟み込まれて支持される。これにより、駆動駒 3 を、支持軸 5 と平行な方向に、位置決めすることができる。また、支持面 2 f は、駆動駒 3 のロータ 4 側への駆動を規制しないので、駆動駒 3 をロータ 4 側へ駆動可能に保持できる。

【 0 0 9 9 】

20

また、支持面 2 f に対向する駆動駒 3 の基部 3 b の側面 3 c は、支持面 2 f と同様に傾斜して、支持面 2 f と略平行に設けられている。そのため、駆動駒 3 の基部 3 b と当該基部 3 b とを挟み込む第 1 圧電素子 6 , 6 を、ロータ 4 側から支持軸 5 に平行な方向に沿って保持部 2 a の底面 2 g 側へ挿入する際に、第 1 圧電素子 6 と保持部 2 a の支持面 2 f とを隙間なく接触させて、第 1 圧電素子 6 を支持面 2 f に圧着できる。これにより、駆動駒 3 の基部 3 b の幅 w 3 方向の振動を抑制できる。

【 0 1 0 0 】

また、支持面 2 f の支持軸 5 と平行な方向に対する傾斜角度 θ が、 2° 以上 6° 以下であることから、駆動駒 3 の支持軸 5 と平行な方向における位置決め誤差を許容誤差の範囲に収めることが可能になる。ここで、傾斜角度 θ が 2° よりも小さいと、位置決めの精度が低下するだけでなく製作が困難になる。また傾斜角度 θ が 6° よりも大きいと、駆動駒 3 の支持軸 5 に平行な方向への駆動に悪影響が生じる。本実施形態では、傾斜角度 θ を 4° とすることで、位置決め精度、製作性、及び駆動性を良好にできる。

30

【 0 1 0 1 】

また、駆動駒 3 が保持部 2 a の支持面 2 f によって位置決めされた中立位置において、駆動駒 3 の基部 3 b の底面 3 d と保持部 2 a の底面 2 g とが、駆動駒 3 の基部 3 b の駆動方向である支持軸 5 に平行な方向に離間している。したがって、駆動駒 3 を中立位置からベース部 2 側へ駆動できる。さらに、本実施形態では、駆動駒 3 を中立位置からベース部 2 側へ駆動させたときにも、基部 3 b の底面 3 d と保持部 2 a の底面 2 g とが、離間するようになっている。したがって、駆動駒 3 をベース部 2 側へ駆動させたときに、基部 3 b の底面 3 d と保持部 2 a の底面 2 g とが衝突することを防止して、駆動駒 3 の駆動に衝突による悪影響が及ぶことを防止できる。

40

【 0 1 0 2 】

また、駆動駒 3 が、ロータ 4 を支持して回転方向 R に駆動させる先端部 3 a と、一対の第 1 圧電素子 6 に挟み込まれた状態でベース部 2 の保持部 2 a に保持された基部 3 b と、を備えている。さらに、駆動駒 3 は先端部 3 a と基部 3 b との間に、先端部 3 a をロータ 4 の回転方向 R に沿う保持部 2 a 、及び駆動駒 3 の幅 w 3 方向に駆動する第 2 圧電素子 7 を備えている。

【 0 1 0 3 】

そのため、駆動駒 3 を幅 w 3 方向に駆動することで、ロータ 4 の下面と駆動駒 3 の先端

50

部 3 a との間に、回転方向 R の接線方向の摩擦力が作用し、ロータ 4 を回転方向 R に駆動できる。また、第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 を、それぞれ独立して制御できる。これにより、駆動駒 3 の先端部 3 a の支持軸 5 に沿う方向の駆動と、ロータ 4 の回転方向 R に沿う方向の駆動とを独立して制御できる。

【 0 1 0 4 】

また、第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 を同時に作動させ、駆動駒 3 の先端部 3 a の支持軸 5 に沿う方向の駆動と、ロータ 4 の回転方向 R に沿う方向の駆動とを同時に行うことができる。

したがって、図 8 ~ 図 10 に示すように、ロータ 4 と先端部 3 a の接触時及び離間時に、駆動駒 3 の先端部 3 a をロータ 4 の回転方向 R に沿って移動させ、ロータ 4 の回転を妨げることなく、第 1 組の駆動駒 3 1 から第 2 組の駆動駒 3 2 へロータ 4 の受け渡しを行える。

10

【 0 1 0 5 】

また、駆動駒 3 及びその基部 3 b を挟み込む二対の第 1 圧電素子 6 , 6 を 3 つ備えた駆動駒 3 の組が、第 1 組と第 2 組の二組構成されている。したがって、各組を異なるタイミングで駆動できる。また、各組の駆動駒 3 1 , 3 2 の先端部 3 1 a , 3 2 a によってロータ 4 を 3 点支持できる。したがって、2 点支持や 4 点以上の支持の場合と比較して、ロータ 4 の支持を安定して行える。

【 0 1 0 6 】

また、各組の駆動駒 3 1 , 3 2 はロータ 4 の回転方向 R に均等に配置され、第 1 組と第 2 組の駆動駒 3 1 , 3 2 が回転方向 R に交互に順番に配置されている。したがって、ロータ 4 を各組の駆動駒 3 1 , 3 2 によってバランスよく支持し、回転方向 R に効率よく駆動できる。

20

また、駆動駒 3 の先端部 3 a が駆動する方向は、駆動駒 3 の基部 3 b が第 1 圧電素子 6 及び保持部 2 a の支持面 2 f によって挟み込まれる方向と同一の方向となっている。したがって、駆動駒 3 の先端部 3 a が送り駆動及び戻り駆動を行った場合に、駆動方向の前後から駆動駒 3 の基部 3 b を支持できる。したがって、駆動駒 3 が支持軸 5 に平行な方向からずれることを抑制し、ロータ 4 の駆動に悪影響が及ぶことを防止できる。

【 0 1 0 7 】

また、電源部 1 0 が、第 1 組及び第 2 組の駆動駒 3 1 , 3 2 に位相差を有する電圧を供給することで、各組の駆動駒 3 1 , 3 2 によって、それぞれロータ 4 を駆動できる。

30

また、電源部 1 0 が、各組の第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 に供給する電圧の位相差を 180° とすることで、第 1 組の駆動駒 3 1 と第 2 組の駆動駒 3 2 とによって、交互に順番にロータ 4 を駆動できる。

【 0 1 0 8 】

また、電源部 1 0 が、各組の第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 に、駆動駒 3 の先端部 3 a がロータ 4 との接触、駆動駒 3 の幅 w 3 方向への送り、ロータ 4 からの離間、駆動駒 3 の幅 w 3 方向の戻り、を順次繰り返すように電圧を供給することで、ロータ 4 の回転駆動を連続的に行うことができる。

また、電源部 1 0 は、図 7 の Phase 3 , 7 , 14 に示すように、第 1 端子 T 1 に供給する電圧と第 2 端子 T 2 に供給する電圧をオーバーラップさせている。これにより、第 1 組の駆動駒 3 1 から第 2 組の駆動駒 3 2 へのロータ 4 の受け渡しを、連続的かつスムーズに行うことが可能になる。

40

【 0 1 0 9 】

また、電源部 1 0 は、図 7 に示すように、駆動駒 3 の先端部 3 a に幅 w 3 方向の送り駆動をさせる際に、第 3 端子 T 3 及び第 4 端子 T 4 に供給する電圧の増加率（傾き）と、戻り駆動をさせる際の電圧の減少率（傾き）とを、異ならせている。例えば第 3 端子 T 3 において、先端部 3 a を送り駆動させる Phase 2 ~ Phase 8 までの各 Phase で電圧を 1.0 V ずつ上昇させ、先端部 3 a を戻り駆動させる Phase 9 ~ Phase 10 までの各 Phase で電圧を 3.0 V ずつ減少させている。これにより、駆動駒 3 の先端部 3 a の送り駆動の時間を、

50

戻り駆動の時間よりも長くすることができ、駆動駒 3 の先端部 3 a とロータ 4 との接触時間を長くすることができる。したがって、駆動駒 3 の動力を、より効率よくロータ 4 に伝達できる。

【0110】

また、電源部 10 が第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 に供給する電圧の周波数は、第 1 圧電素子 6、第 2 圧電素子 7、駆動駒 3、及びベース部 2 からなる支持駆動部 1 a の共振振動の振動数と、略等しくなっている。そのため、駆動駒 3 の先端部 3 a によるロータ 4 の送り駆動及び戻り駆動の振幅を、より大きくできる。支持駆動部 1 a の共振振動の周波数は、ベース部 2、圧電素子、駆動駒 3 の先端部 3 a 及び基部 3 b の材質を適切に選定することで、調整することができる。

10

【0111】

また、本実施形態では、図 7 に示すように、第 1 端子 T 1 及び第 2 端子 T 2 から各組の駆動駒 3 1、3 2 の第 1 圧電素子 6 1、6 2 に供給される電圧の周期と、第 3 端子 T 3 及び第 4 端子 T 4 から各組の第 2 圧電素子 7 1、7 2 に供給される電圧の周期とが等しくなっている。したがって、駆動駒 3 1、3 2 の支持軸 5 に平行な方向の駆動の振動数と、駆動駒 3 1、3 2 の幅 w 3 1、w 3 2 方向の先端部 3 1 a、3 2 a の駆動の振動数とが等しくなる。これにより、支持軸 5 に平行な方向の駆動駒 3 1、3 2 の振幅と、駆動駒 3 1、3 2 の幅 w 3 1、w 3 2 方向の先端部 3 1 a、3 2 a の振幅とを最大振幅とすることができる。

【0112】

20

また、駆動駒 3 の先端部 3 a は、ロータ 4 の回転方向 R に沿う断面積がロータ 4 に近づくほど、小さくなるように先細状に設けられている。したがって、先端部 3 a を直方体状の形状に形成する場合と比較して、先端部 3 a とロータ 4 との接触面積を減少させ、先端部 3 a の磨耗による先端部 3 a の体積変化率を小さくできる。これにより、先端部 3 a の磨耗による先端部 3 a の重量の変化を小さくすることができ、駆動駒 3 の共振周波数の変化を小さくできる。また、先端部 3 a を六角柱状の形状とすることで、その他の形状と比較して、先端部 3 a の剛性を高くできる。

【0113】

また、支持軸 5 と略平行に設けられ駆動駒 3 の幅 w 3 方向と略垂直に交差するベース部 2 の側面 2 c に、溝部 2 d が形成されている。すなわち、溝部 2 d は、ベース部 2 を介して伝播する支持軸 5 と略平行な方向の振動に対して、略垂直に交差するように設けられている。そのため、溝部 2 d によって振動を吸収し、ベース部 2 による振動の伝播を減少できる。

30

また、第 1 圧電素子 6 が、ロータ 4 と溝部 2 d との間に設けられている。したがって、ベース部 2 のロータ 4 と反対側から溝部 2 d を越えて伝播する振動を減少できる。

【0114】

また、ベース部 2 の駆動駒 3 を保持する保持部 2 a と反対側の端部が取付部 101 a に固定され、溝部 2 d は、駆動駒 3 よりも取付部 101 a に近い位置に、設けられている。そのため、取付部 101 a の振動がベース部 2 に伝播した場合であっても、駆動駒 3 から比較的遠い位置で振動を減少させ、取付部 101 a の振動が駆動駒 3 の駆動に悪影響を及ぼすことを防止できる。

40

【0115】

また、溝部 2 d の支持軸 5 に平行な方向の幅 w 1 は、ベース部 2 の振動の振幅よりも大きくなっている。そのため、溝部 2 d の両側のベース部 2 同士が衝突することを防止できる。

また、溝部 2 d の支持軸 5 に平行な方向の幅 w 1 は、ベース部 2、駆動駒 3、第 1 圧電素子 6、及び第 2 圧電素子 7 からなる支持駆動部 1 a の共振振動の振幅よりも大きくなっている。したがって、支持駆動部 1 a が共振状態で振動した場合でも、溝部 2 d の両側のベース部 2 同士が衝突することを防止できる。

【0116】

50

また、溝部 2 d の深さ d 1 をベース部 2 の半径の 40 % 以上 80 % 以下とすることで、ベース部 2 の強度を十分に確保しつつ、十分な振動の伝播の抑制効果を得られる。

また、ベース部 2 と支持軸 5 との間に、間隙 2 e が形成されているので、ベース部 2 から支持軸 5 に伝播する振動を減少させることができる。また、支持軸 5 からベース部 2 に伝播する振動を減少できる。したがって、駆動駒 3 及びロータ 4 の駆動に悪影響が及ぶことを防止できる。

【0117】

次に、本実施形態の圧電アクチュエータ 1 を備えたレンズ鏡筒の一例として、交換レンズについて説明する。本実施形態の交換レンズは、図示しないカメラ本体とともにカメラシステムを形成するものであり、カメラ本体に着脱可能に装着される。交換レンズは、公知の A F (オートフォーカス) 制御に応じて合焦動作を行う A F モードと、撮影者からの手動入力に応じて合焦動作を行う M F (マニュアルフォーカス) モードとが切り替え可能になっている。

【0118】

図 12 は、本実施形態の交換レンズ 100 を示す分解斜視図である。

図 12 に示すように、交換レンズ 100 は、固定筒 101 と、外筒 102 と、フォーカス操作筒 103 と、駆動部 104 と、を備えている。図 12 では図示を省略するが、固定筒 101 の内側には、レンズ群室及び保持筒に保持された 3 群構成のレンズ群が設けられている。各レンズ群は光軸方向に配置され、ズーム動作時に用いられる一対のレンズ群と、その間に設けられ合焦動作に用いられるレンズ群とにより構成されている。

【0119】

駆動部 104 は、A F 制御時に図示しない A F 制御部からの信号に応じて、フォーカス操作筒 103 を光軸回りに回転させる部分である。

駆動部 104 は、支持部 105、圧電アクチュエータ 1、フォーカス操作筒側ギア 103 a、及び、カバー 108 を備えている。

【0120】

支持部 105 は、圧電アクチュエータ 1 を固定筒 101 に対して支持する部分である。支持部 105 は、取付部 101 a 及び軸受部 101 b を備えている。

取付部 101 a は、圧電アクチュエータ 1 の一端側を支持する。取付部 101 a は、固定筒 101 の外周面の一部からその外径側につば状に突き出して形成された部分であり、固定筒 101 に一体的に形成されている。

【0121】

軸受部 101 b は、取付部 101 a と同様に、固定筒 101 の外周面の一部からその外径側に突出して固定筒 101 に一体的に形成され、圧電アクチュエータ 1 のロータ 4 に一端側が固定された回転軸 106 の他端側を支持するように設けられている。

圧電アクチュエータ 1 は、ベース部 2 の端部が取付部 101 a に固定されている。

【0122】

回転軸 106 の一端側には、出力側ギア 107 が設けられ、他端側はロータ 4 と一体的に固定されている。回転軸 106 は、圧電アクチュエータ 1 の支持軸 5 (図 2 参照) と同軸上に独立して設けられている。出力側ギア 107 は、フォーカス操作筒 103 に設けられたフォーカス操作筒側ギア 103 a と噛み合っている。

カバー 108 は、上述した圧電アクチュエータ 1 を保護するためのものであり、固定筒 101 に対して図示しないビス等によって固定されている。

交換レンズ 100 は、外筒 102 を介してカメラ本体に、着脱自在に設けられている。

【0123】

交換レンズ 100 は、A F モードにおいて、例えばカメラ本体に設けられた A F 制御部からの信号に応じて、圧電アクチュエータ 1 の電源部 10 が作動され、圧電アクチュエータ 1 のロータ 4 が回転する。ロータ 4 の回転により、回転軸 106 が回転し、その回転によってフォーカス操作筒 103 を光軸回りに回転させる。フォーカス操作筒 103 は、その回転によって不図示のフォーカス用カム機構を介して、合焦動作に用いられるレンズ群

10

20

30

40

50

を光軸方向に進退動作させる。以上により、交換レンズ 100 において、AF 動作が行われる。

一方、MF モードにおいて、フォーカス操作筒 103 は、撮影者によって、手で光軸回りに回転操作される。フォーカス操作筒 103 は、AF モードと同様に、その回転によって、合焦動作に用いられるレンズ群を光軸方向に進退動作させる。以上により、交換レンズ 100 において、MF 動作が行われる。

【0124】

以上説明したように、本実施形態の交換レンズ 100 によれば、異なる 2 方向の振動をそれぞれ独立した振動として取り出すことができ、出力を増大させることができる圧電アクチュエータ 1 を備えているので、AF モードにおける電力消費量を減少できる。

10

また、中間ギアや最終ギア等を用いることなく、圧電アクチュエータ 1 の動力をダイレクトにフォーカス操作筒 103 に伝達できる。したがって、エネルギーの損失が少なく、省エネルギー効果が得られる。また、部品点数の削減が可能になる。

【0125】

尚、本実施形態は、種々変形して実施できる。例えば、ベース部は、支持軸を囲むように設けられていれば、複数に分割されていてもよく、支持軸を完全に囲んでいなくてもよい。例えば支持軸を囲む円周上の半分に偏って配置されていてもよく、支持軸を両側から挟みこむような配置であってもよい。

【0126】

また、上述の実施形態では、駆動駒を支持軸と平行な方向へ駆動する第 1 圧電素子が、駆動駒を挟み込むように一対設けられている場合について説明した。これに代えて、第 1 圧電素子は、駆動駒の一方の側面のみに設けられていてもよい。また、厚み方向への変位をする圧電素子を第 1 圧電素子として用い、ベース部の保持部の底面と駆動駒の基部の底面との間に、第 1 圧電素子を配置するようにしてもよい。この場合には、ベース部に設けられた保持部の支持面によって、ロータの回転方向に沿う保持部の幅方向の両側から圧電素子を介することなく、基部を直接支持する。そして、基部を支持軸と平行な方向へスライド可能に保持するガイド部として支持面を機能させるようにしてもよい。

20

【0127】

また、上述の実施形態では、第 1 圧電素子及び第 2 圧電素子を備える駆動駒の組を二組備える場合について説明したが、駆動駒の組は三組以上であってもよい。また、駆動駒の組が備える駆動駒の数は、1 つ、2 つ、若しくは 4 つ以上であってもよい。例えば、上述の実施形態において、ベース部の対角に配置された配置された 2 つの駆動駒を 1 組として、駆動駒の組を 3 組構成してもよい。この場合には、各組の電圧の位相差を例えば 120 度とすることができる。これにより、常に 2 組の駆動駒によって、ロータを支持・回転させることができる。駆動駒の各組の電圧の位相差は、360 度を組数で除した値（すなわち二組の場合は 180 度、三組の場合は 120 度）とすればよい。

30

【0128】

また、上述の実施の形態では、第 1 圧電素子が駆動駒の基部を挟み込む方向（第 2 の方向）と、第 2 圧電素子が駆動駒の先端部を駆動する方向（第 3 の方向）とが同一の場合について説明したが、これらを異ならせてもよい。例えば、第 3 の方向を駆動駒の幅 w 3 方向と交差し、かつロータの回転方向に沿う方向とすることで、ロータを回転させやすくしてもよい。

40

【0129】

また、ベース部の支持面は、支持軸と平行な方向（第 1 の方向）とに対して、傾斜していてもよい。例えば、図 13A に示すように、保持部に第 1 圧電素子の保持部の底面側の端部を係止する突起状の係止部を設けてもよい。また、図 13B に示すように、第 1 圧電素子の保持部の底面側の端部を基部の底面よりも突出させて位置決め部として機能させ、位置決め部を保持部の底面に突き当てることで位置決めをしてもよい。

【0130】

また、ベース部と支持軸との間の間隙は、ベース部の強度確保の観点から溝部の保持部

50

側の縁まで形成するようにしてもよい。

【0131】

また、電源部の各端子から第1圧電素子及び第2圧電素子へ供給する電圧を、正弦波や正弦波状の電圧波形としてもよい。

まず、上述の実施形態と同様に、駆動駒の組が第1組と第2組の二組構成され、電源部の第1端子と第2端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° であり、第3端子と第4端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° である場合を例に図14を用いて説明する。

【0132】

図11(a)～図11(d)と同様に、図14(a)は第1組の駆動駒の先端部のY方向の変位を示し、図14(b)は第2組の駆動駒のY方向の変位を示している。また、図14(c)は、第1組の駆動駒のX1方向の変位を示し、図14(d)は第2組のX2方向の変位を示している(図8～図10参照)。

【0133】

電源部の第1端子と第2端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° である場合、図14(a)及び図14(b)に示すように、Y軸方向に駆動する第1組及び第2組の駆動駒の先端部は、 180° の位相差を有する正弦波状の軌跡を描く。このとき、第1組の駆動駒の先端部は、図14(a)に太線で示すように、Y軸方向の変位が接触位置y1を越えるとロータと接触する(図8～図10参照)。また、図14(b)に太線で示すように、第2組の駆動駒の先端部も、同様に、ロータと接触する。

【0134】

ここで、図14(a)に示す第1組の駆動駒の軌跡と、図14(b)第2組の駆動駒の軌跡とは、 180° の位相差を有している。そのため、第1組の駆動駒の先端部と、第2組の駆動駒の先端部とが、ロータに交互に接触して、ロータを支持する(図8～図10参照)。このとき、上述の実施形態と同様に、双方の駆動駒の先端部がロータから離間する期間が存在する。しかし、上述の実施形態と同様、その間に、ロータは、その慣性によりY方向へは殆ど変位しない。

【0135】

同様に、電源部の第2端子と第3端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° である場合、図14(c)及び図14(d)に示すように、X1軸方向及びX2軸方向へ駆動する第1組及び第2組の駆動駒の先端部は、正弦波状の軌跡を描くようになる(図8～図10参照)。

【0136】

ここで、図14(c)に太線で示すように、第1組の駆動駒の先端部は、ロータと接触している間(図14(a)に示す太線部分の間)に、ロータの回転方向に沿うX1軸正方向に移動する(図8～図10参照)。また、図14(d)に太線で示すように、第2組の駆動駒の先端部も同様に、ロータと接触している間(図14(b)に示す太線部分の間)に、ロータの回転方向に沿うX2軸正方向に移動する。

【0137】

したがって、上述の実施形態と同様に、ロータは、第1組の駆動駒と第2組の駆動駒とによって、交互に回転方向へ駆動される(図8～図10参照)。

【0138】

次に、駆動駒の組が第1組～第3組の三組構成され、電源部の各端子に 120° の位相差を有する正弦波、又は正弦波状の電圧波形を発生させる場合について、図15を用いて説明する。この場合、電源部として、上述の第1端子～第4端子に加え、第3組の駆動駒の第1圧電素子と第2圧電素子にそれぞれ電圧を供給する第5端子と第6端子とを備えたものを用いる。また、第1組の駆動駒のX1方向及び第2組の駆動駒のX2方向(図8～図10参照)と同様に、支持軸に垂直でロータの回転方向に沿う第3組の駆動駒の幅方向(保持部の幅方向)をX3方向とする。

【0139】

10

20

30

40

50

図 15 (a) は第 1 組 ~ 第 3 組の駆動駒の先端部の Y 方向の変位を示し、図 15 (b) は第 1 組 ~ 第 3 組の駆動駒の先端部の X 1 ~ X 3 方向の変位を示している。図 15 (a) 及び図 15 (b) では、第 1 組の駆動駒の先端部の軌跡を実線、第 2 組の駆動駒の先端部の軌跡を破線、第 3 組の駆動駒の軌跡を一点鎖線で示している。

【 0 1 4 0 】

電源部が各組の第 1 圧電素子に供給する電圧波形が、 120° の位相差を有する場合、図 15 (a) に示すように、Y 軸方向に駆動する各組の駆動駒の先端部は、 120° の位相差を有する正弦波状の軌道を描く。このとき、各組の駆動駒の先端部は、図 15 (a) に太線で示すように、Y 軸方向の変位が接触位置 y 1 を越えると、ロータと接触する (図 8 ~ 図 10 参照)。

10

【 0 1 4 1 】

ここで、図 15 (a) に示す各組の駆動駒の軌跡は、 120° の位相差を有している。そのため、各組の駆動駒の先端部は、ロータに順番に接触して、ロータを支持する (図 8 ~ 図 10 参照)。このとき、上述の実施形態と同様に、各組の駆動駒の先端部がロータから離間する期間が存在する。しかし、上述の実施形態と同様、その間に、ロータは、その慣性により Y 方向へは殆ど変位しない。

【 0 1 4 2 】

同様に、電源部が各組の第 2 圧電素子に供給する電圧波形が、 120° の位相差を有する場合、図 14 (b) に示すように、X 1 ~ X 3 軸方向へ駆動する各組の駆動駒の先端部は、正弦波状の軌道を描くようになる (図 8 ~ 図 10 参照)。

20

【 0 1 4 3 】

ここで、図 15 (b) に太線で示すように、各組の駆動駒の先端部は、ロータと接触している間 (図 15 (a) に示す太線部分の間) に、ロータの回転方向に沿う X 1 ~ X 3 軸正方向に移動する (図 8 ~ 図 10 参照)。

したがって、上述の実施形態と同様に、ロータは、各組の駆動駒によって、順番に回転方向へ駆動される (図 8 ~ 図 10 参照)。

【 0 1 4 4 】

上述の実施形態では、ベース部 2 は、例えばステンレス鋼等の金属材料により中空円筒状に形成されているとした。別の実施形態において、ベース部 2 の全部または一部が弾性を有する弾性体により形成できる。すなわち、ベース部 2 の少なくとも一部が弾性を有することができる。この実施形態において、例えば、ベース部 2 の実質的に全部、又は少なくとも凸部 2 h , 2 i (図 4) を弾性体にできる。ここで、ベース部以外の圧電アクチュエータ 1 の構成は、上述の実施形態と同様にできる。

30

【 0 1 4 5 】

この実施形態において、電源部 10 が第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 に供給する電圧の周波数は、第 1 圧電素子 6、第 2 圧電素子 7、駆動駒 3、及びベース部 2 からなる支持駆動部 1 a の共振周波数と、略等しくできる。また、電源部 10 の各端子から第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 へ供給する電圧の波形は正弦波にできる。代替的に、供給する電圧の周波数が支持駆動部 1 a の共振周波数に略等しければ、矩形波などの他の波形にできる。

40

【 0 1 4 6 】

ここで、ベース部 2 の少なくとも一部が弾性体で形成され、供給する電圧の波形が正弦波である場合の作用を、図 16 及び図 17 A ~ 図 17 D を用いて説明する。

図 16 及び図 17 A ~ 図 17 D では、ロータ 4 の回転方向 R に沿う方向を X 4 方向とし、支持軸 5 に平行な方向を Y 方向とする座標系を用いる。

図 16 及び図 17 A ~ 図 17 D において、上述の実施形態と同様に、駆動駒の組は第 1 組の駆動駒 3 1 及び第 2 組の駆動駒 3 2 の二組で構成され、電源部 10 の第 1 端子と第 2 端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° であり、第 3 端子と第 4 端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° である。

【 0 1 4 7 】

50

なお、図 4 に示すように、ベース部 2 に形成された 6 つの凸部（突起）のうち、回転方向の進む側に第 2 組の駆動駒 3 2 が位置する 3 つの凸部を第 1 凸部 2 h とし、回転方向の進む側に第 1 組の駆動駒 3 1 が位置する 3 つの凸部を第 2 凸部 2 i とする。第 1 凸部 2 h 及び第 2 凸部 2 i は弾性を有する。

【 0 1 4 8 】

図 1 6 (a) では、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a の Y 方向の変位を太線で示し、第 1 組の駆動駒 3 1 を挟み込む第 1 圧電素子 6 1 の Y 方向の厚み滑り変形量を実線で示し、第 1 組の駆動駒 3 1 を支える支持面 2 f の Y 方向の変位を破線で示している。

【 0 1 4 9 】

図 1 6 (b) では、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a の Y 方向の変位を太線で示し、第 2 組の駆動駒 3 2 を挟み込む第 1 圧電素子 6 2 の Y 方向の厚み滑り変形量を実線で示し、第 2 組の駆動駒 3 2 を支える支持面 2 f の Y 方向の変位を破線で示している。

【 0 1 5 0 】

図 1 6 (c) では、第 1 組の駆動駒 3 1 の先端部 3 1 a の X 4 方向の変位を太線で示し、第 1 組の駆動駒 3 1 に設けられた第 2 圧電素子 7 1 の X 4 方向の厚み滑り変形量を実線で示し、第 1 組の駆動駒 3 1 を支える支持面 2 f の X 4 方向の変位を破線で示している。

【 0 1 5 1 】

図 1 6 (d) では、第 2 組の駆動駒 3 2 の先端部 3 2 a の X 4 方向の変位を太線で示し、第 2 組の駆動駒 3 2 に設けられた第 2 圧電素子 7 2 の X 4 方向の厚み滑り変形量を実線で示し、第 2 組の駆動駒 3 2 を支える支持面 2 f の X 4 方向の変位を破線で示している。

【 0 1 5 2 】

電源部 1 0 の第 1 端子と第 2 端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° である場合、図 1 6 (a) 及び図 1 6 (b) に示すように、Y 軸方向に駆動する第 1 組及び第 2 組の駆動駒 3 の先端部 3 a は、 180° の位相差を有する正弦波状の軌跡を描く。また、電源部 1 0 の第 3 端子と第 4 端子に発生する正弦波の電圧波形の位相差が 180° である場合、図 1 6 (c) 及び図 1 6 (d) に示すように、X 4 軸方向に駆動する第 1 組及び第 2 組の駆動駒 3 の先端部 3 a は、 180° の位相差を有する正弦波状の軌跡を描く。このとき、この駆動駒 3 の振動によって、ベース部 2 が共振するとともに、ベース部 2 の少なくとも一部が弾性変形する。本実施形態において、ベース部 2 に設けられ駆動駒 3 を支える支持部 2 f が変位する。

【 0 1 5 3 】

図 1 6 の A 点では、第 1 組の駆動駒 3 1 は Y 方向に正の変位をするのに対し、第 2 組の駆動駒 3 2 は Y 方向に負の変位をする。第 1 凸部 2 h に、せん断力が生じる結果、図 1 7 A に示すように、第 1 凸部 2 h は、このせん断力により、Y 方向にせん断変形する。第 1 組の駆動駒 3 1 を支える支持部 2 f は Y 方向に正の変位を生じ、第 2 組の駆動駒 3 2 を支える支持部 2 f は Y 方向に負の変位を生じる。

【 0 1 5 4 】

図 1 6 の B 点では、第 1 組の駆動駒 3 1 は Y 方向に負の変位をするのに対し、第 2 組の駆動駒 3 2 は Y 方向に正の変位をする。第 1 凸部 2 h に、せん断力が生じる結果、図 1 7 B に示すように、第 1 凸部 2 h は、このせん断力により、Y 方向にせん断変形する。第 1 組の駆動駒 3 1 を支える支持部 2 f は Y 方向に負の変位を生じ、第 2 組の駆動駒 3 2 を支える支持部 2 f は Y 方向に正の変位を生じる。

【 0 1 5 5 】

図 1 6 の C 点では、第 1 組の駆動駒 3 1 は X 4 方向に正の変位をするのに対し、第 2 組の駆動駒 3 2 は X 4 方向に負の変位をする。第 1 凸部 2 h に、圧縮力が生じる結果、図 1 7 C に示すように、第 1 凸部 2 h は、この圧縮力により、ロータの回転方向に圧縮変形する。第 1 組の駆動駒 3 1 を支える支持部 2 f は X 4 方向に正の変位を生じ、第 2 組の駆動駒 3 2 を支える支持部 2 f は X 4 方向に負の変位を生じる。

【 0 1 5 6 】

図 1 6 の D 点では、第 1 組の駆動駒 3 1 は X 4 方向に負の変位をするのに対し、第 2 組

の駆動駒 3 2 は X 4 方向に正の変位をする。第 1 凸部 2 h に、引張力が生じる結果、図 1 7 D に示すように、第 1 凸部 2 h は、この引張力により、ロータの回転方向に引張変形する。第 1 組の駆動駒 3 1 を支える支持部 2 f は X 4 方向に負の変位を生じ、第 2 組の駆動駒 3 2 を支える支持部 2 f は X 4 方向に正の変位を生じる。

【 0 1 5 7 】

ここでは、第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 の駆動による第 1 凸部 2 h の弾性変形とそれによる支持部 2 f の変位について説明したが、第 2 凸部 2 i も第 1 凸部 2 h と位相を 1 8 0 ° 異ならせて同様に変形する。

【 0 1 5 8 】

本実施形態において、第 1 凸部 2 h 及び第 2 凸部 2 i の弾性変形により、支持部 2 f は駆動駒の変位と同じ周期で変位する。駆動駒 3 の先端部 3 a の変位は、第 1 圧電素子 6 及び第 2 圧電素子 7 の厚み滑り変形による変位と支持部 2 f の変位を足し合わせたものとなる。

【 0 1 5 9 】

本実施形態において、第 1 圧電素子 6 および第 2 圧電素子 7 の厚み滑りによる変位に加え、ベース部 2 の弾性変形による変位を利用することで、駆動駒がより大きな振幅で駆動する。これにより、圧電アクチュエータの出力を増大させることができ、駆動に要する電圧を低電圧化することができる。さらに、ベース部 2 も含めた支持駆動部 1 a を共振させることで、ベース部に設けられた凸部の面内の曲げ及び面外の曲げによる振動を利用し、その効果を最大限に発揮させることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 6 0 】

- 1 圧電アクチュエータ
- 1 a 支持駆動部（構造体）
- 2 ベース部（第 4 の部材）
- 3 駆動駒
- 3 a 先端部（第 2 の部材）
- 3 b 基部（第 1 の部材）
- 4 ロータ（第 3 の部材）
- 5 支持軸（回転軸）
- 6 第 1 圧電素子
- 7 第 2 圧電素子
- 1 0 電源部
- 3 1 駆動駒（第 1 組）
- 3 1 a 先端部（第 1 組）
- 3 1 b 基部（第 1 組）
- 3 2 駆動駒（第 2 組）
- 3 2 a 先端部（第 2 組）
- 3 2 b 基部（第 2 組）
- 6 1 第 1 圧電素子（第 1 組）
- 6 2 第 1 圧電素子（第 2 組）
- 7 1 第 2 圧電素子（第 1 組）
- 7 2 第 2 圧電素子（第 2 組）
- 1 0 0 交換レンズ（レンズ鏡筒）
- R 回転方向

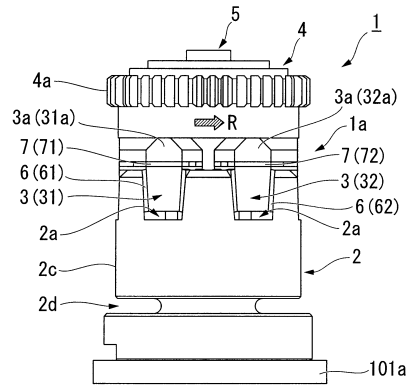
10

20

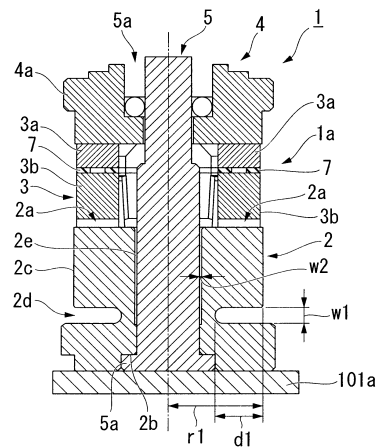
30

40

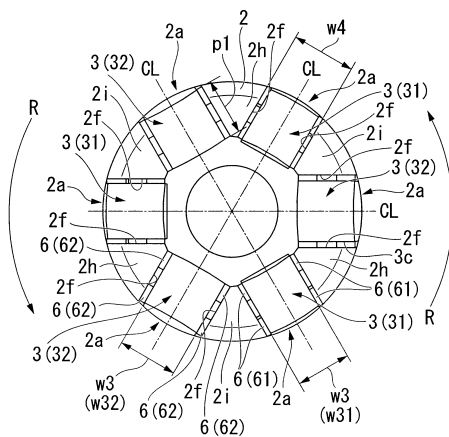
【図 1】



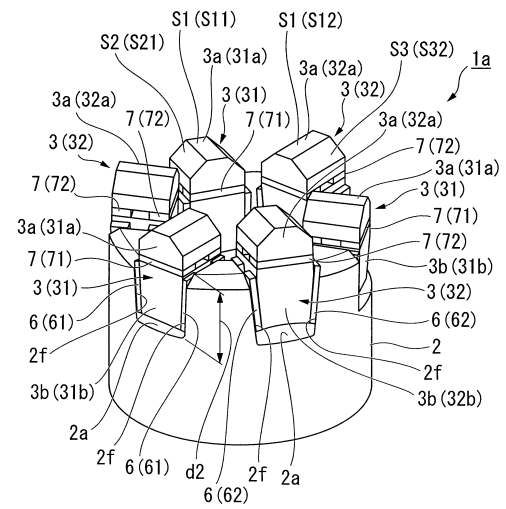
【図 2】



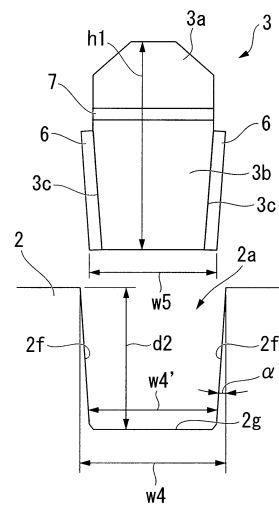
【図 4】



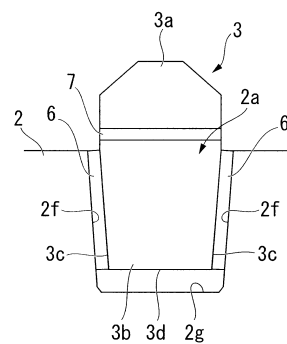
【図 3】



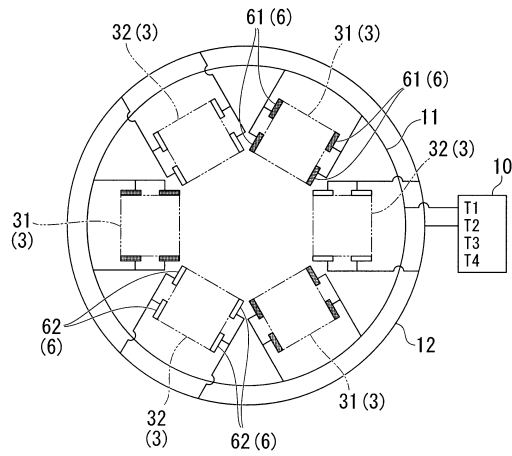
【図 5 A】



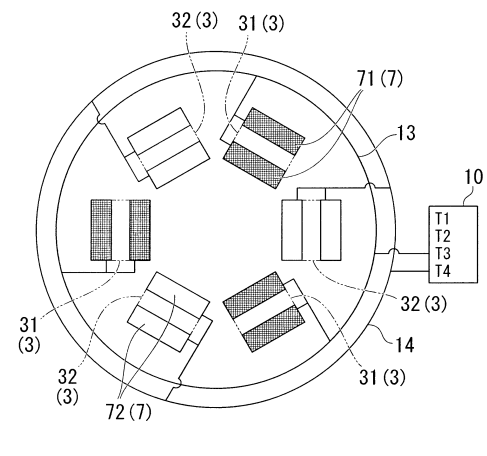
【図 5 B】



【図 6 A】



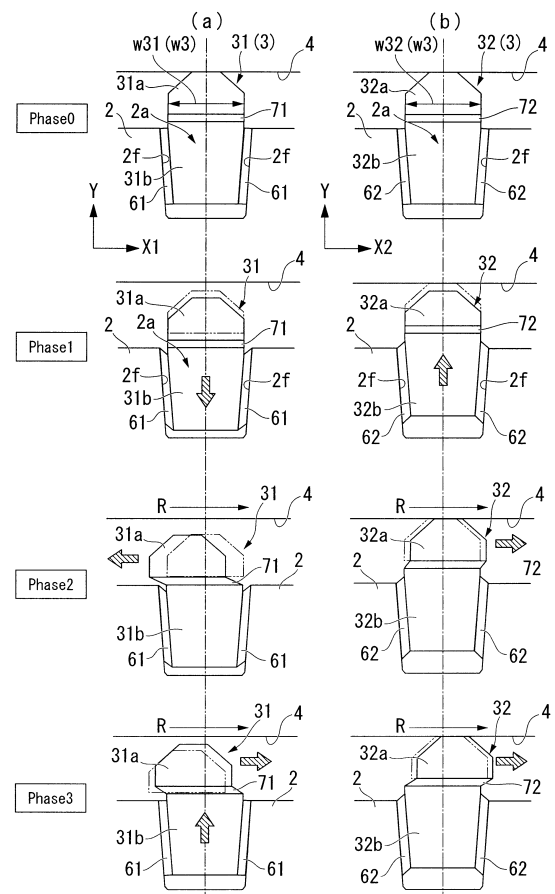
【図 6 B】



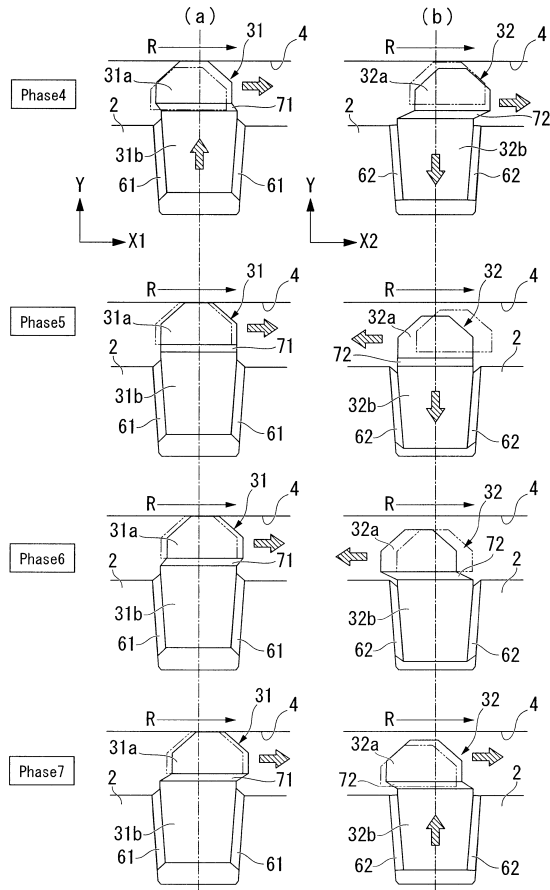
【図 7】

		Phase																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T1		0	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1
T2		0	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1
T3		0	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	-3
T4		0	0	1	2	3	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	-3	-2	-1	0	1

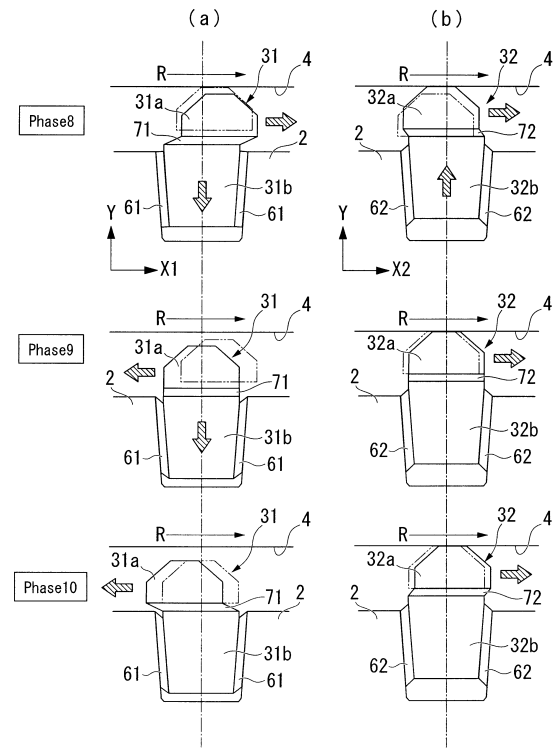
【図 8】



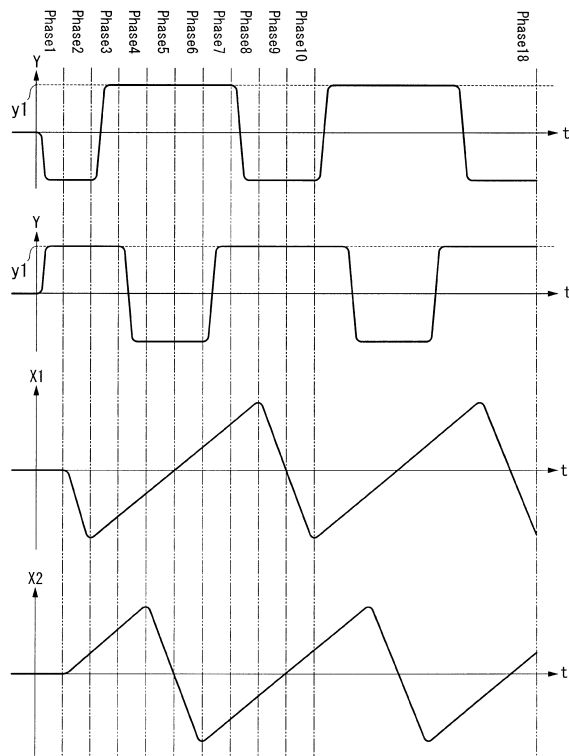
【図 9】



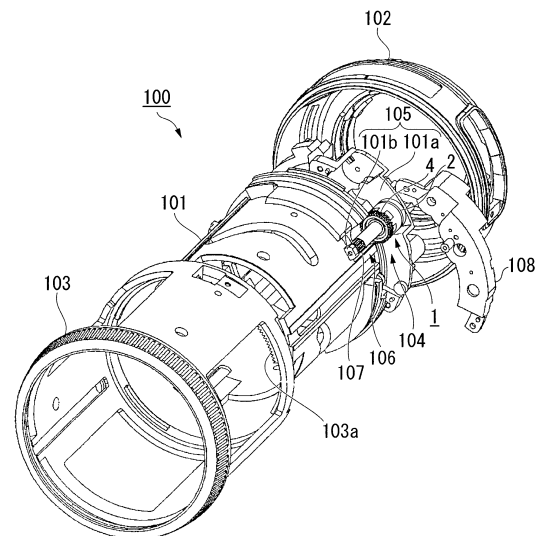
【図 10】



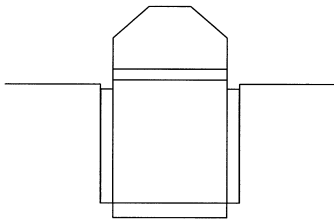
【図 11】



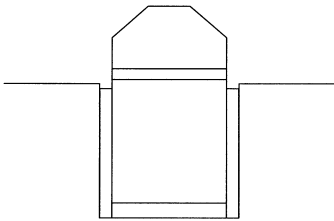
【図 12】



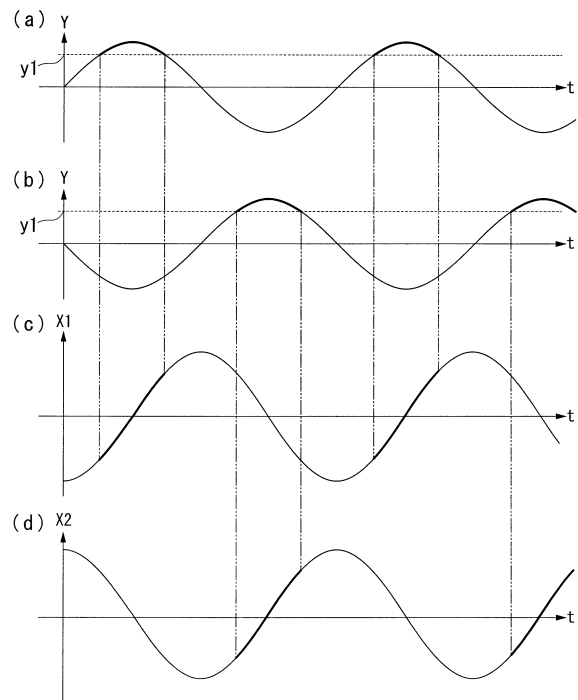
【図 13 A】



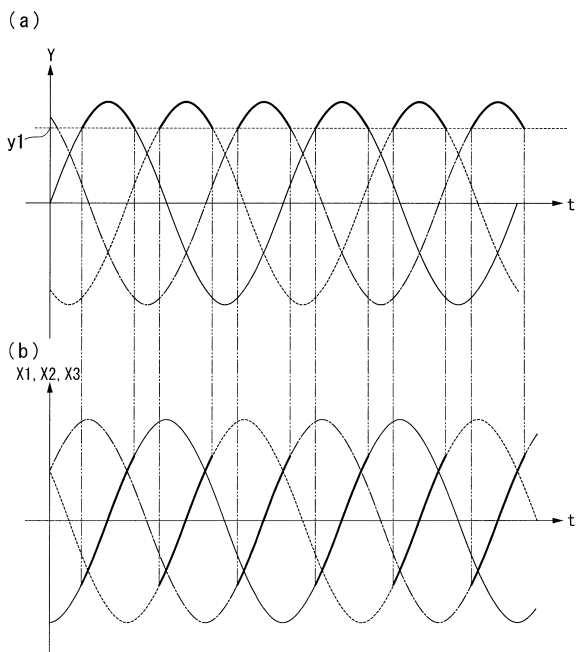
【図 13 B】



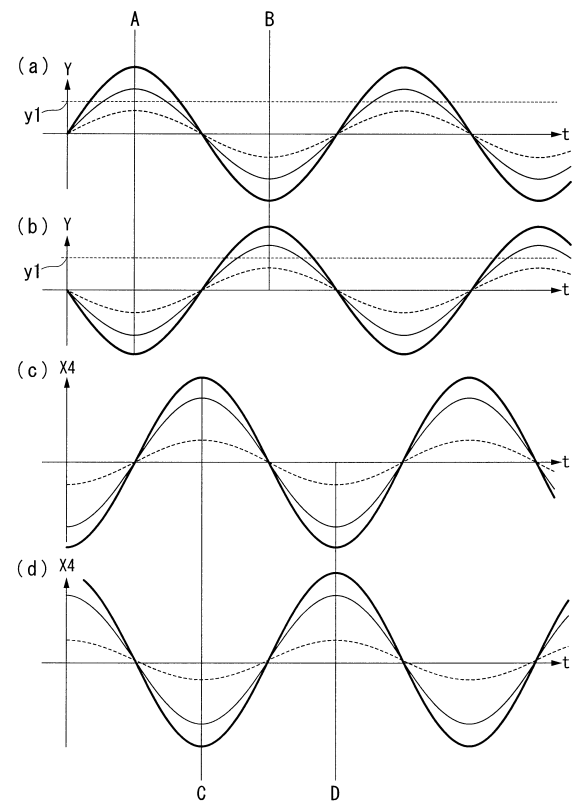
【図 14】



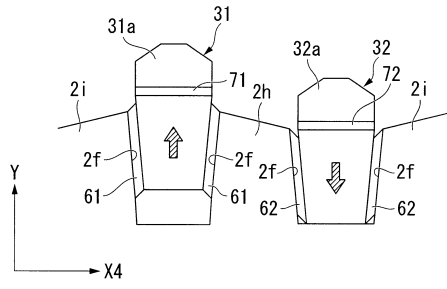
【図 15】



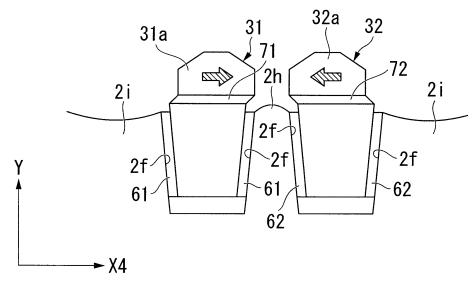
【図 16】



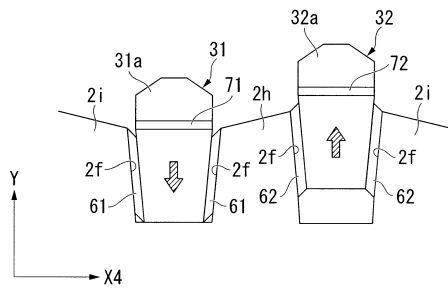
【図 17 A】



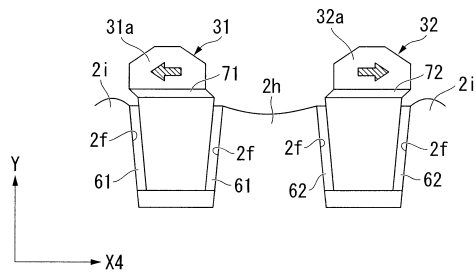
【図 17 C】



【図 17 B】



【図 17 D】



フロントページの続き

審査官 大山 広人

- (56)参考文献 特開平 0 2 - 0 8 7 9 8 1 (J P , A)
特開平 0 2 - 1 5 9 9 8 2 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 8 5 0 9 4 (J P , A)
特開昭 5 9 - 2 3 0 4 7 3 (J P , A)
特開平 0 1 - 2 6 4 5 8 2 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|---------|
| H 0 2 N | 2 / 0 0 |
| G 0 2 B | 7 / 0 4 |