

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4941469号

(P4941469)

(45) 発行日 平成24年5月30日(2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日(2012.3.9)

(51) Int.Cl. F 1
H 0 2 N 2/00 (2006.01) H 0 2 N 2/00 C

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-505113 (P2008-505113)	(73) 特許権者	000004112
(86) (22) 出願日	平成19年3月9日(2007.3.9)		株式会社ニコン
(86) 国際出願番号	PCT/JP2007/054677		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(87) 国際公開番号	W02007/105632	(74) 代理人	100092576
(87) 国際公開日	平成19年9月20日(2007.9.20)		弁理士 鎌田 久男
審査請求日	平成22年3月8日(2010.3.8)	(72) 発明者	芦沢 隆利
(31) 優先権主張番号	特願2006-67233 (P2006-67233)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
(32) 優先日	平成18年3月13日(2006.3.13)		式会社ニコン内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		審査官	牧 初
		(56) 参考文献	特開2000-278970(JP, A)
			)
			特開2004-187465(JP, A)
			)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動アクチュエータ、レンズ鏡筒、カメラシステム、振動子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

駆動信号により振動する振動子と、
前記振動により、前記振動子に対して相対運動を行う相対運動部材と、
を備えた振動アクチュエータであって、
前記振動子は、前記相対運動部材の駆動に用いる第1の振動モードと、
前記第1の振動モードとは異なる振動モードである第2の振動モードとで振動可能であり、

前記第2の振動モードの共振周波数は、前記振動子を前記第1の振動モードで駆動するための前記駆動信号の駆動周波数の高調波の周波数と一致しないこと、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項2】

請求項1に記載の振動アクチュエータであって、
前記第2の振動モードの共振周波数は、前記相対運動部材の駆動に用いる駆動周波数領域内で前記駆動周波数を変化させたときに、前記高調波の周波数が変化する領域に重ならないこと、

を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項3】

請求項1又は請求項2に記載の振動アクチュエータであって、

$$f_{r2} \div m - f_{r1} \geq |f_{r3} - f_{r1}| \times 0.4$$

(ただし、 f_{r1} は前記第1の振動モードの共振周波数、 f_{r2} は前記第2の振動モードの共振周波数、 f_{r3} は前記 f_{r1} の高周波側又は低周波側に隣接して前記振動子が有する前記第1の振動モードの共振周波数、 m は任意の整数である)

の関係を満たすこと、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項4】

請求項3に記載の振動アクチュエータにおいて、
 $m=2$ であること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項5】

請求項3又は請求項4に記載の振動アクチュエータにおいて、
 $f_{r2} \div m - f_{r1} \geq 10$ (単位: kHz)
の関係を満たすこと、
を特徴とする振動アクチュエータ。

10

【請求項6】

請求項1から請求項5までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記第2の振動モードは、前記第1の振動モードと次数が同じであること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項7】

請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記駆動信号は、非対称波形であること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

20

【請求項8】

請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータであって、
前記駆動信号は、非対称波形であり、
前記第2の振動モードの共振周波数は、前記駆動周波数の整数倍の高調波の周波数と一致しないこと、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項9】

請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータであって、
前記駆動信号は、対称波形であり、
前記第2の振動モードは、前記駆動周波数の奇数倍の高調波の周波数と一致しないこと、
を特徴とする振動アクチュエータ。

30

【請求項10】

請求項1から請求項9までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記振動子は、略円環形状であり、
前記第1の振動モードは、曲げ振動であり、
前記第2の振動モードは、ねじり振動であること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

40

【請求項11】

請求項1から請求項9までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記振動子は、略円環形状であり、内径側に突出した鏑状のフランジ部を有すること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項12】

請求項1から請求項11までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記第1の振動モードの共振周波数と前記第2の振動モードの共振周波数との差を調整する周波数特性調整部を有すること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項13】

50

請求項 1 1 に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記振動子は、弾性体と前記弾性体に接合させた電気機械変換素子とを有し、前記周波数特性調整部は、前記弾性体に設けられていること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記周波数特性調整部は、前記弾性体の前記電気機械変換素子との接合面に対して突出して設けられていること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記周波数特性調整部は、前記振動子に設けられ、前記振動子が前記相對運動部材と接触する接触面を含む平面と平行な方向に設けられている部分であること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項 1 6】

請求項 1 2 から請求項 1 5 までのいずれか 1 項に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記周波数特性調整部は、前記振動子の前記第 1 の振動モードの中立位置に近い位置に設けられること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項 1 7】

請求項 1 2 から請求項 1 6 までのいずれか 1 項に記載の振動アクチュエータにおいて、
前記周波数特性調整部は、前記振動子の前記第 2 の振動モードの中立位置から離れた位置に設けられること、
を特徴とする振動アクチュエータ。

【請求項 1 8】

請求項 1 から請求項 1 7 までのいずれか 1 項に記載の振動アクチュエータを備えたレンズ鏡筒。

【請求項 1 9】

請求項 1 から請求項 1 7 までのいずれか 1 項に記載の振動アクチュエータを備えたカメラシステム。

【請求項 2 0】

振動アクチュエータに用いられる振動子であって、
前記振動アクチュエータの駆動に用いる第 1 の振動モードと、前記第 1 の振動モードとは異なる振動モードである第 2 の振動モードと、で振動可能であり、

$$f_{r2} \div m - f_{r1} \geq |f_{r3} - f_{r1}| \times 0.4$$

(ただし、 f_{r1} は前記第 1 の振動モードの共振周波数、 f_{r2} は前記第 2 の振動モードの共振周波数、 f_{r3} は前記 f_{r1} の高周波側又は低周波側に隣接して前記振動子が有する前記第 1 の振動モードの共振周波数、 m は任意の整数である)

の関係を満たすこと、

を特徴とする振動子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、駆動信号により振動する振動子によって相對運動部材を駆動し、駆動力を取り出す振動アクチュエータ、レンズ鏡筒、カメラシステム、振動子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

このような振動アクチュエータは、例えば、カメラの交換レンズ等に備えられ、オートフォーカスレンズを駆動する駆動モータとして実用化されている。しかし、振動アクチュエータを駆動するための駆動信号は、駆動信号を供給する回路を実装するスペースが限られ

10

20

30

40

50

ているため、特許文献1に示すように、理想的な正弦波で与えることが困難であった。そのため、安定して駆動できない場合があった。

【特許文献1】特開平9-163767号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の課題は、安定して駆動できる振動アクチュエータ、レンズ鏡筒、カメラシステム、振動子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、以下のような解決手段により、前記課題を解決する。なお、理解を容易にするために、本発明の実施例に対応する符号を付して説明するが、これに限定されるものではない。

請求項1の発明は、駆動信号により振動する振動子(11, 11A, 11B)と、前記振動により、前記振動子に対して相対運動を行う相対運動部材(15)と、を備えた振動アクチュエータであって、前記振動子は、前記相対運動部材の駆動に用いる第1の振動モードと、前記第1の振動モードとは異なる振動モードである第2の振動モードとで振動可能であり、前記第2の振動モードの共振周波数は、前記振動子を前記第1の振動モードで駆動するための前記駆動信号の駆動周波数の高調波の周波数と一致しないこと、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項2の発明は、請求項1に記載の振動アクチュエータであって、前記第2の振動モードの共振周波数は、前記相対運動部材(15)の駆動に用いる駆動周波数領域内で前記駆動周波数を変化させたときに、前記高調波の周波数が変化する領域に重ならないこと、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項3の発明は、請求項1又は請求項2に記載の振動アクチュエータであって、 $f_{r2} \div m - f_{r1} \geq |f_{r3} - f_{r1}| \times 0.4$ (ただし、 f_{r1} は前記第1の振動モードの共振周波数、 f_{r2} は前記第2の振動モードの共振周波数、 f_{r3} は前記 f_{r1} の高周波側又は低周波側に隣接して前記振動子が有する前記第1の振動モードの共振周波数、 m は任意の整数である)

の関係を満たすこと、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項4の発明は、請求項3に記載の振動アクチュエータにおいて、 $m=2$ であること、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項5の発明は、請求項3又は請求項4に記載の振動アクチュエータにおいて、 $f_{r2} \div m - f_{r1} \geq 10$ (単位: kHz) の関係を満たすこと、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項6の発明は、請求項1から請求項5までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータにおいて、前記第2の振動モードは、前記第1の振動モードと次数が同じであること、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項7の発明は、請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータにおいて、前記駆動信号は、非対称波形であること、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項8の発明は、請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータであって、前記駆動信号は、非対称波形であり、前記第2の振動モードの共振周波数は、前記駆動周波数の整数倍の高調波の周波数と一致しないこと、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項9の発明は、請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の振動アクチュエータであって、前記駆動信号は、対称波形であり、前記第2の振動モードは、前記駆動周波数の奇数倍の高調波の周波数と一致しないこと、を特徴とする振動アクチュエータ(10)である。

請求項10の発明は、請求項1から請求項9までのいずれか1項に記載の振動アクチュ

10

20

30

40

50

エータにおいて、前記振動子（１１，１１Ａ，１１Ｂ）は、略円環形状であり、前記第１の振動モードは、曲げ振動であり、前記第２の振動モードは、ねじり振動であること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

請求項１１の発明は、請求項１から請求項９までのいずれか１項に記載の振動アクチュエータにおいて、前記振動子（１１，１１Ａ，１１Ｂ）は、略円環形状であり、内径側に突出した鏢状のフランジ部（１２ｃ）を有すること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

請求項１２の発明は、請求項１から請求項１１までのいずれか１項に記載の振動アクチュエータにおいて、前記第１の振動モードの共振周波数と前記第２の振動モードの共振周波数との差を調整する周波数特性調整部（１２ｄ，１２ｅ，１２ｆ）を有すること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

10

請求項１３の発明は、請求項１１に記載の振動アクチュエータにおいて、前記振動子（１１，１１Ａ，１１Ｂ）は、弾性体（１２，１２Ａ，１２Ｂ）と前記弾性体に接合させた電気機械変換素子（１３）とを有し、前記周波数特性調整部（１２ｄ，１２ｅ，１２ｆ）は、前記弾性体に設けられていること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

請求項１４の発明は、請求項１３に記載の振動アクチュエータにおいて、前記周波数特性調整部（１２ｄ，１２ｅ，１２ｆ）は、前記弾性体（１２，１２Ａ，１２Ｂ）の前記電気機械変換素子（１３）との接合面に対して突出して設けられていること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

20

請求項１５の発明は、請求項１２に記載の振動アクチュエータにおいて、前記周波数特性調整部（１２ｄ，１２ｅ，１２ｆ）は、前記振動子（１１，１１Ａ，１１Ｂ）に設けられ、前記振動子が前記相對運動部材（１５）と接触する接触面を含む平面と平行な方向に設けられている部分であること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

請求項１６の発明は、請求項１２から請求項１５までのいずれか１項に記載の振動アクチュエータにおいて、前記周波数特性調整部（１２ｄ，１２ｅ，１２ｆ）は、前記振動子（１１，１１Ａ，１１Ｂ）の前記第１の振動モードの中立位置に近い位置に設けられること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

請求項１７の発明は、請求項１２から請求項１６までのいずれか１項に記載の振動アクチュエータにおいて、前記周波数特性調整部（１２ｄ，１２ｅ，１２ｆ）は、前記振動子（１１，１１Ａ，１１Ｂ）の前記第２の振動モードの中立位置から離れた位置に設けられること、を特徴とする振動アクチュエータ（１０）である。

30

請求項１８の発明は、請求項１から請求項１７までのいずれか１項に記載の振動アクチュエータ（１０）を備えたレンズ鏡筒（３）である。

請求項１９の発明は、請求項１から請求項１７までのいずれか１項に記載の振動アクチュエータ（１０）を備えたカメラシステム（１）である。

請求項２０の発明は、振動アクチュエータ（１０）に用いられる振動子であって、前記振動アクチュエータの駆動に用いる第１の振動モードと、前記第１の振動モードとは異なる振動モードである第２の振動モードと、で振動可能であり、 $f_{r2} \div m - f_{r1} \geq |f_{r3} - f_{r1}| \times 0.4$ （ただし、 f_{r1} は前記第１の振動モードの共振周波数、 f_{r2} は前記第２の振動モードの共振周波数、 f_{r3} は前記 f_{r1} の高周波側又は低周波側に隣接して前記振動子が有する前記第１の振動モードの共振周波数、 m は任意の整数である）の関係を満たすこと、を特徴とする振動子（１１，１１Ａ，１１Ｂ）である。

40

なお、符号を付して説明した構成は、適宜改良してもよく、また、少なくとも一部を他の構成物に代替してもよい。

【発明の効果】

【０００５】

本発明によれば、安定して駆動できる振動アクチュエータを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【０００６】

50

【図１】本実施例のカメラシステム１を説明する図である。

【図２】本実施例の超音波モータ１０の断面図である。

【図３】本実施例の超音波モータ１０の駆動装置１００を説明するブロック図である。

【図４】本実施例の超音波モータ１０に用いられる駆動信号の波形を示す図である。

【図５】本実施例の振動子１１、１１Ａ、１１Ｂと、比較例の振動子５１との断面形状を比較した図である。

【図６】振動子の固有振動モードを説明する図である。

【図７】移動子の回転速度と駆動周波数との関係を示す図である。

【図８】駆動信号の波形と高調波の関係を示す図である。

【符号の説明】

10

【０００７】

１：カメラシステム、３：レンズ鏡筒、１０：超音波モータ、１１、１１Ａ、１１Ｂ：振動子、１２ｄ、１２ｅ、１２ｆ：凸部、１５：相對運動部材

【発明を実施するための形態】

【０００８】

駆動に用いる第１の振動モードとは異なる第２の振動モードの共振周波数が、駆動信号の駆動周波数の高調波の周波数と一致しないようにした。

【実施例】

【０００９】

以下、振動アクチュエータの実施例について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。なお、本実施例では、振動アクチュエータとして、超音波の振動域を利用した超音波モータを例にとって説明する。

20

図１は、本実施例のカメラシステム１を説明する図である。

本実施例のカメラシステム１は、撮像素子８を有するカメラボディ２と、レンズ７を有するレンズ鏡筒３とを備えている。レンズ鏡筒３は、カメラボディ２に着脱可能な交換レンズである。なお、本実施例では、レンズ鏡筒３は、交換レンズである例を示したが、これに限らず、例えば、カメラボディと一体型のレンズ鏡筒としてもよい。

【００１０】

レンズ鏡筒３は、レンズ７、カム筒６、ギア４、５、超音波モータ１０等を備えている。本実施例では、超音波モータ１０は、カメラシステム１のフォーカス動作時にレンズ７を駆動する駆動源として用いられており、超音波モータ１０から得られた駆動力は、ギア４、５を介してカム筒６に伝えられる。レンズ７は、カム筒６に保持されており、超音波モータ１０の駆動力により、光軸方向へ移動して、焦点調節を行うフォーカスレンズである。

30

【００１１】

図２は、本実施例の超音波モータ１０の断面図である。

本実施例の超音波モータ１０は、振動子１１、移動子１５、出力軸１８、加圧部材１９等を備え、振動子１１側を固定とし、移動子１５を回転駆動する形態となっている。

振動子１１は、弾性体１２と、弾性体１２に接合された圧電体１３とを有する略円環形状の部材である。

40

弾性体１２は、共振先鋭度が大きな金属材料によって形成され、その形状は、略円環形状である。この弾性体１２は、櫛歯部１２ａ、ベース部１２ｂ、フランジ部１２ｃ、凸部１２ｄを有する。

櫛歯部１２ａは、圧電体１３が接合される面とは反対側の面に、複数の溝を切って形成され、この櫛歯部１２ａの先端面は、移動子１５に加圧接触され、移動子１５を駆動する駆動面となる。この駆動面には、Ni-P（ニッケル－リン）メッキ等の潤滑性の表面処理が施されている。櫛歯部１２ａを設ける理由は、圧電体１３の伸縮により駆動面に生じる進行性振動波（以下、進行波とする）の中立面をできる限り圧電体１３側へ近づけ、これにより駆動面の進行波の振幅を増幅させるためである。

【００１２】

50

ベース部 1 2 b は、弾性体 1 2 の周方向に連続した部分であり、ベース部 1 2 b の櫛歯部 1 2 a とは反対側の面に、圧電体 1 3 が接合されている。

凸部 1 2 d は、ベース部 1 2 b の内径側であり、かつ、後述のフランジ部 1 2 c よりも圧電体 1 3 側に設けられている。本実施例では、圧電体 1 3 を接合する際の位置決めが容易となるように、圧電体 1 3 の接合面よりわずかに突出して形成されている。この凸部 1 2 d の詳細については後述する。

フランジ部 1 2 c は、凸部 1 2 d よりも内径側に設けられ、弾性体 1 2 の内径方向に突出した錨状の部分であり、ベース部 1 2 b の厚さ方向の中央に配置されている。このフランジ部 1 2 c により、振動子 1 1 は、固定部材 1 6 に固定されている。

【0013】

圧電体 1 3 は、電気エネルギーを機械エネルギーに変換する電気機械変換素子であり、例えば、圧電素子や電歪素子等が用いられる。圧電体 1 3 は、弾性体 1 2 の周方向に沿って 2 つの相（A 相、B 相）の電気信号が入力される範囲に分かれている。各相には、 $1/2$ 波長毎に分極が交互となった要素が並べられており、A 相と B 相との間には $1/4$ 波長分間隔があくようにしてある。

フレキシブルプリント基板 1 4 は、その配線が圧電体 1 3 の各相の電極に接続されており、後述の増幅部 1 0 4、1 0 5 からこのフレキシブルプリント基板 1 4 に供給された駆動信号によって、圧電体 1 3 が伸縮する。

振動子 1 1 には、この圧電体 1 3 の伸縮により、弾性体 1 2 の駆動面に進行波が発生する。本実施例では、4 波の進行波が発生している。

【0014】

移動子 1 5 は、アルミニウム等の軽金属によって形成され、弾性体 1 2 の駆動面に生じる進行波によって回転駆動される部材である。移動子 1 5 は、振動子 1 1（弾性体 1 2 の駆動面）と接触する面の表面に、耐磨耗性向上のためのアルマイト等の表面処理が施されている。

【0015】

出力軸 1 8 は、略円柱形状の部材である。出力軸 1 8 は、一方の端部がゴム部材 2 3 を介して移動子 1 5 に接しており、移動子 1 5 と一体に回転する様に設けられている。

ゴム部材 2 3 は、ゴムにより形成された略円環形状の部材である。このゴム部材 2 3 は、ゴムによる粘弾性で移動子 1 5 と出力軸 1 8 とを一体に回転可能とする機能と、移動子 1 5 からの振動を出力軸 1 8 へ伝えないように振動を吸収する機能とを有しており、ブチルゴム、シリコンゴム、プロピレンゴム等が用いられている。

【0016】

加圧部材 1 9 は、振動子 1 1 と移動子 1 5 とを加圧接触させる加圧力を発生する部材であり、ギア部材 2 0 とベアリング受け部材 2 1 との間に設けられている。本実施例では、加圧部材 1 9 は、圧縮コイルバネを用いているが、これに限定されるものではない。

ギア部材 2 0 は、出力軸 1 8 の D カットに嵌まるように挿入され、E リング等のストッパ 2 2 で固定され、回転方向及び軸方向に出力軸 1 8 と一体となるように設けられている。ギア部材 2 0 は、出力軸 1 8 の回転とともに回転することにより、ギア 4（図 1 参照）に駆動力を伝達する。

また、ベアリング受け部材 2 1 は、ベアリング 1 7 の内径側に配置され、ベアリング 1 7 は、固定部材 1 6 の内径側に配置された構造となっている。

加圧部材 1 9 は、振動子 1 1 を移動子 1 5 側へ、出力軸 1 8 の軸方向に加圧しており、この加圧力によって、移動子 1 5 は、振動子 1 1 の駆動面に加圧接触し、回転駆動される。なお、加圧部材 1 9 とベアリング受け部材 2 1 との間には、加圧力調整ワッシャーを設けて、超音波モータ 1 0 の駆動に適正な加圧力が得られるようにしてもよい。

【0017】

図 3 は、本実施例の超音波モータ 1 0 の駆動装置 1 0 0 を説明するブロック図である。

発振部 1 0 1 は、制御部 1 0 2 の指令により所望の周波数の駆動信号を発生する部分である。

10

20

30

40

50

移相部 103 は、発振部 101 で発生した駆動信号を、 90° 位相の異なる 2 つの駆動信号に分ける部分である。

増幅部 104, 105 は、移相部 103 によって分けられた 2 つの駆動信号を、それぞれ所望の電圧に昇圧する部分である。

【0018】

図 4 は、本実施例の超音波モータ 10 に用いられる駆動信号の波形を示す図である。

図 4 は、増幅部 104, 105 から超音波モータ 10 へと出力される駆動信号であり、図 4 に示すように、 90° 位相の異なる 2 つの信号の波形は、電位ゼロを基準としたとき、電位のプラス方向とマイナス方向とでは非対称である非対称波形となっている。

増幅部 104, 105 からの駆動信号は、図 3 に示すように、超音波モータ 10 に伝達され、この駆動信号の印加により振動子 11 に進行波が発生し、移動子 15 が駆動される。

【0019】

検出部 106 は、光学式エンコーダや磁気エンコーダ等により構成され、移動子 15 の駆動によって駆動されたレンズ 7 の位置や速度を検出する部分である。本実施例では、カム筒 6 の位置や速度を検出することにより、レンズ 7 の位置や速度を検出している。

制御部 102 は、カメラボディ 2 に設けられた不図示の CPU からの駆動指令を基に、超音波モータ 10 の駆動を制御する部分である。制御部 102 は、検出部 106 からの検出信号を受け、その値を基に、位置情報と速度情報を得て、目標位置に位置決めされるように発振部 101 が発生する駆動信号の駆動周波数を制御する。

【0020】

本実施例の構成によれば、超音波モータ 10 の駆動装置 100 は、以下のように動作する。

まず、制御部 102 に目標位置が伝達される。発振部 101 からは、駆動信号が発生し、その信号から、移相部 103 により 90° 位相の異なる 2 つの駆動信号が生成され、増幅部 104, 105 により所望の電圧に増幅される。

駆動信号は、超音波モータ 10 の圧電体 13 に印加され、圧電体 13 が励振され、その励振によって、弾性体 12 には、4 次の曲げ振動が発生する。圧電体 13 は、A 相と B 相とに分けられており、駆動信号は、それぞれ A 相と B 相とに印加される。A 相から発生する 4 次曲げ振動と B 相から発生する 4 次曲げ振動とは、位置的な位相が $1/4$ 波長ずれるようになり、また、A 相駆動信号と B 相駆動信号とは、 90° 位相がずれているため（図 4 参照）、2 つの曲げ振動は、合成され、4 波の進行波となる。

【0021】

進行波の波頭には、楕円運動が生じている。従って、弾性体 12 の駆動面に加圧接触された移動子 15 は、この楕円運動によって摩擦駆動される。

光学式エンコーダ等の検出部 106 は、移動子 15 の駆動により駆動されたカム筒 6 の位置や速度を検出し、電気パルスとして、制御部 102 に伝達される。制御部 102 は、この信号を基に、レンズ 7 の現在の位置と現在の速度とを得ることが可能となり、発振部 101 が発生する駆動周波数は、これらの位置情報、速度情報及び目標位置情報を基に制御される。

【0022】

ここで、本実施例の超音波モータ 10 の凸部 12d を設けた理由を説明するために、凸部 12d の設けられていない振動子と、その振動子を用いた超音波モータを比較例として挙げ、本実施例と比較して説明する。

図 5 は、本実施例の振動子 11 と、比較例の振動子 51 との断面形状を比較した図である。図 5 (a) は、比較例の振動子 51 を示す断面図であり、図 5 (b) は、本実施例の振動子 11 を示す断面図である。図 5 (c)、図 5 (d) は、他の実施例の振動子 11A、11B を示す断面図である。以下、図 5 (a) の比較例の振動子 51 と図 5 (b) の振動子 11 について説明する。

振動子 51 は、略円環形状の弾性体 52 と、弾性体 52 に接合された圧電体 13 を有し

10

20

30

40

50

、圧電体 1 3 には、フレキシブルプリント基板 1 4 が接続されている。弾性体 5 2 は、櫛歯部 5 2 a、ベース部 5 2 b、フランジ部 5 2 c を有する。

比較例の振動子 5 1 は、本実施例の振動子 1 1 と略同様の形状であり、本実施例の超音波モータ 1 0 と同一の駆動信号で駆動される同様の超音波モータに用いられているが、弾性体 5 2 に凸部が形成されていない点が本実施例の振動子 1 1 とは異なる。よって、同様の機能を有する部分には同一の符号又は末尾に同一の符号を付し、重複する説明は適宜省略する。

【0023】

図 6 は、振動子の固有振動モードを説明する図である。図 6 (a) は、比較例の振動子 5 1 の固有振動モードを示し、図 6 (b) は、本実施例の振動子 1 1 の固有振動モードを示す。図 6 において、縦軸は、インピーダンスの絶対値であり、横軸は、周波数である。

10

比較例の振動子 5 1 は、図 6 に示すように、共振周波数が 6 5 k H z の振動モード A 1 を有する。この振動モード A 1 は、移動子を駆動する方向、すなわち弾性体 5 2 の円周方向に屈曲の山及び谷が並ぶ屈曲振動であって、弾性体 5 2 中に 4 つの同一周期の振動が生じる 4 次の曲げ振動である。

また、比較例の振動子 5 1 は、この振動モード A 1 の共振周波数の約 2 倍に相当する周波数域に、振動モード A 1 とは異なる振動モードである振動モード B 1 を有している。この振動モード B 1 は、4 次のねじり振動であり、その共振周波数は、1 3 9 k H z である。この 4 次のねじり振動とは、弾性体 5 2 と同心であり、弾性体 5 2 の半径方向の幅の略中心位置を通り、かつ、前述の 4 次の曲げ振動の中立面付近を通る仮想円をねじり中心として振動するねじり振動であって、弾性体 5 2 中に 4 つの振動が生じている。

20

【0024】

超音波モータでは、駆動に用いる振動モードの共振周波数より高周波数側又は低周波数側の所定の周波数領域を、駆動に用いる駆動周波数の領域（以下、駆動帯域とする）として駆動信号に使用する。駆動帯域として駆動周波数に幅を持たせる理由は、駆動周波数を駆動帯域内で変化可能とすることにより、移動子の回転速度を変化させ、超音波モータの制御を可能にするためである。

本実施例の超音波モータ 1 0 及び比較例 5 1 の振動子を用いた超音波モータでは、駆動に用いる振動モードの共振周波数の高周波数側を、駆動帯域として使用する。

【0025】

30

図 7 は、移動子の回転速度と駆動周波数との関係を示す図である。図 7 (a) は、比較例の振動子 5 1 を用いた超音波モータの例であり、図 7 (b) は、本実施例の振動子 1 1 を用いた超音波モータ 1 0 の例である。図 7 において、縦軸は、移動子の回転速度であり、横軸は、駆動周波数である。

比較例の振動子 5 1 を振動モード A 1 で振動させるために、本実施例と同一の非対称波形の駆動信号を印加し、駆動に必要な駆動帯域内で駆動信号を周波数掃引した場合、図 7 (a) 中に示すように、回転速度が急激に変化する周波数領域（以下、不連続領域とする）D 1 が生じた。このような不連続領域 D 1 が駆動帯域内に生じると、超音波モータの駆動は不安定となり、その制御も困難である。

【0026】

40

ここで、不連続領域 D 1 が生じる原因を説明するために、超音波モータの駆動に用いられる駆動信号について説明する。

一般的に、超音波モータを駆動する駆動信号には、正弦波を用いることが理想的である。駆動信号が正弦波である場合、この駆動信号を周波数分析すると、1 つの周波数しか周波数が検出されない。そのため、正弦波の駆動信号を超音波モータに印加すると、超音波モータの振動子には、駆動信号の駆動周波数と近い周波数の共振周波数を持つ振動モードの振動のみが発生するため、超音波モータの駆動が安定しており、制御も行い易い。

【0027】

しかし、交換レンズやカメラシステム等に超音波モータを搭載する場合、駆動回路等の実装スペースが限られているため、駆動信号を理想的な正弦波として超音波モータに印加

50

することが難しい。そのため、駆動信号は、矩形波等の対称波形、又は、図4に示すような非対称波形等の波形が用いられている。

図8は、駆動信号の波形と高調波の関係を示す図である。図8において、縦軸は、ゲインであり、横軸は、周波数であり、図8(a)は、駆動信号の波形が対称波形(例えば、矩形波)である場合を示し、図8(b)は、駆動信号の波形が非対称波形である場合を示している。

例えば、駆動信号の波形が矩形波、のこぎり波等の電位ゼロを中心とした対称波形の場合、この駆動信号を周波数分析すると、図8(a)に示すように、駆動周波数(駆動に用いる周波数であり、図8(a)では、70kHz)以外に、駆動周波数の3倍の高調波の周波数(210kHz)、駆動周波数の5倍の高調波の周波数(350kHz)等と、周波数の値が駆動周波数の奇数倍の高調波が検出される。

10

【0028】

また、駆動信号の波形が電位ゼロを中心とした非対称波形の場合、この駆動信号を周波数分析すると、図8(b)に示すように、駆動周波数(図8(b)では、70kHz)以外に、駆動周波数の2倍の高調波の周波数(140kHz)、駆動周波数の3倍の高調波の周波数(210kHz)等と、周波数の値が駆動周波数の整数倍の高調波が検出される。

つまり、対称波形の駆動信号は、駆動周波数の他に、駆動周波数の奇数倍の高調波の周波数を含んでおり、非対称波形の駆動信号は、駆動周波数の他に、駆動周波数の整数倍の高調波の周波数を含んでいる。

20

【0029】

そのため、超音波モータに印加する駆動信号が矩形波、のこぎり波等の対称波形である場合に、振動子が、駆動に用いる振動モードの他に、駆動周波数の奇数倍の高調波の周波数に近い共振周波数を持つ振動モードを有すると、駆動信号に含まれる駆動周波数の高調波によって、駆動に用いる振動モードに加え、駆動周波数の奇数倍の高調波の周波数に近い共振周波数の振動モードも励起される。

また、超音波モータに印加する駆動信号が非対称波形である場合に、振動子が、駆動に用いる振動モードの他に、駆動周波数の整数倍の高調波の周波数に近い共振周波数を持つ振動モードを有すると、駆動信号に含まれる駆動周波数の高調波によって、駆動に用いる振動モードに加え、整数倍の高調波の周波数に近い共振周波数の振動モードも励起される。

30

【0030】

従って、矩形波、のこぎり波等の対称波形や非対称波形の駆動信号を用いて超音波モータを駆動するとき、駆動信号に含まれる高調波の周波数と、超音波モータの駆動に用いない振動モードの共振周波数とが近い値であると、駆動に用いる振動以外に、駆動に用いない不要な振動も発生して重なり合い、進行波が乱れ、超音波モータの駆動不良が生じる場合がある。

【0031】

上記比較例の場合についてみると、比較例の振動子51を用いた超音波モータに印加する非対称波形の駆動信号には、振動モードB1(図6(a)参照)の共振周波数(139kHz)に近い、駆動周波数(70kHz)の2倍の高調波の周波数(140kHz)が含まれている(図8(b)参照)。そのため、駆動帯域内で駆動信号を周波数掃引すると、駆動周波数の2倍の高調波によって駆動に用いない振動モードB1が励起され、振動子51の進行波から移動子への駆動力の伝播を阻害して、図7(a)に示すような不連続領域D1が発生し、駆動が安定しない。

40

【0032】

一方、本実施例の超音波モータ10の振動子11では、図5(b)に示すように、振動子11の弾性体12に凸部12dを設けてある。この振動子11は、図6(b)に示すように、振動モードA2と振動モードB2とを有する。

振動モードA2は、振動モードA1と同様の4次の曲げ振動であり、その共振周波数は

50

、67kHzである。また、振動モードB2は、振動モードB1と同様の4次のねじり振動であり、その共振周波数は、161kHzである。

この振動子11を振動モードA2で振動させるために、非対称波形の駆動信号を超音波モータ10に印加し、駆動に必要な駆動帯域内で駆動信号を周波数掃引したところ、図7(b)に示すように、駆動帯域内には不連続領域は生じず、超音波モータ10は、安定した駆動が得られた。

【0033】

これは、凸部12dを設けたことにより、図6(b)に示すように、振動モードB2の共振周波数が、凸部12dを設けない比較例よりも高周波数側へ移動したためである。

凸部12dは、弾性体12の内径側であり、弾性体12の厚みの中央よりも圧電体13側に設けられている。これは、駆動に用いる振動モードA2の4次の曲げ振動の中立面に近く、かつ、振動モードB2の4次のねじり振動の中立軸から離れた位置である。この位置に設けたことにより、振動モードB2の共振周波数を、駆動周波数の2倍の高調波の周波数の影響を受けない周波数へと変化させることができた。また、駆動に用いる振動モードA2の共振周波数も変化するがその変化量は小さく、駆動に影響の無い範囲内であった。

【0034】

そのため、超音波モータ10に印加された駆動信号は、図4に示すような非対称波形であり、駆動信号の2倍の高調波の周波数が含まれているが、振動モードB2の共振周波数(161kHz)は、駆動周波数の2倍の高調波の周波数(140kHz)とは離れた位置に存在するため、振動モードB2は殆ど励起されない。また、図7(b)に示すように、振動モードB2によって不連続領域D2は生じているが、これは、駆動帯域外まで駆動信号の周波数掃引を行った場合であり、駆動帯域内では、超音波モータ10は安定して駆動できる。

【0035】

ここで、駆動に用いる振動モードに影響が出ないようにするためには、駆動信号を駆動帯域内で周波数掃引したときに、駆動に用いない振動モードの共振周波数が、駆動周波数の高調波によって励起されない周波数であればよい。

この条件を数式で表すと、駆動に用いる振動モードAの共振周波数を f_{ra} 、駆動に用いない振動モードBの共振周波数を f_{rb} 、 f_{ra} に隣接する振動モードAの共振周波数を f_{rc} 、任意の整数を m として振動モードBを励起する高調波を m 倍の高調波とすると、下記の式を満たせばよい。

$$f_{rb} \div m - f_{ra} \geq |f_{rc} - f_{ra}| \times 0.4 \quad (\text{式1})$$

この式の左辺は、振動モードAの共振周波数と振動モードBの共振周波数の $1/m$ 倍の周波数との差を示している。

【0036】

また、この式の右辺は、駆動に用いる駆動帯域の幅を示しており、駆動に用いる振動モードAの共振周波数(曲げ4次モード)と、振動モードAの共振周波数に隣接する共振周波数(曲げ5次モード)との差の0.4倍である。共振周波数 f_{rc} は、比較例の振動子51では、図6(a)に示すように、90kHzであり、本実施例の振動子11では、図6(b)に示すように、92kHzである。

【0037】

本実施例及び比較例では、駆動信号は非対称波形であり、駆動周波数の2倍の高調波によって励起される振動モードが、超音波モータの駆動に影響を与えるので、 $m=2$ とし、比較例の振動子51に関して、上記の(式1)に各共振周波数の数値を代入すると、

$$(\text{右辺}) = 139 \div 2 - 65 = 4.5 \quad (\text{kHz})$$

$$(\text{左辺}) = |90 - 65| \times 0.4 = 10 \quad (\text{kHz})$$

となり、(式1)が成り立たず、駆動周波数の2倍の高調波の周波数によって振動モードB1が励起されていた。

しかし、本実施例の振動子11では、

10

20

30

40

50

$$(\text{右辺}) = 161 \div 2 - 67 = 13.5 \quad (\text{kH z})$$

$$(\text{左辺}) = |92 - 67| \times 0.4 = 10 \quad (\text{kH z})$$

となり、(式1)が成立し、駆動周波数の2倍の高調波の周波数によって振動モードB2は励起されなかった。

よって、本実施例の超音波モータ10では、図7(b)に示すように、駆動帯域内に、比較例の振動子51を用いた超音波モータのような不連続領域D1が生じることなく、安定して駆動できる。

以上、図5(b)の振動子11について説明したが、図5(c)の振動子11A、図5(d)の振動子11Bを用いても振動子11と同様の効果がある。振動子11A、振動子11Bは、振動子11と同様に、比較例51の振動子に対して凸部を設けた構成としているが、凸部を設ける位置が振動子11とは異なる。

10

図5(c)の振動子11Aでは、弾性体12Aのベース部12bに凸部12eが設けられている。凸部12eは、ベース部12bの内径側であり、かつ、フランジ部12cの橢歯部12a側に設けられている。図5(d)の振動子11Bでは、弾性体12Bのベース部12bの外周側に凸部12fが設けられている。凸部12e、12fが設けられる位置は、図5(b)の凸部12dと同様に、駆動に用いる振動モードA2の4次の曲げ振動の中立面に近く、かつ、振動モードB2の4次のねじり振動の中立軸から離れた位置である。この位置に設けたことにより、図5の振動子11を用いた場合と同様に、振動モードB2の共振周波数を、駆動周波数の2倍の高調波の周波数の影響を受けない周波数へと変化させることができる。

20

図5(b)～(d)の振動子は、機械加工によってそれぞれの形状に作成することができる。しかしながら、図5(a)の比較例のような凸部のない振動子を作製し、さらに、図5(b)～(d)の凸部に対応する円環形状の部材を作製し、両者を貼り合わせて図5(b)～(d)の形状の振動子を作製してもよい。こうすることにより、図5(a)の振動子に対して、いずれかの凸部を貼ることによって、複数種類の振動子を作製することができる。

【0038】

上述のように、本実施例では、超音波モータ10は、印加される駆動信号が非対称波形であり、駆動帯域内で駆動信号を周波数掃引した場合に、駆動周波数の整数倍の高調波の周波数と、駆動に用いない振動モードの共振周波数とが重ならない。

30

よって、仮に、本実施例の超音波モータ10に矩形波等の対称波形の駆動信号を印加しても、本実施例の超音波モータ10は、安定して駆動できる。これは、非対称波形の駆動信号に含まれる高調波の周波数は、駆動周波数の奇数倍の高調波の周波数であるためであり、本実施例の超音波モータ10では、駆動帯域内で駆動信号を周波数掃引した場合に、駆動周波数の奇数倍を含む駆動周波数の整数倍の高調波の周波数と、駆動に用いない振動モードの周波数とが重ならないからである。

【0039】

本実施例によれば、駆動周波数の高調波の周波数によって、駆動に用いない振動モードが励起されることなく、安定して駆動できる超音波モータとすることができる。

また、凸部12dを形成するだけでよく、大規模な形状変更をすることなく、容易に実現できる。

40

【0040】

(変形例)

以上説明した実施例に限定されることなく、種々の変形や変更が可能であって、それらも本発明の均等の範囲内である。

(1) 本実施例において、駆動に用いない振動モードの共振周波数の値を変化させるために、凸部12dを設ける例を示したが、これに限らず、例えば、凹部を設けてもよい。また、凸部や凹部を設けなくとも、駆動帯域内で駆動信号を周波数掃引した場合に、駆動に用いる振動モードの駆動周波数の高調波の周波数と、駆動に用いない振動モードの共振周波数とが重ならないければよい。

50

【0041】

(2) 本実施例において、超音波モータ10を駆動する駆動信号は、非対称波形である例を示したが、これに限らず、例えば、矩形波やのこぎり波等、電位ゼロを基準として波形が対称な対称波形の信号でもよい。このとき、駆動信号に含まれる高調波は、駆動周波数の奇数倍の高調波の周波数であるので、(式1)における m の値は奇数の整数とすればよい。

【0042】

(3) 本実施例において、超音波モータ10の駆動に用いられる振動モードAは、4次の曲げ振動である例を示したが、これに限らず、上記の(式1)を満たすならば、例えば、他の次数であってもよいし、ねじり振動や縦振動等の他の振動でもよい。

10

【0043】

(4) 本実施例において、振動子11, 11A, 11Bは、弾性体12がフランジ部12d, 12e, 12fを有する例を示したが、これに限らず、フランジ部の無い略円環形状の弾性体を有する振動子としてもよい。

【0044】

(5) 本実施例において、圧電体13は、電気エネルギーを機械エネルギーに変換する電気機械変換素子である例を示したが、これに限らず、光や熱等の他のエネルギーを機械エネルギーに変換する素子を用いてもよい。

【0045】

(6) 本実施例において、超音波領域の振動を用いる超音波モータ10を例に挙げて説明したが、これに限らず、超音波領域以外の振動を用いる振動アクチュエータに適用してもよい。

20

【0046】

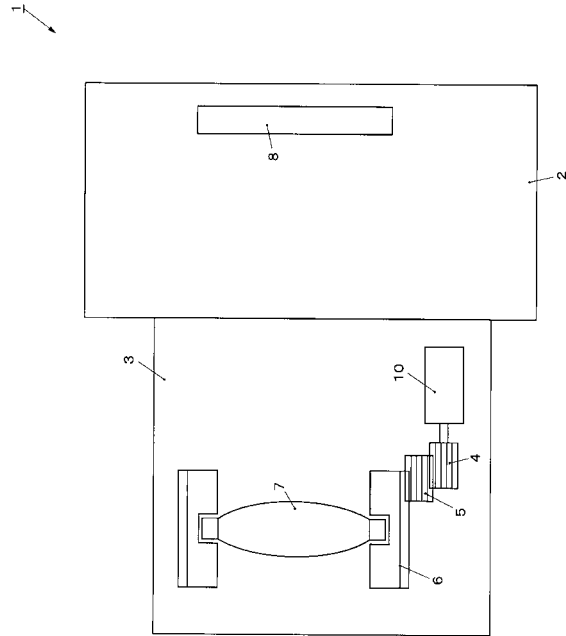
(7) 本実施例において、カメラシステム1は、撮像素子8を備え、撮像素子8により撮影を行う例を示したが、これに限らず、例えば、フィルムを用いて撮影してもよい。

【0047】

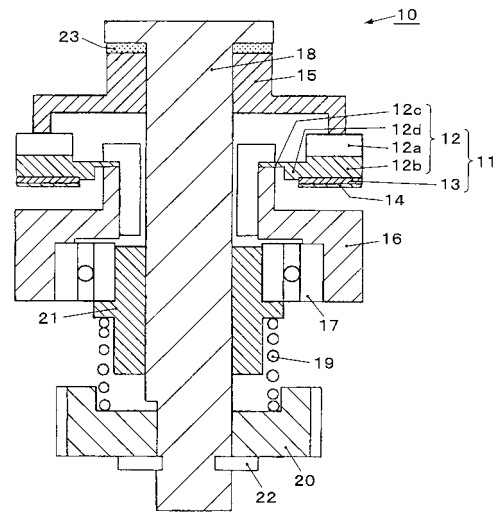
(8) 本実施例において、超音波モータ10は、カメラシステム1に設けられ、フォーカス動作を行う駆動部に用いられる例を示したが、これに限らず、例えば、ズーム動作を行う駆動部に用いてもよい。また、複写機の駆動部や、自動車のハンドルチルト装置やヘッドレストの駆動部等に用いてもよい。

30

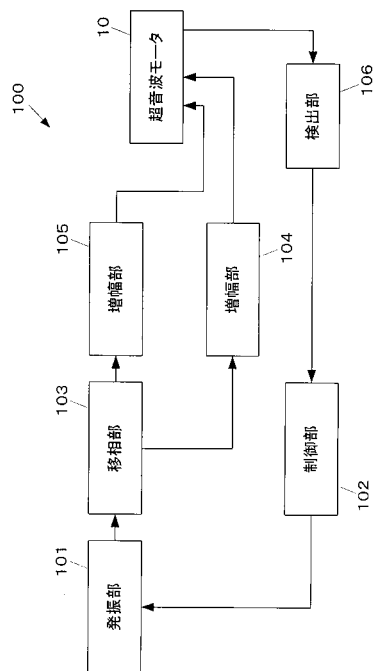
【図 1】



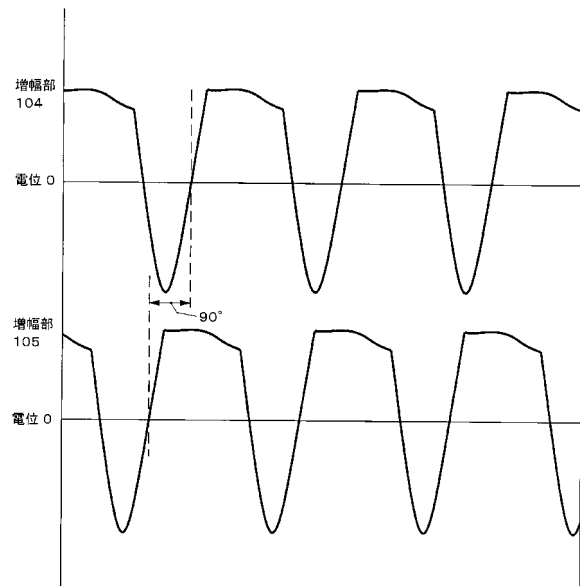
【図 2】



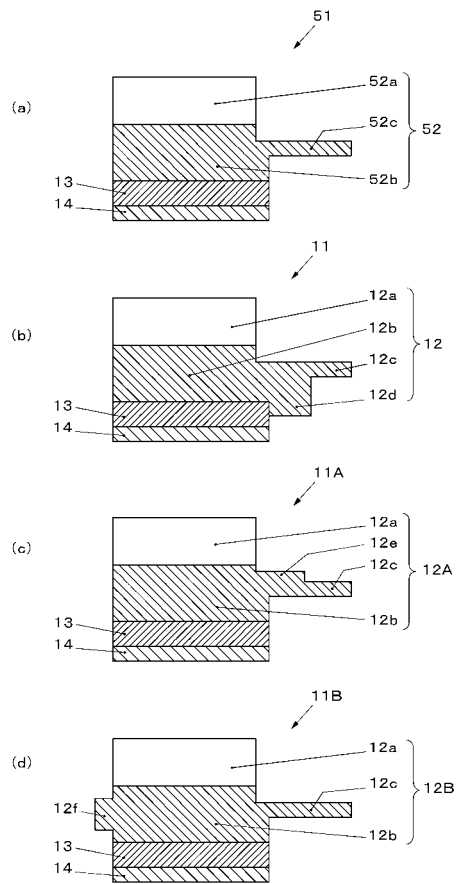
【図 3】



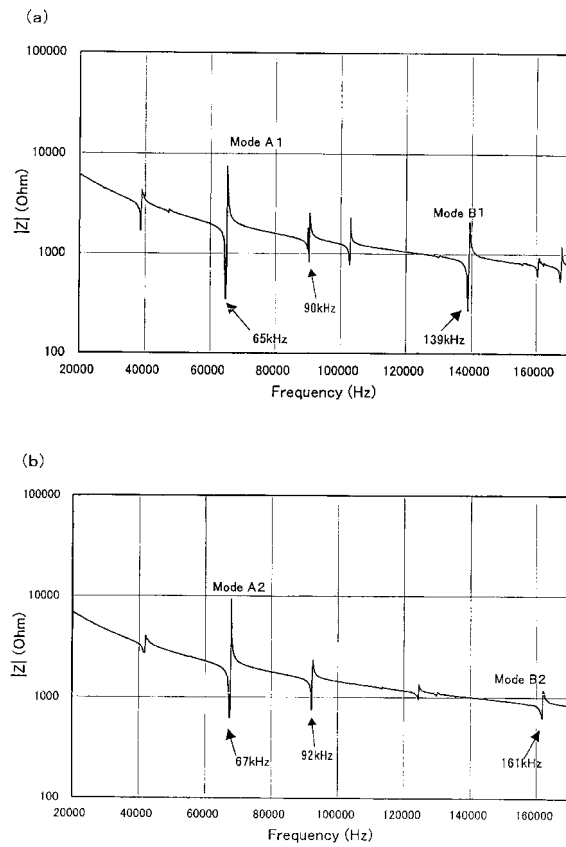
【図 4】



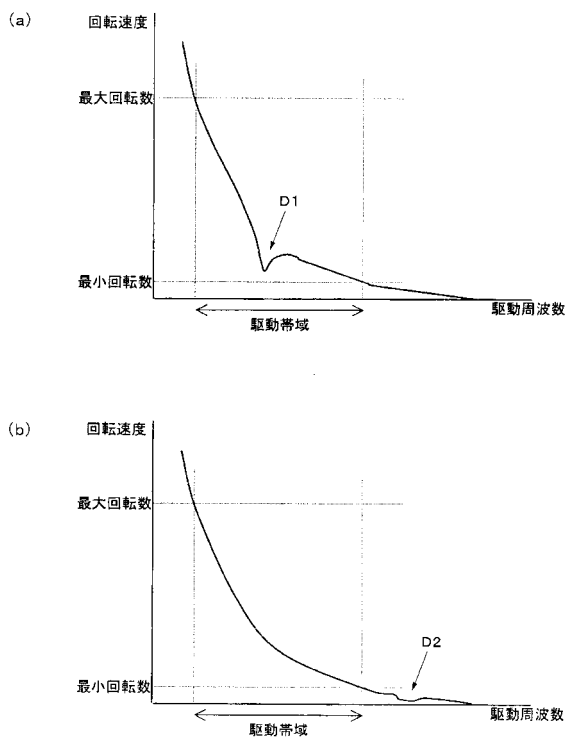
【図 5】



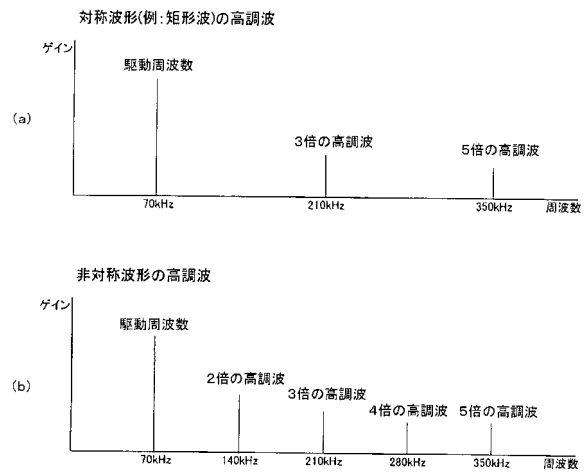
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H02N 2/00-2/16