

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6381326号
(P6381326)

(45) 発行日 平成30年8月29日(2018.8.29)

(24) 登録日 平成30年8月10日(2018.8.10)

(51) Int.Cl. F I
 H O 2 N 2/00 (2006.01) H O 2 N 2/00
 H O 1 L 41/09 (2006.01) H O 1 L 41/09

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-145638 (P2014-145638)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成26年7月16日(2014.7.16)	(74) 代理人	100094112 弁理士 岡部 譲
(65) 公開番号	特開2016-25665 (P2016-25665A)	(74) 代理人	100101498 弁理士 越智 隆夫
(43) 公開日	平成28年2月8日(2016.2.8)	(74) 代理人	100106183 弁理士 吉澤 弘司
審査請求日	平成29年7月3日(2017.7.3)	(74) 代理人	100128668 弁理士 齋藤 正巳
		(72) 発明者	二宮 俊輔 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

矩形状の平板部と、前記平板部の上に設けられた突起部とを有する振動板と、
 前記振動板に固定され高周波振動する圧電素子と、
 前記突起部と接触する摩擦部材と、を有し、
前記振動板と前記摩擦部材とが相対移動する振動波モータにおいて、
前記平板部は、剛性が高くなるように厚さが一定では無い部分を有する形状をしており

、
前記高周波振動によって前記振動板には、第1の固有振動モードと第2の固有振動モードとが励振され、

前記第1の固有振動モードにより前記突起部の先端に生じる最大振幅が前記第2の固有振動モードにより前記突起部の先端に生じる最大振幅よりも大きく、

前記第1の固有振動モードの共振周波数が前記第2の固有振動モードの共振周波数よりも低く、

駆動時の周波数域の前記第1の固有振動モードと前記第2の固有振動モードの振幅が略一致している

ことを特徴とする振動波モータ。

【請求項2】

前記第1の固有振動モードが前記振動板の短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードであり、前記第2の固有振動モードが前記振動板の長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動

モードであり、前記振動板が前記摩擦部材に対して前記振動板の長辺方向に相対移動することを特徴とする請求項 1 に記載の振動波モータ。

【請求項 3】

前記第 1 の固有振動モードが前記振動板の長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードであり、前記第 2 の固有振動モードが前記振動板の短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードであり、前記振動板が前記摩擦部材に対して前記振動板の長辺方向に相対移動することを特徴とする請求項 1 に記載の振動波モータ。

【請求項 4】

前記第 1 の固有振動モードが前記振動板の長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードであり、前記第 2 の固有振動モードが前記振動板の短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードであり、前記振動板が前記摩擦部材に対して前記振動板の短辺方向に相対移動することを特徴とする請求項 1 に記載の振動波モータ。

10

【請求項 5】

前記第 1 の固有振動モードが前記振動板の短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードであり、前記第 2 の固有振動モードが前記振動板の長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードであり、前記振動板が前記摩擦部材に対して前記振動板の短辺方向に相対移動することを特徴とする請求項 1 に記載の振動波モータ。

【請求項 6】

駆動時の周波数域が前記第 1 の固有振動モードと前記第 2 の固有振動モードの両者の共振周波数よりも高い周波数域であることを特徴とする請求項 1 に記載の振動波モータ。

20

【請求項 7】

前記振動波モータは、前記振動板が超音波振動する超音波モータであることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の振動波モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波モータに関し、特に弾性体を板状としたリニア駆動用の超音波モータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、小型軽量、高速駆動、かつ、静音駆動を特徴とする超音波モータは撮像装置のレンズ鏡筒に採用されていた。これらの中でリニア駆動用の超音波モータに関し、以下のような超音波モータが特許文献 1 に開示されている。

30

【0003】

特許文献 1 に開示された超音波モータは、矩形状の平板部と平板部上に設けられた突起部とを有する振動板と、振動板に固定され高周波振動する圧電素子と、突起部と接触する摩擦部材によって構成されている。振動板には圧電素子の高周波振動によって共振周波数が略一致した短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードと長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードが励振される。

【0004】

40

二つの固有振動モードのうち、短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードでは突起部の先端が平板部に対して垂直方向に振動し、長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードでは突起部の先端が平板部に対して水平方向に振動する。これらの二つの固有振動モードを組み合わせることによって振動板の突起部には楕円運動が生成される。振動板の突起部は摩擦部材に対して加圧されて接触しており、前述の楕円運動により生じた摩擦により振動板と摩擦部材が長辺方向に相対移動する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2004 - 304887

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般的に特許文献1の超音波モータのように二つの固有振動モードを組み合わせて楕円運動を生成する場合、共振周波数近傍の周波数では振動が不安定となることから二つの固有振動モードの共振周波数よりも高い周波数域を駆動に用いていた。二つの固有振動モードの最大振幅に差があり、かつ、二つの固有振動モードの共振周波数を略一致させている場合、駆動時の周波数域において短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの振幅が長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの振幅よりも大きくなる。このため、二つの固有振動モードによって生成される楕円運動は縦長の楕円運動となり、速度が低下していた。

10

【0007】

以上、説明した通り超音波モータの駆動に用いる二つの固有振動モードの最大振幅に差があり、かつ、二つの固有振動モードの共振周波数を略一致させている場合に速度が低下するという問題があった。

【0008】

そこで、本発明の目的は、二つの固有振動モードの共振周波数の間に差を設けることによって二つの固有振動モードの最大振幅に差があった場合にも速度の向上を達成することである。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

上記の課題を解決するために、本発明の超音波モータは矩形の平板部と、前記平板部の上に設けられた突起部とを有する振動板と、前記振動板に固定され高周波振動する圧電素子と、前記突起部と接触する摩擦部材と、を有し、前記振動板と前記摩擦部材とが相対移動する振動波モータにおいて、前記平板部は、剛性が高くなるように厚さが一定では無い部分を有する形状をしており、前記高周波振動によって前記振動板には、第1の固有振動モードと第2の固有振動モードとが励振され、前記第1の固有振動モードにより前記突起部の先端に生じる最大振幅が前記第2の固有振動モードにより前記突起部の先端に生じる最大振幅よりも大きく、前記第1の固有振動モードの共振周波数が前記第2の固有振動モードの共振周波数よりも低く、駆動時の周波数域の前記第1の固有振動モードと前記第2の固有振動モードの振幅が略一致していることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、二つの固有振動モードの共振周波数の間に差を設けることによって二つの固有振動モードの最大振幅に差があった場合にも速度の向上を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施形態の超音波モータの構成を説明するための図である。

【図2】第1の実施形態の超音波モータの振動状態を説明するための図である。

40

【図3】第1の実施形態のリニア駆動装置の構成を説明するための図である。

【図4】第1の実施形態で生成される楕円運動を説明するための図である。

【図5】第1の実施形態の振動板の形状を説明するための図である。

【図6】第2の実施形態で生成される楕円運動を説明するための図である。

【図7】第2の実施形態の振動板の形状を説明するための図である。

【図8】第3の実施形態の振動板の形状を説明するための図である。

【図9】第4の実施形態の振動板の形状を説明するための図である。

【図10】第5の実施形態の超音波モータの構成を説明するための図である。

【図11】第5の実施形態の超音波モータの振動状態を説明するための図である。

【図12】第5の実施形態の振動板の形状を説明するための図である。

50

【図 1 3】従来例で生成される縦長の楕円運動を説明するための図である。

【図 1 4】従来例で生成される横長の楕円運動を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための各実施形態について説明する。図面において、同一符号は同一部材を示している。

【0013】

(第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態について説明する。

【0014】

本明細書中において、後述する振動板1と摩擦部材3が相対移動する方向をX方向と定義する。また、後述する平板部1aの厚さ方向をZ方向とする。さらに、X方向とZ方向に垂直な方向をY方向と定義する。Z方向において、振動板1から摩擦部材3への向きを+Z方向、摩擦部材3から振動板1への向きを-Z方向と定義する。

【0015】

図1は第1の実施形態の超音波モータの基本的な構成を説明するための図であって、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)、(d)は側面図、(e)は底面図である。

【0016】

図1において振動板1は、矩形形状の平板部1aと、平板部1a上に設けられた突起部1b及び1cとを有する。突起部1b及び1cは絞り加工により平板部1aと一体成型してもよいし、別部材を平板部1aに接着により固定してもよい。なお、第1の実施形態において平板部1aは後述の通り不均一な厚さとなっているが、図1中では簡略化のため均一な厚さの平板として図示している。

【0017】

振動板1には高周波振動する圧電素子2が固定されている。圧電素子2は、図1(a)に示すように、同方向に分極された2箇所の領域2aと2bとを備え、領域2aがA相に、領域2bがB相に割り当てられている。圧電素子2は、更に分極されていない領域2cを備えており、領域2cは圧電素子2の裏面2dの全面電極から側面を經由して導通されたグランドとして使用する電極である。

【0018】

振動板1の矩形形状の面の短辺部には、振動板1と同期して移動し、後述の振動板保持部材に対し、直接的、又は、間接的に連結される連結部1d及び1eが設けられている。この連結部1d及び1eは振動板1と圧電素子2の振動において変位が少ない部分に設けられ、かつ、十分に剛性が弱いので、振動を阻害しにくい形状となっている。従って、連結部1d、1eは振動板1と圧電素子2の振動にほとんど影響を与えない。以上説明した振動板1と圧電素子2によって超音波モータ10が構成されている。

【0019】

圧電素子2の高周波振動によって平板部1aには、直交した二つの固有振動モードである第1の固有振動モードと第2の固有振動モードが励振される。第1の固有振動モードにより突起部1b及び1cの先端に生じる最大振幅は第2の固有振動モードにより突起部1b及び1cの先端に生じる最大振幅よりも大きい。第1の実施形態においては第1の固有振動モードは振動板1の短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードであり、第2の固有振動モードは振動板1の長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードである。

【0020】

図1(e)に示すように、突起部1b及び1cは短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの腹(図1(e)におけるX)の近傍であって、かつ、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの節(図1(e)におけるY1及びY2)の近傍に設けられている。又、図示されていない給電手段により、A相とB相に位相差を+90°から+270°まで変化させた交流電圧を印加することによって、高周波振動を発生させることができる。

【0021】

10

20

30

40

50

図2はA相に対してB相の位相を約 $+90^\circ$ 遅らせて交流電圧を印加した場合の振動の状態を示す図である。(a)は、圧電素子のA相とB相に印加される交流電圧の変化を示し、図2(b)、(c)、(d)はそれぞれ図1の(b)、(c)、(d)に対応しており、P1からP4へ向かって時間経過による振動の変化を示している。又、図2においては圧電素子2、連結部1d及び1eは省略されている。また、図2において、点線は振動の状態を示している。

【0022】

A相とB相に同符号の電圧が印加されている時(図2におけるP2及びP4)には、A相とB相が同方向に伸縮することにより、短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードが励振されZ方向の振幅が最大となる(図2(c)における矢印Q)。逆にA相とB相に異符号の電圧が印加されている時(図2におけるP1及びP3)には、A相とB相が逆方向に伸縮することにより、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードが励振されX方向の振幅が最大となる(図2(b)における矢印R)。

10

【0023】

A相に対してB相の位相を約 $+90^\circ$ 遅らせて交流電圧を印加した場合、突起部1b及び1cのそれぞれの先端に図2(b)に示すような楕円運動が発生する。従って、振動板1は後述の摩擦部材に対して突起部1b及び1cの楕円運動によって生じる摩擦によって推進力を得て図2(b)に示すX方向に相対移動することができる。

【0024】

又、A相に対してB相の位相を約 $+270^\circ$ 遅らせて交流電圧を印加した場合、図2とは反対方向の楕円運動が発生するので振動板1は推進力を得て図2(b)の示すX方向とは反対の方向に相対移動することができる。このように、第1の実施形態の超音波モータにおいては高周波振動により突起部1b及び1cの先端に生成した楕円運動によって振動板1が摩擦部材3に対して振動板1の長辺方向に相対移動することが可能である。

20

【0025】

図3は第1の実施形態の超音波モータを利用したリニア駆動装置20の概略図であり、図3(a)は超音波モータの進行方向から見た図であり、図3(b)は図3(a)のA-A断面図である。図3において、振動板1の上に圧電素子が載置されている。振動板1の突起部1b及び1cが摩擦部材3と接触し高周波振動が生じる。これにより、摩擦部材3に対して振動板1がX方向に相対移動することができる。

30

【0026】

振動板1は、振動板保持部材4に保持され、振動板保持部材4は振動板1と同期して移動できる。振動板保持部材4は両端に振動板保持部4aを備え、振動板保持部4aは振動板1の連結部1d及び1eを介して振動板1を支持している。また、振動板保持部材4は、ローラ支持部4bを備え、ローラ支持部4bにおいて摩擦部材3の裏面に回転摺動するローラ41を回転自由に軸支している。振動板保持部材4と圧電素子2との間には加圧ばね42が設けられ、加圧ばね42の下端4cは圧電素子2に作用し、加圧ばね42の上端は振動板保持部材4に作用する。

【0027】

加圧ばね42の加圧力により突起部1b及び1cは摩擦部材3に圧接され、前述の通り図3図2(b)に示す矢印のような楕円運動による駆動力によって振動板保持部材4が図3(b)に示すX方向に推進力を得て、X方向に相対移動することができる。ローラ41は駆動の際の摺動抵抗を軽減するために設けられているものであって、転動コ口のような機構でもよい。

40

【0028】

図13は本実施形態と同様の構成で二つの固有振動モードの共振周波数を一致させた従来の超音波モータにおいて突起部1b及び1c先端に生成される縦長の楕円運動を示した図である。図13(a)は従来の超音波モータで用いている二つの固有振動モードの周波数 f と振幅 A の関係を示すグラフである。実線Mが短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードのZ方向の振幅を、また点線Lが長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードのX

50

方向の振幅を図示している。

【 0 0 2 9 】

図 1 3 (a) において、 f_1 、 f_2 は短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モード、長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードのそれぞれの共振周波数、 f は駆動時の周波数域、 f_d は駆動時の周波数域内のある駆動周波数を示している。また、 A_1 、 A_2 は短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードの最大振幅、長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの最大振幅をそれぞれ示している。また、 A_{d1} 、 A_{d2} は駆動周波数 f_d における短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モード、長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの振幅をそれぞれ示している。

【 0 0 3 0 】

従来の超音波モータのような二つの固有振動モードを用いて楕円運動を生成する超音波モータでは、両者の最大振幅 A_1 、 A_2 を一致させることが困難であった。これは、用いている二つの固有振動モードの次数が異なること、平板部 1 a の X 方向の寸法と Y 方向の寸法に差があること、連結部 1 d 及び 1 e により振動が阻害されることに起因する。具体的には、短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードによって突起部 1 b 及び 1 c 先端に生じる最大振幅 A_1 は長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードによって突起部 1 b 及び 1 c 先端に生じる最大振幅 A_2 よりも大きかった。

【 0 0 3 1 】

また、共振周波数近傍の周波数では振動が不安定となるため、駆動時の周波数域 f は短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードと長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの両者の共振周波数 f_1 、 f_2 よりも高い周波数域に設定される。この駆動時の周波数域 f 内のある駆動周波数 f_d の振動により楕円運動を生成する。このとき、前述の通り $A_1 > A_2$ である場合には、駆動周波数 f_d における振幅は $A_{d1} > A_{d2}$ となる。

【 0 0 3 2 】

図 1 3 (b) は駆動周波数 f_d において生成される突起部 1 b 及び 1 c の先端の楕円運動を示している。突起部 1 b、1 c 先端の楕円運動の Z 方向の振幅、X 方向の振幅の大きさは、それぞれ図 1 3 (a) の駆動周波数 f_d における短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モード、長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの振幅の大きさによって決まる。図 1 3 (b) 中の A_{d1} 及び A_{d2} はそれぞれ突起部 1 b 及び 1 c の先端の楕円運動の Z 方向の振幅、X 方向の振幅を示しており、図 1 3 (a) 中の A_{d1} 及び A_{d2} に対応している。

【 0 0 3 3 】

二つの固有振動モードによって突起部 1 b 及び 1 c の先端に楕円運動を生成する超音波モータでは、楕円運動の Z 方向の振幅と X 方向の振幅が同程度であり、円に近い楕円運動が生成されることが望ましい。しかしながら、図 1 3 (b) に示すように A_{d1} が A_{d2} より大きいときには楕円運動の X 方向振幅の方が Z 方向振幅よりも小さくなるため、突起部 1 b、1 c 先端に生成される楕円運動は縦長の楕円運動となり速度が低下する。

【 0 0 3 4 】

駆動周波数 f_d において楕円運動の Z 方向の振幅と X 方向の振幅を同程度にするための方法として、突起部 1 b 及び 1 c の高さを調整する方法や二つの固有振動モードの共振周波数を調整する方法などが考えられる。しかしながら、突起部 1 b 及び 1 c の高さを調整する方法では楕円運動の Z 方向の振幅と同程度になるように X 方向の振幅を大きくするため突起部 1 b、1 c を高くする必要があるが、突起部 1 b、1 c を高くすると加工難度が上がり、コストが増加する。このため、第 1 の実施形態では二つの固有振動モードの共振周波数を調整する方法を用いる。以下に、二つの固有振動モードの共振周波数を調整する方法について詳細を述べる。

【 0 0 3 5 】

図 4 図 4 は第 1 の実施形態の超音波モータにおいて生成される楕円運動を説明するための図である。それぞれの図の意味は図 1 3 と同様である。図 4 (a) は第 1 の実施形態の超音波モータで用いている二つの固有振動モードの周波数 f と振幅 A の関係を示すグラフである。短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードに関しては Z 方向の振幅、長辺方向

10

20

30

40

50

の曲げ振動の2次の固有振動モードに関してはX方向の振幅を示している。第1の実施形態では、短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの共振時に突起部1b及び1cの先端に生じる最大振幅 A_1 が長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振時に突起部1b及び1cの先端に生じる最大振幅 A_2 より大きい。このため、最大振幅の大きい短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの共振周波数 f_1 が、最大振幅の小さい長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数 f_2 よりも低くなるように設計されている。

【0036】

特に、駆動時の周波数域 f において短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードと長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの振幅を略一致させる。駆動周波数 f_d における相対移動する際の二つの固有振動モードの振幅が A_{d1} 、 A_{d2} となるように振動板1が設計されている。図4(b)は駆動周波数 f_d において生成される突起部1b及び1cの先端の楕円運動を示している。 A_{d1} 、 A_{d2} であるとき、突起部1b及び1cの先端に生成されるZ方向の振幅、X方向の振幅は同程度となり、突起部1b及び1cの先端の楕円運動を円に近い楕円運動にすることができるため速度を向上させることができる。

10

【0037】

前述の通り、第1の実施形態の超音波モータでは短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの共振周波数 f_1 が長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数 f_2 よりも小さくなるように設計する必要がある。従来の超音波モータでは、二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 及び f_2 が略一致していた。これに対し、短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの共振周波数 f_1 を小さくするには平板部1aのY方向の寸法を大きくすればよいが、この場合は超音波モータの大型化につながる。また、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数 f_2 を大きくするためには平板部1aのX方向の寸法を小さくすればよいが、この場合は長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの振幅が減少し、速度の低下につながる。

20

【0038】

このように、二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 及び f_2 を調整するために寸法を変更すると大型化や速度低下が懸念される。これに対して、振動板1を一定な厚さの平板と比較し、ある方向の剛性が高くなるように厚さが不均一な形状にすることによって、寸法を変更することなく二つの固有振動モードの共振周波数を変更することができる。第1の実施形態では、振動板1を一定な厚さの平板と比較して進行方向の剛性が高くなるような形状にすることにより、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数を高くして駆動時の周波数域 f において A_{d1} 、 A_{d2} となるようにする。

30

【0039】

図5は第1の実施形態の超音波モータに用いる振動板の形状を説明するための図である。図5(a)、(b)、(c)、(d)はそれぞれ振動板1の正面図、長辺方向の側面図、短辺方向の側面図、底面の斜視図を示している。なお、図5においては圧電素子2、連結部1d及び1eは省略されている。平板部1aは一定な厚さの平板と比較して進行方向の剛性が高くなるように平板部1aに垂直なX-Z面において、短辺方向の断面形状が図5(c)に示すように円弧からなる凹形状となっている。この凹形状というのは長方形の四辺のうち一辺が内側に凸の曲線となった形状を指す。

40

【0040】

このような形状にすることにより、厚さが一定の平板と比較してX方向の剛性が高くなり、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数が高くなる。これにより、平板部1aのX方向の寸法及びY方向の寸法を変更することなく図4(a)で A_{d1} 、 A_{d2} となるように長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数を調整することができる。駆動時の周波数域 f において A_{d1} 、 A_{d2} とすることにより、突起部1b及び1cの先端に生成される楕円運動が円に近い楕円運動となるため、速度を向上させることができる。

【0041】

50

以上説明した通り、第1の実施形態の超音波モータは、平板部1aの断面形状を凹形状とすることで大型化や速度低下を伴うことなく共振周波数を調整することができる。また、二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 及び f_2 の間に差を設けることによって、駆動時の周波数域 f においてにおいて突起部1b及び1cの先端に円に近い楕円運動を生成することができる。この結果、二つの固有振動モードの最大振幅 A_1 及び A_2 に差があった場合にも速度の向上を達成することができる。

【0042】

なお、第1の実施形態では進行方向の剛性が高くなるようにして共振周波数を調整する方法について述べたが、全体的な厚さを小さくすることによって進行方向と直交した方向の剛性を低くして共振周波数を調整することもできる。

【0043】

(第2の実施形態)

以下、発明を実施するための第2の実施形態について説明する。

第1の実施形態では図13を参照して、第1の固有振動モードが振動板1の短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードであり、第2の固有振動モードが振動板1の長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードである場合について述べた。すなわち、短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードによって生じる最大振幅 A_1 が長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードによって生じる最大振幅 A_2 よりも大きくなる。このため、振動板1の進行方向の剛性を高くすることによって円に近い楕円運動を生成している。

【0044】

第2の実施形態では、第1の固有振動モードが振動板1の長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードであり、第2の固有振動モードが振動板1の短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードであるところが第1の実施形態と異なる点である。すなわち、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードによって生じる最大振幅 A_2 が短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードによって生じる最大振幅 A_1 よりも大きくなる。このため、振動板1の進行方向と直交した方向の剛性を高くすることによって円に近い楕円運動を生成している。なお、第1の実施形態と同一部材のものは、同一記号で図示される。また第1の実施形態と同じところは説明を省略し、第1の実施形態と異なる点だけ説明する。

【0045】

図14は従来二つの固有振動モードの共振周波数を一致させた際に突起部1b及び1cの先端に生成される縦長の楕円運動を示した図である。それぞれの図の意味は図13と同様である。図14(a)に示すように突起部1b及び1cの形状や連結部1d及び1eの形状によっては、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードによって生じる最大振幅 A_2 が短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードによって生じる最大振幅 A_1 よりも大きくなる。

【0046】

この際、最大振幅 A_2 が最大振幅 A_1 よりも大きいことにより図14(b)に示すように生成される楕円運動のZ方向の振幅がX方向の振幅よりも小さくなる。このため、突起部1b及び1cの先端に生成される楕円運動は横長の楕円運動となり、Z方向の振幅が不足するため駆動が不安定となる。

【0047】

これに対して、駆動周波数 f_d において楕円運動のZ方向の振幅とX方向の振幅を同程度にするための方法として、突起部1b及び1cの高さを調整する方法や二つの固有振動モードの共振周波数を調整する方法などが考えられる。突起部1b及び1cの高さを調整する方法では楕円運動のZ方向の振幅と同程度になるようにX方向の振幅を小さくするため突起部1b及び1cを低くする必要がある。しかしながら、突起部1b及び1cを低くすると突起部1b及び1cの先端に生成されるX方向の振幅が小さくなるため、速度が低下してしまう。このため、第2の実施形態では二つの固有振動モードの共振周波数を調整する方法を用いる。以下に、二つの固有振動モードの共振周波数を調整する方法について詳細を述べる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

図 6 は第 2 の実施形態の超音波モータにおいて生成される楕円運動を説明する図である。それぞれの図の意味は図 4 と同様である。第 2 の実施形態では、長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの共振時に突起部 1 b 及び 1 c の先端に生じる最大振幅 A_2 が短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードの共振時に突起部 1 b 及び 1 c の先端に生じる最大振幅 A_1 より大きい。

【 0 0 4 9 】

このため、最大振幅の大きい長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの共振周波数 f_2 が、最大振幅の小さい短辺方向の曲げ振動の 1 次の固有振動モードの共振周波数 f_1 よりも低くなるように設計されている。特に、駆動時の周波数域において第 1 の固有振動モードと第 2 の固有振動モードの振幅を略一致させ、駆動周波数 f_d における相対移動する際の振幅が A_{d1} A_{d2} となるように振動板 1 が設計されている。図 6 (b) は駆動周波数 f_d において生成される突起部 1 b 及び 1 c の先端の楕円運動を示している。 A_{d1} A_{d2} であるとき、突起部 1 b 及び 1 c の先端に生成される Z 方向の振幅、 X 方向の振幅は同程度となり、突起部 1 b 及び 1 c の先端の楕円運動を円に近い楕円運動にすることができるため安定した駆動を実現できる。

【 0 0 5 0 】

図 7 は第 2 の実施形態の超音波モータに用いる振動板の形状を説明するための図である。図 7 (a)、(b)、(c)、(d) はそれぞれ振動板 1 の正面図、長辺方向の側面図、短辺方向の側面図、底面の斜視図を示している。なお、図 7 においては圧電素子 2、連結部 1 d 及び 1 e は省略されている。このように、一定な厚さの平板と比較して進行方向と直交した方向の剛性が高くなるように平板部 1 a に垂直な Y - Z 面における断面形状を図 7 (b) に示すように円弧からなる凹形状とする。これにより、突起部 1 b 及び 1 c の先端に生成される楕円運動が円に近い楕円運動となるため、安定した駆動を実現できる。

【 0 0 5 1 】

(第 3 の実施形態)

以下、発明を実施するための第 3 の実施形態について説明する。

第 1 及び第 2 の実施形態では平板部 1 a の断面形状を凹形状とすることによって、ある方向の剛性を変化させて二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 及び f_2 を調整し、速度の向上を達成していた。第 3 の実施形態では、第 1 及び第 2 の実施形態と異なり、平板部 1 a 上に剛性を上げたり下げたりすることができるような、剛性調整部を設ける。これによって、ある方向の剛性を変化させて二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 及び f_2 を調整し、速度の向上を達成する。なお、第 1 及び第 2 の実施形態と同一部材のものは、同一記号で図示される。また第 1 及び第 2 の実施形態と同じところは説明を省略し、第 1 及び第 2 の実施形態と異なるところだけ説明する。

【 0 0 5 2 】

図 8 は第 3 の実施形態の超音波モータに用いる平板部の形状を説明するための図である。図 8 (a)、(b)、(c)、(d) はそれぞれ振動板 1 の正面図、長辺方向の側面図、短辺方向の側面図、底面の斜視図を示している。それぞれの図の意味は図 5 と同様である。第 3 の実施形態では、平板部 1 a の上に X 方向の剛性を高くする剛性調整部 1 f を形成する。剛性調整部 1 f は平板部 1 a の上に X 方向に長い凸部を有する。剛性調整部 1 f は絞り加工により平板部 1 a と一体成型してもよいし、別部品を平板部 1 a に接着してもよい。

【 0 0 5 3 】

このような形状にすることにより、厚さが一定の平板と比較して X 方向の剛性が高くなり、長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの共振周波数が高くなる。これにより、平板部 1 a の X 方向の寸法及び Y 方向の寸法を変更することなく図 4 (a) で A_{d1} A_{d2} となるように長辺方向の曲げ振動の 2 次の固有振動モードの共振周波数を調整することができる。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

第1の実施形態では、共振周波数を調整するために平板部1aの面全体を曲面にする必要があったが、第3の実施形態では、平板部1aの一部に凸部を設けるだけで共振周波数を調整しているため加工が容易であるというメリットがある。

【0055】

なお、第3の実施形態では剛性調整部としてX方向に長い凸部を設け、X方向の剛性を高くすることによって共振周波数を調整する例を説明したが、剛性調整部としてX方向に長い凹部を設け、Y方向の剛性を低くすることによって共振周波数を調整してもよい。

【0056】

(第4の実施形態)

以下、発明を実施するための第4の実施形態について説明する。

10

【0057】

第3の実施形態では、平板部1a上に剛性を上げたり下げたりすることができるような、剛性調整部を設けることによって、ある方向の剛性を変化させて二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 、 f_2 を調整し、速度の向上を達成していた。第4の実施形態では平板部1aの四辺のうち、X方向に平行な辺を有する端部が折りまげられた形状になっている。ある方向の剛性を変化させて二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 、 f_2 を調整し、速度の向上を達成するところが、第2の実施形態と異なる。なお、第2の実施形態と同一部材のものは、同一記号で図示される。また第2の実施形態と同じところは説明を省略し、第2の実施形態と異なるところのみ説明する。

【0058】

20

図9は第4の実施形態の超音波モータに用いる平板部の形状を説明するための図である。図9(a)、(b)、(c)、(d)はそれぞれ振動板1の正面図、長辺方向の側面図、短辺方向の側面図、底面の斜視図を示している。それぞれの図の意味は図5で説明したものと同様である。平板部1aは平板部1aの四辺のうち、X方向に平行な辺を有する端部が折りまげられた形状になっている。

【0059】

このような形状にすることにより、厚さが一定の平板と比較してX方向の剛性が高くなり、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数が高くなる。これにより、平板部1aのX方向の寸法及びY方向の寸法を変更することなく図4(a)で A_{d1} 、 A_{d2} となるように長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数を調整することができる。

30

【0060】

第3の実施形態では、共振周波数を調整するために平板部1a上に絞り加工や別部品を接着することなどによって凸部を設ける必要があったが、第4の実施形態では端部を折りまげるだけで共振周波数を調整しているため加工が容易であるというメリットがある。

【0061】

(第5の実施形態)

以下、発明を実施するための第5の実施形態について説明する。

【0062】

第1の実施形態は、高周波振動により突起部1b及び1cの先端に生成した楕円運動によって平板部1aの長辺方向に相対移動する超音波モータを示している。第1の実施形態では、平板部1aの断面形状を凹形状とすることによって、ある方向の剛性を変化させて二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 及び f_2 を調整し、速度の向上を達成していた。

40

【0063】

第5の実施形態では、同様の効果を高周波振動により突起部1b及び1c先端に生成した楕円運動によって平板部1aの短辺方向に相対移動する超音波モータに対して適用しているところが、第1の実施形態と異なるところである。なお、第1の実施形態と同一部材のものは、同一記号で図示される。また第1の実施形態と同じところは説明を省略し、第1の実施形態と異なるところのみ説明する。

【0064】

50

図10は第5の実施形態の超音波モータの基本的な構成を説明するための図であって、第1の実施形態の図1に相当する。図10(a)は平面図、図10(b)は正面図、図10(c)及び図10(d)は側面図、図10(e)は底面図である。圧電素子2の高周波振動によって平板部1aに、直交した二つの固有振動モードである第1の固有振動モードと第2の固有振動モードが励振される。

【0065】

第5の実施形態においては第1の固有振動モードは振動板1の長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードであり、第2の固有振動モードは振動板1の短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードである。図10(e)に示すように、突起1b及び1cは平板部1aの長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの腹(図10(e)に示すY1とY2)の近傍に設けられている。更に、突起1b及び1cは、短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの節(図10(e)に示すX1とX2)の近傍に設けられている。

10

【0066】

図11はA相に対してB相の位相を約 $+90^\circ$ 遅らせて交流電圧を印加した場合の振動の様子を示す図であって、第1の実施形態の図2に相当する。図11(b)、図11(c)及び図11(d)はそれぞれ図10(b)、図10(c)及び図10(d)に対応しており、P1からP4へ向かって時間経過による振動の変化を示している。又、図11においては圧電素子2、連結部1d及び1eは省略されている。また、図11において、点線は振動の状態を示している。

【0067】

20

A相とB相に同符号の電圧が印加されている時(図11(b)乃至図11(d)に示すP2とP4)に、A相とB相が同様に伸縮することにより、短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードが励振されX方向の振幅が最大となる(図11(b)に示すO)。逆にA相とB相に異符号の電圧が印加されている時(図11(b)乃至図11(d)に示すP1とP3)に、A相とB相が逆方向に伸縮することにより、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードが励振されZ方向の振幅が最大となる(図11(c)に示すP)。

【0068】

すなわち、A相に対してB相の位相を約 $+90^\circ$ 遅らせて交流電圧を印加した結果、突起部1b及び1cの先端に図11(c)及び図11(d)に示すような楕円運動が発生する。このため、振動板1は摩擦部材3に対して突起部の楕円運動によって生じる摩擦によって推進力を得て図示X方向に相対移動することができる。又、A相に対してB相の位相を約 $+270^\circ$ 遅らせて交流電圧を印加した場合は図11と反対方向の楕円運動が発生するので摩擦によって推進力を得て図11(c)に示すX方向とは反対の方向に相対移動することができる。

30

【0069】

このように、第5の実施形態の超音波モータにおいては高周波振動により突起部1b及び1cの先端に生成した楕円運動によって振動板1が摩擦部材3に対して振動板1の短辺方向に相対移動することが可能である。これにより、超音波モータの進行方向の寸法を短縮し小型化が可能となる。

【0070】

40

前述の通り、二つの固有振動モードを用いて楕円運動を生成する超音波モータでは、両者の共振時の振幅を一致させることが困難であった。これは、用いている二つの固有振動モードの次数が異なること、平板部のX方向の寸法とY方向の寸法に差があること、連結部1d及び1eにより振動が阻害されることに起因する。

【0071】

特に、第1の実施形態の超音波モータのように平板部1aの長辺方向に相対移動する構成と比較して、本実施形態で示す平板部1aの短辺方向に相対移動する構成では、二つの固有振動モードの最大振幅の差がより大きくなる。これに伴い、駆動周波数 f_d における相対移動する際の振幅 A_{d1} 及び A_{d2} の差が大きくなるため突起部1b及び1cの先端の楕円運動のZ方向の振幅及びX方向の振幅の差が大きい横長の楕円運動になり、Z方向振幅

50

が不足するため駆動が不安定になる。

【0072】

図12は第5の実施形態の超音波モータに用いる平板部の形状を説明するための図である。図12(a)、(b)、(c)、(d)はそれぞれ振動板1の正面図、長辺方向の側面図、短辺方向の側面図、底面の斜視図を示している。それぞれの図の意味は図5で説明したものと同様である。平板部1aは一定な厚さの平板と比較して進行方向の剛性が高くなるように平板部1aに垂直なX-Z面における断面形状が凹形状となっている。凹形状というのは長方形の四辺のうち一辺が内側に凸の曲線となった形状を指す。また、一定な厚さの平板と比較して全体的な厚さが小さい場合は進行方向と直交した方向の剛性が低くなる。

10

【0073】

このような形状にすることにより、厚さが一定の平板と比較してX方向の剛性が高くなり、長辺方向の曲げ振動の2次の固有振動モードの共振周波数が高くなる。もしくは、Y方向の剛性が低くなり、短辺方向の曲げ振動の1次の固有振動モードの共振周波数が低くなる。これにより、平板部1aのX方向の寸法、Y方向の寸法を変更することなく図4(a)で A_{d1} 、 A_{d2} となるように二つの固有振動モードの共振周波数 f_1 及び f_2 を調整することができる。 A_{d1} 、 A_{d2} とすることにより、突起部1b及び1cの先端に生成される楕円運動が円に近い楕円運動となり、安定して駆動することができる。

【0074】

第1の実施形態で示した超音波モータでは平板部1aの長辺方向に相対移動する。また、第5の実施形態で示した超音波モータでは平板部1aの短辺方向に相対移動する。第1の実施形態に比べて第5の実施形態では、突起部1b及び1cの先端の楕円運動のZ方向の振幅とX方向の振幅の差がより大きい横長の楕円運動になるため、駆動がより不安定になる。しかし、平板部1aの断面形状を凹形状とすることにより円に近い楕円運動を得ることができるため、第1の実施形態と比較してより大きい効果を得ることができるというメリットがある。

20

【0075】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

30

【0076】

本発明は、小型軽量かつ広い駆動速度レンジが要求される電子機器、特にレンズ駆動装置に利用可能である。

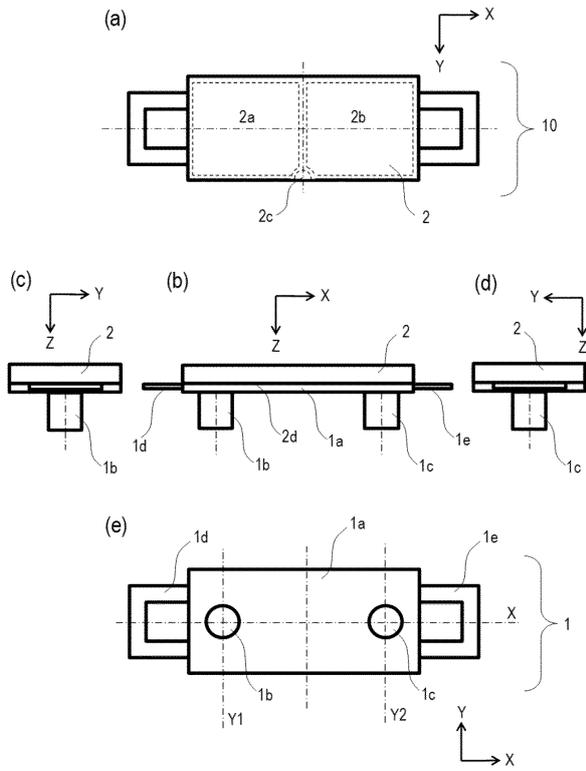
【符号の説明】

【0077】

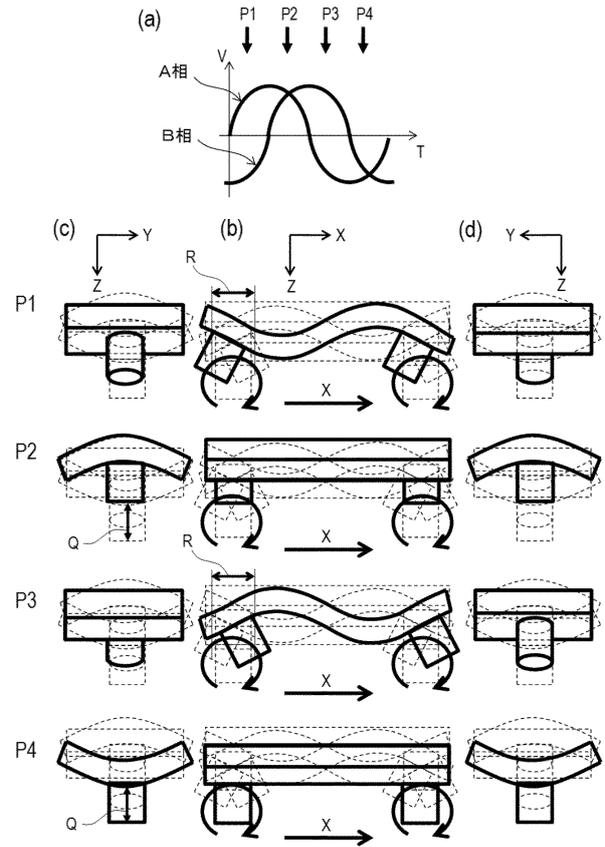
- 1 振動板
- 1 a 平板部
- 1 b、1 c 突起部
- 2 圧電素子
- 3 摩擦部材
- 10 超音波モータ

40

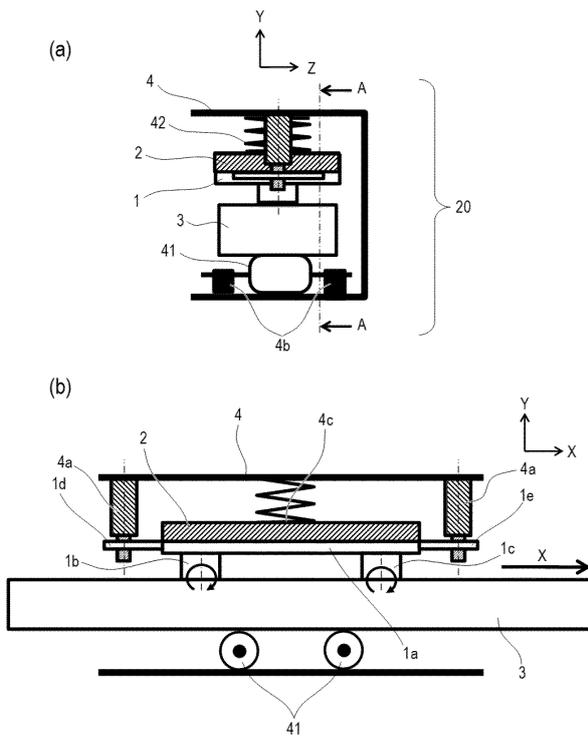
【図1】



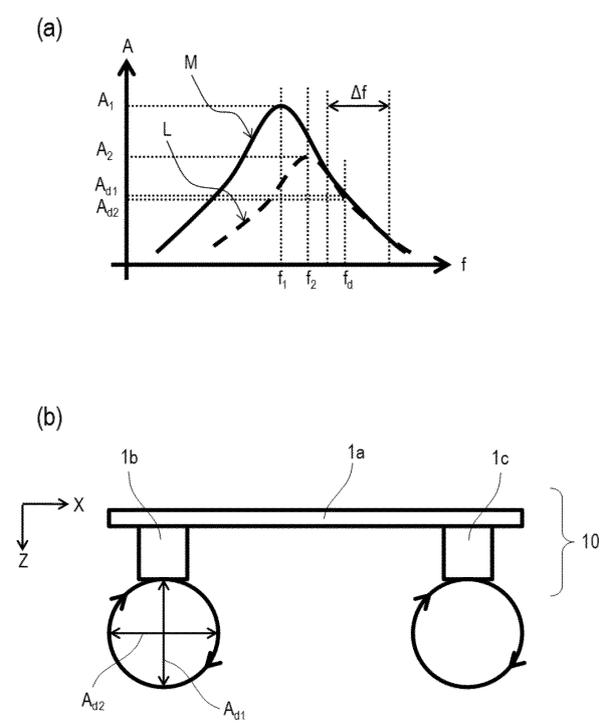
【図2】



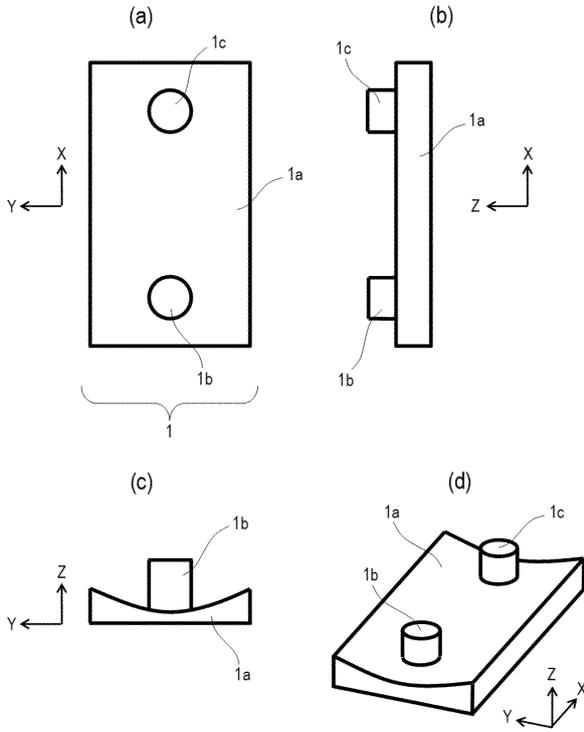
【図3】



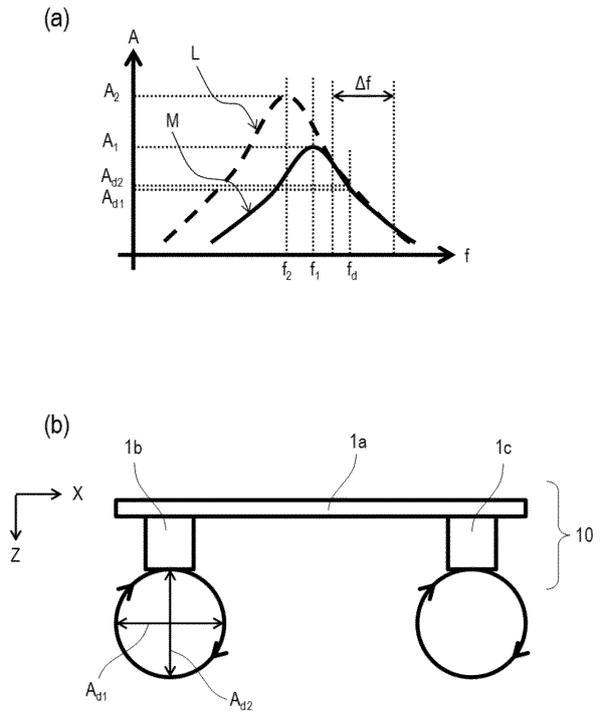
【図4】



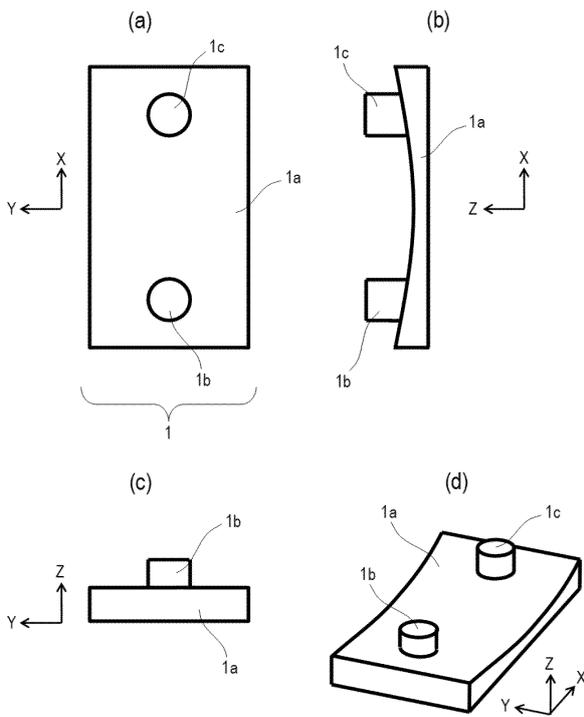
【 図 5 】



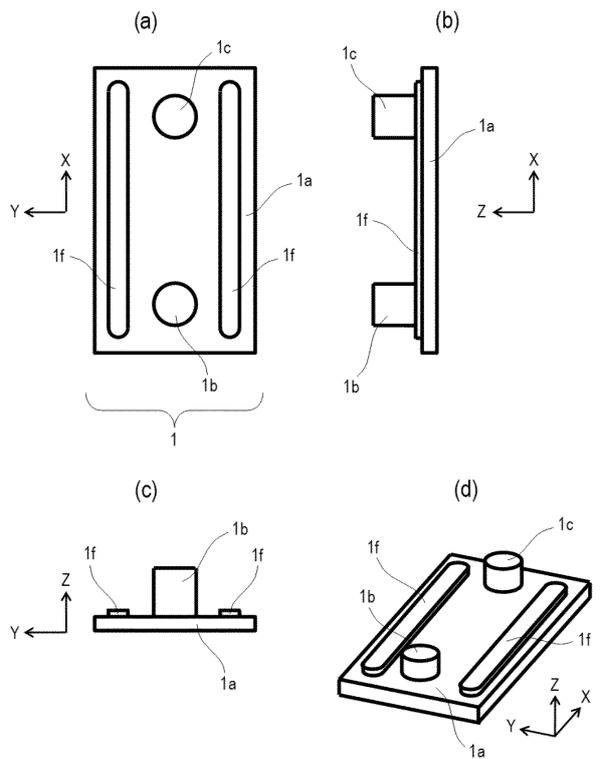
【 図 6 】



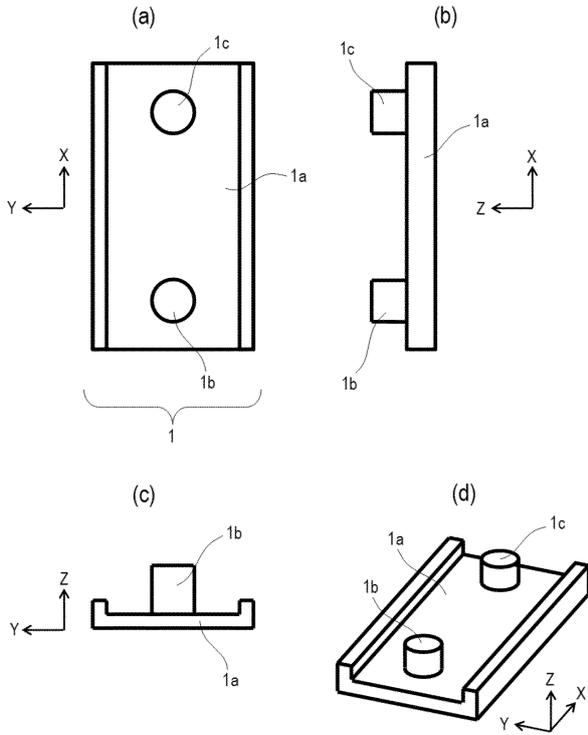
【 図 7 】



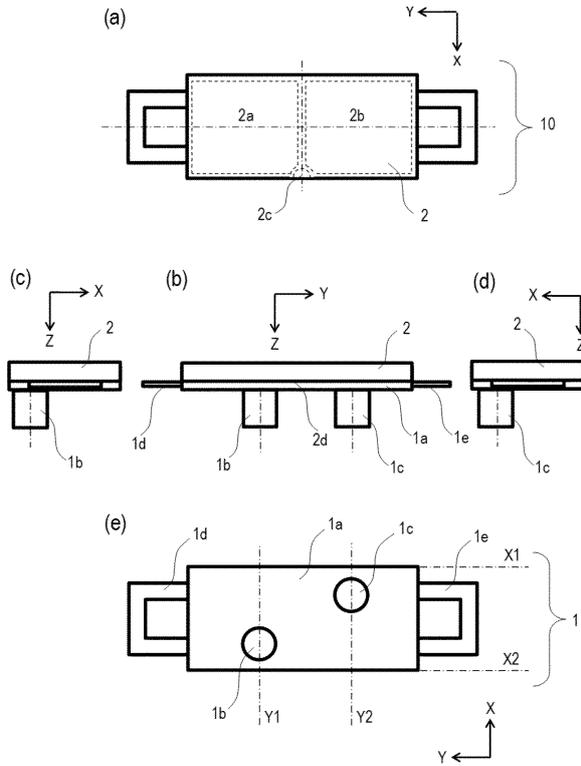
【 図 8 】



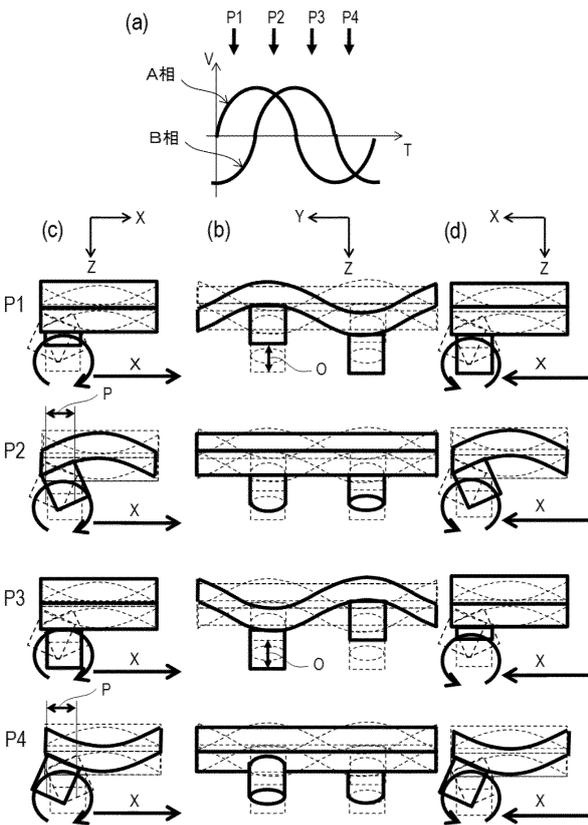
【図9】



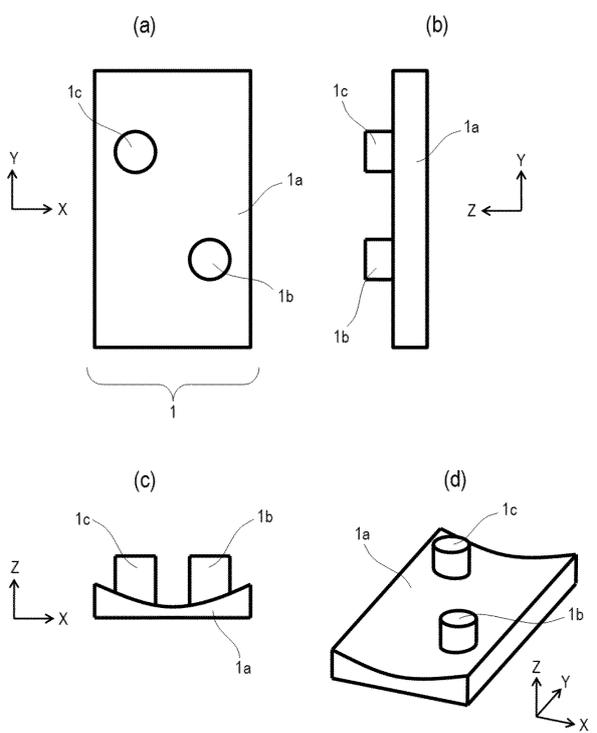
【図10】



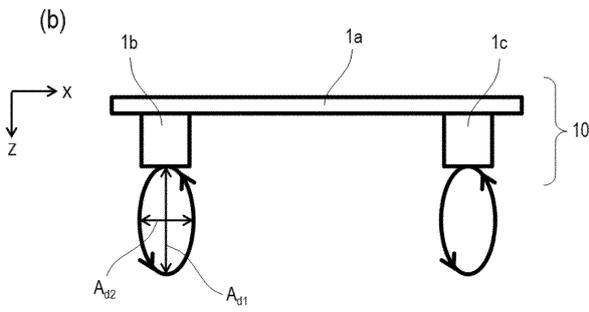
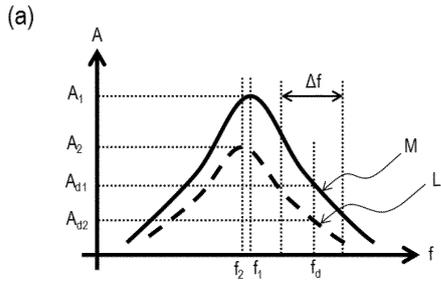
【図11】



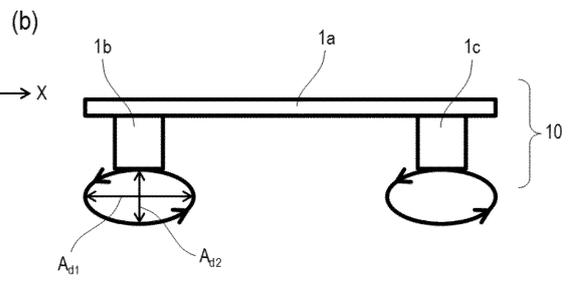
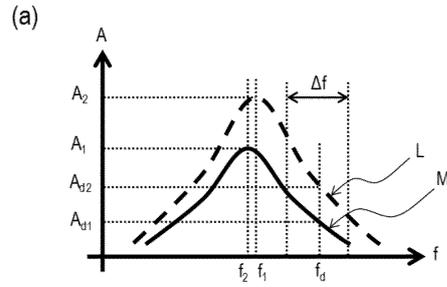
【図12】



【 13 】



【 14 】



フロントページの続き

審査官 三島木 英宏

(56)参考文献 特開2012-231622(JP,A)
特開2011-193670(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02N 2/00
H01L 41/09