

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6779660号
(P6779660)

(45) 発行日 令和2年11月4日 (2020.11.4)

(24) 登録日 令和2年10月16日 (2020.10.16)

(51) Int. Cl.	F I	
HO2N 2/04 (2006.01)	HO2N	2/04
GO2B 7/04 (2006.01)	GO2B	7/04 E
	GO2B	7/04 D

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-101019 (P2016-101019)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年5月20日 (2016.5.20)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-17980 (P2017-17980A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年1月19日 (2017.1.19)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	令和1年5月16日 (2019.5.16)		弁理士 岡部 譲
(31) 優先権主張番号	特願2015-132421 (P2015-132421)	(74) 代理人	100101498
(32) 優先日	平成27年7月1日 (2015.7.1)		弁理士 越智 隆夫
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳
		(72) 発明者	西谷 仁志
			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】 振動波モータ及び振動波モータを利用した駆動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

略長形状の外形を有する振動板と、
前記振動板に貼り付けられて振動する圧電素子と、
を有する振動波モータにおいて、
前記振動板は、前記圧電素子が貼り付けられた平面内の前記圧電素子を包括する長方形の領域の内側に前記圧電素子で覆われていない領域を有し、
前記振動板は、前記圧電素子で覆われていない前記領域に切り欠き部を有し、
前記振動板又は前記圧電素子には突起が設けられ、前記突起は前記圧電素子の位相の異なる振動により楕円運動を行い、
前記切り欠き部は、前記略長形状の外形における対向する二辺の一方に第1の切欠き領域、他方に第2の切欠き領域を有していて、前記振動板における前記第1の切欠き領域と前記第2の切欠き領域との間の領域は、前記振動板の振動の節を含むことを特徴とする、振動波モータ。

【請求項 2】

前記切り欠き部は、前記領域を通り前記振動板の外形のいずれかの辺に平行な直線に沿っており、前記領域は、前記直線に関して略線対称となってい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】

前記切り欠き部は、前記領域を通り前記振動板の外形のいずれかの辺に平行な直線に沿

っており、前記切り欠き部は、前記直線に関して略線対称となっていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の振動波モータ。

【請求項 4】

前記圧電素子を 2 つ以上有することを特徴とする、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の振動波モータ。

【請求項 5】

前記振動板と前記圧電素子と前記突起とが一体となって構成される振動波モータの固有振動モードに関して、

ねじり振動の固有振動モードの共振周波数に一致する、又は隣り合う共振周波数となる固有振動モードのうちの 1 つは、前記ねじり振動の固有振動モードのねじり中心軸に平行な方向の曲げ振動の固有振動モードであり、

10

前記ねじり振動の固有振動モードの前記ねじり中心軸である第一の節及び前記ねじり中心軸と直交する方向の第二の節のうち、第二の節より第一の節に近い位置であって、

前記曲げ振動の固有振動モードの節及び腹のうち、前記節より前記腹に近い位置に前記突起が設けられていることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の振動波モータ。

【請求項 6】

前記ねじり振動の固有振動モードは、ねじり振動の 2 次の固有振動モードであって、

前記曲げ振動の固有振動モードは、曲げ振動の 1 次の固有振動モードであることを特徴とする、請求項 5 に記載の振動波モータ。

20

【請求項 7】

前記突起が前記振動板の略長方形の面に設けられてい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。

【請求項 8】

前記振動板と同期して移動する保持部材に対し、直接的、又は、間接的に連結される連結部が前記振動板の前記圧電素子で覆われていない領域に設けられていることを特徴とする、請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の振動波モータ。

【請求項 9】

前記振動板と同期して移動する保持部材に対し、直接的、又は、間接的に連結される連結部が前記振動板の前記切り欠き部に設けられていることを特徴とする、請求項 8 に記載の振動波モータ。

30

【請求項 10】

前記切り欠き部が備えられた前記振動板の 1 辺と平行な方向に直交する方向において、前記切り欠き部は、2 つの頂部を有する形状をしていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の振動波モータ。

【請求項 11】

前記振動板と同期して移動する保持部材に対し、直接的、又は、間接的に連結される連結部が、前記切り欠き部の中央近傍部に設けられていることを特徴とする、請求項 10 に記載の振動波モータ。

【請求項 12】

40

前記振動板が固定された摩擦部材に沿って移動することを特徴とする、請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の振動波モータ。

【請求項 13】

前記振動波モータは、前記振動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 12 のいずれか 1 項に記載の振動波モータ。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の振動波モータを利用したことを特徴とする、駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、弾性体を板状としたリニア駆動用の振動波モータの振動子に関するもの、及び前述の振動波モータを利用した駆動装置に関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

従来、小型軽量、高速且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等に採用されている。例えば、リニア駆動用の超音波モータが特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 に開示の超音波モータは、圧電素子の二つの相に印加する交流電圧の位相差を制御することにより、広い速度レンジの作動を可能としている。又、特許文献 2 には、振動体の剛性を考慮した振動波駆動装置が開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 5 - 3 5 9 4 7 号公報（図 8 乃至図 1 2 参照）

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 1 1 5 5 5 9 号公報（図 6 参照）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

近年、超音波モータが搭載される電子機器の小型化、特に、レンズ駆動装置の小型化の要求は更に高まっている。特許文献 1 の図 1 2（b）に示されたようなレンズ駆動装置全体の小型化を図るためには、超音波モータの進行方向における振動板の長さ L 5 の短縮が必要とされる。しかし、単に振動板の全体を相似縮小すると、圧電素子の面積が小さくなり、圧電効果による変形が少なくなるので、振動振幅が減少してしまう。又、圧電素子及び振動板の全体の寸法が小さくなると共振周波数が高くなるので、振動振幅は更に減少してしまう。この結果、超音波モータの推進力の低下が引き起こされる。従って、超音波モータの進行方向における振動板の長さ L 5 の短縮には限界があった。

20

【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、上述の課題に鑑みてなされたものであって、推進力を損なうことなく振動波モータ（超音波モータ）の進行方向の寸法を短縮し、この振動波モータを用いて、小型化した駆動装置を提供すること目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上述の課題を解決するために、本発明の振動波モータは、略長方形形状の外形を有する振動板と、前記振動板に貼り付けられて振動する圧電素子と、を有する振動波モータにおいて、前記振動板は、前記圧電素子が貼り付けられた平面内の前記圧電素子を包括する長方形の領域の内側に前記圧電素子で覆われていない領域を有し、前記振動板は、前記圧電素子で覆われていない前記領域に切り欠き部を有し、前記振動板又は前記圧電素子には突起が設けられ、前記突起は前記圧電素子の位相の異なる振動により楕円運動を行い、前記切り欠き部は、前記略長方形形状の外形における対向する二辺の一方に第 1 の切欠き領域、他方に第 2 の切欠き領域を有して、前記振動板における前記第 1 の切欠き領域と前記第 2 の切欠き領域との間の領域は、前記振動板の振動の節を含むことを特徴としている。

40

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、推進力を損なうことなく振動波モータの進行方向の寸法を短縮することができ、この振動波モータを用いることによって、駆動装置の小型化を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】第一の実施形態の振動波モータの振動子 1 0 の詳細図である。

【図 2】第一の実施形態の振動波モータの振動子 1 0 の凸包絡を説明する図である。

50

【図 3】第一の実施形態の振動波モータの固有振動モードを示す図である。

【図 4】第一の実施形態の振動波モータの共振周波数の特性を示す図である。

【図 5】第一の実施形態の振動波モータの振動の様子を示す図である。

【図 6】第一の実施形態の振動波モータの振動の様子を示す図である。

【図 7】従来の形態の超音波モータの振動の振る舞いを示す図である。

【図 8】第一の実施形態の振動波モータを利用したリニア駆動装置 100 を示す図である。

【図 9】第一の実施形態の振動波モータを利用したレンズ駆動装置 200 を示す図である。

【図 10】第一の実施形態の振動波モータの振動子 10 の変形例を示す図である。

10

【図 11】第二の実施形態の振動波モータの振動子 20 の詳細図である。

【図 12】第三の実施形態の振動波モータの振動子 30 の詳細図である。

【図 13】第四の実施形態の振動波モータの振動子 40 の詳細図である。

【図 14】第五の実施形態の振動波モータの振動子 50 の詳細図である。

【図 15】第五の実施形態の振動波モータの振動板 51 の拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

(第一の実施形態)

以下、本発明を実施するための第一の実施形態について説明する。図 1 は、第一の実施形態の振動波（超音波）モータの振動子 10 を説明するための図であって、図 1 (a) は平面図、図 1 (b) は正面図、図 1 (c)、(d) は側面図、図 1 (e) は底面図である。振動板 1 は、略長形状の外形をしており、平面部に 1 つの突起 1a を有する。突起 1a は、絞り加工等により振動板 1 と一体成型されてもよく、又は別部品として振動板 1 に接着等して固定されてもよい。

20

【0010】

突起 1a が備えられた振動板 1 の平面部の反対側の面には、超音波領域の振動数の振動（超音波振動）を発生する圧電素子 2A、2B が貼り付けられており、振動子 10 は、振動板 1 と圧電素子 2A、2B と突起 1a とが一体となっている。圧電素子 2A、2B は、それぞれ領域 2Aa、2Bb の 2 つの領域が同じ方向に分極され、このうち領域 2Aa が A 相に、領域 2Bb が B 相に割り当てられている。分極されていない領域 2Ac、2Bc は、圧電素子 2A、2B の裏面 2Ad、2Bd の全面電極から側面を経由して導通されたグラウンドとして使用される電極である。なお、圧電素子 2A、2B の裏面 2Ad、2Bd の全面電極から側面を経由して導通できれば、領域 2Ac、2Bc の位置は任意である。

30

【0011】

振動板 1 には、直線 L に沿って後述の切り欠き部 1b1、1b2 が設けられている。更に、後述の領域 W の範囲内であって、切り欠き部 1b1、1b2 の近傍における点線で示された範囲には、振動板 1 と同期して移動する後述の保持部材 4（不図示）に対し、直接的、又は、間接的に連結される連結部 1c1、1c2 が設けられている。連結部 1c1、1c2 は、突部、凹部等の形状とすることが可能である。連結方法は、単に連結されているだけでなく、接着、溶接、又はばね等により加圧されて連結される方法も可能である。

40

【0012】

ここで、図 2 を用いて凸包絡について説明する。有限な点集合 A の凸包絡とは、有限な点集合 A を含む最小の凸集合である。更に、凸集合とは、集合の任意の 2 点を結ぶ線分が集合に含まれるような集合をいう。例えば、図 2 (a) のように、有限な点集合 A は、任意の 2 つの点 X と点 Y とを結ぶ線分が点集合 A に含まれているので凸集合である。図 2 (b) のように、有限な点集合 B は、2 つの点 X と点 Y を結ぶ線分上の点 Z が点集合 B に含まれていないので凸集合ではない。図 2 (c)、(d)、(e)、(f) のような点集合 C、点集合 D、点集合 E、点集合 F の凸包絡とは、全て頂点 x1 ~ x4 を結ぶ、点線 S で示した四角形となる。従って、図 1 において、圧電素子 2A、2B に覆われた全領域の凸包絡とは、圧電素子 2A、2B を包括する長方形（頂点 x1 ~ x4 を結ぶ長方形）の領域

50

である。

【 0 0 1 3 】

次に、本実施形態の振動波モータの振動子 1 0 について、図 1 (a) を用いて振動子 1 0 の構造に係る二つの特徴を説明する。まず、振動子 1 0 の構造に係る第一の特徴は、振動板 1 の圧電素子 2 A、2 B が貼り付けられた平面内の圧電素子 2 A、2 B に覆われた全領域の凸包絡の内側に、圧電素子 2 A、2 B で覆われていない領域 W (図示の二点鎖線で囲まれた領域) を有することである。このため、領域 W は振動板 1 のみの構造となるので、領域 W における曲げ剛性やねじれ剛性は、他の領域と比べて低下する。又、領域 W は振動板 1 の 1 辺と平行な方向 D 1 に平行な直線 L に関して略線対称となっている。ここで、曲げ剛性やねじり剛性とは、曲げやねじりの力に対する寸法変化のしづらさの度合いのことを意味する。

10

【 0 0 1 4 】

振動子 1 0 の構造に係る第二の特徴は、領域 W を通り振動板 1 の 1 辺と平行な方向 D 1 に平行な直線 L に沿って、振動板 1 が切り欠き部 1 b 1、1 b 2 を有することである。このため、領域 W の曲げ剛性やねじれ剛性は、更に低下する。又、切り欠き部 1 b 1、1 b 2 は振動板 1 の 1 辺と平行な方向 D 1 に平行な直線 L に関して略線対称となっている。これら振動子 1 0 の構造に係る第一の特徴及び構造に係る第二の特徴によって、曲げ剛性やねじれ剛性が低下することによる効果は後述する。

【 0 0 1 5 】

そして、給電手段 P a、P b により、位相差を自在に変化させた交流電圧が A 相と B 相に印加されることによって、超音波振動が発生することは、従来の形態と同様である。又、ねじり振動の 2 次の固有振動モードと曲げ振動の 1 次の固有振動モードの共振周波数をより低い周波数で一致させる、又は近接させて、共振現象により大きな超音波振動を得ることも従来の形態と同様である。更に、その共振周波数に近い周波数の交流電圧を印加することにより、共振現象により大きな超音波振動を得ることも従来の形態と同様である。本発明の振動波モータの振動子 1 0 は、振動板 1 と圧電素子 2 A、2 B と、突起 1 a と給電手段 P a、P b とを備える構成である。

20

【 0 0 1 6 】

次に、本実施形態の振動子 1 0 が発生する、ねじり振動の 2 次の固有振動モードと曲げ振動の 1 次の固有振動モードについて詳細に説明する。図 3 (a) には、圧電素子 2 A、2 B の分極領域、給電手段 P a、P b 等の記載が省略された、振動子 1 0 の平面図が示されている。図 3 (b) には、振動子 1 0 の正面図が示されている。図 3 (c) には、振動板 1 の 1 辺と平行な方向 D 1 のねじり振動の 2 次の固有振動モードを矢印 d 1 方向から見た概念図が示されている。図 3 (d) には、ねじり振動の 2 次の固有振動モードの振動を示した斜視図が示されている。図 3 (e) には、振動板 1 の 1 辺と平行な方向 D 2 のねじり振動の 2 次の固有振動モードを矢印 d 2 方向から見た概念図が示されている。図 3 (f) には、振動板 1 の 1 辺と平行な方向 D 1 の曲げ振動の 1 次の固有振動モードを矢印 d 1 方向から見た概念図が示されている。図 3 (g) には、曲げ振動の 1 次の固有振動モードの振動を示した斜視図が示されている。なお、図 3 (c)、(e)、(f) において、突起 1 a、圧電素子 2 A、2 B の記載は省略されている。

30

40

【 0 0 1 7 】

図 3 (c)、(d) に示されるようなねじり振動の 2 次の固有振動モードの発生において、図 3 (e) の矢印 d 2 方向視で観察される、ねじり中心軸 M a 1 (第一の節) が発生し、図 3 (a) に一点鎖線として示されている。他方、図 3 (c) の矢印 d 1 方向視で観察される、ねじり中心軸 M a 1 と直交する方向に第二の節 M b 1 が発生し、図 3 (a) に破線として示されている。又、図 3 (f)、(g) に示されるような曲げ振動の 1 次の固有振動モードの発生において、矢印 d 1 方向視で観察される、節 N a 1 及び腹 N a 2 が発生し、それぞれ図 3 (a) に一点鎖線として示されている。振動板 1 の変形量は、これらの振動の節の近傍では小さいが振動の腹の近傍では大きい。

【 0 0 1 8 】

50

ここで、連結部 1 c 1、1 c 2 が設けられている領域は、図 3 (a) を参照すると、ねじり振動の 2 次の固有振動モードのねじり中心軸 M a 1 (第一の節) 上であって、第二の節 M b 1 と、曲げ振動の 1 次の固有振動モードの節 N a 1 の上である。このように、連結部 1 c 1、1 c 2 は、振動板 1 と圧電素子 2 A、2 B の振動において変形量が少ない領域に設けられているので、振動板 1 の振動が阻害されにくくなっている。なお、連結部 1 c 1、1 c 2 は、これら振動の節の近傍にあれば、図 3 (a) で示した位置に限定されない。更に、連結部 1 c 1、1 c 2 は、振動板 1 の変形量が比較的少ない領域に設けられていればよいので、これら振動の節の位置に限定されることもない。

【 0 0 1 9 】

以下、本実施形態の振動波モータの振動子 1 0 について、振動に係る 3 つの特徴を説明する。振動に係る第一の特徴を図 3 (a) 乃至 (g) を用いて、以下に説明する。それは、方向 D 1 のねじり振動の 2 次の固有振動モードの共振周波数に一致する又は隣り合う共振周波数となる固有振動モードのうちの 1 つは、ねじり振動の 2 次の固有振動モードのねじり中心軸 M a 1 に平行な方向 D 1 の曲げ振動の 1 次の固有振動モードである。この特徴は、振動板 1 の方向 D 1 と方向 D 2 の寸法、領域 W の寸法、切り欠き部 1 b 1、1 b 2 の寸法、振動板 1 と圧電素子 2 A、2 B の厚さ、振動板 1 と圧電素子 2 A、2 B の剛性等の各設計値が適切な値に設定されることによってなし得る。なお、これら各設計値の適切な値の組合せは一通りではなく、さまざまな組合せを設定することができる。

【 0 0 2 0 】

振動に係る第二の特徴は、図 3 (a)、(b)、(e) に示すとおり、突起 1 a がねじり振動の 2 次の固有振動モードの第二の節 M b 1 よりねじり中心軸 M a 1 (第一の節) に近い位置に設けられていることである。なお、図 3 (a) の例は、突起 1 a はねじり中心軸 M a 1 (第一の節) と一致し、第二の節 M b 1 から最も離れた位置に設けられた最適形態である。

【 0 0 2 1 】

振動に係る第三の特徴は、図 3 (a)、(b) のとおり、突起 1 a が曲げ振動の 1 次の固有振動モードの節 N a 1 及び腹 N a 2 のうち、当該節 N a 1 より当該腹 N a 2 に近い位置に設けられていることである。なお、図 3 (a) の例は、突起 1 a は腹 N a 2 と一致し、節 N a 1 から最も離れた位置に設けられた最適形態である。

【 0 0 2 2 】

図 4 には、比較例とともに第一の実施形態が示されている。図 4 (a) は、従来の振動子に対して、振動波モータの振動子の小型化のために方向 D 1 の寸法を小さくした比較例である。ただし、この比較例では、振動板の平面部分は圧電素子 2 によってほぼ全面が覆われている。図 4 (b) は、図 4 (a) の圧電素子 2 の構成に対して、上述の領域 W を設けた比較例、すなわち構造に係る第一の特徴が反映された例である。図 4 (c) は、第一の実施形態である図 1 の振動板 1 であって、構造に係る第一の特徴に加え、領域 W を通り振動板 1 の方向 D 1 に平行な直線 L に沿って振動板 1 の切り欠き部 1 b 1、1 b 2 を有する構造、すなわち構造の第二の特徴が反映された例である。図 4 (a 1)、(b 1)、(c 1) は、いずれも平面図である。

【 0 0 2 3 】

図 4 (a 2)、(b 2)、(c 2) は、振動板の方向 D 1 のねじり振動の 2 次の固有振動モードを示した概念図であり、図 4 (a 3)、(b 3)、(c 3) は、振動板の方向 D 1 の曲げ振動の 1 次の固有振動モードを示した概念図である。図 4 (a 4)、(b 4)、(c 4) は、ねじり振動の 2 次の固有振動モードを示した斜視図であり、図 4 (a 5)、(b 5)、(c 5) は、曲げ振動の 1 次の固有振動モードを示した斜視図である。振動板の変形量は、いずれも誇張して描かれている。図 4 (c) 等 に示された形態は、振動板の方向 D 1 のねじり振動の 2 次の固有振動モードの共振周波数に一致する又は隣り合う共振周波数となる固有振動モードは、振動板の方向 D 1 の曲げ振動の 1 次の固有振動モードとなる、振動に係る第一の特徴を備えている。これは、各設計値が適切な値に設定されているためである。通常、振動板の方向 D 1 のねじり振動の 2 次の固有振動モードの共振周波

10

20

30

40

50

数は、方向 D 1 の曲げ振動の 1 次の固有振動モードの共振周波数より高い。これは方向 D 1 のねじり剛性と曲げ剛性を比較すると、前者の剛性が高いからである。なお、前述と同様に、曲げ剛性やねじり剛性とは、曲げやねじりの力に対する寸法変化のしづらさの度合いのことを意味する。

【 0 0 2 4 】

図 4 (a) の比較例と図 4 (b) の比較例とにおける、振動板の方向 D 1 のねじり剛性と、振動板 1 の方向 D 1 の曲げ剛性とをそれぞれ比較すると、いずれの剛性も図 4 (b) の比較例の方が図 4 (a) の比較例より低い。これは、図 4 (b) の比較例は、構造に係る第一の特徴である領域 W を有しているためである。よって、共振周波数も図 4 (b) の比較例の方が図 4 (a) の比較例より低くなる。一般的に、振動体のサイズが同等であれば、共振周波数の低い振動子の方が振動振幅は大きい。このため、より低い周波数で振動できれば、振動波モータの振動子を小型化してもほぼ同等の振動振幅を得ることができる。従って、駆動に用いる 2 つの共振周波数について、より低い周波数で振動することは、振動波モータの小型化にとってメリットとなる。

【 0 0 2 5 】

次に、図 4 (b) の比較例と図 4 (c) の第一の実施形態とにおける、振動板 1 の方向 D 1 のねじり剛性を比較すると、図 4 (c) の第一の実施形態の方が図 4 (b) の比較例より低い。又、振動板 1 の方向 D 1 のねじり振動の 2 次の固有振動モードの共振周波数を比較すると、図 4 (b) の比較例より図 4 (c) の第一の実施形態の方が低い（後述、図 4 (b 6)、(c 6) 参照）。これを考察すると、図 4 (c) の第一の実施形態は、構造に係る第二の特徴である切り欠き部 1 b 1、1 b 2 を有しており、図 4 (b 4) において、ねじり変形によって応力が集中する部分 P が、図 4 (c 4) では、切り欠かれているためである。

【 0 0 2 6 】

又、図 4 (b) の比較例と図 4 (c) の第一の実施形態とにおける、振動板 1 の方向 D 1 の曲げ振動の 1 次の固有振動モードの共振周波数を比較すると、図 4 (b) の比較例より図 4 (c) の第一の実施形態の方が高い（後述、図 4 (b 6)、(c 6) 参照）。これを考察すると、図 4 (b) の比較例では、振動板の方向 D 1 の曲げ振動の 1 次の固有振動モードのはりの全長に相当する寸法が完全な 1 つの辺である。一方、図 4 (c) の第一の実施形態では、一部が切り欠き部 1 b 1、1 b 2 によって切り欠かれているので、はりの全長に相当する寸法が実質的に短くなっている。

【 0 0 2 7 】

図 4 (b 6) には、図 4 (b) の比較例、図 4 (c 6) には、図 4 (c) の第一の実施形態における共振周波数の分布が示されており、縦軸は共振周波数である。図 4 (b 6) には、比較例である、図 4 (b 4) のねじり振動の 2 次の共振周波数 f_{b2} 及び図 4 (b 5) の曲げ振動の 1 次の共振周波数 f_{b1} がそれぞれ示されている。図 4 (c 6) には、第一の実施形態である、図 4 (c 4) のねじり振動の 2 次の共振周波数 f_{c2} 及び図 4 (c 5) の曲げ振動の 1 次の共振周波数 f_{c1} がそれぞれ示されている。本発明の構成を実現することにより、比較例のねじり振動の 2 次の共振周波数 f_{b2} が第一の実施形態のねじり振動の 2 次の共振周波数 f_{c2} に低下する。一方、比較例の曲げ振動の 1 次の共振周波数 f_{b1} が第一の実施形態の曲げ振動の 1 次の共振周波数 f_{c1} に上昇する。結果として、図 4 (b) の比較例に対して、図 4 (c) の第一の実施形態では、ねじり振動の 2 次の共振周波数 f_{c2} と曲げ振動の 1 次の共振周波数 f_{c1} とを近づけることができる。

【 0 0 2 8 】

一般的に隣接する共振周波数を有する振動体が、その共振周波数の近傍の周波数で駆動された場合、その振動体の振動振幅が大きくなる。従って、構造に係る第二の特徴を満たすことによって、駆動に用いる 2 つの共振周波数について、互いにより近い周波数で振動することができれば、振動波モータを小型化してもほぼ同等の振動振幅を得ることができる。この結果、振動波モータの小型化にとってメリットとなる。

【 0 0 2 9 】

図5(a)には、圧電素子2A、2Bに印加する交流電圧について、A相に対してB相の位相を約 $+90^\circ$ 遅らせた場合の電圧波形が示されている。図5(b)には、図1の(a)に対応した平面図、図5(c)には、図1の(b)に対応した正面図、図5(d)には、図5(c)の断面線(d)-(d)における断面図において、時間 $T_1 - T_4$ への時間の変化に対応する振動の変化 $P_1 - P_4$ が示されている。なお、圧電素子2A、2Bの記載は省略されている。更に、図5(a)に示される時間 $T_1 - T_4$ における電氣的な交流電圧の変化に対して、図5(c)、(d)に示される機械的な振動の変化 $P_1 - P_4$ は、所定の機械的応答遅れ時間を伴って変化する。又、振動の振幅は誇張して描かれている。

【0030】

10

A相とB相に同符号の電圧が印加されている時(時間 T_2 、 T_4)から所定の機械的応答遅れ時間の後に、A相とB相は同様に伸縮し、曲げ振動の1次の固有振動モードの振幅が最大となる(図5(d)の(i)参照)。逆にA相とB相に異符号の電圧が印加されている時(時間 T_1 、 T_3)から所定の機械的応答遅れ時間の後に、A相とB相は逆方向に伸縮し、ねじり振動の2次の固有振動モードの振幅が最大となる(図5(d)の(ii)参照)。この結果、突起1aの先端に図示のような円運動が発生するので、矢印X方向に推進力を得ることができる。又、A相に対してB相の位相を約 $+90^\circ$ 進めて交流電圧を印加した場合は、図5と反対方向の円運動が発生するので逆方向の推進力を得ることができる。

【0031】

20

図6(a)には、圧電素子2A、2Bに印加する交流電圧について、A相に対してB相の位相をほぼ遅れがないようにした場合の電圧波形が示されている。図6(b)には、図1の(a)に対応した平面図、図6(c)には、図1の(b)と対応した正面図、図6(d)には、図6(c)の断面線(d)-(d)における断面図において、時間 $T_5 - T_8$ への時間の変化に対応する振動の変化 $P_5 - P_8$ が示されている。図5(a)に示された場合と比べて、A相とB相に異符号の電圧が印加されている時間がほとんどないので、ねじり振動の2次の固有振動モードの振幅が非常に小さくなる(図6(d)の(ii)参照)。この結果、突起1aの先端に図示のような縦長の楕円運動が発生するので、矢印X方向に推進力を得ることができ、その推進力によって、振動子を非常に低速に移動させることができる。

30

【0032】

以下、本発明の効果について、第一の実施形態の振動波モータの振動子10と従来の形態の振動波モータの振動子とを図5と図7とを比較し考察する。図7(b)に示す従来の振動波モータの振動子は、長辺 L_5 と平行な方向である矢印X方向に進行するのに対して、第一の実施形態の振動子10は、従来の形態の進行方向である長辺 L_5 と平行な方向より短い1辺と平行な方向(図5中矢印X方向)に進行する。このため、振動波モータの進行方向の寸法を短縮することができる。又、第一の実施形態の圧電素子2A、2Bは、従来の振動波モータの圧電素子より面積が小さくなっている。しかし、第一の実施形態の振動子10は、前述の構造に係る第一の特徴及び構造に係る第二の特徴を満たすことにより、駆動に用いる2つの共振周波数がより低く、かつ互いにより近い周波数で、振動に係る第一の特徴を満足することができる。このため、従来の振動波モータに近い振動振幅(図5(d)の(ii))が得られるので、従来の振動波モータと同等の推進力を得ることができる。この結果、推進力を大きく損なうことなく従来の形態より短い辺に沿って進行できるので、振動波モータの進行方向の寸法を短縮し、この振動波モータを用いることによって、駆動装置の小型化を達成することができる。なお、第一の実施形態では、ねじり振動の2次の固有振動モードと曲げ振動の1次の固有振動モードとを組み合わせる例を示したが、上述の特徴を満足していれば、高次の固有振動モードを組み合わせても同様の効果を得ることができる。

40

【0033】

図8(a)には、本発明の振動波モータを利用したリニア駆動装置100を振動波モータ

50

タの進行方向から見た概略図が示されており、図 8 (b) には、図 8 (a) の断面線 (b) - (b) における断面図が示されている。摩擦部材 3 は、振動板 1 の突起 1 a と接触し、振動板 1 の超音波振動によって、振動子 1 0 が相対移動する。摩擦部材 3 に対して、振動板 1 が振動板 1 の略長方形形状の面のねじり中心軸 M a 1 と直交する方向に相対移動することができる。保持部材 4 は、支持部 4 a の端部 4 d 1、4 d 2 において振動板 1 の連結部 1 c 1、1 c 2 と連結し、振動板 1 を支持する。そして、軸部 4 b において、摩擦部材 3 の裏面に回転摺動するローラ 1 0 1 を回転自在に軸支している。すなわち、保持部材 4 は、振動板 1 と同期して移動する部材である。加圧ばね 1 0 2 は、その下端が圧電素子 2 A、2 B に作用し、上端が受け部 4 c において保持部材 4 に作用する。駆動伝達部 1 0 3 は、保持部材 4 と後述の被駆動体とを連結する部材である。

10

【 0 0 3 4 】

加圧ばね 1 0 2 の加圧力により、突起 1 a は摩擦部材 3 に圧接され、図 5、図 6 に示す矢印のような円運動による駆動力によって、保持部材 4 が図 8 (b) の X 方向に推進力を得る。なお、ローラ 1 0 1 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、転動ボールのような機構でもよい。又、摺動抵抗が許容されるのであれば、直接すべり摩擦で摺動させてもよい。このような構成により、図 8 のリニア駆動装置 1 0 0 は、振動波モータの振動子 1 0 を振動板 1 の略長方形形状の面のねじり中心軸 M a 1 と直交する方向 D 2 を駆動方向としている。

【 0 0 3 5 】

以上説明したとおり、第一の実施形態の振動波モータの振動子 1 0 は、構造に係る第一の特徴及び構造に係る第二の特徴を満たすことにより、駆動に用いる 2 つの共振周波数がより低く、かつ互いにより近い周波数となる。この結果、推進力を損なうことなく振動波モータの進行方向の寸法を短縮し、この振動波モータを用いることによって、リニア駆動装置の小型化を達成することができる。

20

【 0 0 3 6 】

図 9 (a) には、本発明の振動波モータを利用したリニア駆動装置 1 0 0 を搭載したレンズ駆動装置 2 0 0 のレンズ駆動部の光軸方向の正面図が示されており、図 9 (b)、(c) には、枠体 2 0 1 の一部を取り除いた側面図が示されている。なお、図 9 (c) は、図 9 (b) に対して更に小型化されたレンズ駆動装置 2 0 0 である。枠体 2 0 1 は、摩擦部材 3 を固定している。レンズ 2 0 2 は、レンズホルダー 2 0 3 に保持されている。レンズホルダー 2 0 3 は、ガイド軸 2 0 4、ガイド軸 2 0 5 によって支持され、更に光軸方向 (矢印 X 方向) に案内される。なお、図 9 (b) におけるリニア駆動装置 1 0 0 には、振動板 1、摩擦部材 3 以外の部材の記載が省略されている。

30

【 0 0 3 7 】

振動板 1 は、枠体 2 0 1 に固定された摩擦部材 3 に沿って移動し、これと同期して保持部材 4 が移動する。レンズホルダー 2 0 3 は、駆動伝達部 1 0 3 によって保持部材 4 と連結された被駆動体であり、保持部材 4 と同期して移動する。図示されていないマイコンからの移動命令に従い、保持部材 4 が X 方向に相当の距離を移動することにより、レンズホルダー 2 0 3 を距離 L 1 まで移動させることができる。このような構成により、図 9 のレンズ駆動装置 2 0 0 は、振動波モータを振動板 1 の略長方形形状の面のねじり中心軸 M a 1 と直交する方向 D 2 を駆動方向としている。

40

【 0 0 3 8 】

以上説明したとおり、第一の実施形態の振動波モータを利用することにより、レンズ駆動装置 2 0 0 の小型化を達成することができる。なお、第一の実施形態では、固定された摩擦部材 3 に沿って振動板 1 が移動する例を説明したが、固定された振動板 1 に沿って摩擦部材 3 が移動する構成であっても、小型化を実現することができ、同様の効果を奏する。

【 0 0 3 9 】

本発明の第一の実施形態の変形例を図 1 0 に示す。図 1 0 (a 1) 乃至 (c 1) において、振動波モータの振動子 1 1 乃至 1 3 が有する圧電素子 2 A、2 B は、2 つに分割され

50

た圧電素子であって、第一の実施形態と同様である。図10(d1)、(e1)において、振動波モータの振動子14、15が有する圧電素子14A、15Aは、一体型の圧電素子である。そして、振動波モータの振動子11乃至15は、いずれも上述の領域Wを有し、振動波モータの振動子11乃至14においては、各領域Wの近傍に切り欠き部が設けられている。なお、振動波モータの振動子15においては、領域Wが振動板15-1の中央部に略矩形に設けられており、切り欠き部15b1、15b2は、領域Wの近傍には設けられていない。又、各領域Wはそれぞれの振動板の1辺と平行な方向D1に平行な直線Lに関して略線対称となっている。又、各切り欠き部はそれぞれの振動板の1辺と平行な方向D1に平行な直線Lに関して略対称となっている。

【0040】

以下に、上述の変形例の特徴を説明する。振動波モータの振動子11が有する切り欠き部11b1は、振動板11-1に一つ設けられており、比較的横長の形状である。振動子12が有する切り欠き部12b1及び12b2は、振動板12-1の左右に一つずつ、且つ同じ軸上に設けられている。振動子13が有する切り欠き部13b1及び13b2は、振動板13-1の左右に一つずつ、且つ異なる軸上に設けられている。振動子14が有する切り欠き部14b1及び14b2は、振動板14-1の左右に一つずつ、且つ同じ軸上に設けられており、一体型の圧電素子14Aは、振動板14-1上に領域Wを形成するためD1方向に括れた形状をしている。振動子15が有する切り欠き部15b1及び15b2は、振動板15-1の左右に一つずつ、且つ同じ軸上に設けられており、一体型の圧電素子15Aは、その中央部に領域Wを形成するための略矩形開口の形状を有している。

【0041】

図10(a2)乃至(e2)に示すとおり、全ての振動板について、圧電素子が貼り付けられた平面内の圧電素子に覆われた全領域の凸包絡(図の点線Sで示した矩形)の内側に圧電素子で覆われていない領域W(図示二点鎖線領域)が備えられている。又、領域Wを通り振動板の1辺と平行な直線L(図示一点鎖線)に沿って振動板の切り欠き部が備えられている。従って、全ての変形例は、構造に係る第一の特徴及び構造に係る第二の特徴を有している。この結果、駆動に用いる2つの共振周波数は、より小さく、かつ互いにより隣接した周波数で前述の振動に係る第一の特徴を満足することができ、第一の実施形態の振動波モータと同等の効果が得られる。なお、圧電素子は、2つに分割された例を挙げたが、圧電素子は、2つに限定されず、2つ以上有する場合も可能である。

【0042】

(第二の実施形態)

以下、本発明を実施するための第二の実施形態について説明する。図11(a)乃至(h)は、第二の実施形態の振動波モータの振動子20を示す図であって、以下、第一の実施形態との差異についてのみ説明する。圧電素子22A、22Bは、振動板21の突起21aと反対側の面に貼り付けられ、交流電圧を印加することにより超音波振動する。圧電素子22A、22Bは22Aa、22Bbの2つの領域が同方向に分極され、22AaがA相に、22BbがB相に割り当てられている。第一の実施形態とは異なり、分極されていない領域はなく、折り返し電極もない。そこで、圧電素子22A、22Bと振動板21が貼り付けられた面22Ad、22Bdを介して振動板21自身をグランドとしている。この結果、振動板21を介して、給電手段Pa、Pbにより、A相とB相に位相を自在に変化させた交流電圧を印加することによって、超音波振動を発生させることができる。その他の構造に係る2つの特徴、振動に係る3つの特徴等は、第一の実施形態と同様である。

【0043】

このような構成であっても、第一の実施形態と同様に、推進力を損なうことなく振動波モータの振動子20の進行方向の寸法を短縮し、この振動波モータの振動子20を用いることによって、レンズ駆動装置の小型化を達成することができる。なお、実施形態の変形例等も第一の実施形態と同様である。

【0044】

(第三の実施形態)

以下、本発明を実施するための第三の実施形態について説明する。図12(a)乃至(h)は、第三の実施形態の振動波モータの振動子30を示す図であって、以下、第一の実施形態との差異についてのみ説明する。点線で示される範囲は、振動板31と同期して移動する図示されていない前述の保持部材4に対し、直接的、又は、間接的に連結される連結部31c1、31c2、31c3、31c4である。連結部31c1乃至31c4は、単に連結されているだけでなく、ばね等により加圧されている構成も考えられる。第一の実施形態とは異なり連結部31c1乃至31c4は、振動板31の淵部に設けられている。

【0045】

連結部31c1乃至31c4が設けられている部分は、ねじり振動の2次の固有振動モードの第二の節Mb1と、曲げ振動の1次の固有振動モードの節Na1の近傍である。このように、連結部31c1乃至31c4は、振動板31と圧電素子32A、32Bとの振動において、変形量が少ない部分に設けられているので、振動板31の振動が阻害されにくくなっている。なお、連結部31c1乃至31c4は、ねじり振動の2次の固有振動モードの第二の節Mb1と、曲げ振動の1次の固有振動モードの節Na1の近傍であれば、図12の位置に限定されることはない。更に、連結部31c1乃至31c4は、振動板31と圧電素子32A、32Bの振動において変形量が少ない部分に設けられていればよいので、振動の節の位置に限定されることもない。その他、構造に係る2つの特徴、振動に係る3つの特徴等は、第一の実施形態と同様である。

【0046】

このような構成であっても、第一の実施形態と同様に、推進力を損なうことなく振動波モータの振動子30の進行方向の寸法を短縮し、この振動波モータの振動子30を用いることによって、レンズ駆動装置の小型化を達成することができる。なお、実施形態の変形例等も第一の実施形態と同様である。

【0047】

(第四の実施形態)

以下、本発明を実施するための第四の実施形態について説明する。図13(a)乃至(h)は、第四の実施形態の振動波モータの振動子40を示す図であって、以下、第一の実施形態との差異についてのみ説明する。圧電素子42は、振動板41に貼り付けられ、交流電圧を印加することにより超音波振動する。圧電素子42は、2つの領域42a、42bが同方向に分極され、このうち42aがA相に、42bがB相に割り当てられている。分極されていない領域42cは、圧電素子42の裏面42dの全面電極から側面を経由して導通されたグランドとして使用される電極である。突起421aが圧電素子42上に1つ接着されている。又、圧電素子で覆われていない領域Wが2カ所設けられている。その他、構造に係る2つの特徴、振動に係る3つの特徴等は、第一の実施形態と同様である。

【0048】

このような構成であっても、第一の実施形態と同様に、推進力を損なうことなく振動波モータの進行方向の寸法を短縮し、この振動波モータを用いることによって、レンズ駆動装置の小型化を達成することができる。なお、実施形態の変形例等も第一の実施形態と同様である。

【0049】

(第五の実施形態)

以下、本発明を実施するための第五の実施形態について説明する。図14(a)乃至(h)は、第五の実施形態の振動波モータの振動子50を示す図、図15は、第五の実施形態の振動波モータの振動板51の拡大図であって図14(e)を拡大した図である。点線で示される範囲は、振動板51と同期して移動する図示されていない前述の保持部材4に対し、直接的、又は、間接的に連結される連結部51c1、51c2であることは第一の実施形態と同様である。以下、第一の実施形態との差異についてのみ説明する。

【0050】

図15に示すとおり、切り欠き部51b1、51b2がそれぞれ対向して振動板51に設けられている。切り欠き部51b2は、切り欠き部51b1と同様な特徴を有するので、以下、切り欠き部51b1の特徴を詳細に説明する。切り欠き部51b1が設けられた振動板51の1辺と平行な方向D2に直交する方向D1において、切り欠き部51b1は、2つの頂部を有する形状をしている。切り欠き部51b1の2つの頂部の間には、切り欠き部51b1が設けられた振動板51の1辺から2つの頂部までの寸法S5より短い寸法C5を有する中央近傍部が形成されている。切り欠き部51b2についても同様である。

【0051】

切り欠き部51b1の方向D1の寸法が大きい場合、ねじり変形によって応力が集中する部分が大きく切り欠かれるため、ねじり振動の2次の固有振動モードの共振周波数 f_c2 が低下することは、第一の実施形態で説明したとおりである。又、切り欠き部51b1の方向D1の寸法が大きいほど、はりの全長に相当する寸法が実質的に短くなるため、曲げ振動の1次の固有振動モードの共振周波数 f_c1 が上昇することも、第一の実施形態で説明したとおりである。この結果、これら2つの共振周波数を近づけることができ、振動波モータの小型化にとってメリットとなる。

【0052】

もし仮に、切り欠き部51b1の方向D1の寸法を単純に大きくすると、第一の実施形態で例示した保持部材4の支持部4aの端部4d1、4d2を振動板51の連結部51c1、51c2に固定するにあたり以下のような2つの課題が生じるおそれがある。第一の課題は、切り欠き部51b1が振動の節まで至ると、連結部51c1、51c2を振動の節に設けることができず、振動の変形量を有する領域に連結部51c1、51c2を設けることになり、振動板51の振動が阻害されることである。第二の課題は、保持部材4の支持部4aの端部4d1、4d2を振動板51の連結部51c1、51c2に固定するにあたり、突起51aを考慮すると、溶接や接着等で固定するには十分な面積が確保できないことである。

【0053】

しかし、本実施形態では、切り欠き部51b1によって切り欠かれた振動板51の1辺と平行な方向D2に直交する方向D1の切り欠き部51b1の形状は、切り欠き部51b1の2つの頂部の寸法S5より中央近傍部の寸法C5の方が短い形状となっている。この結果、切り欠き部51b1の2つの頂部の寸法S5が長いことで、ねじり振動の2次の固有振動モードの共振周波数 f_c2 を低下させる効果を得ることができている。このとき、中央近傍部の寸法C5は短くてもこの部分は、ねじり振動の2次の固有振動モードのねじり中心軸Ma1（第一の節）上にあり、振動しない部分であるため、ねじり振動の2次の固有振動モードの共振周波数 f_c2 に対する影響は小さい。更に、切り欠き部51b1の中央近傍部の寸法C5が短いことで、連結部51c1、51c2を振動の節に設けることができるとともに、突起51aを考慮しても溶接や接着等で固定するのに十分な面積を確保することができる。その他、構造に係る2つの特徴、振動に係る3つの特徴等は、第一の実施形態と同様である。

【0054】

このような構成であっても、第一の実施形態と同様に、推進力を損なうことなく振動波モータの振動子50の進行方向の寸法を短縮し、この振動波モータの振動子50を用いることによって、レンズ駆動装置の小型化を達成することができる。なお、実施形態の変形例等も第一の実施形態と同様である。

【産業上の利用可能性】

【0055】

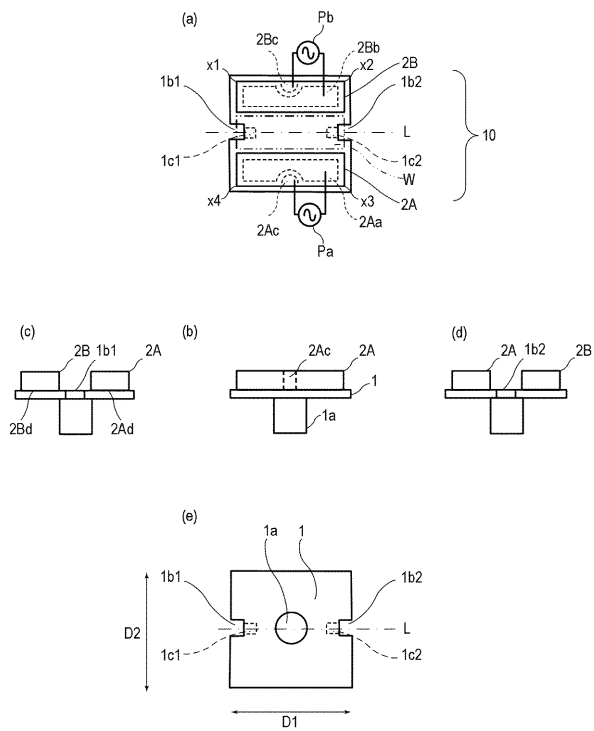
本発明は、小型軽量かつ広い駆動速度レンジが要求される電子機器、特にレンズ駆動装置等に利用可能である。

【符号の説明】

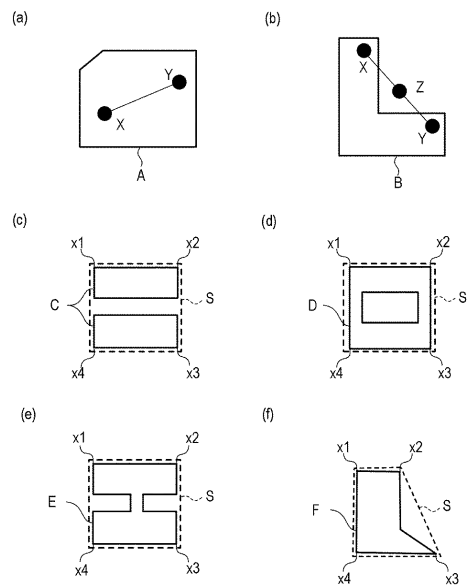
【0056】

1	振動板
1 a、4 2 1 a	突起
1 b 1、1 b 2	切り欠き部
1 c 1、1 c 2	連結部
2 A、2 B	圧電素子
3	摩擦部材
4	保持部材
W	領域
L	直線
M a 1	ねじり中心軸（第一の節）
M b 1	第二の節

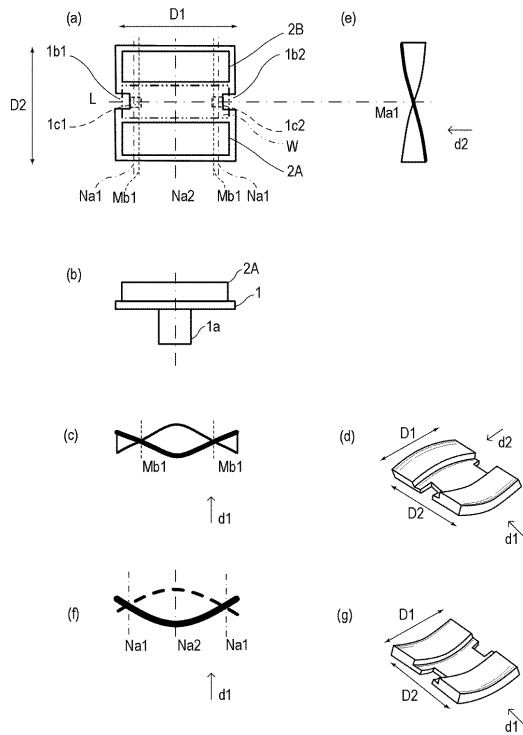
【図 1】



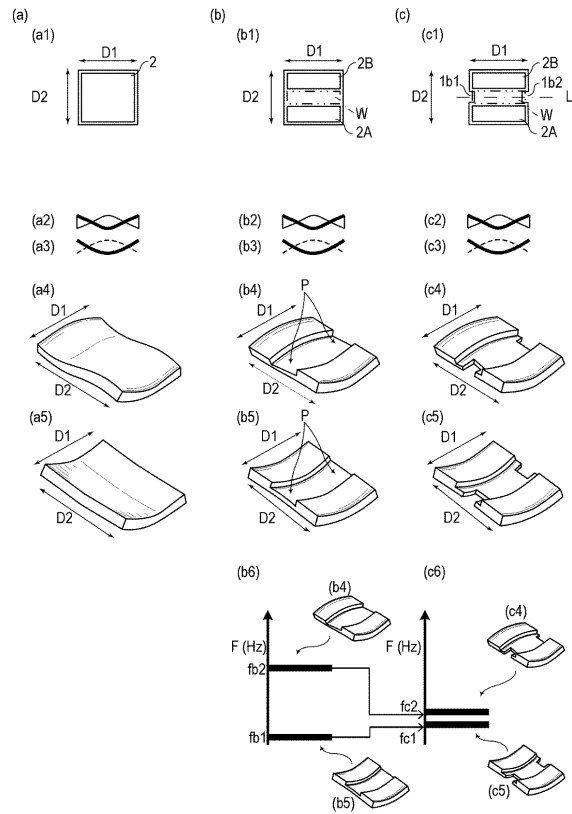
【図 2】



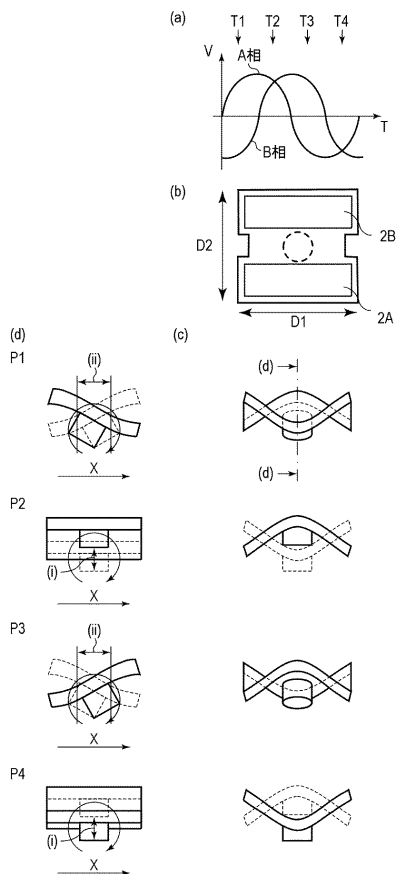
【図 3】



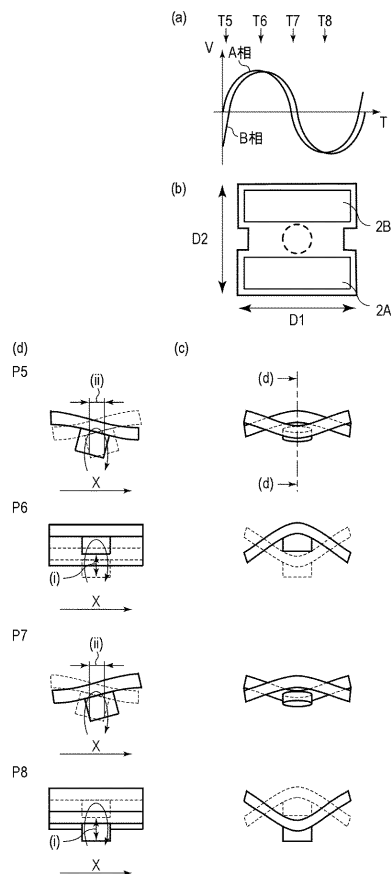
【図 4】



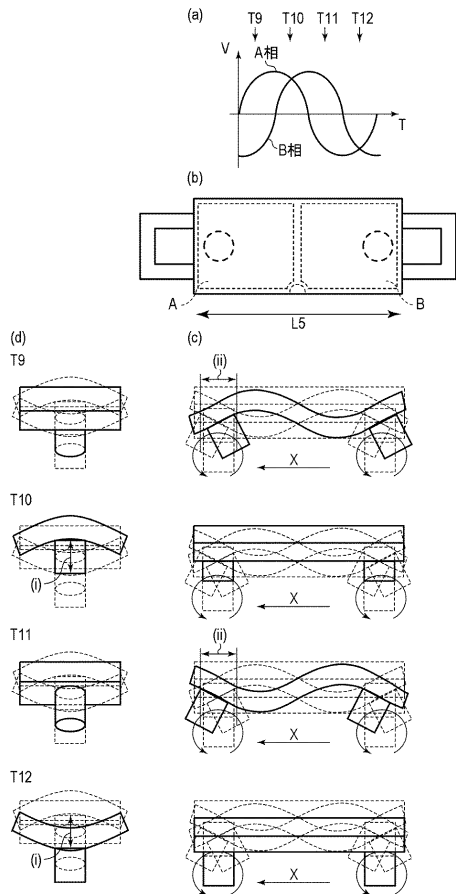
【図 5】



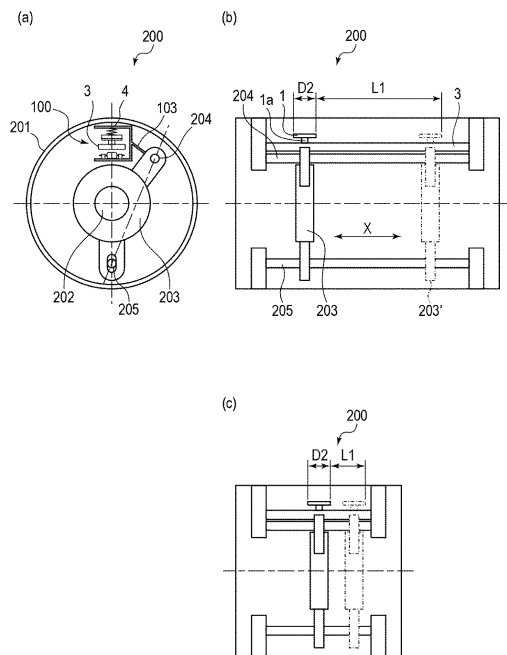
【図 6】



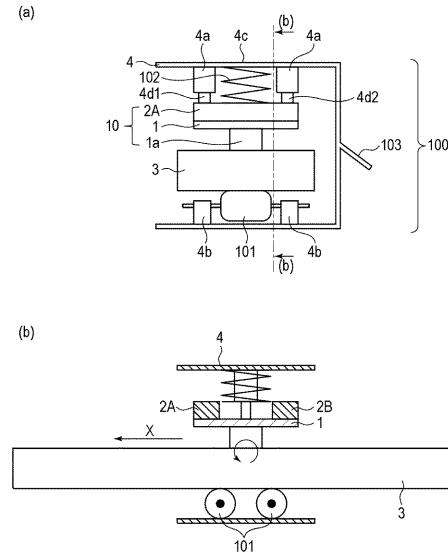
【図 7】



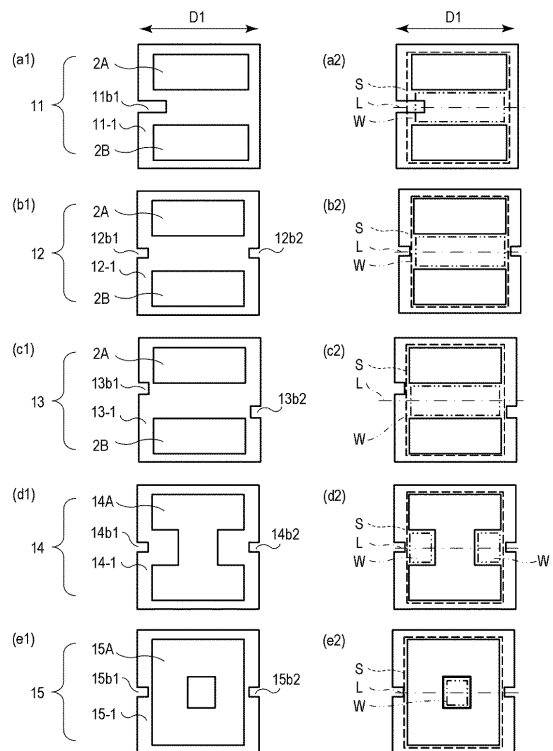
【図 9】



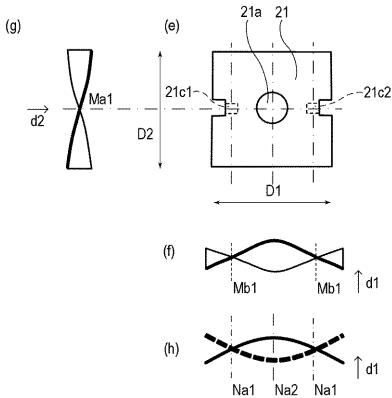
【図 8】



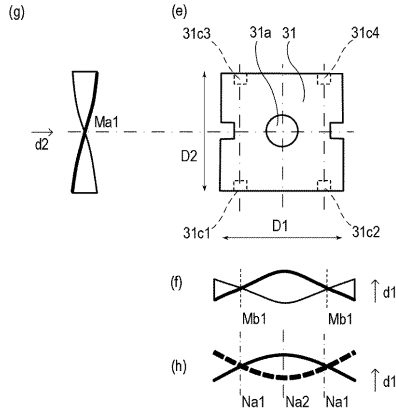
【図 10】



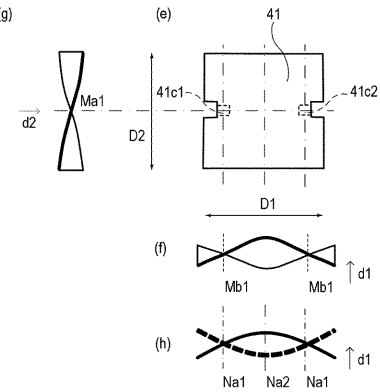
【 図 1 1 】



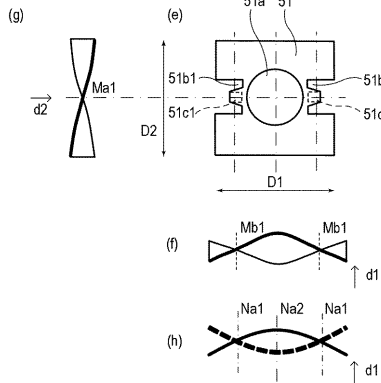
【 図 1 2 】



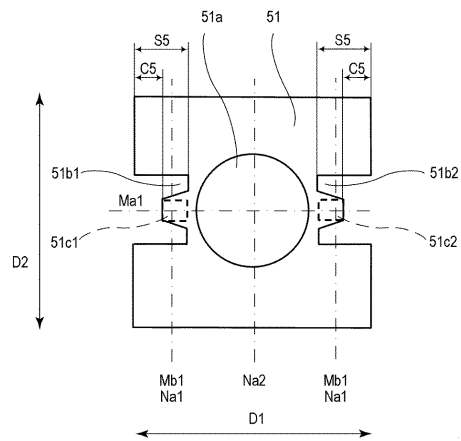
【 圖 1 3 】



【 図 1 4 】



【図 15】



フロントページの続き

審査官 末續 礼子

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 0 4 4 8 3 2 (J P , A)
実開平 0 6 - 0 1 8 3 4 3 (J P , U)

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