

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5275734号
(P5275734)

(45) 発行日 平成25年8月28日(2013.8.28)

(24) 登録日 平成25年5月24日(2013.5.24)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 N 2/00 (2006.01) H O 2 N 2/00 C

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-244346 (P2008-244346)	(73) 特許権者	000000240 太平洋セメント株式会社 東京都港区台場二丁目3番5号
(22) 出願日	平成20年9月24日(2008.9.24)	(74) 代理人	100114258 弁理士 福地 武雄
(65) 公開番号	特開2009-240149 (P2009-240149A)	(74) 代理人	100125391 弁理士 白川 洋一
(43) 公開日	平成21年10月15日(2009.10.15)	(72) 発明者	福永 了一 宮城県仙台市泉区明通三丁目24番1号 太平洋セメント株式会社内
審査請求日	平成23年3月24日(2011.3.24)	審査官	河村 勝也
(31) 優先権主張番号	特願2008-56386 (P2008-56386)		
(32) 優先日	平成20年3月6日(2008.3.6)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

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】

矩形型の圧電振動子が、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータであって、

前記矩形型の圧電振動子の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さを L とし、他方の組の辺の長さを w とし、 w/L を変数として、 w/L と拡がり振動モードの共振周波数とを対応させると共に、 w/L と曲げ振動モードの共振周波数とを対応させた場合、

前記圧電振動子は、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となる w/L の値に基づいて、前記 w/L の値が 0.75 から 0.90 の範囲に収まるように形成されており、

前記圧電振動子のいずれか一方の主面上に並設された2枚の電極と、

前記2枚の電極のうち的一方に対して、交流電圧を印加して前記圧電振動子を駆動させる第1の交流電源と、

前記2枚の電極のうち他方に対して、交流電圧を印加して前記圧電振動子を駆動させる第2の交流電源と、を備え、

前記第1の交流電源が、前記2枚の電極のうち的一方に対して第1の交流電圧を印加すると共に、前記第2の交流電源が、前記2枚の電極のうち他方に対して前記第1の交流電圧と位相が $\pi/2$ ずれた第2の交流電圧を印加することで、前記圧電振動子は、2相信号入力方式で駆動されることを特徴とする超音波モータ。

【請求項2】

10

20

矩形型の圧電振動子が、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータであって、

前記矩形型の圧電振動子の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さを L とし、他方の組の辺の長さを w とし、 w/L を変数として、 w/L と拡がり振動モードの共振周波数とを対応させると共に、 w/L と曲げ振動モードの共振周波数とを対応させた場合、

前記圧電振動子は、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となる w/L の値に基づいて、前記 w/L の値が 0.75 から 0.90 の範囲に収まるように形成されており、

前記圧電振動子のいずれか一方の主面上に並設された2枚の電極と、

前記2枚の電極のうち的一方に対して、交流電圧を印加して前記圧電振動子を駆動させる交流電源を備え、

前記交流電源が、前記2枚の電極のうち一方に交流電圧を印加すると共に、前記他方の電極が、開放されることで、前記圧電振動子は、1相信号入力方式で駆動されることを特徴とする超音波モータ。

【請求項3】

前記圧電振動子は、前記 w/L の値が実質的に 0.85 となるように形成されていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の超音波モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、矩形型の圧電振動子が、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、圧電素子を矩形に形成し、第一次縦振動モード($L1$)と第二次屈曲振動モード($F2$)とを組み合わせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータが知られている。例えば、特開2006-094597号公報には、複数の圧電体を積層し、 $L1F2$ 共振モードで駆動する超音波振動子が開示されている。この超音波振動子は、圧電素子と内部電極とが交互に積層されており、この積層方向と直交する第2の方向および第3の方向に沿って、概ね4分割された内部電極群を備えている。また、それらの内部電極群とそれぞれ導通する第1の外部電極群および第2の外部電極群とを有している。そして、第1および第2の外部電極群に電圧を印加することにより、第2の方向に発生する縦振動モードと、第3の方向に発生する屈曲振動モードとが同時に励起することによって、楕円振動を発生させる。

【0003】

また、特表2007-538484号公報には、振動子を長さ L および高さ H の圧電プレートで形成して、ラーメモードで駆動する圧電超音波モータが開示されている。この圧電超音波モータでは、圧電プレートで一次非対称定在波が励起され、摺動チップが楕円運動をすることによって駆動力を発生させる。

【特許文献1】特開2006-094597号公報

【特許文献2】特表2007-538484号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来から、超音波モータは種々の目的に用いられているが、工業的に超音波モータに求められる主な特性は、小型であること、効率が低いこと、構造が簡単であることである。ここで、超音波モータが小型であることとは、圧電振動子の共振周波数になるべく低いことを意味する。また、効率が低いとは、圧電振動子の機械-電気結合係数が大きいことを意味する。

【0005】

10

20

30

40

50

しかしながら、第一次縦振動モード(L1)と第二次屈曲振動モード(F2)とを組み合わせさせた多重振動モードで超音波モータを駆動させようとする場合、主面を4つの領域に分けて、それぞれに電力を配置し、対角に位置する電極同士を接続しなければならず、電極構造が複雑にならざるを得ない。また、ラーモードで超音波モータを駆動させようとする場合、他のモードと比較して共振周波数が高いため、他のモードと同じ共振周波数で駆動させようとした場合は、他のモードを用いる場合よりも超音波モータが大きくなってしまい、小型化を図ることが困難となる。

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、小型化を図ると共に、効率が高く、さらに構造が簡単である超音波モータを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

(1)上記の目的を達成するために、本発明は、以下のような手段を講じた。すなわち、本発明の超音波モータは、矩形型の圧電振動子が、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせさせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータであって、前記矩形型の圧電振動子の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さをLとし、他方の組の辺の長さをwとし、w/Lを変数として、w/Lと拡がり振動モードの共振周波数とを対応させると共に、w/Lと曲げ振動モードの共振周波数とを対応させた場合、前記圧電振動子は、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となるw/Lの値に基づいて形成されていることを特徴としている。

20

【0008】

このように、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となるw/Lの値に基づいて形成されているので、他のモード、例えば、L1F2モードで駆動させる場合よりも圧電振動子の主面の形状を正方形に近いものとすることができる。その結果、全体の寸法が扁平とならないため、奥行き寸法を小さくすることができる。これにより、パワー入力を従来のものよりも大きく取ることが可能となる。なお、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となるw/Lの値とは、圧電振動子が超音波モータとして実用的に機能する範囲という意味である。拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが多少ずれていても、圧電振動子が超音波モータとして実用的に機能するのであれば、w/Lの値は実質的に同一であると言える。逆に言えば、w/Lの値は、圧電振動子が超音波モータとして実用的に機能するのであれば、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とがちょうど同じ値でなければならぬわけではない。

30

【0009】

(2)また、本発明の超音波モータは、矩形型の圧電振動子が、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせさせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータであって、前記矩形型の圧電振動子の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さをLとし、他方の組の辺の長さをwとし、w/Lを変数として、w/Lと拡がり振動モードの共振周波数とを対応させると共に、w/Lと曲げ振動モードの共振周波数とを対応させた場合、前記圧電振動子は、前記w/Lの値が0.75から0.90の範囲に収まるように形成されていることを特徴としている。

40

【0010】

このように、圧電振動子は、前記w/Lの値が0.75から0.90の範囲に収まるように形成されているので、他のモード、例えば、L1F2モードで駆動させる場合よりも圧電振動子の主面の形状を正方形に近いものとすることができる。その結果、全体の寸法が扁平とならないため、奥行き寸法を小さくすることができる。これにより、パワー入力が従来のものよりも大きく取ることが可能となる。

【0011】

(3)また、本発明の超音波モータは、矩形型の圧電振動子が、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせさせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータであって、前記矩形型の圧電振動子の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さを

50

Lとし、他方の組の辺の長さをwとし、 w/L を変数として、 w/L と拡がり振動モードの共振周波数とを対応させると共に、 w/L と曲げ振動モードの共振周波数とを対応させた場合、前記圧電振動子は、前記 w/L の値が実質的に0.85となるように形成されていることを特徴としている。

【0012】

このように、圧電振動子は、 w/L の値が実質的に0.85となるように形成されているので、他のモード、例えば、L1F2モードで駆動させる場合よりも圧電振動子の主面の形状を正方形に近いものとするができる。その結果、全体の寸法が扁平とならないため、奥行き寸法を小さくすることができる。これにより、パワー入力従来のもよりも大きく取ることが可能となる。なお、 w/L の値が実質的に0.85であるとは、圧電振動子が超音波モータとして実用的に機能する範囲という意味である。 w/L の値が0.85の前後にずれていても、圧電振動子が超音波モータとして実用的に機能するのであれば、 w/L の値は実質的に0.85であると言える。逆に言えば、 w/L の値は、圧電振動子が超音波モータとして実用的に機能するのであれば、ちょうど0.85でなければならないわけではない。

10

【0013】

(4)また、本発明の超音波モータにおいて、前記圧電振動子は、いずれか一方の主面上に並設された2枚の電極を備え、前記2枚の電極の少なくとも一方に印加された電圧によって駆動することを特徴としている。

【0014】

このように、いずれか一方の主面上に2枚の電極が並設されているため、L1F2モードの場合よりも電極構造を簡単にすることができる。

20

【0015】

(5)また、本発明の超音波モータは、前記圧電振動子は、いずれか一方の前記電極に第1の交流電圧を印加すると共に、いずれか他方の前記電極に前記第1の交流電圧と位相が $\pi/2$ ずれた第2の交流電圧を印加する2相信号入力方式、またはいずれか一方の前記電極に交流電圧を印加すると共に、いずれか他方の前記電極を開放する1相信号入力方式のいずれか一方の方式で駆動することを特徴としている。

【0016】

この構成により、2相信号入力方式または1相信号入力方式のいずれの方式でも圧電振動子を駆動することが可能となる。

30

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、圧電振動子が、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となる w/L の値に基づいて形成されているので、他のモード、例えば、L1F2モードで駆動させる場合よりも圧電振動子の主面の形状を正方形に近いものとすることができる。その結果、全体の寸法が扁平とならないため、奥行き寸法を小さくすることができる。これにより、パワー入力を従来のもよりも大きく取ることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

従来、圧電トランスにおいては、拡がり振動(輪郭振動)を用いると共に、曲げ振動(スプリアス振動)を回避することによって、動作性の良い圧電トランスを実現していた。すなわち、圧電トランスでは曲げ振動を回避する方策が採られていた。本発明者は、この点に着目し、矩形型の圧電振動子を、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせた多重振動モードで振動させることにより駆動力を発生させることを見出した。また、本発明者は、圧電振動子のいずれか一方の主面上に2枚の電極を並設した超音波モータは知られているが、矩形型の圧電振動子において、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となる場合を利用した超音波モータは実現されていなかった点に着目し、圧電振動子を、その時の寸法に基づいて形成することによって、超音波モータの小型化、高効率化および構成の簡略化を実現することができることを見出し、本発明をす

40

50

るに至った。

【0019】

すなわち、本発明は、矩形型の圧電振動子が、拡がり振動モードと曲げ振動モードとを組み合わせた多重振動モードで振動することにより駆動力を発生する超音波モータであって、前記矩形型の圧電振動子の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さを L とし、他方の組の辺の長さを w とし、 w/L を変数として、 w/L と拡がり振動モードの共振周波数とを対応させると共に、 w/L と曲げ振動モードの共振周波数とを対応させた場合、前記圧電振動子は、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となる w/L の値に基づいて形成されていることを特徴とする。

【0020】

これにより、本発明者は、小型化、高効率化および構成の簡略化を図ることを可能とした。以下、本発明に係る実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0021】

図1から図3は、本実施形態に係る圧電振動子の平面図である。この圧電振動子1は、圧電セラミックスから形成されており、紙面に対して垂直方向に分極している。この圧電振動子1には、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックス等の公知の材料を用いることができる。一般的なセラミックスの製造プロセス、例えば、圧電セラミックス粉末の成形（脱脂）、焼成、加工という製造プロセスに従って、圧電振動子1を作製する。作製した圧電振動子1に銀ペーストをスクリーン印刷等により所定のパターンで塗布し、焼成することによって、一方の主面に、後述する2つの電極を設けることができる。

【0022】

また、圧電振動子1の紙面に対して上側の中央部に、駆動力を伝達する摺動チップ2が設けられている。この摺動チップ2は、耐摩耗性に優れた材料が用いられる。例えば、アルミナやジルコニア、窒化珪素、炭化珪素等のセラミックス部品や、超剛等の耐摩耗性金属部品、硬質金属材料の表面にセラミックス薄膜やダイヤモンド薄膜をコーティングした部品等が好適に用いられる。

【0023】

なお、図2および図3において、点線で示すように、圧電振動子1の紙面に対して上側の両端部に摺動チップ3aおよび3bを設けても良い。圧電振動子1の紙面に対して上側の中央部に摺動チップ2を設けた場合は、円板や球体等の回転体を駆動するのに好適であり、圧電振動子1の紙面に対して上側の両端部に摺動チップ3aおよび3bを設けた場合は、直線的に動作する摺動体を駆動するのに好適である。また、図1に示すように、矩形型の圧電振動子1の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さは L であり、他方の組の辺の長さは w である。

【0024】

図2は、圧電振動子1が拡がり振動をしている様子を示す図である。この拡がり振動とは、矩形型の圧電振動子1が、中心から四辺の方向へ伸縮を繰り返す振動である。圧電振動子1の電位分布は、等電位線がほぼ平行に端面に向かって高くなる。図3は、圧電振動子1が曲げ振動を起こしている様子を示す図である。この曲げ振動とは、矩形型の圧電振動子1が二次元的に屈曲するのであるが、電位分布は、出力側中心部とその幅方向の両側に逆符号の電位が発生する。図2に示す拡がり振動モードと図3に示す曲げ振動モードとが合成（縮退）することによって、摺動チップ2、または摺動チップ3aおよび3bは、楕円運動をし、駆動力が生ずる。

【0025】

次に、本実施形態に係る超音波モータの駆動原理について説明する。図4は、矩形型の圧電振動子を、拡がり振動モード（Expand Mode）および曲げ振動モード（Flexural Mode）で振動させたときの周波数スペクトラムを示す図である。矩形型の圧電振動子1の二組の辺のうち、一方の組の辺の長さは L であり、他方の組の辺の長さは w であると、図4に示すように、 w/L を変数として、 w/L と圧電振動子の拡がり振動モードの共振周波数とを対応させると共に、 w/L と曲げ振動モードの共振周波数とを対応させる。なお、

10

20

30

40

50

図4では $L = 20\text{ mm}$ で固定し、 w (Width)のみを変化させている。この場合、 w が 17.0 mm 、すなわち、縦横の二辺の比(以下、「辺比」と呼称する。) w/L が、 0.85 付近で両者の共振周波数が一致し、二つの振動が縮退する。このときの共振周波数は、 $107\text{ kHz} \sim 108\text{ kHz}$ となっている。

【0026】

このように、辺比が 0.85 であり、一辺が 20 mm 程度の正方形となるため、小型化を図ることが可能となる。

【実施例1】

【0027】

図5は、実施例1に係る超音波モータの概略構成を示す図である。この超音波モータ10は、圧電振動子1の紙面に対して左端の中央部に摺動チップ2を1つ備える構成を採る。この構成では、円板や球体等の回転体を駆動するのに好適であり、実施例1では、円板50を図5中、矢印の方向に回転させる。超音波モータ10において、圧電振動子1は、矩形の圧電基板1bの一方の主面を2分割するように、電極4aと電極4bとが設けられている。他方の主面は接地されている。これらの電極4a、4bは、互いに絶縁された状態で個別に設けられる。超音波モータ10の駆動回路は、2つの交流電圧源5a、5bによって構成される。交流電圧源5aは、電極4bに $V_0 \sin t$ の電圧を印加し、交流電圧源5bは、電極4aに $V_0 \cos t$ の電圧を印加する。このように、圧電振動子1の電極4a、4bに対して位相が $\pi/2$ ずれた電圧 $V_0 \sin t$ および $V_0 \cos t$ が印加されると、圧電振動子1には、図2および図3に示すように、拡がり振動モードの振動と、曲げ振動モードの振動とが発生する。そして、拡がり振動モードの共振周波数と、曲げ振動モードの共振周波数とが等しいときに、両振動モードが合成(縮退)され、圧電振動子1のチップ(図5に図示せず)には楕円振動が発生する。なお、電圧 $V_0 \sin t$ と $V_0 \cos t$ とは、それぞれ第1の交流電圧と第2の交流電圧とに該当する。両者が入れ替わっても何ら問題はない。

【0028】

このように、いずれか一方の主面上に2枚の電極が並設されているため、L1F2モードの場合のように、主面を4つの領域に分けて、それぞれに電力を配置し、対角に位置する電極同士を接続しなければならない構成よりも簡単な構成にすることができる。

【実施例2】

【0029】

図6は、実施例2に係る超音波モータの概略構成を示す図である。この超音波モータ10は、圧電振動子1の紙面に対して左端の両端部に摺動チップ3a、3bを2つ備える構成を採る。この構成では、直線的に動作する摺動体を駆動するのに好適であり、実施例2では、リニアガイド60にスライド自在に配置されたスライダ61を、図6中、矢印の方向にスライドさせる。

【0030】

なお、図5および図6では、2相信号入力の構成を示したが、本発明は、これに限定されるわけではない。例えば、図7に示すように、1相信号入力の構成を採ることも可能である。この場合、一方の電極4bに、交流電源5aによって $V_0 \sin t$ の交流信号を印加し、他方の電極4aを開放状態とすることで動作させることも可能である。

【0031】

以上説明したように、本実施形態によれば、圧電振動子1が、拡がり振動の共振周波数と曲げ振動の共振周波数とが実質的に同一となる w/L の値に基づいて形成されているので、他のモード、例えば、L1F2モードで駆動させる場合よりも圧電振動子の主面の形状を正方形に近いものとするることができる。その結果、全体の寸法が扁平とならないため、奥行き寸法を小さくすることができる。これにより、パワー入力を従来のものよりも大きく取ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

10

20

30

40

50

【図1】本実施形態に係る圧電振動子の平面図である。

【図2】圧電振動子1が拡がり振動をしている様子を示す図である。

【図3】圧電振動子1が曲げ振動を起こしている様子を示す図である。

【図4】矩形型の圧電振動子を、拡がり振動モード（Expand Mode）および曲げ振動モード（Flexural Mode）で振動させたときの周波数スペクトラムを示す図である。

【図5】実施例1に係る超音波モータの概略構成を示す図である。

【図6】実施例2に係る超音波モータの概略構成を示す図である。

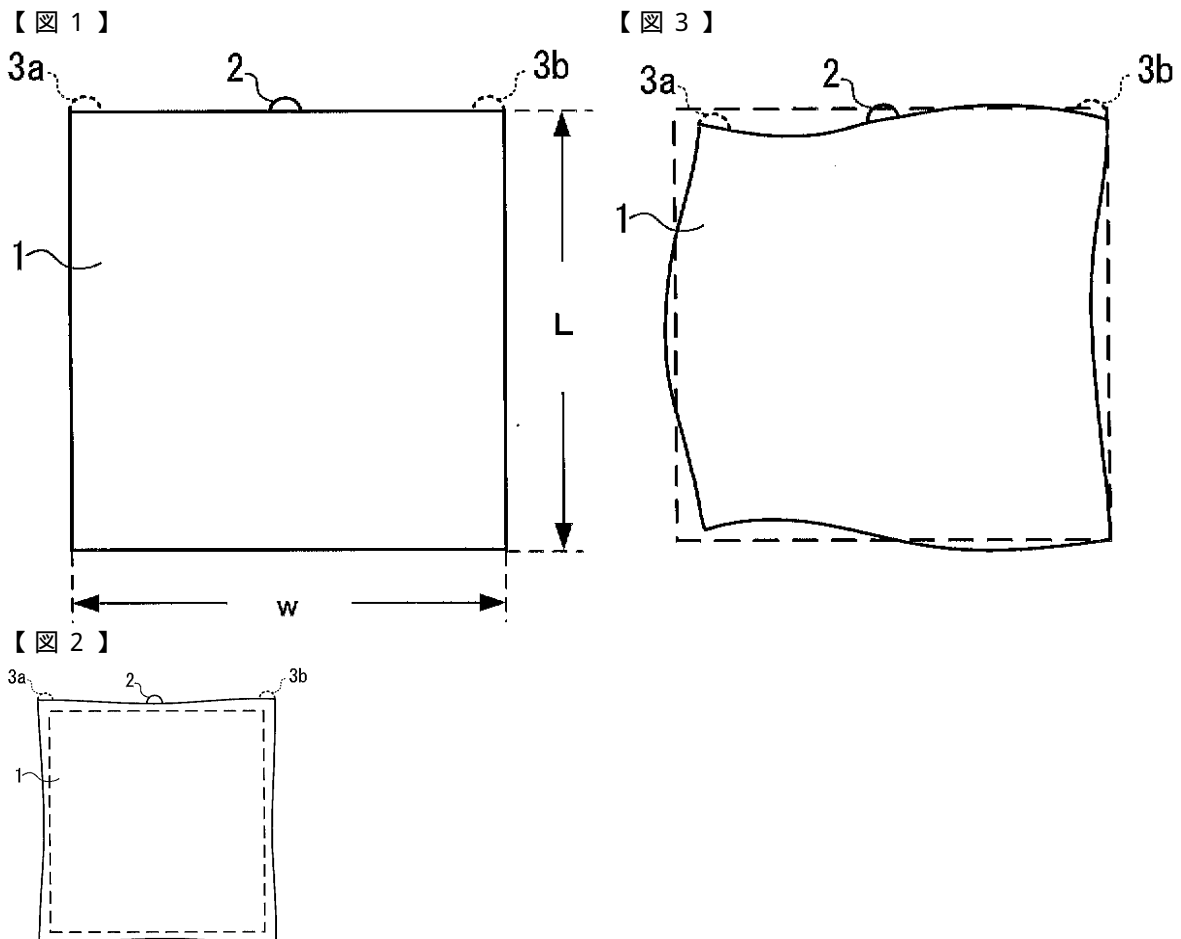
【図7】1相信号入力方式の超音波モータの概略構成を示す図である。

【符号の説明】

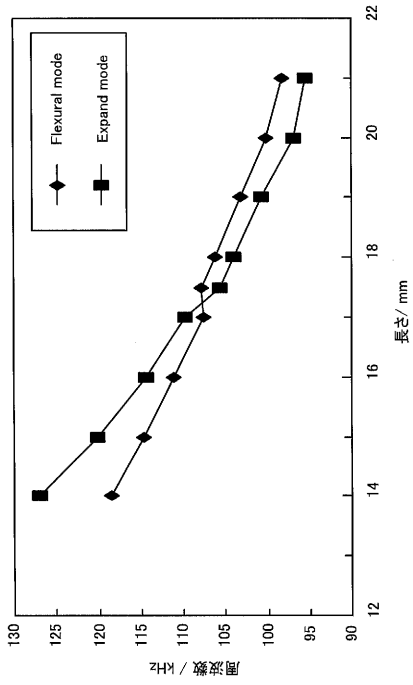
【0033】

- 1 圧電振動子
- 1 b 圧電基板
- 2 摺動チップ
- 4 a 電極
- 4 b 電極
- 5 a 交流電圧源
- 5 b 交流電圧源
- 1 0 超音波モータ

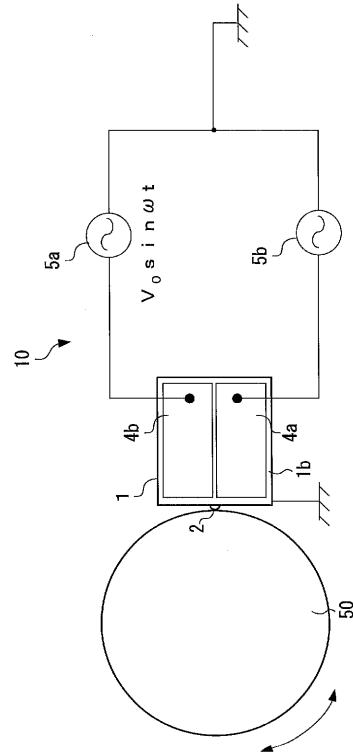
10



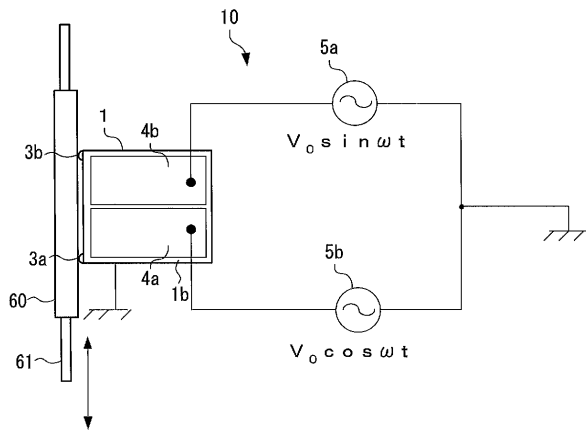
【 図 4 】



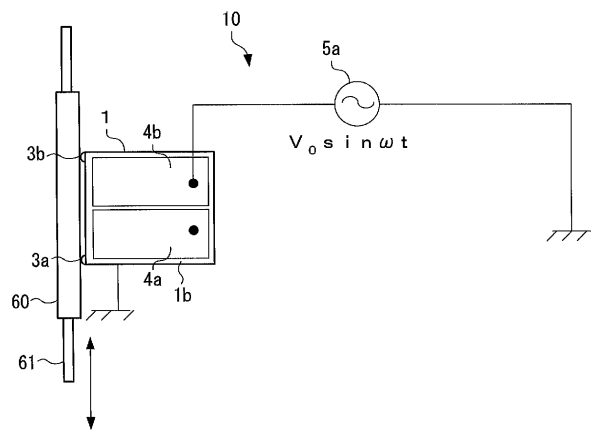
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平01-315280(JP,A)
特開平01-144372(JP,A)
特開平06-121552(JP,A)
特開2007-124840(JP,A)
特開2008-029121(JP,A)
特開平07-256207(JP,A)
特開平07-178370(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/00