

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5500263号  
(P5500263)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月20日(2014.3.20)

(51) Int.Cl. F 1  
**HO2N 2/00 (2006.01)** HO2N 2/00 C

請求項の数 9 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-540654 (P2012-540654)	(73) 特許権者	000107804
(86) (22) 出願日	平成23年9月1日(2011.9.1)		スミダコーポレーション株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/004915		東京都中央区日本橋蛸殻町一丁目39番5
(87) 国際公開番号	W02012/056620		号水天宮北辰ビル
(87) 国際公開日	平成24年5月3日(2012.5.3)	(74) 代理人	100137589
審査請求日	平成25年2月12日(2013.2.12)		弁理士 右田 俊介
(31) 優先権主張番号	特願2010-240269 (P2010-240269)	(72) 発明者	増田 健太郎
(32) 優先日	平成22年10月27日(2010.10.27)		東京都中央区日本橋3丁目12番2号 ス
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	高橋 元己
			東京都中央区日本橋3丁目12番2号 ス
			ミダ電機株式会社内
		審査官	服部 俊樹

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】

厚さ方向に分極された圧電素子および固定部をそれぞれ有する第一振動子領域および第二振動子領域と、前記圧電素子にそれぞれ交番電圧を印加して前記第一振動子領域および前記第二振動子領域を個別に面拡がり方向に共振させる印加手段と、前記第一振動子領域と前記第二振動子領域とを連結する連結部と、前記連結部に設けられた接触子と、を備え、

前記第一振動子領域は、前記共振により前記第一振動子領域の前記固定部に対して接離方向に振動する第一振動部位を含み、

前記第二振動子領域は、前記共振により前記第二振動子領域の前記固定部に対して接離方向に振動する第二振動部位を含み、

前記連結部は、前記第一振動部位と前記第二振動部位とを連結し、

前記第一振動子領域と前記第二振動子領域との間に凹部が設けられていることを特徴とする超音波モータ。

【請求項2】

前記連結部が、前記第一振動部位から前記接触子に向かって延在する第一接続部と、前記第二振動部位から前記接触子に向かって延在する第二接続部と、を有し、前記第一接続部と前記第二接続部の延在方向が互いに交叉していることを特徴とする請求項1に記載の超音波モータ。

【請求項3】

前記第一接続部と前記第二接続部とが互いに交叉して連結されて、前記連結部が鉤型に屈曲して形成されている請求項 2 に記載の超音波モータ。

【請求項 4】

前記第一振動部位は、前記第一振動子領域の周縁部であって前記面拡がり方向に共振したときの変位量が極大となる位置であり、

前記第二振動部位は、前記第二振動子領域の周縁部であって前記面拡がり方向に共振したときの変位量が極大となる位置である請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の超音波モータ。

【請求項 5】

前記第一振動子領域および前記第二振動子領域が、互いに隣接する矩形状をなし、

前記凹部が、前記第一振動子領域および前記第二振動子領域の互いに近接する辺同士の間形成された、前記辺に沿って延在するスリット状の貫通孔である請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の超音波モータ。

【請求項 6】

第一および第二の前記圧電素子と、前記圧電素子の表裏面に設けられた電極と、前記連結部を含む金属製のフレーム部と、を備え、

前記フレーム部は、前記第一および第二の圧電素子を嵌め込んで装着するための貫通孔を有する請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の超音波モータ。

【請求項 7】

前記第一振動子領域と前記第二振動子領域との並び方向を基準として、前記第一接続部の延在方向が、前記第一振動部位にかかる前記接離方向よりも浅い角度である請求項 2 または 3 に記載の超音波モータ。

【請求項 8】

前記印加手段が、交番電圧の印加を前記第一振動子領域と前記第二振動子領域とに切り替えることで、前記接触子の前記面拡がり方向の変位成分が、前記第一振動子領域と前記第二振動子領域との並び方向に反転する請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の超音波モータ。

【請求項 9】

前記凹部が、前記第一振動子領域と前記第二振動子領域の並び方向に対して交叉する方向に延在する貫通孔として形成されている請求項 1 から 8 のいずれか一項に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、圧電振動子を用いて移動子を駆動する超音波モータに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、圧電素子の微小な振動を駆動源として、レンズなどの小型の移動子を高精度で移動させる超音波モータが提案されている。

【0003】

この種の超音波モータに関し、特許文献 1 には、矩形の圧電素子を辺に平行な直交二線分で 4 つの部分領域に等分して電極をそれぞれ設けるとともに、この電極を切り替えて単極非対称のパルス電圧を通電することが記載されている。この超音波モータは、特許文献 1 の図 3 と図 5 に対比されるように、パルス電圧を通電する対角の 2 つの電極の選択を切り替えることで、圧電素子の共振方向を左右に反転させる。そしてこの超音波モータは、特許文献 1 の図 7 に示されるように、矩形の圧電素子の長辺が折れ曲がるように屈曲振動する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平7-184382号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載の超音波モータは、パルス電圧が印加されて共振するアクティブ領域の歪みを、これに隣接する開放領域に及ぼして圧電素子の屈曲振動を励起させることを駆動原理とする。このため、隣接する開放領域の剛性によってアクティブ領域の変形が必然的に抑制されてしまい、超音波モータのインピーダンスが大きくエネルギー変換効率が低くなるという問題がある。

【0006】

本発明は上述の課題に鑑みてなされたものであり、駆動される移動子の変位量が大きくエネルギー変換効率の高い超音波モータを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の超音波モータは、厚さ方向に分極された圧電素子および固定部をそれぞれ有する第一振動子領域および第二振動子領域と、前記圧電素子にそれぞれ交番電圧を印加して前記第一振動子領域および前記第二振動子領域を個別に面拡がり方向に共振させる印加手段と、前記第一振動子領域と前記第二振動子領域とを連結する連結部と、前記連結部に設けられた接触子と、を備え、前記第一振動子領域は、前記共振により前記第一振動子領域の前記固定部に対して接離方向に振動する第一振動部位を含み、前記第二振動子領域は、前記共振により前記第二振動子領域の前記固定部に対して接離方向に振動する第二振動部位を含み、前記連結部は、前記第一振動部位と前記第二振動部位とを連結し、前記第一振動子領域と前記第二振動子領域との間に凹部が設けられていることを特徴とする。

【0008】

また本発明の超音波モータは、前記第一振動部位から前記接触子に向かって延在する第一接続部と、前記第二振動部位から前記接触子に向かって延在する第二接続部と、を有し、前記第一接続部と前記第二接続部の延在方向が互いに交叉していてもよい。

【0009】

また本発明の超音波モータは、前記第一接続部と前記第二接続部とが互いに交叉して連結されて、前記連結部が鉤型に屈曲して形成されていてもよい。

【0010】

なお、本発明の各種の構成要素は、個々に独立した存在である必要はなく、複数の構成要素が一個の部材として形成されていること、一つの構成要素が複数の部材で形成されていること、ある構成要素が他の構成要素の一部であること、ある構成要素の一部と他の構成要素の一部とが重複していること、等を許容する。

【発明の効果】

【0011】

本発明の超音波モータは、第一振動子領域および第二振動子領域がそれぞれ面拡がり方向に共振するとき大きく振動する部位同士が局所的に連結されて接触子が設けられている。これにより、共振する一方の振動子領域の変形が他方の振動子領域の剛性によって抑制されてしまうことが防止され、接触子の変位を十分に得ることができる。これにより、駆動される移動子の変位量が大きくエネルギー変換効率の高い超音波モータを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

上述した目的、およびその他の目的、特徴および利点は、以下に述べる好適な実施の形態、およびそれに付随する以下の図面によってさらに明らかになる。

【0013】

【図1】第一実施形態にかかる超音波モータの構造を示す概略図である。

【図2】図2Aは駆動電極側からみた振動子の斜視図である。図2Bは共通電極側からみ

10

20

30

40

50

た振動子の斜視図である。

【図 3】図 2 A の III - III 線断面図である。

【図 4】圧電素子のインピーダンスの周波数特性に関するシミュレーション結果の一例を示す図である。

【図 5】図 5 A、図 5 B は共振周波数における圧電素子の変位モード図である。図 5 A は圧電素子の最大伸び変形の状態を示す。図 5 B は圧電素子の最大縮み変形の状態を示す。

【図 6】図 6 A は第一振動子領域を正弦波電圧の印加側（駆動側）として第二振動子領域を無印加側（開放側）とした場合の接触子の変位方向を示す模式図である。図 6 B は駆動側と開放側とを切り替えた場合の連結部の変位方向を示す模式図である。

【図 7】図 7 A は第二実施形態にかかる超音波モータを示す平面模式図である。図 7 B は連結部の近傍に関する部分拡大図である。

10

【図 8】共振時の連結部の形状を示す模式図である。

【図 9】図 9 A は第一変形例にかかる振動子の模式図である。図 9 B は第二変形例にかかる振動子の模式図である。

【図 10】第三実施形態にかかる振動子の分解斜視図である。

【図 11】図 11 A は、振動子を含む超音波モータの平面図である。図 11 B は、図 11 A の B - B 線断面図である。

【図 12】第四実施形態にかかる超音波モータの構造を示す概略図である。

【図 13】第五実施形態にかかる超音波モータの構造を示す概略図である。

【図 14】図 14 A は、第二振動子領域に印加する正弦波電圧の位相を第一振動子領域よりも 90 度進めた場合の接触子の変位方向を示す模式図である。図 14 B は、正弦波電圧の位相を変化させた場合の連結部の変位方向を示す模式図である。

20

【図 15】第五実施形態の圧電素子のインピーダンスの周波数特性に関するシミュレーション結果の一例を示す図である。

【図 16】図 16 A から図 16 D は、共振周波数における圧電素子の変位モード図である。

【図 17】第六実施形態にかかる振動子の分解斜視図である。

【図 18】第六実施形態にかかる超音波モータの構造を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

30

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。尚、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0015】

< 第一実施形態 >

図 1 は、本発明の第一実施形態にかかる超音波モータ 10 の構造を示す概略図である。

図 2 A、図 2 B は、振動子 50 の斜視図である。

はじめに、本実施形態の超音波モータ 10 の概要について説明する。

【0016】

本実施形態の超音波モータ 10 は、振動子 50 および印加手段（発振回路 80）を備えている。振動子 50 は第一振動子領域 51 および第二振動子領域 52 を含む。

40

第一振動子領域 51 は、厚さ方向に分極された圧電素子 20 a および固定部 30 a を有する。第二振動子領域 52 は、厚さ方向に分極された圧電素子 20 b および固定部 30 b を有する。

発振回路 80 は、圧電素子 20 a、20 b にそれぞれ交番電圧を印加して、第一振動子領域 51 および第二振動子領域 52 を個別に面拡がり方向に共振させる電圧印加手段である。

第一振動子領域 51 は、面拡がり方向の共振により固定部 30 a に対して接離方向に振動する第一振動部位（振動端部 23 a）を含む。第二振動子領域 52 は、面拡がり方向の共振により固定部 30 b に対して接離方向に振動する第二振動部位（振動端部 23 b）を含む。

50

本実施形態の超音波モータ10は、第一振動部位（振動端部23a）と第二振動部位（振動端部23b）とを連結する連結部55と、この連結部55に設けられた接触子60と、を備えている。

【0017】

次に、本実施形態について詳細に説明する。

超音波モータ10は、接触子60によって移動子100を正方向または逆方向（図1の左方）に切り替え駆動する。本実施形態の移動子100の移動方向は直線方向であり、図1に白抜矢印で示す左右方向に対応する。本実施形態では、図1の右方を移動子100の正方向とし、図1の左方を逆方向とする。本実施形態の移動子100は、接触子60と接触して駆動力をうける付勢面102が基台104の表面に形成されてなる。基台104の裏面にはローラ106が設けられている。このほか、移動子100としては、回転ローラを枢支したものでもよい。この場合の移動方向は回転ローラの周方向（回転方向）となる。

10

【0018】

振動子50は、圧電素子20に交番電圧を印加することで所定の固有振動数で共振する要素である。振動子50は、少なくとも第一振動子領域51と第二振動子領域52とからなる。第一振動子領域51と第二振動子領域52とは連結部55を介して連結されている。

【0019】

超音波モータ10は、接触子60を移動子100に予圧する付勢手段（弾性部材33、34）をさらに備えている。図1に示す弾性部材33は、第一振動子領域51の面央部22に設けられた凹穴である固定部30aに対して上端が接続され、下端が設置台110に接続されている。同様に、弾性部材34は、第二振動子領域52の面央部22に設けられた凹穴である固定部30bに対して上端が接続され、下端が設置台110に接続されている。弾性部材33、34は自然状態よりも伸張されており、接触子60に対して付勢面102に押しつける向きに弾性力を常時付与している。

20

【0020】

第一振動子領域51は、略正形状をなし、厚さ方向に分極された圧電素子20aおよびその表裏の主面の略全面に設けられた印加電極を備えている。圧電素子20aの面央部22には、第一振動子領域51を設置台110に固定するための凹穴が固定部30aとして設けられている。同様に、第二振動子領域52もまた略正形状をなし、厚さ方向に分極された圧電素子20bおよびその表裏の主面の略全面に設けられた印加電極を備えている。圧電素子20bの面央部22にも凹穴が固定部30bとして設けられている。

30

【0021】

図2に示すように、振動子50は、圧電素子20と、その表裏の主面の略全体に形成された駆動電極54a、54bおよび共通電極54cとを備えている。

駆動電極54a、54bは、第一振動子領域51および第二振動子領域52の一方面に個別に設けられて発振回路80により交番電圧が選択的に印加される印加電極である。共通電極54cは、圧電素子20の他方面に第一振動子領域51と第二振動子領域52とにまたがって形成されて交番電圧が同時に印加される印加電極である。

40

【0022】

第一振動子領域51と第二振動子領域52とは、同一の大きさの略正形状をなし、一辺同士が互いに隣接して配置されている。第一振動子領域51の四つの角部をそれぞれ含む所定面積の領域を、振動端部23aおよびコーナー部23i~23kとする。同様に、第二振動子領域52の四つの角部をそれぞれ含む所定面積の領域を、振動端部23bおよびコーナー部23p~23rとする。

【0023】

第一振動子領域51と第二振動子領域52との間には凹部36が設けられている。凹部36は、第一振動子領域51または第二振動子領域52の一方の共振が他方に伝達されることを防止するための低剛性部である。凹部36は細長形状の貫通スリットでもよく、も

50

しくは非貫通の有底溝でもよい。また、凹部 3 6 は複数の凹穴を配列したものでよい。このうち本実施形態の凹部 3 6 は貫通スリットであり、第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とは互いに分離されている。そして、スリット状の凹部 3 6 を挟む両端にあたる振動端部 2 3 a およびコーナー部 2 3 k と、振動端部 2 3 b およびコーナー部 2 3 r とは、連結部 5 5、5 6 によりそれぞれ連結されている。本実施形態の連結部 5 5、5 6 は、略正方形の第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 の並び方向に平行な辺をそれぞれ伸張させて互いに連結させたものである。

#### 【 0 0 2 4 】

より具体的には、本実施形態の第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とは互いに隣接する矩形状をなしている。凹部 3 6 はスリット状の貫通孔であり、第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 の近接する辺 5 1 1、5 2 1 同士の間形成されている。凹部 3 6 は、辺 5 1 1、5 2 1 に沿って延在している。本実施形態の振動子 5 0 は、圧電素子 2 0 a、2 0 b を構成する二つの矩形状の領域と、連結部 5 5、5 6 を構成する細長形状の領域と、を含む一体の板状の圧電セラミクス（圧電体）からなる。かかる圧電体に駆動電極 5 4 a、5 4 b および共通電極 5 4 c を設けることで第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 が形成されている。

#### 【 0 0 2 5 】

圧電素子 2 0 a と圧電素子 2 0 b の共振周波数は共通である。本実施形態の超音波モータ 1 0 では圧電素子 2 0 a、2 0 b の面拡がり方向の共振モード（変位モードは図 6 を参照）を用いて接触子 6 0 を駆動する。ここで、圧電素子 2 0 a、2 0 b が面拡がり方向に共振するとは、圧電素子 2 0 a、2 0 b を構成する各点の主たる面内方向の変位成分が、面直方向の変位成分よりも十分に大きいことをいう。

#### 【 0 0 2 6 】

一方の連結部 5 5 には、第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 から突出して接触子 6 0 が設けられている。接触子 6 0 は、ジルコニアやアルミナなどの耐摩耗性の材料からなるパッドである。接触子 6 0 は連結部 5 5 と同一材料で一体形成されてもよく、または異種材料からなる小片を連結部 5 5 に結合して接触子 6 0 を構成してもよい。連結部 5 5、5 6 は、略正方形の第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 の頂点同士を局所的に連結する帯状のブリッジ部分であり、圧電素子 2 0 a、2 0 b の共振に実質的に影響を与えない。

#### 【 0 0 2 7 】

図 1 に示すように、発振回路 8 0 は、正弦波または三角波などの交番電圧を駆動電圧として出力する出力電圧  $V_0$  と、この駆動電圧を印加する電極を切り替えるスイッチ  $SW_1$  とを含む。

スイッチ  $SW_1$  のコモン端子  $S_0$  は、発振器 8 2 の一方の出力端子 8 3 に常時接続されている。端子  $S_1$  は第一振動子領域 5 1 の駆動電極 5 4 a と接続され、端子  $S_2$  は第二振動子領域 5 2 の駆動電極 5 4 b と接続されている。発振器 8 2 の他方の出力端子 8 4 は第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 の共通電極 5 4 c と接続されている。このように、各電極領域に配線を行うだけでよいため、複雑な配線工程は不要である。

#### 【 0 0 2 8 】

発振器 8 2 が出力する駆動電圧は、内部抵抗  $R_0$ 、出力電圧  $V_0$  の交番電圧であり、具体的には正弦波電圧である。かかる正弦波の周波数は、圧電素子 2 0 a、2 0 b の面拡がり方向の共振周波数に設定されている。すなわち、本実施形態の超音波モータ 1 0 は、発振器 8 2 により調整された周波数の正弦波電圧が印加される他励方式である。

この状態で、スイッチ  $SW_1$  を端子  $S_1$  側に入れると、交番電圧は駆動電極 5 4 a と共通電極 5 4 c に印加される。一方、スイッチ  $SW_1$  を端子  $S_2$  側に入れると、交番電圧は駆動電極 5 4 b と共通電極 5 4 c に印加される。

これにより、スイッチ  $SW_1$  を端子  $S_1$  に入れた場合には第一振動子領域 5 1 が共振し、第二振動子領域 5 2 は開放される。逆にスイッチ  $SW_1$  を端子  $S_2$  に入れた場合には第二振動子領域 5 2 が共振し、第一振動子領域 5 1 は開放される。このとき、共振側と開放

10

20

30

40

50

側の振動子領域は凹部 3 6 により実質的に分断されているため、共振側の振動子領域における歪みは、連結部 5 5、5 6 を変位させて接触子 6 0 を駆動するにとどまり、開放側の振動子領域には実質的に伝達されない。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、図 2 A の III - III 線断面図である。本実施形態においては、第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とに亘る共通の圧電素子 2 0 の表裏面に印加電極が被着されている。すなわち、圧電素子 2 0 と連結部 5 5 とは圧電材料により一体に形成されている。そして、圧電素子 2 0 の一方面には駆動電極 5 4 a、5 4 b が個別に積層され、圧電素子 2 0 の他方面には第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 に亘る共通電極 5 4 c が積層されている。

10

【 0 0 3 0 】

図 3 に示すように圧電素子 2 0 は厚さ方向に分極されており、駆動電極 5 4 a または 5 4 b の一方と、共通電極 5 4 c との間に圧電素子 2 0 の共振周波数の交番電圧を印加することで固有振動する。

【 0 0 3 1 】

図 4 は、図 1 および図 2 の圧電素子 2 0 のインピーダンスの周波数特性に関するシミュレーション結果の一例を示す図である。シミュレーション条件は、圧電セラミクスからなる圧電素子 2 0 の外形寸法を幅 2 2 mm、高さ 1 0 mm、厚さを 2 mm とし、凹部 3 6 を幅 2 mm、高さ（長さ）9 mm の長方形の貫通スリットとした。それぞれ 1 0 mm 四方の領域を第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 とした。

20

かかる圧電素子 2 0 に対して、第一振動子領域 5 1 に印加する正弦波電圧の周波数を変化させながら圧電素子 2 0 のインピーダンスをシミュレートした。このとき、固定部 3 0、接触子 6 0、駆動電極 5 4 a、5 4 b および共通電極 5 4 c の剛性は無視している。

【 0 0 3 2 】

図 4 に示すように、1 9 4 k H z の周波数にてインピーダンスが極小値となる周波数が現れた。図 5 A、図 5 B は、この共振周波数の正弦波電圧を第一振動子領域 5 1 に印加し、第二振動子領域 5 2 を開放した状態における圧電素子 2 0 を有限要素（FEM）解析して得られた変位モード図である。

【 0 0 3 3 】

図 5 A は圧電素子 2 0 の最大伸び変形の状態を示し、図 5 B は最大縮み変形の状態を示している。なお、変位モード図では変位量の大きい部位を濃色で示し、変位量の少ない部位を淡色で示している。

30

【 0 0 3 4 】

図 5 より、圧電素子 2 0 がこの共振周波数において面拡がり方向に振動していることがわかる。そして、図 5 に示すように、面拡がり方向の共振による第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 のモード形状は、圧電素子 2 0 の面央部 2 2 を不動点とし、周縁部 2 4（振動端部 2 3 a）を最大変位点とすることを特徴とする。より具体的には、第一振動子領域 5 1 は全体に平面内で伸び縮みするよう振動し、振動端部 2 3 a およびコーナー部 2 3 i ~ 2 3 k は、いずれも固定部 3 0 a に対して接近または離間を繰り返す。本実施形態の振動子 5 0 は、略正方形領域のそれぞれの面央部 2 2 に振動振幅の小さな領域があるため、安定した支持・固定が容易となる。これに対し、上記の特許文献 1 の超音波モータは、振動変位の小さな領域が圧電素子の略重心位置のみに存在し、安定して支持・固定することが困難である。なお、本実施形態において、以下、断りなく共振という場合は面拡がり方向の共振モードを意味するものとする。

40

【 0 0 3 5 】

振動端部 2 3 a は、第一振動子領域 5 1 の周縁部 2 4 であって、かつ第一振動子領域 5 1 が面拡がり方向に共振したときの变位量が極大となる位置である。同様に、振動端部 2 3 b は、第二振動子領域 5 2 の周縁部 2 4 であって、かつ第二振動子領域 5 2 が面拡がり方向に共振したときの变位量が極大となる位置である。言い換えると、振動端部 2 3 a、2 3 b は、第一振動子領域 5 1、第二振動子領域 5 2 が個別に共振したときの接離方向の

50

変位成分がそれぞれ極大となる位置である。

【 0 0 3 6 】

第二振動子領域 5 2 には、振動端部 2 3 a およびコーナー部 2 3 k の変位が流入して振動端部 2 3 b とコーナー部 2 3 r は変位しているが、第二振動子領域 5 2 のその他のコーナー部 2 3 p、2 3 q はほとんど変位していない。これにより、圧電素子 2 0 のうち第一振動子領域 5 1 の周縁部 2 4 が主として共振し、また第二振動子領域 5 2 には実質的に共振が発生しないことがわかる。

【 0 0 3 7 】

図 5 A、図 5 B に矢印で示すように、本実施形態の圧電素子 2 0 において振動端部 2 3 a は固定部 3 0 a に対して接近および離間を繰り返す方向（接離方向）に共振する。言い換えると、振動端部 2 3 a は第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 の並び方向（図中、左右方向）に対して 4 5 度交叉した方向に共振する。

10

これにより、連結部 5 5 に形成した接触子 6 0（図 1 を参照）には、第一振動子領域 5 1 の共振により図 5 における右上方向に間欠的に駆動力が生じる。

【 0 0 3 8 】

なお、第二振動子領域 5 2 の駆動電極 5 4 b に正弦波電圧を印加した場合には、圧電素子 2 0 の変位モード図は図 5 各図を左右反転したものとなる。したがって、この場合、連結部 5 5 に形成した接触子 6 0 には、第二振動子領域 5 2 の共振により図 5 における左上方向に間欠的に駆動力が生じる。

【 0 0 3 9 】

20

図 6 A、図 6 B は、正弦波電圧の印加側（駆動側）と、無印加側（開放側）とを切り替えた場合の連結部 5 5、5 6 の変位方向を示す模式図である。各図で「a」と表記された第一の連結部 5 5 の接触子 6 0 と、「b」と表記された第二の連結部 5 6 の接触子 6 0 の往復運動の軌跡を太線で示す。図示のように、第一の連結部 5 5 と第二の連結部 5 6 のそれぞれにおける接触子 6 0 の軌跡は、第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とを隔てる境界ライン（各図にて一点鎖線で図示）に対して斜めに交差する。そして、正弦波電圧の印加側（駆動側）と、無印加側（開放側）とを切り替えることにより、各接触子 6 0 の軌跡は境界ラインを中心に反転する。

【 0 0 4 0 】

図 6 各図に示すように、印加手段（発振回路 8 0）は、交番電圧の印加を第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とに切り替えることで、接触子 6 0 の面拡がり方向の変位成分が、第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 との並び方向に左右反転する。これにより、本実施形態の超音波モータ 1 0 は、スイッチ S W 1 の切り替えにより移動子 1 0 0 の駆動方向を正逆反転することができる（図 1 を参照）。

30

【 0 0 4 1 】

すなわち、本実施形態の印加手段（発振回路 8 0）は、第一振動子領域 5 1 の圧電素子 2 0 a または第二振動子領域 5 2 の圧電素子 2 0 b に選択的に交番電圧を印加して、接触子 6 0 を往復運動させる。圧電素子 2 0 の面拡がり方向の共振モードにおいて、連結部 5 5、5 6 の往復振動の軌跡は直線状をなす。本実施形態の発振回路 8 0 が一方の圧電素子（たとえば圧電素子 2 0 a）に一周期以上の交番電圧を印加している間は、他方の圧電素子（たとえば圧電素子 2 0 b）には実質的に電圧を印加しない。そして、スイッチ S W 1 を切り替えて他方の圧電素子（たとえば圧電素子 2 0 b）に一周期以上の交番電圧を印加する間は、一方の圧電素子（たとえば圧電素子 2 0 a）には実質的に電圧を印加しない。

40

このように、本実施形態の印加手段（発振回路 8 0）は、交番電圧を印加する圧電素子 2 0 a、2 0 b の選択を切り替えることで、接触子 6 0 の往復運動の軌跡を変化させる。

【 0 0 4 2 】

ここで、上記の特許文献 1 の超音波モータは、電気機械的結合係数の低い屈曲振動を用いて駆動するものであるため、高出力を得るためには駆動電圧を大きくする必要がある。これに対し本実施形態の超音波モータ 1 0 は、振動子 5 0 の面拡がり方向の共振モードを用いて接触子 6 0 を駆動するため、振動子 5 0 の屈曲振動に比べて結合係数が大きく、低

50

電圧での駆動を図ることができる。

【 0 0 4 3 】

また、上記の特許文献 1 の超音波モータは、矩形の圧電素子の対角の 2 つの電極に給電することで定在波と縦波を同時に誘起させ、これらの 2 つの波を重ね合わせることで接触子を楕円運動させるものである。ここで、定在波と縦波とは周波数が異なるため、温度や機械負荷に対する特性は互いに相違する。したがって、定在波と縦波とを重ね合わせて駆動する特許文献 1 の超音波モータは、周囲の温度や機械的負荷によって動作周波数が変化してしまい、動作が不安定となる。これに対し、本実施形態の超音波モータ 10 は単一の振動モードを用いることにより、温度や機械負荷の変動に対する調整が不要であって安定した動作が可能である。

10

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態の振動子 50 のように、第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 とを連結しておき、かつこれを移動子 100 に対して常時付勢することにより、接触子 60 が空回りすることなく移動子 100 に好適に駆動力を与えることができる。すなわち、かりに第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 とを分離構成し、かつ個別に移動子 100 に押圧して常時付勢した場合には、一方（例えば第一振動子領域 51）を駆動する場合に、他方（第二振動子領域 52）の付勢力が抵抗力になるおそれがある。これに対し、一方（第一振動子領域 51）による駆動時に他方（第二振動子領域 52）を移動子 100 に非接触とする場合には、移動子 100 に押圧力を常時付勢しておくことができず、共振周期内で第一振動子領域 51 の接触子 60 が移動子 100 に対して接触と乖離とが繰り返されることとなる。この場合には接触子 60 が摩耗しやすくなったり、接触子 60 の空回りが生じたりするおそれがある。よって、本実施形態のように第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 とを連結して接触子 60 を共通化し、これを移動子 100 に対して常時付勢して駆動することで、抵抗力を生じることなく移動子 100 を連続的に駆動することができる。また、接触子 60 は移動子 100 に接触しつづけるため、移動子 100 に対して衝撃的に擦れることがなく、接触子 60 の摩耗が抑制される。

20

【 0 0 4 5 】

< 第二実施形態 >

図 7 A は、本実施形態にかかる超音波モータ 10（振動子 50）を示す平面模式図である。図 7 B は、連結部 55 の近傍に関する部分拡大図である。

30

【 0 0 4 6 】

図 7 A、図 7 B に示すように、連結部 55 において第一接続部 55 a と第二接続部 55 b とは互いに交叉して連結され、連結部 55 は鉤型に屈曲して形成されている。ここで、第一接続部 55 a と第二接続部 55 b とが互いに連結されているとは、本実施形態のように第一接続部 55 a と第二接続部 55 b とが共通の材料により一体形成されている場合のほか、他の部材を介在して第一接続部 55 a と第二接続部 55 b とが間接的に接続されている場合を含む。

【 0 0 4 7 】

接触子 60 は、連結部 55 の少なくとも外側の表面（図 7 B における連結部 55 の上縁）に、第一接続部 55 a および第二接続部 55 b よりも硬質の材料が皮膜形成されてなる。

40

【 0 0 4 8 】

本実施形態の超音波モータ 10 において、連結部 55 は第一接続部 55 a と第二接続部 55 b とを有している。第一接続部 55 a は、圧電素子 20 の面拡がり方向の共振時に固定部 30 a に対して接離方向に振動する第一振動部位（振動端部 23 a）から接触子 60 に向かって延在する部分である。第二接続部 55 b は、同じく固定部 30 b に対して接離方向に振動する第二振動部位（振動端部 23 b）から接触子 60 に向かって延在する部分である。そして、第一接続部 55 a と第二接続部 55 b の延在方向 D2、D3 は互いに交叉している。

【 0 0 4 9 】

50

第一接続部 55a は、振動端部 23a を基端として、固定部 30a に対して反対側（図 7A における右上側）に向かって延在し、その先端が接触子 60 として機能する。また、第二接続部 55b は、振動端部 23b を基端として、固定部 30b と反対側（図 7A における左上側）に向かって延在し、同じくその先端が接触子 60 として機能する。そして、第一接続部 55a と第二接続部 55b とは、90 度を超え 180 度未満の所定の交叉角度をもって互いに連結されている。

【0050】

なお、コーナー部 23k とコーナー部 23r とを接続する他の連結部 56 は、連結部 55 を上下反転した形状である。具体的には、コーナー部 23k を基端として固定部 30a の反対側に延在する部分と、コーナー部 23r を基端として固定部 30b の反対側に延在する部分とが屈曲して連結されている。

10

【0051】

これにより、第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 の隣接する辺 511、521 と、連結部 55、56 とで画成される凹部 36 は長六角形をなしている。

【0052】

図 7B に示すように、第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 との並び方向（基準方向 D1：図の左右方向）を基準として、第一接続部 55a の延在方向 D2 は、接離方向 D4 よりも浅い角度である。言い換えると、基準方向 D1 に対して振動端部 23a、23b が共振する角度に比べて、この基準方向 D1 に対して第一接続部 55a が伸びる角度の方が小さい。

20

具体的には、第一接続部 55a の延在する角度は 30 度であり、振動端部 23a が共振する角度は 45 度である。なお、振動端部 23b の接離方向 D4 と基準方向 D1 とのなす角も 30 度である。

【0053】

図 8 は、共振時の連結部 55 の形状を示す模式図である。共振前の連結部 55 の形状を破線で示す。同図では、共振による振動端部 23a の変位を省略し、連結部 55 の変形のみを表している。駆動電極 54a に正弦波電圧が印加されて第一振動子領域 51 が面拡がり方向に共振すると、振動端部 23a は駆動電極 54a の対角線方向（角度  $\theta$  の方向）に変位する。ここで、変位前の第一接続部 55a は角度  $\theta$  よりも小さな角度  $\theta'$  で振動端部 23a より延在し、先端に第二接続部 55b が連結されている。

30

【0054】

ここで、第一接続部 55a および第二接続部 55b は、いずれも延在寸法が幅寸法よりも大きな細長形状をなしている。このため、第一接続部 55a と第二接続部 55b は、延在方向の剛性は、これに交叉する方向（幅方向）の剛性に比べて高い。よって、第一振動子領域 51 の共振時に振動端部 23a が固定部 30a に接離する方向（角度  $\theta$  方向）に変位すると、第一接続部 55a は振動端部 23a に追従してその延在方向に変位する。これに対し、振動端部 23b に基端が連結固定された第二接続部 55b は、第一接続部 55a によって幅方向に付勢されて曲げられる。このため、第一接続部 55a および第二接続部 55b はリンク機構のように変形して延在する角度  $\theta'$  が大きくなる。この結果、共振時に振動端部 23a が最大変位する位相において、第一接続部 55a の延在方向は振動端部 23a の振動方向（角度  $\theta$ ）に略一致する。これにより、第一接続部 55a と第二接続部 55b との交叉部にあたる接触子 60 において、大きな駆動力を得ることができる。

40

言い換えると、本実施形態の振動子 50 のモード形状は、接触子 60 が移動子 100（図 1 を参照）に対して最大の付勢力を与える位相において第一接続部 55a（第二接続部 55b）の延在方向が振動端部 23a（振動端部 23b）の変位方向と略一致する。

【0055】

第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 とは、共通の固有振動数にて面拡がり方向の共振が発生するかぎり、その形状は特に限定されない。一例として、第一振動子領域 51 および第二振動子領域 52 として、互いに略同一の長方形、正方形または円形を挙げることができる。

50

図9Aは、第一振動子領域51と第二振動子領域52が略同一の正方形であって、かつ対角線同士が直線状に配置されている第一変形例にかかる振動子50の模式図である。図9Bは、第一振動子領域51と第二振動子領域52が略同一の円形である第二変形例にかかる振動子50の模式図である。各図において、固定部30aを固定して駆動電極54aに正弦波電圧を印加した場合の共振方向を両側矢印で示している。

#### 【0056】

図9Aに示す第一変形例の振動子50には、ともに略正方形の第一振動子領域51および第二振動子領域52の周縁部24のうち一辺の中央部同士を基端として連結部55が形成されている。そして、連結部55が延出した辺に隣接するとともに第一振動子領域51と第二振動子領域52とで対向する他の辺同士を連結するようにして、連結部56が形成されている。連結部55は、第一振動子領域51から延出する第一接続部55aと、第二振動子領域52から延出する第二接続部55bとで構成されており、第一接続部55aと第二接続部55bとが交叉して連結されてなる連結部55の屈曲部には接触子60が形成されている。このように、連結部55、56は、第一および第二実施形態で示したように角部を基端としてもよく、またはこの変形例のように辺央を基端としてもよい。

#### 【0057】

また、図9Bに示す第二変形例の振動子50のように、第一振動子領域51と第二振動子領域52が円形の場合、周縁部24の任意の位置より径方向の外側にそれぞれ突出形成した第一接続部55aと第二接続部55bとを連結して連結部55を構成することができる。

この変形例のように第一振動子領域51と第二振動子領域52をそれぞれ円形とすることで、それぞれの振動子において等方的な面拡がり振動が生じるため、周縁部24の任意の位置から第一接続部55a、第二接続部55bを延出させた場合も接触子60を好適に駆動することができる。

#### 【0058】

なお、これらの変形例においても、第一振動子領域51と第二振動子領域52との並び方向(図の左右方向)を基準として、第一接続部55aおよび第二接続部55bの各延在方向は、共振時の振動端部23a、23b(図9にて破断円で図示)の接離方向D4(図9にて一点鎖線で図示)よりも浅い角度である。そして、第一振動子領域51と第二振動子領域52との間には、第一振動子領域51と第二振動子領域52の並び方向に対して交叉する方向(図の上下方向)に延在する貫通孔として、凹部36が形成されている。

#### 【0059】

また、第一および第二変形例に代えて、連結部55の一箇所のみで第一振動子領域51と第二振動子領域52とを連結してもよい。このように、第一振動子領域51と第二振動子領域52とは単一箇所のみで連結してもよく、または上記実施形態および変形例で説明したように複数箇所でも連結してもよい。単一箇所でも連結することで第一振動子領域51と第二振動子領域52との結合が低減されて連結部55の変位を大きくすることができる。また、複数箇所でも連結することで固定部30a、30bを中心とする変位モードの対称性を得ることができ、接触子60の安定した駆動が可能になる。

#### 【0060】

<第三実施形態>

図10は、本実施形態の振動子50の分解斜視図である。

本実施形態の振動子50は、第一振動子領域51、第二振動子領域52および連結部55に亘る金属製のベース部材58を備えている。第一振動子領域51および第二振動子領域52は、交番電圧の印加電極である駆動電極54aが形成された圧電素子20がベース部材58にそれぞれ接合されて構成されている。

#### 【0061】

本実施形態の振動子50は、ベース部材58の表裏に二枚ずつ、合計四枚の圧電素子20が被着されたバイモルフ型の圧電振動子である。なお、本実施形態の変形例として、ベース部材58の一方面側にのみ圧電素子20を設けてもよい。すなわち、図10に白抜矢

10

20

30

40

50

印で示すように、金属板からなるベース部材 5 8 の少なくとも一方の主面の各略正方形領域に、圧電セラミック材料からなる圧電素子 2 0 が貼り付けられている。

【 0 0 6 2 】

ベース部材 5 8 に貼り付けられる側の駆動電極 5 4 a は、ベース部材 5 8 と電氣的に接続される。図 1 0 に矢印で示すように、ベース部材 5 8 を挟んで対向する一对の圧電素子 2 0 の分極方向は、互いに逆向きになるよう配置される。

【 0 0 6 3 】

ベース部材 5 8 は、第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 の並び方向にあたる長さ方向の中央部に貫通スリット（凹部 3 6）が形成されている。これにより、ベース部材 5 8 は長さ方向に関して略対象に領域分割されている。第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とは連結部 5 5、5 6 により局所的に連結されている。ベース部材 5 8 の主面には、圧電素子 2 0 を嵌め込んで装着するための有底の凹部（図示せず）を設けてもよい。

10

【 0 0 6 4 】

図 1 1 A は本実施形態の振動子 5 0 を含む超音波モータ 1 0 の平面図であり、図 1 1 B はその B - B 線断面図である。

【 0 0 6 5 】

本実施形態の超音波モータ 1 0 は、接触子 6 0 の少なくとも一部を外部に露出させて第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 を収容する筐体 9 0 を備えている。固定部 3 0 a、3 0 b は、第一振動子領域 5 1、第二振動子領域 5 2 の不動点（面央部 2 2）を筐体 9 0 に固定する部位である。

20

【 0 0 6 6 】

筐体 9 0 は上側筐体 9 1 と下側筐体 9 2 とからなる。上側筐体 9 1 と下側筐体 9 2 とはネジ 9 4 により着脱可能に固定されている。上側筐体 9 1 と下側筐体 9 2 とを組み合わせることで内部に振動子 5 0 の収容空間が形成される。

【 0 0 6 7 】

それぞれの圧電素子 2 0 とベース部材 5 8 には固定部 3 0 が貫通孔として形成されている。ベース部材 5 8 は、固定部 3 0 に挿入されたネジ 2 6 により下側筐体 9 2 に固定される。

【 0 0 6 8 】

振動子 5 0 のうち接触子 6 0 の先端が筐体 9 0 から突出している。筐体 9 0 を移動子 1 0 0 に近接して配置し、筐体 9 0 を設置台 1 1 0 に対して弾性部材 3 3、3 4 で連結することにより、接触子 6 0 が移動子 1 0 0 に付勢される（図 1 を参照）。なお、筐体 9 0 はアース接地される。

30

【 0 0 6 9 】

そして、発振回路 8 0（図 1 1 では図示せず。図 1 を参照）により、一方の振動子（例えば第一振動子領域 5 1）に含まれる一对の圧電素子 2 0 a の間に正弦波電圧を印加し、他方の振動子（例えば第二振動子領域 5 2）の一对の圧電素子 2 0 b を開放電位とする。具体的には、ベース部材 5 8 を挟む一对の圧電素子 2 0 a の外表面に対して同位相の正弦波電圧を同時に印加する。そして、ベース部材 5 8 を共通電極とする。

これにより、第一振動子領域 5 1 には面拡がり方向の共振が生じる。そして、ベース部材 5 8 の長辺部中央に設けた接触子 6 0 には、この長辺方向に対して斜め直線方向の軌跡を描く振動が生じる。直線あるいは回転自在などに設置されている移動子 1 0 0（図 1 を参照）に接触子 6 0 が接触することで、これを移動させることができる。

40

そして、正弦波電圧の給電と開放を第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とで切り替えることにより、移動子 1 0 0 の移動方向の正逆の切り替えが可能となる。

【 0 0 7 0 】

本実施形態の下側筐体 9 2 は金属製であり、ネジ 2 6 を介してベース部材 5 8 と電氣的に接続されている。また、ネジ 2 6 は圧電素子 2 0 の駆動電極 5 4 a とは絶縁されている。このほか、下側筐体 9 2 を絶縁性の非金属材料で作製し、ベース部材 5 8 をアース接地してもよい。

50

## 【 0 0 7 1 】

本実施形態の超音波モータ 1 0 では、金属製のベース部材 5 8 を用いることにより、圧電素子 2 0 のうちベース部材 5 8 に接合される面の駆動電極 5 4 a を省略することができる。言い換えると、ベース部材 5 8 を圧電素子 2 0 の共通電極として用いるとともに、これに電気接続された下側筐体 9 2 ( 筐体 9 0 ) の外部に出力端子 8 4 ( 図 1 を参照 ) を設けることができる。

## 【 0 0 7 2 】

< 第四実施形態 >

図 1 2 は、本実施形態の超音波モータ 1 0 の構造を示す概略図である。本実施形態の超音波モータ 1 0 は、第一実施形態と同様に振動子 5 0 を用いて移動子 1 0 0 を駆動するものであり、発振回路 8 0 が帰還発振器 ( アンプ ) 1 1 2、第 1 回路 C 1 および第 2 回路 C 2 を含む自励発振回路により構成されていることを特徴とする。振動子 5 0、弾性部材 3 3、3 4、移動子 1 0 0、基台 1 0 4、ローラ 1 0 6 および設置台 1 1 0 は第一実施形態と共通である。

10

## 【 0 0 7 3 】

図 1 2 において、スイッチ S W 2 は 2 回路 4 接点の駆動電圧を印加する電極を切替えるためのものであり、第 1 回路 C 1 のコモン端子 S 0 0 は、帰還発振器 1 1 2 の第 1 の出力端子 8 3 に常時接続されている。また、帰還発振器 1 1 2 の第 2 の出力端子 8 4 は、圧電素子 2 0 の共通電極 5 4 c に接続されている。

## 【 0 0 7 4 】

端子 S 0 1 は駆動電極 5 4 a と接続され、端子 S 0 2 は駆動電極 5 4 b と接続されている。また、帰還発振器 1 1 2 の入力端子 1 1 4 は、スイッチ S W 2 の第 2 回路 C 2 のコモン端子 S 1 0 に接続されている。

20

端子 S 1 1 は、駆動電極 5 4 b とアース端子 1 1 5 との間に接続された抵抗 R 1 1、R 1 2 の中間に設けられている。端子 S 1 2 は、駆動電極 5 4 a とアース端子 1 1 6 との間に接続された抵抗 R 2 1、R 2 2 の中間に設けられている。

帰還発振器 1 1 2 の発振周波数は、圧電素子 2 0 a、2 0 b の共振周波数に設定されている。

## 【 0 0 7 5 】

ここで、抵抗 R 1 1 と R 1 2 の直列抵抗、および抵抗 R 2 1 と R 2 2 の直列抵抗の値は、駆動電圧が印加されない駆動電極 5 4 a または駆動電極 5 4 b の一方が実効的に開放となるような高い抵抗値とする。なお、分圧抵抗 R 1 2 および R 2 2 の抵抗値は、帰還発振器 1 1 2 に適切な電圧が帰還されるように適宜選択可能である。

30

## 【 0 0 7 6 】

この状態で、スイッチ S W 2 を上側に倒すと、駆動電圧が駆動電極 5 4 a と共通電極 5 4 c の間に印加されて第一振動子領域 5 1 は通電される。一方、駆動電極 5 4 b はアース端子 1 1 5 に接続されて第二振動子領域 5 2 は開放される。これにより第一振動子領域 5 1 は面拡がり方向に共振し、振動端部 2 3 a は固定部 3 0 a に対して接離方向に振動する。第一振動子領域 5 1 が伸張して振動端部 2 3 a が固定部 3 0 a から離れる方向 ( 同図の左下方向 ) に移動する位相では、接触子 6 0 は移動子 1 0 0 の付勢面 1 0 2 に押圧されるとともに移動子 1 0 0 を左方に駆動する。第一振動子領域 5 1 が収縮して振動端部 2 3 a が固定部 3 0 a に近づく方向 ( 同図の右上方向 ) に移動する位相では、弾性部材 3 4 によって接触子 6 0 に与えられる付勢面 1 0 2 への付勢力の一部または全部が打ち消される。これにより、当該位相において移動子 1 0 0 が逆方向 ( 右方 ) に移動することはない。よって、移動子 1 0 0 は、共振する第一振動子領域 5 1 により左方に一方的に駆動される。

40

## 【 0 0 7 7 】

一方、スイッチ S W 2 を下側に倒すと、駆動電圧は駆動電極 5 4 b と共通電極 5 4 c の間に印加されて第二振動子領域 5 2 は通電される。一方、駆動電極 5 4 a はアース端子 1 1 6 に接続されて第一振動子領域 5 1 は開放される。これにより第二振動子領域 5 2 は面拡がり方向に共振し、振動端部 2 3 b は固定部 3 0 b に対して接離方向に振動する。この

50

ため、接触子 60 は移動子 100 を右方に一方的に駆動する。

つまり、本実施形態の超音波モータ 10 によれば、スイッチ SW 2 を切り替えるだけで、移動子 100 を左右方向に選択的に移動させることができる。

【0078】

本実施形態の超音波モータ 10 では、開放された駆動電極 54 a または 54 b が、共通端子 S 10 を介して入力端子 114 に接続されて、自励発振回路用の帰還電極となる。これにより、機械的負荷状態の変化や周囲温度の変化により圧電素子 20 a、20 b の共振周波数が変化した場合でも自動的にその共振周波数を追尾するため、安定な発振回路 80 を構成することができる。

【0079】

< 第五実施形態 >

図 13 は、本実施形態の超音波モータ 10 の構造を示す概略図である。本実施形態の超音波モータ 10 は、図 7 A に示した第二実施形態の振動子 50 を用いて移動子 100 を駆動するものである。弾性部材 33、34、移動子 100、基台 104、ローラ 106 および設置台 110 は第一実施形態と共通である。図 13 では、連結部 55 を図中下方に配置して接触子 60 を付勢面 102 に当接させ、移動子 100 の左右方向に駆動する状態を示している。

【0080】

本実施形態の印加手段（発振回路 80）は、第一振動子領域 51 の圧電素子 20 a に交番電圧を印加する。そして同時に第二振動子領域 52 の圧電素子 20 b に対して、この交番電圧と位相が異なる他の交番電圧を印加する。これにより、連結部 55 に設けられた接触子 60 は円運動または楕円運動する。

ここで、発振回路 80 が圧電素子 20 a と圧電素子 20 b に交番電圧を同時に印加するとは、圧電素子 20 a に対する印加時間と圧電素子 20 b に対する印加時間との少なくとも一部同士が重複していることをいう。

【0081】

本実施形態の発振回路 80 は、交番電圧として正弦波電圧を印加するものとする。発振回路 80 は、二つの発振器 82 a、82 b を備えている。発振器 82 が圧電素子 20 a に印加する正弦波電圧（第一電圧）を  $V_0 \cdot \sin(\omega t)$  で表す。発振器 82 b は、この正弦波電圧と位相が異なる他の交番電圧として、 $V_0 \cdot \sin(\omega t + \phi)$  で表される正弦波電圧（第二電圧）を圧電素子 20 b に印加する。つまり、第二電圧は第一電圧に対して位相が  $\phi$  だけ進んでいる。

【0082】

第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 の面拡がり方向の共振周波数は  $\omega/2$  で共通である。よって、圧電素子 20 a、20 b は、第一電圧または第二電圧の印加によりそれぞれ面拡がり方向に共振する。圧電素子 20 a の共振と圧電素子 20 b の共振には位相差  $\phi$  がある。矩形の圧電素子 20 a、20 b の頂点にあたる振動端部 23 a、23 b は、この面拡がり方向の共振モードで固定部 30 に対して接近および離間する振動部位である。振動端部 23 a、23 b は互いに局所的に連結されて、連結部 55 が鉤型に屈曲して形成されている。鉤型の連結部 55 の頂点には接触子 60 が設けられている。

【0083】

圧電素子 20 の面拡がり方向の共振モードにおいて、振動端部 23 a の振動方向と、振動端部 23 b の振動方向とは互いに交差する関係にある。そして、上記のように振動端部 23 a、23 b の共振には位相差  $\phi$  がある。このため、振動端部 23 a、23 b の振動が合成されて、接触子 60 は円運動または楕円運動することとなる。

【0084】

図 14 A、図 14 B は、正弦波電圧の位相を変化させた場合の連結部 55、56 の変位方向を示す模式図である。具体的には、図 14 A は、第二振動子領域 52 に印加する正弦波電圧の位相を、第一振動子領域 51 に印加する正弦波電圧の位相よりも 90 度進めた場合の接触子 60 の変位方向を示す模式図である。反対に、図 14 B は、第二振動子領域 5

10

20

30

40

50

2に印加する正弦波電圧の位相を、第一振動子領域51に印加する正弦波電圧の位相よりも90度遅らせた場合の接触子60の変位方向を示す模式図である。面拡がり方向の共振モードにおける接触子60の軌跡を太線で示す。各図で「a」と表記された第一の連結部55の接触子60と、「b」と表記された第二の連結部56の接触子60の軌跡は、図示のように楕円(または円)を描く。これらの楕円の長軸または短軸の一方は、第一振動子領域51と第二振動子領域52とを隔てる境界ライン63(各図にて一点鎖線で図示)の上に乗っている。境界ライン63は、第一の連結部55と第二の連結部56とを結ぶラインである。本実施形態の振動子50は、境界ライン63に関して鏡面对称形状である。

#### 【0085】

ここで、第一振動子領域51に印加する第一電圧を $V_0 \cdot \sin(\omega t)$ とし、第二振動子領域52に印加する第二電圧を $V_0 \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) = V_0 \cdot \cos(\omega t)$ とする。このとき、図14Aに示すように、第一の連結部55は図中の時計回り(CW)に楕円運動し、第二の連結部56は反時計回り(CCW)に楕円運動する。

そして、位相差(φ)を反転して、第二振動子領域52に印加する第二電圧を $V_0 \cdot \sin(\omega t - 90^\circ) = -V_0 \cdot \cos(\omega t)$ とすると、連結部55、56の回転方向は反転する。具体的には、図14Bに示すように、第一の連結部55は図中の反時計回り(CCW)に楕円運動し、第二の連結部56は時計回り(CW)に楕円運動する。

#### 【0086】

なお、位相差(φ)は-から+の間で特に限定されない。第一接続部55aと第二接続部55b(図7Bを参照)を異なる長さまたは異なる剛性にするこゝで、第一振動子領域51と第二振動子領域52の共振の位相差(φ)がゼロであっても接触子60を楕円運動させることは可能である。

#### 【0087】

本実施形態の印加手段(発振回路80)は、交番電圧(第一電圧)と他の交番電圧(第二電圧)との位相差(φ)を正負反転または増減させる。すると、接触子60の円運動もしくは楕円運動の回転方向が反転するか、または、円運動もしくは楕円運動の軌跡が変化する。

#### 【0088】

より具体的には、発振回路80は、発振器82a、82bからそれぞれ出力される交番電圧の位相差(φ)を任意に調整する位相差調整手段(図示せず)を備えている。そして、位相差(φ)を正負反転(+φ - φ)すると接触子60の回転方向が反転するため、移動子100の移送方向が切り替えられる。また、位相差(φ)を増減調整することで、接触子60の円運動または楕円運動の軌跡の離心率が変化するため、移動子100の送り速度を緩急自在に調整することができる。

#### 【0089】

図15は、本実施形態の圧電素子20のインピーダンスの周波数特性に関するシミュレーション結果の一例を示す図である。シミュレーション条件としては、圧電セラミクスからなる圧電素子20の外形寸法を、幅4.3mm、高さ2.0mm、厚さを2mmとした。圧電素子20の中央の凹部36を貫通スリットとし、スリット幅を3mmとした。また、図7Bに示した第一接続部55aおよび第二接続部55bの角度θを30度とした。そして、それぞれ1.0mm四方の領域を第一振動子領域51および第二振動子領域52とした。

かかる圧電素子20に対して、第一振動子領域51には第一電圧として正弦波電圧を印加し、第二振動子領域52には第一電圧との位相差が+90度の第二電圧を印加した。そして、これらの周波数を同時に変化させながら圧電素子20のインピーダンスをシミュレートした。このとき、固定部30、接触子60、駆動電極54a、54bおよび共通電極54c(図13を参照)の剛性は無視した。

#### 【0090】

図15に示すように、9.2kHzの周波数にて圧電素子20のインピーダンスが極小値となった。

図16Aから図16Dは、この共振周波数の正弦波電圧(第一電圧)を第一振動子領域

10

20

30

40

50

5 1 に印加し、第二振動子領域 5 2 に上記の第二電圧を印加した状態における圧電素子 2 0 を F E M 解析して得られた変位モード図である。図 5 と同様に、変位モード図では変位量の大きい部位を濃色で示し、変位量の少ない部位を淡色で示している。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 A は第一振動子領域 5 1 が面央部 2 2 を中心に平面内で収縮して最大縮み変形の状態を示している。このとき、第一電圧の絶対値は最大 ( V 0 ) である。面央部 2 2 は第一振動子領域 5 1 の重心であり、超音波モータ 1 0 において固定部 3 0 が配置される領域である ( 図 1 3 を参照 ) 。

【 0 0 9 2 】

このとき、第二振動子領域 5 2 の変位はほぼゼロである。第二振動子領域 5 2 に印加される第二電圧は第一電圧よりも 9 0 度だけ位相が進んでいるため、第二電圧の絶対値がゼロになっているためである。

10

【 0 0 9 3 】

第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 の面央部 2 2 同士を通るラインを中心ライン 6 4 として一点鎖線で示す。第一振動子領域 5 1 と第二振動子領域 5 2 とを隔てる境界ライン 6 3 と中心ライン 6 4 とは直交している。図 1 6 A の状態で、第一の連結部 5 5 と第二の連結部 5 6 は、境界ライン 6 3 よりも第一振動子領域 5 1 の側に変位している。

【 0 0 9 4 】

第一の連結部 5 5 と第二の連結部 5 6 の接触子 6 0 は、それぞれ円運動する。円運動の軌跡 C T を太線で表す。

20

【 0 0 9 5 】

図 1 6 B は、図 1 6 A の状態から位相が 9 0 度進んだ変位モードを示す。図 1 6 B は、第二振動子領域 5 2 が面央部 2 2 を中心に平面内で伸張した最大伸び変形の状態を示している。このとき、第一電圧の絶対値はゼロであり、第一振動子領域 5 1 の変位はほぼゼロである。したがって、第一の連結部 5 5 および第二の連結部 5 6 は、境界ライン 6 3 よりも第一振動子領域 5 1 の側に変位している。

【 0 0 9 6 】

図 1 6 C は、図 1 6 B の状態から、さらに位相が 9 0 度進んだ変位モードを示す。図 1 6 C では、第二電圧の絶対値は再びゼロとなり、第二振動子領域 5 2 の変位はほぼゼロとなる。一方、第一振動子領域 5 1 は面央部 2 2 を中心に平面内で伸張した最大伸び変形の状態にある。したがって、第一の連結部 5 5 および第二の連結部 5 6 は、境界ライン 6 3 よりも第二振動子領域 5 2 の側に変位している。

30

【 0 0 9 7 】

図 1 6 D は、図 1 6 C の状態から、さらに位相が 9 0 度進んだ変位モードを示す。図 1 6 D では、第一電圧の絶対値が再びゼロとなり、第一振動子領域 5 1 の変位はほぼゼロとなる。第二振動子領域 5 2 は面央部 2 2 を中心に平面内で収縮した最大縮み変形の状態にある。したがって、第一の連結部 5 5 および第二の連結部 5 6 は、境界ライン 6 3 よりも第二振動子領域 5 2 の側に変位している。

【 0 0 9 8 】

以上、図 1 6 A から図 1 6 D で示すように、第一の連結部 5 5 の接触子 6 0 は時計回りに円運動し、第二の連結部 5 6 の接触子 6 0 は反時計回りに円運動することが分かる。

40

【 0 0 9 9 】

かかる圧電素子 2 0 を用いた本実施形態の超音波モータ 1 0 は、第一振動子領域 5 1 の固定部 3 0 a と第二振動子領域 5 2 の固定部 3 0 b とを結ぶライン ( 中心ライン 6 4 ) の両側に第一の連結部 5 5 と第二の連結部 5 6 とが設けられている。第一の連結部 5 5 と第二の連結部 5 6 には、接触子 6 0 がそれぞれ設けられている。そして、第一の連結部 5 5 の接触子 6 0 の円運動もしくは楕円運動の回転方向と、第二の連結部 5 6 の接触子 6 0 の円運動もしくは楕円運動の回転方向と、は互いに反対である。本実施形態の超音波モータ 1 0 は、複数箇所の駆動部である第一の連結部 5 5 の接触子 6 0 と第二の連結部 5 6 の接触子 6 0 を同時に駆動することができる。よって、複数個の移動子 1 0 0 を同時に駆動す

50

ることができ、また一個の移動子 100 の異なる二箇所を同時に付勢して駆動することもできる。

#### 【0100】

図 13 に示す発振器 82a、82b の出力信号の位相差 (1) を調整することで、本実施形態の超音波モータ 10 は、接触子 60 の描く軌跡を可変とすることが可能である。また、第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 の共振周波数は  $f/2$  で共通であり単一の振動モードを用いることができる。このため、超音波モータ 10 の動作時の温度や機械負荷によってこの共振周波数が変化しても接触子 60 の軌跡は不変であって、移動子 100 を安定して駆動することができる。

#### 【0101】

また、図 16 各図の変位モード図から明らかなように、第一振動子領域 51 と第二振動子領域 52 の面央部 22 はともに振動振幅の小さな不動点となるため、超音波モータ 10 における固定部 30 を双方の面央部 22 に形成することができる。このため、超音波モータ 10 を筐体 90 (図 11 を参照) に対して複数点で安定して固定することが可能である。

#### 【0102】

< 第六実施形態 >

図 17 は、本実施形態の振動子 50 の分解斜視図である。

本実施形態の振動子 50 は、第一の圧電素子 20a および第二の圧電素子 20b と、連結部 55 を含む金属製のフレーム部 59 と、を備えている。フレーム部 59 は、第一の圧電素子 20a および第二の圧電素子 20b をそれぞれ嵌め込んで装着するための貫通孔 38 を有している。第一の圧電素子 20a および第二の圧電素子 20b の表裏の主面には、電極 (駆動電極 54) が設けられている (裏面側の電極は図示省略)。

#### 【0103】

フレーム部 59 は、ステンレス鋼などの金属材料からなる。フレーム部 59 は、一對の貫通孔 38 と、その間に配置された貫通スリット (凹部 36) と、を備えている。言い換えると、フレーム部 59 は、略長形状の金属板に一對の貫通孔 38 および貫通スリット (凹部 36) を穿設したものである。

#### 【0104】

第一の圧電素子 20a と第二の圧電素子 20b は、厚さ方向に分極された圧電材料に駆動電極 54 を被着したものである。両者の分極方向は、図 17 に矢印で示すように共通である。第一の圧電素子 20a および第二の圧電素子 20b は略正方形をなしている。第一の圧電素子 20a および第二の圧電素子 20b は、貫通孔 38 に嵌め込まれることによりフレーム部 59 に固定される。

#### 【0105】

フレーム部 59 は、矩形の閉環部 59a、59b と、これらの閉環部 59a、59b のコーナー部同士を連結する連結部 55、56 と、を含む。閉環部 59a には第一の圧電素子 20a が嵌め込まれ、閉環部 59b には第二の圧電素子 20b が嵌め込まれる。

#### 【0106】

図 18 は、本実施形態の超音波モータ 10 の構造を示す概略図である。本実施形態の超音波モータ 10 は、図 17 に示した振動子 50 を用いて移動子 100 を駆動するものである。弾性部材 33、34、移動子 100、付勢面 102、基台 104、ローラ 106、設置台 110 および移動子 100 の駆動方向は、第五実施形態と共通である。

#### 【0107】

第一の圧電素子 20a および第二の圧電素子 20b の各中央を固定部 30 として、弾性部材 33、34 を介して設置台 110 に固定する。スイッチ SW1 の切り替え操作により、第一の圧電素子 20a または第二の圧電素子 20b の一方 (図 18 では第一の圧電素子 20a) に交流電圧  $V_0$  を与え、他方 (同、第二の圧電素子 20b) を開放電位とする。交流電圧  $V_0$  の周波数は、第一の圧電素子 20a および第二の圧電素子 20b の面拡がり方向の共振周波数である。かかる交流電圧  $V_0$  の印加により、上記一方の圧電素子を含む

10

20

30

40

50

振動子領域（第一振動子領域 5 1）には面拡がり振動が生じる。これにより、フレーム部 5 9 の長辺部中央にあたる連結部 5 5 に設けた接触子 6 0 が、この長辺方向（図 1 8 の左右方向）に対して斜め直線方向の軌跡を描く変形を得る。接触子 6 0 が、固定部 3 0 と振動端部 2 3 a とを結ぶ第一振動子領域 5 1 の対角線方向の略延長線上に位置しているためである。

#### 【 0 1 0 8 】

かかる接触子 6 0 を、直線方向または回転方向に移動自在（図 1 8 では直線方向）に設置されている移動子 1 0 0 に接触させることで移動子 1 0 0 は駆動される。そして、スイッチ S W 1 の操作によって第一の圧電素子 2 0 a または第二の圧電素子 2 0 b への給電または開放を切り替えることで、移動子 1 0 0 の移動方向が正逆に切り替えられる。

10

#### 【 0 1 0 9 】

本実施形態の超音波モータ 1 0 によれば、第一の圧電素子 2 0 a および第二の圧電素子 2 0 b は、面拡がり方向の共振モードにおいて、その面央部を不動点とし四隅が放射方向に伸縮する。このため、当該面央部を固定部 3 0 とすることで、超音波モータ 1 0 を設置台 1 1 0 に安定して支持および固定することができる。

#### 【 0 1 1 0 】

また、本実施形態の振動子 5 0 は、フレーム部 5 9 の閉環部 5 9 a の内部に第一の圧電素子 2 0 a を嵌め込んで固定するため、フレーム部 5 9 のコーナー部にあたる振動端部 2 3 a は面拡がり方向に柔軟に変形する。よって、第一の圧電素子 2 0 a の共振時の変形がフレーム部 5 9 で抑制されることがなく、接触子 6 0 を十分なストロークで変位させることができる。また、第一の圧電素子 2 0 a をフレーム部 5 9 に嵌め込むことで、超音波モータ 1 0 の厚み寸法の低背化を図ることができる。第二の圧電素子 2 0 b に関しても同様である。

20

#### 【 0 1 1 1 】

なお、本実施形態では一つの発振器を用いて第一の圧電素子 2 0 a と第二の圧電素子 2 0 b に交流電圧 V 0 を切り替えて印加することを例示したが、本発明はこれに限られない。第五実施形態のように、互いに位相が異なる複数の発振器が出力する正弦波電圧を第一の圧電素子 2 0 a と第二の圧電素子 2 0 b にそれぞれ印加して、接触子 6 0 を円運動または楕円運動させてもよい。

#### 【 0 1 1 2 】

なお、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的が達成される限りにおける種々の変形、改良等の態様も含む。

30

たとえば上記各実施形態において、第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 は固定部 3 0 a、3 0 b の一点でそれぞれ固定することを例示したが、これに限られない。複数点にて第一振動子領域 5 1 および第二振動子領域 5 2 をそれぞれ固定してもよい。この場合において、振動端部 2 3 a、2 3 b が固定部に対してそれぞれ接離方向に振動するとは、当該複数点の固定部のうちの一つまたは複数点の固定部の重心位置に対して接近または離間する方向に振動することを意味する。また、上記実施形態では二つの振動子領域を横並びに配置してそれぞれに交番電圧を印加することを例示したが、これに限られない。3 以上の振動子領域を配置してもよい。

40

#### 【 0 1 1 3 】

また、上記実施形態では、面拡がり方向の共振モードにおいて、第一振動子領域 5 1 または第二振動子領域 5 2 の各四箇所の角部が同時に変位する場合を例示したが、本発明はこれに限られない。連結部 5 5 が接続された振動端部 2 3 a または振動端部 2 3 b のみが共振する変位モードとしてもよい。具体的には、振動端部 2 3 a における圧電素子 2 0 の厚さを、コーナー部 2 3 i ~ 2 3 k における圧電素子 2 0 の厚さと相違させてもよい。これにより、所定の共振周波数において、もっぱら振動端部 2 3 a のみを面拡がり方向に共振させることができ、エネルギー変換効率をより高めることが可能である。

#### 【 0 1 1 4 】

上記実施形態の超音波モータ 1 0 は、以下の技術的思想を包含する。

50

( 1 ) 厚さ方向に分極された圧電素子および固定部をそれぞれ有する第一振動子領域および第二振動子領域と、前記圧電素子にそれぞれ交番電圧を印加して前記第一振動子領域および前記第二振動子領域を個別に面拡がり方向に共振させる印加手段と、前記第一振動子領域と前記第二振動子領域とを連結する連結部と、前記連結部に設けられた接触子と、を備え、前記第一振動子領域は、前記共振により前記第一振動子領域の前記固定部に対して接離方向に振動する第一振動部位を含み、前記第二振動子領域は、前記共振により前記第二振動子領域の前記固定部に対して接離方向に振動する第二振動部位を含み、前記連結部は、前記第一振動部位と前記第二振動部位とを連結していることを特徴とする超音波モータ。

( 2 ) 前記連結部が、前記第一振動部位から前記接触子に向かって延在する第一接続部と、前記第二振動部位から前記接触子に向かって延在する第二接続部と、を有し、前記第一接続部と前記第二接続部の延在方向が互いに交叉していることを特徴とする上記( 1 )に記載の超音波モータ。

10

( 3 ) 前記第一接続部と前記第二接続部とが互いに交叉して連結されて、前記連結部が鉤型に屈曲して形成されている上記( 2 )に記載の超音波モータ。

( 4 ) 前記第一振動部位が前記第一振動子領域の周縁部であり、前記第二振動部位が前記第二振動子領域の周縁部であり、かつ、前記接触子が、前記第一振動子領域または前記第二振動子領域が前記面拡がり方向に共振したときの変位量が極大となる位置に設けられている上記( 1 )から( 3 )のいずれかに記載の超音波モータ。

( 5 ) 前記第一振動子領域と前記第二振動子領域との間に凹部が設けられている上記( 1 )から( 4 )のいずれかに記載の超音波モータ。

20

( 6 ) 前記第一振動子領域および前記第二振動子領域が、互いに隣接する矩形状をなし、前記凹部が、前記第一振動子領域および前記第二振動子領域の互いに近接する辺同士の間形成された、前記辺に沿って延在するスリット状の貫通孔である上記( 5 )に記載の超音波モータ。

( 7 ) 第一および第二の前記圧電素子と、前記圧電素子の表裏面に設けられた電極と、前記連結部を含む金属製のフレーム部と、を備え、前記フレーム部は、前記第一および第二の圧電素子を嵌め込んで装着するための貫通孔を有する上記( 1 )から( 6 )のいずれかに記載の超音波モータ。

( 8 ) 前記印加手段が、前記第一振動子領域の前記圧電素子に前記交番電圧を印加し、かつ同時に前記第二振動子領域の前記圧電素子に前記交番電圧と位相が異なる他の交番電圧を印加して、前記接触子を円運動または楕円運動させることを特徴とする上記( 1 )から( 7 )のいずれかに記載の超音波モータ。

30

( 9 ) 前記印加手段が、前記交番電圧と前記他の交番電圧との位相差を正負反転または増減させる位相差調整手段を含み、前記位相差調整手段が前記位相差を正負反転または増減させることで、前記接触子の前記円運動もしくは前記楕円運動の回転方向が反転し、または前記円運動もしくは前記楕円運動の軌跡が変化することを特徴とする上記( 8 )に記載の超音波モータ。

( 10 ) 前記第一振動子領域の前記固定部と前記第二振動子領域の前記固定部とを結ぶラインの両側に第一の前記連結部と第二の前記連結部とが設けられ、前記第一の連結部と前記第二の連結部には前記接触子がそれぞれ設けられており、前記第一の連結部の前記接触子の前記円運動もしくは前記楕円運動の回転方向と、前記第二の連結部の前記接触子の前記円運動もしくは前記楕円運動の回転方向と、が互いに反対である上記( 8 )または( 9 )に記載の超音波モータ。

40

#### 【 0 1 1 5 】

( 付記 1 ) 上記第一振動部位および第二振動部位( 極大変位部 ) が、上記共振による上記接離方向の変位成分が極大となる位置である上記の超音波モータ。

( 付記 2 ) 上記接触子を移動子に予圧する付勢手段をさらに備える上記の超音波モータ。

( 付記 3 ) 上記第一振動子領域と上記第二振動子領域とが、互いに略同一の長方形、正方形または円形である上記の超音波モータ。

50

(付記4) 上記面拡がり方向の共振による上記第一振動子領域および上記第二振動子領域の変位モード形状が、上記圧電素子の面中央部を不動点とし周縁部を最大変位点とすることを特徴とする上記の超音波モータ。

(付記5) 上記第一接続部および上記第二接続部を収容する筐体をさらに備えるとともに、上記固定部が上記不動点を上記筐体に固定する上記の超音波モータ。

(付記6) 上記第一振動子領域と上記第二振動子領域との並び方向を基準として、上記第一接続部の延在方向が、上記接離方向よりも浅い角度である上記の超音波モータ。

(付記7) 上記接触子が、上記連結部の少なくとも外側の表面に上記第一接続部および上記第二接続部よりも硬質の材料が皮膜形成されてなることを特徴とする上記の超音波モータ。

10

(付記8) 上記印加手段が、交番電圧の印加を上記第一振動子領域と上記第二振動子領域とに切り替えることで、上記接触子の上記面拡がり方向の変位成分が、上記第一振動子領域と上記第二振動子領域との並び方向に反転する上記の超音波モータ。

(付記9) 上記第一振動子領域および上記第二振動子領域の一方面に個別に設けられて上記交番電圧が上記印加手段により選択的に印加される駆動電極と、他方面に上記第一振動子領域と上記第二振動子領域とにまたがって形成されて上記交番電圧が同時に印加される共通電極と、を備える。

(付記10) 上記第一振動子領域および上記第二振動子領域における上記圧電素子と上記連結部とが圧電材料により一体に形成されているとともに、上記圧電素子の一方面には上記第一振動子領域および上記第二振動子領域に駆動電極が個別に積層され、上記圧電素子の他方面には上記第一振動子領域および上記第二振動子領域に亘る共通電極が積層されている上記の超音波モータ。

20

(付記11) 上記第一振動子領域、上記第二振動子領域および上記連結部に亘る金属製のベース部材を備え、上記第一振動子領域および上記第二振動子領域は、上記交番電圧の印加電極が形成された上記圧電素子が上記ベース部材にそれぞれ接合されて構成されている上記の超音波モータ。

(付記12) 上記第一振動子領域と上記第二振動子領域との間に、上記第一振動子領域と上記第二振動子領域の並び方向に対して交叉する方向に延在する凹部が貫通孔として形成されている上記の超音波モータ。

(付記13) 前記印加手段が、前記第一振動子領域の前記圧電素子または前記第二振動子領域の前記圧電素子に選択的に前記交番電圧を印加して、前記接触子を往復運動させる上記の超音波モータ。

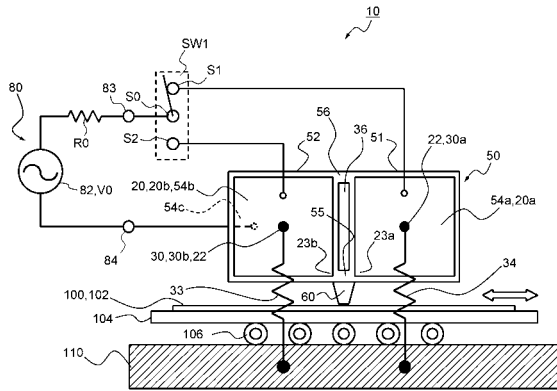
30

(付記14) 前記交番電圧を印加する前記圧電素子の選択を前記印加手段が切り替えることで、前記接触子の往復運動の軌跡が変化することを特徴とする上記の超音波モータ。

【0116】

この出願は、2010年10月27日に出願された日本出願特願2010-240269号を基礎とする優先権を主張し、その開示の総てをここに取り込む。

【図1】



【図2】

FIG. 2A

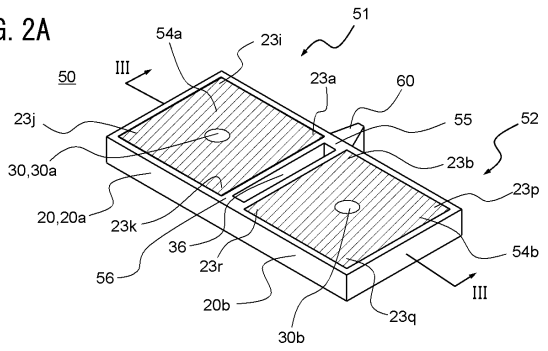
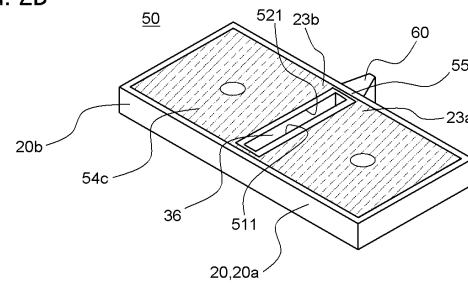
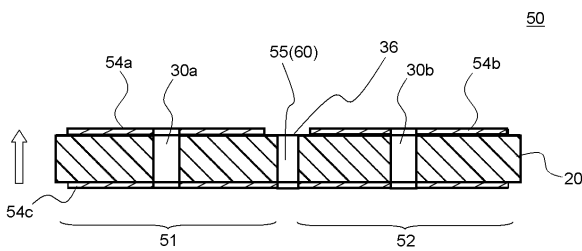


FIG. 2B



【図3】



【図5】

FIG. 5A

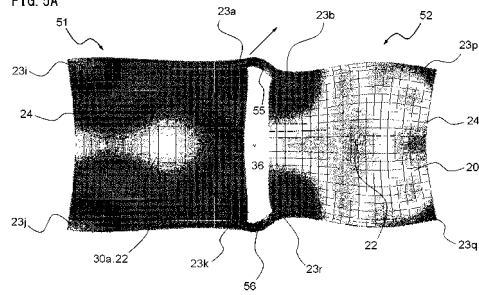
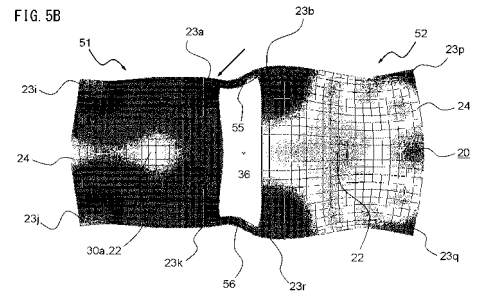
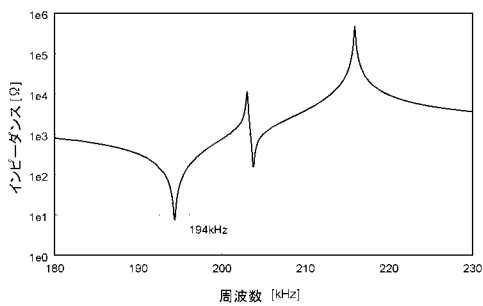


FIG. 5B

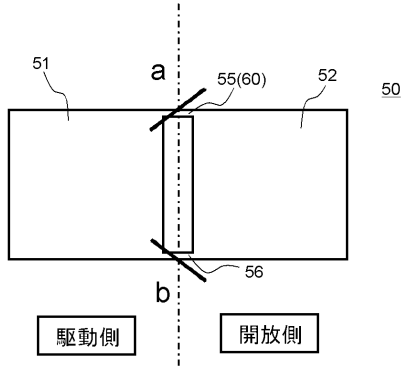


【図4】



【 図 6 】

FIG. 6A



【 図 7 】

FIG. 7A

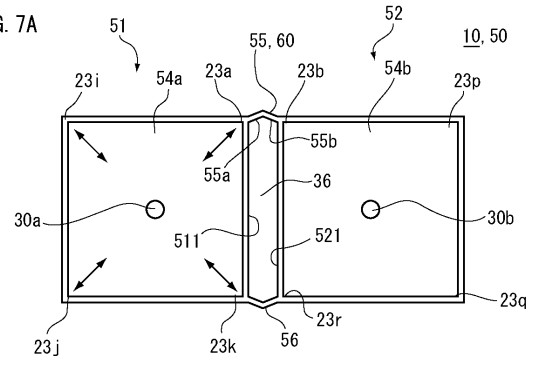


FIG. 6B

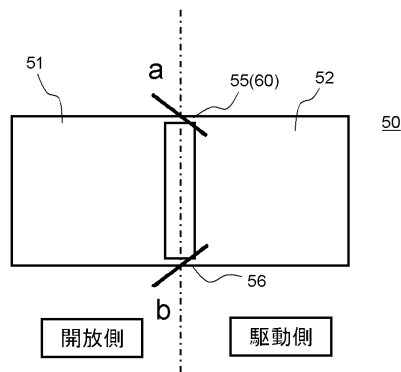
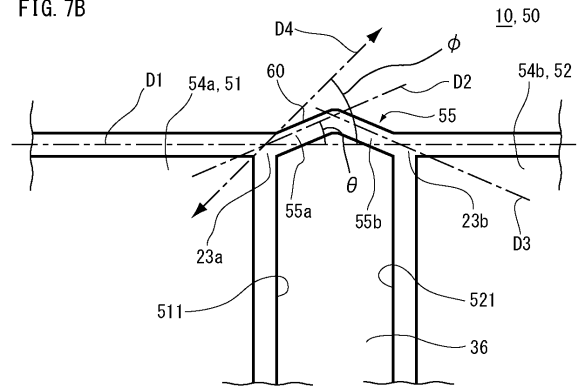
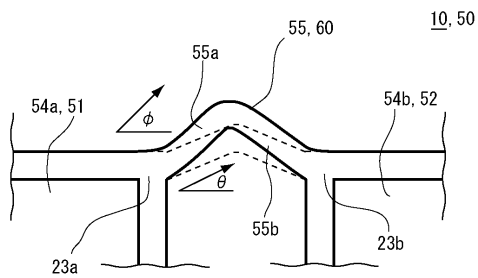


FIG. 7B



【 図 8 】



【 図 9 】

FIG. 9A

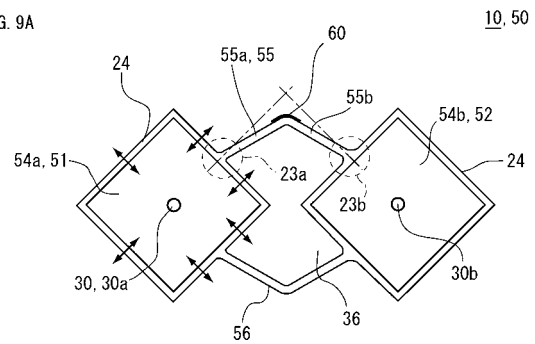
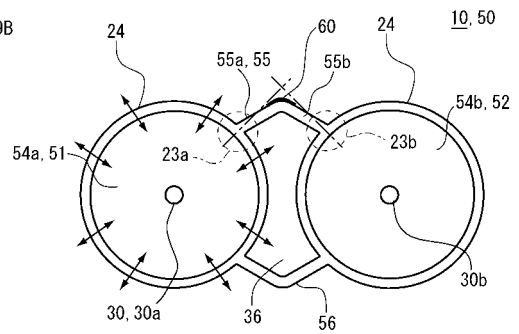


FIG. 9B





【 図 1 4 】

FIG. 14A

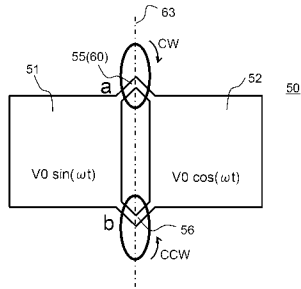
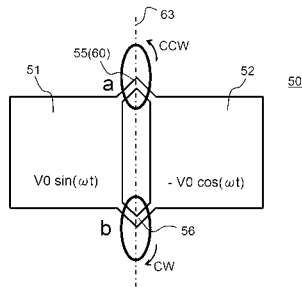
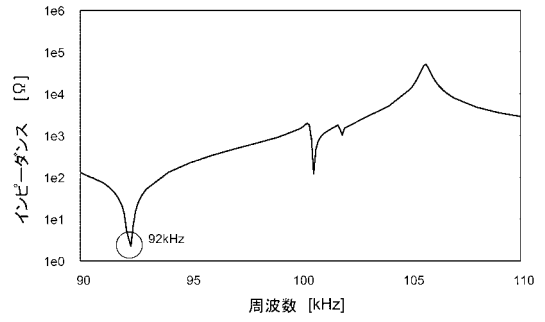


FIG. 14B



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

FIG. 16A

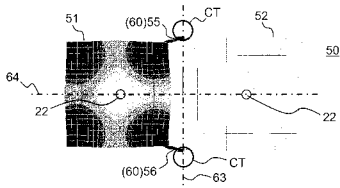


FIG. 16B

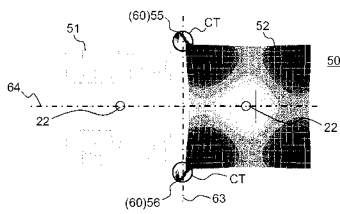


FIG. 16C

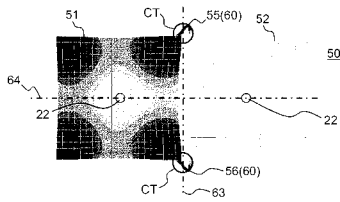
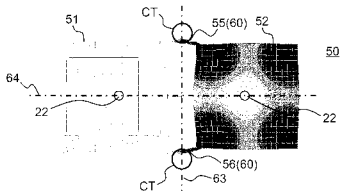
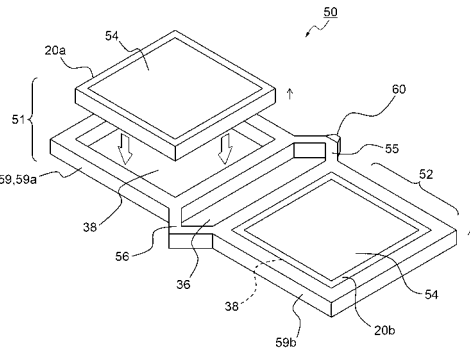


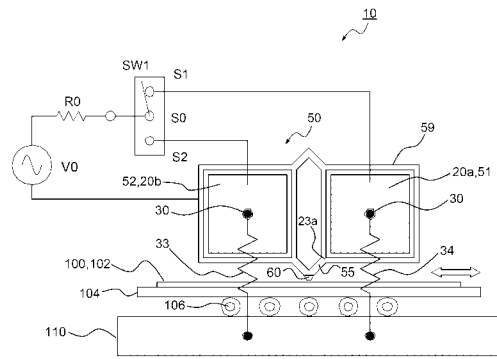
FIG. 16D



【 図 1 7 】



【 図 18 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-232642(JP,A)  
特開2009-240149(JP,A)  
特開2005-261067(JP,A)  
特開2007-221865(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02N 2/00