

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4860862号
(P4860862)

(45) 発行日 平成24年1月25日(2012.1.25)

(24) 登録日 平成23年11月11日(2011.11.11)

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

請求項の数 32 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2001-517492 (P2001-517492)	(73) 特許権者	502057452
(86) (22) 出願日	平成12年7月31日 (2000.7.31)		ピーアイ セラミック ゲーエムペーハー
(65) 公表番号	特表2003-507999 (P2003-507999A)		セラミッシュ テクノロジー ウント
(43) 公表日	平成15年2月25日 (2003.2.25)		パウエレメント
(86) 国際出願番号	PCT/EP2000/007385		PI CERAMIC GMBH KER
(87) 国際公開番号	W02001/013505		AMISCHE TECHNOLOGIE
(87) 国際公開日	平成13年2月22日 (2001.2.22)		N UND BAUELEMENTE
審査請求日	平成19年2月1日 (2007.2.1)		ドイツ国 レーダーホーゼ D-0758
(31) 優先権主張番号	199 38 954.3		9 リンデンシュトラーセ
(32) 優先日	平成11年8月17日 (1999.8.17)	(74) 復代理人	100112793
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 高橋 佳大
前置審査		(74) 代理人	100099483
			弁理士 久野 琢也
		(74) 代理人	100061815
			弁理士 矢野 敏雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 縦波およびたわみ波によって励振される圧電駆動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

摩擦層を設けた被駆動要素と、長さが幅と同一でない圧電セラミック並びに前記圧電セラミックの二つの大きい相互に反対側の金属化面上に形成された第1及び第2の電極群を有する駆動要素としての少なくとも一つの一体型板状圧電トランスデューサとを備え、前記圧電セラミックの前記金属化面よりも小さい面のうちの長い方の側面上に前記被駆動要素の前記摩擦層と弾性摩擦接触する少なくとも一つの摩擦要素を備え、さらに、前記第1及び第2の電極群と電気接続が可能な電気生成器を備え、前記第1及び第2の電極群が前記圧電セラミックの前記二つの大きい相互に反対側の金属化面のそれぞれの上に同一構成の二つの領域を形成し、前記第1の電極群が音響縦波生成器であり、前記第2の電極群が音響たわみ波生成器である、圧電駆動装置であって、

10

前記第1及び第2の電極群のそれぞれが、前記一体型板状圧電トランスデューサの長手方向に沿って伝搬する定常音響波を発生させる互いに連結されていない少なくとも一つの独立トランスデューサを形成し、

前記圧電セラミックの前記二つの大きい相互に反対側の金属化面の一方及び他方の上の前記第1の電極群の間に位置し、前記第1の電極群に垂直に配向する一方向に分極化した前記圧電セラミックが、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響縦波の振動波節の箇所に位置し、

前記圧電セラミックの前記二つの大きい相互に反対側の金属化面の一方及び他方の上の前記第2の電極群の間に位置し、前記第2の電極群に垂直に配向する一方向に分極化し又

20

は前記第2の電極群に垂直に配向し且つ前記一体型板状圧電トランスデューサの長手方向の軸に対して異方向に対称に分極化した前記圧電セラミックが、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響たわみ波の振動最大速度の箇所位置し、

前記第1及び第2の電極群は、前記圧電セラミックの前記二つの大きい相互に反対側の金属化面のそれぞれの上において、前記一体型板状圧電トランスデューサの長手方向に沿った前記金属化面の中心線に関して電氣的に線対称の配置構成をそれぞれ有する、

ことを特徴とする圧電駆動装置。

【請求項2】

前記第1の電極群は、高さと幅が等しい前記一体型板状圧電トランスデューサの前記金属化面上の長方形領域を形成することを特徴とする、請求項1に記載の圧電駆動装置。

10

【請求項3】

前記第2の電極群は、高さと幅が等しい前記一体型板状圧電トランスデューサの前記金属化面上の長方形領域を形成し、

前記圧電セラミックの前記二つの大きい相互に反対側の金属化面の一方及び他方の上の前記第2の電極群の間に位置し、前記第2の電極群に垂直に配向する一方向に分極化した前記圧電セラミックが、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響たわみ波の振動最大速度の箇所位置し、

前記第2の電極群は、前記一体型板状圧電トランスデューサの長手方向の軸に沿って絶縁間隔領域を有することを特徴とする、請求項1又は2に記載の圧電駆動装置。

【請求項4】

20

前記第2の電極群は、高さと幅が等しい前記一体型板状圧電トランスデューサの前記金属化面上の長方形領域を形成し、

前記圧電セラミックの前記二つの大きい相互に反対側の金属化面の一方及び他方の上の前記第2の電極群の間に位置し、前記第2の電極群に垂直に配向し且つ前記一体型板状圧電トランスデューサの長手方向の軸に対して異方向に対称に分極化した前記圧電セラミックが、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響たわみ波の振動最大速度の箇所位置することを特徴とする、請求項1又は2に記載の圧電駆動装置。

【請求項5】

前記摩擦要素が、硬質の耐摩耗性材料の薄片として設計されていると共に、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響たわみ波の振動最大速度となる領域に配置されていることを特徴とする、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

30

【請求項6】

前記摩擦要素が、前記圧電セラミックの前記金属化面よりも小さい下面に配設されていることを特徴とする、請求項5に記載の圧電駆動装置。

【請求項7】

一つの前記摩擦要素が、前記圧電セラミックの前記金属化面よりも小さい側面のうちの一方に配置されていることを特徴とする、請求項1乃至5のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項8】

前記摩擦要素が2層又は3層構造であり、当該構造の第1の層は、前記被駆動要素の前記摩擦層と比較すると摩擦係数が高い硬質の耐摩耗物質から形成されており、第2の層は、硬質の多孔材から形成されており、前記第1及び第2の層は焼結によって互いに接合しており、前記摩擦要素が3層構造である場合、前記第1及び第2の層の間の境界領域に第3の遷移層が前記焼結により形成されていることを特徴とする、請求項1乃至7のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

40

【請求項9】

前記圧電セラミック及び前記摩擦要素の材料の両方と化学反応を起こす接着剤によって、前記摩擦要素が前記圧電セラミックの表面に接着されていることを特徴とする、請求項1乃至8のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項10】

50

前記摩擦要素が前記圧電セラミックの表面に溶融したガラス片として形成されており、当該ガラスは、硬質の耐摩耗性材料の粉体添加物を含むことを特徴とする、請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項 1 1】

前記一体型板状圧電トランスデューサに結合し、外部からの押圧により前記一体型板状圧電トランスデューサを位置決めするための少なくとも一つの固定要素を、前記一体型板状圧電トランスデューサが備えていることを特徴とする、請求項 1 から 1 0 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項 1 2】

前記固定要素は、四角柱、三角柱、半円柱、円錐、角錐若しくは半球形要素、又は、非貫通溝を有する角柱要素、又は、陥凹部若しくは貫通孔を有する円柱要素として設計され、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響縦波の振動波節の箇所配置され、前記圧電セラミックの表面と堅固に結合されていることを特徴とする、請求項 1 1 に記載の圧電駆動装置。

10

【請求項 1 3】

前記固定要素は、弾性係数が前記圧電セラミックの弾性係数と同等以上の材料から形成されていることを特徴とする、請求項 1 2 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 1 4】

前記固定要素は、弾性係数が前記圧電セラミックの弾性係数より小さい材料から形成されていることを特徴とする、請求項 1 2 に記載の圧電駆動装置。

20

【請求項 1 5】

前記固定要素と前記一体型板状圧電トランスデューサとは、同じタイプの前記圧電セラミックから形成されていることを特徴とする、請求項 1 2 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 1 6】

前記各固定要素又はその一部は、多孔酸化物セラミック又は別の多孔質材料から形成されていることを特徴とする、請求項 1 1 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項 1 7】

前記固定要素は、屈曲共振板として設計されていることを特徴とする、請求項 1 1 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 1 8】

前記固定要素は、有機接着剤によって前記圧電セラミックの表面に結合されていることを特徴とする、請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

30

【請求項 1 9】

前記固定要素は、前記圧電セラミック及び前記固定要素の材料と化学反応を起こす材料によって前記圧電セラミックの表面に結合されていることを特徴とする、請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項 2 0】

前記被駆動要素の前記摩擦層が、少なくとも、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響縦波の波長の半分 ($\lambda/2$) の 5 分の 1 の厚みを有する酸化物セラミック層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電駆動装置。

40

【請求項 2 1】

前記被駆動要素の、前記摩擦層より下に位置する本体の厚みが、前記一体型板状圧電トランスデューサ内を伝搬する定常音響たわみ波の波長の 2 分の 1 ($\lambda/2$) より大きいことを特徴とする、請求項 1 又は 2 0 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 2 2】

減衰層が、前記被駆動要素の本体と前記摩擦層との間に配置されていることを特徴とする、請求項 1 , 2 0 又は 2 1 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 2 3】

前記被駆動要素は、長方形、多角形又は円形の断面を有する棒状の形状であることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電駆動装置。

50

【請求項 24】

前記被駆動要素は、管状の形状であることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 25】

前記被駆動要素は、長方形の断面を有する棒状の硬質材料から形成されており、棒状本体に定間隔の減衰溝を備えていることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 26】

前記被駆動要素は、硬質の多孔質材料から形成されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 27】

前記被駆動要素を形成する前記多孔質材料の孔に吸音物質が充填されていることを特徴とする、請求項 26 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 28】

一つの平面状の前記被駆動要素と、
前記被駆動要素の一方及び他方の表面上に形成された二層の摩擦層と、
前記被駆動要素を介して相互に対向して配置された二つの前記一体型板状圧電トランスデューサと、
を備えていることを特徴とする、請求項 1 乃至 27 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項 29】

一つの円筒状又は円柱状の前記被駆動要素と、
前記被駆動要素の表面上に形成された少なくとも一つの摩擦層と、
前記被駆動要素の中心軸に平行に前記摩擦層に対向して配置された少なくとも三つの前記一体型板状圧電トランスデューサと、
を備えていることを特徴とする、請求項 1 乃至 27 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項 30】

前記被駆動要素は、回転体として設計されており、回転ガード内に配置されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電駆動装置。

【請求項 31】

前記一体型板状圧電トランスデューサの前記固定要素は、固定ガード内に位置することを特徴とする、請求項 1 乃至 19 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【請求項 32】

前記一体型板状圧電トランスデューサの前記固定要素は、薄板パネ型のキャリア内に固定されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 19 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

[発明の分野]

本発明は、特に連続的または段階的に実行可能な回転および並進運動を引き起こす圧電駆動装置に関する。

【0002】

[発明の背景]

発明のモータは、高精度な並進運動が要求される他の数多くの装置と同様に、ロボット技術の自動化システムにおいて、顕微鏡的テーブル用の駆動装置として採用され、光学およびレーザシステムにおける各種の座標テーブルの位置微調整を行うことができる。

【0003】

定常的音響波を使用する圧電モータまたは駆動装置は、長年知られており、例えば、欧州特許第 0475752 号および米国特許第 5,596,241 に例示されている。

しかし、このモータは、その導波管の最小長は、6 から 10 の倍数でなければならな

10

20

30

40

50

いため、それらを小型駆動装置として製造することができないという欠点を有する。さらに、その製造は、複雑であると共に高価である。

【0004】

また、米国特許第5,453,653号に示す定常音波を利用する線形圧電モータも知られている。このモータは、比較的小型であり、その製造方法は単純である。長短の辺を有し、その小さい表面の一方に摩擦要素を配置した一枚板状の圧電オシレータが、このモータの駆動要素として使用される。

【0005】

圧電オシレータの大きい面の一方には、第1と第2の電極群が設けてある。また、オシレータの他方の面には、連続式電極が配置してある。第1と第2の電極群は、それぞれ、金属化圧電セラミック面からなる、対角線上に配置した二つの等しい寸法の長方形領域を形成する。音響振動の電気励振源は、電圧を連続式電極および第1と第2の電極群に送る。それぞれの電極群がオシレータの長手の軸に対し、非対称形状であるため、電源電圧により、オシレータの板に非対称な変形が発生する。これにより、摩擦要素が閉鎖された通路上で移動する。どちらの電極群に電圧がかけられているかにより、摩擦要素が前方向、あるいは、逆方向に移動する。摩擦要素が動くことにより、圧縮要素も動く。モータの操作周波数は、オシレータの長さに沿った、オシレータのたわみ振動の第2発振モードの共振周波数に近い。

【0006】

上記のモータは、音響振動を生成するためには、オシレータの板が非対称的に変形しなければならないという欠点がある。上記のモータは、オシレータの機能面上の点とは実質的に異なる軌道を有する。よって、これらの点の振動速度の接線成分が実質的に異なる。後者により、被駆動要素の表面が駆動要素の機能面と真に接触している位置に大きく依存する被駆動要素の移動速度が不安定になる。

さらに、振動速度の接線成分が大きく異なると、摩擦要素の機能面における磨耗の程度が異なる。これにより、モータの動作がより長い操作期間にわたり不安定となる。

【0007】

速度が0.1m/秒を超えると、周知のモータの被駆動要素の移動速度の不均一性が約50%に達する。移動速度がそれより低いと、すなわち0.01m/秒を下回ると、不正確性が80%以上に及ぶ。こうした非均一性は、モータの適用範囲を狭め、特に非常に低速な範囲においては、電気速度安定器の構造を複雑化する。

【0008】

さらに、このモータは、起振器の電圧が高くなければならない。

【0009】

米国特許第5,453,653号によるモータの構造においては、圧電オシレータの表面に備える摩擦要素は一つのみである。これにより、オシレータは機械的に不安定となり、被駆動要素の移動速度が速いと、位置決め精度が下がり、複雑な構造になる。

【0010】

さらに、摩擦要素を一つしか設けていないと、一台の圧電オシレータのみでモータが生成可能な最大の力が制限される。周知のモータの場合、この力は約10Nとなり、多くの適用範囲において不十分である。また、数台のオシレータを結合して使用すると、被駆動要素の位置決め精度が制限される。

【0011】

[発明の概要]

よって、本発明の目的は、圧電駆動装置またはモータのそれぞれの仕様を定めることにあり、高低速における被駆動要素の均一な移動速度を含み、より長い操作期間にわたりモータの操作安定性をより高い状態に保つとともに、低い励振電圧ですみ、大きい力を生成し、安定したオシレータ構造を有し、オシレータの共振周波数を追跡するための手段もしくは装置を含む。

【0012】

この目的は、少なくとも適した実施形態と開発形態を含む従属クレームを備えた有効な独立クレームに記載の主題によって達成される。

【0013】

本発明によると、第1及び第2の電極群は、一体型板状圧電トランスデューサまたは（圧電板の）オシレータを構成する圧電セラミックの二つの大きい相互に反対側の金属化面のそれぞれの上に同一構成の二つの領域を形成する。これら二つの電極群は、それぞれ、圧電オシレータまたはプレートの長手の辺に沿って伝搬する非連続音響定常波の少なくとも一つの独立した発生器を形成する。第1の電極群は、音響縦波発生器を形成し、第2の電極群は音響たわみ波発生器を形成する。音響振動の電気励振源は、2チャンネル電力増幅器の信号入力端子に電気的に接続されている基本発生器から取り入れる。2チャンネル電力増幅器の各出力端子は、それに対応する電極群と電気的に接続してある。

10

【0014】

提案したモータによると、第1の電極群が少なくとも一つの独立した定常音響縦波発生器を形成すると共に、第2の電極群が少なくとも一つの独立した定常音響たわみ波の発生器を形成していることと、これらは、相互間の接続は存在しないように、すなわち、これらの発生器で生成された波は互いに影響を及ぼさないように設計されていることから、圧電オシレータ内を伝搬する波は、純粋な縦波と純粋なたわみ波となる。これらの波はオシレータの本体の純粋な楕円形の軌道へと進み、事実上、定常たわみ波の所定の最大値を示す領域においては、振幅がほとんど変わらない同一形状となる。

20

【0015】

これにより、摩擦要素の機能面上のこれらの領域において、事実上同じ速度による点の移動が可能となる。よって、これらの要素は、すべて共に被駆動要素の低速および高速動作両方において安定性をかなり増すことができる。

【0016】

電極群の形状は、音響縦波およびたわみ波が圧電板の全体を充填するように形成する。これにより、起振器電圧が有利に低下する。

【0017】

提案のモータによると、第1の電極群は、一体型板状圧電オシレータを構成する圧電セラミックの金属化表面上に長方形領域を形成する。ここでは、高さは幅と同じである。圧電セラミックの二つの大きい相互に反対側の金属化面の一方及び他方の上の第1の電極群の間に位置する圧電セラミックは、第1の電極群に対して法線（垂直）方向に配向する一方向に分極化している。第1の電極群は、オシレータ内を伝搬する定常音響縦波の振動波節の箇所に位置している。このような音響縦波の発生器を形成する電極構造により、オシレータ板内で純粋な縦波を生成することができるようになる。

30

【0018】

第2の電極群は、一体型板状圧電オシレータを構成する圧電セラミックの金属化表面上に長方形領域を形成する。ここでも、高さは幅と同じである。圧電セラミックの二つの大きい相互に反対側の金属化面の一方及び他方の上の第2の電極群の間に位置する圧電セラミックは、第2の電極群に対して法線方向（すなわち電極に垂直な方向）に配向する一方向に分極化している。ここで、第2の電極群は、オシレータ内を伝搬する定常音響たわみ波が最大振動速度となる箇所に位置しており、その長手の軸に沿って、絶縁領域または間隔を有する。

40

【0019】

このような電極構造により、純粋なたわみ波を生成することができる。

【0020】

提案の駆動装置のもう一つの実施形態では、第2の電極群は、一体型板状圧電オシレータを構成する圧電セラミックの金属化表面上に長方形領域を形成し、高さは幅と等しい。圧電セラミックの二つの大きい相互に反対側の金属化面の一方及び他方の上の第2の電極群の間に位置する圧電セラミックは、第2の電極群に垂直に配向し且つオシレータの長手方向の軸に対して異方向に対称に分極化している。ここでも、第2の電極群は、オシレー

50

タ内を伝搬する定常音響たわみ波が最大振動速度となる箇所配置されている。

【0021】

このような電極構造により、音響たわみ波の発生器の電極を、その間に絶縁間隔を設けない設計とし、その効率を上げることができる。

【0022】

本発明の駆動装置の解決手段により、摩擦要素は、例えば酸化物セラミック、金属セラミックなどのような硬質の耐摩耗物質、または他の材料との組み合わせの薄い片に形成する。摩擦要素は、板状圧電オシレータまたはオシレータ板それぞれを伝搬する音響たわみ波の最大振動速度の領域に位置する。

【0023】

上記の実施形態によると、機能面における振動速度の接線方向の成分が同質となる。

【0024】

また、別のタイプのモータでは、摩擦要素が、一体型板状圧電オシレータを構成する圧電セラミックの上記金属化面よりも小さい下面に配置してある。このモータの設計例では、モータが生成する力または力の伝達をそれぞれ改善できる、いくつかの摩擦要素を適用することができる。付加的構造を有するタイプのモータにおいては、摩擦要素を一体型板状圧電オシレータを構成する圧電セラミックの上記金属化面よりも小さい側面に配置している。これにより、被駆動要素が最大許容速度に達する。

【0025】

モータの摩擦要素は、二層構造とすることもできる。

この構造の第1の層は、被駆動要素の摩擦層と比較して摩擦係数が高い硬質の耐摩耗性材料から形成する。第2の層は、硬質の多孔質材料から形成する。

これら両方の層は、焼結工程において接着によって結合される。第1と第2の層の境界領域に、いわゆる遷移層を形成することもできる。

【0026】

このような設計のモータでは、温度係数の異なる圧電セラミックと摩擦要素の材料の組み合わせが可能であり、摩擦要素と圧電セラミック面の接着結合の強度を上げることができる。

【0027】

摩擦要素は、可融鉛含有ガラスを用いて圧電セラミック及び摩擦要素の材料の両方と化学反応を起こす特殊な接着剤によって圧電セラミックの表面と結合させることもできる。

【0028】

提案する駆動装置によると、摩擦要素を圧電セラミックの表面上に溶融したガラス板によって形成することもできる。ガラスは、硬質の耐摩耗材料、例えば、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、炭化珪素、炭化チタン、またはそれに類似した材料またはその混合などのような粉体と混合する。ガラス板は、音響たわみ波の振動速度が所定の最大値となる箇所に位置させる。この種の設計では、摩擦要素と被駆動要素の摩擦層が最大許容摩擦係数となる。

【0029】

上記の駆動装置では、一体型板状圧電トランスデューサに結合した少なくとも一つの固定要素を備え、当該固定要素は、外部からの押圧により一体型板状圧電トランスデューサを位置決め、即ち、機械的に固定する。

【0030】

種々様々な設計において、これらの固定要素は、四角柱、三角柱、半円柱、円錐、ピラミッド型（角錐）若しくは半球形要素として設計することができ、また、輪郭溝（非貫通溝）を有する角柱要素の形状や、輪郭孔（陥凹部若しくは貫通孔）を有する円柱要素の形状としてもよい。要素は、オシレータ内を伝搬する定常音響縦波の振動波節の箇所に位置し、圧電セラミックの表面と堅固に接続してある。これにより、高い位置決め精度が達成される。固定要素は、弾性係数が、板状圧電オシレータの圧電セラミックの弾性係数とほぼ同じもしくはわずかに高い材料から形成することができる。よって、全体的な強度が上

10

20

30

40

50

がる。

【0031】

固定要素は、また、弾性係数が圧電セラミックの弾性係数より大幅に小さい材料から形成することもできる。これにより、音響オシレータの固定要素と圧電オシレータとの間の振動の結果得られる力が低減する。

【0032】

ある種のモータにおいては、固定要素と板状圧電トランスデューサを同じタイプの圧電セラミックから製造することができる。

【0033】

また、固定要素またはその一部を多孔質酸化セラミックまたは別の多孔質材料から製造することによって、固定要素と圧電板の表面との間を良好に接着結合させることもできる。

10

【0034】

ここで請求する駆動装置によると、固定要素は、屈曲共振板としても設計可能である。この設計においては、固定要素によって圧電板の共振システムに導入された減衰が最小となり、圧電オシレータのエネルギー喪失が減る。

【0035】

固定要素は、有機接着剤によって圧電セラミックの表面に結合することもできる。これにより、異なる温度係数の材料を使用することができる。また、固定要素は、圧電セラミック及び固定要素の材料と化学反応を起こす材料によって圧電セラミックの表面に結合することもできる。

20

【0036】

駆動装置のもう一つの実施形態によると、被駆動要素の摩擦層を、オシレータ内で伝搬する音響定常縦波の波長の半分の少なくとも5分の1の厚みを有する酸化セラミック層の形状に形成されている。これにより、好ましくない振動を抑制することができる。

【0037】

さらにもう一つの種類では、被駆動要素の、摩擦層より下に位置する部分である本体の厚みは、オシレータ内を伝搬する定常音響たわみ波の波長の2分の1より大きい。この場合、被駆動要素本体内で音響たわみ波が発生することをほぼ完全に阻止することができる。

30

【0038】

このように、被駆動要素の本体とその摩擦層との間に、有機材料若しくは硬質の多孔質材料又はそれらの組み合わせのいずれかから形成した減衰層を配置することが可能である。これにより、音響結合を減らし、摩擦層と被駆動要素の膨張係数が異なることによる熱の不整合性を排除することができる。

【0039】

本発明によると、被駆動要素は、長方形、多角形又は円形の断面を有する棒状の形状に設計することができる。しかし、管状の形状に形成することもできる。

【0040】

被駆動要素は、断面長方形の棒状の硬質材料から形成し、その本体の中に等間隔の減衰溝を形成してもよい。

40

【0041】

被駆動要素が硬質の多孔質材料から形成されている場合、この要素の本体内で発達する縦波は、有利に減衰される。同様に、被駆動要素を形成する多孔質材料の孔を吸音充填材料で充填して縦波およびたわみ波の両方を減衰できるようにすることもできる。

【0042】

さらに別の構造のモータでは、圧電駆動装置が、一つの平面状の被駆動要素と、被駆動要素の一方及び他方の表面上に形成された二層の摩擦層と、被駆動要素を介して相互に対向して配置された二つの一体型板状圧電トランスデューサと、を備えている。ここでは、支持軸受けを省略できる。

50

【 0 0 4 3 】

さらに別の構造では、圧電駆動装置が、一つの円筒状又は円柱状の被駆動要素と、被駆動要素の表面上に形成された少なくとも一つの摩擦層と、被駆動要素の中心軸に平行に摩擦層に対向して配置された少なくとも三つの一体型板状圧電トランスデューサと、を備えている構成とすることも考えられる。この場合、被駆動要素は、その長手の軸に垂直な面において非常に安定する。

【 0 0 4 4 】

モータのある実施形態では、被駆動装置は、回転体として設計されているものとするとよい。その場合、被駆動装置は、回転ガード内に配置されているものとするとよい。また、一体型圧電トランスデューサの固定要素は、固定ガード内に配置してもよい。

10

【 0 0 4 5 】

もう一つの構成では、板状圧電オシレータまたはトランスデューサの固定要素を平坦なバネ式ガードに配置し、被駆動要素の横方向の変位を補正し、動きの均一性を高めることもできる。

【 0 0 4 6 】

制御側については、基本発生器の出力端子を移相器を介して2チャンネル電力増幅器の信号入力端子の一つに接続してある。これにより、摩擦要素の作業面における点の軌道の形状を最適に調整することができる。

【 0 0 4 7 】

さらにもう一つの種類の回路技術において、2チャンネル電力増幅器の各チャンネルを、二つのハーフブリッジ増幅器と移相制御装置を含む二つの起振器チャンネルを有するブリッジ電力増幅器として形成している。これにより、被駆動要素の移動速度を電子制御することができる。

20

【 0 0 4 8 】

さらに、信号レベルトランスデューサと制御信号に対するゼロ信号検出器を設け、モータを単極電圧で駆動することができる。

【 0 0 4 9 】

圧電トランスデューサ、すなわち板状オシレータに機械的応力の縦成分を検出するセンサを設けることができる。このセンサは、板状圧電オシレータを伝搬する縦波の速度波節の一つに配設する。これにより、縦方向の応力を判断してオシレータ内を伝搬する縦波の振動速度を求める。

30

【 0 0 5 0 】

さらに、板状圧電トランスデューサに機械的応力の曲げ成分を検出するセンサを設けることができる。このセンサは、トランスデューサ内を伝搬するたわみ波の振動速度が最大値となる位置の一つに位置させる。

【 0 0 5 1 】

発生器、すなわち、音響振動の電気励振源に機械的応力の成分のセンサから発せられる信号を判定するための位相検出器を備えることができる。この位相検出器は、支持体と位相測定入力端子および出力端子と、電気周波数制御用入力端子を有する基本発生器を含む。位相検出器の支持入力端子は、電極群のうちの一つと電気接続してある。位相検出器の測定入力端子は、機械的応力を検出するためのセンサと電気接続してある。位相検出器の出力端子は、基本発生器の励振周波数の電気制御用入力端子と電気接続してある。このような回路構成により、一つの発振型圧電トランスデューサの機械的共振周波数を正確に追跡して、モータの操作を安定させることができる。

40

【 0 0 5 2 】

図面と同様に実施形態を参照しながら本発明をさらに詳しく説明する。

【 0 0 5 3 】

[実施形態]

図1は、2 / 5 モードのオシレータを有する駆動装置の略図である。

【 0 0 5 4 】

50

駆動装置は、上に摩擦層 2 を有する被駆動要素 1 と駆動要素 5 を有する。被駆動要素 1 は、ハウジング 3 および軸受け 4 の上に配置されている。

【 0 0 5 5 】

駆動要素 5 は、厚み D、長さ L の一枚板状の圧電オシレータまたはトランスデューサ 6 を備えている。D と L は、厚み H とは等しくない。

【 0 0 5 6 】

駆動要素 5 は、二つの大きい面 7 と、小さい下面 9 と小さい上面 10 と二つの小さい側面 11 からなる 4 つの小さい面 8 を有している。

【 0 0 5 7 】

第 1 および第 2 の電極群 12, 13 が大きい面 7 の上に配設してある。図示の例では、二つの摩擦要素 14 が下面 9 に配置してある。二つの固定要素 15 が上面 10 に位置している。

10

【 0 0 5 8 】

摩擦要素 14 は、被駆動要素 1 の摩擦層 2 と弾性摩擦接触している。

【 0 0 5 9 】

要素 15 は圧力装置 16 によってハウジング 3 に対するその定位置に位置している。

【 0 0 6 0 】

第 1 の電極群 12 は、圧電オシレータ 6 の長さ L に沿って伝搬する定常音響縦波の 2 つの共位相発生器 17 を形成する。

第 2 の電極群 13 は、圧電オシレータの長さ L に沿って伝搬する定常音響たわみ波の発生器 18 を形成する。

20

【 0 0 6 1 】

図 1 以下の図において、発生器 17 および 18 は、破線に沿って互いの境界を定めている。電極群 12 および 13 それぞれは、電気接続端子 19, 20 または 21, 22 をそれぞれ有する。

【 0 0 6 2 】

回路面においては、振動生成源 23 および基本発生器 24 が設けられている。基本発生器 24 の出力端 25 は、2 チャンネルの電力増幅器 28 の信号入力端子 26 および 27 に電気接続してある。電力増幅器 28 の第 1 のチャンネル 29 は、非反転出力端子 30 と反転出力端子 31 を有する。電力増幅器 28 の第 2 のチャンネルは、非反転出力端子 33 と反転出力端子 34 を有する。

30

第 1 のチャンネル 29 は、その出力端子 30 および 31 において電圧 U_{f1} を発生する。

第 2 のチャンネルは、その出力端子 33 および 34 で電圧 U_{f2} を発生する。

【 0 0 6 3 】

図 2 は、周波数の目盛り f における板状トランスデューサ 6 の共振曲線の位置を表している。ここで、

A は、発信機の変形振幅である。

A_{1max} は、縦方向の変形の最大振幅である。

A_{gmax} は、曲げ変形の最大振幅である。

f_{01} と f_{0g} は、縦およびたわみ振動の共振周波数である。

40

f は、オシレータ 6 の共振周波数の許容さに相当する周波数帯域

曲線 35 は、オシレータ 6 の縦振動の共振特性である。

曲線 36 は、オシレータ 6 のたわみ振動の共振特性である。

【 0 0 6 4 】

図 3 は、2 / 5 モードのオシレータに従った圧電性トランスデューサを示しており、オシレータの上面 9 および下面 10 の長さ L に沿った振動速度 V_1 (位置 37) と V_g (位置 38) の分布図を示す。振動速度 37, 38 の分布図には、振動速度波節 39 と振動速度の波腹または最大値 40 も含まれる。

【 0 0 6 5 】

図 3 の 41 には、線 a、b、c、d に位置する点の軌道を示している。これらは、オシレ

50

ータ 6 から発せられるたわみ波の振動速度最大値に相当する。

4 2 , 4 3 , 4 4 , 4 5 , 4 6 の位置では、下面 9 上に位置する摩擦要素 1 4 の可能な位置を示している。摩擦要素は、オシレータ 6 内を伝搬する定常音響たわみ波の振動速度の最大値 4 7 領域に配設される。

そこでは、点の楕円軌道は、同じ回転である。上のオシレータの表面 1 0 上では、二つの固定要素 1 5 が、定常音響縦波の波節 3 9 の領域に取り付けてある。

【 0 0 6 6 】

図 4 から 8 図は、考えられる第 1 と第 2 の電極群 1 2 , 1 3 の形状を示す。図 4 において 8 は、2 / 5 モードのオシレータ 6 における電極の間の圧電セラミックの分極方向および各電極群内における電極の電気接続の概略図を示す。

10

【 0 0 6 7 】

図 4 に示す電極群 1 2 の形状は、電極 4 8 および 4 9 によって形成され、第 2 の電極群 1 3 は、電極 5 0 および 5 1 を含む。

電極 4 8 , 4 9 および 5 0 , 5 1 の高さ h_e は、板状圧電トランスデューサ 6 の幅 H とほぼ同じである。

【 0 0 6 8 】

第 2 の電極群 1 3 の電極 5 0 および 5 1 は、絶縁中間領域 5 2 を含む。これらは、オシレータ 6 の長手の軸に沿って配置されており、電極を二つの等しい領域 5 3 , 5 4 に分割している。

20

【 0 0 6 9 】

この種の電極形状では、オシレータ 6 の圧電セラミックは、均一に電極に垂直に分極してある（法線方向）。図 4 では、分極を矢印で示している。電極 4 8 , 4 9 および 5 0 , 5 1 は、その一部 5 3 , 5 4 と同様にコンダクタ 5 5 , 5 6 および 5 7 , 5 8 によって接続してある。

【 0 0 7 0 】

図 4 に示す電極群の形状を有するオシレータ 6 とその接続概略図には、二つの縦波発生器 1 7 と、一つのたわみ波発生器 1 8 が含まれている。縦波発生器 1 7 は、第 1 の電極群 1 2 の電極 4 8 および 4 9 によって形成され、たわみ波発生器 1 8 は第 2 の電極群 1 3 の電極 5 0 , 5 1 によって形成される。

30

【 0 0 7 1 】

電極 4 8 , 4 9 およびそれらで形成した発生器は、オシレータ 6 内を伝搬する発達中の定常音響縦波の振動速度節点 3 9 の領域に位置するように配置する（図 3 参照）。

電極 5 0 , 5 1 と発生器 1 8 は、オシレータ 6 内を伝搬する定常音響たわみ波の振動最大速度の領域 4 0 に位置するように配置する（図 3 参照）。

【 0 0 7 2 】

図 5 に示す形状を有するオシレータ 6 は、二つの縦波発生器 1 7 と三つのたわみ波発生器 1 8 を含む。

【 0 0 7 3 】

発生器 1 7 は、対向する電極 4 8 , 4 9 によって形成され、発生器 1 8 は、対向する電極 5 0 , 5 1 によって形成される。

40

オシレータ 6 は、矢印で図 6 に示す電極の間に配設した圧電セラミックを所定の一方方向に分極化させなければならない。

【 0 0 7 4 】

図 6 に示す図 5 による解決策とは異なる電極群の形状において、電極 5 3 および 5 4 を接続する線を、薄い電流伝導片 5 9 , 6 0 としてオシレータ 6 の表面上に形成する。

【 0 0 7 5 】

図 7 に示すような電極群の形状では、第 2 の電極群 1 3 の電極 5 0 , 5 1 の間に位置する圧電セラミックが様々な方向に分極化されているのがわかる。ここで、図 7 に詳細に示すように、圧電セラミックは、電極面 5 0 , 5 1 に対する法線方向であって、オシレータの長手の軸に対して逆方向に分極化されている。

50

【 0 0 7 6 】

図 8 に示す電極群形状では、音響縦波を生成するよう、様々な方向に分極化されている圧電セラミックを二つの基本発生器 1 7 それぞれに付設して、第 1 の電極群 1 2 の電極 4 8 , 4 9 の間に配設する。これにより、電流伝導片 6 1 によってオシレータの大きい面それぞれの上の電極 4 8 , 4 9 を接続することができるようになる。

【 0 0 7 7 】

図 9 は、縦型の 1 / 2 様式のオシレータ 6 を示す。これは、一つの縦波発生器 1 7 と二つのたわみ波発生器 1 8 を備えている。これら二つの発生器は、図に示すように、破線に沿って互いの境界を定めている。

【 0 0 7 8 】

位置 6 2 , 6 3 は、オシレータの長さ L およびオシレータの表面の下側 9 および上側 1 0 に沿った、振動速度 V_1 、 V_g の分布を示す図である。また位置 6 4 では、 a および b の線に沿った点の軌道を示している。これらの線は、オシレータ 6 内で伝搬するたわみ波の振動速度の最大値 4 7 に相当する。また、位置 6 5 , 6 6 は、オシレータ 6 の下側表面上における摩擦要素 1 4 の可能な設置位置を示す。この種の設計においては、固定要素 1 5 はオシレータ 6 の上側表面 1 0 の中心に位置する。また、縦波およびたわみ波の波節 3 9 もそこで発達する。この種の設計では、固定要素 1 5 をたわみ波の二つの外側の波節の位置、すなわち、線 m に沿って配置することも可能である。しかし、この場合は、固定要素は、縦方向には自由に移動できるようにしておかなければならない。

【 0 0 7 9 】

図 1 0 は、横型の板状 1 / 2 様式のオシレータ 6 を示す。これは、一つの縦波発生器 1 7 と一つのたわみ波発生器 1 8 を備えている。位置 6 7 , 6 8 は、オシレータの長さ L に沿った振動速度 V_1 および V_g の分布図である。また、位置 6 7 , 6 8 は、オシレータ 6 の側面 1 1 の中心線 k 上の点の軌道を示す。図 1 0 に示す横型のオシレータは、縦型 1 / 2 モードのオシレータとは、摩擦要素 1 4 がその側面 1 1 の一方に固定されている点が異なる。このような設計のオシレータ 6 の固定要素 1 5 は、オシレータの表面の下側 9 および上側 1 0 の中心か、もしくは、定常音響たわみ波の二つの外側の波節の領域における線 M に沿った平面上のいずれかに配置する。

【 0 0 8 0 】

図 1 1 から 1 5 には、1 / 2 モードのオシレータにおける、様々な形状の電極群と分極化の方向を示す。このような設計は、縦型のオシレータおよび横型のオシレータの両方に採用することができる。

【 0 0 8 1 】

図 1 1 によるオシレータは、二つのたわみ波発生器 1 8 と一つの縦波発生器 1 7 を有している（図 9 も参照のこと）。これらの発生器は、二つの電極群 1 2 , 1 3 によって形成されている。また、これらは、電極 5 0 , 5 1 および 4 8 , 4 9 を備えている。電極 5 0 , 5 1 は、中間領域 5 2 を絶縁することによって二つの領域 5 3 , 5 4 に分割されている。電極 5 0 , 5 1 の同等の領域 5 3 , 5 4 は、互いに導体 7 1 , 7 2 によって接続してある。図 1 1 に示す電極群の形状を有するオシレータ 6 においては、圧電セラミックの一方方向分極化は、電極に対して矢印で示すような法線方向となっている。

【 0 0 8 2 】

図 1 2 に示す電極群の形状を有するオシレータは、図 9 および 1 1 に示すように、二つのたわみ波発生器 1 8 と一つの縦波発生器 1 7 を有する。発生器 1 8 , 1 7 は、電極 5 0 , 5 1 と 4 8 , 4 9 によって形成される。オシレータ 6 の片側に配置された電極 5 0 , 5 1 は、薄い電流伝導片 7 3 によって接続する。上記の種類とは逆に、オシレータ 6 では、矢印で示すように、電極 5 0 と 5 1 の間に配設された圧電セラミックの電極を法線方向に二方向分極化しなければならない。

【 0 0 8 3 】

図 1 3 によるオシレータは、一つの縦波発生器 1 7 と一つのたわみ波発生器 1 8 を有する（図 1 0 も参照のこと）。図 1 4 に示すオシレータは、前のものと同様の構成であるが、

10

20

30

40

50

第2の電極群13の電極間に配設された圧電セラミックの電極50および51を法線の方向に二方向分極している。これらは、定常音響たわみ波の発生器18を形成する。

【0084】

図15によるオシレータでは、二つのたわみ波発生器18と一つの縦波発生器17を図9に示すトランスデューサと同様に設けている。発生器17は、電極48、49を含む第1の電極群12によって形成される。二つの発生器18は、電極50、51と電極領域53、54を含む二つの電極群13と、絶縁中間領域とによって形成される。

【0085】

図16は、ここで提案する、非駆動要素を並進移動させる縦型の1/2モードのオシレータを駆動要素5として採用しているモータの一つの設計例を示す。このモータの設計では、図11から15に示す電極グループ形状を有するオシレータ6を使用することができる。図17および18に示す圧電モータでは、オシレータ6を固定要素15により横方向に固定していると同時にオシレータ6の摩擦要素14が摩擦層を押圧している。特に二つの屈曲共振板76が設けられている。共振板76は、オシレータ6の小さい面8上に、線mに沿ってモータのハウジングの位置でしっかりと固定されている。各共振板76は、外側77および内側78フレームを有しており、分離する中間隙79と二つの接続ブリッジ80を備えている。

10

【0086】

図19から21は、3/6様式のオシレータ6の電極形状を示す。o、p、q、rで示す電極はすべて、同じ符号で示す接続線21、22、19、20で接続してある。図19に示す電極形状を有するオシレータ6は、定常縦波用の発生器を三つと定常たわみ波用の発生器を四つ有している。また、図20に示す電極形状を有するオシレータ6は、定常縦波用の発生器を二つと、定常たわみ波用の発生器を一つ有している。

20

【0087】

図21に示す電極形状を有するオシレータ6は、定常縦波用の発生器を一つと定常たわみ波用の発生器を二つ有している。

【0088】

図19の位置81、82は、3/6様式のオシレータ6の線Lに沿った振動速度V1およびVgの分布を示す線図である。83は、オシレータ6の上面の固定要素15の位置を示す。位置85は、オシレータ6の下面9において、定常たわみ波が振動最大速度を示す箇所47に位置する点の軌道を示す。また、位置85は、オシレータ6の表面9上における可能な摩擦要素14の位置を示す。

30

【0089】

図22は、3/6モードのオシレータを有する圧電モータの一つの設計例を示す。電極群の形状は、図19、20、21に示すような形状でよい。このモータのオシレータ6は、4つの摩擦要素14と三つの固定要素15を有する。固定要素15は、定常縦波の3つの波節39に配設される。これらは、圧力装置16によってハウジングに対するその定位置に位置決めされる。圧力装置16には、薄板バネ66と二つの固定キャリア86を設けてもよい。

【0090】

また、位置87、88、89、90、91、92は、可能な摩擦要素14とその実施形態を示す。摩擦要素14は、例えば、酸化物セラミック、金属セラミック、またはその他の材料との組み合わせなどの、硬質の耐磨耗材料からなる薄片の形状に製造されている。さらに、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、炭化珪素系の材料またはそれに類似した材料も採用可能である。

40

【0091】

摩擦要素14は様々な実施形態が可能である。例えば、長方形、正方形、台形、半球形などの断面を有する形状の要素とすることができる(図23参照)。

【0092】

摩擦要素の幅 t_r は、オシレータ6内を伝搬する音響たわみ波の波長の半分である $t_r /$

50

2の約5分の1でなければならない。

【0093】

摩擦要素14の高さ h_r は、ほとんどの場合オシレータの厚みDと等しい。摩擦要素14は、オシレータ6の下側面上の、例えば図3, 9, および19に示す音響定常たわみ波の振動速度47が所定の最大値となる点にしっかりと固定する。

【0094】

また、摩擦要素は、図10に示すように、オシレータ6の側面8上に固定することもできる。

【0095】

摩擦要素14は、単層構造(図23の87, 88, 89, 90)でも、2または3層構造(図23の位置91)でもよい。

10

【0096】

摩擦要素14の2層構造では、第1の層87は、被駆動要素1の摩擦層2に比較して摩擦係数が高い耐磨耗材料から形成する。第2の層88は、硬質多孔質材料の部品から構成する。第1の層87と第2の層88の境界領域において、第3の中間遷移層89が調整されて形成することができるように、両層87, 88は、焼結工程で接着して結合する。

【0097】

摩擦要素14は、有機エポキシ樹脂の接着剤によってオシレータ6の小さい面10および11上に固定することができる。結合は、例えば可融鉛有ガラスによる化学反応によって行ってもよい。

20

【0098】

上記の場合、摩擦要素14の第2の層88の孔を結合物質で充填して最適な接触状態を作ることできる。

【0099】

さらに、摩擦要素14を板状圧電オシレータの表面10および11上で溶融したガラス片として形成することもできる。ガラスは、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、炭化珪素、炭化チタン、あるいはそれに類似した材料またはその混合など、硬質耐磨耗材料の粉体と混合する。

【0100】

図24の89, 98には、可能な固定要素の実施形態を示す。これらは、角柱89、三角柱90、半円柱91、または円錐要素92、ピラミッド形状(角錐)の要素93、半球要素94、輪郭溝(非貫通溝)を有する長方形要素95, 96、輪郭孔(陥凹部又は貫通孔)を有する円柱要素97, 98、あるいは、それらに類似した要素として設計可能である。

30

【0101】

図24に示す固定要素15は、弾性係数が、トランスデューサ6の圧電セラミックの弾性係数と等しいか、もしくはわずかに高い材料から形成することができる。また、弾性係数がトランスデューサの圧電セラミックの弾性係数よりかなり低い材料から形成することもできる。しかし、これらの要素は、トランスデューサの圧電セラミックと同じタイプのものから形成することも可能である。固定要素15または、オシレータ6の表面と接触するその一部を、多孔酸化セラミックまたは他の多孔質の材料から構成することができる。

40

【0102】

図25の位置90, 92は、屈曲可能な共振板76の形式の固定要素15を示している。90は共振板76を横型に、そして91は縦型に固定したところを示す。92では、屈曲共振板76を、二つのフレームがオシレータ6を囲むように設計してあるところを示している。

【0103】

提案する駆動装置では、固定要素15は、オシレータまたはトランスデューサ6の表面9に堅固に結合してある。この結合は、エポキシ樹脂系などの有機接着剤によって行うことができる。さらに、オシレータの表面10との結合は、圧電セラミックと固定要素15の

50

材料との間で化学接触が起きるような物質を利用して行うこともできる。

【0104】

図26は、摩擦層2が、板状オシレータ内で伝搬する定常縦波の波長 λ の半分の少なくとも5分の1である厚み t_f の酸化物セラミック層として形成されている提案のモータの一つの設計例を示す。このような圧電モータでは、被駆動要素2の本体の厚み t_1 は、トランスデューサ6内で発達する音響たわみ波長の2分の1 $\lambda/2$ より大きくてもよい。被駆動要素1とその摩擦層2との間には、吸音材料からなる減衰層74を配置してもよい。

【0105】

図27は、長方形、多角形若しくは円形の断面、又は、管形状の断面を有する棒状の形状の被駆動要素の設計例をそれぞれ、93から96に示す。

10

【0106】

図28の97, 98では、本体に減衰溝99またはそれに対応する凹部99が定間隔に設けられている被駆動要素の設計例を示す。

図27または28に示す被駆動要素は、硬質の多孔質材料からなる。孔は、シリコンまたはゴムなどのような吸音材料で充填することができる。

【0107】

図29/30に示すモータには、二つの対向するトランスデューサ6と2層の摩擦層2が設けられている。これらは、一つの平面上に、且つ、被駆動要素1の反対側に互いに平行に配置されている。

【0108】

20

このような設計のモータでは、オシレータの半球形要素15を半球形ガード100の中に配設する。ガード100は、ハウジング3を凹ませて形成する。第2のオシレータ6は、被駆動要素1の摩擦層2に対して摩擦要素14を押し付ける2枚の薄板バネ75の力を受ける円錐形に形成した固定要素15を有している。

【0109】

図31に示す設計では、駆動装置には3つのトランスデューサ6と3層の摩擦層を形成している。これらは、3つの面 S_1, S_2, S_3 に配置する。

【0110】

図32は、励振源23の単純な実施形態を示す。基本発生器24の出力25は、移相器101を介して2チャンネル電力増幅器28の信号入力端子27または26の一方に接続してある。基本発生器24は、励振周波数 f_0 用の制御入力端子を有する。

30

【0111】

図33は、電気励振用の高度な設計を示す。ここで、電力増幅器28の第1および第2のチャンネル29, 32は、直流電圧源Eを有するブリッジ電力増幅器103, 104として設計してある。増幅器103, 104のそれぞれは、信号位相制御装置114、制御入力端子116、支持電圧入力端子117を設けた励振チャンネル109, 110および111, 112と位相可変電圧118の出力端子を有する二つの半ブリッジ増幅器105, 106、および107, 108を備えている。電力増幅器のチャンネル29または32の一方に、励振チャンネルの出力切換えを可能とする制御入力端子120を有する電子切換えスイッチ119を設けることができる。

40

【0112】

この設計例では、トランスデューサ6の第1の電極群の接続端子19, 20は、フィルタ121を介して電力増幅器28の第1のチャンネル29の出力端子30, 31と接続する。

また、第2の電極群13の接続端子21, 22は、フィルタ122を介して電力増幅器29の第2のチャンネル32の出力端子33, 34と接続する。

【0113】

図34は、位相制御装置114の設計例を示す。これには、鋸歯電圧整形部材123、パルス長変調装置124、支持電圧整形器125、および位相可変電圧126用の整形器を備えている。

50

【 0 1 1 4 】

図 3 5 は、位相制御装置 1 1 4 の出力端子 1 1 7 , 1 1 8 の電圧間における移相 θ と、出力端子 1 1 6 における制御電圧 U_c との依存関係を説明している。破線は、移相の依存関係のもう一つの例を示している。

【 0 1 1 5 】

図 3 6 は、接続端子 1 9 および 2 0 または 2 1 および 2 2 の間の電圧 U_e とともに出力端子 3 0 または 3 3 と地面との間の電圧 U_B1 を示す線図である。1 2 7 から 1 2 9 は、異なる電圧値 U_{e1} , U_{e2} , U_{e3} を割り振られた、異なる値の移相 θ_{B1} , θ_{B2} , θ_{B3} を示す。

【 0 1 1 6 】

図 3 7 は、位相制御装置 1 1 4 の移相 θ の電圧 U_e に対する依存関係を示し、図 3 8 は、被駆動要素 1 の移動速度 V_f の、制御電圧 U_c に対する依存関係を示している。

【 0 1 1 7 】

図 3 9 に示す励振源 2 3 は、さらに、制御信号 1 3 0 用の信号レベルトランスデューサを備えている。この例では、制御入力端子 1 3 1、出力端子 1 3 2、および制御入力端子 1 3 4 および制御出力端子 1 3 5 を有する制御信号のゼロ信号検出器 1 3 3 を有する。

【 0 1 1 8 】

図 4 0 は、図 3 9 に示す励振源の設計例の電圧のグラフである。このグラフにおいて、位置 1 3 のグラフは、制御電圧 1 3 0 の信号レベルトランスデューサの出力端子 1 3 2 における電圧 U_c と出力端子 1 3 1 における電圧 U_r との間の依存関係を示している。また、位置 1 3 7 のグラフでは、移相角 θ と位相制御装置 1 1 4 の制御電圧 U_r との間の依存関係を示している。さらに位置 1 3 8 のグラフは、制御信号のゼロ信号検出器 1 3 3 の出力端子における電圧と出力端子 1 3 4 における電圧との間の依存関係を示している。また、1 3 9 のグラフは、被駆動要素 1 の移動速度 V_f と制御電圧 U_r との間の依存関係を示している。

【 0 1 1 9 】

図 4 1 の位置 1 4 0 は、機械的縦応力の成分を判定するためのセンサ 1 4 1 の設計例を示すものである。センサ 1 4 1 は、0 . 1 から 0 . 3 mm の範囲の厚さを有する圧電板 1 4 2 の形状を有する。

板 1 4 2 は、その大きい面上に電極 1 4 3 を有し、その電極 1 4 3 に対して法線方向に分極化している。

【 0 1 2 0 】

板の幅 t_s は、トランスデューサ 6 からの縦波の波長の半分の約 1 0 分の 1 である。高さ h_s は、オシレータの幅 h と同等もしくはそれより高くてもよい。

【 0 1 2 1 】

図 4 1 の位置 1 4 4 は、圧電トランスデューサ 6 上の、位置 1 4 0 の図によるセンサの固定方法を示すものである。センサ 1 4 1 は、トランスデューサ 6 の大きい面 7 のうちの一方の、トランスデューサ 6 内を伝搬するたわみ波の振動速度波節 3 8 の 1 つが位置する箇所、長手の軸に対して対称に配置する。

板状センサ 1 4 2 は、例えばトランスデューサ 6 の表面に接着され、定位置に溶接される。

センサの出力端子 1 4 5 は、上側電極 1 4 3 と接続し、出力端子 1 4 6 は、トランスデューサ 6 と接続する。

【 0 1 2 2 】

図 4 2 に示す 1 4 7 は、機械的曲げ応力の成分を判定するためのセンサ 1 4 8 を示す。このセンサは、図 1 0 に示す縦型のオシレータとともにのみ採用する。センサ自体は、厚みが 0 . 1 から 0 . 3 mm の間の圧電板 1 4 9 の形状に設計してある。板の高さ h_s は、オシレータの幅 H と等しい。この板は、連続式電極 1 5 0 をその大きい面上に備えている。板 1 4 3 は、寸法 h_s に対し、二つの等しい領域 1 5 1 , 1 5 2 に分割してある。

【 0 1 2 3 】

10

20

30

40

50

これらの領域は、電極の表面に対して法線方向に分割されるが、圧電セラミックは、147において矢印で示すように異なる方向に分極化されている。センサ148は、オシレータ6の大きい面7上における、定常音響たわみ波の振動速度が最大値となる箇所47の1つに、トランスデューサ6の長手の軸に対して対称に配置する(図41、153参照)。センサ148は、センサ141に関して説明したような方法で定位置に位置決めする。

【0124】

図43の位置154は、周波数のセンサ141、148の電極143、150における電圧 U_{s1} 、 U_{sg} に対する依存関係を示す。その最大値 U_{s1max} と U_{sgmax} は、トランスデューサ6の縦およびたわみ振動の共振周波数(f_{o1} および f_{og})に相当する。

【0125】

図43の位置155は、センサ141または148の電極143または150における励振電圧 U_e と電圧 U_{s1} または U_{sg} の間の移相角 δ との依存関係を示す。この依存関係は、分極化の方向に対するセンサの向きによって異なる。

【0126】

図44は、音響振動23の電気励振源に位相検出器156を設けた回路を示す。また、支持入力端子157と、測定入力端子158および出力端子159も備えている。位相検出器156の支持入力端子157は、第1の電極群12の第1の接続端子20と、あるいは、第2の電極群13の接続端子21と、支持信号整形部材を介して接続してある。測定入力端子158は、センサ141またはセンサ148の接続端子145と信号整形部材161を介して接続してある。位相検出器149の出力端子は、基本発生器24の励振周波数102の制御入力端子と接続してある。この例では、フィルタ121および122は、LC部材162の形状に、そして加算変圧器163を使用するように設計されている。駆動装置は、共通の制御入力端子164を備えている。

【0127】

以上実施形態で述べたモータまたは駆動装置は、定常縦および定常純粋たわみ波に対する圧電トランスデューサの同時独立電気励振に基づいている。第1、第2、第3および第4の様式の縦波を第2、第3、第4、第5、第6、第7の様式のたわみ波と組み合わせることができる例も数多く存在する。

【0128】

様式の組み合わせは、一定であると共に選択した様式の組み合わせに対する圧電セラミックのタイプとは関係なく、トランスデューサ6の長さLと幅Hの比によって決定する。これは、2/5様式のオシレータでは比L/Hを約10に、また1/2様式のオシレータでは約4、そして、3/6様式のオシレータでは約8に指定することができる。最適な比L/Hを選択することによって、縦の振動とたわみ振動の共振周波数は、図2に示すように同一となる。周波数 f_{o1} と f_{og} の間の差が大きすぎると、比L/Hの選択が不十分もしくは不適當であり、モータの操作によく影響を及ぼす。規則として、上記の周波数の間の差 Δf は、1%を超えてはならない。

【0129】

上記のモータでは、音響縦波の励振は、第1の電極群によって形成される少なくとも1つの発生器によって行われる。音響たわみ波の励振は、第2の電極群によって形成される少なくとももう一つの別の発生器によって行われる。電極群は、発生器が電氣的にも、機械的にも接続されておらず、よって純粋な縦またはたわみ波を生成することができるような形状とする。純粋なたわみ波という語は、縦成分を含まないということを意味する。また、純粋な縦波は、たわみ成分を含んでいてはならない。両波の摩擦要素に対する作用により楕円動作が生まれる。摩擦要素の機能面の点の軌道は、互いにあまり変わらない。

【0130】

図1に関して述べた駆動装置の例では、波と波の間の必要な時間移相は、トランスデューサの構成によって決まる。図1によるモータは、図4に示す電極群の形状を有する2/5様式のオシレータを備えている。このオシレータでは、第1の電極群12が同位相の縦波発生器17を形成する。これらは、オシレータまたはトランスデューサにおいて第2の様

10

20

30

40

50

式の音響縦波を生成する。図3の位置37には、オシレータの長さLに沿ったこの波の振動速度の分布図を示している。第2の電極群13は、オシレータまたはトランスデューサ6で第5の様式の定常音響たわみ波を生成すたわみ波発生器18を形成する。

【0131】

図3の位置38には、それに対応する分布図を示す。トランスデューサの縦およびたわみ振動はその寸法よりかなり小さいため、波が相互に干渉作用を及ぼすことはない、すなわち、それらの波は、オシレータまたはトランスデューサ6で互いに独立して伝搬する。この同時伝搬により、オシレータ面8のすべての点が楕円経路上を動く。これらの点の軌道の形状および移動の方向は、オシレータの長さに沿って変わり、また、それぞれの波によって引き起こされる個々の点の振動の振幅および位相によって変わる。

10

【0132】

図3の42には、その大きい面7に垂直に延在する線に沿った定常音響たわみ波の振動最大速度47の箇所における、下面9上に位置する点a, b, c, dの軌道の形状と移動の方向を示す。オシレータの長さLに沿った楕円軌道は、これらの点に配設される。最大値47の領域が摩擦要素12の取り付けに最適であるということがわかっている。これらの領域においては、摩擦要素12のすべての点が事実上、同じ経路に沿って移動する。図3の42および46は、可能な摩擦要素14の取り付け位置を示しており、これらは、所定の最大値47に相当する。

【0133】

下面9上の点の楕円移動により、そこに位置する摩擦要素14が楕円移動を行う。摩擦要素が被駆動要素の摩擦層2と対応する弾性接触するため、被駆動要素1が対応する一方向動作を行う。トランスデューサ6が被駆動要素の方向と反対方向に変位しないよう、少なくとも一つの固定要素15を備える。これらの固定要素15は、定常音響縦波の振動速度波節39の領域に配設される。領域39において、トランスデューサ6の振動振幅が小さいため、最低限の損失ですむ。

20

図5および6に示す2/5様式のオシレータの電極群12および13の形状の例は、発生器17および18の数とたわみ波の生成において異なる。

【0134】

図9は、縦型の1/2様式のオシレータまたはトランスデューサ6を示す。この型では、図16にも示すように、トランスデューサ6は、摩擦層2に沿って配置されている。図10に示す横型の1/2様式のオシレータでは、摩擦要素14がオシレータの小さい横面の中央に配設されている。オシレータまたはトランスデューサ6は、図17および18に示すように摩擦層2を横切るようにまたは垂直に配置される。

30

【0135】

上記両モータにおいて、縦波の第1の様式とたわみ波の第2の様式は、発生器17および18によってトランスデューサ6内で生成される。これらの波の伝搬により、摩擦要素14が希望の楕円運動を行い、それにより被駆動要素が一方向動作を行う。

【0136】

1/2様式のオシレータの電極群12および13の形状の例を図11から15に示す。また、図19から21は、3/6様式のオシレータの電極群の形状の例を示しており、図22は、これらのトランスデューサまたはオシレータを備えたモータの例を示している。これらモータは、下面9に、図19の85に示すような4つの摩擦要素14を備えている。図示したモータの例では、トランスデューサ6は、三つの固定要素15を備えており、よってその機械的安定性が改善されている。

40

【0137】

この駆動装置またはモータでは、発振トランスデューサ6から被駆動要素1へのエネルギー伝達は、摩擦要素14と摩擦層2との間の摩擦接触によって行われる。図23を参照するとわかるように、2層または3層の摩擦要素14を多孔層18とともに使用することによって摩擦要素の幅hrに対する楕円軌道の差を補正することができるようになる。これは、多孔層が摩擦要素14の横方向の変形成分をかなり低減させるという事実によるもの

50

である。幅 t_r の軌道の高い同質性および均一性を得るためには、図 23 の位置 87, 89, 90 に示すような細長い摩擦要素を有利に使用する。

【0138】

幅広い摩擦要素を使用することによって高い引っ張り力を伝達することができる。広い摩擦要素 14 を使用すると、幅 t_r は、オシレータまたはトランスデューサ 6 内で伝搬する音響たわみ波の波長の半分 $t/2$ の 5 分の 1 でなければならない。

【0139】

被駆動要素 1 の本体で、好ましくない音響たわみ波が生成されないようにするため、非駆動要素 1 の本体の厚み 1 は、板状トランスデューサ内を伝搬する音響たわみ波の波長の半分 $t/2$ より大きくなければならない。摩擦層 2 に対する被駆動要素 1 の音響絶縁を改善するには、被駆動要素 1 の本体とその摩擦層 2 との間に吸音材からなる減衰中間層 74 を配置することもできる。この層により、温度膨張率の差による摩擦層 2 と被駆動要素 1 の熱の不和合性を排除することもできる。減衰層 74 は、軟質の有機材料、例えばポリマーフィルムからなるもの、または多孔アルミニウムのような多孔材から形成されたものなどから製造することができる。硬質材料を軟質の有機材料と組み合わせることも考えられる。

【0140】

駆動装置の適用可能範囲を広げるため、非駆動要素は長方形、多角形、または円形断面を有する棒または管の形状に設計することができる。

【0141】

少なくとも 3 つの圧電トランスデューサと、互いに平行であって図 30 に示すように S1, S2、および S3 のうちの少なくとも 1 つに配置された少なくとも 3 層の摩擦層を有する設計のモータでは、被駆動要素 1 は、長手の軸に垂直な面においては、機械的に非常に安定している。回転動作を起こさせるには、被駆動要素は、回転体として製造し、図 17 および 18 からわかるように回転キャリア内に載置する。位置決め精度を増すためには、トランスデューサ 6 の固定要素を図 30 に示すように剛性のガーダ 100 に載置することもできる。ここで、トランスデューサ 6 は、モータのハウジング 3 に対して長手方向に絶対的に堅固に定位置に位置させる。

【0142】

図 32 以降を参照しながら、駆動装置またはモータを操作するための回路構成の実施形態の機能の態様に関し以下に説明する。

【0143】

図 32 には、音響振動の生成の単純な例を示しており、ここでは移相器 101 を備えている。この移相器は、電圧 U_{f1} と U_{f2} の間の移相の微調整に使用している。このような修正は、摩擦要素 14 の軌道を最適化するためのある場合において必要となる。さらに、基本発生器 24 は、励振器の周波数を制御するための入力端子を備えている。制御入力端子により、非駆動要素の移動速度を変化させることができる。

【0144】

図 33 の回路構成では、基本発生器 24 がトランスデューサの縦振動の共振周波数 f_{10} の 2 倍に等しい周波数の方形波電圧 U_g を出す。この電圧は、位相制御装置 114 の入力端子 115 にかかり、そこで部材 123 によって鋸歯電圧に整形される。この鋸歯電圧は、パルス幅変調器 124 に達する。位相制御装置の制御入力端子を兼ねるパルス幅変調器 124 の入力端子 116 にはさらに制御電圧 U_c がかかる。パルス変調器 124 は、部材 123 からの鋸歯電圧を整形してパルス幅が入力端子 116 にかかる制御電圧 U_c に比例する方形波電圧に整形する。この電圧は、フリップフロップとして設計した、パルス幅変調電圧の前縁および後縁に反応する整形部材 125 および 126 に到達する。

【0145】

よって、位相制御装置 114 の出力端子 117, 118 では対称な方形波パルスとなる。その周波数は、トランスデューサの縦振動の周波数 f_{10} と等しく、その移相 b は、電圧 U_c に比例する。制御電圧と移相 b の依存関係を図 35 に示す。

【 0 1 4 6 】

出力端子 1 1 7 , 1 1 8 の方形波電圧は、さらに、駆動装置 1 1 3 に進み、ハーフブリッジ増幅器 1 0 5 , 1 0 6 および 1 0 7 , 1 0 8 に進む。ハーフブリッジ増幅器 1 0 5 , 1 0 6 および 1 0 7 , 1 0 8 の出力端子 3 0 , 3 3 および 3 1 , 3 4 では方形波電圧 U_{b1} および U_{b2} が生成される。それらの移相 b は、制御電圧 U に比例する。電圧 U_{b1} と U_{b2} との間の移相 b により、これらの電圧がブリッジ増幅器 1 0 3 , 1 0 4 の付加にかかり、従って、トランスデューサの第 1 と第 2 の電極群にかかる時間が決定する。

【 0 1 4 7 】

電圧 U_{b1} および U_{b2} は、フィルタ 1 2 1 , 1 2 2 を介してトランスデューサ 6 の第 1 と第 2 の電極群 1 2 , 1 3 の接続端子 1 9 , 2 0 , および 2 1 , 2 2 に到達する。フィルタ 1 2 1 , 1 2 2 は、これらの電圧によって生まれた振動の第 1 の調波のみを通過させる。接続端子 1 9 , 2 0 と 2 1 , 2 2 の間では、トランスデューサの縦振動の共振周波数 f_{10} と等しい周波数および移相 b に比例する振幅の正弦波電圧 U_e が発生する。図 3 6 は、電圧振幅 U_e と移相 b の依存関係のタイムチャートを示す。被駆動要素 1 の移動速度 V_f が電圧 U_e に比例するので、制御電圧 U と反比例して、位相相制御装置 1 1 4 の入力端子 1 1 6 にかかる。

10

【 0 1 4 8 】

電子スイッチ 1 1 9 の切換えにより、トランスデューサ 6 の第 1 と第 2 の電極群 1 2 および 1 3 の接続端子 1 9 , 2 0 および 2 1 , 2 2 の電圧間で 180° の移相が起こる。これにより、被駆動要素の移動方向が変わる。

20

【 0 1 4 9 】

図 3 9 に示す回路構成では、制御電圧 U_r は、信号レベルトランスデューサ 1 3 0 の入力端子 1 3 1 とゼロ信号検出器 1 3 3 の入力端子 1 3 4 にかかる。トランスデューサ 1 3 0 は、その出力端子 1 3 2 における電圧 U とその入力端子 1 3 1 の制御電圧 U_r との間に二重の依存関係を有している。この依存関係を図 4 0 の 1 3 6 に示す。位置 1 3 7 を見ると、電圧 U_r が通過すると、図 4 0 の 1 3 8 で説明しているようにゼロ信号検出器 1 3 3 が半値側に切り替わる。ゼロ信号検出器の切り替えにより、被駆動要素の動きが反対方向に変わる。その結果表れる被駆動要素 1 の移動速度 V_f と制御電圧 U_r との依存関係を図 4 0 の 1 3 9 に示す。非駆動要素 1 のゼロ速度は、制御電圧 U_r の約半分に相当する。

30

【 0 1 5 0 】

図 4 4 に示すモータ操作の回路の例では、一定の移相を使ってモータの作動点の周波数を安定させる。この目的のため、機械応力成分センサ 1 4 1 または 1 4 8 が接続端子 1 4 6 , 1 4 5 に供給される正弦波電圧を出し、さらに整形器 1 6 1 へ出す。この電圧は、方形波分布曲線を描くように、整形器 1 6 1 によって増幅されると共に制限される。こうして整形された電圧は、位相検出器 1 5 6 の測定入力端子 1 5 8 に到達する。整形器 1 6 0 によって信号変換された、トランスデューサ 6 を励振する電圧が位相検出器 1 5 6 の支持入力端子 1 5 7 にかかる。位相検出器 1 5 6 は、入力端子 1 5 7 と 1 5 8 における電圧間の移相の偏差に比例する誤電圧を出す。この、位相検出器 1 5 6 の出力端子 1 5 9 からの誤電圧が入力端子 1 0 2 に到達して基本発生器 2 4 の搬送周波数を電気制御する。

40

【 0 1 5 1 】

この装置は、不安定化値が足りないので、誤電圧は、ゼロとなり、基本発生器は、トランスデューサの縦振動の共振周波数 f_{10} の 2 倍の周波数を生成する。移相は、 $+90^\circ$ または -90° である。

【 0 1 5 2 】

不安定化要素の影響により、初期値からのオシレータ共振周波数の偏差につながり、それによって移相が変わる。後者により、位相検出器 1 5 6 の出力端子 1 5 9 における誤電圧が生成される。この誤電圧は、移相が再び $+90^\circ$ または -90° となるように基本発生器の周波数を変更する。基本発生器の励振器の周波数は、トランスデューサ 6 の縦波の共振周波数の 2 倍という新しい値となる。

【 0 1 5 3 】

50

よって、装置は、常に基本生成期の励振器の周波数をトランスデューサ 6 の縦振動の共振周波数と等しく保つことができる。よって、この回路構成は、機械的負荷や温度の変動があってもオシレータの共振周波数を一定に保つことができる。制御入力端子 164 には、被駆動要素の移動速度を一定に保つための電気安定化装置を接続することができる。

【0154】

発明のモータをテストした結果、オシレータの共振周波数を一定に保つための電子装置を備えた寸法が $60 \times 6 \times 3$ mm の 2 / 5 モードのオシレータでは、非駆動要素の速度の不均一性が、移動速度 0.01 m / 秒で 5 から最高で 10 % の範囲内であった。また、 0.1 m / 秒より高速では、速度の不変性の不均一性が 2 % 以内である。電子安定化装置を採用すると、 1μ m / 秒の移動速度における均一性は、2 から 3 % の偏差に保持される。こ
 10
 うした安定性は、10,000 時間を越えるモータの全操作期間にわたって維持できた。目的の駆動装置の実施形態は、20 ~ 150 V の範囲の励振器電圧ですでに操作状態となる。寸法が $70 \times 18.5 \times 6$ mm の縦型 1 / 2 様式のオシレータと二つの摩擦要素を有するモータでのテストでは、約 52 N の力が生成された。

【符号の説明】

- | | | |
|-----------------------------|------------------|----|
| 1 | 被駆動要素 | |
| 2 | 摩擦層 | |
| 3 | ハウジング | |
| 4 | 軸受け | |
| 5 | 駆動要素 | 20 |
| 6 | オシレータまたはトランスデューサ | |
| 7 | 大きい面 | |
| 8 | 小さい面 | |
| 9 | 下面 | |
| 10 | 上面 | |
| 11 | 小さい側面 | |
| 12 | 第 1 の電極群 | |
| 13 | 第 2 の電極群 | |
| 14 | 摩擦要素 | |
| 15 | 固定要素 | 30 |
| 16 | 圧力装置 | |
| 17 | 縦波 ; 縦波発生器 | |
| 18 | たわみ波 ; たわみ波発生器 | |
| 19 , 29 , 21 , 22 | 電気接続端子 | |
| 23 | 振動 ; 励振源 | |
| 24 | 基本発生器 | |
| 25 | 出力端子 | |
| 26 , 27 | 信号入力端子 | |
| 28 | 電力増幅器 | |
| 29 | 第 1 のチャンネル | 40 |
| 30 | 非反転出力端子 | |
| 31 | 反転出力端子 | |
| 32 | 第 2 のチャンネル | |
| 33 | 非反転出力端子 | |
| 34 | 反転出力端子 | |
| 35 , 36 | 曲線 | |
| 37 , 38 | 振動速度 | |
| 39 | 振動速度波節 | |
| 40 | 振動速度波腹または最大値 | |
| 41 , 42 , 43 , 44 , 45 , 46 | 位置 | 50 |

4 7	所定の最大値	
4 8 , 4 9	電極	
5 0 , 5 1	電極	
5 2	絶縁中間領域	
5 3 , 5 4	領域	
5 5 , 5 6 ; 5 7 , 5 8	コンダクタ	
5 9 , 6 0	電流導伝片	
6 1	電流導伝片	
6 2 , 6 3	位置	
6 4	位置	10
6 5 , 6 6	位置	
7 1 , 7 2	コンダクタ	
7 3	電流導伝片	
7 4	減衰層	
7 5	薄板バネ	
7 6	共振板	
7 7	外側フレーム	
7 8	内側フレーム	
7 9	中間間隙	
8 0	ブリッジ	20
8 1 , 8 2	位置	
8 3	位置	
8 5	位置	
8 6	ガード	
8 7 , 8 8 , 8 9 , 9 0 , 9 1 , 9 2	位置	
8 7	第1の層	
8 8	第2の層	
8 9	遷移層	
8 9	角柱	
9 0	三角柱	30
8 9 - 9 8	位置	
9 1	半円柱	
9 2	円錐要素	
9 3	角柱要素	
9 4	半球要素	
9 5 , 9 6	輪郭溝付き長方形要素	
9 7 , 9 8	輪郭孔付き円形要素	
9 0 - 9 2	位置	
9 3 - 9 6	位置	
9 7 , 9 8	位置	40
9 9	減衰溝または凹部	
1 0 0	ガード	
1 0 1	移相器	
1 0 2	励振周波数	
1 0 3 , 1 0 4	増幅器	
1 0 5 , 1 0 6 ; 1 0 7 , 1 0 8	ハーフブリッジ増幅器	
1 0 9 , 1 1 0 ; 1 1 1 , 1 2 2	励振チャンネル	
1 1 4	信号位相制御装置	
1 1 6	制御入力端子	
1 1 7	支持電圧入力端子	50

1 1 8	出力端子	
1 1 9	電子切換えスイッチ	
1 2 0	制御入力装置	
1 2 1	フィルタ	
1 2 2	フィルタ	
1 2 3	鋸歯電圧整形部材	
1 2 4	パルス長変調器	
1 2 5	支持電圧整形器	
1 2 6	位相可変電圧用整形器	
1 2 9 - 1 2 9	位置	10
1 3 0	信号レベルトランスデューサ	
1 3 1	制御入力端子	
1 3 2	出力端子	
1 3 3	ゼロ信号検出器	
1 3 4	制御入力装置	
1 3 5	制御出力装置	
1 3 6	位置	
1 3 7	位置	
1 3 8	位置	
1 3 9	位置	20
1 4 0	位置	
1 4 1	センサ	
1 4 2	圧電板	
1 4 3	電極	
1 4 4	位置	
1 4 5	センサ出力	
1 4 6	出力端子	
1 4 7	位置	
1 4 8	センサ	
1 4 9	圧電板	30
1 5 0	電極	
1 5 1 , 1 5 2	領域	
1 5 3	位置	
1 5 4	位置	
1 5 5	位置	
1 5 6	位相検出器	
1 5 7	支持入力端子	
1 5 8	測定入力端子	
1 5 9	出力端子	
1 6 1	信号整形部材	40
1 6 2	L C 部材	
1 6 3	加算変圧器	
1 6 4	制御入力端子	

【 図 1 】

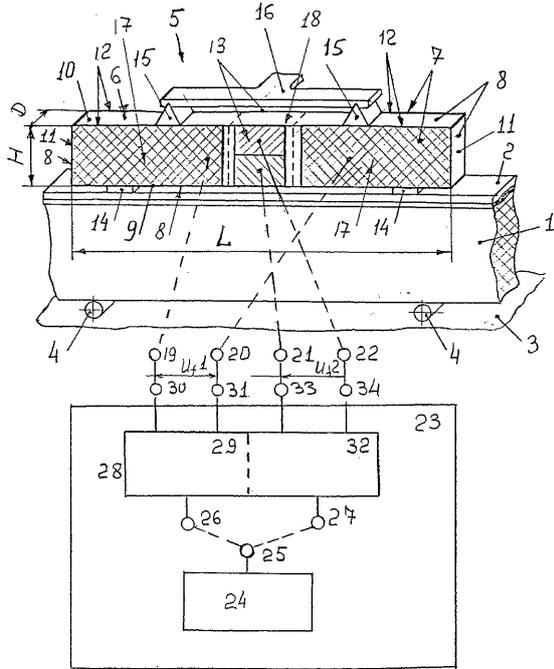


Fig. 1

【 図 2 】

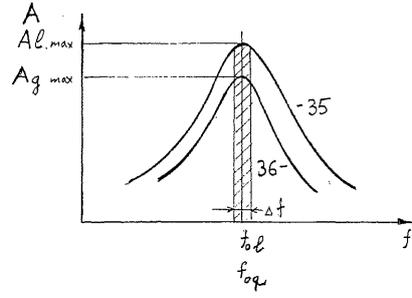


Fig. 2

【 図 3 】

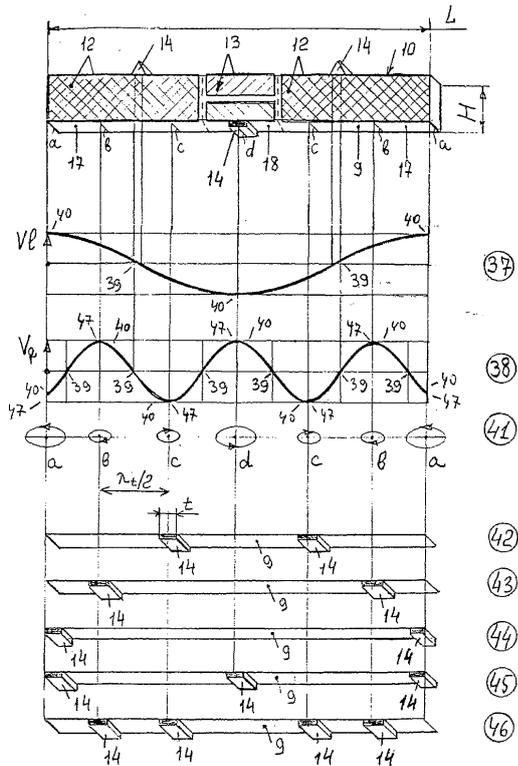


Fig. 3

【 図 4 】

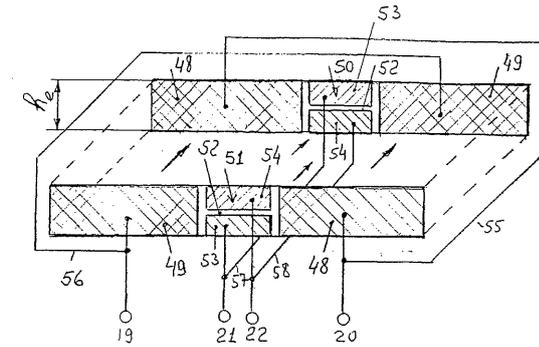


Fig. 4

【 図 5 】

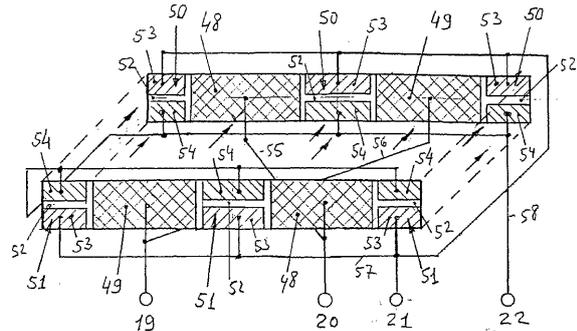


Fig. 5

【 図 6 】

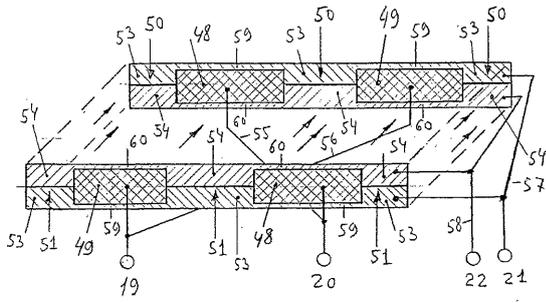


Fig. 6

【 図 7 】

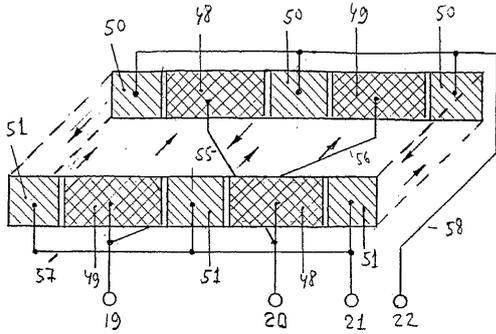


Fig. 7

【 図 8 】

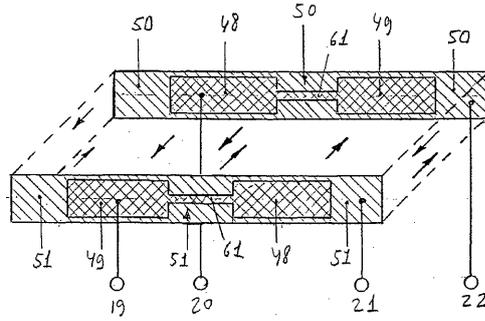


Fig. 8

【 図 9 】

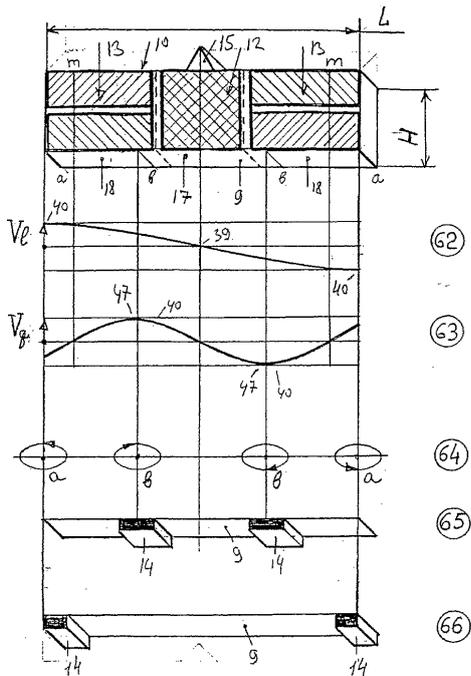


Fig. 9

【 図 10 】

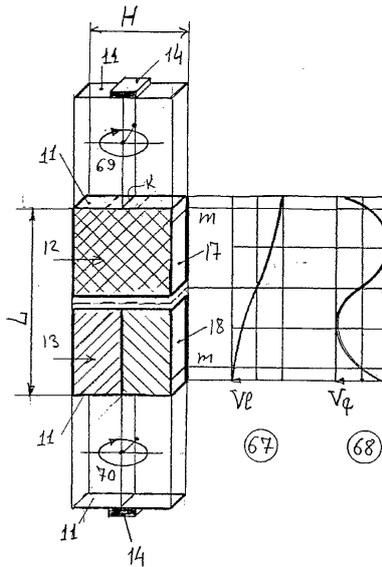


Fig. 10

【図 11】

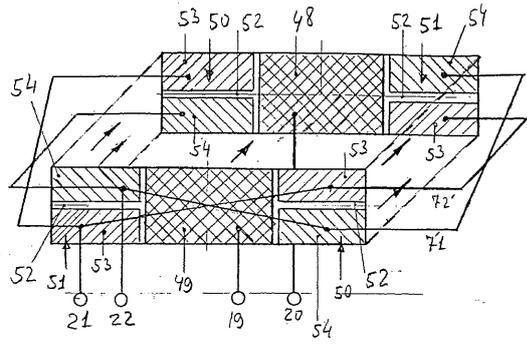


Fig. 11

【図 12】

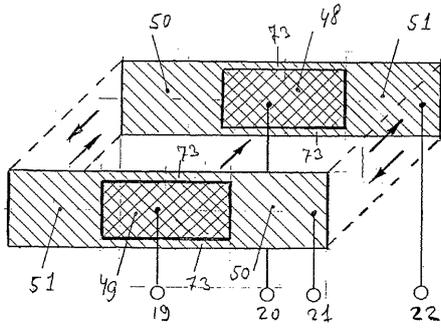


Fig. 12

【図 15】

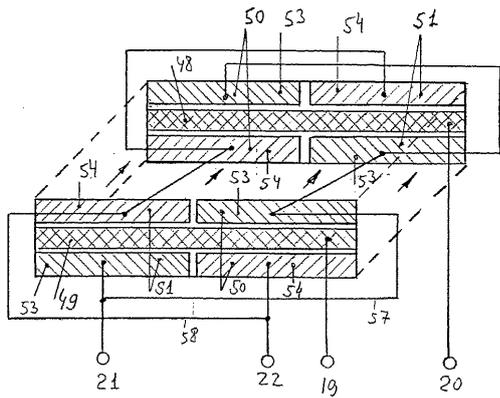


Fig. 15

【図 13】

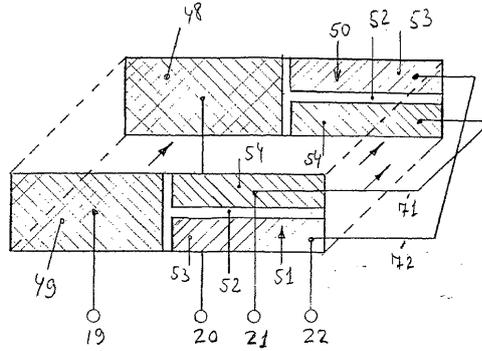


Fig. 13

【図 14】

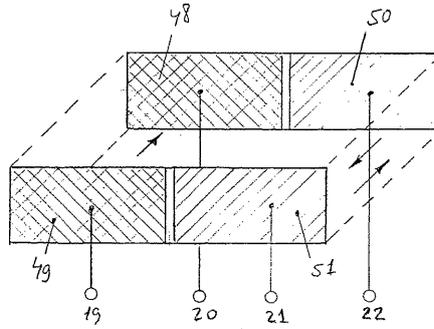


Fig. 14

【図 16】

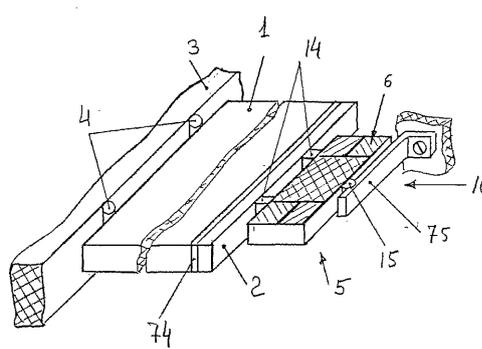


Fig. 16

【 17 】

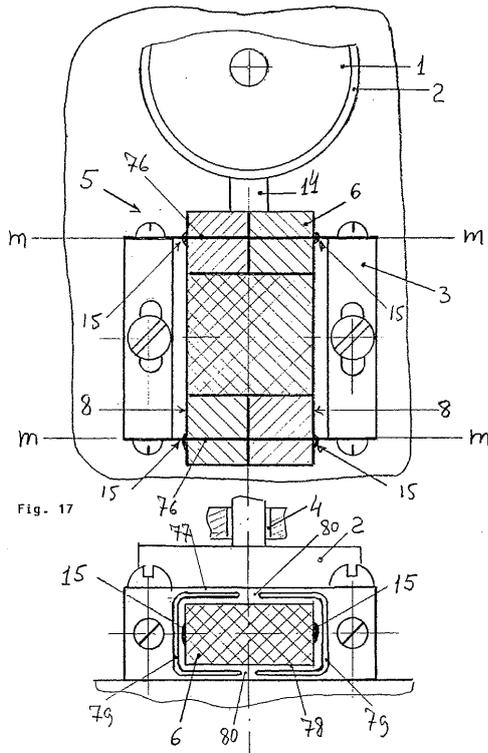


Fig. 17

【 18 】

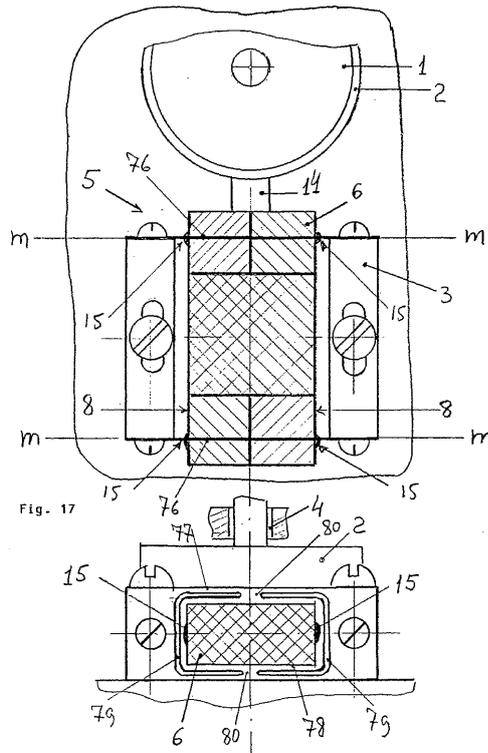


Fig. 18

【 19 】

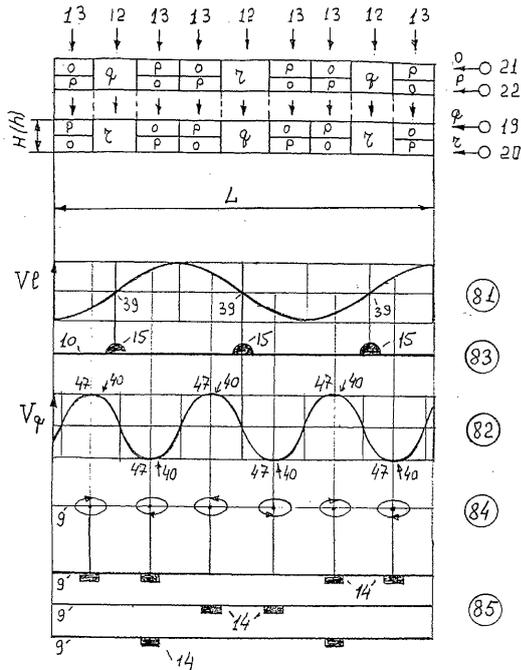


Fig. 19

【 20 】

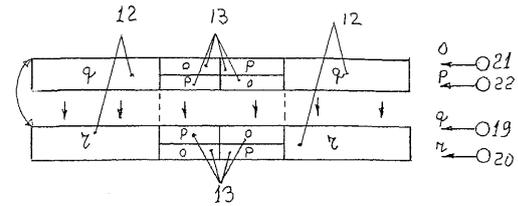


Fig. 20

20

【 21 】

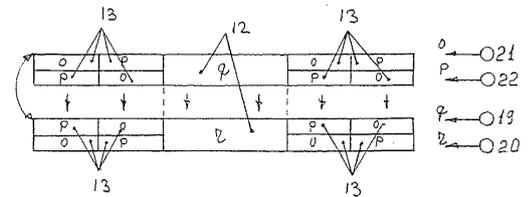


Fig. 21

【 22 】

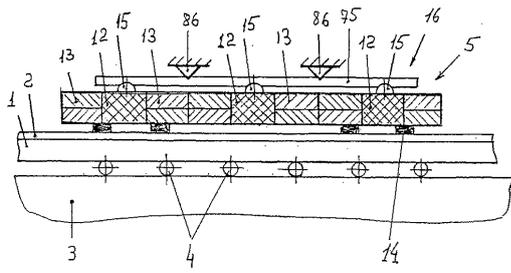


Fig. 22

【 23 】

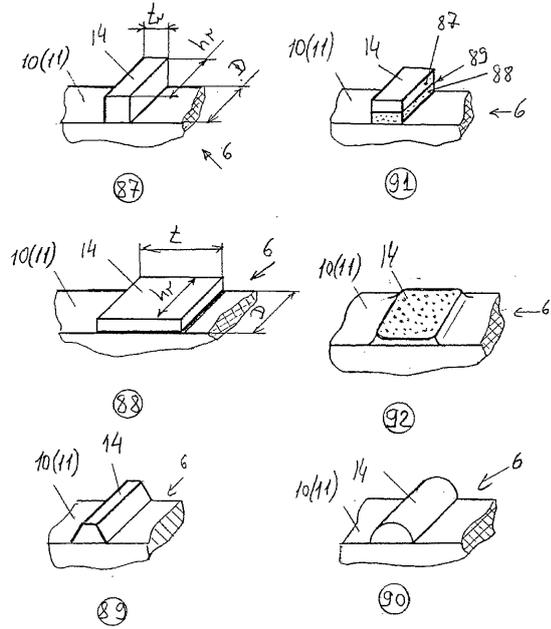


Fig. 23

【 24 】

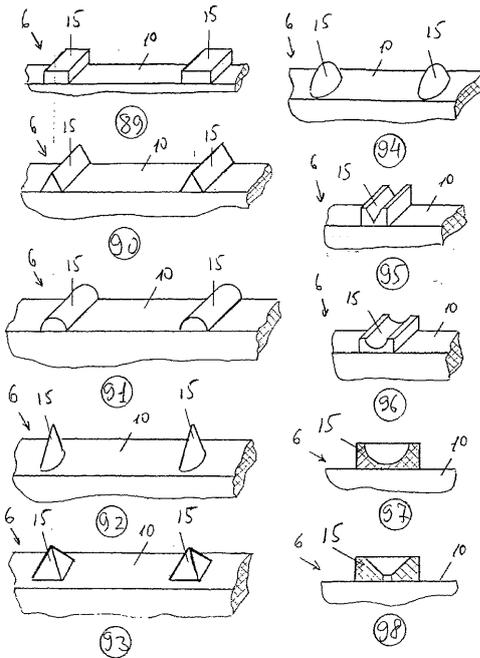


Fig. 24

【 25 】

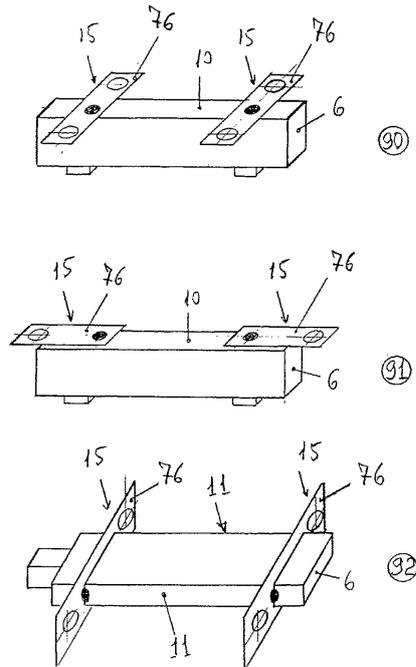


Fig. 25

【 26 】

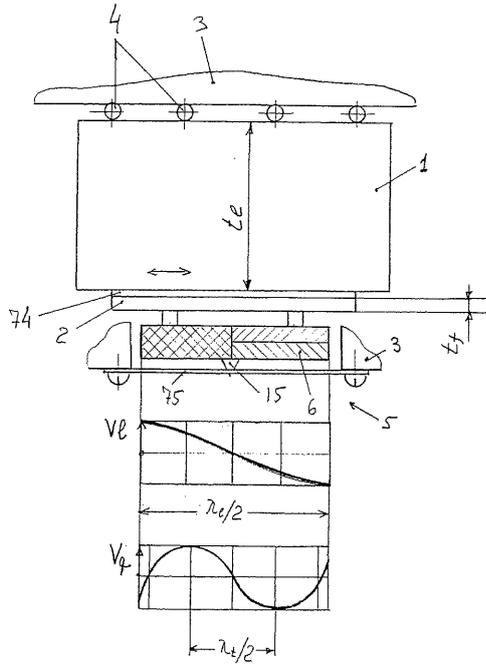


Fig. 26

【 27 】

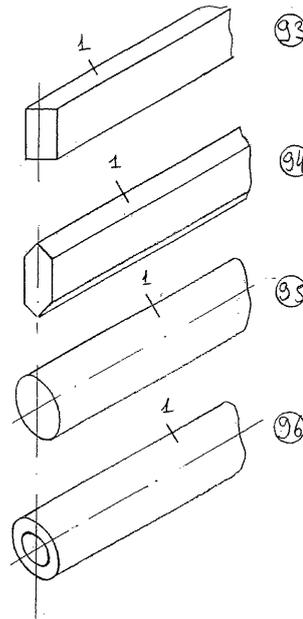


Fig. 27

【 28 】

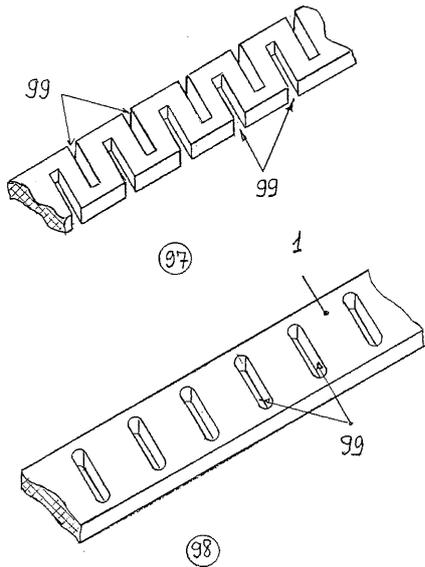


Fig. 28

【 29 】

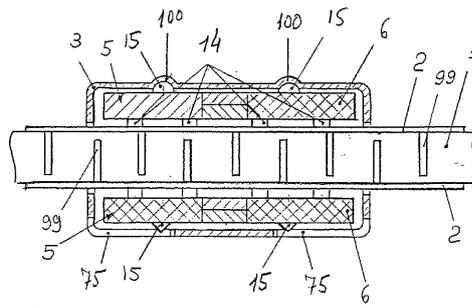


Fig. 29

【 30 】

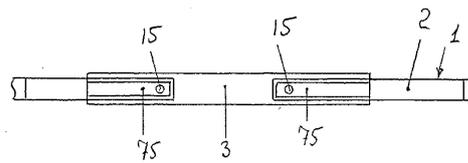


Fig. 30

【 図 3 1 】

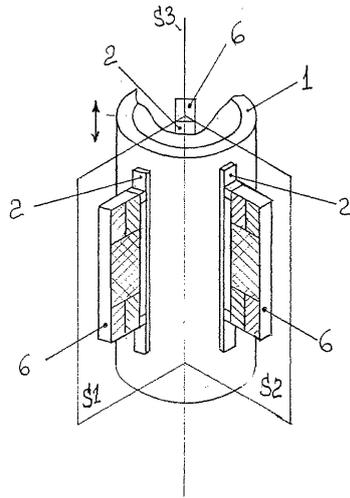


Fig. 31

【 図 3 2 】

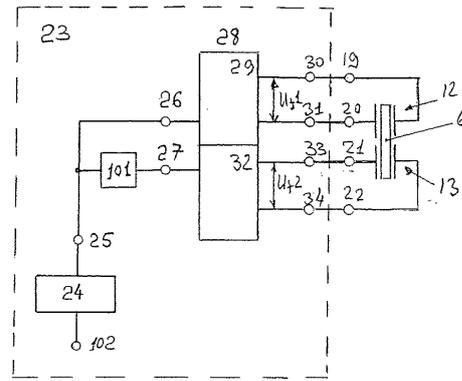


Fig. 32

【 図 3 3 】

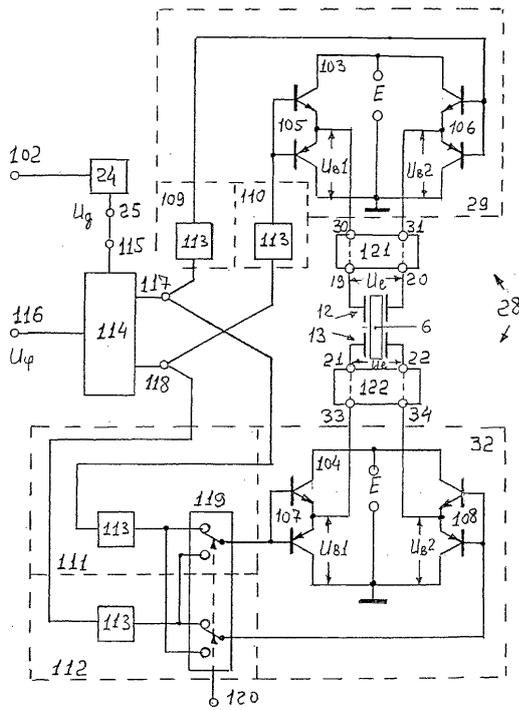


Fig. 33

【 図 3 4 】

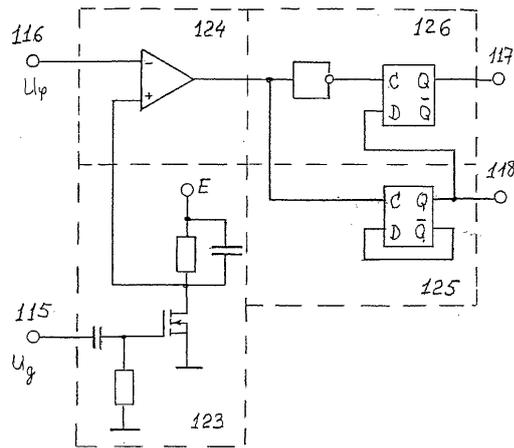


Fig. 34

【 図 3 5 】

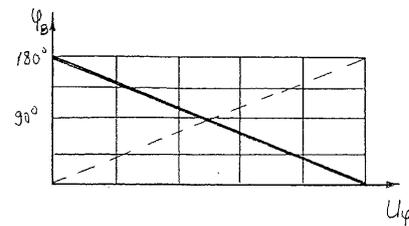


Fig. 35

【 37 】

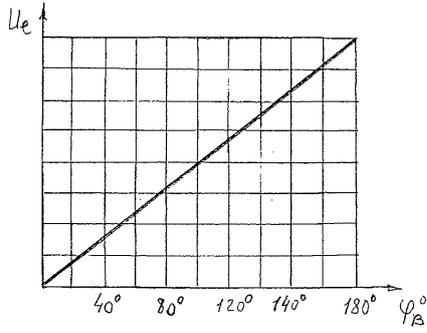


Fig. 37

【 36 】

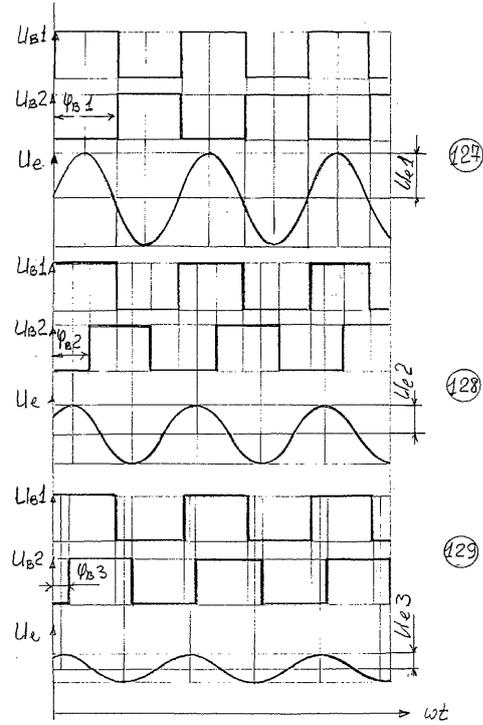


Fig. 36

【 38 】

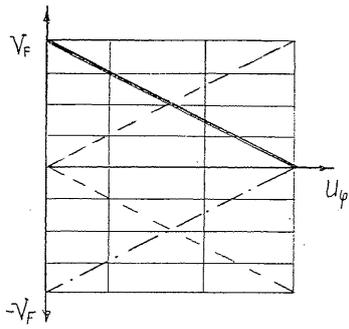


Fig. 38

【 39 】

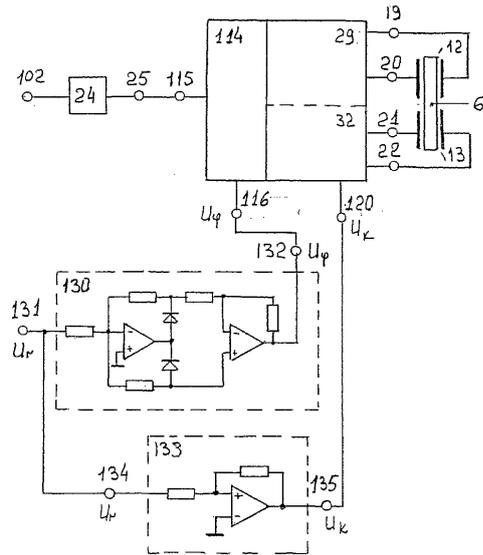


Fig. 39

【 40 】

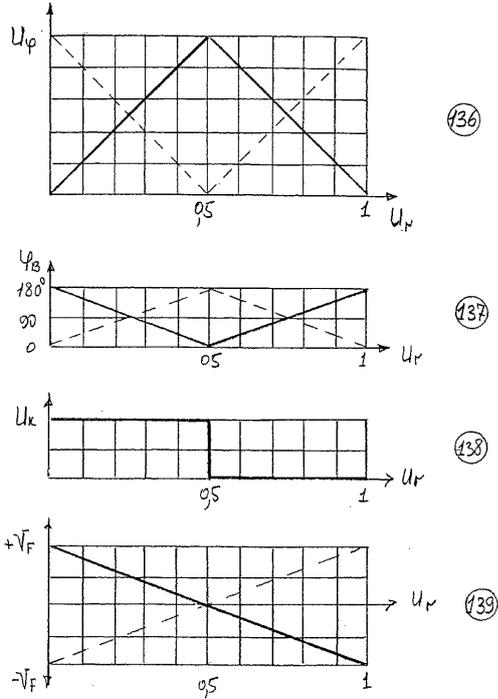


Fig. 40

【 41 】

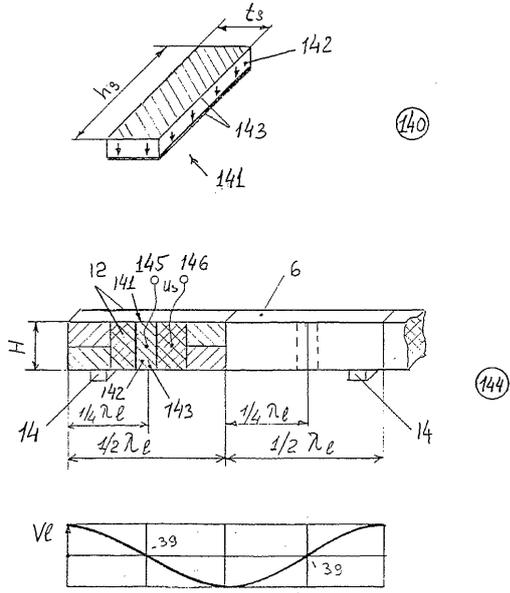


Fig. 41

【 42 】

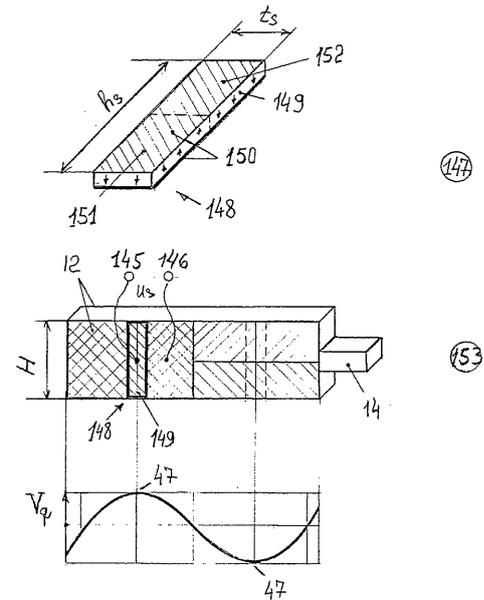


Fig. 42

【 43 】

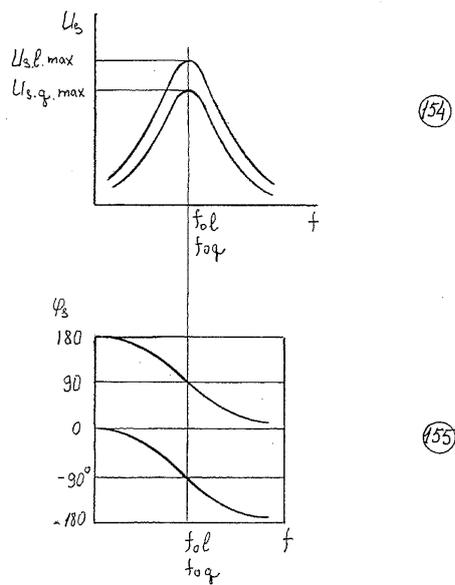


Fig. 43

【 図 4 4 】

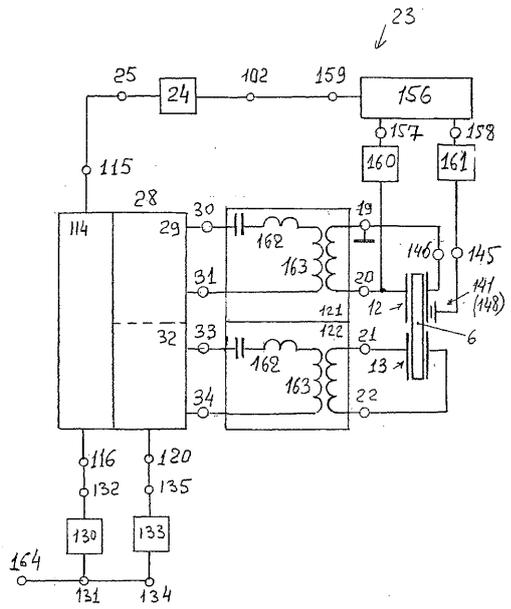


Fig. 44

フロントページの続き

(74)代理人 100128679

弁理士 星 公弘

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 ラディマール ウィシュネフスキー

ドイツ国 ミュンヘンベルンドルフ D - 0 7 5 8 9 クヴェヤーシュトラッセ 2 6

審査官 大山 広人

(56)参考文献 特開平02 - 041673 (JP, A)

特開平09 - 148644 (JP, A)

特開平08 - 111991 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 2/00