

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4676395号
(P4676395)

(45) 発行日 平成23年4月27日(2011.4.27)

(24) 登録日 平成23年2月4日(2011.2.4)

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

請求項の数 4 (全 7 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-199104 (P2006-199104) (22) 出願日 平成18年7月21日 (2006.7.21) (65) 公開番号 特開2008-29121 (P2008-29121A) (43) 公開日 平成20年2月7日 (2008.2.7) 審査請求日 平成19年12月20日 (2007.12.20)</p>	<p>(73) 特許権者 000003089 東光株式会社 埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷18番地 (72) 発明者 盛 建新 埼玉県鶴ヶ島市大字五味ヶ谷18番地 東 光株式会社 埼玉事業所内 審査官 大山 広人 (56) 参考文献 特開平09-037575 (JP, A) 国際公開第2004/043617 (W O, A1) (58) 調査した分野(Int.Cl., DB名) HO2N 2/00</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 圧電振動子とそれを有する超音波モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向する一対の主表面に駆動電極を有する長さL/幅W比が3.6~3.9の矩形柱状圧電体と、

前記矩形柱状圧電体の前記主表面とは別の対向する一対の幅W方向に対する側面上の中心から偏向した位置にそれぞれ接着された非圧電性の弾性チップと、を具備し、

ここで、2枚の前記弾性チップは、前記矩形柱状圧電体の中心に対し対称となるような位置に互いに対向しないように取り付けられ、

前記駆動電極へ交流電圧を印加し、前記弾性チップが前記矩形柱状圧電体の前記弾性チップの接触部分において応力拘束を生じさせることにより前記矩形柱状圧電体の1次長さ縦振動と2次撓み振動の複合振動を励振させる

ことを特徴とする圧電振動子。

【請求項2】

前記弾性チップの表面が機械的負荷との接触界面となることを特徴とする、請求項1に記載の圧電振動子を有した回転型またはリニア型超音波モータ。

【請求項3】

対向する一対の主表面に駆動電極を有する矩形柱状圧電体と、

当該矩形柱状圧電体の外周を囲うように配置された枠状の非圧電性の弾性フレームと、

前記矩形柱状圧電体の前記主表面とは別の対向する一対の主表面にそれぞれ接着された非圧電性の突出部と、を有し、

ここで、当該突出部は、前記矩形柱状圧電体の中心に対して対称となる位置において前記矩形柱状圧電体と前記弾性フレームの間を機械的に結合するように接着され、

前記駆動電極へ交流電圧を印加することにより前記矩形柱状圧電体の1次長さ縦振動と2次撓み振動を励振させる

ことを特徴とする圧電振動子。

【請求項4】

前記圧電振動子の前記弾性フレームの表面が機械的負荷との接触界面となることを特徴とする、請求項3に記載の圧電振動子を有した回転型またはリニア型超音波モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は超音波モータやアクチュエータなどに適用される圧電振動子に係るもので、特に非圧電性の弾性体を矩形柱状圧電体の一对の主表面上の中心に対して対称となる位置に取り付けることによって、1次長さ縦振動と2次撓み振動との複合振動を発生させる圧電振動子の構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

超音波モータは、一般の電磁モータと比較して、

- (1) 減速ギアを使わずに、低速・高トルクが得られる。
- (2) 応答が速い。
- (3) 電源を切ってもしっかりとついていたままになり保持トルクが必要ない。
- (4) 磁気の影響を受けず、電磁波を発生しない。
- (5) 静粛性がある。

20

などの利点があり、注目されている。

【0003】

超音波モータ用圧電振動子には数多くの振動モードが提案されているが、矩形柱状弾性体の長さ縦振動の1次モード(1/2モード)と撓み振動の2次モード(1/4モード)の複合振動が良く使われる。図11に従来例の圧電振動子の一例を示す。リン青銅などの金属の矩形柱状弾性体12の対向する側面に圧電セラミック板1aと1b及び1cと1d(図示せず)が設けられ、弾性体12の上部に2枚の圧電セラミック1eと1fが設けられている。圧電振動子では、圧電セラミック板1a~1dの同相伸縮振動により、矩形柱状弾性体12の長さ方向の1次縦振動が励振される。また、上部の圧電セラミック板1e、1fの逆相伸縮振動により、金属弾性体12の2次撓み振動が励振される。1次長さ縦振動と2次撓み振動が90°の位相差で同時に駆動されれば、図12に示すような1次長さ縦振動-2次撓み振動の複合振動が励振される。この場合、振動子の各部、例えば、矩形柱状弾性体12の足部12aと12bの運動軌跡が楕円となるので、振動子を平板(図示せず)の上に立てておくと、圧電振動子が矩形柱状弾性体の長さ方向(図11の圧電セラミック板1e、1fの並び方向)へ滑り出し、リニア運動が生じる。(例えば、特許文献1参照)

30

【0004】

しかしながら、図11の圧電振動子は圧電体と金属体との複合体であり、圧電振動子全体の中で振動エネルギーを生ずる圧電体の体積割合が小さい。故に、十分強い振動で駆動することが困難であった。また、長さ縦振動と撓み振動が位相差で駆動されるので、2相電源が必要とされ、駆動部が複雑となっていた。

40

【0005】

そこで、図13に示される圧電振動子の構造が提案された。矢印Pの厚み方向で分極された長方形圧電セラミック板1において、対向する表裏面に一对の駆動電極3を設ける。ここで、駆動電極3には、その中心に対して対称の位置に電極の無い露出部10a、10bがあり、これにより駆動電極3はS字状を呈している。このS字状の駆動電極3は、長手方向の中心軸に対して非対称となり、図12に示すように1次長さ縦振動と2次撓み振動との複合振動を励振することができる。(詳細は非特許文献1参照)この場合、図14

50

に示すように回転子 4 を圧電振動子の側面に圧着させると、回転子 4 を回転させることができる。また、図 1 3 に示す圧電振動子の構造は、簡単且つ単相電源で駆動できるという利点がある。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、図 1 3 に示した圧電振動子は、

(1) 回転子 4 は圧電体 1 と直接圧着されるので、圧電セラミックの磨耗が大きく寿命が短くなる。

(2) 露出部 1 0 a、1 0 b の圧電部分は駆動されていないので、一部の圧電エネルギーが利用されていない。

(3) 可逆回転を実現させるためには、切り替えの電極パターンが必要で、圧電素子に設置された多数の配線が小型化の支障となる。

などの欠点がある。

【特許文献 1】特開平 5 - 1 1 5 1 8 5 号公報

【非特許文献 1】深海龍夫他、「超音波モーター駆動用圧電振動子」、電子情報通信学会技術研究報告 EMD2006-5~15 [機構デバイス]、2 0 0 6 年 6 月 3 0 日、Vol.106, No.1 30, p.13-16

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は単相電源で駆動する簡単な単板構造でありながら、長寿命且つ可逆動作可能な圧電振動子、およびそれを利用した超音波モータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明は、対向する主表面に一对の駆動電極を有する矩形柱状圧電体の前記主表面とは別の対向する一对の表面上のそれぞれに非圧電性の弾性チップを該表面の片寄った位置、換言すると面の中心から偏向した位置に接着する。ここで、2 枚の前記弾性チップは前記矩形柱状圧電体の中心対称の位置に互いに対向しないように接着される。

【 0 0 0 9 】

若しくは、対向する一对の主表面に駆動電極を有する矩形柱状圧電体の外周を枠状の非圧電性の弾性フレームで囲い、非圧電性の突出部を前記矩形柱状圧電体の前記主表面とは別の対向する一对の表面にそれぞれ接着する。

ここで、当該突出部は、前記矩形柱状圧電体の中心に対して対称となる位置において前記矩形柱状圧電体と前記弾性フレームの間を機械的に結合するように接着される。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明は、矩形柱状圧電体の幅方向の対向する側面の両面のそれぞれ片寄った位置、換言すると、面の中心から偏向した位置に、互いに対向しないように非圧電性の弾性体を接着した構造を特徴としている。このような構造とすると矩形柱状圧電体は、1 次縦振動とともに 2 次撓み振動を起こし、単相電源で 2 種類の振動を得ることが出来る。また、矩形柱状圧電体に直接、回転子またはプレートを圧着させず、耐摩耗性の高い弾性体に圧着させることで、長寿命の圧電振動子を得ることができる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の圧電振動子の構造は簡単なためコストが有利である。さらに、単相駆動でありながらも周波数制御により可逆動作を行うことが出来、制御系回路を簡略化することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

本発明による圧電振動子の第 1 の実施の形態として、対向する主表面に一对の駆動電極を備えた矩形柱状圧電体の前記主表面とは別の対向する両側面に、それぞれ非圧電性の弾性チップを接着する。ここで、弾性チップは、それぞれ前記矩形柱状圧電体の両側面の片

10

20

30

40

50

寄った位置、換言すると、面の中心から偏向した位置に接着する。さらに好ましくは、2つの前記弾性チップは対向しないように、且つ前記矩形柱状圧電体の中心に対して対称の位置に接着する。

【0013】

本発明による圧電振動子の第2の実施の形態として、対向する主表面に一对の駆動電極を備えた矩形柱状圧電体の周囲を非圧電性で棒状の弾性フレームで囲い、前記矩形柱状圧電体の前記主表面とは別の対向する両側面と前記弾性フレームの内側の面との間を非圧電性の突出部2箇所を機械的に接合する。ここで、突出部は、前記矩形柱状圧電体の側面に片寄った位置、換言すると偏向した位置に接着される。更に好ましくは、その突出部は前記矩形柱状圧電体の中心に対して対称、且つ互いに対向しない位置に接着される。

10

【実施例】

【0014】

図1から図10は、本発明の圧電振動子とその圧電振動子を利用した超音波モータを示している。

以下、本発明の圧電振動子および超音波モータについて図を参照して説明する。

【0015】

図1は、本発明の圧電振動子の第1の実施例の構造を示す斜視図である。図1の矩形柱状圧電体1は、ジルコン酸鉛系（以下、PZT系）圧電セラミックより成り、長さを18.4mm、幅を5mm、厚みを2.1mmのサイズに形成されている。矩形柱状圧電体1の対向する主表面全体に一对の駆動電極3が設けられている。矩形柱状圧電体1の厚み方向（図示矢印P方向）に分極されるように、幅方向に対する両側面にそれぞれ長さが5mm、幅が2.1mm、厚みが0.5mmの非圧電性、例えばアルミナセラミックなど、の弾性チップ2を接着する。ここで弾性チップ2は、幅方向に対する側面の片寄った位置、換言すると面の中心から偏向した位置に設置されている。更に具体的には、対向する側面にそれぞれ設けられた2つの弾性チップ2は、互いに対向しないように矩形柱状圧電体1の中心に対して対称の位置にある。

20

【0016】

このような構造の圧電振動子では、駆動電極3に交流電圧を印加すると、矩形柱状圧電体1と弾性チップ2との接触箇所において応力拘束がなされ、長さ方向の1次縦振動だけでなく、矩形柱状圧電体1の長さ-幅平面内の2次撓み振動も励振される。長さ方向の1次縦振動の共振周波数は矩形柱状圧電体1の長さLに依存し、2次撓み振動は長さLと幅Wに依存するので、二つの振動モードの共振周波数を接近させるには、L/Wの比を約3.6~3.9とする。本実施例のL/W比は約3.7であるため、交流電圧の周波数を適切な値に設定することにより1次長さ縦振動と2次撓み振動を同時に励振することができ、1次縦振動-2次撓み振動の複合振動が生じる。

30

【0017】

図2は圧電振動子のインピーダンス特性を示す。結果により、1次長さ縦振動-2次撓み振動の複合振動は二つの振動形態が存在することが分かる。f1=87kHzの低域側振動は図3に示したように、1次長さ縦振動が主成分の複合振動であるのに対して、f2=98kHzの高域側振動は図4に示したように、2次撓み振動が主成分の複合振動である。

40

【0018】

アルミナセラミックの弾性チップ2はPZT系圧電セラミックの矩形柱状圧電体1よりも耐摩耗性が高い。このため、回転子等の直接接触によって生起する磨耗劣化による短寿命化の問題は、接触面にアルミナセラミックの弾性チップを採用することで大きく改善でき、長寿命の圧電振動子を実現できる。また、駆動電極3は、矩形柱状圧電体1の主表面全体に形成されているため、従来の圧電振動子よりも矩形柱状圧電体1の振動エネルギーを有効に利用することができる。

【0019】

機械負荷、例えば、モータの回転子やアクチュエータのプレートなど、を圧電振動子の

50

弾性チップ 2 に接触させた場合、弾性チップ 2 と機械的負荷の接触界面の運動軌跡が楕円になり、機械負荷を回転させたり、滑り出させたりする力が発生する。図 5、図 6 はそれぞれ図 3、図 4 に示した振動モードにおいて、回転子 4 を弾性チップ 2 の各位置に接触させた時の回転方向を示す。ここで図 5、図 6 中の円矢印の大きさは、各位置に回転子 4 を接触させた時に回転子 4 に生じる回転速度を表す。図 3 に示した 1 次縦振動 - 2 次撓み振動の複合振動（周波数 $f_1 = 87 \text{ kHz}$ ）が励振された場合、図 5 に示したように回転子 4 が右回りの方向で回転している。それに対して図 4 に示した 1 次縦振動 - 2 次撓み振動の複合振動（周波数 $f_2 = 98 \text{ kHz}$ ）が励振された場合では、図 6 に示したように回転子 4 が左回りの方向で回転している。従って、図 7 に示したように、周波数 f_1 と f_2 を切り替えるだけで、回転子 4 の回転方向を制御することができる。

10

【0020】

図 8 は、本発明の圧電振動子を用いたリニア型超音波モータの動作例である。スチールなどの磁性プレート 9 に細長い溝 8 が設けられており、圧電振動子の弾性チップ 2 の一方が溝 8 に圧着されている。U 字状に形成された永久磁石 6 が、シリコンゴム 7 を介入して、磁性プレート 9 と接触する弾性チップ 2 が接着された側面とは反対側の上部側面にまたがって固定される。永久磁石 6 と磁性プレート 9 との間に生ずる磁性吸引力により、矩形柱状圧電体 1 と磁性プレート 9 との間に一定の予備圧力が加わる。これにより接触界面の摩擦力を確保できる。交流電圧を印加すれば、圧電振動子が溝 8 に沿って移動することになり、図 7 の回転型と同様に、周波数 f_1 と f_2 を切り替えるだけで、リニア移動の方向を変えることができる。

20

【0021】

図 9 は、本発明による圧電振動子の第 2 の実施例の構造を示す斜視図である。対向する主表面に一对の駆動電極 3 を具える単一の矩形柱状圧電体 1 と、その外周にある枠状の非圧電性の弾性体の金属フレーム 5 からなる複合圧電振動子の構造になっている。金属フレーム 5 の内側には突出部 5 1 と 5 2 が設けられており、この突出部 5 1 と 5 2 は、矩形柱状圧電体 1 の幅方向に対する側面の片寄った位置、換言すると面の中心から偏向した位置において、矩形柱状圧電体 1 と接着されている。更に具体的には、突出部 5 1 と 5 2 は、互いに対向することなく矩形柱状圧電体 1 の中心に対し対称の位置においてそれぞれの側面と接着されている。この図 9 の圧電振動子においては、突出部 5 1 と 5 2 が、前述の弾性チップ 2 と同様に矩形柱状圧電体 1 に 1 次縦振動 - 2 次撓み振動の複合振動を励振させることを可能とさせる。交流電圧を印加すると、金属フレーム 5 には、1 次長さ縦振動と 2 次撓み振動を含んだ多数の複合振動が発生する。図 10 のように、回転子 4 を金属フレーム 5 に圧着させた場合、回転子 4 を回転できるとともに、振動モードを切り替えることにより、可逆回転も実現できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図 1】本発明の圧電振動子の第 1 の実施例の斜視図である。

【図 2】本発明の圧電振動子のインピーダンス特性を表す図である。

【図 3】本発明の圧電振動子の 1 次縦振動と 2 次撓み振動との低域側複合振動を表す図である。

40

【図 4】本発明の圧電振動子の 1 次縦振動と 2 次撓み振動との高域側複合振動を表す図である。

【図 5】低域側複合振動を励振したときの弾性チップ接触時における回転子の回転方向と相対速度を表す図である。

【図 6】高域側複合振動を励振したときの弾性チップ接触時における回転子の回転方向と相対速度を表す図である。

【図 7】本発明の圧電振動子を用いた回転型超音波モータの実施例である。

【図 8】本発明の圧電振動子を用いたリニア型超音波モータの実施例である。

【図 9】本発明の圧電振動子の実施例 2 の斜視図である。

【図 10】本発明の第 2 の実施例の圧電振動子を用いた回転型超音波モータの動作例であ

50

る。

【図11】従来の圧電振動子の斜視図である。

【図12】図11の構造の圧電振動子の振動モードである。

【図13】従来の圧電振動子の斜視図である。

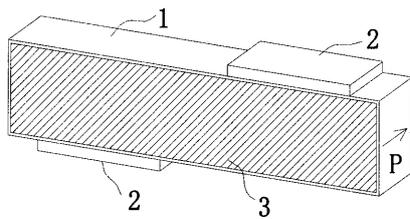
【図14】従来の圧電振動子を用いた回転型超音波モータの動作例である。

【符号の説明】

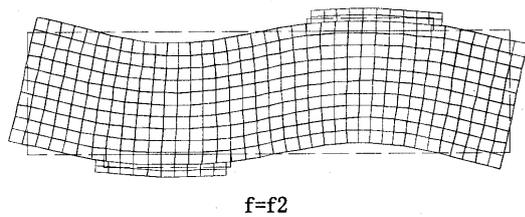
【0023】

1：矩形柱状圧電体、1a～1f：圧電セラミック板、2：弾性チップ、3：駆動電極、4：回転子、5：金属フレーム、6：永久磁石、7：シリコンゴム、8：溝、9：磁性プレート、10a、10b：露出部、12：矩形柱状弾性体、51、52：突出部

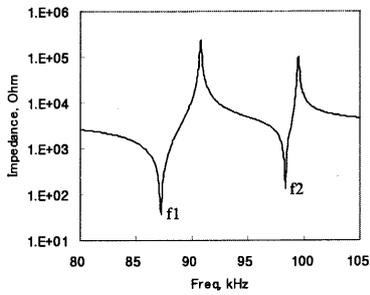
【図1】



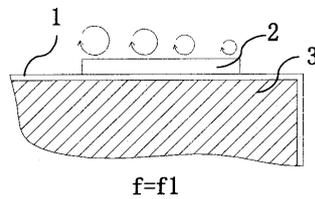
【図4】



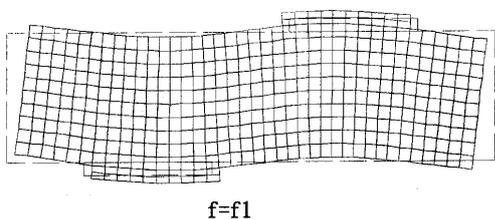
【図2】



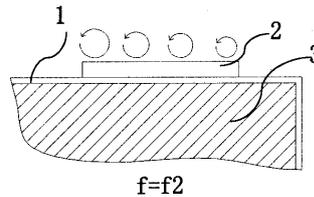
【図5】



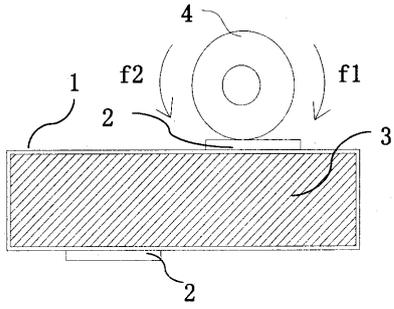
【図3】



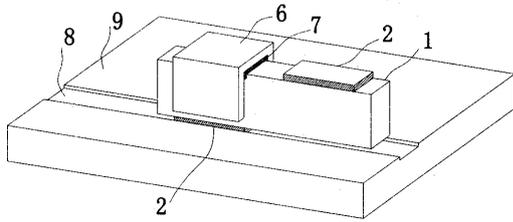
【図6】



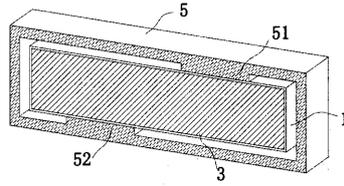
【図7】



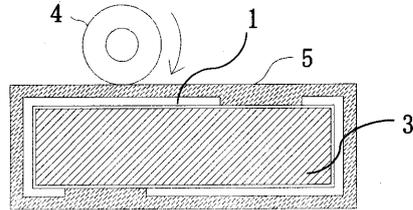
【図8】



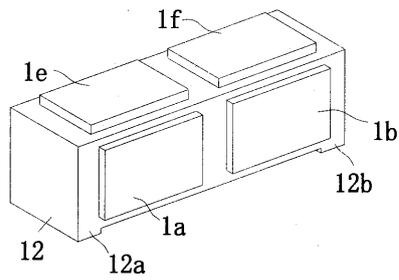
【図9】



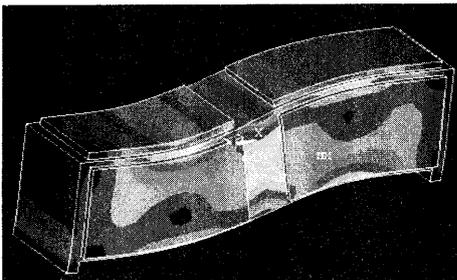
【図10】



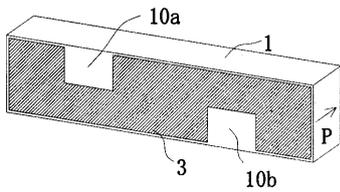
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

