

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6662007号  
(P6662007)

(45) 発行日 令和2年3月11日(2020.3.11)

(24) 登録日 令和2年2月17日(2020.2.17)

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.          | F 1         |
| HO2N 2/10 (2006.01)   | HO2N 2/10   |
| HO1L 41/09 (2006.01)  | HO1L 41/09  |
| HO1L 41/187 (2006.01) | HO1L 41/187 |
| B25J 19/00 (2006.01)  | B25J 19/00  |
| FO4B 43/12 (2006.01)  | FO4B 43/12  |
|                       | A           |
|                       | C           |

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-236650 (P2015-236650)  
 (22) 出願日 平成27年12月3日 (2015.12.3)  
 (65) 公開番号 特開2017-103955 (P2017-103955A)  
 (43) 公開日 平成29年6月8日 (2017.6.8)  
 審査請求日 平成30年10月24日 (2018.10.24)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100090387  
 弁理士 布施 行夫  
 (74) 代理人 100090398  
 弁理士 大渕 美千栄  
 (72) 発明者 ▲高▼橋 智明  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 エプソン株式会社内  
 (72) 発明者 荒川 豊  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 エプソン株式会社内

審査官 安池 一貴

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧電駆動装置、モーター、ロボット、およびポンプ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

圧電素子が設けられ、振動体部を有する基板と、  
 被駆動体に接触し、前記振動体部の動きを前記被駆動体に伝える接触部と、  
 を含み、

前記接触部は、前記振動体部の長手方向における端部に設けられ、

前記被駆動体に前記接触部が押し当てられていないときの前記端部と前記接触部の先端との間の距離と、前記被駆動体に前記接触部が押し当てられたときの前記端部と前記先端との間の距離との差は、前記振動体部が駆動された場合の前記長手方向の振幅より小さく、

前記接触部は、

前記長手方向に沿った側面を有し、前記先端を構成する先端部と、

前記先端部と前記振動体部との間、および前記側面に設けられた接着剤部と、  
を有し、

前記接着剤部の一部は、前記側面の中心よりも前記先端側に位置している、圧電駆動装置。

## 【請求項2】

請求項1において、

前記振幅を  $X_0$ 、前記被駆動体の前記接触部への押圧力を  $F_0$  とすると、前記接触部の前記長手方向におけるバネ定数  $K$  は、

10

20

$K > F_0 / X_0$   
の関係を満たす、圧電駆動装置。

【請求項3】

請求項2において、

前記先端部の前記長手方向の長さを  $L_s$ 、前記先端部と前記接着剤部との接触面の前記長手方向と直交する幅方向の長さを  $W_s$ 、前記接触面の前記長手方向および前記幅方向と直交する方向の長さを  $T_s$ 、前記先端部のヤング率を  $E_s$ 、前記接着剤部のヤング率を  $E_a$  とすると、前記接着剤部の前記長手方向の長さ  $L_a$  は、

$$L_a < (X_0 / F_0) \times E_a \times W_s \times T_s - (L_s \times E_a) / E_s$$

の関係を満たす、圧電駆動装置。

10

【請求項4】

請求項1ないし3のいずれか1項に記載の圧電駆動装置と、  
前記圧電駆動装置によって回転されるローターと、  
を含む、モーター。

【請求項5】

複数のリンク部と、  
複数の前記リンク部を接続する関節部と、  
複数の前記リンク部を前記関節部で回動させる請求項1ないし3のいずれか1項に記載の圧電駆動装置と、  
を含む、ロボット。

20

【請求項6】

請求項1ないし3のいずれか1項に記載の圧電駆動装置と、  
液体を輸送するチューブと、  
前記圧電駆動装置の駆動によって前記チューブを閉塞する複数のフィンガーと、  
を含む、ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧電駆動装置、モーター、ロボット、およびポンプに関する。

【背景技術】

30

【0002】

圧電素子により振動体を振動させて被駆動体を駆動する圧電アクチュエーター（圧電駆動装置）は、磁石やコイルが不要のため、様々な分野で利用されている。

【0003】

このような圧電駆動装置において、過渡的な振動の防止、超音波振動子と被駆動体部材との点接触の防止、および電力効率の向上などを目的として、圧電駆動装置の被駆動体との接触部近傍にバネ領域を設けることが記載されている（例えば特許文献1～3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

40

【特許文献1】特開2008-295234号公報

【特許文献2】特開平06-22565号公報

【特許文献3】特開2015-80329号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1～3には、バネ領域があるという定性的なことしか記載されておらず、具体的なバネ領域のバネ定数や押圧による接触部の変形量などについては、言及されていない。

【0006】

50

本発明のいくつかの態様に係る目的の1つは、押圧による接触部の変形量を特定することにより、出力特性の安定化を図ることができる圧電駆動装置を提供することにある。また、本発明のいくつかの態様に係る目的の1つは、上記の圧電駆動装置を含むモーター、ロボット、またはポンプを提供することにある。

**【課題を解決するための手段】**

**【0007】**

本発明は上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の態様又は適用例として実現することができる。

**【0008】**

**[適用例1]**

本発明に係る圧電駆動装置の一態様は、

固定部、および圧電素子が設けられ前記固定部に支持された振動体部を有する基板と、被駆動体に接触し、前記振動体部の動きを前記被駆動体に伝える接触部と、  
を含み、

前記接触部は、前記振動体部の長手方向における端部に設けられ、

前記被駆動体に前記接触部が押し当てられていないときの前記端部と前記接触部の先端との間の距離と、前記被駆動体に前記接触部が押し当てられたときの前記端部と前記先端との間の距離と、の差は、前記振動体部が駆動された場合の前記長手方向の振幅より小さい。

**【0009】**

このような圧電駆動装置では、振動体部の（圧電駆動装置の）駆動中に、接触部は、被駆動体と接触および離間を繰り返すことができる。その結果、このような圧電駆動装置では、出力特性の安定化を図ることができる。

**【0010】**

**[適用例2]**

適用例1において、

前記振幅を  $X_0$ 、前記被駆動体の前記接触部への押圧力を  $F_0$  とすると、前記接触部の前記長手方向におけるバネ定数  $K$  は、

$$K > F_0 / X_0$$

の関係を満たしてもよい。

**【0011】**

このような圧電駆動装置では、被駆動体に接触部が押し当てられていないときの振動体部の端部と接触部の先端との間の距離と、被駆動体に接触部が押し当てられたときの振動体部の端部と接触部の先端との間の距離と、の差を、振動体部が駆動された場合の長手方向の振幅より小さくすることができる。

**【0012】**

**[適用例3]**

適用例2において、

前記接触部は、前記先端を構成する先端部と、前記先端部と前記振動体部との間に設けられた接着剤部と、を有し、

前記先端部の前記長手方向の長さを  $L_s$ 、前記先端部と前記接着剤部との接触面の前記長手方向と直交する幅方向の長さを  $W_s$ 、前記接触面の前記長手方向および前記幅方向と直交する方向の長さを  $T_s$ 、前記先端部のヤング率を  $E_s$ 、前記接着剤部のヤング率を  $E_a$  とすると、前記接着剤部の前記長手方向の長さ  $L_a$  は、

$$L_a < (X_0 / F_0) \times E_a \times W_s \times T_s - (L_s \times E_a) / E_s$$

の関係を満たしてもよい。

**【0013】**

このような圧電駆動装置では、被駆動体に接触部が押し当てられていないときの振動体部の端部と接触部の先端との間の距離と、被駆動体に接触部が押し当てられたときの振動体部の端部と接触部の先端との間の距離と、の差を、振動体部が駆動された場合の長手方

10

20

30

40

50

向の振幅より小さくすることができる。

**【0014】**

[適用例4]

本発明に係るモーターの一態様は、  
適用例1ないし3のいずれか1例に記載の圧電駆動装置と、  
前記圧電駆動装置によって回転されるローターと、  
を含む。

**【0015】**

このようなモーターでは、本発明に係る圧電駆動装置を含むことができる。

**【0016】**

10

[適用例5]

本発明に係るロボットの一態様は、  
複数のリンク部と、  
複数の前記リンク部を接続する関節部と、  
複数の前記リンク部を前記関節部で回動させる適用例1ないし3のいずれか1例に記載の圧電駆動装置と、  
を含む。

**【0017】**

このようなロボットでは、本発明に係る圧電駆動装置を含むことができる。

**【0018】**

20

[適用例6]

本発明に係るポンプの一態様は、  
適用例1ないし3のいずれか1例に記載の圧電駆動装置と、  
液体を輸送するチューブと、  
前記圧電駆動装置の駆動によって前記チューブを閉鎖する複数のフィンガーと、  
を含む。

**【0019】**

このようなポンプでは、本発明に係る圧電駆動装置を含むことができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0020】**

30

【図1】本実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す平面図。

【図2】本実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す断面図。

【図3】本実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す平面図。

【図4】本実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す平面図。

【図5】本実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す斜視図。

【図6】本実施形態に係る圧電駆動装置を説明するための等価回路を示す図。

【図7】本実施形態に係る圧電駆動装置の動作を説明するための図。

【図8】本実施形態の変形例に係る圧電駆動装置を模式的に示す平面図。

【図9】本実施形態に係るロボットを説明するための図。

【図10】本実施形態に係るロボットの手首部分を説明するための図。

40

【図11】本実施形態に係るポンプを説明するための図。

**【発明を実施するための形態】**

**【0021】**

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

**【0022】**

1. 圧電駆動装置

まず、本実施形態に係る圧電駆動装置について、図面を参照しながら説明する。図1は

50

、本実施形態に係る圧電駆動装置 100 を模式的に示す平面図である。図 2 は、本実施形態に係る圧電駆動装置 100 を模式的に示す図 1 の I-I - II-II 線断面である。図 3 および図 4 は、本実施形態に係る圧電駆動装置 100 の接触部 20 近傍を模式的に示す平面図である。図 5 は、本実施形態に係る圧電駆動装置 100 の接触部 20 近傍を模式的に示す斜視図である。

圧電駆動装置 100 は、図 1 ~ 図 5 に示すように、基板 10 と、接触部 20 と、圧電素子 30 と、を含む。

#### 【 0023 】

基板 10 は、例えば、シリコン基板と、シリコン基板上に設けられた酸化シリコン層と、酸化シリコン層上に設けられた酸化ジルコニア層と、の積層体から構成されている。

10

#### 【 0024 】

基板 10 は、図 1 に示すように、振動体部 12 と、固定部 14 と、第 1 接続部 16 と、第 2 接続部 18 と、を有している。図示の例では、振動体部 12 の平面形状（基板 10 の厚さ方向からみた形状）は、長方形である。振動体部 12 上には、圧電素子 30 が設けられ、振動体部 12 は、圧電素子 30 の変形により振動することができる。固定部 14 は、接続部 16, 18 を介して、振動体部 12 を支持している。固定部 14 は、例えば、外部部材（図示せず）に固定されている。図示の例では、接続部 16, 18 は、振動体部 12 の長手方向における中央部から、該長手方向と直交する方向に延出し、固定部 14 に接続されている。

#### 【 0025 】

20

接触部 20 は、振動体部 12 の長手方向（以下、単に「長手方向」ともいう）における端部 12a に設けられている。端部 12a は、平面視において（基板 10 の厚さ方向からみて）、振動体部 12 の短辺によって構成されている。接触部 20 は、端部 12a から突出している突出部である。図示の例では、接触部 20 の形状は、直方体である。接触部 20 は、先端 20a を有し、接触部 20 は、先端 20a において被駆動部材（具体的には、図 3 および図 4 に示すローター 4）と接触して、振動体部 12 の動きを被駆動部材に伝える部材である。ローター 4 の形状は、例えば、円柱状、球状である。先端 20a は、接触部 20 の端部 12a と接する面と反対の面である。

#### 【 0026 】

接触部 20 は、先端 20a を構成する先端部 22 と、先端部 22 と振動体部 12 との間に設けられた接着剤部 24 と、を有している。先端部 22 の材質は、例えば、セラミックス（具体的にはアルミナ ( $Al_2O_3$ )、ジルコニア ( $ZrO_2$ )、窒化ケイ素 ( $Si_3N$ )、またはこれらの混合物など）である。接着剤部 24 は、先端部 22 と振動体部 12 とを接着させる接着剤によって構成されている。図示の例では、先端部 22 および接着剤部 24 の形状は、直方体である。

30

#### 【 0027 】

ここで、ローター 4 に接触部 20 が押し当てられていないとき（押圧されていないとき）の端部 12a と先端 20a との間の距離  $L_{x_0}$ （図 3 参照）と、ローター 4 に接触部 20 が押し当てられたとき（押圧されたとき）の端部 12a と先端 20a との間の距離  $L_{x_1}$ （図 4 参照）と、の差  $\Delta x$  は、振動体部 12 が駆動された場合の振動体部 12 の長手方向の振幅  $X_0$  より小さい。振動体部 12 の接触部 20 との境界部（接続部）は、圧電素子 30 の駆動によって、橢円を描くように駆動する。振幅  $X_0$  は、例えば、振動体部 12 の境界部が描く橢円の振動体部 12 の長手方向成分の長さである。図示の例では、振幅  $X_0$  は、振動体部 12 の境界部が描く橢円の短軸の長さである。

40

#### 【 0028 】

振動体部 12 が駆動された場合の振動体部 12 の長手方向の振幅  $X_0$ 、ローター 4 の接触部 20 への押圧力（長手方向における押圧力）を  $F_0$  とすると、接触部 20 の長手方向におけるバネ定数  $K$  は、下記式（1）の関係を満たす。

#### 【 0029 】

$$K > F_0 / X_0 \quad \dots \quad (1)$$

50

**【0030】**

なお、接触部20は、ローター4が押し当てられたときに、ある程度変形するようなバネ定数を有している。

**【0031】**

図5に示すように、先端部22の長手方向の長さをLs、先端部22と接着剤部24との接触面23の長手方向と直交する幅方向の長さをWs、接触面23の長手方向および幅方向と直交する方向の長さをTs、先端部22のヤング率をEs、接着剤部24のヤング率をEaとすると、接着剤部24の長手方向の長さLaは、下記式(2)の関係を満たす。さらに、長さLaは、下記式(3)の関係を満たすことが好ましい。

**【0032】**

$$\begin{aligned} La &< (X_0 / F_0) \times Ea \times Ws \times Ts - (Ls \times Ea) / Es \quad \dots \quad (2) \\ La &< (1/2) \times (X_0 / F_0) \times Ea \times Ws \times Ts - (1/2) \times (Ls \times Ea) \\ &/ Es \quad \dots \quad (3) \end{aligned}$$

**【0033】**

長さWsは、例えば、0.1mm以上0.5mm以下である。長さLsは、例えば、0.1mm以上0.5mm以下である。長さTsは、例えば、0.1mm以上0.5mm以下である。振幅X0は、例えば、0.1μm以上5μm以下である。より具体的には、Ws = 0.2mm、Ts = 0.2mm、Ls = 0.1mm、X0 = 1μmである。

**【0034】**

圧電素子30は、図2に示すように、基板10上に設けられている。具体的には、圧電素子30は、振動体部12上に設けられている。圧電素子30は、第1電極32と、圧電体層34と、第2電極36と、を有している。

**【0035】**

第1電極32は、振動体部12上に設けられている。図1に示す例では、第1電極32の平面形状は、長方形である。第1電極32は、振動体部12上に設けられたイリジウム層と、イリジウム層上に設けられた白金層と、によって構成されていてもよい。イリジウム層の厚さは、例えば、5nm以上100nm以下である。白金層の厚さは、例えば、50nm以上300nm以下である。なお、第1電極32は、Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、Cr、Ni、Cuなどからなる金属層、またはこれらの2種以上を混合または積層したものであってもよい。第1電極32は、圧電体層34に電圧を印加するための一方の電極である。

**【0036】**

圧電体層34は、第1電極32上に設けられている。図示の例では、圧電体層34の平面形状は、長方形である。圧電体層34の厚さは、例えば、50nm以上20μm以下であり、好ましくは、1μm以上7μm以下である。このように、圧電素子30は、薄膜圧電素子である。圧電体層34の厚さが50nmより小さいと、圧電駆動装置100の出力が小さくなる場合がある。具体的には、出力を上げようとして圧電体層34への印加電圧を高くすると、圧電体層34が絶縁破壊を起こす場合がある。圧電体層34の厚さが20μmより大きいと、圧電体層34にクラックが生じる場合がある。

**【0037】**

圧電体層34としては、ペロブスカイト型酸化物の圧電材料を用いる。具体的には、圧電体層34の材質は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛(Pb(Zr,Ti)O3:PZT)、ニオブ酸チタン酸ジルコン酸鉛(Pb(Zr,Ti,Nb)O3:PZTN)である。圧電体層34は、電極32, 36によって電圧が印加されることにより、変形(伸縮)することができる。

**【0038】**

第2電極36は、圧電体層34上に設けられている。図示の例では、第2電極36の平面形状は、長方形である。第2電極36は、圧電体層34上に設けられた密着層と、密着層上に設けられた導電層と、によって構成されていてもよい。密着層の厚さは、例えば、10nm以上100nm以下である。密着層は、例えば、TiW層、Ti層、Cr層、N

10

20

30

40

50

i Cr 層や、これらの積層体である。導電層の厚さは、例えば、1 μm 以上 10 μm 以下である。導電層は、例えば、Cu 層、Au 層、Al 層やこれらの積層体である。第 2 電極 36 は、圧電体層 34 に電圧を印加するための他方の電極である。

#### 【0039】

圧電素子 30 は、複数設けられている。図 1 に示す例では、圧電素子 30 は、5 つ設けられている（圧電素子 30a, 30b, 30c, 30d, 30e）。平面視において、例えば、圧電素子 30a ~ 30d の面積は同じであり、圧電素子 30e は、圧電素子 30a ~ 30d よりも大きな面積を有している。圧電素子 30e は、振動体部 12 の短手方向の中央部において、振動体部 12 の長手方向に沿って設けられている。圧電素子 30a, 30b, 30c, 30d は、振動体部 12 の四隅に設けられている。図示の例では、圧電素子 30a ~ 30e において、第 1 電極 32 は、1 つの連続的な導電層として設けられている。10

#### 【0040】

なお、図示はしないが、圧電駆動装置 100 は、圧電素子 30 を覆うように設けられた絶縁層や、第 1 電極 32 と電気的に接続された第 1 配線層、および第 2 電極 36 と電気的に接続された第 2 配線層を有していてもよい。

#### 【0041】

図 6 は、圧電駆動装置 100 を説明するための等価回路を示す図である。圧電素子 30 は、3 つのグループに分けられる。第 1 グループは、2 つの圧電素子 30a, 30d を有する。第 2 グループは、2 つの圧電素子 30b, 30c を有する。第 3 グループは、1 つの圧電素子 30e のみを有する。図 6 に示すように、第 1 グループの圧電素子 30a, 30d は、互いに並列に接続され、駆動回路 110 に接続されている。第 2 グループの圧電素子 30b, 30c は、互いに並列に接続され、駆動回路 110 に接続されている。第 3 グループの圧電素子 30e は、単独で駆動回路 110 に接続されている。20

#### 【0042】

駆動回路 110 は、5 つの圧電素子 30a, 30b, 30c, 30d, 30e のうちの所定の圧電素子、例えば、圧電素子 30a, 30d, 30e の第 1 電極 32 と第 2 電極 36 との間に周期的に変化する交流電圧または脈流電圧を印加する。これにより、圧電駆動装置 100 は、振動体部 12 を超音波振動させて、接触部 20 に接触するローター（被駆動部材）を所定の回転方向に回転させることができる。ここで、「脈流電圧」とは、交流電圧に DC オフセットを付加した電圧を意味し、脈流電圧の電圧（電界）の向きは、一方の電極から他方の電極に向かう一方向である。30

#### 【0043】

なお、電界の向きは、第 1 電極 32 から第 2 電極 36 に向かうよりも第 2 電極 36 から第 1 電極 32 に向かう方が好ましい。また、圧電素子 30b, 30c, 30e の電極 32, 36 間に交流電圧または脈流電圧を印加することにより、接触部 20 に接触するローターを逆方向に回転させることができる。

#### 【0044】

図 7 は、圧電駆動装置 100 の振動体部 12 の動作を説明するための図である。圧電駆動装置 100 の接触部 20 は、図 7 に示すように、被駆動部材としてのローター 4 の外周に接触している。駆動回路 110 は、圧電素子 30a, 30d の電極 32, 36 間に交流電圧または脈流電圧を印加する。これにより、圧電素子 30a, 30d は、矢印 x の方向に伸縮する。これに応じて、振動体部 12 は、振動体部 12 の平面内で屈曲振動して蛇行形状（S 字形状）に変形する。さらに、駆動回路 110 は、圧電素子 30e の電極 32, 36 間に交流電圧または脈流電圧を印加する。これにより、圧電素子 30e は、矢印 y の方向に伸縮する。これにより、振動体部 12 は、振動体部 12 の平面内で縦振動する。上記のような振動体部 12 の屈曲振動および縦振動によって、振動体部 12 の接触部 20 との境界部は、矢印 z のように橿円運動する。その結果、ローター 4 は、その中心 4a の周りに所定の方向 R（図示の例では時計回り方向）に回転する。40

#### 【0045】

なお、駆動回路 110 が、圧電素子 30b, 30c, 30e の電極 32, 36 間に交流電圧または脈流電圧を印加する場合には、ローター 4 は、方向 R とは反対方向（反時計回り方向）に回転する。

#### 【0046】

また、振動体部 12 の屈曲振動の共振周波数と縦振動の共振周波数とは、同じであることが好ましい。これにより、圧電駆動装置 100 は、効率よくローター 4 を回転させることができる。

#### 【0047】

図 7 に示すように、本実施形態に係るモーター 120 は、本発明に係る圧電駆動装置（図示の例では圧電駆動装置 100）と、圧電駆動装置 100 によって回転されるローター 4 と、を含む。ローター 4 の材質は、例えば、セラミックスである。図示の例では、ローター 4 の形状は、円柱状である。

10

#### 【0048】

圧電駆動装置 100 は、例えば、以下の特徴を有する。

#### 【0049】

圧電駆動装置 100 では、ローター 4 に接触部 20 が押し当てられていないときの端部 12a と先端 20a との間の距離  $L_{x_0}$  と、ローター 4 に接触部 20 が押し当てられたときの端部 12a と先端 20a との間の距離  $L_{x_1}$  と、の差  $x$  は、振動体部 12 が駆動された場合の長手方向の振幅  $X_0$  より小さい。そのため、圧電駆動装置 100 では、振動体部 12 の（圧電駆動装置 100 の）駆動中に、接触部 20 は、ローター 4 と接触および離間を繰り返すことができる。その結果、圧電駆動装置 100 では、出力特性の安定化を図ることができる。

20

#### 【0050】

例えば、差  $x$  が振幅  $X_0$  以上の場合だと、振動体部 12 の駆動中に、接触部 20 はローター 4 と常に接触することになり、ローター 4 を回転することができない場合がある。そのため、出力特性が不安定になる場合がある。

#### 【0051】

圧電駆動装置 100 では、式（1）を満たす。これにより、圧電駆動装置 100 では、差  $x$  を振幅  $X_0$  より小さくすることができる（詳細は後述する「3. 実験例」参照）。

30

#### 【0052】

圧電駆動装置 100 では、式（2）を満たす。これにより、圧電駆動装置 100 では、差  $x$  を振幅  $X_0$  より小さくすることができる（詳細は後述する「3. 実験例」参照）。例えば圧電駆動装置 100 では、式（2）に基づいて、接着剤部 24 の長さ  $L_a$  を調整することにより、差  $x$  を振幅  $X_0$  より小さくすることができる。

#### 【0053】

ここで、圧電駆動装置 100 は、例えば、小型なロボットに用いられるため、圧電駆動装置 100 についても小型化で、かつ出力特性の安定したものが求められている。そのため、振幅  $X_0$  や、長さ  $W_s$ ,  $L_s$ ,  $T_s$  を大きくすることができない場合がある。さらに、先端部 22 は、耐久性の確保のため、大きさの他に材質が限定される。さらに、接着剤部 24 は、先端部 22 と振動体部 12 との接着性の確保のため、材質が限定される。すなわち、振幅  $X_0$ 、長さ  $W_s$ ,  $T_s$ ,  $L_s$ 、およびヤング率  $E_s$ ,  $E_a$  のパラメーターは、変更可能な範囲が狭い（自由度が低い）。したがって、これらのパラメーターを変更させて、差  $x$  を振幅  $X_0$  より小さくすることを実現することは、難しい場合がある。そこで、上述のように、式（2）に基づいて、接着剤部 24 の長さ  $L_a$  を調整して、差  $x$  を振幅  $X_0$  より小さくすることが有効となる場合がある。

40

#### 【0054】

圧電駆動装置 100 では、式（3）を満たす。そのため、圧電駆動装置 100 では、振動体部 12 が駆動された場合の長手方向の振幅  $X_0$  の上半分（ローター 4 側の半分）において、接触部 20 をローター 4 に接触させ、振幅  $X_0$  の下半分（ローター 4 とは反対側の

50

半分)において、接触部20をローター4から離間させることができる(詳細は後述する「3. 実験例」参照)。これにより、圧電駆動装置100では、接触部20は、振動体部12の動きを、効率よくローター4に伝えることができる。なお、差  $\times$  は、振幅  $X_0$  の半分以下であってもよい。

#### 【0055】

##### 2. 圧電駆動装置の製造方法

次に、本実施形態に係る圧電駆動装置の製造方法について、図面を参照しながら説明する。

#### 【0056】

図1および図2に示すように、基板10の振動体部12上に第1電極32を形成する。  
10 第1電極32は、例えば、スパッタ法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、真空蒸着法などによる成膜、およびパターニング(フォトリソグラフィーおよびエッチングによるパターニング)により形成される。

#### 【0057】

次に、第1電極32上に圧電体層34を形成する。圧電体層34、例えば、液相法による前駆体層の形成と該前駆体層の結晶化とを繰り返した後、パターニングすることによって形成される。液相法とは、薄膜(圧電体層)の構成材料を含む原料液を用いて薄膜材料を成膜する方法であり、具体的には、ゾルゲル法やMOD (Metal Organic Deposition) 法などである。結晶化は、酸素雰囲気において、例えば、70  
20 0 ~ 800 の熱処理により行われる。

#### 【0058】

次に、圧電体層34に第2電極36を形成する。第2電極36は、例えば、第1電極32と同じ方法で形成される。なお、図示はしないが、第2電極36のパターニングと圧電体層34のパターニングとは、同一の工程として行われてもよい。

#### 【0059】

以上の工程により、基板10の振動体部12上に、圧電素子30を形成することができる。

#### 【0060】

次に、接着剤部24を介して、先端部22を振動体部12の端部12aに接着させる。  
30 これにより、端部12aに接触部20を設けることができる。

#### 【0061】

以上の工程により、圧電駆動装置100を製造することができる。

#### 【0062】

##### 3. 実験例

以下に実験例を示し、本発明をより具体的に説明する。なお、本発明は、以下の実験例によって何ら限定されるものではない。

#### 【0063】

##### 3.1. 式(1)の算出

図4に示すように、接触部にローターを力(押圧力) $F_0$ で押し付けた場合の、接触部の変形量を  $x$  とすると、接触部の長手方向のバネ定数  $K$  は、下記式(4)となり、式(4)を展開して下記式(5)を得ることができる。  
40

#### 【0064】

$$K = F_0 / x \quad \dots \quad (4)$$

$$x = F_0 / K \quad \dots \quad (5)$$

#### 【0065】

一方、振動体部の振幅  $X_0$  と同じ量(長さ)だけ変形した場合の接触部の長手方向のバネ定数  $K_0$  は、下記式(6)となり、式(6)を展開して下記式(7)を得ることができる。

#### 【0066】

$$K_0 = F_0 / X_0 \quad \dots \quad (6)$$

10

20

30

40

50

$$X_0 = F_0 / K_0 \quad \dots \quad (7)$$

【0067】

変形量  $x$  が振幅  $X_0$  より小さくなるためには、 $x < X_0$  なので、式(5)および式(7)より、下記式(8)を得ることができ、さらに、式(8)を展開して下記式(9)を得ることができる。そして、式(6)および式(9)より、式(1)を得ることができる。

【0068】

$$F_0 / K < F_0 / K_0 \quad \dots \quad (8)$$

$$K > K_0 \quad \dots \quad (9)$$

$$K > F_0 / X_0 \quad \dots \quad (1)$$

10

【0069】

### 3.2. 式(2)の算出

接触部の先端部のバネ定数  $K_s$  は、下記式(10)となる。また、接触部の接着剤部のバネ定数  $K_a$  は、下記式(11)となる。

【0070】

$$K_s = E_s \times (W_s \times T_s) / L_s \quad \dots \quad (10)$$

$$K_a = E_s \times (W_s \times T_s) / L_a \quad \dots \quad (11)$$

【0071】

下記式(12)を満たせば、振動体部 12 の駆動中に、接触部 20 は、ローター 4 と接触および離間を繰り返すことができる。

20

【0072】

$$1 / ((1 / K_a) + (1 / K_s)) > F_0 / X_0 \quad \dots \quad (12)$$

【0073】

式(12)を展開して下記式(13), (14)を得ることができ、式(10), (11), (14)より下記式(15)を得ることができる。そして、式(15)を展開して、式(2)を得ることができる。

【0074】

$$1 / K_a + 1 / K_s < X_0 / F_0 \quad \dots \quad (13)$$

$$1 / K_a < X_0 / F_0 - 1 / K_s \quad \dots \quad (14)$$

$$L_a / (E_a \times W_s \times T_s) < X_0 / F_0 - L_s / (E_s \times W_s \times T_s) \quad \dots \quad (30)$$

15)

$$L_a < (X_0 / F_0) \times E_a \times W_s \times T_s - (L_s \times E_a) / E_s \quad \dots \quad (2)$$

【0075】

例えば先端部としてアルミナを用い、接着剤層として3M社製の弾性接着剤 590 を用い、各パラメーターを以下のように設定した場合、式(2)より、 $L_a < 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$  となる。

【0076】

$$F_0 = 0.4 \text{ N}$$

$$X_0 = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$E_s = 3.7 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

40

$$W_s = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$L_s = 1 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$T_s = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$E_a = 3 \times 10^7 \text{ Pa}$$

【0077】

さらに、下記式(16)として、上述と同様の計算を行うことにより、上記式(3)を得ることができる。式(16)は、振幅  $X_0$  の半分に相当する量(長さ)だけ、接触部が変形する条件である。したがって、式(3)を満たすことにより、振幅  $X_0$  の半分において、接触部をローターに接触させ、振幅  $X_0$  の他の半分において、接触部をローター 4 から離間させることができる。

50

## 【0078】

$$x = (1/2) \times X_0 \quad \dots \quad (16)$$

$$L_a < (1/2) \times (X_0 / F_0) \times E_a \times W_s \times T_s - (1/2) \times (L_s \times E_a) \\ / E_s \quad \dots \quad (3)$$

## 【0079】

## 4. 圧電駆動装置の変形例

次に、本実施形態の変形例に係る圧電駆動装置について、図面を参照しながら説明する。図8は、本実施形態の変形例に係る圧電駆動装置200を模式的に示す平面図である。以下、本実施形態の変形例に係る圧電駆動装置200において、本実施形態に係る圧電駆動装置100の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

10

## 【0080】

上述した圧電駆動装置100では、図3に示すように、接着剤部24は、先端部22と振動体部12との間にのみ設けられていた。これに対し、圧電駆動装置200では、図8に示すように、接着剤部24は、先端部22の側方にも設けられている。

## 【0081】

圧電駆動装置200では、圧電駆動装置100と同様に、出力特性の安定化を図ることができる。さらに、圧電駆動装置200では、接着剤部24が先端部22と振動体部12との間にのみ設けられている場合に比べて、先端部22と振動体部12との接着強度を大きくすることができる。

20

## 【0082】

なお、圧電駆動装置200についても、「3. 実験例」の計算を適用することができる。この場合、先端部22と接着剤部24と接触面23は、先端部22の側面ではない面(図示の例では端部12aと平行な面)となる。

## 【0083】

## 5. 圧電駆動装置を用いた装置

本発明に係る圧電駆動装置は、共振を利用して被駆動体に対して大きな力を与えることができるものであり、各種の装置に適用可能である。本発明に係る圧電駆動装置は、例えば、ロボット(電子部品搬送装置(I Cハンドラー)も含む)、投薬用ポンプ、時計のカレンダー送り装置、印刷装置の紙送り機構等の各種の機器における駆動装置として用いることが出来る。以下、代表的な実施の形態について説明する。以下では、本発明に係る圧電駆動装置として、圧電駆動装置100を含む装置について説明する。

30

## 【0084】

## 5.1. ロボット

図9は、圧電駆動装置100を利用したロボット2050を説明するための図である。ロボット2050は、複数本のリンク部2012(「リンク部材」とも呼ぶ)と、それらリンク部2012の間を回動または屈曲可能な状態で接続する複数の関節部2020と、を備えたアーム2010(「腕部」とも呼ぶ)を有している。

## 【0085】

それぞれの関節部2020には、圧電駆動装置100が内蔵されており、圧電駆動装置100を用いて関節部2020を任意の角度だけ回動または屈曲させることが可能である。アーム2010の先端には、ロボットハンド2000が接続されている。ロボットハンド2000は、一対の把持部2003を備えている。ロボットハンド2000にも圧電駆動装置100が内蔵されており、圧電駆動装置100を用いて把持部2003を開閉して物を把持することが可能である。また、ロボットハンド2000とアーム2010との間にも圧電駆動装置100が設けられており、圧電駆動装置100を用いてロボットハンド2000をアーム2010に対して回転させることも可能である。

40

## 【0086】

図10は、図9に示したロボット2050の手首部分を説明するための図である。手首の関節部2020は、手首回動部2022を挟持しており、手首回動部2022に手首の

50

リンク部 2012 が、手首回動部 2022 の中心軸〇周りに回動可能に取り付けられている。手首回動部 2022 は、圧電駆動装置 100 を備えており、圧電駆動装置 100 は、手首のリンク部 2012 およびロボットハンド 2000 を中心軸〇周りに回動させる。ロボットハンド 2000 には、複数の把持部 2003 が立設されている。把持部 2003 の基端部はロボットハンド 2000 内で移動可能となっており、この把持部 2003 の根元の部分に圧電駆動装置 100 が搭載されている。このため、圧電駆動装置 100 を動作させることで、把持部 2003 を移動させて対象物を把持することができる。なお、ロボットとしては、単腕のロボットに限らず、腕の数が 2 以上の多腕ロボットにも圧電駆動装置 100 を適用可能である。

## 【0087】

10

ここで、手首の関節部 2020 やロボットハンド 2000 の内部には、圧電駆動装置 100 の他に、力覚センサーやジャイロセンサー等の各種装置に電力を供給する電力線や、信号を伝達する信号線等が含まれ、非常に多くの配線が必要になる。したがって、関節部 2020 やロボットハンド 2000 の内部に配線を配置することは非常に困難だった。しかしながら、圧電駆動装置 100 は、通常の電動モーターよりも駆動電流を小さくできるので、関節部 2020（特に、アーム 2010 の先端の関節部）やロボットハンド 2000 のような小さな空間でも配線を配置することが可能になる。

## 【0088】

## 5.2. ポンプ

20

図 11 は、圧電駆動装置 100 を利用した送液ポンプ 2200 の一例を示す説明するための図である。送液ポンプ 2200 は、ケース 2230 内に、リザーバー 2211 と、チューブ 2212 と、圧電駆動装置 100 と、ローター 2222 と、減速伝達機構 2223 と、カム 2202 と、複数のフィンガー 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219 と、を含む。

## 【0089】

30

リザーバー 2211 は、輸送対象である液体を収容するための収容部である。チューブ 2212 は、リザーバー 2211 から送り出される液体を輸送するための管である。圧電駆動装置 100 の接触部 20 は、ローター 2222 の側面に押し付けた状態で設けられており、圧電駆動装置 100 がローター 2222 を回転駆動する。ローター 2222 の回転力は減速伝達機構 2223 を介してカム 2202 に伝達される。フィンガー 2213 から 2219 はチューブ 2212 を閉塞させるための部材である。カム 2202 が回転すると、カム 2202 の突起部 2202A によってフィンガー 2213 から 2219 が順番に放射方向外側に押される。フィンガー 2213 から 2219 は、輸送方向上流側（リザーバー 2211 側）から順にチューブ 2212 を閉塞する。これにより、チューブ 2212 内の液体が順に下流側に輸送される。こうすれば、ごく僅かな量を精度良く送液可能で、しかも小型な送液ポンプ 2200 を実現することができる。

## 【0090】

なお、各部材の配置は図示されたものには限られない。また、フィンガーなどの部材を備えず、ローター 2222 に設けられたボールなどがチューブ 2212 を閉塞する構成であってもよい。上記のような送液ポンプ 2200 は、インシュリンなどの薬液を人体に投与する投薬装置などに活用できる。ここで、圧電駆動装置 100 を用いることにより、通常の電動モーターよりも駆動電流を小さくできるので、投薬装置の消費電力を抑制することができる。したがって、投薬装置を電池駆動する場合は、特に有効である。

40

## 【0091】

本発明は、本願に記載の特徴や効果を有する範囲で一部の構成を省略したり、各実施形態や変形例を組み合わせたりしてもよい。

## 【0092】

50

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実

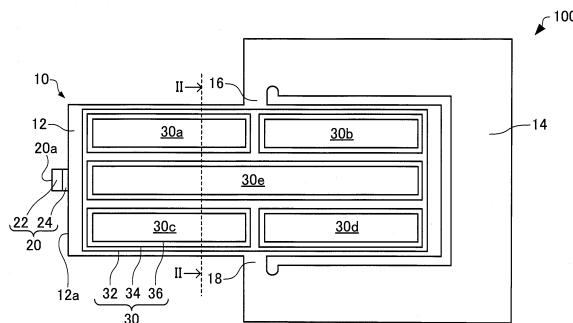
施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

### 【符号の説明】

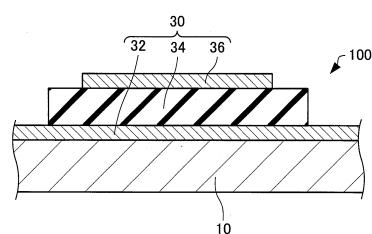
#### 【0093】

4...ローター、4a...中心、10...基板、12...振動体部、12a...端部、14...固定部  
 、16...第1接続部、18...第2接続部、20...接触部材、20a...先端、22...先端部  
 、23...接触面、24...接着剤部、30, 30a, 30b, 30c, 30d, 30e...圧  
 電素子、32...第1電極、34...圧電体層、36...第2電極、100...圧電駆動装置、1  
 10...駆動回路、120...モーター、2000...ロボットハンド、2003...把持部、2  
 010...アーム、2012...リンク部、2020...関節部、2050...ロボット、220  
 0...送液ポンプ、2202...カム、2202A...突起部、2211...リザーバー、221  
 2...チューブ、2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 221  
 9...フィンガー、2222...ローター、2223...減速伝達機構、2230...ケース  
 10  
 20  
 30  
 40  
 50  
 60  
 70  
 80  
 90  
 100  
 110  
 120  
 130  
 140  
 150  
 160  
 170  
 180  
 190  
 200  
 210  
 220  
 230  
 240  
 250  
 260  
 270  
 280  
 290  
 300  
 310  
 320  
 330  
 340  
 350  
 360  
 370  
 380  
 390  
 400  
 410  
 420  
 430  
 440  
 450  
 460  
 470  
 480  
 490  
 500  
 510  
 520  
 530  
 540  
 550  
 560  
 570  
 580  
 590  
 600  
 610  
 620  
 630  
 640  
 650  
 660  
 670  
 680  
 690  
 700  
 710  
 720  
 730  
 740  
 750  
 760  
 770  
 780  
 790  
 800  
 810  
 820  
 830  
 840  
 850  
 860  
 870  
 880  
 890  
 900  
 910  
 920  
 930  
 940  
 950  
 960  
 970  
 980  
 990

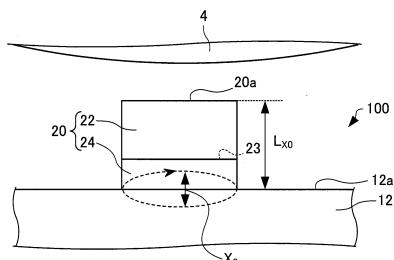
【図1】



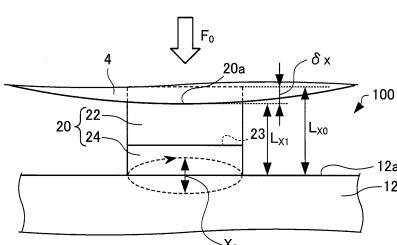
【図2】



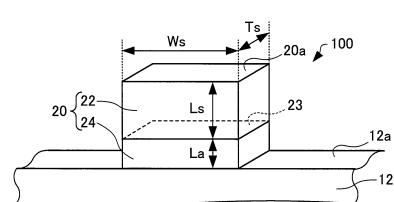
【図3】



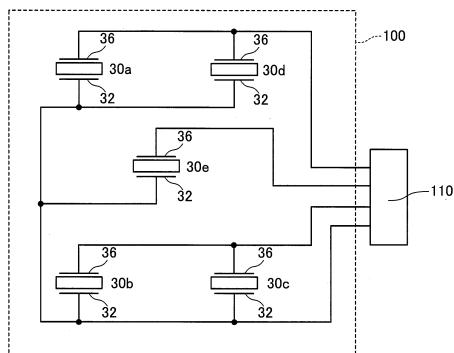
【図4】



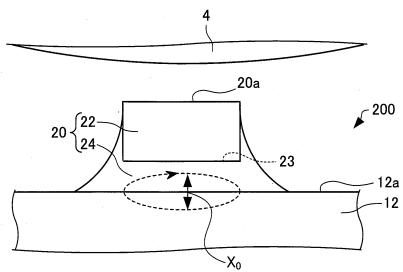
【図5】



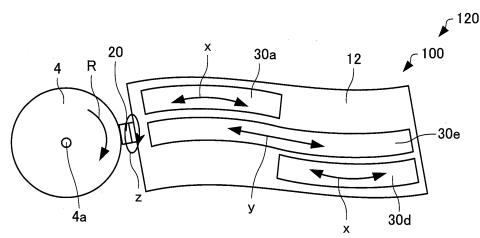
【図6】



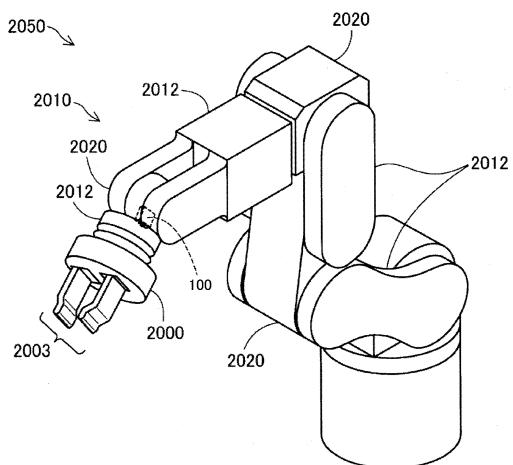
【図8】



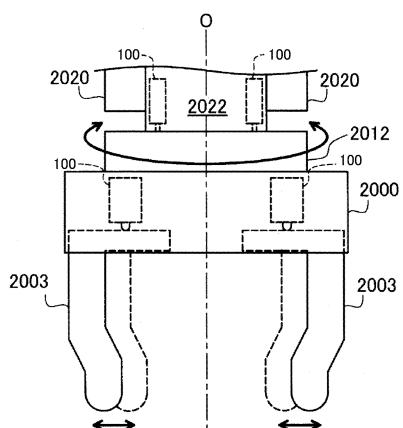
【図7】



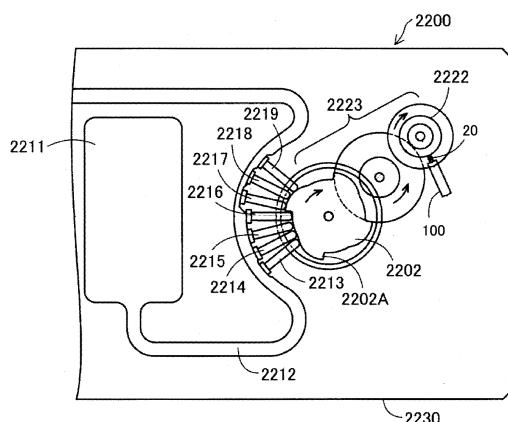
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-086991(JP,A)  
特開2005-203725(JP,A)  
中国特許出願公開第102651623(CN,A)  
特開2003-008093(JP,A)  
特開2013-121191(JP,A)  
特開2014-088879(JP,A)  
特開2013-013218(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|        |             |
|--------|-------------|
| H 02 N | 2 / 1 0     |
| B 25 J | 1 9 / 0 0   |
| F 04 B | 4 3 / 1 2   |
| H 01 L | 4 1 / 0 9   |
| H 01 L | 4 1 / 1 8 7 |