

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6405785号
(P6405785)

(45) 発行日 平成30年10月17日(2018.10.17)

(24) 登録日 平成30年9月28日(2018.9.28)

(51) Int. Cl.	F 1
HO2N 2/00 (2006.01)	HO2N 2/00
HO1L 41/053 (2006.01)	HO1L 41/053
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/09
B25J 17/00 (2006.01)	B25J 17/00

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-164630 (P2014-164630)
(22) 出願日	平成26年8月13日 (2014.8.13)
(65) 公開番号	特開2016-40992 (P2016-40992A)
(43) 公開日	平成28年3月24日 (2016.3.24)
審査請求日	平成29年6月13日 (2017.6.13)

(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	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(72) 発明者	橋本 泰治 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 島倉 理

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧電駆動装置、ロボット、及び、それらの駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1面及び第2面を有する振動板と、
 第1圧電素子を有し前記振動板の第1面に配置された第1圧電振動体と、
 第2圧電素子を有し前記振動板の第2面に配置された第2圧電振動体と、
 前記振動板に設けられて被駆動体に接する突起部と、
 を備え、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体は、前記振動板に対して互いに非対称である非対称性を有し、

前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いにずれた位置に配置されていることを含む、圧電駆動装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の圧電駆動装置において、
 前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体が前記第1方向に5μm～30μm互いにずれた位置に配置されている

10

20

ことを含む、圧電駆動装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の圧電駆動装置において、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体が前記第2方向に $5 \mu m \sim 30 \mu m$ 互いにずれた位置に配置されていることを含む、圧電駆動装置。

【請求項 4】

第1面及び第2面を有する振動板と、

第1圧電素子を有し前記振動板の第1面に配置された第1圧電振動体と、

第2圧電素子を有し前記振動板の第2面に配置された第2圧電振動体と、

前記振動板に設けられて被駆動体に接する突起部と、

を備え、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体は、前記振動板に対して互いに非対称である非対称性を有し、

前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1圧電素子と前記第2圧電素子が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いにずれた位置に配置されていることを含む、圧電駆動装置。

【請求項 5】

第1面及び第2面を有する振動板と、

第1圧電素子を有し前記振動板の第1面に配置された第1圧電振動体と、

第2圧電素子を有し前記振動板の第2面に配置された第2圧電振動体と、

前記振動板に設けられて被駆動体に接する突起部と、

を備え、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体は、前記振動板に対して互いに非対称である非対称性を有し、

前記第1圧電振動体は、第1基板と、前記第1基板の上に形成された前記第1圧電素子と、を有し、

前記第2圧電振動体は、第2基板と、前記第2基板の上に形成された前記第2圧電素子と、を有し、

前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1基板と前記第2基板が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いにずれた位置に配置されていることを含む、圧電駆動装置。

【請求項 6】

第1面及び第2面を有する振動板と、

第1圧電素子を有し前記振動板の第1面に配置された第1圧電振動体と、

第2圧電素子を有し前記振動板の第2面に配置された第2圧電振動体と、

前記振動板に設けられて被駆動体に接する突起部と、

を備え、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体は、前記振動板に対して互いに非対称である非対称性を有し、

前記第1圧電振動体は、第1基板と、前記第1基板の上に形成された前記第1圧電素子と、を有し、

10

20

30

40

50

前記第2圧電振動体は、第2基板と、前記第2基板の上に形成された前記第2圧電素子と、を有し、

前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1基板と前記第2基板が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いに長さが異なることを含む、圧電駆動装置。

【請求項7】

請求項1～6のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

10

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の圧電体の厚みは0.5μm以上20μm以下である、圧電駆動装置。

【請求項8】

請求項1～7のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の圧電体の厚みは0.5μm以上3μm以下である、圧電駆動装置。

【請求項9】

複数のリンク部と

前記複数のリンク部を接続する関節部と、

前記複数のリンク部を前記関節部で屈曲させる請求項1～8のいずれか一項に記載の圧電駆動装置と、
を備えるロボット。

20

【請求項10】

請求項9に記載のロボットの駆動方法であって

前記圧電駆動装置の駆動回路は、交流電圧又は交流電圧にオフセット電圧を加えた電圧を駆動電圧として前記圧電駆動装置の前記第1圧電素子及び前記第2圧電素子に印加することによって、前記複数のリンク部を前記関節部で屈曲させる、ロボットの駆動方法。

【請求項11】

電子部品搬送装置であって、

電子部品を把持する把持装置と、

30

前記把持装置を移動させるための少なくとも1つのステージと、

前記ステージを移動させる請求項1～8のいずれか一項に記載の圧電駆動装置と、
を備える、電子部品搬送装置。

【請求項12】

請求項1～8のいずれか一項に記載の圧電駆動装置の駆動方法であって、

交流電圧又は交流電圧にオフセット電圧を加えた電圧を駆動電圧として前記圧電駆動装置の前記第1圧電素子及び前記第2圧電素子に印加する、圧電駆動装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、圧電駆動装置、及び、圧電駆動装置を備えるロボットなどの各種の装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、圧電素子を用いた圧電アクチュエーター（圧電駆動装置）が知られている（例えば特許文献1）。この圧電駆動装置の基本的な構成は、補強板の2つの面のそれぞれの上に、4つの圧電素子が2行2列に配置された構成であり、合計で8つの圧電素子が補強板の両側に設けられている。個々の圧電素子は、圧電体をそれぞれ2枚の電極で挟んだユニットであり、補強板は、圧電素子の一方の電極としても利用される。補強板の一端には、被駆動体としてのローターに接してローターを回転させるための突起部が設けられて

50

いる。4つの圧電素子のうちの対角に配置された2つの圧電素子に交流電圧を印加すると、この2つの圧電素子が伸縮運動を行い、これに応じて補強板の突起部が往復運動又は橈円運動を行う。そして、この補強板の突起部の往復運動又は橈円運動に応じて、被駆動体としてのローターが所定の回転方向に回転する。また、交流電圧を印加する2つの圧電素子を他の2つの圧電素子に切り換えることによって、ローターを逆方向に回転させることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-320979号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、本願の発明者らは、従来の圧電駆動装置において、突起部が被駆動体に接触する接触点において摩耗が集中してしまい、突起部が過度に消耗してしまうという問題を見出した。このような問題は、圧電駆動装置を小型化するために薄膜の圧電素子（圧電体）を利用する場合に特に顕著であった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

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、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

20

【0006】

(1) 本発明の一形態によれば、第1面及び第2面を有する振動板と、第1圧電素子を有し前記振動板の第1面に配置された第1圧電振動体と、第2圧電素子を有し前記振動板の第2面に配置された第2圧電振動体と、前記振動板に設けられて被駆動体に接する突起部と、を備える圧電駆動装置が提供される。前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体は、前記振動板に対して互いに非対称である非対称性を有する。

この圧電駆動装置によれば、第1圧電振動体と第2圧電振動体が振動板に対して互いに非対称な非対称性を有しているので、突起部が被駆動体に接触する接触点の位置が変化し、この結果、突起部の摩耗の集中を緩和することができる。

30

【0007】

(2) 上記圧電駆動装置において、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いにずれた位置に配置されていることを含むものとしてもよい。

この構成によれば、第1圧電振動体と第2圧電振動体が互いにずれていることによって、突起部の摩耗の集中を緩和することができる。

40

【0008】

(3) 上記圧電駆動装置において、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体が前記第1方向に5μm～30μm互いにずれた位置に配置されていることを含むものとしてもよい。

この構成によれば、第1圧電振動体と第2圧電振動体が、長手方向である第1方向にずれた位置に配置されているので、このずれによって第3方向（積層方向）における変形量を大きくすることができ、突起部の摩耗の集中を緩和することができる。また、ずれ量を5μm～30μmの範囲に収めることによって、摩耗の集中を十分に緩和できるとともに、ずれによる過度の変形を抑制できる。

【0009】

50

(4) 上記圧電駆動装置において、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体が前記第2方向に $5 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ 互いにずれた位置に配置されていることを含むものとしてもよい。

この構成によれば、第1圧電振動体と第2圧電振動体が、短手方向である第2方向にずれた位置に配置されているので、第1方向と第2方向を含む面上における圧電駆動装置の振動の節の位置がこのずれによって影響を受けないので、ずれによる振動低下の影響を緩和することができる。また、ずれ量を $5 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲に収めることによって、摩耗の集中を十分に緩和できるとともに、ずれによる過度の変形を抑制できる。

【0010】

(5) 上記圧電駆動装置において、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1圧電素子と前記第2圧電素子が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いにずれた位置に配置されていることを含むものとしてもよい。

この構成によれば、第1圧電素子と第2圧電素子が互いにずれていることによって、突起部の摩耗の集中を緩和することができる。

【0011】

(6) 上記圧電駆動装置において、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、

前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1圧電素子と前記第2圧電素子が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いに長さが異なることを含むものとしてもよい。

この構成によれば、第1圧電素子と第2圧電素子の長さが互いに異なることによって、突起部の摩耗の集中を緩和することができる。

【0012】

(7) 上記圧電駆動装置において、前記第1圧電振動体は、第1基板と、前記第1基板の上に形成された前記第1圧電素子と、を有し、前記第2圧電振動体は、第2基板と、前記第2基板の上に形成された前記第2圧電素子と、を有し、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1基板と前記第2基板が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いにずれた位置に配置されていることを含むものとしてもよい。

この構成によれば、第1基板と第2基板が互いにずれていることによって、突起部の摩耗の集中を緩和することができる。

【0013】

(8) 上記圧電駆動装置において、前記第1圧電振動体は、第1基板と、前記第1基板の上に形成された前記第1圧電素子と、を有し、前記第2圧電振動体は、第2基板と、前記第2基板の上に形成された前記第2圧電素子と、を有し、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体は、第1方向を長手方向とし、前記第1方向と直交する第2方向を短手方向としたとき、前記第1圧電振動体と前記第2圧電振動体の前記非対称性は、前記第1圧電振動体と前記振動板と前記第2圧電振動体とで構成される積層構造の積層方向である第3方向から前記積層構造を見たときに、前記第1基板と前記第2基板が前記第1方向と前記第2方向とのうちの少なくとも1つの方向において互いに長さが異なることを

10

20

30

40

50

含むものとしてもよい。

この構成によれば、第1基板と第2基板の長さが互いに異なることによって、突起部の摩耗の集中を緩和することができる。

【0014】

(9) 上記圧電駆動装置において、前記圧電体の厚みは0.5μm以上20μm以下であるものとしてもよい。

この構成によれば、圧電体の厚みが0.5μm以上20μm以下の範囲の薄膜の場合に突起部の摩耗の集中が顕著なので、その緩和効果がより顕著である。

【0015】

(10) 上記圧電駆動装置において、前記圧電体の厚みは0.5μm以上3μm以下であるものとしてもよい。

この構成によれば、圧電体の厚みが3μmを超える場合に比べて、突起部の摩耗の集中の緩和効果がより顕著である。

【0016】

本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、圧電駆動装置の他、圧電駆動装置の駆動方法、圧電駆動装置の製造方法、圧電駆動装置を搭載するロボットなどの各種の装置及びその駆動方法等、様々な形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1実施形態の圧電駆動装置の概略構成を示す平面図及び断面図。

20

【図2】圧電振動体の非対称性の一例を示す説明図。

【図3】振動板の平面図。

【図4】圧電駆動装置と駆動回路の電気的接続状態を示す説明図。

【図5】圧電駆動装置の動作の例を示す説明図。

【図6】ずれによる非対称性の例を示す説明図。

【図7】寸法差による非対称性の例を示す説明図。

【図8】他の実施形態の圧電駆動装置の断面図。

【図9】他の実施形態の圧電駆動装置の平面図。

【図10】圧電駆動装置を利用したロボットの一例を示す説明図。

【図11】ロボットの手首部分の説明図。

30

【図12】圧電駆動装置を利用した送液ポンプの一例を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

・第1実施形態：

図1(A)は、本発明の第1実施形態における圧電駆動装置10の概略構成を示す平面図であり、図1(B)はそのB-B断面図である。圧電駆動装置10は、振動板200と、振動板200の両面(第1面211と第2面212)にそれぞれ配置された2つの圧電振動体100a, 100bとを備える。圧電振動体100a, 100bのそれぞれは、基板120と、基板120の上に形成された第1電極130と、第1電極130の上に形成された圧電体140と、圧電体140の上に形成された第2電極150と、を備えている。第1電極130と第2電極150は、圧電体140を挟持している。2つの圧電振動体100a, 100bは、振動板200に対して非対称である非対称性を有する。この非対称性については更に後述する。但し、図1(B)では、図示の便宜上、2つの圧電振動体100a, 100bが同一の構造及び配置を有するものとして描かれている。2つの圧電振動体100a, 100bは同じ構成を有しているので、以下では特に断らない限り、振動板200の上側にある第1圧電振動体100aの構成を説明する。なお、2つの圧電振動体100a, 100bを区別する必要が無い場合には、「圧電振動体100」と総称する。また、図1及び後述するいくつかの図において、振動板200や圧電振動体100の長手方向(第1方向)をX方向とし、短手方向(第2方向)をY方向とし、それらの積層構造における積層方向(第3方向)をZ方向として図示している。これらの3つの方向X

40

50

, Y, Z は互いに直交する方向である。

【0019】

圧電振動体 100 の基板 120 は、第 1 電極 130 と圧電体 140 と第 2 電極 150 を成膜プロセスで形成するための基板として使用される。また、基板 120 は機械的な振動を行う振動板としての機能も有する。基板 120 は、例えば、Si, Al₂O₃, ZrO₂ などで形成することができる。Si 製の基板 120 として、例えば半導体製造用の Si ウエハーを利用することができる。この実施形態において、基板 120 の平面形状は長方形である。基板 120 の厚みは、例えば 10 μm 以上 100 μm 以下の範囲とすることが好ましい。基板 120 の厚みを 10 μm 以上とすれば、基板 120 上の成膜処理の際に基板 120 を比較的容易に取扱うことができる。また、基板 120 の厚みを 100 μm 以下とすれば、薄膜で形成された圧電体 140 の伸縮に応じて、基板 120 を容易に振動させることができる。10

【0020】

第 1 電極 130 は、基板 120 上に形成された 1 つの連続的な導電体層として形成されている。一方、第 2 電極 150 は、図 1 (A) に示すように、5 つの導電体層 150a ~ 150e (「第 2 電極 150a ~ 150e」とも呼ぶ) に区分されている。中央にある第 2 電極 150e は、基板 120 の幅方向の中央において、基板 120 の長手方向のほぼ全体に亘る長方形形状に形成されている。他の 4 つの第 2 電極 150a, 150b, 150c, 150d は、同一の平面形状を有しており、基板 120 の四隅の位置に形成されている。図 1 の例では、第 1 電極 130 と第 2 電極 150 は、いずれも長方形の平面形状を有している。第 1 電極 130 や第 2 電極 150 は、例えばスパッタリングによって形成される薄膜である。第 1 電極 130 や第 2 電極 150 の材料としては、例えば Al (アルミニウム) や、Ni (ニッケル)、Au (金)、Pt (白金)、Ir (イリジウム) などの導電性の高い任意の材料を利用可能である。なお、第 1 電極 130 を 1 つの連続的な導電体層とする代わりに、第 2 電極 150a ~ 150e と実質的に同じ平面形状を有する 5 つの導電体層に区分してもよい。なお、第 2 電極 150a ~ 150e の間の電気的接続のための配線 (又は配線層及び絶縁層) と、第 1 電極 130 及び第 2 電極 150a ~ 150e と駆動回路との間の電気的接続のための配線 (又は配線層及び絶縁層) とは、図 1 では図示が省略されている。20

【0021】

圧電体 140 は、第 2 電極 150a ~ 150e と実質的に同じ平面形状を有する 5 つの圧電体層として形成されている。この代わりに、圧電体 140 を、第 1 電極 130 と実質的に同じ平面形状を有する 1 つの連続的な圧電体層として形成してもよい。第 1 電極 130 と圧電体 140 と第 2 電極 150a ~ 150e との積層構造によって、5 つの圧電素子 110a ~ 110e (図 1 (A)) が構成される。30

【0022】

圧電体 140 は、例えばゾル - ゲル法やスパッタリング法によって形成される薄膜である。圧電体 140 の材料としては、ABO₃ 型のペロブスカイト構造を採るセラミックスなど、圧電効果を示す任意の材料を利用可能である。ABO₃ 型のペロブスカイト構造を採るセラミックスとしては、例えばチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT)、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、ニオブ酸カリウム、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、タングステン酸ナトリウム、酸化亜鉛、チタン酸バリウムストロンチウム (BST)、タンタル酸ストロンチウムビスマス (SBT)、メタニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等を用いることが可能である。またセラミック以外の圧電効果を示す材料、例えばポリフッ化ビニリデン、水晶等を用いることも可能である。圧電体 140 の厚みは、例えば 50 nm (0.05 μm) 以上 20 μm 以下の範囲とすることが好ましい。この範囲の厚みを有する圧電体 140 の薄膜は、成膜プロセスを利用して容易に形成することができる。圧電体 140 の厚みを 0.05 μm 以上とすれば、圧電体 140 の伸縮に応じて十分に大きな力を発生することができる。また、圧電体 140 の厚みを 20 μm 以下とすれば、圧電駆動装置 10 を十分に小型化することができる。40

【0023】

図2は、2つの圧電振動体100a, 100bの非対象性の一例を示す説明図である。この例では、2つの圧電振動体100a, 100bがX方向にずれ量Lだけ互いにずれている点が両者の非対称性に相当する。ずれ量Lとしては、例えば5μm以上30μm以下とすることが好ましく、10μm以上30μm以下とすることが更に好ましい。このようなずれ量LだけX方向(長手方向)にずれていることにより、振動板200の上下で力のアンバランスが生じ、振動板200の厚み方向の振動が生じて、振動板200の端部に設けられた突起部20が被駆動体に接触する接触点の位置が変化するため、突起部20の摩耗の集中を低減することができる。なお、2つの圧電振動体100a, 100bの構造や寸法は両者で同一である。本明細書において、「両者の寸法が同一」という語句は10、両者の差が5μm未満であることを意味する。

【0024】

図3は、振動板200の平面図である。振動板200は、長方形形状の振動体部210と、振動体部210の左右の長辺からそれぞれ3本ずつ延びる接続部220とを有しており、また、左右の3本の接続部220にそれぞれ接続された2つの取付部230を有している。なお、図3では、図示の便宜上、振動体部210にハッチングを付している。取付部230は、ネジ240によって他の部材に圧電駆動装置10を取り付けるために用いられる。振動板200は、例えば、ステンレス鋼、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン、チタン合金、銅、銅合金、鉄-ニッケル合金などの金属材料で形成することが可能である。20

【0025】

振動体部210の上面(第1面)及び下面(第2面)には、圧電振動体100a, 100b(図1)がそれぞれ接着剤を用いて接着される。振動体部210の長さLと幅Wの比は、L:W=約7:2とすることが好ましい。この比は、振動体部210がその平面に沿って左右に屈曲する超音波振動(後述)を行うために好ましい値である。振動体部210の長さLは、例えば3.5mm以上30mm以下の範囲とすることができます、幅Wは、例えば1mm以上8mm以下の範囲とすることができます。なお、振動体部210が超音波振動を行うために、長さLは50mm以下とすることが好ましい。振動体部210の厚み(振動板200の厚み)は、例えば50μm以上700μm以下の範囲とすることができます。振動体部210の厚みを50μm以上とすれば、圧電振動体100を支持するために十分な剛性を有するものとなる。また、振動体部210の厚みを700μm以下とすれば、圧電振動体100の変形に応じて十分に大きな変形を発生することができる。30

【0026】

振動板200の一方の短辺には、突起部20(「接触部」又は「作用部」とも呼ぶ)が設けられている。突起部20は、被駆動体と接触して、被駆動体に力を与えるための部材である。突起部20は、セラミックス(例えばAl₂O₃)などの耐久性がある材料で形成することが好ましい。

【0027】

図4は、圧電駆動装置10と駆動回路300の電気的接続状態を示す説明図である。5つの第2電極150a～150eのうちで、対角にある一対の第2電極150a, 150dが配線151を介して互いに電気的に接続され、他の対角の一対の第2電極150b, 150cも配線152を介して互いに電気的に接続されている。これらの配線151, 152は成膜処理によって形成しても良く、或いは、ワイヤ状の配線によって実現してもよい。図4の右側にある3つの第2電極150b, 150e, 150dと、第1電極130(図1)は、配線310, 312, 314, 320を介して駆動回路300に電気的に接続されている。駆動回路300は、一対の第2電極150a, 150dと第1電極130との間に周期的に変化する交流電圧又は脈流電圧を印加することにより、圧電駆動装置10を超音波振動させて、突起部20に接触するローター(被駆動体)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、その電圧(電界)の向きは、一方の電極から他方の電極に向かう40

一方向である。また、他の一対の第2電極150b, 150cと第1電極130との間に交流電圧又は脈流電圧を印加することにより、突起部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ある。このような電圧の印加は、振動板200の両面に設けられた2つの圧電振動体100に同時に行われる。なお、図4に示した配線151, 152, 310, 312, 314, 320を構成する配線（又は配線層及び絶縁層）は、図1では図示が省略されている。

【0028】

図5（A）は、圧電駆動装置10の動作の例を示す説明図である。圧電駆動装置10の突起部20は、被駆動体としてのローター50の外周に接触している。図5（A）に示す例では、駆動回路300（図4）は、一対の第2電極150a, 150dと第1電極130との間に交流電圧又は脈流電圧を印加しており、圧電素子110a, 110dは図5の矢印xの方向に伸縮する。これに応じて、圧電駆動装置10の振動体部210が振動体部210のXY平面内で屈曲して蛇行形状（S字形状）に変形し、突起部20の先端が矢印yの向きに往復運動するか、又は、橈円運動する。その結果、ローター50は、その中心51の周りに所定の方向z（図5（A）では時計回り方向）に回転する。図3で説明した振動板200の3つの接続部220（図3）は、このような振動体部210の振動の節（ふし）の位置に設けられている。なお、駆動回路300が、他の一対の第2電極150b, 150cと第1電極130との間に交流電圧又は脈流電圧を印加する場合には、ローター50は逆方向に回転する。なお、中央の第2電極150eに、一対の第2電極150a, 150d（又は他の一対の第2電極150b, 150c）と同じ電圧を印加すれば、圧電駆動装置10が長手方向に伸縮するので、突起部20からローター50に与える力をより大きくすることが可能である。なお、圧電駆動装置10（又は圧電振動体100）のこのような動作については、上記先行技術文献1（特開2004-320979号公報、又は、対応する米国特許第7224102号）に記載されており、その開示内容は参照により組み込まれる。

【0029】

図5（B）は、2つの圧電振動体100a, 100bの間に図2に示したようなズレがない場合における圧電駆動装置10とローター50との関係を示している。この例では、圧電駆動装置10がXY平面に対して若干傾いており、突起部20もやや傾いた状態でローター50に接している。但し、圧電駆動装置10の傾きはやや誇張して描いている。2つの圧電振動体100a, 100bの間にズレが無い場合には、ローター50に接する突起部20の接觸点がほとんど変化しないため、突起部20に摩耗の集中が生じやすい。また、ローター50に対して突起部20が傾いていない場合にも、同様に、突起部20に摩耗の集中が生じ得る。

【0030】

図5（C）は、2つの圧電振動体100a, 100bの間に図2に示したようなズレがある場合における圧電駆動装置10とローター50との関係を示している。この例では、2つの圧電振動体100a, 100bがX方向（長手方向）にずれ量Lだけ互いにずれているので、振動板200の上下で力のアンバランスが生じ、振動板200が厚み方向に湾曲する。図5（C）の例では振動板200が上に凸に湾曲しているが、実際には、上に凸の状態と下に凸の状態とが交互に現れるように振動板200が振動する。この結果、振動板200の端部に設けられた突起部20が被駆動体に接觸する接觸点の位置が変化するため、突起部20の摩耗の集中を低減することができる。従って、突起部20及び圧電駆動装置10の耐久性や信頼性も向上する。

【0031】

図6（A）～（C）は、ズレによる非対称性の例を示す説明図である。図6（A）は、2つの圧電振動体100a, 100bがX方向（長手方向）にずれ量Lだけ互いにずれている例であり、図2及び図5（C）に示したものと同じである。図6（B）は、2つの圧電振動体100a, 100bがY方向（短手方向）にずれ量Wだけ互いにずれている例である。この場合は、振動板200の湾曲方向が図5（C）とは90度異なるが、X方

10

20

30

40

50

向にずれている場合と同様に、突起部 20 の接触点の位置が変化するので、突起部 20 の摩耗の集中を低減することができる。また、Y 方向にずれている場合には、図 5 (A) に示した X-Y 平面内における振動の節が変わらないので、振動板 200 の左右に 3 本ずつ延びた接続部 220 (図 1 (A)) によって振動の節をきちんと支持することができる。従って、2 つの圧電振動体 100a, 100b 相互のずれによる振動損失がほとんど発生せず高効率である点で、X 方向にずれている場合 (図 6 (A)) よりも好ましい。一方、X 方向にずれている場合は、Y 方向にずれている場合に比べて、振動板 200 の湾曲が大きくなるので、突起部 20 の摩耗の集中を更に低減できる点で好ましい。図 6 (C) は、X 方向と Y 方向の両方にずれている例である。なお、図 6 (A) ~ (C) のいずれも例においても、X 方向のずれ量 L と Y 方向のずれ量 W は、それぞれ $5 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲に収めることができが好ましく、 $10 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲に収めることができが更に好ましい。ずれ量 L, W をこの範囲に収めることによって、突起部 20 の摩耗の集中を十分に緩和できるとともに、ずれによる過度の変形を抑制できる。

【0032】

図 7 (A) ~ (C) は、寸法差による非対称性の例を示す説明図である。図 7 (A) は、2 つの圧電振動体 100a, 100b が X 方向 (長手方向) の寸法差 ($L_1 + L_2$) を有する例である。この例では、第 2 圧電振動体 100b の両端が、第 1 圧電振動体 100a の両端よりも差 L_1 , L_2 だけ内側に存在しており、両者の寸法差が ($L_1 + L_2$) となっている。図 7 (A) の場合も、図 6 (A) の場合と同様に、突起部 20 の接触点の位置が変化するので、突起部 20 の摩耗の集中を低減することができる。図 7 (B) は、2 つの圧電振動体 100a, 100b が Y 方向 (短手方向) の寸法差 ($W_1 + W_2$) を有する例である。この場合も、図 6 (B) の場合と同様に、突起部 20 の接触点の位置が変化するので、突起部 20 の摩耗の集中を低減することができる。図 7 (C) は、X 方向と Y 方向の両方に寸法差 ($L_1 + L_2$), ($W_1 + W_2$) がある例である。なお、X 方向の寸法差 ($L_1 + L_2$) と Y 方向の寸法差 ($W_1 + W_2$) の値は、図 6 に示したずれ量 L, W の値の $1/2$ とすることが好ましい。すなわち、寸法差 ($L_1 + L_2$), ($W_1 + W_2$) は、いずれも $10 \mu\text{m} \sim 60 \mu\text{m}$ の範囲に収めることができが好ましく、 $20 \mu\text{m} \sim 60 \mu\text{m}$ の範囲に収めることができが更に好ましい。こうすれば、図 6 に示したずれによる非対称性の場合と同様に、突起部 20 の摩耗の集中を十分に緩和できるとともに、寸法差による過度の変形を抑制できる。また、X 方向の両端部の寸法差 L_1 , L_2 の比は任意であるが、いずれも 0 以上の値であることが好ましい。Y 方向両端部の寸法差 W_1 , W_2 も同様である。

【0033】

2 つの圧電振動体 100a, 100b の間の非対称性としては、図 6 及び図 7 に示した例を含めて以下のようなものを例示することができる。

<例 1> 第 1 圧電振動体 100a と第 2 圧電振動体 100b が、X 方向 (長手方向) と Y 方向 (短手方向) とのうちの少なくとも 1 つの方向において互いにずれた位置に配置されていること (図 6 (A) ~ (C))。

<例 2> 第 1 圧電振動体 100a と第 2 圧電振動体 100b が、X 方向 (長手方向) と Y 方向 (短手方向) とのうちの少なくとも 1 つの方向において互いに長さが異なること (図 7 (A) ~ (C))。

<例 3> 第 1 圧電振動体 100a の圧電素子 110 と第 2 圧電振動体 100b の圧電素子 110 が X 方向 (長手方向) と Y 方向 (短手方向) とのうちの少なくとも 1 つの方向において互いにずれた位置に配置されていること (図示省略)。

<例 4> 第 1 圧電振動体 100a の圧電素子 110 と第 2 圧電振動体 100b の圧電素子 110 が X 方向 (長手方向) と Y 方向 (短手方向) とのうちの少なくとも 1 つの方向において互いに長さが異なること (図示省略)。

<例 5> 第 1 圧電振動体 100a の基板 120 と第 2 圧電振動体 100b の基板 120 が X 方向 (長手方向) と Y 方向 (短手方向) とのうちの少なくとも 1 つの方向において互いにずれた位置に配置されていること (図示省略)。

10

20

30

40

50

<例6>第1圧電振動体100aの基板120と第2圧電振動体100bの基板120がX方向(長手方向)とY方向(短手方向)とのうちの少なくとも1つの方向において互いに長さが異なること(図示省略)。

【0034】

2つの圧電振動体100a, 100bがこれらの例1~6のような非対称性を有するようにすれば、図5~図7で説明したものと同様の理由により、突起部20の摩耗の集中を十分に緩和することが可能である。なお、例1, 例3, 例5では、X方向のずれ量とY方向のずれ量を、それぞれ5μm~30μmの範囲に収めることが好ましく、10μm~30μmの範囲に収めることが更に好ましい。また、例2, 例4, 例6では、X方向の寸法差とY方向の寸法差を、いずれも10μm~60μmの範囲に収めることが好ましく、20μm~60μmの範囲に収めることが更に好ましい。これらのずれ量や寸法差の値は、いずれも室温(20℃)で測定した値である。10

【0035】

以上のように、本実施形態によれば、第1圧電振動体100aと第2圧電振動体100bが振動板200に対して互いに非対称である非対称性を有しているので、突起部20が被駆動体(ローター50)に接触する接触点の位置が変化する。この結果、突起部20の摩耗の集中を緩和することが可能である。

【0036】

・圧電駆動装置の他の実施形態：

図8は、本発明の他の実施形態としての圧電駆動装置10aの断面図であり、第1実施形態の図1(B)に対応する図である。この圧電駆動装置10aでは、圧電振動体100が、図1(B)とは上下を逆にした状態で振動板200に配置されている。すなわち、ここでは、第2電極150が振動板200に近く、基板120が振動板200から最も遠くなるように配置されている。なお、図8においても、図1(B)と同様に、第2電極150a~150eの間の電気的接続のための配線(又は配線層及び絶縁層)と、第1電極130及び第2電極150a~150eと駆動回路との間の電気的接続のための配線(又は配線層及び絶縁層)とは、図示が省略されている。この圧電駆動装置10aも、第1実施形態と同様な効果を達成することができる。20

【0037】

図9(A)は、本発明の更に他の実施形態としての圧電駆動装置10bの平面図であり、第1実施形態の図1(A)に対応する図である。図9(A)~(C)では、図示の便宜上、振動板200の接続部220や取付部230は図示が省略されている。図9(A)の圧電駆動装置10bでは、一対の第2電極150b, 150cが省略されている。この圧電駆動装置10bも、図5に示すような1つの方向zにローター50を回転させることができある。なお、図9(A)の3つの第2電極150a, 150e, 150dには同じ電圧が印加されるので、これらの3つの第2電極150a, 150e, 150dを、連続する1つの電極層として形成してもよい。30

【0038】

図9(B)は、本発明の更に他の実施形態としての圧電駆動装置10cの平面図である。この圧電駆動装置10cでは、図1(A)の中央の第2電極150eが省略されており、他の4つの第2電極150a, 150b, 150c, 150dが図1(A)よりも大きな面積に形成されている。この圧電駆動装置10cも、第1実施形態とほぼ同様な効果を達成することができる。40

【0039】

図9(C)は、本発明の更に他の実施形態としての圧電駆動装置10dの平面図である。この圧電駆動装置10dでは、図1(A)の4つの第2電極150a, 150b, 150c, 150dが省略されており、1つの第2電極150eが大きな面積で形成されている。この圧電駆動装置10dは、長手方向に伸縮するだけであるが、突起部20から被駆動体(図示省略)に対して大きな力を与えることが可能である。

【0040】

10

20

30

40

50

図1及び図9(A)～(C)から理解できるように、圧電振動体100の第2電極150としては、少なくとも1つの電極層を設けることができる。但し、図1及び図9(A)、(B)に示す実施形態のように、長方形の圧電振動体100の対角の位置に第2電極150を設けるようにすれば、圧電振動体100及び振動板200を、その平面内で屈曲する蛇行形状に変形させることが可能である点で好ましい。

【0041】

・圧電駆動装置を用いた装置の実施形態：

上述した圧電駆動装置10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。圧電駆動装置10は、例えば、ロボット(電子部品搬送装置(EEPROM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(例えば紙送り機構。ただし、ヘッドに利用される圧電駆動装置では、振動板を共振させないので、ヘッドには適用不可である。)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。

【0042】

図10は、上述の圧電駆動装置10を利用したロボット2050の一例を示す説明図である。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の間を回動又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。それぞれの関節部2020には、上述した圧電駆動装置10が内蔵されており、圧電駆動装置10を用いて関節部2020を任意の角度だけ回動又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10が内蔵されており、圧電駆動装置10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10が設けられており、圧電駆動装置10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。

【0043】

図11は、図10に示したロボット2050の手首部分の説明図である。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に手首のリンク部2012が、手首回動部2022の中心軸O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10を備えており、圧電駆動装置10は、手首のリンク部2012及びロボットハンド2000を中心軸O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10が搭載されている。このため、圧電駆動装置10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。

【0044】

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10を適用可能である。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10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。従って、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、上述した実施形態の圧電駆動装置10は、通常の電動モーターや、従来の圧電駆動装置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。

【0045】

図12は、上述の圧電駆動装置10を利用した送液ポンプ2200の一例を示す説明図である。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10と、ローター2222と、減速伝達機構2223と、カム

10

20

30

40

50

2202と、複数のフィンガー2213、2214、2215、2216、2217、2218、2219と、が設けられている。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10の突起部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10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、極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。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、上述した実施形態の圧電駆動装置10を用いることにより、従来の圧電駆動装置よりも駆動電流が小さくなるので、投薬装置の消費電力を抑制することができる。従って、投薬装置を電池駆動する場合は、特に有効である。

【0046】

・変形例：

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0047】

・変形例1：

上記実施形態では、基板120の上に第1電極130と圧電体140と第2電極150とが形成されていたが、基板120を省略して、振動板200の上に第1電極130と圧電体140と第2電極150とを形成するようにしてもよい。

【0048】

以上、いくつかの実施例に基づいて本発明の実施の形態について説明してきたが、上記した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。

【符号の説明】

【0049】

10...圧電駆動装置

20...突起部

50...ローター

51...中心

100, 100a, 100b...圧電振動体

110...圧電素子

120...基板

130...第1電極

140...圧電体

150...第2電極

151, 152...配線

200...振動板

210...振動体部

211...第1面

10

20

30

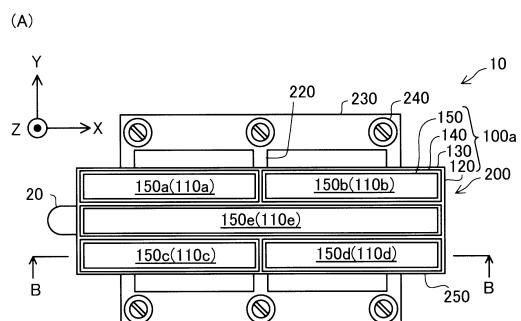
40

50

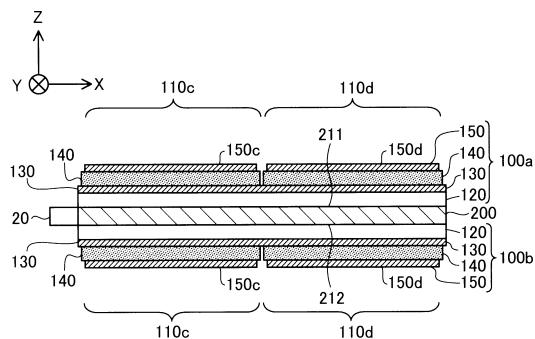
2 1 2 ... 第 2 面	10
2 2 0 ... 接続部	
2 3 0 ... 取付部	
2 4 0 ... ネジ	
3 0 0 ... 駆動回路	
3 1 0 , 3 1 2 , 3 1 4 , 3 2 0 ... 配線	
2 0 0 0 ... ロボットハンド	
2 0 0 3 ... 把持部	
2 0 1 0 ... アーム	
2 0 1 2 ... リンク部	
2 0 2 0 ... 関節部	
2 0 2 2 ... 手首回動部	
2 0 5 0 ... ロボット	
2 2 0 0 ... 送液ポンプ	
2 2 0 2 ... カム	
2 2 0 2 A ... 突起部	
2 2 1 1 ... リザーバー	
2 2 1 2 ... チューブ	
2 2 1 3 ... フィンガー	
2 2 2 2 ... ローター	20
2 2 2 3 ... 減速伝達機構	
2 2 3 0 ... ケース	

( 1)

1

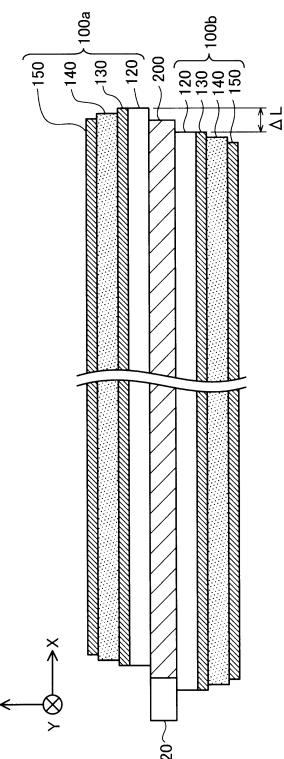


(B)



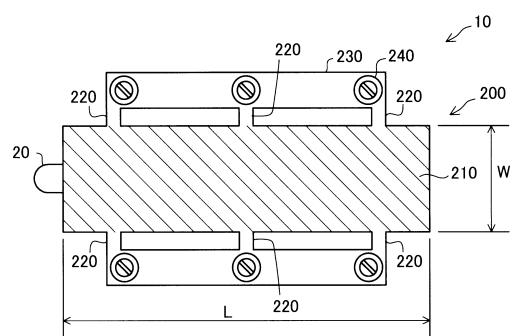
(2)

2



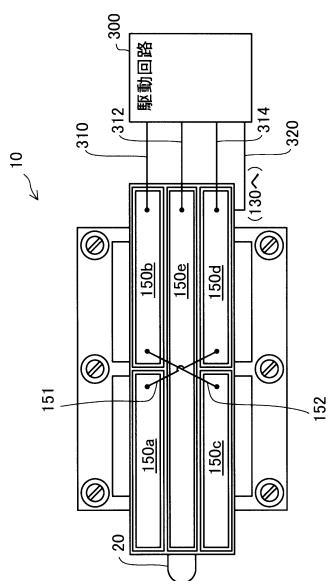
【図3】

図3



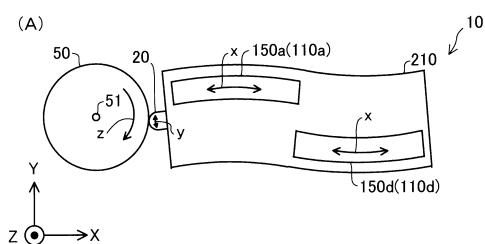
【図4】

図4

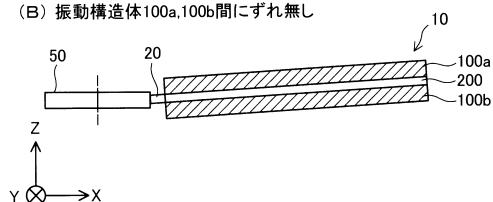


【図5】

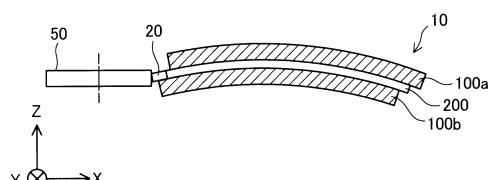
図5



(B) 振動構体100a,100b間にずれ無し

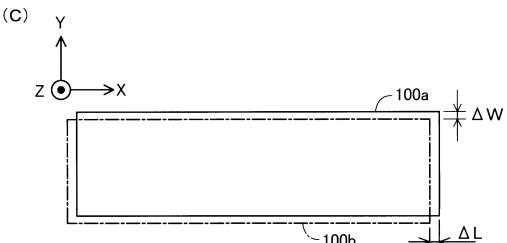
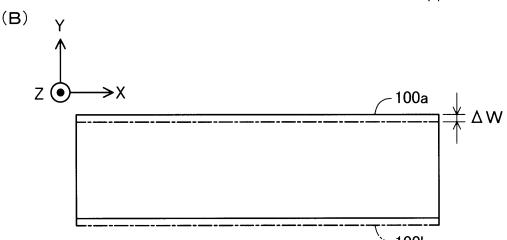
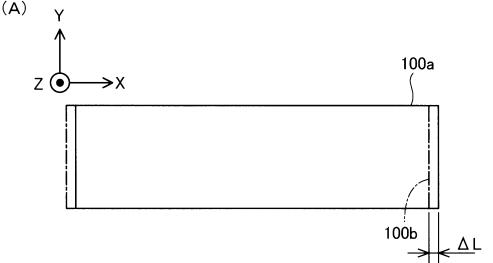


(C) 振動構体100a,100b間にずれ有り



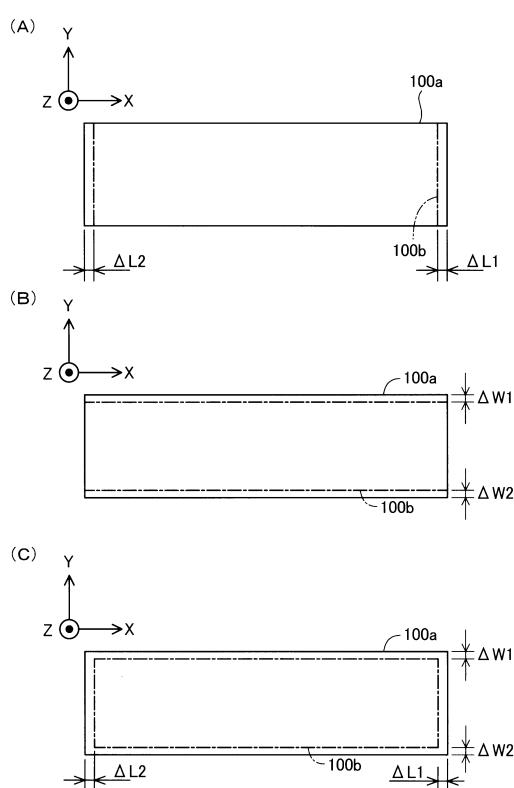
【図6】

図6



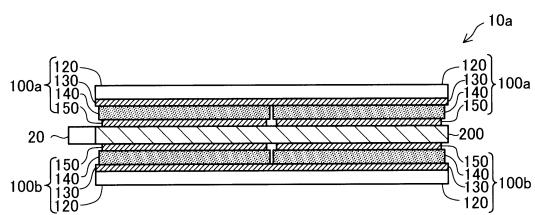
【図7】

図7



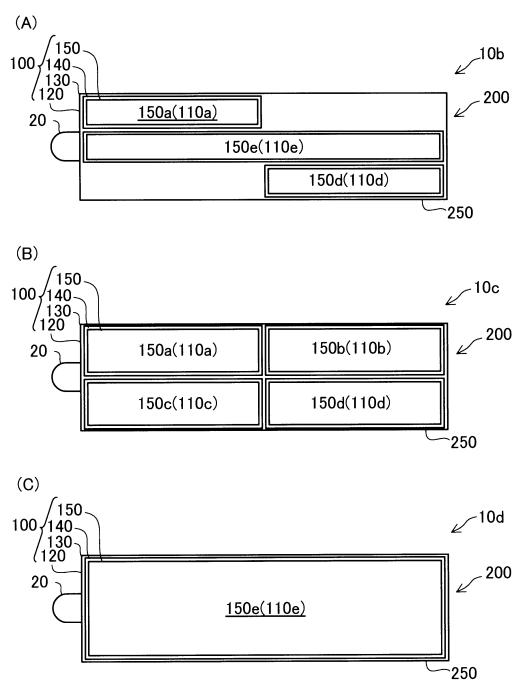
【図8】

図8



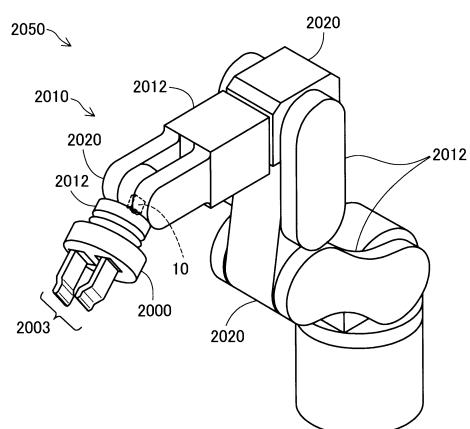
【図9】

図9



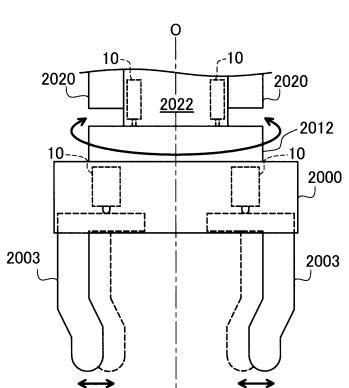
【図10】

図10



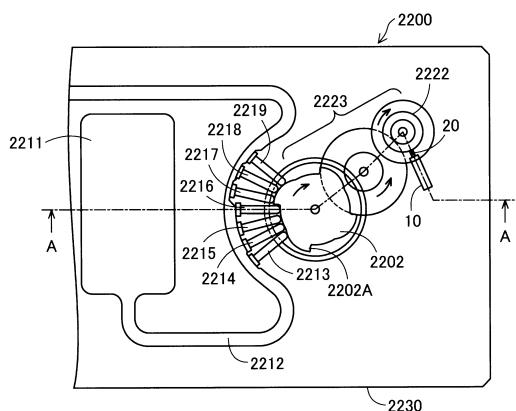
【図11】

図11



【図12】

図12



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-135072(JP,A)
特開2014-079134(JP,A)
特開2003-309446(JP,A)
特開2001-203557(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 N	2 / 00
B 25 J	17 / 00
H 01 L	41 / 053
H 01 L	41 / 09