

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6645195号  
(P6645195)

(45) 発行日 令和2年2月14日 (2020.2.14)

(24) 登録日 令和2年1月14日 (2020.1.14)

(51) Int.Cl.	F I
<b>H O 2 N 2/04 (2006.01)</b>	H O 2 N 2/04
<b>H O 1 L 41/09 (2006.01)</b>	H O 1 L 41/09
<b>H O 1 L 41/047 (2006.01)</b>	H O 1 L 41/047

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-3481 (P2016-3481)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成28年1月12日 (2016.1.12)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-127057 (P2017-127057A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成29年7月20日 (2017.7.20)	(74) 代理人	100090387
審査請求日	平成30年12月25日 (2018.12.25)		弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(72) 発明者	山田 大介
			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	津久井 道夫

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、ならびにポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

振動板と、

前記振動板の上方に設けられた第1電極層と、

前記第1電極層の上方に設けられた圧電体層と、

前記圧電体層の上方に設けられた第2電極層と、

前記第2電極層の上方に設けられた第1絶縁層と、

前記第1絶縁層に設けられたコンタクトホールを介して、前記第1電極層または前記第2電極層と電氣的に接続されている配線層と、

前記第1絶縁層の上方に設けられた第2絶縁層と、

前記第2絶縁層の上方および前記配線層の上方に設けられた第3絶縁層と、

を含み、

前記第2絶縁層の上面と前記配線層の上面とは、同一平面内にあり、

前記コンタクトホールは、前記振動板の平面視において、前記振動板の節部に設けられ、

前記振動板、前記第1電極層、前記圧電体層、前記第2電極層、前記第1絶縁層、前記配線層、前記第2絶縁層、および前記第3絶縁層は、振動ユニットを構成し、

前記第3絶縁層の上面は、他の振動ユニットと接合される前記振動ユニットの接合面を構成している、圧電駆動装置。

【請求項2】

10

20

振動板と、  
 前記振動板の上方に設けられた第 1 電極層と、  
 前記第 1 電極層の上方に設けられた圧電体層と、  
 前記圧電体層の上方に設けられた第 2 電極層と、  
 前記第 2 電極層の上方に設けられた第 1 絶縁層と、  
 前記第 1 絶縁層に設けられたコンタクトホールを介して、前記第 2 電極層と電氣的に接続されている配線層と、  
 前記第 1 絶縁層の上方に設けられた第 2 絶縁層と、  
前記第 2 絶縁層の上方および前記配線層の上方に設けられた第 3 絶縁層と、  
 を含み、

10

前記配線層の上面と前記第 2 絶縁層の上面とは、同一平面内にあり、  
前記コンタクトホールは、前記圧電体層の前記第 1 電極層と前記第 2 電極層とに挟まれた能動部の上方に設けられ、  
 平面視において、前記コンタクトホールの前記振動板の長手方向の大きさは、前記コンタクトホールの前記長手方向と直交する方向の大きさよりも小さく、  
前記振動板、前記第 1 電極層、前記圧電体層、前記第 2 電極層、前記第 1 絶縁層、前記配線層、前記第 2 絶縁層、および前記第 3 絶縁層は、振動ユニットを構成し、  
前記第 3 絶縁層の上面は、他の振動ユニットと接合される前記振動ユニットの接合面を構成している、圧電駆動装置。

## 【請求項 3】

20

振動板と、  
 前記振動板の上方に設けられた第 1 電極層と、  
 前記第 1 電極層の上方に設けられた圧電体層と、  
 前記圧電体層の上方に設けられた第 2 電極層と、  
 前記第 2 電極層の上方に設けられた第 1 絶縁層と、  
 前記第 1 絶縁層に設けられたコンタクトホールを介して、前記第 1 電極層または前記第 2 電極層と電氣的に接続されている配線層と、  
 前記第 1 絶縁層の上方に設けられた第 2 絶縁層と、  
 を含み、

30

前記第 2 絶縁層の上面と前記配線層の上面とは、同一平面内にあり、  
前記コンタクトホールは、前記振動板の平面視において、前記振動板の節部に設けられ、  
前記振動板、前記第 1 電極層、前記圧電体層、前記第 2 電極層、前記第 1 絶縁層、前記配線層、および前記第 2 絶縁層は、振動ユニットを構成し、  
前記第 2 絶縁層の上面および前記配線層の上面は、他の振動ユニットと接合される前記振動ユニットの接合面を構成している、圧電駆動装置。

## 【請求項 4】

振動板と、  
 前記振動板の上方に設けられた第 1 電極層と、  
 前記第 1 電極層の上方に設けられた圧電体層と、  
 前記圧電体層の上方に設けられた第 2 電極層と、  
 前記第 2 電極層の上方に設けられた第 1 絶縁層と、  
 前記第 1 絶縁層に設けられたコンタクトホールを介して、前記第 2 電極層と電氣的に接続されている配線層と、  
 前記第 1 絶縁層の上方に設けられた第 2 絶縁層と、  
 を含み、

40

前記配線層の上面と前記第 2 絶縁層の上面とは、同一平面内にあり、  
前記コンタクトホールは、前記圧電体層の前記第 1 電極層と前記第 2 電極層とに挟まれた能動部の上方に設けられ、

平面視において、前記コンタクトホールの前記振動板の長手方向の大きさは、前記コン

50

タクトホールの前記長手方向と直交する方向の大きさよりも小さく、

前記振動板、前記第 1 電極層、前記圧電体層、前記第 2 電極層、前記第 1 絶縁層、前記配線層、および前記第 2 絶縁層は、振動ユニットを構成し、

前記第 2 絶縁層の上面および前記配線層の上面は、他の振動ユニットと接合される前記振動ユニットの接合面を構成している、圧電駆動装置。

【請求項 5】

請求項 2 または 4 において、

前記圧電体層は、

前記振動板を前記長手方向に伸縮させる運動に寄与する第 1 能動部と、

前記振動板を前記長手方向と直交する方向に屈曲させる運動に寄与する第 2 能動部と、  
を有し、

前記コンタクトホールは、前記第 1 能動部の上方および前記第 2 能動部の上方に設けられている、圧電駆動装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項において、

前記振動ユニットは、複数設けられ、

複数の前記振動ユニットは、前記振動板の板面に垂直な方向に重なるように配置されている、圧電駆動装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 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 8】

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 6 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。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 6 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、ならびにポンプに関する。

【背景技術】

【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超音波モーターは、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（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 8 - 237971 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

例えばモーターを、圧電駆動装置によって構成して動力を発生させる場合、基本的な要求の一つとして、駆動力（出力）を高めることが挙げられる。一例として上述の特許文献

１に開示された装置では、スタック構造によって出力を高める試みがなされている。

【０００５】

しかしながら、板状部材の表面に圧電素子が形成された振動ユニットをスタック（積層）させる場合、例えば隣り合う振動ユニットを、接着剤などを用いて接合させるが、振動ユニットの平坦性が悪いと、隣り合う振動ユニット間に空間が生じる場合がある。そのため、隣り合う振動ユニット間で振動伝達のロスが生じて、十分に高出力化を図ることができない場合がある。

【０００６】

本発明のいくつかの態様に係る目的の１つは、高出力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、  
振動板と、  
前記振動板の上方に設けられた第１電極層と、  
前記第１電極層の上方に設けられた圧電体層と、  
前記圧電体層の上方に設けられた第２電極層と、  
前記第１電極層、前記圧電体層、および前記第２電極層の上方に設けられた第１絶縁層と、  
前記第１絶縁層に設けられたコンタクトホールを介して、前記第１電極層または前記第２電極層と電気的に接続されている配線層と、  
前記第１絶縁層の上方に設けられた第２絶縁層と、  
を含み、  
前記第２絶縁層の上面と前記配線層の上面とは、連続しており、  
前記コンタクトホールは、平面視において、前記振動板の節部に設けられている。

【０００９】

このような圧電駆動装置では、第２絶縁層の上面と配線層の上面とが連続しておらず、２つの上面の間に段差がある場合に比べて、振動ユニットの接合面（他の振動ユニットと接合される面）の平坦性を向上させることができる。これにより、このような圧電駆動装置では、複数の振動ユニットを振動板の板面に垂直な方向に重なるように配置させた場合に、隣り合う振動ユニット間に空間が生じることを抑制することができる。その結果、このような圧電駆動装置では、隣り合う振動ユニット間で振動伝達のロスが生じることを抑制することができ、高出力化を図ることができる。

【００１０】

なお、本発明に係る記載では、「上方」という文言を、例えば、「特定のもの（以下、「Ａ」という）の「上方」に他の特定のもの（以下、「Ｂ」という）を形成する」などと用いる場合に、Ａ上に直接Ｂを形成するような場合と、Ａ上に他のものを介してＢを形成するような場合とが含まれるものとして、「上方」という文言を用いている。

【００１１】

また、本発明に係る記載では、「電気的に接続」という文言を、例えば、「特定の部材（以下「Ｃ部材」という）に「電気的に接続」された他の特定の部材（以下「Ｄ部材」という）」などと用いている。本発明に係る記載では、この例のような場合に、Ｃ部材とＤ部材とが、直接接して電気的に接続されているような場合と、Ｃ部材とＤ部材とが、他の部材を介して電気的に接続されているような場合とが含まれるものとして、「電気的に接続」という文言を用いている。

## 【 0 0 1 2 】

## [ 適用例 2 ]

本発明に係る圧電駆動装置の一態様は、  
振動板と、  
前記振動板の上方に設けられた第 1 電極層と、  
前記第 1 電極層の上方に設けられた圧電体層と、  
前記圧電体層の上方に設けられた第 2 電極層と、  
前記第 1 電極層、前記圧電体層、および前記第 2 電極層の上方に設けられた第 1 絶縁層と、  
前記第 1 絶縁層に設けられたコンタクトホールを介して、前記第 2 電極層と電氣的に接続されている配線層と、  
前記第 1 絶縁層の上方に設けられた第 2 絶縁層と、  
を含み、  
前記配線層の上面と前記第 2 絶縁層の上面とは、連続しており、  
前記コンタクトホールは、前記圧電体層の前記第 1 電極層と前記第 2 電極層とに挟まれた能動部の上方に設けられ、  
平面視において、前記コンタクトホールの前記振動板の長手方向の大きさは、前記コンタクトホールの前記長手方向と直交する方向の大きさよりも小さい。

## 【 0 0 1 3 】

このような圧電駆動装置では、高出力化を図ることができる。 20

## 【 0 0 1 4 】

## [ 適用例 3 ]

適用例 2 において、  
前記圧電体層は、  
前記第 1 電極層および前記第 2 電極層に挟まれ、前記振動板を前記長手方向に伸縮させる運動に寄与する第 1 能動部と、  
前記第 1 電極層および前記第 2 電極層に挟まれ、前記振動板を前記長手方向と直交する方向に屈曲させる運動に寄与する第 2 能動部と、  
を有し、  
前記コンタクトホールは、前記第 1 能動部の上方および前記第 2 能動部の上方に設けられていてもよい。

## 【 0 0 1 5 】

このような圧電駆動装置では、高出力化を図ることができる。

## 【 0 0 1 6 】

## [ 適用例 4 ]

適用例 1 ないし 3 のいずれか 1 項において、  
前記振動板、前記第 1 電極層、前記圧電体層、前記第 2 電極層、前記第 1 絶縁層、前記配線層、および前記第 2 絶縁層は、振動ユニットを構成し、  
前記振動ユニットは、複数設けられ、  
複数の前記振動ユニットは、前記振動板の板面に垂直な方向に重なるように配置されていてもよい。

## 【 0 0 1 7 】

このような圧電駆動装置では、高出力化を図ることができる。

## 【 0 0 1 8 】

## [ 適用例 5 ]

本発明に係るモーターの一態様は、  
適用例 1 ないし 4 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。

## 【 0 0 1 9 】

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。

【0020】

[適用例6]

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転させる適用例1ないし4のいずれか1例に記載の圧電駆動装置と、  
を含む。

【0021】

10

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。

【0022】

[適用例7]

本発明に係るポンプの一態様は、

適用例1ないし4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。

【0023】

20

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】

【0024】

【図1】第1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】第1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】第1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】第1実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す断面図。

【図5】第1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6】第1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7】第1実施形態に係る圧電駆動装置の振動体部の長手方向の位置と振動体部の変位量との関係を説明するため図。

30

【図8】第1実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す断面図。

【図9】比較例に係る圧電駆動装置を模式的に示す断面図。

【図10】実験例に用いたモデルを模式的に示す斜視図。

【図11】第1実施形態に係る圧電駆動装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図12】第1実施形態に係る圧電駆動装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図13】第1実施形態に係る圧電駆動装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図14】第1実施形態に係る圧電駆動装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図15】第1実施形態に係る圧電駆動装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図16】第1実施形態に係る圧電駆動装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図17】第1実施形態の変形例に係る圧電駆動装置の振動体部の長手方向の位置と振動体部の変位量との関係を説明するため図。

40

【図18】第1実施形態の変形例に係る圧電駆動装置を模式的に示す断面図。

【図19】第2実施形態に係る圧電駆動装置を模式的に示す平面図。

【図20】第3実施形態に係るロボットを説明するための図。

【図21】第3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。

【図22】第4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】

【0025】

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

50

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。

【0026】

1. 第1実施形態

1.1. 圧電駆動装置

まず、第1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、第1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、第1実施形態に係る圧電駆動装置100を模式的に示す図1のII-II線断面図である。

【0027】

圧電駆動装置100は、図1および図2に示すように、複数の振動ユニット102を含む。図示の例では、圧電駆動装置100は、2つの振動ユニット102a, 102bを含む。なお、複数の振動ユニット102の数は、特に限定されない。

10

【0028】

第1振動ユニット102aおよび第2振動ユニット102bは、図2に示すように、基板10と、構造体101と、を有する。基板10は、第1面10aと、第1面10aとは反対側の第2面10bと、を有している。第1面10aおよび第2面10bは、基板10の主面である。構造体101は、基板10の第1面10aに設けられている。なお、図2では、構造体101を簡略化して図示している。

【0029】

複数の振動ユニット102は、基板10の第1面(振動板の板面)10aに垂直な方に重なるように配置されている。図示の例では、複数の振動ユニット102は、基板10の厚さ方向に重なるように配置されている。第1振動ユニット102aと第2振動ユニット102bとは、第1振動ユニット102aの基板10の第1面10aと、第2振動ユニット102bの基板10の第1面10aとが対向するように接合されている。図示の例では、構造体101は、第2面10bと反対を向く接合面101aを有し、第1振動ユニット102aの接合面101aと第2振動ユニット102bの接合面101aとは、接着剤2を介して接合されている。

20

【0030】

なお、図示はしないが、第1振動ユニット102aと第2振動ユニット102bとは、第1振動ユニット102aの基板10の第1面10aと、第2振動ユニット102bの基板10の第2面10bとが対向するように接合されていてもよい。この場合、第1振動ユニット102aの構造体101と、第2振動ユニット102bの基板10とが、接合される。

30

【0031】

ここで、図3は、第1振動ユニット102aを模式的に示す平面図である。図4は、第1振動ユニット102aを模式的に示す図3のIV-IV線断面図である。第1振動ユニット102aおよび第2振動ユニット102bは、基本的に、同じ構成を有している。したがって、以下では、図3および図4を用いて、第1振動ユニット102aについて説明する。第1振動ユニット102aにおける説明は、基本的に、第2振動ユニット102bに適用することができる。

40

【0032】

第1振動ユニット102aは、図3および図4に示すように、基板10と、構造体101と、を含む。第1振動ユニット102aには、接触部20が設けられている。構造体101は、第1電極層32と、圧電体層34と、第2電極層36と、第1絶縁層40と、第2絶縁層42と、第3絶縁層44と、第1導電層50、第2導電層52と、を含む。なお、図3では、便宜上、絶縁層40, 42, 44および導電層50, 52の図示を省略している。

【0033】

基板10は、例えば、シリコン基板11aと、シリコン基板11a上に設けられた下地層11bと、から構成されている。シリコン基板11aの厚さは、例えば、100μm程

50

度である。下地層 11b は、絶縁層である。下地層 11b は、例えば、シリコン基板 11a 上に設けられた酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) 層と、酸化シリコン層上に設けられた酸化ジルコニウム ( $\text{ZrO}_2$ ) 層と、の積層体から構成されている。

#### 【0034】

基板 10 は、図 3 に示すように、振動体部 (振動板) 12 と、支持部 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 の長手方向の大きさは、例えば、3.5 mm 程度である。振動体部 12 の長手方向と直交する方向の大きさは、例えば、1 mm 程度である。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。支持部 14 は、接続部 16, 18 を介して、振動体部 12 を支持している。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、支持部 14 に接続されている。

#### 【0035】

接触部 20 は、振動体部 12 に設けられている。図示の例では、接触部 20 は、振動体部 12 の長手方向の端部に設けられている。接触部 20 は、例えば、接着剤 (図示せず) を介して、振動体部 12 に接着されている。接触部 20 は、被駆動部材と接触して、振動体部 12 の動きを被駆動部材に伝える部材である。接触部 20 の材質は、例えば、セラミックス (具体的にはアルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ))、ジルコニア ( $\text{ZrO}_2$ )、窒化ケイ素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) など) である。

#### 【0036】

圧電素子 30 は、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。

#### 【0037】

第 1 電極層 32 は、振動体部 12 の上方に (図示の例では振動体部 12 上に) 設けられている。図示の例では、第 1 電極層 32 の平面形状は、長方形である。第 1 電極層 32 は、振動体部 12 上に設けられたチタン層と、チタン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。チタン層の厚さは、例えば、5 nm 以上 100 nm 以下である。白金層の厚さは、例えば、50 nm 以上 300 nm 以下である。なお、第 1 電極層 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 電極層 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。

#### 【0038】

圧電体層 34 は、第 1 電極層 32 の上方に (図示の例では第 1 電極層 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、50 nm 以上 20  $\mu\text{m}$  以下であり、好ましくは、1  $\mu\text{m}$  以上 7  $\mu\text{m}$  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 50 nm 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 20  $\mu\text{m}$  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。

#### 【0039】

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 ( $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ : PZT)、ニオブ酸チタン酸ジルコン酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$ : PZTN) である。

#### 【0040】

圧電体層 34 は、第 1 能動部 34a と、第 2 能動部 34b と、を有している。能動部 34a, 34b は、第 1 電極層 32 と第 2 電極層 36 とに挟まれている。能動部 34a, 34b は、電極層 32, 36 間に電圧が印加されることにより能動的に変形する。第 1 能動

10

20

30

40

50



部 3 4 a は、振動体部 1 2 を振動体部 1 2 の長手方向（以下、単に「長手方向」ともいう）に伸縮させる運動（縦振動）に寄与する。第 2 能動部 3 4 b は、振動体部 1 2 を長手方向と直交する方向に屈曲させる運動（屈曲振動）に寄与する。

【 0 0 4 1 】

第 2 電極層 3 6 は、圧電体層 3 4 の上方に（図示の例では圧電体層 3 4 上に）設けられている。図示の例では、第 2 電極層 3 6 の平面形状は、長方形である。第 2 電極層 3 6 は、圧電体層 3 4 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、10 nm 以上 100 nm 以下である。密着層は、例えば、TiW 層、Ti 層、Cr 層、NiCr 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 電極層 3 6 は、圧電体層 3 4 に電圧を印加するための他方の電極である。

10

【 0 0 4 2 】

圧電素子 3 0 は、図 3 に示すように、複数設けられている。図示の例では、圧電素子 3 0 は、5 つ設けられている（圧電素子 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d , 3 0 e ）。平面視において（基板 1 0 の厚さ方向からみて）、例えば、圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d の面積は同じであり、圧電素子 3 0 e は、圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d よりも大きな面積を有している。平面視において、圧電素子 3 0 e は、振動体部 1 2 の長手方向と直交する方向の中央部において、振動体部 1 2 の長手方向に沿って設けられている。圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d は、振動体部 1 2 の四隅に設けられている。

20

【 0 0 4 3 】

圧電素子 3 0 a ~ 3 0 e において、第 1 電極層 3 2 は、1 つの連続的な層として設けられている。圧電素子 3 0 a ~ 3 0 e において、圧電体層 3 4 は、1 つの連続的な層として設けられている。圧電素子 3 0 a ~ 3 0 d は、第 2 能動部 3 4 b を有している。圧電素子 3 0 e は、第 1 能動部 3 4 a を有している。第 2 電極層 3 6 は、圧電素子 3 0 a ~ 3 0 e に対応して、5 つ設けられている。

【 0 0 4 4 】

ここで、図 5 は、圧電駆動装置 1 0 0 を説明するための等価回路を示す図である。圧電素子 3 0 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 3 0 a , 3 0 d を有する。第 2 グループは、2 つの圧電素子 3 0 b , 3 0 c を有する。第 3 グループは、1 つの圧電素子 3 0 e のみを有する。図 5 に示すように、第 1 グループの圧電素子 3 0 a , 3 0 d は、互いに並列に接続され、駆動回路 1 1 0 に接続されている。第 2 グループの圧電素子 3 0 b , 3 0 c は、互いに並列に接続され、駆動回路 1 1 0 に接続されている。第 3 グループの圧電素子 3 0 e は、単独で駆動回路 1 1 0 に接続されている。

30

【 0 0 4 5 】

駆動回路 1 1 0 は、5 つの圧電素子 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d , 3 0 e のうちの所定の圧電素子、例えば、圧電素子 3 0 a , 3 0 d , 3 0 e の第 1 電極層 3 2 と第 2 電極層 3 6 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 1 0 0 は、振動体部 1 2 を超音波振動させて、接触部 2 0 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。

40

【 0 0 4 6 】

なお、電界の向きは、第 1 電極層 3 2 から第 2 電極層 3 6 に向かうよりも第 2 電極層 3 6 から第 1 電極層 3 2 に向かう方が好ましい。また、圧電素子 3 0 b , 3 0 c , 3 0 e の電極層 3 2 , 3 6 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 2 0 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。

【 0 0 4 7 】

図 6 は、圧電駆動装置 1 0 0 の振動体部 1 2 の動作を説明するための図である。圧電駆動装置 1 0 0 の接触部 2 0 は、図 6 に示すように、被駆動部材としてのローター 4 の外周

50

に接触している。駆動回路 110 は、圧電素子 30a, 30d の電極層 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 の平面内で長手方向と直交する方向に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 の電極層 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 の平面内で長手方向に縦振動する。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、接触部 20 は、矢印 z のように楕円運動する。その結果、ローター 4 は、その中心 4a の周りに所定方向 R (図示の例では時計回り方向) に回転する。

【0048】

10

なお、駆動回路 110 が、圧電素子 30b, 30c, 30e の電極層 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。

【0049】

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。

【0050】

図 6 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。

20

【0051】

第 1 絶縁層 40 は、図 4 に示すように、電極層 32, 36 および圧電体層 34 の上方に (図示の例では電極層 32, 36 上に) 設けられている。第 1 絶縁層 40 は、圧電素子 30 を覆っている。第 1 絶縁層 40 は、無機絶縁層 40a と、有機絶縁層 40b と、を有している。

【0052】

第 1 絶縁層 40 の無機絶縁層 40a は、電極層 32, 36 上に設けられている。無機絶縁層 40a の材質は、例えば、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) である。

【0053】

30

第 1 絶縁層 40 の有機絶縁層 40b は、無機絶縁層 40a 上に設けられている。有機絶縁層 40b は、例えば、感光性を有する。有機絶縁層 40b は、フォトリソグラフィ (露光、現像、およびベーク (熱処理)) およびエッチングを用いなくても、フォトリソグラフィのみによってパターンングされる。有機絶縁層 40b の材質は、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂などである。より具体的には、有機絶縁層 40b の材質は、ネガ型の永久レジスト (例えば東京応化製の S2000) である。なお、有機絶縁層 40b が感光性を有していない場合は、有機絶縁層 40b は、フォトリソグラフィおよびエッチングによりパターンングされる。

【0054】

第 1 絶縁層 40 には、第 1 コンタクトホール 60 が設けられている。ここで、図 7 は、振動体部 12 の長手方向の位置と、振動体部 12 の変位量と、の関係を説明するため図である。図 7 のグラフの横軸は、振動体部 12 の長手方向の位置を示しており、縦軸は、振動体部 12 の長手方向の縦振動の変位量を示している。第 1 コンタクトホール 60 は、図 7 に示すように平面視において、振動体部 12 の節部 12a に設けられている。節部 12a は、振動体部 12 を振動させたときに、長手方向の縦振動の変位量がゼロとなる位置である。すなわち、節部 12a は、振動体部 12 において縦振動をしない部分である。図示の例では、節部 12a の位置は、平面視において、基板 10 の中心 C を通り長手方向と直交する仮想直線 L の位置である。例えば、振動体部 12 は、長手方向に 1 次の縦振動をする。第 1 コンタクトホール 60 の平面形状は、例えば、四角形である。

40

【0055】

50

図示の例では、第1コンタクトホール60は、2つ設けられている(第1コンタクトホール60a, 60b)。第1コンタクトホール60aは、圧電素子30eの第2電極層36上に設けられている。第1コンタクトホール60aは、圧電素子30eの第2電極層36と、第1導電層50と、を接続させるためのコンタクトホールである。第1コンタクトホール60bは、第1電極層32上に設けられている。第1コンタクトホール60bは、第1電極層32と第1導電層50とを接続させるためのコンタクトホールである。

【0056】

なお、図示はしないが、第1絶縁層40には、圧電素子30a~30dの第2電極層36と、第1導電層50と、を接続させるためのコンタクトホールが設けられていてもよい。

10

【0057】

第1導電層50は、図4に示すように、電極層32, 36上および第1絶縁層40上に設けられている。第1導電層50は、第1コンタクトホール60に設けられている。第1絶縁層40の上面41と第1導電層50の上面51とは、連続している。例えば、上面41, 51は、上面41, 51の境界において段差を有していない。上面41, 51は、ツライチである。図示の例は、上面41, 51は、1つの平坦な平面を構成している。例えば、第1導電層50の高さは、第1絶縁層40の高さと同じである。

【0058】

第1導電層50は、例えば、第1シード層6と、第1シード層6上に設けられた第1めっき層7と、を有している。第1シード層6の材質は、例えば、ニッケルである。第1シード層6の厚さは、例えば、100nm程度である。めっき層7の材質は、例えば、銅や金である。第1めっき層7の厚さ(平坦な面に形成された場合の厚さ)は、例えば、5μm程度である。

20

【0059】

なお、第1シード層6は、チタタングステン層(例えば厚さ50nm程度)と、該チタタングステン層上に設けられた銅層(例えば厚さ100nm程度)と、の積層体であってもよい。

【0060】

第2絶縁層42は、第1絶縁層40の上方に(図示の例では第1絶縁層40上に)設けられている。第2絶縁層42の材質は、例えば、有機絶縁層40bと同じである。

30

【0061】

第2絶縁層42には、第2コンタクトホール62が設けられている。第1コンタクトホール60は、図7に示すように平面視において、振動体部12の節部12aに設けられている。第2コンタクトホール62は、第1導電層50と第2導電層52とを接続させるためのコンタクトホールである。平面視において、第2コンタクトホール62の形状および大きさは、例えば、第1コンタクトホール60と同じである。

【0062】

図示の例では、第2コンタクトホール62は、2つ設けられている(第2コンタクトホール62a, 62b)。第2コンタクトホール62aは、平面視において、例えば、第1コンタクトホール60aと重なっている。第2コンタクトホール62bは、平面視において、例えば、第2コンタクトホール62aの第1コンタクトホール60b側とは反対側に設けられている。

40

【0063】

第2導電層52は、図4に示すように、第1絶縁層40上および第1導電層50上に設けられている。第2導電層52は、第2コンタクトホール62に設けられている。第2絶縁層42の上面43と第2導電層52の上面53とは、連続している。例えば、上面43, 53は、上面43, 53の境界において段差を有していない。上面43, 53は、ツライチである。図示の例は、上面43, 53は、1つの平坦な平面を構成している。例えば、第2導電層52の高さは、第2絶縁層42の高さと同じである。

【0064】

50

第2導電層52は、例えば、第2シード層8と、第2シード層8上に設けられた第2めっき層9と、を有している。第2シード層8の材質および厚さは、例えば、第1シード層6と同じである。第2めっき層9の材質および厚さは、例えば、第1めっき層7と同じである。

#### 【0065】

第2導電層52は、第1配線層54と、第2配線層56と、を有している。図示の例では、第1配線層54は、第1コンタクトホール60bの上方に設けられている。第1配線層54は、第1コンタクトホール60bを介して(第1コンタクトホール60bに設けられた第1導電層50を介して)、第1電極層32と電氣的に接続されている。具体的には、図4に図示されていない部分において、第1配線層54は、第1コンタクトホール60bに設けられた第1導電層50と電氣的に接続されている。第1配線層54の上面は、第2導電層の上面53である。

10

#### 【0066】

図示の例では、第2配線層56は、第2コンタクトホール62aに設けられている。第2配線層56は、第1コンタクトホール60aを介して(第1コンタクトホール60aに設けられた第1導電層50を介して)、第2電極層36と電氣的に接続されている。第2配線層56の上面は、第2導電層の上面53である。

#### 【0067】

第3絶縁層44は、第2絶縁層42上および第2導電層52上に設けられている。第3絶縁層44は、接合面101aを構成している。第3絶縁層44の材質は、例えば、有機絶縁層40bの材質と同じである。

20

#### 【0068】

なお、図示はしないが、第3絶縁層44は、設けられていなくてもよい。この場合、接合面101aは、第2導電層52の上面51および第2絶縁層42の上面43によって構成される。この場合、例えば、図2に示すような接着剤2を用いずに、金属接合(例えばCu-Cu接合)によって、第1振動ユニット102aと第2振動ユニット102bとを接合させることができる。

#### 【0069】

圧電駆動装置100は、例えば、以下の特徴を有する。

#### 【0070】

圧電駆動装置100では、第2絶縁層42の上面43と、配線層54、56の上面53とは、連続している。そのため、圧電駆動装置100では、第2絶縁層の上面と配線層の上面とが連続しておらず、2つの上面の間に段差がある場合に比べて、振動ユニット102の接合面101aの平坦性を向上させることができる。これにより、圧電駆動装置100では、複数の振動ユニット102を基板10の第1面10aに垂直な方向に重なるように配置させた場合に、隣り合う振動ユニット102間に空間が生じることを抑制することができる。その結果、圧電駆動装置100では、隣り合う振動ユニット102間で振動伝達のロスが生じることを抑制することができ、高出力化を図ることができる。

30

#### 【0071】

さらに、圧電駆動装置100では、圧電素子30eと動通をとるためのコンタクトホール60、62は、平面視において、振動体部12の節部12aに設けられている。そのため、圧電駆動装置100では、圧電素子30eと動通をとるための導電層50、52によって振動体部12の縦振動が阻害されることを抑制することができ、高出力化を図ることができる。導電層50、52のヤング率(例えば、銅のヤング率:129.8[GPa]、金のヤング率:79[GPa])は、絶縁層40、42のヤング率(例えば、エポキシ(S2000)のヤング率:2.1[GPa])よりも大きいため、コンタクトホール60、62に設けられている導電層50、52が節部12a以外の位置(例えば腹の位置)に設けられていると、導電層50、52によって振動が阻害され、圧電駆動装置の出力が低下する場合がある。

40

#### 【0072】

50

特に、圧電駆動装置 100 では、導電層 50, 52 のめっき層 7, 9 をめっき法で成長させた後に、CMP (Chemical Mechanical Planarization) によって、上面 41 と上面 51 とを連続させ、上面 43 と上面 53 とを連続させるので、例えば、図 8 に示すように、第 2 コンタクトホール 62 は第 2 導電層 52 によって充填される。したがって、コンタクトホール 60, 62 を節部 12a 以外の位置に設けると、導電層 50, 52 による振動阻害の問題が生じ易い。なお、図 8 は、第 2 コンタクトホール 62 a 近傍を、より詳細に示す断面図である。

【0073】

一方、例えば、導電層 152 をスパッタ法等で成膜し CMP を行わない場合は、図 9 に示すように、コンタクトホール 162 は、導電層 152 によって充填されず、導電層 152 による振動阻害の問題は生じ難い。

10

【0074】

圧電駆動装置 100 では、電極層 32, 36、圧電体層 34、絶縁層 40, 42, 44、および導電層 50, 52 は、振動ユニット 102 を構成し、複数の振動ユニット 102 は、基板 10 の第 1 面 10a に垂直な方向に重なるように配置されている。圧電駆動装置 100 では、上記のように、隣り合う振動ユニット 102 間で振動伝達のロスが生じることを抑制することができ、高出力化を図ることができる。

【0075】

#### 1.2. 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。

20

【0076】

図 10 は、シミュレーションに用いたモデル M を模式的に示す斜視図である。図 10 に示すように、シリコン基板 A 上に部材 B が設けられ、荷重 P [N] である方向に引っ張られたモデル M を考える。シリコン基板 A および部材 B は、完全に一体となって変形すると仮定する。シリコン基板 A の断面積 (荷重方向における断面積) を  $S_A$ 、ヤング率を  $E_A$ 、厚さを  $50 \mu\text{m}$  とする。部材 B の断面積を  $S_B$ 、ヤング率を  $E_B$ 、厚さを  $5 \mu\text{m}$  とする。モデル M に生じる歪み  $\epsilon$  は、下記式 (1) で表される。

【0077】

$$\epsilon = P / (S_A E_A + S_B E_B) \quad \cdots \quad (1)$$

30

【0078】

ここで、銅のヤング率は  $129.8 \text{ [GPa]}$ 、エポキシ (S2000) のヤング率は  $2.1 \text{ [GPa]}$ 、シリコンのヤング率は  $185 \text{ [GPa]}$  である。

【0079】

式 (1) より、部材 B の材質がエポキシである場合は、部材 B の材質が銅である場合に比べて、変位量が  $6.9\%$  大きい。さらにシリコン基板の代わりに、線膨張係数が比較的小さい 42 アロイ基板 (ヤング率  $140 \text{ GPa}$  程度) を用いると、部材 B の材質がエポキシである場合は、部材 B の材質が銅である場合に比べて、変位量が  $8.9\%$  大きい。

【0080】

本実験例により、基板上に、絶縁層 (エポキシ) が形成されるか、配線層 (銅) が形成されるかで、基板の変位量が異なることがわかった。

40

【0081】

#### 1.3. 圧電駆動装置の製造方法

次に、第 1 実施形態に係る圧電駆動装置 100 の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図 11 ~ 図 16 は、第 1 実施形態に係る圧電駆動装置 100 の製造工程を模式的に示す断面図である。

【0082】

図 11 に示すように、基板 10 の振動体部 12 上に第 1 電極層 32 を形成する。第 1 電極層 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

50

ーおよびエッチングによるパターンニング)により形成される。

【0083】

なお、基板10は、例えば、シリコン基板11a上に下地層11bを形成することによって得られる。下地層11bは、シリコン基板11aを熱酸化して酸化シリコン層を形成し、該熱酸化シリコン層上にジルコニウム層をスパッタした後、熱酸化して酸化ジルコニウム層を形成することによって得られる。

【0084】

次に、第1電極層32上に圧電体層34を形成する。圧電体層34は、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すことによって成膜される。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、700~800の熱処理により行われる。

【0085】

次に、圧電体層34上に第2電極層36を形成する。第2電極層36は、例えば、第1電極層32と同じ方法で形成される。

【0086】

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。

【0087】

図12に示すように、電極層32, 36上に第1絶縁層40を形成する。具体的には、まず、ALCVD(Atomic Layer Chemical Vapor Deposition)法やCVD法などにより無機絶縁層40aを成膜し、所定形状にパターンニングする。次に、スピコート法などによって有機絶縁層40bを成膜し、所定形状にパターンニングする。以上の工程により、第1コンタクトホール60が設けられた第1絶縁層40を形成することができる。なお、無機絶縁層40aのパターンニングと、有機絶縁層40bのパターンニングとは、同一の工程で行われてもよい。また、成膜およびパターンニングをともに複数回行って、有機絶縁層40bを形成してもよい。

【0088】

図13に示すように、第1絶縁層40上および電極層32, 36上に、第1導電層50を形成する。具体的には、まず、第1絶縁層40上および電極層32, 36上に、第1シード層6を形成する。第1シード層6は、例えば、無電解めっき法、スパッタ法により形成される。次に、第1シード層6上に第1めっき層7を形成する。第1めっき層7は、例えば、電解めっき法により形成される。本工程では、第1導電層50の上面は、第1絶縁層40等の段差が転写されて、平坦な面にならない。

【0089】

図14に示すように、第1導電層50および第1絶縁層40の上部を除去する。具体的には、第1導電層50および第1絶縁層40の上部を、バイト(例えばディスコ社製のサーフェスプレーナー)で切削した後、CMPにより研磨する。本工程により、第1絶縁層40の上面41と第1導電層50の上面51とを連続させることができる。図示の例では、上面41, 51は、平坦な面である。

【0090】

図15に示すように、第1絶縁層40上に第2絶縁層42を形成する。具体的には、スピコート法などによって第2絶縁層42を成膜した後、所定形状にパターンニングする。まお、成膜とパターンニングをともに複数回行って、第2絶縁層42を形成してもよい。

【0091】

図16に示すように、第1絶縁層40上および第1導電層50上に、第2導電層52を形成する。具体的には、まず、第1絶縁層40上および第1導電層50上に、第2シード層8を形成する。第2シード層8は、例えば、無電解めっき法、スパッタ法により形成される。次に、第2シード層8上に第2めっき層9を形成する。第2めっき層9は、例えば

10

20

30

40

50

、電解めっき法により形成される。本工程では、第2導電層52の上面は、第2絶縁層42の段差が転写されて、平坦な面にならない。

【0092】

図4に示すように、第2導電層52および第2絶縁層42の上部を除去する。第2導電層52および第2絶縁層42の上部の除去は、例えば、第1導電層50および第1絶縁層40の上部の除去と同じ方法で行われる。本工程により、第2絶縁層42の上面43と第2導電層52の上面53とを連続させることができる。図示の例では、上面43、53は、平坦な面である。

【0093】

次に、第2絶縁層42上および第2導電層52上に第3絶縁層44を形成する。第3絶縁層44は、例えば、スピンコート法などにより形成される。

10

【0094】

以上の工程により、振動ユニット102a、102bを形成することができる。

【0095】

図2に示すように、振動ユニット102a、102bを、基板10の第1面10aに垂直な方向に重なるように配置する。例えば、振動ユニット102a、102bを、接着剤2を介して接合させて、第1面10aに垂直な方向に重なるように配置する。

【0096】

図1に示すように、振動体部12に接触部20を形成する。具体的には、接着剤（図示せず）を介して、振動体部12に接触部20を接着させる。なお、振動ユニット102a、102bを重なるように配置する工程と、振動体部12に接触部20を形成する工程との順序は、限定されない。

20

【0097】

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。

【0098】

#### 1.4. 圧電駆動装置の変形例

次に、第1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17は、第1実施形態の変形例に係る圧電駆動装置200の振動体部12の長手方向の位置と、振動体部12の変位量と、の関係を説明するため図である。図18は、第1実施形態の変形例に係る圧電駆動装置200を模式的に示す断面図であって、図17に示す平面図のXVIII-XVIIII線断面図である。

30

【0099】

以下、第1実施形態の第1変形例に係る圧電駆動装置200において、上述した第1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。

【0100】

上述した圧電駆動装置100では、図7に示すように、コンタクトホール60、62は、縦振動の変位量がゼロとなる節部12aに設けられていた。これに対し、圧電駆動装置200では、図17に示すように、コンタクトホール60、62は、長手方向と直交する方向に屈曲振動する屈曲振動の変位量がゼロとなる節部12b、12c、12dに設けられている。すなわち、節部12b、12c、12dは、振動体部12において屈曲振動をしない部分である。なお、図17のグラフの横軸は、振動体部12の長手方向の位置を示しており、縦軸は、振動体部12の屈曲振動の変位量を示している。

40

【0101】

節部12bの位置は、節部12aの位置と同じである。節部12cには、図18に示すように、圧電素子30a、30c、30eの第2電極層36と動通をとるためのコンタクトホール60、62が設けられている。節部12cは、例えば、平面視において、接触部20が設けられている振動体部12の第1端部3aから、振動体部12の長手方向の大きさの10%程度の位置にある。節部12dには、圧電素子30b、30d、30eの第2電極層36と動通をとるためのコンタクトホール60、62が設けられている。節部12

50

dは、例えば、平面視において、振動体部12の第1端部3aとは反対側の端部3bから、振動体部12の長手方向の大きさの10%程度の位置にある。例えば、振動体部12は、長手方向と直交する方向に2次の屈曲振動をする。

【0102】

圧電駆動装置200では、コンタクトホール60, 62は、平面視において、振動体部12の節部12b, 12c, 12dに設けられている。そのため、圧電駆動装置200では、導電層50, 52によって振動体部12の屈曲振動が阻害されることを抑制することができる。

【0103】

2. 第2実施形態

10

2.1. 圧電駆動装置

次に、第2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19は、第2実施形態に係る圧電駆動装置300の第1振動ユニット102aを模式的に示す平面図である。

【0104】

以下、第2実施形態に係る圧電駆動装置300において、上述した第1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。

【0105】

上述した圧電駆動装置100では、コンタクトホール60, 62は、平面視において、振動体部12の節部12aに設けられていた。これに対し、圧電駆動装置300では、コンタクトホール60, 62は、平面視において、振動体部12の節部12a、または、12b, 12c, 12d(図17参照)に設けられていてもよいし、節部12a~12d以外に設けられていてもよい。

20

【0106】

平面視において、コンタクトホール60, 62の長手方向の大きさLxは、コンタクトホール60, 62の長手方向と直交する方向の大きさLyよりも小さい。図示の例では、コンタクトホール60, 62の平面形状は、長方形であり、Lxは長辺の大きさであり、Lyは短辺の大きさである。平面視において、圧電素子30a~30eの各々において、コンタクトホール60, 62の平面形状は、長手方向に並んで複数設けられている。コンタクトホール60, 62は、能動部34a, 34bの上方に設けられている。

30

【0107】

圧電駆動装置300では、平面視において、コンタクトホール60, 62の長手方向の大きさLxは、コンタクトホール60, 62の長手方向と直交する方向の大きさLyよりも小さい。そのため、圧電駆動装置300では、大きさLxが大きさLyと同じ場合に比べて、平面視におけるコンタクトホール60, 62の面積を確保しつつ、導電層50, 52によって圧電素子30eの長手方向の駆動が阻害されることを抑制することができる。したがって、圧電駆動装置300では、振動体部12の縦振動が阻害されることを抑制することができる。

【0108】

40

さらに、圧電駆動装置300では、導電層50, 52によって圧電素子30a~30dの長手方向の駆動が阻害されることを抑制することができる。したがって、圧電駆動装置300では、圧電素子30a~30dの長手方向の駆動に起因する振動体部12の屈曲振動が阻害されることを抑制することができる。

【0109】

以上により、圧電駆動装置300では、高出力化を図ることができる。

【0110】

なお、図示はしないが、例えばコンタクトホール60, 62が圧電駆動装置100, 200のように、平面視において、振動体部12の節部12a, 12b, 12c, 12dに設けられていることにより、より高出力化を図ることができる。

50



## 【 0 1 1 1 】

## 2 . 2 . 圧電駆動装置の製造方法

次に、第2実施形態に係る圧電駆動装置の製造方法について説明する。第2実施形態に係る圧電駆動装置の製造方法は、上述した第1実施形態に係る圧電駆動装置の製造方法と基本的に同じである。したがって、その詳細な説明を省略する。

## 【 0 1 1 2 】

## 3 . 第3実施形態

本発明に係る圧電駆動装置は、共振を利用することで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（ＩＣ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、第3実施形態および第4実施形態において、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 1 0 0 を含む装置について説明する。

## 【 0 1 1 3 】

図 2 0 は、第3実施形態に係るロボット 2 0 5 0 を説明するための図である。ロボット 2 0 5 0 は、複数本のリンク部 2 0 1 2（「リンク部材」とも呼ぶ）と、それらリンク部 2 0 1 2 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 2 0 2 0 と、を備えたアーム 2 0 1 0（「腕部」とも呼ぶ）を有している。

## 【 0 1 1 4 】

それぞれの関節部 2 0 2 0 には、圧電駆動装置 1 0 0 が内蔵されており、圧電駆動装置 1 0 0 を用いて関節部 2 0 2 0 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 2 0 1 0 の先端には、ロボットハンド 2 0 0 0 が接続されている。ロボットハンド 2 0 0 0 は、一对の把持部 2 0 0 3 を備えている。ロボットハンド 2 0 0 0 にも圧電駆動装置 1 0 0 が内蔵されており、圧電駆動装置 1 0 0 を用いて把持部 2 0 0 3 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 2 0 0 0 とアーム 2 0 1 0 との間にも圧電駆動装置 1 0 0 が設けられており、圧電駆動装置 1 0 0 を用いてロボットハンド 2 0 0 0 をアーム 2 0 1 0 に対して回転させることも可能である。

## 【 0 1 1 5 】

図 2 1 は、図 2 0 に示したロボット 2 0 5 0 の手首部分を説明するための図である。手首の関節部 2 0 2 0 は、手首回動部 2 0 2 2 を挟持しており、手首回動部 2 0 2 2 に手首のリンク部 2 0 1 2 が、手首回動部 2 0 2 2 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 2 0 2 2 は、圧電駆動装置 1 0 0 を備えており、圧電駆動装置 1 0 0 は、手首のリンク部 2 0 1 2 およびロボットハンド 2 0 0 0 を中心軸 O 周りに回動させる。ロボットハンド 2 0 0 0 には、複数の把持部 2 0 0 3 が立設されている。把持部 2 0 0 3 の基端部はロボットハンド 2 0 0 0 内で移動可能となっており、この把持部 2 0 0 3 の根元の部分に圧電駆動装置 1 0 0 が搭載されている。このため、圧電駆動装置 1 0 0 を動作させることで、把持部 2 0 0 3 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 1 0 0 を適用可能である。

## 【 0 1 1 6 】

ここで、手首の関節部 2 0 2 0 やロボットハンド 2 0 0 0 の内部には、圧電駆動装置 1 0 0 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 2 0 2 0 やロボットハンド 2 0 0 0 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 1 0 0 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 2 0 2 0（特に、アーム 2 0 1 0 の先端の関節部）やロボットハンド 2 0 0 0 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。

## 【 0 1 1 7 】

## 4 . 第4実施形態

図 2 2 は、第 4 実施形態に係る送液ポンプ 2 2 0 0 の一例を示す説明するための図である。送液ポンプ 2 2 0 0 は、ケース 2 2 3 0 内に、リザーバー 2 2 1 1 と、チューブ 2 2 1 2 と、圧電駆動装置 1 0 0 と、ローター 2 2 2 2 と、減速伝達機構 2 2 2 3 と、カム 2 2 0 2 と、複数のフィンガー 2 2 1 3 , 2 2 1 4 , 2 2 1 5 , 2 2 1 6 , 2 2 1 7 , 2 2 1 8 , 2 2 1 9 と、を含む。

#### 【 0 1 1 8 】

リザーバー 2 2 1 1 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 2 2 1 2 は、リザーバー 2 2 1 1 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 1 0 0 の接触部 2 0 は、ローター 2 2 2 2 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 1 0 0 がローター 2 2 2 2 を回転駆動する。ローター 2 2 2 2 の回転力は減速伝達機構 2 2 2 3 を介してカム 2 2 0 2 に伝達される。フィンガー 2 2 1 3 から 2 2 1 9 はチューブ 2 2 1 2 を閉塞させるための部材である。カム 2 2 0 2 が回転すると、カム 2 2 0 2 の突起部 2 2 0 2 A によってフィンガー 2 2 1 3 から 2 2 1 9 が順番に放射方向外側に押される。フィンガー 2 2 1 3 から 2 2 1 9 は、輸送方向上流側（リザーバー 2 2 1 1 側）から順にチューブ 2 2 1 2 を閉塞する。これにより、チューブ 2 2 1 2 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 2 2 0 0 を実現することができる。

#### 【 0 1 1 9 】

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 2 2 2 2 に設けられたボールなどがチューブ 2 2 1 2 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 2 2 0 0 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 1 0 0 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。

#### 【 0 1 2 0 】

上述した実施形態および変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、各実施形態および各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

#### 【 0 1 2 1 】

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。

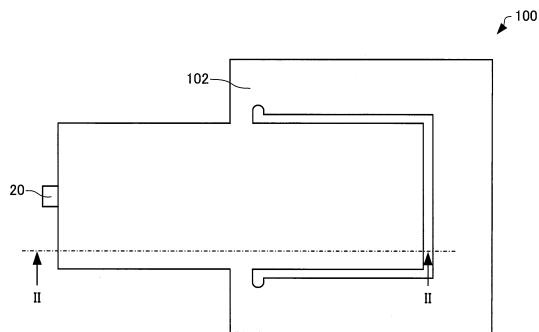
#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 1 2 2 】

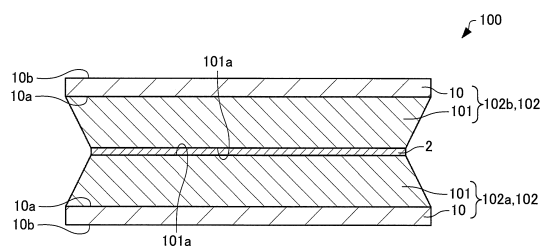
2 ... 接着剤、3 a ... 第 1 端部、3 b ... 第 2 端部、4 ... ローター、4 a ... 中心、6 ... 第 1 シード層、7 ... 第 1 めっき層、8 ... 第 2 シード層、9 ... 第 2 めっき層、1 0 ... 基板、1 0 a ... 第 1 面、1 0 b ... 第 2 面、1 1 a ... シリコン基板、1 1 b ... 下地層、1 2 ... 振動体部、1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d ... 節部、1 4 ... 支持部、1 6 ... 第 1 接続部、1 8 ... 第 2 接続部、2 0 ... 接触部、3 0 , 3 0 a , 3 0 b , 3 0 c , 3 0 d , 3 0 e ... 圧電素子、3 2 ... 第 1 電極層、3 4 ... 圧電体層、3 4 a ... 第 1 能動部、3 4 b ... 第 2 能動部、3 6 ... 第 2 電極層、4 0 ... 第 1 絶縁層、4 0 a ... 無機絶縁層、4 0 b ... 有機絶縁層、4 1 ... 上面、4 2 ... 第 2 絶縁層、4 3 ... 上面、4 4 ... 第 3 絶縁層、5 0 ... 第 1 導電層、5 1 ... 上面、5 2 ... 第 2 導電層、5 3 ... 上面、5 4 ... 第 1 配線層、5 6 ... 第 2 配線層、6 0 , 6 0 a , 6 0 b ... 第 1 コンタクトホール、6 2 , 6 2 a , 6 2 b ... 第 2 コンタクトホール、1 0 0 ... 圧電駆動装置、1 0 1 ... 構造体、1 0 1 a ... 接合面、1 0 2 ... 振動ユニット、1 0 2 a ... 第 1 振動ユニット、1 0 2 b ... 第 2 振動ユニット、1 1 0 ... 駆動回路、1 2 0 ... モーター、1 5 2 ... 導電層、1 6 2 ... コンタクトホール、2 0 0 , 3 0 0 ... 圧電駆動装置、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

20...関節部、2050...ロボット、2200...送液ポンプ、2202...カム、2202A...突起部、2211...リザーバー、2212...チューブ、2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219...フィンガー、2222...ローター、2223...減速伝達機構、2230...ケース

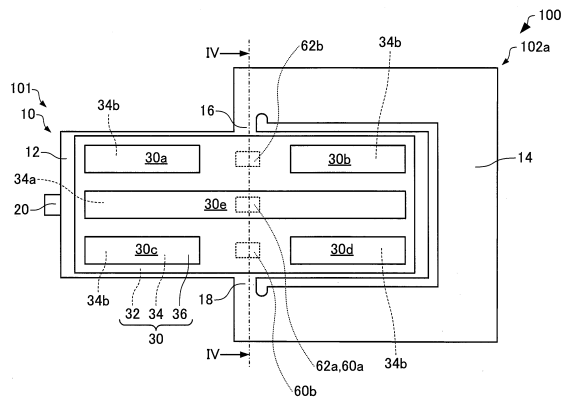
【図1】



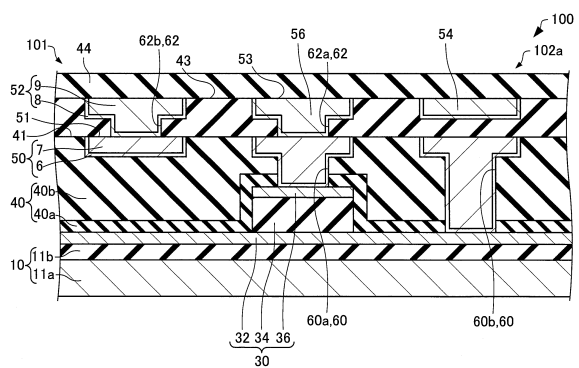
【図2】



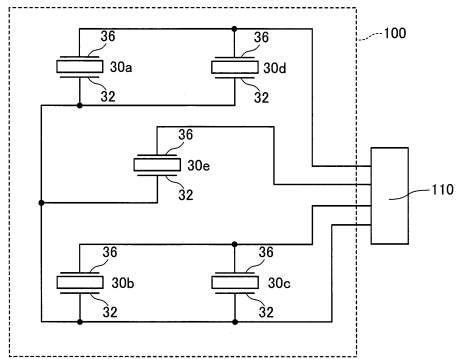
【図3】



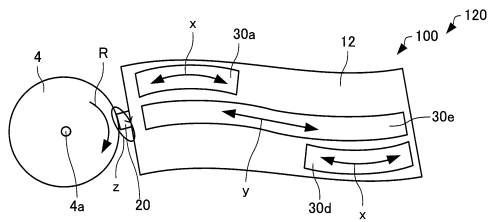
【図4】



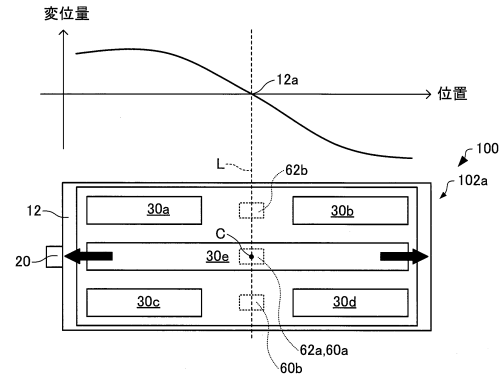
【図 5】



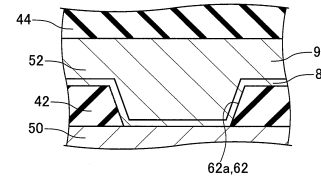
【図 6】



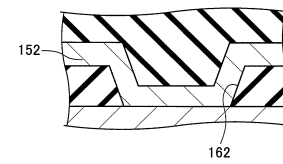
【図 7】



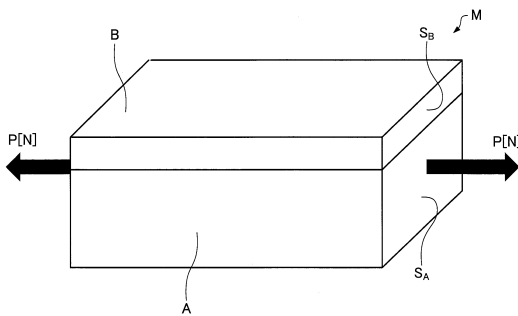
【図 8】



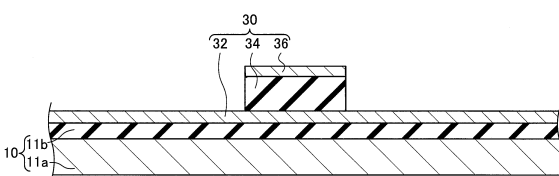
【図 9】



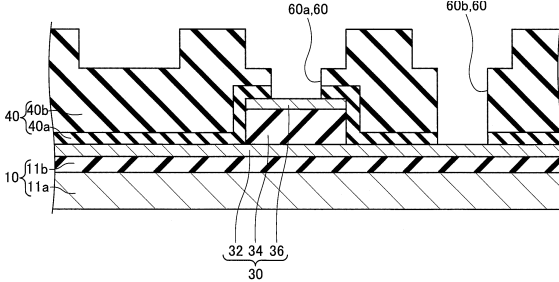
【図 10】



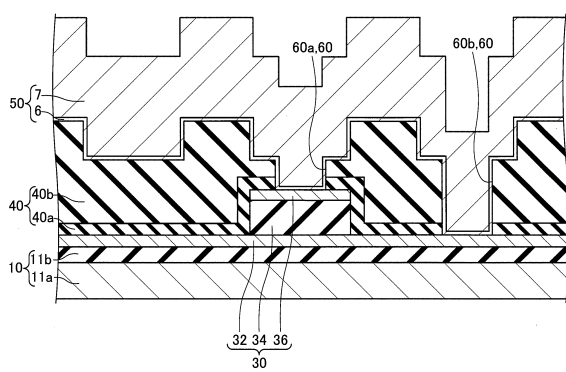
【図 11】



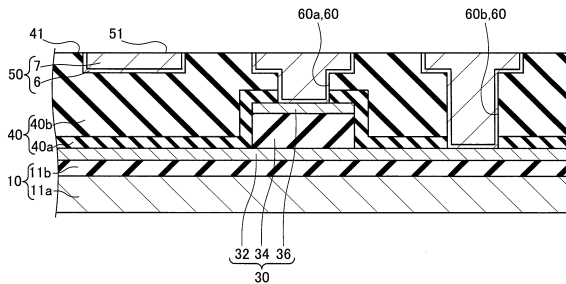
【図 12】



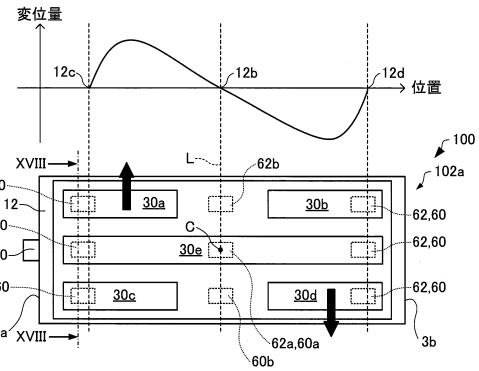
【図 13】



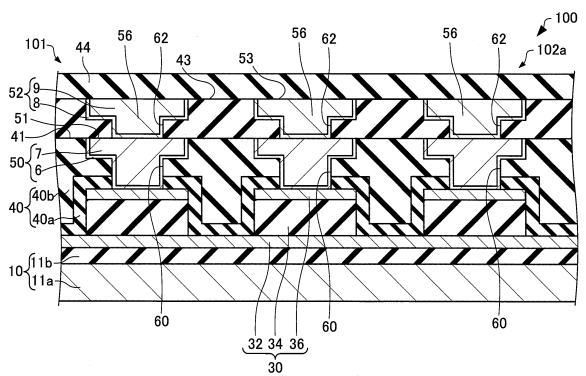
【図 14】



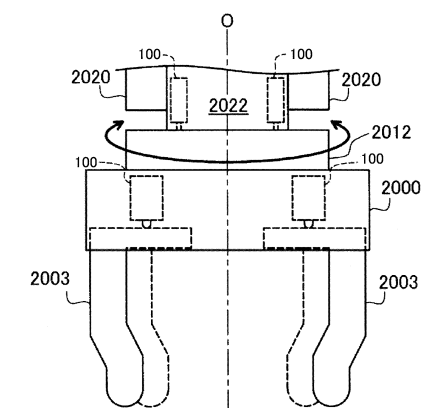
【圖 17】



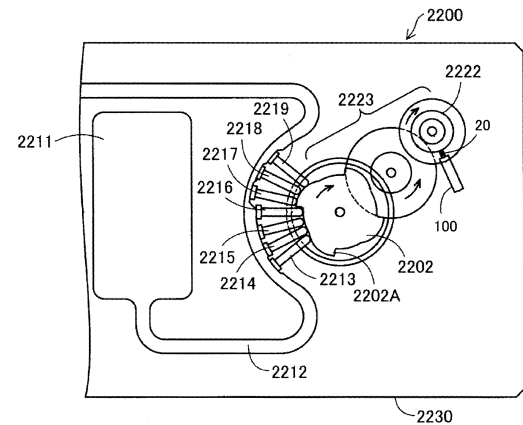
【圖 18】



【 図 2 1 】



【圖 2 2】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2010 - 219464 (JP, A)  
特開 2006 - 005433 (JP, A)  
特開 2011 - 029239 (JP, A)  
特開 2006 - 186963 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N	2 / 04
H01L	41 / 047
H01L	41 / 09