

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6398454号
(P6398454)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(51) Int.Cl.	F 1
HO2N 2/12 (2006.01)	HO2N 2/12
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/09
HO1L 41/047 (2006.01)	HO1L 41/047
B25J 17/00 (2006.01)	B25J 17/00 B

請求項の数 15 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-164631 (P2014-164631)
(22) 出願日	平成26年8月13日 (2014.8.13)
(65) 公開番号	特開2016-40993 (P2016-40993A)
(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15日 (2017.6.15)

(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	岩▲崎▼ 友寿 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
(72) 発明者	小西 晃雄 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
(72) 発明者	梶野 喜一 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

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】

振動板と、

基板と、前記基板と前記振動板との間に設けられた圧電体と、前記圧電体と前記基板との間に設けられた第1電極と、前記圧電体と前記振動板との間に設けられた第2電極と、を有する圧電振動体と、

を備え、

前記振動板には、前記第1電極または前記第2電極の少なくとも一方と電気的に接続する配線パターンが形成されている、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、

前記配線パターンは、前記第1電極と電気的に接続する第1配線と、前記第2電極と電気的に接続する第2配線と、を含む、圧電駆動装置。

【請求項3】

請求項2に記載の圧電駆動装置において、

前記第1電極と前記第1配線とは、第1積層導電部を介して電気的に接続され、前記第2電極と前記第2配線とは、第2積層導電部を介して電気的に接続されている、圧電駆動装置。

【請求項4】

請求項3に記載の圧電駆動装置において、

10

20

前記第1電極と前記配線パターンとの間に設けられた少なくとも1層の導電パターンを含み、

前記第1積層導電部と前記第2積層導電部が各層の導電パターンに形成されている、圧電駆動装置。

【請求項5】

請求項4に記載の圧電駆動装置において、

前記少なくとも1層の導電パターンのうちで、積層方向において前記基板から最も離れた位置にある導電パターンは、前記振動板の前記配線パターンと面接触により電気的に接続されている、圧電駆動装置。

【請求項6】

請求項4又は5に記載の圧電駆動装置において、

前記少なくとも1層の導電パターンのうちで、積層方向において前記第2電極に最も近い位置にある導電パターンと、前記第2電極との間には絶縁層が設けられており、

前記第2電極に最も近い位置にある導電パターンと前記第2電極とが、前記絶縁層に設けられた複数のコンタクトホールを介して電気的に接続されている、圧電駆動装置。

【請求項7】

請求項4～6のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

前記少なくとも1層の導電パターンは、第1導電パターンと、第2導電パターンと、前記第1導電パターンと前記第2導電パターンとの間に設けられた絶縁層とを含み、

前記第1導電パターン内の前記第1積層導電部と前記第2導電パターン内の前記第1積層導電部とが前記絶縁層に設けられた複数のコンタクトホールを介して電気的に接続されており、

前記第1導電パターン内の前記第2積層導電部と前記第2導電パターン内の前記第2積層導電部とが前記絶縁層に設けられた複数のコンタクトホールを介して電気的に接続されている、

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、

前記振動板は、前記圧電振動体が載置されていない表面部分を含み、

前記配線パターンは、前記圧電振動体が載置されていない表面部分にまで延びて形成されている、圧電駆動装置。

【請求項9】

請求項1～8のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

前記圧電体の厚みは0.05μm以上20μm以下である、圧電駆動装置。

【請求項10】

請求項1～9のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

前記振動板は導電性部材で形成されており、

前記配線パターンの一部は、前記振動板の側面に亘って形成されて前記振動板と電気的に接続されている、圧電駆動装置。

【請求項11】

請求項3～7のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、

前記圧電振動体は、前記第1電極と前記圧電体と前記第2電極とで構成される圧電素子を複数備え、

同時に駆動される1つ以上の圧電素子を1組の圧電素子グループとした場合に、前記複数の圧電素子はN組（Nは2以上の整数）の圧電素子グループに区分されており、

各組の圧電素子グループは、当該圧電素子グループが2つ以上の圧電素子を含む場合には当該2つ以上の圧電素子の前記第2電極同士が接続配線を介して直接接続されており、

前記N組の圧電素子グループの前記第2電極にそれぞれ対応して、N個の前記第2配線とN個の前記第2積層導電部とが互いに絶縁された状態で設けられている、圧電駆動装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、前記振動板に設けられ、被駆動体と接触可能な突起部を備えている、圧電駆動装置。

【請求項 1 3】

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回動させる請求項 1 ~ 1 2 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。

【請求項 1 4】

10

請求項 1 3 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第 1 電極と前記第 2 電極の間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回動させる、ロボットの駆動方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 ~ 1 2 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第 1 電極と前記第 2 電極の間に印加する、圧電駆動装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0 0 0 1】

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】

【0 0 0 2】

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 等）。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梢円運動を行う。そして、この補強板の突起部の往復運動又は梢円運動に応じて、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。

30

【0 0 0 3】

従来は、圧電駆動装置に用いられる圧電体として、いわゆるバルク状の圧電体が使用されている。本明細書において、「バルク状の圧電体」とは、厚さが 100 μm 以上の圧電体を意味する。バルク状の圧電体が利用されている理由は、圧電駆動装置から被駆動体に与える力を十分に大きくするために、圧電体の厚みを大きくしたいからである。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2004 - 320979 号公報

【特許文献 2】特開平 8 - 111991 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

50

ところで、圧電駆動装置を小さな空間（例えばロボットの関節内）に収容して用いる場合、従来の圧電体を用いた圧電駆動装置では配線スペースが不足する可能性があるため、圧電体を100μ未満の厚さまで薄くしたいという要望があった。しかしながら、従来は、厚みの小さな圧電体に適した圧電駆動装置の構造については十分に検討がなされていなかった。

【0006】

また、従来は、駆動回路と圧電素子との間の配線は、圧電素子の電極にワイヤ状の導線をハンダ付けすることによって行っていた（特許文献1,2）。このため、導線のためのスペースが必要であり、また、配線作業中に断線しやすいという課題があった。

【課題を解決するための手段】

10

【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、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0008】

(1) 本発明の一形態によれば、振動板と圧電振動体とを備える圧電駆動装置が提供される。前記圧電振動体は、基板と、前記基板と前記振動板との間に設けられた圧電体と、前記圧電体と前記基板との間に設けられた第1電極と、前記圧電体と前記振動板との間に設けられた第2電極と、を有する。前記振動板には、前記第1電極または前記第2電極の少なくとも一方と電気的に接続する配線パターンが形成されている。

この圧電駆動装置によれば、振動板に形成された配線パターンが第1電極と第2電極の少なくとも一方と電気的に接続されているので、導線やハンダを用いて第1電極や第2電極を駆動回路に接続する場合に比べて配線用のスペースを小さく抑えることができ、また、断線の可能性を低減することができる。

【0009】

(2) 上記圧電駆動装置において、前記配線パターンは、前記第1電極と電気的に接続する第1配線と、前記第2電極と電気的に接続する第2配線と、を含むものとしてもよい。

この構成によれば、振動板の配線パターンの第1配線と第2配線が第1電極と第2電極に接続されているので、配線用のスペースを小さく抑えることができ、また、断線の可能性を低減することができる。

【0010】

30

(3) 上記圧電駆動装置において、前記第1電極と前記第1配線とは、第1積層導電部を介して電気的に接続され、前記第2電極と前記第2配線とは、第2積層導電部を介して電気的に接続されているものとしてもよい。

この構成によれば、振動板の配線パターンの第1配線と第2配線が、第1積層導電部と第1積層導電部を介して第1電極と第2電極にそれぞれ接続されているので、導線やハンダを用いる場合に比べて配線用のスペースを小さく抑えることができ、また、断線の可能性を低減することができる。

【0011】

(4) 上記圧電駆動装置において、前記第1電極と前記配線パターンとの間に設けられた少なくとも1層の導電パターンを含み、前記第1積層導電部と前記第2積層導電部が各層の導電パターンに形成されているものとしてもよい。

40

この構成によれば、1層以上の導電パターンを介して、圧電素子の第1電極及び第2電極と、振動板の配線パターンとを容易に接続することが可能である。

【0012】

(5) 上記圧電駆動装置において、前記少なくとも1層の導電パターンのうちで、積層方向において前記基板から最も離れた位置にある導電パターンは、前記振動板の前記配線パターンと面接觸により電気的に接続されているものとしてもよい。

この構成によれば、基板から最も離れた位置にある導電パターンが、振動板の配線パターンと面接觸により電気的に接続されているので、両者を確実かつ容易に接続できる。

【0013】

50

(6) 上記圧電駆動装置において、前記少なくとも1層の導電パターンのうちで、積層方向において前記第2電極に最も近い位置にある導電パターンと、前記第2電極との間には絶縁層が設けられており、前記第2電極に最も近い位置にある導電パターンと前記第2電極とが、前記絶縁層に設けられた複数のコンタクトホールを介して電気的に接続されているものとしてもよい。

この構成によれば、導電パターンと第2電極を複数のコンタクトホールで接続するので、両者の間のシート抵抗(寄生抵抗)を低減することが可能である。

【0014】

(7) 上記圧電駆動装置において、前記少なくとも1層の導電パターンは、第1導電パターンと、第2導電パターンと、前記第1導電パターンと前記第2導電パターンとの間に設けられた絶縁層とを含み、前記第1導電パターン内の前記第1積層導電部と前記第2導電パターン内の前記第1積層導電部とが前記絶縁層に設けられた複数のコンタクトホールを介して電気的に接続されており、前記第1導電パターン内の前記第2積層導電部と前記第2導電パターン内の前記第2積層導電部とが前記絶縁層に設けられた複数のコンタクトホールを介して電気的に接続されているものとしてもよい。

この構成によれば、導電パターン同士を複数のコンタクトホールで電気的に接続するので、両者の間のシート抵抗(寄生抵抗)を低減することが可能である。

【0015】

(8) 上記圧電駆動装置において、前記振動板は、前記圧電振動体が載置されていない表面部分を含み、前記配線パターンは、前記圧電振動体が載置されていない表面部分にまで延びて形成されているものとしてもよい。

この構成によれば、圧電素子の電極と駆動回路との接続を容易に行うことが可能である。

【0016】

(9) 上記圧電駆動装置において、前記圧電体の厚みは0.05μm以上20μm以下であるものとしてもよい。

この構成では、導電パターンが複数のコンタクトホールで接続されておりシート抵抗(寄生抵抗)が低減されているため、厚みが0.05μm以上20μm以下の薄膜の圧電体を使用した場合にも、圧電体に印加する電圧を高めても損失が少なく、効率を高めることが可能である。

【0017】

(10) 上記圧電駆動装置において、前記振動板は導電性部材で形成されており、前記配線パターンの一部は、前記振動板の側面に亘って形成されて前記振動板と電気的に接続されているものとしてもよい。

この構成によれば、圧電素子の電極と振動板とを容易に電気的に接続可能である。

【0018】

(11) 上記圧電駆動装置において、前記圧電振動体は、前記第1電極と前記圧電体と前記第2電極とで構成される圧電素子を複数備え、

同時に駆動される1つ以上の圧電素子を1組の圧電素子グループとした場合に、前記複数の圧電素子はN組(Nは2以上の整数)の圧電素子グループに区分されており、

各組の圧電素子グループは、当該圧電素子グループが2つ以上の圧電素子を含む場合には当該2つ以上の圧電素子の前記第2電極同士が接続配線を介して直接接続されており、

前記N組の圧電素子グループの前記第2電極にそれぞれ対応して、N個の前記第2の配線とN個の前記第2積層導電部とが互いに絶縁された状態で設けられているものとしてもよい。

この構成によれば、N組の圧電素子グループの第2電極を、N個の第2積層導電部を用いて振動板のN個の第2の配線に容易に接続可能である。

【0019】

(12) 上記圧電駆動装置は、前記振動板に設けられ、被駆動体と接触可能な突起部を備えているものとしてもよい。

10

20

30

40

50

この構成によれば、突起部を用いて被駆動体を動作させることができる。

【0020】

本発明は、種々の形態で実現することができる、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】

【0021】

【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。

【図2】振動板の平面図。

【図3】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。

10

【図4】圧電駆動装置の動作の例を示す説明図。

【図5】圧電振動体の断面図。

【図6】圧電駆動装置の製造フローチャート。

【図7】図6のステップS100における圧電振動体の製造プロセスを示す説明図。

【図8】図7に続くプロセスを示す説明図。

【図9】各種の配線層や絶縁層の一例を示す平面図。

【図10】振動板上に形成される配線パターンの一例を示す平面図。

【図11】振動板上に形成される配線パターンの他の例を示す平面図。

【図12】圧電駆動装置の積層配線構造の模式図。

【図13】圧電素子と駆動回路の等価回路を示す回路図。

20

【図14】他の積層配線構造を示す模式図。

【図15】他の実施形態の圧電駆動装置の平面図。

【図16】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17】ロボットの手首部分の説明図。

【図18】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】

【0022】

・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100とを備える。圧電振動体100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を挟持して圧電素子を構成する。2つの圧電振動体100は、振動板200を中心として対称に配置されている。また、この実施形態では、基板120と振動板200とが圧電素子(130, 140, 150)を挟むように、圧電振動体100が振動板200上に設置されている。2つの圧電振動体100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の下側にある圧電振動体100の構成を説明する。

30

【0023】

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ウェ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10μm以上100μm以下の範囲とすることが好ましい。基板120の厚みを10μm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100μm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。

40

50

【0024】

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。

10

【0025】

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。

20

【0026】

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、タンゲ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50nm(0.05μm)以上20μm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0.05μm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20μm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。

30

【0027】

図2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2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。

40

【0028】

振動体部210の上面(第1面211)及び下面(第2面212)には、圧電振動体100(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

50

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 3.5 mm 以上 30 mm 以下の範囲とすることができます、幅 W は、例えば 1 mm 以上 8 mm 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 50 mm 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 50 μ m 以上 700 μ m 以下の範囲とすることができます。振動体部 210 の厚みを 50 μ m 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 700 μ m 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。

【0029】

10

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 Al_2O_3 ）などの耐久性がある材料で形成することが好ましい。

【0030】

図 3 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 3 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 3 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。

20

30

30

【0031】

図 3 に示した実施形態では、5 つの圧電素子 110a ~ 110e が以下の 3 組の圧電素子グループに区分されている。

- (1) 第 1 圧電素子グループ PG1：圧電素子 110a, 110d
- (2) 第 2 圧電素子グループ PG2：圧電素子 110b, 110c
- (3) 第 3 圧電素子グループ PG3：圧電素子 110e

各圧電素子グループに含まれる圧電素子 110 は、常に同時に駆動される。また、第 1 圧電素子グループ PG1 は、2 つの圧電素子 110a, 110d を含むので、これらの圧電素子 110a, 110d の第 2 電極 150a, 150d 同士が接続配線 151 を介して直接接続されている。第 2 圧電素子グループ PG2 も同様である。なお、他の実施形態として、3 つ以上の圧電素子 110 で 1 組の圧電素子グループを構成することも可能であり、一般には、複数の圧電素子を N 組（N は 2 以上の整数）の圧電素子グループに区分することができる。この場合にも、同じ圧電素子グループに 2 つ以上の圧電素子 110 が含まれる場合には、それらの第 2 電極 150 同士が接続配線を介して直接接続される。ここで、「接続配線を介して直接接続される」という意味は、接続配線の途中に受動素子（抵抗、コイル、コンデンサなど）や能動素子を含まないことを意味する。また、本実施形態では、第 1 電極 130 として、5 つの圧電素子 110a ~ 110e に共通する 1 つの導

40

50

電層が使用されているが、第1電極130が個々の圧電素子毎に分離されている場合には、同じ圧電素子グループに属する2つ以上の圧電素子の第1電極同士も接続配線を介して直接接続されことが好ましい。

【0032】

図4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4(A)に示す例では、駆動回路300(図3)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4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4では時計回り方向)に回転する。図2で説明した振動板200の3つの接続部220(図2)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。

【0033】

図4(B)は、図4(A)のように圧電駆動装置10がその面内方向に振動する際に、その厚み方向にも湾曲する様子を示している。このような厚み方向の湾曲は、圧電駆動装置10の表面に撓み(ひずみ)を発生させる点で望ましくない。しかしながら、本実施形態の圧電駆動装置10では、基板120と振動板200とが圧電素子(130, 140, 150)を挟むように圧電振動体100が振動板200上に設置されているので、このような望ましくない撓み(ひずみ)を基板120によって抑制することができる。図4(C)は、図4(B)とは逆に、基板120が振動板200と接するように圧電振動体100が振動板200上に設置されている例である。図4(C)の積層構造では、第2電極150の表面において望ましくない撓み(ひずみ)が過度に大きくなる可能性がある。従って、図4(B)に示すように、基板120と振動板200とが圧電素子(130, 140, 150)を挟むように、圧電振動体100を振動板200上に設置することが好ましい。こうすれば、圧電駆動装置10の故障や損傷の可能性を低減することが可能である。特に、基板120をシリコン製とすれば、撓み(ひずみ)に対して損傷し難いので好ましい。

【0034】

図5は、図1(B)に示した圧電振動体100の断面構造の一例を更に詳細に示した断面図である。圧電振動体100は、基板120と、絶縁層125と、第1電極130と、圧電体140と、第2電極150と、絶縁層160と、積層導電部172と、を備える。なお、図5では、複数の第2電極150と、複数の積層導電部172については、添え字「c」または「d」を付記して区別している。なお、図5では、図3に示した配線151, 152は図示が省略されている。本明細書において、「積層導電部」という語句は、蒸着(vapor deposition)や、スパッタリング、イオンプレーティング、メッキなどの成膜プロセス(積層プロセス)によって形成された導電体を意味する。

【0035】

絶縁層125は、基板120上に形成されており、基板120と、第1電極130との間を絶縁する。第1電極130は、絶縁層125の上に形成されている。圧電体140は、第1電極130の上に形成されている。第2電極150は、圧電体140の上に形成されている。絶縁層160は、第2電極150の上に形成されている。なお、第1電極130は、平面視において、圧電体140と重ならない部分(図5では、圧電体140の左右

10

20

30

40

50

にはみ出た部分)を有することが好ましい。この理由は、第1電極130を、振動板200に形成された配線パターン(後述)と接続し易くするためである。積層導電部172は第1電極130と接続されている。絶縁層160は、積層導電部172が第2電極150と接触できるように、その一部に開口(コンタクトホール)を有している。なお、絶縁層160には多数のコンタクトホールを形成することが好ましい。この点については更に後述する。

【0036】

図6は、圧電駆動装置10の製造フローチャートを示す説明図である。ステップS100では、基板120上に圧電素子110を形成することによって、圧電振動体100を形成する。この際、基板120としては、例えばSiウェハーを利用することができる。1枚のSiウェハー上には、圧電振動体100を複数個形成することが可能である。またSiは機械的品質係数Qmの値が10万程度と大きいため、圧電振動体100や、圧電駆動装置10の機械的品質係数Qmを大きく出来る。ステップS200では、圧電振動体100が形成された基板120をダイシングして、個々の圧電振動体100に分割する。なお、基板120をダイシングする前に基板120の裏面を研磨して、基板120を所望の厚さにしても良い。ステップS300では、2つの圧電振動体100を振動板200の両面に接着剤で接着する。ステップS400では、圧電振動体100の配線層と駆動回路とを配線で電気的に接続する。

【0037】

図7は、図6のステップS100における圧電振動体100の製造プロセスを示す説明図である。図7では、基板120上に、図5の右半分の上部に示した圧電素子110dを形成するプロセスを示している。ステップS110では、基板120を準備し、基板120の表面に絶縁層125を形成する。絶縁層125としては、例えば、基板120の表面を熱酸化して形成されるSiO₂層を利用することができます。その他に、絶縁層としてアルミナ(A1₂O₃)、アクリルやポリイミドなどの有機材料を用いることができる。なお、基板120が絶縁体である場合には、絶縁層125を形成する工程は省略可能である。

【0038】

ステップS120では、絶縁層125の上に第1電極130を形成する。第1電極130は、例えば、スパッタリングにより形成できる。

【0039】

ステップS130では、第1電極130の上に圧電体140を形成する。具体的には、例えばゾル-ゲル法を用いて圧電体140を形成することが可能である。すなわち、圧電体材料のゾルゲル溶液を基板120(第1電極130)の上に滴下し、基板120を高速回転させることにより、第1電極130の上にゾルゲル溶液の薄膜を形成する。その後、200~300の温度で仮焼きして第1電極130の上に圧電体材料の第1層を形成する。その後、ゾルゲル溶液の滴下、高速回転、仮焼き、のサイクルを複数回繰り返すことによって、第1電極130の上に所望の厚さまで圧電体層を形成する。なお、1サイクルで形成される圧電体の一層の厚みは、ゾルゲル溶液の粘度や、基板120の回転速度にも依存するが、約50nm~150nmの厚さとなる。所望の厚さまで圧電体層を形成した後、600~1000の温度で焼結することにより、圧電体140を形成する。焼結後の圧電体140の厚さを、50nm(0.05μm)以上20μm以下とすれば、小型の圧電駆動装置10を実現できる。なお、圧電体140の厚さを0.05μm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の厚さを20μm以下とすれば、圧電体140に印加する電圧を600V以下としても十分に大きな力を発生することができる。その結果、圧電駆動装置10を駆動するための駆動回路300を安価な素子で構成できる。なお、圧電体の厚さを8μm以上としてもよく、この場合、圧電素子で発生する力を大きく出来る。なお、仮焼きや焼結の温度、時間は、一例であり、圧電体材料により、適宜選択される。

【0040】

10

20

30

40

50

ゾル-ゲル法を用いて圧電体材料の薄膜を形成した後に焼結した場合には、原料粉末を混合して焼結する従来の焼結法と比較して、(a)薄膜を形成しやすい、(b)格子方向を揃えて結晶化しやすい、(c)圧電体の耐圧を向上できる、というメリットがある。

【0041】

ステップS140では、圧電体140の上に第2電極150を形成する。第2電極150の形成は、第1電極と同様に、スパッタリングにより行うことが出来る。

【0042】

ステップS150では、第2電極150と圧電体140をパターニングする。本実施形態では、アルゴンイオンビームを用いたイオンミリングにより、第2電極150と圧電体140のパターニングを行っている。なお、イオンミリングの時間を制御することにより、第2電極150と圧電体140のみをパターニングし、第1電極130をパターニングしないことが可能である。なお、イオンミリングを用いてパターニングを行う代わりに、他の任意のパターニング方法（例えば、塩素系のガスを用いたドライエッティング）によりパターニングを行っても良い。

10

【0043】

ステップS160では、第1電極130と第2電極150の上に絶縁層160を形成する。絶縁層160としては、リン含有シリコン酸化膜（PSG膜）、ボロン・リン含有シリコン酸化膜（BPSG膜）、NSG膜（ボロンやリン等の不純物を含まないシリコン酸化膜）、窒化ケイ素膜（Si₃N₄膜）等を用いることが可能である。絶縁層160は、例えばCVD法により形成できる。絶縁層160の形成後には、第2電極150の接続用の複数のコンタクトホール160cを形成するためのパターニングを行う。

20

【0044】

ステップS170では、導電体層を形成し、パターニングを行う。この導電体層は、例えばアルミニウムで形成することができ、スパッタリングにより形成される。その後、導電体層をパターニングすることによって、第2電極150に接続された第2積層導電部172を形成する。

【0045】

図8は、図7の工程に続くプロセスを示す説明図である。図8(A)では、図7(H)の積層構造の上に絶縁層260を形成し、パターニングすることによって複数のコンタクトホール260cを形成する。図8(B)では、積層構造の全面に第2積層導電部272をスパッタリング等により形成する。図7(A)～図8(B)の工程により、圧電素子(130, 140, 150)の上に、第2電極150に接続された第2積層導電部172, 272が形成された圧電振動体100が完成する。なお、第1電極130に関しても、第1電極130に接続された1層以上の第1積層導電部が形成されるが、図7及び図8では図示が省略されている。

30

【0046】

図8(C)は、図6のステップS300において、振動板200に圧電振動体100を接着するプロセスを示している。図8(C)に先だって、振動板200の表面に絶縁層202が形成され、絶縁層202の上に配線332を含む配線パターンが形成される。絶縁層202は、例えば、ポリイミドなどの絶縁性樹脂を塗布することによって形成可能である。図8(C)では、図7(A)～図8(C)のプロセスにより作成された圧電振動体100を、接着剤を用いて振動板200に貼り付ける。この際、圧電振動体100の基板120と、振動板200との間に、圧電素子(130, 140, 150)が挟まれるよう圧電振動体100が振動板200上に設置される。なお、図8(C)では、振動板200の下面に張り付けられるもう一つの圧電振動体100の図示は省略されている。

40

【0047】

図9(A)～(E)は、図8(C)に示した各種の配線層や絶縁層の一例を示す平面図である。これらは積層順に並んでおり、最も下層の図9(E)から最も上層の図9(A)の順に各層を説明する。図9(E)は、第2電極150を含む導電層パターンを示している。この導電層パターンは、5つの圧電素子110a～110e(図3)のための5つの

50

第2電極150a～150eを含み、更に、それらの外周を取り囲む第1積層導電部150gを有している。この第1積層導電部150gは、第1電極130に接続されている。なお、5つの第2電極150a～150eと第1積層導電部150gとの間は離間しており、絶縁層によって互いに絶縁されているが、図9(E)では絶縁層の図示を省略している。前述した図7及び図8では、この第1積層導電部150gの図示は省略されている。また、以下で説明する図9(A)～(D)の各層に存在する第1電極130用の各種のパターンも、図7と図8では図示が省略されている。

【0048】

図9(D)は、第2電極150の導電層パターンの上に形成される絶縁層160を示している。破線は、図9(E)の5つの第2電極150a～150eの輪郭を参考のために示したものである。図7(G)でも説明したように、絶縁層160には多数のコンタクトホール160cが形成される。より具体的に言えば、コンタクトホール160cは、5つの第2電極150a～150eに相当する5つの領域のそれぞれにおいて、各領域の全体に亘ってほぼ均一に形成されている。また、第1電極130用の第1積層導電部150gに相当する領域においても、多数のコンタクトホール160cが形成されている。第1積層導電部150gは、基板120の4辺のすべてに沿って形成されており、コンタクトホール160cは、そのうちの3つの辺に相当する領域において多数形成されている。

【0049】

図9(C)は、絶縁層160の上に形成される導電パターン170を示している。この導電パターン170は、積層方向において第2電極150に最も近い位置にある導電パターンである。この導電パターン170は、第1電極130に接続される1つの第1積層導電部171と、5つの第2電極150a～150eに接続される5つの第2積層導電部172a～172eとを含んでいる。第1積層導電部171は、絶縁層160の複数のコンタクトホール160cと下層側の第1積層導電部150g(図9(E))とを介して第1電極130に接続されている。また、5つの第2積層導電部172a～172eは、絶縁層160の複数のコンタクトホール160cを介して第2電極150a～150eにそれぞれ接続されている。

【0050】

図9(B)は、導電パターン170の上に形成される絶縁層260を示している。破線は、図9(A)に示す第2積層導電部の輪郭を参考のために示したものである。図8(A)でも説明したように、絶縁層260には多数のコンタクトホール260cが形成される。

【0051】

図9(A)は、圧電振動体100の最上部に形成される導電パターン270を示している。この導電パターン270は、積層方向において基板120から最も離れた位置にある導電パターン270である。この導電パターン270は、第1電極130に接続される第1積層導電部271と、図3で説明した3組の圧電素子グループPG1, PG2, PG3に対応する3組の第2電極(150a+150d), (150b+150c), 150eに接続される3つの第2積層導電部272ad, 272bc, 272eと、を含んでいる。

【0052】

第1圧電素子グループPG1のための第2積層導電部272adは、図9(B)の絶縁層260の複数のコンタクトホール260cを介して図9(C)の2つの第2積層導電部172a, 172dに接続されており、更に、図9(D)の絶縁層160の複数のコンタクトホール160cを介して2つの第2電極150a, 150dに接続されている。この第2積層導電部272adは、図9(C)の2つの第2積層導電部172a, 172dに接続するために、図9(C)の第2積層導電部172aに対応する領域から、隣接する他の2つの第2積層導電部172e, 172cに対応する領域を順次辿って第2積層導電部172dに対応する領域にまで延びている。この第2積層導電部272adのうちで、第2積層導電部272adが電気的に接続されない第2積層導電部172e, 172cの上

10

20

30

40

50

を通る領域は、図3に示した接続配線151に相当する。図9(B)の絶縁層260においては、第2積層導電部272adに対応する領域(破線で示す)の中で、第2積層導電部272adに接続される積層導電部172a, 172dに相当する部分にのみコンタクトホール260cが形成されている。この結果、第2積層導電部272adを、その下層側の2つの第2積層導電部172a, 172dに接続し、下層側の他の積層導電部171, 172b, 172c, 172eに接続しないような接続構造を形成することができる。このような第1圧電素子グループPG1用の第2積層導電部272adに関連する接続構造は、第2圧電素子グループPG2用の第2積層導電部272bcについてもほぼ同様である。また、これらの2つの第2積層導電部272ad, 272bcは互いに交差せず、互いに離間して絶縁されている。

10

【0053】

第3圧電素子グループPG3用の第2積層導電部272eは、図9(B)の絶縁層260の複数のコンタクトホール260cを介して図9(C)の第2積層導電部172eに接続されており、更に、図9(D)の絶縁層160の複数のコンタクトホール160cを介して第2電極150eに接続されている。この第2積層導電部272eも、他の2つの第2積層導電部272ad, 272bcと交差しておらず、互いに離間して絶縁されている。このように、本実施形態では、3組の圧電素子グループPG1, PG2, PG3に対応して、3つの第2積層導電部272ad, 272bc, 272eが互いに絶縁された状態で設けられている。この結果、3組の圧電素子グループPG1, PG2, PG3を別個に駆動することが可能である。なお、一般に、複数の圧電素子110がN組(Nは2以上の整数)の圧電素子グループに区分される場合には、それらの第2積層導電部を互いに絶縁された状態で設けることが好ましい。

20

【0054】

第1電極130用の第1積層導電部271は、図9(B)の絶縁層260の複数のコンタクトホール260cを介して図9(C)の第1積層導電部171に接続されており、更に、図9(D)の絶縁層160の複数のコンタクトホール160cを介して図9(E)の第1積層導電部150gに接続され、この第1積層導電部150gを介して第1電極130に接続されている。

【0055】

図10は、振動板200上に形成される配線パターン330の一例を示す説明図である。配線パターン330は、図9(A)に示した第1積層導電部271と接続される第1配線331と、第2積層導電部272ad, 272bc, 272eと接続される第2配線332ad, 332bc, 332eとを含んでいる。これらの4種類の配線331, 332ad, 332bc, 332eは、図9(A)の4種類の積層導電部271, 272ad, 272bc, 272eに面接觸した状態で接続される。圧電振動体100を振動板200に接着する場合(図8(C)には、図10の左右が反転した状態で図9(A)の導電パターン270と接觸する。

30

【0056】

なお、一般に、複数の圧電素子110がN組(Nは2以上の整数)の圧電素子グループに区分される場合には、圧電振動体100側の最上層にN個の第2積層導電部を互いに絶縁した状態で設け、一方、振動板200の配線パターン330には対応するN個の第2配線を互いに絶縁した状態で設けることが好ましい。こうすれば、振動板200と圧電振動体100とを面接觸した状態で張り合わせることによって、配線接続を容易に行うことが可能である。

40

【0057】

振動板200上の配線パターン330のうち、3組の圧電素子グループPG1～PG3用の3つの第2配線332ad, 332bc, 332eは、振動板200の一方側(図10(A)の上側)にある接続部220を介して取付部230の位置まで延びている。これは、この取付部230の位置において、第2配線332ad, 332bc, 332eを駆動回路300(図3)と接続するためである。第1電極130用の第1配線331は、振

50

動板 200 の他方側 (図 10 (A) の下側) にある接続部 220 を介して取付部 230 の位置まで延びている。これは、この取付部 230 の位置において、第 1 配線 331 を駆動回路 300 と接続するためである。なお、これらの配線 331, 332ad, 332bc, 332e は、図 3 に示した配線 320, 314, 310, 312 にそれぞれ接続される。このように、振動板 200 上の配線パターン 330 (331, 332ad, 332bc, 332e) は、圧電振動体 100 が載置されていない表面部分にまで延びて形成されていることが好ましい。こうすることによって、圧電素子 110 の電極 130, 150 と駆動回路 300 との接続を容易に行うことが可能である。

【0058】

このように、振動板 200 に形成された配線 331, 332ad, 332bc, 332e は、圧電振動体 100 の最上部にある積層導電部 271, 272ad, 272bc, 272e と面接触した状態で電気的に接続される。従って、導線とハンダを用いて電気的接続を行う場合に比べて、作業中の断線の可能性を低減することが可能である。また、導線を用いるに比べて省スペース化を実現することができる。更に、振動板 200 と圧電振動体 100 の間の配線接続作業は両者の表面同士を合わせるだけなので、配線の短時間化ができる、作業が容易なので作業者によるばらつきを防ぐことが可能である。また、圧電素子 110 の電極 130, 150 が圧電素子 110 と振動板 200 の間に挟まれる形となり、外側表面に電極 130, 150 が出ないため、不良削減や、耐久性向上の効果もある。

【0059】

図 10 (B) は、図 10 (A) の B-B 断面を示している。振動板 200 上の配線パターン 330 のうちで、第 1 電極 130 用の第 1 配線 331 は振動板 200 の側面まで延びている。本実施形態では、振動板 200 は、金属材料等の導電性部材で形成されている。従って、第 1 配線 331 は、振動板 200 の側面において振動板 200 と電気的に接続される。この結果、圧電素子 110 の第 1 電極 130 と振動板 200 とを容易に電気的に接続可能である。但し、第 1 配線 331 を、振動板 200 の側面まで延びないように形成してもよい。

【0060】

図 11 は、振動板 200 上に形成される配線パターン 330 の他の例を示す説明図である。ここでは、図 10 の配線パターン 330 の上に更に絶縁層 340 が形成されており、絶縁層 340 の複数箇所に開口 340w が設けられている。図 11 (B) に示すように、開口 340w からは配線 331, 332ad, 332bc, 332e の一部が露出している。開口 340w から露出した 331, 332ad, 332bc, 332e の部分は、パッドとして機能し、圧電振動体 100 の最上部にある積層導電部 271, 272ad, 272bc, 272e と面接触した状態で電気的に接続される。このように、配線パターン 330 を絶縁層 340 で覆うとともに、パッドとして必要な配線部分のみを絶縁層 340 から露出してもよい。こうすれば、配線パターン 330 の形状の自由度が高まるので、より容易に配線パターン 330 を形成することが可能である。なお、絶縁層 340 の開口 340w から配線 331, 332ad, 332bc, 332e の一部を露出させる代わりに、開口 340w 内にハンダペーストやハンダ粒を充填してもよい。この場合には、振動板 200 に圧電振動体 100 を載置した後にハンダのリフローを行うことによって配線接続を実行することができる。

【0061】

図 12 は、圧電駆動装置 10 の積層配線構造の模式図である。ここでは、図 8 (C), 図 9 及び図 10 で説明した積層配線構造との対応関係も示す。なお、図 12 では、図示の便宜上、基板 120 上に 1 つの圧電素子 110 のみを描いており、図 12 (A) では圧電振動体 100 と振動板 200 とを離間した状態を描いている。振動板 200 の表面には絶縁層 202 が形成され、絶縁層 202 の上には配線 331, 332 を含む配線パターン 330 が形成されている。配線 332 は、図 10 に示した 3 つの第 2 配線 332ad, 332bc, 332e を代表している。圧電素子 110 の第 1 電極 130 は、コンタクトホール CH1 を介して第 1 積層導電部 LC1 に接続されている。第 1 積層導電部 LC1 は、

10

20

30

40

50

図9に示した2層分の第1積層導電部171, 271を代表している。圧電素子110の第2電極150は、コンタクトホールCH2を介して第2積層導電部LC2に接続されている。第2積層導電部LC2は、図9に示した2層分の第2積層導電部172, 272を代表している。なお、コンタクトホールCH1, CH2は、図9に示した2つの絶縁層160, 260のコンタクトホール160c, 260cを代表している。

【0062】

図12(B)は、図12(A)の平面図を示している。第1電極130用のコンタクトホールCH1は、第1電極130の周縁の全周に沿って均一に多数形成されている。また、第2電極150用のコンタクトホールCH2は、第2電極150の全域に亘って均一に多数形成されている。この模式図に示すように、多数のコンタクトホールCH1, CH2を形成すれば、以下に説明するように、寄生抵抗を低減して、圧電素子110の両端に掛かる電圧を過度に低下させることができないという効果を有する。

10

【0063】

図13は、圧電素子110と駆動回路300の等価回路を示す回路図である。圧電素子110は、第1電極130の寄生抵抗R1と、圧電体140の静電容量Cと、第2電極150の寄生抵抗R2の直列接続と等価である。駆動回路300からは交流電圧又は脈流電圧が駆動電圧Vdとして圧電素子110に供給される。このとき、圧電素子110に掛かる電圧Vcは、 $Vd / \{ 1 + j(R1 + R2) \}$ となる。図12に示したように、多数のコンタクトホールCH1, CH2を用いて電極130, 150を積層導電部LC1, LC2に接続すれば、第1電極130の寄生抵抗R1や第2電極150の寄生抵抗R2を低減できるので、圧電素子110に掛かる電圧Vcを大きくすることができ、圧電素子110をより効率的に駆動することができる。また、コンタクトホールCH1, CH2の面積は大きいことが好ましい一方で、コンタクトホールCH1, CH2のために圧電素子110の面積を減らさないことが好ましい。これらの2つの要望を満足するために、図12(B)に示す平面図では、第2電極150の領域の全体に亘って多数のコンタクトホールHC2を形成し、また、第1電極130については、第2電極150の外周に相当する領域の全体に亘って多数のコンタクトホールHC1を形成している。このためには、第1電極130の形状として、第2電極150の外周全体を包含するとともに第2電極150よりも外側に存在する枠状領域を有するように形成することが好ましい。

20

【0064】

30

図14は、図12の変形例を示している。ここでは、図12に示した第1電極用の複数のコンタクトホールCH1を互いに連結して1つの大きなコンタクトホールCH1aを形成している。第2電極用の複数のコンタクトホールCH2も同様に、互いに連結して1つの大きなコンタクトホールCH2aを形成している。このような構成によっても、図12の積層配線構造と同様の効果を得ることが可能である。

【0065】

40

なお、図12及び図14の模式図でも示したように、第1積層導電部LC1及び第2積層導電部LC2は、少なくとも一層の導電パターンとして形成することが可能である。しかし、図8(C)及び図9で説明したように、第1積層導電部LC1及び第2積層導電部LC2を、2層以上の導電パターン(図9の170, 270)を用いて実現しても良い。この場合には、各層の導電パターン(図9の170, 270)に、第1積層導電部LC1(図9の171, 271)と第2積層導電部LC2(図9の172, 272)が形成されていることが好ましい。2層以上の導電パターンを用いるようにすれば、1層のみの導電パターンを用いる場合に比べて、配線接続構造の自由度が増すので、望ましい配線接続構造をより容易に構成することができる。また、2層以上の導電パターンを設ける場合には、隣接する2つの層の導電パターンの間に絶縁層を設けることが好ましい。

【0066】

以上のように、第1実施形態の圧電駆動装置10によれば、振動板200の配線パターン330の第1配線331と第2配線332が、第1電極130と第2電極150に接続されているので、導線とハンダを用いて振動板200の配線パターン330と第1電極1

50

30及び第2電極150とを接続する場合に比べて配線用のスペースを小さく抑えることができ、また、断線の可能性を低減することが可能である。また、第1配線331と第2配線332は、第1積層導電部LC1(171, 271)と第2積層導電部LC2(172, 272)を介して第1電極130と第2電極150に接続されているので、配線用のスペースの低減効果と断線の可能性の低減効果が顕著である。また、基板120と振動板200とが圧電素子110を挟むように、圧電振動体100が振動板200上に設置されているので、このような望ましくない撓み(ひずみ)を基板によって抑制することができる。この結果、圧電駆動装置10の故障や損傷の可能性を低減することが可能である。

【0067】

・圧電駆動装置の他の実施形態：

10

図15(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15(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15(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4(A)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る。なお、図15(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。

【0068】

図15(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。

20

【0069】

図15(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できる。

30

【0070】

図1及び図15(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15(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できる点で好ましい。

【0071】

・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(ΙC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。

40

【0072】

図16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の間を回転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

50

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。

【0073】

図17は、図16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。

【0074】

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。

【0075】

図18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。

10

20

30

40

50

【0076】

・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。

【0077】

・変形例1：

上記実施形態では、振動板200の両面にそれぞれ1つの圧電振動体100を設けていたが、圧電振動体100の一方を省略することも可能である。但し、振動板200の両面にそれぞれ圧電振動体100を設けるようにすれば、振動板200をその平面内で屈曲した蛇行形状に変形させることがより容易である点で好ましい。

10

【0078】

・変形例2：

上記実施形態で説明した断面構造や配線接続構造は、単なる一例であり、他の断面構造や配線接続構造を採用することが可能である。例えば、配線接続構造の層の種類や層の数は、上述した実施形態以外の任意のものを適宜採用可能である。また、振動板200に形成される配線パターンは、圧電素子110の第1電極130に電気的に接続される第1配線と第2電極150に電気的に接続される第2配線の両方が形成されている必要は無く、第1電極130と第2電極150のうちの一方に電気的に接続される配線のみが形成されてもよい。この場合には、第1電極130と第2電極150のうちの他方は、振動板200に形成された配線パターン以外の任意の電気的接続配線を介して駆動回路に接続することが可能である。

20

【0079】

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】

【0080】

10, 10b, 10c, 10d...圧電駆動装置

30

20...突起部

50...ローター

51...中心

100...圧電振動体

110, 110a~110e...圧電素子

120...基板

125...絶縁層

130...第1電極

140...圧電体

150, 150a~150e...第2電極

40

150g...第1積層導電部

151, 152...接続配線

160...絶縁層

160c...コンタクトホール

170...導電パターン

171...第1積層導電部

172, 172a~172e...第2積層導電部

200...振動板

202...絶縁層

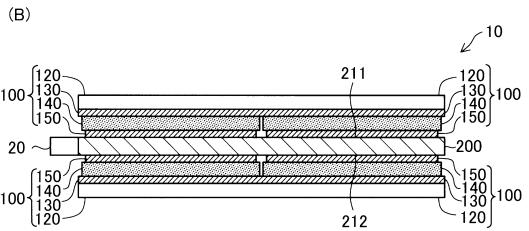
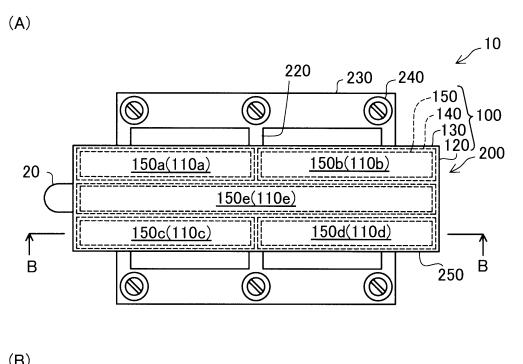
210...振動体部

50

2 1 1 ... 第 1 面	
2 1 2 ... 第 2 面	
2 2 0 ... 接続部	
2 3 0 ... 取付部	
2 4 0 ... ネジ	
2 6 0 ... 絶縁層	
2 6 0 c ... コンタクトホール	
2 7 0 ... 導電パターン	
2 7 1 ... 第 1 積層導電部	
2 7 2 , 2 7 2 a d , 2 7 2 b c , 2 7 2 e ... 第 2 積層導電部	10
3 0 0 ... 駆動回路	
3 1 0 , 3 1 2 , 3 1 4 ... 配線	
3 2 0 ... 配線	
3 3 0 ... 配線パターン	
3 3 1 ... 第 1 配線	
3 3 2 , 3 3 2 a d , 3 3 2 b c , 3 3 2 e ... 第 2 配線	
3 4 0 ... 絶縁層	
3 4 0 w ... 開口	
2 0 0 0 ... 口ボットハンド	
2 0 0 3 ... 把持部	20
2 0 1 0 ... アーム	
2 0 1 2 ... リンク部	
2 0 2 0 ... 関節部	
2 0 5 0 ... 口ボット	
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	30
2 2 2 2 ... ポーター	
2 2 2 3 ... 減速伝達機構	
2 2 3 0 ... ケース	
C H 1 a ... コンタクトホール	
C H 2 a ... コンタクトホール	
L C 1 ... 第 1 積層導電部	
L C 2 ... 第 2 積層導電部	
H C 1 , H C 2 ... コンタクトホール	
P G 1 ... 第 1 圧電素子グループ	
P G 2 ... 第 2 圧電素子グループ	40
P G 3 ... 第 3 圧電素子グループ	

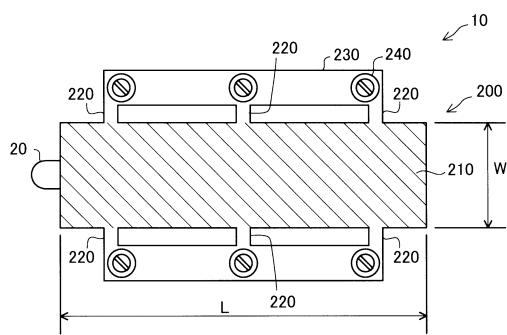
【図1】

図1



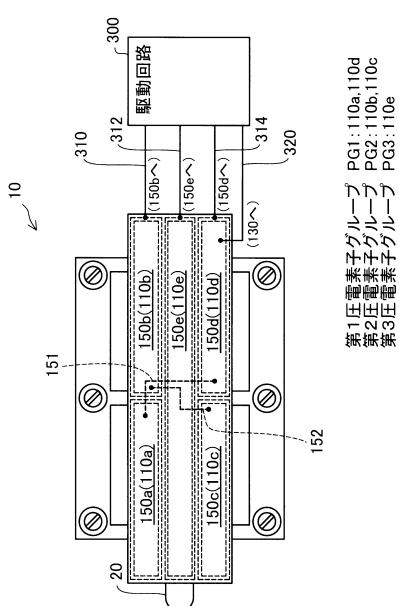
【図2】

図2



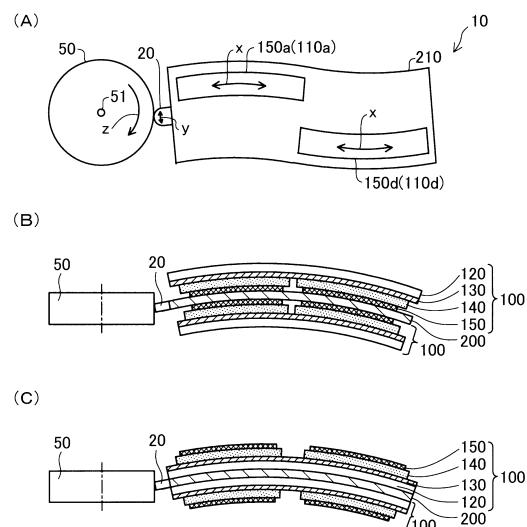
【図3】

図3

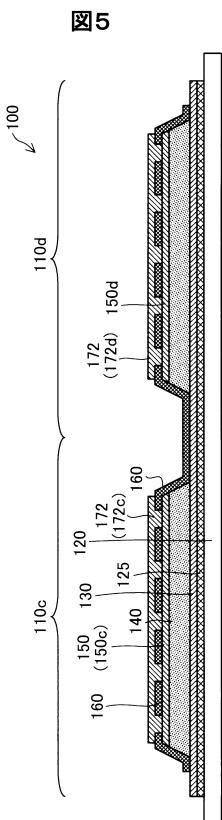


【図4】

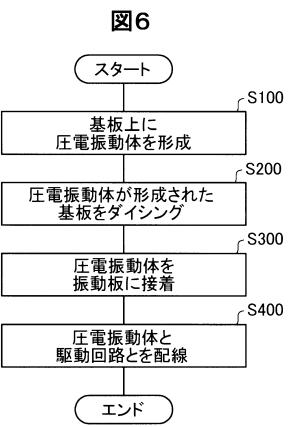
図4



【図5】

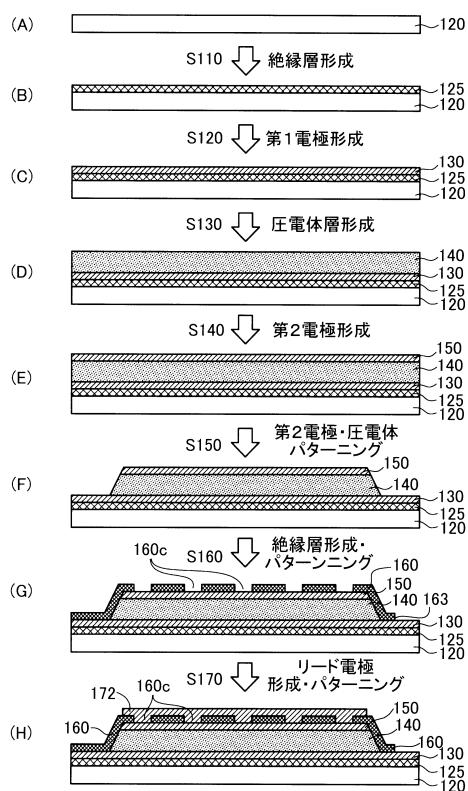


【図6】



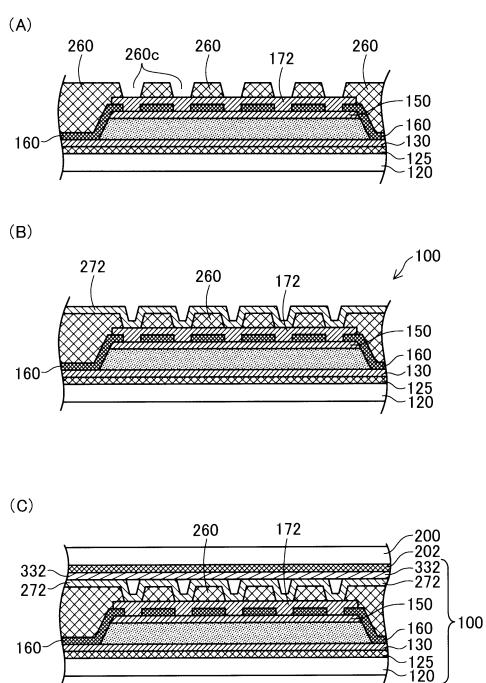
【図7】

図7



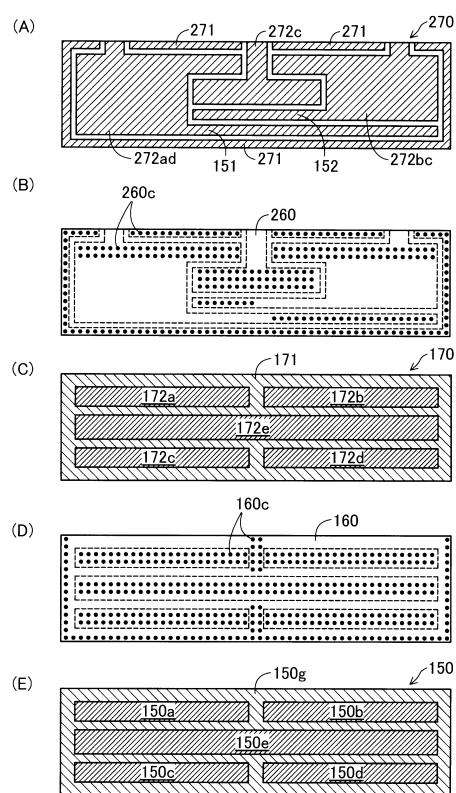
【図8】

図8



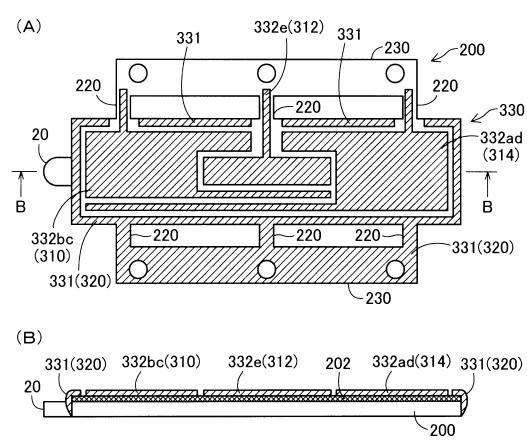
【図9】

図9



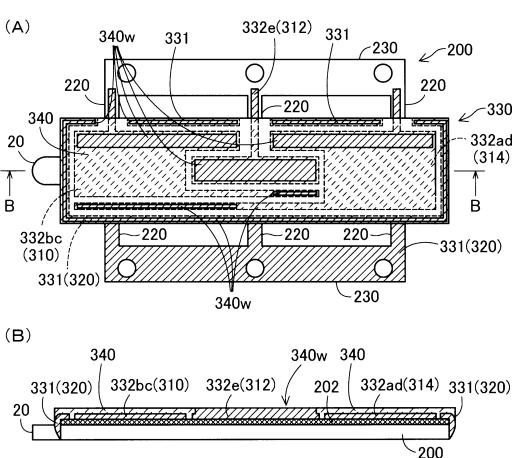
【図10】

図10



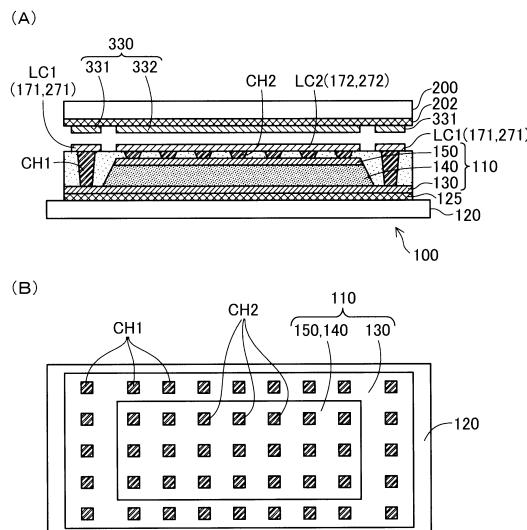
【図11】

図11

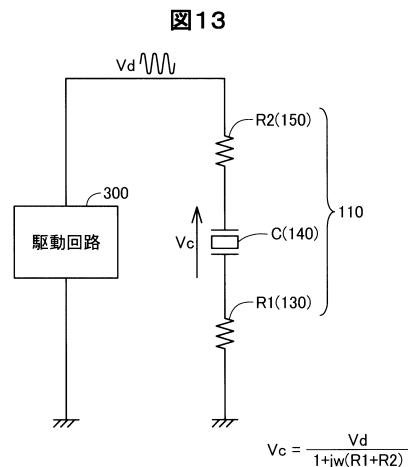


【図12】

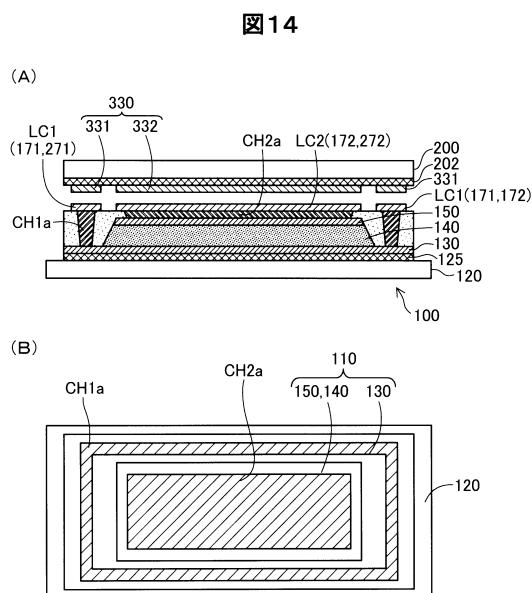
図12



【図13】

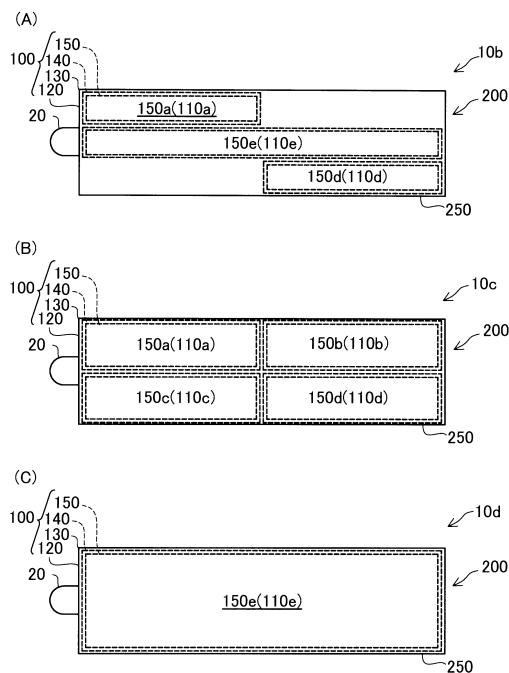


【図14】



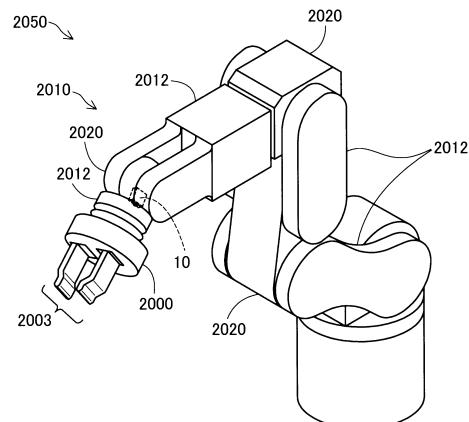
【図15】

図15



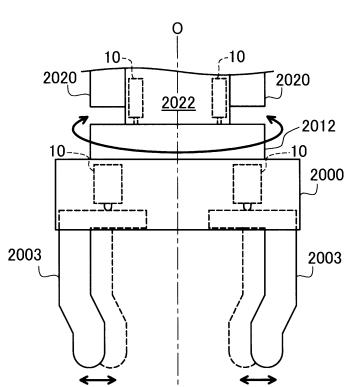
【図16】

図16



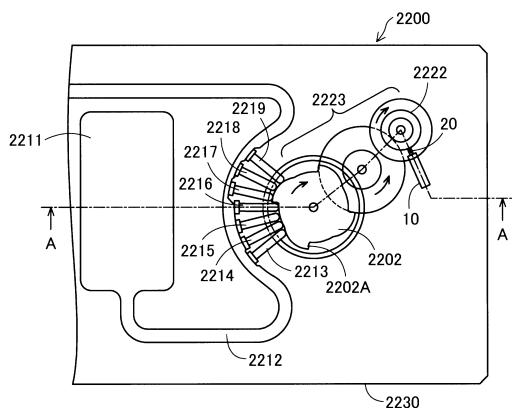
【図17】

図17



【図18】

図18



フロントページの続き

(72)発明者 上條 浩一
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
(72)発明者 宮澤 修
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
(72)発明者 荒川 豊
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(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 若林 治男

(56)参考文献 特開2010-49181 (JP, A)
特開2011-160525 (JP, A)
特開2002-142473 (JP, A)
特開2005-176479 (JP, A)
特開平8-140371 (JP, A)
特開2008-130810 (JP, A)
国際公開第2014/007088 (WO, A1)
国際公開第2006/289217 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 N	2 / 0 0
B 25 J	1 7 / 0 0
H 01 L	4 1 / 0 4 7
H 01 L	4 1 / 0 9