(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-22819
(P2017-22819A)
(43)公開日　平成29年1月26日(2017.1.26)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H02N 2/00	(2006.01)	H02N	2/00	C	3C707
B25J 19/00	(2006.01)	B25J	19/00	A	5H681

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 19 頁）

(21)出願番号　特願2015-136933 (P2015-136933)
(22)出願日　平成27年7月8日 (2015.7.8)

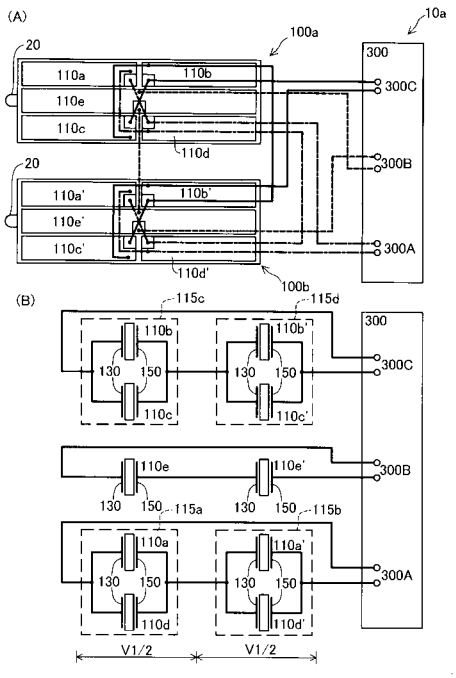
(71)出願人　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目１番６号
(74)代理人　110000028
特許業務法人明成国際特許事務所
(72)発明者　宮澤　修
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

Ｆターム(参考)　3C707 ES03 ET08 HS29
5H681 BB02 BC08 DD15 DD23 DD37 DD65 DD82 DD95

(54)【発明の名称】圧電駆動装置及びその駆動方法、ロボット及びその駆動方法

(57)【要約】
【課題】圧電駆動装置の静電容量を低減する。
【解決手段】圧電駆動装置は、第１電極１３０、第２電極１５０、圧電体１４０、により形成される複数の圧電素子１１０が設けられた振動板２００をそれぞれ有する第１圧電振動部１００ａおよび第２圧電振動部１００ｂを備える。第１、第２圧電振動部は、複数の圧電素子として、第１圧電素子１００ａと第２圧電素子１００ｄとを有する。第１圧電振動部に含まれる第１圧電素子と第２圧電素子とは第１接続方式で接続され第１圧電素子群を形成する。第２圧電振動部に含まれる第１圧電素子と第２圧電素子とは第１接続方式で接続され第２圧電素子群を形成する。第１圧電素子群と第２圧電素子群とは第２接続方式で接続される。第１接続方式と第２接続方式のうちの一方が直列接続であり、他方が並列接続である。
【選択図】図４

図4



【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１電極、第２電極、及び前記第１電極と前記第２電極との間に位置する圧電体、により形成される複数の圧電素子が設けられた振動板をそれぞれ有する第１圧電振動部および第２圧電振動部を備え、
第１圧電振動部および第２圧電振動部は、それぞれ、前記複数の圧電素子として、第１圧電素子と第２圧電素子とを有し、
前記第１圧電振動部に含まれる前記第１圧電素子と前記第２圧電素子とを第１接続方式で接続して第１圧電素子群を形成し、
前記第２圧電振動部に含まれる前記第１圧電素子と前記第２圧電素子とを前記第１接続方式で接続して第２圧電素子群を形成し、
前記第１圧電素子群と前記第２圧電素子群とを第２接続方式で接続し、
前記第１接続方式と前記第２接続方式のうちの一方が直列接続であり、他方が並列接続である、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、
前記第１接続方式は、並列接続であり、
前記第２接続方式は、直列接続である、圧電駆動装置。
【請求項３】
請求項１または２に記載の圧電駆動装置において、
直列接続された前記複数の圧電素子は大きさが同一である、圧電駆動装置。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか一項に記載の圧電駆動装置において、
前記複数の圧電素子に駆動電圧を印加したときに、前記複数の圧電素子への電圧の印加方向が同一方向である、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、
前記第１電極は、前記第２電極よりも前記振動板側に位置し、
前記電圧の印加方向は、前記第２電極から前記第１電極に向かう向きである、圧電駆動装置。
【請求項６】
請求項２に記載の圧電駆動装置において、
前記並列接続された前記複数の圧電素子の第１電極は、一体形成された１つの電極を形成している、圧電駆動装置。
【請求項７】
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１～６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８】
請求項７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前記第１電極と前記第２電極との間に周期的に変化する電圧を印加することで前記圧電駆動装置を駆動し、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９】
請求項１～６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、
前記圧電素子の第１電極と前記第２電極との間に、周期的に変化する電圧であって、前記圧電素子の圧電体に印加する電圧の方向が前記電極のうちの一方の電極から他方の電極に向かう一方向である脈流電圧を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】
本発明は、圧電駆動装置及びその駆動方法、ロボット及びその駆動方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
圧電体を振動させて被駆動体を駆動する圧電アクチュエーター（圧電駆動装置）は、磁石やコイルが不要のため、様々な分野で利用されている（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楕円運動を行う。そして、この補強板の突起部の往復運動又は楕円運動に応じて、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
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
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、圧電体を薄くしたいという要望がある。しかし、圧電駆動装置の振動体の静電容量は、圧電体を挟む電極間の距離に反比例するため、圧電体を薄くすると、静電容量が大きくなってしまい、特に複数の振動体を同時に駆動する場合に大きな電流を供給する必要があるという問題があった。
【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。
【０００６】
（１）本発明の一形態によれば、圧電駆動装置が提供される。この圧電駆動装置は、第１電極、第２電極、及び前記第１電極と前記第２電極との間に位置する圧電体、により形成される複数の圧電素子が設けられた振動板をそれぞれ有する第１圧電振動部および第２圧電振動部を備え、第１圧電振動部および第２圧電振動部は、それぞれ、前記複数の圧電素子として、第１圧電素子と第２圧電素子とを有し、前記第１圧電振動部に含まれる前記第１圧電素子と前記第２圧電素子とを第１接続方式で接続して第１圧電素子群を形成し、前記第２圧電振動部に含まれる前記第１圧電素子と前記第２圧電素子とを前記第１接続方式で接続して第２圧電素子群を形成し、前記第１圧電素子群と前記第２圧電素子群とを第２接続方式で接続し、前記第１接続方式と前記第２接続方式のうちの一方が直列接続であり、他方が並列接続である。この形態の圧電駆動装置によれば、圧電素子と圧電素子との接続の形態に直列接続が含まれるので、静電容量を少なくでき、複数の振動体を同時に駆動する場合に大きな電流を供給しなくてもよい。
【０００７】
（２）上記形態の圧電駆動装置において、前記第１接続方式は、並列接続であり、前記第

２接続方式は、直列接続であってもよい。この形態の圧電駆動装置によれば、第１圧電振動部の圧電素子に掛かる電圧あるいは第２圧電振動部の圧電素子に掛かる電圧を等しくできる。

【０００８】

（３）上記形態の圧電駆動装置において、直列接続された前記複数の圧電素子は大きさが同一であってもよい。この形態の圧電駆動装置によれば、直列接続された各圧電素子に掛かる電圧を等しくできる。

【０００９】

（４）上記の圧電駆動装置において、前記複数の圧電素子に駆動電圧を印加したときに、前記複数の圧電素子への電圧の印加方向が同一方向であってもよい。圧電素子への電圧の印加方向が一方向で変わらないので、耐久性を向上させることができる。

【００１０】

（５）上記の圧電駆動装置において、前記第１電極は、前記第２電極よりも前記振動板側に位置し、前記電圧の印加方向は、前記第２電極から前記第１電極に向かう向きであってもよい。この形態の圧電駆動装置によれば、電圧の印加方向が第２電極から第１電極に向かう向きなので、電圧の印加方向が第１電極から第２電極に向かう向きよりも耐久性を大きくできる。

【００１１】

（６）上記形態の圧電駆動装置において、前記並列接続された前記複数の圧電素子の第１電極は、一体形成された１つの電極を形成していてもよい。この形態の圧電駆動装置によれば、第１電極同士を結ぶ配線を別の配線層を用いて形成しなくても良い。また、第１電極同士の接続が切断されにくい。

【００１２】

（７）本発明の一形態によれば、ロボットが提供される。このロボットは、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１～６のいずれか一項に記載の圧電駆動装置と、を備える。この形態によれば、圧電駆動装置をロボットの駆動に利用できる。

【００１３】

（８）本発明の一形態によれば、ロボットの駆動方法が提供される。この駆動方法は、前記圧電駆動装置の前記第１電極と前記第２電極との間に周期的に変化する電圧を印加することで前記圧電駆動装置を駆動し、前記複数のリンク部を前記関節部で回動させる。

【００１４】

（９）本発明の一形態によれば、上記形態の圧電駆動装置の駆動方法が提供される。この駆動方法は、前記圧電素子の第１電極と前記第２電極との間に、周期的に変化する電圧であって、前記圧電素子の圧電体に印加する電圧の方向が前記電極のうちの一方の電極から他方の電極に向かう一方向である脈流電圧を印加する。この形態によれば、圧電素子の圧電体に印加される電圧は一方向だけなので、圧電体の耐久性を向上できる。

【００１５】

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、圧電駆動装置を搭載するロボットの駆動方法、電子部品搬送装置、送液ポンプ、投薬ポンプ等、様々な形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】圧電駆動装置の概略構成を示す説明図。

【図２】振動板の平面図。

【図３】圧電駆動装置の動作の例を示す説明図。

【図４】第１実施形態における第１電極と第２電極の配線の一例を示す説明図。

【図５】比較例を示す説明図。

【図６】第２実施形態を示す説明図。

【図７】第３実施形態を示す説明図。
【図８】第４実施形態を示す説明図。
【図９】第５実施形態を示す説明図。
【図１０】第５実施形態の等価回路。
【図１１】他の実施形態としての圧電振動部の平面図。
【図１２】ロボットの一例を示す説明図。
【図１３】ロボットの手首部分の説明図。
【図１４】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】
【００１７】
図１（Ａ）は、本発明の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、圧電振動部１００とを備える。圧電振動部１００は、振動板２００の第１面２１１（「表面」とも呼ぶ）に配置され、第２面２１２（「裏面」とも呼ぶ）には配置されていない。但し、後述するように、圧電振動部１００を振動板の２つの面２１１、２１２にそれぞれ配置しても良い。圧電振動部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、圧電素子１１０を構成している。
【００１８】
圧電振動部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，Al_2O_3，ZrO_2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可能である。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５０μｍ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。
【００１９】
第１電極１３０は、図１（Ａ）に示すように、５つの導電体層１３０ａ～１３０ｅ（「第１電極１３０ａ～１３０ｅ」とも呼ぶ）に区分されている。中央にある第１電極１３０ｅ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１電極１３０ａ，１３０ｂ，１３０ｃ，１３０ｄ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。第２電極１５０も同様に、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。
【００２０】
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（「圧電体層」とも呼ぶ）１４０ａ、１４０ｂ、１４０ｃ、１４０ｄ、１４０ｅとして形成されている。

【００２１】
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、ABO_3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。ABO_3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。

【００２２】
第１電極１３０ａと、第２電極１５０ａと、圧電体１４０ａにより、圧電素子１１０ａが形成されている。図１に示した他の圧電素子１１０ｂ、１１０ｃ、１１０ｄ、１１０ｅについても同様である。

【００２３】
本実施形態では、第１電極１３０として、区分された５つの導電体層１３０ａ～１３０ｅ（第１電極１３０ａ～１３０ｅ）を備えるが、５つの圧電素子１１０ａ～１１０ｅの接続方式によっては、第１電極１３０～１３０ｅを１つの連続的な導電体層として形成してもよい。また、圧電体１４０についても、５つの圧電体１４０ａ、１４０ｂ、１４０ｃ、１４０ｄ、１４０ｅとしてではなく、１つの連続的な圧電体１４０として形成してもよい。５つの第１電極１３０ａ～１３０ｅと、５つの第２電極１５０ａ～１５０ｅの電気的接続のための配線については後述する。

【００２４】
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。

【００２５】
振動体部２１０の第１面２１１（図１）には、圧電振動部１００（図１）が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０．１ｍｍ以上３０ｍｍ以下の範囲とすることができ、幅Ｗは、例えば０．０２ｍｍ以上９ｍｍ以下の範囲とすることができる。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２０μｍ以上８００μｍ以下の範囲とすることができる。振動体部２１０の厚みを２０μｍ以上とすれば、圧電振動部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８００μｍ以下とすれば、圧電振動部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。

【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。

【００２７】

図３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３に示す例では、駆動回路（図３では図示せず）は、対角に配置された圧電素子１１０ａと圧電素子１１０ｄの第１電極１３０ａ，１３０ｄと第２電極１５０ａ、１５０ｄとの間に周期的に変化する電圧である交流電圧又は脈流電圧を印加する。その結果、圧電素子１１０ａ，１１０ｄは図３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、楕円運動する。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３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、駆動回路が、他の対角に配置された圧電素子１１０ｂ，１１０ｃ（図１）の第１電極と第２電極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、中央の圧電素子１１０ｅに、圧電素子１１０ａと圧電素子１１０ｄ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（又は圧電振動部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。

【００２８】

駆動電圧を印加するときに、複数の圧電素子１１０の分極の方向が同一方向であるように、すなわち、圧電素子１１０に掛かる電圧の印加方向が同一方向となるように、脈流電圧を印加してもよい。動作中に圧電振動部１００の圧電体の分極の向きが反転しないので、圧電素子１１０の耐久性を向上できる。この場合、脈流電圧は、第２電極１５０の電圧を第１電極１３０の電圧よりも大きくする電圧であってもよい。第２電極１５０の電圧を第１電極１３０の電圧よりも小さくするよりも、耐久性を上げることができる。

【００２９】

・第１実施形態：

図４は、第１実施形態における第１電極と第２電極の配線の一例を示す説明図である。図４（Ａ）が結線例を示す説明図であり、図４（Ｂ）が等価回路を示す説明図である。第１実施形態の圧電駆動装置１０ａは、２つの圧電振動部１００ａ、１００ｂと駆動回路３００と、を備える。第１圧電振動部１００ａは、複数（５つ）の圧電素子１１０ａ～１１０ｅを有し、第２圧電振動部１００ｂは、複数（５つ）の圧電素子１１０ａ’～１１０ｅ’を有する。図４（Ｂ）の圧電素子１１０ａ～１１０ｅ、１１０ａ’～１１０ｅ’に付した「１３０」、「１５０」の符号は、それぞれ「第１電極１３０」、「第２電極１５０」を意味する。「１３０」、「１５０」の符号の意味は、後で説明する図６、図７、図８、図１０についても同様である。

【００３０】

第１圧電振動部１００ａの複数の圧電素子のうち、第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄは、第１接続方式（図４では並列接続）で接続されて、第１圧電素子群１１５ａを形成している。また、第２圧電振動部１００ｂの複数の圧電素子のうち、第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’は、第１接続方式（図４では並列接続）で接続されて、第２圧電素子群１１５ｂを形成している。第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂとは第２接続方式（図４では直列接続）で接続され、駆動回路３００の端子３００Ａに接続されている。ここで、第１接続方式は、圧電振動部１００内における複数の圧電素子１１０を接続する接続方式を意味し、第１実施形態で示す並列接続の場合と、後述する直列接続の場合がある。第２接続方式は、第１接続方式で接続された複数の圧電素

子（圧電素子群）あるいは異なる圧電振動部の圧電素子を接続する接続方式であり、第１実施形態で示す直列接続の場合と、後述する並列接続の場合がある。すなわち、第１接続方式は、１つの圧電振動部１００内の接続方式を意味し、第２接続方式は、複数の圧電振動部１００間の接続方式を意味する。但し、後述するように、同じ振動板２００の２つの面にそれぞれ配置された圧電素子１１０の接続方式については、同じ圧電振動部内の接続方式とみなすことも出来るので第１接続方式と呼ぶ場合がある。

【００３１】

第１圧電振動部１００ａの複数の圧電素子のうち、第３圧電素子１１０ｂと第４圧電素子１１０ｃは、第１接続方式（図４では並列接続）で接続されて、第３圧電素子群１１５ｃを形成している。また、第２圧電振動部１００ｂの複数の圧電素子のうち、第３圧電素子１１０ｂ’と第４圧電素子１１０ｃ’は、第１接続方式（図４では並列接続）で接続されて、第４圧電素子群１１５ｄを形成している。第３圧電素子群１１５ｃと第４圧電素子群１１５ｄとは第２接続方式（図４では直列接続）で接続され、駆動回路３００の端子３００Ｃに接続されている。

【００３２】

第１圧電振動部１００ａの複数の圧電素子のうちの第５圧電素子１１０ｅと第２圧電振動部１００ｂの複数の圧電素子のうちの第５圧電素子１１０ｅ’とは、第２接続方式（図４では直列接続）で接続され、駆動回路３００の端子３００Ｂに接続されている。

【００３３】

図４の接続方式をまとめると、以下の２通りである。

（１）同一の圧電振動部１００内の圧電素子相互の接続方式（第１接続方式）：並列接続

（２）異なる圧電振動部１００の圧電素子相互の接続方式（第２接続方式）：直列接続

【００３４】

本実施形態では、圧電素子１１０ａ～１１０ｄは同じ大きさを有しており、圧電素子１１０ｅは、圧電素子１１０ａの２倍の大きさを有している。圧電素子１１０ａ’～１１０ｅ’についても同様である。圧電素子１１０ａの静電容量をＣ１とすると、第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂの静電容量は、それぞれ２×Ｃ１である。第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂとは、直列に接続されているので、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の合計の静電容量は、Ｃ１である。同様に、圧電素子１１０ｂ、１１０ｃ、１１０ｂ’、１１０ｃ’の合計の静電容量は、Ｃ１である。また、端子３００Ａからの駆動電圧をＶ１とすると、各圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’に掛かる電圧は、いずれもＶ１／２であり、同じ電圧が掛かる。従って、圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’のそれぞれにＶ１の電圧を印加するには、端子３００Ａからの駆動電圧を２×Ｖ１とすればよい。

【００３５】

図５は、比較例を示す説明図である。比較例では、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の等価回路のみを図示している。図５（Ａ）は、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’を全て並列接続した比較例１を示し、図５（Ｂ）は、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’を全て直列接続した比較例２を示す。

【００３６】

図５（Ａ）に示す比較例１の場合、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の合計の静電容量は、４×Ｃ１であり、各圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’に掛かる電圧の振幅は、Ｖ１である。したがって、駆動回路３００は、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’を駆動するときに、大きな電流を供給する必要がある。第１実施形態では、（ｉ）第１圧電振動部１００ａに含まれる第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄとを第１接続方式（第１実施形態では並列接続）で接続して第１圧電素子群１１５ａを形成し、（ｉｉ）第２圧電振動部１００ｂに含まれる第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’とを第１接続方式（第１実施形態では並列接続）で接続して第２圧電素子群１１５ｂを形成し、（ｉｉｉ）第１圧電素子群１１

５ａと第２圧電素子群１１５ｂとを第２接続方式（第１実施形態では直列接続）で接続する。その結果、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の合計の静電容量が大きくならず、駆動回路３００は、比較例１に比べて大きな電流を供給しなくてもよい。

【００３７】

図５（Ｂ）に示す場合、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の合計の静電容量は、Ｃ１／４であり、各圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’に掛かる電圧の振幅は、Ｖ１／４である。従って、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’のそれぞれにＶ１の電圧を印加するには、駆動電圧を４×Ｖ１としなければならない。かかる場合、駆動回路３００は、高い電圧を発生させるため、耐圧の大きな部品を用いて構成しなければならない。第１実施形態によれば、駆動電圧は２×Ｖ１でよいので、比較例２と比較すると、駆動回路３００を構成する部品の耐圧が低くても良い。

【００３８】

以上のように、第１の実施形態では、圧電駆動装置１０は、第１圧電振動部１００ａと第２圧電振動部１００ｂを有する。第１圧電振動部１００ａは、第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄを含む複数の圧電素子１１０ａ～１１０ｅを有し、第２圧電振動部１００ｂは、第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’を含む複数の圧電素子１１０ａ～１１０ｅを有する。第１圧電振動部１００ａに含まれる第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄとは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ａが形成され、第２圧電振動部１００ｂに含まれる第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’とは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ｂが形成されている。第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂとは、第２接続方式で接続されている。ここで、第１接続方式は並列接続であり、第２接続方式は、直列接続である。このような構成を採用すると、駆動回路３００は、比較例１に比べて大きな電流を供給しなくてもよく、比較例２と比較すると、駆動回路３００を構成する部品の耐圧が低くても良い。

【００３９】

・第２実施形態：

図６は、第２実施形態を示す説明図である。図６（Ａ）が結線例を示す説明図であり、図６（Ｂ）が等価回路を示す説明図である。第１実施形態との違いは、第１圧電振動部１００ａの複数（５つ）の圧電素子１１０ａ～１１０ｅと、第２圧電振動部１００ｂの複数（５つ）の圧電素子１１０ａ’～１１０ｅ’の接続である。図６の接続方式をまとめると、以下の２通りである。

（１）同一の圧電振動部１００内の圧電素子相互の接続方式（第１接続方式）：直列接続

（２）異なる圧電振動部１００の圧電素子相互の接続方式（第２接続方式）：並列接続

【００４０】

圧電素子１１０ａの静電容量をＣ１とすると、第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂの静電容量は、それぞれＣ１／２である。第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂとは、並列に接続されているので、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の合計の静電容量は、Ｃ１である。同様に、圧電素子１１０ｂ、１１０ｃ、１１０ｂ’、１１０ｃ’の合計の静電容量は、Ｃ１である。また、端子３００Ａからの駆動電圧をＶ１とすると、各圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’に掛かる電圧は、いずれもＶ１／２であり、同じ電圧が掛かる。従って、圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’のそれぞれにＶ１の電圧を印加するには、端子３００Ａからの駆動電圧を２×Ｖ１とすればよい。これらの値は、第１実施形態と同様である。

【００４１】

以上のように、第２実施形態では、圧電駆動装置１０は、第１圧電振動部１００ａと第２圧電振動部１００ｂを有する。第１圧電振動部１００ａは、第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄを含む複数の圧電素子１１０ａ～１１０ｅを有し、第２圧電振動部１

００ｂは、第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’を含む複数の圧電素子１１０ａ～１１０ｅを有する。第１圧電振動部１００ａに含まれる第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄとは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ａが形成され、第２圧電振動部１００ｂに含まれる第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’とは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ｂが形成されている。第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂとは、第２接続方式で接続されている。ここで、第１接続方式は並列接続であり、第２接続方式は、直列接続である。そのため、圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の合計の静電容量が大きくならず、駆動回路３００は、比較例１に比べて大きな電流を供給しなくてもよい。また、比較例２と比較すると、駆動回路３００を構成する部品の耐圧が低くても良い。

【００４２】

以上、第１実施形態、第２実施形態をまとめると、圧電駆動装置１０は、以下の構成を有する。

（１）同一の圧電振動部１００内の圧電素子相互の接続方式（第１接続方式）：並列接続または直列接続

（２）異なる圧電振動部１００の圧電素子相互の接続方式（第２接続方式）：第１接続方式が並列接続のとき直列接続であり、第１接続方式が直列接続のとき並列接続

このような構成を採用すると、駆動回路３００は、比較例１に比べて大きな電流を供給しなくてもよく、比較例２と比較すると、駆動回路３００を構成する部品の耐圧が低くても良い。

【００４３】

第１実施形態と第２実施形態では、以下の理由により、第１接続方式を並列接続とし、第２接続方式を直列接続とする第１実施形態を採用する方が好ましい。圧電素子１１０ａ～１１０ｅは、圧電体１４０ａ～１４０ｅの厚さが同じである為、同じ電圧を掛けることが好ましい。駆動回路３００の駆動電圧をＶ１とすると、第１実施形態の場合、圧電素子１１０ａと圧電素子１１０ｅに掛かる電圧は、Ｖ１／２で、同じである。これに対し、第２実施形態の場合、圧電素子１１０ａに掛かる電圧はＶ１／２であるが、圧電素子１１０ｅに掛かる電圧は、Ｖ１である。したがって、第１実施形態では、駆動回路３００は、端子３００Ａと３００Ｂに出力する駆動電圧の大きさを変える必要は無いが、第２実施形態では、圧電素子１１０ａと１１０ｅに掛ける電圧を同じにするためには、駆動回路３００は、端子３００Ａと３００Ｂに出力する駆動電圧の大きさを変えることが必要であり、駆動回路３００が複雑となる場合がある。よって、第１実施形態の方が好ましい。

【００４４】

直列接続された複数の圧電素子１１０同士（例えば第２実施形態の圧電素子１１０ａと１１０ｄ）は大きさが同一であることが好ましい。大きさが同じであれば、静電容量も同じ大きさとなるので、直列接続された各圧電素子１１０に掛かる電圧も等しくなる。なお、ここでいう大きさが同一とは、完全に同一であることまでは必要ではなく、ほぼ同一であればよい。例えば、第１圧電素子１１０ａの大きさに対して、第２圧電素子１１０ｄは、面積で±１０％程度の大きさであってもよい。すなわち、±１０％程度の大きさの違いは、同一の大きさ、同じ大きさの範囲に含めてもよい。

【００４５】

・第３実施形態：

図７は、第３実施形態を示す説明図である。第１実施形態との違いは、第１実施形態の圧電素子１１０ｅを２つの圧電素子１１０ｆ、１１０ｇに分け、圧電素子１１０ｅ’を２つの圧電素子１１０ｆ’、１１０ｇ’に分けて構成している点である。圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’は、他の圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’と同じ大きさである。第３実施形態の接続方式は、圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’については、第１の実施形態と同様であり、圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’についても、以下の２通りである。

（１）同一の圧電振動部１００内の圧電素子相互の接続方式（第１接続方式）：並列接続

（２）異なる圧電振動部１００の圧電素子相互の接続方式（第２接続方式）：直列接続
【００４６】
以上のように、第３実施形態では、圧電駆動装置１０は、第１圧電振動部１００ａと第２圧電振動部１００ｂを有する。第１圧電振動部１００ａは、第１圧電素子１１０ｆと第２圧電素子１１０ｇを含む複数の圧電素子１１０ａ～１１０ｇを有し、第２圧電振動部１００ｂは、第１圧電素子１１０ｆ’と第２圧電素子１１０ｇ’を含む複数の圧電素子１１０ａ’～１１０ｇ’を有する。第１圧電振動部１００ａに含まれる第１圧電素子１１０ｆと第２圧電素子１１０ｇとは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ｅが形成され、第２圧電振動部１００ｂに含まれる第１圧電素子１１０ｆ’と第２圧電素子１１０ｇ’とは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ｆが形成されている。第１圧電素子群１１５ｅと第２圧電素子群１１５ｆとは、第２接続方式で接続されている。ここで、第１接続方式は並列接続であり、第２接続方式は、直列接続である。そのため、第１実施形態の圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’と同様に、第３実施形態において、圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’の合計の静電容量が大きくならず、駆動回路３００は、比較例１に比べて大きな電流を供給しなくてもよい。また、比較例２と比較すると、駆動回路３００を構成する部品の耐圧が低くても良い。他の圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’については、第１実施形態と同様である。
【００４７】
第３実施形態では、圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’の等価回路は、圧電素子、１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の等価回路と同じとなる。その結果、駆動回路３００は、圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’を駆動する回路と、圧電素子、１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’を駆動する回路とを同じ回路構成で構成できる。
【００４８】
・第４実施形態：
図８は、第４実施形態を示す説明図である。第３実施形態との違いは、第４実施形態では、第１接続方式が直列接続となり、第２接続方式が並列接続になる点である。第４実施形態の接続方式は、圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’については、第２の実施形態と同様であり、圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’についても、以下の２通りである。
（１）同一の圧電振動部１００内の圧電素子相互の接続方式（第１接続方式）：直列接続
（２）異なる圧電振動部１００の圧電素子相互の接続方式（第２接続方式）：並列接続
【００４９】
第４実施形態では、圧電駆動装置１０は、第１圧電振動部１００ａと第２圧電振動部１００ｂを有する。第１圧電振動部１００ａは、第１圧電素子１１０ｆと第２圧電素子１１０ｇを含む複数の圧電素子１１０ａ～１１０ｇを有し、第２圧電振動部１００ｂは、第１圧電素子１１０ｆ’と第２圧電素子１１０ｇ’を含む複数の圧電素子１１０ａ’～１１０ｇ’を有する。第１圧電振動部１００ａに含まれる第１圧電素子１１０ｆと第２圧電素子１１０ｇとは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ｅが形成され、第２圧電振動部１００ｂに含まれる第１圧電素子１１０ｆ’と第２圧電素子１１０ｇ’とは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ｆが形成されている。第１圧電素子群１１５ｅと第２圧電素子群１１５ｆとは、第２接続方式で接続されている。ここで、第１接続方式は直列接続であり、第２接続方式は、並列接続である。そのため、第２実施形態の圧電素子１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’と同様に、第４実施形態の圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’の合計の静電容量が大きくならず、駆動回路３００は、比較例１に比べて大きな電流を供給しなくてもよい。また、比較例２と比較すると、駆動回路３００を構成する部品の耐圧が低くても良い。他の圧電素子１１０ａ～１１０ｄ、１１０ａ’～１１０ｄ’については、第２実施形態と同様である。
【００５０】

第４実施形態においても、圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’の等価回路は、圧電素子、１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’の等価回路と同じとなる。その結果、駆動回路３００は、圧電素子１１０ｆ、１１０ｇ、１１０ｆ’、１１０ｇ’を駆動する回路と、圧電素子、１１０ａ、１１０ｄ、１１０ａ’、１１０ｄ’を駆動する回路とを同じ回路構成で構成できる。

【００５１】

・第５実施形態：

図９は、第５実施形態を示す説明図である。図１０は、第５実施形態の等価回路である。第１実施形態では、振動板２００ａの一方の面（例えば面２１１）に圧電素子１１０ａ～１１０ｅを配置し、振動体２００ｂの一方の面（例えば面２１１）に圧電素子１１０ａ’～１１０ｅ’を配置する構成であったが、第５実施形態では、振動板２００ａの一方の面２１１に圧電素子１１０ａ～１１０ｅを配置し、他方の面２１２にも圧電素子１１０ａ～１１０ｅをし、振動板２００ｂの一方の面２１１に圧電素子１１０ａ’～１１０ｅ’を配置し、他方の面２１２にも圧電素子１１０ａ’～１１０ｅ’を配置している。この場合、振動板２００ａの２つの第１圧電素子１１０ａと２つの第２圧電素子１１０ｄを第１接続方式（並列接続）で接続して圧電素子群１１５ａを形成し、振動板２００ｂの２つの第１圧電素子１１０ａ’と２つの第２圧電素子１００ｄ’とを第１接続方式（並列接続）で接続して圧電素子群１１５ｂを形成し、圧電素子群１１５ａと１１５ｂとを第２接続方式（直列接続）で接続してもよい。他の圧電素子１１０ｂ、１１０ｃ、１１０ｅ、１１０ｂ’、１１０ｃ’、１１０ｅ’についても同様に第１接続方式と第２接続方式で接続する。この第５実施形態は、１つの振動板２００ａとその２つの面２１１、２１２の圧電素子１１０ａ～１１０ｅを合わせて１つの圧電振動部とみなし、１つの振動板２００ｂとその２つの面２１１、２１２の２つの圧電振動部１００ａ’～１１０ｅ’を合わせて１つの圧電振動部とみなすものである。この第５実施形態では、１つの圧電振動部とみなされた圧電振動部の２つの第１圧電素子１１０ａと２つの第２圧電素子１１０ｄを第１接続方式（並列接続）で接続して圧電素子群を形成し、２つの圧電振動部１００ｂの２つの第１圧電素子１１０ａ’と２つの第２圧電素子１１０ｄ’を第１接続方式（並列接続）で接続して圧電素子群を形成し、これらの、２つの圧電素子群を第２接続方式（直列接続）で接続する。このように構成してもよい。

【００５２】

第５実施形態の接続方式をまとめると、以下の２通りである。

（１）同一の圧電振動部１００ａ、あるいは１００ｂ内の圧電素子相互の接続方式（第１接続方式）：並列接続

（２）異なる圧電振動部１００ａと１００ｂの間の圧電素子相互の接続方式（第２接続方式）：直列接続

【００５３】

第５実施形態によれば、圧電駆動装置１０ａは、第１圧電振動部１００ａと第２圧電振動部１００ｂを有する。第１圧電振動部１００ａは、第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄを含む複数の圧電素子１１０ａ～１１０ｅを有し、第２圧電振動部１００ｂは、第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’を含む複数の圧電素子１１０ａ’～１１０ｅ’を有する。第１圧電振動部１００ａに含まれる第１圧電素子１１０ａと第２圧電素子１１０ｄとは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ａが形成され、第２圧電振動部１００ｂに含まれる第１圧電素子１１０ａ’と第２圧電素子１１０ｄ’とは第１接続方式で接続されて第１圧電素子群１１５ｂが形成されている。第１圧電素子群１１５ａと第２圧電素子群１１５ｂとは、第２接続方式で接続されている。ここで、第１接続方式は並列接続であり、第２接続方式は、直列接続である。このような構成を採用すると、駆動回路３００は、比較例１に比べて大きな電流を供給しなくてもよい。

【００５４】

図１１（Ａ），（Ｂ）は、本発明の他の実施形態としての圧電振動部１００ｇ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１１（Ａ），（Ｂ）では、図

示の便宜上、振動体部２１０のみを図示し、接続部２２０や取付部２３０は、図示が省略されている。図１１（Ａ）の圧電振動部１００ｇでは、一対の圧電素子１１０ｂ，１１０ｃが省略されている。この圧電振動部１００ｇも、図４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可能である。なお、図１１（Ａ）の３つの圧電素子１１０ａ，１１０ｅ，１１０ｄには同じ電圧が印加されるので、これらの３つの３つの圧電素子１１０ａ，１１０ｅ，１１０ｄ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。

【００５５】

図１１（Ｂ）は、本発明の更に他の実施形態としての圧電振動部１００ｈの平面図である。この圧電振動部１００ｈでは、図１（Ａ）の中央の圧電素子１１０ｅが省略されており、他の４つの圧電素子１１０ａ，１１０ｂ，１１０ｃ，１１０ｄが図１（Ａ）よりも大きな面積に形成されている。この圧電振動部１００ｈ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。

【００５６】

図１及び図１１（Ａ），（Ｂ）から理解できるように、圧電振動部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１１（Ａ），（Ｂ）に示す実施形態のように、長方形の振動体部２１０の対角の位置に圧電素子１１０（第２電極１５０）を設けるようにすれば、振動体部２１０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。

【００５７】

上記各実施形態では、第１電極１３０は、複数の第１電極１３０ａ～１３０ｅに分かれているが、第１接続方式が並列接続の場合には、第１電極１３０ａ～１３０ｅは、一体形成された１つの第１電極１３０を形成していても良い。並列接続の場合、第１電極１３０が同電位であるため、一体形成された１つの第１電極１３０を形成しても問題は生じない。また、一体形成された１つの第１電極１３０を形成することにより、自動的に配線も形成されるため、並列に接続するための別の配線が不要となり、配線の断線が発生し難い。

【００５８】

・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。圧電駆動装置１０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（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。

【００５９】

図１２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。

【００６０】

図１３は、図１２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。

【００６１】

図１３に示す実施形態では、２つの圧電駆動装置１０（振動板）を用いて、手首のリンク部２０１２及びロボットハンド２０００を中心軸Ｏ周りに回動させている。この場合、２つの圧電駆動装置１０の間を直列に接続しても良い。電流低減と配線省略の効果が得られる。なお、直列接続されるそれぞれの圧電駆動装置１０の内部においては、複数の圧電素子は、直列、並列のいずれに接続されていてもよい。

【００６２】

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、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。

【００６３】

図１４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。

【００６４】

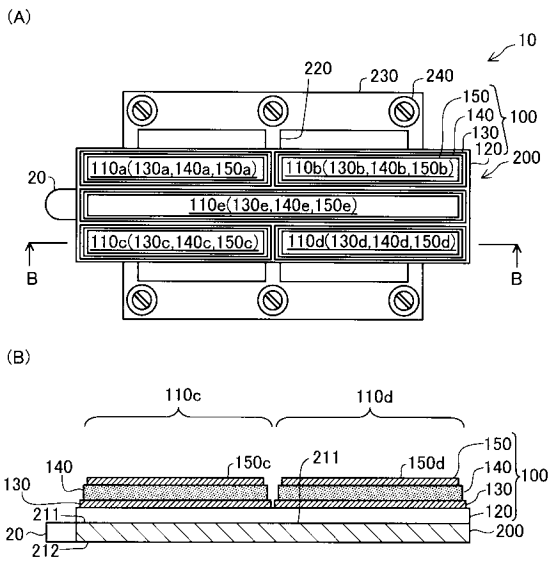
・変形例：

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。
【００６５】
変形例１：
第５実施形態では、第１接続方式を並列接続、第２接続方式を直列接続としたが、第２実施形態と同様に、第１接続方式を直列接続、第２接続方式を並列接続としてもよい。
【００６６】
・変形例２：
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。
【００６７】
・変形例３：
上記の各実施形態において、例えば第２実施形態（図６）を例にとると、圧電振動部１００の圧電素子１１０ａ～１１０ｅの分極方向が同じ方向（例えば、印加される電圧の向きが第１電極１３０から第２電極１５０に向かう方向）となるように、圧電素子１１０ａ～１１０ｅを直列または並列接続している。ここで、圧電振動部１００の圧電素子１１０ａ～１１０ｅのうちの一部の圧電素子（例えば圧電素子１１０ｂと１１０ｄ）について、第１電極１３０と第２電極１５０の接続を逆にして、その一部の圧電素子（圧電素子１１０ｂと１１０ｄ）の分極方向を他の圧電素子（１１０ａ、１１０ｃ、１１０ｅ）の分極方向と逆向き（印加される電圧の向きが第２電極１５０から第１電極１３０に向かう方向）にしても良い。この場合であっても、静電容量を少なくでき、圧電振動部１００を駆動する場合に大きな電流を供給しなくてもよいという同等の効果が得られる。他の実施形態についても同様である。
【００６８】
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】
【００６９】
１０、１０ａ…圧電駆動装置　２０…突起部　５０…ローター　５１…中心
１００、１００ａ、１００ｂ、１００ｃ、１００ｄ、１００ｇ、１００ｈ…圧電振動部
１１０、１１０ａ～１１０ｇ、１１０ａ’～１１０ｇ’…圧電素子　１１５ａ～１１５ｆ…圧電素子群　１２０…基板　１３０、１３０ａ～１３０ｅ…第１電極　１４０、１４０ａ～１４０ｅ…圧電体　１５０、１５０ａ～１５０ｅ…第２電極　２００、２００ａ、２００ｂ…振動板　２１０…振動体部　２１１、２１２…面　２２０…接続部　２３０…取付部　２４０…ネジ　３００…駆動回路　３００Ａ、３００Ｂ、３００Ｃ…端子　２０００…ロボットハンド　２００３…把持部　２０１０…アーム　２０１２…リンク部　２０２０…関節部　２０２２…手首回動部　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…フィンガー　２２２２…ローター　２２２３…減速伝達機構

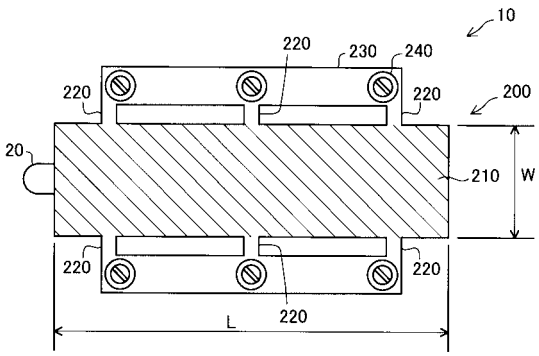
【図１】

図1



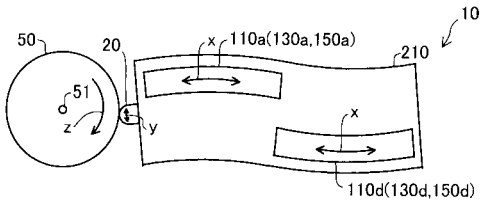
【図２】

図2



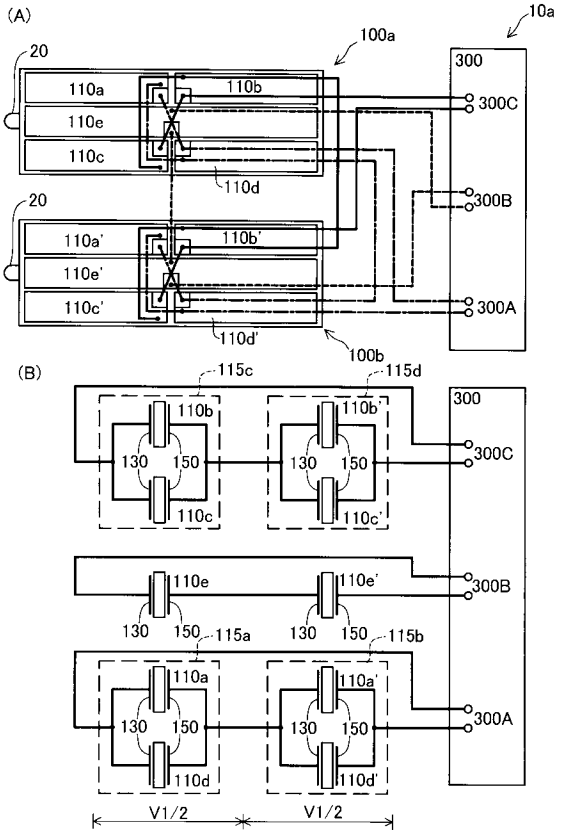
【図３】

図3



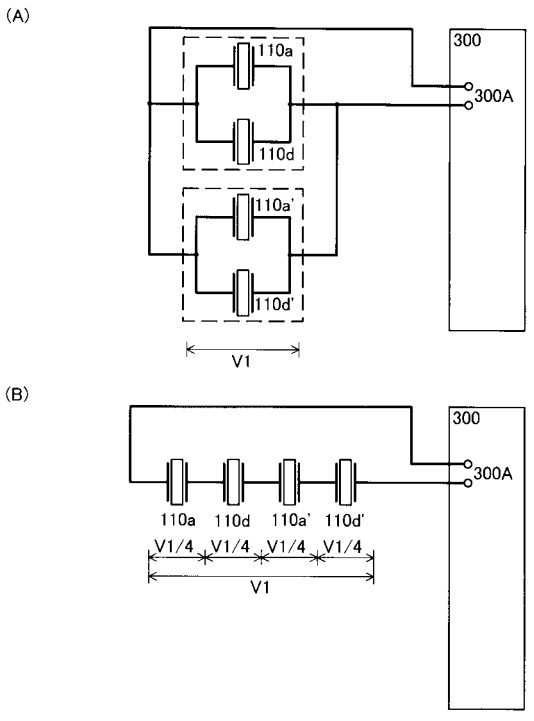
【図４】

図4



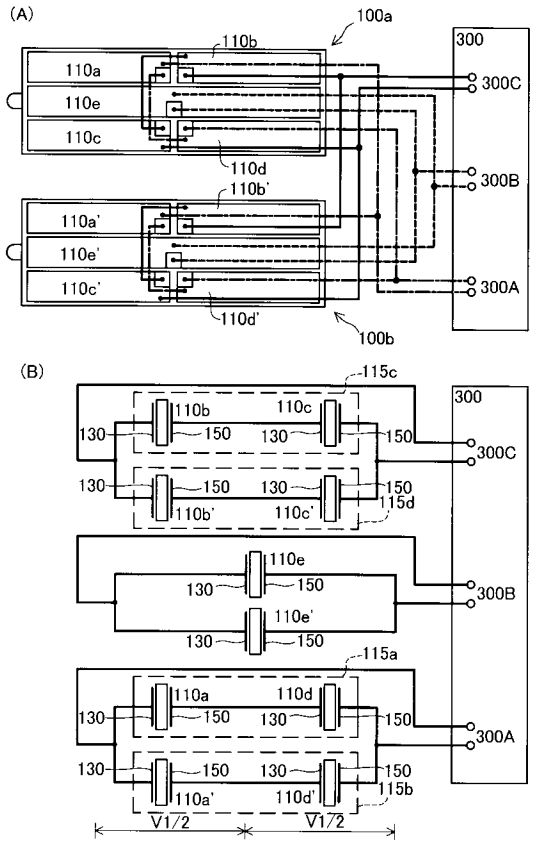
【図５】

図5



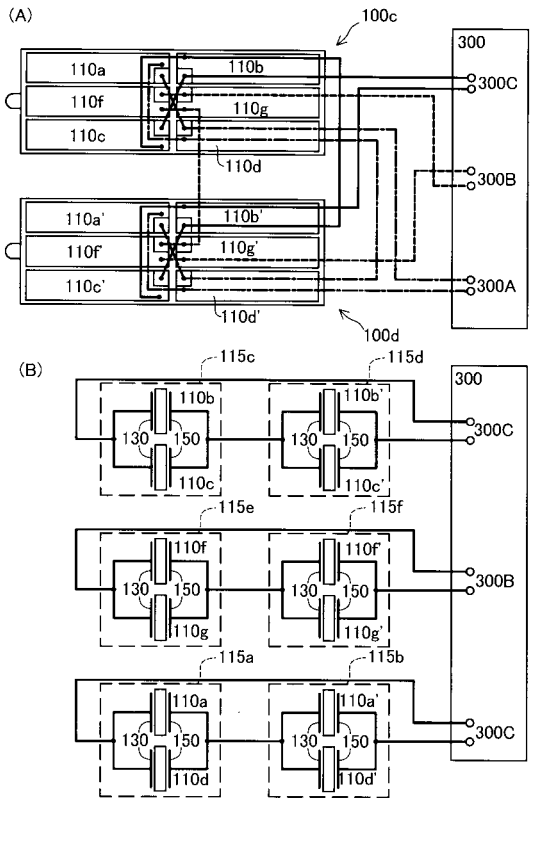
【図６】

図6



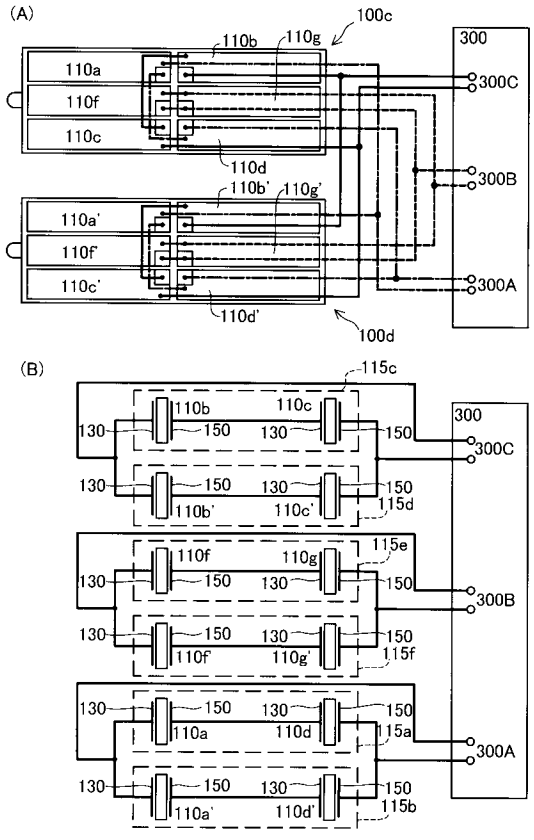
【図７】

図7



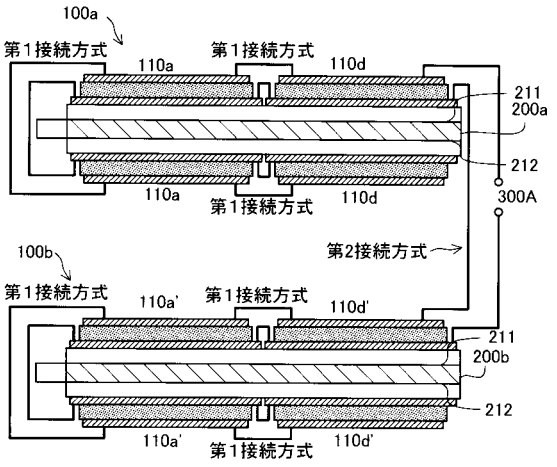
【図８】

図8



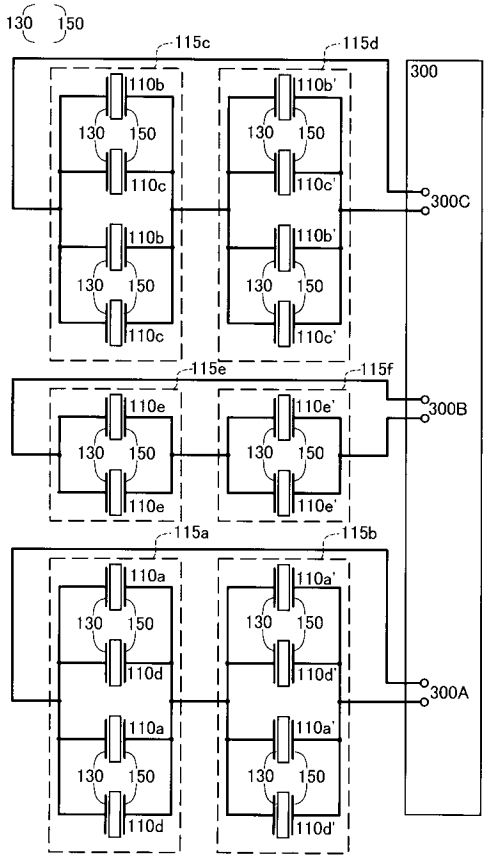
【図９】

図9



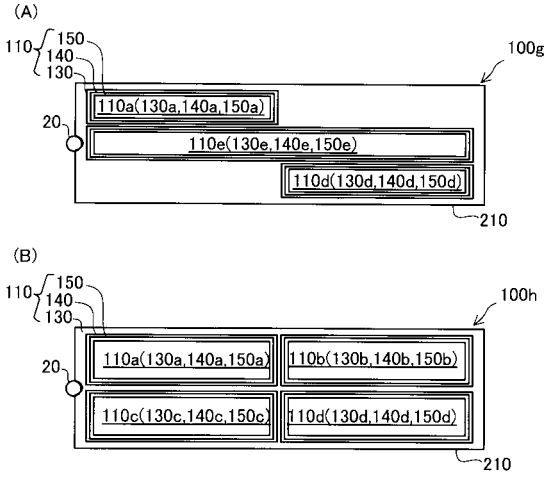
【図１０】

図10



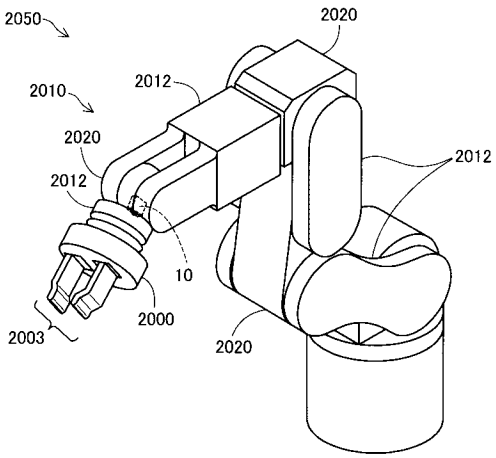
【図１１】

図11



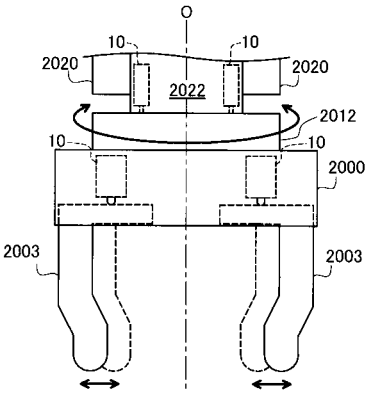
【図１２】

図12



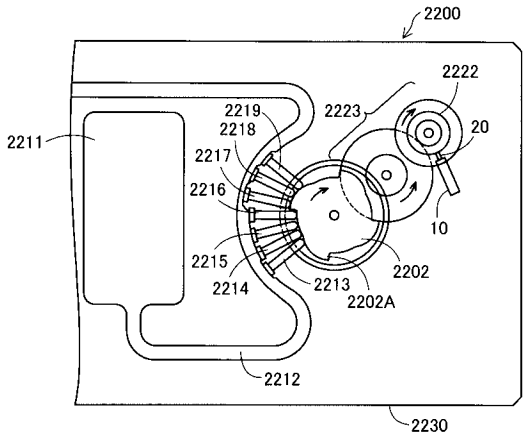
【図１３】

図13



【図１４】

図14


2200
2222
2219
2223
20
2218
2211
2217
2216
10
2215
2202
2214
2213
2202A
2212
2230