

(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2018-74723
(P2018-74723A)

(43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)

(51) Int.Cl.

HO2N 2/12 (2006.01)

F 1

HO2N 2/12

テーマコード(参考)

5H681

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願2016-211052 (P2016-211052)

(22) 出願日

平成28年10月27日 (2016.10.27)

(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 100091292

弁理士 増田 達哉

(74) 代理人 100091627

弁理士 朝比 一夫

(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

F ターム(参考) 5H681 AA07 BB02 BB12 BB17 BB20
BC04 BC08 CC02 DD23 DD37
DD64 EE23 FF23 FF36

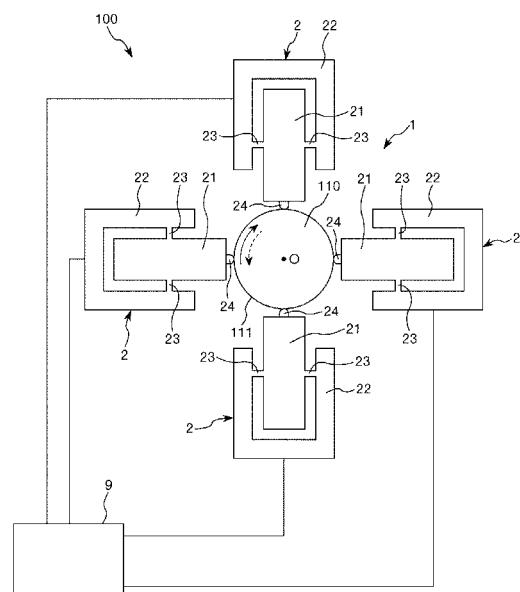
(54) 【発明の名称】 駆動装置、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置およびプリンター

(57) 【要約】

【課題】 優れた駆動特性を有する駆動装置、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置およびプリンターを提供する。

【解決手段】 駆動装置は、振動を被駆動部に伝達する伝達部を有している複数の振動体と、少なくとも2つの前記振動体の、前記伝達部の振動軌跡をそれぞれ独立して変化させる制御部と、を有する。また、前記被駆動部と前記振動体とが並ぶ方向を第1方向とし、前記第1方向に直交する方向を第2方向としたとき、少なくとも2つの前記振動体は、それぞれ、前記伝達部の、前記第1方向および前記第2方向の少なくとも一方の振幅が異なる複数の振動モードを有し、前記制御部は、少なくとも2つの前記振動体を、それぞれ、前記複数の振動モードのうちのいずれかの振動モードで駆動させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

振動を被駆動部に伝達する伝達部を有している複数の振動体と、少なくとも 2 つの前記振動体の、前記伝達部の振動軌跡をそれぞれ独立して変化させる制御部と、を有することを特徴とする駆動装置。

【請求項 2】

前記 2 つの振動体の前記伝達部の振動軌跡が、それぞれ異なる請求項 1 に記載の駆動装置。

【請求項 3】

前記被駆動部と前記振動体とが並ぶ方向を第 1 方向とし、前記第 1 方向に直交する方向を第 2 方向としたとき、

前記 2 つの振動体は、前記第 1 方向および前記第 2 方向の少なくとも一方の振幅が異なる複数の振動モードを有し、

前記制御部は、前記 2 つの振動体を、前記複数の振動モードのうちのいずれかの振動モードで駆動させる請求項 1 または 2 に記載の駆動装置。

【請求項 4】

前記複数の振動モードには、前記伝達部において前記第 1 方向と前記第 2 方向に振幅を有する第 1 振動モードと、前記伝達部において前記第 1 振動モードよりも前記第 2 方向の振幅が小さい第 2 振動モードと、が含まれている請求項 3 に記載の駆動装置。

【請求項 5】

前記複数の振動モードには、前記伝達部において前記第 1 方向と前記第 2 方向に振幅を有する第 1 振動モードと、前記伝達部において前記第 1 振動モードよりも前記第 1 方向の振幅が小さい第 3 振動モードと、が含まれている請求項 3 に記載の駆動装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記被駆動部の駆動速度に応じて、前記伝達部が前記第 1 振動モードで振動する前記振動体の数を変化させる請求項 4 または 5 に記載の駆動装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記被駆動部の駆動速度が大きくなった場合に、前記伝達部が前記第 1 振動モードで振動する前記振動体の数を増加させる請求項 6 に記載の駆動装置。

【請求項 8】

前記振動体は、圧電体を有している請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 9】

前記振動体は、積層されている複数の前記圧電体を有している請求項 8 に記載の駆動装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の駆動装置を備えていることを特徴とする圧電モーター。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の駆動装置を備えていることを特徴とするロボット。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の駆動装置を備えていることを特徴とする電子部品搬送装置。

【請求項 13】

請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の駆動装置を備えていることを特徴とするプリンター。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

10

20

30

40

50

本発明は、駆動装置、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置およびプリンターに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、被駆動体を変位駆動させる駆動装置として、被駆動体が変位する方向に並んで配置されると共に、被駆動体が変位する方向と平行な方向に振動する複数の駆動素子と、駆動素子の振動を被駆動体に伝達する接触子と、を有し、駆動素子の振動を接触子によって被駆動体に伝達することで、被駆動体を変位させる構成が知られている（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-75955号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1の駆動装置では、接触子の振動軌跡を変化させることができないため、例えば、被駆動体の回転速度を高精度に制御することができず、優れた駆動特性を発揮することが困難である。

【0005】

本発明の目的は、優れた駆動特性を有する駆動装置、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置およびプリンターを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的は、下記の本発明により達成される。

【0007】

本発明の駆動装置は、振動を被駆動部に伝達する伝達部を有している複数の振動体と、少なくとも2つの前記振動体の、前記伝達部の振動軌跡をそれぞれ独立して変化させる制御部と、を有することを特徴とする。

このような構成の駆動装置によれば、複数の振動体の伝達部の振動軌跡をそれぞれ独立して制御（例えば、全ての振動体の伝達部の振動軌跡を同じにしたり、ある振動体の伝達部の振動軌跡を他の振動体の伝達部の振動軌跡と異なせたり）することで、被駆動部の駆動を高精度に制御することができ、被駆動部を所望の条件で安定して駆動させることができる。したがって、優れた駆動特性を有する駆動装置となる。

【0008】

本発明の駆動装置では、前記2つの振動体の前記伝達部の振動軌跡が、それぞれ異なることが好ましい。

これにより、被駆動部の駆動をより高精度に制御することができる。

【0009】

本発明の駆動装置では、前記被駆動部と前記振動体とが並ぶ方向を第1方向とし、前記第1方向に直交する方向を第2方向としたとき、

前記2つの振動体は、前記第1方向および前記第2方向の少なくとも一方の振幅が異なる複数の振動モードを有し、

前記制御部は、前記2つの振動体を、前記複数の振動モードのうちのいずれかの振動モードで駆動させることができが好ましい。

このように、振動体が複数の振動モードを有していれば、複数の振動モードの中から1つの振動モードを選択することで、簡単に、伝達部の振動軌跡を変化させることができる。そのため、制御部での制御が簡単となる。

【0010】

本発明の駆動装置では、前記複数の振動モードには、前記伝達部において前記第1方向

10

20

30

40

50

と前記第2方向に振幅を有する第1振動モードと、前記伝達部において前記第1振動モードよりも前記第2方向の振幅が小さい第2振動モードと、が含まれていることが好ましい。

これにより、被駆動部をより確実に、かつスマーズに回転させることができる。さらには、振動体の構成が簡単となる。

【0011】

本発明の駆動装置では、前記複数の振動モードには、前記伝達部において前記第1方向と前記第2方向に振幅を有する第1振動モードと、前記伝達部において前記第1振動モードよりも前記第1方向の振幅が小さい第3振動モードと、が含まれていることが好ましい。

これにより、被駆動部をより確実に、かつスマーズに回転させることができる。さらには、振動体の構成が簡単となる。

【0012】

本発明の駆動装置では、前記制御部は、前記被駆動部の駆動速度に応じて、前記伝達部が前記第1振動モードで振動する前記振動体の数を変化させることが好ましい。

これにより、被駆動部の駆動をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を発揮することができる。

【0013】

本発明の駆動装置では、前記制御部は、前記被駆動部の駆動速度が大きくなった場合に、前記伝達部が前記第1振動モードで振動する前記振動体の数を増加させることが好ましい。

これにより、被駆動部の駆動をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を発揮することができる。

【0014】

本発明の駆動装置では、前記振動体は、圧電体を有していることが好ましい。

これにより、簡単な構成で振動体を振動させることができる。また、振動体の小型化を図ることもできる。

【0015】

本発明の駆動装置では、前記振動体は、積層されている複数の前記圧電体を有していることが好ましい。

これにより、振動体の駆動力がより大きくなる。

【0016】

本発明の圧電モーターは、本発明の駆動装置を備えていることを特徴とする。

これにより、本発明の駆動装置の効果を享受でき、優れた駆動特性を有する圧電モーターが得られる。

【0017】

本発明のロボットは、本発明の駆動装置を備えていることを特徴とする。

これにより、本発明の駆動装置の効果を享受でき、高い信頼性を有するロボットが得られる。

【0018】

本発明の電子部品搬送装置は、本発明の駆動装置を備えていることを特徴とする。

これにより、本発明の駆動装置の効果を享受でき、高い信頼性を有する電子部品搬送装置が得られる。

【0019】

本発明のプリンターは、本発明の駆動装置を備えていることを特徴とする。

これにより、本発明の駆動装置の効果を享受でき、高い信頼性を有するプリンターが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の第1実施形態に係る圧電モーターの全体構成を示す平面図である。

【図2】図1に示す圧電モーターの変形例を示す側面図である。

【図3】図1に示す圧電モーターが有する振動体を示す平面図である。

【図4】図3に示す振動体の斜視図である。

【図5】図3中のA-A線断面図である。

【図6】図3中のB-B線断面図である。

【図7】第1振動モードを示す平面図である。

【図8】第2振動モードを示す平面図である。

【図9】圧電モーターの制御方法(駆動方法)を示す表である。

【図10】本発明の第2実施形態に係る圧電モーターが有する振動子の第3振動モードを示す平面図である。

10

【図11】圧電モーターの制御方法(駆動方法)を示す表である。

【図12】本発明の第3実施形態に係る圧電モーターの制御方法(駆動方法)を示す表である。

【図13】本発明の第4実施形態に係る圧電モーターが有する振動体の斜視図である。

【図14】本発明の第5実施形態に係るロボットを示す斜視図である。

【図15】本発明の第6実施形態に係る電子部品搬送装置を示す斜視図である。

【図16】図15に示す電子部品搬送装置が有する電子部品保持部を示す斜視図である。

【図17】本発明の第7実施形態に係るプリンターの全体構成を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

20

以下、本発明の駆動装置、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置およびプリンターを添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0022】

<第1実施形態>

まず、本発明の第1実施形態に係る圧電モーターについて説明する。

【0023】

図1は、本発明の第1実施形態に係る圧電モーターの全体構成を示す平面図である。図2は、図1に示す圧電モーターの変形例を示す側面図である。図3は、図1に示す圧電モーターが有する振動体を示す平面図である。図4は、図3に示す振動体の斜視図である。図5は、図3中のA-A線断面図である。図6は、図3中のB-B線断面図である。図7は、第1振動モードを示す平面図である。図8は、第2振動モードを示す平面図である。図9は、圧電モーターの制御方法(駆動方法)を示す表である。なお、以下では、説明の便宜上、図1中の紙面手前側を「上」とも言い、図1中の紙面奥側を「下」とも言う。また、駆動装置のローター側を「先端側」とも言い、ローターと反対側を「基端側」とも言う。

【0024】

図1に示す圧電モーター100(超音波モーター)は、回転軸Oまわりに回転可能な被駆動部(従動部)としてのローター110と、ローター110を回転させる駆動装置1と、を有している。このような圧電モーター100では、駆動装置1を駆動(振動)させることで、ローター110を回転軸Oまわりに回転させることができる。なお、圧電モーター100の構成としては図1の構成に限定されない。例えば、本実施形態では、被駆動部として回転移動するローター110を用いているが、被駆動部は、ローター110に限定されない。例えば、被駆動部として直線移動するものを用いてもよい。

【0025】

以下、駆動装置1について詳細に説明する。図1に示すように、駆動装置1は、振動をローター110に伝達する伝達部24を有している複数の振動体2と、少なくとも2つの振動体2の、伝達部24の振動軌跡をそれぞれ独立して変化させる制御部9と、を有している。そして、これら複数の振動体2をそれぞれ駆動(振動)させることで、ローター110を回転軸Oまわりに回転させることができる。このような構成の駆動装置1によれば、複数の振動体2の伝達部24の振動軌跡をそれぞれ独立して制御(例えば、全ての振動

30

40

40

50

体2の伝達部24の振動軌跡と同じにしたり、ある振動体2の伝達部24の振動軌跡を他の振動体2の伝達部24の振動軌跡と異ならせたり)することができ、そのため、ローター110の回転(速度、制動力、トルク等)を高精度に制御することができ、ローター110を所望の条件(速度等)でかつより安定して駆動させることができる。したがって、優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。以下、このような駆動装置1について、詳細に説明する。

【0026】

図1に示すように、駆動装置1は、複数(4つ)の振動体2と、各振動体2の駆動を制御する制御部9と、を有している。また、複数の振動体2は、それぞれ、ローター110の外周面111に当接して配置されている。また、複数の振動体2は、ローター110の回転方向(ローター110の移動方向:ローター110の周方向)に並んで互いに離間して配置されている。なお、本実施形態では、複数の振動体2がローター110の周りに等角度間隔で配置されているが、このような配置に限定されない。

10

【0027】

なお、本実施形態の駆動装置1は、4つの振動体2を有しているが、振動体2の数としては、複数(2つ以上)であれば、特に限定されず、2つ、3つであってもよいし、5つ以上であってもよい。ただし、振動体2の数としては、5つ以上、200以下であることが好ましい。これにより、圧電モーター100の過度な大型化を防止しつつ、十分な駆動力を発揮することのできる駆動装置1となる。また、本実施形態の駆動装置1では、複数の振動体2が、ローター110の回転方向に並んで配置されているが、例えば、図2に示すように、ローター110の回転軸Oに沿った方向に並んで配置されていてもよい。

20

【0028】

次に、振動体2の構成について説明する。なお、複数の振動体2は、互いに同様の構成である。図3に示すように、振動体2は、振動部21と、振動部21を支持する支持部22と、振動部21および支持部22を接続する一対の接続部23と、振動部21に設けられた伝達部24と、を有している。振動部21は、振動体2の厚さ方向から見た平面視で、略長方形状(長手形状)をなし、その先端部に伝達部24が設けられている。また、支持部22は、振動部21の基端側を囲むU字形状となっている。

【0029】

そして、振動体2は、支持部22においてステージ等の図示しない固定部材に固定され、振動部21が振動することで伝達部24が振動し、伝達部24の振動がローター110に伝達されるようになっている。なお、振動体2は、図示しない付勢部材によってローター110に押し付けられるように付勢されており、伝達部24が十分な摩擦力を持ってローター110と接触している。そのため、スリップが抑制され、伝達部24の振動を効率的にローター110へ伝達することができる。

30

【0030】

図4に示すように、このような振動体2は、第1基板3と、第2基板4と、第1基板3および第2基板4の間に位置している圧電素子5および基板間部6と、を有している。また、図5および図6に示すように、第1基板3は、振動板31と、振動板31を支持する支持板32と、振動板31および支持板32を接続する一対の接続部33と、を有し、同様に、第2基板4は、振動板41と、振動板41を支持する支持板42と、振動板41および支持板42を接続する一対の接続部43と、を有している。第1基板3および第2基板4は、実質的に同じ形状および大きさを有しており、圧電素子5を挟んで振動板31、41が配置され、基板間部6を挟んで支持板32、42が配置されている。そして、振動板31、圧電素子5および振動板41の積層体で振動部21が構成され、支持板32、基板間部6および支持板42の積層体で支持部22が構成され、接続部33、43で接続部23が構成されている。第1基板3および第2基板4としては、特に限定されないが、例えば、シリコン基板を用いることができる。

40

【0031】

図3に示すように、圧電素子5は、4つの圧電素子5a、5b、5c、5dを含んでい

50

る。圧電素子 5 a、5 b は、振動部 2 1 の幅方向の一方側に位置し、振動部 2 1 の長手方向に沿って配置されている。一方、圧電素子 5 c、5 d は、振動部 2 1 の幅方向の他方側に位置し、振動部 2 1 の長手方向に沿って配置されている。

【0032】

また、図 5 および図 6 に示すように、4 つの圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d は、それぞれ、圧電体 5 2 と、圧電体 5 2 の上面（振動板 3 1 側の正面）に設けられた第 1 電極 5 1 と、圧電体 5 2 の下面（振動板 4 1 側の正面）に設けられた第 2 電極 5 3 と、を有している。

【0033】

第 1 電極 5 1 は、圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d に共通して設けられた共通電極である。一方、第 2 電極 5 3 は、圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d ごとに個別に設けられた個別電極である。また、圧電体 5 2 は、圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d に共通して一体的に設けられている。なお、圧電体 5 2 は、圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d ごとに個別に設けられていてもよい。

【0034】

圧電体 5 2 は、振動部 2 1 の厚さ方向に沿った方向の電界が印加されることで振動部 2 1 の長手方向に沿った方向に伸縮する。このような圧電体 5 2 の構成材料としては、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、スカンジウムニオブ酸鉛等の圧電セラミックスを用いることができる。圧電セラミックスで構成された圧電体 5 2 は、例えば、バルク材料から形成してもよいし、ゾル-ゲル法やスパッタリング法を用いて形成してもよい。なお、圧電体 5 2 の構成材料としては、上述した圧電セラミックスの他にも、ポリフッ化ビニリデン、水晶等を用いてもよい。

【0035】

第 1 電極 5 1 および第 2 電極 5 3 の構成材料としては、導電性を有していれば、特に限定されず、例えば、アルミニウム（Al）、ニッケル（Ni）、金（Au）、白金（Pt）、イリジウム（Ir）、銅（Cu）、チタン（Ti）、タングステン（W）等の金属材料、またはこれらのうちの少なくとも 1 種を含む合金（例えば、チタン（Ti）/タングステン（W）系合金、銅（Cu）/アルミニウム（Al）系合金等）、金属間化合物が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせて（例えば 2 層以上の積層体として）用いることができる。また、第 1 電極 5 1 および第 2 電極 5 3 は、それぞれ、蒸着、スパッタリング等により形成することができる。

【0036】

図示しない電源部より供給される駆動電圧を第 1 電極 5 1 と第 2 電極 5 3 との間に印加すると、駆動電圧のパターンに応じて各圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d が振動し、振動部 2 1 全体が振動する。

【0037】

また、図 4 および図 6 に示すように、基板間部 6 は、支持板 3 2 と支持板 4 2 との間に位置している。このような基板間部 6 は、絶縁性を有し、また、圧電素子 5 の厚さとほぼ等しい。基板間部 6 としては、特に限定されず、例えば、ジルコニア、アルミナ、チタニア等の各種セラミックス、シリコン、各種樹脂材料等を用いることができる。

【0038】

以上、振動体 2 について説明した。このような振動体 2 は、前述したように、通電により振動する圧電体 5 2（圧電素子 5）を有している。そのため、簡単な構成で振動体 2（振動部 2 1）を振動させることができる。また、振動体 2 の小型化を図ることもできる。

【0039】

このような複数の振動体 2 のうち、少なくとも 2 つの振動体 2 は、それぞれ、伝達部 4 の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有している。具体的には、ローター 110 と振

10

20

30

40

50

動体 2 とが並ぶ方向を第 1 方向 x (振動部 2 1 の長手方向: 図 3 中の縦方向) とし、第 1 方向 x に直交する方向を第 2 方向 y (振動部 2 1 の幅方向: 図 3 中の横方向) としたとき、少なくとも 2 つの振動体 2 は、それぞれ、第 1 方向 x および第 2 方向 y の少なくとも一方の振幅が異なる複数の振動モードを有している。そして、制御部 9 は、少なくとも 2 つの振動体 2 を、それぞれ、複数の振動モードのうちのいずれかの振動モードで駆動させる。このように、振動体 2 が伝達部 2 4 の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有していれば、複数の振動モードの中から 1 つの振動モードを選択することで、伝達部 2 4 の振動軌跡を変化させることができる。そのため、制御部 9 での制御が簡単となる。

【0040】

なお、上述したように、複数の振動体 2 のうち、少なくとも 2 つの振動体 2 が、伝達部 2 4 の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有していればよいが、本実施形態では、全ての振動体 2 が、伝達部 2 4 の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有している。これにより、ローター 110 の回転(速度、制動力、トルク等)をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置 1 となる。

10

【0041】

次に、各振動体 2 が有する複数の振動モードについて説明する。複数の振動モードとしては、伝達部 2 4 の振動軌跡が異なっていれば、特に限定されない。本実施形態では、複数の振動モードには、伝達部 2 4 において第 1 方向 x と第 2 方向 y とに振幅を有する第 1 振動モードと、伝達部 2 4 において第 1 振動モードよりも第 2 方向 y の振幅が小さい第 2 振動モードと、が含まれている。

20

【0042】

第 1 振動モードは、例えば、図 7 に示すように、伝達部 2 4 の先端が橜円運動する振動モードである。振動体 2 を第 1 振動モードで駆動させるためには、例えば、圧電素子 5 b、5 c に交番電圧(駆動電圧)を印加し、圧電素子 5 b、5 c を同じタイミングで伸縮させればよい。すると、振動部 2 1 がその面内方向で S 字形状に屈曲変形(第 1 方向 x へ伸縮変形と共に第 2 方向 y へ 2 次の屈曲変形)し、伝達部 2 4 が橜円運動する。この第 1 振動モードは、主に、ローター 110 を回転させる駆動力を発生させるための振動モードである。すなわち、図 7 に示すように、振動体 2 を第 1 振動モードで振動させると、伝達部 2 4 によってローター 110 が送り出され、ローター 110 が回軸 O まわりに矢印 a の方向に回転する。なお、圧電素子 5 a、5 d に交番電圧(駆動電圧)を印加し、圧電素子 5 a、5 d を伸縮させれば、伝達部 2 4 を図 7 とは反対まわりの橜円運動で振動させることができ、ローター 110 を逆回転(図 7 中の矢印 b の方向に回転)させることができる。

30

【0043】

一方、第 2 振動モードは、例えば、図 8 に示すように、伝達部 2 4 の先端が縦運動する(第 1 方向 x に沿って振動する)振動モードである。振動体 2 を第 2 振動モードで駆動させるためには、例えば、圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d に交番電圧(駆動電圧)を印加し、圧電素子 5 a、5 b、5 c、5 d を同じタイミングで伸縮させればよい。この第 2 振動モードは、ローター 110 を回転させる駆動力を実質的に発生せず、他の振動体 2 が第 1 振動モードで振動することにより生じるローター 110 の回転を許容するための振動モードである。

40

【0044】

詳しく説明すると、前述したように、各振動体 2 は、ローター 110 に向けて付勢されており、非駆動状態において、各伝達部 2 4 は、十分な摩擦力を持ってローター 110 の外周面 111 に当接している。そのため、駆動していない振動体 2 が存在すると、この振動体 2 が抵抗(ブレーキ)となって、一部の振動体 2 を第 1 振動モードで振動させてローター 110 を回転させようとしても、ローター 110 を回転させることができないか、または、回転しても所望の回転スピードに到達しない等の問題が生じるおそれがある。そこで、第 1 振動モードで駆動させない振動体 2 について、ローター 110 との摩擦力を減少させて、ローター 110 の回転を許容する必要があり、これを実現するのが第 2 振動モ-

50

ドである。第2振動モードは、縦振動（ローター110に対して接近、離間する方向の往復振動）であるため、離間する方向に振動した際にローター110との摩擦力が低下する（伝達部24がローター110から離間すれば摩擦力は0となる）。そのため、平均すれば、非駆動状態と比べて、伝達部24とローター110との摩擦力を小さくすることができ、ローター110の回転を許容することができる。

【0045】

このように、複数の振動モードが第1振動モードおよび第2振動モードを含んでいること、ローター110をより確実に、かつスムーズに回転させることができ。さらには、振動体2の構成が簡単となる。このことについて詳しく説明すると、前述したように、第1振動モードがローター110を回転させる駆動力を発生させるための振動モードであるため、ローター110を回転させるためには、第1振動モードで振動することのできる振動体2が必要となる。そして、第1振動モードで振動することのできる振動体2として、比較的簡単な構成が、本実施形態のように4つの圧電素子5a、5b、5c、5dを有する構成である。この構成の振動体2において実現可能であり、ローター110との摩擦力を非駆動状態よりも低減できる振動モードが第2振動モードである。このように、第2振動モードは、第1振動モードで振動することのできる振動体2であれば、簡単に発生させることのできる振動モードである。そのため、振動体2の構成が複雑化せず、前述したように、振動体2の構成が簡単となる。

10

【0046】

次に、制御部9について説明する。制御部9は、図示しない電源部から供給される駆動電圧のパターンを制御するものであり、少なくとも2つの振動体2の駆動を独立して制御することができる。なお、本実施形態では、制御部9は、全ての振動体2の駆動を独立して制御することができる。すなわち、制御部9は、全ての振動体2について、第1振動モードで振動させるか、第2振動モードで振動させるかを選択できるようになっている。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

20

【0047】

また、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）に応じて、伝達部24が第1振動モードで振動する振動体2の数を変化させる。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。具体的には、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）が大きくなった場合に（速くなるほど）、伝達部24が第1振動モードで振動する振動体2の数を増加させる。すなわち、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）が速くなるほど、より大きい駆動力を発生させる。例えば、図9に示すように、ローター110を低速で駆動する場合は、1つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第2振動モードで駆動させる。また、ローター110を中速（低速よりも速い速度）で駆動する場合は、2つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第2振動モードで駆動させる。また、ローター110を高速（中速よりも速い速度）で駆動する場合は、3つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第2振動モードで駆動させる。また、ローター110を超高速（高速よりも速い速度）で駆動する場合は、全ての振動体2を第1振動モードで振動させる。なお、第1振動モードで振動させる振動体2の数が増える程、駆動速度と共にトルクも高くなる。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

30

【0048】

以上、圧電モーター100について説明した。圧電モーター100は、駆動装置1を備えている。そのため、上述した駆動装置1の効果を享受することができ、優れた駆動特性を発揮することができる。

40

【0049】

<第2実施形態>

50

次に、本発明の第2実施形態に係る圧電モーターについて説明する。

【0050】

図10は、本発明の第2実施形態に係る圧電モーターが有する振動子の第3振動モードを示す平面図である。図11は、圧電モーターの制御方法(駆動方法)を示す表である。

【0051】

以下、第2実施形態の圧電モーターについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0052】

本発明の第2実施形態に係る圧電モーターは、振動体が有する振動モードが異なること以外は、前述した第1実施形態とほぼ同様である。なお、前述した実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。

10

【0053】

本実施形態では、複数の振動体2のうち、少なくとも2つの振動体2は、それぞれ、伝達部24の第1方向xおよび第2方向yの少なくとも一方の振幅が異なる複数の振動モードを有している。そして、制御部9は、少なくとも2つの振動体2を、それぞれ、複数の振動モードのうちのいずれかの振動モードで駆動させる。なお、上述したように、複数の振動体2のうち、少なくとも2つの振動体2が、伝達部24の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有していればよいが、本実施形態では、全ての振動体2が、伝達部24の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有している。これにより、ローター110の回転(速度、制動力、トルク等)をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

20

【0054】

次に、各振動体2が有する複数の振動モードについて説明する。複数の振動モードとしては、伝達部24の振動軌跡が異なっていれば特に限定されない。本実施形態では、複数の振動モードには、伝達部24において第1方向xと第2方向yとに振幅を有する第1振動モードと、伝達部24において第1振動モードよりも第1方向xの振幅が小さい第3振動モードと、が含まれている。

30

【0055】

第1振動モードは、前述した第1実施形態で説明した第1振動モードと同様であるため、説明を省略する。一方、第3振動モードは、例えば、図10に示すように、伝達部24の先端が横運動する(第2方向yに沿って振動する)振動モードである。振動体2を第3振動モードで駆動させるためには、例えば、圧電素子5a、5bと圧電素子5c、5dとに位相が180°ずれている交番電圧(駆動電圧)を印加し、圧電素子5a、5bと圧電素子5c、5dとを交互に伸縮させればよい。この第3振動モードは、ローター110を回転させる駆動力を実質的に発生せず、他の振動体2が第1振動モードで振動することにより生じるローター110の回転を許容するための振動モードである(すなわち、前述した第2振動モードと同様の機能を有する振動モードである)。

40

【0056】

詳しく説明すると、前述した第1実施形態でも説明したように、駆動していない振動体2が存在すると、この振動体2がブレーキとなって、一部の振動体2を第1振動モードで振動させてローター110を回転させようとしても、ローター110を回転させることができない、または、回転しても所望の回転スピードに到達しない等の問題が生じるおそれがある。そこで、第1振動モードで駆動させない振動体2について、ローター110との摩擦力を減少させて、ローター110の回転を許容する必要があり、これを実現するのが第3振動モードである。第3振動モードは、横振動であり、縦振動が実質的に発生しないため、伝達部24とローター110の摩擦力が第1振動モードほど大きくならない。その結果、伝達部24が、ローター110の外周面111に対して滑るように(スリップするように)振動する。そのため、非駆動状態と比べて、伝達部24とローター110との平均的な摩擦力を小さくすることができ、ローター110の回転を許容することができる。

50

【0057】

このように、複数の振動モードが第1振動モードおよび第3振動モードを含んでいることで、ローター110をより確実に、かつスムーズに回転させることができる。さらには、振動体2の構成が簡単となる。すなわち、第3振動モードは、前述した第2振動モードと同様に、第1振動モードで振動することのできる振動体2であれば、簡単に発生させることのできる振動モードである。そのため、振動体2の構成が複雑化せず、前述したように、振動体2の構成が簡単となる。

【0058】

次に、制御部9について説明する。制御部9は、少なくとも2つの振動体2の駆動を独立して制御することができる。なお、本実施形態では、制御部9は、全ての振動体2の駆動を独立して制御することができる。すなわち、制御部9は、全ての振動体2について、第1振動モードで振動させるか、第3振動モードで振動させるかを選択できるようになっている。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

10

【0059】

また、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）に応じて、伝達部24が第1振動モードで振動する振動体2の数を変化させる。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。具体的には、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）が速くなるほど、伝達部24が第1振動モードで振動する振動体2の数を増加させる。すなわち、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）が速くなるほど、より大きい駆動力を発生させる。例えば、図11に示すように、ローター110を低速で駆動する場合は、1つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第3振動モードで駆動させる。また、ローター110を中速（低速よりも速い速度）で駆動する場合は、2つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第3振動モードで駆動させる。また、ローター110を高速（中速よりも速い速度）で駆動する場合は、3つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第3振動モードで駆動させる。また、ローター110を超高速（高速よりも速い速度）で駆動する場合は、全ての振動体2を第1振動モードで振動させる。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

20

【0060】

以上のような第2実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。

30

【0061】

<第3実施形態>

次に、本発明の第3実施形態に係る圧電モーターについて説明する。

【0062】

図12は、本発明の第3実施形態に係る圧電モーターの制御方法（駆動方法）を示す表である。

40

【0063】

以下、第3実施形態の圧電モーターについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0064】

本発明の第3実施形態に係る圧電モーターは、振動体が有する振動モードが異なること以外は、前述した第1実施形態とほぼ同様である。なお、前述した実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。

【0065】

本実施形態では、複数の振動体2のうち、少なくとも2つの振動体2は、それぞれ、伝達部24の第1方向xおよび第2方向yの少なくとも一方の振幅が異なる複数の振動モードを有している。そして、制御部9は、少なくとも2つの振動体2を、それぞれ、複数の

50

振動モードのうちのいずれかの振動モードで駆動させる。なお、上述したように、複数の振動体2のうち、少なくとも2つの振動体2が、伝達部24の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有していればよいが、本実施形態では、全ての振動体2が、伝達部24の振動軌跡が異なる複数の振動モードを有している。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

【0066】

次に、各振動体2が有する複数の振動モードについて説明する。複数の振動モードとしては、伝達部24の振動軌跡が異なっていれば特に限定されない。本実施形態では、複数の振動モードには、伝達部24を第1方向xに振動させつつ第2方向yに振動させる第1振動モードと、伝達部24を第1振動モードよりも第2方向yの振幅が小さくなるように振動させる第2振動モードと、伝達部24を第1振動モードよりも第1方向xの振幅が小さくなるように振動させる第3振動モードと、が含まれている。これら第1、第2、第3振動モードは、前述した第1、第2実施形態で説明した第1、第2、第3振動モードと同様であるため、その説明を省略する。

10

【0067】

次に、制御部9について説明する。制御部9は、少なくとも2つの振動体2の駆動を独立して制御することができる。なお、本実施形態では、制御部9は、全ての振動体2の駆動を独立して制御することができる。すなわち、制御部9は、全ての振動体2について、第1振動モードで振動させるか、第2振動モードで振動させるか、第3振動モードで振動させるかを選択できるようになっている。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

20

【0068】

また、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）に応じて、伝達部24が第1振動モードで振動する振動体2の数を変化させる。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。具体的には、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）が速くなるほど、伝達部24が第1振動モードで振動する振動体2の数を増加させる。すなわち、制御部9は、ローター110の駆動速度（回転速度）が速くなるほど、より大きい駆動力を発生させる。例えば、図12に示すように、ローター110を低速で駆動する場合は、1つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第2振動モードまたは第3振動モードで駆動させる。また、ローター110を中速（低速よりも速い速度）で駆動する場合は、2つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第2振動モードまたは第3振動モードで駆動させる。また、ローター110を高速（中速よりも速い速度）で駆動する場合は、3つの振動体2を第1振動モードで振動させ、他の振動体2を第2振動モードまたは第3振動モードで駆動させる。また、ローター110を超高速（高速よりも速い速度）で駆動する場合は、全ての振動体2を第1振動モードで振動させる。これにより、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をより高精度に制御することができ、より優れた駆動特性を有する駆動装置1となる。

30

【0069】

また、例えば、ローター110を低速で駆動する場合を例に挙げて説明すれば、第1振動モードで駆動させない3つの振動体2のうち、第2振動モードで振動させる振動体2の数を変更することで、ローター110の回転（速度、制動力、トルク等）をさらに高精度に制御することができる。詳細に説明すると、例えば、第2振動モードで振動する場合の伝達部24とローター110との平均的な摩擦力F2が、第3振動モードで振動する場合の伝達部24とローター110との平均的な摩擦力F3よりも小さいとすれば、第2振動モードで振動する振動体2の数を増やすことで、3つの振動体2の全体的な摩擦力を小さくすることができ、ローター110の回転速度がわずかに速くなる。すなわち、図12に示すように、低速の中でも、4段階（遅い順に、低速1、低速2、低速3、低速4）で速

40

50

度を選択することができる。中速、高速についても同様である。

【0070】

このような第3実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。なお、本実施形態では、摩擦力F2が摩擦力F3よりも小さい場合について説明したが、これに限定されず、摩擦力F2が摩擦力F3よりも大きくてよい。この場合にも、本実施形態と同様の制御が可能である。また、摩擦力F2と摩擦力F3とが等しくてもよい。

【0071】

<第4実施形態>

次に、本発明の第4実施形態に係る圧電モーターについて説明する。

10

図13は、本発明の第4実施形態に係る圧電モーターが有する振動体の斜視図である。

【0072】

以下、第4実施形態の圧電モーターについて、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0073】

本発明の第4実施形態に係る圧電モーターは、振動体の構成が異なること以外は、前述した第1実施形態とほぼ同様である。なお、前述した実施形態と同様の構成には同一符号を付してある。

【0074】

図13に示すように、本実施形態の振動体20は、積層されている複数の圧電体52を有している。具体的には、振動体20は、前述した第1実施形態の振動体2を複数積層した構成となっている。これにより、振動体20の駆動力がより大きくなる。なお、制御部9は、1つの振動体20に属する複数の振動体2には同一の駆動電圧を印加するように制御する。

20

【0075】

以上のような第4実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。なお、振動体の構成としては、複数の圧電体が積層されれば、特に限定されず、例えば、前述した第1実施形態で説明した振動体2において、振動板31と振動板41との間に複数の圧電体52(圧電素子5)が積層された構成であってもよい。

30

【0076】

<第5実施形態>

次に、本発明の第5実施形態に係るロボットについて説明する。

【0077】

図14は、本発明の第5実施形態に係るロボットを示す斜視図である。

図14に示すロボット1000は、精密機器やこれを構成する部品(対象物)の給材、除材、搬送および組立等の作業を行うことができる。ロボット1000は、6軸ロボットであり、床や天井に固定されるベース1010と、ベース1010に回動自在に連結されたアーム1020と、アーム1020に回動自在に連結されたアーム1030と、アーム1030に回動自在に連結されたアーム1040と、アーム1040に回動自在に連結されたアーム1050と、アーム1050に回動自在に連結されたアーム1060と、アーム1060に回動自在に連結されたアーム1070と、これらアーム1020、1030、1040、1050、1060、1070の駆動を制御するロボット制御部1080と、を有している。また、アーム1070にはハンド接続部が設けられており、ハンド接続部にはロボット1000に実行させる作業に応じたエンドエフェクター1090が装着される。また、各関節部のうちの全部または一部には圧電モーター100(駆動装置1)が搭載されており、この圧電モーター100の駆動によって各アーム1020、1030、1040、1050、1060、1070が回動する。なお、各圧電モーター100の駆動は、ロボット制御部1080によって制御される。

40

【0078】

このようなロボット1000は、圧電モーター100(駆動装置1)を備えている。そ

50

のため、上述した駆動装置 1 の効果を享受することができ、優れた信頼性を発揮することができる。

【0079】

<第6実施形態>

次に、本発明の第6実施形態に係る電子部品搬送装置について説明する。

【0080】

図15は、本発明の第6実施形態に係る電子部品搬送装置を示す斜視図である。図16は、図15に示す電子部品搬送装置が有する電子部品保持部を示す斜視図である。なお、以下では、説明の便宜上、互いに直交する3軸をX軸、Y軸およびZ軸とする。

【0081】

図15に示す電子部品搬送装置2000は、電子部品検査装置に適用されており、基台2100と、基台2100の側方に配置された支持台2200と、を有している。また、基台2100には、検査対象の電子部品Qが載置されてY軸方向に搬送される上流側ステージ2110と、検査済みの電子部品Qが載置されてY軸方向に搬送される下流側ステージ2120と、上流側ステージ2110と下流側ステージ2120との間に位置し、電子部品Qの電気的特性を検査する検査台2130と、が設けられている。なお、電子部品Qの例として、例えば、半導体、半導体ウェハー、LCDやOLEO等の表示デバイス、水晶デバイス、各種センサー、インクジェットヘッド、各種MEMSデバイス等などが挙げられる。

【0082】

また、支持台2200には、支持台2200に対してY軸方向に移動可能なYステージ2210が設けられており、Yステージ2210には、Yステージ2210に対してX軸方向に移動可能なXステージ2220が設けられており、Xステージ2220には、Xステージ2220に対してZ軸方向に移動可能な電子部品保持部2230が設けられている。また、図16に示すように、電子部品保持部2230は、X軸方向およびY軸方向に移動可能な微調整プレート2231と、微調整プレート2231に対してZ軸まわりに回動可能な回動部2232と、回動部2232に設けられ、電子部品Qを保持する保持部2233と、を有している。また、電子部品保持部2230には、微調整プレート2231をX軸方向に移動させるための駆動装置1(1x)と、微調整プレート2231をY軸方向に移動させるための駆動装置1(1y)と、回動部2232をZ軸まわりに回動させるための駆動装置1(1z)と、が内蔵されている。

【0083】

このような電子部品搬送装置2000は、駆動装置1を備えている。そのため、上述した駆動装置1の効果を享受することができ、優れた信頼性を発揮することができる。

【0084】

<第7実施形態>

次に、本発明の第7実施形態に係るプリンターについて説明する。

【0085】

図17は、本発明の第7実施形態に係るプリンターの全体構成を示す概略図である。

図17に示すプリンター3000は、装置本体3010と、装置本体3010の内部に設けられている印刷機構3020、給紙機構3030および制御部3040と、を備えている。

【0086】

装置本体3010には、記録用紙Pを設置するトレイ3011と、記録用紙Pを排出する排紙口3012と、液晶ディスプレイ等の操作パネル3013とが設けられている。

【0087】

印刷機構3020は、ヘッドユニット3021と、キャリッジモーター3022と、キャリッジモーター3022の駆動力によりヘッドユニット3021を往復動させる往復動機構3023と、を備えている。

【0088】

10

20

30

40

50

ヘッドユニット3021は、インクジェット式記録ヘッドであるヘッド3021aと、ヘッド3021aにインクを供給するインクカートリッジ3021bと、ヘッド3021aおよびインクカートリッジ3021bを搭載したキャリッジ3021cと、を有している。

【0089】

往復動機構3023は、キャリッジ3021cを往復移動可能に支持しているキャリッジガイド軸3023aと、キャリッジモーター3022の駆動力によりキャリッジ3021cをキャリッジガイド軸3023a上で移動させるタイミングベルト3023bと、を有している。

【0090】

給紙機構3030は、互いに圧接している従動ローラー3031および駆動ローラー3032と、駆動ローラー3032を駆動する給紙モーターである圧電モーター100(駆動装置1)と、を有している。

【0091】

制御部3040は、例えばパーソナルコンピュータ等のホストコンピュータから入力された印刷データに基づいて、印刷機構3020や給紙機構3030等を制御する。

【0092】

このようなプリンター3000では、給紙機構3030が記録用紙Pを一枚ずつヘッドユニット3021の下部近傍へ間欠送りする。このとき、ヘッドユニット3021が記録用紙Pの送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用紙Pへの印刷が行なわれる。

【0093】

このようなプリンター3000は、圧電モーター100(駆動装置1)を備えている。そのため、上述した駆動装置1の効果を享受することができ、優れた信頼性を発揮することができる。なお、本実施系形態では、圧電モーター100が給紙用の駆動ローラー3032を駆動しているが、この他にも、例えば、キャリッジ3021cを駆動してもよい。

【0094】

以上、本発明の駆動装置、圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置およびプリンターを、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、各実施形態を適宜組み合わせてもよい。

【0095】

また、前述した実施形態では、駆動装置を圧電モーター、ロボット、電子部品搬送装置およびプリンターに適用した構成について説明したが、駆動装置は、これら以外の各種電子デバイスに適用することができる。

【符号の説明】

【0096】

1、1x、1y、1...駆動装置、2、20...振動体、21...振動部、22...支持部、23...接続部、24...伝達部、3...第1基板、31...振動板、32...支持板、33...接続部、4...第2基板、41...振動板、42...支持板、43...接続部、5、5a、5b、5c、5d...圧電素子、51...第1電極、52...圧電体、53...第2電極、6...基板間部、9...制御部、100...圧電モーター、110...ローラー、111...外周面、1000...ロボット、1010...ベース、1020、1030、1040、1050、1060、1070...アーム、1080...ロボット制御部、1090...エンドエフェクター、2000...電子部品搬送装置、2100...基台、2110...上流側ステージ、2120...下流側ステージ、2130...検査台、2200...支持台、2210...Yステージ、2220...Xステージ、2230...電子部品保持部、2231...微調整プレート、2232...回動部、2233...保持部、3000...プリンター、3010...装置本体、3011...トレイ、3012...排紙口、3013...操作パネル、3020...印刷機構、3021...ヘッドユニット、3

10

20

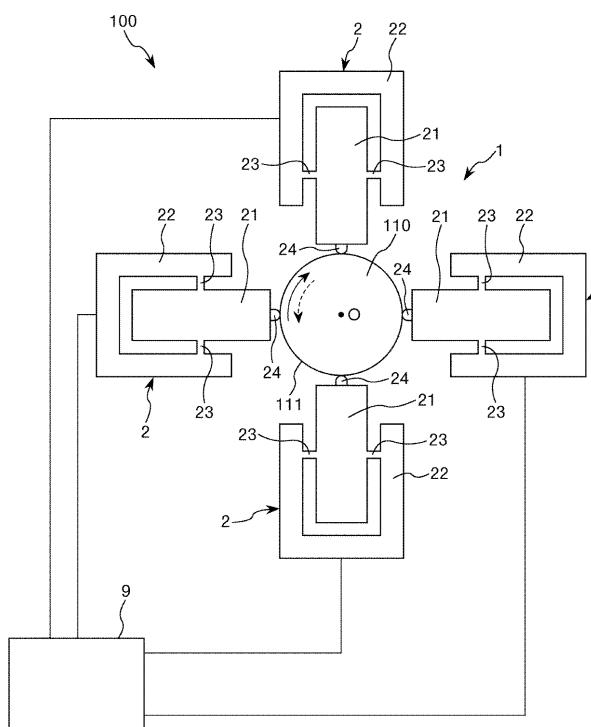
30

40

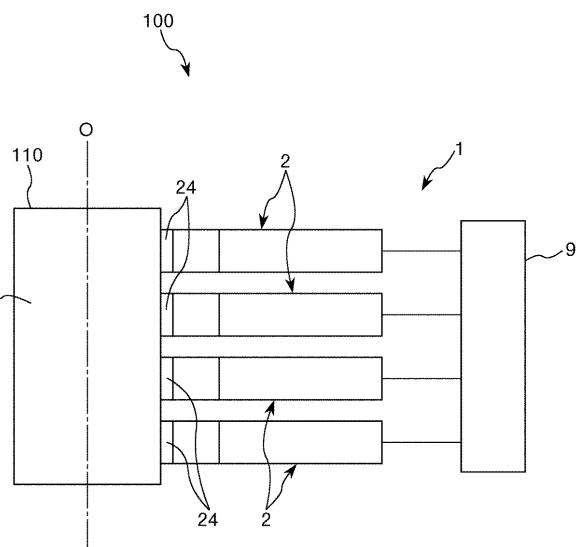
50

0 2 1 a ... ヘッド、 3 0 2 1 b ... インクカートリッジ、 3 0 2 1 c ... キャリッジ、 3 0 2 2 ... キャリッジモーター、 3 0 2 3 ... 往復動機構、 3 0 2 3 a ... キャリッジガイド軸、 3 0 2 3 b ... タイミングベルト、 3 0 3 0 ... 紙給機構、 3 0 3 1 ... 従動ローラー、 3 0 3 2 ... 駆動ローラー、 3 0 4 0 ... 制御部、 O ... 回転軸、 P ... 記録用紙、 Q ... 電子部品、 X ... 第 1 方向、 Y ... 第 2 方向、 a、 b ... 矢印

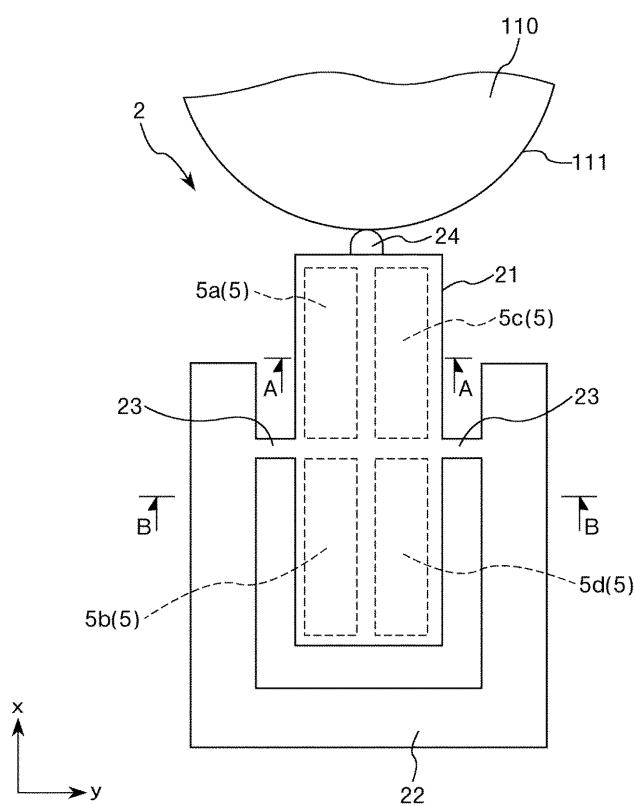
【図 1】



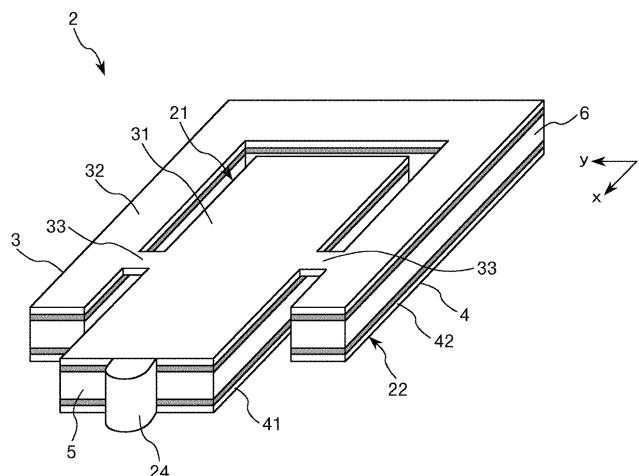
【図 2】



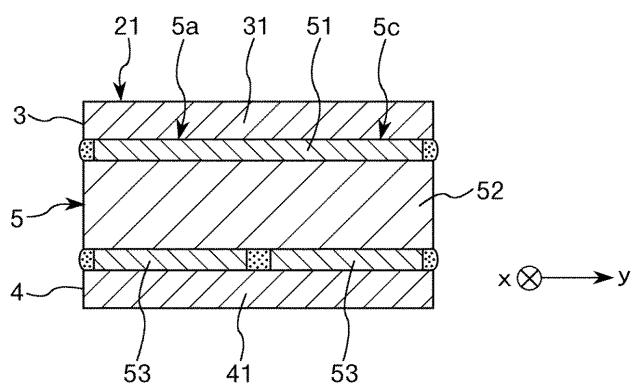
【図3】



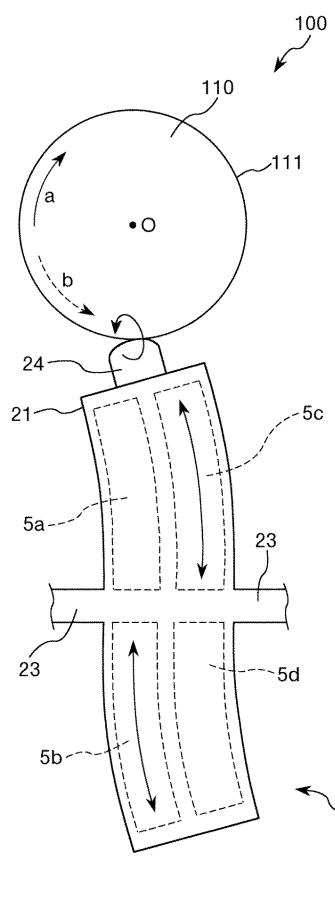
【図4】



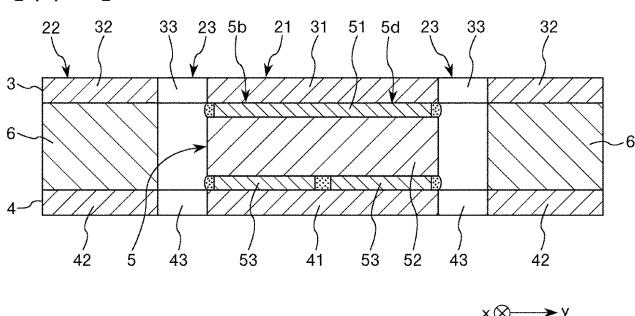
【図5】



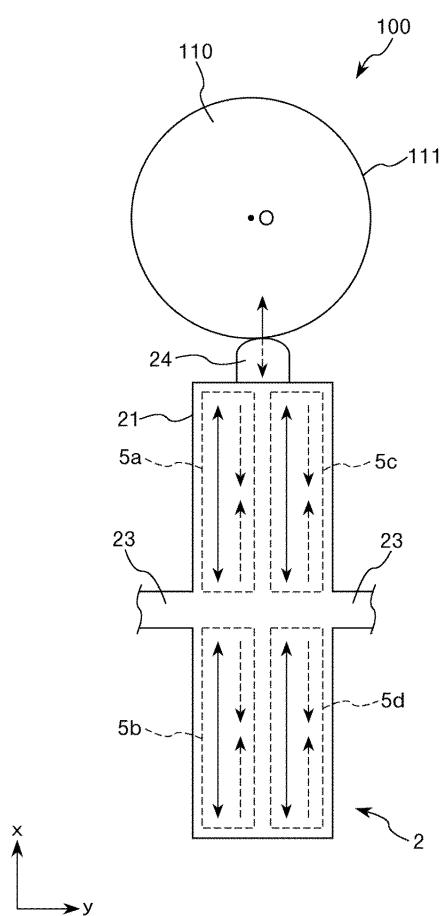
【図7】



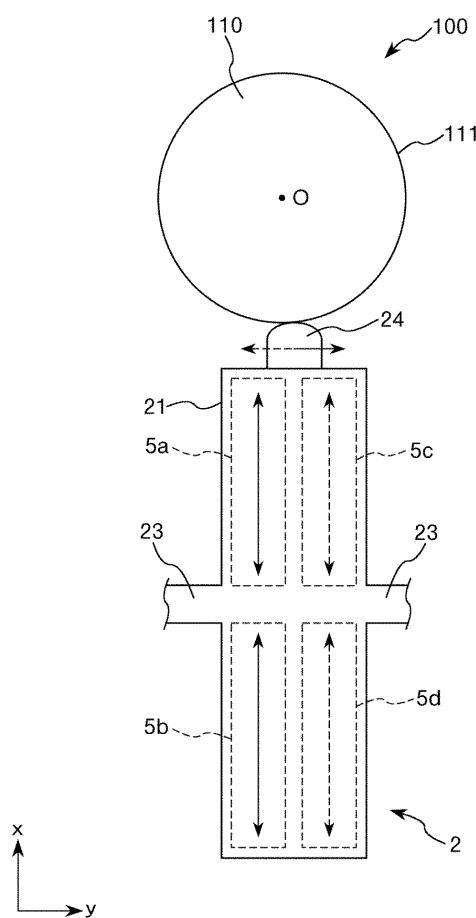
【図6】



【図 8】



【図 10】



【図 9】

		振動体2	振動体2	振動体2	振動体2
回転速度	低速	第1振動モード	第2振動モード	第2振動モード	第2振動モード
	中速	第1振動モード	第1振動モード	第2振動モード	第2振動モード
	高速	第1振動モード	第1振動モード	第1振動モード	第2振動モード
	超高速	第1振動モード	第1振動モード	第1振動モード	第1振動モード

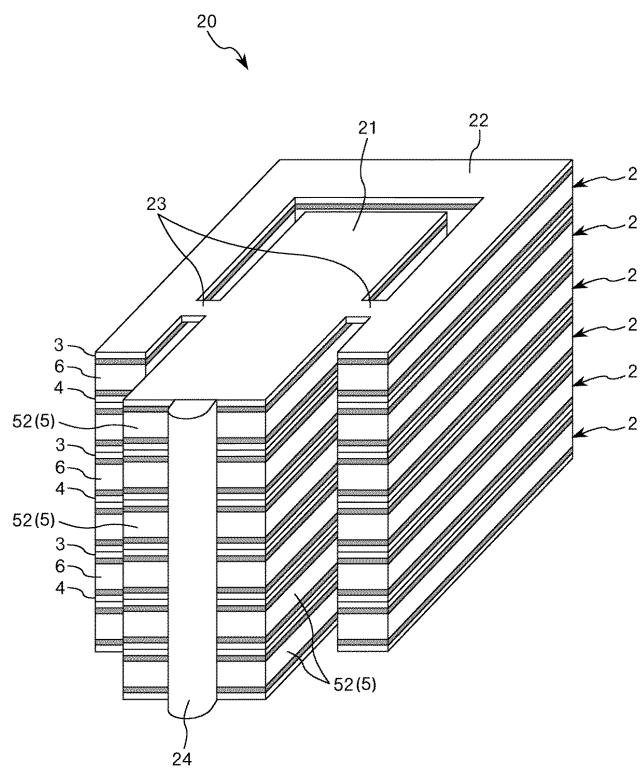
【図 11】

		振動体2	振動体2	振動体2	振動体2
回転速度	低速	第1振動モード	第3振動モード	第3振動モード	第3振動モード
	中速	第1振動モード	第1振動モード	第3振動モード	第3振動モード
	高速	第1振動モード	第1振動モード	第1振動モード	第3振動モード
	超高速	第1振動モード	第1振動モード	第1振動モード	第1振動モード

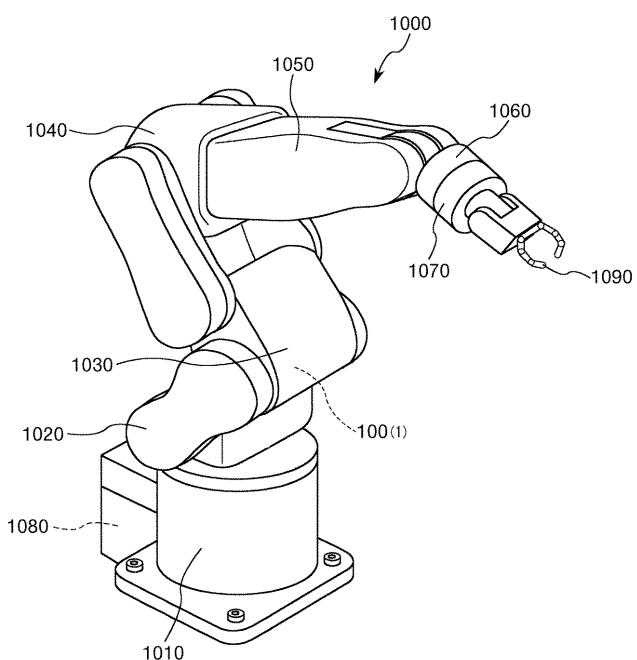
【図12】

		振動体2	振動体2	振動体2	振動体2
回転速度	低速	低速1	第1振動モード	第3振動モード	第3振動モード
		低速2	第1振動モード	第2振動モード	第3振動モード
		低速3	第1振動モード	第2振動モード	第3振動モード
		低速4	第1振動モード	第2振動モード	第2振動モード
	中速	中速1	第1振動モード	第1振動モード	第3振動モード
		中速2	第1振動モード	第1振動モード	第2振動モード
		中速3	第1振動モード	第1振動モード	第2振動モード
	高速	高速1	第1振動モード	第1振動モード	第3振動モード
		高速2	第1振動モード	第1振動モード	第2振動モード
超高速		—	第1振動モード	第1振動モード	第1振動モード

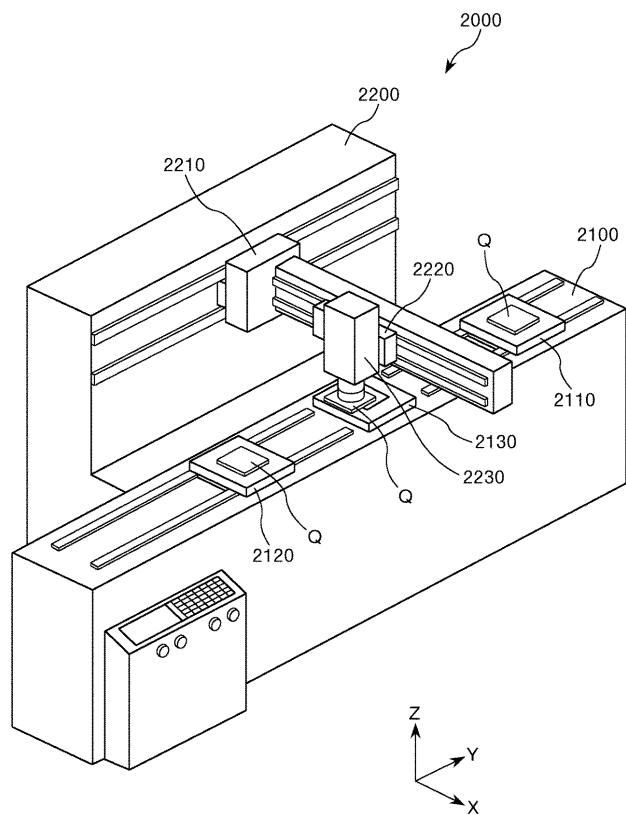
【図13】



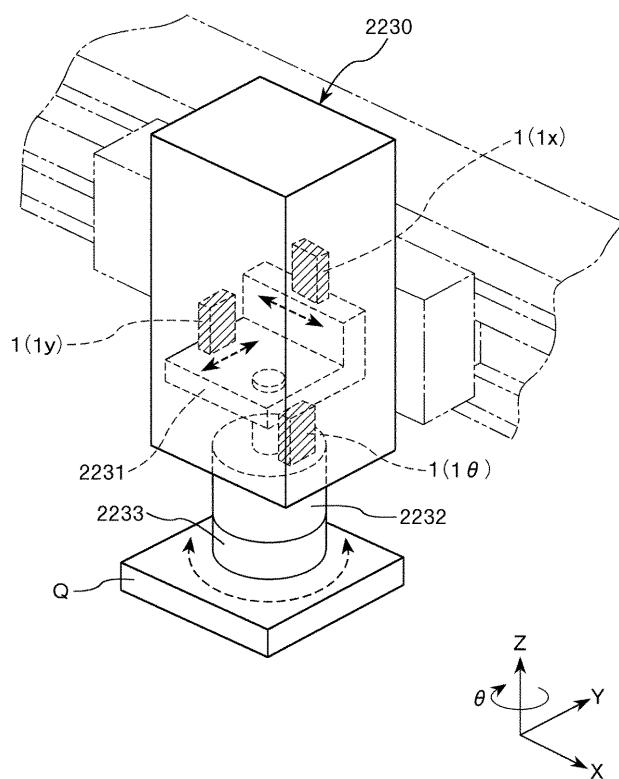
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

