

(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2010-268564

(P2010-268564A)

(43) 公開日 平成22年11月25日(2010.11.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
 HO2N 2/00 (2006.01) HO2N 2/00 C 5H680

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2009-116556 (P2009-116556)	(71) 出願人	303000408 コニカミノルタオプト株式会社 東京都八王子市石川町2970番地
(22) 出願日	平成21年5月13日 (2009.5.13)	(74) 代理人	100067828 弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100115381 弁理士 小谷 昌崇
		(74) 代理人	100111453 弁理士 櫻井 智
		(72) 発明者	小坂 明 東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社内
		(72) 発明者	松尾 隆 東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社内 最終頁に続く

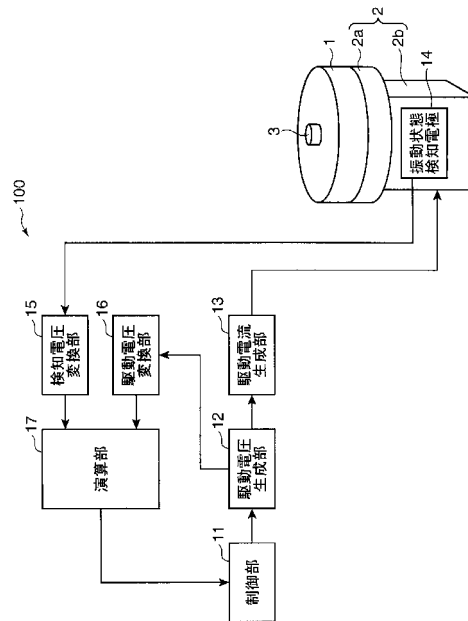
(54) 【発明の名称】 超音波アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】大型化および高コスト化せずに、移動体の移動方向を含む位置制御を高精度に行うことができる超音波アクチュエータを提供する。

【解決手段】超音波アクチュエータ100において、圧電振動子2bの振動状態は、移動体1が移動することにより、突起部のすべてが第1の領域に位置する駆動状態と、突起部の一部が前記第1の領域に位置し、突起部の残りの突起部が第2の領域に位置する検出状態とがあり、さらに、検出状態においては、第1の領域に位置する突起部の数によって第1検出状態および第2検出状態があり、演算部17は、移動体が移動することにより生じる、圧電振動子2bの振動状態の変化に基づいて、移動体1の位置情報を算出する。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

電気信号が入力されることで振動する多層構造の圧電振動子と、前記圧電振動子に対して前記圧電振動子の積層方向側に位置する3つ以上の突起部とを有する振動体と、

前記突起部と接触し、前記突起部に対して移動する移動体と、

前記移動体の位置情報を算出する演算部とを備え、

前記移動体は前記突起部と接触する面に、前記移動体の移動方向に沿って交互に複数形成された、構造的に互いに異なる第1の領域および第2の領域を有し、

前記圧電振動子の振動状態は、前記移動体が移動することにより、前記突起部のすべてが第1の領域に位置する駆動状態と、前記突起部の一部が前記第1の領域に位置し、前記突起部の残りの突起部が前記第2の領域に位置する検出状態とを含み、さらに、前記検出状態においては、前記第1の領域に位置する前記突起部の数によって第1検出状態および第2検出状態があり、

前記演算部は、前記移動体が移動することにより生じる、前記圧電振動子の振動状態の変化に基づいて、前記移動体の位置情報を算出する、超音波アクチュエータ。

**【請求項 2】**

前記突起部のそれぞれの間隔のうち、少なくとも1つは等間隔ではないように、前記突起部は配置され、かつ、前記第2の領域のそれぞれは等間隔に配置されている、請求項1に記載の超音波アクチュエータ。

**【請求項 3】**

前記突起部のそれぞれは、等間隔に配置され、かつ、前記第2の領域のそれぞれの間隔のうち、少なくとも1つは等間隔ではないように、前記第2の領域は配置されている、請求項1に記載の超音波アクチュエータ。

**【請求項 4】**

前記第2の領域は、前記移動体において前記突起部と接触する面に形成された溝であり、前記第1の領域は、該面における前記第2の領域以外の領域である、請求項1に記載の超音波アクチュエータ。

**【請求項 5】**

前記振動体は、前記圧電振動子の振動状態を検出する振動状態検知電極をさらに有し、前記演算部は、前記振動状態検知電極により検出された前記圧電振動子の振動状態を用いて、前記移動体の位置情報を算出する、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の超音波アクチュエータ。

**【請求項 6】**

前記振動状態検知電極は、前記圧電振動子の層間に設置された内部電極である、請求項5に記載の超音波アクチュエータ。

**【請求項 7】**

前記演算部は、前記圧電振動子の駆動電圧に対する、前記振動状態検知電極により検出された振動検知電圧の位相に基づいて移動体の位置情報を算出する、請求項5に記載の超音波アクチュエータ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、圧電素子の振動により駆動する超音波アクチュエータに関する。

**【背景技術】****【0002】**

超音波アクチュエータは、圧電素子を有する圧電振動子を備えた固定部と移動体とが接触するよう構成され、圧電振動子が振動することで駆動する。具体的には、圧電振動子が振動することで固定部の表面に進行波が発生し、固定部はその波の頂点でのみ移動体と接触することとなる。その波の頂点は楕円回転運動を行っていることから、固定部に突き動かされるように移動体が移動することとなる。超音波アクチュエータは、このような原理に

10

20

30

40

50

より駆動することから、駆動の際に固定部と移動体間に滑りが生じる可能性がある。したがって、移動体の移動量を制御することが困難であった。そこで、超音波アクチュエータにおいては、ロータリーエンコーダ等の位置検出装置を設ける等の方法により、移動体の移動量を制御していた。すなわち、位置検出装置により移動体の移動量を検出し、フィードバック制御により移動体の移動量や移動方向等を制御していた。しかし、ロータリーエンコーダを取り付けることで、超音波アクチュエータの組み込みスペースが増大するという問題があった。

【0003】

この問題を解決するために、種々の方法が提案されている。例えば、特許文献1には、移動体に突起部等の不均一部分が形成された超音波アクチュエータが記載されている。この超音波アクチュエータは、圧電振動子に供給している駆動電流の波高値の包絡線を検出し、さらに電氣的な信号処理を施すことで、移動体の移動量を検出し、移動量の制御を行っている。

【0004】

また、特許文献2には、振動子と移動体との接触部に不均質接触部が形成された超音波モータが記載されている。この超音波モータは、振動子に設けられた振動検出手段の検出信号と印加電圧との位相差の変動の周期を比較する等して得られる変動周期から、移動体の位置および回転数を検出する手段を有する。

【0005】

特許文献1および特許文献2に記載された発明によれば、エンコーダなどの移動体の位置等を検出するセンサなしに移動体の位置決めおよび回転数等を検出できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平6-225550号公報

【特許文献2】特開平6-133570号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、特許文献1の超音波アクチュエータでは、圧電振動子の駆動電流の波高値変化が小さいため、正確な移動量の検出は難しく、高精度の位置制御は困難である。また、不均一部分の形状を、不均一部分以外の箇所と比べて大きく変化させることで、波高値変化を大きくすることは可能であるが、それにより駆動効率が低下するという新たな問題が生じる。また、特許文献2の超音波モータであっても、振動子と移動体とは面接触であることから、移動体の移動量が平均化されてしまい、高精度の検出は困難であるとの問題がある。

【0008】

本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、大型化および高コスト化せずに、移動体の移動方向を含む位置制御を高精度に行うことができる超音波アクチュエータを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明者は、種々検討した結果、上記目的は、以下の本発明により達成されることを見出した。すなわち、本発明に係る一態様に係る超音波アクチュエータは、電気信号が入力されることで振動する多層構造の圧電振動子と、前記圧電振動子に対して前記圧電振動子の積層方向側に位置する3つ以上の突起部とを有する振動体と、前記突起部と接触し、前記突起部に対して移動する移動体と、前記移動体の位置情報を算出する演算部とを備え、前記移動体は前記突起部と接触する面に、前記移動体の移動方向に沿って交互に複数形成された、構造的に互いに異なる第1の領域および第2の領域を有し、前記圧電振動子の振動状態は、前記移動体が移動することにより、前記突起部のすべてが第1の領域に位置す

る駆動状態と、前記突起部の一部が前記第1の領域に位置し、前記突起部の残りの突起部が前記第2の領域に位置する検出状態とがあり、さらに、前記検出状態においては、前記第1の領域に位置する前記突起部の数によって第1検出状態および第2検出状態があり、前記演算部は、前記移動体が移動することにより生じる、前記圧電振動子の振動状態の変化に基づいて、前記移動体の位置情報を算出する。

【0010】

このように、超音波アクチュエータは、移動体の移動に伴う、圧電振動子の振動状態の変化に基づいて、移動体の位置情報を算出するので、その位置情報をもとに、高精度の位置制御が可能である。したがって、位置制御装置等を備える必要なく、位置制御が可能である超音波アクチュエータを実現できる。また、超音波アクチュエータにおいて、圧電振動子の振動状態は、突起部のすべてが第1の領域に位置する駆動状態、第1検出状態および第2検出状態を有し、この振動状態の変化に基づいて移動体の位置情報を算出するので、移動体の移動量だけでなく、移動方向も算出できる。

10

【0011】

また、上述の超音波アクチュエータにおいて、前記突起部のそれぞれの間隔のうち、少なくとも1つは等間隔ではないように、前記突起部は配置され、かつ、前記第2の領域のそれぞれは等間隔に配置されていることが好ましい。

【0012】

これにより、移動体が移動する方向が異なると、駆動状態、第1検出状態および第2検出状態の変化の順序が異なる。したがって、超音波アクチュエータは、これら振動状態の変化に基づいて、移動体の移動方向を含む、移動体の位置情報を算出することができる。

20

【0013】

また、上述の超音波アクチュエータにおいて、前記突起部のそれぞれは、等間隔に配置され、かつ、前記第2の領域のそれぞれの間隔のうち、少なくとも1つは等間隔ではないように、前記第2の領域は配置されていることが好ましい。

【0014】

これにより、移動体が移動する方向が異なると、駆動状態、第1検出状態および第2検出状態の変化の順序が異なる。したがって、超音波アクチュエータは、これら振動状態の変化に基づいて、移動体の移動方向を含む、移動体の位置情報を算出することができる。

30

【0015】

また、上述の超音波アクチュエータにおいて、前記第2の領域は、前記移動体において前記突起部と接触する面に形成された溝であり、前記第1の領域は、該面における前記第2の領域以外の領域であることが好ましい。

【0016】

これにより、移動体が移動することで、圧電振動子の振動状態が変化する。また、溝および溝以外の箇所との境界付近に突起部が位置する場合にも振動状態が明確であるため、溝および溝以外の箇所の違いを正確に高精度に検出することができる。

【0017】

また、上述の超音波アクチュエータにおいて、前記振動体は、前記圧電振動子の振動状態を検出する振動状態検知電極をさらに有し、前記演算部は、前記振動状態検知電極により検出された前記圧電振動子の振動状態を用いて、前記移動体の位置情報を算出することが好ましい。

40

【0018】

これにより、圧電振動子の振動状態を電気的に検出することができ、超音波アクチュエータが大型化、高コスト化せずに、高精度の位置制御が可能である。

【0019】

また、上述の超音波アクチュエータにおいて、前記振動状態検知電極は、前記圧電振動子の層間に設置された内部電極であることが好ましい。

【0020】

これにより、簡易な構成により、圧電振動子の振動状態を検出することができる。

50

## 【 0 0 2 1 】

また、上述の超音波アクチュエータにおいて、前記演算部は、前記圧電振動子の駆動電圧に対する、前記振動状態検知電極により検出された振動検知電圧の位相に基づいて移動体の位置情報を算出することが好ましい。

## 【 0 0 2 2 】

これより、圧電振動子の振動状態を正確かつ容易に検出することができる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 3 】

本発明によれば、大型化および高コスト化せずに、移動体の移動方向を含む位置制御を高精度に行う超音波アクチュエータを提供することができる。

10

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 4 】

【 図 1 】本実施形態に係る超音波アクチュエータを用いた、レンズ駆動ユニットの構成について説明するための図である。

【 図 2 】本実施形態に係る超音波アクチュエータの機械的な構成を説明するための図である。

【 図 3 】本実施形態に係る超音波アクチュエータの電気的な構成を説明するための図である。

【 図 4 】本実施形態に係る振動体の外観を説明するための図であって、図 4 ( A ) は振動体の平面図であり、図 4 ( B ) は圧電振動子の駆動電極が設置された側の側面図であり、図 4 ( C ) は圧電振動子の検知信号取出し電極が設置された側の側面図である。

20

【 図 5 】本実施形態に係る圧電振動子の各層における電極構成を示す断面図であって、図 5 ( A ) は第 1 の断面図であり、図 5 ( B ) は第 2 の断面図である。

【 図 6 】屈曲 1 次モードを示す図である。

【 図 7 】本実施形態に係る突起部の回転を説明するための図であって、図 7 ( A ) は接触部の側面図であり、図 7 ( B ) は接触部の平面図である。

【 図 8 】本実施形態に係るロータと接触部との分解斜視図である。

【 図 9 】本実施形態に係るロータにおける接触部と接する面の形状を説明する図である。

【 図 1 0 】薄板を備えたロータおよび接触部の要部拡大側面図である。

【 図 1 1 】本実施形態に係る超音波アクチュエータにおける突起部と溝との位置関係を示す図であって、図 1 1 ( A ) は第 1 検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図であり、図 1 1 ( B ) は第 2 検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図である。

30

【 図 1 2 】振動検知電圧と駆動電圧の周波数との関係を示すグラフである。

【 図 1 3 】駆動電圧に対する振動検知電圧の位相と、駆動電圧の周波数との関係を示すグラフである。

【 図 1 4 】駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態における、駆動電圧と振動検知電圧との波形について示したグラフである。

【 図 1 5 】本実施形態に係る超音波アクチュエータが駆動している場合の、駆動状態を基準とした位相差の時間変化を示すグラフであって、図 1 5 ( A ) はロータが右回転している場合における位相差の時間変化を示すグラフであり、図 1 5 ( B ) はロータが左回転している場合における位相差の時間変化を示すグラフである。

40

【 図 1 6 】本発明における他の実施形態に係る超音波アクチュエータの突起部と溝との位置関係を示す図であって、図 1 6 ( A ) は第 1 検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図であり、図 1 6 ( B ) は第 2 検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 5 】

以下、本発明の実施の形態について図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、その説明を省略する。

## 【 0 0 2 6 】

50

本発明の実施形態に係る超音波アクチュエータについて説明する。まず、本発明の実施形態に係る超音波アクチュエータを用いた、レンズ駆動ユニットの構成について説明する。図1は本実施形態に係る超音波アクチュエータを用いた、レンズ駆動ユニットの構成について説明するための図である。レンズ駆動ユニット300は、デジタルカメラやデジタルビデオカメラのAF、ズーム、DVDのピックアップレンズの収差補正の駆動などに用いられる。図1に示すように、本実施形態に係る超音波アクチュエータ100の回転軸と一体に結合されたリードスクリー21の一部が螺合されたレンズ支持部22bと、レンズ支持部22bにより支持されたレンズ22と、レンズ22の移動を制御する、リードスクリー21と平行に設置された2本のガイドレール22aと、これらを覆うケース23と、超音波アクチュエータ100とを備えて構成される。なお、図1においては、超音波アクチュエータ100の電氣的構成部分については、図示を省略している。

10

**【0027】**

具体的には、レンズ22の外周部を支持しているレンズ支持部22bには貫通孔が形成され、その貫通孔にはガイドレール22aが貫通されていて、レンズ支持部22bはガイドレール22aに沿った方向のみ可動である。また、レンズ支持部22bはリードスクリー21と螺合しており、リードスクリー21がその軸を中心として回転することで、レンズ支持部22bがガイドレール22aに沿って駆動される。

**【0028】**

このような、レンズ駆動ユニット300において、超音波アクチュエータ100が駆動することで、リードスクリー21が右回転または左回転し、それにより、レンズ22と一体であるレンズ支持部22bが図1において左右方向に駆動する。つまり、レンズ駆動ユニット300は、直動レンズ送り機構を構成している。

20

**【0029】**

このように、本実施形態に係る超音波アクチュエータ100は、例えばレンズ駆動ユニット300に用いられるが、これに限定されるわけではなく、他にも様々な用途に用いられている。

**【0030】**

次に、本実施形態に係る超音波アクチュエータの機械的な構成について説明する。図2は本実施形態に係る超音波アクチュエータの機械的な構成を説明するための図である。なお、図2においては、本実施形態に係る超音波アクチュエータの電氣的な構成については、図示を省略している。図2に示すように、本発明の実施形態に係る超音波アクチュエータ100は、移動体であるロータ1と、ロータ1と接触する突起部2cを有する接触部2aおよび圧電振動子2bを有する振動体(ステータ)2と、振動体2の端部に設置された錘部5と、ロータ1の回転中心にロータ1と一体に設置された回転軸3と、回転軸3の軸受け27と、これらを覆うケース7と、ケース7の底面と振動体2とに接続され、振動体2をロータ1へと所定の付勢力で押し付けるバネ等の弾性体である加圧部6と、ケース7と接続された支持フレーム24と、支持フレーム24を貫通するように設置されたキャップ26と、キャップ26に形成された窪み26aに回転自在に嵌り込む球体である軸受け25とを備えて構成されている。

30

**【0031】**

ロータ1は円板状である。回転軸3は、ロータ1の中心であって、前記円板の面に垂直方向に伸びるように配置されている。回転軸3はロータ1に一体的、または、かしめなどによる結合により構成されている。振動体2は、回転軸3を中心とする円板状の接触部2aおよび接触部2aに接合された圧電振動子2bとを備えて構成される。接触部2aは突起部2cを有していて、突起部2cがロータ1と接触している。突起部2cとロータ1との摩擦力によりロータ1が駆動することから、突起部2cを含む接触部2aは、例えば、アルミナ、ジルコニア等のセラミックス、超合金等の耐摩耗性の高い材料を用いればよい。なお、接触部2aは、例えばエポキシ等の剛性が高く、接着力が強い接着剤を用いて圧電振動子2bに固定されることとすればよい。圧電振動子2bは、圧電特性を示す圧電薄板と内部電極とが交互に積層されて構成されている。圧電振動子2bは製造のしやすさ

40

50

を考慮すると、直方体形状が好ましい。圧電薄板としては、例えばPZT（チタン酸ジルコニウム酸鉛）等からなる圧電セラミックス等の圧電素子の薄板を用いればよい。そして、内部電極を介して所定の電気信号が圧電振動子2bに送られることにより、圧電振動子2bは振動する。その振動により、圧電振動子2bに接続された接触部2aが振動し、ロータ1に接触している略球面を有する突起部2cも振動する。軸受け27は、回転軸3を回転自在に軸支する。具体的には、軸受け27により回転軸3はラジアル方向について支持されている。圧電振動子2bにおいて、接触部2aと接合している端部とは反対の端部に錘部5が設置されている。錘部5が設置されることで、振動体2の振動バランスが向上する。また、錘部5を設置することで、圧電振動子2bの振動の節の位置が錘部5側に移動するため、突起部2cの振動を大きくすることができる。例えば、錘部5は、比重の高いタンゲステンや、銅や鉄系のタンゲステン合金などとすればよい。

10

#### 【0032】

ロータ1と、振動体2と、回転軸3と、軸受け27と、錘部5と、加圧部6とはケース7内に配置されている。なお、回転軸3はケース7内から外部に突出している。また、軸受け27の一部はケース7の外部に露呈している。振動体2はケース7に対して回転が規制され、ケース7の底面からロータ1方向に加圧部6により押圧されている。それにより、接触部2aはロータ1と高い圧力をかけられた状態で接触している。支持フレーム24は回転軸3が突出する側のケース7の端面に設置されていて、ケース7から突出された回転軸3は、支持フレーム24内へと伸びている。回転軸3の端面は凹面となっており、支持フレーム24に設置されたキャップ26の窪み26aに嵌り込んだ球体である軸受け25がその凹面に嵌り込むように配置され、回転軸3は回転自在に軸受け25に軸支される。具体的には、軸受け25により回転軸3はラジアルおよびスラスト方向について支持されている。キャップ26は支持フレーム24と螺合して貫通している。つまり、支持フレーム24およびキャップ26はねじ切りされていて、キャップ26を締めるあるいは緩めることで、回転軸3に沿った方向へのキャップ26の位置を調整できる。加圧部6により振動体2がロータ1に押し付けられていることから、ロータ1に結合された回転軸3は軸受け25からの反力を受けるが、その反力は回転軸3の回転中心で受けることになるため、回転軸3と球体である軸受け25との摩擦ロスを最小限に抑えることができる。超音波アクチュエータ100の作製時において、キャップ26の位置を調整して、振動体2およびロータ1間の押圧力を調整すればよい。そして、調整が完了すれば、接着することでキャップ26の位置を固定すればよい。このようにすることで、振動体2はケース7に対して回転が規制されながら、ロータ1との軸心が位置決めされ、保持される。

20

30

#### 【0033】

次に、本実施形態に係る超音波アクチュエータの電気的構成について説明する。図3は本実施形態に係る超音波アクチュエータの電気的な構成を説明するための図である。図3に示すように、本実施形態に係る超音波アクチュエータ100は、図2に示した以外に、制御部11と、駆動電圧生成部12と、駆動電流生成部13と、振動状態検知電極14と、検知電圧変換部15と、駆動電圧変換部16と、演算部17とを備えて構成される。なお、図3において、図2において示した機械的構成については、電気的構成の説明について必要な部材を示し、これら以外は図示を省略する。なお、制御部11および演算部17

40

#### 【0034】

制御部11は、例えば、図示されていない記憶素子に記憶された制御プログラムを読み込み、超音波アクチュエータ100の全体制御を行うものである。制御部11は、ロータ1が回転（移動）するよう電気信号である駆動信号を発生させる。具体的には、駆動信号が接触部2aの図示されていない突起部2cに楕円回転運動を生じさせるように圧電振動子2bを振動させることで、突起部2cにより突き動かされるように、回転軸3を中心軸としてロータ1が回転する。

50

## 【 0 0 3 5 】

駆動電圧生成部 1 2 は、制御部 1 1 により指示された前記駆動信号に応じた駆動電圧を発生させる。また、圧電振動子 2 b の駆動制御は電流で行うことから、駆動電流生成部 1 3 では、前記駆動電圧に基づいた駆動電流を生成する。駆動電流生成部 1 3 により生成された駆動電流は、駆動電流生成部 1 3 から出力され、圧電振動子 2 b に入力される。

## 【 0 0 3 6 】

振動状態検知電極 1 4 は、振動体 2 に備えられ、圧電振動子 2 b の振動状態を示す振動検知電圧を検知する電極である。具体的に圧電振動子 2 b が振動することで、振動状態検知電極 1 4 から、圧電振動子 2 b の振動状態を示す信号である電圧（振動検知電圧）が出力される。より具体的には、振動状態検知電極 1 4 は、圧電振動子 2 b 内部に設置された電極である。それにより、振動状態検知電極 1 4 から出力される振動検知電圧により、圧電振動子 2 b の振動状態を直接検出することができ、高精度の検出が可能である。

## 【 0 0 3 7 】

検知電圧変換部 1 5 は振動状態検知電極 1 4 から出力された振動検知電圧をパルス信号に変換して演算部 1 7 に入力する。また、駆動電圧変換部 1 6 は駆動電圧生成部 1 2 で生成された駆動電圧をパルス信号に変換して、演算部 1 7 に入力する。このように、パルス信号に変換することにより、演算処理が容易になる。

## 【 0 0 3 8 】

演算部 1 7 は、検知電圧変換部 1 5 からの振動検知電圧および駆動電圧変換部 1 6 からの駆動電圧を対比して、駆動電圧に対する振動検知電圧の位相を算出する。演算部 1 7 は、算出した位相に基づきロータ 1 の移動量や回転方向等の位置情報を算出して、制御部 1 1 に指示する。制御部 1 1 では演算部 1 7 から得た位置情報を考慮して駆動信号を作成する。なお、位置情報とは、ロータ 1 の移動量や位置や回転方向等の、演算部 1 7 により算出した情報である。

## 【 0 0 3 9 】

次に、振動体 2 の構成について説明する。図 4 は本実施形態に係る振動体の外観を説明するための図であって、図 4 ( A ) は振動体の平面図であり、図 4 ( B ) は圧電振動子の駆動電極が設置された側の側面図であり、図 4 ( C ) は圧電振動子の検知信号取出し電極が設置された側の側面図である。図 4 ( A ) ~ 図 4 ( C ) に示すように、振動体 2 は突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 が設置された円形の接触部 2 a と圧電薄板が内部電極を介して積層された構成の圧電振動子 2 b を備えている。例えば、図 4 ( A ) に示すように、突起部 2 c は略球面を有し、接触部 2 a の中心軸に対して同心円上に 3 つ設置されている。なお、これら突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 は等間隔とならないように設置されている。また、突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 は、圧電振動子 2 b の積層方向側に位置している。例えば、2 c - 2 および 2 c - 3 は接触部 2 a の中心を基準として 1 2 0 度離れた配置であり、2 c - 1 および 2 c - 2 は 1 1 5 度離れた配置であり、2 c - 3 および 2 c - 1 は 1 2 5 度離れた配置である。これら突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 の各頂点がロータ 1 に接触している。また、図 4 ( B )、図 4 ( C ) に示すように、圧電振動子 2 b の積層された各内部電極に信号を入力あるいは信号を出力するための駆動電極 2 b - 1、2 b - 2、2 b - 3、2 b - 4、検知信号取出し電極 2 b - 5、接地電極 2 b - 6 が圧電振動子 2 b の各側面に設置されている。これら、駆動電極 2 b - 1、2 b - 2、2 b - 3、2 b - 4、検知信号取出し電極 2 b - 5、接地電極 2 b - 6 には、図示していないがリード線やフレキ等がハンダや導電性接着剤等により接合され、信号を送受信する。

## 【 0 0 4 0 】

図 5 は本実施形態に係る圧電振動子の各層における電極構成を示す断面図であって、図 5 ( A ) は第 1 の断面図であり、図 5 ( B ) は第 2 の断面図である。圧電振動子 2 b は図 5 ( A ) および図 5 ( B ) で示される各内部電極 2 d ~ 2 g および振動状態検知電極 1 4 が形成された圧電薄板 2 0 と、内部電極 2 h が形成された圧電薄板 2 0 とが交互に積層された多層構造である。つまり、内部電極 2 d ~ 2 g および振動状態検知電極 1 4 を有する

内部電極の層と、内部電極 2 h を有する内部電極の層とが交互に積層され、それらの内部電極の層の間に圧電薄板 2 0 が挿入されている。なお、これら内部電極 2 d ~ 2 g および振動状態検知電極 1 4 は圧電薄板 2 0 に銀パラジウムなどを印刷することで形成される。内部電極 2 d ~ 2 g は、それぞれ圧電薄板 2 0 の各角付近に形成されている。

#### 【0041】

また、圧電振動子 2 b が、端面が略正方形である略四角柱形状である場合は、圧電振動子 2 b の断面は略正方形であり、その正方形の 1 辺の中央に振動状態検知電極 1 4 を設置することが好ましい。つまり、圧電薄板 2 0 が略正方形であり、1 辺の中央に振動状態検知電極 1 4 を設置すればよい。それにより、圧電振動子 2 b の振動が顕著に現れる箇所、すなわち振幅が大きい箇所に振動状態検知電極 1 4 を設置することになるので、その振動成分を多く含む振動検知電圧値を得ることができ、より正確な圧電振動子の振動状態の検出が可能となる。

10

#### 【0042】

内部電極 2 h は、圧電薄板 2 0 の略全面に形成されている。そして、これら内部電極 2 d、2 e、2 f、2 g は、駆動電極 2 b - 1、2 b - 2、2 b - 3、2 b - 4 とそれぞれ接続されている。また、内部電極である振動状態検知電極 1 4 は、検知信号取出し電極 2 b - 5 と接続されている。また、内部電極 2 h は接地電極 2 b - 6 と接続されている。なお、駆動電極 2 b - 1、2 b - 2、2 b - 3、2 b - 4、検知信号取出し電極 2 b - 5、接地電極 2 b - 6 は、例えば銀や金等をスクリーン印刷や蒸着等で形成すればよい。また、駆動電極 2 b - 1、2 b - 2、2 b - 3、2 b - 4 は、駆動電流生成部 1 3 と接続され、検知信号取出し電極 2 b - 5 は位相比較部 1 2 と接続され、接地電極 2 b - 6 は接地されている。上記接続および接地については、図示していないが、リード線や F P C (フレキシブルプリント配線基板) 等を介して行われる。なお、圧電薄板 2 0 が圧電特性を示すためには、これらに所定の分極処理を行っておく必要がある。

20

#### 【0043】

次に、このような、圧電振動子 2 b の振動およびそれによる突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 の振動について説明する。図 6 は屈曲 1 次モードを示す図である。また、図 7 は本実施形態に係る突起部の回転を説明するための図であって、図 7 ( A ) は接触部の側面図であり、図 7 ( B ) は接触部の平面図である。上述のように、圧電振動子 2 b において、駆動電極 2 b - 1、2 b - 2、2 b - 4、2 b - 3 に高周波駆動信号 ( 駆動電流 ) を、それぞれ位相を 9 0 度ずらして印加すると、内部電極 2 d、2 e、2 g、2 f の各領域が 9 0 度位相のずれた伸縮振動を行う。駆動信号の周波数を共振周波数に近づけると、圧電振動子 2 b には、屈曲 1 次モードが励起される。ここで、屈曲 1 次モードが励起された場合に、直方体である圧電振動子 2 b は、図 6 に示すように、2 箇所の節 P により 1 次の曲げ変形運動を左右に繰り返す。本実施形態に係る超音波アクチュエータ 1 0 0 の場合は、各駆動電極 2 b - 1、2 b - 2、2 b - 4、2 b - 3 に印加される高周波駆動信号は、それぞれ 9 0 度位相がずれていることから、圧電振動子 2 b には各内部電極 2 d、2 e、2 g、2 f により屈曲 1 次モードによる振動がずれながら生じる。それにより、接触部 2 a と接合された圧電振動子 2 b の先端は公転運動 ( 首振り振動 ) を行う。そして、圧電振動子 2 b がこのような動きをすることで、圧電振動子 2 b 上に設置された接触部 2 a の突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 は、図 7 ( A ) および図 7 ( B ) において、矢印で示したような楕円振動を行う。上述のように、ロータ 1 は接触部 2 a に押圧されている。したがって、ロータ 1 と突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 との間の摩擦係数は大きい。そのため、各突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 が上述したように、楕円振動を行うことで、ロータ 1 は突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 に突き動かされるように、回転軸 3 を中心に回転を行う。

30

40

#### 【0044】

また、ロータ 1 は、圧電振動子 2 b ( 突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 ) に対するロータ 1 の位置に応じて、圧電振動子 2 b における振動状態が変化するような構造を有している。具体的には、ロータ 1 は、ロータ 1 が回転する際に、圧電振動子 2 b に異なる力が周期的に加わるような形態を有している。例えば、ロータ 1 における接触部 2 a の突起

50

部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 と接する面が一様ではないこととすればよい。つまり、ロータ 1 における突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 と接している面の形状が均一ではない、あるいはロータ 1 が異なる性質を有する複数の材料により構成されていること等で、ロータ 1 の回転により、圧電振動子 2 b における振動状態が変化するような構造を実現できる。より具体的には、例えば、ロータ 1 における突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 と接している面には複数の溝が形成されていることとすればよい。また、例えば、ロータ 1 における突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 と接している面は複数の表面粗さを有する領域を備えていることとすればよい。また、例えば、ロータ 1 は異なる密度を有する材料もしくは異なる弾性度を有する材料により形成されていることとすればよい。また、例えば、ロータ 1 における突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 と接する面または面近傍は、密度または弾性度等が異なる複数の材料により形成されていることとすればよい。このように、ロータ 1 における突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 と接する面が一様でないことで、ロータ 1 の回転により圧電振動子 2 b の振動状態が変化する。具体的には、圧電振動子 2 b の振動状態が変化することで、振動検知電圧と、圧電振動子 2 b の駆動電圧との位相差が変化する。

10

**【 0 0 4 5 】**

ロータ 1 が上記構造を有し、ロータ 1 の回転位置により、圧電振動子 2 b には異なる力がかかる複数の状態が存在することになり、それにより、圧電振動子 2 b の振動状態が変化する。したがって、この振動状態を監視することで、ロータ 1 の移動量等の位置情報を検出することができる。

20

**【 0 0 4 6 】**

ここで、ロータ 1 における突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 と接する面の一例について説明する。ロータ 1 においては、ロータ 1 の移動方向に沿って、異なる形態を周期的に形成しておけばよい。それにより、超音波アクチュエータ 1 0 0 において、高精度の位置決め制御を実現できる。例えば、ロータ 1 における突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 と接する面には、ロータ 1 の円周に沿って周期的にその形状あるいは性質を変化させてある。具体的には、中心から径方向に沿って伸びる複数の溝（凹部）が円周に沿って等間隔に形成されている。ここで、図 8 ~ 図 1 0 を用いて、ロータ 1 における突起部 2 c - 1、2 c - 2、2 c - 3 と接する面について説明する。図 8 は本実施形態に係るロータと接触部との分解斜視図である。図 9 は本実施形態に係るロータにおける接触部と接する面の形状を説明する図である。図 1 0 は薄板を備えたロータおよび接触部の要部拡大側面図である。

30

**【 0 0 4 7 】**

図 8 に示すように、振動体 2（図示せず）の接触部 2 a は、ロータ 1 側の面に複数の突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 を備えている。ロータ 1 と接触部 2 a との間には所定の付勢力がかかり、これらは密着している。この場合に、接触部 2 a は、突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 においてロータ 1 と接触している。したがって、ロータ 1 から力が加わるのは突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 のみであり、接触部 2 a 全体に力が加わるわけではない。

**【 0 0 4 8 】**

図 9 に示すように、ロータ 1 における接触部 2 a と接触している面には、ロータ 1 の中心を通り、径方向に沿って伸びる溝 1 a が形成されている。なお、溝 1 a は 3 つであって、円周に沿って等間隔に形成されている。したがって、隣接する溝 1 a はロータ 1 の中心に対して互いに 1 2 0 度回転させた配置である。このような構成であることから、溝（第 2 の領域）1 a が形成されている箇所と形成されていない箇所（第 1 の領域）とが交互に、ロータ 1 の円周上に沿って配置されている。このような構成であることから、圧電振動子 2 b（図示せず）が振動することによりロータ 1 に接触している突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 が楕円振動し、それによりロータ 1 が駆動した場合に、突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 は周期的に溝 1 a を通過することとなる。突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 が溝 1 a の形成箇所に位置する場合と、溝 1 a が形成されていない箇所に位置する場合とでは、接触部 2 a に加わる力が異なる。それにより、ロータ 1 が回転することで圧電振動子 2 b の振動状態が変化する。

40

**【 0 0 4 9 】**

50

また、図10に示すように、ロータ1には、接触部2a側の面を覆うように薄板1bが設置されていてもよい。このような構成とすることで、突起部2c-1(2c-2、2c-3)が溝1a上を通過する際のガタツキを防止することができる。例えば、ロータ1は、ステンレスなどの金属からなる構成とすればよい。そして、溝1aはロータ1に機械加工やエッチングなどにより形成すればよい。また、薄板1bはステンレスなどとすればよい。なお、薄板1bには、耐摩耗性を向上させるため、窒化処理などを施しておくことが好ましい。ロータ1と薄板1bとは、それらの間に薄い接着層を形成するなどして接合、または、中心付近をスポット溶接などで結合すればよい。この場合は、突起部2c-1と薄板1bとが接触し、突起部2c-1の楕円振動により薄板1bがつき動かされるので、薄板1bからロータ1に回転駆動が確実に伝達される構成であればよい。また、このような構成において、溝1aが形成されている箇所には、空洞が形成されていることになる。したがって、溝1aの形成箇所(第2の領域)と、溝1aが形成されていない箇所(第1の領域)とでは、薄板1bのばね定数が異なる。つまり、薄板1bにおいて溝1aの形成箇所は、溝1aが形成されていない箇所に比べて剛性が低い。したがって、薄板1bにおいて、溝1aの形成箇所に突起部2c-1が位置するか否かにより、圧電振動子2bの振動状態が変化する。このように、ロータ1に対する突起部2c-1の位置に応じて圧電振動子2bの振動状態が変化する。

10

20

30

40

50

#### 【0050】

なお、本実施形態においては、上述のように、各突起部2c-1~2c-3の配置が等間隔ではない。そして、ロータ1が移動した場合における、突起部2c-1~2c-3と溝1aとの位置関係としては、以下に示す位置関係のみが存在するように、突起部2c-1~2c-3および溝1aが配置される構成とする。図11は本実施形態に係る超音波アクチュエータにおける突起部と溝との位置関係を示す図であって、図11(A)は第1検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図であり、図11(B)は第2検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図である。図11(A)および(B)は接触部2aの平面図であり、接触部2a上に突起部2c-1~2c-3が設置されていて、溝1aの位置が仮想的に示されている。なお、図11(A)の状態からロータ1(図示せず)が右回転(時計回りに回転)した状態が図11(B)に示す状態である。上述のように、突起部2c-2および2c-3は接触部2aの中心に対して120度離れているが、突起部2c-1は、突起部2c-2および2c-3のそれぞれに対して115度、125度離れている。なお、突起部2c-1~2c-3が接するロータ1において、溝1a以外の箇所は、以下では、駆動域(第1の領域)という。

#### 【0051】

まず、突起部2c-1~2c-3のすべてが、駆動域に位置する状態(以下、駆動状態)と、突起部2c-1~2c-3の一部が駆動域に位置し、突起部2c-1~2c-3の残りの突起部2c-1~2c-3が溝1aに位置する状態(以下、検出状態)とがある。さらに、この検出状態においても、溝1aまたは駆動域に位置する突起部2c-1~2c-3の数によって第1検出状態および第2検出状態の2つの種類がある。本実施形態においては、図11(A)に示すように、3つの突起部2c-1~2c-3のうち、溝1aに位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が1つの場合を第1検出状態とする。そして、図11(B)に示すように、溝1aに位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が2つの場合を第2検出状態とする。また、言い換えると、3つの突起部2c-1~2c-3のうち、駆動域に位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が2つの場合を第1検出状態とし、駆動域に位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が1つの場合を第2検出状態とし、突起部2c-1~2c-3のすべてが駆動域に位置する場合を駆動状態とする。

#### 【0052】

より具体的には、本実施形態に係る超音波アクチュエータにおいては、第1検出状態では、互いに120度離れた突起部2c-2および2c-3が共に駆動域に位置し、残りの突起部2c-1は溝1aに位置している。また、第2検出状態では、互いに120度離れ

た突起部 2 c - 2 および 2 c - 3 が共に溝 1 a に位置し、残りの突起部 2 c - 1 は駆動域に位置している。そして、駆動状態では、すべての突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 が駆動域に位置している。これら駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態においては、それぞれ、圧電振動子 2 b に加わる力も異なることから、圧電振動子 2 b の振動状態も異なる。

【 0 0 5 3 】

ここで、圧電振動子 2 b の振動状態の具体的な検出方法について説明する。具体的には、検知信号取出し電極 2 b - 5 から出力される信号により振動状態の変化を検出することができる。すなわち、ロータ 1 が回転することで、検知信号取出し電極 2 b - 5 に接続される振動状態検知電極 1 4 の形成箇所の圧電薄板 2 0 に加わる力は周期的に変化する。それにより、振動状態検知電極 1 4 から出力される振動検知電圧と駆動電圧との位相差が変化する。したがって、振動検知電圧と駆動電圧との位相差から、圧電振動子 2 b の振動状態を検出できる。

10

【 0 0 5 4 】

図 1 2 は、振動検知電圧と駆動電圧の周波数との関係を示すグラフであり、図 1 3 は、駆動電圧に対する振動検知電圧の位相と、駆動電圧の周波数との関係を示すグラフである。図 1 2 において、縦軸は振動検知電圧の値を示し、横軸は駆動電圧の周波数を示す。図 1 2 は、図 1 0 に示すようにロータ 1 に溝 1 a が形成され、薄板 1 b が形成された場合に、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態における、超音波アクチュエータ 1 0 0 の振動検知電圧と周波数との関係を表している。図 1 2 において、実線は駆動状態を示し、破線は第 1 検出状態を示し、一点鎖線は第 2 検出状態を示す。図 1 2 に示すように、駆動状態に比べて第 1 検出状態における共振周波数の方が低い。また、第 1 検出状態に比べて第 2 検出状態における共振周波数が低い。このように、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態においては、それぞれ圧電振動子 2 b の振動状態が変化していることが分かる。また、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態における共振周波数よりやや大きな周波数  $f_1$  にて超音波アクチュエータ 1 0 0 を駆動させている場合に、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態における振動検知電圧は、それぞれ異なる値である。具体的には、駆動状態、第 1 検出状態、第 2 検出状態の順で振動検知電圧の値は低くなっている。

20

【 0 0 5 5 】

また、図 1 3 は、図 1 0 に示すようにロータ 1 に溝 1 a が形成され、薄板 1 b が形成された場合に、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態における、超音波アクチュエータ 1 0 0 の駆動電圧に対する振動検知電圧の位相と、駆動電圧の周波数との関係を表している。図 1 3 において、実線は駆動状態を示し、破線は第 1 検出状態を示し、一点鎖線は第 2 検出状態を示す。図 1 3 に示すように、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態において、駆動電圧の周波数が共振周波数付近の周波数  $f_1$  である場合には、それぞれ前記位相が異なる。具体的には、駆動電圧が周波数  $f_1$  である場合は、第 1 検出状態および第 2 検出状態における、駆動状態を基準とした位相差はそれぞれ  $\phi_1$  および  $\phi_2$  である。また、図 1 4 は駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態における、駆動電圧と振動検知電圧との波形について示したグラフである。図 1 4 において、各グラフにおいて、縦軸は電圧であり、横軸は時間である。また、各グラフにおいて、実線は駆動電圧であり、破線は振動検知電圧である。図 1 4 に示すように、駆動状態に比べて第 1 検出状態では、振動検知電圧の位相がずれ、第 1 検出状態に比べて第 2 検出状態ではさらに、振動検知電圧の位相がずれている。

30

40

【 0 0 5 6 】

このように、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態に応じて、駆動状態を基準とした位相差が変化することから、この位相差から超音波アクチュエータ 1 0 0 において駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態のいずれであるかを検出することができる。駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態は周期的に生じることから、これらを検出することで、ロータ 1 の回転位置や回転方向等を含むロータ 1 の位置情報を検出することができる。

【 0 0 5 7 】

50

次に、本実施形態に係る超音波アクチュエータ 100 の動作について説明する。まず、制御部 11 がロータ 1 を駆動する指令のための電気信号である駆動信号を出力する。駆動電圧生成部 12 は、制御部 11 からの駆動信号に応じた駆動電圧を生成する。このとき、生成された駆動電圧は、駆動電圧変換部 16 にて検出され、パルス信号へと変換される。また、駆動電圧の周波数は共振周波数付近の値である  $f_1$  とすればよい。また、駆動電圧は駆動電流生成部 13 に入力され、駆動電流生成部 13 は駆動電圧に対応する駆動電流を生成する。なお、駆動電圧および駆動電流は交流である。駆動電流は、圧電振動子 2b に入力され、圧電振動子 2b が振動することで、各突起部 2c-1 ~ 2c-3 は楕円振動を行い、それによって、ロータ 1 が回転する。なお、このときに発生する振動検知電圧は、振動状態検知電極 14 により検出され、検知電圧変換部 15 に出力される。検知電圧変換部 15 は振動検知電圧をパルス信号に変換する。演算部 17 は、パルス信号とされた駆動電圧および振動検知電圧より、駆動電圧に対する振動検知電圧の位相を求め、さらに、駆動状態を基準とした位相差を求める。パルス信号に変換することで、位相差を信号情報（レベル）として検出することができるため好ましい。それにより、容易に位相差を検出することができる。

10

20

30

40

50

#### 【0058】

具体的には、演算部 17 により求められた位相差は、図 15 に示すグラフで表される。図 15 は、本実施形態に係る超音波アクチュエータが駆動している場合の、駆動状態を基準とした位相差の時間変化を示すグラフであって、図 15 (A) はロータが右回転している場合における位相差の時間変化を示すグラフであり、図 15 (B) はロータが左回転している場合における位相差の時間変化を示すグラフである。ロータ 1 が右回転している場合は、図 11 において、仮想的に示した溝 1a が右回転（時計回り）している場合である。図 11 (B) に示す第 2 検出状態の場合に最も位相差 ( $\theta_2$ ) が大きくなる。そして、その状態から、溝 1a が右回転すると、すぐに図 11 (B) に示す第 1 検出状態となる。このとき、位相差は  $\theta_2$  よりも小さく、駆動状態における位相差よりも大きな位相差 ( $\theta_1$ ) となる。そして、さらに溝 1a が右回転を続けると、駆動状態となる。そして、駆動状態がしばらく続き、その後第 2 検出状態となり、図 15 (A) に示すように、第 2 検出状態、第 1 検出状態、駆動状態を繰り返す。このように、本実施形態に係る超音波アクチュエータ 100 においては、右回転の場合は第 2 検出状態から連続して第 1 検出状態となり、さらに連続して駆動状態となるサイクルを繰り返す。

#### 【0059】

また、ロータ 1 が左回転している場合は、図 11 において、仮想的に示した溝 1a が左回転（反時計回り）している場合である。図 11 (A) に示すように第 1 検出状態の場合に位相差が  $\theta_1$  となる。そして、その状態から、溝 1a が左回転すると、すぐに図 11 (A) に示す第 2 検出状態となる。このとき、位相差は最も大きい位相差である  $\theta_2$  となる。そして、さらに溝 1a が左回転を続けると、駆動状態となる。そして、駆動状態がしばらく続き、その後第 1 検出状態となり、図 15 (B) に示すように、第 1 検出状態、第 2 検出状態、駆動状態を繰り返す。このように、本実施形態に係る超音波アクチュエータ 100 においては、左回転の場合は第 1 検出状態から連続して第 2 検出状態となり、さらに連続して駆動状態となるサイクルを繰り返す。このように、右回転と左回転とでは、時間変化における位相差を示したグラフの波形が異なる。

#### 【0060】

制御部 11 の制御により、さらに演算部 17 は上記求めた時間変化に対する位相差をもとに、ロータ 1 の位置、回転数、回転方向、移動量等のロータ 1 の位置情報を算出する。具体的には、ロータ 1 が回転することで、第 1 検出状態および第 2 検出状態を含む検出状態と、駆動状態が周期的に繰り返されることになる。溝 1a の配置は規則性があることから、検出状態および駆動状態となった数をカウントしておくことで、ロータ 1 の回転数や回転量を算出することができる。また、上述のように、右回転と左回転とでは、位相差の波形が異なることから、これら波形により容易に回転方向を算出することができる。

#### 【0061】

また、本実施形態に係る超音波アクチュエータ100において、接触部2aは、ロータ1に突起部2c-1~2c-3の頂点で接していることから、溝1aと駆動域との境界付近においても、それらの領域の違いを正確に高精度に検出することができる。また、圧電振動子2bの振動状態、すなわち駆動状態、第1検出状態および第2検出状態の別を、デジタル的に検出することができるため、位相差の検出等も容易に行うことができる。

#### 【0062】

このようにして、演算部17で算出されたロータ1の位置情報は制御部11へと送られる。演算部17において算出されたロータ1の位置情報に基づいて、現在のロータの回転状態を認識できるため、制御部11はこの位置情報に基づいてロータ1の回転駆動を制御することで、所望の回転制御を正確に行うことができる。具体的には、操作者が所望とする回転数だけロータ1を回転させ、その際の回転方向も操作者の所望とする回転方向とすることができる。それにより、本実施形態に係る超音波アクチュエータ100は、ロータリーエンコーダ等を取り付けることなく、高精度の位置制御等が可能である。

10

#### 【0063】

また、上記本実施形態に係る超音波アクチュエータ100は、溝1aを規則的に配置し、突起部2c-1~2c-3の配置を不規則な箇所を含むように構成したが、溝1aの配置を不規則な箇所を含むようにし、突起部2c-1~2c-3を規則的に配置することとしてもよい。このような本発明の他の実施形態に係る超音波アクチュエータについて図を用いて説明する。図16は本発明における他の実施形態に係る超音波アクチュエータの突起部と溝との位置関係を示す図であって、図16(A)は第1検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図であり、図16(B)は第2検出状態における突起部と溝との位置関係を示す図である。なお、図16(A)および(B)における本発明の他の実施形態に係る超音波アクチュエータは、上述した本実施形態に係る超音波アクチュエータ100とは、溝1a(1a-1~1a-3)および突起部2c-1~2c-3の配置が異なるだけで他の点は略同一であるので、同一の構成については同一の符号を付し、同一の点については説明を省略する。

20

#### 【0064】

図16(A)および(B)は接触部2aの平面図であり、接触部2a上に突起部2c-1~2c-3が設置されていて、図示していないロータ1に形成された溝1a-1~1a-3の位置が仮想的に示されている。なお、図16(B)の状態からロータが時計回りに回転した状態が図16(A)に示す状態である。突起部2c-1~2c-3はそれぞれ接触部2aの中心に対して同心円上にあり、それぞれ120度離れて設置されている。また、3つの溝1a-1~1a-3がロータ1において、ロータ1(図示せず)における接触部2aと接触している面の中心を通り、径方向に沿って伸びるように形成されている。なお、上述のように、溝1a-1~1a-3は円周に沿って不規則な配置とされる。具体的には、溝1a-2および1a-3は、互いにロータ1の中心に対して120度回転させた配置であり、溝1a-3と溝1a-1とは互いにロータ1の中心に対して115度回転させた配置であり、溝1a-1と溝1a-2とは互いにロータ1の中心に対して125度回転させた配置である。なお、突起部2c-1~2c-3が接するロータ1において、溝1a-1~1a-3以外の箇所は、以下では、駆動域という。

30

40

#### 【0065】

そして、ロータ1が回転することで、突起部2c-1~2c-3と溝1a-1~1a-3との位置関係により、突起部2c-1~2c-3のすべてが、駆動域に位置する駆動状態と、突起部2c-1~2c-3の一部が駆動域に位置し、突起部2c-1~2c-3の残りの突起部2c-1~2c-3が溝1a-1~1a-3に位置する検出状態とがある。さらに、この検出状態においても、溝1a-1~1a-3または駆動域に位置する突起部2c-1~2c-3の数によって第1検出状態および第2検出状態の2つの種類がある。他の実施形態においては、図16(A)に示すように、3つの突起部2c-1~2c-3のうち、溝1a-1~1a-3に位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が1つの場合を第1検出状態とする。そして、図16(B)に示すように、溝1a-1~1a

50

- 3に位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が2つの場合を第2検出状態とする。また、言い換えると、3つの突起部2c-1~2c-3のうち、駆動域に位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が2つの場合を第1検出状態とし、駆動域に位置するいずれかの突起部2c-1~2c-3の数が1つの場合を第2検出状態とし、突起部2c-1~2c-3のすべてが駆動域に位置する場合を駆動状態とする。

【0066】

より具体的には、他の実施形態に係る超音波アクチュエータにおいては、第1検出状態(図16(A)参照)では、突起部2c-1が溝1a-1に位置し、突起部2c-2および2c-3は駆動域に位置している。そして、第2検出状態(図16(B)参照)では、突起部2c-2および2c-3が溝1a-2および1a-3に位置し、突起部2c-1は駆動域に位置している。そして、駆動状態では、すべての突起部2c-1~2c-3が駆動域に位置している。これら駆動状態、第1検出状態および第2検出状態においては、それぞれ、圧電振動子2bに加わる力も異なることから、圧電振動子2bの振動状態も異なる。

10

【0067】

そして、このような、他の実施形態に係る超音波アクチュエータにおいて、まず、図16(B)に示す第2検出状態の場合に最も位相差( $\phi_2$ )が大きくなり、その状態から溝1a-1~1a-3が右回転すると、すぐに図16(A)に示す第1検出状態となる。このとき、位相差は $\phi_2$ よりも小さく、駆動状態における位相差よりも大きな $\phi_1$ となる。そして、さらに溝1a-1~1a-3が右回転を続けると、駆動状態となる。そして、駆動状態がしばらく続き、その後第2検出状態となり、図15(A)に示す状態と同様に、第2検出状態、第1検出状態、駆動状態を繰り返す。このように、他の実施形態に係る超音波アクチュエータにおいては、右回転の場合は第1検出状態から連続して第2検出状態となり、さらに連続して駆動状態となるサイクルを繰り返す。

20

【0068】

また、ロータ1が左回転している場合は、図16において、仮想的に示した溝1a-1~1a-3が左回転(反時計回り)している場合である。図16(A)に示すように第1検出状態の場合に位相差が $\phi_1$ となる。そして、溝1a-1~1a-3が左回転すると、すぐに図11(A)に示す第2検出状態となる。このとき、位相差は最も大きい位相差である $\phi_2$ となる。そして、さらに溝1a-1~1a-3が左回転を続けると、駆動状態となる。そして、駆動状態がしばらく続き、その後第1検出状態となり、図15(B)に示す状態と同様に、第1検出状態、第2検出状態、駆動状態を繰り返す。このように、他の実施形態に係る超音波アクチュエータにおいては、左回転の場合は第1検出状態から連続して第2検出状態となり、さらに連続して駆動状態となるサイクルを繰り返す。このように、他の実施形態に係る超音波アクチュエータにおいて、右回転と左回転とでは時間変化における位相差を示したグラフの波形が異なる。さらに、ロータ1が回転することで、駆動状態と検出状態とを周期的に繰り返す。

30

【0069】

これにより、上記本実施形態に係る超音波アクチュエータ100と同様に、他の実施形態に係る超音波アクチュエータも動作することで、ロータリーエンコーダ等を取り付けることなく、高精度の位置制御が実現できる。具体的には、操作者が所望とする回転数だけロータを回転させ、その際の回転方向も操作者の所望とする回転方向とすることができる。

40

【0070】

なお、本実施形態に係る超音波アクチュエータ100において、ロータ1における突起部2c-1と接する面に、溝ではなく、ロータ1の中心を通り、径方向に沿って伸びる低摩擦領域を形成してもよい。この場合は、例えば摩擦係数の異なる領域が交互に、ロータ1の円周上に沿って配置されている。摩擦係数を異ならすためには、例えば、表面粗さを変化させればよい。このような構成であれば、ロータ1が駆動する際にガタツキが生じることもない。また、突起部2c-1が位置する領域の摩擦係数により、突起部2c-1に加わる力が異なる。そのため、圧電振動子2bに加わる力も異なることから、ロータ1の

50

回転によって、圧電振動子 2 b の振動状態が変化する。

【0071】

また、溝 1 a に例えば、ロータ 1 を形成する材料とは異なる材料を溝 1 a に充填することで、ロータ 1 が、円周に沿って周期的に、複数の異なる材料により構成されることとしてもよい。ロータ 1 を形成する材料とは異なる材料としては、例えばロータ 1 を形成する材料よりも、密度の異なる物質、質量の異なる物質あるいは弾性度の異なる物質等とすればよい。それにより、ロータ 1 の回転によって、圧電振動子 2 b の振動状態が変化する。

【0072】

なお、図 1 2 に示すように、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態のそれぞれによって、振動検知電圧の電圧値が異なる。したがって、この値を用いて、ロータ 1 の移動量等の位置情報を算出することとしてもよい。すなわち、振動検知電圧の値に応じて、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態を検出して、ロータ 1 の位置情報を得ることとしてもよい。

【0073】

なお、本実施形態においては、溝 1 a を 3 つとし、突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 を 3 つとしたが、溝 1 a および突起部 2 c - 1 ~ 2 c - 3 の数は、これ以上であってもよく、圧電振動子 2 b の振動状態が、駆動状態、第 1 検出状態および第 2 検出状態を備える構成とすればよい。

【0074】

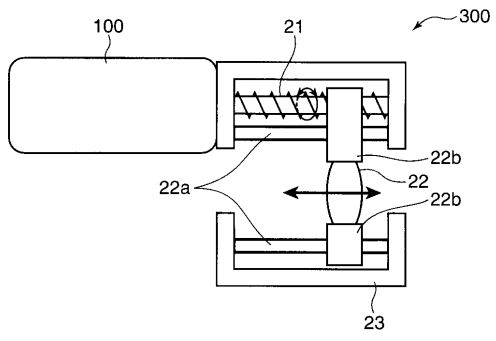
本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および/または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

【符号の説明】

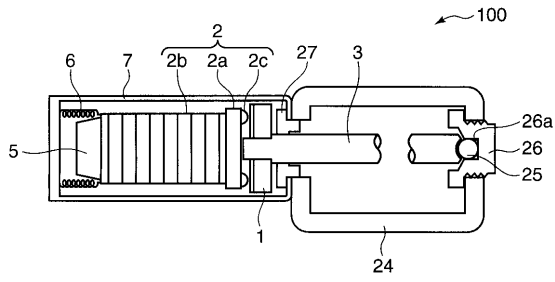
【0075】

1	ロータ	1 a、1 a - 1 ~ 1 a - 3	溝	
1 b	薄板	2	振動体	
2 a	接触部	2 b	圧電振動子	30
2 b - 1 ~ 2 b - 4	駆動電極	2 b - 5	検知信号取出し電極	
2 b - 6	接地電極	2 c、2 c - 1 ~ 2 c - 3	突起部	
2 d ~ 2 h	内部電極	3	回転軸	
5	錘部	6	加圧部	
7	ケース	1 1	制御部	
1 2	駆動電圧生成部	1 3	駆動電流生成部	
1 4	振動状態検知電極	1 5	検知電圧変換部	
1 6	駆動電圧変換部	1 7	演算部	
2 0	圧電薄板	2 1	リードスクリュー	
2 2	レンズ	2 2 a	ガイドレール	40
2 2 b	レンズ支持部	2 3	ケース	
2 4	支持フレーム	2 5、2 7	軸受け	
2 6	キャップ	2 6 a	窪み	
1 0 0	超音波アクチュエータ	3 0 0	レンズ駆動ユニット	
P	節			

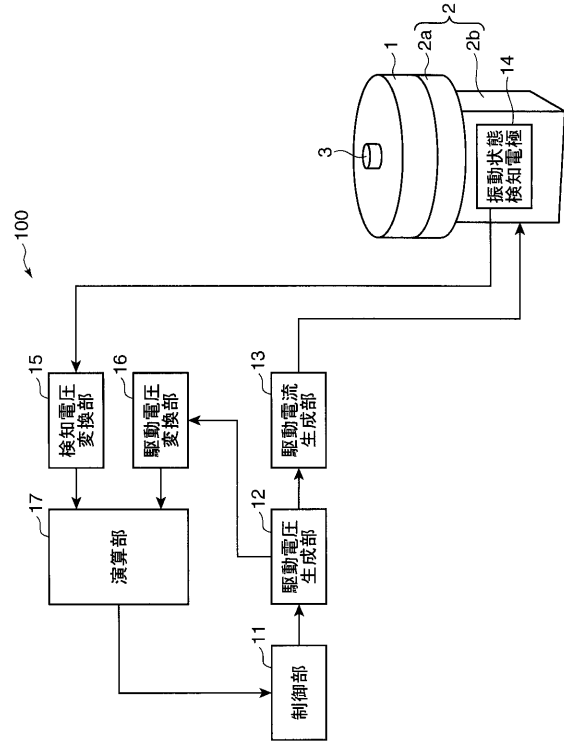
【 図 1 】



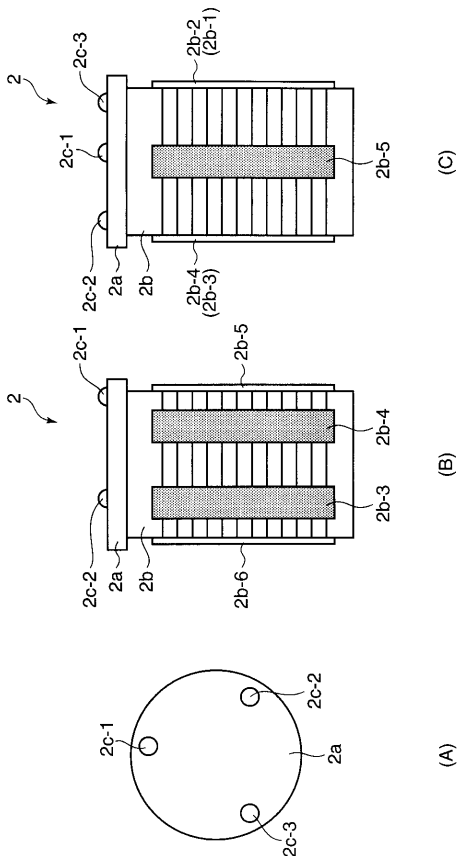
【 図 2 】



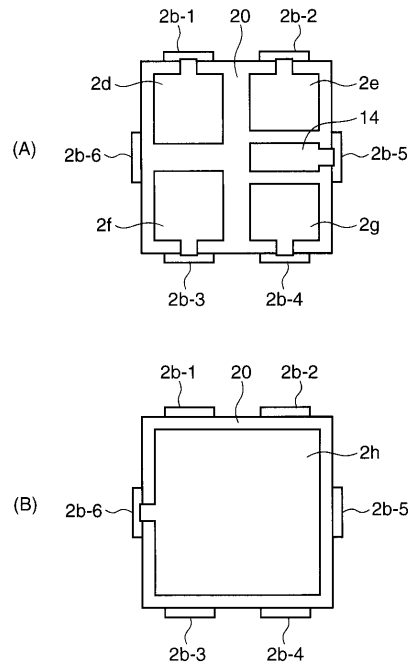
【 図 3 】



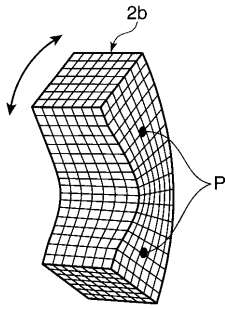
【 図 4 】



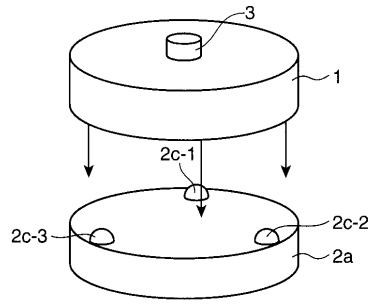
【 図 5 】



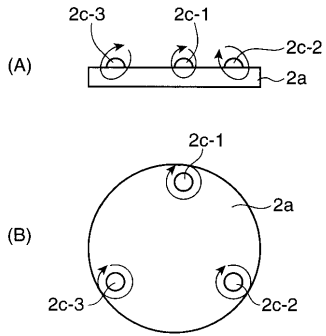
【 図 6 】



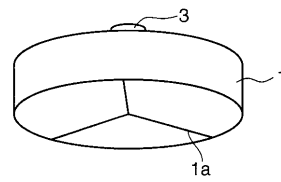
【 図 8 】



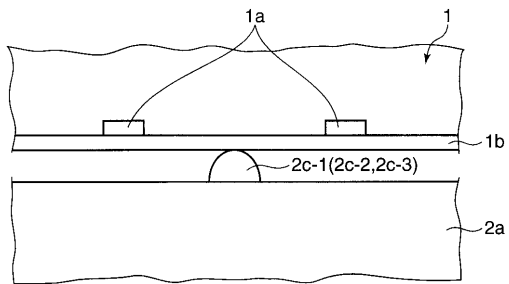
【 図 7 】



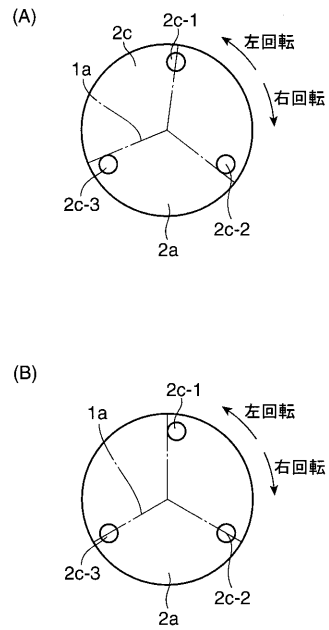
【 図 9 】



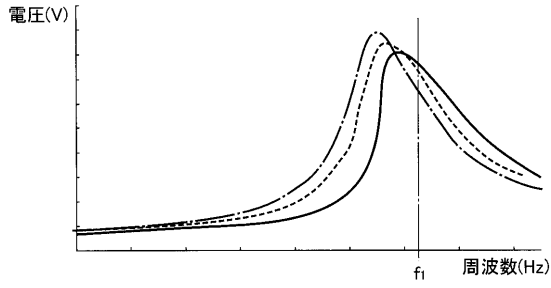
【 図 10 】



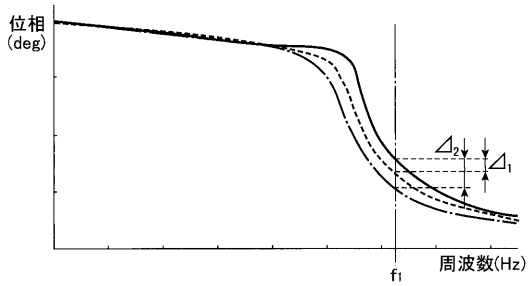
【 図 11 】



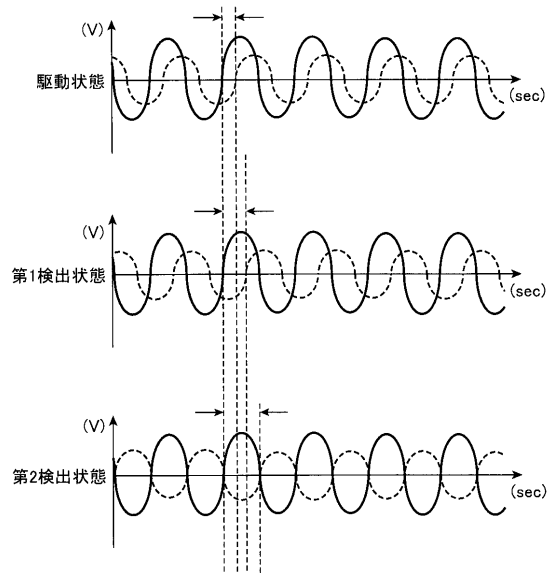
【 図 1 2 】



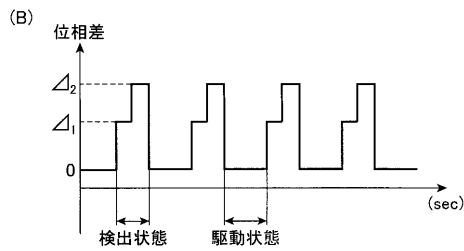
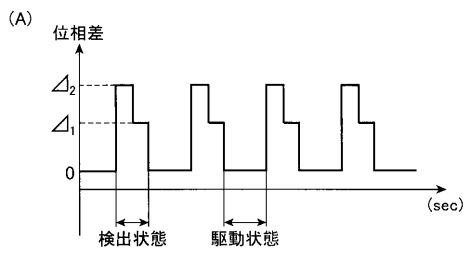
【 図 1 3 】



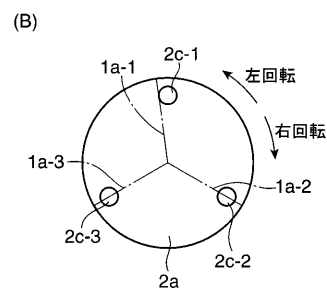
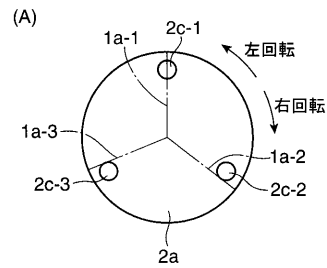
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 浦谷 勝一

東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社内

Fターム(参考) 5H680 BB02 CC02 EE22 FF30