

(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2004-297951

(P2004-297951A)

(43) 公開日 平成16年10月21日(2004.10.21)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H02N 2/00

F I  
H02N 2/00

テーマコード(参考)  
5H680

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2003-88955 (P2003-88955)  
(22) 出願日 平成15年3月27日(2003.3.27)

(71) 出願人 000000376  
オリンパス株式会社  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号  
(74) 代理人 100076233  
弁理士 伊藤 進  
(72) 発明者 舟窪 朋樹  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ  
リンパス光学工業株式会社内  
Fターム(参考) 5H680 AA19 BB02 BB13 CC02 DD15  
DD23 DD37 DD39 DD65 DD73  
DD82 DD95 FF33 GG02 GG21  
GG42

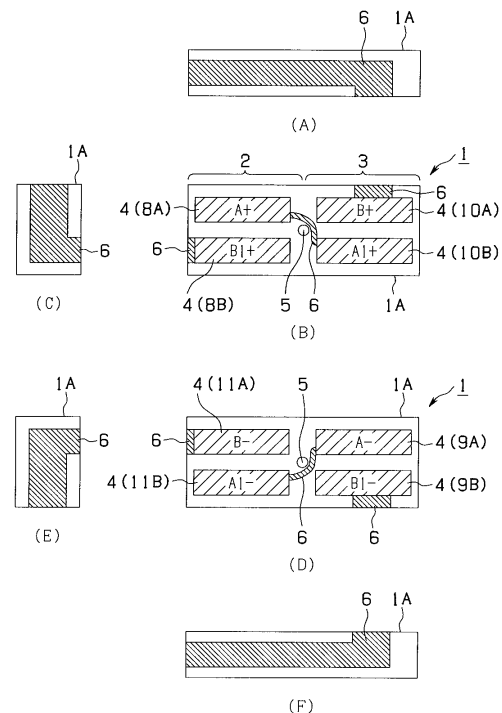
(54) 【発明の名称】 超音波振動子及び超音波モータ

(57) 【要約】

【課題】 超音波モータの小型化が可能な超音波振動子及びそれを用いた超音波モータを提供する。

【解決手段】 本発明の超音波振動子1は、第1, 第2の積層部2, 3で構成された積層体1Aを有し、該積層体1Aは最左端に配される絶縁用圧電シート12Aと中央に配される絶縁用圧電シート12Bとの間と、絶縁用圧電シート12Bと最右端に配される絶縁用圧電シート12Cとの間にそれぞれ挟持されるように第1, 第2の内部電極パターン及びこれと接触する第1, 第2の外部電極群を有する圧電シート7A, 7Bと圧電シート7C, 7Dとが交互にそれぞれ積層して構成される。この場合、該超音波振動子1表面に密着させるように、外部電極連結用導電膜6を用いて、第1外部電極群と所定の外部電極と前記第2の外部電極群の所定の外部電極とを電気的に接続する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した第 1 の外部電極群及び第 2 の外部電極群を有し、該第 1 の外部電極群及び / もしくは該第 2 の外部電極群に交番電圧を印加することにより第 1 の振動モード及び第 2 の振動モードを同時に発生することにより超音波楕円振動を発生する超音波振動子であって、

前記第 1 の外部電極群の所定の外部電極と前記第 2 の外部電極群の所定の外部電極とを電氣的に接続するための該超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜を有することを特徴とする超音波振動子。

## 【請求項 2】

前記第 1 の振動モードは縦振動であり、前記第 2 の振動モードは屈曲振動であることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波振動子。

## 【請求項 3】

圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した外部電極を有する超音波振動子であって、

第 1 の方向である積層方向と直交する第 2 の方向に沿って 2 分割された内部電極を少なくとも有する第 1 積層部と、

前記第 2 の方向に沿って 2 分割された内部電極を少なくとも有する第 2 積層部と、

前記第 1 積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第 1 外部電極群と、

前記第 2 積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第 2 外部電極群と、

前記第 1 外部電極群の所定の外部電極と前記第 2 外部電極群の所定の外部電極とを電氣的に接続するための前記超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜と、を具備し、

前記第 1 外部電極群及び / もしくは前記第 2 外部電極群に交番電圧を印加することにより前記第 1 の方向の第 1 の振動モードである縦 1 次振動モードと該第 1 の方向及び前記第 2 の方向と直交する第 3 の方向の第 2 の振動モードである屈曲 2 次振動モードとを同時に励起することにより前記超音波振動子に超音波楕円振動を発生することを特徴とする超音波振動子。

## 【請求項 4】

圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した外部電極を有する超音波振動子であって、

第 1 の方向である積層方向と直交する第 2 の方向に沿って 2 分割された内部電極を少なくとも有する第 1 積層部と、

前記第 2 の方向に沿って 2 分割された内部電極を少なくとも有する第二積層部と、

前記第 1 積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第 1 外部電極群と、

前記第 2 積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第 2 外部電極群と、

前記第 1 外部電極群の所定の外部電極と前記第 2 外部電極群の所定の外部電極とを電氣的に接続するための前記超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜と、を具備し、

前記第 1 外部電極群もしくは前記第 2 外部電極群に交番電圧を印加することにより前記第 1 の方向及び前記第 2 の方向と直交する第 3 の方向の第 1 の振動モードである縦 1 次振動モードと該第 1 の方向の第 2 の振動モードである屈曲 2 次振動モードとを同時に励起することにより該超音波振動子に超音波楕円振動を発生することを特徴とする超音波振動子。

## 【請求項 5】

圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した外部電極を有する超音波振動子であって、

10

20

30

40

50

第 1 の方向である積層方向と直交する第 2 の方向及び第 3 の方向に沿って略 4 分割された内部電極群と、  
 前記内部電極群とそれぞれ導通する外部電極群と、  
 前記外部電極群の所定の外部電極群同士を電氣的に接続するための前記超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜と、を具備し、  
 前記第 1 外部電極群もしくは前記第 2 外部電極群に交番電圧を印加することにより前記第 2 の方向の第 1 の振動モードである縦 1 次振動モードと前記第 3 の方向の第 2 の振動モードである屈曲 2 次振動モードとを同時に励起することにより該超音波振動子に超音波楕円振動を発生することを特徴とする超音波振動子。

【請求項 6】

10

前記第 1 の振動モードと前記第 2 の振動モードの共通の略節位置に支持用もしくは駆動力取り出し用の部材を挿入可能な穴が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の超音波振動子。

【請求項 7】

リード線もしくは電極が設けられたフレキシブル基板が前記外部電極連結用導体膜上にて電氣的に接合されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の超音波振動子。

【請求項 8】

前記圧電素子は、チタン酸ジルコン酸鉛系の圧電セラミクス素子で構成したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の超音波振動子。

20

【請求項 9】

前記内部電極は、Ag - Pd 合金、もしくは Ag、もしくは Ni、もしくは Pt、もしくは Au を用いて構成したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の超音波振動子。

【請求項 10】

前記外部電極もしくは前記外部電極連結用導体膜は、Ag、もしくは Ag - Pd 合金、もしくは Pt を用いて構成したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の超音波振動子。

【請求項 11】

前記超音波振動子において、超音波楕円振動が発生している部位に摩擦部材を接合したことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の超音波振動子。

30

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 つに記載の超音波振動子と、  
 前記超音波振動子に対し相対的に移動する被駆動体と、  
 前記超音波振動子を前記被駆動体に押圧する押圧部材と、  
 を少なくとも有して構成された超音波モータ。

【請求項 13】

前記被駆動体は、直線動作を行うことを特徴とする請求項 12 に記載の超音波モータ。

【請求項 14】

前記被駆動体は、回転動作を行うことを特徴とする請求項 12 に記載の超音波モータ。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内部電極と圧電素子が積層された構造を有する超音波振動子及びそれを用いた超音波モータに関する。

【0002】

【従来技術】

近年、電磁型モータに代わる新しいモータとして超音波モータが注目されている。この超音波モータは、従来電磁型モータに比べ以下のような利点を有している。

【0003】

50

- (1) ギヤなしで低速高推力が得られる。
- (2) 保持力が大きい。
- (3) ストロークが長く、高分解能である。
- (4) 静粛性に富んでいる。
- (5) 磁氣的ノイズを発生せず、また、ノイズの影響も受けない。

このような利点を有する超音波モータとしては、本出願人によって提案がなされた、例えば、特開平7-163162号公報に開示された超音波モータがある。

#### 【0004】

以下、図11及び図12を参照しながら、前記特開平7-163162号公報の提案における従来の超音波モータについて説明する。

10

図11及び図12は上記提案における従来の超音波モータの構成例を説明するためのもので、図11は該超音波モータに用いられる超音波振動子の基本的な部分を詳しく示した要部分解斜視図、図12は該超音波モータに用いられる超音波振動子の正面図である。

#### 【0005】

まず、超音波振動子の構成について説明する。

上記提案による従来の超音波モータには、図12に示す超音波振動子60が用いられており、該超音波振動子60は、図11に示すように薄い矩形状の圧電板51が複数枚積層され、第1の圧電板には一对の上部内部電極57c、下部内部電極57dが印刷され、第2の圧電板には上部内部電極57e、下部内部電極57fが印刷され、これら第1の圧電板及び第2の圧電板が交互に積層された構造を有して構成されている。

20

#### 【0006】

また、超音波振動子60は、前記第1、第2の圧電板の積層の最初と最後、及び中央部には、絶縁体としての電極を施されていない圧電板52が挿入されて構成されている。なお、中央部の圧電板52には、縦振動と屈曲振動の略共通の節となる位置に穴55が設けられている。

#### 【0007】

前記内部電極57c、57dは該超音波振動子60の手前側側面にまで延びて形成され、また内部電極57e、57fは該超音波振動子60の奥側側面にまで延びて形成されている。これら圧電板51は、PZTのグリーンシートに電極を印刷した上で位置決めされ、積層された後、焼成される。

30

#### 【0008】

その後、図12に示すように、外部電極54は、超音波振動子60の内部電極が露出した位置（正極として手前側面4箇所、及び負極として該振動子奥側面4箇所）に設けられる。

#### 【0009】

そして、リード線により手前面左上の外部電極54と右下の外部電極54が結線されA相（正極）を構成し、手前面右上の外部電極54と左下の外部電極54が結線されB相（正極）を構成する。なお、図示はしていないが、該超音波振動子60の裏面の4箇所の外部電極54も同様に配線され、A相（負極）、B相（負極）を構成する。外部電極A相、B相にDC電圧を印加することで分極処理される。

40

#### 【0010】

また、該超音波振動子下面の屈曲振動の振幅が、略極大値をとる位置には駆動子58が接着されている。

#### 【0011】

上記構成の超音波振動子60において、前記A相とB相に位相が $\pi/2$ 異なる交番電圧を印加すると、上述した駆動子58の位置に大きな楕円振動を励起することができる。

#### 【0012】

このような超音波振動子60を用いて超音波モータを構成する場合、該超音波振動子60の中央部の小さい貫通穴55に、該超音波振動子60の位置を固定するためのピン59が挿入接着される。そして、超音波モータとして動作させるためには、図示はしないが該ピ

50

ン59に係合して超音波振動子60を図12の下方方向に押圧する押圧手段と、超音波振動子60の駆動子58に接触し該駆動子58に対し相対的に移動する被駆動体とを設けることにより、超音波モータとして構成することができる。なお、前記被駆動体は、リニアガイドにより保持されるようになっている。

【0013】

このような構成の超音波モータでは、実際、図12に示す超音波振動子60のA相とB相に位相が $\pi/2$ 異なる交番電圧を印加し、1次縦振動と2次屈曲振動とを励起させ、駆動子58の位置に楕円振動を発生させることで、図示しない被駆動体を左右に移動させることができる。

【0014】

【特許文献1】

特開平7-163162号公報

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した上記特開平7-163162号公報の提案における従来の超音波モータでは、該超音波モータに用いられる超音波振動子60の場合、図12に示すように、連結用リード線により手前面左上の外部電極54と右下の外部電極54とが結線されることでA相(正極)を構成し、手前面右上の外部電極54と左下の外部電極54が結線されB相(正極)を構成しており、同様に該超音波振動子60の裏面にも2本の連結用リード線による結線によってA相(負極)、B相(負極)を構成している。

【0016】

したがって、このように外部電極間の連結用に用いられる連結用リード線は一定の太さを有しているので、超音波振動子60はその連結用リード線の太さ分厚みが増し、また超音波振動子60から浮かせた状態で連結用リード線が配設されるため、結果として超音波振動子60の小型化を図る場合に不都合が生じていた。また、このような従来の超音波振動子60を用いて超音波モータを構成する場合にも、その分大きくなってしまい、超音波モータ自体の小型化を図るには困難であった。

【0017】

そこで、本発明は上記問題点に鑑みてなされたもので、超音波モータの小型化が可能な超音波振動子及びそれを用いた超音波モータを提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため請求項1に記載の超音波振動子は、圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した第1の外部電極群及び第2の外部電極群を有し、該第1の外部電極群及び/もしくは該第2の外部電極群に交番電圧を印加することにより第1の振動モード及び第2の振動モードを同時に発生することにより超音波楕円振動を発生する超音波振動子であって、前記第1の外部電極群の所定の外部電極と前記第2の外部電極群の所定の外部電極とを電気的に接続するための該超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜を有することを特徴とするものである。

【0019】

請求項1の発明によれば、上記構成の超音波振動子において、前記第1の外部電極群の所定の外部電極と前記第2の外部電極群の所定の外部電極とを電気的に接続するための該超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜を有しているので、従来のように外部電極群間をリード線にて接続する必要がないため、超音波振動子の小型化を図ることができる。さらにはそれを用いた超音波モータについても小型にすることが可能である。

請求項2に記載の超音波振動子は、請求項1に記載の超音波振動子において、前記第1の振動モードは縦振動であり、前記第2の振動モードは屈曲振動であることを特徴とするものである。

【0020】

10

20

30

40

50

請求項2の発明によれば、上記構成により、超音波振動子形状を角柱状とすることができ、それ故に超音波振動子の小型化が実現できる。

【0021】

請求項3に記載の超音波振動子は、圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した外部電極を有する超音波振動子であって、第1の方向である積層方向と直交する第2の方向に沿って2分割された内部電極を少なくとも有する第1積層部と、前記第2の方向に沿って2分割された内部電極を少なくとも有する第2積層部と、前記第1積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第1外部電極群と、前記第2積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第2外部電極群と、前記第1外部電極群の所定の外部電極と前記第2外部電極群の所定の外部電極とを電気的に接続するための前記超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜と、を具備し、前記第1外部電極群及び/もしくは前記第2外部電極群に交番電圧を印加することにより前記第1の方向の第1の振動モードである縦1次振動モードと該第1の方向及び前記第2の方向と直交する第3の方向の第2の振動モードである屈曲2次振動モードとを同時に励起することにより前記超音波振動子に超音波楕円振動を発生することを特徴とするものである。

10

【0022】

請求項3の発明によれば、縦振動の振動方向に積層された超音波振動子であり、第1のモードは縦1次振動モードで、第2のモードは屈曲2次振動モードであるので小型な超音波振動子が得られる。また、圧電縦効果を利用しているので電気エネルギーを有効に使える超音波振動子が得られる。

20

【0023】

請求項4に記載の超音波振動子は、圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した外部電極を有する超音波振動子であって、第1の方向である積層方向と直交する第2の方向に沿って2分割された内部電極を少なくとも有する第1積層部と、前記第2の方向に沿って2分割された内部電極を少なくとも有する第二積層部と、前記第1積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第1外部電極群と、前記第2積層部の所定の内部電極ごとにそれぞれ導通するごとく設けられた第2外部電極群と、前記第1外部電極群の所定の外部電極と前記第2外部電極群の所定の外部電極とを電気的に接続するための前記超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜と、を具備し、前記第1外部電極群もしくは前記第2外部電極群に交番電圧を印加することにより前記第1の方向及び前記第2の方向と直交する第3の方向の第1の振動モードである縦1次振動モードと該第1の方向の第2の振動モードである屈曲2次振動モードとを同時に励起することにより該超音波振動子に超音波楕円振動を発生することを特徴とするものである。

30

【0024】

請求項4の発明によれば、縦振動の振動方向に対し直交方向に積層された超音波振動子であり、第1のモードは縦1次振動モードで、第2のモードは屈曲二次振動モードであるので小型な超音波振動子が得られる。また、積層方向が縦振動と直交しているため、積層された圧電シート間の剥離現象がほとんど見られない超音波振動子が得られる。

40

【0025】

請求項5に記載の超音波振動子は、圧電素子と内部電極が交互に積層され該内部電極と導通した外部電極を有する超音波振動子であって、第1の方向である積層方向と直交する第2の方向及び第3の方向に沿って略4分割された内部電極群と、前記内部電極群とそれぞれ導通する外部電極群と、前記外部電極群の所定の外部電極群同士を電気的に接続するための前記超音波振動子表面に密着させるようにして形成された外部電極連結用導体膜と、を具備し、前記第1外部電極群もしくは前記第2外部電極群に交番電圧を印加することにより前記第2の方向の第1の振動モードである縦1次振動モードと前記第3の方向の第2の振動モードである屈曲2次振動モードとを同時に励起することにより該超音波振動子に超音波楕円振動を発生することを特徴とするものである。

50

## 【0026】

請求項5の発明によれば、縦振動の振動方向に対し直交方向に積層された超音波振動子であり、第1のモードは縦1次振動モードで、第2のモードは屈曲2次振動モードであるので小型な超音波振動子が得られる。また、積層方向が縦振動と直交しているため、積層された圧電シート間の剥離現象がほとんど見られない超音波振動子が得られる。さらに、内部電極パターンが2種類で済むので製造工程の簡略化及び製造コストの低減化に大きく寄与するとともに、積層枚数が少なくても所望の駆動力が得られる。

## 【0027】

請求項6に記載の超音波振動子は、請求項1乃至請求項5のいずれか1つに記載の超音波振動子において、前記第1の振動モードと前記第2の振動モードの共通の略節位置に支持用もしくは駆動力取り出し用の部材を挿入可能な穴が形成されていることを特徴とするものである。

10

## 【0028】

請求項6の発明によれば、第1の振動モードと第2の振動モードの共通の略節位置に穴が設けられているので、この部分にピンを挿入して、そのピンで超音波振動子を固定することが可能である。また、該超音波振動子を自走させる方式の超音波モータの場合にはこのピンから力を取り出すことが可能である。

## 【0029】

請求項7に記載の超音波振動子は、請求項1乃至請求項5のいずれか1つに記載の超音波振動子において、リード線もしくは電極が設けられたフレキシブル基板が前記外部電極連結用導体膜上にて電氣的に接合されていることを特徴とする。

20

## 【0030】

請求項7の発明によれば、リード線もしくは電極が設けられたフレキシブル基板が外部電極連結用導体膜上にて電氣的に接合されているので、比較的任意の位置でリード線を取り付けることができ、つまり、より広い位置からの電気接続端の取り出しが可能となり、設計自由度を広げることができる。

## 【0031】

請求項8に記載の超音波振動子は、請求項1乃至請求項5のいずれか1つに記載の超音波振動子において、前記圧電素子は、チタン酸ジルコン酸鉛系の圧電セラミクス素子で構成したことを特徴とするものである。

30

## 【0032】

請求項8の発明によれば、前記圧電素子はチタン酸ジルコン酸鉛系圧電セラミクス素子を用いて構成されているので、電気機械結合の大きな超音波振動子を得ることができる。

## 【0033】

請求項9に記載の超音波振動子は、請求項1乃至請求項5のいずれか1つに記載の超音波振動子において、前記内部電極は、Ag-Pd合金、もしくはAg、もしくはNi、もしくはPt、もしくはAuを用いて構成したことを特徴とする。

## 【0034】

請求項9の発明によれば、前記内部電極は、Ag-Pd合金、もしくはAg、もしくはNi、もしくはPt、もしくはAuを用いて構成したので、融点を高くすることができ、また十分低い内部電極抵抗とすることができる。

40

請求項10に記載の超音波振動子は、請求項1乃至請求項5のいずれか1つに記載の超音波振動子において、前記外部電極もしくは前記外部電極連結用導体膜は、Ag、もしくはAg-Pd合金、もしくはPtを用いて構成したことを特徴とする。

## 【0035】

請求項10の発明によれば、前記外部電極もしくは前記外部電極連結用導体膜は、Ag、もしくはAg-Pd合金、もしくはPtを用いて構成したので、融点を高くすることができ、また十分低い内部電極抵抗とすることができる。

請求項11に記載の超音波振動子は、請求項1乃至請求項5のいずれか1つに記載の超音波振動子において、超音波楕円振動が発生している部位に摩擦部材を接合したことを特徴

50

とするものである。

【0036】

請求項11の発明によれば、上記超音波振動子において、超音波楕円振動が発生している部位に摩擦部材を接合することにより、被駆動体とは任意の材料にて接触させることが可能となる。

【0037】

請求項12に記載の超音波モータは、請求項1乃至請求項11のいずれか1つに記載の超音波振動子と、前記超音波振動子に対し相対的に移動する被駆動体と、前記超音波振動子を前記被駆動体に押圧する押圧部材と、を少なくとも有して構成されたことを特徴とするものである。

10

【0038】

請求項12の発明によれば、上記発明の小型化が可能な超音波振動子を用いて超音波モータを構成できるので、小型の超音波モータを構成することができる。

請求項13に記載の超音波モータは、請求項12に記載の超音波モータにおいて、前記被駆動体は、直線動作を行うことを特徴とするものである。

【0039】

請求項13の発明によれば、被駆動体は直線動作を行わせることができる。

【0040】

請求項14に記載の超音波モータは、請求項12に記載の超音波モータにおいて、前記被駆動体は、回転動作を行うことを特徴とするものである。

20

【0041】

請求項14の発明によれば、前記被駆動体は回転動作を行わせることができる。

【0042】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

第1の実施の形態：

(構成)

図1乃至図6は本発明に係る超音波振動子及びそれを用いた超音波モータの第1の実施の形態を示し、図1は該超音波モータに搭載された超音波振動子の概略の外観構成を説明するもので、図1(A)は該超音波振動子の上面図、図1(B)は該超音波振動子の正面図、図1(C)は該超音波振動子の左側面図、図1(D)は該超音波振動子の裏面図、図1(E)は該超音波振動子の右側面図、図1(F)は該超音波振動子の下面図である。また、図2は図1に示す超音波振動子の基本的な部分を詳しく示した要部分解斜視図、図3は本実施の形態の超音波振動子の動作状態を示す斜視図であり、図3(A)は共振縦振動状態を示し、図3(B)は共振屈曲振動状態をそれぞれ示している。また、図4は本実施の形態の超音波振動子の詳細な構成及び基本作用を説明するための説明図であり、図4(A)は大きな振幅を有する超音波楕円振動の発生時を示す図、図4(B)は底面の両端部に2つの摩擦部材を設けた超音波振動子の正面図、図4(C)は底面及び上面の両端部にそれぞれ2つの摩擦部材を設けた超音波振動子の正面図、図4(D)は側面の中央部に1つの摩擦部材を設けた超音波振動子の正面図をそれぞれ示している。また、図5は本実施の形態の超音波振動子の駆動子近傍に生じる励起作用を説明するための説明図であり、図5(A)はA相に印加する交番電圧がB相よりも  $\pi/2$  位相が遅れている時を示し、図5(B)は逆にA相に印加する交番電圧がB相よりも  $\pi/2$  位相が進んでいる時をそれぞれ示している。さらに、図6は上記超音波振動子を用いた超音波モータの基本構造を説明するためのもので、図6(A)は該超音波モータの正面図、図6(B)は該超音波モータの側面図である。

30

40

【0043】

本実施の形態の超音波モータに搭載された超音波振動子の構成について図1及び図2を参照しながら詳細に説明する。

【0044】

50



本実施の形態の超音波振動子 1 は、図 1 に示すように、積層型の超音波振動子であり、その断面が略長方形となる角柱形状に構成された積層体 1 A で主に構成されている。

【0045】

この積層体 1 A は、図 1 ( B ) , 図 1 ( D ) に示すように、略左半分の積層体である第 1 積層部 2 と、略右半分の積層体である第 2 積層部 3 と、これら第 1 , 第 2 積層部 2 , 3 の表裏の各所定位置に設けられた外部電極 4 と、本実施の形態の特徴となる外部電極連結用導体膜 6 とで構成されている。

【0046】

なお、本実施の形態では、積層体 1 A は、実際には、例えば幅は 10 mm , 高さ 2 . 4 mm , 奥行き 2 mm の寸法で構成されている。

10

【0047】

前記超音波振動子 1 の内部電極構造について図 2 を参照しながら詳細に説明すると、超音波振動子 1 の積層体 1 A は、図 2 に示すように、絶縁体として電極が施されてなく圧電的に不活性な 3 枚の絶縁用圧電シート 12 A ~ 12 C と、これら 3 枚の絶縁用圧電シート 12 A ~ 12 C との間に挟持されるように積層され、内部電極処理が施された薄い矩形状で複数設けられた圧電シート 7 A , 7 B , 7 C , 7 D とで、上述の第 1 積層部 2 , 第 2 積層部 3 を構成する構造となっている。

【0048】

具体的には、前記第 1 積層部 2 は、最左端に配される絶縁用圧電シート 12 A と中央に配される絶縁用圧電シート 12 B との間に挟持されるように 2 種の圧電シート 7 A , 7 B を交互に積層することで構成され、前記第 2 積層部 3 は、中央に配される前記絶縁用圧電シート 12 B と最右端に配される絶縁用圧電シート 12 C との間に挟持されるように 2 種の圧電シート 7 C , 7 D を交互に積層することで構成されている。なお、これら絶縁用圧電シートが必ずしも必要ではないが、その場合でも望ましくは右端の絶縁用圧電シートは設けた方が良い。つまり、超音波振動子 1 の右端にて内部電極が端部に露出してしまうのを防止するためである。

20

【0049】

第 1 積層部 2 は、第 1 内部電極 ( 8 A , 8 B ) が形成された圧電シート 7 A と第 2 内部電極 ( 9 A , 9 B ) が形成された圧電シート 7 B が交互に積層された構造になっている。

【0050】

また、第 2 積層部 3 は、第 3 内部電極 ( 10 A , 10 B ) が形成された圧電シート 7 C と第 4 内部電極 ( 11 A , 11 B ) が形成された第 2 の圧電シート 7 D が交互に積層された構造になっている。

30

【0051】

前記第 1 積層部 2 において、前記圧電シート 7 A は、第 1 内部電極が圧電シート部 12 a の面上に略 2 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 1 内部電極 8 A , 8 B のそれぞれの端部に外部電極 ( 外部電極 A 相 ( A + ) 用及び外部電極 B 相 ( B 1 + ) 用 ) に接続する部分が設けられて形成されている。

【0052】

また、前記圧電シート 7 B は、第 2 内部電極が圧電シート部 12 a の面上に略 2 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 2 内部電極 9 A , 9 B のそれぞれの端部に外部電極 ( 外部電極 A 相 ( A - ) 用及び外部電極 B 相 ( B 1 - ) 用 ) に接続する部分が設けられて形成されている。

40

【0053】

一方、前記第 2 の積層部 3 において、前記圧電シート 7 C は、第 3 内部電極が圧電シート部 12 a の面上に略 2 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 3 内部電極 10 A , 10 B のそれぞれの端部に外部電極 ( 外部電極 B 相 ( B + ) 用及び外部電極 A 相 ( A 1 + ) 用 ) に接続する部分が設けられて形成されている。

【0054】

また、前記圧電シート 7 D は、第 4 内部電極が圧電シート部 12 a の面上に略 2 分割され

50

るように設けて形成されるとともに、形成された第4内部電極11A, 11Bのそれぞれの端部に外部電極(外部電極B相(B-)用及び外部電極A相(A1-)用)に接続する部分が設けられて形成されている。

【0055】

本実施の形態では、前記圧電シート7A~7Dの寸法は、例えば高さ2.4mm、奥行き2mm、厚さ80 $\mu$ mとなるように構成している。また、絶縁用圧電シート12A, 12Cの寸法は、同様に高さ2.4mm、奥行き2mm、厚さ80 $\mu$ mとなるように構成している。ただし、中央の絶縁シート12Bの厚みは、500 $\mu$ mである。

【0056】

圧電体シート12A~12C, 12aの材質としては、本実施の形態ではチタン酸ジルコン酸鉛系圧電セラミクス素子(以降、PZTと称する)を用いた。なお、本実施の形態では、PZTを用いたが圧電性を示す部材であるならば圧電シート12aの材料として利用することが可能である。また、使用したPZT材は、Qm値の大きいハード系材料を選択し、例えばこの場合のQm値は約2000である。

【0057】

また、前記圧電シート7A, 7Cにおいて、前記第1内部電極8A, 8B及び第3内部電極10A, 10Bは、図2に示すように、実際にはY方向に沿って0.4mm程度の絶縁距離を設けてそれぞれ2分割されている。また、第1内部電極8A, 8B及び第3内部電極10A, 10Bは、圧電シート12a面の周辺部に0.4mm程度の絶縁距離を設けて構成されている。ただし、上述したように外部電極4と接する方向(手前方向)に関しては、超音波振動子1の端部にまで延長して配設されている。

【0058】

前記圧電シート7B, 7Dにおいて、前記第2内部電極9A, 9B及び第4内部電極11A, 11Bも同様にY方向に沿って0.4mm程度の絶縁距離を設けてそれぞれ2分割されている。また、同様に第2内部電極9A, 9B及び第4内部電極11A, 11Bは、圧電シート12a面の周辺部に0.4mm程度の絶縁距離を設けて構成されている。ただし、外部電極4と接する方向(奥方向)に関しては超音波振動子1の端部にまで延長して配設されている。

【0059】

なお、本実施の形態では、内部電極材料としては銀パラジウム合金を用いて形成した。これ以外にもAg, もしくはNi, もしくはPt, もしくはAuを用いることも可能である。また、内部電極の厚みは4 $\mu$ m程度として形成した。

【0060】

そして、図2に示すように、積層体1Aの内部電極8A~11Bが露出した領域、すなわち正面の4箇所、裏面4箇所には、外部電極4が配設されるようになっている。

【0061】

次に、上記超音波振動子1の外観構成について、図1を参照しながら詳細に説明する。

【0062】

本実施の形態の超音波振動子1は、図1(B)に示すように、正面には内部電極8A, 8B, 10A, 10Bが露出した位置に外部電極4が4箇所設けられている。

【0063】

そして、本実施の形態では、上記目的を達成するために、従来用いられていたリード線に代えて、上述した外部電極連結用導電膜6を用いて外部電極間の連結を行うようにしている。

【0064】

具体的には、図1(B)に示すように、外部電極A+と外部電極A1+とは、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている。また、外部電極B+は、その一部に外部電極連結用導電膜6が接続され、超音波振動子1上端部まで延長されており、該超音波振動子1上面には、図1(A)に示すようにその延長された外部電極連結用導電膜6と接続し上面左端部まで延長されている外部電極連結用導電膜6があり、さらにその外部電極連結

用導電膜 6 に接続して超音波振動子 1 の左側面には、図 1 ( C ) に示すように下方に向かって外部電極連結用導体膜 6 が設けられており、最終的に外部電極 B 1 + と接続するように構成している。

【 0 0 6 5 】

一方、超音波振動子 1 の正面の外部電極 4 を正極とすると、該超音波振動子 1 の裏面には、図 1 ( D ) に示すようにこれら正極の外部電極 4 に対応する負極の外部電極 4 が設けられている。これら負極の外部電極 4 についても対角に存在する外部電極同士は、図 1 ( D ) に示すように外部電極連結用導体膜 6 により電氣的に接続される。

【 0 0 6 6 】

つまり、外部電極 A - と外部電極 A 1 - とは、外部電極連結用導体膜 6 により電氣的に導通されている。また、外部電極 B 1 - は、その一部に外部電極連結用導体膜 6 が接続され、超音波振動子 1 下端部まで延長されており、該超音波振動子 1 下には、図 1 ( F ) に示すようにその延長された外部電極連結用導電膜 6 と接続し下面左端部まで延長されている外部電極連結用導体膜 6 があり、さらにその外部電極連結用導電膜 6 に接続して超音波振動子 1 の右側面には、図 1 ( E ) に示すように上方に向かって外部電極連結用導体膜 6 が設けられており、最終的に外部電極 B - と接続するように構成している

なお、本実施の形態では、外部電極 4 及び外部電極連結用導電膜 6 としては、A g を用いたが、A g - P d 合金、もしくは A g - P t 合金、もしくは P t を用いて構成しても良い。

【 0 0 6 7 】

また、実際には、前記外部電極 4 及び外部電極連結用導体膜 6 の厚みは 1 0 ~ 3 0  $\mu$  m となるように構成した。

【 0 0 6 8 】

なお、A 相 ( + )、A 相 ( - )、B 相 ( + )、B 相 ( - ) に対して、図示はしないが、外部電極 4 上もしくは外部電極連結用導体膜上 6 にてリード線が半田付けされるか、もしくは電極が設けられたフレキシブル基板が電氣的に接合されるようになっており、該超音波振動子 1 を駆動するための交番電圧が供給されることになる。また、後述するが前記超音波振動子 1 の略中央部、すなわち縦振動と屈曲振動の共通の節位置には、固定用のピンを装着するための穴 5 が設けられている。

【 0 0 6 9 】

次に、本実施の形態の超音波振動子 1 の製造方法について説明する。

【 0 0 7 0 】

まず、P Z T の仮焼結粉末とバインダーとを混合して泥しょうを作成し、ドクターブレード法を用いてフィルム上にキャストリングして 2 種の圧電シート ( グリーンシートとも称す : 絶縁用圧電シート 1 2 A ~ 1 2 C 及び圧電シート 7 A ~ 7 用の圧電シート部 1 2 a ) を作製する。

【 0 0 7 1 】

そして、圧電シートを乾燥した後、フィルムから剥離する。

【 0 0 7 2 】

次、圧電シート 1 2 a に第 1 内部電極 ( 8 A , 8 B ) のパターンを有するマスクを用いて内部電極材料を印刷することにより、圧電シート 7 A を形成する。また圧電シート 7 C についても上記同様の処理を行うことで第 3 内部電極 ( 1 0 A , 1 0 B ) が印刷された圧電シート 7 C となる。

【 0 0 7 3 】

また、別の圧電シート 1 2 a には第 2 内部電極 ( 9 A , 9 B ) のパターンを有するマスクを用いて内部電極材料を印刷することにより、圧電シート 7 B を形成する。また、圧電シート 7 D についても上記同様の処理を行うことで第 4 内部電極 ( 1 1 A , 1 1 B ) が印刷された圧電シート 7 D となる。

【 0 0 7 4 】

すなわち、本実施の形態では、2 種の内部電極パターンが施された圧電シートを形成する

10

20

30

40

50

ことになる（圧電シート 7 A , 7 C と、圧電シート 7 B , 7 D との 2 種類）。

【 0 0 7 5 】

そして、絶縁用圧電シート 1 2 A ~ 1 2 C を用意し、図 2 で説明したような積層形態にて、これらの絶縁用圧電シート 1 2 A ~ 1 2 C の間に前記 2 種の圧電シート（圧電シート 7 A , 7 C と、圧電シート 7 B , 7 D ）を位置決めを正確に行い交互に積層する。

【 0 0 7 6 】

これらの積層された圧電シート（積層体 1 A ）は熱圧着後、1 2 0 0 程度の温度で焼成される。その後、所定の形状（例えば図 1 に示す形状）に裁断される。

【 0 0 7 7 】

そして、内部電極 8 A ~ 1 1 B ) の露出部分には、外部電極 4 として銀を焼き付けて形成する。 10

【 0 0 7 8 】

さらに、本実施の形態では、図 1 にて説明した導通形態にて外部電極連結用導体膜 6 も同様の方法で形成する。

【 0 0 7 9 】

最後に、外部電極 4 ( 8 A ~ 1 1 B ) の A 相、B 相に直流高電圧を印加して分極を行う。

【 0 0 8 0 】

こうして、本実施の形態の超音波振動子 1 と成す。

【 0 0 8 1 】

（作用）

次に、上記構成の超音波振動子 1 の動作について図 1 乃至図 5 を参照しながら詳細に説明する。 20

【 0 0 8 2 】

なお、予め、図示はしないが各外部電極 4 の各リード電気端子にリード線（またはフレキシブル基板）を半田にて結線し、さらに、図示はしないが該超音波振動子 1 の駆動電源手段としての駆動電源を用意し、この駆動電源に前記各リード線（又はフレキシブル基板）を電氣的に接続したものと説明する。

【 0 0 8 3 】

いま、図 1 の超音波振動子 1 の上記 A 相、B 相に、同位相で周波数 1 6 0 K H z 近傍の交番電圧を印加したものとす。すると、超音波振動子 1 は、1 次の縦振動が励起された。 30  
また、上記 A 相、B 相に逆位相で周波数 1 6 0 K H z 近傍の交番電圧を印加すると、超音波振動子 1 は 2 次の屈曲振動が励起された。

【 0 0 8 4 】

これらの振動を有限要素法を用いてコンピュータ解析した結果、図 3 ( A ) に示すような共振縦振動姿勢、及び図 3 ( B ) に示すような共振屈曲振動姿勢が予想され、且つ振動測定の結果、それが実証された。

【 0 0 8 5 】

なお、共振周波数についてより詳細には、屈曲 2 次振動の共振周波数を縦 1 次振動の共振周波数より数 % 程度（望ましくは 3 % 程度）低くなるように設計してある。このようにすることで、後述する超音波モータとしての出力特性が大幅に向上することになる。 40

【 0 0 8 6 】

次に、図 1 の超音波振動子 1 の上記 A 相、B 相に、位相が  $\pi / 2$  異なる 1 6 0 K H z の交番電圧を印加したものとす。すると、図 4 ( A ) に示す超音波振動子 1 の矢印で示す位置で大きな振幅を有する超音波楕円振動を観察することができた。なお、本実施の形態では、圧電素子の圧電縦効果を利用して縦振動、屈曲振動を励起している。

【 0 0 8 7 】

ところで、超音波モータとして超音波振動子を利用する場合、上記超音波楕円振動の発生している部位に摩擦部材 1 3 を接合して構成することになる。

【 0 0 8 8 】

図 4 ( B ) には、超音波振動子 1 ( 積層体 1 A ) 底面の両端部からほぼ 3 m m の位置に 2 50

個の摩擦部材 13 が接着されている構成例が示されている。

【0089】

前記摩擦部材 13 の材質は、樹脂中にアルミナ粉を分散させて構成されている。また、該摩擦部材 13 の形状は、本実施の形態では、例えば図 4 において、幅 1 mm、高さ 0.5 mm、奥行き 1.8 mm となる寸法で形成した。

【0090】

さらに、本実施の形態では、超音波振動子 1 を押圧保持するために縦振動と屈曲振動の共通の節部にあたる超音波振動子中央部に穴 5 を設けてあり、この穴 5 に固定用のピン 5 A (図 6 参照) を挿入して、それを保持し、押圧するように構成すれば良い。

【0091】

また、他の摩擦部材の構成例としては、図 4 (C) に示すように、超音波振動子 1 (積層体 1 A) 底面の両端部から略 3 mm の位置に 2 個の摩擦部材 13 が接着され、該超音波振動子 1 (積層体 1 A) の上面の両端部に 2 個の摩擦部材 13 が接着されている構成例がある。

【0092】

この場合は、図 5 (A)、図 5 (B) に示すように、積層体 1 A 上面の一对の摩擦部材 13 と、積層体 1 A 下面の一对の摩擦部材 13 とは、互いに逆回転の楕円振動を行っているので、上述したガイドを摩擦部材 13 の両側に設け、該超音波振動子 1 自体が移動する自走式モータが構成できる。また、その超音波振動子 1 から駆動力を取り出すためのピンを挿入するための穴 5 が、前記図 4 (B) に示した構成例と略同様な位置に設けられている。

【0093】

さらに、図 4 (D) には、超音波振動子 1 の側面の中央部に摩擦部材 13 が接着されている構成例が示されている。この場合、前記図 4 (B)、図 4 (C) に示す構成例と略同様に超音波振動子 1 を押圧保持するために縦振動と屈曲振動の共通の節部にあたる振動子中央部に穴 5 を設け、この穴 5 にピンを挿入して、それを保持し、押圧するように構成すれば良い。

【0094】

なお、本実施の形態では、図 4 (B) ~ 図 4 (D) にて説明したような摩擦部材 13 の配置に限定されるものではなく、該超音波振動子 1 の駆動力が最も得られる位置であれば適宜変更可能であり、また摩擦部材の個数についても限定されることはなく上記同様適宜増設しても良い。

【0095】

次に、上記超音波振動子 1 を用いた自走式の超音波モータ 20 の構成について図 6 を参照しながら詳細に説明する。

本実施の形態の超音波リニアモータ 20 は、図 6 (A)、図 6 (B) に示すように上記構成の超音波振動子 1 と、この超音波振動子を保持する一对のガイド 21 と、前記一对のガイド 21 の両側面に配され、収容された超音波振動子 1 とガイド 21 とをある所定の圧力で押圧するために前記ガイド 21 を付勢する板ばね 23 とで主に構成される。

【0096】

ガイド 21 は押圧部材 (本実施の形態では板バネ 23) からの力を超音波振動子 1 に伝えるとともに、ガイドと振動子の当接面と垂直方向への、振動子のガイドに対する運動を規制する。なお、ここでは、水平方向の規制もガイドと一体の部材で行った形態を示すが、別体の部材で行ってもよい。

【0097】

また、本実施の形態では、振動子の進行方向が直線になるように規制している一例を示すが、垂直方向または水平方向またはその両方に緩やかな曲線状のガイドとすればその曲線に沿って駆動することが可能である。

【0098】

つまり、本実施の形態の超音波リニアモータ 20 は、図 6 (A) に示すように、上記超音

10

20

30

40

50

波振動子 1 の対向する面に設けられた駆動子 1 3 に接するように 2 個のガイド 2 1 により挟み込まれる様にした構造で、自走式の超音波モータ 2 0 として構成されている。

【 0 0 9 9 】

超音波駆動子 1 を挟持するガイド 2 1 は、図 6 ( B ) に示すように、コの字形状をしたガイド筐体 2 1 A と、このガイド筐体 2 1 A 内部の上下内面に接着された摺動板 2 5 とにより主に構成されている。

【 0 1 0 0 】

ガイド筐体 2 1 A はアルミニウムを用いて形成されたもので、摺動板 2 5 はジルコニアセラミクスを用いて形成されたものである。

【 0 1 0 1 】

さらに、本実施の形態では、超音波振動子 1 と摺動板 2 5 間に所定の押圧力を与えるために、板バネ 2 3 が設けられており、この板バネ 2 3 によって 2 個のガイド 2 1 間を互いに引き寄せる方向に付勢されている。つまり、板バネ 2 1 は、図 6 ( A ) に示すように、上下方向にはバネ特性を有するものの、左右方向については上下 2 個のガイド 2 1 を固定する固定部材としての機能を備えている。なお、押圧部材としては、板バネ以外にもコイルバネ、マグネット等、第 1 と第 2 のガイドの距離を縮める方向の力を与えるものであればよい。また、振動子の位置によって押圧ができない、または極端に弱くならないために、押圧部材はできるだけ両端に近いところに設置するのが望ましい。

【 0 1 0 2 】

板バネ 2 3 は、図 6 ( A ) に示すように、超音波モータ 2 0 の表面両側端部に 2 個、裏面両側端部に 2 個配置されるとともに、ガイド 2 1 に対しそれぞれビス 2 4 にて螺合することにより、固定されている。

【 0 1 0 3 】

また、下部のガイド 2 1 には、複数の取付け固定用の穴 2 2 が設けられており、図示しない基台に該穴 2 2 を利用してビス等により固定されるようになっている。一方、上部のガイド 2 1 は、基台 ( 図示せず ) には固定されずに、板バネ 2 3 により保持されているのみである。

【 0 1 0 4 】

さらに、超音波振動子 1 の中央部、すなわち 1 次縦振動と 2 次屈曲振動の共通の節部 ( それぞれの振動モードにおいて静止している点の近傍 ) の穴 5 には、出力取り出し用のピン 5 A が接着されている。他の振動モードまたは振動モードの合成を利用している場合でも、そのモード ( 共通の ) 節部または振動が極小になる部分にピンを配置すれば、振動を阻害することなく駆動力の伝達が可能である。このピン 5 A は超音波モータをある電子機器、装置等に搭載した場合に該超音波振動子 1 の駆動力を外部 ( 電子機器内の駆動機構、装置内の被駆動物 ) へと伝達するための駆動伝達手段である。

もちろん、被駆動物側の係合部材により超音波振動子 1 と被駆動物が係合されている場合には、ピン 5 A は必要ない。

【 0 1 0 5 】

上記構成の超音波モータ 2 0 において、いま、図 6 ( A ) に示す超音波振動子 1 の A 相、B 相に、位相が  $\pi/2$  異なる 1 6 0 K H z の交番電圧を印加し、該超音波振動子 1 の摩擦部材 1 3 の位置に楕円振動を発生させたところ、該超音波振動子 1 自身が左右方向に移動し駆動することが確認できた。

【 0 1 0 6 】

( 効果 )

したがって、本実施の形態によれば、上述したように前記超音波振動子 1 は外部電極間を結ぶリード線の代わりに外部電極連結用導体膜 6 を用いたので、リード線による飛び出し部がなくなり、超音波振動子 1 としての小型化が可能になる。さらに、前記超音波振動子 1 を用いて超音波モータ 2 0 を構成した場合にも同様にリード線による飛び出し部がなくなり、超音波モータを非常に薄型化にすることができる。また、本実施の形態では、圧電縦効果を利用しているので電気機械結合が大きな超音波振動子 1 が得られるという効果あ

10

20

30

40

50

る。

【0107】

なお、本実施の形態において、上述した圧電シート7A～7Dの内部電極構成については、負極側に関しては2分割しないで全面電極としても構わない。その場合、負極側は共通の負極となる。

【0108】

また、本実施の形態では、超音波振動子1自体が自走するタイプの超音波モータの構成例について説明したが、これに限定されることはなく、例えば前記超音波振動子1を固定して被駆動体を直線動作させることも可能である。また、該超音波振動子1の超音波楕円振動が発生している部位に、例えば被駆動体として回転体を押圧させることで被駆動体を回転動作させることができる駆動タイプの構成も可能である。

10

【0109】

また、本実施の形態では、圧電素子としてQm値の大きい(2000)ハード系材料を選択したが、Qm値が60程度のソフト系圧電素子を用いて構成しても良い。

【0110】

第2の実施の形態：

(構成)

図7及び図8は本発明に係る超音波振動子及びそれを用いた超音波モータの第2の実施の形態を示し、図7は該超音波モータに搭載された超音波振動子の内部電極構造を詳しく示した要部分解斜視図、図8は該超音波モータに搭載された超音波振動子の概略の外観構成を説明するもので、図8(A)は該超音波振動子の正面図、図8(B)は該超音波振動子の上面図、図8(C)は該超音波振動子の裏面図、図8(D)は該超音波振動子の下面図である。なお、図7及び図8は前記第1の実施の形態の構成要素と同様な構成要素については同一の符号を付して説明を省略し、異なる部分のみを説明する。

20

【0111】

本実施の形態の超音波振動子1では、圧電シート及び絶縁用圧電シートの積層方向を縦振動方向とは直交する方向(Z方向：垂直方向)にして積層体1Bを構成するとともに、該積層体1Bの表裏面の外部電極間を外部電極連結用導電膜6にて連結したことが前記第1の実施の形態の超音波装置1とは異なる点である。

【0112】

本実施の形態の超音波振動子1は、図8に示すように、積層型の超音波振動子であり、その断面が略長方形となる角柱形状に構成された積層体1Bで主に構成されている。

30

【0113】

この積層体1Bは、図7に示すように、略上半分の積層体である第1積層部2と、略下半分の積層体である第2積層部3と、これら第1、第2積層部2、3の表裏の各所定位置に設けられた外部電極4と、外部電極連結用導電膜6とで構成されている。

【0114】

なお、本実施の形態では、積層体1Bは、実際には、例えば幅は10mm、高さ2.4mm、奥行き4mmの寸法で構成されている。

【0115】

前記超音波振動子の内部電極構造について図7を参照しながら詳細に説明すると、超音波振動子1の積層体1Bは、図7に示すように、絶縁体として電極が施されてなく圧電的に不活性な3枚の絶縁用圧電シート35A～35Cと、これら3枚の絶縁用圧電シート35A～35Cとの間に挟持されるように積層され、内部電極処理が施された薄い矩形状で複数設けられた圧電シート30A、30B、30C、30Dとで、上述の第1積層部2、第2積層部3を構成する構造となっている。

40

【0116】

具体的には、前記第1積層部2は、最上端に配される絶縁用圧電シート35Aと中央に配される絶縁用圧電シート35Bとの間に挟持されるように2種の圧電シート30A、30Bを交互に積層することで構成され、前記第2積層部3は、中央に配される前記絶縁用圧

50

電シート 35B と最下端に配される絶縁用圧電シート 35C との間に挟持されるように 2 種の圧電シート 30C, 30D を交互に積層することで構成されている。

【0117】

第 1 積層部 2 は、第 1 内部電極 (31A, 31B) が形成された圧電シート 30A と第 2 内部電極 (32A, 32B) が形成された圧電シート 30B が交互に積層された構造になっている。

【0118】

また、第 2 積層部 3 は、第 3 内部電極 (33A, 33B) が形成された圧電シート 30C と第 4 内部電極 (34A, 34B) が形成された圧電シート 30D が交互に積層された構造になっている。

10

【0119】

前記第 1 積層部 2 において、前記圧電シート 30A は、第 1 内部電極が圧電シート部 35a の面上に略 2 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 1 内部電極 31A, 31B のそれぞれの端部に外部電極 (外部電極 A 相 (A+) 用及び外部電極 B 相 (B+) 用) に接続する部分が設けられて形成されている。

【0120】

また、前記圧電シート 30B は、第 2 内部電極が圧電シート部 35a の面上に略 2 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 2 内部電極 32A, 32B のそれぞれの端部に外部電極 (外部電極 A 相 (A-) 用及び外部電極 B 相 (B-) 用) に接続する部分が設けられて形成されている。

20

【0121】

一方、前記第 2 の積層部 3 において、前記圧電シート 30C は、第 3 内部電極が圧電シート部 35a の面上に略 2 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 3 内部電極 33A, 33B のそれぞれの端部に外部電極 (外部電極 B 相 (B1+) 用及び外部電極 A 相 (A1+) 用) に接続する部分が設けられて形成されている。

【0122】

また、前記圧電シート 30D は、第 4 内部電極が圧電シート部 35a の面上に略 2 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 4 内部電極 34A, 34B のそれぞれの端部に外部電極 (外部電極 B 相 (B1-) 用及び外部電極 A 相 (A1-) 用) に接続する部分が設けられて形成されている。

30

【0123】

本実施の形態では、前記圧電シート 30A ~ 30D の寸法は、例えば幅 10mm, 奥行き 4mm、厚さ 50 $\mu$ m となるように構成している。また、絶縁用圧電シート 35A, 35C の寸法は、同様に幅 10mm, 奥行き 4mm、厚さ 200 $\mu$ m となるように構成している。

【0124】

本実施の形態では、前記圧電シート 30A において、前記第 1 内部電極 31A, 31B は、図 7 に示すように、実際には Y 方向に沿って 0.4mm 程度の絶縁距離を設けてそれぞれ二分割されている。ただし、上述したように外部電極 4 と接する方向 (手前方向) に関しては、超音波振動子 1 の端部にまで延長して配設されている。

40

【0125】

前記圧電シート 30B において、前記第 2 内部電極 32A, 32B も同様に、Y 方向に沿って 0.4mm 程度の絶縁距離を設けてそれぞれ二分割されている。ただし、上述したように外部電極 4 と接する方向 (手前方向) に関しては、超音波振動子 1 の端部にまで延長して配設されている。

【0126】

前記圧電シート 30C において、前記第 3 内部電極 33A, 33B は、図 7 に示すように、Y 方向に沿って 0.4mm 程度の絶縁距離を設けてそれぞれ二分割されている。ただし、上述したように外部電極 4 と接する方向 (奥行き方向) に関しては、超音波振動子 1 の端部にまで延長して配設されている。

50



## 【0127】

また、前記圧電シート30Dにおいて、前記第4内部電極34A、34Bも同様に、Y方向に沿って0.4mm程度の絶縁距離を設けてそれぞれ二分割されている。ただし、上述したように外部電極4と接する方向（奥行き方向）に関しては、超音波振動子1の端部にまで延長して配設されている。

## 【0128】

次に、上記超音波振動子1の外観構成について、図8を参照しながら詳細に説明する。

## 【0129】

本実施の形態の超音波振動子1は、図8(A)に示すように、正面には内部電極31A、31B、32A、32Bが露出した位置に外部電極4が4箇所設けられている。また、裏面にも、図8(C)に示すように、内部電極33A、33B、34A、34Bが露出した位置に外部電極4箇所設けられている。

10

## 【0130】

ここで、本実施の形態についても前記第1の実施の形態と同様に、外部電極連結用導電膜6を用いて外部電極間の連結を行うようにしている。

## 【0131】

つまり、外部電極A+と外部電極A1+は、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図8(A)、図8(B)、図8(C)参照）。この場合、図8(B)に示すように、この外部電極連結用導電膜6は、超音波振動子1の上面を経由して互いの外部電極と電氣的に接続される。

20

## 【0132】

外部電極A-と外部電極A1-は、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図8(A)、図8(B)、図8(C)参照）。

## 【0133】

外部電極B-と外部電極B1-は、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図8(A)、図8(C)、図8(D)参照）。

## 【0134】

外部電極B+と外部電極B1+は、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図8(A)、図8(C)、図8(D)参照）。

## 【0135】

このような電氣的接続形態となるように、外部電極導電膜6が配設され、実際の接続形態については、図8中に示す通りである。

30

## 【0136】

本実施例の積層振動子の製造方法、動作については、前記第1の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

## 【0137】

また、超音波モータとして前記超音波振動子1を利用する場合、摩擦部材13の取り付け位置等についても同様であり、また、該超音波振動子1を用いた超音波モータの構成についても同様であるので説明を省略する。

## 【0138】

(効果)

したがって、本実施の形態によれば、前記第1の実施の形態と同様の効果がえられる他に、積層方向が縦振動方向とは直交する方向であるので、超音波振動子の積層間の剥離現象が生じにくいといった効果がある。

40

## 【0139】

なお、本実施の形態において、内部電極構成に関し、負極に関しては二分割しないで全面電極としても良い。その場合には負極側は共通の負極となる。

## 【0140】

第3の実施の形態：

(構成)

50

図 9 及び図 10 は本発明に係る超音波振動子及びそれを用いた超音波モータの第 3 の実施の形態を示し、図 9 は該超音波モータに搭載された超音波振動子の内部電極構造を詳しく示した要部分解斜視図、図 10 は該超音波モータに搭載された超音波振動子の概略の外観構成を説明するもので、図 10 (A) は該超音波振動子の正面図、図 10 (B) は該超音波振動子の裏面図、図 10 (C) は該超音波振動子の左側面図、図 10 (D) は該超音波振動子の右側面図である。なお、図 9 及び図 10 は前記第 1, 2 の実施の形態の構成要素と同様な構成要素については同一の符号を付して説明を省略し、異なる部分のみを説明する。

#### 【0141】

本実施の形態の超音波振動子 1 では、圧電シート及び絶縁用圧電シートの積層方向を縦振動方向とは直交する方向 (Y 方向：奥行き方向) にして積層体 1 C を構成するとともに、該積層体 1 C の両側側面の外部電極間を外部電極連結用導電膜 6 にて連結したことが前記第 1 の実施の形態の超音波装置 1 とは異なる点である。 10

#### 【0142】

本実施の形態の超音波振動子 1 は、図 10 に示すように、積層型の超音波振動子であり、その断面が略長方形となる角柱形状に構成された積層体 1 C で主に構成されており、該積層体 1 c は、該両側側面の各所定位置に設けられた外部電極 4 (4 1 A, 4 1 B, 4 1 C, 4 1 D, 4 2 A, 4 2 B, 4 2 C, 4 2 D) と、外部電極連結用導電膜 6 とを有して構成されている。 20

#### 【0143】

前記超音波振動子の内部電極構造について図 9 を参照しながら詳細に説明すると、超音波振動子 1 の積層体 1 C は、図 9 に示すように、絶縁体として電極が施されてなく圧電的に不活性な 2 枚の絶縁用圧電シート 4 3 A, 4 3 B と、これら 2 枚の絶縁用圧電シート 4 3 A, 4 3 B との間に交互に挟持されるように積層され、内部電極処理が施された薄い矩形形状で複数設けられた圧電シート 4 0 A, 4 0 B とで構成する構造となっている。 20

#### 【0144】

なお、本実施の形態では、積層体 1 C は、実際には、例えば幅は 10 mm, 高さ 2.4 mm, 奥行き 2 mm の寸法で構成されている。

#### 【0145】

具体的には、前記積層体 1 C は、最後端に配される絶縁用圧電シート 4 3 A と最前端に配される絶縁用圧電シート 4 3 B との間に挟持されるように 2 種の圧電シート 4 0 A, 4 0 B を交互に積層することで構成されている。 30

#### 【0146】

前記圧電シート 4 0 A は、第 1 内部電極が圧電シート部 4 2 a の面上に略 4 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 1 内部電極 4 1 A, 4 1 B, 4 1 C, 4 1 D のそれぞれの端部に外部電極 (外部電極 A 相 (A -, A 1 -) 用及び外部電極 B 相 (B -, B 1 -) 用) に接続する部分が設けられて形成されている。

#### 【0147】

また、前記圧電シート 4 0 B は、第 2 内部電極が圧電シート部 4 2 a の面上に略 4 分割されるように設けて形成されるとともに、形成された第 2 内部電極 4 2 A, 4 2 B, 4 2 C, 4 2 D のそれぞれの端部に外部電極 (外部電極 A 相 (A +, A 1 +) 用及び外部電極 B 相 (B +, B 1 +) 用) に接続する部分が設けられて形成されている。 40

#### 【0148】

本実施の形態では、前記圧電シート 4 0 A, 4 0 B の寸法は、例えば幅 10 mm, 高さ 2.4 mm, 厚さ 50 μm となるように構成している。また、絶縁用圧電シート 4 3 A, 4 3 B の寸法は、同様に幅 10 mm, 高さ 2.4 mm, 厚さ 50 μm となるように構成している。

#### 【0149】

本実施の形態では、前記圧電シート 4 0 A において、前記第 1 内部電極 4 1 A, 4 1 B, 4 1 C, 4 1 D は、図 9 に示すように、実際には X 方向及び Y 方向に沿って 0.4 mm 程 50

度の絶縁距離を設けてそれぞれ4分割されている。また、上述したように外部電極4と接する方向（両側側面方向）に関しては、超音波振動子1の端部にまで延長して配設されている。

【0150】

前記圧電シート40Bにおいて、前記第2内部電極42A, 42B, 42C, 42Dについても同様に、図9に示すようにX方向及びY方向に沿って0.4mm程度の絶縁距離を設けてそれぞれ4分割されている。また、上述したように外部電極4と接する方向（両側側面方向）に関しては、超音波振動子1の端部にまで延長して配設されている。

【0151】

次に、上記超音波振動子1の外観構成について、図10を参照しながら詳細に説明する。 10

【0152】

本実施の形態の超音波振動子1は、図10(C)に示すように、左側面には内部電極41A, 41C, 42A, 42Cが露出した位置に外部電極4が4箇所設けられている。また、右側側面にも、図10(D)に示すように、内部電極41B, 41D, 42B, 42Dが露出した位置に外部電極4箇所設けられている。

【0153】

ここで、本実施の形態においても前記第1の実施の形態と同様に、外部電極連結用導電膜6を用いて外部電極間の連結を行うようにしている。

【0154】

つまり、外部電極A+と外部電極A1+は、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図10(A), 図10(C), 図10(D)参照）。 20

【0155】

外部電極A-と外部電極A1-は、上記同様に外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図10(A), 図10(C), 図10(D)参照）。

【0156】

この場合、図10(A)に示すように、この外部電極連結用導電膜6は、超音波振動子1の正面を經由して互いの外部電極と電氣的に接続される。

【0157】

一方、外部電極B-と外部電極B1-は、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図10(B), 図10(C), 図10(D)参照）。 30

【0158】

外部電極B+と外部電極B1+は、外部電極連結用導電膜6により電氣的に導通されている（図10(B), 図10(C), 図10(D)参照）。

【0159】

この場合、図10(B)に示すように、この外部電極連結用導電膜6は、超音波振動子1の裏面を經由して互いの外部電極と電氣的に接続される。

【0160】

本実施例の積層振動子の製造方法、動作については、前記第1の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

【0161】

また、超音波モータとして前記超音波振動子1を利用する場合、摩擦部材13の取り付け位置等についても同様であり、また、該超音波振動子1を用いた超音波モータの構成についても同様であるので説明を省略する。 40

【0162】

（効果）

したがって、本実施の形態によれば、前記第2の実施の形態と同様の効果が得られる。

【0163】

なお、本実施の形態において、内部電極構成に関し、負極に関しては4分割しないで全面電極として構成しても良い。その場合には負極側は共通の負極となる。

【0164】

また、前記第 2 の実施の形態と比較すると、内部電極のパターンは 2 種類用意するだけで良いので、製造工程の簡略化及び製造コスト低減化に大きく寄与する。

【0165】

本発明は、上記第 1 乃至第 3 の実施の形態に限定されるものではなく、発明の範囲を超えない範囲で覚実施の形態の組み合わせや応用も適用される。

【0166】

【発明の効果】

以上、説明したように本発明によれば、超音波モータの小型化が可能な超音波振動子及びそれを用いた超音波モータを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の超音波振動子の第 1 の実施の形態を示し、該超音波振動子の概略の外観構成を説明する構成図。

【図 2】図 1 の超音波振動子の内部電極構造を詳しく示した要部分解斜視図。

【図 3】本実施の形態の超音波振動子の動作状態を示す斜視図。

【図 4】本実施の形態の超音波振動子の詳細な構成及び基本作用を説明するための説明図。

【図 5】本実施の形態の超音波振動子の駆動子近傍に生じる励起作用を説明するための説明図。

【図 6】超音波振動子を用いた超音波モータの基本構造を説明するための構成図。

【図 7】本発明の超音波振動子の第 2 の実施の形態を示し、該超音波振動子の内部電極構造を詳しく示した要部分解斜視図。

【図 8】第 2 の実施の形態の超音波振動子の概略の外観構成を説明する構成図。

【図 9】本発明の超音波振動子の第 3 の実施の形態を示し、該超音波振動子の内部電極構造を詳しく示した要部分解斜視図。

【図 10】第 3 の実施の形態の超音波振動子の概略の外観構成を説明する構成図。

【図 11】従来の超音波モータに用いられる超音波振動子の基本的な部分を詳しく示した要部分解斜視図。

【図 12】図 11 に示す従来の超音波振動子の正面図。

【符号の説明】

- 1 ... 超音波振動子、
- 1 A ... 積層体、
- 2 ... 第 1 積層部、
- 3 ... 第 2 積層部、
- 4 ... 外部電極、
- 5 ... 穴、
- 5 A ... ピン、
- 6 ... 外部電極連結用導電膜、
- 7 A ~ 7 D ... 圧電シート、
- 8 A , 8 B ... 第 1 内部電極、
- 9 A , 9 B ... 第 2 内部電極、
- 10 A , 10 B ... 第 3 内部電極、
- 11 A , 11 B ... 第 4 内部電極、
- 12 A ~ 12 C ... 絶縁用圧電シート、
- 12 a ... 圧電シート部、
- 13 ... 摩擦部材、
- 20 ... 超音波モータ、
- 21 ... ガイド、
- 21 A ... ガイド筐体、
- 23 ... 板ばね、
- 25 ... 摺動板。

10

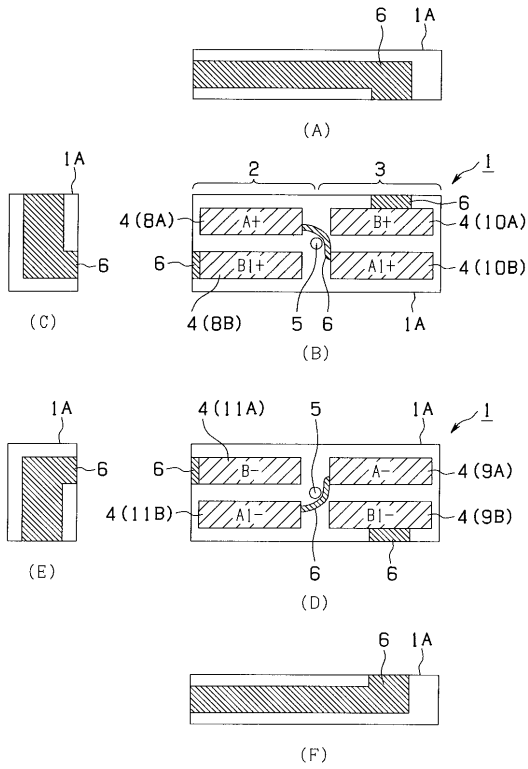
20

30

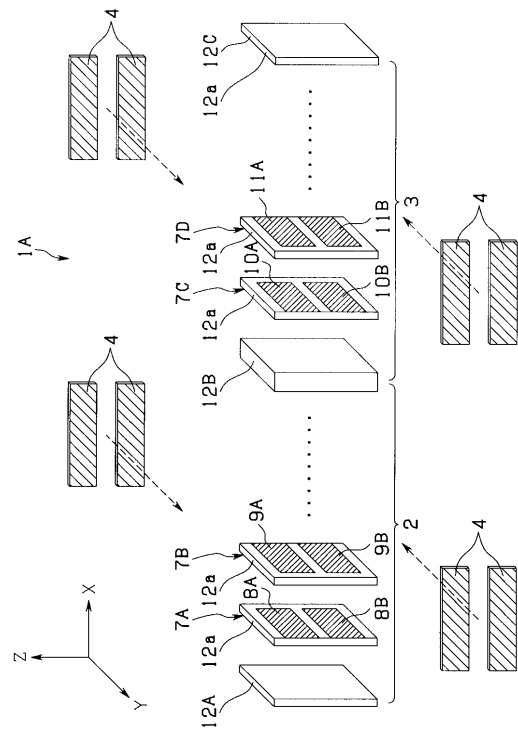
40

50

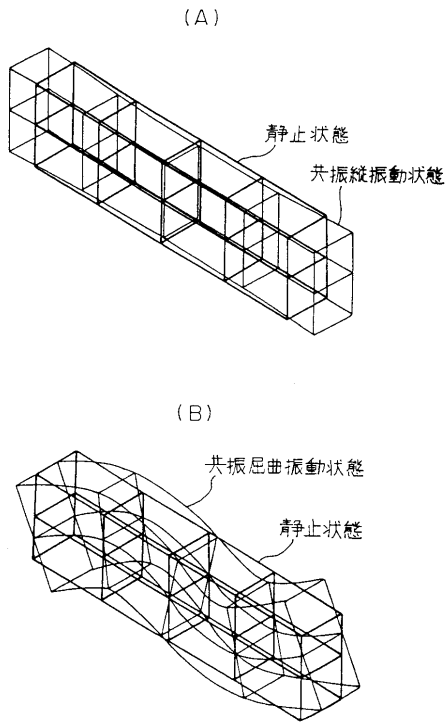
【図 1】



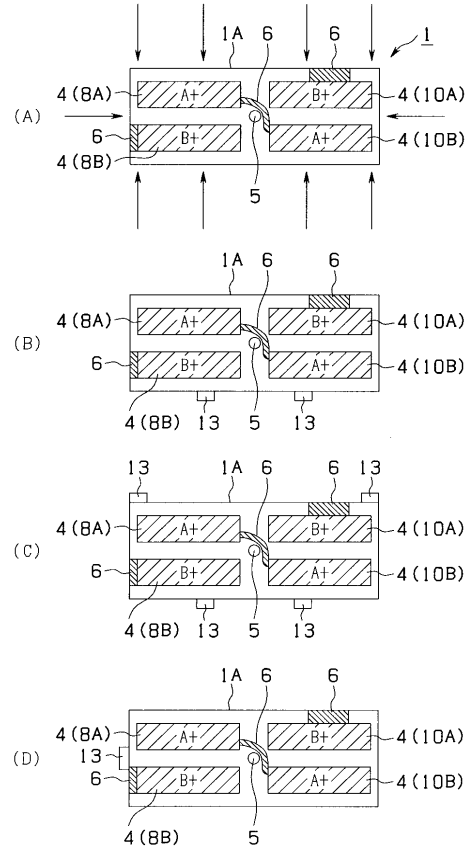
【図 2】



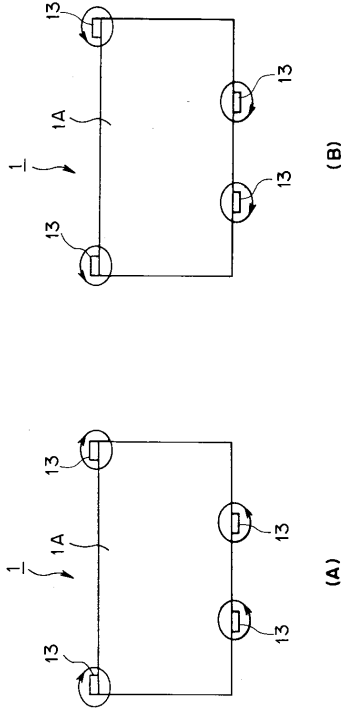
【図 3】



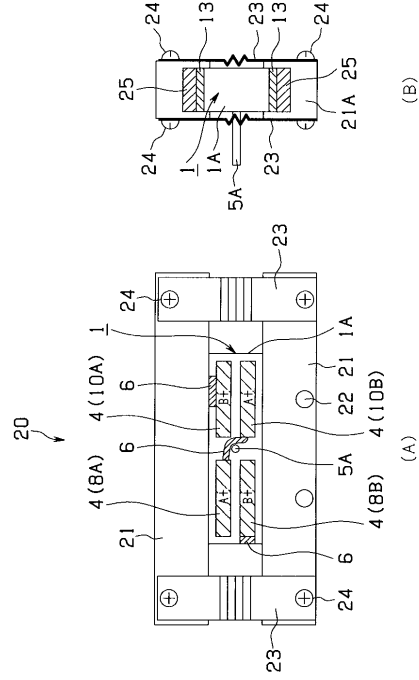
【図 4】



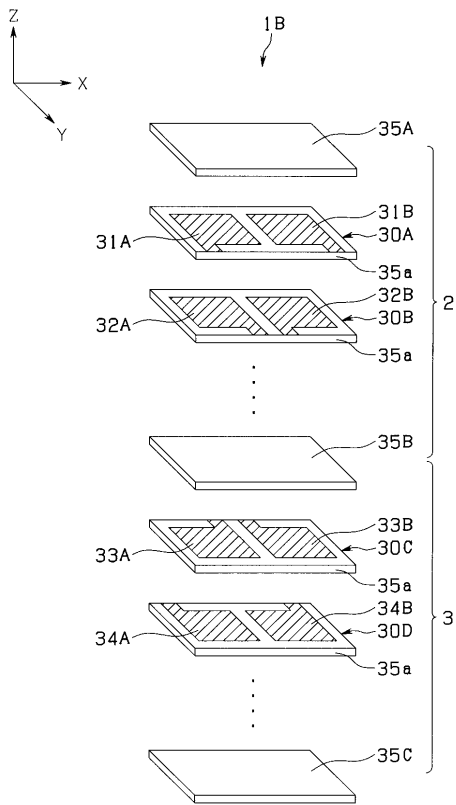
【 図 5 】



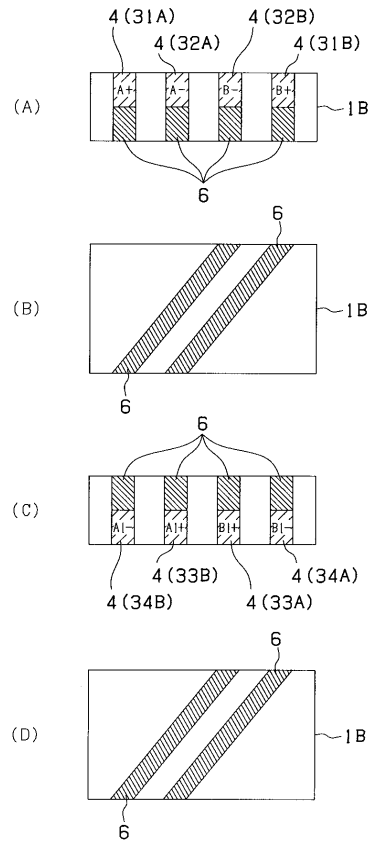
【 図 6 】



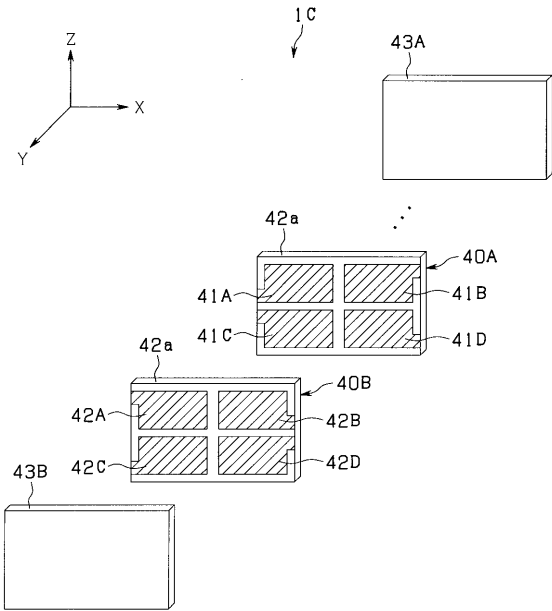
【 図 7 】



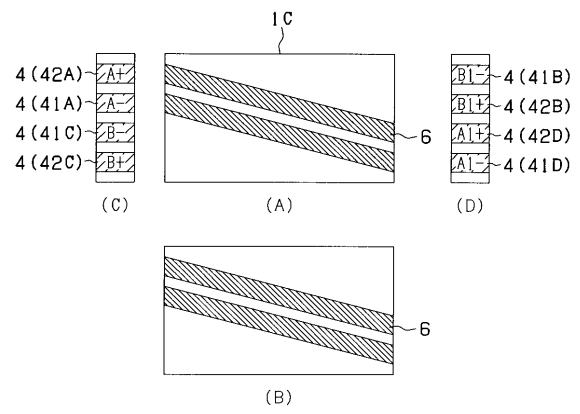
【 図 8 】



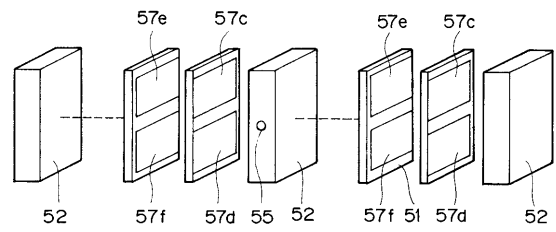
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】

