

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4510179号
(P4510179)

(45) 発行日 平成22年7月21日 (2010. 7. 21)

(24) 登録日 平成22年5月14日 (2010. 5. 14)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 2 N 2/00 (2006. 01)		HO 2 N 2/00	C
HO 1 L 41/09 (2006. 01)		HO 1 L 41/08	C

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平11-207603	(73) 特許権者	000002325
(22) 出願日	平成11年7月22日 (1999. 7. 22)		セイコーインスツル株式会社
(65) 公開番号	特開2000-116162 (P2000-116162A)		千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
(43) 公開日	平成12年4月21日 (2000. 4. 21)	(74) 代理人	100154863
審査請求日	平成18年6月12日 (2006. 6. 12)		弁理士 久原 健太郎
(31) 優先権主張番号	特願平10-224796	(74) 代理人	100142837
(32) 優先日	平成10年8月7日 (1998. 8. 7)		弁理士 内野 則彰
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100123685
			弁理士 木村 信行
		(72) 発明者	飯野 朗弘
			千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内
		(72) 発明者	春日 政雄
			千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波モータおよび超音波モータ付電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

二つの長辺の中央同士と二つの短辺の中央同士を結ぶ線で四分割される四つの分極領域を有し、隣り合う分極領域は互いに逆方向に分極処理され前記四つの分極領域全てに同位相の駆動信号を印加することにより面内方向に屈曲振動する第 1 の圧電振動子と、前記第 1 の圧電振動子に積層され、一つに分極領域を有し面内方向に伸縮振動する第 2 の圧電振動子と、からなる圧電素子を備え、
 前記屈曲振動と前記伸縮振動と、を合成した前記圧電素子の振動により駆動力を得る超音波モータであって、
前記第 1 の圧電振動子の一方の面において前記複数の分極領域に対応して設けられた電極夫々から前記圧電素子の縁に達する突出部と、前記第 2 の圧電振動子の一方の面において分極領域に対応して設けられた電極から前記圧電素子の縁に達する突出部とは前記積層の方向に重ならないように配置され、前記圧電素子の側面にはこれら各突出部と短絡する電極が前記積層の方向に渡って設けられていることを特徴とする超音波モータ。

【請求項 2】

前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子は、それぞれ複数一体的に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波モータ。

【請求項 3】

前記第 1 の圧電振動子と、前記第 2 の圧電振動子は、同一の信号源から同位相の駆動信号が入力されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波モータ。

10

20

【請求項 4】

前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子のいずれか一方は、駆動信号の位相を逆転する切替手段を介して前記信号源に接続されることを特徴とする請求項 3 に記載の超音波モータ。

【請求項 5】

前記第 1 の圧電振動子と、前記第 2 の圧電振動子は夫々位相の異なる駆動信号が入力されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波モータ。

【請求項 6】

前記第 1 の圧電振動子と、前記第 2 の圧電振動子には異なる電位を有する駆動信号を入力することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の超音波モータ。

10

【請求項 7】

前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子の間には電気的な接続はなく、前記第一の圧電振動子と前記第二の圧電振動子は夫々独立に駆動可能なことを特徴とする請求項 1 ないし 6 の何れかに記載の超音波モータ。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 の何れかに記載の超音波モータを有することを特徴とする超音波モータ付き電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

20

本発明は、時計、カメラ、プリンタ、記憶装置などに用いる超音波モータに係わり、特に、駆動力を大きくした超音波モータに関する。

【0002】

【従来の技術】

近時、マイクロメカニクスの分野において、交流電圧などの駆動信号を加えられた圧電素子に発生する、伸縮振動と屈曲振動の合成振動としての楕円運動を動力として利用する超音波モータが注目されている。

【0003】

ここで、従来の超音波モータとしての超音波モータ 4、超音波モータ 5 について、図 1 3 を用いて説明する。

30

【0004】

超音波モータ 4 は、図 1 3 (A) に示すように、直方体の圧電素子 40 の一端面に、移動体 (図示省略) に圧接して該移動体を動かす出力取り出し用の突起 41 を設けた構造である。

ここで、圧電素子 40 は、厚さ方向に同一極性に分極して 2 個ずつ二列に配置された 4 つの分極領域 40a, 分極領域 40b, 分極領域 40c, 分極領域 40d を有する。また、これらの分極領域 40a, 40b, 40c, 40d は電極をそれぞれ有している。さらに、対角に位置する分極領域 40a 上の電極と分極領域 40d 上の電極とをリード線などを用いて短絡し、同様に分極領域 40b 上の電極と分極領域 40c 上の電極とをリード線などを用いて短絡している。

40

この超音波モータ 4 は、分極領域 40a, 40d に駆動信号を入力されることによって前記移動体を正方向に動かし、また、分極領域 40b, 40c に駆動信号を入力されることによって前記移動体を逆方向に動かす。

【0005】

超音波モータ 5 は、動力源として図 1 3 (B) に示す圧電素子 50 を有している。この圧電素子 50 は、圧電素子 40 と同様に、厚さ方向に同一極性に分極し 2 個ずつ二列に配置された 4 つの分極領域 50a, 分極領域 50b, 分極領域 50c, 分極領域 50d を有する。また、これらの分極領域 50a, 50b, 50c, 50d は相互に絶縁した電極をそれぞれ有する。

この超音波モータ 5 は、分極領域 50a, 50d に同一位相の駆動信号 X を入力するとと

50

もに、分極領域 50b, 50c には駆動信号 X から位相が 90 度進んだ駆動信号を入力されることにより、図示しない移動体を正方向に動かす。また、分極領域 50b, 50c に駆動信号 X から位相が 90 度遅れた駆動信号を入力することにより、超音波モータ 5 は図示しない移動体を逆方向に動かす。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、超音波モータ 4 は、動力源としての圧電素子 40 の分極領域を半分しか利用していなかったため、大きな出力を得られなかった。

また、超音波モータ 5 は、動力源としての圧電素子 50 の分極領域をすべて利用していたが、入力信号の位相を 90 度ずらすための回路が必要であった。特に、自励発振を利用して該超音波モータを駆動する自励発振駆動を行う場合は、位相の異なる 2 つの入力信号を用いるため、自励発振駆動回路の構成が複雑となり、その実現が難しかった。

10

【0007】

さらに、超音波モータ 4 は圧電素子 40 を、また超音波モータ 5 は圧電素子 50 を、伸縮振動源と屈曲振動源の双方として利用しているため、大きな伸縮振動もしくは屈曲振動を得られなかった。すなわち、従来の超音波モータ 4, 5 では十分な出力を得ることはできなかった。このため、超音波モータ 4, 5 を用いて大きな出力を得るためには、図 14 に示すように、例えば複数の超音波モータ 4 を専用治具を用いて並列に配置する必要があり、小型化を妨げていた。この場合でも、前記専用治具から振動が逃げるため、超音波モータの出力は低下していた。

20

また、この伸縮振動および屈曲振動を互いに独立して制御することはできず、従って、移動体の移動速度、駆動力を幅広く制御することができなかった。

【0008】

そこで、本発明は、圧電素子の分極領域をすべて同時に利用し同位相、もしくは逆位相の入力信号のみによって駆動し、また、伸縮振動と屈曲振動とを共に大きく別個に制御でき、また、低電圧で出力が大きく小型化の可能な超音波モータを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は、請求項に記載するように、同極性に分極した第 1 の分極領域と、前記第 1 の分極領域と逆極性に分極した第 2 の分極領域と、を交互に配列した複数の分極領域を全体に有し、前記第 1 の分極領域と前記第 2 の分極領域とに同位相の駆動信号を入力して励振させることにより、屈曲振動を生じる第 1 の圧電振動子と、前記第 1 の圧電振動子に一体的に積層されると共に、同極性に分極した分極領域を励振させることにより伸縮振動を生じる第 2 の圧電振動子と、を備え、前記第 1 の圧電振動子に生じる屈曲振動と、前記第 2 の圧電振動子に生じる伸縮振動と、を合成した楕円振動により駆動力を得る超音波モータであることを特徴とする。

30

【0010】

ここで、圧電振動子としては例えばチタン酸バリウムや、チタン酸鉛、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウムなどを用いる。また、前記同位相の信号としては、例えば正弦波を用いる。

40

【0011】

この発明によれば、第 1 の圧電振動子は、同極性に分極した第 1 の分極領域と、前記第 1 の分極領域と逆極性に分極した第 2 の分極領域と、を全体に交互に有しており、これら複数の分極領域に同位相の駆動信号を入力するので、大きな屈曲振動を生む。また、前記第 1 の圧電振動子とは別個に設けられた伸縮振動源としての第 2 の圧電振動子は、大きな伸縮振動を生む。また、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子とは一体的に形成されるので、屈曲振動と伸縮振動とは漏れなく合成される。従って、出力の大きな超音波モータを作製できる。

このため、従来と同一出力を得る場合に、超音波モータを小型化することができる。

50

また、第 1 の圧電振動子と第 2 の圧電振動子とを別個に制御することにより、伸縮振動と屈曲振動とを別個に制御できる。

【 0 0 1 2 】

また本発明は、上記の超音波モータにおいて、前記第 1 の圧電振動子の複数の分極領域は、一方向に沿って 2 列に配列されることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

この発明によれば、上記の発明と同等の作用を得るほか、積層方向に平行な面から出力を取り出す超音波モータを作製できる。

【 0 0 1 4 】

また本発明は、上記の超音波モータにおいて、前記第 1 の圧電振動子の複数の分極領域は、一方向に沿って 1 列に配列されることを特徴とする。

10

【 0 0 1 5 】

この発明によれば、上記の発明と同等の作用を得るほか、積層方向に垂直な面から出力を取り出す超音波モータを作製できる為、超音波モータを搭載する機器の薄型化が出来る。

【 0 0 1 6 】

更に本発明は、上記に記載の超音波モータにおいて、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子はそれぞれ複数一体的に積層されることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

ここで、例えば前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子とは交互に積層される。また、その数は、例えば 4 枚ずつとする。

20

【 0 0 1 8 】

この発明によれば、上記の発明と同等の作用を得るほか、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子とをそれぞれ複数用いたので、その出力はさらに大きくなる。また、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子の枚数比を変えることにより伸縮振動と屈曲振動の大きさの比を変えることが出来る。

【 0 0 1 9 】

更に本発明は、上記に記載の超音波モータにおいて、前記第 1 の圧電振動子の複数の分極領域と、前記第 2 の圧電振動子の分極領域とは、同一の信号源から同位相の駆動信号を入力されることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

30

ここで、前記信号源としては、交流電源を用いる。

【 0 0 2 1 】

この発明によれば、超音波モータは一つの入力信号によって駆動するので、自励発信回路は簡単になり、従って、自励発信駆動は容易に実現する。

さらに、前記同位相の信号源として同一の信号源を用いるので、前記超音波モータの周辺回路は簡単になる。

【 0 0 2 2 】

更に本発明は、上記に記載の超音波モータにおいて、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子のいずれか一方は、駆動信号の位相を逆転する切換手段を介して前記信号源に接続されることを特徴とする。

40

【 0 0 2 3 】

ここで、前記切換手段としては、例えばスイッチを用いる。

【 0 0 2 4 】

この発明によれば、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子のいずれか一方は、信号の位相を逆転させる切換手段を介して前記信号源に接続される。

従って、前記切換手段を切り替えるのみで、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子のいずれか一方への入力信号は逆位相となる。すなわち、超音波モータの駆動方向は逆転する。

【 0 0 2 5 】

更に本発明は、上記に記載の超音波モータを有する超音波モータ付電子機器であることを

50

特徴とする。

【 0 0 2 6 】

ここで、前記電子機器としては、例えば電子時計、計測器、カメラ、プリンタ、印刷機、工作機械、ロボット、移動装置、記憶装置などがある

【 0 0 2 7 】

この発明によれば、従来の超音波モータと比べて出力の大きい上記に記載の超音波モータを用いるので、超音波モータの大きさおよびその周辺回路を小型化することができ、これにより、超音波モータ付電子機器を小型化することが可能となる。

また、超音波モータの駆動方法として特に自励発振駆動を容易に適用できるので、周辺回路は更に小型化できる。

10

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下、図 1 から図 1 2 を参照して本発明を適用した実施の形態を詳細に説明する。

図 1 から図 5 は第一の実施の形態例である超音波モータ 1 を説明する図であり、図 6 から図 9 は、第二の実施の形態例である超音波モータ 2 を説明する図であり、図 1 0 から図 1 1 は第三の実施の形態のを示す図である。

図 1 2 は第四の実施の形態例である超音波モータを利用した電子機器を説明する図である。

【 0 0 2 9 】

< 第一の実施の形態例 >

20

図 1 は超音波モータ 1 の構成の全体を示す図である。

図 1 (A) の上面図及び同図 (B) の正面図に示すように、超音波モータ 1 は、圧電素子 1 0 と、圧電素子 1 0 を支える支持部材 1 3 と、圧電素子 1 0 の端面に接して圧電素子 1 0 によって動く移動体 1 4 a を有する対象部 1 4 と、により構成される。すなわち、超音波モータ 1 は、圧電素子 1 0 の端面と平行な方向に移動体 1 4 a を動かす超音波モータである。

【 0 0 3 0 】

圧電素子 1 0 は、図 2 に示すように、屈曲振動源としての圧電振動子 1 1 (第 1 の圧電振動子) を例えば 4 枚一体的に積層し、その上に、絶縁体となる圧電振動子 1 8 を介して伸縮振動源としての圧電振動子 1 2 (第 2 の圧電振動子) を例えば 4 枚一体的に積層した構造とする。また、圧電素子 1 0 は後述する電極 (図 2 においては図示省略) を有する。

30

なお、端面のほぼ中央に、移動体 1 4 a に接して駆動させる突起を設けてもよい。

【 0 0 3 1 】

ここで、圧電振動子 1 1 と圧電振動子 1 2 の分極状態および圧電素子 1 0 の電極の構造について、図 3 を用いて説明する。

図 3 (A) は圧電素子 1 0 の側面 1 0 a (図 2 参照) を示す図であり、図 3 (F) は側面 1 0 b (図 2 参照) を示す図である。図 3 (B) は圧電振動子 1 1 の奇数番目の上面図および偶数番目の下面図であり、同図 (C) は圧電振動子 1 1 の奇数番目の下面図および偶数番目の上面図である。また、図 3 (D) は圧電振動子 1 2 の奇数番目の上面図および偶数番目の下面図であり、同図 (E) は圧電振動子 1 2 の奇数番目の下面図および偶数番目の上面図である。すなわち各圧電振動子の接合面は共通電極となる。

40

【 0 0 3 2 】

まず、圧電振動子 1 1 と圧電振動子 1 2 の分極状態について説明する。

圧電振動子 1 1 は、図 3 (B) および同図 (C) に示すように、縦方向に 2 分割するとともに横方向にも 2 分割することで生成する 4 つの分極領域 1 1 a , 分極領域 1 1 b , 分極領域 1 1 c , 分極領域 1 1 d を、積層方向に、互い違いに逆に分極した構造とする。すなわち、分極領域 1 1 a と分極領域 1 1 d は例えば上面が + となるように分極し、分極領域 1 1 b と分極領域 1 1 c は例えば上面が - になるように分極した状態となる。

また、圧電振動子 1 2 は、図 3 (D) および同図 (E) に示すように、ほぼ全面をひとつの分極領域として、積層方向に、例えば上面が + となるように分極する。

50

【0033】

次に、圧電素子10の電極の構造について、図3を用いて説明する。

圧電素子10は、電極16a、電極16b、電極16c、電極16d、電極16e、電極16f、電極16gを有する。

このうち、電極16a～16eは圧電振動子11に信号を入力するための電極であり、電極16f、16gは圧電振動子12に信号を入力するための電極である。

【0034】

電極16aは、圧電振動子11の分極領域11aの一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面10aに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子11、11、11、11の分極領域11a、11a、11a、11aの上面は、側面10aに引き出された部分を介して連続している電極16aによって、すべて同一の電位となる。

10

【0035】

同様に、電極16bは、圧電振動子11の分極領域11bの一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面10aに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子11、11、11、11の分極領域11b、11b、11b、11bの上面は、側面10aに引き出された部分を介して連続している電極16bによって、すべて同一の電位となる。

【0036】

また、電極16cは、圧電振動子11の分極領域11cの一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面10bに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子11、11、11、11の分極領域11c、11c、11c、11cの一方の面は、側面10bに引き出された部分を介して連続している電極16cによって、すべて同一の電位となる。

20

【0037】

同様に、電極16dは、圧電振動子11の分極領域11dの一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面10bに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子11、11、11、11の分極領域11d、11d、11d、11dの一方の面は、側面10bに引き出された部分を介して連続している電極16dによって、すべて同一の電位となる。

【0038】

また、電極16eは、圧電振動子11の4つの分極領域11a、11b、11c、11dの他方の面すべてを覆っており、その一部は側面10aに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子11、11、11、11の4つの分極領域の他方の面は、側面10aに引き出された部分を介して連続している電極16eによって、すべて同一の電位となる。

30

【0039】

さらに、圧電振動子11において、電極16eを基準電極として、電極16a、16b、16c、16dに同一の駆動信号を入力すると、分極領域11a、11dが伸長する時には分極領域11b、11cは収縮し、また、逆に分極領域11a、11dが収縮する時には分極領域11b、11cは伸長する。しかも変位方向に対して直交する方向に積層している為、4つの圧電振動子が寄与する歪は同一である。従って、圧電振動子11は横方向に屈曲振動をする。

【0040】

すなわち、同じ分極領域に入力される駆動信号は同一であるため、4つの圧電振動子11、11、11、11はすべて同じ方向に屈曲振動をする。従って、圧電素子10には大きな屈曲振動が生じる。そして、従来例図13と異なり、圧電振動子11には曲げ振動のみが励振される。

40

【0041】

また、電極16fは、圧電振動子12の分極領域12aの上面をほぼ覆っており、その一部は側面10bに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子12、12、12、12の分極領域12a、12a、12a、12aの上面は、側面10bに引き出された部分を介して連続している電極16fによって、すべて同一の電位となる。

【0042】

同様に、電極16gは、圧電振動子12の分極領域12aの他方の面をほぼ覆っており、

50

その一部は側面 10 a に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 12 の分極領域 12 a の他方の面は、側面 10 a に引き出された部分を介して連続している電極 16 g によって、同一電位となる。

【0043】

さらに、圧電振動子 12 において、電極 16 g を基準として、電極 16 f に駆動信号を入力すると、分極領域 12 a は伸長あるいは収縮するため、圧電振動子 12 は長手方向に伸縮運動をする。

【0044】

すなわち、同じ分極領域に入力される駆動信号は同一であるため、4 枚の圧電振動子 12, 12, 12, 12 は同一の伸縮振動をする。従って、圧電素子 10 には大きな伸縮振動が生じる。

10

【0045】

次に、圧電素子 10 の作製手順の例について説明する。

まず、所定の材料を所定の比率に混合した圧電セラミックス粉を、必要な場合は有機溶剤などを混ぜて練り合わせ、所定の形状に成形して仮焼きする。この仮焼きの条件は通常の圧電セラミックスの作製時とほぼ同じである。

次に、仮焼きした圧電セラミックスの一方の面に、電極用導体ペーストを、各分極領域に対応するように区分けして塗布する。すなわち、圧電振動子 11、18 となる圧電セラミックスの 1 枚目には 4 分割して塗布し、2 枚目には周縁部を除いたほぼ全面に塗布し、以下 3 枚目、4 枚目...と交互に異なる電極を塗布する。また、圧電振動子 12 となる圧電セラミックスの一方の面は 1 枚目、2 枚目...と電極 16 f, 16 g を交互に塗布する。

20

【0046】

次に、電極用導体ペーストを塗布した圧電振動子 11、13 となる圧電セラミックスを、計 5 枚積層させ、その上に電極用導体ペーストを塗布した圧電振動子 12 となる圧電セラミックスを 4 枚積層させたのち、本焼きする。この本焼きの条件は通常の圧電セラミックスの作製時とほぼ同じである。この本焼きにより、圧電振動子 11, 11, 11, 11 と、圧電振動子 18 と圧電振動子 12, 12, 12, 12 とは一体的に形成される。

次に、本焼き後の圧電セラミックスの側面の所定の位置に電極用ペーストを塗布して乾燥させることで、電極 16 a, 16 b, 16 c, 16 d, 16 e, 16 f, 16 g は所定の構造に形成される。従って、各圧電振動子の接合面は共通電極となる。

30

次に、電極 16 e を基準として電極 16 a ~ 16 d および電極 16 g を基準として 16 f に所定の電圧を加えることにより、分極領域 11 a, 11 b, 11 c, 11 d, 11 e, 12 a, 12 b を所定の方向に分極して、

圧電素子 10 は完成する。この時中間の圧電振動子 18 には電圧が印可されていないため分極処理は行われていない。そして、圧電振動子 11 と 12 の間の絶縁体の役割を果たす。ところで絶縁体 18 は圧電振動子に係わらず他の材料を用いても構わない。

【0047】

上述した構造を有する超音波モータ 1 の動作について、図 4 および図 5 を用いて説明する。

図 4 (B) および図 5 (B) は、超音波モータ 1 と交流電源 6 (信号源) との接続構造を示した図である。

40

すなわち、超音波モータ 1 において、圧電振動子 11 の電極 16 e そして電極 16 a, 16 b, 16 c, 16 d はスイッチ 17 a、17 b (切換手段) を介して、それぞれ交流電源 6 に接続される。また、圧電振動子 12 の電極 16 f は交流電源 6 の出力側に、電極 16 g は基準電位側に、それぞれ直接接続される。

このため、電極 16 a ~ 16 e の接続方向、つまり、これらの電極が交流電源 6 の出力側に接続されるか接地電位側に接続されるかは、スイッチ 17 a およびスイッチ 17 b によって切り替わる。

なお、図 4 および図 5 において、圧電素子 10 以外の超音波モータ 1 の構成要素は説明の都合上省略しており、また、ここでは便宜的に圧電素子 10 は圧電振動子 11 と圧電振動

50

子 1 2 を一枚ずつ、絶縁体 1 8 を挟んで一体的に積層させた構造としている。

【 0 0 4 8 】

まず、図 4 (B) のように、スイッチ 1 7 a およびスイッチ 1 7 b を介して、電極 1 6 a , 1 6 b , 1 6 c , 1 6 d を出力側に接続し、電極 1 6 e は接地電位側に接続した時の、超音波モータ 1 の動作について、同図 (A)、(C)、(D) を用いて説明する。

図 4 (A) は圧電振動子 1 2 の伸縮振動の様子を、同図 (C) は圧電振動子 1 1 の屈曲振動の様子を、それぞれ上面図で示したものであり、同図 (D) は超音波モータ 1 を上から見たときの駆動状態を示したものである。

【 0 0 4 9 】

交流電源 6 の出力電位が基準電位より高くなるときは、圧電振動子 1 1 の分極領域 1 1 a および分極領域 1 1 d は長手方向に伸び、分極領域 1 1 b および分極領域 1 1 c は長手方向に縮まる。従って、圧電振動子 1 1 は、図 4 (C) の白抜き図に示すように屈曲し、その端面は矢印 Y に示す方向に傾く。

10

【 0 0 5 0 】

このとき、圧電振動子 1 2 は上述したように、ほぼ全面を分極領域 1 1 a と同一方向に分極しているため、図 4 (A) の白抜き図に示すように長手方向に伸び、その端面は矢印 X に示す方向に伸びる。

【 0 0 5 1 】

また、交流電源 6 の出力電位が基準電位より低くなる時、圧電振動子 1 1 の端面は、矢印 Y とは逆に矢印 Y ' の方向に傾き、また、圧電振動子 1 2 の端面は矢印 X とは 1 8 0 度逆の方向に縮まる。

20

【 0 0 5 2 】

すなわち、圧電振動子 1 1 に生じる屈曲振動と圧電振動子 1 2 に生じる伸縮振動は合成され、その結果、圧電素子 1 0 の端面は、図 4 (D) の矢印 Z に示す方向に楕円運動し、従って、超音波モータ 1 は、前記端面に圧接している移動体 (図示省略) を矢印 Z に示す方向に動かす。

【 0 0 5 3 】

次に、図 5 (B) に示すように、図 4 とは逆に電極 1 6 a , 1 6 b , 1 6 c , 1 6 d は基準電位側に接続し、電極 1 6 e は出力側に接続した時の超音波モータ 1 の動作について、同図 (A)、(C)、(D) を用いて説明する。

30

図 5 (A) は圧電振動子 1 2 の伸縮振動の様子を、同図 (C) は圧電振動子 1 1 の屈曲振動の様子を、それぞれ上面図を用いて示しており、同図 (D) は超音波モータ 1 を上から見たときの駆動状態を示している。

【 0 0 5 4 】

交流電源 6 の出力電位が基準電位より高くなる時、圧電振動子 1 1 の分極領域 1 1 a および分極領域 1 1 d は長手方向に縮み、分極領域 1 1 b および分極領域 1 1 c は長手方向に伸びる。従って、圧電振動子 1 1 は、図 5 (C) の白抜き図に示すように屈曲し、その端面は矢印 Y ' に示す方向に傾く。

【 0 0 5 5 】

このとき、圧電振動子 1 2 は上述したように、ほぼ全面を分極領域 1 1 a と同一方向に分極しているため、図 5 (A) の白抜き図に示すように長手方向に伸び、その端面は矢印 X に示す方向に伸びる。

40

【 0 0 5 6 】

また、交流電源 6 の出力電位が基準電位より低くなる時、圧電振動子 1 1 の端面は矢印 Y ' とは逆に矢印 Y の方向に傾き、また、圧電振動子 1 2 の端面は矢印 X とは 1 8 0 度逆の方向に縮まる。

【 0 0 5 7 】

このため、圧電素子 1 0 の端面は、図 5 (D) の矢印 Z ' に示す方向に楕円運動し、従って、超音波モータ 1 は、前記端面に圧接している移動体 (図示省略) を矢印 Z ' に示す方向、つまり図 4 (D) の矢印 Z とは逆の方向に動かす。

50

【0058】

すなわち、超音波モータ1の圧電振動子11の電極16eをスイッチ17aを介して、また、電極16a, 16b, 16c, 16dをスイッチ17bを介して、それぞれ交流電源6に接続したので、スイッチ17a, 17bを共に切り替えるのみで、超音波モータ1が移動体14aを動かす方向を逆転できる。

【0059】

このように、本発明の第一の実施例としての超音波モータ1は、伸縮振動源としての圧電振動子12, 12, 12, 12を、屈曲振動源としての圧電振動子11, 11, 11, 11の上に一体的に積層させたので、例えば圧電振動子11の基準電位と圧電振動子12の基準電位を別個に設定・変更することにより、伸縮振動と屈曲振動とを別個に制御できる。

10

また、圧電振動子11の分極領域11a, 11b, 11c, 11dのすべてに交流電源6から駆動信号を入力して屈曲振動させるので、屈曲振動のみが励振されるとともに、その駆動力は大きく超音波モータ1の出力は従来の超音波モータと比べて大きい。

また、圧電振動子11と圧電振動子12とをそれぞれ複数用いたので、その出力はさらに大きくなる。

【0060】

また、超音波モータ1は一つの入力信号によって駆動するので、自励発信回路の構成は簡単になり、従って、自励発信制御を容易に行える。

さらに、圧電振動子11の電極16eをスイッチ17aを介して、電極16a, 16b, 16c, 16dをスイッチ17bを介して、それぞれ交流電源6に接続すると、スイッチ17a, 17bを二つ共に切り替えるのみで、超音波モータ1は移動体14aを逆の方向に移動させる。

20

当然のことながら圧電振動子11と12に位相の異なる信号、例えば90度や-90度の信号を加えても駆動できる。

【0061】

なお、本実施の形態例において、圧電素子10は、圧電振動子11を4枚一体的に積層させ、その上に圧電振動子12を4枚一体的に積層させたが、本発明はこれに限られるものではなく、圧電振動子11と圧電振動子12を交互に一体的に積層させた構造としてもよい。また、当然圧電振動子11, 12の枚数は任意に設定してよく、双方を同数とする必要もない。特に異数とすることにより二つの振動力を独立に制御できるため、要求されるモータの仕様に応じて枚数比が設定される。

30

また、電極16a, 16b, 16c, 16dは別個である必要はなく、一つの電極として短絡しても超音波モータ1は問題なく動作する。

【0062】

さらに、圧電振動子11の電極16eをスイッチ17aを介して、電極16a, 16b, 16c, 16dをスイッチ17bを介して、それぞれ交流電源6に接続したが、本発明はこれに限定されるものではなく、本実施の形態例とは逆に、圧電振動子11の電極16a~16dは交流電源6の一方側に、電極16eは他方側に、それぞれスイッチを介さずに直接交流電源6に接続し、さらに、圧電振動子12の電極16fと電極16gとはスイッチ17aおよびスイッチ17bを介して交流電源6に接続してもよい。

40

【0063】

< 第二の実施の形態例 >

以下、本発明の第二の実施の形態例としての超音波モータ2について説明する。

図6の正面図に示すように、超音波モータ2は、圧電素子20と、圧電素子20を支える支持部材23と、圧電素子20の端面に接していて圧電素子20によって動く移動体24aを含む対象部24と、により構成される。すなわち、超音波モータ2は、圧電素子20の積層面と平行な方向に移動体24aを動かす超音波モータである。

また、圧電素子20は、例えば弾性体などを有する押圧機構(図示省略)から支持部材23を介して加えられる力によって、移動体24aに押しつけられる。

50

【0064】

圧電素子20は、例えば屈曲振動源としての圧電振動子21（第1の圧電振動子）と、伸縮振動源としての圧電振動子22（第2の圧電振動子）と、を夫々4枚を重ねあわせ、更に両者を重ねあわせて一体的に積層させ、さらに、その下面に移動体24aに接して駆動させる突起25、25を設けた構造とする。

また、圧電素子20は後述する電極（図6においては図示省略）を有する。

また、これら圧電振動子21、22は、例えば絶縁体28（図示省略）を挟むことにより、隣接する圧電振動子あるいは電極との絶縁を確保される。

さらに、突起25、25は、それぞれ圧電振動子21に生じる屈曲振動の腹に対応する部分に設けられる。

10

【0065】

ここで、圧電振動子21と圧電振動子22の分極状態および圧電素子20の電極の構造について、図7を用いて説明する。

図7(A)は圧電素子20の側面20aを示す図であり、図7(F)は側面20aの反対側に位置する側面20bを示す図である。図7(B)は圧電振動子21の一方の面を示す図であり、同図(C)は圧電振動子21の他方の面を示す図である。また、図7(D)は圧電振動子22の一方の面を示す図であり、同図(E)は圧電振動子22の他方の面を示す図である。なお、ここでは突起25の図示を省略する。

【0066】

まず、圧電振動子21と圧電振動子22の分極状態について説明する。

20

圧電振動子21は、図7(B)および同図(C)に示すように、縦方向に4分割されて生成する4つの分極領域21a、分極領域21b、分極領域21c、分極領域21dを、積層方向に、互い違いに逆に分極した構造とする。すなわち、分極領域21aと分極領域21cは例えば上面が+となるように分極し、分極領域21bと分極領域21dは例えば上面が-となるように分極した状態となる。

また、圧電振動子22は、図7(D)および同図(E)に示すように、ほぼ全面をひとつの分極領域として、積層方向に、例えば上面が+となるように分極する。

【0067】

次に、圧電素子20の電極の構造について説明する。

圧電素子20は、図7に示すように、電極26a、電極26b、電極26c、電極26d、電極26e、電極26f、電極26gを有する。

30

このうち、電極26a～26eは圧電振動子21に信号を入力するための電極であり、電極26f～26gは圧電振動子22に信号を入力するための電極である。

【0068】

電極26aは、圧電振動子21の分極領域21aの上面をほぼ覆っており、その一部は側面20aに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子21、21、21、21の分極領域21a、21a、21a、21aの一方の面は、側面20aに引き出された部分を介して連続している電極26aによって、すべて同一の電位となる。

【0069】

同様に、電極26bは、圧電振動子21の分極領域21bの一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面20bに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子21、21、21、21の分極領域21b、21b、21b、21bの一方の面は、側面20bに引き出された部分を介して連続している電極26bによって、すべて同一の電位となる。

40

【0070】

また、電極26cは、圧電振動子21の分極領域21cの一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面20bに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子21、21、21、21の分極領域21c、21c、21c、21cの一方の面は、側面20bに引き出された部分を介して連続している電極26cによって、すべて同一の電位となる。

【0071】

同様に、電極26dは、圧電振動子21の分極領域21dの一方の面をほぼ覆っており、

50

その一部は側面 20 a に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 21, 21, 21, 21 の分極領域 21 d, 21 d, 21 d, 21 d の一方の面は、側面 20 a に引き出された部分を介して連続している電極 26 d によって、すべて同一の電位となる。

【0072】

また、電極 26 e は、圧電振動子 21 の 4 つの分極領域 21 a, 21 b, 21 c, 21 d の下面すべてを覆っており、その一部は側面 20 a に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 21, 21, 21, 21 の 4 つの分極領域の他方の面は、側面 20 a に引き出された部分を介して連続している電極 26 e によって、すべて同一の電位となる。

【0073】

このため、圧電振動子 21 において、電極 26 e を基準電極として、電極 26 a, 26 b, 26 c, 26 d に同一の駆動信号を入力すると、分極領域 21 a, 21 c が伸長する時には分極領域 21 b, 21 d は収縮し、また、逆に分極領域 21 a, 21 d が収縮する時には分極領域 21 b, 21 c は伸長する。従って、圧電振動子 21 は厚み方向に屈曲振動をする。

10

【0074】

すなわち、同じ分極領域に入力される駆動信号は同一であるため、4 つの圧電振動子 21, 21, 21, 21 はすべて同じ方向に屈曲振動をする。従って、圧電素子 20 には大きな屈曲振動が生じる。

【0075】

また、電極 26 f は、圧電振動子 22 の分極領域 22 a の一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面 20 b に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 22, 22, 22, 22 の分極領域 22 a, 22 a, 22 a, 22 a の一方の面は、側面 20 b に引き出された部分を介して連続している電極 26 f によって、すべて同一の電位となる。

20

【0076】

同様に、電極 26 g は、圧電振動子 22 の分極領域 22 a の他方の面をほぼ覆っており、その一部は側面 20 a に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 22 の分極領域 22 a の下面は、側面 20 a に引き出された部分を介して連続している電極 26 g によって、すべて同一電位となる。

【0077】

このため、圧電振動子 22 において、電極 26 g を基準として、電極 26 f に駆動信号を入力すると、分極領域 22 a は伸長あるいは収縮する。従って、圧電振動子 22 は長手方向に伸縮運動をする。従って、圧電素子 20 には大きな伸縮振動が生じる。

30

【0078】

すなわち、同じ分極領域に入力される駆動信号は同一であるため、4 枚の圧電振動子 22, 22, 22, 22 は同一の伸縮振動をする。

【0079】

また、超音波モータ 2 の作製手順は超音波モータ 1 の作製手順と同じである。

【0080】

上述した構造を有する超音波モータ 2 の動作について、図 8 および図 9 を用いて説明する。

40

図 8 (C) および図 9 (C) は、超音波モータ 2 と交流電源 6 との接続構造を示した図である。

すなわち、超音波モータ 2 において、圧電振動子 21 の電極 26 e そして電極 26 a, 26 b, 26 c, 26 d はスイッチ 27 a, 27 b (切換手段) を介して、それぞれ交流電源 6 に接続される。また、圧電振動子 22 の電極 26 f は交流電源 6 の出力側に、電極 26 g は基準電位側に、それぞれ直接接続される。

このため、電極 26 a ~ 26 e の接続方向、つまり、これらの電極が交流電源 6 の出力側に接続されるか接地電位側に接続されるかは、スイッチ 27 a およびスイッチ 27 b によって切り替わる。

なお、図 8 および図 9 において、圧電素子 20 以外の超音波モータ 2 の構成要素は説明の

50

都合上省略しており、また、圧電素子 20 は圧電振動子 21 と圧電振動子 22 を一枚ずつ、絶縁体 28 を挟んで一体的に積層させた構造とする。

【0081】

まず、図 8 (C) のように、スイッチ 27a およびスイッチ 27b を介して、電極 26a, 26b, 26c, 26d を接地電位側に接続し、電極 26e は出力側に接続した時の、超音波モータ 2 の動作について、同図 (A)、(B) を用いて説明する。

図 8 (A) は圧電振動子 22 の伸縮振動の様子を、同図 (B) は圧電振動子 21 の屈曲振動の様子を、それぞれ断面図を用いて示しており、同図 (D) は超音波モータ 2 を横から見たときの駆動状態を示している。

【0082】

交流電源 6 の出力電位が基準電位より高くなるときは、圧電振動子 21 の分極領域 21a および分極領域 21c は長手方向に伸び、分極領域 21b および分極領域 21d は長手方向に縮まる。従って、圧電振動子 21 は、図 8 (B) の斜線図に示すように屈曲し、その下面の所定部は矢印 Y に示す方向に撓む。

【0083】

このとき、圧電振動子 22 は上述したように、ほぼ全面を分極領域 21a と同一方向に分極しているため、図 8 (A) の斜線図に示すように長手方向に伸び、その下面は矢印 X に示す方向に伸びる。

【0084】

また、交流電源 6 の出力電位が基準電位より低くなる時、圧電振動子 21 の前記下面の所定部は、矢印 Y とは逆に矢印 Y' の方向に撓み、また、圧電振動子 22 の下面は矢印 X とは 180 度逆の方向に縮む。

【0085】

このため、圧電素子 20 の前記下面の所定部は、図 8 (D) の矢印 Z に示す方向に楕円運動し、従って、超音波モータ 2 は、前記端面に圧接している移動体 (図示省略) を矢印 Z に示す方向に動かす。

【0086】

次に、図 9 (C) に示すように、図 8 とは逆に電極 26a, 26b, 26c, 26d は出力側に接続し、電極 26e は基準電位側に接続した時の超音波モータ 2 の動作について、同図 (A)、(B)、(D) を用いて説明する。

図 9 (A) は圧電振動子 22 の伸縮振動の様子を、同図 (C) は圧電振動子 21 の屈曲振動の様子を、それぞれ断面図を用いて示しており、また、同図 (D) は超音波モータ 2 を横から見たときの駆動状態を示している。

【0087】

交流電源 6 の出力電位が基準電位より高くなる時、圧電振動子 21 の分極領域 21a および分極領域 21d は長手方向に縮み、分極領域 21b および分極領域 21c は長手方向に伸びる。従って、圧電振動子 21 は、図 9 (B) の斜線図に示すように屈曲し、その前記下面の所定部は矢印 Y' に示す方向に撓む。

【0088】

このとき、圧電振動子 22 は上述したように、ほぼ全面を分極領域 21a と同一方向に分極しているため、図 9 (A) の斜線図に示すように長手方向に伸び、その端面は矢印 X に示す方向に伸びる。

【0089】

また、交流電源 6 の出力電位が基準電位より低くなる時、圧電振動子 21 の前記下面の所定部は矢印 Y' とは逆に矢印 Y の方向に撓み、また、圧電振動子 22 の前記下面は矢印 X とは 180 度逆の方向に縮む。

【0090】

このため、圧電素子 20 の前記下面の所定部は、図 9 (D) の矢印 Z' に示す方向に楕円運動し、従って、超音波モータ 2 は、前記端面に圧接している移動体 (図示省略) を矢印 Z' に示す方向、つまり図 8 (D) の矢印 Z とは逆の方向に動かす。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 1 】

すなわち、超音波モータ 2 は、圧電振動子 2 1 の電極 2 6 e をスイッチ 2 7 a を介して、電極 2 6 a , 2 6 b , 2 6 c , 2 6 d をスイッチ 2 7 b を介して、それぞれ交流電源 6 に接続したので、信号の位相を変える位相回路を有せずにスイッチ 2 7 a , 2 7 b を共に切り替えるのみで、移動体 2 4 a の移動方向を逆転できる。

【 0 0 9 2 】

このように、本発明の第二の実施例としての超音波モータ 2 は、伸縮振動源としての圧電振動子 2 2 , 2 2 , 2 2 , 2 2 を、屈曲振動源としての圧電振動子 2 1 , 2 1 , 2 1 , 2 1 の上に一体的に積層させたので、例えば圧電振動子 2 1 の基準電位と圧電振動子 2 2 の基準電位を別個に設定・変更することにより、伸縮振動と屈曲振動とを別個に制御できる。

10

また、圧電振動子 2 1 の分極領域 2 1 a , 2 1 b , 2 1 c , 2 1 d のすべてに駆動信号を入力して屈曲振動させるので、超音波モータ 2 の出力は従来の超音波モータと比べて大きい。

また、厚みが薄い圧電振動子 2 1 と圧電振動子 2 2 とをそれぞれ複数用いたので、低電圧で駆動でき、その出力はさらに大きくなる。

また、超音波モータ 2 は一つの入力信号によって駆動するので、容易に自励発信回路が構成できる。

さらに、圧電振動子 2 1 の電極 2 6 e をスイッチ 2 7 a を介して、電極 2 6 a , 2 6 b , 2 6 c , 2 6 d をスイッチ 2 7 b を介して、それぞれ交流電源 6 に接続すると、スイッチ 2 7 a , 2 7 b を二つ共に切り替えるのみで、超音波モータ 2 は移動体 2 4 a を逆の方向に移動させる。

20

当然のことながら圧電振動子 2 1 と 2 2 に位相の異なる信号を加えても駆動できる。

【 0 0 9 3 】

なお、本実施の形態例の圧電素子 2 0 において、圧電振動子 2 1 , 2 2 の枚数は任意に設定してもよく、双方を同数とする必要もない。

また、電極 2 6 a , 2 6 b , 2 6 c , 2 6 d は別個である必要はなく、一つに電極を短絡しても超音波モータ 2 は問題なく動作する。

さらに、圧電振動子 2 1 の電極 2 6 e をスイッチ 2 7 a を介して、電極 2 6 a , 2 6 b , 2 6 c , 2 6 d をスイッチ 2 7 b を介して、それぞれ交流電源 6 に接続したが、本発明はこれに限定されるものではなく、本実施の形態例とは逆に、圧電振動子 2 1 の電極 2 6 a ~ 2 6 d は交流電源 6 の一方側に、電極 2 6 e は他方側に、それぞれスイッチを介さずに直接交流電源 6 に接続し、さらに、圧電振動子 2 2 の電極 2 6 f と電極 2 6 g とはスイッチ 2 7 a およびスイッチ 2 7 b を介して交流電源 6 に接続してもよい。

30

【 0 0 9 4 】

< 第三の実施の形態例 >

以下図 1 0 ~ 図 1 1 を参照して本発明の第三の実施の形態について説明する。本発明の第三の実施の形態は基本的には第一の実施の形態、第二の形態と同様であり、屈曲振動源としての圧電振動子 3 1 (第 1 の圧電振動子) と伸縮振動源としての圧電振動子 3 2 (第二の圧電振動子) から成る。相違点としては絶縁体となる圧電振動子 1 8 を有しない点であり、圧電振動子 3 1 と圧電振動子 3 2 は共通電極 3 6 e を有する。

40

以下第一の実施の形態の変形例を基に分極状態及び電極構造について説明する。

【 0 0 9 5 】

図 1 0 (A) は圧電素子 3 0 の側面 3 0 a を示す図であり、図 1 0 (F) は側面 3 0 b を示す図である。図 1 0 (B) は圧電振動子 3 1 の奇数番目の上面図および偶数番目の下面図であり、同図 (C) は圧電振動子 3 1 の奇数番目の下面図および偶数番目の上面図である。また、図 1 0 (D) は圧電振動子 3 2 の奇数番目の上面図および偶数番目の下面図であり、同図 (E) は圧電振動子 3 2 の奇数番目の下面図および偶数番目の上面図である。すなわち各圧電振動子の接合面は共通電極となる。

【 0 0 9 6 】

50

まず、圧電振動子 3 1 と圧電振動子 3 2 の分極状態について説明する。

圧電振動子 3 1 は、図 1 0 (B) および同図 (C) に示すように、縦方向に 2 分割するとともに横方向にも 2 分割することで生成する 4 つの分極領域 3 1 a , 分極領域 3 1 b , 分極領域 3 1 c , 分極領域 3 1 d を、積層方向に、互い違いに逆に分極した構造とする。すなわち、分極領域 3 1 a と分極領域 3 1 d は例えば上面が + となるように分極し、分極領域 3 1 b と分極領域 3 1 c は例えば上面が - になるように分極した状態となる。

また、圧電振動子 3 2 は、図 1 0 (D) および同図 (E) に示すように、ほぼ全面をひとつの分極領域として、積層方向に、例えば上面が + となるように分極する。

【 0 0 9 7 】

次に、圧電素子 3 0 の電極の構造について、図 1 0 を用いて説明する。

10

圧電素子 3 0 は、電極 3 6 a , 電極 3 6 b , 電極 3 6 c , 電極 3 6 d , 電極 3 6 e , 電極 3 6 f を有する。

このうち、電極 3 6 a ~ 3 6 e は圧電振動子 3 1 に信号を入力するための電極であり、電極 3 6 e , 3 6 f は圧電振動子 3 2 に信号を入力するための電極である。従って電極 3 6 e は圧電振動子 3 1 と圧電振動子 3 2 の電氣的な共通部となる。

【 0 0 9 8 】

電極 3 6 a は、圧電振動子 3 1 の分極領域 3 1 a の一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面 3 0 a に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 3 1 , 3 1 , 3 1 , 3 1 の分極領域 3 1 a , 3 1 a , 3 1 a , 3 1 a の上面は、側面 3 0 a に引き出された部分を介して連続している電極 3 6 a によって、すべて同一の電位となる。

20

【 0 0 9 9 】

同様に、電極 3 6 b は、圧電振動子 3 1 の分極領域 3 1 b の一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面 3 0 a に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 3 1 , 3 1 , 3 1 , 3 1 の分極領域 3 1 b , 3 1 b , 3 1 b , 3 1 b の上面は、側面 3 0 a に引き出された部分を介して連続している電極 3 6 b によって、すべて同一の電位となる。

【 0 1 0 0 】

また、電極 3 6 c は、圧電振動子 3 1 の分極領域 3 1 c の一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面 3 0 b に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 3 1 , 3 1 , 3 1 , 3 1 の分極領域 3 1 c , 3 1 c , 3 1 c , 3 1 c の一方の面は、側面 3 0 b に引き出された部分を介して連続している電極 3 6 c によって、すべて同一の電位となる。

30

【 0 1 0 1 】

同様に、電極 3 6 d は、圧電振動子 3 1 の分極領域 3 1 d の一方の面をほぼ覆っており、その一部は側面 3 0 b に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 3 1 , 3 1 , 3 1 , 3 1 の分極領域 3 1 d , 3 1 d , 3 1 d , 3 1 d の一方の面は、側面 3 0 b に引き出された部分を介して連続している電極 3 6 d によって、すべて同一の電位となる。

【 0 1 0 2 】

また、電極 3 6 e は、圧電振動子 3 1 の 4 つの分極領域 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c , 3 1 d の他方の面および圧電振動子 3 2 の分極領域 3 2 a の他方の面を覆っており、その一部は側面 3 0 a に引き出されている。すなわち、4 枚の圧電振動子 3 1 , 3 1 , 3 1 , 3 1 の 4 つの分極領域の他方の面と 4 枚の圧電振動子 3 2 , 3 2 , 3 2 , 3 2 の一方の面は、側面 3 0 a に引き出された部分を介して連続している電極 3 6 e によって、すべて同一の電位となる。

40

【 0 1 0 3 】

さらに、圧電振動子 3 1 において、電極 3 6 e を基準電極として、電極 3 6 a , 3 6 b , 3 6 c , 3 6 d に同一の駆動信号を入力すると、分極領域 3 1 a , 3 1 d が伸長する時には分極領域 3 1 b , 3 1 c は収縮し、また、逆に分極領域 3 1 a , 3 1 d が収縮する時には分極領域 3 1 b , 3 1 c は伸長する。従って、圧電振動子 3 1 は横方向に屈曲振動をする。

【 0 1 0 4 】

すなわち、同じ分極領域に入力される駆動信号は同一であるため、4 つの圧電振動子 3 1

50

、31、31、31はすべて同じ方向に屈曲振動をする。しかも変位方向に対して直交する方向に積層している為、4つの圧電振動子が寄与する歪は同一である。従って、圧電素子30には大きな屈曲振動が生じる。そして従来例の図13と異なり、圧電振動子31には曲げ振動のみが励振される。

【0105】

また、電極36fは、圧電振動子32の分極領域32aの上面をほぼ覆っており、その一部は側面30bに引き出されている。すなわち、4枚の圧電振動子32、32、32、32の分極領域32a、32a、32a、32aの上面は、側面30bに引き出された部分を介して連続している電極36fによって、すべて同一の電位となる。

【0106】

さらに、圧電振動子32において、電極36eを基準として、電極36fに駆動信号を入力すると、分極領域32aは伸長あるいは収縮するため、圧電振動子32は長手方向に伸縮運動をする。

【0107】

すなわち、同じ分極領域に入力される駆動信号は同一であるため、4枚の圧電振動子32、32、32、32は同一の伸縮振動をする。従って、圧電素子30には大きな伸縮振動が生じる。

【0108】

上述した構造を有する超音波モータ3の動作について、図11を用いて説明する。

図11は、超音波モータ3と交流電源6（信号源）との接続構造を示した図である。

すなわち、超音波モータ3において、圧電振動子31の電極36a、36b、36c、36dは位相反転回路19を介して、それぞれ交流電源6に接続される。また、圧電振動子32の電極36fは交流電源6の出力側に、電極36eは基準電位側に、それぞれ直接接続される。このため、電極36fに対して電極36a、36b、36c、36dに印加される信号は位相反転回路19により位相を変えられたものとなる。

なお、図11において、圧電素子30以外の超音波モータ3の構成要素は説明の都合上省略しており、また、ここでは便宜的に圧電素子30は圧電振動子31と圧電振動子32を一枚ずつ、一体的に積層させた構造としている。

【0109】

位相反転回路19で交流電源6からの信号の位相を逆転させない場合には超音波モータ3は図4と同様の駆動状態を示す。

【0110】

即ち、交流電源6の出力電位が基準電位より高くなるときは、圧電振動子31の分極領域31aおよび分極領域31dは長手方向に伸び、分極領域31bおよび分極領域31cは長手方向に縮まる。従って、圧電振動子31は、図4（C）の白抜き図に示すように屈曲し、その端面は矢印Yに示す方向に傾く。

【0111】

このとき、圧電振動子32は上述したように、ほぼ全面を分極領域31aと同一方向に分極しているため、図4（A）の白抜き図に示すように長手方向に伸び、その端面は矢印Xに示す方向に伸びる。

【0112】

また、交流電源6の出力電位が基準電位より低くなる時、圧電振動子31の端面は、矢印Yとは逆に矢印Y'の方向に傾き、また、圧電振動子32の端面は矢印Xとは180度逆の方向に縮まる。

【0113】

すなわち、圧電振動子31に生じる屈曲振動と圧電振動子32に生じる伸縮振動は合成され、その結果、圧電素子30の端面は、図4（D）の矢印Zに示す方向に楕円運動し、従って、超音波モータ3は、前記端面に圧接している移動体（図示省略）を矢印Zに示す方向に動かす。

【0114】

10

20

30

40

50

次に、位相反転回路 19 で交流電源 6 からの信号の位相を 180 度逆転した場合には図 5 (B) と同様の駆動状態となる。

【0115】

交流電源 6 の出力電位が基準電位より高くなると、圧電振動子 31 の分極領域 31a および分極領域 31d は長手方向に縮み、分極領域 31b および分極領域 31c は長手方向に伸びる。従って、圧電振動子 31 は、図 5 (C) の白抜き図に示すように屈曲し、その端面は矢印 Y' に示す方向に傾く。

【0116】

このとき、圧電振動子 32 は上述したように、ほぼ全面を分極領域 31a と同一方向に分極しているため、図 5 (A) の白抜き図に示すように長手方向に伸び、その端面は矢印 X に示す方向に伸びる。

10

【0117】

また、交流電源 6 の出力電位が基準電位より低くなると、圧電振動子 31 の端面は矢印 Y' とは逆に矢印 Y の方向に傾き、また、圧電振動子 32 の端面は矢印 X とは 180 度逆の方向に縮まる。

【0118】

このため、圧電素子 30 の端面は、図 5 (D) の矢印 Z' に示す方向に楕円運動し、従って、超音波モータ 3 は、前記端面に圧接している移動体 (図示省略) を矢印 Z' に示す方向、つまり図 4 (D) の矢印 Z とは逆の方向に動かす。

【0119】

20

すなわち、超音波モータ 3 の圧電振動子 31 の電極 36a, 36b, 36c, 36d を位相反転回路 19 を介して交流電源 6 に接続したので、交流電源 6 の信号の位相を逆転するかしないかを選択するだけで、超音波モータ 3 が移動体 34a を動かす方向を逆転できる。

【0120】

このように、本発明の第三の実施例としての超音波モータ 3 は、伸縮振動源としての圧電振動子 32, 32, 32, 32 を、屈曲振動源としての圧電振動子 31, 31, 31, 31 の上に一体的に積層させたので、例えば圧電振動子 31 の入力信号と圧電振動子 32 の入力信号を別個に設定・変更することにより、伸縮振動と屈曲振動とを別個に制御できる。

30

また、圧電振動子 31 の分極領域 31a, 31b, 31c, 31d のすべてに交流電源 6 から駆動信号を入力して屈曲振動させるので、屈曲振動のみが励振されるとともに、その駆動力は大きく超音波モータ 3 の出力は従来の超音波モータと比べて大きい。

また、圧電振動子 31 と圧電振動子 32 とをそれぞれ複数用いたので、その出力はさらに大きくなる。

【0121】

また、超音波モータ 3 は一つの入力信号によって駆動するので、自励発振回路の構成は簡単になり、従って、自励発振制御を容易に行える。

さらに、位相反転回路 19 により、信号の位相を逆転させるかさせないかを選択するだけで、超音波モータ 3 は移動体 14a の移動方向を切り替えることが出来る。

40

当然のことながら圧電振動子 31 と 32 に位相の異なる信号、例えば 90 度や -90 度の信号を加えても駆動できる。

【0122】

なお、本実施の形態例において、圧電素子 30 は、圧電振動子 31 を 4 枚一体的に積層させ、その上に圧電振動子 32 を 4 枚一体的に積層させたが、本発明はこれに限られるものではなく、圧電振動子 31 と圧電振動子 32 を交互に一体的に積層させた構造としてもよい。また、当然圧電振動子 31, 32 の枚数は任意に設定してよく、双方を同数とする必要もない。特に異数とすることにより二つの振動力を独立に制御できるため、要求されるモータの仕様に応じて枚数比が設定される。

また、電極 36a, 36b, 36c, 36d は別個である必要はなく、一つの電極として

50

短絡しても超音波モータ 3 は問題なく動作する。

【0123】

さらに、圧電振動子 31 の電極 36a, 36b, 36c, 36d を位相反転回路 19 を介して、交流電源 6 に接続したが、本発明はこれに限定されるものではなく、本実施の形態例とは逆に、圧電振動子 31 の電極 36a ~ 36d は交流電源 6 の一方側に、位相反転回路 19 を介さずに直接交流電源 6 に接続し、さらに圧電振動子 32 の電極 36f は位相反転回路 19 を介して交流電源 6 に接続してもよい。

【0124】

本実施の形態は第一の実施の形態や第二の実施の形態と比較して位相反転回路 19 を付加する分だけ駆動回路が複雑となるが、絶縁体となる圧電振動子 18 を有しない分、同スペースに駆動に寄与する圧電振動子 31, 32 を設けられる為、更に小型、高出力化が図れる。

また、従来例に示したような 90 度、もしくは -90 度位相がずれた信号を作り出す場合に比べ、信号を反転するだけで良いから回路構成は簡単となり自励発振回路も構成しやすい。

【0125】

< 第四の実施の形態例 >

図 12 は、本発明における超音波モータを電子機器に適用した超音波モータ付電子機器 6 のブロック図である。

超音波モータ付電子機器 6 は、所定の分極処理を施した圧電素子 31 と、圧電素子 31 に接合した振動体 32 と、振動体 32 により動かされる移動体 33 と、振動体 32 と移動体 33 とを加圧する加圧機構 34 と、移動体 33 と連動して動く伝達機構 35 と、伝達機構 35 の動作に基づいて運動する出力機構 36 と、を備えることにより実現する。

【0126】

ここで、圧電振動子 31 としては、圧電素子 10 あるいは圧電素子 20 を用いる。また、適宜交流電源（図示省略）との間にスイッチ 17a, 17b あるいはスイッチ 27a, 27b を設ける。

また、伝達機構 35 としては、例えば歯車、摩擦車等の伝達車を用いる。出力機構 36 には、例えば、カメラにおいてはシャッタ駆動機構やレンズ駆動機構などを、電子時計においては指針駆動機構やカレンダー駆動機構を、記憶装置に用いる場合は、該情報記憶装置内の記憶媒体に情報を読み書きするヘッドを駆動するヘッド駆動機構を、工作機械においては刃具送り機構や加工部材送り機構などを用いる。

また、超音波モータ付電子機器 6 としては、例えば、電子時計、計測器、カメラ、プリンタ、印刷機、工作機械、ロボット、移動装置、記憶装置などがある。

【0127】

この超音波モータ付電子機器 6 は、従来の超音波モータと比べて小型で出力の大きい超音波モータであり、駆動には回路構成が簡単な自励発振駆動を用いているので、超音波モータの大きさおよびその周辺回路は小型化するため、従来の電子機器と比べて小型化する。また、個々の厚みが薄い圧電振動子を複数積層して構成することで低電圧で駆動可能であり、電池電源で直接駆動できる。

なお、移動体 33 に出力軸を取り付け、出力軸からトルクを伝達するための動力伝達機構を有する構成にすれば、超音波モータ単体で駆動機構が構成される。

【0128】

【発明の効果】

本発明によれば、第 1 の圧電振動子は、同極性に分極した第 1 の分極領域と、前記第 1 の分極領域と逆極性に分極した第 2 の分極領域と、をほぼ全面に交互に配列し、これら複数の分極領域に同位相の駆動信号を入力するので、大きな屈曲振動を生む。また、前記第 1 の圧電振動子とは別個に設けられた伸縮振動源としての第 2 の圧電振動子は、大きな伸縮振動を生む。また、前記第 1 の圧電振動子と前記第 2 の圧電振動子とは一体的に形成されるので、屈曲振動と伸縮振動とは漏れなく合成される。従って、出力の大きな超音波モータ

10

20

30

40

50

タを作製できる。

また、従来と同一出力の場合は、超音波モータは小型化する。

また、第１の圧電振動子と第２の圧電振動子とを別個に制御することにより、伸縮振動と屈曲振動とを別個に制御できる。

さらに、超音波モータは一つの入力信号によって駆動するので、自励発信回路は簡単になり、従って、自励発信制御を容易に行える。

【０１２９】

また本発明によれば、上記記載の発明と同等の効果を得るほか、前記第１の圧電振動子と前記第２の圧電振動子とをそれぞれ複数用いたので、その出力はさらに大きくなる。

【０１３０】

また本発明によれば、前記同位相の信号源として同一の信号源を用いるので、前記超音波モータの周辺回路は簡単になる。

【０１３１】

更に本発明によれば、前記第１の圧電振動子と前記第２の圧電振動子のいずれか一方は、信号の位相を逆転させる切換手段を介して前記信号源に接続されるので、前記切換手段を切り替えるのみで、前記第１の圧電振動子と前記第２の圧電振動子のいずれか一方への入力信号は逆転し、従って超音波モータの駆動方向は逆転する。

【０１３２】

更に本発明によれば、スイッチング素子を用いて超音波モータの駆動方向を直接制御することが可能な為、駆動回路の構成は簡単となる。

【０１３３】

更に本発明によれば、従来の超音波モータと比べて出力の大きい上記記載の超音波モータを用いるので、超音波モータの大きさおよびその周辺回路は小型化するため、超音波モータ付電子機器は小型化する。

また、超音波モータの制御方法として自励発振制御を用いた場合は、超音波モータ付電子機器の可動部の位置決め精度は向上するとともに、電子機器の小型化が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】 本発明の第一の実施の形態例としての超音波モータ１の構成を示す図である。

【図２】 超音波モータ１に用いる圧電素子１０の構成を示す図である。

【図３】 圧電素子１０に用いる圧電振動子１１と圧電振動子１２と、電極１６a～１６gの構造を示す図である。

【図４】 超音波モータ１の動作を示す図である。

【図５】 超音波モータ１の動作を示す図である。

【図６】 本発明の第二の実施の形態例としての超音波モータ２の構成を示す図である。

【図７】 超音波モータ２の圧電素子２０に用いる圧電振動子２１と圧電振動子２２と、電極２６a～２６gの構造を示す図である。

【図８】 超音波モータ２の動作を示す図である。

【図９】 超音波モータ２の動作を示す図である。

【図１０】 圧電素子３０に用いる圧電振動子３１と圧電振動子３２と、電極３６a～３６fの構造を示す図である。

【図１１】 本発明の第三の実施の超音波モータ３の動作を示す図である。

【図１２】 本発明の第四の実施の形態例としての超音波モータ付電子機器６の構成を示すブロック図である。

【図１３】 従来例としての超音波モータ４および超音波モータ５の構成を示す図である。

【図１４】 従来例としての超音波モータ４および超音波モータ５を複数並列に用いる方法を示す図である。

【符号の説明】

１，２

超音波モータ

３

超音波モータ付電子機器

10

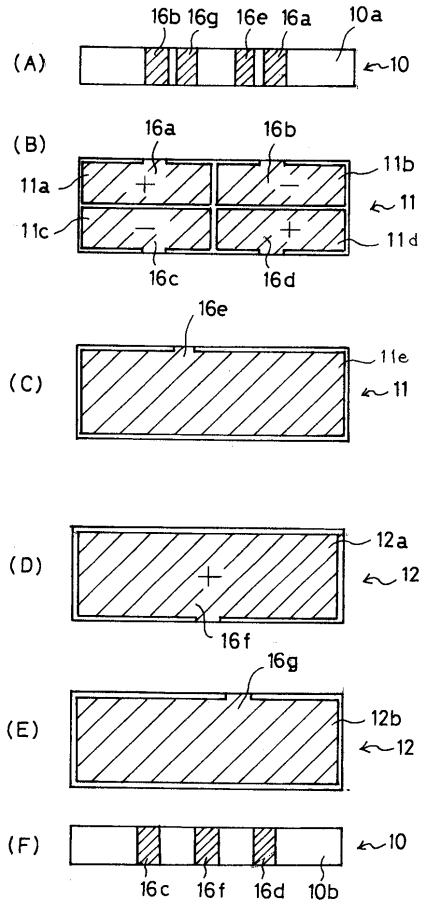
20

30

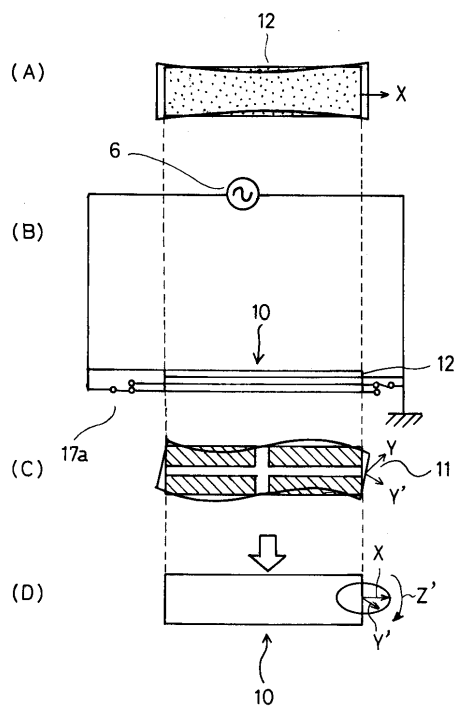
40

50

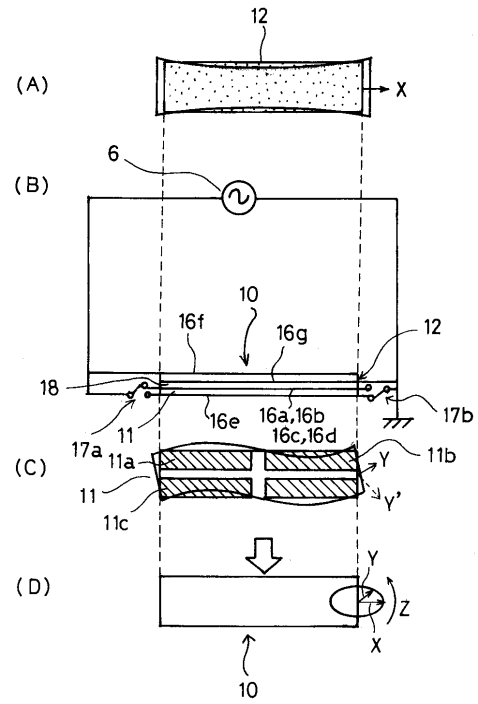
【図 3】



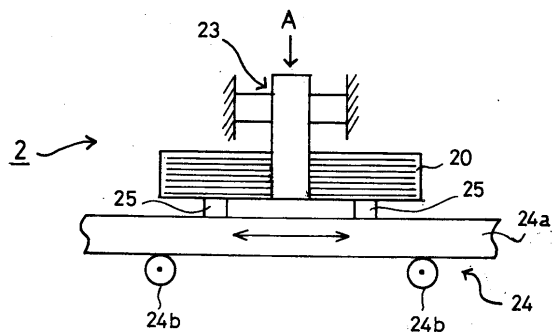
【図 5】



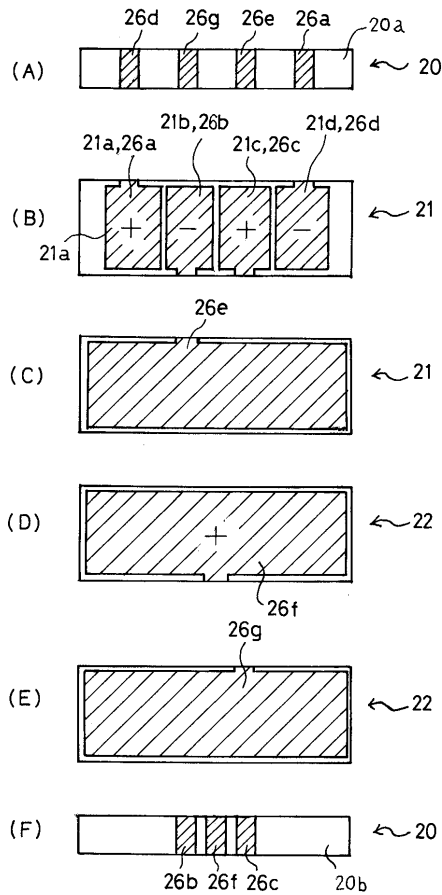
【図 4】



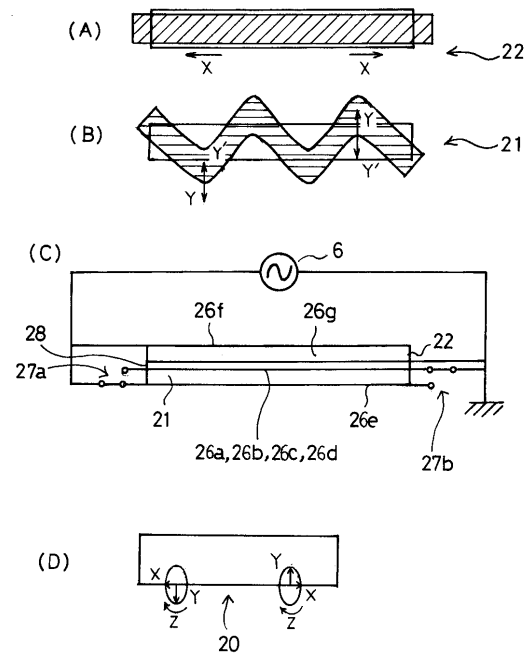
【図 6】



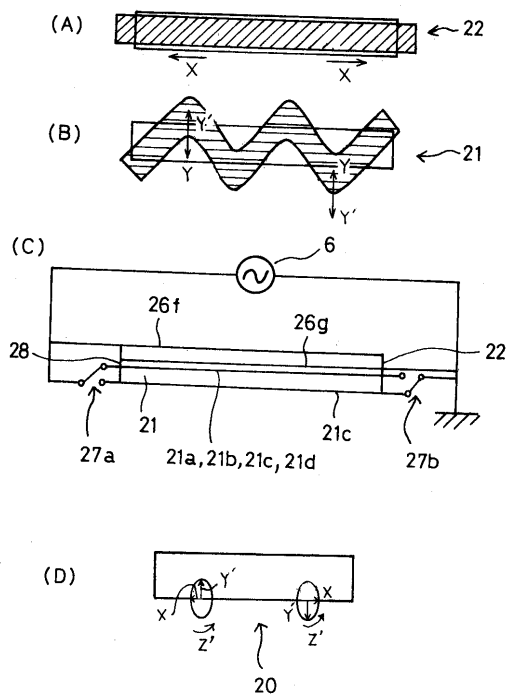
【図 7】



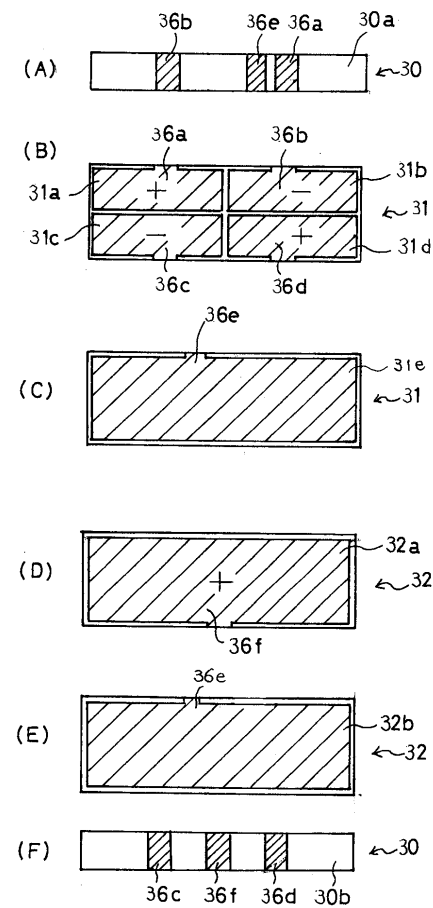
【図 8】



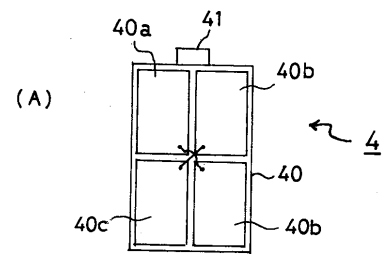
【図 9】



【図 10】



【 図 1 3 】

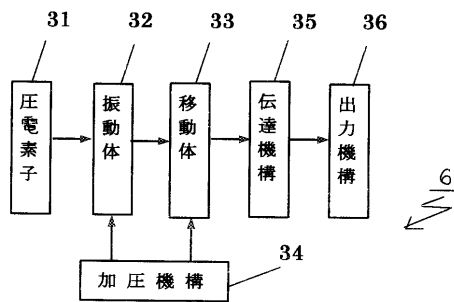


(B)

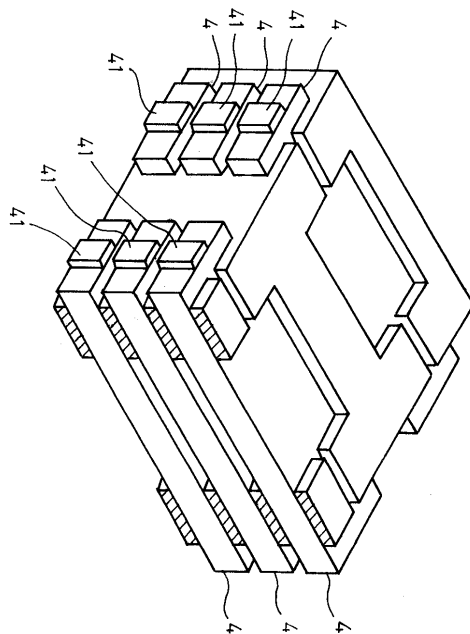
50a	Ch 1(Cos)	Ch 2(Sin)	50b
50c	Ch 2(Sin)	Ch 1(Cos)	50d

50

5



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 聖士

千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

審査官 仲村 靖

(56)参考文献 実開平 0 2 - 0 2 6 3 8 6 (J P , U)

特開昭 6 2 - 2 1 3 5 8 4 (J P , A)

特開平 0 8 - 2 3 7 9 7 1 (J P , A)

特開平 0 2 - 0 4 1 6 7 3 (J P , A)

特開平 0 8 - 1 0 7 6 8 6 (J P , A)

特開平 0 4 - 2 2 1 7 9 2 (J P , A)

特開平 0 7 - 2 7 3 3 8 4 (J P , A)

特開平 0 5 - 1 4 6 1 7 1 (J P , A)

特開平 1 0 - 2 1 0 7 7 0 (J P , A)

特開昭 6 3 - 0 6 9 4 7 2 (J P , A)

特開平 8 - 1 1 1 9 9 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02N 2/00

H01L 41/09