(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3614111号
(P3614111)
(45)発行日　平成17年1月26日(2005.1.26)　(24)登録日　平成16年11月12日(2004.11.12)

(51)Int.Cl.[7]		F I		
H02N	2/00	H02N	2/00	C
G04C	3/00	G04C	3/00	C
G04C	3/12	G04C	3/12	A
H01L	41/09	H01L	41/08	C
		H01L	41/08	K

請求項の数 5　(全 18 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2001-55800(P2001-55800)
(22)出願日　平成13年2月28日(2001.2.28)
(65)公開番号　特開2002-262587(P2002-262587A)
(43)公開日　平成14年9月13日(2002.9.13)
審査請求日　平成15年1月23日(2003.1.23)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100098084
弁理士　川▲崎▼　研二
(72)発明者　澤田　明宏
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　古畑　誠
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　赤羽　秀弘
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】圧電アクチュエータ、時計、携帯機器及び圧電アクチュエータにおいて押圧力を調整する調整方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

圧電素子と補強部とを積層してなる長板状の振動板と、前記振動板を支持する支持部材と、前記振動板の長手方向の端部が駆動対象に当接するように当該振動板をその面内方向に押圧する押圧手段と、前記押圧手段による押圧力を調整する調整手段とを具備し、前記圧電素子に駆動信号を供給することにより前記面内方向に伸縮および屈曲する振動を前記振動板に生じさせ、この振動に伴う前記端部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、

前記押圧手段は、所定の支持体に取り付けられた取付部と、前記調整手段が当接した状態で当該調整手段により前記面内方向に変位させられる調整手段当接部と、前記調整手段当接部の変位量に応じた押圧力にて前記支持部材を前記面内方向に押圧する支持部材当接部とを備える

圧電アクチュエータ。

【請求項２】

前記押圧手段の前記取付部および前記調整手段当接部は、前記振動板と平行に配置された板状の部材であり、前記調整手段当接部は、その側面に前記調整手段が当接した状態で当該調整手段により変位させられる

請求項１に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項３】

請求項１または２に記載の圧電アクチュエータと、

前記圧電素子に前記駆動信号を供給する駆動回路と、
前記駆動回路に電力を供給する電源と、
前記圧電アクチュエータによって駆動されるカレンダ表示車と
を具備することを特徴とする時計。
【請求項４】
請求項１または２に記載の圧電アクチュエータと、
前記圧電素子に前記駆動信号を供給する駆動回路と、
前記駆動回路に電力を供給する電源と、
前記圧電アクチュエータによって駆動される前記駆動対象と
を具備することを特徴とする携帯機器。
【請求項５】
圧電素子と補強部とを積層してなる長板状の振動板と、前記振動板を支持する支持部材と、前記振動板の長手方向の端部が駆動対象に当接するように当該振動板をその面内方向に押圧する押圧手段と、前記押圧手段による押圧力を調整する調整手段とを具備し、前記押圧手段が、所定の支持体に取り付けられた取付部と、前記調整手段に当接する調整手段当接部と、前記調整手段当接部の変位量に応じた押圧力にて前記支持部材を前記面内方向に押圧する支持部材当接部とを備えた圧電アクチュエータにおいて前記押圧力を調整する方法であって、
前記圧電素子に駆動信号を供給することにより前記面内方向に伸縮および屈曲する振動を前記振動板に生じさせ、この振動に伴う前記端部の変位によって前記駆動対象を駆動させる工程と、
前記駆動対象の駆動効率を測定しながら、前記調整手段が前記調整手段当接部に当接した状態で当該調整手段により前記調整手段当接部を前記面内方向に変位させることにより、前記駆動効率が高くなるように前記支持部材当接部による前記押圧力を調整する工程と
を有する調整方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、圧電素子を有する圧電アクチュエータ、この圧電アクチュエータを備えた時計および携帯機器、そして、この圧電アクチュエータにおいて押圧力を調整する調整方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近年、圧電素子の圧電効果を利用した各種の圧電アクチュエータが開発され、例えば腕時計型情報機器の分野に応用されている。
図２０は、圧電アクチュエータを備える腕時計のカレンダー表示機構の従来例を示す模式図である。同図に示すように、このカレンダー表示機構は、圧電アクチュエータＡ１、ロータ１、中間車２、および日や曜が表記されたリング状の日車３を備えている。
地板（支持体）４に軸支されるロータ１は、圧電アクチュエータＡ１によって図中矢印Ｙで示す方向に回転駆動させられるようになっている。このロータ１には、地板４に軸支される中間車２が噛合されており、中間車２には日車３が噛合されている。この構成により、圧電アクチュエータＡ１に駆動されるロータ１の回転に伴って日車３が図中矢印Ｚで示す方向に回転させられるようになっている。
【０００３】
次に、図２１に上記圧電アクチュエータＡ１の詳細な構成を示す。
図２１に示すように、圧電アクチュエータＡ１は、図面の左右方向に長く形成された長板状の振動板５を有している。振動板５の長手方向の端部には突起部６がロータ１側に向けて突設されている。また、振動板５の図面上側には、振動板５を地板４に支持する支持部材７が取り付けられ、振動板５の図面下側には、ばね部材８の一端が取り付けられている。ばね部材８の他端は、地板４に立設されたピン９に支持されている。これにより、振動

板５は図の上方に配置されたロータ１側に付勢され、突起部６がロータ１の側面に当接させられるようになっている。

【０００４】

振動板５は、交流電流が印加されると、突起部６をロータ１と当接した状態で、図中矢印Ｘで示す方向に振動する。この振動は突起部６を介してロータ１に伝達され、これを駆動力としてロータ１が矢印Ｙ方向に回転する。

この際、上述したようにばね部材８を設けることによって突起部６をロータ１側に付勢しているので、ロータ１へ上記駆動力を安定的に供給することができる。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

ロータ１に供給される駆動力は、突起部６をロータ１側に付勢する力（以下、押圧力と呼ぶ）によって大きく影響される。例えば、押圧力が大きすぎると、ロータ１のトルクが大きくなる一方、駆動するために必要とする電力が大きくなり、最悪の場合はロータ１を回転駆動させることができなくなる。また、押圧力が小さすぎると、振動板５の振動がロータ１にあまり伝達されないので駆動力が減少し、わずかな負荷でロータ１が停止したり、最悪の場合はロータ１を回転駆動させることができなくなる。

【０００６】

従って、この種の圧電アクチュエータを設計する段階では、ばね部材８の形状や弾性特性、突起部６の位置や形状、ロータ１の径、ピン９の位置、及び、ロータ１と振動板５との相対的な位置関係等の各種の条件を、厳密に計算しておく必要がある。

しかしながら、上述の条件は、製造ないし組立を行う段階で、どうしてもばらつきが生じてしまう。従って、予め設計段階で予想されるロータ１の駆動特性を実現できないおそれがあった。

【０００７】

本発明は、上記の事情を考慮してなされたものであり、所望の駆動特性を得ることが可能な圧電アクチュエータ、この圧電アクチュエータを備えた時計および携帯機器、及びこの圧電アクチュエータにおいて押圧力を調整する調整方法を提供することを目的とする。

【０００８】

【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、圧電素子と補強部とを積層してなる長板状の振動板と、前記振動板を支持する支持部材と、前記振動板の長手方向の端部が駆動対象に当接するように当該振動板をその面内方向に押圧する押圧手段と、前記押圧手段による押圧力を調整する調整手段とを具備し、前記圧電素子に駆動信号を供給することにより前記面内方向に伸縮および屈曲する振動を前記振動板に生じさせ、この振動に伴う前記端部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、前記押圧手段は、所定の支持体に取り付けられた取付部と、前記調整手段が当接した状態で当該調整手段により前記面内方向に変位させられる調整手段当接部と、前記調整手段当接部の変位量に応じた押圧力にて前記支持部材を前記面内方向に押圧する支持部材当接部とを備える。

この構成によれば、振動板の長手方向の端部を駆動対象側に押圧する押圧力を、駆動対象を効率良く駆動するのに適した大きさに調整することができる。

【０００９】

本発明の他の態様において、前記押圧手段の前記取付部および前記調整手段当接部は、前記振動板と平行に配置された板状の部材であり、前記調整手段当接部は、その側面に前記調整手段が当接した状態で当該調整手段により変位させられる。

【００１１】

本発明の他の態様において、前記調整手段は、前記支持体に対して回転可能に取り付けられ、前記調整手段当接部に当接する偏心カムである。より望ましくは、前記偏心カムには、調整を行う際に前記偏心カムの回転させるための調整部材が挿入される調整用穴が設けられる。

【００１３】

本発明の他の態様において、前記押圧手段は長手方向を有する部材で構成されており、前記押圧手段の前記支持部材当接部は、前記長手方向の一端に設けられ、前記押圧手段の前記調整手段当接部は、前記長手方向の他端に設けられ、前記押圧手段の取付部は、前記支持部材当接部と前記調整手段当接部との間の部位に、前記押圧手段が前記支持体に対して回転可能となるように設けられる。さらに他の態様において、前記押圧手段は長手方向を有する部材で形成されており、前記押圧手段の前記取付部は、前記長手方向の一端に、当該押圧手段が前記支持体に対して回転不能となるように設けられ、前記押圧手段の前記調整手段当接部は、前記長手方向の他端に設けられ、前記押圧手段の前記支持部材当接部は、前記取付部と前記調整手段当接部との間の部位に設けられる。これらの各態様において、前記押圧手段を形成する部材が湾曲している構成も採用され得る。

【００１６】

さらに他の態様において、前記押圧手段の前記支持部材当接部と、前記支持部材が前記支持部材当接部と当接する箇所とは、互いに係合する形状となっている。

【００１７】

また、前記支持部材が、前記振動板の補強部と一体に形成された構成としてもよい。

【００１８】

本発明の他の態様においては、前記押圧手段の取付部と、前記振動板の端部との位置関係によって、前記押圧手段によって押圧される方向が所望の方向に調整されている。

【００１９】

さらに他の態様において、前記押圧手段及び前記調整手段は、前記支持部材において、前記駆動対象に近づく方向及び遠ざかる方向に延びるように設けられたガイドと、前記ガイドを所定の支持体に固定する固定具とからなる。この態様において、前記ガイドが延びる方向は、例えば、前記押圧手段が前記振動板を前記駆動対象側に押圧するべき方向である。

【００２１】

本発明に係る時計は、上述した圧電アクチュエータと、前記圧電素子に前記駆動信号を供給する駆動回路と、前記駆動回路に電力を供給する電源と、前記圧電アクチュエータによって駆動されるカレンダ表示車とを具備する。

この構成によれば、振動板の長手方向の端部を駆動対象側に押圧する押圧力を、駆動対象を効率良く駆動するのに適した大きさに調整でき、この結果、カレンダ表示車を効率よく駆動できる。

【００２２】

本発明に係る携帯機器は、上述した圧電アクチュエータと、前記圧電素子に前記駆動信号を供給する駆動回路と、前記駆動回路に電力を供給する電源と、前記圧電アクチュエータによって駆動される前記駆動対象とを具備する

【００２３】

本発明に係る圧電アクチュエータの駆動方法は、圧電素子と補強部とを積層してなる長板状の振動板と、前記振動板を支持する支持部材と、前記振動板の長手方向の端部が駆動対象に当接するように当該振動板をその面内方向に押圧する押圧手段と、前記押圧手段による押圧力を調整する調整手段とを具備し、前記押圧手段が、所定の支持体に取り付けられた取付部と、前記調整手段に当接する調整手段当接部と、前記調整手段当接部の変位量に応じた押圧力にて前記支持部材を前記面内方向に押圧する支持部材当接部とを備えた圧電アクチュエータにおいて前記押圧力を調整する方法であって、前記圧電素子に駆動信号を供給することにより前記面内方向に伸縮および屈曲する振動を前記振動板に生じさせ、この振動に伴う前記端部の変位によって前記駆動対象を駆動させる工程と、前記駆動対象の駆動効率を測定しながら、前記調整手段が前記調整手段当接部に当接した状態で当該調整手段により前記調整手段当接部を前記面内方向に変位させることにより、前記駆動効率が高くなるように前記支持部材当接部による前記押圧力を調整する工程とを有する。

この構成によれば、振動板の長手方向の端部を駆動対象側に押圧する押圧力を、駆動対象を効率良く駆動するのに適した大きさに調整することができる。

【００２４】
【発明の実施の形態】
以下、図面を参照して本発明の一実施形態について説明する。本実施形態では、本発明に係る圧電アクチュエータによって駆動されるカレンダ表示機構を備えた腕時計を例示する。
【００２５】
Ａ．全体構成
まず、図１は、本発明の一実施形態に係る腕時計において、圧電アクチュエータＡを組み込んだカレンダ表示機構の主要構成を示す平面図である。同図に示すように、圧電アクチュエータＡは、面内方向（図の紙面と平行な方向）に伸縮振動する振動板１０を備えている。また、駆動対象となるロータ１００は地板１０３に回転自在に支持され、振動板１０と当接する位置に配置されており、振動板１０に生じる振動によってその外周面が叩かれると、時計方向に回転駆動されるようになっている。
リング状の日車５０は、減速輪列としての日回し中間車４０及び日回し車６０と、ロータ１００とを介して圧電アクチュエータＡに連結されており、ロータ１００の駆動に連動して回転駆動されるようになっている。
【００２６】
具体的には、上述したように振動板１０が面内方向に振動すると、まず、振動板１０と当接しているロータ１００が時計回りに回転させられる。ロータ１００の回転は、日回し中間車４０を介して日回し車６０に伝達され、この日回し車６０が日車５０を時計回り方向に回転させる。このように、振動板１０からロータ１００、ロータ１００から減速輪列、減速輪列から日車５０への力の伝達は、いずれも面内方向で行われる。このため、カレンダ表示機構を薄型化することができる。
【００２７】
図２は本発明の一実施形態に係る時計の断面図である。図において、網目部分に、上述した圧電アクチュエータＡを備えたカレンダ表示機構が組み込まれ、時計全体を薄型にするために、カレンダ表示機構が組み込まれる厚さＤも極めて薄くなる。カレンダ表示機構の上側には、円盤状の文字板７０が設けられている。この文字板７０の外周部の一部には日付を表示するための窓部７１が設けられており、窓部７１から日車５０の日付が覗けるようになっている。また、文字板７０の下側には、針７２を駆動する駆動機構７３、および後述する駆動回路（図示せず）が設けられている。このように、腕時計に内蔵される各種機構を以下、ムーブメントと呼ぶ
【００２８】
Ｂ．カレンダ表示機構の構成
次に、カレンダ表示機構の構成を、図１およびその断面図である図３を参照しつつ説明する。図３において、地板１０３は、各部品を配置するための板であり、底板１０３´は、地板１０３に対して部分的に段差を持った板である。
【００２９】
図３に示すように、圧電アクチュエータＡによって回転駆動されるロータ１００の上方（図面左方向）には、ロータ１００と同軸で、かつロータ１００によって回転させられる歯車１００ｃが設けられている。日回し中間車４０は、大径部４ｂとこれと同心を成すように固着され大径部４ｂよりも若干小径に形成された小径部４ａとから構成されており、ロータ１００に伴う歯車１００ｃの回転に伴って、歯車１００ｃと歯合する大径部４ｂが回転させられて中間車４０が回転させられるようになっている。小径部４ａの周面は略正方形状に切り欠かれ、切欠部４ｃが形成されている。
【００３０】
また、底板１０３´には日回し中間車４０のシャフト４１が形成されており、日回し中間車４０の内部にはシャフト４１と連結する軸受（図示せず）が形成されている。従って、日回し中間車４０は、底板１０３´に対して回転自在に設けられている。なお、ロータ１００も内部に軸受（図示せず）を有しており地板１０３に対して回転自在に軸支されてい

る。
【００３１】
次に、日車５０は、リング状の形状をしており、その内周面に内歯車５ａが形成されている。日回し車６０は五歯の歯車を有しており、内歯車５ａに噛合している。また、日回し車６０の中心にはシャフト６１が設けられており、日回し車６０を回転自在に軸支している。シャフト６１は、底板１０３′に形成された貫通孔６２に遊挿されている。貫通孔６２は日車５０の周回方向に沿って長く形成されている。
【００３２】
板ばね６３は、図１に示すように、その一端は底板１０３′に固定され、他端はシャフト６１を図１の右上方向に弾圧している。これにより、板ばね６３は、シャフト６１および日回し車６０を付勢する。また、この板ばね６３の付勢作用によって日車５０の揺動も防止される。
【００３３】
また、板ばね６４は、図１に示すように、一端が底板１０３′に軸部止めされており、その他端には略Ｖ字状に折り曲げられた先端部６４ａが形成されている。また、接触子６５は、日回し中間車４０が回転し先端部６４ａが切欠部４ｃに入り込んだときに板ばね６４と接触するように配置されている。板ばね６４には所定の電圧が印加されており、接触子６５に接触すると、その電圧が接触子６５にも印加される。従って、接触子６５の電圧を検出することによって、日送り状態を検出することができる。なお、内歯車５ａに噛合する手動駆動車を設け、ユーザが竜頭（図示せず）に対して所定の操作を行うと、日車５０を駆動するようにしてもよい。
【００３４】
Ｃ．圧電アクチュエータの構成
次に、本実施形態に係る圧電アクチュエータＡについて、図３ないし図５を参照しながら説明する。
図４に示すように、圧電アクチュエータＡは、図の左右方向に長く形成された長板状の振動板１０と、この振動板１０を地板１０３（図３参照）に支持する支持部材１１と、この支持部材１１に係合されるばね部材１２と、このばね部材１２に当接される押圧調整カム１３とを備えている。
【００３５】
振動板１０の長手方向の端部３５には、突起部３６がロータ１００側に向けて突設されている。このような突起部３６を設けることにより、ロータ１００との接触面の状態等を維持するために突起部３６に対してのみ研磨等の作業を行えばよいので、ロータ１００との接触部の管理が容易となる。また、突起部３６としては、導体または非導体のものを用いることができるが、非導体から形成するようにすれば、一般的に金属から形成されるロータ１００と接触しても圧電素子３０，３１が短絡しないようにすることができる。
【００３６】
また、突起部３６は、平面的に視てロータ１００側に突出した曲面形状になされている。このようにロータ１００と当接する突起部３６を曲面形状にすることにより、ロータ１００と振動板１０の位置関係が、寸法ばらつき等によりばらついた場合であっても、曲面であるロータ１００の外周面と曲面形状の突起部３６との接触状態がさほど変化しないようにしている。従って、ロータ１００と突起部３６の接触を安定した状態で維持させている。
【００３７】
振動板１０の長手方向の中央部付近には、略Ｌ字状の支持部材１１の一端部１１ａが取り付けられている。支持部材１１は一端部１１ａから振動板１０の長手方向にほぼ直交する方向からロータ１００側に屈曲しており、この屈曲している支持部材１１の他端部１１ｂは、軸部１１ｃにより地板１０３（図１参照）に回動自在に支持されている。この支持部材１１を図中矢印Ｗの方向に回動させようとすることによって、振動板１０をロータ１００に確実に押圧することが可能となる。

なお、支持部材１１は、振動板１０を構成する後述の補助板３２と一体に形成されてもよい。

【００３８】

支持部材１１における振動板１０の長手方向と略平行に延在する部位１１ｄには、ばね部材１２の一端部１２ａが係合されている。ここで、図３に示すように、ばね部材１２の主要な部位は、振動板１０の振動を妨げることがないように、振動板１０と地板１０３との間に収まるように設けられており、上述した一端部１２ａのみが図の上方向（図３の左方向）に延びるようにばね部材１２に立設されている。このばね部材１２は、一端部１２ａと他端部１２ｃとの間の部位において、軸部１２ｂによって地板１０３に回動自在に支持されている。

【００３９】

また、図４に示すように、ばね部材１２の他端部１２ｃは、偏心形状の押圧調整カム１３に当接されている。この押圧調整カム１３は、通常の動作時には、ねじ１３ａによって地板１０３に固定されているが、押圧力の調整時には、ねじ１３ａが緩められてねじ１３ａを中心として回転可能となる。また、押圧調整カム１３には、押圧力の調整時に図示せぬ調整用端子を挿入するための端子案内穴１３ｂが設けられている。なお、この押圧力の調整は、後述するように、手作業による調整も可能であるし、腕時計のムーブメントを自動的に組み立てる自動組立機によって調整することも可能である。

【００４０】

図５は、押圧調整カム１３が地板１０３に固定された様子を示す断面図である。図５に示すように、押圧調整カム１３は、貫通穴１３ｅを有しており、この貫通穴１３ｅには、地板１０３に立設されたねじ受け部１３ｄが挿入される。ねじ受け部１３ｄの内側には、ねじ１３ａと螺合するねじ山が刻設されている。

【００４１】

押圧調整カム１３と地板１０３の間にはスペーサ１１３ｃが介在しており、ねじ１３ａが締め付けられることによって、押圧調整カム１３は地板１０３に固定される。押圧力の調整の際には、ねじ１３ａが緩められ、これによって押圧調整カム１３は、ねじ１３ａないしねじ受け部１３ｄを中心として回転可能となる。この際、端子案内穴１３ｂには、ほぼＬ字形状の調整用端子１３ｆが調整作業者によって挿入され、この調整用端子１３ｅが調整作業者の手で動かされることによって、押圧調整カム１３が回転させられる。

【００４２】

例えば、押圧調整カム１３を回転させて図４に示す点線に示すようにして他端部１２ｃに当接させれば、ばね部材１２の他端部１２ｃは軸部１２ｂを中心として図中時計回りに変位し、これにより、ばね部材１２の一端部１２ａが支持部材１１の部位１１ｄを上方側に押圧する力が増加する。また、押圧調整カム１３を図中実線に示すようにして他端部１２ｃに当接させれば、ばね部材１２の他端部１２ｃが軸部１２ｂを中心として反時計回りに変位し、これにより、ばね部材１２の一端部１２ａが支持部材１１の部位１１ｄを上方側に押圧する力が減少するようになっている。

そして、支持部材１１を上方側に押圧する力が増加すると、振動板１０の突起部３６がロータ１００を押圧する押圧力が増大する。一方、支持部材１１を上方側に押圧する力が減少すると、振動板１０の突起部３６がロータ１００を押圧する押圧力が減少する。

このように、押圧調整カム１３を回転させて他端部１２ｃの位置を調整することにより、突起部３６がロータ１００に付与する押圧力を調整することができ、これによりロータ１００の駆動調整が可能となる。

【００４３】

次に、前述した振動板１０の構成について説明する。

図６に示すように、振動板１０は、２つの長方形状の圧電素子３０，３１の間に、これらの圧電素子３０，３１とほぼ同形状であり、かつ圧電素子３０，３１よりも肉厚の薄いステンレス鋼などの補強板３２を配置した積層構造となっている。

このように圧電素子３０，３１の間に補強板３２を配置することによって、振動板１０の

過振幅や落下などによる外部からの衝撃力に起因する振動板１０の損傷を低減し、耐久性を向上させている。また、補強板３２としては、圧電素子３０，３１よりも肉厚の薄いものを用いることにより、圧電素子３０，３１の振動を極力妨げないようにしている。なお、上述した支持部材１１を当該補強板３２と一体形成すれば、製造工程を簡略化することができる。

【００４４】

また、上下に配置された圧電素子３０，３１の面上には、この圧電素子３０，３１のほぼ全面を覆うように電極３３がそれぞれ配置されている。そして、これらの電極３３を介して圧電素子３０，３１に、駆動回路５００から駆動信号が供給されるようになっている。

【００４５】

ここで、圧電素子３０，３１としては、チタン酸ジルコニウム酸鉛（ＰＺＴ（商標））、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、ポリフッ化ビニリデン、亜鉛ニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等の各種のものを用いることができる。ここで、亜鉛ニオブ酸鉛の組成式は、［Ｐｂ（$Zn_{1/3}$－$Nb_{2/3}$）O_3　）$_{1-X}$　（$PbTiO_3$）$_X$］、（但し、Ｘは組成により異なり、Ｘ＝０．０９程度）となり、スカンジウムニオブ酸鉛の組成式は、［｛Ｐｂ（（$Sc_{1/2}$－$Nb_{1/2}$）$_{1-X}$　Ti_X）O_3］、（但し、Ｘは組成により異なり、Ｘ＝０．０９程度）となる。

【００４６】

圧電素子３０，３１の分極方向が逆の場合には、例えば図７に示すように、上面、中央、下面の電位が各々＋Ｖ、０、＋Ｖ（もしくは－Ｖ、０、－Ｖ）となるように駆動回路５００から駆動信号を印加すれば、板状の圧電素子が伸び縮みするように変位することになり、本実施形態ではこのような伸縮による変位を利用している。なお、圧電素子３０，３１の分極方向を同一となるようにした場合、上面、中央、下面の電位が各々＋Ｖ、０、－Ｖ（もしくは－Ｖ、０、＋Ｖ）となるように電圧を印加すればよい。

【００４７】

このように構成される振動板１０は、駆動回路５００から電極３３，３３を介して圧電素子３０，３１に交流の駆動信号が印加されると、圧電素子３０，３１には、長手方向に伸縮する振動が発生する。その際、図８に示すように、圧電素子３０，３１が長手方向に伸縮することにより、振動板１０が長手方向に伸縮する縦振動で振動するようになっており、これにより振動板１０は図４中矢印Ｘで示す方向に振動することになる。

このように圧電素子３０，３１への駆動信号の印加によって振動板１０が電気的に縦振動で励振すると、振動板１０の重量バランスのアンバランスさによって振動板１０の重心を中心とした回転モーメントが発生する。この回転モーメントによって、図９に示すように、振動板１０が幅方向（図４の上下方向）に揺動する屈曲振動が誘発されるようになっている。本実施形態では、より大きな屈曲振動を誘発させるために、振動板１０の突起部３６が設けられた側と反対側の端部１６にバランス部１８を設けることにより、より大きな回転モーメントを発生させるようにしている。

【００４８】

このように、振動板１０に縦振動と屈曲振動とを生じさせ、両者が結合されることにより、振動板１０の突起部３６におけるロータ１００との接触部分は、図１０に示すように、楕円軌道に沿って移動することになる。そして、突起部３６が楕円軌道を描くことにより、突起部３６がロータ１００側に膨らんだ位置にあるときに、突起部３６がロータ１００に対して押圧接触し、一方突起部３６がロータ１００側から待避した位置に膨らんだ位置にあるときには、突起部３６がロータ１００から離間（或いは、接触していても押圧力が小さくなる）する。従って、圧電アクチュエータＡは、両者の押圧力の大きい間、つまり突起部３６がロータ１００側に膨らんだ位置にある時、突起部３６の変位方向にロータ１００を回動駆動させるのである。

【００４９】

Ｄ．圧電アクチュエータの駆動動作

以下、図１１を参照しながら、上記構成からなる圧電アクチュエータＡの駆動動作につい

て説明する。
同図に示すように、駆動回路５００は、午前０時検出手段５０１と、制御回路５０３と、日送り検出手段５０２と発振回路５０４とを備えている。午前０時検出手段５０１は、駆動機構７３（図２参照）に組み込まれた機械的なスイッチであり、午前０時になると、制御信号を出制御回路５０３に出力する。また、日送り検出手段５０２は、上述した板ばね６４と接触子６５（図１参照）を主要部とするものであり、板ばね６４と接触子６５が接触する、即ち日送り終了を検出すると制御信号を制御回路５０３に出力する。
【００５０】
制御回路５０３は、午前０時検出手段５０１から供給される制御信号と日送り検出手段５０２から供給される制御信号とに基づいて、発振制御信号を発振回路５０４に出力する。この発振制御信号は、午前０時検出手段５０１によって午前０時が検出された時点でローレベルからハイレベルに立ち上がり、この後、日送り検出手段５０２によって日送り終了が検出されるとハイレベルからローレベルに立ち下がる。
発振回路５０４は、発振制御信号がハイレベルのとき給電され、ローレベルのとき給電が停止されるようになっており、自身への給電が行われている間は、所定周波数の駆動信号を電極３３，３３を介して圧電素子３０，３１に供給する。この駆動信号の供給に応じて圧電素子は、前述したような伸縮動作を行う。
【００５１】
上述したように日回し中間車４０は１日に１回転するが、その期間は午前０時から開始する限られた時間である。従って、発振回路５０４は当該期間のみ発振していれば足りる。この例の駆動回路５００にあっては、発振回路５０４への給電をハイレベル又はローレベルの発振制御信号によって制御することにより、日回し中間車４０を回動させる必要のない期間は、発振回路５０４の動作を完全に停止させている。従って、発振回路５０４の消費電力を削減することができる。
【００５２】
Ｅ．カレンダ表示機構の動作
次に、上記構成の圧電アクチュエータＡを備えたカレンダ表示機構の自動更新動作について図１および図１１を参照しつつ説明する。
各日において午前０時になると、図１１に示す午前０時検出手段５０１によって午前０時になったことが検出され、制御回路５０３から発振制御信号が発振回路５０４に出力される。これにより、発振回路５０４から所定周波数の駆動信号が電極３３，３３を介して圧電素子３０，３１に供給される。
【００５３】
駆動回路５００からの駆動信号が電極３３，３３に印加されると、圧電素子３０，３１が伸縮によって撓み振動し、振動板１０が縦振動する。
この際、上述したように圧電素子３０，３１の分極方向を同一となるようにした場合には、上面、中央、下面の電位が各々＋Ｖ、０、－Ｖ（もしくは－Ｖ、０、＋Ｖ）となるように電圧を印加する。また、圧電素子３０，３１の分極方向が逆の場合には、上面、中央、下面の電位が各々＋Ｖ、０、＋Ｖ（もしくは－Ｖ、０、－Ｖ）となるように電圧を印加する。
そして、振動板１０が縦方向に電気的に励振されると、振動板１０の重量バランスのアンバランスさによって機械的に屈曲振動が誘発される。そして、縦振動と屈曲振動が合わさることにより、突起部３６が楕円軌道に沿って変位し、ロータ１００を駆動する。
【００５４】
このように駆動回路５００によって圧電アクチュエータＡが駆動されることにより、図１に示すロータ１００が図４中時計回り方向に回転し、これに伴って日回し中間車４０が反時計回り方向に回転を開始する。
【００５５】
ここで、駆動回路５００は、図１に示す板ばね６４と接触子６５が接触した時に駆動信号の供給を停止するように構成されている。板ばね６４と接触子６５とが接触する状態では

先端部６４ａが切欠部４ｃに入り込んでいる。従って、日回し中間車４０は、そのような状態から回転を開始する。

【００５６】

日回し車６０は板ばね６３によって時計回り方向に付勢されているため、小径部４ａは日回し車６０の歯６ａ，６ｂに摺動しつつ回転することになる。その途中で切欠部４ｃが日回し車６０の歯６ａの位置に達すると、歯６ａが切欠部４ｃと噛合する。

【００５７】

次に、日回し中間車４０が引き続き反時計回り方向に回動すると、日回し車６０は日回し中間車４０に連動して１歯分、即ち「１／５」周だけ時計回り方向に回動する。さらに、これに連動して、日車５０が時計回り方向に１歯分（１日分の日付範囲に相当する）だけ回動される。なお、月内の日数が「３１」に満たない月の最終日においては、上記動作が複数回繰返され、暦に基づく正しい日が日車５０によって表示されることになる。

【００５８】

そして、日回し中間車４０が引き続き反時計回り方向に回動して、切欠部４ｃが板ばね６４の先端部６４ａの位置に達すると、先端部６４ａが切欠部４ｃに入り込む。すると、板ばね６４と接触子６５とが接触して、駆動信号の供給が終了し、日回し中間車４０の回転が停止する。従って、日回し中間車４０は、１日に１回転することになる。

【００５９】

Ｆ．押圧力の大きさの調整手順

次に、押圧調整カム１３を回転させて、ロータ１００に供給される押圧力の大きさを調整する手順について説明する。

腕時計のムーブメント組立工程において、調整作業者は、アクチュエータＡが搭載されたムーブメントを、ロータ１００の回転数を検知するための図示せぬ回転数センサにセットする。この回転数センサとしては、例えばレーザ変位計等のように、検出対象に対して非接触のまま回転数を検出するセンサが望ましい。

【００６０】

次いで、調整作業者は、所定の操作を行って駆動回路５００を調整モードに移行させる。これに応じて、制御回路５０３から発振制御信号が発振回路５０４に出力され、発振回路５０４から所定周波数の駆動信号が電極３３，３３を介して圧電素子３０，３１に供給される。これによって、振動板１０が振動し、突起部３６の変位に伴ってロータ１００が駆動し始める。

【００６１】

次に、調整作業者は、マイナスドライバでねじ１３ａを緩め、この状態で調整用端子１３ｅを端子案内穴１３ｂに挿入して徐々に押圧調整カム１３を回転させる。

この際、調整作業者は、回転数センサの検出値を図示せぬモニタ等で監視しながら、押圧調整カム１３を少なくとも１回転以上させる。そして、回転数センサの検出値が最高になるように押圧調整カム１３の向きを調整する。

このような向きが定まったならば、調整作業者は、ねじ１３ａを締めて押圧調整カム１３を地板１０３に固定させる。

なお、この押圧力の調整は、上記のような手作業による調整の他、腕時計のムーブメントを自動的に組み立てる自動組立機によって調整することも可能である。

【００６２】

Ｇ．押圧方向の調整

さて、調整作業者は上記のようにして押圧力の大きさを調整することが可能であるが、ロータ１００の駆動効率を向上させるという観点からは、その押圧力がどの方向に加えられるかということも重要な条件である。

本出願人は、この点に関して考察を行った結果、押圧力の方向（以下、押圧方向と呼ぶ）についてはロータ１００と支持部材１１との位置関係によって調整することが可能であることを導きだした。以下では、それぞれ異なる３つの押圧方向を例に挙げて説明する。

【００６３】

図１２は、振動板１００の振動方向と平行な方向に押圧力を加える場合の、圧電アクチュエータＡとロータ１００との位置関係を示す平面図である。
同図において点線で示す直線Ｐ１は、支持部材１１の軸部１１ｃの中心と、突起部３６がロータ１００と当接する点（以下、当接点と呼ぶ）とを結んだ直線である。この直線Ｐ１は、振動板１０の振動方向と直交する関係にある。振動板１０は、ばね部材１２によって図面上方向に力が加えられる結果、軸部１１ｃを中心として反時計回りに回動しようとする。即ち、突起部３６は、ロータ１００に対して、図中矢印Ｌ方向に押圧力を加えることになる。

【００６４】

次に、図１３は、振動板１００の振動方向と直交する方向に押圧力を加える場合の、圧電アクチュエータＡとロータ１００との位置関係を示す平面図である。同図において点線で示す直線Ｐ２は、上記直線Ｐ１と同様に、軸部１１ｃの中心と当接点とを結んだ直線である。この直線Ｐ２は、振動板１０の振動方向と平行な関係にある。振動板１０は、ばね部材１２によって図面上方向に力が加えられる結果、軸部１１ｃを中心として時計回りに回動しようとする。即ち、突起部３６は、ロータ１００に対して、図中矢印Ｍ方向に押圧力を加えることになる。

【００６５】

次に、図１４は、ロータ１００のほぼ中心点に向かう方向に押圧力を加える場合の、圧電アクチュエータＡとロータ１００との位置関係を示す平面図である。同図において点線で示す直線Ｐ３は、上記直線Ｐ１１と同様に、軸部１１ｃの中心と当接点とを結んだ直線である。この直線Ｐ３は、振動板１０の振動方向とほぼ４５°の角度をなす関係にある。振動板１０は、ばね部材１２によって図面上方向に力が加えられる結果、軸部１１ｃを中心として反時計回りに回動しようとする。即ち、突起部３６は、ロータ１００に対して、図中矢印Ｎ方向に押圧力を加えることになる。

【００６６】

なお、上に例示した押圧力の方向は単なる一例であり、実際には、ばね部材１２の形状や弾性特性、突起部３６の位置や形状、ロータ１００の径等の条件によって、最適な押圧方向が定められるようになっている。

【００６７】

以上説明したように、本実施形態では、腕時計といった限られたスペースに設置可能な薄型の圧電アクチュエータＡにおいて、この圧電アクチュエータＡによってロータ１００に与えられる押圧力を容易に調整することが可能となる。また、
ロータ１００と支持部材１１との位置関係を変えることによって、所望の押圧方向を実現することが可能である。
このようにしてロータ１００に対し適切な押圧力を与えることができれば、カレンダ表示機構を効率よく駆動することができる。

【００６８】

Ｈ．変形例
本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、以下に例示するような種々の変形が可能である。
（１）ばね部材１２の形状
実施形態で例示したばね部材１２の形状は、圧電アクチュエータＡを搭載する機器の空きスペースに応じて、様々な形状をとり得る。
例えば、図３に示す振動板１０と地板１０３との間に空きスペースがあれば、そのスペースにばね部材１２を設けてもよい。図１５は、この場合における圧電アクチュエータＡの構成を示す平面図である。同図に示すように、ばね部材１２は、軸部１２ｂ近傍から、振動板１０に向かう方向にほぼU字形状をなすように湾曲している。このような構成においても、押圧調整カム１３を回転させることにより、ばね部材１２を介して振動板１０を上方向（図面上方向）に押し上げることができる。

【００６９】

また、ばね部材１２は軸部１２ｂを中心として回転可能であったが、必ずしもそうである必要はない。
図１６は、ばね部材１２が地板１０３に固定されている場合の圧電アクチュエータＡの構成を示す図である。同図において、ばね部材１２は、軸部１２ｄによって地板１０３に対し変位不能に固定されている。この際、ばね部材１２は、軸部１２ｄと他端１２ｃとの間の部位が振動板１０の方向に凸上にたわんだ状態になっており、他端１２ｃは押圧調整カム１３に当接している。即ち、押圧調整カム１３は、ばね部材１２が弾性によって振動板１０方向に復元しようとする力を抑える役目を果たしている。この場合も、押圧調整カム１３を回転させることにより、ばね部材１２を介して振動板１０を上方向（図面上方向）に押し上げる力を調整することができる。

【００７０】
（２）押圧手段及び調整手段の形態
実施形態においては、ロータ１００に押圧力を与える押圧手段として、ばね部材１２を用い、その押圧力を調整する調整手段として、押圧調整カム１３を用いていた。しかし、これに限定されることはなく、例えば以下のような構成としてもよい。
図１７は、圧電アクチュエータＡの構成を示す平面図である。
同図に示すように、支持部材１１には、振動板１０の振動方向Ｘとほぼ平行な方向にガイド１１ｅが設けられている。このガイド１１ｅは、支持部材１１を紙面垂直方向に貫通して設けられており、支持部材１１は、このガイド１１ｅに挿入された軸部１１ｆ及び１１ｇによって地板１０３に固定されている。調整作業者は、支持部材１１を、ガイド１１ｅが延びる方向（図中左右方向）に様々に変位させ、ロータ１００に与える押圧力を調整することができる。この場合、押圧力の方向は、図中矢印Ｎで示す方向になる。そして、調整作業者は、所望の駆動特性が得られる位置に、支持部材１１を軸部１１ｆ及び１１ｇによって固定すればよい。

【００７１】
また、図１８に示すように、振動板１０の振動方向Ｘとほぼ直交する方向にガイド１１ｅを設けてもよい。この場合、押圧力の方向は、図中矢印Ｍで示す方向になる。

【００７２】
また、図１９に示すように、振動板１０の振動方向Ｘとほぼ４５°の角度をなす方向にガイド１１ｅを設けてもよい。この場合、押圧力の方向は、図中矢印Ｎで示す方向になる。
ただし　上述した押圧力の方向は単なる一例であり、実施形態で述べたように、実際には、各種の条件によって最適な押圧方向を定めるようにすればよい。

【００７３】
（３）ロータ１００と振動板１０の位置関係
振動板１０の寸法によっては、縦振動の共振周波数と屈曲振動の共振周波数との大小関係が、実施形態で想定したものと異なる場合がある。このような振動板１０を採用した場合、振動板１０の変位による突起部３６の楕円軌道が逆方向となり、ロータ１００を駆動する方向が図４中反時計回り（上記実施形態とは逆方向）となる。従って、このような場合には、ロータ１００と振動板１０の位置関係を必要な駆動方向に応じて上記実施形態から変更する必要がある。
また、ロータ１００と日回し車５０との間に介在する中間歯車の数は、実施形態で例示したものに限らず、任意である。中間歯車の数によってロータ１００を回転すべき方向が定まってくるため、これに応じてロータ１００と振動板１０の位置関係を変更する必要がある。

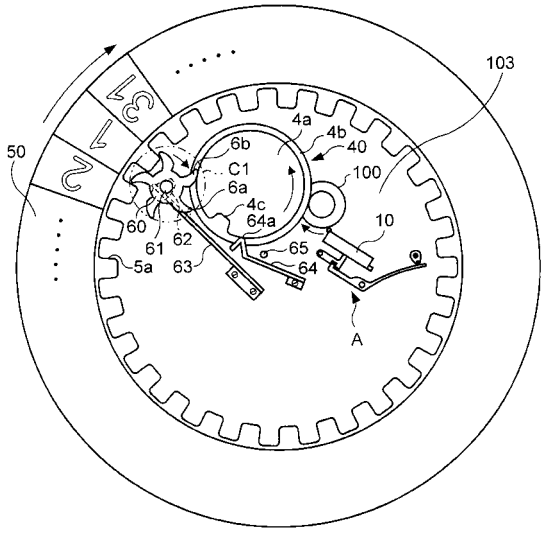
【００７４】
（４）振動板１０の形状
また、上述した実施形態では、矩形状の振動板１０を用いるようにしていたが、振動板１０の形状は矩形状に限るものではなく、長手方向を有する形状であればよく、例えば台形状、平行四辺形状、ひし形状、三角形状等の様々な形状のものを用いることができる。

【００７５】

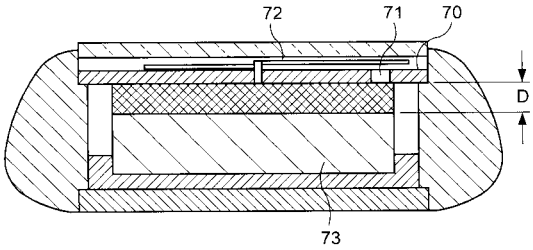
（５）圧電アクチュエータを搭載する機器のバリエーション
また、上述した実施形態では、圧電アクチュエータＡを腕時計に搭載されるカレンダ表示機構の駆動源として採用した場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の種類の機器、例えば玩具などのアミューズメント機器の駆動機構や小型送風機の駆動機構に適用することが可能である。また、上述したように圧電アクチュエータＡは、薄型化、小型化が可能であり、かつ高効率での駆動が可能であるため、電源駆動される携帯機器等に搭載するアクチュエータとして好適である。
【００７６】
（６）圧電アクチュエータＡの駆動形態
また、上述した実施形態では、振動板１０が振動することにより、突起部３６に当接しているロータ１００を回転駆動する場合を例示したが、これに限らず、駆動対象を直線状に駆動するリニアアクチュエータに本発明を適用することも可能である。
【００７７】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明によれば、圧電アクチュエータが駆動対象を押圧する押圧力を容易に調整することが可能となる。これによって、前述した製造ないし組立時に発生するばらつきに影響を受けることなく、好適な駆動特性を実現することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施形態に係る腕時計におけるカレンダ表示機構の主要部の構成を示す平面図である。
【図２】同実施形態における腕時計の概略構成を示す側断面図である。
【図３】同実施形態におけるカレンダ表示機構の主要部を示す断面図である。
【図４】同実施形態におけるカレンダ表示機構の構成要素である圧電アクチュエータの構成を示す平面図である。
【図５】同実施形態における圧電アクチュエータが備える押圧調整カムを示す断面図である。
【図６】同実施形態における圧電アクチュエータの構成要素である振動板を示す断面図である。
【図７】同実施形態における振動板の圧電素子に電圧を印加する際の概略の駆動構成を示す図である。
【図８】同実施形態における振動板が縦振動する様子を模式的に示す図である。
【図９】同実施形態における振動板が屈曲振動する様子を模式的に示す図である。
【図１０】同実施形態における振動板の振動時における突起部の軌道を説明するための図である。
【図１１】同実施形態における圧電アクチュエータに駆動信号を供給する駆動回路の構成を示す図である。
【図１２】同実施形態において、押圧力を振動板の振動方向と平行な方向に加える場合の、圧電アクチュエータとロータとの位置関係を示す平面図である。
【図１３】同実施形態において、押圧力を振動板の振動方向と直交する方向に加える場合の、圧電アクチュエータとロータとの位置関係を示す平面図である。
【図１４】同実施形態において、押圧力をロータの中心点に向かう方向に加える場合の、圧電アクチュエータとロータとの位置関係を示す平面図である。
【図１５】同実施形態の変形例における圧電アクチュエータの形状を示す平面図である。
【図１６】同実施形態の変形例における圧電アクチュエータの形状を示す平面図である。
【図１７】同実施形態の変形例における圧電アクチュエータの構成を示す平面図である。
【図１８】同実施形態の変形例における圧電アクチュエータの構成を示す平面図である。
【図１９】同実施形態の変形例における圧電アクチュエータの構成を示す平面図である。
【図２０】圧電アクチュエータを備える腕時計のカレンダー表示機構の従来例を示す模式図である。
【図２１】従来の圧電アクチュエータを示す模式図である。

【符号の説明】
１０・・・振動板（振動板）、
１１・・・支持部材（支持部材）、
１１ａ・・・一端部、
１１ｂ・・・他端部、
１１ｃ・・・軸部、
１１ｄ・・・部位、
１１ｅ・・・ガイド、
１１ｆ、１１ｇ・・・軸部（固定具）、
１２・・・ばね部材（押圧手段）、
１２ａ・・・一端部（支持部材当接部）、
１２ｂ・・・軸部（取付部）、
１２ｃ・・・他端部（調整手段当接部）、
１２ｄ・・・軸部、
１３・・・押圧調整カム（調整手段、偏心カム）、
１３ａ・・・軸部、
１３ｂ・・・端子案内穴（調整手段、調整用穴）、
１３ｃ・・・スペーサ、
１３ｄ・・・軸部軸部、
１３ｅ・・・貫通穴、
１３ｆ・・・調整用端子、
１８・・・バランス部、
３０，３１・・・圧電素子、
３２・・・補強板（補強部）、
３３・・・電極、
３６・・・突起部（端部）、
１００・・・ロータ、
１０３・・・地板（支持体）、
５００・・・駆動回路、
Ａ・・・圧電アクチュエータ。

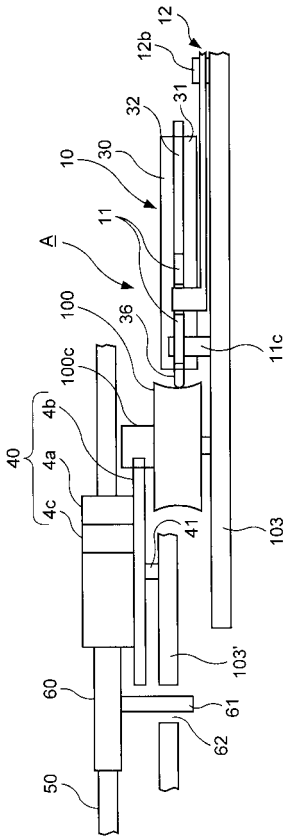
【図１】



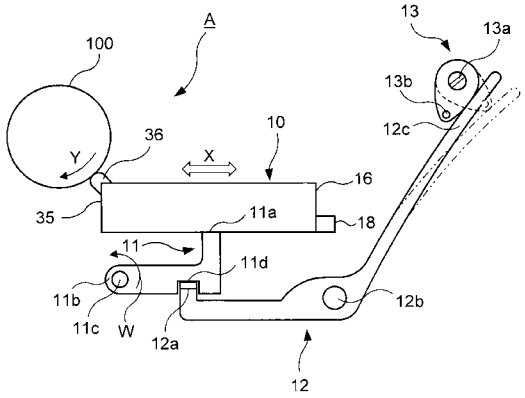
【図２】



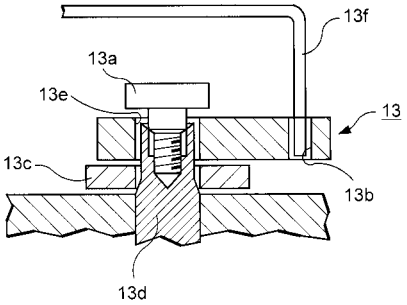
【図３】



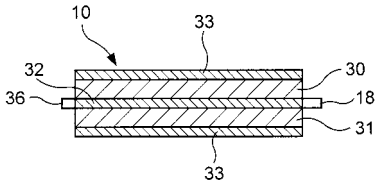
【図４】



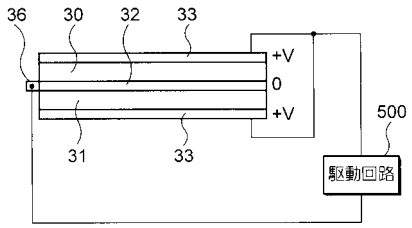
【図５】



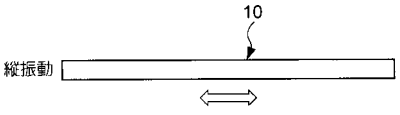
【図６】



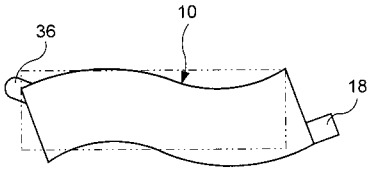
【図７】



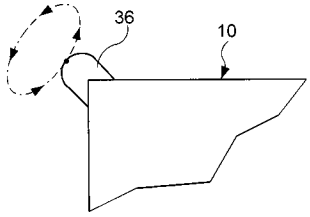
【図８】



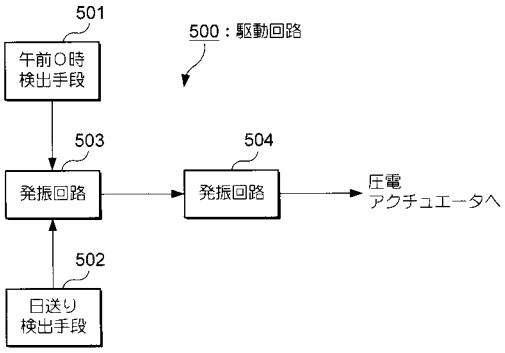
【図９】



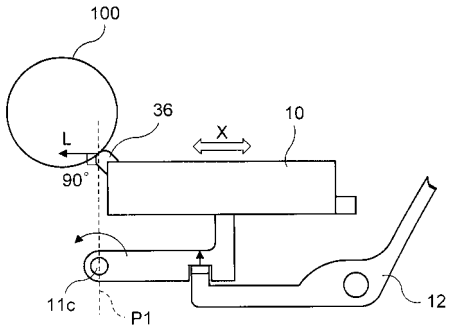
【図１０】



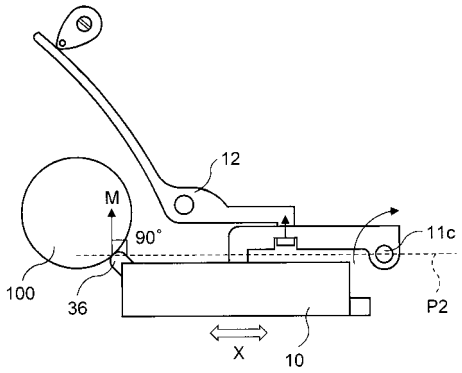
【図１１】



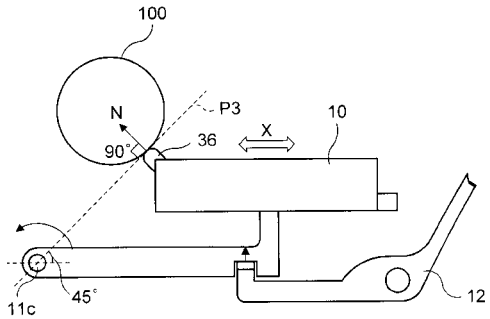
【図１２】



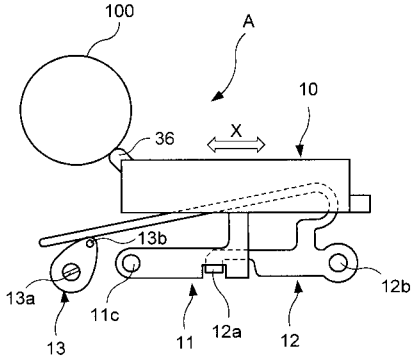
【図１３】



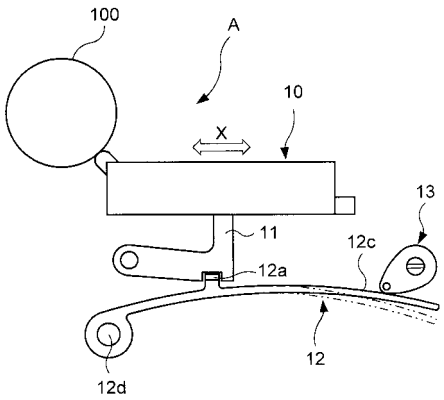
【図１４】



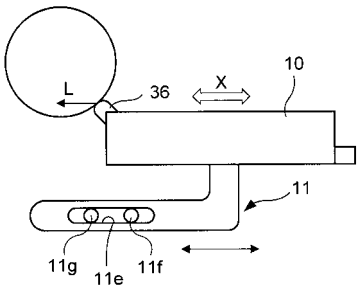
【図１５】



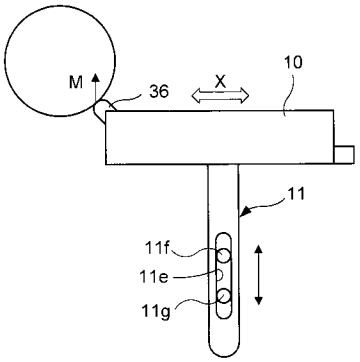
【図１６】



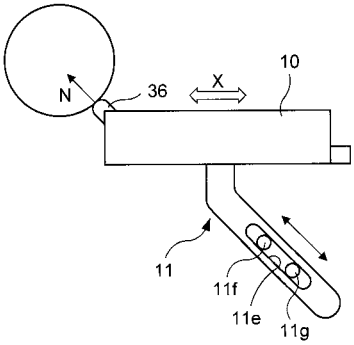
【図１７】



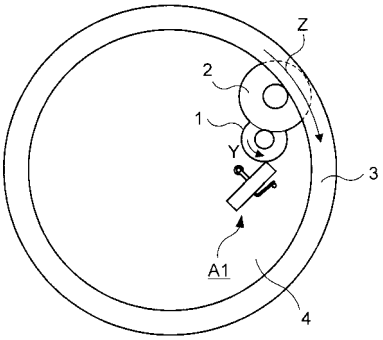
【図１８】



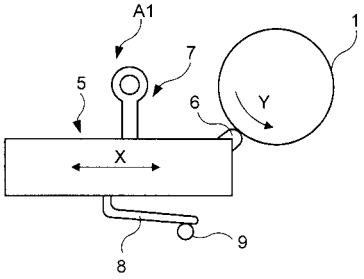
【図１９】



【図２０】



【図２１】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7] FI
H01L 41/08 U

審査官 川端 修

(56)参考文献 特開２０００－３３３４８０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３２４８６４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２６４８８０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H02N 2/00
G04C 3/00
G04C 3/12
H01L 41/09