(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3541996号
(P3541996)
(45)発行日　平成16年7月14日(2004.7.14)　(24)登録日　平成16年4月9日(2004.4.9)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01H 11/04	G01H	11/04	
G01L 1/14	G01L	1/14	B
G01L 3/10	G01L	3/10	A
G01P 15/00	H02N	2/00	D
H02N 2/00	H04R	15/00	

請求項の数 16　(全 13 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平8-130397
(22)出願日　平成8年5月24日(1996.5.24)
(65)公開番号　特開平9-152372
(43)公開日　平成9年6月10日(1997.6.10)
審査請求日　平成15年4月8日(2003.4.8)
(31)優先権主張番号　特願平7-248081
(32)優先日　平成7年9月26日(1995.9.26)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000003067
ＴＤＫ株式会社
東京都中央区日本橋１丁目１３番１号
(74)代理人　100081606
弁理士　阿部　美次郎
(72)発明者　ラトール　アメール
東京都中央区日本橋１丁目１３番１号　ティーディーケイ株式会社内
(72)発明者　森　輝夫
東京都中央区日本橋１丁目１３番１号　ティーディーケイ株式会社内
(72)発明者　内田　清志
東京都中央区日本橋１丁目１３番１号　ティーディーケイ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁歪装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくとも３つの磁歪素子を含む磁歪装置であって、
前記磁歪素子のそれぞれは、少なくとも１つのコイルと、１つの磁歪部材と、磁気回路要素とを含み、
前記コイルは、前記磁歪部材の伸縮に応じた電圧を生じるように前記磁歪部材と組み合わされており、
前記磁歪部材は、両端が拘束されており、
前記磁気回路要素は、前記磁歪部材にバイアス磁界を印加するものであり、
前記磁歪素子のそれぞれは、前記磁歪部材の前記両端方向に取られたＺ軸の方向に一致するように配置され、前記Ｚ軸の方向と直交するＸ軸及びＹ軸によって形成される平面において、各配置点を結んで得られる平面が素子数に対応する多角形状平面となっている
磁歪装置。
【請求項２】
請求項１に記載された磁歪装置であって、
前記磁歪素子の数は３個である
磁歪装置。
【請求項３】
請求項２に記載された磁歪装置であって、
前記磁歪素子は、空間的にほぼ１２０度の角度差をもって、ほぼ同一の円周上に配置され

ている
磁歪装置。
【請求項４】
請求項１に記載された磁歪装置であって、
前記コイルは、前記磁歪部材の周りに巻装され、巻き軸方向が前記Ｚ軸の方向に一致している
磁歪装置。
【請求項５】
請求項１に記載された磁歪装置であって、
前記磁歪素子は、前記磁歪部材に対し前記Ｚ軸の方向からプレストレスを印加するための締め付け部材を含んでいる
磁歪装置。
【請求項６】
請求項１に記載された磁歪装置であって、
前記磁気回路要素は、ヨークを含んでおり、
前記ヨークは、第１のヨーク部材と、第２のヨーク部材とを含み、前記第１のヨーク部材が前記Ｚ軸の方向の一端側に配置され、前記第２のヨーク部材は前記Ｚ軸の方向の他端側に配置されている
磁歪装置。
【請求項７】
請求項６に記載された磁歪装置であって、
前記磁気回路要素は、マグネットを含んでおり、
前記マグネットは、前記第１のヨーク部材及び前記第２のヨーク部材の間に配置されている
磁歪装置。
【請求項８】
請求項６又は７に記載された磁歪装置であって、
前記第１のヨーク部材及び前記第２のヨーク部材は、締め付け部材によって互いに締め付けられており、それによって、前記磁歪部材に対し前記Ｚ軸の方向からプレストレスが加えられている
磁歪装置。
【請求項９】
請求項１ないし８の何れかに記載された磁歪装置であって、
モータとして用いられる磁歪装置。
【請求項１０】
請求項９に記載された磁歪装置であって、
前記磁歪素子のＺ軸方向の一端面側に生じる変位を、回転のための変位として利用するロータを有する
磁歪装置。
【請求項１１】
請求項１０に記載された磁歪装置であって、
前記第１のヨーク部材は、前記磁歪素子のＺ軸方向の一端面側に生じる変位に応じて変位する変位部を有しており、
前記ロータは、前記変位部に生じる進行波によって駆動される
磁歪装置。
【請求項１２】
請求項１０に記載された磁歪装置であって、
前記コイルは、１２０度の位相差を持つ３相駆動源によって励振される
磁歪装置。
【請求項１３】

請求項１ないし８の何れかに記載された磁歪装置であって、振動センサとして用いられる磁歪装置。
【請求項１４】
請求項１ないし８の何れかに記載された磁歪装置であって、加速度センサとして用いられる磁歪装置。
【請求項１５】
請求項１ないし８の何れかに記載された磁歪装置であって、アクチュエータとして用いられる磁歪装置。
【請求項１６】
請求項１ないし８の何れかに記載された磁歪装置であって、トルクセンサとして用いられる磁歪装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、磁歪素子を用いた磁歪装置に関する。本発明に係る磁歪装置は、振動センサ、加速度センサ、アクチュエータ、モータまたはトルクセンサ等に用いることができる。加速度センサとしての具体的用途例は自動車用エンジンノックセンサや、自動車安全システム加速度センサを挙げることができ、また振動センサの具体的用途例としては、回転機械の異常状態検出センサ等を挙げることができる。
【０００２】
【従来の技術】
従来、加速度センサ、振動センサまたはトルクセンサ等としては、圧電素子を用いたものがよく知られていた。圧電素子を用いたセンサは、振動等に起因する外力が圧電振動子に加えられたとき、圧電振動子に外力に応じた電荷信号が発生する現象を利用したものである。
【０００３】
しかし、圧電振動子は高インピーダンス素子として動作するから、電荷信号は外部からの影響に極めて敏感で、ノイズを拾い易い。従って、高精度で測定するためには、電荷信号を測定装置に入力する前に、低インピーダンスの電圧信号に変換する必要がある。このため、インピーダンス変換用電子回路と、更に、電源が必要であり、装置が大型になるという欠点がある。
【０００４】
しかも、圧電素子は周囲温度が約１２０℃を超えると分極劣化が発生し、圧電特性が劣化すると共に、寿命が短くなる。また、圧電特性は圧電素子に高い静電気が蓄積された場合も劣化する。更に、圧電素子は機械的強度が弱いという難点もある。
【０００５】
磁歪素子を用いたセンサは、圧電素子を用いたセンサにおいて発生する問題点を解決できる。磁歪素子を用いたセンサは、磁歪素子に外力が加わった場合に、磁歪素子と組み合わされたコイルに電圧信号が発生するので、インピーダンス変換回路を用いる必要がない。また、高温になっても安定に動作するし、静電気等の高電圧による特性劣化を生じることがない。
【０００６】
磁歪素子を用いた振動センサの先行技術文献としては、Ｕ．Ｓ．ＰＡＴ．Ｎｏ．４，１６１，６６５号がある。Ｕ．Ｓ．ＰＡＴ．Ｎｏ．４，１６１，６６５号は、エンジンノックの検出に用いられる振動センサを開示している。この振動センサは、コイルを巻いた円柱状のＦｅ－Ｎｉ系磁歪部材を、ヨーク及び磁石によって構成される磁気回路要素と一緒に、ハウジング内に配置した構造を有する。磁気回路要素は、磁歪部材にバイアス磁界を加える。ハウジングと磁歪部材との間に板バネが配置されており、この板バネによって、磁歪部材にプレストレスが印加される。磁歪部材に対して、縦方向の振動が加わると、この振動に起因した磁歪部材の縦方向の寸法変化により、磁歪部材の透磁率が変化する。この

ため、コイルと鎖交する磁束が変化し、コイルに電圧が誘起する。
【０００７】
しかし、Ｕ．Ｓ．ＰＡＴ．Ｎｏ．４，１６１，６６５号は単一方向の振動を検出するセンサを開示するのみであり、２方向以上の振動を検出する技術を開示していない。
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
本発明の課題は、多方向力を検出し得る加速度センサまたは振動センサとして用いるのに適した磁歪装置を提供することである。
【０００９】
本発明のもう一つの課題は、トルクセンサ、アクチュエータまたはモータ等に用いることのできる磁歪装置を提供することである。
【００１０】
【課題を解決するための手段】
上述した課題解決のため、本発明に係るセンサは、少なくとも３つの磁歪素子を含む。
【００１１】
前記磁歪素子のそれぞれは、少なくとも１つのコイルと、１つの磁歪部材と、磁気回路要素とを含んでいる。前記コイルは、前記磁歪部材の伸縮に応じた電圧を生じるように前記磁歪部材と組み合わされている。前記磁歪部材は、両端が拘束されている。前記磁気回路要素は、前記磁歪部材にバイアス磁界を印加する。
【００１２】
本発明の更に特徴的な点は、前記磁歪素子のそれぞれが、前記磁歪部材の前記両端方向に取られたＺ軸の方向に一致するように配置され、前記Ｚ軸の方向と直交するＸ軸及びＹ軸によって形成される平面において、各配置点を結んで得られる平面が素子数に対応する多角形状平面となっていることである。
【００１３】
上述したように、コイルは磁歪部材の伸縮に応じた電圧を生じるように磁歪部材と組み合わされている。磁歪部材は両端が拘束されており、磁気回路要素は磁歪部材にバイアス磁界を加える。この構成において、振動、加速度またはトルク等に起因する外力が磁歪部材に加わると、磁歪部材の寸法が変化し、磁歪部材の透磁率が変化する。このため、磁歪部材の磁束密度が変化し、コイルと鎖交する磁束が変化し、コイルに電圧が誘起する。この誘起電圧から、加えられた外力を検知することができる。
【００１４】
磁歪素子は少なくとも３つであり、それぞれは、磁歪部材の両端方向に取られたＺ軸の方向に一致するように配置されている。この配置によれば、Ｚ軸の方向から加えられる外力に対しては、磁歪素子のそれぞれが、比較的、平均した検知出力を生じる。
【００１５】
磁歪素子のそれぞれは、更に、Ｚ軸の方向と直交するＸ軸及びＹ軸によって形成される平面において、各配置点を結んで得られる平面が素子数に対応する多角形状平面となっている。この構造によれば、Ｘ軸及びＹ軸の方向から加えられた外力に対して、磁歪素子のそれぞれが、異なる伸縮作用を受ける。このため、磁歪素子のそれぞれは、検出電圧値または位相の互いに異なった検知出力を生じる。従って、磁歪素子のそれぞれから出力される検知出力から、Ｘ軸及びＹ軸の方向から加えられた外力をも検出することができる。
【００１６】
Ｘ軸及びＹ軸によって形成される平面において、外力の方向が変化した場合、磁歪素子のそれぞれは、変化後の外力の方向に対応して伸縮作用が変化する。このため、Ｚ軸に対して直交する方向から加わる外力については、Ｚ軸の周りの何れの方向からの外力をも検出することができる。
【００１７】
トルクセンサとして用いる場合は、Ｚ軸方向の一端を、トルクを検出すべき可動体に取り付け、他端を固定する。これにより、Ｚ軸周りの回転トルクに応じた検出信号を、磁歪素

子のそれぞれから得ることができる。
【００１８】
アクチュエータやモータ等に用いる場合は、磁歪素子のそれぞれに対して、順次にＺ軸方向に伸縮させるようにコントロールされた電力を供給する。これにより、Ｚ軸方向の少なくとも一端面側において、アクチュエータまたはモータとして利用できる変位を得ることができる。
【００１９】
本発明の他の目的、構成及び効果は、添付図面を参照して、以下に更に詳しく説明する。
【００２０】
【発明の実施の形態】
図１は本発明に係る磁歪装置の構成を概略的に示す斜視図である。本発明に係るセンサは、少なくとも３つの磁歪素子１０、２０、３０を含む。磁歪素子１０は、少なくとも１つのコイル１１０と、磁歪部材１２０と、磁気回路要素１３０とを含んでいる。コイル１１０は、磁歪部材１２０の伸縮に応じた電圧を生じるように磁歪部材１２０と組み合わされている。磁歪部材１２０は、長手方向の両端が拘束されている。磁気回路要素１３０は、磁歪部材１２０にバイアス磁界を印加する。
【００２１】
磁歪素子２０、３０も、磁歪素子１０と同様の構成を有する。まず、磁歪素子２０において、コイル２１０は、磁歪部材２２０の伸縮に応じた電圧を生じるように磁歪部材２２０と組み合わされている。磁歪部材２２０は、長手方向の両端が拘束されている。磁気回路要素２３０は磁歪部材２２０にバイアス磁界を印加する。
【００２２】
磁歪素子３０において、コイル３１０は、磁歪部材３２０の伸縮に応じた電圧を生じるように磁歪部材３２０と組み合わされている。磁歪部材３２０は、長手方向の両端が拘束されている。磁気回路要素３３０は、磁歪部材３２０にバイアス磁界を印加する。
【００２３】
上述した構成において、振動、加速度またはトルク等に起因する外力が、磁歪素子１０～３０に加わると、磁歪部材１２０～３２０の寸法が変化し、磁歪部材１２０～３２０の透磁率が変化する。このため、磁歪部材１２０～３２０の磁束密度が変化し、コイル１１０～３１０と鎖交する磁束が変化し、コイル１１０～３１０に電圧が誘起する。この誘起電圧から、加えられた外力を検知することができる。
【００２４】
３つ備えられた磁歪素子１０～３０のそれぞれは、磁歪部材１２０～３２０の長手方向に取られたＺ軸の方向に一致するように配置されている。この配置によれば、Ｚ軸の方向から加えられる外力に対しては、磁歪素子１０～３０のそれぞれが、比較的、平均した検知出力を生じる。
【００２５】
更に、磁歪素子１０～３０のそれぞれは、Ｚ軸の方向と直交するＸ軸及びＹ軸によって形成される平面において、各配置点Ｐ１～Ｐ３を結んで得られる平面Ｓが素子数に対応する多角形状平面となる関係を保って配置されている。この構造によれば、Ｘ軸及びＹ軸の方向から加えられた外力に対して、磁歪素子１０～３０のそれぞれが、異なる伸縮作用を受ける。このため、磁歪素子１０～３０のそれぞれは、検出電圧値または位相の互いに異なった検知出力を生じる。従って、磁歪素子１０～３０のそれぞれから出力される検知出力に基づき、Ｘ軸及びＹ軸の方向から加えられた外力をも検出することができる。
【００２６】
Ｘ軸及びＹ軸によって形成される平面において、外力の方向が変化した場合、磁歪素子１０～３０のそれぞれは、変化後の外力の方向に対応して伸縮作用が変化する。このため、Ｚ軸の周りＺｍの何れの方向からの外力をも検出することができる。
【００２７】
図１において、磁歪素子１０～３０の数は３個である。これらは、各配置点Ｐ１～Ｐ３を

結んで得られる平面Ｓが３角形状平面となる関係を保って配置されている。３角形状である平面Ｓの内角θは、図２に例示するように、任意に選択できる。但し、実際の製品化に当たっては、好ましくは、６０度前後となるように選定する。このような配置は、磁歪素子１０～３０をバランスよく配置するのに適している。

【００２８】

コイル１１０～３１０は、磁歪部材１２０～３２０の周りに巻装され、巻き軸方向がＺ軸の方向に一致している。

【００２９】

磁歪部材１２０～３２０は、Ｎｉ－Ｆｅ系磁歪材料、ＲＦｅ系磁歪材料等で構成できる。特にＲＦｅ系磁歪材料で構成することが望ましい。この場合は、極めて大きな磁気抵抗の変化、大きな出力電圧、安定した温度特性等を有するセンサが得られる。参照符号（１１１、１１２）～（３１１～３１２）はコイル１１０～３１０のリード線である。

【００３０】

磁歪部材１２０～３２０は、Ｚ軸方向の両端が拘束され、かつ、加圧される。加圧により磁歪部材１２０～３２０にプレストレスＦ１～Ｆ３が印加される。このプレストレスＦ１～Ｆ３は磁歪部材１２０～３２０の抵抗変化を増大させ、効率を向上させる。

【００３１】

磁気回路要素１３０は、マグネット１３１と、ヨーク１３２、１３３とを含んでいる。マグネット１３１は、第１のヨーク部材１３２及び第２のヨーク部材１３３の間に配置されている。磁気回路要素２３０も同様にマグネット２３１と、ヨーク２３２、２３３とを含んでおり、マグネット２３１は、第１のヨーク部材２３２及び第２のヨーク部材２３３の間に配置されている。磁気回路要素３３０も、同様に、マグネット３３１と、ヨーク３３２、３３３とを含んでおり、マグネット３３１は、第１のヨーク部材３３２及び第２のヨーク部材３３３の間に配置されている。

【００３２】

図３は本発明に係る磁歪装置の更に具体的な実施例における平面断面図、図４は図３のＡ４－Ａ４線上における断面図である。

【００３３】

この実施例において、３つの磁歪素子１０、２０、３０を含む。コイル１１０～３１０は、磁歪部材１２０～３２０の周りに巻装され、巻き軸方向がＺ軸の方向に一致している。磁歪素子１０～３０の数は３個である。これらは、各配置点Ｐ１～Ｐ３を結んで得られる平面Ｓが３角形状平面となる関係を保って配置されている。３角形状である平面Ｓの内角θは、６０度前後となるように選定されている。これにより、磁歪素子１０～３０の配置バランスがよくなる。この場合、磁歪素子１０～３０の相互間の角度間隔θ１～θ３は、約１２０度になる。

【００３４】

コイル１１０～３１０は、磁歪部材１２０～３２０の周りに巻装され、巻き軸方向がＺ軸の方向に一致している。

【００３５】

磁気回路要素は、磁歪素子１０、２０、３０において、共用されている。これにより、部品点数の削減、構造の簡素化を測ることができる。図３及び図４では、参照符号１３０によって、共用されている磁気回路要素を表示してある。磁気回路要素１３０は、マグネット１３１と、第１のヨーク部材１３２と、第２のヨーク部材１３３とを含んでいる。

【００３６】

マグネット１３１は筒状であり、磁歪素子１０～３０を包囲するように配置されている。第１のヨーク部材１３２は、マグネット１３１のＺ軸の方向の一端側に配置され、第２のヨーク部材１３３はＺ軸の方向の他端側に配置される。従って、マグネット１３１は、第１のヨーク部材１３２及び第２のヨーク部材１３３の間に配置される。

【００３７】

第１のヨーク部材１３２及び第２のヨーク部材１３３は、空洞部１３４を通って貫通する

締め付け部材１４０によって固定され、それによって、磁歪素子１０～３０がＺ軸の方向の両端側から加圧され、必要なプレストレスが得られる。締め付け部材１４０は非磁性材料によって構成される。締め付け部材１４０の両端に締め付けナット１４１、１４２が結合されている。ナット１４１、１４２の一方は、締め付け部材１４０と一体に形成してもよい。この実施例では、そのような例を示している。

【００３８】

この構造によれば、少ない部品点数及び簡単な構造で、磁歪部材１２０～３２０に対して均一な磁界を印加することができ、磁歪部材１２０～３２０を効率よく動作させることができる。また、磁歪部材１２０～３２０にプレストレスを印加し、磁歪部材１２０～３２０の磁気抵抗変化を大きくすることができる。磁気抵抗変化の増大は出力増大をもたらす。

【００３９】

締め付け部材１４０の位置は、磁歪素子１０～３０の各配置点Ｐ１～Ｐ３を結んで得られる３角形状の平面Ｓ（図３参照）の面内にあればよい。より好ましくは、３角形状の平面Ｓの重心位置を通るように配置する。このような配置を取ることにより、磁歪素子１０～３０に対して、平均したプレストレスを加えることができる。

【００４０】

磁歪部材１２０～３２０の位置ずれを防止するために、また、組立の容易化のために、第１のヨーク部材１３２及び第２のヨーク部材１３３に凹受部１３５、１３６を設け、これらの凹受部１３５、１３６内に磁歪部材１２０～３２０の端部を挿入することが望ましい。

【００４１】

磁歪部材１２０～３２０にＺ軸の方向の伸縮を許容するため、磁歪部材１２０～３２０の両端を、第１のヨーク部材１３２、第２のヨーク部材１３３、締め付け部材１４０及びナット１４１、１４２によって締め付けたとき、マグネット１３１と第１のヨーク部材１３２または第２のヨーク部材１３３との間に空隙１５０が生じるように組み立てる。

【００４２】

図３及び図４に示した磁歪装置は、更に、第１のヨーク部材１３２の上に、質量体１６０を有する。これは、図示された磁歪装置が加速度センサまたは振動センサとして用いられるものであることを示している。

【００４３】

上述した磁歪装置の定性的な作用は、図１を参照して説明した作用効果と実質的に同様である。ここでは、図５～図７に示すデータを参照して具体的に説明する。

【００４４】

図５はＺ軸方向に振動する加振力が加わった場合の各磁歪素子の検知出力電圧波形（ａ）～（ｃ）と、加えられた振動波形（ｄ）との関係を示すデータである。加振条件は、図５～図７を通して、振動周波数１ｋＨｚ、加速度１Ｇ及び振動振幅２μｍ（ｐ－ｐ値）である。

【００４５】

図５に示すように、磁歪素子１０～３０のそれぞれは、Ｚ軸の方向から加えられる外力に対しては、比較的、平均した出力電圧３１～３８ｍＶを生じる。

【００４６】

図６はＸ軸方向の加振力が加わった場合の各磁歪素子の検知出力電圧波形（ａ）～（ｃ）と、加えられた振動波形（ｄ）との関係を示すデータである。Ｘ軸方向は、磁歪素子１０及び締め付け部材１４０の中心を通る方向に取られている。

【００４７】

図６に示すように、Ｘ軸の方向から加えられた外力に対して、磁歪素子１０～３０のそれぞれが、異なる伸縮作用を受ける。このため、磁歪素子１０～３０のそれぞれは、検出電圧値または位相の互いに異なった検知出力を生じる。図６の場合、Ｘ軸方向の振動により、大きく伸縮する磁歪素子１０は７６ｍＶの出力電圧を生じるのに対し、磁歪素子２０は

３０ｍＶ、磁歪素子３０は４１ｍＶの低い出力電圧を生じるだけである。従って、磁歪素子１０～３０のそれぞれから出力される検知出力及びその位相差に基づき、Ｘ軸の方向から加えられた外力を検出することができる。磁歪素子２０、３０の出力電圧は、理論上は、同一値にならなければならないが、組立条件等の影響を受けて、実際には、上述したように、異なった値になっている。出力電圧値は、例えばエコライザ等を用いて、補正することができる。

【００４８】

図７はＹ軸方向に振動する加振力が加わった場合の各磁歪素子の検知出力電圧波形（ａ）～（ｃ）と、加えられた振動波形（ｄ）との関係を示すデータである。Ｙ軸方向は、図６で取られたＸ軸の方向に対して、直交する方向である。

【００４９】

図７の場合、Ｙ軸方向の振動により、磁歪素子２０、３０は磁歪素子１０よりも大きく伸縮する。磁歪素子２０、３０が、それぞれ、３５ｍＶ、４５ｍＶの出力電圧を生じるのに対し、磁歪素子１０は１８ｍＶの低い出力電圧を生じるだけである。従って、磁歪素子１０～３０のそれぞれから出力される検知出力及びその位相差に基づき、Ｙ軸の方向から加えられた外力をも検出することができる。

【００５０】

トルクセンサとして用いる場合は、図４において、質量体１６０を取り外し、第１のヨーク部材１３２側を、トルクを検出すべき可動体に結合する。第２のヨーク部材１３３側は固定する。Ｚ軸周りの回転トルクに応じた検出信号を、磁歪素子１０～３０のそれぞれから得ることができる。

【００５１】

アクチュエータやモータ等に用いる場合は、磁歪素子１０～３０のそれぞれに対して、磁歪素子１０～３０のそれぞれを、順次にＺ軸方向に伸縮させるようにコントロールされた電力、例えば、位相制御された電力等を供給する。これにより、Ｚ軸方向の少なくとも一端面側において、アクチュエータまたはモータのための変位を得ることができる。例えば、第１のヨーク部材１３２の表面を変位面とし、第２のヨーク部材１３３側を固定することにより、第１のヨーク部材１３２の表面に生じる変位を、アクチュエータまたはモータのための変位として利用することができる。

【００５２】

図８はモータとして用いられる本発明に係る磁歪装置の１例を示している。図において、図４と同一の部分は同一の参照符号を付してある。図８を参照すると、磁歪装置は、ロータ１７０を含んでいる。ロータ１７０は回転軸１７１を有する。回転軸１７１の一端部はハウジング部材１８０の外部に導出されている。回転軸１７１の他端部にはディスク部１７２が一体に設けられており、ディスク部１７２の一面上に突起１７３が設けられている。この突起１７３は磁歪素子１０～３０の位置と対応する位置に設けられている。突起１７３は連続するリング状、もしくは間隔をおいてリング状に点在させた構成であってもよい。

【００５３】

第１のヨーク部材１３２は、ロータ１７０のディスク部１７２と対向する部分に薄い板状の変位部１３７を有する。この変位部１３７は磁歪素子１０～３０に生じる変位により、変位する。

【００５４】

ハウジング部材１８０はロータ１７０の回転軸１７１を通す内筒部１８２を有する。内筒部１８２の先端部は、ロータ１７０のディスク部１７２との間にギャップを有しており、これによって、ロータ１７０の回転を許容するとともに、ロータ１７０の軸方向Ｚへの揺動を制限している。

【００５５】

ハウジング部材１８０の外筒部１８１は、ハウジング部材１９０とねじ止めまたは接合等の手段によって結合されている。ハウジング部材１９０は磁歪装置の主要部分を覆うと共

に、下端部が第２のヨーク部材１３３にねじ止め、圧入または接合等の手段によって結合されている。

【００５６】

上述した磁歪装置は、表面波回転モータとして動作する。表面波回転モータの動作原理は次の通りである。一般的にいって、円環上のある一点θ＝０の励振源にＡｃｏｓωｔの振動を与えたとき、ｎ次振動定在波の分布は、

ｙ＝Ａｃｏｓｎθ・ｃｏｓωｔ．．．．．．．（１）

となる。このときθの正方向に伝播する進行波は、

ｙ＝Ａｃｏｓ（ωｔ－ｎθ）．．．．．．．．（２）

で表され、角度と時間の項がまとまった形になる。式（２）は、

ｙ＝Ａｃｏｓｎθ・ｃｏｓωｔ＋Ａｃｏｓ（ｎθ－π／２）・ｃｏｓ（ωｔ－π／２）

と表され、２つの定在波の和とみなすことができる。即ち、２つの励振源の時間的な位相と、空間的な位相を、それぞれπ／２ずつずらすことによって、進行波が得られる。一般的には、位相差は０、±πを除けば、任意に選択することができる。このとき、進行波の進行方向とは逆向きに回転駆動力を得ることができる。

【００５７】

以上の動作原理を利用するため、図８に示した磁歪装置では、励振源となる３つの磁歪素子１０～３０を、１２０度の空間角度差を付けて、同一円周上のほぼ３等分の位置に配置してある。そして、磁歪素子１０～３０を、互いに１２０度の位相差を有する３相入力電圧によって駆動する。例えば、磁歪素子１０を基準として、磁歪素子２０に位相差１２０度の入力電圧を供給し、磁歪素子３０に位相差２４０度の入力電圧を供給する。このとき生じる進行波によって、ロータ１７０が、進行波の進行方向とは逆向きに、例えば矢印Ｒ１の方向に回転する。磁歪素子１０～３０に対する３相入力電圧の位相差の取り方を変え、進行波の進行方向を逆にすれば、回転方向を逆転することができる。

【００５８】

図９は駆動周波数と回転数（ｒｐｍ）との関係、及び、周波数と加速度（Ｇ）との関係を示している。周波数の上昇とと共に、回転数（ｒｐｍ）が高くなり、同時に加速度（Ｇ）も大きくなる。

【００５９】

図１０は駆動電圧と回転数（ｒｐｍ）との関係を示している。図示するように、駆動電圧の上昇と共に、回転数（ｒｐｍ）がほぼ直線的に上昇する。これは、駆動電圧の上昇に伴って、コイル１１０～３１０に流れる電流値が増加し、磁歪素子１０～３０の変位量が増加したことによるものと考えられる。

【００６０】

以上好ましい実施例を参照して、本発明を説明したが、本発明に基本的技術思想及び範囲等に基づいて、種々の変更をなし得ることは、当業者であれば、自明である。

【００６１】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

（ａ）多方向力を検出し得る加速度センサまたは振動センサとして用いるのに適した磁歪装置を提供できる。

（ｂ）トルクセンサ、アクチュエータまたはモータ等に用いることのできる磁歪装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係る磁歪装置の構成を概略的に示す斜視図である

【図２】本発明に係る磁歪装置においてとり得る磁歪素子の配置の一例を説明する図である。

【図３】本発明に係る磁歪装置の更に具体的な実施例における平面断面図である。

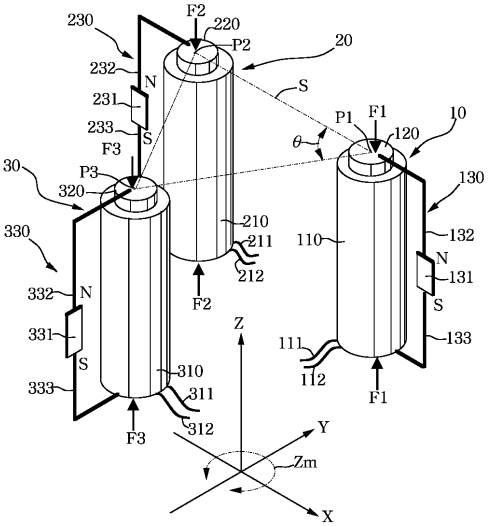
【図４】図３のＡ４－Ａ４線上における断面図である。

【図５】Ｚ軸方向に振動する加振力が加わった場合の各磁歪素子の検知出力電圧波形と、

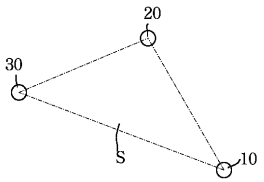
加えられた振動波形との関係を示すデータである。
【図６】Ｘ軸方向に振動する加振力が加わった場合の各磁歪素子の検知出力電圧波形と、加えられた振動波形との関係を示すデータである。
【図７】Ｙ軸方向に振動する加振力が加わった場合の各磁歪素子の検知出力電圧波形と、加えられた振動波形との関係を示すデータである。
【図８】モータとして用いられる本発明に係る磁歪装置の１例を示す断面図である。
【図９】図８に示した磁歪装置の駆動周波数と回転数（ｒｐｍ）との関係、及び、周波数と加速度（Ｇ）との関係を示すグラフである。
【図１０】図８に示した磁歪装置の駆動電圧と回転数との関係を示すグラフである。
【符号の説明】

１０、２０、３０	磁歪素子
１１０、２１０、３１０	コイル
１２０、２２０、３２０	磁歪部材
１３０、２３０、３３０	磁気回路要素
１３１、２３１、３３１	マグネット
１３２、２３２、３３２	第１のヨーク部材
１３３、２３３、３３３	第２のヨーク部材

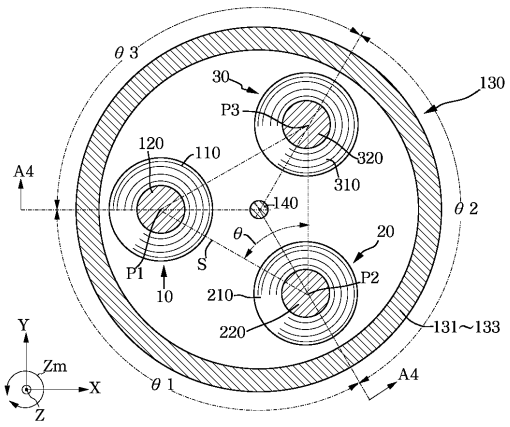
【図１】



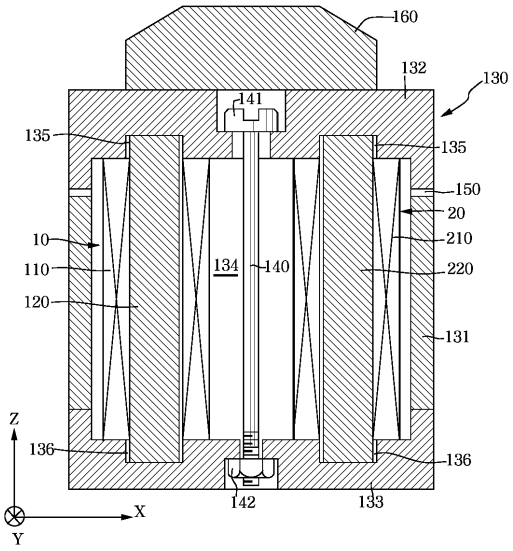
【図２】



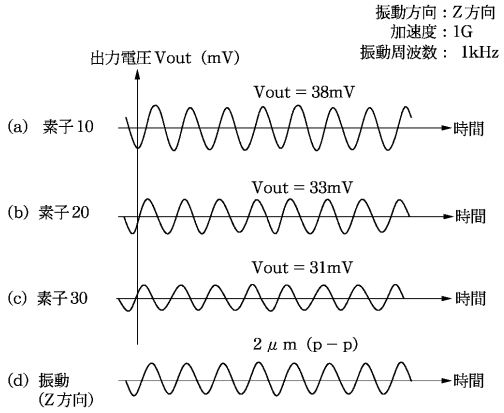
【図３】



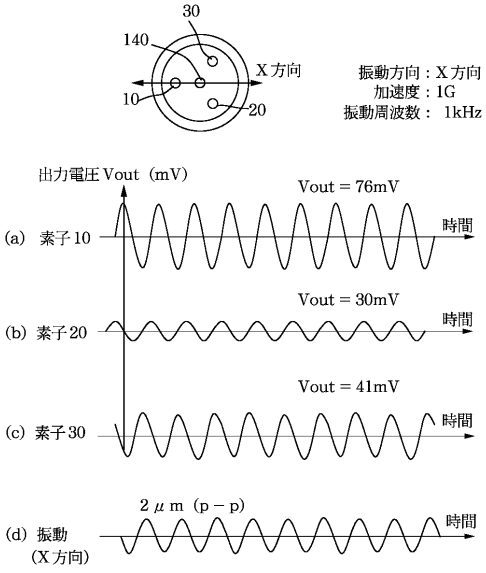
【図４】


160
132
130
141
135
135
150
20
10
210
110
134
140
220
120
131
Z
136
136
142
133
X
Y

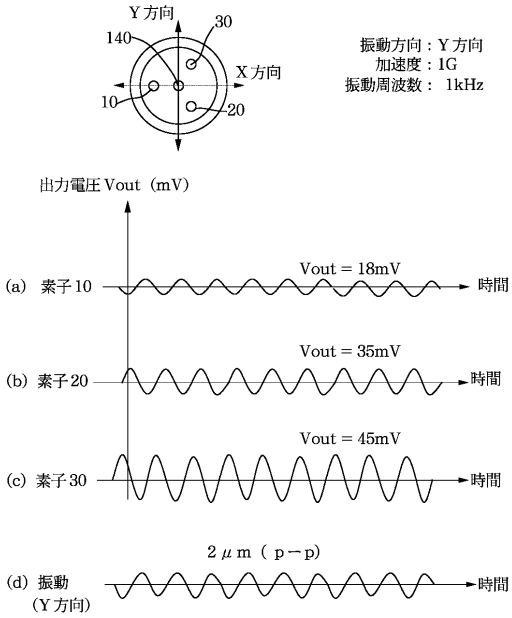
【図５】


振動方向：Z方向
加速度：1G
振動周波数： 1kHz
出力電圧 Vout（mV）
Vout = 38mV
(a) 素子 10
時間
Vout = 33mV
(b) 素子 20
時間
Vout = 31mV
(c) 素子 30
時間
2 μ m（p－p）
(d) 振動
(Z方向)
時間

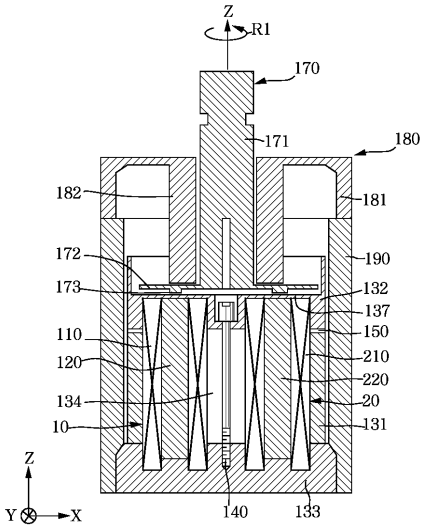
【図６】


30
140
X方向
10
20
振動方向：X方向
加速度：1G
振動周波数： 1kHz
出力電圧 Vout（mV）
Vout = 76mV
(a) 素子 10
時間
Vout = 30mV
(b) 素子 20
時間
Vout = 41mV
(c) 素子 30
時間
2 μ m（p－p）
(d) 振動
(X方向)
時間

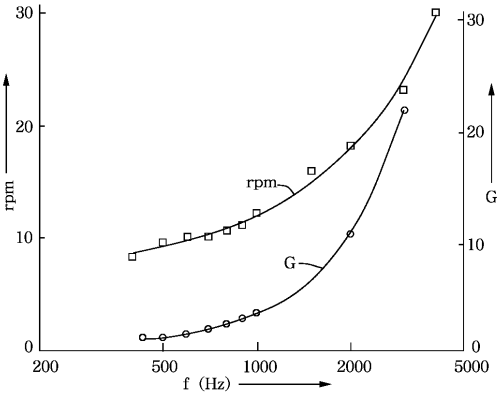
【図７】


Y方向
30
140
X方向
10
20
振動方向：Y方向
加速度：1G
振動周波数： 1kHz
出力電圧 Vout（mV）
Vout = 18mV
(a) 素子 10
時間
Vout = 35mV
(b) 素子 20
時間
Vout = 45mV
(c) 素子 30
時間
2 μ m（ p－p）
(d) 振動
(Y方向)
時間

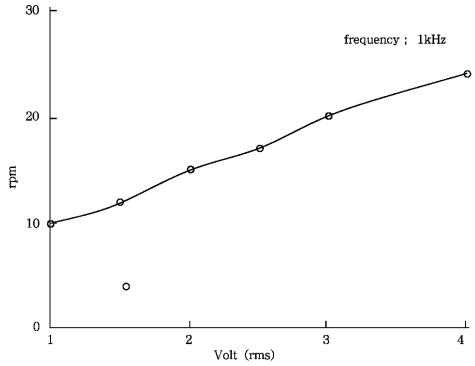
【図８】


Z
R1
170
171
180
182
181
172
190
173
132
137
110
150
120
210
220
134
20
10
131
Z
Y
X
140
133

【図９】


30
20
10
0
rpm
rpm
G
G
200
500
1000
2000
5000
f (Hz)

【図１０】


frequency ; 1kHz
30
20
10
0
rpm
1
2
3
4
Volt (rms)

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]		FI		
H04R	15/00	G01P	15/00	Z
// G01R	33/02	G01R	33/02	H

(72)発明者 江田 弘
茨城県西茨城郡友部町大田町１４７７－１
(72)発明者 山本 佳男
茨城県ひたちなか市東大島１－１８－１４－２０１

審査官 本郷 徹

(56)参考文献 特開平０４－２２９０８５（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１７１９８９（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１２７６９９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－１３８１３４（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２４１９２０（ＪＰ，Ａ）
米国特許第４１６１６６５（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01H 11/04
G01L 1/14
G01L 3/10
G01P 15/00
H02N 2/00
H04R 15/00
G01R 33/02