(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3701785号
(P3701785)

(45)発行日　平成17年10月5日(2005.10.5)　(24)登録日　平成17年7月22日(2005.7.22)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
G01C 19/56	G01C 19/56	
G01P 9/04	G01P 9/04	
H01L 41/09	H01L 41/08	C

請求項の数 10　（全 13 頁）

(21)出願番号　特願平10-27173
(22)出願日　平成10年2月9日(1998.2.9)
(65)公開番号　特開平11-230756
(43)公開日　平成11年8月27日(1999.8.27)
審査請求日　平成15年7月28日(2003.7.28)

(73)特許権者　000004064
日本碍子株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号
(74)代理人　100072051
弁理士　杉村　興作
(74)代理人　100101096
弁理士　徳永　博
(74)代理人　100100125
弁理士　高見　和明
(74)代理人　100073313
弁理士　梅本　政夫
(74)代理人　100097504
弁理士　青木　純雄
(74)代理人　100107227
弁理士　藤谷　史朗
最終頁に続く

(54)【発明の名称】振動子、振動型ジャイロスコープ、直線加速度計および回転角速度の測定方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
所定の回転軸を中心として回転させるための振動子であって、この振動子が、内側に中空領域が形成されている枠部と、複数の振動系とを備えており、前記複数の振動系のうちの少なくとも一つが、前記枠部の前記中空領域に面する内縁から前記中空領域内に突出し、前記複数の振動系が、前記回転軸に対して交差する所定面内に延びるように形成され、前記複数の振動系のうちの少なくとも一対の振動系が、振動子全体の重心に対して互いに反対側の位置に設けられていることを特徴とする、振動子。
【請求項２】
前記複数の振動系のすべてが、前記枠部の前記内縁から前記中空領域内に突出していることを特徴とする、請求項１記載の振動子。
【請求項３】
前記複数の振動系が、駆動用の振動系と検出用の振動系とに分かれており、前記駆動用の振動系と前記検出用の振動系との一方が、前記枠部の前記内縁から前記中空領域内に突出しており、前記駆動用の振動系と前記検出用の振動系との他方が、前記枠部の外縁側に設けられていることを特徴とする、請求項１または２記載の振動子。
【請求項４】
前記複数の振動系が、駆動用の振動系と検出用の振動系とに分かれており、前記中空領域内に前記枠部とは分離された基部が設けられており、前記駆動用の振動系と前記検出用の振動系との一方が、前記枠部の前記内縁または前記枠部の外縁側に設けられており、前記

駆動用の振動系と前記検出用の振動系との他方が、前記基部に設けられていることを特徴とする、請求項１または２記載の振動子。
【請求項５】
前記複数の振動系の重心の振動が、前記振動子全体の重心を中心としたときに前記所定面内で径方向に振動する径方向振動成分を含む第一の振動と、前記振動子全体の重心を中心としたときに前記所定面内で周方向に振動する周方向振動成分を含む第二の振動とを含むことを特徴とする、請求項１－４のいずれか一つの請求項に記載の振動子。
【請求項６】
回転系の回転角速度を検出するための振動型ジャイロスコープであって、請求項１－５のいずれか一つの請求項に記載の振動子と、この振動子に対して駆動振動を励振する励振手段と、前記振動子の回転によって前記振動子に発生した検出振動を検出する検出手段とを備えていることを特徴とする、振動型ジャイロスコープ。
【請求項７】
前記振動子を前記枠部で支持する支持部材を備えていることを特徴とする、請求項６記載の振動型ジャイロスコープ。
【請求項８】
回転系の回転角速度を検出するための振動型ジャイロスコープであって、請求項３記載の振動子と、この振動子に対して駆動振動を励振する励振手段と、前記振動子の回転によって前記振動子に発生した検出振動を検出する検出手段とを備えており、前記第一の振動系と前記第二の振動系との一方を駆動振動系として使用し、他方を検出振動系として使用することを特徴とする、振動型ジャイロスコープ。
【請求項９】
回転系の回転角速度を検出する方法であって、請求項１－５のいずれか一つの請求項に記載の振動子内に駆動振動を励振し、この駆動振動に応じて前記振動子を回転させたときに生ずるコリオリ力に起因し、前記振動子に励起される検出振動を検出し、この検出結果から前記回転角速度を測定することを特徴とする、回転系の回転角速度を検出する方法。
【請求項１０】
直線加速度を検出するための直線加速度計であって、請求項１－５のいずれか一つの請求項に記載の振動子と、この振動子に直線加速度が加わったときに前記振動子に加わるニュートンの力による前記振動子の変形を検出するための検出手段とを備えることを特徴とする、直線加速度計。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、回転系内の回転角速度を検出するために使用される角速度センサに用いられる振動子、振動型ジャイロスコープ、回転角速度の測定方法、および直線加速度計に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来から、回転系内の回転角速度を検出するための角速度センサとして、圧電体を用いた振動型ジャイロスコープが、航空機や船舶、宇宙衛星などの位置の確認用として利用されてきた。最近では、民生用の分野としてカーナビゲーションや、ＶＴＲやスチルカメラの手振れの検出などに使用されている。
【０００３】
このような圧電振動型ジャイロスコープは、振動している物体に角速度が加わると、その振動と直角方向にコリオリ力が生じることを利用している。そして、その原理は力学的モデルで解析される（例えば、「弾性波素子技術ハンドブック」、オーム社、第４９１～４９７頁）。そして、圧電型振動ジャイロスコープとしては、これまでに種々のものが提案されている。例えば、スペリー音叉型ジャイロスコープ、ワトソン音叉型ジャイロスコープ、正三角柱型音片ジャイロスコープ、円筒型音片ジャイロスコープ等が知られている。

【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
しかし、従来の圧電振動型ジャイロスコープにおいては、いずれも、駆動振動アームの駆動振動が、何らかの形で検出アームにも歪みとして影響を及ぼし、検出信号にノイズを発生させていた。このため、検出信号における信号／雑音比率（Ｓ／Ｎ比）を、ある程度以上、向上させることは困難であった。
【０００５】
本発明の課題は、圧電振動型ジャイロスコープにおいて、駆動振動アームの駆動振動による、検出アームへの影響を抑制し、検出信号におけるＳ／Ｎ比を向上させることである。
【０００６】
【課題を解決するための手段】
本発明は、所定の回転軸を中心として回転させるための振動子であって、この振動子が、内側に中空領域が形成されている枠部と、複数の振動系とを備えており、前記複数の振動系のうちの少なくとも一つが、前記枠部の前記中空領域に面する内縁から前記中空領域内に突出し、前記複数の振動系が、前記回転軸に対して交差する所定面内に延びるように形成され、前記複数の振動系のうちの少なくとも一対の振動系が、振動子全体の重心に対して互いに反対側の位置に設けられていることを特徴とする。
【０００７】
また、本発明は、回転系の回転角速度を検出するための振動型ジャイロスコープであって、前記振動子と、この振動子に対して駆動振動を励振する励振手段と、振動子の回転によって振動子に発生した検出振動を検出する検出手段とを備えていることを特徴とする。
【０００８】
また、本発明は、回転系の回転角速度を検出する方法であって、前記の振動子内に駆動振動を励振し、この駆動振動に応じて振動子を回転させたときに生ずるコリオリ力に起因し、振動子に励起される検出振動を検出し、この検出結果から回転角速度を測定することを特徴とする。
【０００９】
また、本発明は、直線加速度を検出するための直線加速度計であって、前記の振動子と、この振動子に直線加速度が加わったときに振動子に加わるニュートンの力による振動子の変形を検出するための検出手段とを備えることを特徴とする、直線加速度計に係るものである。
【００１０】
本発明者は、振動型ジャイロスコープに使用できる振動子の振動原理について基礎研究を行ってきたが、この過程で、まったく新しい原理に基づく振動子および振動型ジャイロスコープを開発することに成功した。この点について、図１－図３の各模式図を参照しつつ、説明する。
【００１１】
例えば図１においては、振動子が枠部１０Ａを備えており、枠部１０Ａの内側の中空領域８内には、所定の複数の振動系１Ａ，１Ｂ、２Ａ、２Ｂが設けられている。各振動系は、それぞれ、枠部１０Ａの内縁１０ａから中空領域８内に向かって突出している。振動系１Ａ、１Ｂ、２Ａ、２Ｂは、すべて枠部１０Ａを介して連結されている。
【００１２】
特に図１－３に示す各実施形態においては、各振動系および枠部が、所定面内に延びており、これによって平板状の振動子を形成している。これらの実施形態においては、この振動子を、回転軸Ｚを中心として矢印ωのように回転させることで、回転角速度の検出を行える。これらの実施形態における回転角速度の検出の原理について更に説明し、その後で本発明の利点を述べる。
【００１３】
複数の振動系のうち、第一の振動系１Ａ、１Ｂの重心の振動は、振動子全体の重心ＧＯを中心としたときに、所定面内で径方向に振動する径方向振動成分５Ａ、５Ｂを含む第一の

振動となる。また、第二の振動系２Ａ、２Ｂの重心の振動は、振動子全体の重心ＧＯを中心としたときに、所定面内で周方向に振動する周方向振動成分６Ａ、６Ｂを含む第二の振動となる。

【００１４】

第一の振動系１Ａ、１Ｂ中の各振動体３Ａ、３Ｂを駆動振動体として使用し、径方向の振動成分５Ａ、５Ｂを駆動振動として使用した場合には、回転後に各振動系１Ａ、１Ｂに対して、コリオリ力７Ａが作用する。これに対応して、第二の振動系２Ａ、２Ｂ内の振動体４Ａ、４Ｂに、周方向の振動成分６Ａ、６Ｂが発生する。この振動成分を主体とする振動系２Ａ、２Ｂの振動を検出し、この検出値から回転角速度を算出する。

【００１５】

また、第二の振動系２Ａ、２Ｂ内の各振動体４Ａ、４Ｂを駆動振動体として使用し、周方向の振動成分６Ａ、６Ｂを駆動振動として使用した場合には、回転後に振動系２Ａ、２Ｂにコリオリ力７Ｂが作用する。これに対応して、第一の振動系１Ａ、１Ｂ内の振動体３Ａ、３Ｂに、径方向の振動成分５Ａ、５Ｂが発生する。この振動成分を検出し、この検出値から回転角速度を算出する。

【００１６】

こうした形態の振動型ジャイロスコープによれば、駆動振動系が、振動子全体の重心ＧＯの両側にあることから、駆動振動が緩衝、相殺されていて、検出振動系には駆動振動の影響が伝達されにくい。そして、この際、枠部１０Ａから、駆動振動系と検出振動系とが突出する形態をとったことが重要であり、これによって、互いに異なる振動をする各振動系の各振動が効果的に分離され、Ｓ／Ｎ比が改善されることがわかった。この点で、本発明は、振動型ジャイロスコープに内在していた根本的な問題点を解決したものである。

【００１７】

なお、周方向振動成分とは、振動子全体の重心ＧＯから見て、所定面内で円周方向に振動する振動成分のことを指している。径方向振動成分とは、振動子全体の重心ＧＯからみて、所定面内で円の直径方向に振動する振動成分のことを指しており、つまり、振動子全体の重心ＧＯに対して遠ざかる方向と近づく方向とに対して交互に振動する成分のことを言う。

【００１８】

このような振動子および振動型ジャイロスコープによれば、振動子の駆動振動および検出のための振動が、いずれも所定面内で行われ、振動子の振動アームが回転軸に対して交差する方向に延びるように、振動子を設置した場合にも、振動子から回転軸の方向に向かって一定重量の突出部を設けることなく、十分に高い感度で回転角速度を検出できる。

【００１９】

図１－図３に示すように、例えば第一の振動系１Ａ、１Ｂにおける径方向振動成分５Ａ、５Ｂを駆動振動として使用した場合に、第一の振動系が、振動子全体の重心ＧＯを中心として回転対称な位置に設けられており、この結果、各駆動振動が互いに相殺し合う。これによって、検出振動を検出するための第二の振動系に対する駆動振動の影響が小さくなる。

【００２０】

このように、第一の振動系を複数設け、各振動系を、振動子全体の重心ＧＯを中心として、互いに回転対称の位置に設けることができる。例えば図１－図３においては、第一の振動系１Ａと１Ｂとは、重心ＧＯを中心として二回対称の位置に設けられている。

【００２１】

また、第二の振動系を複数設け、各第二の振動系を、重心ＧＯを中心として互いに回転対称の位置に設けることが好ましい。例えば、図１－図３においては、第二の振動系２Ａと２Ｂとは、重心ＧＯを中心として二回対称の位置に設けられている。

【００２２】

ここで、各振動系が重心ＧＯを中心として回転対称の位置にあるとは、重心ＧＯを中心として、問題とする複数の振動系がそれぞれ所定面内で同じ所定角度離れている状態を意味

する。従って、一つの振動系を所定面内で所定角度回転させる操作を行うと、他の振動系の位置に位置する。例えば、図１－図３においては、第一の振動系１Ａと１Ｂとは、１８０°離れているので、振動系１Ａを１８０°回転させる操作を行うと、振動系１Ｂの位置にくる。

【００２３】

回転対称は、具体的には2回対称、３回対称、４回対称であることが好ましい。また、駆動振動系が、第一の振動系である場合も、第二の振動系である場合も、複数の駆動振動系を、重心ＧＯを中心として回転対称の位置に設けることによって、特に比較的微小な検出振動への影響を抑制できることから、効果が大きい。

【００２４】

また、特に駆動振動系（例えば第一の振動系１Ａ、１Ｂ）の振動の全体の重心ＧＤが、重心ＧＯの近傍領域に位置していることが好ましく、これによって検出振動系（例えば第二の振動系）への影響を抑制できる。

【００２５】

駆動振動系の振動の全体の重心ＧＤが、重心ＧＯの近傍領域に位置しているとは、具体的には、実質的に重心ＧＯ上に位置していてもよいが、重心ＧＯから直径１ｍｍの円内に存在していることを意味する。

【００２６】

なお、図１（および図２－図６）においては、回転中心（回転軸と所定面との交点）Ｏが、振動子の重心ＧＯおよび駆動振動の全体の重心ＧＤと一致している。しかし、ＯはＧＯと一致する必要はない。なぜなら、回転中心Ｏが振動子の重心ＧＯとは一致していない場合も、更には回転中心Ｏが振動子の外部に位置している場合も、基本的に本願発明の振動子は有用であり、本発明の振動型ジャイロスコープに使用できるからである。

【００２７】

なぜなら、振動子が回転しているときに、回転中心Ｏと振動子の重心ＧＯとが一致していない場合の振動子の各部分の変位速度は、回転中心Ｏが振動子の重心ＧＯと一致している場合の振動子の各部分の変位速度（回転による振動子の各部分の変位）と、振動子の各部分の並進運動による変位速度とのベクトル和となる。そして、振動子の各部分の並進運動による変位速度については、コリオリ力は働かないので、振動型ジャイロスコープによって検出することなく消去できるからである。

【００２８】

「複数の振動系が所定面内に延びている」とは、厚さにして１ｍｍ以下の範囲内に複数の振動系が形成されている場合を含む。また、前記振動系以外の部分は、前記の所定面から突出することもありえるが、振動子の全体が所定面内に形成されていることが好ましい。

【００２９】

また、所定面と回転軸とがなす角度は、６０－１２０度とすることが好ましく、８５－９５度とすることが好ましく、直交していることが一層好ましい。

【００３０】

本発明においては、図１に例示するように、枠部の内縁から、第一の振動系および第二の振動系をすべて突出させることができる。この場合には、駆動振動系の振動が検出振動系に影響するのを抑制しつつ、かつ振動子の幅を最も小さくすることができ、コンパクトな振動子を提供できる。特に、圧電性単結晶を加工することによって、振動子を作製する場合においては、圧電性単結晶の平板を用意し、この平板の周縁部分を枠部とし、その枠部の内側を加工することだけで、振動子を作製できる。

【００３１】

図２においては、第一の振動系１Ａ、１Ｂを、枠部１０Ｂの内縁１０ａから中空領域８に突出させており、第二の振動系２Ａ、２Ｂは、枠部１０Ｂの外縁１０ｂから外側へと向けて突出させている。この場合にも、各振動系は前述したようにして動作する。また、図２に示したものとは逆に、第二の振動系２Ａ、２Ｂを、枠部１０Ｂの内縁１０ａから中空領域８に突出させ、第一の振動系１Ａ、１Ｂを、枠部１０Ｂの外縁１０ｂから外側へと向け

て突出させることができる。

【００３２】

このように、駆動振動系（例えば第一の振動系）と検出振動系（例えば第二の振動系）との一方を枠部の内側に設け、他方を枠部の外側に設けることによって、駆動振動系の振動による検出信号への影響が一層小さくなる。

【００３３】

図３においては、枠部１０Ｃの内側の中空領域８内に基部９が設けられている。第二の振動系２Ａ、２Ｂが、枠部１０Ｃの内縁１０ａから、基部９の方へと向かって突出している。第一の振動系１Ａ、１Ｂは、基部９の周縁９ａから、重心ＧＯに対して遠ざかる方向へと放射状に延びている。

【００３４】

図３において、第一の振動系１Ａ、１Ｂを、枠部１０Ｃの内縁１０ａから、基部９の方へと向かって突出させ、第二の振動系２Ａ、２Ｂを、基部９の周縁９ａから、重心ＧＯに対して遠ざかる方向へと放射状に延びるように形成できる。更には、図３において、第二の振動系２Ａ、２Ｂを、枠部１０Ｃの外縁１０ｂから枠部１０Ｃの外側へと向かって突出させることができる。

【００３５】

このように、駆動振動系（例えば第一の振動系）と検出振動系（例えば第二の振動系）との一方を基部に設け、他方を枠部に設けることによって、駆動振動系の振動による検出信号への影響が、より一層小さくなる。

【００３６】

第一の振動系は、例えば、基部の周縁部、枠部の内縁または枠部の外縁から径方向に突出する支持部と、この支持部に対して交差する方向に延びる第一の屈曲振動片とを備えている。第一の振動系においては、支持部の長手方向と第一の屈曲振動片の長手方向とは、必ずしも垂直である必要はないが、垂直であることが好ましい。また、第二の振動系は、最も簡略な形態としては、基部の周縁部、枠部の内縁または枠部の外縁からから径方向に突出する第二の屈曲振動片からなる。第二の屈曲振動片に重量部を設けることによって、この屈曲振動片の全体の寸法を短くすることもできる。

【００３７】

以下、本発明の更に具体的な実施形態について述べる。

本発明の振動子の変位が所定面内で生ずる場合には、振動子の全体を、同一の圧電単結晶によって形成することができる。この場合には、まず圧電単結晶の薄板を作製し、この薄板をエッチング、研削により加工することによって、振動子を作製できる。振動子の各部分は、別の部材によってそれぞれ形成することもできるが、一体で構成することが特に好ましい。

【００３８】

平板形状の材料、例えば水晶等の圧電単結晶の平板状の材料から、エッチングプロセスによって振動子を形成する場合には、振動子の各屈曲振動片等の各構成片に特定形状の突起、例えば細長い突起が生成することがある。このような突起は、厳密には設計時に予定された振動子の対称性を低下させる原因となる。しかし、この突起は存在していても良く、突起の高さは小さい方が好ましいが、突起の高さが振動子の構成片の幅の１／５以下であれば一般に問題なく使用できる。他の製造上の原因による突起以外の非対称部分が振動子に存在する場合にも同様である。

【００３９】

なお、このように突起などが振動子に存在する場合には、この突起の一部をレーザー加工等によって削除することによって、または振動子の突起以外の部分をレーザー加工等によって削除することによって、駆動時に駆動振動系の重心ＧＤが、振動子の重心ＧＯの近傍領域内に位置するように、エッチング加工後に調整できる。

【００４０】

また、振動子の材質は特に限定するものでないが、水晶、ＬｉＮｂO_3 、ＬｉＴａO_3 、

ニオブ酸リチウム－タンタル酸リチウム固溶体（Ｌｉ（Ｎｂ，Ｔａ）O_3 ）単結晶、ホウ酸リチウム単結晶、ランガサイト単結晶等からなる圧電単結晶を使用することが好ましい。

【００４１】

前記した単結晶の中では、$LiNbO_3$ 単結晶、$LiTaO_3$ 単結晶、ニオブ酸リチウム－タンタル酸リチウム固溶体単結晶が、電気機械結合係数が特に大きい。また、$LiNbO_3$ 単結晶と$LiTaO_3$ 単結晶とを比較すると、$LiTaO_3$ 単結晶の方が$LiNbO_3$ 単結晶よりも電気機械的結合係数が一層大きく、かつ温度安定性も一層良好である。

【００４２】

圧電単結晶を使用すると、検出感度を良好にすることができるとともに、検出ノイズを小さくできる。しかも、圧電単結晶を使用すると、温度変化に対して特に鈍感な振動子を作製でき、このような振動子は、温度安定性を必要とする車載用として好適である。この点について更に説明する。

【００４３】

音叉型の振動子を使用した角速度センサとしては、例えば特開平８－１２８８３３号公報に記載された圧電振動型ジャイロスコープがある。しかし、こうした振動子においては、振動子が２つの方向に向かって振動する。このため、振動子を特に圧電単結晶によって形成した場合には、圧電単結晶の２方向の特性を合わせる必要がある。しかし、現実には圧電単結晶には異方性がある。

【００４４】

一般に圧電振動型ジャイロスコープでは、測定感度を良好にするために、駆動の振動モードの固有共振周波数と検出の振動モードの固有共振周波数との間に、一定の振動周波数差を保つことが要求されている。しかし、圧電単結晶は異方性を持っており、結晶面が変化すると、振動周波数の温度変化の度合いが異なる。例えば、ある特定の結晶面に沿って切断した場合には、振動周波数の温度変化がほとんどないが、別の結晶面に沿って切断した場合には、振動周波数が温度変化に敏感に反応する。従って、振動子が２つの方向に向かって振動すると、２つの振動面のうち少なくとも一方の面は、振動周波数の温度変化が大きい結晶面になる。

【００４５】

これに対して、振動子の全体を所定面内で振動するようにし、かつ振動子を圧電単結晶によって形成することで、単結晶の最も温度特性の良い結晶面のみを振動子において利用できるようになった。

【００４６】

即ち、振動子の全体が所定平面内で振動するように設計されていることから、圧電単結晶のうち振動周波数の温度変化がほとんどない結晶面のみを利用して、振動子を製造することができる。これによって、きわめて温度安定性の高い振動型ジャイロスコープを提供できる。

【００４７】

本発明の振動子を圧電性材料によって形成した場合には、この振動子に駆動電極および検出電極を設ける。圧電性材料としては、圧電単結晶の他に、ＰＺＴ等の圧電セラミックスがある。

また、本発明の振動子を、エリンバー等の恒弾性金属によって形成することもできる。この場合には、振動子の所定箇所に圧電体を取り付ける必要がある。

【００４８】

本発明の振動子は、前述した圧電材料や恒弾性合金の他に、シリコンマイクロマシンにおいて使用されるように、シリコン半導体プロセスによって形成することもできる。この場合には、振動子を駆動する際には、静電力等を利用する。

【００４９】

本発明の振動型ジャイロスコープは、例えば自動車の車体回転速度フィードバック式の車両制御方法に用いる回転速度センサーに、使用できる。こうしたシステムにおいては、操

舵輪の方向自身は、ハンドルの回転角度によって検出する。これと同時に、実際に車体が回転している回転速度を振動ジャイロスコープによって検出する。そして、操舵輪の方向と実際の車体の回転速度を比較して差を求め、この差に基づいて車輪トルク、操舵角に補正を加えることによって、安定した車体制御を実現する。

【００５０】

そして、図１－図３に示したような形態の振動型ジャイロスコープによれば、振動子を回転軸に対して垂直に配置（いわゆる横置き）した場合にも、回転角速度を検出できる。

【００５１】

図４－図６は、本発明の各実施形態に係る各振動型ジャイロスコープの振動子を概略的に示す斜視図である。

【００５２】

図４の振動子は、図３の類型に該当するものである。ただし、本実施形態においては、図３における枠部を分割することによって、枠部１０Ｄを２つ設ける。基部９Ａは、ＧＯを中心として４回対称の正方形をしている。基部９Ａの周縁部９ａから、二つの駆動振動系１Ａ、１Ｂ（本例では第一の振動系）が突出している。駆動振動系１Ａと１ＢとはＧＯを中心として２回対称である。

【００５３】

駆動振動系１Ａ、１Ｂは、基部９Ａの周縁部９ａから突出する支持部１２と、支持部１２の先端１２ｂ側から支持部１２に直交する方向に延びる第一の屈曲振動片３Ｃ、３Ｄを備えている。各屈曲振動片３Ｃ、３Ｄは、中央部分が拘束されており、両端が開放されている。第一の屈曲振動片は、更に詳細には屈曲振動片１１Ａ、１１Ｂ、および１１Ｃ、１１Ｄからなる。

【００５４】

各検出振動系２Ａ、２Ｂにおいては、基部９から枠部１０Ｄが突出しており、各枠部１０Ｄの中空領域８Ａ内に、それぞれ、細長い周方向屈曲振動片４Ｃ、４Ｄが突出している。各屈曲振動片４Ｃ、４Ｄは、それぞれ重心ＧＯからみて径方向に延びており、各屈曲振動片の重心ＧＯから最も遠い側の端部１３が枠部１０Ｄに固定されている。検出振動系２Ａと２Ｂとは、重心ＧＯを中心として２回対称である。

【００５５】

駆動時には、各屈曲振動片３Ｃ、３Ｄが、支持部１２の先端部分１２ｂ付近を中心として、矢印５Ａ、５Ｂのように屈曲振動する。この振動子を回転させると、各支持部１２に対して矢印７Ａのようにコリオリ力が作用し、各支持部１２が、その基部への固定部１２ａを中心として周方向に屈曲振動する。これに対応して、検出振動系の屈曲振動片４Ｃ、４Ｄが矢印６Ａ、６Ｂのように屈曲振動する。この際、各屈曲振動片４Ｃ、４Ｄの振動は、重心ＧＯに近いほど大きくなり、重心ＧＯから遠ざかるほどに小さくなる。

【００５６】

図５の振動子は、図２の類型に該当するものである。枠部１０Ｃの内側の中空領域８Ｂ内には、枠部１０Ｃの内縁１０ａから、二つの駆動振動系１Ａ、１Ｂが突出している。

【００５７】

駆動振動系１Ａ、１Ｂは、枠部１０Ｃの内縁１０ａから突出する支持部１２Ａと、支持部１２Ａの先端１２ｂ側から支持部１２Ａに直交する方向に延びる第一の屈曲振動片３Ｅ、３Ｆを備えている。各屈曲振動片３Ｅ、３Ｆは、中央部分が拘束されており、両端が開放されている。第一の屈曲振動片は、更に詳細には屈曲振動片１１Ｅ、１１Ｆ、および１１Ｇ、１１Ｈからなる。駆動振動系１Ａと１Ｂとは、重心ＧＯを中心として２回対称である。

【００５８】

各検出振動系２Ａ、２Ｂにおいては、枠部１０Ｃの外縁１０ｂから各屈曲振動片４Ｅ、４Ｆが突出している。各屈曲振動片４Ｅ、４Ｆは、それぞれ交点Ｏからみて径方向に延びており、各屈曲振動片の重心ＧＯに最も近い側の端部１３Ａが枠部１０Ｃに固定されている。検出振動系２Ａと２Ｂとは、重心ＧＯを中心として２回対称である。

【００５９】
駆動時には、各屈曲振動片３Ｅ、３Ｆが、支持部１２Ａの先端部分１２ｂ付近を中心として、矢印５Ａ、５Ｂのように屈曲振動する。この振動子を回転させると、各支持部１２Ａに対して矢印７Ａのようにコリオリ力が作用し、各支持部１２Ａが、枠部への固定部分１２ａを中心として屈曲振動する。この振動の大きさは、重心ＧＯに近いほど大きくなり、重心ＧＯから遠いほど、小さくなる。これに対応して、検出振動系の屈曲振動片４Ｅ、４Ｆが、矢印６Ａ、６Ｂのように屈曲振動する。

【００６０】
図６の振動子は、図１の類型に該当するものである。枠部１０Ｃの内側の中空領域内には、枠部１０Ｃの内縁１０ａから、二つの駆動振動系１Ａ、１Ｂが突出している。各駆動振動系は、図５に示したものと同じである。

【００６１】
各検出振動系２Ａ、２Ｂにおいては、枠部１０Ｃの内縁１０ａから各屈曲振動片４Ｃ、４Ｄが突出している。各屈曲振動片４Ｃ、４Ｄは、それぞれ交点Ｏからみて径方向に延びており、各屈曲振動片の重心ＧＯから最も遠い側の端部１３が枠部１０Ｃに固定されている。

【００６２】
駆動時には、各屈曲振動片３Ｅ、３Ｆが、矢印５Ａ、５Ｂのように屈曲振動する。この振動子を回転させると、各支持部１２Ａに対して矢印７Ａのようにコリオリ力が作用し、各支持部１２Ａが、枠部への固定部分１２ａを中心として屈曲振動する。この振動の大きさは、重心ＧＯに近いほど大きくなり、重心ＧＯから遠いほど、小さくなる。これに対応して、検出振動系の屈曲振動片４Ｃ、４Ｄが、矢印６Ａ、６Ｂのように屈曲振動する。この際、各屈曲振動片４Ｃ、４Ｄの振動は、重心ＧＯに近いほど大きくなり、重心ＧＯから遠ざかるほどに小さくなる。

【００６３】
本発明の振動型ジャイロスコープにおいて特に好ましくは、枠部内を支持し、固定する。これによって、コリオリの力により発生する検出振動を減衰させることなく効果的に発生させることができ、検出振動のＱ値が高くなり、感度を上昇させることができる。この場合において特に好ましくは、各駆動振動系に対してほぼ等距離である領域内で、振動子を保持する。ここで、「各駆動振動系に対してほぼ等距離である領域」とは、その領域内の各点から各駆動振動系に至るまでの距離の差が、１％以内である領域を言う。

【００６４】
例えば、図４、図５、図６において、枠部内の領域２０内で振動子を保持すると、最も駆動振動、検出振動による影響が小さくなり、感度が向上する。

【００６５】
振動子を支持する具体的方法については特に限定せず、あらゆる支持方法、固定方法を採用できる。

【００６６】
例えば、圧電材料の接着方法として公知のあらゆる接着方法を使用できる。その一例として、振動子に所定の支持孔を設け、支持孔内に何らかの支持具を挿入して振動子を固定できる。例えば、振動子を支持するための治具から支持具を突出させ、支持具を支持孔内に挿入し、固定できる。支持具を支持孔中に挿入し、固定する際には、支持具の表面にメタライズ層を設け、および／または支持孔の内周面にメタライズ層を設け、次いで支持具と支持孔の内周面とをハンダ付け又はロウ付けする。あるいは、支持具と支持孔との間に樹脂を配することにより、振動子を固定できる。

【００６７】
この支持孔は、振動子を貫通していてもよく、また振動子を貫通していなくともよい。支持孔が振動子を貫通する貫通孔である場合には、支持孔に支持具を貫通させることもできるが、支持具を貫通させなくともよい。

【００６８】

また、振動子に支持孔を設けない場合には、振動子の表面および／または裏面に、支持具をハンダ付けしたり、あるいは支持具を樹脂によって接着できる。

【００６９】

本発明の振動子を使用した直線加速度計によれば、振動子に駆動振動を与えたときの基部の伸縮振動によるノイズ信号が顕著に低減されているので、このノイズ信号の温度変化による誤差を防止することができる。

【００７０】

また、本発明の振動子を用いて、回転速度と直線加速度とを同時に計測するセンサーを作製することができる。本発明の振動子では、振動子に回転速度と直線加速度が同時に加わった場合、回転速度に対応する検出信号と、直線加速度に対応する信号とが同時に発生する。このときの検出信号のうち、駆動信号と同じ周波数の信号成分の振幅の変化が回転速度に比例しており、直流電圧信号成分の変化が直線加速度に比例している。

【００７１】

図６に示す形態の振動子を作製し、そのＳ／Ｎ比を測定した。ただし、厚さ０．３ｍｍの水晶のＺ板の両面に、クロムを２００オングストローム、更に金を３０００オングストロームを蒸着し、フォトリソグラフィー法によってアーム長さが６ｍｍとなるようにマスクパターンを形成し、フッ化アンモニウム溶液を用い、エッチング法によって、図６の形状の振動子を作製した。更に、振動子の表面に、電極として、クロムを２００オングストローム、更に金を３０００オングストロームを、所定のパターンとなるように蒸着し、振動子を作製した。この振動子を利用したジャイロスコープのＳ／Ｎ比を測定したところ、１５００となった。

【００７２】

なお、Ｓ／Ｎ比を測定する際には、振動子が回転系内に設置されないときに、検出電極に現れる電圧の振幅をノイズ（Ｎ）とする。また、振動子を、回転角速度１ラジアン／秒の回転系内に設置したときに、検出電極に現れる電圧の振幅を信号（Ｓ）とする。そして、前記の信号（Ｓ）／ノイズ（Ｎ）をＳ／Ｎ比とした。

【００７３】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、圧電振動型ジャイロスコープにおいて、駆動振動アームの駆動振動による、検出アームへの影響を抑制し、検出信号におけるＳ／Ｎ比を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】枠部１０Ａの内側の中空領域内に各振動系が設けられている実施形態の振動子を示す模式図である。

【図２】枠部１０Ｂの内側の中空領域内に第一の振動系が設けられており、枠部１０Ｂの外側へと向かって第二の振動系が突出している振動子を示す模式図である。

【図３】枠部１０Ｃの内側の中空領域内に第二の振動系が設けられており、枠部１０Ｃ内の基部から第一の振動系が突出している振動子を示す模式図である。

【図４】本発明の一実施形態に係る振動子を概略的に示す斜視図である。

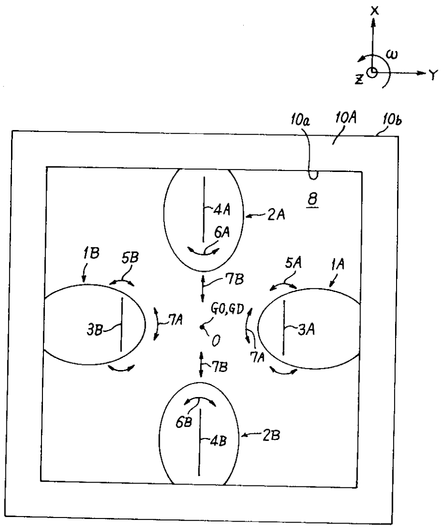
【図５】本発明の他の実施形態に係る振動子を概略的に示す斜視図である。

【図６】本発明の更に他の実施形態に係る振動子を概略的に示す斜視図である。

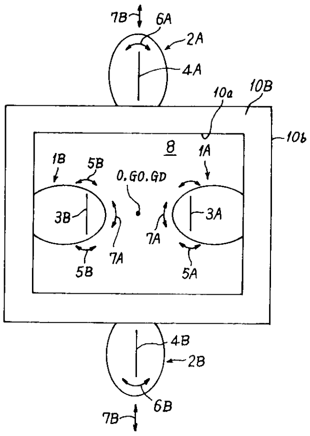
【符号の説明】

１Ａ、１Ｂ　第一の振動系　　２Ａ、２Ｂ　第二の振動系　　３Ｃ、３Ｄ　第一の屈曲振動片　　４Ｃ、４Ｄ　周方向屈曲振動片　　８、８Ａ、８Ｂ　中空領域　　９、９Ａ　基部　　１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｄ　枠部　　１０ａ　枠部の内縁　　１０ｂ　枠部の外縁　　１２、１２Ａ　支持部　　Ｏ　　所定面と回転軸Ｚとの交点

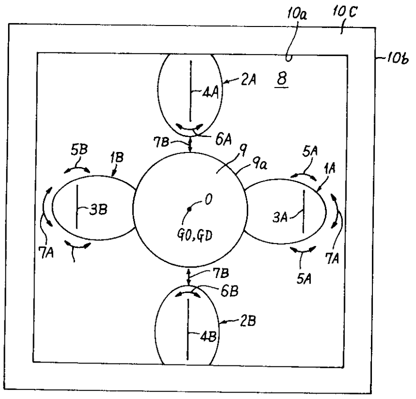
【図１】


X
ω
Z
Y
10a
10A
10b
8
4A
2A
6A
1B
5B
7B
5A
1A
G0,GD
3B
7A
3A
0
7A
7B
6B
4B
2B

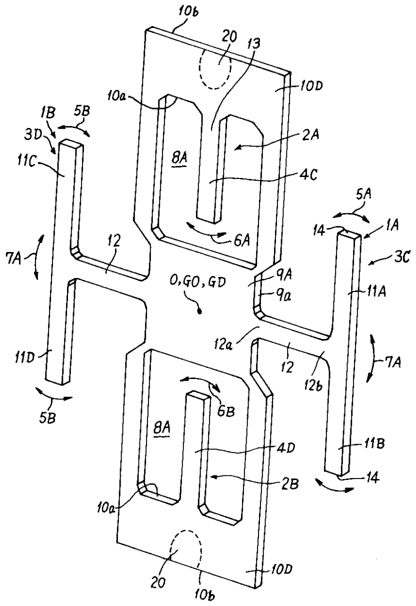
【図２】


7B
6A
2A
4A
10a
10B
10b
8
1B
5B
0,G0,GD
1A
3B
3A
7A
7A
5B
5A
4B
2B
6B
7B

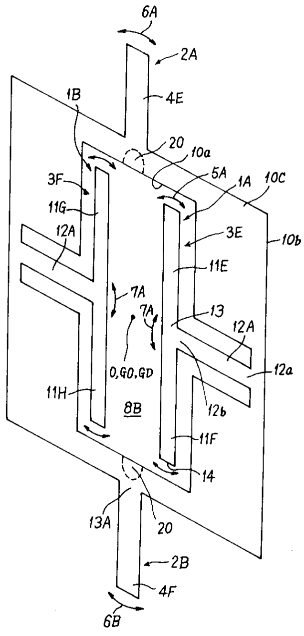
【図３】


10a
10C
10b
4A
2A
8
7B
6A
5B
1B
9
9a
5A
1A
3B
0
3A
7A
G0,GD
7A
5A
7B
6B
2B
4B

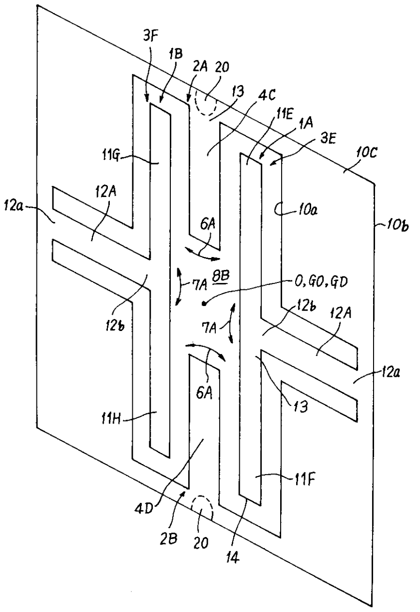
【図４】


10b
20
13
10D
10a
1B
5B
3D
2A
11C
8A
4C
5A
1A
14
3C
6A
7A
12
9A
11A
0,G0,GD
9a
12a
7A
11D
12
12b
5B
6B
8A
4D
11B
2B
14
10a
20
10D
10b

【図５】


6A
2A
4E
1B
20
10a
5A
1A
10C
3F
11G
3E
10b
12A
11E
7A
7A
13
12A
0,G0,GD
12a
12b
11H
8B
11F
14
13A
20
2B
4F
6B

【図６】


3F
1B
2A
20
13
4C
11E
1A
3E
10C
11G
12A
12a
10a
10b
6A
7A
8B
0,G0,GD
12b
12b
12A
7A
6A
12a
13
11H
11F
4D
2B
20
14

フロントページの続き

(72)発明者　菊池　尊行
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号　日本碍子株式会社内
(72)発明者　郷治　庄作
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号　日本碍子株式会社内
(72)発明者　大杉　幸久
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号　日本碍子株式会社内
(72)発明者　相馬　隆雄
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号　日本碍子株式会社内

審査官　小野寺　麻美子

(56)参考文献　特開平０７－１５９１８０（ＪＰ，Ａ）
特開平９－３３０８９２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G01C 19/56
G01P 9/04
H01L 41/09