

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3834397号  
(P3834397)

(45) 発行日 平成18年10月18日(2006.10.18)

(24) 登録日 平成18年7月28日(2006.7.28)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 C 19/56 (2006.01)** GO 1 C 19/56  
**GO 1 P 9/04 (2006.01)** GO 1 P 9/04

請求項の数 11 外国語出願 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平9-275852                  (22) 出願日 平成9年10月8日(1997.10.8)                  (65) 公開番号 特開平10-160483                  (43) 公開日 平成10年6月19日(1998.6.19)                  審査請求日 平成14年9月30日(2002.9.30)                  (31) 優先権主張番号 9620982:0                  (32) 優先日 平成8年10月8日(1996.10.8)                  (33) 優先権主張国 英国(GB)</p>	<p>(73) 特許権者 390038014                  ビーエイイー システムズ パブリック                  リミテッド カンパニー                  BAE SYSTEMS plc                  イギリス国、エスタブリッシュワイ・5エー                  ディー、ロンドン、カールトン・ガーデン                  ス 6                  (74) 代理人 100064388                  弁理士 浜野 孝雄                  (74) 代理人 100067965                  弁理士 森田 哲二                  (74) 代理人 100088236                  弁理士 平井 輝一</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レートセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも二つの軸に加えられたレートを検出するレートセンサであって、  
 振動構造物(6)と、

Cos2 キャリヤモードにおけるCos2 キャリヤモードの振動数で振動構造物(6)を振動させ、振動構造物(6)の平面上の少なくとも二つの軸線(10, 11, 12)の一方又は他方を中心とする回転によって、Cos2 キャリヤモードの振動数で振動構造物(6)を同じ軸線の周りで揺動運動させるために十分なコリオリの力を発生させる手段と、

揺動モード振動を検知して、加えられたレートを検出する手段とを備え、

振動構造物(6)が実質的に平坦なリングまたは輪形状をしており、

かつ前記振動構造物(6)の平坦なリングまたは輪形状が、前記振動構造物(6)におけるCos2 キャリヤモードの振動及び揺動運動の振動の振動数を一致させるように寸法決められて、揺動運動の共振増幅を生じさせ、前記揺動モードの振動が加えられたレートに比例すること、

を特徴とするレートセンサ。

【請求項2】

振動構造物(6)が、金属またはシリコンから作られていることを特徴とする請求項1に記載のセンサ。

【請求項3】

振動構造物(6)がリング状の形態を成し、実質的に中央ボス(9)から半径方向へ伸

びる複数の脚部(8)によって支持されていること

を特徴とする請求項2に記載のセンサ。

【請求項4】

少なくとも二つの軸(10, 11)に加えられたレートを検出するため、金属から作られた平坦な輪状の振動構造物(6)を有するレートセンサであって、

振動構造物(6)をCos2 キャリヤモードにおけるCos2 キャリヤモードの振動数で振動させる手段が、

電磁的キャリヤモード駆動要素(13)及び容量性キャリヤモードピックアップ要素(14)を有し、

これらの要素がそれぞれ、振動構造物の外側リムに対してそれぞれ0°および270°に配置され、かつCos2 キャリヤモードで振動する時の前記リム(7)の最大半径方向運動の点に近い、外側リム(7)の径方向外側で外側リム(7)の平面上に配置され、

揺動モード振動と供給レートを検出する手段が、

外側リム(7)から垂直方向に離れ、外側リム(7)と重なる位置関係で、外側リム(7)の近くに設置された、x軸電磁的駆動要素(15)とx軸容量性ピックアップ要素(16)とy軸電磁的駆動要素(17)とy軸容量性ピックアップ要素(18)とを有し、

y軸ピックアップ要素(18)、y軸駆動要素(17)、x軸駆動要素(15)及びx軸ピックアップ要素(16)が、それぞれ外側リム(17)の周囲で0°、90°、180°および270°に配置されていること

を特徴とする請求項3に記載のセンサ。

【請求項5】

三つの軸線(10, 11, 12)に加えられたレートを検出するため、

Cos2 キャリヤモードにおけるCos2 キャリヤモードの振動数で振動構造物(6)を振動させる手段が、電磁応動モード駆動要素(19)及び容量性応動モードピックアップ要素(20)をさらに有し、

これら電磁応動モード駆動要素(19)及び容量性応動モードピックアップ要素(20)が、応動モードで振動させられた時、外側リム(7)に対する最大半径方向運動の点に近い振動構造物(6)の外側リム(7)の平面上に設置され、

前記電磁応動モード駆動要素(19)及び容量性応動ピックアップ要素(20)が、振動構造物の外側リム(7)に対してそれぞれ135°および225°に配置され、かつ、外側リム(7)の平面上でその径方向外側に配置されて、振動構造物(6)の平面に垂直な軸線の周りの回転を感知すること、

を特徴とする請求項4に記載のセンサ。

【請求項6】

外側リム(7)が、平面的にはほぼ円形であるか、又は平面的には実質的に長方形であることを特徴とする請求項3に記載のセンサ。

【請求項7】

振動構造物(6)が、ニッケル-鉄合金から作られていることを特徴とする請求項5に記載のセンサ。

【請求項8】

振動構造物(6)をCos2 キャリヤモードにおけるCos2 キャリヤモードの振動数で振動させる手段が、二つの静電キャリヤモード駆動要素(22)および二つの静電キャリヤモードピックアップ要素(23)を有し、振動構造物(6)の外側リム(7)に対して0°および180°に駆動要素(22)が配置され、90°および270°にピックアップ要素(23)がそれぞれ配置され、かつCos2 キャリヤモードで振動する時に外側リム(7)の最大半径方向運動の点に近い外側リム(7)の半径方向外側に設置され、また揺動モード振動を検出する手段がx軸静電駆動要素(24)、x軸静電ピックアップ要素(27)、y軸静電駆動要素(26)及び、リム(7)から垂直に離れてリム(7)と重なる位置関係で外側リム(7)に隣接して設置されたy軸静電ピックアップ要素(27)を有し、y軸駆動要素(26)、x軸ピックアップ要素(25)、y軸ピックアップ要素(27)およびx軸駆動要

10

20

30

40

50

素(24)が、外側リムの周りに0°、90°、180°および270°にそれぞれ配置された、シリコンから作られた実質的に平坦で実質的にリング状の振動構造物(6)を有する、二つの軸(10, 11)上に加えられたレートを検出することを特徴とする請求項3に記載のセンサ。

【請求項9】

振動構造物(6)をCos2 キャリヤモードにおけるCos2 キャリヤモードの振動数で振動する手段が、二つの静電z軸応動モード駆動要素(30)および応動モードで振動する時、外側リム(7)に対する最大半径方向運動の点に隣接してその半径方向外方に振動構造物(6)の外側リム(7)の平面内に設置された二つの静電z軸応動モードピックオフ要素(31)をさらに有し、第1z軸応動モードピックオフ要素(31)、第2z軸応動モード駆動要素(30)および第2z軸応動モードピックオフ要素(31)が振動構造物(6)の外側リム(7)の周りにそれぞれ45°、135°、225°および315°に配置された、三つの軸線に加えられたレートを検出することを特徴とする請求項8に記載のセンサ。

10

【請求項10】

外側リム(7)が平面的には実質的に円形で、外側リム(7)および脚部(8)がその上に取付けられた中央ボス(9)によって絶縁表層(21)の上方に懸垂されることを特徴とする請求項9に記載されたセンサ。

【請求項11】

振動構造物(6)が、その質量を変化させるため、外側リム(7)の端部からの材料の除去を制御することによって、または、外側リム(7)の stiffness を変化させるため外側リム(7)の中立軸線からの材料の除去を制御することによって、Cos2 キャリヤモードおよび揺動モード振動の振動数を一致させるような寸法に決められることを特徴とする請求項3から10のいずれか一項記載のセンサ。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は少なくとも二つの軸線に加えられたレート(rate)を感知するレートセンサに関するもので、好ましくは、ただし限定されるものではないが、三つの軸線上のレートを感知するのに適している。

30

【0002】

【従来の技術】

振動構造物ジャイロスコープのような公知のレート(rate)センサは、種々の異なった構造物を使用して構成されてきた。これらはビーム、音叉、シリンダ、半球状シェルおよびリングを備えている。これらの構造物のすべてに共通の特徴は、それらが共振キャリヤモード振動を維持することである。このことはジャイロが適当な軸線の周りで回転するときコリオリの力を発生する線形運動量を生ずる。

【0003】

添付の図1に線図形式で示された公知の平衡音叉の形状は、多分もっとも普通の構造物の形式である。この機構に対して、音叉1は音叉構造物の平面内で、180°位相が異なった運動をする。駆動は所定の駆動レベルに対して運動の振幅を最大にするためモードの共振振動数に調節される。材料の機械的特性および大きさの公差についての正確な情報は、音叉1の振動数を平衡するため必要である。このことは確実に質量中心の周りに正味の力およびトルクが存在しないようにするとともに、線形加速度(linear accelerations)に対する感度を低下させる。音叉のステム2の軸線の周りに加えられた角速度は、キャリヤの振動および回転軸線に直角の軸線にコリオリの力を発生する。音叉は、図1に示すように、キャリヤモード振動数において位相の外れた振動を生ずる。この振動の振幅は、加えられた回転レートに比例する。

40

【0004】

キャリヤおよび応動モードの共振振動数を一致させることによって、これらの装置の感度

50

を増大することが提案された。これらの振動数を正確に一致させることにより、応動モード振動の振幅は構造物の機械的クォリティー係数 $Q$ だけ増幅される。このことは必然的に構造物の公差を一層厳密にする。実際、適当な点において材料を添加または除去することにより、振動構造物または共振器の平衡を精密に調節することが必要になる。これはモードのスチフネスまたは質量パラメータを調節し、モードの振動数を別々にシフトする。これらの振動数が一致しなければ、 $Q$ 増幅は発生せず、ピックアップは適当なジャイロ機能を奏するため十分に敏感にしなければならない。

#### 【0005】

リング、シリンダまたは球状シェルに基づく公知の振動構造ジャイロは、一般にすべて  $\text{Cos}^2$  振動モードを使用する。リングの形式の完全に対称的な共振器に対して、二つの変形  $\text{Cos}^2$  キャリヤモードが  $45^\circ$  の相対角度で存在する。これらは図2のaおよびbに示されている。これらのモードの一方は、図2のaにキャリヤモードとして励起される。この構成に対し、すべての振動はリングの平面内で発生する。構造物がリング平面に垂直な軸線 ( $z$  軸) の周りに回転すると、コリオリの力はエネルギーを図2bに示された応動モードに組合わせる。これは図3から理解できる。共振器構造物は、実際に半径方向ならびに接線方向に振動する。通常、半径方向運動のみが検出され、この運動のみが、レートがリングの平面に垂直な軸線の周りに加えられるとき、 $\text{Cos}^2$  キャリヤモードの振動の非節点において実質的にリング状振動構造物に作用するコリオリの力を示す、図3において考慮される。最大半径方向運動の点における速度ベクトル  $v$  (velocity vector ( $v$ )) がマークされる。線図は、振動サイクルの途中のその休止位置5からの共振振動構造物4の最大変形を示す。レートが加えられないとき、共振モード運動は発生しない。装置が  $z$  軸の周りに回転するとき、最大半径方向運動の点は、図示のようにコリオリの力  $F_c$  を生ずる。リングの周りのこれらの力の組合わせは、変形  $\text{Cos}^2$  応動モードで振動せしめる。発生した運動の振幅は回転レートに比例する。

#### 【0006】

もしキャリヤおよび応動モード振動が正確に平衡するならば、音叉構造物によるように、増大した感度が得られる。半径方向の等方性を備えた材料を選択することは、この平衡を達成するのにきわめて有利である。しかしながら、付加的の支柱製造精密調節が、所望の精度を実現するのに必要である。

商業ならびに軍事分野において、二軸または三軸のレート検出を必要とする慣性感知ユニットに対して、多数の用途が存在する。このことは、通常二つまたは三つの単軸ジャイロを所要の構造に取付けることによって達成される。本質的に多軸レート検出能力を備えたセンサはこのために大きい利点を有し、かかる装置は大きさ、複雑さ、部品数および組立時間の減少したがってコストの低下を奏する。

#### 【0007】

二軸のレートを検出しようとする装置は公知である。米国、マサチューセッツ州、ケンブリッジ市ドレーパ研究所で開発された振動ホイールジャイロ (VWOG) は、かかる装置の例である。この装置は四つのコンプライアントビームによって、中央で支持されたリング構造物からなっている。共振キャリヤモードはリングの振子回転運動である。リングの平面内における  $x$  または  $y$  軸の周りの回転は、リングに入力回転軸線の周りの揺動運動を発生させる。この運動はリングの下に設置された板によって容量的に検出される。かかる公知の装置は、二軸レート検出に対してだけ作動可能である。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の一目的は、少なくとも二つの軸線上に加えられたレートを感知する進歩したレートセンサを得ることである。かかるセンサは多軸レート検出能力を備えるのが好ましい。

本発明の別の目的は、単一振動構造物の形式の、少なくとも二つの軸線上に加えられたレートを感知する進歩したレートセンサを得ることである。

本発明のこれらのおよび他の目的および利点は、本発明の好ましい実施例が記載される

10

20

30

40

50

下記の説明に開示された詳細な記載から一層明らかになるであろう。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、振動構造物、振動構造物の平面内の少なくとも二つの軸線の一方または他方の周りの回転が、キャリヤモードにおいて同じ軸線の周りの振動構造物の揺動運動を生ずるのに十分なコリオリの力を発生するように、Cos2 キャリヤモードにおいて Cos2 キャリヤモードの振動数で構造物を振動する手段を有し、振動構造物が実質的に平坦な実質的にリングまたはフープ状に形成され、かつ振動構造物における Cos2 キャリヤモードおよび揺動モード振動の振動数が一致して揺動運動の共振増幅を生ずるような大きさにされ、該揺動モード振動の振動数が加えられたレートに比例し、また揺動モード振動したがって加えられたレートを検出する手段を有する、少なくとも二つの軸線において加えられたレートを検出するレートセンサが得られる。

10

振動構造物が金属またはシリコンから作られるのが好ましい。

通常、振動構造物は、中央ボスから実質的に延長する複数の脚部により支持された外側リムを有するリング状である。

【0010】

二つの軸線に加えられたレートを検出するセンサは、金属から作られた実質的に平坦なリング状振動構造物を有するのが有利であり、振動構造物を Cos2 キャリヤモードで振動する手段は、電磁キャリヤモード駆動要素および容量性キャリヤモードピックオフ要素を有し、ピックオフ要素は振動構造物の外側リムに対してそれぞれ0°および270°に配置され、かつ Cos2 キャリヤモードで振動するとき前記リムの最大半径方向運動の点に隣接してその半径方向外側に外側リムの平面内に設置され、揺動モード振動を検出する手段はx軸電磁駆動要素、x軸容量性キャリヤモードピックオフ要素および、それから垂直に離れてそれと重なる関係において外側リムに隣接して設置されたy軸容量性キャリヤモードピックオフ要素を有し、y軸ピックオフ要素、x軸駆動要素、y軸駆動要素およびx軸ピックオフ要素が外側リムの周りにそれぞれ0°、90°、180°および270°に配置される。

20

【0011】

好ましくは、三つの軸線に加えられたレートを検出するセンサにおいて、振動構造物を振動させる手段は電磁応動モード駆動要素および応動モードで振動するとき外側リムに対する最大半径方向運動の点に隣接して振動構造物の外側リムの平面内に設置された容量性応動モードピックオフ要素をさらに有し、応動モード駆動要素およびピックオフ要素が振動構造物の外側リムに対してそれぞれ135°および225°に配置され、かつ振動構造物の平面に垂直な軸線の周りの回転を検出するため、その半径方向外側に外側リムの平面内に設置される。

30

通常、外側リムが平面図で見て実質的に円形または平面図で見て実質的に長方形である。

振動構造物はニッケル - 鉄合金から作られるのが有利である。

【0012】

好ましくは、振動構造物を Cos2 キャリヤモードで振動させる手段は二つの静電キャリヤモード駆動要素および静電キャリヤモードピックオフ要素を有し、振動構造物の外側リムに対してそれぞれ駆動要素は0°および180°にピックオフ要素は90°および270°に配置され、かつ Cos2 キャリヤモードで振動するとき外側リムの最大半径方向運動の点に隣接する外側リムの半径方向外側に設置され、また揺動モード振動を検出する手段はx軸電磁駆動要素、x軸容量ピックオフ要素、y軸電磁駆動要素およびそこから垂直に離れてそれと重なる関係で外側リムに隣接して設置されたy軸容量ピックオフ要素を有し、y軸駆動要素、x軸ピックオフ要素、y軸ピックオフ要素およびx軸駆動要素は外側リムの周りに0°、90°、180°および270°にそれぞれ配置されたシリコンから作られた実質的に平坦な実質的にリング状の振動構造物を有する二つの軸線に加えられたレートを検出する。

40

50

## 【 0 0 1 3 】

通常、三つの軸線に加えられたレートを検出するセンサにおいて、振動構造物を振動する手段が二つの電磁 z 軸応動モード駆動要素および応動モードで振動するとき外側リムに対する最大半径方向の点に隣接してその半径方向外方に振動構造物の外側リムの平面内に設置された二つの容量性 z 軸応動モードピックアップ要素をさらに有し、ピックアップ要素は応動モードで振動するとき外側リムに関する最大半径方向動作の点に隣接してその半径方向外側に振動構造物の外側リムの平面内に設置され、第 1 z 軸応動モードピックアップ要素、第 2 z 軸応動モード駆動要素および第 2 z 軸応動モードピックアップ要素は振動構造物の外側リムの周りにそれぞれ  $45^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $225^\circ$  および  $315^\circ$  に配置される。

平面図で見て実質的に円形で、外側リムおよび脚部がその上に取付けられた中央ボスによって絶縁表層の上方に懸垂されるのが有利である。

10

好ましくは、振動構造物が、その質量を変化するため外側リムの端部から材料を除去することを制御することにより、または、外側リムのスチフネスを変化するため外側リムの中立軸線から材料を除去することを制御することによって、 $\cos 2$  および揺動モード振動を一致させるような大きさにされる。

## 【 0 0 1 4 】

## 【 発明の実施の形態 】

本発明を一層よく理解するためまたそれがいかに実施されるかを示すため、例示として添付図面を参照する。

本発明によるレートセンサは、少なくとも二つの軸線に加えられたレートを検出するのに適している。センサは振動構造物 6 および構造物 6 の平面内の少なくとも二つの軸線の一方または他方の周りの回転が、 $\cos 2$  キャリヤモードの振動数で同じ軸線の周りの振動構造物 6 の揺動運動を生ずるのに十分なコリオリの力を発生するように、 $\cos 2$  キャリヤモードにおいて  $\cos 2$  キャリヤモードの振動数で構造物 6 を振動させる手段を有する。振動構造物 6 は実質的に平坦な実質的にリングまたはフープ状に形成され、かつ振動構造物における  $\cos 2$  キャリヤモードおよび揺動モード振動の振動数が一致して二つの軸線の一方または他方の周りの回転によって生じた揺動運動の共振増幅を生ずるような大きさにされ、該揺動モード振動は加えられたレートに比例する。またこのセンサはレートが加わると揺動モードの検出をする手段も含まれている。

20

## 【 0 0 1 5 】

振動構造物 6 は金属またはシリコンから作られるのが好ましく、振動構造物は中央ボス 9 から実質的に半径方向に延長する複数の脚部 8 により支持された外側リム 7 を有するリング状であるのが好ましい。

30

平坦なリング状リム 7 は、リングリムに実質的に緩衝されない  $\cos 2$  キャリヤモードの振動をさせるため、多数のコンプライアント脚部 8 によって支持される。通常、リング平面に垂直な軸線の周りの最大レート感度は、正確に平衡された二つの  $\cos 2$  キャリヤモードによって得られる。実際、各脚部 8 はリング状リム 7 の質量およびスチフネスに局部的影響を及ぼす。二つのモードの間に動的対称性を維持するため、各モードに対するすべての個々の影響の総和は平衡されなければならない。このことは添付図面の図 7 に示されたような、リング状リム 7 の周りに対称的に設置された 8 本の脚部 8 を使用することによって達成される。

40

## 【 0 0 1 6 】

かかるリングの  $\cos 2$  運動は図 2 に示されている。レートが z 軸 1 2 の周りに加えられるときの、応動モードの励振を生ずるコリオリの力は図 3 に示され、z 軸 1 2 は図の面から外れる。図 4 は速度が x 軸 1 0 の周りに加えられるときの、リング状リム 7 上の  $\cos 2$  キャリヤモードの非節点に加えられる力を示す。力はリング状リム 7 を x 軸 1 0 の周りに揺動運動させる。

y 軸に沿う対応する点は回転ベクトル  $F_0$  のようないかなるコリオリの力も発生せず、速度ベクトル  $v$  は同じ軸線に沿って働く。図 5 は y 軸 1 1 の周りの回転に対する対応する位置を示す。リング状リム 7 はこの実施例では y 軸 1 1 の周りに揺動する。

50

## 【0017】

リング状リム7のz軸回転に対する感度は、キャリアおよび応動モード振動数が一致することにより増大する。振動構造物の最終要素モデル化は、種々のリング振動モードの共振周波数を計算することを可能にする。Cos2 キャリヤモードによるように、揺動モードもまた相互の角度が90°の対に変形するときにも発生する。これらのモードに対するリング状リムの運動は、図6のaおよびbに示されている。その後方位置5からの振動構造物の二つの変形の極限点は、振動サイクルの各半分の間の運動方向とともに示されている(実線および破線矢印参照)。本発明による振動構造物の寸法および形状は、揺動モードの振動数をキャリアモードの振動数に設定すべく選択される。この結果揺動モード運動の増幅度は構造物のQ係数だけ増加する。

10

## 【0018】

通常単軸レートセンサ振動構造物の構造に対して、すべての振動が構造物の平面内で発生する。音叉に対して、キャリアおよび応動モード振動は二つの異なる平面内で発生する。本発明センサの振動構造物に対して、構造物はいかなる平面内でも自由に振動する。単一Cos2 キャリヤモードは、エネルギーを各幾何学的平面内の応動モードに組み合わせるのに必要な線形運動量を提供するのに十分である。

## 【0019】

本発明による二または三軸レートセンサは、振動構造物の上方および下方のいずれか一方または双方に、付加的駆動およびピックオフ要素を必要とする。このことは装置の大きさがいく分増大するが、全容積は二つまたは三つの適当に配置された単軸ユニットに必要な容積よりかなり小さい。本発明のレートセンサを使用する慣性測定ユニットは、すべての軸に対して単一のキャリアモードしたがって単一の駆動回路しか必要としない。単軸ジャイロ相当ユニットは三つの別の駆動回路を必要とする。これらはまた、可能な一体化の課題を生ずる僅かに異なる振動数で作動する。電子回路の必要性が少ないことは、動力消費を少なくする。

20

## 【0020】

本発明の一観点によれば、図7の振動構造物は前記のようにリング状の形状を有する。公知の通常単軸構造物に関して、振動構造物リム7の適当な外径は22mmで、リムの幅は1mm、そして厚さは1.2mmである。構造物はニッケル-鉄合金から作られ、ほぼ5kHzの振動数で作動する。好ましくは、構造物はCos2振動数がすべての他の振動モードから分離するように構成されている。脚部8はリング状リム7をコンプライアントに支持するとともに、低い振動数の振動に対して装置を鈍感にするため、平面軸線の外で十分なスチフネスを維持する。揺動モード共振振動数はこの構造物に対して2kHz付近にある。

30

## 【0021】

本発明の目的に対し、振動構造物の構造はCos2および揺動モード振動数を一致させるため変形される。これらの二つのモード振動数を一致させるため、脚部8はリング状リム7に比較して一層剛性を高くする必要があり、また厚さは公知の通常単軸振動構造物の構造における厚さ1.2mmより一層厚くする必要がある。このことはセンサの取付け感度を増加する可能性があるとともに、多分機械的Qを減少する。振動構造物のリングの適当な寸法は外22mm、リム幅0.5mm、そして厚さは2mm付近にある。問題の共振振動数は、振動構造物の構造では3.1kHz付近にある。

40

## 【0022】

機械的同調はモードの正確な平衡を達成するため必要である。これは、スチフネスおよび質量に影響する、リング状リム7の端部からの材料の除去の制御、または中立軸線にかける質量の除去によって達成される。同様の工程が揺動およびCos2 キャリヤモードを平衡するため必要である。揺動モードに対して、リング状リム7は単に脚部8において担持された質量と考えることができる。リング状リム7の端部からの材料の除去は担持された質量を減少し、共振振動数を増加する。Cos2 キャリヤモードに対して、スチフネスは低下され振動数の減少に導く。かくして二つのモードの振動数は別々にシフトされそれらを正確に平衡せしめる。

50

## 【 0 0 2 3 】

二つの軸線に加えられたレートを感知するため、図7に示されたように振動構造物6を利用する本発明の第1実施例によるレートセンサは、線図的に図8に示されている。実質的に平坦なリング状構造物8は、金属から作られる。構造物を振動させる手段は、電磁的、静電的または piezo 電氣的であり、運動を検出する手段は容量的、電磁的、piezo 電氣的、光学または歪みゲージとすることができる。電磁的駆動要素および容量的ピックアップを使用するのが好ましい。

## 【 0 0 2 4 】

添付図面の図8に示されたように、二つの軸線に加えられたレートを感知するための本発明の第1実施例によるレートセンサは、構造物6を Cos 2 キャリヤモードで振動させる手段を有し、その手段は電磁的キャリヤモード駆動要素13および容量的キャリヤモードピックアップ要素14を含み、ピックアップ要素14は構造物6の他のリム7に対してそれぞれ0°および270°に配置され、かつ Cos 2 キャリヤモードで振動するときリム7の最大半径方向運動の点に隣接して半径方向外方に設置されている。揺動モード振動を検出する手段は、x軸電磁的駆動要素15、x軸容量的ピックアップ要素16、y軸電磁的駆動要素17およびy軸容量的ピックアップ要素18を含み、ピックアップ要素18は外側リム7に対して平面の外にそこから垂直に離れてそれと重なる関係で外側リム7に隣接して設置されている。y軸ピックアップ要素18、x軸駆動要素15、y軸駆動要素17およびx軸ピックアップ要素16は、外側リム7の周りにそれぞれ0°、90°、180°および270°に配置されている。

## 【 0 0 2 5 】

二軸設備に対して同じキャリヤモードが使用されるが、二つの Cos 2 キャリヤモードの振動数の間に意図しない不一致が存在する。この不一致は、図10aに示されたように、リング状リム7上の四つの等距離の点における質量またはスチフネスを混乱させることにより製造工程中に組込まれる。そうでなければ、図10bに示されたような四つだけの支持脚部8を利用する振動構造物の構造も、二つの Cos 2 キャリヤモードに分かれる。振動の基本的モードを支持しうる図10cに示された長方形平面のような、半径方向非対称の形の使用も、満足できる。これらの別の二軸振動構造は、キャリヤモード位置が正確に振動リング形状によって公知の位置に正確に固定される利点を有する。これらの形状は、二つの Cos 2 キャリヤモードに対して動的に非対称であるが、揺動モードの対

に関する限りなお対称的である。この形状は振動構造物の平面内のxおよびy軸の周りのレートの感度を発生する。z軸周りの感度は発生しない。

軸に対してそれぞれ一つの駆動およびピックアップ要素が、図8の実施例において示され、付加的な駆動およびピックアップ要素は、もし運動の大きさおよび感度の増加を望むならば、使用することができる。これは図9の実施例に示されている。

## 【 0 0 2 6 】

図9に示された本発明の実施例は、三軸上加えられたレートを感知するレートセンサである。この実施例に対して、Cos 2 キャリヤおよび応動モード振動数を一致させなければならず、図7に示された振動構造物のみが適している。センサは図8等の実施例と基本的に同じであり、同じ部品は同じ参照符号を付され、これ以上詳細に説明はしない。しかしながら、この実施例において、振動構造物6を振動させる手段は、さらに、電磁応動モード駆動要素19および容量応動モードピックアップ要素20を含み、ピックアップ要素20は応動モードで振動するとき、外側リム7に対して最大半径運動の点に隣接して振動構造物6の外側リム7の平面内に設置される。応動モード駆動要素19およびピックアップ要素20は、振動構造物6の外側リム7に対してそれぞれ135°および225°に配置され、かつ振動構造物の平面に対して垂直な軸線の周りの回転を感知するため、その半径方向外部に外側リムの平面内に設置されている。この軸の周りの回転はコリオリの力を発生し、それはリム7の平面内の Cos 2 応動モードの振動を発生する。この振動の振幅は加えられたレートに比例する。

## 【 0 0 2 7 】

10

20

30

40

50



図9のセンサは強制フィードバック構造で作動され、応動モードピックオフ要素20検出された運動は、応動モード駆動要素19を使用してゼロにされる。x軸の周りのセンサの回転は、x軸ピックオフ要素16において振動を誘起する。この運動は、x軸駆動要素15を使用してゼロにされる。y軸ピックオフ要素18および駆動要素17は別々に作用する。この作用モードは、平面ピックオフ要素にノイズを発生するかもしれない、リング状リム7のいかなる平面運動をも阻止する。駆動要素15および17は平衡させる目的で、揺動モードを励起するのに役立つ。

図8および9の実施例におけるセンサは、金属振動構造物6を備えている。しかしながらセンサは、適当な性質を有しかつ前記のような共振および検出される合成運動を設定するいかなる材料からも製造することができる。結晶シリコン、ポリシリコン、クォーツの  
10  
ような材料から、微細加工技術によって振動構造物を製造することもできる。

#### 【0028】

添付図面の図11は、図8および9の実施例に関連してすでに記載されたシリコン振動構造物6を使用する本発明の第3実施例によるセンサを線図的に示し、駆動要素は電磁的、静電的、 piezo、熱または光学的に作動することができ、また振動構造物6の運動は、静電的、電磁的、piezoまたは光学的技術を使用して検出することができる。図11は、静電駆動要素および静電ピックオフを使用するシリコンの二軸レートセンサを示している。振動構造物6は、前記のように通常リム7、脚部8および中央ボス9を有する、実質的に平坦な実質的にリング状の形状を有する。振動構造物6は、実質的に平坦な実質的にリング状の形状を有し、前記のように外側リム7、脚部8および中央ボス9を有する。構造物  
20  
6はガラスまたは絶縁酸化表面層を備えたシリコンから作りうる絶縁層21上に、ボス9を介して設置される。振動構造物6は駆動およびピックオフ要素として作用するすべての導体に対して一定電圧に維持される。

#### 【0029】

図11の実施例において、Cos2 キャリヤモードで振動構造物6を振動させる手段は、二つの静電キャリヤ駆動要素22および二つの静電キャリヤモードピックオフ要素23を有し、ピックオフ要素23は駆動要素22に対して0°および180°に配置され、ピックオフ要素23は振動構造物6の外側リム7に対してそれぞれ90°および270°に配置され、かつCos2 キャリヤモードで振動するとき、リム7の最大半径方向運動の点に隣接して外側リムの半径方向外側に設置される。これらのキャリヤモード駆動要素  
30  
22は、振動構造物6を振動せしめるため使用される。キャリヤモード非節点に設置されたキャリヤモードピックオフ要素23は、振動構造物6の半径方向運動を感知する。

#### 【0030】

図11の実施例において、揺動モード振動を感知する手段は、x軸静電駆動要素24、x軸静電ピックオフ要素25、y軸静電駆動要素26およびy軸静電ピックオフ要素27を備え、ピックオフ要素27はy軸駆動要素26から垂直に離れてそれと重なる関係で外側リムに隣接して設置され、x軸ピックオフ要素25、y軸ピックオフ要素27およびx軸駆動要素24は、それぞれ外側リムの周りに0°、90°、180°および270°に配置されている。

x軸レート応動モードの揺動運動は、リム7の下の支持層表面に設置されたピックオフ要素25によって検出される。この運動は、リム7の反対側の下に同様に設置されたx軸駆動要素24を使用してゼロにされる。y軸レート応動運動は、ピックオフ要素27を使用して同様に検出され、駆動要素26によってゼロにされる。種々の駆動およびピックオフ導体位置は、表面層に載置されたトラッキング28を介して、ボンドパッド29に接続される。ついで駆動およびピックオフ回路が、これらのボンドパッドに接続される。図11のセンサの横断面は図13に示されている。この図は平面内のトポグラフィおよび表面の導体を一層鮮明に示している。

#### 【0031】

添付図面の図12は、三つの軸線上に加えられたレートを感知する本発明の第4実施例によるセンサを平面図で示す。このレートセンサは、基本的に図11等の実施例と同様で  
40  
50

、同じ部品は同じ参照符号で示され、さらに説明されることはない。図12の実施例において、振動構造物6を振動させる手段は、二つの静電z軸応動モード駆動要素30および二つの静電z軸応動モードピックオフ要素31をさらに有し、ピックオフ要素31は、応動モードで振動するとき、外側リム7に対する最大半径方向運動点に隣接してその半径方向外側に振動構造物6の外側リム7の平面内に設置されている。第1z軸応動モード駆動要素30、第1z軸応動モードピックオフ要素31、第2z軸応動モード駆動要素30および第2z軸応動モードピックオフ要素31は、振動構造物6の外側リム7の周りに45°、135°、225°および315°にそれぞれ配置されている。z軸レートセンサ応動モード運動は、ピックオフ要素31によって検出される。

#### 【0032】

図11および12において質量およびひすチフネスを調節するため、振動構造物6からの材料除去は、レーザ研磨技術を使用して実施することができる。さらに図11の二軸レートセンサは、八つの脚部を備えた振動構造物6を示しているが、図10a, bおよびcに示された構造物に対応する形状および形式をゆうするものを代わりに使用することができる。

種々の変形および変更が、図示しかつ記載された実施例に対して、特許請求の範囲の記載の範囲内でなしうるものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によらない、通常の平衡音叉振動構造物の略図。

【図2】 aは通常の方法でキャリヤモードとして作用する、対称共振器または振動構造物における変形Cos2 キャリヤモードの振動を示す線図で、bはaに対して45°をなすが、しかし応動モードとして作用する別の変形Cos2 の線図。

【図3】 レートが、通常の方法でリングの平面に垂直な軸線(z軸)の周りに加えられるとき、Cos2 キャリヤモード振動の非節点において、実質的にリング状の振動構造物に作用するコリオリの力を示す線図。

【図4】 レートが同じCos2 キャリヤモードでx軸の周りに加えられるとき、実質的にリング状の振動構造物に加えられる力を示す線図。

【図5】 図4と同様の状態の、しかしy軸の周りの回転に対する線図。

【図6】 aは本発明によるy軸上の休止位置からの振動構造物の本発明による揺動モードを示し、bはaと同様であるがx軸の休止位置の周りの振動構造物の揺動運動を示す図。

【図7】 本発明のセンサに使用するのに適した振動構造物の線図的平面図。

【図8】 本発明の一実施例による二軸レートセンサの線図的平面図。

【図9】 本発明の第2実施例による三軸レートセンサの線図的平面図。

【図10】 aは本発明による二軸レートセンサに使用する振動構造物の構造を示す図、bはaとは別の構造の図、cはさらに別の構造の図。

【図11】 本発明の第3実施例による二軸レートセンサの線図的平面図。

【図12】 本発明の第4実施例による三軸レートセンサの線図的平面図。

【図13】 図12の実施例の詳細端面図。

#### 【符号の説明】

- 6 振動構造物
- 7 リング状リム
- 8 脚部
- 9 中心ボス
- 10 x軸
- 11 y軸
- 12 z軸
- 13 電磁的キャリヤモード駆動要素
- 14 容量的ピックオフ要素
- 15 x軸電磁的駆動要素

10

20

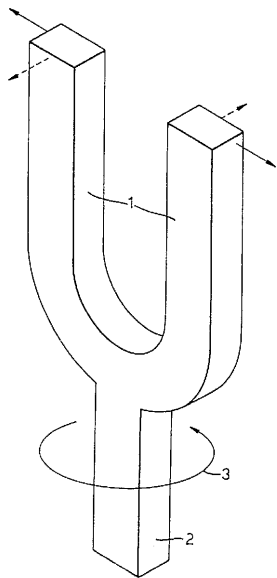
30

40

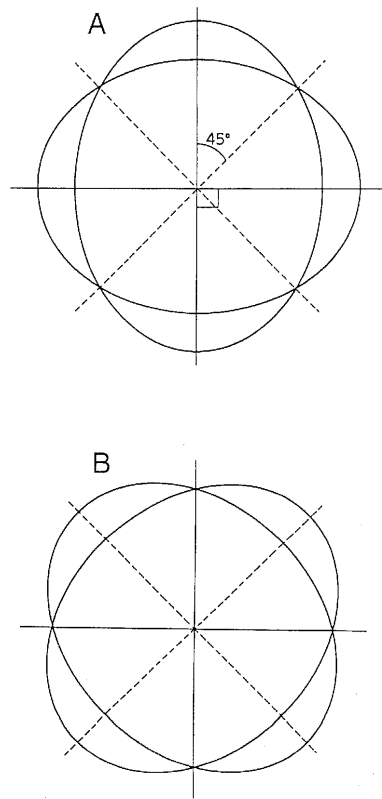
50

- 1 6 x 軸容量的ピックアップ要素
- 1 7 y 軸電磁的駆動要素
- 1 8 y 軸容量的ピックアップ要素
- 1 9 電磁応動モード駆動要素
- 2 0 容量応動モードピックアップ要素
- 2 2 静電キャリア駆動要素
- 2 3 静電キャリアモードピックアップ要素
- 2 4 x 軸静電駆動要素
- 2 5 x 軸静電ピックアップ要素
- 2 6 y 軸静電駆動要素
- 2 7 y 軸静電ピックアップ要素
- 2 8 トラッキング
- 2 9 ボンドパッド
- 3 0 z 軸応動モード駆動要素
- 3 1 z 軸応動モードピックアップ要素

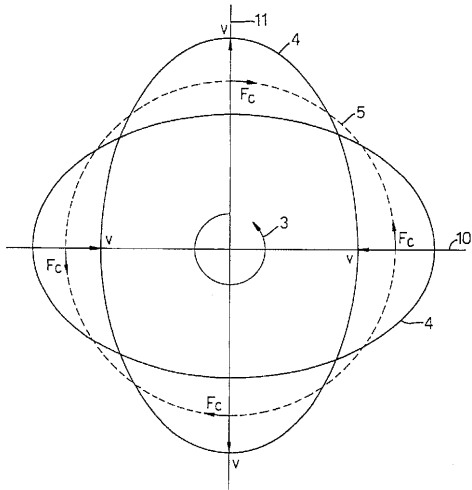
【図1】



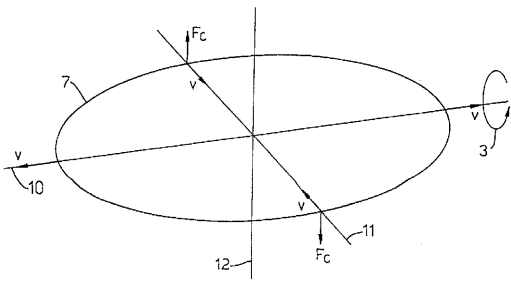
【図2】



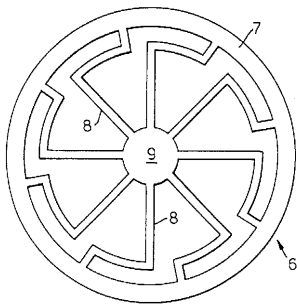
【 図 3 】



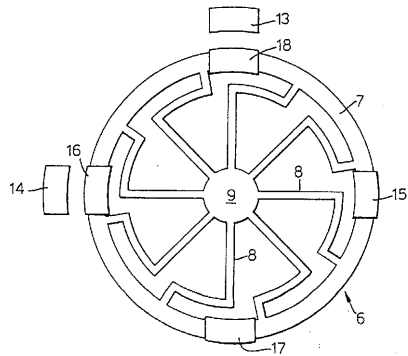
【 図 4 】



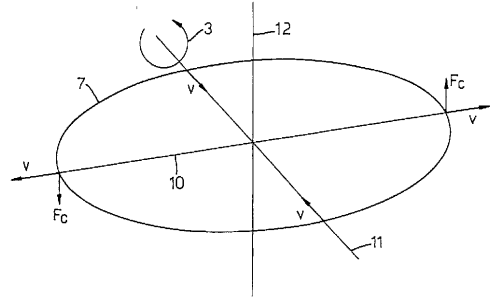
【 図 7 】



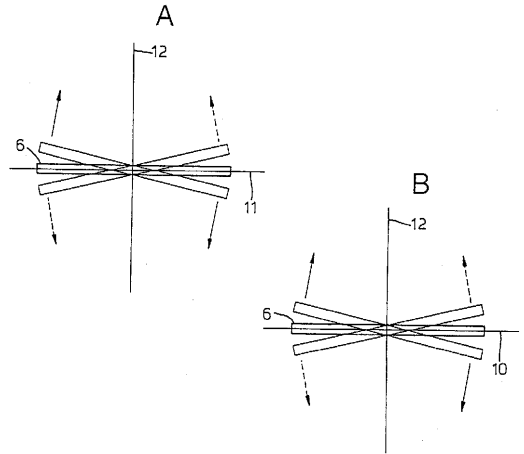
【 図 8 】



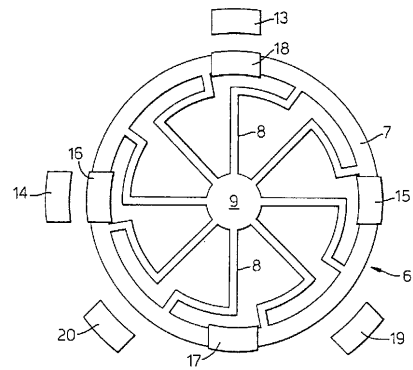
【 図 5 】



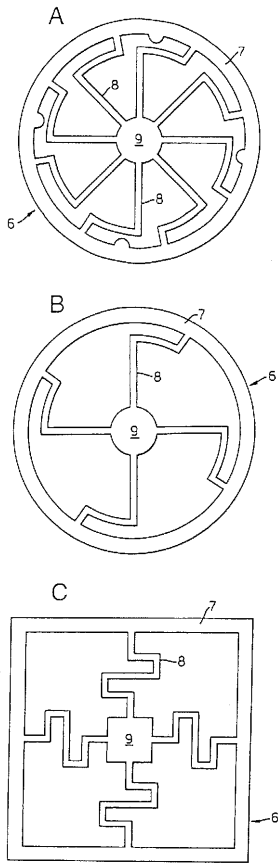
【 図 6 】



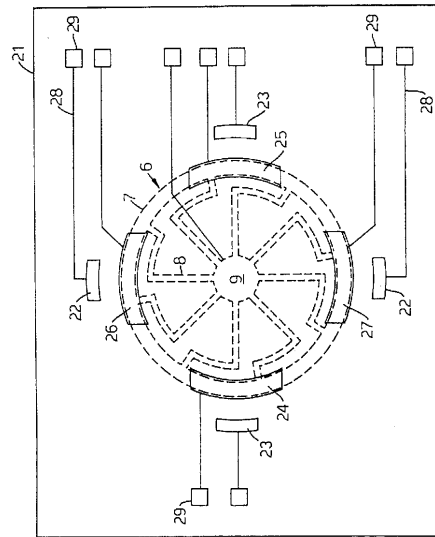
【 図 9 】



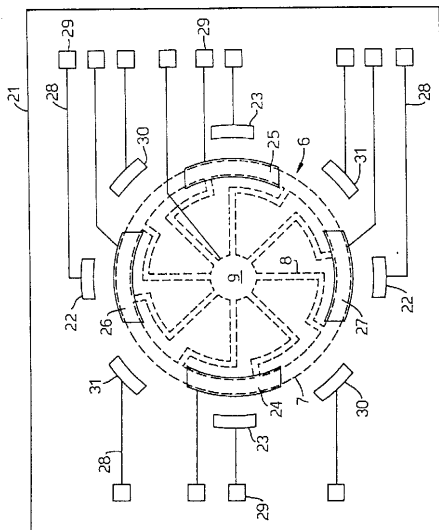
【 図 1 0 】



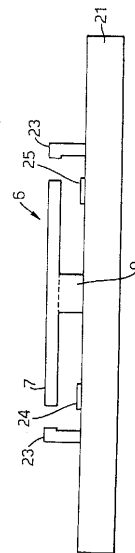
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 クリストファー フェル  
イギリス国 デヴォン ピエル6 6デイイー, プリマウス, サウスウエイ, クリッタフオ  
ード ロード, (番地なし) ブリテツシュ エアロスペース(システムズ アンド エク  
イプメント)リミテツド内

審査官 関根 洋之

(56)参考文献 特許第2643556(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56

G01P 9/04