

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2022-524171
(P2022-524171A)

(43)公表日 令和4年4月28日(2022.4.28)

(51)国際特許分類
G 0 1 C 19/5677(2012.01)

F I
G 0 1 C 19/5677

テーマコード (参考)
2 F 1 0 5

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全21頁)

(21)出願番号	特願2020-563424(P2020-563424)	(71)出願人	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和1年5月2日(2019.5.2)	(74)代理人	100189430 弁理士 吉川 修一
(85)翻訳文提出日	令和3年1月8日(2021.1.8)	(74)代理人	100190805 弁理士 傍島 正朗
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/000324	(72)発明者	クイスマ・ヘイッキ フィンランド共和国、00420 ヘル シンキ、ハヌリボルク 5 エー 5
(87)国際公開番号	WO2019/215490	F ターム (参考)	2F105 BB02 BB03 CC08 CD02 CD06
(87)国際公開日	令和1年11月14日(2019.11.14)		
(31)優先権主張番号	20185420		
(32)優先日	平成30年5月8日(2018.5.8)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	フィンランド(FI)		
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 ピエゾリングジャイロスコープ

(57)【要約】

基板から懸架された実質的に円形で柔軟性のリングを備えるリングジャイロスコープ。ジャイロスコープは、リングの第1のセクタ上に配置されている1つまたは複数の一次ピエゾ分割トランスデューサと、リングの1つまたは複数の第2のセクタ上に配置されている1つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサとを備える。各第1のセクタは、リングの横対称軸(T₁, T₂)と交差し、当該対称軸に関して対称であり、各第2のセクタは、リングの対角対称軸(D₁, D₂)と交差し、当該対角対称軸に関して対称である。

【選択図】図7

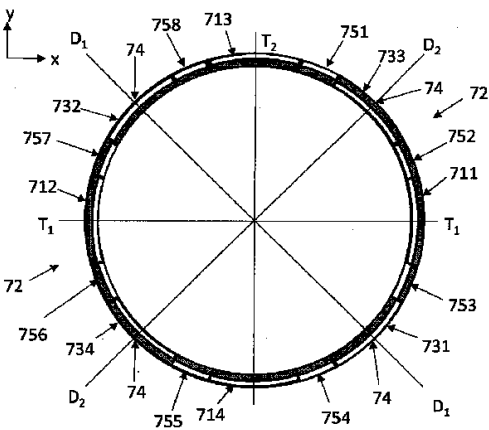


Fig. 7

【請求項 1】

実質的に円形で柔軟性のリングであって、前記リングは、リング平面を画定し、かつ前記リングが前記リング平面内で形状振動を受けることができるように基板から柔軟に懸架され、前記リングは、互いに直交する前記リング平面内の第 1 の横対称軸および第 2 の横対称軸を備え、前記リングはまた、互いに直交する前記リング平面内の第 1 の対角対称軸および第 2 の対角対称軸を備え、各横対称軸と隣接する前記対角対称軸との間の角度は 45° であるリングを備え、

前記ジャイロスコープは、前記リングの第 1 のセクタに配置された 1 つまたは複数の一次
 ピエゾ分割トランスデューサ、および、前記リングの 1 つまたは複数の第 2 のセクタに配
 置された 1 つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサをさらに備え、各第 1 のセク
 タは、前記リングの横対称軸と交差し、当該対称軸に関して対称であり、各第 2 のセクタ
 は、前記リングの対角対称軸と交差し、当該対角対称軸に関して対称であり、前記ジャイ
 ロスコープは、前記第 1 のセクタまたは前記第 2 のセクタと重なり合わない前記リングの
 第 3 のセクタ上に 1 つまたは複数の三次ピエゾ分割トランスデューサをさらに備えること
 を特徴とする、
 リングジャイロスコープ。

前記ジャイロ스코ープが、前記リングの対向する両側で前記第 1 の横対称軸と交差する 2 つの第 1 のセクタ上に第 1 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサを備えることを特徴とする、

【請求項 3】

前記ジャイロ스코ープが、前記リングの対向する両側で前記第 2 の横対称軸と交差する 2 つの第 1 のセクタ上に第 2 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサを備えることを特徴とする、

【請求項 4】

前記第 1 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの中心に対する前記第 2 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサの極性対称性とは反対である、前記リングの中心に対する極性対称性を有することを特徴とする、

【請求項 5】

前記ジャイロ스코ープが、前記リングの対向する両側で前記第 1 の対角対称軸と交差する 2 つの第 2 のセクタ上に第 1 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサを備えることを特徴とする、

【請求項 6】

前記ジャイロスコープが、前記リングの対向する両側で前記第 2 の対角対称軸と交差する 2 つの第 2 のセクタ上に第 2 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサを備えることを特徴とする、請求項 5 に記載のリングジャイロスコープ。

前記第 1 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの中心に対する前記第 2 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサの極性対称性とは反対である、前記リングの中心に対する極性対称性を有することを特徴とする、

【請求項 8】

各第 1 のセクタおよび各第 2 のセクタの幅が 45° であることを特徴とする、請求項 2 ～ 7 のいずれが一項に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項 9】

各第 1 のセクタの幅が 45° 未満であり、各第 2 のセクタの幅が 45° よりも大きいことを特徴とする、

請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項 10】

各第 1 のセクタの幅が 45° よりも大きく、各第 2 のセクタの幅が 45° 未満であることを特徴とする、

請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項 11】

各第 1 のセクタの幅が 45° 未満であり、各第 2 のセクタの幅が 45° 未満であることを特徴とする、 10

請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項 12】

リングジャイロスコープを使用するための方法であって、

前記リングジャイロスコープは、

実質的に円形で柔軟性のリングであって、前記リングは、リング平面を画定し、かつ前記リングが前記リング平面内で形状振動を受けることができるように基板から柔軟に懸架され、前記リングは、互いに直交する前記リング平面内の第 1 の横対称軸および第 2 の横対称軸を備え、前記リングはまた、互いに直交する前記リング平面内の第 1 の対角対称軸および第 2 の対角対称軸を備え、各横対称軸と隣接する前記対角対称軸との間の角度は 45° である、リングと、 20

前記リングの第 1 のセクタに配置された 1 つまたは複数の一次ピエゾ分割トランスデューサ、および、前記リングの 1 つまたは複数の第 2 のセクタに配置された 1 つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサと、を備え、各第 1 のセクタは、前記リングの横対称軸と交差し、当該対称軸に関して対称であり、各第 2 のセクタは、前記リングの対角対称軸と交差し、前記リングの当該対角対称軸に関して対称であり、

前記リングジャイロスコープは、前記第 1 のセクタまたは前記第 2 のセクタと重ならない、前記リングの第 3 のセクタ上に、1 つまたは複数の三次ピエゾ分割トランスデューサを備え、前記方法は、

前記リングジャイロスコープ内で前記一次振動モードを生成するために、少なくとも 1 つの一次ピエゾ分割トランスデューサに駆動電圧信号を印加するステップと、 30

前記リングジャイロスコープ内の二次振動の振動振幅を測定するために、少なくとも 1 つの二次ピエゾ分割トランスデューサからセンス電圧信号を読み取るステップとを含むことを特徴とする、

方法。

【請求項 13】

前記方法はまた、前記リングジャイロスコープにおける一次振動の振動振幅を測定するために、少なくとも 1 つの一次ピエゾ分割トランスデューサから第 3 の電圧信号を読み取るステップを含むことを特徴とする、

請求項 12 に記載の方法。

40

【請求項 14】

前記方法はまた、前記一次振動の前記二次振動への結合を能動的に相殺するために、少なくとも 1 つの二次ピエゾ分割トランスデューサに、第 4 の電圧信号を印加するステップを含むことを特徴とする、

請求項 12 または 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記方法はまた、前記リングジャイロスコープにおける一次振動の振動振幅を測定するために、少なくとも 1 つの三次ピエゾ分割トランスデューサから第 5 の電圧信号を読み取るステップを含むことを特徴とする、

請求項 12 ～ 14 のいずれか一項に記載の方法。

50

【請求項 16】

前記方法はまた、前記一次振動の前記二次振動への結合を能動的に相殺するために、少なくとも1つの三次ピエゾ分割トランスデューサに、第6の電圧信号を印加するステップを含むことを特徴とする、

請求項12～15のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、角回転速度を測定するためのセンサに関し、より詳細には、所与の平面内のリング状構造の振動を利用して当該平面に垂直な軸を中心とする角回転の大きさを検出するz軸ジャイロスコープに関する。本開示はさらに、一次リング振動を駆動するため、一次リング振動の大きさを測定するため、角回転によって誘起される二次リング振動を検出するため、または、誘起振動を電気機械的にフィードバックによって相殺することができ、および/もしくは、二次共振ピークを減衰させることができ、および/もしくは誘起振動に対して直交位相にある直接結合された二次モード振動を相殺することができる二次モードにおける振動を駆動するために使用することができるトランスデューサに関する。

【背景技術】

【0002】

微小電気機械ジャイロスコープは、コリオリ効果を使用して角速度を測定する。振動MEMSジャイロスコープでは、物体が、作動駆動力によって振動運動するように駆動される。本開示では、この振動を「一次振動」または「駆動振動」と呼び、この振動モードは「一次モード」と呼ばれる。リングは典型的には共振するため、このモードは「一次共振モード」とも呼ばれる場合がある。MEMSジャイロスコープでは、駆動振動は、固体慣性質量の線形振動または回転振動を含み得るが、駆動振動はまた、リング状構造の柔軟な変形を含み得る。本開示は後者の種類の用途に専ら焦点を当てている。

【0003】

駆動振動をしているリングが（リングによって規定されるxy平面に垂直な）z軸を中心とした角回転速度を受けると、リングはコリオリ力 F_c の影響を受ける。リングの所与のセグメントに対するコリオリ力の大きさおよび方向は、リングの当該セグメントにおける振動運動の大きさおよび方向、ならびに角回転速度ベクトルの大きさによって決まる。リング内のコリオリ力によって引き起こされる振動は、本開示では「二次振動」または「センス振動（sense oscillation）」と呼ばれ、この振動モードは「二次モード」または「二次共振モード」と呼ばれる。

【0004】

図1は、振動リングジャイロスコープにおける一次モードおよび二次モードを示す。太いリング11は、静止位置にあるリングを示し、リングは、リングが完全に静止しているとき、またはすべての振動モードの振幅がゼロであるときに静止位置を得る。2つの横対称軸 T_1 および T_2 ならびに2つの対角対称軸 D_1 および D_2 が、図1に示されるリングに示されている。

【0005】

一次モードは、2つの横対称軸に沿ったリング振動を含む。この振動運動の両極端は、図1において点線で示されている。第1の点線12は、第1の横軸 T_1 に沿って拡張し、第2の横軸 T_2 に沿って収縮したときのリングの形状を示し、第2の点線13は、第2の横軸 T_2 に沿って拡張し、第1の横軸 T_1 に沿って収縮したときのリングの形状を示す。一次振動では、リングはこれら2つの形状の間で連続的に切り替わる。

【0006】

リングが中心z軸を中心とする角回転速度（リングの真ん中に図示）を受けると、リング上のセグメントはコリオリ力 F_c の影響を受ける。第1の点線12上にマークされた力 F_c は、リングが第1の横軸 T_1 に沿って拡張しているときのコリオリ力の局所方向を示す。右側のセグメント121が正のx方向に移動すると、 F_c はこのセグメント内で負の

10

20

30

40

50

y 方向を向く。左側のセグメント 1 2 2 が負の x 方向に移動すると、 F_c はこのセグメント内で正の y 方向を向く。同様に、セグメント 1 2 3 が負の y 方向に移動すると、 F_c はこのセグメント内で負の x 方向を向く。図 1 に示すように、セグメント 1 2 4 はこのセグメント内で正の y 方向に移動し、 F_c は正の x 方向に向く。リングが第 1 の横軸 T_1 に沿って再び収縮すると、コリオリ力の方向は各セグメントにおいて反転する（この状況は図示されていない）。

【0007】

同様に、第 2 の点線 1 3 上にマークされた力 F_c は、リングが第 2 の横軸 T_2 に沿って拡張しているときのコリオリ力の局所方向を示す。セグメント 1 3 1 が負の x 方向に移動すると、 F_c は正の y 方向を向く。セグメント 1 3 2 が正の x 方向に移動すると、 F_c は負の y 方向を向く。セグメント 1 3 3 は正の y 方向に動き、 F_c は正の x 方向を向き、一方で、セグメント 1 2 4 は負の y 方向に動き、 F_c はこのセグメントにおいて負の x 方向を向く。リングが第 2 の横軸 T_2 に沿って再び収縮すると、コリオリ力の方向は各セグメントにおいて再び反転する（この状況は図示されていない）。

10

【0008】

図 1 から分かるように、リングの第 1 の振動極値（1 2）では、セグメント 1 2 1 ~ 1 2 4 に作用するコリオリ力がリングを第 1 の対角軸 D_1 に沿って拡張する。振動極値は同時に第 2 の対角軸 D_2 に沿ってリングを収縮させる。第 2 の振動極値（1 3）において、セグメント 1 3 1 ~ 1 3 4 に作用するコリオリ力は、第 2 の対角軸 D_2 に沿ってリングを拡張し、第 1 の対角軸 D_1 に沿ってリングを収縮させる。セグメント 1 2 1 ~ 1 2 4 は、それぞれセグメント 1 3 1 ~ 1 3 4 と同じリングの部分であるが、振動の異なる位相を表す。

20

【0009】

単純にするために、コリオリ力は図 1 のリングのこれらのセグメントにのみ描かれている。実際には、コリオリ力はリングの周に沿ってリングのあらゆる点において作用する。各局所力成分は、リングの当該点の速度および角速度に比例し、両方に垂直である。すべてのコリオリ力成分の積分が、第 1 の対角軸 D_1 および第 2 の対角軸 D_2 に沿ってリングの楕円変形を引き起こす。

【0010】

言い換えれば、一次共振モードでは、環状リング 1 1 は、直交する横軸 T_1 および T_2 に沿って楕円形状 1 2 および 1 3 に周期的に変形する。z 軸を中心とした角回転が存在しない場合、横軸 T_1 および T_2 から正確に 45 度の角度に配置された 4 つの静止節点 1 4 がある。これらの点 1 4 は、対角軸 D_1 および D_2 上にある。これらの節点 1 4 にあるリングのセグメントは、一次振動ではいかなる直線運動も経験せず、節点の周りの回転のみを経験する。

30

【0011】

二次共振モードでは、楕円変形は、上で説明したように、一次モード軸から 45 度回転している。数学的に（しかし幾何学的にではなく）、二次モードは一次モードと直交している。なぜなら、リングの考えられるすべての一次振動はこれら 2 つのモードの線形結合として表すことができるためである。

40

【0012】

リングが一次振動モードに励起され、所与の回転速度でリングの中心の周りで面内回転を受けるとき、2 つの振動の重ね合わせは、節点 1 4 が元の位置からわずかにずれた楕円振動である。このずれを測定することによって角回転速度を検出することができる。

【0013】

リングの振動が容量性または電磁的手段によって駆動されるリングジャイロスコープが、従来技術から知られている。二次振動の検出は典型的には容量性手段によって行われる。米国特許第 5 9 3 2 8 0 4 号明細書および米国特許第 5 2 2 6 3 2 1 号明細書はそのようなジャイロスコープを例示している。

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

リングと電極との間に印加された電圧が（一次モードにおいて）リングを変形させることができるように、または、リングの変形を（二次モードにおいて）リングと電極との間の静電容量によって測定することができるように、電極を側面から距離を置いて配置することによって、リングの側面近くに容量性トランスデューサを製造する必要がある。一次モードの電磁励起は、リングが永久磁石によって生成された外部磁場内に配置されたときにリングに力を与える、リングの上面に形成された導体を必要とする。

【0015】

これらのジャイロスコープでは、 $1\mu\text{m}$ より小さい空隙を生成することは非常に困難であるため、検出容量は非常に小さく、一次振動の高い振幅は、二次モード検出電極を節点からどれだけ遠くまで延伸することができるかを制限する。一方、一次モードに必要とされる励起キャパシタは、振幅の大きい振動を可能にするために大きな間隙を有していなければならない、したがってこれらのキャパシタによって発生される静電気力は非常に小さいままである。電磁励起が使用される場合、リング上にマルチターン導体のためのスペースがなく、したがって強く大きな永久磁石が使用されなければならない。そのようなデバイスは、通常、シリコンデバイスの標準的なパッケージング要件と互換性がない。

【0016】

本開示の目的は、上記の不都合を軽減する装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本開示の目的は、独立請求項に記載されているものを特徴とする構成によって達成される。本開示の好ましい実施形態が、従属請求項に開示されている。

【0018】

本開示は、リングジャイロスコープにおける一次共振モードを励起するため、一次振動の大きさを測定するため、二次共振モードにおいてコリオリの力によって誘起振動の大きさを検出するため、ならびに、誘起振動を電気機械的にフィードバックによって相殺し、および/または、二次共振ピークを減衰させ、および/または、誘起振動に対して直交位相にある直接結合された二次モード振動を相殺する二次モードにおける振動を駆動するために piezotransducer を利用するという着想に基づく。piezotransducer を適切なリングセグメント上に配置することにより、実用的なジャイロスコープの必要な追加の機能を提供しながら、一次振動のためのより強い駆動力、および、検出された誘起振動のより低い信号対雑音比を得ることができる。

【0019】

以下において、添付の図面を参照しながら、好ましい実施形態によって、本開示をより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】振動リングジャイロスコープにおける一次モードおよび二次モードを示す。

【図2】ジャイロスコープリング上に配置された曲げpiezotransducerの3つの断面図である。

【図3】ジャイロスコープリングの内周および外周に沿った接線応力の変化を示す図である。

【図4】リングジャイロスコープを示す図である。

【図5】リングジャイロスコープを示す図である。

【図6】リングジャイロスコープを示す図である。

【図7】リングジャイロスコープを示す図である。

【図8】リングジャイロスコープを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

10

20

30

40

50

図 2 は、ジャイロスコープリング上に配置された曲げピエゾトランスデューサの 3 つの断面図を示す。トランスデューサは、 $x y$ 平面内で曲げ運動を生成または測定することができる。一对の第 1 の電極層 2 4 1 および 2 4 2 が、シリコンリング 2 1 上に、一方はピエゾ材料層 2 2 の上側に、他方は下側に配置されている（この場合、上下は z 軸の方向を参照する）。これらの電極は、図示のように、それぞれ第 2 の電極層 2 3 1、2 3 2 と対になっている。層 2 4 1、2 2 および 2 3 1 はともにリング 2 1 の上に第 1 のピエゾトランスデューサを形成し、層 2 4 2、2 2 および 2 3 2 はともにリング 2 1 の上に第 2 のピエゾトランスデューサを形成する。

【0022】

反対の極性を有する駆動電圧がこれらの 2 つのトランスデューサに印加されると、2 つのトランスデューサは $x y$ 平面内に反対の歪みを生じ、これがシリコンリング 2 1 を変形させることができる。トランスデューサがセンストランスデューサとして使用される場合、面内曲げは 2 つのトランスデューサ間に電圧差を発生させることになる。

10

【0023】

ピエゾトランスデューサを説明するために、本開示全体を通して図 2 の図面規約を利用する。言い換えれば、反対色の 2 つの平行な長方形がピエゾトランスデューサを示すために使用される。単純にするために、構造が実際には 2 つのトランスデューサを含む構築物であるとしても、これら 2 つの平行な長方形は主に単数形で、単一の「分割トランスデューサ (split transducer)」と呼ばれる。言い換えれば、分割トランスデューサは 2 つの並列トランスデューサを含まなければならない。

20

【0024】

白色および黒色はトランスデューサの極性を示す。分割トランスデューサ内の黒色長方形および白色長方形の順序付けは、リングの外側に白色長方形があるトランスデューサの極性が、リングの外側に黒色長方形があるトランスデューサの極性と反対になるように（同図面に見られるように）極性を示す。

【0025】

窒化アルミニウム (AlN) 層とすることができるピエゾ層 2 2 は、典型的には数マイクロメートル以下の厚さである。シリコンリング 2 1 の厚さは、例えば、 $4 \sim 100 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \sim 50 \mu\text{m}$ であり得る。

【0026】

本開示に記載のピエゾトランスデューサがセンスモードで使用されるとき、トランスデューサの静電容量が外部接続の静電容量と増幅器の入力静電容量との合計に等しいときに、トランスデューサの電極間の最大出力電圧が達成され得る。トランスデューサの静電容量は、当該トランスデューサの面積およびピエゾ層の厚さによって決まる。

30

【0027】

ジャイロスコープリングが狭いことに起因して、ピエゾトランスデューサがリングの上面に製造されるときには、特定の設計上のトレードオフが為される必要がある。実用的な分割電極トランスデューサは、少なくとも $15 \mu\text{m}$ 、好ましくは少なくとも $20 \mu\text{m}$ の幅を必要とする。しかし、例えば、共振周波数が 30 kHz 、直径が 1 mm のリングジャイロを製造することが所望される場合、リング幅を $7 \mu\text{m}$ 未満にする必要があり、この幅はスプリットトランスデューサには狭すぎる。

40

【0028】

基本的なジャイロスコープリング上でピエゾ変換を実施するためには、リングの幅を広げなければならない。これにより、共振周波数が上がる。リング幅が $15 \mu\text{m}$ の場合、共振周波数は 67 kHz に増加する。しかし、 $1 \mu\text{m}$ の AlN 層を有する $15 \mu\text{m}$ 幅の分割トランスデューサの合計最大静電容量はわずか 3.7 pF であり、これが二次振動の検出に加えて、例えば、一次振動の駆動、一次振動の大きさの検知および閉フィードバックループにおける二次振動の相殺のための二次モードにおける補償信号の駆動、および / または、二次共振の減衰、および / または、直交信号の相殺など、多くの機能と共有されることになるため、これでも狭すぎる場合がある。50% を超える最大静電容量を二次振動の検

50

知に使用するのには容易ではないため、周囲の電子回路と完全に整合させるには、合計静電容量は好ましくは $7 \sim 15 \text{ pF}$ とすべきある。

【0029】

リング幅を $30 \mu\text{m}$ に増やすと、静電容量は 7.6 pF になるが、対応する共振周波数は 140 kHz になる。高周波動作では、ジャイロスコープは主に低い周波数である外部振動に対してより影響を受けなくなるが、一次モードの、二次モードのみを測定するトランスデューサへの直接の機械的結合による直交信号も周波数と共に増加する。したがって、所望の信号対雑音比を、所与の共振周波数において、必要な直交補償と比較検討する必要がある。リング幅は、例えば、 $15 \sim 30 \mu\text{m}$ 、 $15 \sim 25 \mu\text{m}$ または $15 \sim 20 \mu\text{m}$ であり得る。

10

【0030】

共振周波数を上げすぎずにリングの幅および静電容量を増やす自明の方法は、リングの直径を大きくすることである。直径が 1.6 mm 、幅が $18 \mu\text{m}$ であるように選択される場合、共振周波数は 31 kHz 、静電容量は 7.2 pF になる。この値は理想的な目標に近い値である。しかし、このジャイロスコープは、直径 1 mm のジャイロスコープの 2.5 倍の面積があり、したがって製造コストが直径 1 mm のジャイロスコープの 2.5 倍である。

【0031】

一次および二次振動モードは、リングの内周および外周に機械的応力を生じさせる。瞬間応力は、リング周長に沿った長さの正弦関数として変化する。この場合、長さ変数は、図 1 の正の y 方向を指す T_2 軸に対する時計回りの角度によって表される。図 3 は、両方の振動モードについてリングの内周および外周に沿った接線応力の変化を示す。図示の瞬間には、応力は一次モードについて角度の余弦関数として、および、二次モードについて正弦関数として変化する。内周の応力は各場合において等しいが、向きは外周の応力とは反対である。時間の関数として、図 3 の応力の振幅は、 $\sin(\omega t)$ に比例して変化する。ここで、 ω は振動の角周波数である。リングの周に沿った角度分布は、時間に関係なく同じままである。この応力分布は、リングの上面にかつリングの周に沿って長手方向に位置決めされたピエゾ分割トランスデューサによって発生させ検出することができる。一次振動を駆動するためにリング上に位置決めされた分割トランスデューサは、リングの各周上に反対方向の一定の応力を生じさせる。

20

30

【0032】

本開示は、リング平面を画定し、かつリングがリング平面内で形状振動を受けることができるように基板から柔軟に懸架される実質的に円形で柔軟性のリングを備えるリングジャイロスコープを記載する。リングは、互いに直交するリング平面内の第 1 の横対称軸および第 2 の横対称軸を備える。リングはまた、互いに直交するリング平面内の第 1 の対角対称軸および第 2 の対角対称軸を備える。各横対称軸と隣接する対角対称軸との間の角度は 45° である。

【0033】

ジャイロスコープは、リングの第 1 のセクタ（複数の第 1 のセクタ）上に配置されている 1 つまたは複数の一次ピエゾ分割トランスデューサと、リングの 1 つまたは複数の第 2 のセクタ上に配置されている 1 つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサとをさらに備える。各第 1 のセクタは、リングの横対称軸と交差し、その対称軸に関して対称である。各第 2 のセクタは、リングの対角対称軸と交差し、リングのその対角対称軸に関して対称である。

40

【0034】

本開示では、「リングのセクタ A 上に配置されたピエゾ分割トランスデューサ」のような表現は、常に、ピエゾ分割トランスデューサがリングのセクタ A 内でリングの上に配置されることを意味する。図 2 は、分割トランスデューサをリングの上に配置することができる方法を示す。

【0035】

50

本開示はまた、上述のリングジャイロスコープを使用する方法を記載し、この方法は、リングジャイロスコープ内で一次振動モードを生成するために、少なくとも1つの一次ピエゾ分割トランスデューサに駆動電圧信号を印加するステップと、リングジャイロスコープ内の二次振動の振動振幅を測定するために、少なくとも1つの二次ピエゾ分割トランスデューサからセンス電圧信号を読み取るステップとを含む。本開示に記載の任意のリングジャイロスコープによって同じ方法を利用することができる。

【0036】

図4は、リング42を備えるリングジャイロスコープを示す。平面リングは、図4のx y平面に対応するリング平面を画定する。サスペンション構成は図示されていない。第1の横対称軸T₁および第2の横対称軸T₂ならびに第1の対角対称軸D₁および第2の対角対称軸D₂は、図1を参照して上述した対称軸に対応する。少なくとも1つの一次ピエゾ分割トランスデューサ411がリング42上に配置されている。この分割トランスデューサ411は、図4に示すように、角度θに対応するリングの第1のセクタをカバーする。このセクタの中心(または、等価的に、トランスデューサ411の中心)は、第1の横対称軸T₁の方向を規定する。分割トランスデューサ411に印加される交流駆動電圧は、横対称軸T₁に沿ってリング42を交互に伸張および圧縮する。

10

【0037】

言い換えれば、円は無限に多数の対称軸を有するため、第1の対称軸の方向は、第1の一次分割トランスデューサ411の配置によって自由に選択することができる。第1の軸T₁が規定されると、他の3つの対称軸T₂、D₁、およびD₂もすでに一意に規定されており、リング上の後続の一次分割トランスデューサおよび二次分割トランスデューサの配置は以下の要件に準拠しなければならない。

20

【0038】

1. 第2の一次ピエゾ分割トランスデューサ412は、任意選択的に、リングの他方の側で、411と反対側に配置されてもよい。この第2の一次分割トランスデューサ412の中心は、第1の横対称軸T₁に可能な限り近くなければならない。言い換えれば、分割トランスデューサ412は、リングの横対称軸T₁と交差しなければならない、当該軸に関して対称でなければならない、リングの別の第1のセクタを画定する。これに関連して、対称性は、セクタが軸T₁の両側で等しい範囲まで延伸することを意味する。図4に示される第2の分割トランスデューサ412は、リングの中心に関して第1の分割トランスデューサ411と同じ極性対称性を有するため、トランスデューサ412に印加される駆動電圧信号は、トランスデューサ411に印加される駆動電圧信号と同じ位相を有するべきである。これら2つの分割トランスデューサによって引き起こされる駆動振動は、互いを増強する。リングの中心に対する第2の分割トランスデューサ412の極性がトランスデューサ411の極性と反対である場合、駆動電圧信号は180°の位相差を呈するはずである。

30

【0039】

2. 第3の一次ピエゾ分割トランスデューサ413および第4の一次ピエゾ分割トランスデューサ414が、任意選択的に、リングの対向する両側に配置されてもよい。第3の一次ピエゾ分割トランスデューサおよび第4の一次ピエゾ分割トランスデューサの位置は、第1の一次ピエゾ分割トランスデューサ411および第2の一次ピエゾ分割トランスデューサ412の位置から90°ずれている。これらの第3の一次分割トランスデューサ413および第4の一次分割トランスデューサ414の中心は、第2の横対称軸T₂に可能な限り近くなければならない。言い換えれば、分割トランスデューサ413および414は、リングの横対称軸T₂と交差しなければならない、当該軸に関して対称でなければならない、リングの追加の第1のセクタを画定する。図4に示される第3の分割トランスデューサ413および第4の分割トランスデューサ414は、リングの中心に関して第1の分割トランスデューサ411と反対の極性対称性を有するため、分割トランスデューサ413および414に印加される駆動電圧信号は、トランスデューサ411に印加される駆動電圧信号と同じ位相を有するべきである。このとき、リングは、軸T₁に沿って拡張すると

40

50

きに軸 T_2 に沿って収縮するように駆動され、また逆も同様である。分割トランスデューサ 4 1 3 および 4 1 4 の一方または両方が 4 1 1 と同じ極性を有する場合、当該トランスデューサは、トランスデューサ 4 1 1 に印加される信号に対して 180° シフトされた駆動電圧信号によって駆動することができる。

【0040】

3. 1 つから 4 つの二次ピエゾ分割トランスデューサ 4 3 1 ~ 4 3 4 をリングの 4 つの側に配置することができ、各々が隣接する二次分割トランスデューサから 90° の角度だけずれている。これらの二次分割トランスデューサ 4 3 1 ~ 4 3 4 の中点は、第 1 の対角対称軸 D_1 または第 2 の対角対称軸 D_2 のいずれかに可能な限り近くなければならない。上記で説明したように、これらの対角対称軸は横対称軸から 45° の角度だけずれている。各二次分割トランスデューサ 4 3 1 ~ 4 3 4 はリングの第 2 のセクタを画定する。各第 2 のセクタは、リングの対角対称軸と交差し、当該軸に関して対称でなければならない。前述のように、この文脈における対称性は、セクタが対角対称軸の両側で等しい範囲まで延伸することを意味する。リングの中心に対する二次分割トランスデューサの極性は自由に選択することができる。図 4 は、第 1 の対角対称軸 D_1 と交差する二次分割トランスデューサ 4 3 1 および 4 3 2 の極性が、第 2 の対角対称軸 D_2 と交差する二次分割トランスデューサ 4 3 3 および 4 3 4 の極性と反対である最も単純な代替形態を示す。 D_1 に沿った拡張は常に D_2 に沿った収縮を伴い、また逆もあるため、この場合、すべての二次分割トランスデューサ 4 3 1 ~ 4 3 4 から得られるセンス電圧は直接ともに結合することができる。

10

20

【0041】

言い換えれば、リングの一次共振運動を励起するために、少なくとも 1 つの一次ピエゾ分割トランスデューサがリング上に存在しなければならない。この励起は、リングの共振周波数と等しいか近い周波数で、一次ピエゾ分割トランスデューサに交流電圧を印加することによって達成される。一次ピエゾ分割トランスデューサは、好ましくは、リングの横対称軸に関して対称に配置されるべきである。

【0042】

さらに、リングがリング平面に垂直な中心軸の周りを回転するときにコリオリ力によって結合される振動を検出するために、少なくとも 1 つの二次ピエゾ分割トランスデューサがリング上に存在しなければならない。二次ピエゾ分割トランスデューサは、好ましくは、リングの対角対称軸に関して対称に配置されるべきである。

30

【0043】

任意の第 1 のセクタまたは第 2 のセクタ（すなわち、任意の一次トランスデューサまたは二次トランスデューサ）の不整合は、一次振動の二次振動モードへの望ましくない結合を引き起こす。これは、リングが一次共振モードでのみ振動するときには節点 4 4 が静止したままであるはずであっても、不整合の一次トランスデューサ 4 1 1 ~ 4 1 4 が隣接する節点 4 4 を動かす振動を発生させるためである。節点 4 4 の振動は、二次分割トランスデューサ 4 3 1 ~ 4 3 4 によって拾い上げられ、誤ったセンス信号を生成することになる。逆に、不整合の二次トランスデューサは、節点 4 4 とは異なる点を中心とし、これもまた一次共振振動を拾い上げて誤ったセンス信号を発生させることになる。一方、すべての一次分割トランスデューサおよび二次分割トランスデューサが完全に位置整合されている場合、二次分割トランスデューサ 4 3 1 ~ 4 3 4 は真の二次共振モード、すなわちコリオリ力によって誘起された節点 4 4 の振動のみを拾う。

40

【0044】

リングジャイロスコープを動作させるには、リングの第 1 のセクタ上の単一の一次ピエゾ分割トランスデューサおよびリングの第 2 のセクタ上の単一の二次分割トランスデューサで十分である。しかしながら、信号対雑音比を改善し、不整合による誤差の可能性を減らすために、一次分割トランスデューサおよび二次分割トランスデューサの両方の数は、図 4 に示すように例示されている幾何学的配置に従って増大されてもよい。

【0045】

50

言い換えれば、ジャイロスコープは、リング 4 2 の対向する両側で第 1 の横対称軸 T_1 と交差する 2 つの第 1 のセクタ上に第 1 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサ 4 1 1、4 1 2 を備えることができる。任意選択的に、ジャイロスコープはまた、リング 4 2 の対向する両側で第 2 の横対称軸 T_2 と交差する 2 つの第 1 のセクタ上に第 2 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサ 4 1 3、4 1 4 を備えることもできる。第 1 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサ 4 1 1、4 1 2 は、リング 4 2 の中心に対する第 2 の対のピエゾ分割トランスデューサ 4 1 3、4 1 4 の極性対称性とは反対である、リング 4 2 の中心に対する極性対称性を有することができる。

【0046】

さらに、ジャイロスコープは、リング 4 2 の対向する両側で第 1 の対角対称軸 D_1 と交差する 2 つの第 2 のセクタ上に第 1 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサ 4 3 1、4 3 2 を備えることができる。任意選択的に、ジャイロスコープはまた、リング 4 2 の対向する両側で第 2 の対角対称軸 D_2 と交差する 2 つの第 2 のセクタ上に第 2 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサ 4 3 3、4 3 4 を備えることもできる。第 1 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサ 4 3 1、4 3 2 は、リング 4 2 の中心に対する第 2 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサ 4 3 3、4 3 4 の極性対称性とは反対である、リング 4 2 の中心に対する極性対称性を有することができる。

【0047】

図 4 に示すリングジャイロスコープでは、各第 1 のセクタおよび各第 2 のセクタの幅は 45° である。言い換えれば、各一次分割トランスデューサ 4 1 1 ~ 4 1 4 の長さおよび各二次分割トランスデューサ 4 3 1 ~ 4 3 3 の長さは、リング円周の $1/8$ に等しい。合計 8 つの分割トランスデューサがある図 4 では、一次分割トランスデューサおよび二次分割トランスデューサがともにリングの全周をカバーする。これにより、一次トランスデューサから得られる力および二次トランスデューサから得られるセンス信号強度が最大になる。

【0048】

しかしながら、時には、リングの上面の一部の領域が、力の変換以外の目的、例えば駆動振幅の監視、結合の相殺、または電氣的な接触のために必要とされ得る。

【0049】

図 5 は、別の実施形態によるリングジャイロスコープを示す図である。参照符号 5 1 1 ~ 5 1 4、5 3 1 ~ 5 3 4、5 2 および 5 4 は、それぞれ図 4 の参照符号 4 1 1 ~ 4 1 4、4 3 1 ~ 4 3 4、4 2 および 4 4 に対応する。図 5 では、各第 1 のセクタの幅は 45° 未満であり、各第 2 のセクタの幅は 45° 未満である。説明のために、各トランスデューサの長さはリング円周の $1/16$ であり、結果、各第 1 のセクタおよび第 2 のセクタの対応する幅は 22.5° であるが、トランスデューサの長さは自由に選択することができる。対称基準は図 4 と同じままであり、各第 1 のセクタおよび第 2 のセクタは当該セクタが交差する対称軸に関して対称であるものとする。この対称性からの逸脱は、上述のように、一次モード振動の二次モードへの望ましくない結合を引き起こす。

【0050】

図 6 は、すべての第 1 のセクタの幅が 45° 未満であり、2 つの第 2 のセクタの幅が 45° 未満であり、他の 2 つの第 2 のセクタの幅が 45° よりも大きい代替的な実施形態を示す。参照符号 6 1 1 ~ 6 1 4、6 3 1 ~ 6 3 4、6 2 および 6 4 は、それぞれ図 5 の参照符号 5 1 1 ~ 5 1 4、5 3 1 ~ 5 3 4、5 2 および 5 4 に対応する。代替的に、各第 1 のセクタの幅が 45° 未満であってもよく、各第 2 のセクタの幅が 45° よりも大きくてもよい。第 1 のセクタを狭くすることによってリング表面上のいくつかの空間を広げるこれらの構成は、駆動力を犠牲にすることができるがセンス信号強度を犠牲にすることができないときに有利であり得る。

【0051】

一次振動を駆動するために必要な力は、リングの寸法、一次トランスデューサの長さ、および、これらの一次トランスデューサに印加される駆動電圧信号の振幅に依存する。前述

10

20

30

40

50

のように、各第 1 のセクタおよび第 2 のセクタは当該セクタが交差する対称軸に関して依然として対称的でなければならない。

【 0 0 5 2 】

代替的に、各第 1 のセクタの幅が 45° よりも大きくてもよく、各第 2 のセクタの幅が 45° 未満であってもよい。この構成は、駆動力を最大にしなければならないが、センシング強度のいくらかを犠牲にすることができるときに有利であり得る。このオプションは別個に示されてはいないが、各一次分割トランスデューサがリング円周の $1/8$ 超をカバーし、二次分割トランスデューサが円周の $1/8$ 超をカバーしないことを除いて、図 6 に直接対応する。

【 0 0 5 3 】

すべての一次分割トランスデューサが、一次振動を駆動するために必ずしも使用される必要はない。一次分割トランスデューサのいくつかは、例えば、一次振動の振幅を測定するために使用されてもよい。これは、環境変数または経年変化による駆動周波数または共振器の Q 値の変化と無関係に安定した振動振幅を維持するために必要である。

【 0 0 5 4 】

言い換えれば、本開示に記載される任意のリングジャイロスコープを使用する方法は、少なくとも 1 つの一次 piezo 分割トランスデューサから第 3 の電圧信号を読み取って、リングジャイロスコープにおける一次振動の振動振幅を測定するステップを含み得る。

【 0 0 5 5 】

同様に、すべての二次分割トランスデューサが、二次振動を測定するために必ずしも使用される必要はない。二次分割トランスデューサのいくつかは、例えば、二次振動モードへの積極的な介入のために使用されてもよい。例えば、リングジャイロスコープが閉ループサーボモードで使用されるとき、または二次モード共振が閉ループフィードバックによって減衰されるとき、または加えられる電気機械力が使用されて直交信号が相殺されるとき、少なくとも一つの二次 piezo 分割トランスデューサが交流電圧によって駆動され、結果、一次振動の二次振動への結合を能動的に相殺する。能動的な相殺専用の二次トランスデューサの長さは、二次振動を検知する二次トランスデューサの長さとは異なり得る。

【 0 0 5 6 】

言い換えれば、本開示に記載される任意のリングジャイロスコープを使用する方法は、少なくとも 1 つの二次 piezo 分割トランスデューサに第 4 の電圧信号を印加して、一次振動の二次振動への結合を能動的に相殺するステップを含み得る。

【 0 0 5 7 】

一次分割トランスデューサおよび二次分割トランスデューサがともにリングの全周をカバーしない場合、空いている表面領域（例えば、図 5 および図 6 のリング上の未使用領域）を他の目的に使用することができる。図 7 は代替的な実施形態を示し、参照符号 7 1 1 ~ 7 1 4、7 3 1 ~ 7 3 4、7 2 および 7 4 は、それぞれ図 6 の参照符号 6 1 1 ~ 6 1 4、6 3 1 ~ 6 3 4、6 2 および 6 4 に対応する。この実施形態では、少なくとも 1 つの第 1 のセクタまたは第 2 のセクタの幅は 45° 未満である。ジャイロスコープは、第 1 のセクタまたは第 2 のセクタと重ならない、リングの第 3 のセクタ上に 1 つまたは複数の三次 piezo 分割トランスデューサを備える。

【 0 0 5 8 】

8 つの三次 piezo 分割トランスデューサ 7 5 1 ~ 7 5 8 が図 7 に示されている。三次 piezo 分割トランスデューサの数はより少なくてもよく、この数は一次トランスデューサおよび二次トランスデューサの幅に依存し得る。三次 piezo 分割トランスデューサの数はまた、8 より多くてもよい。いくつかの第 3 のセクタが第 1 のセクタと第 2 のセクタとの間に収まってよい。

【 0 0 5 9 】

一次振動の振幅を検出するために、三次 piezo トランスデューサ 7 5 1 ~ 7 5 8 のうちの 1 つまたは複数を使用することができる。この振幅は、熱応力および他の経年変化の影響により、デバイスの寿命期間中一定に保たれない可能性がある。駆動振幅がドリフトする

10

20

30

40

50

と、比例する誤差が、検知される振幅にただちに導入されるが、一次振動が監視される場合、この誤差は補正することができる。

【 0 0 6 0 】

言い換えれば、第 1 のセクタまたは第 2 のセクタと重ならない、リングの第 3 のセクタ上に 1 つまたは複数の三次ピエゾ分割トランスデューサを備えるリングジャイロスコープを使用する方法は、少なくとも 1 つの三次ピエゾ分割トランスデューサから第 5 の電圧信号を読み取って、リングジャイロスコープの一次振動の振動振幅を測定するステップを含むことができる。

【 0 0 6 1 】

上述したように、ジャイロスコープが閉ループサーボモードで使用されるとき、または二次共振モードが閉ループフィードバックによって能動的に減衰されるとき、または電気機械力が使用されて直交信号が相殺されるとき、三次ピエゾトランスデューサ 7 5 1 ~ 7 5 8 のうちの 1 つまたは複数がまた、結合振動を相殺するために使用され得る。

【 0 0 6 2 】

言い換えれば、第 1 のセクタまたは第 2 のセクタと重ならない、リングの第 3 のセクタ上に 1 つまたは複数の三次ピエゾ分割トランスデューサを備えるリングジャイロスコープを使用する方法は、少なくとも 1 つの三次ピエゾ分割トランスデューサに第 6 の電圧信号を印加して、一次振動の二次振動への結合を能動的に相殺するステップを含むことができる。

【 0 0 6 3 】

図 8 は代替的な実施形態を示し、参照符号 8 1 1 ~ 8 1 4、8 3 1 ~ 8 3 4、8 5 5 ~ 8 5 6、8 2 および 8 4 は、それぞれ図 7 の参照符号 7 1 1 ~ 7 1 4、7 3 1 ~ 7 3 4、7 5 5 ~ 7 5 6、7 2 および 7 4 に対応する。この実施形態では、第 2 のセクタ上の 3 つの二次トランスデューサ 8 3 1 ~ 8 3 3 は 4 5 ° よりも大きい幅を有し、第 4 の二次トランスデューサ 8 3 4 は 4 5 ° 未満の幅を有する。これらすべての二次トランスデューサが二次振動を検出するために使用される。一次セクタ 8 1 1 ~ 1 4 上のすべてのトランスデューサは 4 5 ° 未満の幅を有し、一次振動を励起するために使用される。第 3 のセクタ上には 2 つの三次トランスデューサ 8 5 5 および 8 5 6 しかない。上述したように、一次振動の振幅を検出するために、これらの三次トランスデューサのうちの 1 つが使用される。もう 1 つは、上述したように、ジャイロスコープが閉ループサーボモードで使用されるとき、または二次共振モードが閉ループフィードバックによって能動的に減衰されるとき、または電気機械力が使用されて直交信号が相殺されるとき、結合振動を相殺するために使用される。

【 0 0 6 4 】

図 8 に視覚的に示されるように、リングの全周は、説明された機能のためにトランスデューサによって完全にカバーすることができる。ジャイロスコープは、一次振動を駆動するため、および、結合される振動を相殺するために電圧を適切に低く維持しながら、一次信号および二次信号について十分に高い信号対雑音比が得られるように、各機能に対して最適なトランスデューサ長を選択することによって最適化され得る。

10

20

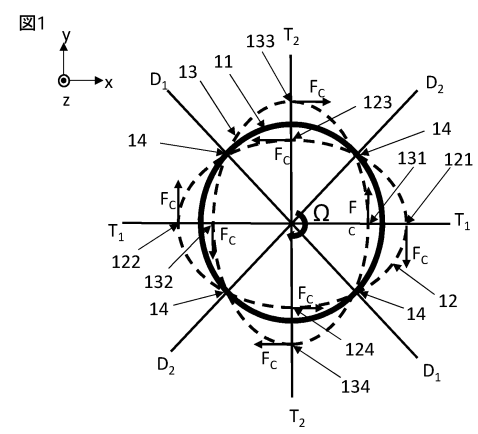
30

40

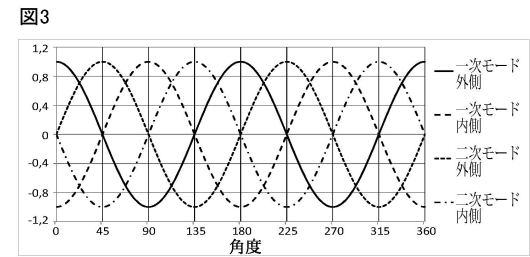
50

【図面】

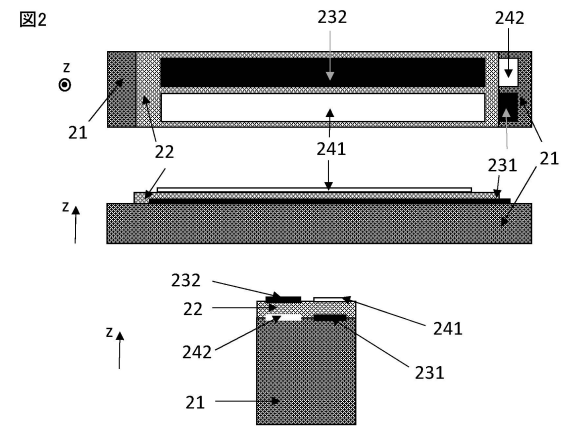
【図 1】



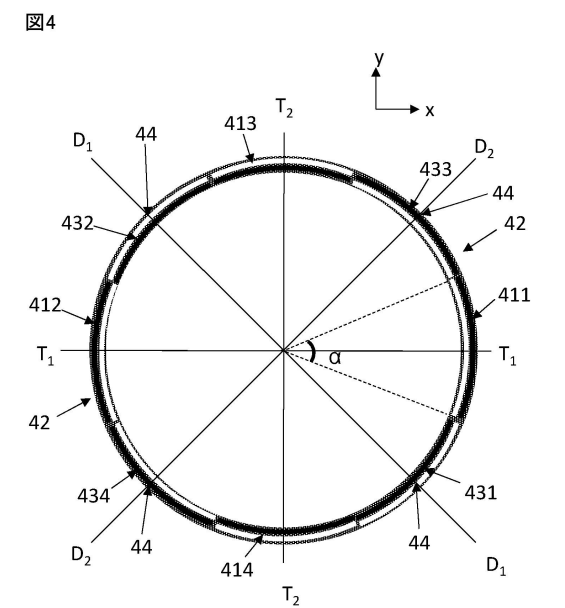
【図 3】



【図 2】



【図 4】



10

20

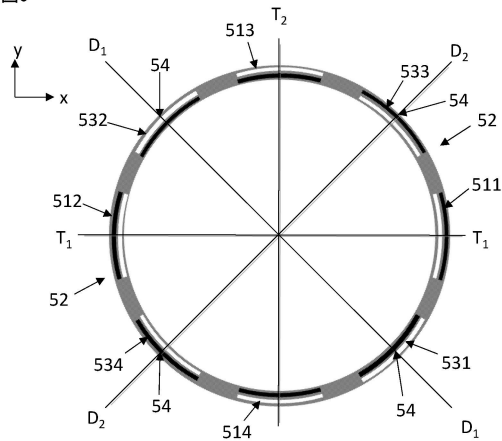
30

40

50

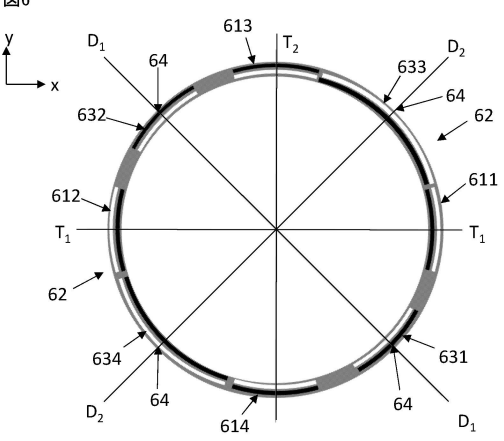
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

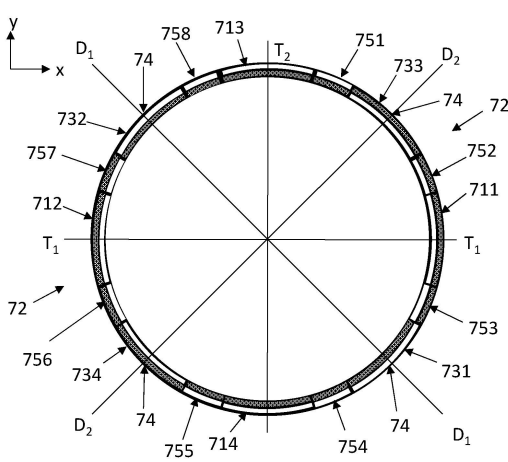
図6



10

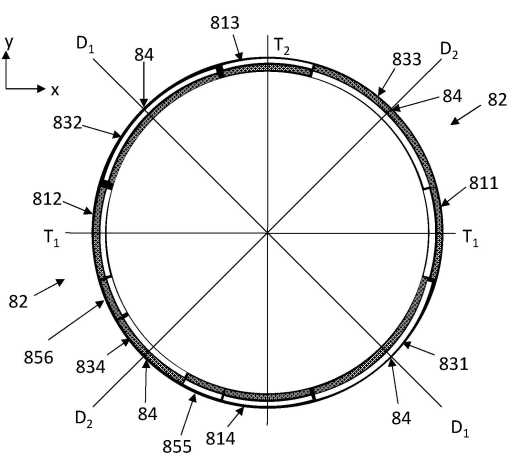
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



20

30

40

50

【手続補正書】

【提出日】令和3年1月8日(2021.1.8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

リングジャイロスコープであって、

実質的に円形で柔軟性のリングであって、前記リングは、リング平面を画定し、かつ前記リングが前記リング平面内で形状振動を受けることができるように基板から柔軟に懸架され、前記リングは、互いに直交する前記リング平面内の第1の横対称軸および第2の横対称軸を備え、前記リングはまた、互いに直交する前記リング平面内の第1の対角対称軸および第2の対角対称軸を備え、各横対称軸と隣接する前記対角対称軸との間の角度は45°であるリングを備え、

前記ジャイロスコープは、前記リングの第1のセクタに配置された1つまたは複数の一次ピエゾ分割トランスデューサ、および、前記リングの1つまたは複数の第2のセクタに配置された1つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサをさらに備え、各第1のセクタは、前記リングの横対称軸と交差し、当該対称軸に関して対称であり、各第2のセクタは、前記リングの対角対称軸と交差し、当該対角対称軸に関して対称であり、前記ジャイロスコープは、前記第1のセクタまたは前記第2のセクタと重なり合わない前記リングの第3のセクタ上に1つまたは複数の三次ピエゾ分割トランスデューサをさらに備え、

前記1つまたは複数の一次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの対向する両側で前記第1の横対称軸と交差する2つの第1のセクタ上の第1の対の一次ピエゾ分割トランスデューサと、前記リングの対向する両側で前記第2の横対称軸と交差する2つの第1のセクタ上の第2の対の一次ピエゾ分割トランスデューサとを含み、

前記1つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの対向する両側で前記第1の対角対称軸と交差する2つの第2のセクタ上の第1の対の二次ピエゾ分割トランスデューサと、前記リングの対向する両側で前記第2の対角対称軸と交差する2つの第2のセクタ上の第2の対の二次ピエゾ分割トランスデューサとを含むことを特徴とする

リングジャイロスコープ。

【請求項2】

前記第1の対の一次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの中心に対する前記第2の対の一次ピエゾ分割トランスデューサの極性対称性とは反対である、前記リングの中心に対する極性対称性を有することを特徴とする、

請求項1に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項3】

前記第1の対の二次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの中心に対する前記第2の対の二次ピエゾ分割トランスデューサの極性対称性とは反対である、前記リングの中心に対する極性対称性を有することを特徴とする、

請求項1または2に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項4】

各第1のセクタの幅が45°未満であり、各第2のセクタの幅が45°よりも大きいことを特徴とする、

請求項1～3のいずれか一項に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項5】

各第1のセクタの幅が45°よりも大きく、各第2のセクタの幅が45°未満であることを特徴とする、

10

20

30

40

50

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項 6】

各第 1 のセクタの幅が 45° 未満であり、各第 2 のセクタの幅が 45° 未満であることを特徴とする、

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のリングジャイロスコープ。

【請求項 7】

リングジャイロスコープを使用するための方法であって、

前記リングジャイロスコープは、

実質的に円形で柔軟性のリングであって、前記リングは、リング平面を画定し、かつ前記リングが前記リング平面内で形状振動を受けることができるように基板から柔軟に懸架され、前記リングは、互いに直交する前記リング平面内の第 1 の横対称軸および第 2 の横対称軸を備え、前記リングはまた、互いに直交する前記リング平面内の第 1 の対角対称軸および第 2 の対角対称軸を備え、各横対称軸と隣接する前記対角対称軸との間の角度は 45° である、リングと、

前記リングの第 1 のセクタに配置された 1 つまたは複数の一次ピエゾ分割トランスデューサ、および、前記リングの 1 つまたは複数の第 2 のセクタに配置された 1 つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサと、を備え、各第 1 のセクタは、前記リングの横対称軸と交差し、当該対称軸に関して対称であり、各第 2 のセクタは、前記リングの対角対称軸と交差し、前記リングの当該対角対称軸に関して対称であり、

前記 1 つまたは複数の一次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの対向する両側で前記第 1 の横対称軸と交差する 2 つの第 1 のセクタ上の第 1 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサと、前記リングの対向する両側で前記第 2 の横対称軸と交差する 2 つの第 1 のセクタ上の第 2 の対の一次ピエゾ分割トランスデューサとを含み、

前記 1 つまたは複数の二次ピエゾ分割トランスデューサは、前記リングの対向する両側で前記第 1 の対角対称軸と交差する 2 つの第 2 のセクタ上の第 1 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサと、前記リングの対向する両側で前記第 2 の対角対称軸と交差する 2 つの第 2 のセクタ上の第 2 の対の二次ピエゾ分割トランスデューサとを含み、

前記リングジャイロスコープは、前記第 1 のセクタまたは前記第 2 のセクタと重ならない、前記リングの第 3 のセクタ上に、1 つまたは複数の三次ピエゾ分割トランスデューサを備え、前記方法は、

前記リングジャイロスコープ内で一次振動モードを生成するために、少なくとも 1 つの一次ピエゾ分割トランスデューサに駆動電圧信号を印加するステップと、

前記リングジャイロスコープ内の二次振動の振動振幅を測定するために、少なくとも 1 つの二次ピエゾ分割トランスデューサからセンス電圧信号を読み取るステップと

を含むことを特徴とする、

方法。

【請求項 8】

前記方法はまた、前記リングジャイロスコープにおける一次振動の振動振幅を測定するために、少なくとも 1 つの一次ピエゾ分割トランスデューサから第 3 の電圧信号を読み取るステップを含むことを特徴とする、

請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記方法はまた、前記一次振動の前記二次振動への結合を能動的に相殺するために、少なくとも 1 つの二次ピエゾ分割トランスデューサに、第 4 の電圧信号を印加するステップを含むことを特徴とする、

請求項 7 または 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記方法はまた、前記リングジャイロスコープにおける一次振動の振動振幅を測定するために、少なくとも 1 つの三次ピエゾ分割トランスデューサから第 5 の電圧信号を読み取るステップを含むことを特徴とする、

請求項 7 ~ 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記方法はまた、前記一次振動の前記二次振動への結合を能動的に相殺するために、少なくとも1つの三次ピエゾ分割トランスデューサに、第6の電圧信号を印加するステップを含むことを特徴とする、

請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2019/000324

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01C19/5677
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/308315 A1 (ARAKI RYUTA [JP] ET AL) 22 December 2011 (2011-12-22) paragraph [0135] - paragraph [0142] figure 15 paragraph [0075] - paragraph [0096] paragraph [0176] figure 14A	1-16
X	US 2010/281976 A1 (IKEDA TAKASHI [JP] ET AL) 11 November 2010 (2010-11-11) paragraph [0100] - paragraph [0104] figure 14	1-15
X	FR 2 723 635 A1 (SAGEM [FR]) 16 February 1996 (1996-02-16) page 7, line 20 - page 12, line 28 figure 3	1,12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 August 2019

Date of mailing of the international search report

20/09/2019

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanhaecke, Nicolas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2019/000324

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011308315	A1	22-12-2011	JP 5523755 B2 18-06-2014
			JP 2010210605 A 24-09-2010
			US 2011308315 A1 22-12-2011
			WO 2010092842 A1 19-08-2010

US 2010281976	A1	11-11-2010	CN 101910790 A 08-12-2010
			EP 2239541 A1 13-10-2010
			JP 5392913 B2 22-01-2014
			JP W02009096086 A1 26-05-2011
			US 2010281976 A1 11-11-2010
			WO 2009096086 A1 06-08-2009

FR 2723635	A1	16-02-1996	DE 19605648 A1 21-08-1997
			FR 2723635 A1 16-02-1996
			GB 2310284 A 20-08-1997

10

20

30

40

50

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,
CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,K
G,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,N
I,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,
TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW