

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-276367

(P2010-276367A)

(43) 公開日 平成22年12月9日(2010.12.9)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
GO1C	19/56	(2006.01)	GO1C 19/56
GO1P	9/04	(2006.01)	GO1P 9/04
GO1P	15/18	(2006.01)	GO1P 15/00
GO1P	15/125	(2006.01)	GO1P 15/125

K
Z

2F105

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2009-126595 (P2009-126595)
 (22) 出願日 平成21年5月26日 (2009.5.26)

(71) 出願人 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100106149
 弁理士 矢作 和行
 (74) 代理人 100121991
 弁理士 野々部 泰平
 (74) 代理人 100145595
 弁理士 久保 貴則
 (72) 発明者 五藤 敬介
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内
 Fターム(参考) 2F105 BB02 BB12 BB17 CC04 CD03
 CD05 CD13

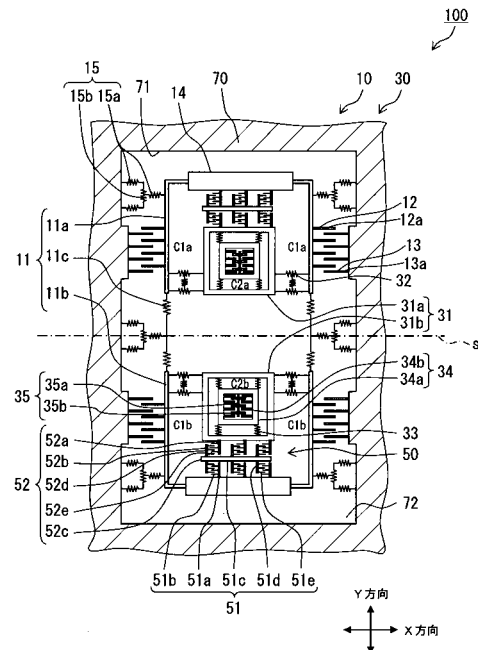
(54) 【発明の名称】 加速度角速度センサ

(57) 【要約】

【課題】角速度検出部の耐衝撃特性、及び加速度検出部の感度特性の低下が抑制された加速度角速度センサを提供する。

【解決手段】対をなす、第1固定電極、第1可動電極、錘部、及び該錘部が設けられ、第1可動電極を支持する第1支持部を有する加速度検出部と、対をなす、第2固定電極、第2可動電極、及び該第2可動電極を支持する第2支持部を有する角速度検出部と、対をなす第1支持部をX方向に逆位相で加振し、対をなす第2支持部をX方向に逆位相で加振する加振部と、を備え、第1支持部間は、Y方向に変位可能な第1パネによって互いに連結され、第1支持部はX方向及びY方向に変位可能な第2パネによって基台に連結され、第2支持部の1つはX方向及びY方向に変位可能な第3パネによって第1支持部の1つと連結され、第2支持部と第2可動電極とは、Y方向に変位可能な第4パネによって連結されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対をなす、第 1 固定電極、第 1 可動電極、錘部、及び該錘部が設けられ、前記第 1 可動電極を支持する第 1 支持部を有する加速度検出部と、

対をなす、第 2 固定電極、第 2 可動電極、及び該第 2 可動電極を支持する第 2 支持部を有する角速度検出部と、

対をなす前記第 1 支持部を X 方向に逆位相で加振し、対をなす前記第 2 支持部を X 方向に逆位相で加振する加振部と、を備え、

前記第 1 支持部間は、X 方向に対して垂直な方向である Y 方向に変位可能な第 1 パネによって互いに連結され、

前記第 1 支持部それぞれは、X 方向、及び Y 方向に変位可能な第 2 パネによって基台に連結され、

前記第 2 支持部の 1 つは、X 方向、及び Y 方向に変位可能な第 3 パネによって、前記第 1 支持部の 1 つと連結され、

前記第 2 支持部と前記第 2 可動電極とは、Y 方向に変位可能な第 4 パネによって連結されていることを特徴とする加速度角速度センサ。

【請求項 2】

対をなす、第 1 固定電極、第 1 可動電極、及び該第 1 可動電極を支持する第 1 支持部を有する加速度検出部と、

対をなす、第 2 固定電極、第 2 可動電極、及び該第 2 可動電極を支持する第 2 支持部を有する角速度検出部と、

対をなす前記第 1 支持部を X 方向に逆位相で加振し、対をなす前記第 2 支持部を X 方向に逆位相で加振する加振部と、を備え、

前記第 1 支持部間は、X 方向に変位可能な第 1 パネによって互いに連結され、

前記第 1 支持部それぞれは、X 方向、及び X 方向に対して垂直な方向である Y 方向に変位可能な第 1 パネによって基台に連結され、

前記第 2 支持部の 1 つは、X 方向、及び Y 方向に変位可能な第 3 パネによって、前記第 1 支持部の 1 つと連結され、

前記第 2 支持部と前記第 2 可動電極とは、Y 方向に変位可能な第 4 パネによって連結され、

前記第 2 支持部間は、X 方向に変位可能な第 5 パネによって互いに連結されていることを特徴とする加速度角速度センサ。

【請求項 3】

慣性力による、前記第 1 固定電極と、前記第 1 可動電極とによって構成される第 1 コンデンサの静電容量変化に基づいて加速度を検出し、

慣性力による、前記第 2 固定電極と、前記第 2 可動電極とによって構成される第 2 コンデンサの静電容量変化に基づいて角速度を検出することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の加速度角速度センサ。

【請求項 4】

前記第 1 固定電極、及び前記第 1 可動電極の形状は、櫛歯状であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 いずれか 1 項に記載の加速度角速度センサ。

【請求項 5】

前記第 2 固定電極、及び前記第 2 可動電極の形状は、櫛歯状であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 いずれか 1 項に記載の加速度角速度センサ。

【請求項 6】

前記加振部は、静電気力によって、対をなす前記第 1 支持部を X 方向に逆位相で加振し、対をなす前記第 2 支持部を X 方向に逆位相で加振することを特徴とする請求項 1 ~ 5 いずれか 1 項に記載の加速度角速度センサ。

【請求項 7】

前記加振部は、櫛歯電極を有することを特徴とする請求項 6 に記載の加速度角速度セン

10

20

30

40

50

サ。

【請求項 8】

前記加振部は、電磁力によって、対をなす前記第 1 支持部を X 方向に逆位相で加振し、対をなす前記第 2 支持部を X 方向に逆位相で加振することを特徴とする請求項 1 ~ 5 いずれか 1 項に記載の加速度角速度センサ。

【請求項 9】

前記加速度検出部、前記角速度検出部、及び前記加振部が、1 つの半導体基板に集積されていることを特徴とする請求項 1 ~ 8 いずれか 1 項に記載の加速度角速度センサ。

【請求項 10】

前記第 1 支持部は、コの字状であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 いずれか 1 項に記載の加速度角速度センサ。

10

【請求項 11】

前記第 2 支持部は、棒形状であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 いずれか 1 項に記載の加速度角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速度角速度センサに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば特許文献 1 に示されるように、駆動方向及び検出方向に変位可能な振動子と、該振動子を駆動方向に振動させる駆動部と、振動子の検出方向に対する変位を静電容量変化として検出する検出電極と、を有する加速度角速度センサが提案されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 39614 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、特許文献 1 に示される加速度角速度センサでは、検出電極の静電容量変化を検出することで、加速度、及び角速度を検出している。このように、加速度、及び角速度いずれの物理量も、検出電極の静電容量変化に基づいて検出しているため、バネ定数の平方根に比例し、且つ質量の平方根に半比例する構造共振を、加速度、及び角速度それぞれに適した値に決定することが困難であった。

30

【0005】

2 つの検出電極は、検出方向に対して垂直な駆動方向に並列配置され、検出方向に変位可能な検出バネと、検出電極間を駆動方向において連結する連結リンクバネとによって互いに連結されている。

【0006】

特許文献 1 の段落番号[0044]~[0047]には、以下の記載がある。加速度の印加時に、検出バネが検出方向にて同位相で変位するために、加速度の共振周波数（構造共振）は検出バネに依存する。これに対して、角速度の印加時に、検出バネが検出方向にて逆位相で変位するために、角速度の構造共振は検出バネと連結リンクバネとに依存する。したがって、連結リンクバネのバネ定数を調整することで、加速度の構造共振と、角速度の構造共振とを分離することができる。

40

【0007】

しかしながら、加速度の構造共振が、連結リンクバネに依存しないためには、加速度の印加時に、2 つの検出電極が、理想的に同位相で検出方向に変位する必要がある。実際のセンサは、多少の製造ばらつきや、寸法ばらつきがあるために、2 つの検出電極が理想的

50

に同位相で変位する、ということは起こりえない。上記したばらつきのために2つの検出電極それぞれの変位量が異なると、2つの検出電極間は、連結リンクパネによって斜めに連結される。これにより、連結リンクパネの付勢力が検出方向に作用されるので、加速度の構造共振に、連結リンクパネが寄与することとなる。このように、加速度の構造共振は、実質的に、検出パネと連結リンクパネとに依存する構成となっている。

【0008】

以上、示したように、特許文献1に示される加速度角速度センサにおいては、加速度の構造共振、及び角速度の構造共振それぞれは、検出パネと連結リンクパネとに依存するために、それぞれの構造共振を、加速度、及び角速度それぞれに適した値に決定することが困難であった。

10

【0009】

例えば、構造共振を小さくする（パネ定数を小さくする）ことで、検出電極を慣性力によって変動し易くした場合、慣性力による静電容量の変化量が大きくなり、加速度センサの感度特性が高まる。しかしながら、この場合、外部応力によって検出電極が変位し易くなるので、角速度センサの耐衝撃性が低下する、という問題が生じる。これとは反対に、構造共振を大きくする（パネ定数を大きくする）ことで、検出電極を外部応力によって変動し難くした場合、外部応力による角速度センサへの影響が小さくなり、角速度センサの耐衝撃性が高まる。しかしながら、この場合、慣性力によって検出電極が変位し難くなるので、加速度センサの感度特性が低下する、という問題が生じる。

20

【0010】

そこで、本発明は上記問題点に鑑み、加速度センサ（加速度検出部）の感度特性、及び角速度センサ（角速度検出部）の耐衝撃特性の低下が抑制された加速度角速度センサを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記した目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、対をなす、第1固定電極、第1可動電極、錘部、及び該錘部が設けられ、第1可動電極を支持する第1支持部を有する加速度検出部と、対をなす、第2固定電極、第2可動電極、及び該第2可動電極を支持する第2支持部を有する角速度検出部と、対をなす第1支持部をX方向に逆位相で加振し、対をなす第2支持部をX方向に逆位相で加振する加振部と、を備え、第1支持部間は、X方向に対して垂直な方向であるY方向に変位可能な第1パネによって互いに連結され、第1支持部それぞれは、X方向、及びY方向に変位可能な第2パネによって基台に連結され、第2支持部の1つは、X方向、及びY方向に変位可能な第3パネによって第1支持部の1つと連結され、第2支持部と第2可動電極とは、Y方向に変位可能な第4パネによって連結されていることを特徴とする。

30

【0012】

このように本発明によれば、第1可動電極を支持する第1支持部間は、Y方向に変位可能な第1パネによって互いに連結され、第1支持部それぞれは、X方向、及びY方向に変位可能な第2パネによって基台に連結されている。これにより、加速度検出部の構造共振が、検出方向であるY方向に変位可能な第1パネと第2パネとに依存する構成となっている。また、本発明においては、第2支持部の1つは、X方向、及びY方向に変位可能な第3パネによって第1支持部の1つと連結され、第2支持部と第2可動電極とは、Y方向に変位可能な第4パネによって連結されている。これにより、角速度検出部の構造共振が、Y方向に変位可能な第3パネと第4パネとに依存する構成となっている。このように、加速度検出部の構造共振と、角速度検出部の構造共振とが分離されているので、第1パネ、第2パネ、第3パネ、及び第4パネそれぞれのパネ定数を調整することで、加速度、及び角速度の構造共振を、それぞれに適した値に設定することができる。例えば、第1パネ、及び第2パネのパネ定数を大きくすることで、加速度検出部の感度特性の低下を抑制し、第3パネ、及び第4パネのパネ定数を小さくすることで、角速度検出部の耐衝撃特性の低下を抑制することができる。以上から、本発明に係る加速度角速度センサは、加速度検出

40

50

部の感度特性、及び角速度検出部の耐衝撃特性の低下が抑制された加速度角速度センサとなっている。

【0013】

なお、厳密に言えば、角速度の構造共振は、第3パネと第4パネのパネ定数だけではなく、加速度の構造共振を決定する第2パネのパネ定数にも依存する。しかしながら、第3パネと第4パネのパネ定数を調整することで、加速度の構造共振と角速度の構造共振とを分離することができる。

【0014】

また、本発明によれば、第2可動電極と基台とが、第4パネ、第2支持部、第3パネ、第1支持部、及び第2パネを介して連結されている。これにより、基台に印加された外部応力が第2可動電極に伝達されるまでに、第2パネ、第1支持部、第3パネ、第2支持部、及び第4パネによって低減される。したがって、本発明に係る構成は、特に、角速度の耐衝撃特性の低下が抑制された構成となっている。

10

【0015】

請求項2に記載の発明の作用効果は、請求項1に記載の発明の作用効果と同様なので、その記載を省略する。

【0016】

請求項3に記載のように、加速度は、慣性力による、第1固定電極と、第1可動電極とによって構成される第1コンデンサの静電容量変化に基づいて検出し、角速度は、慣性力による、第2固定電極と、第2可動電極とによって構成される第2コンデンサの静電容量変化に基づいて検出する構成を採用することができる。

20

【0017】

請求項4に記載のように、第1固定電極、及び第1可動電極の形状は、櫛歯状が好ましい。これによれば、第1固定電極、及び第1可動電極が平板状であるのと比べて、対向面積を大きくすることができる。

【0018】

請求項5に記載のように、第2固定電極、及び第2可動電極の形状は、櫛歯状が好ましい。これによれば、第2固定電極、及び第2可動電極が平板状であるのと比べて、対向面積を大きくすることができる。

【0019】

請求項6に記載のように、加振部は、静電気力によって、対をなす第1支持部をX方向に逆位相で加振し、対をなす第2支持部をX方向に逆位相で加振する構成を採用することができる。この場合、例えば請求項7に記載のように、加振部が櫛歯電極を有する構成を採用することができる。

30

【0020】

なお、請求項8に記載のように、加振部は、電磁力によって、対をなす第1支持部をX方向に逆位相で加振し、対をなす第2支持部をX方向に逆位相で加振する構成を採用することもできる。

【0021】

請求項9に記載のように、加速度検出部、角速度検出部、及び加振部が、1つの半導体基板に集積された構成を採用することができる。これによれば、加速度検出部、及び角速度検出部それぞれが別の半導体基板に集積された加速度角速度センサと比べて、加速度角速度センサの体格を小さくすることができる。

40

【0022】

請求項10に記載のように、第1支持部の形状としては、コの字状を採用することができる。

【0023】

請求項11に記載のように、第2支持部の形状としては、枠形状を採用することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る加速度角速度センサの概略構成を示す平面図である。

【 図 2 】 加速度角速度センサの変形例を示す平面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 5 】

以下、本発明の実施の形態を図に基づいて説明する。

(第 1 実施形態)

図 1 は、第 1 実施形態に係る加速度角速度センサの概略構成を示す平面図である。なお、本実施形態では、図 1 に示すように、加速度検出部 10 と角速度検出部 30 の振動方向を X 方向、該 X 方向に対して垂直であり、慣性力の印加方向を Y 方向と示す。また、X 方向及び Y 方向に垂直な方向を Z 方向と示す。

10

【 0 0 2 6 】

図 1 に示すように、加速度角速度センサ 100 は、要部として、加速度を検出する加速度検出部 10 と、角速度を検出する角速度検出部 30 と、後述する駆動フレーム 11, 31 を X 方向に加振する加振部 50 と、を有する。そして、加速度角速度センサ 100 は、図 1 に一点鎖線で示す X 方向に沿う対称線 s を介して対称な構造となっている。本実施形態に係る加速度角速度センサ 100 は、例えば SOI 基板などの半導体基板を、周知の露光技術によって微細加工した MEMS (微小電子機械システム) デバイスであり、上記した半導体基板に相当する基台 70 に、加速度検出部 10 と、角速度検出部 30 と、加振部 50 とが集積されたものである。

20

【 0 0 2 7 】

加速度検出部 10 は、第 1 駆動フレーム 11 と、該第 1 駆動フレーム 11 に設けられた第 1 可動電極 12 と、該第 1 可動電極 12 と Y 方向にて対向する、基台 70 の壁面 71 に設けられた第 1 固定電極 13 と、第 1 駆動フレーム 11 に設けられた錘部 14 と、を有する。

【 0 0 2 8 】

第 1 駆動フレーム 11 は、X 方向と Y 方向にて構成される XY 平面に沿う断面形状がコの字状の 2 つの第 1 支持部 11a, 11b と、第 1 支持部 11a の端部と第 1 支持部 11b の端部とを連結する、Y 方向に変位可能な第 1 バネ 11c と、を有する。第 1 支持部 11a, 11b は剛性を有し、第 1 支持部 11a, 11b を構成する X 方向に沿う 1 つの部位それぞれに 1 つの錘部 14 と、後述する第 1 加振部 51 の延設部 51a とが設けられ、第 1 支持部 11a, 11b を構成する Y 方向に沿う 2 つの部位それぞれに 1 つの第 1 可動電極 12 が設けられている。第 1 駆動フレーム 11 は、基台 70 の壁面 71 に連結された第 2 バネ 15 によって、X 方向及び Y 方向に対して変位可能となっており、第 1 支持部 11a, 11b における Y 方向に沿う部位に設けられた第 1 可動電極 12 が、基台 70 の壁面 71 (第 1 固定電極 13) に対して、X 方向及び Y 方向に変位可能となっている。なお、第 2 バネ 15 は、X 方向に変位可能なバネ 15a と、Y 方向に変位可能なバネ 15b とが合成されてなるものであり、本実施形態では、6 つの第 2 バネ 15 が壁面 71 に設けられ、壁面 71 と第 1 駆動フレーム 11 とを連結している。

30

【 0 0 2 9 】

第 1 可動電極 12 は、図 1 に示すように、X 方向にて、第 1 支持部 11a, 11b から第 1 固定電極 13 の方向へ延設された第 1 櫛部 12a を有し、第 1 固定電極 13 は、X 方向にて、壁面 71 から第 1 可動電極 12 の方向へ延設された第 2 櫛部 13a を有する。第 1 櫛部 12a と第 2 櫛部 13a とが Y 方向にて互いに対向することで、第 1 コンデンサ C1a, C1b が構成される。これら第 1 コンデンサ C1a, C1b は、対称線 s を介して対称な構成となっている。

40

【 0 0 3 0 】

第 1 コンデンサ C1a, C1b の構成要素である第 1 可動電極 12 は、第 1 バネ 11c 及び第 2 バネ 15 と連結されているので、壁面 71 に対して、X 方向及び Y 方向に変位可能となっている。第 1 可動電極 12 における、X 方向への変位は第 2 バネ 15 に依存し、

50

Y方向への変位は第1パネ11cと第2パネ15とに依存する。これに対して、第1コンデンサC1a, C1bの構成要素である第1固定電極13は、壁面71に固定されているので、壁面71に対して変位しない。以上により、第1コンデンサC1a, C1bの静電容量変化は、第1可動電極12の変位に依存する。上記したように、第1可動電極12のX方向への変位は第2パネ15に依存するので、第1可動電極12と第1固定電極13との対向面積の変位による第1コンデンサC1a, C1bの静電容量変化は、パネ11c, 15に依存する。これに対して、第1可動電極12のY方向への変位は第2パネ15に依存するので、第1可動電極12と第1固定電極13との電極間隔の変位による第1コンデンサC1a, C1bの静電容量変化は、第2パネ15に依存する。

【0031】

なお、第1櫛部12aと壁面71との間、及び第2櫛部13aと第1支持部11a, 11bとの間には、第1駆動フレーム11(第1可動電極12)の振動振幅よりも長い隙間が形成されている。これにより、第1可動電極12がX方向に振動した際に、第1櫛部12aと壁面71、及び第2櫛部13aと第1支持部11a, 11bとが衝突することが抑制された構成となっている。また、第1櫛部12aと第2櫛部13aとの電極間隔は、第1駆動フレーム11(第1可動電極12)のY方向への変位量よりも長く設計されている。これにより、第1可動電極12がY方向へ変位した際に、第1櫛部12aと第2櫛部13aとが衝突することが抑制された構成となっている。さらに、第1駆動フレーム11(第1可動電極12)が振動していない状態における、第1櫛部12aと第2櫛部13aとの対向面積におけるX方向に沿う長さは、第1駆動フレーム11(第1可動電極12)の振動振幅よりも長く設計されている。これにより、第1可動電極12がX方向に振動した際に、第1可動電極12と第1固定電極13との対向面積がゼロになることで、第1コンデンサC1a, C1bの静電容量が著しく低下することが抑制された構成となっている。

【0032】

角速度検出部30は、第1駆動フレーム11によって囲まれた領域に配置された、第2駆動フレーム31と、該第2駆動フレーム31を第1駆動フレーム11に連結する、X方向及びY方向に変位可能な第3パネ32と、Y方向に変位可能な第4パネ33と、該第4パネ33を介して、第2駆動フレーム31に連結された第2可動電極34と、基台70の底部72に設けられ、第2可動電極34とY方向にて対向する第2固定電極35と、を有する。

【0033】

第2駆動フレーム31は、対をなす第2支持部31a, 31bを有し、第2支持部31a, 31bそれぞれは、対称線sを介して対称となるように並列配置され、XY平面に沿う断面形状が枠形状となっている。第2支持部31a, 31bは剛性を有し、第2支持部31a, 31bの外環部におけるY方向に沿う部位に第3パネ32が接続され、第2支持部31a, 31bの内環部におけるX方向に沿う部位に第4パネ33が接続されている。これにより、対をなす第2支持部31a, 31bはX方向にて連成振動可能となっており、第2可動電極34はY方向に変位可能となっている。

【0034】

第2可動電極34は、XY平面に沿う断面形状が枠形状の検出フレーム34aと、該検出フレーム34aの内環部におけるY方向に沿う部位から、検出フレーム34aの中央に向かって、X方向に延設された第3櫛部34bと、を有する。図1に示すように、第2可動電極34は対をなし、Y方向において、対称線sを介して対称となるように並列配置されている。

【0035】

第2固定電極35は、Y方向に延設された延設部35aと、該延設部35aに設けられ、X方向に延設された第4櫛部35bと、を有する。図1に示すように、第2固定電極35は対をなし、Y方向において、対称線sを介して対称となるように並列配置されている。そして、第2可動電極34の構成要素である第3櫛部34bと、第2固定電極35の構成要素である第4櫛部35bとがY方向にて互いに対向することで、第2コンデンサC2

10

20

30

40

50

a, C 2 b が構成される。これら第 2 コンデンサ C 2 a, C 2 b は、対称線 s を介して対称な構造となっている。

【0036】

第 2 コンデンサ C 2 a, C 2 b の構成要素である第 2 可動電極 3 4 は、第 4 バネ 3 3 と、第 2 駆動フレーム 3 1 と、第 3 バネ 3 2 と、第 1 駆動フレーム 1 1 と、第 2 バネ 1 5 と、を介して基台 7 0 の壁面 7 1 に連結されている。これにより、第 2 可動電極 3 4 は、底部 7 2 に対して、X 方向及び Y 方向に変位可能となっており、X 方向への変位がバネ 3 2, 1 5 に依存し、Y 方向への変位が、バネ 3 2, 3 3 に依存する構成となっている。これに対して、第 2 固定電極 3 5 は、底部 7 2 に固定されているので、底部 7 2 に対して変位しない。以上により、第 2 コンデンサ C 2 a, C 2 b の静電容量変化は、第 2 可動電極 3 4 の変位に依存する。上記したように、第 2 可動電極 3 4 の X 方向への変位がバネ 3 2, 1 5 に依存するので、第 2 可動電極 3 4 と第 2 固定電極 3 5 との対向面積の変位による第 2 コンデンサ C 2 a, C 2 b の静電容量変化は、バネ 3 2, 1 5 に依存する。これに対して、第 2 可動電極 3 4 の Y 方向への変位がバネ 3 2, 3 3 に依存するので、第 2 可動電極 3 4 と第 2 固定電極 3 5 との電極間隔の変位による第 2 コンデンサ C 2 a, C 2 b の静電容量変化は、バネ 3 2, 3 3 に依存する。なお、厳密に言えば、第 2 可動電極 3 4 における Y 方向への変位は、第 2 バネ 1 5 にも依存する。しかしながら、第 2 バネ 1 5 による、第 2 可動電極 3 4 の Y 方向への寄与は小さく、無視することができるので、第 2 可動電極 3 4 の Y 方向への変位がバネ 3 2, 3 3 に依存する、とみなすことができる。第 2 バネ 1 5 は、主として、第 1 駆動フレーム 1 1 を Y 方向に変位することに寄与する。

10

20

【0037】

なお、第 3 櫛部 3 4 b と延設部 3 5 a との間、及び第 4 櫛部 3 5 b と検出フレーム 3 4 a との間には、第 2 支持部 3 1 a, 3 1 b (第 2 可動電極 3 4) の X 方向への振動振幅よりも長い隙間が形成されている。これにより、第 2 可動電極 3 4 が X 方向に振動した際に、第 3 櫛部 3 4 b と延設部 3 5 a、及び第 4 櫛部 3 5 b と検出フレーム 3 4 a とが衝突することが抑制された構成となっている。また、第 3 櫛部 3 4 b と第 4 櫛部 3 5 b との電極間隔は、第 2 支持部 3 1 a, 3 1 b (第 2 可動電極 3 4) の Y 方向への変位量よりも長く設計されている。これにより、第 2 支持部 3 1 a, 3 1 b (第 2 可動電極 3 4) が Y 方向へ変位した際に、第 3 櫛部 3 4 b と第 4 櫛部 3 5 b とが衝突することが抑制された構成となっている。さらに、第 2 支持部 3 1 a, 3 1 b (第 2 可動電極 3 4) が振動していない状態における、第 3 櫛部 3 4 b と第 4 櫛部 3 5 b との対向面積における X 方向に沿う長さは、第 2 支持部 3 1 a, 3 1 b (第 2 可動電極 3 4) の振動振幅よりも長く設計されている。これにより、第 2 可動電極 3 4 が X 方向に振動した際に、第 2 可動電極 3 4 と第 2 固定電極 3 5 との対向面積がゼロとなることで、第 2 コンデンサ C 2 a, C 2 b の静電容量が著しく低下することが抑制された構成となっている。

30

【0038】

加振部 5 0 は、駆動フレーム 1 1, 3 1 を X 方向に加振するものである。加振部 5 0 は、第 1 駆動フレーム 1 1 の構成要素である対をなす第 1 支持部 1 1 a, 1 1 b (錘部 1 4) を加振する第 1 加振部 5 1 と、第 2 駆動フレーム 3 1 の構成要素である対をなす第 2 支持部 3 1 a, 3 1 b を加振する第 2 加振部 5 2 と、を有する。

40

【0039】

第 1 加振部 5 1 は、図 1 に示すように、錘部 1 4 から第 2 駆動フレーム 3 1 の方向へ、Y 方向に沿って延設された延設部 5 1 a と、該延設部 5 1 a に設けられ、X 方向にて、紙面の左方向へ延設された第 5 櫛部 5 1 b と、基台 7 0 の底部 7 2 において、X 方向に延設された梁 5 1 c と、該梁 5 1 c に設けられ、Y 方向において壁面 7 1 の方向へ延設された延設部 5 1 d と、該延設部 5 1 d に設けられ、X 方向にて、紙面の右方向へ延設された第 6 櫛部 5 1 e と、を有する。第 1 加振部 5 1 は対をなし、図 1 に示すように、対称線 s を介して対称な構造となっている。

【0040】

第 2 加振部 5 2 は、第 2 支持部 3 1 a, 3 1 b における X 方向に沿う部位から錘部 1 4

50

の方向へ、Y方向に沿って延設された延設部52aと、該延設部52aに設けられ、X方向にて、紙面の左方向に延設された第7櫛部52bと、基台70の底部72において、X方向に延設された梁52cと、該梁52cに設けられ、Y方向において第2支持部31a, 31bの方向へ延設された延設部52dと、該延設部52dに設けられ、X方向にて、紙面の右方向へ延設された第8櫛部52eと、を有する。第2加振部52は対をなし、図1に示すように、対称線sを介して対称な構造となっている。なお、上記した梁51cと梁52cは、同一のものである。また、上記した櫛部51b, 51e, 51b, 51eが、特許請求の範囲に記載の櫛歯電極に相当する。

【0041】

第1加振部51に、極性が一定周期で変動する駆動電圧を印加すると、櫛部51b, 51eの間に発生する静電気力の極性が一定周期で変動する。この櫛部51b, 51eの間に発生した静電気力によって、延設部51aが設けられた錘部14が一定周期でX方向に振動する。これにより、錘部14が設けられた第1駆動フレーム11も一定周期でX方向に振動する。また、第2加振部52に、極性が一定周期で変動する駆動電圧を印加すると、櫛部52b, 52eの間に発生する静電気力の極性が一定周期で変動する。この櫛部52b, 52eの間に発生した静電気力によって、延設部52aが設けられた第2支持部31a, 31bが一定周期でX方向に振動する。これにより、第2支持部31a, 31bと第4パネ33を介して連結された第2可動電極34も一定周期でX方向に振動する。

【0042】

第1加振部51によって、錘部14がX方向に振動すると、この錘部14の振動が、第1駆動フレーム11と第3パネ32とを介して第2駆動フレーム31(第2支持部31a, 31b)に伝達され、対をなす第2支持部31a, 31bそれぞれがX方向に振動する。錘部14が、X方向の一方向に変位した場合、錘部14と隣接している第2支持部31a, 31bは、錘部14の変位に追従して、X方向の一方向に変位する。したがって、第1加振部51の一方に、極性が一定周期で変動する駆動電圧を印加し、第1加振部51の他方に、第1加振部51の一方に印加した駆動電圧とは反対の極性を有する駆動電圧を印加した場合、錘部14がX方向において逆位相で振動し、対をなす第2支持部31a, 31bもX方向において逆位相で振動する。なお、この場合、錘部14が設けられた第1支持部11a, 11bも、X方向において逆位相で振動することは言うまでもない。本実施形態では、対をなす第1加振部51それぞれに、極性が反対の駆動電圧を印加することで、錘部14が設けられた第1支持部11a, 11bをX方向にて逆位相で振動し、これによって対をなす第2支持部31a, 31bをX方向にて逆位相で振動している。

【0043】

上記したように、駆動電圧の印加によって、第2コンデンサC2aを構成する第2可動電極34と、第2コンデンサC2bを構成する第2可動電極34とが、X方向において逆位相で振動するので、第2加振部52の振動による、第1コンデンサC1a, C1bそれぞれの静電容量変化は同一となる。すなわち、第2可動電極34のX方向への変位による、第2コンデンサC2a, C2bそれぞれの静電容量変化は同一となる。これにより、第2コンデンサC2aの出力電圧と、第2コンデンサC2bの出力電圧とを比較する場合には、第2加振部52の影響を考慮しなくとも良い。すなわち、第2可動電極34と第2固定電極35との対向面積の変化による、第2コンデンサC2a, C2bの静電容量変化を考慮しなくとも良い。

【0044】

次に、加速度角速度センサ100における加速度の検出原理を説明する。第1加振部51によって、第2支持部31aと第2支持部31bとが、X方向にて逆位相で振動している状態で、加速度角速度センサ100にY方向の加速度が印加されると、加速度の慣性力によって、第1コンデンサC1aを構成する第1可動電極12と第1コンデンサC1bを構成する第1可動電極12とが、第1駆動フレーム11とともに、同位相でY方向に変位する。これにより、第1可動電極12と第1固定電極13との電極間隔が変化し、第1コンデンサC1aの静電容量と、第1コンデンサC1bの静電容量とが変化する。静電容量

10

20

30

40

50

の変化量は印加された加速度に比例するので、この第1コンデンサC1a, C1bの静電容量の変化量に基づいて、加速度を求めることができる。

【0045】

次に、加速度角速度センサ100における角速度の検出原理を説明する。加振部51, 52によって、第2支持部31aと第2支持部31bとが、X方向にて逆位相で振動している状態で、加速度角速度センサ100にZ方向の角速度が印加されると、振動している第2支持部31a, 31b、該第2支持部31a, 31bと第4バネ33を介して連結された第2可動電極34それぞれに、振動速度と角速度の積に比例するコリオリ力がY方向に作用する。上記したように、第2コンデンサC2aを構成する第2可動電極34と、第2コンデンサC2bを構成する第2可動電極34とは、X方向にて逆位相で振動している
10
ので、第2コンデンサC2aを構成する第2可動電極34と、第2コンデンサC2bを構成する第2可動電極34には、Y方向において逆方向のコリオリ力が作用する。これにより、第2コンデンサC2aを構成する第2可動電極34と、第2コンデンサC2bを構成する第2可動電極34とは、Y方向において逆方向に変位する。これにより、第2可動電極34と第2固定電極35との電極間隔が変化し、第2コンデンサC2aの静電容量と、第2コンデンサC2bの静電容量とが変化する。静電容量の変化量は、印加された角速度に比例するので、この第2コンデンサC2a, C2bの静電容量の変化量に基づいて、角速度を求めることができる。

【0046】

次に、本実施形態に係る加速度角速度センサ100の作用効果を説明する。上記したように、第1可動電極12を支持する第1支持部11a, 11b間は、Y方向に変位可能な第1バネ11cによって互いに連結され、第1支持部11a, 11bそれぞれは、X方向、及びY方向に変位可能な第2バネによって基台70の壁面71に連結されている。これにより、加速度検出部10の構造共振が、検出方向であるY方向に変位可能な第1バネ11cと第2バネ15とに依存する構成となっている。これに対し、第2支持部31a, 31bは、X方向、及びY方向に変位可能な第3バネ32によって第1支持部11a, 11bと連結され、第2支持部31a, 31bと第2可動電極34とは、Y方向に変位可能な第4バネ33を介して連結されている。これにより、角速度検出部30の構造共振が、Y方向に変位可能な第3バネ32と第4バネ33とに依存する構成となっている。このように、加速度検出部10の構造共振と、角速度検出部30の構造共振とが分離されている
20
30
ので、第1バネ11c、第2バネ15、第3バネ32、及び第4バネ33それぞれのバネ定数を調整することで、加速度検出部10、及び角速度検出部30それぞれの構造共振を、それぞれに適した値に設定することができる。例えば、第1バネ11cのバネ定数と第2バネ15を構成するバネ15bのバネ定数とを大きくすることで、加速度検出部10の感度特性の低下を抑制し、第3バネ32のバネ定数と第4バネ33のバネ定数とを小さくすることで、角速度検出部30の耐衝撃特性の低下を抑制することができる。以上から、本実施形態に係る加速度角速度センサ100は、加速度検出部10の感度特性の低下、及び角速度検出部30の耐衝撃特性が抑制された加速度角速度センサとなっている。

【0047】

なお、厳密に言えば、角速度検出部30の構造共振は、第3バネ32と第4バネ33のバネ定数だけではなく、加速度検出部10の構造共振を決定する第2バネ15のバネ定数にも依存する。しかしながら、第3バネ32と第4バネ33のバネ定数を調整することで、加速度検出部10の構造共振と角速度検出部30の構造共振とを分離することができる。また、上記したように、第2バネ15は、主として第1駆動フレーム11をY方向に変位することに寄与するので、第2バネ15による第2可動電極34のY方向への寄与は小さく、無視することができる。
40

【0048】

本実施形態では、角速度検出部30の第2可動電極34と基台70の壁面71とが、第4バネ33、第2支持部31a, 31b、第3バネ32、第1支持部11a, 11b、及び第2バネ15を介して連結されている。これにより、基台70に印加された外部応力が
50

第2可動電極34に伝達されるまでに、第4パネ33、第2支持部31a、31b、第3パネ32、第1支持部11a、11b、及び第2パネ15によって低減される。したがって、本実施形態に係る加速度角速度センサ100は、特に、角速度の耐衝撃特性の低下が抑制された構成となっている。

【0049】

本実施形態では、第1可動電極12が第1櫛部12aを有し、第1固定電極13が第2櫛部13aを有する例を示した。これによれば、第1可動電極12、及び第1固定電極13それぞれが櫛部を有さず、それぞれの形状が平板状である構成と比べて、対向面積を大きくすることができる。

【0050】

本実施形態では、第2可動電極34が第3櫛部34bを有し、第2固定電極35が第4櫛部35bを有する例を示した。これによれば、第2可動電極34、及び第2固定電極35それぞれが櫛部を有さず、それぞれの形状が平板状である構成と比べて、対向面積を大きくすることができる。

【0051】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は上記した実施形態になんら制限されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々変形して実施することが可能である。

【0052】

本実施形態では、対をなす第2支持部31a、31bが、Y方向において、対称線sを介して対称となるように並列配置される例を示した。これに対して、例えば図2に示すように、対をなす第2支持部31a、31bが、X方向において、Y方向に沿う対称線t（図2に二点差線で示す線）を介して対称となるように並列配置された構成を採用することもできる。第1実施形態で示した加速度角速度センサ100は、対称線sを介して対称な構造となっていたが、図2に示す加速度角速度センサ100は、対称線tを介して対称な構造となっている。なお、この変形例の場合、第2支持部31a、31b間は、X方向に変位可能な第5パネ36を介して連結され、これによって、第2支持部31a、31bがX方向に連成振動可能となっている。図2は、加速度角速度センサの変形例を示す平面図である。

【0053】

本実施形態では、第1可動電極12が第1櫛部12aを有する、すなわち第1可動電極12が櫛歯状である例を示した。しかしながら、第1可動電極12は櫛歯状に限定されず、例えば平板状を採用することができる。

【0054】

本実施形態では、第1固定電極13が第2櫛部13aを有する、すなわち第1固定電極13が櫛歯状である例を示した。しかしながら、第1固定電極13は櫛歯状に限定されず、例えば平板状を採用することができる。

【0055】

本実施形態では、第2可動電極34が、検出フレーム34aと、第3櫛部34bとを有する、すなわち第2可動電極34が櫛歯状である例を示した。しかしながら、第2可動電極34は櫛歯状に限定されず、例えば平板状を採用することができる。

【0056】

本実施形態では、第2固定電極35が、延設部35aと、第4櫛部35bとを有する、すなわち第2固定電極35が櫛歯状である例を示した。しかしながら、第2固定電極35は櫛歯状に限定されず、例えば平板状を採用することができる。

【0057】

本実施形態では、第1加振部51が、延設部51aと、第5櫛部51bと、梁51cと、延設部51dと、第6櫛部51eと、を有する、すなわち、第1加振部51が櫛歯状である例を示した。しかしながら、第1加振部51は櫛歯状に限定されず、例えば平板状を採用することができる。

10

20

30

40

50

【0058】

本実施形態では、第2加振部52が、延設部52aと、第7櫛部52bと、梁52cと、延設部52dと、第8櫛部52eと、を有する、すなわち、第2加振部52が櫛歯状である例を示した。しかしながら、第2加振部52は櫛歯状に限定されず、例えば平板状を採用することができる。

【0059】

本実施形態では、加振部51, 52が、静電気力によって、駆動フレーム11, 31を加振する例を示した。しかしながら、加振部51, 52は、例えば電磁力によって、駆動フレーム11, 31を加振しても良く、加振部51, 52の加振方法は上記例に限定されない。

10

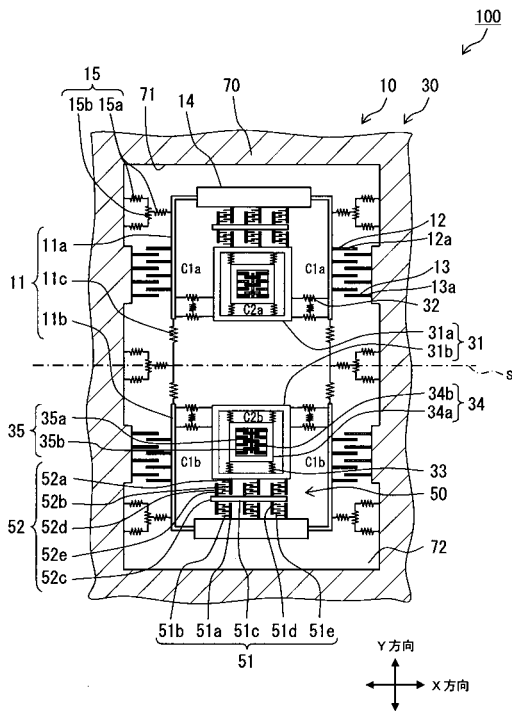
【符号の説明】

【0060】

- 10・・・加速度センサ
- 11・・・第1駆動フレーム
- 11a, 11b・・・第1支持部
- 12・・・第1可動電極
- 13・・・第1固定電極
- 30・・・角速度センサ
- 31・・・第2駆動フレーム
- 31a, 31b・・・第2支持部
- 34・・・第2可動電極
- 35・・・第2固定電極
- 50・・・加振部
- 70・・・基台
- 100・・・加速度角速度センサ

20

【図1】



【図2】

