

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6957921号
(P6957921)

(45) 発行日 令和3年11月2日(2021.11.2)

(24) 登録日 令和3年10月11日(2021.10.11)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 C 19/5783 (2012.01)
 HO 1 L 41/053 (2006.01)
 HO 1 L 41/31 (2013.01)
 HO 1 L 41/113 (2006.01)

GO 1 C 19/5783
 HO 1 L 41/053
 HO 1 L 41/31
 HO 1 L 41/113

請求項の数 11 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2017-58170 (P2017-58170)
 (22) 出願日 平成29年3月23日 (2017.3.23)
 (65) 公開番号 特開2018-159674 (P2018-159674A)
 (43) 公開日 平成30年10月11日 (2018.10.11)
 審査請求日 令和2年1月27日 (2020.1.27)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (74) 代理人 100091627
 弁理士 朝比 一夫
 (72) 発明者 西澤 竜太
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 エプソン株式会社内
 (72) 発明者 村上 資郎
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 エプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動デバイス、角速度センサー、電子機器および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

駆動振動腕及び検出振動腕を含む振動体と、前記振動体に配置されている複数の端子と、を有する振動素子と、

複数の電気接続端子を有する基体と、

複数の前記電気接続端子と複数の前記端子とを電気的に接続している配線部を有し、前記振動素子を前記基体に対して支持する中継基板と、
 を有し、

前記中継基板は、前記基体に固定される基体固定部と、前記振動素子が載置される振動素子載置部と、前記基体固定部と前記振動素子載置部とを連結する少なくとも1つの梁部と、を有し、

前記少なくとも1つの梁部は、第1方向に延び、前記基体固定部に接続されている第1部分と、前記第1方向と交差する第2方向に向かって延び、前記振動素子載置部に接続されている第2部分と、を有し、

前記第2部分の共振周波数は、前記振動体の共振周波数よりも10KHz以上大きく、
 前記振動体の共振周波数は、前記駆動振動腕の共振周波数及び前記検出振動腕の共振周波数の何れかであることを特徴とする振動デバイス。

【請求項 2】

前記中継基板は、絶縁性材料を含む請求項1に記載の振動デバイス。

【請求項 3】

10

20

前記基体は、前記振動素子を駆動する回路を含む電子部品である請求項 1 または 2 に記載の振動デバイス。

【請求項 4】

前記基体は、前記振動素子を駆動する回路を含む電子部品と、

前記電子部品と前記中継基板との間に設けられ、前記電子部品と前記配線部とを電気的に接続する配線層を有する応力緩和部と、を備えている請求項 1 または 2 に記載の振動デバイス。

【請求項 5】

前記中継基板は、平面視で、前記基体固定部と前記梁部とで前記振動素子載置部を囲む第 1 枠体を構成している請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の振動デバイス。

10

【請求項 6】

前記中継基板は、平面視で、前記第 1 枠体と前記振動素子載置部との間に位置する第 2 枠体を有する請求項 5 に記載の振動デバイス。

【請求項 7】

前記中継基板は、複数の前記第 1 部分と複数の前記第 2 部分とを有し、

前記第 1 部分と前記第 2 部分とは、交互に連結している請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の振動デバイス。

【請求項 8】

前記配線部は、定電位に電気的に接続されているシールド配線を有する請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の振動デバイス。

20

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の振動デバイスを備えている角速度センサー。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の振動デバイスを備えている電子機器。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の振動デバイスを備えている移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動デバイス、角速度センサー、電子機器および移動体に関するものである

30

。

【背景技術】

【0002】

従来から、圧電振動子やMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 振動子などの振動素子を用いて、角速度や加速度などの物理量を検出する物理量検出装置が知られている。

【0003】

このような物理用検出装置の一例として、例えば、特許文献 1 には、シリコンまたは水晶からなる角速度検出素子と、セラミックで構成されたパッケージと、角速度検出素子をパッケージに対して保持する固定フレームと、を備える角速度センサーについて開示されている。また、固定フレームは、ねじりバネおよびバランサを有している。かかる特許文献 1 に記載の角速度センサーでは、ねじりバネおよびバランサによって、角速度検出素子の振動が外部に漏れることを低減している。また、特許文献 1 に記載の角速度センサーでは、固定フレームをステンレス合金や鉄ニッケルコバルト合金などの金属材料で構成することで、角速度検出素子の厚み方向に並進する運動を抑えている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 089049 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

しかし、特許文献1に記載の角速度センサーでは、角速度検出素子を支持している固定フレームの構成上、パッケージに発生する熱応力やパッケージが衝撃等を受けて生じる応力等が角速度検出素子に伝達されてしまい、その結果、振動特性が変動し、出力信号の0点電圧が変動してしまうという問題があった。

【0006】

本発明の目的は、振動特性の変動が低減された振動デバイス、かかる振動デバイスを備え、検出精度の低下が低減された角速度センサー、かかる振動デバイスを備えた電子機器および移動体を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】**【0007】**

上記目的は、前述した課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下により実現することが可能である。

【0008】

本適用例の振動デバイスは、複数の端子を有する振動素子と、複数の電気接続端子を有する基体と、複数の前記電気接続端子と複数の前記端子とを電気的に接続している配線部を有し、前記振動素子を前記基体に対して支持する中継基板と、を有し、前記中継基板は、前記基体に固定される基体固定部と、前記振動素子が載置される振動素子載置部と、前記基体固定部と前記振動素子載置部とを連結する少なくとも1つの梁部と、を有し、前記少なくとも1つの梁部は、第1方向に延びる第1部分と、前記第1方向と交差する第2方向に向かって延びる第2部分と、を有する。

20

【0009】

このような振動デバイスによれば、互いに交差する第1部分および第2部分を有する中継基板を備えることで、外力（例えば熱応力や衝撃等）による基体の変形を梁部で吸収または抑制することができる。そのため、基体等が変形した場合において振動素子載置部の変形を低減でき、よって、振動素子載置部による振動素子の保持状態が大きく変動しないかまたは変動を低減できる。それゆえ、振動素子載置部に載置された振動素子の振動特性の変動を低減することができる。

【0010】

30

本適用例の振動デバイスでは、前記中継基板は、絶縁性材料を含むことが好ましい。

これにより、基体との間および振動素子との間の熱応力の発生を低減することができる。また、配線部が備える複数の配線の間を絶縁をすることが容易にできる。

【0011】

本適用例の振動デバイスでは、前記基体は、前記振動素子を駆動する回路を含む電子部品であることが好ましい。

【0012】

このような構成であっても、外力による基体の変形に伴って電子部品が受けた力を中継基板によって吸収または抑制することができるので、載置部に載置された振動素子の振動特性の変動を低減することができる。

40

【0013】

本適用例の振動デバイスでは、前記基体は、前記振動素子を駆動する回路を含む電子部品と、前記電子部品と前記中継基板との間に設けられ、前記電子部品と前記配線部とを電気的に接続する配線層を有する応力緩和部と、を備えていることが好ましい。

【0014】

これにより、応力緩和部によって電子部品が受けた外力を吸収することができ、当該外力が振動素子に伝達されることをより低減することができる。

【0015】

本適用例の振動デバイスでは、前記中継基板は、平面視で、前記基体固定部と前記梁部とで前記振動素子載置部を囲む第1枠体を構成していることが好ましい。

50

【0016】

これにより、外力によるパッケージ基体の変形により生じる応力の伝達経路を長くできるので、外力等によって基体が変形してもその変形（歪み）を第1枠体でより効果的に吸収または抑制できる。そのため、振動素子の変形をより効果的に低減できるので、振動素子載置部に載置された振動素子の振動特性の変動をより低減することができる。

【0017】

本適用例の振動デバイスでは、前記中継基板は、平面視で、前記第1枠体と前記振動素子載置部との間に位置する第2枠体を有することが好ましい。

【0018】

これにより、外力によるパッケージ基体の変形により生じる応力の伝達経路を長くできるので、外力等によって基体が変形してもその変形を第1枠体および第2枠体でより効果的に吸収または抑制できる。そのため、振動素子載置部に載置された振動素子の振動特性の変動をより効果的に低減することができる。

10

【0019】

本適用例の振動デバイスでは、前記中継基板は、複数の前記第1部分と複数の前記第2部分とを有し、前記第1部分と前記第2部分とは、交互に連結していることが好ましい。

【0020】

これにより、外力によるパッケージ基体の変形により生じる応力の伝達経路を長くできる。そのため、振動素子載置部に載置された振動素子の振動特性の変動をより効果的に低減することができる。

20

【0021】

本適用例の振動デバイスでは、前記配線部は、定電位に電気的に接続されているシールド配線を有することが好ましい。

【0022】

これにより、振動素子と、例えば基体に形成された配線層および電子部品（ICチップ）との間の静電容量を低減できる。そのため、S/N比が向上し、角速度をより高精度に検出することのできる振動デバイスを実現できる。

【0023】

本適用例の角速度センサーは、本適用例の振動デバイスを備えている。

このような角速度センサーによれば、振動特性の変動が低減された振動デバイスを備えているため、優れた信頼性を発揮することができる。

30

【0024】

本適用例の電子機器は、本適用例の振動デバイスを備えている。

このような電子機器によれば、振動特性の変動が低減された振動デバイスを備えているため、優れた信頼性を発揮することができる。

【0025】

本適用例の移動体は、本適用例の振動デバイスを備えている。

このような移動体によれば、振動特性の変動が低減された振動デバイスを備えているため、優れた信頼性を発揮することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】第1実施形態に係る振動デバイスを示す斜視図である。

【図2】図1に示す振動デバイスの断面図である。

【図3】図1に示す振動デバイスのICチップを示す平面図である。

【図4】振動素子を示す平面図である。

【図5】中継基板の平面図である。

【図6】図5に示す中継基板の平面図（透過図）である。

【図7】図5に示す中継基板の本体部の平面図である。

【図8】中継基板の形状ごとの載置部における応力を示すグラフである。

【図9】第2実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

50

【図10】第3実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【図11】応力緩和層を示す断面図である。

【図12】第4実施形態に係る振動デバイスが有する中継基板の平面図である。

【図13】図12に示す中継基板の平面図(透過図)である。

【図14】図13に示す中継基板の本体部の平面図である。

【図15】第5実施形態に係る振動デバイスが有する中継基板の平面図である。

【図16】図15に示す中継基板の平面図(透過図)である。

【図17】図15に示す中継基板の本体部の平面図である。

【図18】図17に示す中継基板の本体部の変形例を示す平面図である。

【図19】図17に示す中継基板の本体部の変形例を示す平面図である。 10

【図20】第1参考例に係る振動デバイスが有する中継基板の本体部の斜視図である。

【図21】第2参考例に係る振動デバイスが有する中継基板の本体部の平面図である。

【図22】図21に示す中継基板の本体部の変形例を示す平面図である。

【図23】第6実施形態に係る振動デバイスが有する振動素子の平面図である。

【図24】第7実施形態に係る振動デバイスの断面図である。

【図25】図24に示す振動素子の平面図である。

【図26】図24に示す振動素子の平面図(透過図)である。

【図27】図24に示す振動素子の他の例を示す図である。

【図28】第8実施形態に係る振動デバイスが有する振動素子の平面図である。

【図29】第9実施形態に係る振動デバイスの平面図である。 20

【図30】図29に示す中継基板の他の例である。

【図31】第10実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【図32】振動デバイスを備えたモジュールを示す断面図である。

【図33】本適用例の電子機器を適用したモバイル型(またはノート型)のパーソナルコンピューターの構成を示す斜視図である。

【図34】本適用例の電子機器を適用した携帯電話機(PHSも含む)の構成を示す斜視図である。

【図35】本適用例の電子機器を適用したデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図である。

【図36】本適用例の移動体を適用した自動車を示す斜視図である。 30

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明の振動デバイス、角速度センサー、電子機器および移動体を添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。なお、各図は、説明する部分が認識可能な状態となるように、適宜拡大又は縮小して表示している箇所もある。

【0028】

1. 振動デバイス

まず、本適用例の振動デバイスについて説明する。

【0029】

<第1実施形態> 40

図1は、第1実施形態に係る振動デバイスを示す斜視図である。図2は、図1に示す振動デバイスの断面図である。図3は、図1に示す振動デバイスのICチップを示す平面図である。なお、図2中の上側を「上」、図2中の下側を「下」と言う。また、図1～図3では、説明の便宜上、互いに直交する3つの軸として、X軸、Y軸およびZ軸を図示しており、各軸を示す矢印の先端側を「+」、基端側を「-」とする。また、X軸に平行な方向を「X軸方向」、Y軸に平行な方向を「Y軸方向」、Z軸に平行な方向を「Z軸方向」という。また、+Z軸方向側を「上」、-Z軸方向側を「下」ともいう。また、本実施形態では、X軸、Y軸およびZ軸は、水晶の結晶軸である電気軸、機械軸および光軸にそれぞれ対応している。なお、図1では、リッド22の図示を省略している。

【0030】 50

図1および図2に示す振動デバイス1は、Z軸まわりの角速度を検出する角速度センサーである。この振動デバイス1は、パッケージ2と、パッケージ2内に収容された振動素子3と、パッケージ2内に配置されているICチップ4(電子部品)と、振動素子3をパッケージ2に対して支持する中継基板5と、を有する。

【0031】

パッケージ

パッケージ2は、振動素子3を収納する凹部を有する箱状のベース部材21と、ベース部材21の凹部211の開口を塞ぐようにベース部材21に接合部材23を介して接合された板状のリッド22と、を有する。パッケージ2内の空間は、減圧(真空)状態となつてもよいし、窒素、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが封入されていてもよい。

10

【0032】

ベース部材21の凹部211は、底部側に位置する下段面241と、開口側に位置する上段面243と、これらの面の間に位置する中段面242と、を有する。このベース部材21の構成材料としては、特に限定されず、例えば、酸化アルミニウム等の各種セラミックスや、各種ガラス材料を用いることができる。また、リッド22の構成材料としては、特に限定されないが、例えば、ベース部材21の構成材料と線膨張係数が近似する部材であるのが好ましい。例えば、ベース部材21の構成材料がセラミックスである場合には、リッド22の構成材料としてはコバルト等の合金であるのが好ましい。また、接合部材23は、シームリング、低融点ガラス、接着剤等を用いて構成されている。

【0033】

20

図3に示すように、上段面243には、中継基板5に電気的に接続される複数の端子261、262、263、264、265、266(電気接続端子)が設けられている。また、中段面242には、ICチップ4に電気的に接続される複数の端子25が設けられている。また、図2に示すように、ベース部材21の裏面には、複数の外部接続端子27が形成されている。複数の端子261、262、263、264、265、266、複数の端子25および複数の外部接続端子27は、ベース部材21に形成された図示しない内部配線やスルーホールにより、回路配線を形成するように接続されている。これら接続端子は、導電性を有していれば特に限定されないが、例えば、Cr(クロム)、W(タンゲステン)等のメタライズ層(下地層)に、Ni(ニッケル)、Au(金)、Ag(銀)、Cu(銅)等の各被膜を積層した金属被膜で構成されている。

30

【0034】

なお、本実施形態では、ベース部材21の平面視での外形および凹部211の平面視での形状は、それぞれ、矩形であるが、これらは、図示の形状に限定されず、任意である。また、リッド22は、それぞれ、平面視形状が四角形の平板状であるが、リッド22の形状は図示の形状に限定されず、任意である。

【0035】

ICチップ(電子部品)

図2に示すように、ICチップ4は、ベース部材21の下段面241に接着剤11によって固定されている。図3に示すように、ICチップ4は、複数の端子41を有し、この各端子41が導電性ワイヤーB1によって、前述した各端子25と電気的に接続されている。このICチップ4は、振動素子3を駆動振動させるための駆動回路と、角速度が加わったときに振動素子3に生じる検出振動を検出する検出回路と、を有する。

40

【0036】

振動素子

図4は、振動素子を示す平面図である。

図4に示す振動素子3(振動片)は、Z軸まわりの角速度を検出するセンサー素子である。この振動素子3は、振動体30と、振動体30の表面に形成された電極部37と、を有している。

【0037】

(振動体)

50

振動体30は、水晶基板の結晶軸であるY軸（機械軸）およびX軸（電気軸）で規定されるXY平面に広がりを有し、Z軸（光軸）方向に厚みを有する板状をなしている。すなわち、振動体30は、Zカット水晶板で構成されている。なお、Z軸は、振動体30の厚さ方向と必ずしも一致している必要はなく、常温近傍における周波数の温度による変化を小さくする観点から、厚さ方向に対して若干傾けてもよい。具体的には、Zカット水晶板とは、Z軸に直交した面をX軸およびY軸の少なくとも一方を中心に0度～10度の範囲で回転させた面が、主面となるようなカット角の水晶板を含む。なお、振動体30の材料としては、水晶に限定されず、例えば、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウムなどの水晶以外の圧電材料を用いることもできる。また、振動体30は、シリコン等の圧電性を有しないものであってもよく、この場合、振動体30上に圧電素子を適宜設ければよい。

10

【0038】

振動体30は、基部311と、基部311からY軸方向両側へ延出する一对の検出振動腕312、313と、基部311からX軸方向両側へ延出する一对の連結腕314、315と、連結腕314の先端部からY軸方向両側へ延出する一对の駆動振動腕316、317と、連結腕315の先端部からY軸方向両側へ延出する一对の駆動振動腕318、319と、を有する。また、振動体30は、基部31を支持する一对の支持部321、322と、支持部321と基部311とを連結する一对の梁部323、324と、支持部322と基部311とを連結する一对の梁部325、326と、を有する。

【0039】

また、図示では、検出振動腕312、313、駆動振動腕316、317、318、319の先端部の幅（X軸方向での長さ）が基部311よりも広くなっているが、これに限定されない。例えば、検出振動腕312、313、駆動振動腕316、317、318、319の先端部の幅は、一定であってもよい。また、検出振動腕312、313、駆動振動腕316、317、318、319には、それぞれ、その上面および下面に開放してY軸方向に延在している1対の有底の溝が形成されていてもよい。

20

【0040】

（電極部）

電極部37は、振動体30の表面に設けられている電極パターン（図示せず）および複数の端子381、382、383、384、385、386を有する。

【0041】

30

電極パターンは、図示しないが、駆動振動腕316、317、318、319に設けられ駆動信号電極および駆動接地電極と、検出振動腕312、313に設けられている検出信号電極および検出接地電極と、を有している。

【0042】

支持部321の下面には、駆動信号電極（図示せず）に電気的に接続されている端子381（駆動信号端子）と、検出信号電極（図示せず）に電気的に接続されている端子383（検出信号端子）と、検出信号電極（図示せず）に対する基準電位を有する端子385（検出接地端子）と、が設けられている。また、支持部322の下面には、駆動接地電極（図示せず）に電気的に接続されている端子382（駆動接地端子）と、検出信号電極（図示せず）に対する基準電位を有する端子384（検出信号端子）と、検出信号電極（図示せず）に対する基準電位を有する端子386（検出接地端子）と、が設けられている。

40

【0043】

このような電極部37の構成材料としては、導電性を有していれば特に限定されないが、例えば、Cr（クロム）、W（タンゲステン）などのメタライズ層（下地層）に、Ni（ニッケル）、Au（金）、Ag（銀）、Cu（銅）などの各被膜を積層した金属被膜で構成することができる。

【0044】

このような振動素子3では、振動素子3に角速度 ω が加わらない状態において端子381（駆動信号端子）に駆動信号を入力することで駆動信号電極と駆動接地電極との間に電界が生じると、各駆動振動腕316、317、318、319が、図4中の矢印Cに示す

50

方向に屈曲振動（駆動振動）を行う。このとき、駆動振動腕 316、317 と駆動振動腕 318、319 とが図 4 にて上下対称の振動を行っているため、基部 311 および検出振動腕 312、313 は、ほとんど振動しない。

【0045】

この駆動振動を行っている状態で、Z 軸に沿った中心軸 a（重心）周りの角速度 ω が振動素子 3 に加わると、検出振動（検出モードの振動）が励振される。具体的には、駆動振動腕 316、317、318、319 および連結腕 314、315 に図 4 中矢印 D で示す方向のコリオリの力が働き、新たな振動が励起される。これに伴い、この連結腕 314、315 の振動を打ち消すように、検出振動腕 312、313 に図 4 中矢印 E に示す方向の検出振動が励起される。そして、この検出振動により検出振動腕 312、313 に発生した電荷を、検出信号電極から検出信号として取り出し、この検出信号に基づいて角速度 ω が求められる。

【0046】

中継基板

図 5 は、中継基板の平面図である。図 6 は、図 5 に示す中継基板の平面図（透過図）である。図 7 は、図 5 に示す中継基板の本体部の平面図である。

【0047】

図 5 および図 6 に示すように、中継基板 5 は、平板状の本体部 50 と、本体部 50 の表面に形成された配線部 57 と、を有している。

【0048】

（本体部）

図 7 に示すように、本体部 50 は、中継基板 5 の中央部に位置し、平面視形状が矩形状をなす載置部 51（振動素子載置部）と、平面視形状がほぼ矩形状をなし、平面視で載置部 51 に対して互いに反対側に位置する固定部 52a、52b（基体固定部）と、固定部 52a、52b 同士を繋ぎ、かつ、固定部 52a、52b と載置部 51 とを連結する 2 つの長尺状の梁部 53a、53b と、を有する。

【0049】

固定部 52a は、載置部 51 に対して離間していて、載置部 51 に対して図 7 中左側に位置しており、固定部 52b は、載置部 51 に対して離間していて、載置部 51 に対して図 7 中右側に位置している。

【0050】

梁部 53a、53b は、載置部 51 に対して互いに反対側に位置している。梁部 53a は、載置部 51 の図 7 中上側に位置しており、梁部 53b は、載置部 51 の図 7 中下側に位置している。

【0051】

この梁部 53a、53b は、それぞれ、Y 軸方向（第 1 方向）に沿って延びる第 1 部分 531 と、この第 1 部分 531 の途中から第 1 部分 531 と直交する X 軸方向（第 2 方向）に向かって延びる第 2 部分 532 と、を有する。第 1 部分 531 の一端は、固定部 52a に接続されており、第 1 部分 531 の他端は、固定部 52b に接続されている。第 2 部分 532 の一端は、第 1 部分 531 の中央部に接続され、第 2 部分 532 の他端は、載置部 51 に接続されている。なお、第 2 部分 532 の幅（Y 軸方向に沿った長さ）と長さ（Z 軸方向に沿った長さ）との関係は図示に限定されない。

【0052】

また、本実施形態では、梁部 53a の第 2 部分 532 の中心線および梁部 53b の第 2 部分 532 の中心線を結ぶ線分 a1 は、載置部 51 の短手方向に沿った中心線と一致している。

【0053】

このような本体部 50 は、平面視で、固定部 52a、52b と梁部 53a の第 1 部分 531 と梁部 53b の第 1 部分 531 とで載置部 51 を囲む環状形状である第 1 枠体 530 を構成している。

10

20

30

40

50

【0054】

また、中継基板5の本体部50は、絶縁性材料（絶縁体材料）で構成されていることが好ましい。すなわち、中継基板5は、絶縁性材料を含む。これにより、ベース部材21との間および振動素子3との間の熱応力の発生を低減することができる。具体的には、本体部50の構成材料としては、特に限定されないが、例えば、水晶、シリコン、セラミックス等の絶縁性材料を用いることが好ましい。特に、本体部50の構成材料としては、振動体30との構成材料と同様の材料を用いることが好ましい。これにより、振動素子3と中継基板5との熱膨張差を低減することができ、これらの間の熱膨張差に伴う熱応力を低減することができる。本実施形態では、振動体30は、前述したように、水晶で構成されている。そのため、本体部50の構成材料としては、水晶を用いることが好ましい。

10

【0055】

（配線部）

図5または図6に示すように、配線部57は、載置部51の上面に設けられた複数の端子581、582、583、584、585、586と、固定部52aまたは固定部52bの下面に設けられた端子561、562、563、564、565、566と、複数の配線571、572、573、574、575と、を有する。

【0056】

図5に示す端子581、582、583、584、585、586は、それぞれ、前述した振動素子3に電気的に接続するために用いられ、振動素子3の端子381、382、383、384、385、386に対応した位置に設けられている（図4および図5参照）。端子581、583、585は、載置部51の-Y軸側に位置し、端子582、584、586は、載置部51の+Y軸側に位置している。

20

【0057】

図6に示す端子561、562、563、564、565、566は、それぞれ、前述したベース部材21が有する複数の端子261、262、263、264、265、266に電気的に接続するために用いられ、ベース部材21が有する端子261、262、263、264、265、266に対応した位置に設けられている（図3および図5参照）。端子561、562、564は、固定部52bの下面に設けられており、端子563、565、566は、固定部52aの下面に設けられている。

30

【0058】

配線571は、載置部51の上面および梁部53aの上面に設けられており、端子581と端子561とを電気的に接続している。配線572は、載置部51の上面、梁部53aの上面および固定部52bの上面に設けられており、端子582と端子562とを電気的に接続している。配線573は、載置部51の上面、梁部53bの上面および固定部52aの上面に設けられており、端子583と端子563とを電気的に接続している。配線574は、載置部51の上面、梁部53bの上面および固定部52bの上面に設けられており、端子584と端子564とを電気的に接続している。また、配線575は、載置部51の上面および下面、梁部53a、53bの上面および下面、固定部52aの上面に設けられており、端子585、586と端子565、566とを電気的に接続している。

40

【0059】

また、配線575は載置部51の下面の全域に設けられており、この配線575のうち載置部51の下面に設けられている部分は、寄生容量に伴う信号干渉を電気的にシールドするシールド配線として機能する。このシールド配線は、定電位、本実施形態ではグランドに電気的に接続されている。ここで、定電位とは、グランド電位、または一定の電位に固定された電位のことを意味する。

【0060】

このような配線部57の構成材料としては、導電性を有していれば特に限定されないが、例えば、Cr（クロム）、W（タンゲステン）などのメタライズ層（下地層）に、Ni（ニッケル）、Au（金）、Ag（銀）、Cu（銅）などの各被膜を積層した金属被膜で構成することができる。

50

【0061】

以上説明したような中継基板5では、前述した端子561、562、563、564、565、566が、対応するベース部材21の端子261、262、263、264、265、266に例えれば導電性接着剤を介して接着固定されている(図2、図3および図6参照)。これにより、中継基板5は、ベース部材21に対して固定されている(図2参照)。また、図2に示すように、載置部51は、ベース部材21に接触せず、凹部211の上方に位置している。また、中継基板5では、前述した端子581、582、583、584、585、586が、対応する振動素子3の端子381、382、383、384、385、386に導電性接着剤を介して接着固定されている(図2、図4および図5参照)。これにより、図2に示すように、載置部51上に振動素子3が載置されている。このように、中継基板5は、ベース部材21と振動素子3とを接続し、かつ、ベース部材21に設けられた端子261、262、263、264、265、266と振動素子3の端子381、382、383、384、385、386とを電気的に接続している。10

【0062】

また、前述したように、中継基板5の梁部53a、53bは、載置部51を固定部52a、52bに対して支持している。この梁部53a、53bは、載置部51上の振動素子3に対して角速度 ω が加わったときにそれに伴って載置部51が揺動しないよう、載置部51を固定部52a、52bに対して支持している。それゆえ、例えば、梁部53aの第2部分532および梁部53bの第2部分532の共振周波数は、それぞれ、振動体30の共振周波数に対して10KHz以上大きい周波数であることが好ましい。これにより、振動素子3に対して角速度 ω が加わったときに、それに伴って載置部51が揺動することを防止または低減することができる。20

【0063】

また、前述したように、配線部57は、定電位に電気的に接続されているシールド配線を有する。具体的には、前述したように、配線部57は、載置部51の下面の全域に設けられ、グランドに電気的に接続された配線575を有する。これにより、振動素子3の電極部37と、ベース部材21に形成された端子261、262、263、264、265、266を有する配線層(図示せず)またはICチップ4との間の静電容量を低減できる。そのため、振動デバイス1は、S/N比が向上し、角速度 ω をより高精度に検出できる。また、ICチップ4がデジタル出力である場合、周波数帯がMHzオーダーになるため、配線部57がシールド配線を有することは特に有効である。30

【0064】

また、前述したように、載置部51に設けられた端子581、582、583、584、585、586は、振動素子3の端子381、382、383、384、385、386に対応した位置に設けられている。このように、中継基板5の配線部57のパターンを振動素子3に合わせて設定、変更することで、多種多様な振動素子3を同一のパッケージ2へ接続(実装)できる。それゆえ、載置部51における設計変更等により振動素子3の保持位置やパターンが変更になった場合に、その変更に応じてパッケージ2を変更する必要がなく、よって、変更に伴う生産性の低下を防ぐことができる。40

【0065】

なお、配線571、572、573、574、575の経路、端子581、582、583、584、585、586の配置、端子561、562、563、564、565、566の配置は、図示の形態に限定されない。

以上、振動デバイス1の構成について説明した。

【0066】

以上説明したように、振動デバイス1は、複数の端子381、382、383、384、385、386を有する振動素子3と、複数の端子261、262、263、264、265、266(電気接続端子)を有するベース部材21(基体)と、複数の端子261、262、263、264、265、266と複数の(対応する)端子381、382、383、384、385、386とを電気的に接続している配線部57を有し、振動素子50

3をベース部材21に対して支持する中継基板5と、を有する。また、中継基板5は、ベース部材21に固定される固定部52a、52b（基体固定部）と、振動体30が載置される載置部51（振動素子載置部）と、固定部52a、52bと載置部51とを連結する少なくとも1つ、本実施形態では2つの梁部53a、53bと、を有する。そして、2つの梁部53a、53bは、それぞれ、Y軸方向（第1方向）に延びる第1部分531と、Y軸方向と交差（本実施形態では直交）するX軸方向（第2方向）に向かって延びる第2部分532とを有する。

【0067】

このような振動デバイス1によれば、互いに交差する第1部分531および第2部分532を有する梁部53a、53bを含む中継基板5を備えているため、外力（例えば衝撃等）によってベース部材21が変形することにより生じる応力の載置部51への伝達経路を長くできる。そのため、当該応力を梁部53a、53bで吸収または抑制できる。それゆえ、当該応力に伴う載置部51の変形を低減できるので、振動素子3の保持状態が大きく変動しない。それゆえ、外力による振動素子3の振動特性の変動を低減でき、高安定で外部環境にロバストな振動デバイス1を提供することができる。したがって、角速度センサーである振動デバイス1では、駆動周波数（駆動振動腕316、317、318、319の共振周波数）と検出周波数（検出振動腕312、313の共振周波数）との差が変動しないことから駆動周波数と検出周波数の差である離調周波数が変動し難い。そのため、振動デバイス1によれば、0点電圧の変動を低減でき、低ノイズである角速度センサーを実現できる。

【0068】

また、前述したように、中継基板5は、導電性接着剤（またはバンプ）を用いてベース部材21に対して接続されている。例えば、この接続にあたり温度を加えた場合、中継基板5とベース部材21との間の線膨張係数の差に伴う熱応力が発生するが、中継基板5の梁部53a、53bによれば、当該熱応力による載置部51の変形も吸収または抑制することができる。例えば、中継基板5によれば、載置部51は数nmオーダーの変形も発生しない。そのため、衝撃等の外力だけでなく温度が加わっても載置部51の変形を低減できるので、振動素子3の保持状態が大きく変動しない。それゆえ、振動デバイス1によれば、温度特性に優れた角速度センサーを実現できる。

【0069】

また、前述したように、中継基板5は、2つ梁部53a、53bを有し、中継基板5は、平面視で、固定部52a、52bと梁部53aの第1部分531と梁部53bの第1部分531とで載置部51（振動素子載置部）を囲む第1枠体530を構成している。これにより、外力によるベース部材21の変形により生じる応力の伝達経路を長くできるので、外力等によってベース部材21が変形してもその変形（歪み）を第1枠体530でより効果的に吸収または抑制できる。そのため、載置部51の変形をより効果的に低減できるので、載置部51に載置された振動素子3の振動特性の変動をより低減することができる。

【0070】

さらに、前述したように、中継基板5は、第1枠体530と載置部51との間に開口部を有し、第1枠体530と載置部51とは、梁部53aの第2部分532と梁部53bの第2部分532とで連結されている。そして、前述したように、本実施形態では、梁部53bの第2部分532の中心線を結ぶ線分a1は、載置部51の短手方向に沿った中心線と一致している。これにより、載置部51の長手方向の変形を特に抑制できる。また、振動素子3を載置する載置部51の面積を大きくすることができる。

【0071】

なお、本実施形態では、線分a1は、載置部51の短手方向に沿った中心線と一致しているが、例えば載置部51の長手方向に沿った中心線と一致していてもよい。この場合、載置部51の短手方向の変形を特に抑制できる。

【0072】

10

20

30

40

50

(中継基板による応力緩和効果)

図8は、中継基板の形状ごとの載置部における応力を示すグラフである。

【0073】

図8中の横軸に示す「矩形」は、平面視が矩形状をなし、孔や溝等が形成されていない厚さが一様に均一である平板状の中継基板（以下、「中継基板X」という）のことを示しており、「5」は、本実施形態における中継基板5のことを示している。また、「5C」は、後述する第4本実施形態における中継基板5Cのことを示し、「5D」は、後述する第5本実施形態における中継基板5Dのことを示し、「5E」は、後述する第1参考例における中継基板5Eのことを示し、「5F」は、後述する第2参考例における中継基板5Fのことを示している。

10

【0074】

また、図8は、中心軸a（検出軸）周りの角速度 ω が加わったときに、振動素子3の載置領域において発生する応力を示している。また、図8に示す応力は、中継基板X（矩形）を1として規格化した値である。

【0075】

図8に示すように、中継基板5は、中継基板Xに比べて、振動素子3の載置領域（載置部51）において発生する応力が小さく、具体的には応力が9割以上小さい。

【0076】

このように、中継基板5を備える振動デバイス1によれば、外力等によってベース部材21が変形してもその変形（歪み）を梁部53a、53bで吸収または抑制できるので、載置部51は変形せずまたは変形が低減される。そのため、載置部51上に載せた振動素子3の特性が変わることを防ぐことができる。

20

【0077】

以上、本発明の振動デバイス1を角速度センサーとして用いた場合を例に説明した。すなわち、角速度センサーは、振動デバイス1を備えている。このような角速度センサーによれば、振動特性の変動が低減された振動デバイス1を備えているため、優れた信頼性を発揮することができる。

【0078】

<第2実施形態>

次に、第2実施形態について説明する。

30

【0079】

図9は、第2実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

本実施形態は、主に、ICチップ上に中継基板が設けられていること以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第2実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【0080】

図9に示す振動デバイス1Aでは、ICチップ4（電子部品）上に中継基板5が例えば導電性接着剤を介して載置されている。

【0081】

ICチップ4は、中継基板5の複数の端子561、562、563、564、565、566に電気的に接続される複数の端子42が設けられている。複数の端子42は、中継基板5の複数の端子561、562、563、564、565、566に対応した位置に設けられている。

40

【0082】

このように、振動デバイス1Aでは、中継基板5が接続される「基体」は、振動素子3を駆動する回路を含むICチップ4（電子部品）である。このような構成であっても、外力等によってベース部材21やICチップ4が変形しても、その変形（歪み）を梁部53a、53bで吸収または抑制できるので、載置部51は変形せずまたは変形が低減される。そのため、載置部51に載置された振動素子3の振動特性の変動を低減することができる。また、ICチップ4と中継基板5とを例えればワイヤーボンディング等を介さず電気的

50

に接続することが可能となる。また、ICチップ4の直上に中継基板5および振動素子3が設けられている。そのため、振動デバイス1Aの低背化を図ることができる。

【0083】

また、第1実施形態で述べたように、中継基板5の配線部57のうち本体部50の裏面に設けられた配線575は、シールド配線として機能している(図6参照)。そのため、本実施形態のように、ICチップ4上に中継基板5を介して振動素子3を配置した場合、シールド配線(配線575)によって、ICチップ4との間の静電容量を低減することができる。そのため、振動素子3に対するICチップ4からの寄生容量を介した信号干渉を特に効果的に防ぐことができる。

以上説明したような第2実施形態によても、振動特性の変動を低減できる。

10

【0084】

<第3実施形態>

次に、第3実施形態について説明する。

【0085】

図10は、第3実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。図11は、応力緩和層を示す断面図である。

【0086】

本実施形態は、主に、応力緩和層上に中継基板が設けられていること以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第3実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

20

【0087】

図10に示す振動デバイス1Bでは、ICチップ4(電子部品)上に設けられた応力緩和層8を備えている。そして、この応力緩和層8上に中継基板5が例えば導電性接着剤を介して載置されている。

【0088】

図11に示すように、応力緩和層8は、ICチップ4と中継基板5の間に位置し、ICチップ4の上面に設けられている。この応力緩和層8を設けることで、パッケージ2が受けた衝撃が緩和され、当該衝撃が中継基板5に伝達され難くなる。また、ICチップ4と中継基板5との間の熱膨張差に起因して発生する応力が緩和され、中継基板5が撓み難くなり、振動素子3の振動特性の変動をより低減することができる。その結果、精度よく角速度を検出することができる。

30

【0089】

ここで、ICチップ4は、図11に示すように、その最下層にパッシベーション膜43を備えている。このパッシベーション膜43は、図示はしないが、ICチップ4の能動面上に形成された配線層上に設けられており、当該配線層を保護している。このようなICチップ4の上面(具体的にはパッシベーション膜43上)に、応力緩和層8が設けられている。

【0090】

応力緩和層8は、積層された第1絶縁層81と、第1絶縁層81上に配置された第1配線層82と、第1絶縁層81および第1配線層82上に配置された第2絶縁層83と、第2絶縁層83上に配置された第2配線層84と、を有している。第1、第2絶縁層81、83は、それぞれ、弾性を有している。そのため、上述したような衝撃の緩和を図ることができる。このような第1、第2絶縁層81、83の構成材料としては特に限定されないが、例えば、ポリイミド、シリコーン変性ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン変性エポキシ樹脂、アクリル樹脂、フェノール樹脂、シリコーン樹脂、変性ポリイミド樹脂、ベンゾシクロブテン、ポリベンゾオキサゾール等の樹脂材料を用いることができる。これにより、十分な弾性を有する第1、第2絶縁層81、83を形成することができ、上記の効果をより確実に発揮することができる。

40

【0091】

また、第2配線層84は、中継基板5の端子561、562、563、564、565

50

、 5 6 6 に対応して配置された複数の端子 8 4 1 を有している。そして、各端子 8 4 1 に、例えば導電性接着剤を介して中継基板 5 の対応する端子 5 6 1、5 6 2、5 6 3、5 6 4、5 6 5、5 6 6 が接着固定されている。また、第 1 配線層 8 2 は、第 2 配線層 8 4 の複数の端子 8 4 1 と I C チップ 4 の複数の端子 4 2 とを電気的に接続している。これにより、応力緩和層 8 を介して中継基板 5 と I C チップ 4 とは電気的に接続されている。このように、応力緩和層 8 が備える第 1、第 2 配線層 8 2、8 4 は、中継基板 5 と I C チップ 4 とを電気的に接続するための配線（再配置配線）として機能する。これにより、例えば、中継基板 5 の各端子 5 6 1、5 6 2、5 6 3、5 6 4、5 6 5、5 6 6 の位置を考慮することなく I C チップ 4 の端子 4 2 を自由に配置することができる。したがって、振動デバイス 1 B の設計の自由度が向上する。

10

【0092】

また、第 2 配線層 8 4 は、端子 8 4 1 の他に、シールド配線 8 4 2 を有している。シールド配線 8 4 2 は、端子 8 4 1 の配置を阻害しない限りに第 2 絶縁層 8 3 上に広がって配置されている。また、シールド配線 8 4 2 は、例えばグランドに電気的に接続されている。このようなシールド配線 8 4 2 は、振動素子 3 の電極部 3 7 と I C チップ 4 との静電容量を低減するシールド層として機能する。そのため、シールド配線 8 4 2 を配置することで、S / N 比が向上し、角速度 をより高精度に検出することのできる振動デバイス 1 B となる。また、ノイズに温度特性がある場合でも、このノイズ事態を低減することができるので、温度特性に優れた振動デバイス 1 B となる。

20

【0093】

以上説明したように、本実施形態では、中継基板 5 が接続される「基体」は、I C チップ 4 および応力緩和層 8 である。すなわち、「基体」は、振動素子 3 を駆動する回路を含む I C チップ 4（電子部品）と、I C チップ 4 と中継基板 5 との間に設けられ、I C チップ 4 と中継基板 5 の配線部 5 7 とを電気的に接続する配線層（本実施形態では、第 1 配線層 8 2 および第 2 配線層 8 4 ）を有する応力緩和層 8（応力緩和部）と、を備えている。これにより、応力緩和層 8 によって I C チップ 4 が受けた外力を吸収することができ、当該外力が振動素子 3 に伝達されることをより低減することができる。

以上説明したような第 3 実施形態によっても、振動特性の変動を低減できる。

【0094】

＜第 4 実施形態＞

30

次に、第 4 実施形態について説明する。

【0095】

図 1 2 は、第 4 実施形態に係る振動デバイスが有する中継基板の平面図である。図 1 3 は、図 1 2 に示す中継基板の平面図（透過図）である。図 1 4 は、図 1 3 に示す中継基板の本体部の平面図である。

【0096】

本実施形態は、中継基板の構成が異なる以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第 4 実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【0097】

40

中継基板

図 1 2 および図 1 3 に示すように、中継基板 5 C は、本体部 5 0 C と配線部 5 7 C とを有している。

【0098】

（本体部）

図 1 4 に示すようにすなわち、本体部 5 0 C は、平面視で、環状形状の第 1 枠体 5 3 0 と、第 1 枠体 5 3 0 の内側に位置しており、載置部 5 1 を囲む環状形状の第 2 枠体 5 4 とを有する。

【0099】

第 2 枠体 5 4（梁部）は、平面視で、第 1 枠体 5 3 0 と載置部 5 1 との間に位置し、第

50

1 枠体 530 と載置部 51 とに対して離間している。

【0100】

第2枠体54は、矩形の枠状をなす枠体部541と、枠体部541と載置部51とを連結する部分542（第5部分）と、を有する。枠体部541は、Y軸方向に沿って延びる2つの部分5411（第3部分）と、部分5411の両端に接続され、X軸方向に沿って延びる2つの部分5412（第4部分）と、を有する。部分5411は、梁部53a、53bの第2部分532に接続され、部分5412は、部分542（第5部分）に接続されている。

【0101】

また、2つの部分542（第5部分）は、載置部51に対して互いに反対側に位置しており、2つの部分542の各中心線を結ぶ線分a2は、載置部51の長手方向に沿った中心線と一致している。また、線分a1と線分a2とは、交差しており、本実施形態では直交している。

【0102】

（配線部）

図12または図13に示すように、配線571Cは、載置部51の上面および梁部53aの上面に設けられている。配線572Cは、載置部51の上面、梁部53aの上面および固定部52bの上面に設けられている。配線573Cは、載置部51の上面、梁部53bの上面および固定部52aの上面に設けられている。配線574Cは、載置部51の上面、梁部53bの上面および固定部52bの上面に設けられている。また、配線575Cは、載置部51の上面、梁部53a、53bの上面および下面、固定部52aの上面に設けられている。また、配線575Cは、載置部51の下面の全域に設けられている。

【0103】

また、中継基板5Cの第2枠体54は、振動素子3に角速度が加わったときに、それに伴って載置部51が揺動しないよう、載置部51を梁部53a、53bとともに固定部52a、52bに対して支持している。例えば、第2枠体54の共振周波数は、振動体30の共振周波数に対して10KHz以上大きい周波数であることが好ましい。これにより、振動素子3に対して角速度が加わったときに、それに伴って載置部51が揺動することを防止または低減することができる。

【0104】

以上説明したように、本実施形態における中継基板5Cは、平面視で、第1枠体530と載置部51（振動素子載置部）との間に位置する第2枠体54と、を有する。これにより、外力によるパッケージ2の変形により生じる応力の伝達経路を長くできる。そのため、当該変形による応力を第1枠体530および第2枠体54で吸収または抑制することができる。その結果、載置部51の変形をより効果的に低減できるので、載置部51に載置された振動素子3の振動特性の変動をより効果的に低減することができる。

【0105】

また、前述したように、中継基板5Cは、第1枠体530と第2枠体54との間に開口部を有し、第1枠体530と第2枠体54とは、梁部53aの第2部分532と梁部53bの第2部分532とで連結されている。さらに、第2枠体54と載置部51との間に開口部を有し、第2枠体54と載置部51とは、第2枠体54の2つの部分542（第5部分）で連結されている。そして、前述したように、本実施形態では、線分a1は、載置部51の短手方向に沿った中心線と一致しており、線分a2は、載置部51の長手方向に沿った中心線と一致しており、線分a1と線分a2とは交差（本実施形態では直交）している。これにより、中継基板5の長手方向の変形および短手方向の変形が載置部51に伝達され難くなる。よって、より高精度で高安定な角速度センサーを実現することができる。

【0106】

なお、図示では、線分a1が、載置部51の短手方向に沿った中心線と一致しており、線分a2が、載置部51の長手方向に沿った中心線と一致しているが、その逆であってよい。すなわち、線分a1が、載置部51の長手方向に沿った中心線と一致しており、線

10

20

30

40

50

分 a 2 が、載置部 5 1 の短手方向に沿った中心線と一致してもよい。また、例えば、平面視で、第 2 枠体 5 4 と載置部 5 1 との間にさらに枠体を設けてもよい。すなわち、中継基板 5 C は、載置部 5 1 を平面視で囲む 3 つ以上の枠体を有してもよい。これにより、外力によるパッケージ 2 の変形による応力の伝達経路をさらに長くすることができる。

【 0 1 0 7 】

また、図 8 に示すように、中継基板 5 C によれば、中継基板 X に比べて、振動素子 3 の載置領域（載置部 5 1）において発生する応力を小さく、具体的には 9 割以上小さくできる。さらに、中継基板 5 C によれば、第 1 実施形態における中継基板 5 よりも、載置部 5 1 において発生する応力を小さくすることができる。

10

以上説明したような第 4 実施形態によっても、振動特性の変動を低減できる。

【 0 1 0 8 】

< 第 5 実施形態 >

次に、第 5 実施形態について説明する。

【 0 1 0 9 】

図 1 5 は、第 5 実施形態に係る振動デバイスが有する中継基板の平面図である。図 1 6 は、図 1 5 に示す中継基板の平面図（透過図）である。図 1 7 は、図 1 5 に示す中継基板の本体部の平面図である。

【 0 1 1 0 】

本実施形態は、中継基板の構成が異なる以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第 5 実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

20

【 0 1 1 1 】

中継基板

図 1 5 および図 1 6 に示すように、中継基板 5 D は、本体部 5 0 D と配線部 5 7 D を有している。

【 0 1 1 2 】

（本体部）

図 1 7 に示すように、本体部 5 0 D は、平面視で、複数の蛇行形状をなす梁部 5 5 a、5 5 b、5 5 c、5 5 d を有する。

30

【 0 1 1 3 】

梁部 5 5 a、5 5 b は、それぞれ、固定部 5 2 a と載置部 5 1 とを連結している。また、梁部 5 5 c、5 5 d は、それぞれ、固定部 5 2 b と載置部 5 1 とを連結している。

【 0 1 1 4 】

梁部 5 5 a、5 5 b、5 5 c、5 5 d は、それぞれ、Y 軸方向に沿って延びる 3 つの第 1 部分 5 5 1 と、X 軸方向に沿って延び、第 1 部分 5 5 1 よりも長さが長い 2 つの第 2 部分 5 5 2 とを有している。

【 0 1 1 5 】

梁部 5 5 a、5 5 b は、それぞれ、第 1 部分 5 5 1 と第 2 部分 5 5 2 とが交互に連結しており、X 軸方向において互いに接近している箇所と離間している箇所がある。また、梁部 5 5 a と梁部 5 5 b とは、その一端が固定部 5 2 a の + Y 軸方向側の両端部に接続され、その他端が載置部 5 1 の - Y 軸方向側の両端部に接続されている。

40

【 0 1 1 6 】

同様に、梁部 5 5 c、5 5 d は、それぞれ、第 1 部分 5 5 1 と第 2 部分 5 5 2 とが交互に連結しており、X 軸方向において互いに接近している箇所と離間している箇所がある。また、梁部 5 5 c と梁部 5 5 d とは、その一端が固定部 5 2 b の - Y 軸方向側の両端部に接続され、その他端が載置部 5 1 の + Y 軸方向側の両端部に接続されている。

【 0 1 1 7 】

（配線部）

図 1 5 または図 1 6 に示すように、配線 5 7 1 D は、載置部 5 1 の上面および梁部 5 5

50

c の上面および固定部 5 2 b の上面に設けられている。配線 5 7 2 D は、載置部 5 1 の上面、梁部 5 5 d の上面および固定部 5 2 b の上面に設けられている。配線 5 7 3 D は、載置部 5 1 の上面、梁部 5 5 a および固定部 5 2 a の上面に設けられている。配線 5 7 4 D は、載置部 5 1 の上面、梁部 5 5 a、5 5 b の上面および固定部 5 2 a の上面に設けられている。配線 5 7 5 D は、載置部 5 1 の上面、梁部 5 5 a、5 5 b の上面および下面、固定部 5 2 a の上面に設けられている。また、配線 5 7 5 D は、載置部 5 1 の下面の全域に設けられている。

【 0 1 1 8 】

なお、本実施形態では、端子 5 8 1、5 8 3、5 8 5 は、載置部 5 1 の - X 軸側に位置し、端子 5 8 2、5 8 4、5 8 6 は、載置部 5 1 の + X 軸側に位置している。

10

【 0 1 1 9 】

また、梁部 5 5 a、5 5 b、5 5 c、5 5 d の共振周波数は、それぞれ、振動体 3 0 の共振周波数に対して 1 0 K H z 以上大きい周波数であることが好ましい。これにより、振動素子 3 に対して角速度 ω が加わったときに、それに伴って載置部 5 1 が揺動することを防止または低減することができる。

【 0 1 2 0 】

以上説明したように、中継基板 5 D は、複数（本実施形態では 3 つ）の第 1 部分 5 5 1 と複数（本実施形態では 2 つ）の第 2 部分 5 5 2 とを有し、第 1 部分 5 5 1 と第 2 部分 5 5 2 とは、交互に連結している。これにより、外力によるパッケージ 2 の変形により生じる応力の伝達経路を長くできる。そのため、載置部 5 1 の変形をより効果的に低減できるので、載置部 5 1 に載置された振動素子 3 の振動特性の変動を低減することができる。また、中継基板 5 D は、複数の梁部 5 5 a、5 5 b、5 5 c、5 5 d が、それぞれ、載置部 5 1 の角部に接続されていることで、載置部 5 1 のねじれを特に低減することができる。

20

【 0 1 2 1 】

また、中継基板 5 D は、複数の梁部 5 5 a、5 5 b、5 5 c、5 5 d を有しているため、駆動系の配線 5 7 1 D、5 7 2 D と、検出系の配線 5 7 3 D、5 7 4 D、5 7 5 D とを引き回す経路を分離することが可能である。そのため、駆動系の配線 5 7 1 D、5 7 2 D から検出系の配線 5 7 3 D、5 7 4 D、5 7 5 D への信号の混入が低減され、より正確な検出信号を I C チップ 4 に伝達することができる。また、配線 5 7 1 D、5 7 2 D、5 7 3 D、5 7 4 D、5 7 5 D の設計の自由度も高い。これは、振動素子 3 のように、端子の数が比較的多い角速度センサー素子を載置部 5 1 に載置する場合に特に有効である。

30

【 0 1 2 2 】

なお、前述した配線 5 7 1 D、5 7 2 D、5 7 3 D、5 7 4 D、5 7 5 D は、梁部 5 5 a、5 5 b、5 5 c、5 5 d のうちの所望の 1 つの梁部からまとめて引き出されていてよい。

30

【 0 1 2 3 】

また、図 8 に示すように、中継基板 5 D によれば、中継基板 X に比べて、振動素子 3 の載置領域（載置部 5 1）において発生する応力を小さく、具体的には 9 割以上小さくすることができる。

【 0 1 2 4 】

40

（変形例 1 ）

図 1 8 は、図 1 7 に示す中継基板の本体部の変形例を示す平面図である。

【 0 1 2 5 】

図 1 8 に示すように、本体部 5 0 D a が有する梁部 5 5 a と梁部 5 5 b とは、その一端が固定部 5 2 a の + Y 軸方向側の中央部に接続され、その他端が載置部 5 1 の - Y 軸方向側の中央部に接続されている。同様に、梁部 5 5 c と梁部 5 5 d とは、その一端が固定部 5 2 b の - Y 軸方向側の中央部に接続され、その他端が載置部 5 1 の + Y 軸方向側の中央部に接続されている。このような構成の本体部 5 0 D a によっても、外力によるパッケージ 2 の変形により生じる応力の載置部 5 1 への伝達経路を長くすることができ、よって、振動素子 3 の振動特性の変動を低減することができる。

50

【0126】

(変形例2)

図19は、図17に示す中継基板の本体部の変形例を示す平面図である。

【0127】

図19に示すように、本体部50Dbは、2つの梁部56a、56bとを有する。梁部56aは、固定部52aと載置部51とを連結しており、梁部56bは、固定部52bと載置部51とを連結している。また、梁部56aは、前述した本体部50Daの梁部55aと梁部55bとが一体となった形状をなす。具体的には、梁部56a、56bは、それぞれ、Y軸方向に沿って延びる4つの第1部分5610と、X軸方向に沿って延び、第1部分5610よりも長さが長い2つの第2部分5620とを有している。このような構成の本体部50Dbによっても、外力によるパッケージ2の変形により生じる応力の載置部51への伝達経路を長くすることができ、よって、振動素子3の振動特性の変動を低減することができる。10

以上説明したような第5実施形態によっても、振動特性の変動を低減できる。

【0128】

<第1参考例>

次に、第1参考例について説明する。

図20は、第1参考例に係る振動デバイスが有する中継基板の本体部の斜視図である。

【0129】

本参考例は、中継基板の構成が異なる以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第1参考例に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。20

【0130】

図20に示す中継基板5Eの本体部50Eは、固定部52aと載置部51とを連結する梁部570aと、固定部52bと載置部51とを連結する梁部570bとを有する。別の言い方をすれば、本実施形態では、本体部50Eは、開口部（貫通孔）を有しておらず、平面図が矩形状である平板状をなし、+Y軸側と-Y軸側とにX軸方向に沿って形成された他の部分よりも厚さが薄い2つの薄肉部（梁部570a、570b）を有している。

【0131】

このように、中継基板5Eが薄肉部である梁部570a、570bを有することで、固定部52a、52bと載置部51との間に剛性が低い部位を存在させることができ、よって、外力の影響を載置部51に伝達させ難くすることができる。そのため、中継基板5Eによれば、図8に示すように、厚さが一様に均一である中継基板Xに比べて、振動素子3の載置領域（載置部51）において発生する応力を小さくすることができる。30

【0132】

なお、梁部570a、570bは、例えばフォトエッチングにおいて、梁部570a、570bのパターニングをした後、エッチング時間を短くして本体部50Eを貫通する前にエッティング液から取り出すことによって形成することができる。

【0133】

このような梁部570a、570bを前述した実施形態の中継基板5、5C、5D等に對して設けることも有効である。40

【0134】

<第2参考例>

次に、第2参考例について説明する。

図21は、第2参考例に係る振動デバイスが有する中継基板の本体部の平面図である。

【0135】

本参考例は、中継基板の構成が異なる以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第2参考例に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【0136】

図21に示す中継基板5Fの本体部50Fは、固定部52aと載置部51との間に部分的に設けられた3つの梁部571aと、固定部52bと載置部51との間に部分的に設けられた3つの梁部571bと、を有する。これら梁部571a、571bは、前述した第1参考例における梁部570a、570bと同様に、薄肉部である。すなわち、図21に示す本体部50Fは、その-Y軸側に3つの薄肉部である梁部571aがX軸方向に沿って並んでおり、その+Y軸側に3つの薄肉部である梁部571bがX軸方向に沿って並んでいる。

【0137】

別の言い方をすれば、本体部50Fは、固定部52aと載置部51との間に、固定部52aおよび載置部51の厚さと同じ厚さの2つの部分581aを有する。同様に、本体部50Fは、固定部52bと載置部51との間に、固定部52bおよび載置部51の厚さと同じ厚さの2つの部分581bを有する。

【0138】

このような中継基板5Fによっても、図8に示すように、厚さが一様に均一である中継基板Xに比べて、振動素子3の載置領域（載置部51）において発生する応力を小さくすることができる。

【0139】

なお、本体部50Fは、梁部571aが、薄肉部ではなく、当該箇所が貫通していてよい。すなわち、固定部52aと載置部51とは、部分581aで連結されていてよい。同様に、梁部571bが、薄肉部ではなく、当該箇所が貫通していてよい。すなわち、固定部52bと載置部51とは、部分581bで連結されていてよい。その場合には、部分581a、581bが梁部として機能する。

【0140】

（変形例）

図22は、図21に示す中継基板の本体部の変形例を示す平面図である。

【0141】

図22に示す本体部50Faは、その-Y軸側に2つの薄肉部である梁部572aがX軸方向に沿って並んでおり、その+Y軸側に2つの薄肉部である梁部572bがX軸方向に沿って並んでいる。

【0142】

別の言い方をすれば、本体部50Faは、固定部52aと載置部51との間に、固定部52aおよび載置部51の厚さと同じ厚さの1つの部分582aを有する。同様に、本体部50Faは、固定部52bと載置部51との間に、固定部52bおよび載置部51の厚さと同じ厚さの1つの部分582bを有する。

【0143】

このような本体部50Faを備える中継基板5Faによっても、厚さが一様に均一である中継基板Xに比べて、振動素子3の載置領域（載置部51）において発生する応力を小さくすることができる。

以上のように、部分的に薄肉部を設けてよい。

【0144】

＜第6実施形態＞

次に、第6実施形態について説明する。

図23は、第6実施形態に係る振動デバイスが有する振動素子の平面図である。

【0145】

本実施形態は、中継基板の構成が異なる以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第6実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【0146】

振動素子

図23に示す振動素子6（振動片）は、Y軸まわりの角速度を検出するセンサー素子

10

20

30

40

50

である。この振動素子 6 は、振動体 6 0 と、振動体 6 0 の表面に形成された電極部 6 7 と、を有している。

【 0 1 4 7 】

(振動体)

図 2 3 に示す振動素子 6 が有する振動体 6 0 は、第 1 実施形態における振動体 3 0 と同様に水晶基板の結晶軸である Y 軸 (機械軸) および X 軸 (電気軸) で規定される X Y 平面上に広がりを有し、Z 軸 (光軸) 方向に厚みを有する板状をなしている。

【 0 1 4 8 】

振動体 6 0 は、基部 6 1 と、1 対の駆動振動腕 6 2 1 、 6 2 2 と、1 対の検出振動腕 6 3 1 、 6 3 2 と、1 対の調整振動腕 6 4 1 、 6 4 2 と、支持部 6 5 と、4 つの連結部 6 6 1 、 6 6 2 、 6 6 3 、 6 6 4 とを有し、これらが一体的に形成されている。

【 0 1 4 9 】

駆動振動腕 6 2 1 、 6 2 2 は、X 軸方向に沿って並んで配置され、それぞれ、基部 6 1 から - Y 軸方向に延出している。検出振動腕 6 3 1 、 6 3 2 は、X 軸方向に沿って並んで配置され、それぞれ、基部 6 1 から + Y 軸方向に延出している。調整振動腕 6 4 1 、 6 4 2 は、前述した 1 対の検出振動腕 6 3 1 、 6 3 2 を挟むようにして X 軸方向に沿って並んで配置され、それぞれ、基部 6 1 から + Y 軸方向に延出している。支持部 6 5 は、基部 6 1 に対して - Y 軸方向側に配置されていて X 軸方向に沿って延びている長尺状をなす部分 6 5 1 、部分 6 5 1 の両端部から + Y 軸方向に沿って延びている 2 つの部分 6 5 2 、 6 5 3 と、を有している。連結部 6 6 1 、 6 6 2 、 6 6 3 、 6 6 4 は、それぞれ、基部 6 1 と支持部 6 5 とを連結しており、途中に屈曲または湾曲した複数の部分を有する。

【 0 1 5 0 】

なお、図示では、駆動振動腕 6 2 1 、 6 2 2 、検出振動腕 6 3 1 、 6 3 2 および調整振動腕 6 4 1 、 6 4 2 の先端部の幅 (X 軸方向での長さ) が広くなっているが、これに限定されない。例えば、駆動振動腕 6 2 1 、 6 2 2 、検出振動腕 6 3 1 、 6 3 2 および調整振動腕 6 4 1 、 6 4 2 の各幅は、一定であってもよい。また、駆動振動腕 6 2 1 、 6 2 2 、検出振動腕 6 3 1 、 6 3 2 および調整振動腕 6 4 1 、 6 4 2 には、その上面および下面に開放して Y 軸方向に延在している 1 対の有底の溝が形成されていてもよい。

【 0 1 5 1 】

(電極部)

電極部 6 7 は、振動体 6 0 の表面に設けられている電極パターン (図示せず) と、複数の端子 6 8 1 、 6 8 2 、 6 8 3 、 6 8 4 、 6 8 5 、 6 8 6 と、を有する。

【 0 1 5 2 】

電極パターンは、図示しないが、駆動振動腕 6 2 1 、 6 2 2 に設けられている駆動信号電極および駆動接地電極と、検出振動腕 6 3 1 、 6 3 2 に設けられている検出信号電極および検出接地電極と、調整振動腕 6 4 1 、 6 4 2 に設けられている検出信号電極の出力を調整するための調整用電極と、を有している。

【 0 1 5 3 】

端子 6 8 1 (駆動接地端子) は、支持部 6 5 の部分 6 5 1 の下面に設けられている。端子 6 8 2 (駆動接地端子) は、支持部 6 5 の部分 6 5 1 の下面に設けられている。端子 6 8 3 (検出信号端子) は、支持部 6 5 の部分 6 5 2 の下面に設けられており、端子 6 8 4 (検出信号端子) は、支持部 6 5 の部分 6 5 3 の下面に設けられており、端子 6 8 5 (検出接地端子) は、支持部 6 5 の部分 6 5 2 の下面に設けられており、端子 6 8 6 (検出接地端子) は、支持部 6 5 の部分 6 5 3 の下面に設けられている。

【 0 1 5 4 】

以上のような電極部 6 7 の構成材料としては、導電性を有していれば特に限定されず、具体的には、例えば第 1 実施形態における振動素子 3 の電極部 3 7 で述べた材料を用いることができる。

【 0 1 5 5 】

このような振動素子 6 では、振動素子 6 に角速度 ω が加わらない状態において、駆動信

10

20

30

40

50

号電極に駆動信号を入力することで駆動信号電極と駆動接地電極との間に電界が生じると、駆動振動腕 621、622 は、図 23 中矢印 F で示すように X 軸方向に互いに反対方向となるように屈曲振動（駆動振動）を行う。

【0156】

この駆動振動を行っている状態で、Y 軸方向に沿った中心軸 a3 まわりの角速度 ω が振動素子 6 に加わると、駆動振動腕 621、622 にコリオリの力が働き、駆動振動腕 621、622 が Z 軸方向に互いに反対方向となるように屈曲振動する。これに伴い、検出振動腕 631、632 は、図 23 中矢印 G で示すように Z 軸方向に互いに反対方向となるように屈曲振動（検出振動）する。この検出振動により、検出振動腕 631、632 に発生した電荷を、検出信号電極から検出信号として取り出し、この検出信号に基づいて角速度 ω が求められる。

10

【0157】

ここで、調整振動腕 641、642 は、検出振動の有無に関係なく、駆動振動腕 621、622 の駆動振動に伴って、X 軸方向に互いに反対方向となるように屈曲振動する。そして、この調整振動腕 641、642 の屈曲振動に応じて検出信号電極および検出接地電極と調整電極との間に生じた電荷は、検出信号に重畠される。これにより、例えば角速度 ω が加わっていないときの検出信号がゼロとなるように、検出信号を調整することができる。

【0158】

このような振動素子 6 を用いた場合であっても、振動素子 6 が本適用例の中継基板（例えば中継基板 5）を備えていることで振動素子 3 に対してパッケージ 2 の変形が伝達され難いため、振動特性の変動を低減できる。また、振動素子 6 を用いる場合、図示はしないが、例えば中継基板 5 の端子の配置を、振動素子 6 の端子 681、682、683、684、685、686 に対応した位置に設ければよい。このように、例えば中継基板 5 の配線部のパターンを振動素子 6 に合わせて設定、変更するだけで、振動素子 6 をパッケージ 2 へ接続（実装）できる。よって、パターンの変更に伴う生産性の低下を防ぐことができる。

20

以上説明したような第 6 実施形態によても、振動特性の変動を低減できる。

【0159】

＜第 7 実施形態＞

30

次に、第 7 実施形態について説明する。

【0160】

図 24 は、第 7 実施形態に係る振動デバイスの断面図である。図 25 は、図 24 に示す振動素子の平面図である。図 26 は、図 24 に示す振動素子の平面図（透過図）である。

【0161】

本実施形態では、本適用例の振動デバイスを発振器として用いている。なお、以下の説明では、第 7 実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【0162】

図 24 に示す振動デバイス 1G は、発振器であり、パッケージ 2 と、中継基板 5 と、振動素子 700 および IC チップ 4G（電子部品）と、を有する。

40

【0163】

IC チップ（電子部品）

図 24 に示す IC チップ 4G は、振動素子 700 の駆動を制御するための発振回路を有しており、IC チップ 4G によって振動素子 700 を駆動すると、所定の周波数の信号を取り出すことができる。

【0164】

振動素子

図 25 および図 26 に示す振動素子 700 は、平面視形状が長方形（矩形）の板状をなす振動体 710（圧電基板）と、振動体 710 の表面に形成された電極部 720 と、を有

50

している。

【0165】

(振動体)

振動体710は、主として厚み滑り振動をする水晶素板である。本実施形態では、振動体710は、ATカット水晶基板である。ATカットとは、水晶の結晶軸であるX軸とZ軸とを含む平面(Y面)をX軸回りにZ軸から反時計方向に約35度15分程度回転させて得られる主面(X軸とZ'軸とを含む主面)を有するように切り出すことを言う。また、振動体710は、その長手方向が水晶の結晶軸であるX軸と一致している。

【0166】

電極部720は、一対の電極パターン部721、722を有する。電極パターン部721は、振動体710の上面に形成された電極7211(励振電極)と、振動体710の下面に形成された端子7212と、電極7211と端子7212とを電気的に接続する配線7213と、を有している。電極パターン部722は、振動体710の下面に形成された電極7221(励振電極)と、振動体710の上面に形成された端子7222と、電極7221と端子7222とを電気的に接続する配線7223と、を有している。また、電極7211、7221は、振動体710を介して互いにほぼ同じ形状で、振動体710の厚さ方向から見て重なっている。

【0167】

このような振動素子700では、電極7211および電極7221との間に交番電圧を印加すると、振動体710がY軸方向に所定の周波数で振動する。

【0168】

このような振動デバイス1Gにおいても、振動デバイス1Gが本適用例の中継基板(例えば中継基板5)を備えていることで、振動素子700に対してパッケージ2の変形が伝達され難く、振動素子700の保持状態が変わらないため、振動特性の変動を低減できる。そのため、発振周波数が変動しないためC/Nのよい高精度な発振周波数を提供できる。

【0169】

また、振動素子700を用いる場合、図示はしないが、例えば中継基板5が備える端子の配置を、振動素子700の端子7212、7222に対応した位置に設ければよい。このように、例えば中継基板5の配線部57のパターンを振動素子700に合わせて設定、変更するだけで、振動素子700をパッケージ2へ接続(実装)できる。

【0170】

(振動素子の他の例)

図27は、図24に示す振動素子の他の例を示す図である。

【0171】

図27に示すように、振動素子70は、振動体730と、振動体730に配置された電極部740と、を有している。このような振動素子70は、発振器である振動デバイス1Gが、振動素子70の温度を制御する温度制御素子(図示さず)を備えた恒温槽付水晶発振器(Oven Controlled Crystal Oscillator:OCXO)である場合に適している。

【0172】

振動体730は、SCカット水晶基板をエッティング、機械加工等によって略円形の平面視形状にしたものである。SCカット水晶基板を円形に加工した振動体730を用いることで、スプリアス振動による周波数ジャンプや抵抗上昇が特に少なく、温度特性も特に安定している振動素子70が得られる。なお、振動体730の平面視形状としては、円形に限定されず、橢円形、長円形等の非線形形状であってもよいし、三角形、矩形等の線形形状であってもよい。

【0173】

電極部740は、一対の電極パターン部741、742を有する。電極パターン部741は、振動体730の上面に形成された電極7411(励振電極)と、振動体730の上面に形成された端子7412と、電極7411と端子7412とを電気的に接続する配線

10

20

30

40

50

7413と、を有している。電極パターン部742は、振動体730の下面に形成された電極7421(励振電極)と、振動体730の下面に形成された端子7422と、電極7421と端子7422とを電気的に接続する配線7423と、を有している。また、電極7411、7421は、振動体730を介して互いにほぼ同じ形状で、振動体730の厚さ方向から見て重なっている。

【0174】

このような振動素子70を備える振動デバイス1Gにおいても、振動デバイス1Gが本適用例の中継基板(例えば中継基板5)を備えていることで、振動素子70に対してパッケージ2の変形が伝達され難く、振動素子70の保持状態が変わらないため、振動特性の変動を低減できる。そのため、発振周波数が変動しないためC/Nのよい高精度な発振周波数を提供できる。

10

【0175】

また、振動素子70を用いる場合、図示はしないが、例えば中継基板5が備える端子の配置を、振動素子70の端子7412、7422に対応した位置に設ければよい。このように、例えば中継基板5の配線部のパターンを振動素子70に合わせて設定、変更するだけで、振動素子70をパッケージ2へ接続(実装)できる。

【0176】

なお、振動デバイス1Gは、例えば温度補償水晶発振器(temperature compensated crystal oscillator: TCXO)に適用することも可能である。また、振動デバイス1Gが備える振動素子は、前述したATカット水晶基板を用いた振動素子700やSCカット水晶基板を用いた振動素子70に限定されず、例えば、BTカット水晶振動板を用いた振動素子等であってもよい。

20

以上説明したような第7実施形態によても、振動特性の変動を低減できる。

【0177】

<第8実施形態>

次に、第8実施形態について説明する。

図28は、第8実施形態に係る振動デバイスが有する振動素子の平面図である。

【0178】

本実施形態は、中継基板の構成が異なる以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第8実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

30

【0179】

図28に示す振動素子7(振動片)は、振動体750と、振動体750の表面に形成された電極部760と、を有している。

【0180】

(振動体)

振動体750は、Zカット水晶板で構成されている。この振動体750は、基部751と、基部751から延出する一対の振動腕752、753と、を有している。

【0181】

基部751は、振動腕752、753が延出している第1基部7511と、第1基部7511に対して振動腕752、753とは反対側に設けられた第2基部7513と、第1基部7511と第2基部7513とを連結する連結部7512と、を含んでいる。連結部7512は、第1基部7511と第2基部7513との間に位置していて、第1基部7511よりも幅(X軸方向の長さ)が小さい。これにより、基部751のY軸方向に沿った長さを小さくしつつ、振動漏れを小さくすることができる。また、振動腕752、753は、X軸方向に並び、かつ、互いに平行となるように、それぞれ、基部751から-Y軸方向に延出している。

40

【0182】

また、図示では、振動腕752、753の先端部の幅(X軸方向での長さ)が基端部よりも広くなっているが、これに限定されない。また、振動腕752、753には、その上

50

面および下面に開放して Y 軸方向に延在している 1 対の有底の溝が形成されているが、この溝は形成されていなくてもよい。

【 0 1 8 3 】

(電極部)

電極部 7 6 0 は、振動体 7 5 0 の表面に設けられている電極パターン（図示せず）と、複数の端子 7 6 1、7 6 2 とを有する。

【 0 1 8 4 】

電極パターンは、図示しないが、振動腕 7 5 2、7 5 3 に設けられている第 1 駆動用電極および第 2 駆動用電極を有している。また、端子 7 6 1、7 6 2 は、第 2 基部 7 5 1 3 の下面に設けられている。

10

【 0 1 8 5 】

このような振動素子 7 では、第 1 駆動用電極と第 2 駆動用電極との間に交番電圧を印加すると、振動腕 7 5 2、7 5 3 が互いに接近と離間を繰り返すように面内方向（X Y 平面方向）に所定の周波数で振動する。

以上説明したような第 8 実施形態によつても、振動特性の変動を低減できる。

【 0 1 8 6 】

< 第 9 実施形態 >

次に、第 9 実施形態について説明する。

図 2 9 は、第 9 実施形態に係る振動デバイスの平面図である。

【 0 1 8 7 】

20

本実施形態は、主に、複数の振動素子を有すること以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第 9 実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【 0 1 8 8 】

図 2 9 に示す振動デバイス 1 H は、3 軸角速度センサーであり、X 軸まわりの角速度 x と、Y 軸まわりの角速度 y と、Z 軸まわりの角速度 z と、をそれぞれ独立して検出することができる。

【 0 1 8 9 】

この振動デバイス 1 H は、3 つの振動素子 3 a、6 a、6 b と、これらが一括して載置されている中継基板 5 H と、を有している。なお、本実施形態では、中継基板 5 H は I C チップ 4 上に載置されている。

30

【 0 1 9 0 】

振動素子 3 a は、前述した第 1 実施形態における振動素子 3 と同様の構成であり、角速度 z を検出する。一方、振動素子 6 a、6 b は、それぞれ、前述した第 6 実施形態における振動素子 6 と同様の構成である。ただし、振動素子 6 a、6 b は、X 軸および Y 軸のそれぞれの軸まわりの角速度を検出するように互いに配置が異なっており、振動素子 6 a は、角速度 y を検出し、振動素子 6 b は、角速度 x を検出する。

【 0 1 9 1 】

このような 3 つの振動素子 3 a、6 a、6 b は、1 つの中継基板 5 H（本適用例の振動素子）の載置部 5 1 に一括して載置されている。したがって、中継基板 5 H は、図示はしないが、3 つの振動素子 3 a、6 a、6 b が有する複数の端子に対応する複数の端子を備えている。

40

【 0 1 9 2 】

このような振動デバイス 1 H のように、1 つの中継基板 5 H に 3 つの振動素子 3 a、6 a、6 b を一括して配置することで、振動デバイス 1 H の小型化を図ることができる。

【 0 1 9 3 】

(変形例)

図 3 0 は、図 2 9 に示す中継基板の他の例である。

【 0 1 9 4 】

図 3 0 に示すように、振動デバイス 1 H a では、振動素子 3 a、6 a、6 b ごとに中継

50

基板 5 H a、5 H b、5 H c が設けられている。すなわち、振動素子 3 a は、中継基板 5 H a に載置され、振動素子 6 a は、中継基板 5 H b に載置され、振動素子 6 b は、中継基板 5 H c に載置されている。この場合、各中継基板 5 H a、5 H b、5 H c において、載置部 5 1 から IC チップ 4 へと引き出す配線（図示せず）が振動素子 3 a、6 a、6 b ごとに分割されるため、前述した図 2 9 に示す振動デバイス 1 H のように、1 つの中継基板 5 H で複数の振動素子 3 a、6 a、6 b の配線（図示せず）を引き出す場合と比較して各中継基板 5 H a、5 H b、5 H c の配線部（図示せず）の設計の自由度が増す。

以上説明したような第 9 実施形態によっても、振動特性の変動を低減できる。

【 0 1 9 5 】

＜第 1 0 実施形態＞

10

次に、第 1 0 実施形態について説明する。

図 3 1 は、第 1 0 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【 0 1 9 6 】

本実施形態は、2 つの中継基板を備えること以外は、上述した実施形態と同様である。なお、以下の説明では、第 1 0 実施形態に関し、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。

【 0 1 9 7 】

図 3 1 に示すように、振動デバイス 1 I は、振動素子 3 の上方に設けられた基板 1 7（中継基板）を有する。基板 1 7 は、リッド 2 2 と振動素子 3 との間に位置しており、リッド 2 2 および振動素子 3 に対して離間している。また、基板 1 7 は、平面視で、矩形状をなし、振動素子 3 を包含するように振動素子 3 に対して重なっている。この基板 1 7 は、本実施形態では、中継基板 5 の固定部 5 2 a、5 2 b に、例えば接着剤等で形成された接続部材 1 7 0 を介して接続されている。

20

【 0 1 9 8 】

基板 1 7 の構成材料としては、特に限定されないが、例えば、水晶、シリコン、セラミックス等の絶縁性材料を用いることが好ましい。特に、基板 1 7 の構成材料としては、振動体 3 0 および中継基板 5 の本体部 5 0 の構成材料と同様の材料を用いることが好ましい。これにより、基板 1 7 と振動素子 3 と中継基板 5 との熱膨張差を低減することができ、これらの間の熱膨張差に伴う熱応力を低減することができる。本実施形態では、振動体 3 0 および本体部 5 0 は、前述したように、水晶で構成されている。そのため、基板 1 7 の構成材料としては、水晶を用いることが好ましい。

30

【 0 1 9 9 】

このような基板 1 7 を備えることで、例えば外力がパッケージ 2 に加わることによってリッド 2 2 が変形して、振動素子 3 とリッド 2 2 との間の寄生容量が変化し、それにより振動素子 3 の特性に影響を及ぼすおそれを低減することができる。なお、このような基板 1 7 によれば、振動素子 3 周りの寄生容量（電気力線の分布）は変わらない。

【 0 2 0 0 】

また、基板 1 7 は、中継基板 5 と同様の構成であることが好ましい。すなわち、基板 1 7 は、載置部 5 1 に相当する部分 1 7 1 と、固定部 5 2 a、5 2 b に相当する 2 つの部分 1 7 2 a、1 7 2 b と、梁部 5 3 a、5 3 b に相当する部分 1 7 3 a、1 7 3 b を有することが好ましい。これにより、中継基板 5 の載置部 5 1 と基板 1 7 の部分 1 7 1 との変位を小さくできるため、振動素子 3 の振動特性の変化をより低減することができる。よって、振動デバイス 1 I によれば、より外力に対してロバストな角速度センサーを実現することができる。

40

【 0 2 0 1 】

なお、本実施形態では、基板 1 7 は、中継基板 5 とは異なり電極部を備えていないが、電極部が、基板 1 7 の表面に形成されていてもよい。これにより、中継基板 5 の電極部 3 7 と基板 1 7 の電極部（図示せず）との間に発生した電界によって振動素子 3 を励振させてもよい。

【 0 2 0 2 】

50

また、基板 17 は、孔や溝等を有していない平板状の部材であってもよい。また、図示では、基板 17 は、中継基板 5 の固定部 52a、52b に対して接続されているが、基板 17 は、中継基板 5 の載置部 51 に対して接続されていてもよい。この場合、基板 17 が孔や溝等を有していない平板状の部材であっても、中継基板 5 の載置部 51 と基板 17 との変位を小さくできるため、振動素子 3 の振動特性の変化をより効果的に低減することができる。

以上説明したような第 10 実施形態によても、振動特性の変動を低減できる。

【0203】

2. 振動デバイスを備えるモジュール

次に、本適用例の振動デバイスを備えたモジュールについて説明する。

10

【0204】

図 32 は、振動デバイスを備えたモジュールを示す断面図である。

図 32 に示すように、モジュール 10 は、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）と、それを実装する実装基板 15 とを、有する。この振動デバイス 1 は、その下面（裏面）に設けられた外部接続端子 27 にて例えば導電性接着剤を介して実装基板 15 に設けられた端子 157 に接続されることで、実装基板 15 に実装されている。なお、実装基板 15 としては、特に限定されず、例えば、回路が形成されたプリント配線基板を用いることができる。

【0205】

また、本実施形態では、実装基板 15 は、中継基板 5 と同様の構成である。すなわち、実装基板 15 は、載置部 51 に相当する部分 151 と、固定部 52a、52b に相当する 2 つの部分 152a、152b と、梁部 53a、53b に相当する部分 153a、153b を有する。そして、振動デバイス 1 は、実装基板 15 の部分 151 に載置されている。これにより、外力（熱応力を含む）による実装基板 15 の部分 151 の変位を小さくできる。そのため、振動デバイス 1 への外力の影響をより効果的に低減でき、よって、ロバストな角速度センサーを備えたモジュール 10 を実現することができる。

20

【0206】

3. 電子機器

次に、本適用例の振動デバイスを備える電子機器について説明する。

【0207】

30

図 33 は、本適用例の電子機器を適用したモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピューターの構成を示す斜視図である。

【0208】

この図において、パーソナルコンピューター 1100 は、キーボード 1102 を備えた本体部 1104 と、表示部 1008 を備えた表示ユニット 1106 とにより構成され、表示ユニット 1106 は、本体部 1104 に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピューター 1100 には、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）が内蔵されている。

【0209】

図 34 は、本適用例の電子機器を適用した携帯電話機（PHS も含む）の構成を示す斜視図である。

40

【0210】

この図において、携帯電話機 1200 は、アンテナ（図示せず）、複数の操作ボタン 1202、受話口 1204 および送話口 1206 を備え、操作ボタン 1202 と受話口 1204 との間には、表示部 1208 が配置されている。このような携帯電話機 1200 には、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）が内蔵されている。

【0211】

図 35 は、本適用例の電子機器を適用したデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図である。

【0212】

50

デジタルスチールカメラ 1300 におけるケース（ボディー）1302 の背面には表示部 2000 が設けられ、CCD による撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部 2000 は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース 1302 の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）や CCD などを含む受光ユニット 1304 が設けられている。そして、撮影者が表示部 2000 に表示された被写体像を確認し、シャッター ボタン 1306 を押すと、その時点における CCD の撮像信号が、メモリー 1308 に転送・格納される。このようなデジタルスチールカメラ 1300 には、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）が内蔵されている。

【0213】

このような電子機器は、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）を備えている。そのため、前述した本適用例の振動デバイスの効果を奏すことができ、優れた特性を発揮することができる。

【0214】

なお、本適用例の電子機器は、図 33 のパーソナルコンピューター、図 34 の携帯電話機、図 35 のデジタルスチールカメラの他にも、例えば、スマートフォン、タブレット端末、時計（スマートウォッチを含む）、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンタ）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）等のウェアラブル端末、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダ、カーナビゲーション装置、ペーパーレス、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニタ、電子双眼鏡、POS 端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、移動体端末基地局用機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシミュレーター、ネットワークサーバー等に適用することができる。

【0215】

4. 移動体

次に、本適用例の振動デバイスを備える移動体について説明する。

【0216】

図 36 は、本適用例の移動体を適用した自動車を示す斜視図である。

この図において、自動車 1500 は、車体 1501 と、4 つの車輪 1503 とを有しており、車体 1501 に設けられた図示しない動力源（エンジン）によって車輪 1503 を回転させるように構成されている。

【0217】

このような自動車 1500 には、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）が内蔵されている。本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）によれば、車体 1501 の姿勢や移動方向を検出することができる。本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）の検出信号は、車体姿勢制御装置 1502 に供給され、車体姿勢制御装置 1502 は、その信号に基づいて車体 1501 の姿勢を検出し、検出結果に応じてサスペンションの硬軟を制御したり、個々の車輪 1503 のブレーキを制御したりすることができる。

【0218】

なお、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）を備える移動体は、自動車に限定されず、例えば、オートバイ、鉄道等の他の車両、航空機、船舶、宇宙船、二足歩行ロボットやラジコンヘリコプター等にも適用可能である。

【0219】

このような移動体の一例である自動車 1500 は、本適用例の振動デバイス（例えば振動デバイス 1）を有している。そのため、前述した本適用例の振動デバイスの効果を奏すことができ、優れた特性を発揮することができる。

【0220】

以上、本発明の振動デバイス、角速度センサー、電子機器および移動体を図示の実施形

10

20

30

40

50

態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、各実施形態を適宜組み合わせてもよい。

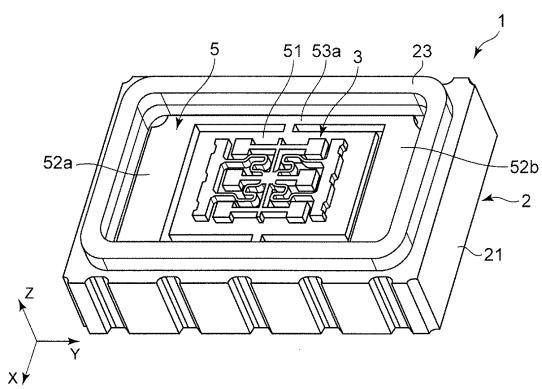
【符号の説明】

【0221】

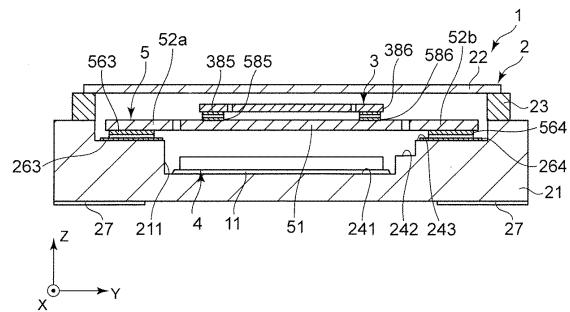
1 ... 振動デバイス、 1 A ... 振動デバイス、 1 B ... 振動デバイス、 1 G ... 振動デバイス、
 1 H ... 振動デバイス、 1 H a ... 振動デバイス、 1 I ... 振動デバイス、 2 ... パッケージ、 3 ... 振動素子、 3 a ... 振動素子、 4 ... I C チップ、 4 G ... I C チップ、 5 ... 中継基板、 5 C ... 中継基板、 5 D ... 中継基板、 5 E ... 中継基板、 5 F ... 中継基板、 5 F a ... 中継基板、 5 H ... 中継基板、 5 H a ... 中継基板、 5 H b ... 中継基板、 5 H c ... 中継基板、 6 ... 振動素子、
 6 a ... 振動素子、 6 b ... 振動素子、 7 ... 振動素子、 8 ... 応力緩和層、 10 ... モジュール、
 11 ... 接着剤、 15 ... 実装基板、 17 ... 基板、 21 ... ベース部材、 22 ... リッド、 23 ... 接合部材、 25 ... 端子、 27 ... 外部接続端子、 30 ... 振動体、 37 ... 電極部、 41 ... 端子、
 42 ... 端子、 43 ... パッシベーション膜、 50 ... 本体部、 50 C ... 本体部、 50 D ... 本体部、
 50 D a ... 本体部、 50 D b ... 本体部、 50 E ... 本体部、 50 F ... 本体部、 50 F a ... 本体部、
 51 ... 載置部、 52 a ... 固定部、 52 b ... 固定部、 53 a ... 梁部、 53 b ... 梁部、
 54 ... 第2枠体、 55 a ... 梁部、 55 b ... 梁部、 55 c ... 梁部、 55 d ... 梁部、
 56 a ... 梁部、 56 b ... 梁部、 57 ... 配線部、 57 C ... 配線部、 57 D ... 配線部、 60 ...
 振動体、 61 ... 基部、 65 ... 支持部、 67 ... 電極部、 70 ... 振動素子、 81 ... 第1絶縁層、
 82 ... 第1配線層、 83 ... 第2絶縁層、 84 ... 第2配線層、 151 ... 部分、 152 a ...
 部分、 152 b ... 部分、 153 a ... 部分、 153 b ... 部分、 157 ... 端子、 170 ... 接続
 部材、 171 ... 部分、 172 a ... 部分、 172 b ... 部分、 173 a ... 部分、 173 b ... 部分、
 211 ... 凹部、 241 ... 下段面、 242 ... 中段面、 243 ... 上段面、 261 ... 端子、
 262 ... 端子、 263 ... 端子、 264 ... 端子、 265 ... 端子、 266 ... 端子、 311 ... 基部、
 312 ... 検出振動腕、 313 ... 検出振動腕、 314 ... 連結腕、 315 ... 連結腕、 316 ...
 駆動振動腕、 317 ... 駆動振動腕、 318 ... 駆動振動腕、 319 ... 駆動振動腕、 321 ...
 支持部、 322 ... 支持部、 323 ... 梁部、 324 ... 梁部、 325 ... 梁部、 326 ... 梁部、
 381 ... 端子、 382 ... 端子、 383 ... 端子、 384 ... 端子、 385 ... 端子、 386 ...
 端子、 530 ... 第1枠体、 531 ... 第1部分、 532 ... 第2部分、 541 ... 枠体部、
 542 ... 部分、 551 ... 第1部分、 552 ... 第2部分、 561 ... 端子、 562 ... 端子、 563 ...
 端子、 564 ... 端子、 565 ... 端子、 566 ... 端子、 570 a ... 梁部、 570 b ... 梁部、
 571 ... 配線、 571 C ... 配線、 571 D ... 配線、 571 a ... 梁部、 571 b ... 梁部、
 572 ... 配線、 572 C ... 配線、 572 D ... 配線、 572 a ... 梁部、 572 b ... 梁部、
 573 ... 配線、 573 C ... 配線、 573 D ... 配線、 574 ... 配線、 574 C ... 配線、 574 D ...
 配線、 575 ... 配線、 575 C ... 配線、 575 D ... 配線、 581 ... 端子、 581 a ...
 部分、 582 a ... 部分、 581 b ... 部分、 582 b ... 部分、 582 ... 端子、 583 ... 端子、
 584 ... 端子、 585 ... 端子、 586 ... 端子、 621 ... 駆動振動腕、 622 ... 駆動振動腕、
 631 ... 検出振動腕、 632 ... 検出振動腕、 641 ... 調整振動腕、 642 ... 調整振動腕、
 651 ... 部分、 652 ... 部分、 653 ... 部分、 661 ... 連結部、 662 ... 連結部、
 663 ... 連結部、 664 ... 連結部、 681 ... 端子、 682 ... 端子、 683 ... 端子、 684 ...
 端子、 685 ... 端子、 686 ... 端子、 700 ... 振動素子、 710 ... 振動体、 720 ... 電
 極部、 721 ... 電極パターン部、 722 ... 電極パターン部、 730 ... 振動体、 740 ... 電
 極部、 741 ... 電極パターン部、 742 ... 電極パターン部、 750 ... 振動体、 751 ... 基
 部、 752 ... 振動腕、 753 ... 振動腕、 760 ... 電極部、 761 ... 端子、 762 ... 端子、
 841 ... 端子、 842 ... シールド配線、 1008 ... 表示部、 1100 ... パーソナルコンピ
 ューター、 1102 ... キーボード、 1104 ... 本体部、 1106 ... 表示ユニット、 120
 0 ... 携帯電話機、 1202 ... 操作ボタン、 1204 ... 受話口、 1206 ... 送話口、 120
 8 ... 表示部、 1300 ... デジタルスチールカメラ、 1302 ... ケース、 1304 ... 受光ユ
 ニット、 1306 ... シャッターボタン、 1308 ... メモリー、 1310 ... 表示部、 150
 0 ... 自動車、 1501 ... 車体、 1502 ... 車体姿勢制御装置、 1503 ... 車輪、 2000 ...
 50

...表示部、5 4 1 1...部分、5 4 1 2...部分、5 6 1 0...第1部分、5 6 2 0...第2部分
、7 2 1 1...電極、7 2 1 2...端子、7 2 1 3...配線、7 2 2 1...電極、7 2 2 2...端子
、7 2 2 3...配線、7 4 1 1...電極、7 4 1 2...端子、7 4 1 3...配線、7 4 2 1...電極
、7 4 2 2...端子、7 4 2 3...配線、7 5 1 1...第1基部、7 5 1 2...連結部、7 5 1 3
...第2基部、B 1...導電性ワイヤー、C...矢印、D...矢印、E...矢印、F...矢印、a...中
心軸、a 1...線分、a 2...線分、a 3...中心軸、...角速度

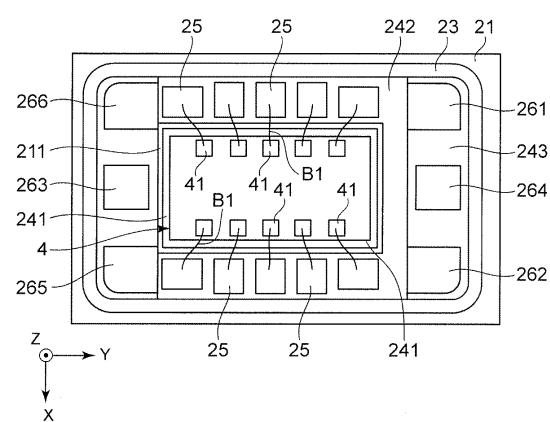
【 図 1 】



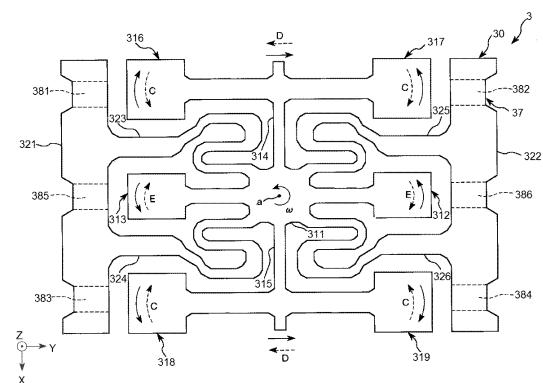
【 図 2 】



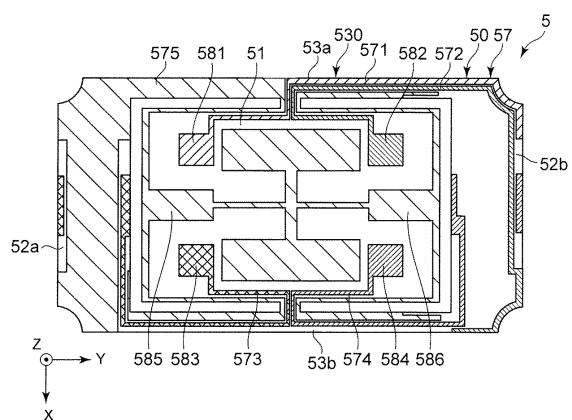
【 図 3 】



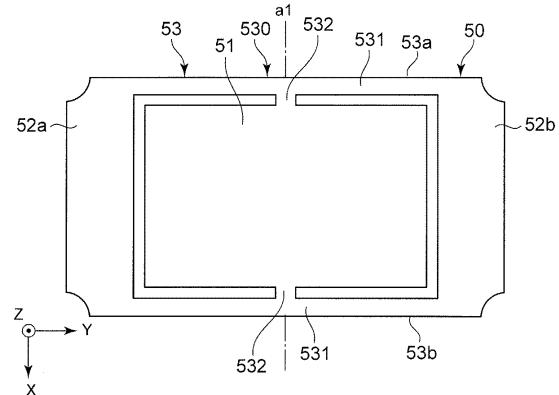
【図4】



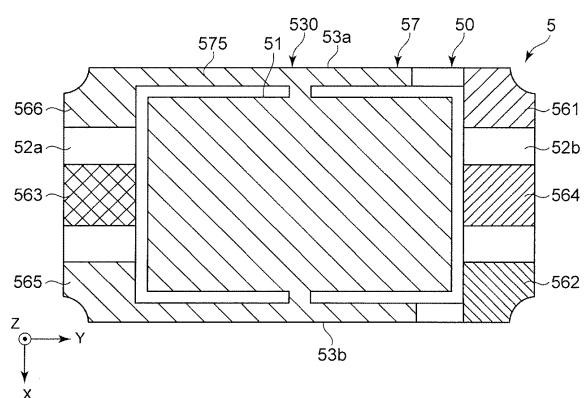
【図5】



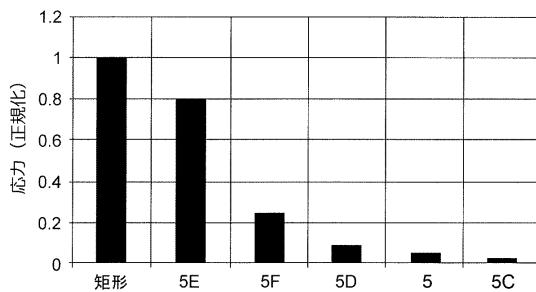
【図7】



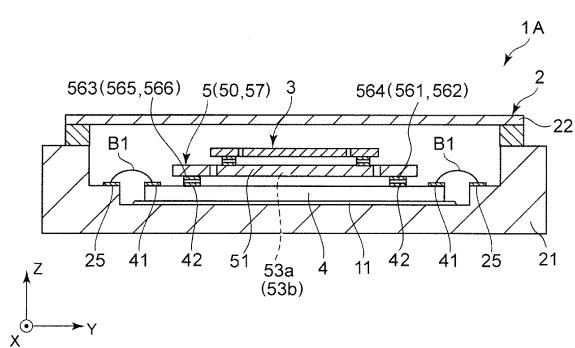
【図6】



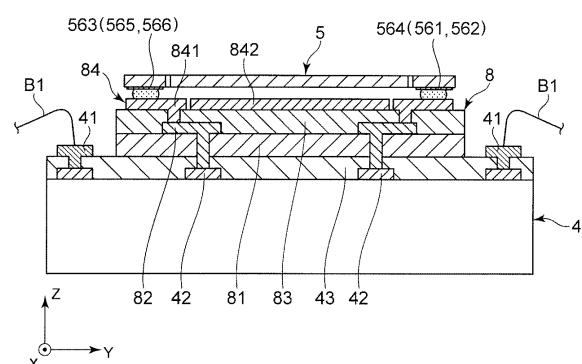
【図8】



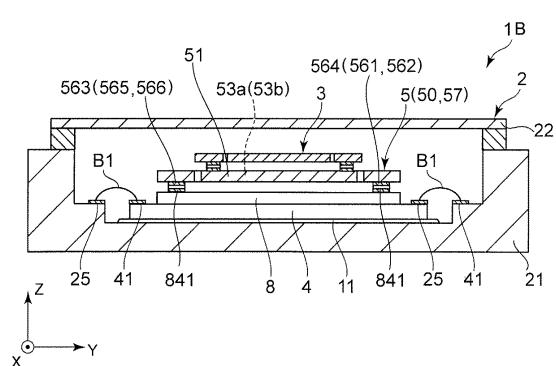
【図9】



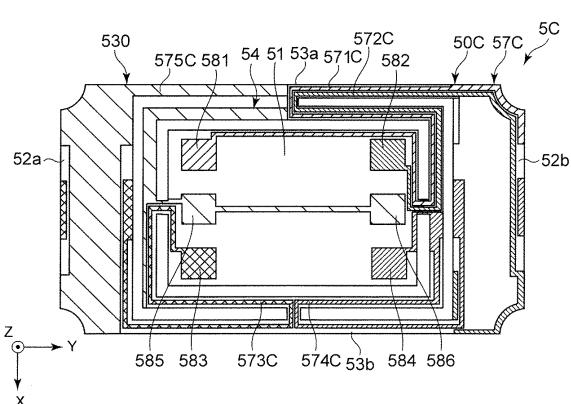
【図11】



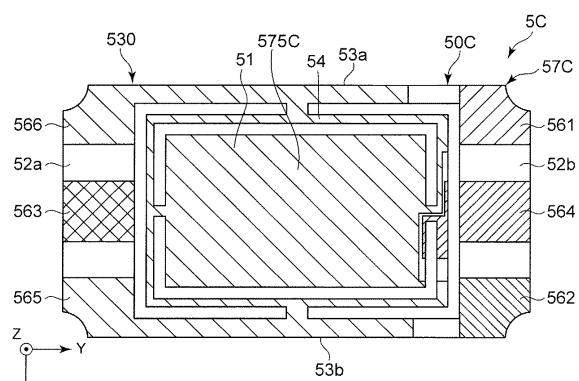
【図10】



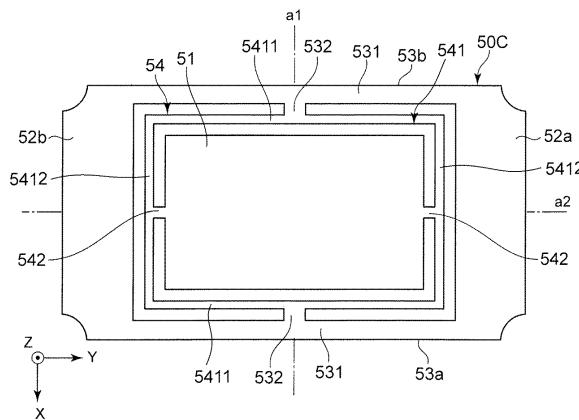
【図12】



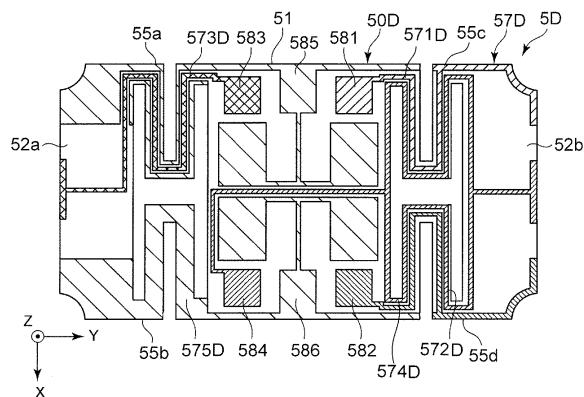
【図13】



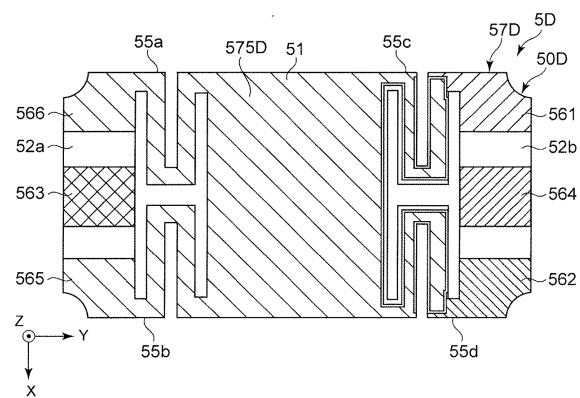
【図14】



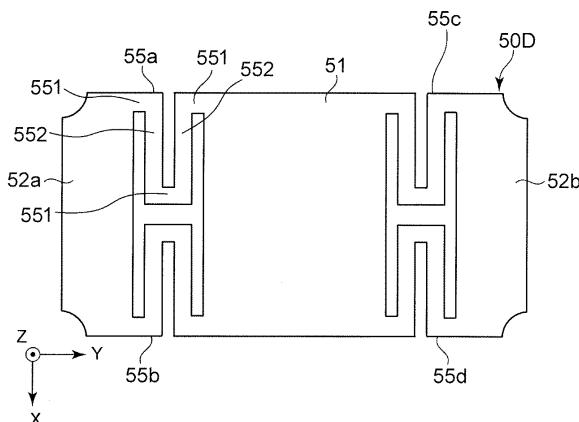
【図15】



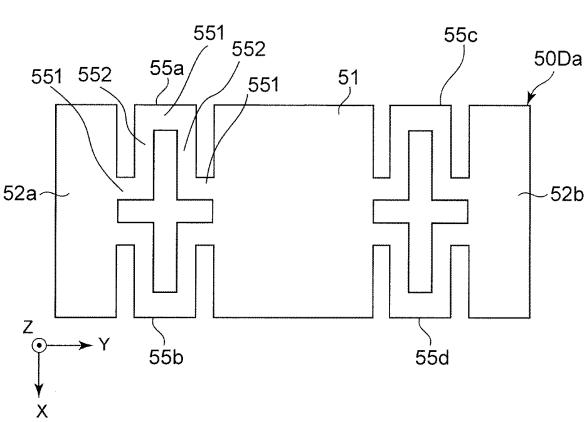
【図16】



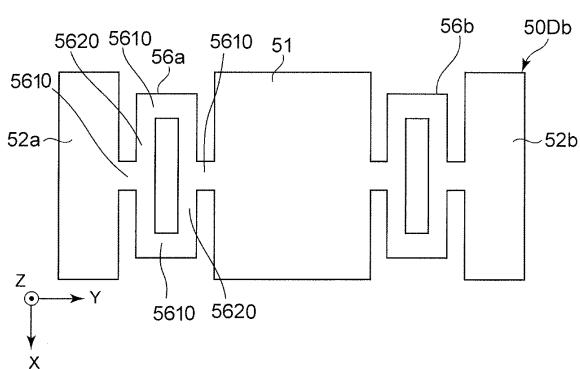
【図17】



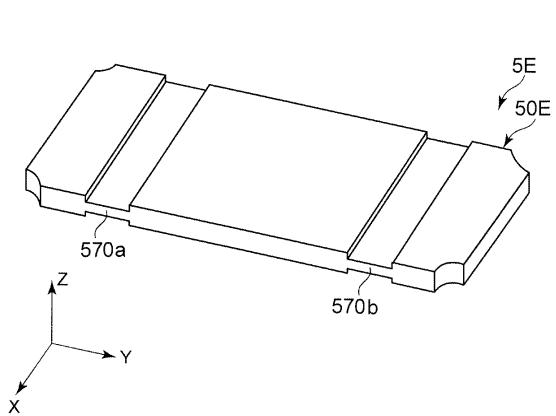
【図18】



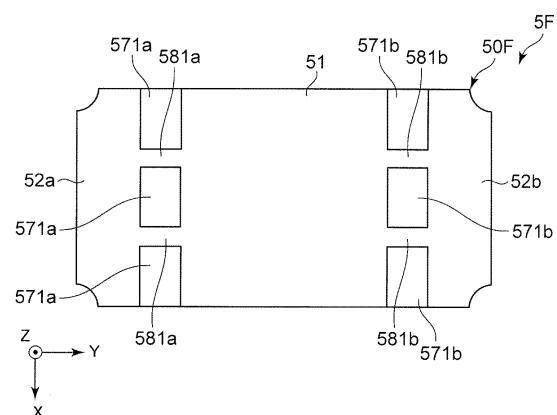
【図19】



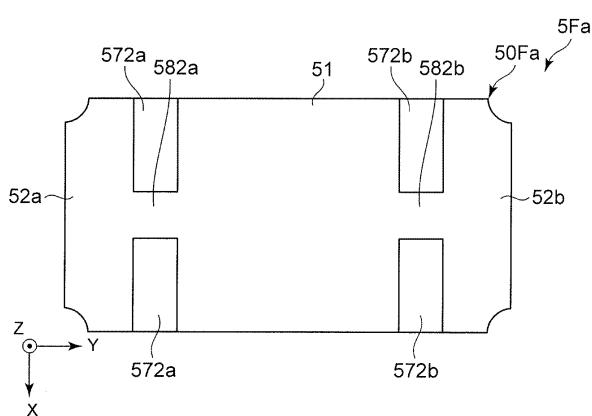
【図20】



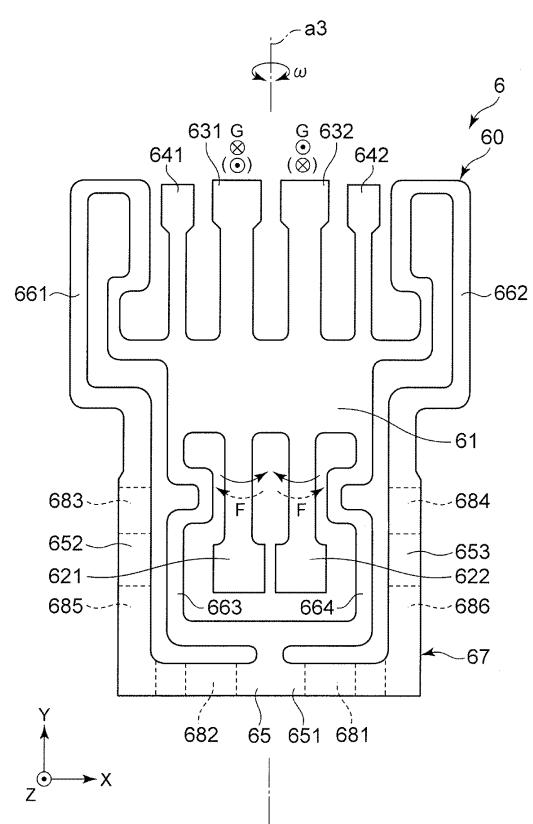
【 図 21 】



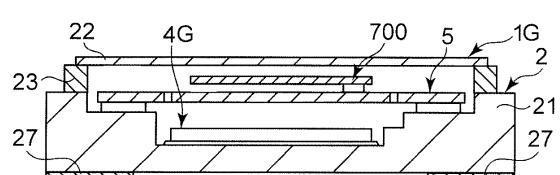
【図22】



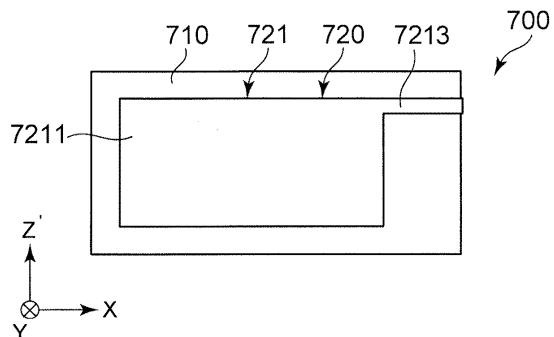
【図23】



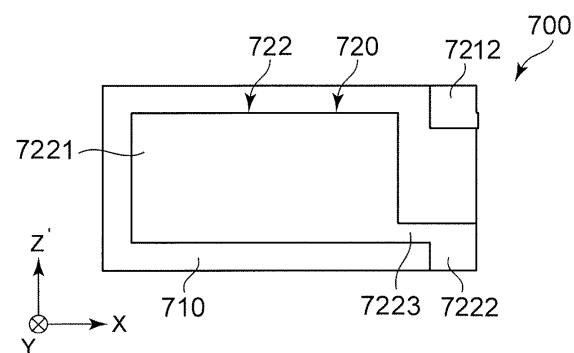
【図24】



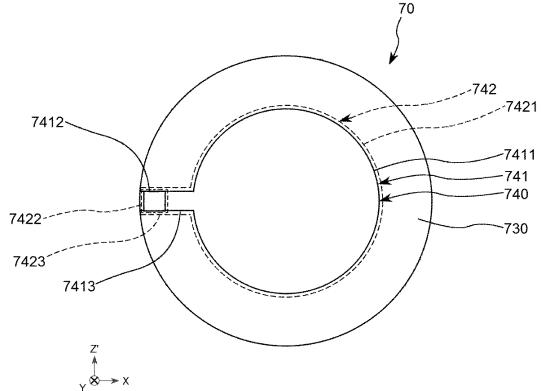
【図25】



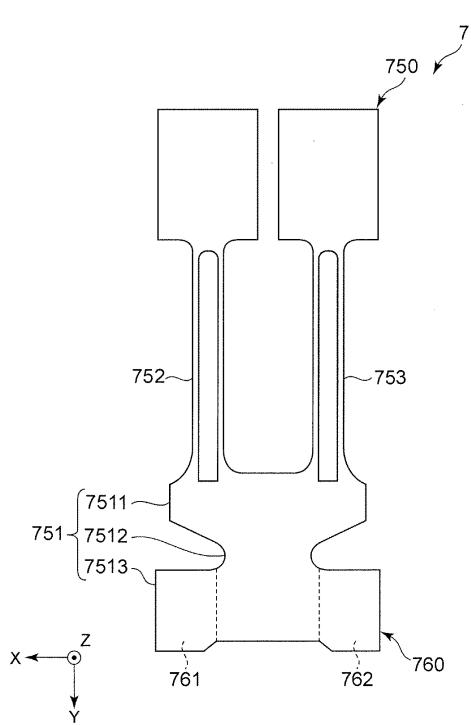
【図26】



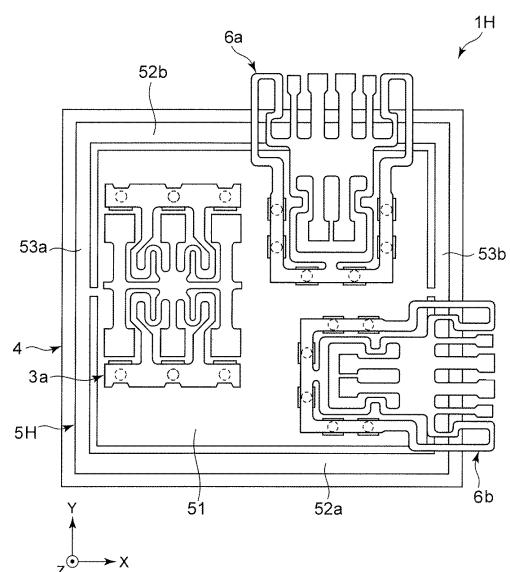
【図27】



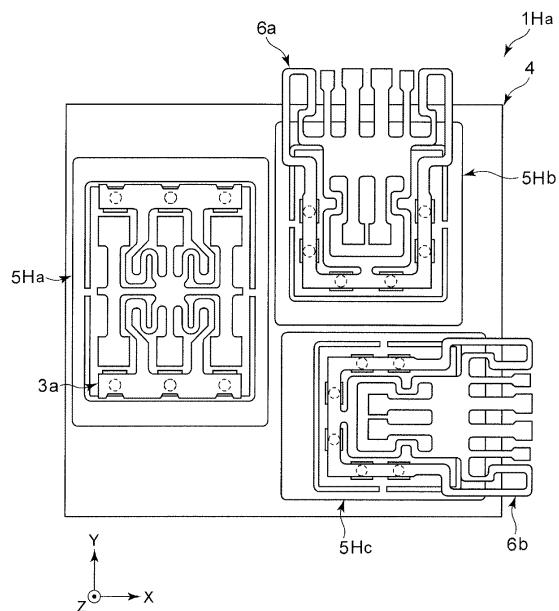
【図28】



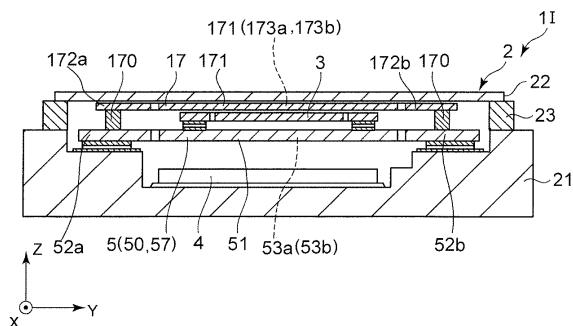
【図29】



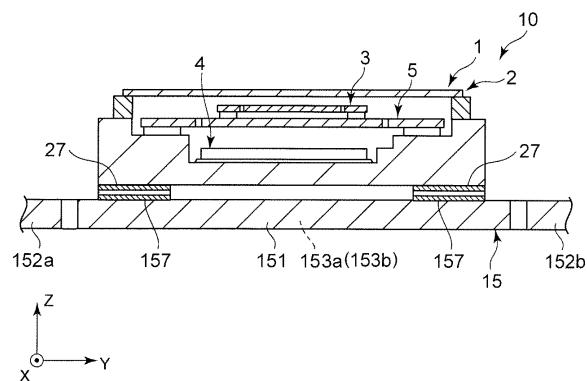
【図30】



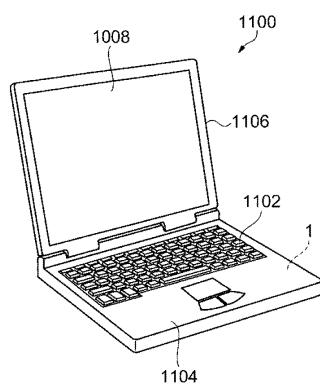
【図31】



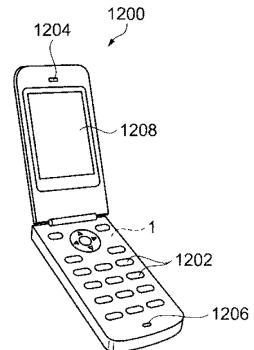
【図32】



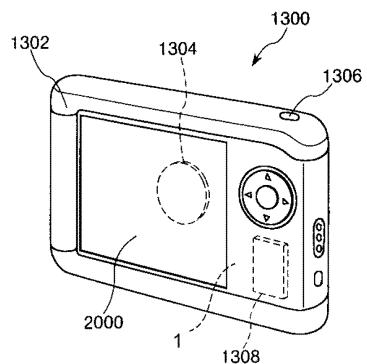
【図33】



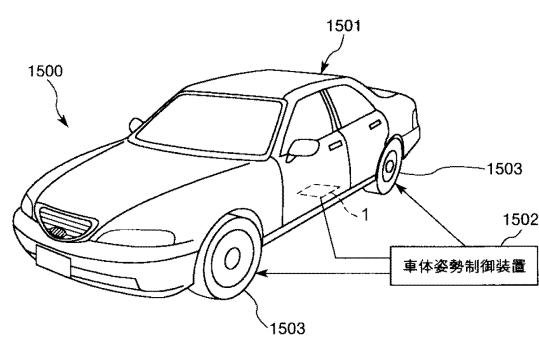
【図34】



【図35】



【図36】



フロントページの続き

(72)発明者 山口 啓一
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者 中川 啓史
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 山 崎 和子

(56)参考文献 特開2011-137654(JP, A)
国際公開第2007/125612(WO, A1)
特開2010-223774(JP, A)
特開2007-316090(JP, A)
特開2011-117858(JP, A)
特開2013-002938(JP, A)
特開2013-104806(JP, A)
米国特許出願公開第2010/0072862(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/00 - 19/72
H01L 27/20、41/00 - 41/47
H03H 3/007 - 3/06
9/00 - 9/135
9/15 - 9/24
9/30 - 9/40
9/46 - 9/62
90/66、9/70、9/74