

(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2018-164126

(P2018-164126A)

(43) 公開日 平成30年10月18日(2018.10.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/10 (2006.01)	H03H 9/10	2 F 1 0 5
H03H 9/19 (2006.01)	H03H 9/19	D 5 J 0 7 9
H03B 5/32 (2006.01)	H03B 5/32	H 5 J 1 0 8
H01L 41/113 (2006.01)	H01L 41/113	
H01L 41/053 (2006.01)	H01L 41/053	
審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 25 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-58706 (P2017-58706)
 (22) 出願日 平成29年3月24日 (2017.3.24)

(71) 出願人 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 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 大槻 哲也
 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 井出 次男
 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
 最終頁に続く

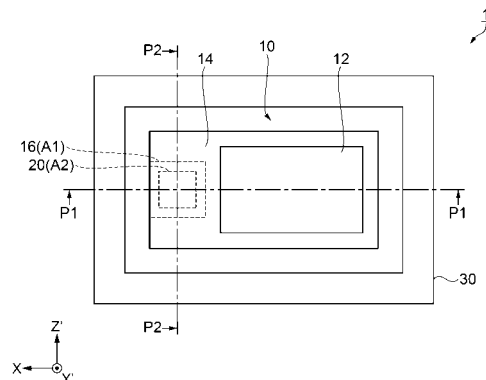
(54) 【発明の名称】 振動デバイス、発振器、ジャイロセンサー、電子機器および移動体

(57) 【要約】

【課題】熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイスを提供する。

【解決手段】振動デバイス1は、振動部12と固定部16とを有する振動素子10と、固定部16が接合されて振動素子10を支持する支持部材18と、支持部材18が接合されている第1の基板32と、を備え、支持部材18は、第1の基板32に接合されている接合部20を有し、振動素子10の厚さ方向からの平面視において、固定部16を内包する矩形領域の面積をA1、接合部20を内包する矩形領域の面積をA2とした場合に、A1 A2を満たす。

【選択図】図1A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

振動部と固定部とを有する振動素子と、
前記固定部が接合されて前記振動素子を支持する支持部材と、
前記支持部材が接合されている基板と、を備え、
前記支持部材は、前記基板に接合されている接合部を有し、
前記振動素子の厚さ方向からの平面視において、前記固定部を内包する矩形領域の面積を A_1 、前記接合部を内包する矩形領域の面積を A_2 とした場合に、 $A_1 > A_2$ を満たすことを特徴とする振動デバイス。

【請求項 2】

前記平面視において、前記振動部は、前記固定部を内包する矩形領域および前記接合部を内包する矩形領域に重なる領域を有することを特徴とする請求項 1 に記載の振動デバイス。

10

【請求項 3】

前記 A_1 と前記 A_2 との関係が、 $0.1 < (A_2 / A_1) < 1.0$ を満たすことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の振動デバイス。

【請求項 4】

前記 A_1 と前記 A_2 との関係が、 $0.5 < (A_2 / A_1) < 0.8$ を満たすことを特徴とする請求項 3 に記載の振動デバイス。

【請求項 5】

前記支持部材は、少なくとも一部が前記振動素子と同じ材料であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の振動デバイス。

20

【請求項 6】

前記支持部材は、第 1 の結晶方位を有する結晶材料を含み、
前記振動素子は、前記支持部材の前記結晶材料と同じ結晶材料であって、第 2 の結晶方位を有する結晶材料を含み、
前記平面視において、前記第 1 の結晶方位は、前記第 2 の結晶方位とは異なることを特徴とする請求項 5 に記載の振動デバイス。

【請求項 7】

前記平面視において、前記支持部材のアスペクト比は、前記振動素子のアスペクト比とは異なることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の振動デバイス。

30

【請求項 8】

前記基板は、複数の外部接続部を備え、
前記平面視において、前記複数の外部接続部を内包する矩形領域の面積を A_3 とした場合に、 $A_3 > A_2$ を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項に記載の振動デバイス。

【請求項 9】

前記 A_2 と前記 A_3 との関係が、 $1 < (A_2 / A_3) < 100$ を満たすことを特徴とする請求項 8 に記載の振動デバイス。

【請求項 10】

前記 A_2 と前記 A_3 との関係が、 $2 < (A_2 / A_3) < 5$ を満たすことを特徴とする請求項 8 又は請求項 9 に記載の振動デバイス。

40

【請求項 11】

前記振動素子は、基部と、前記基部から延出する前記振動部と、前記基部から延出する複数の支持腕と、を備え、
前記複数の支持腕は、各々前記固定部と蛇行形状部とを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の振動デバイス。

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の振動デバイスと、
前記振動デバイスを発振させる発振回路と、

50

を備えていることを特徴とする発振器。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 に記載の振動デバイスと、
前記振動デバイスを駆動させる駆動回路と、
を備えていることを特徴とするジャイロセンサー。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか一項に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか一項に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動デバイス、この振動デバイスを備えた発振器、ジャイロセンサー、電子機器および移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、携帯電話等の移動体通信機、電波時計、ＩＣカード等の民生用機器の基準周波数源として振動子、特に水晶振動子を搭載した水晶発振器が広く用いられている。

水晶振動子は、パッケージ内に導電性接着剤等で支持されているため、水晶振動子の周囲温度が変化した場合に、水晶振動片を支持している支持部分に容器（パッケージ）との熱膨張係数の違いによって生じる熱歪みが発生し、更には、水晶振動子の温度が元の温度に戻ったときに支持部分と水晶振動片との熱歪みの回復の程度の差により、ヒステリシスが発生してしまう。即ち、水晶振動子の温度が元の温度に戻っても支持部分からの応力により水晶振動子の周波数が元の周波数に戻るまでに長い時間を要する、あるいは水晶振動子の温度が t_1 と t_2 との間で往復する変化をしたときに温度上昇時と下降時において水晶振動子の周波数温度依存性が異なるといった温度特性のヒステリシス現象が起こる。

【0003】

そこで、特許文献 1 では、水晶振動片を水晶と同一材料の台座部に支持し、台座部を容器に固定することで、水晶振動片と台座部との熱膨張係数の違いによって生じる熱歪みを低減し、温度変化に伴う水晶振動子の周波数についてのヒステリシスを抑え、安定した基準周波数を発振する発振器が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2 0 1 4 - 3 3 3 6 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に記載の発振器は、温度変化に伴う水晶の台座部と水晶振動片との熱膨張係数の違いによる歪での水晶振動子の周波数についてのヒステリシスを抑えることができるが、容器と水晶の台座部との熱膨張係数の違いによる歪は低減できていないため、温度に対する振動特性が変化するヒステリシスを十分低減することができないという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の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、以下の適用例又は形態として実現することが可能である。

【0007】

10

20

30

40

50

〔適用例 1〕本適用例に係る振動デバイスは、振動部と固定部とを有する振動素子と、前記固定部が接合されて前記振動素子を支持する支持部材と、前記支持部材が接合されている基板と、を備え、前記支持部材は、前記基板に接合されている接合部を有し、前記振動素子の厚さ方向からの平面視において、前記固定部を内包する矩形領域の面積を A_1 、前記接合部を内包する矩形領域の面積を A_2 とした場合に、 $A_1 > A_2$ を満たす。

【0008】

本適用例の振動デバイスによれば、振動デバイスが車載環境のような低温と高温との間の温度変化を繰り返す温度サイクルを受けた時、基板に接合されている支持部材の接合部を内包する面積 A_2 が、支持部材に接合されている振動素子の固定部を内包する面積 A_1 より小さいため、支持部材と基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、基板が受ける歪が振動素子へ伝わるのを低減することができる。従って、温度サイクルを受けた時、周波数変化等の振動特性の変化が低減された振動デバイスを得ることができる。ここで、固定部を内包する矩形領域および接合部を内包する矩形領域とは、それぞれ固定部および接合部を内包する最小の矩形領域のことである。

【0009】

〔適用例 2〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記平面視において、前記振動部は、前記固定部を内包する矩形領域および前記接合部を内包する矩形領域に重なる領域を有することが好ましい。

【0010】

本適用例によれば、振動部が固定部を内包する矩形領域および接合部を内包する矩形領域に重なる領域を有しているので、振動素子の両端を支持することとなり、振動部が支持部材や基板に接触することを防止することができ、安定した振動特性を有する振動デバイスを得ることができる。

【0011】

〔適用例 3〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記 A_1 と前記 A_2 との関係が、 $0.1 < (A_2 / A_1) < 1.0$ を満たすことが好ましい。

【0012】

本適用例によれば、支持部材を基板に接合する機械的強度を保持しつつ、支持部材と基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、基板が受ける歪が振動素子へ伝わるのを低減することができる。

【0013】

〔適用例 4〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記 A_1 と前記 A_2 との関係が、 $0.5 < (A_2 / A_1) < 0.8$ を満たすことが好ましい。

【0014】

本適用例によれば、支持部材を基板に接合する機械的強度を向上させて、より安定して保持しつつ、支持部材と基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、基板が受ける歪が振動素子へ伝わるのを低減することができる。

【0015】

〔適用例 5〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記支持部材は、少なくとも一部が前記振動素子と同じ材料であることが好ましい。

【0016】

本適用例によれば、支持部材が少なくとも一部が振動素子と同じ材料であるので、振動素子を支持部材に接合されている際に、熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を小さくでき、支持部材からの歪の影響をより低減することができる。

【0017】

〔適用例 6〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記支持部材は、第 1 の結晶方位を有する結晶材料を含み、前記振動素子は、前記支持部材の前記結晶材料と同じ結晶材料であって、第 2 の結晶方位を有する結晶材料を含み、前記平面視において、前記第 1 の結晶方位は、前記第 2 の結晶方位とは異なることが好ましい。

【0018】

10

20

30

40

50

本適用例によれば、結晶方位に依存するヤング率を利用して、支持部材の結晶方位を振動素子の結晶方位と異ならせることにより、支持部材と振動素子との組み合わせによる複合体としてのヤング率を大きくすることができるので、振動素子は基板からの応力による影響を受け難くなり、安定な振動特性を有する振動デバイスを得ることができる。

【0019】

[適用例7] 上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記平面視において、前記支持部材のアスペクト比は、前記振動素子のアスペクト比とは異なることが好ましい。

【0020】

本適用例によれば、支持部材のアスペクト比が振動素子のアスペクト比とは異なることにより、支持部材への固定部を複数とすることができ、また、基板への接合部も複数とすることができる。そのため、固定部の面積と接合部の面積とを大きくすることができるので、支持部材と振動素子との接合強度および基板と支持部材との接合強度をそれぞれ向上させることができ、振動素子を安定して基板に実装することができる。

10

【0021】

[適用例8] 上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記基板は、複数の外部接続部を備え、前記平面視において、前記複数の外部接続部を内包する矩形領域の面積を A_3 とした場合に、 $A_3 > A_2$ を満たすことが好ましい。

【0022】

本適用例によれば、振動デバイスが外部接続部を介して、電子機器の実装基板等へ実装された場合に、基板に接合する支持部材の接合部を内包する面積 A_2 が、複数の外部接続部を内包する面積 A_3 より小さいため、振動デバイスの基板と実装基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪の中で、接合部の領域に関わる歪のみが支持部材へ伝わる。そのため、電子機器の実装基板等へ実装された場合の実装基板からの応力による歪を緩和することができ、安定した振動特性を有する振動デバイスを得ることができる。ここで、外部接続部を内包する矩形領域とは、外部接続部を内包する最小の矩形領域のことである。

20

【0023】

[適用例9] 上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記 A_2 と前記 A_3 との関係が、 $1 < (A_2 / A_3) < 100$ を満たすことが好ましい。

【0024】

本適用例によれば、基板に接合する支持部材の接合部を内包する面積 A_2 を複数の外部接続部を内包する面積 A_3 に比べ、より小さくすることにより、振動デバイスの基板と実装基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪をより伝わり難くすることができる。

30

【0025】

[適用例10] 上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記 A_2 と前記 A_3 との関係が、 $2 < (A_2 / A_3) < 5$ を満たすことが好ましい。

【0026】

本適用例によれば、小型化を図りつつ、振動デバイスの基板と実装基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を伝わり難くすることができる。

【0027】

[適用例11] 上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記振動素子は、基部と、前記基部から延出する前記振動部と、前記基部から延出する複数の支持腕と、を備え、前記複数の支持腕は、各々前記固定部と蛇行形状部とを備えていることが好ましい。

40

【0028】

本適用例によれば、基部から延出する支持腕に振動素子接合時に生じる応力を緩和する蛇行形状部を備えているので、固定部を支持部材に接合した際に蛇行形状部が変形することで支持部材を介して基板との熱応力に伴う歪の影響を低減することができる。

【0029】

[適用例12] 本適用例に係る発振器は、上記適用例に記載の振動デバイスと、前記振動デバイスを発振させる発振回路と、を備えている。

【0030】

50

本適用例によれば、振動素子実装時の熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイスを備えることにより、所望の周波数を安定して取り出すことができる発振器を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

[適用例 1 3] 本適用例に係るジャイロセンサーは、上記適用例に記載の振動デバイスと、前記振動デバイスを駆動させる駆動回路と、を備えている。

【 0 0 3 2 】

本適用例によれば、振動素子実装時の熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイスを備えることにより、高精度な検出機能を有するジャイロセンサーを得ることができる。

【 0 0 3 3 】

[適用例 1 4] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動デバイスを備えている。

【 0 0 3 4 】

本適用例によれば、振動素子実装時の熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイスを備えることにより、高性能な電子機器を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

[適用例 1 5] 本適用例に係る移動体は、上記適用例に記載の振動デバイスを備えている。

【 0 0 3 6 】

本適用例によれば、振動素子実装時の熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイスを備えることにより、高性能な移動体を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 7 】

【 図 1 A 】 第 1 実施形態に係る振動デバイスの構成を示す概略平面図。

【 図 1 B 】 図 1 A の P 1 - P 1 線における概略断面図。

【 図 1 C 】 図 1 A の P 2 - P 2 線における概略断面図。

【 図 1 D 】 図 1 A の裏面の構成を示す概略平面図。

【 図 2 】 A T カット水晶基板と結晶軸との関係を説明するための図。

【 図 3 A 】 第 2 実施形態に係る振動デバイスの構成を示す概略平面図。

【 図 3 B 】 図 3 A の P 3 - P 3 線における概略断面図。

【 図 4 A 】 第 3 実施形態に係る振動デバイスの構成を示す概略平面図。

【 図 4 B 】 図 4 A の P 4 - P 4 線における概略断面図。

【 図 5 A 】 第 4 実施形態に係る振動デバイスの構成を示す概略平面図。

【 図 5 B 】 図 5 A の P 5 - P 5 線における概略断面図。

【 図 6 】 本実施形態に係る発振器の構成を示す概略断面図。

【 図 7 】 本実施形態に係るジャイロセンサーの構成を示す概略断面図。

【 図 8 】 電子機器の一例としてのモバイル型のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図。

【 図 9 】 電子機器の一例としての携帯電話機の構成を示す斜視図。

【 図 1 0 】 電子機器の一例としてのデジタルスチールカメラの構成を示す斜視図。

【 図 1 1 】 移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 8 】

以下に本発明を具体化した実施形態について、図面を参照して説明する。以下は、本発明の一実施形態であって、本発明を限定するものではない。なお、以下の各図においては、説明を分かりやすくするため、実際とは異なる尺度で記載している場合がある。

【 0 0 3 9 】

[振動デバイス]

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態 ~ 第 3 実施形態に係る振動デバイスとして、中央部に凸部を有す

10

20

30

40

50

るメサ形状で厚み滑り振動するＡＴカット水晶基板で構成された振動素子を実装した振動デバイスを一例として挙げ説明する。

先ず、本発明の第１実施形態に係る振動デバイス１について、図１Ａ～図１Ｄを参照して説明する。

図１Ａは、第１実施形態に係る振動デバイス１の構成を示す概略平面図であり、図１Ｂは、図１ＡのＰ１－Ｐ１線における概略断面図であり、図１Ｃは、図１ＡのＰ２－Ｐ２線における概略断面図であり、図１Ｄは、図１Ａの裏面の構成を示す概略平面図である。図１Ａにおいて、振動デバイス１の内部の構成を説明する便宜上、蓋部材４２を取り外した状態を図示している。また、図１Ａ～以降で参照する図４Ｂ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、各軸については水晶の結晶方向と一致するので、後述する図２において詳細に説明する。また、以下の説明では、説明の便宜上、振動素子１０の厚さ方向であるＹ'軸方向から見たときの平面視を単に「平面視」とも言う。また、説明の便宜上、Ｙ'軸方向（矢印の先端方向）から見たときの平面視において、＋Ｙ'軸方向（矢印方向）の面を上面、－Ｙ'軸方向（矢印方向と反対側の方向）の面を下面として説明する。

10

【００４０】

第１実施形態に係る振動デバイス１は、図１Ａ～図１Ｃに示すように、振動素子１０と、振動素子１０を支持する支持部材１８と、支持部材１８に接合された振動素子１０を収納するパッケージ本体３０と、を含み構成されており、パッケージ本体３０のキャビティー３８内に、支持部材１８、振動素子１０の順で積層されている。

20

【００４１】

振動素子１０は、厚さ（Ｙ'軸方向の長さ）が周辺部より肉厚で上面および下面に凸な振動部１２と、振動部１２の周辺で固定部１６を含む薄肉部１４と、で構成されている。ここで、振動素子１０の固定部１６とは、接合部材２２と接して固着されている領域を謂う。振動素子１０は、平面視で長形状であり、振動部１２が長手方向（Ｘ軸方向）の中心より一方の端部側へ近い位置に設けられ、支持部材１８に接合・固定するための固定部１６は、振動素子１０の他方の端部側に近い位置に設けられている。そのため、固定部１６が支持部材１８に接合されることで、振動素子１０が支持部材１８に支持される。

【００４２】

また、振動素子１０を構成する材料は、ＡＴカット水晶基板であり、温度特性に優れた振動特性を有する。なお、振動部１２の上面と下面に設けられた励振電極（図示せず）に電圧を印加することで、振動部１２が厚み滑り振動する。また、振動部１２が凸部を有するメサ形状であるため、厚み滑り振動の振動エネルギーが振動部１２以外の薄肉部１４へ漏洩するのを防止することができ、安定な振動特性を有することができる。

30

【００４３】

支持部材１８は、平面視で矩形状であり、振動素子１０の固定部１６と略同一面積を有しおり、支持部材１８の下面に、パッケージ本体３０の第１の基板３２と接合部材２４を介して接合する接合部２０が設けられている。ここで、支持部材１８の接合部２０とは、接合部材２４と接する領域を謂う。また、支持部材１８を構成する材料は、振動素子１０と同様にＡＴカット水晶基板である。よって、支持部材１８に振動素子１０を接合した場合、熱応力に伴う歪が非常に小さい。

40

【００４４】

パッケージ本体３０は、基板としての第１の基板３２と、第２の基板３４と、外部接続部としての実装端子３６と、を積層して形成されている。また、パッケージ本体３０は、振動素子１０側に開放するキャビティー３８を有している。キャビティー３８内に振動素子１０が接合された支持部材１８を接合し、ホウケイ酸ガラス等の封止材４４により蓋部材４２を接合することで、キャビティー３８内が気密封止された振動デバイス１を得ることができる。

第１の基板３２および第２の基板３４を構成する材料は、例えば、酸化物系セラミックス、窒化物系セラミックス、炭化物系セラミックス等の各種セラミックスである。

50

また、実装端子 36 を構成する材料は、タングステン (W) やモリブデン (Mo) 等の金属配線材料上にニッケル (Ni) や金 (Au) 等のめっきが施されている。

【0045】

なお、第 1 の基板 32 の上面には、第 1 の基板 32 の下面に形成された 2 つの実装端子 36 と電氣的に導通する 2 つの配線が設けられており、一方の配線が振動素子 10 の上面に形成された励振電極とワイヤーボンディング等で電氣的に導通されている。また、振動素子 10 の下面に形成された励振電極は、導電性接着剤等の接合部材 22, 24 と支持部材 18 の上面、下面および側面に連続して形成された導電層を介して、他方の配線に電氣的に導通されている。そのため、第 1 の基板 32 の下面に形成された 2 つの実装端子 36 間に電圧を印加すると振動素子 10 の上面および下面に形成された励振電極に電圧が印加され、振動素子 10 を励振することができる。

10

【0046】

次に、振動デバイス 1 の実装構造について、詳細に説明する。

振動デバイス 1 は、パッケージ本体 30 を構成する基板としての第 1 の基板 32 の上面に、接合部材 24 を介して、支持部材 18 の接合部 20 が接合され、支持部材 18 の上面に、接合部材 22 を介して、振動素子 10 の固定部 16 が接合・固定されている。従って、振動素子 10 は、支持部材 18 を介して、第 1 の基板 32 の上面に実装されているため、第 1 の基板 32 と振動素子 10 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和することができる。なお、第 1 の基板 32 を構成材料であるセラミックスの熱膨張係数は、 $7.5 \times 10^{-6} / K$ であり、振動素子 10 を構成材料の AT カット水晶基板の熱膨張係数は $13.2 \times 10^{-6} / K$ である。

20

【0047】

また、支持部材 18 の接合部 20 を内包する矩形領域の面積 A_2 が振動素子 10 の固定部 16 を内包する矩形領域の面積 A_1 より小さくなる、 $A_1 > A_2$ となるように設計されているので、支持部材 18 と第 1 の基板 32 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪の領域を小さくすることができ、熱応力に伴う歪を固定部 16 から振動素子 10 の振動部 12 へ伝わり難くしている。なお、支持部材 18 の厚さ (Y' 軸方向の長さ) は、厚い方が接合部 20 における熱応力に伴う歪が固定部 16 に到達するまでに減衰されるので、熱応力に伴う歪の影響をより低減することができる。

【0048】

30

固定部 16 の面積 A_1 と接合部 20 の面積 A_2 との関係は、支持部材 18 を第 1 の基板 32 に接合する機械的強度を保持しつつ、支持部材 18 と第 1 の基板 32 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和するためには、 $0.1 < (A_2 / A_1) < 1.0$ を満たすことが好ましい。

また、より好ましくは、 $0.5 < (A_2 / A_1) < 0.8$ を満たすことで、支持部材 18 を第 1 の基板 32 に接合する機械的強度を向上させ、より安定して保持することができる。

【0049】

なお、振動デバイス 1 の裏面 (第 1 の基板 32 の下面) には、図 1D に示すように、短辺方向 (Z' 軸方向) の中央部に 2 つの外部接続部としての実装端子 36 が設けられている。また、平面視において、2 つの実装端子 36 を内包する矩形領域の面積 A_3 は、第 1 の基板 32 に接合する支持部材 18 の接合部 20 を内包する面積 A_2 に比べ大きくなる、 $A_3 > A_2$ となるように設計されている。そのため、振動デバイス 1 を、例えば、発振回路や各種部品が搭載された実装基板等を実装した際に、2 つの実装端子 36 間に生じる振動デバイス 1 の第 1 の基板 32 と実装基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪の中で、接合部 20 の面積 A_2 に関わる領域のみの歪が固定部 16 に伝わることとなる。従って、第 1 の基板 32 と実装基板とによる熱応力に伴う歪を緩和し、熱応力に伴う歪の影響を低減することができる。

40

【0050】

2 つの実装端子 36 の面積 A_3 と接合部 20 の面積 A_2 との関係は、第 1 の基板 32 と

50

実装基板とによる熱応力に伴う歪を大幅に緩和するためには、 $1 \leq (A_2 / A_3) \leq 10$ を満たすことが好ましい。

また、より好ましくは、 $2 \leq (A_2 / A_3) \leq 5$ を満たすことで、小型化を図りつつ、第 1 の基板 32 と実装基板とによる熱応力に伴う歪を大幅に緩和し、熱応力に伴う歪を振動素子 10 に伝わり難くすることができる。

【0051】

次に、振動素子 10 を構成する水晶基板について、図 2 を参照して説明する。

図 2 は、AT カット水晶基板と結晶軸との関係を説明するための図である。

振動素子 10 を構成する水晶基板は、図 2 に示すように、互いに直交する結晶軸 X, Y, Z を有し、X 軸は電気軸、Y 軸は機械軸、Z 軸は光学軸と、それぞれ呼称され、XZ 面を X 軸の回りに所定の角度 θ だけ回転させた平面に沿って、切り出された平板で、回転 Y カット水晶基板である。

【0052】

回転 Y カット水晶基板の角度 θ が $35 \leq \theta \leq 55^\circ$ ($35^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$) の場合、AT カット水晶基板と呼称され、優れた温度特性を有する。ここで、AT カット水晶基板は、直交する結晶軸 X, Y', Z' を有し、厚さ方向が Y' 軸であり、Y' 軸に直交する X 軸と Z' 軸を含む面が主面であり、振動部 12 の主面に厚み滑り振動が主振動として励振される。

なお、本実施形態では、メサ形状の AT カット水晶基板で構成された振動素子 10 を一例として挙げ説明したが、これに限定されることはなく、平板状の水晶基板でも構わない。

【0053】

また、振動素子 10 を構成する材料は、AT カット水晶基板に限定されず、角度 θ が 49° である BT カット水晶基板でも構わない。更に、水晶基板に限定されず、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3)、タンタル酸リチウム (LiTaO_3)、リチウムテトラボレート ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)、ニオブ酸カリウム (KNbO_3)、リン酸ガリウム (GaPO_4)、ランガサイト ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$) 等があっても構わない。

【0054】

以上述べたように、第 1 実施形態に係る振動デバイス 1 によれば、以下の効果を得ることができる。

振動デバイス 1 が低温と高温との間の温度変化を繰り返す温度サイクルを受けた時、第 1 の基板 32 に接合されている支持部材 18 の接合部 20 を内包する最小の矩形の面積 A_2 が、支持部材 18 に接合されている振動素子 10 の固定部 16 を内包する最小の矩形の面積 A_1 より小さいため、支持部材 18 と第 1 の基板 32 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、第 1 の基板 32 が受ける歪が振動素子 10 へ伝わるのを低減することができる。従って、温度サイクルを受けた時、周波数変化等の振動特性の変化が低減された振動デバイス 1 を得ることができる。

また、振動素子 10 を第 1 の基板 32 に実装する際に、支持部材 18 を介しているため、振動素子 10 と第 1 の基板 32 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和することができる。また、第 1 の基板 32 に接合する支持部材 18 の接合部 20 を内包する面積 A_2 が、支持部材 18 に接合する振動素子 10 の固定部 16 を内包する面積 A_1 より小さい、つまり、 $A_1 \geq A_2$ であるため、支持部材 18 を第 1 の基板 32 に接合する際に、支持部材 18 と第 1 の基板 32 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、支持部材 18 実装時の歪が振動素子 10 へ伝わるのを低減することができる。従って、第 1 の基板 32 への実装前後における周波数変化や実装時の歪によるエージング変化等の振動特性の劣化を低減した振動デバイス 1 を得ることができる。

【0055】

また、支持部材 18 を第 1 の基板 32 に接合する機械的強度を保持しつつ、支持部材 18 と第 1 の基板 32 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和するために、固定部 16 の面積 A_1 と接合部 20 の面積 A_2 との関係が、 $0.1 \leq (A_2 / A_1) \leq 1.0$ を満たすことが好ましく、 $0.5 \leq (A_2 / A_1) \leq 0.8$ を満たすことがより好ましい。

。

【0056】

また、支持部材18が少なくとも一部が振動素子10と同じ材料であるので、振動素子10が支持部材18に接合されている状態で、熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を小さくでき、支持部材18からの歪の影響をより低減することができる。

また、振動素子10を支持部材18に接合する際に、熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪がほとんどないので、支持部材18への接合時の歪の影響をより低減することができる。

【0057】

また、振動デバイス1を実装端子36を介して、電子機器の実装基板等を実装する際に、第1の基板32に接合する支持部材18の接合部20を内包する面積A2が、複数の実装端子36を内包する面積A3より小さいため、振動デバイス1の第1の基板32と実装基板との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪の中で、接合部20の領域に関わる歪のみが支持部材18へ伝わる。そのため、電子機器の実装基板等へ実装された場合の実装基板からの応力による歪を緩和することができ、安定した振動特性を有する振動デバイス1を得ることができる。

【0058】

また、第1の基板32と実装基板とによる熱応力に伴う歪を大幅に緩和するために、複数の実装端子36の面積A3と接合部20の面積A2との関係が、 $1 < (A2 / A3)$ 100を満たすことが好ましく、 $2 < (A2 / A3) < 5$ を満たすことがより好ましい。

【0059】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態に係る振動デバイス1aについて、図3Aおよび図3Bを参照して説明する。

図3Aは、第2実施形態に係る振動デバイス1aの構成を示す概略平面図であり、図3Bは、図3AのP3 - P3線における概略断面図である。図3Aにおいて、振動デバイス1aの内部の構成を説明する便宜上、蓋部材42を取り外した状態を図示している。なお、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の構成には、同一の符号を附しており、同様の事項については、その説明を省略する。

【0060】

第2実施形態に係る振動デバイス1aは、第1実施形態に係る振動デバイス1と比較し、支持部材18a、固定部16a、16bおよび接合部20a、20bの構造および構成が異なる。

本実施形態の振動デバイス1aは、図3Aおよび図3Bに示すように、振動素子10と、振動素子10の長手方向(X軸方向)と交差する方向(Z'軸方向)を長手方向とする矩形状の支持部材18aと、支持部材18aに接合された振動素子10を収納するパッケージ本体30と、を含み構成されている。

【0061】

また、支持部材18aのアスペクト比(本実施形態ではX軸方向の長さとZ'軸方向の長さとの比とする)はZ'軸方向が長手方向であり、振動素子10のアスペクト比はX軸方向が長手方向であるため、支持部材18aのアスペクト比と振動素子10のアスペクト比とは異なっている。従って、支持部材18aはZ'軸方向に長いため、Z'軸に沿って振動素子10の固定部16a、16bおよび支持部材18aの接合部20a、20bを複数配置することができ、支持部材18aと振動素子10との接合強度および第1の基板32と支持部材18aとの接合強度を向上させることができる。

【0062】

振動素子10は、薄肉部14に設けられたZ'軸に沿って並ぶ2つの固定部16a、16bにおいて、導電性接着剤等の接合部材22a、22bを介して支持部材18aに接合・固定されている。

振動素子10が接合された支持部材18aは、Z'軸に沿って並ぶ2つの接合部20a

10

20

30

40

50

、20bにおいて、導電性接着剤等の接合部材24a、24bを介して基板としての第1の基板32に接合されている。

【0063】

また、第1の基板32に接合する支持部材18aの2つの接合部20a、20bを内包する面積A2は、支持部材18aに接合する振動素子10の2つの固定部16a、16bを内包する面積A1より小さくなるように設計されているため、第1実施形態と同等の効果を得ることができる。

【0064】

また、支持部材18aの結晶材料を第1の結晶方位とし、振動素子10の結晶材料を第2の結晶方位とすると、結晶方位に依存するヤング率を利用して、平面視において、支持部材18aの第1の結晶方位を振動素子10の第2の結晶方位とは異ならせることにより、支持部材18aと振動素子10との組み合わせによる複合体としてのヤング率を大きくすることができる。そのため、振動素子10は第1の基板32からの応力による影響を受けにくくなり安定な振動特性を有する振動デバイス1aを得ることができる。

また、振動素子10を支持部材18aに接合する接合部材22a、22bと、支持部材18aを第1の基板32に接合する接合部材24a、24bと、を異なる材料で構成することで、例えば、導電性接着剤に換えて金バンプや半田バンプ等とすると、導電性接着剤の硬化時に発生するガスによる周波数変動を低減することができる。従って、安定な振動特性を有する振動デバイス1aを得ることができる。

【0065】

以上述べたように、第2実施形態に係る振動デバイス1aによれば、以下の効果を得ることができる。

第1の基板32に接合する支持部材18aの2つの接合部20a、20bを内包する面積A2が、支持部材18aに接合する振動素子10の2つの固定部16a、16bを内包する面積A1より小さい、つまりA1 < A2であるため、振動デバイス1aが車載環境のような温度サイクルを受けた時、支持部材18と第1の基板32との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、第1の基板32が受ける歪が振動素子10へ伝わるのを低減することができる。従って、温度サイクルを受けた時、周波数変化等の振動特性の変化が低減された振動デバイス1aを得ることができる。

また、支持部材18aを第1の基板32に接合する際に、支持部材18aと第1の基板32との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、支持部材18a実装時の歪が振動素子10へ伝わるのを低減することができる。従って、第1の基板32への実装前後における周波数変化や実装時の歪によるエージング変化等の振動特性の劣化を低減した振動デバイス1aを得ることができる。

【0066】

また、支持部材18aのアスペクト比が振動素子10のアスペクト比とは異なることにより、支持部材18aへの固定部16a、16bを複数とすることができ、また、第1の基板32への接合部20a、20bも複数とすることができる。そのため、固定部16a、16bの面積と接合部20a、20bの面積とを大きくすることができるので、支持部材18aと振動素子10との接合強度および第1の基板32と支持部材18aとの接合強度をそれぞれ向上させることができ、振動素子10を安定して第1の基板32に実装することができる。

【0067】

また、結晶方位に依存するヤング率を利用して、平面視において、支持部材18aの第1の結晶方位を振動素子10の第2の結晶方位とは異ならせることにより、支持部材18aと振動素子10との組み合わせによる複合体としてのヤング率を大きくすることができるので、振動素子10は第1の基板32からの応力による影響を受け難くなり安定な振動特性を有する振動デバイス1aを得ることができる。

また、支持部材18aの結晶方位を振動素子10の結晶方位とは異ならせることにより、支持部材18aと振動素子10との熱膨張係数の差を異ならせることができるので、振

10

20

30

40

50

動素子 10 を支持部材 18 a に接合する接合部材 22 a , 22 b と、支持部材 18 a を第 1 の基板 32 に接合する接合部材 24 a , 24 b と、を異なる材料で構成することができる。そのため、実装時に接合部材 22 a , 22 b , 24 a , 24 b から発生するガス等の影響を低減し、安定な振動特性を有する振動デバイス 1 a を得ることができる。

【0068】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態に係る振動デバイス 1 b について、図4 A および図4 B を参照して説明する。

図4 A は、第3実施形態に係る振動デバイス 1 b の構成を示す概略平面図であり、図4 B は、図4 A の P4 - P4 線における概略断面図である。図4 A において、振動デバイス 1 b の内部の構成を説明する便宜上、蓋部材 42 を取り外した状態を図示している。なお、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の構成には、同一の符号を附してあり、同様の事項については、その説明を省略する。

【0069】

第3実施形態に係る振動デバイス 1 b は、第1実施形態に係る振動デバイス 1 と比較し、振動素子 10 b、支持部材 18 b、固定部 17 a , 17 b および接合部 21 a , 21 b の構造および構成が異なる。

本実施形態の振動デバイス 1 b は、図4 A および図4 B に示すように、ATカット水晶基板からなる振動素子 10 b の中央部に凸部を有する振動素子 10 b と、ATカット水晶基板からなる支持部材 18 b の中央部に凹部を有する支持部材 18 b と、支持部材 18 b に接合された振動素子 10 b を収納するパッケージ本体 30 と、を含み構成されている。

【0070】

振動素子 10 b は、平面視で長方形状であり、振動部 12 が長手方向 (X 軸方向) の中央部に配置され、支持部材 18 b に接合するための2つの固定部 17 a , 17 b が平面視で、振動部 12 の中心を挟む位置であって、且つ + X 軸方向に対して反時計回りに 60 ° で交差する直線 L1 上の薄肉部 14 に設けられている。

【0071】

支持部材 18 b は、平面視で振動素子 10 b と略同一形状であり、振動素子 10 b 側の上面に凹部を有している。これは、振動素子 10 b の振動部 12 が支持部材 18 b と接触するのを防ぐためである。また、支持部材 18 b には、第1の基板 32 に接合するための2つの接合部 21 a , 21 b が平面視で、振動部 12 の中心を挟む位置であって、且つ + X 軸方向に対して反時計回りに 120 ° で交差する直線 L2 上、言い換えると + X 軸方向に対して時計回りに 60 ° で交差する直線 L2 上に設けられている。つまり、図4 A において、振動部 12 の中心に対して + X 軸方向側で - Z' 軸方向の端部の位置と、振動部 12 の中心に対して - X 軸方向側で + Z' 軸方向の端部の位置にそれぞれ2つの接合部 21 a , 21 b が設けられている。ここで、振動素子 10 b の + X 軸方向と支持部材 18 b の + X 軸方向は同じ方向である。

【0072】

ATカット水晶基板は、平面視で + X 軸方向に対して反時計回りで 60 ° と 120 ° において圧縮応力による周波数変動がほぼないことが知られている。これはATカット水晶基板の面内方向のヤング率に依存する結果と考えられるが、この特性を用いて2つの固定部 17 a , 17 b と2つの接合部 21 a , 21 b とが、それぞれ + X 軸方向に対して反時計回りで 60 ° と 120 ° で交差する直線 L1 , L2 上に配置されているため、2つの接合部 21 a , 21 b 間に生じる支持部材 18 b と第1の基板 32 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪は、2つの固定部 17 a , 17 b が2つの接合部 21 a , 21 b が配置された直線 L2 上から離れているので、2つの固定部 17 a , 17 b に伝わり難い。そのため、支持部材 18 b が第1の基板 32 に接合されていることで生じる熱応力に伴う歪を、2つの固定部 17 a , 17 b から振動素子 10 b の振動部 12 へ伝わり難くすることができる。更に、振動素子 10 b の受ける応力が最大になる方向は、ATカット水晶基板の + X 軸方向に対して反時計回りで 60 ° の方向になるので、基板 32 に生じた応力に

よる周波数変動も大幅に抑制できる。

【0073】

また、第1の基板32に接合する支持部材18bの2つの接合部21a, 21bを内包する面積A2は、支持部材18bに接合する振動素子10bの2つの固定部17a, 17bを内包する面積A1より小さくなるように設計されているため、第1実施形態と同等の効果を得ることができる。

【0074】

更に、振動部12は、固定部17a, 17bを内包する矩形領域(A1)および接合部21a, 21bを内包する矩形領域(A2)に重なるように配置されている。そのため、振動素子10bの長手方向(X軸方向)の両端を支持することとなり、振動部12が支持部材18bや第1の基板32に接触することを防止することができる。

10

【0075】

また、前述のように、ATカット水晶基板は、X-Z'面内回転(Y'軸回り)において、X軸から約60°又は約120°(Z'軸から約±30°)の方向からの応力(歪)に対し、周波数変化が零となる特性を有していることが知られている。そのため、2つの固定部17a, 17bが振動部12を挟み、X軸から約60°又は約120°の方向の位置に配置することで、支持部材18bへの接合時の歪による影響を大幅に緩和することができる。また、支持部材18bについても、2つの接合部21a, 21bをX軸から約120°又は約60°の方向の位置に配置することで、第1の基板32への接合時の歪による周波数変動への影響を大幅に緩和することができる。

20

【0076】

なお、支持部材18bの結晶方向を振動素子10bの結晶方向と交差する方向とすることで、2つの固定部17a, 17bが配置された位置から2つの接合部21a, 21bが配置された位置とを遠ざけることができるため、第1の基板32への接合時の歪が2つの固定部17a, 17bを介して振動部12に伝わるのを大幅に低減することができる。

【0077】

以上述べたように、第3実施形態に係る振動デバイス1bによれば、以下の効果を得ることができる。

第1の基板32に接合する支持部材18bの2つの接合部21a, 21bを内包する面積A2が、支持部材18bに接合する振動素子10bの2つの固定部17a, 17bを内包する面積A1より小さい、つまりA1 > A2であるため、振動デバイス1bが車載環境のような温度サイクルを受けた時、支持部材18bと第1の基板32との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、第1の基板32が受ける歪が振動素子10bへ伝わるのを低減することができる。従って、温度サイクルを受けた時、周波数変化等の振動特性の変化が低減された振動デバイス1bを得ることができる。

30

また、支持部材18bを第1の基板32に接合する際に、支持部材18bと第1の基板32との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、支持部材18b実装時の歪が振動素子10bへ伝わるのを低減することができる。従って、第1の基板32への実装前後における周波数変化や実装時の歪によるエージング変化等の振動特性の劣化を低減した振動デバイス1bを得ることができる。

40

【0078】

また、振動部12は、固定部17a, 17bを内包する矩形領域(A1)および接合部21a, 21bを内包する矩形領域(A2)に重なるように配置されているので、振動素子10bのX軸方向の両端を支持することとなり、振動部12が支持部材18bや第1の基板32に接触することを防止することができる。そのため、安定した振動特性を有する振動デバイス1bを得ることができる。

【0079】

また、平面視において、支持部材18bの結晶方向を振動素子10bの結晶方向と交差する方向とすることで、2つの固定部17a, 17bが配置された位置から2つの接合部21a, 21bが配置された位置とを遠ざけることができる。そのため、第1の基板32

50

からの歪が振動部 12 に伝わるのを大幅に低減することができる。

【0080】

(第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態に係る振動デバイス1cについて、ダブルT型と呼ばれる構成の振動ジャイロ素子100を実装した振動デバイスを一例として挙げ、図5Aおよび図5Bを参照して説明する。

図5Aは、第4実施形態に係る振動デバイス1cの構成を示す概略平面図であり、図5Bは、図5AのP5-P5線における概略断面図である。図5Aにおいて、振動デバイス1cの内部の構成を説明する便宜上、蓋部材142を取り外した状態を図示している。また、各図では、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、Z軸方向から見たときの平面視を単に「平面視」とも言う。なお、上述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の構成には、同一の符号を附してあり、同様の事項については、その説明を省略する。

10

【0081】

第4実施形態に係る振動デバイス1cは、第1実施形態に係る振動デバイス1と比較し、振動ジャイロ素子100、支持部材102、固定部150a、150bおよび接合部152a、152bの構造および構成が異なる。

本実施形態の振動デバイス1cは、図5Aおよび図5Bに示すように、振動素子としての振動ジャイロ素子100と、振動ジャイロ素子100を支持する支持部材102と、支持部材102に接合された振動ジャイロ素子100を収納するパッケージ本体130と、

20

【0082】

振動ジャイロ素子100は、圧電材料である水晶を基材(主要部分を構成する材料)として形成されている。水晶は、電気軸と呼ばれるX軸、機械軸と呼ばれるY軸及び光学軸と呼ばれるZ軸を有している。

そして、振動ジャイロ素子100は、水晶結晶軸において直交するX軸及びY軸で規定される平面に沿って切り出されて平板状に加工され、平面と直交するZ軸方向に所定の厚さを有している。なお、所定の厚さは、発振周波数(共振周波数)、外形サイズ、加工性などにより適宜設定される。

30

【0083】

また、振動ジャイロ素子100をなす平板は、水晶からの切り出し角度の誤差を、X軸、Y軸およびZ軸の各々につき多少の範囲で許容できる。例えば、X軸を中心に0度から2度の範囲で回転して切り出したものを使用することができる。Y軸およびZ軸についても同様である。

振動ジャイロ素子100は、フォトリソグラフィ技術を用いたエッチング(ウエットエッチングまたはドライエッチング)により形成されている。なお、振動ジャイロ素子100は、1枚の水晶ウェハーから複数個取りすることが可能である。

【0084】

図5Aに示すように、振動ジャイロ素子100は、ダブルT型と呼ばれる構成となっている。

40

振動ジャイロ素子100は、中心部分に位置する基部110と、基部110からY軸に沿って、直線状に、一方がY軸のプラス方向へ延出され、他方がY軸のマイナス方向へ延出された振動部としての1対の検出用振動腕111a、111bと、検出用振動腕111a、111bと直交するように、基部110からX軸に沿って、直線状に、一方がX軸のプラス方向へ延出され、他方がX軸のマイナス方向へ延出された1対の連結腕113a、113bと、検出用振動腕111a、111bと平行になるように、各連結腕113a、113bの先端側からY軸に沿って、直線状に、一方がY軸のプラス方向へ延出され、他方がY軸のマイナス方向へ延出された振動部としての各1対の駆動用振動腕114a、114b、115a、115bとを備えている。

【0085】

50

また、振動ジャイロ素子 100 は、検出用振動腕 111a, 111b に、図示しない検出電極が形成され、駆動用振動腕 114a, 114b, 115a, 115b に、図示しない駆動電極が形成されている。振動ジャイロ素子 100 は、検出用振動腕 111a, 111b で、角速度を検出する検出振動系を構成し、連結腕 113a, 113b と駆動用振動腕 114a, 114b, 115a, 115b とで、振動ジャイロ素子 100 を駆動する駆動振動系を構成している。

【0086】

また、検出用振動腕 111a, 111b のそれぞれの先端部には、錘部 112a, 112b が形成され、駆動用振動腕 114a, 114b, 115a, 115b のそれぞれの先端部には、錘部 116a, 116b, 117a, 117b が形成されている。これにより、振動ジャイロ素子 100 は、小型化および角速度の検出感度の向上が図られている。なお、検出用振動腕 111a, 111b には、錘部 112a, 112b が含まれ、駆動用振動腕 114a, 114b, 115a, 115b には、錘部 116a, 116b, 117a, 117b が含まれている。

10

【0087】

更に、振動ジャイロ素子 100 は、基部 110 から 4 本の支持腕 120a, 120b, 121a, 121b が延出されている。

支持腕 120a は、連結腕 113a と検出用振動腕 111a との間の基部 110 の外縁から、X 軸方向のマイナス側に延出した後に、Y 軸方向のプラス側に延出し、その後、X 軸方向のプラス側に延出した後、再度 Y 軸方向のプラス側に延出する蛇行形状部 120d を備えている。

20

支持腕 120b は、連結腕 113b と検出用振動腕 111a との間の基部 110 の外縁から、X 軸方向のプラス側に延出した後に、Y 軸方向のプラス側に延出し、その後、X 軸方向のマイナス側に延出した後、再度 Y 軸方向のプラス側に延出する蛇行形状部 120c を備えている。

支持腕 121a は、連結腕 113a と検出用振動腕 111b との間の基部 110 の外縁から、X 軸方向のマイナス側に延出した後に、Y 軸方向のマイナス側に延出し、その後、X 軸方向のプラス側に延出した後、再度 Y 軸方向のマイナス側に延出する蛇行形状部 121d を備えている。

支持腕 121b は、連結腕 113b と検出用振動腕 111b との間の基部 110 の外縁から、X 軸方向のプラス側に延出した後に、Y 軸方向のマイナス側に延出し、その後、X 軸方向のマイナス側に延出した後、再度 Y 軸方向のマイナス側に延出する蛇行形状部 121c を備えている。

30

【0088】

なお、振動ジャイロ素子 100 の各支持腕 120a, 120b, 121a, 121b は、振動ジャイロ素子 100 の重心 G に対して回転対称である。具体的には、支持腕 120a と支持腕 121b とが、振動ジャイロ素子 100 の重心 G を回転中心として回転対称形状であり、支持腕 121a と支持腕 120b とが、振動ジャイロ素子 100 の重心 G を回転中心として回転対称形状である。

40

【0089】

支持腕 120a, 120b の先端部は、Y 軸方向において、検出用振動腕 111a よりプラス側に位置し X 軸に沿って延在する支持部 122 に接続され、支持腕 121a, 121b の先端部は、Y 軸方向において、検出用振動腕 111b よりマイナス側に位置し X 軸に沿って延在する支持部 123 に接続されている。

【0090】

また、支持部 122 には、X 軸に沿って、3 つの固定部 150a が設けられており、支持部 123 には、X 軸に沿って、3 つの固定部 150b が設けられている。

なお、支持部 122 と支持部 123 とは、振動ジャイロ素子 100 の重心 G を回転中心として、回転対称形状となっていることが、バランス上好ましい。

【0091】

50

支持部材 102 は、平面視で矩形状であり、振動ジャイロ素子 100 の支持部 122 , 123 を内包する矩形領域の面積と略同一面積を有している。支持部材 102 は、支持部材 102 の振動ジャイロ素子 100 と対向する面とは反対の面で、振動ジャイロ素子 100 の検出用振動腕 111a , 111b が延出する方向 (Y 軸方向) の両端側に、検出用振動腕 111a , 111b が延出する方向と交差する方向 (X 軸方向) に沿って、それぞれ 3 つの接合部 152a , 152b が設けられている。

【0092】

なお、支持部材 102 の振動ジャイロ素子 100 と対向する面とは反対の面の Y 軸方向のプラス側に設けられた 3 つの接合部 152a は、振動ジャイロ素子 100 の支持部 122 に設けられた 3 つの固定部 150a とそれぞれ対向して配置されている。また、支持部材 102 の振動ジャイロ素子 100 と対向する面とは反対の面の Y 軸方向のマイナス側に設けられた 3 つの接合部 152b は、振動ジャイロ素子 100 の支持部 123 に設けられた 3 つの固定部 150b とそれぞれ対向して配置されている。

10

【0093】

振動ジャイロ素子 100 は、支持部 122 , 123 に設けられた X 軸に沿って並ぶ 3 つの固定部 150a , 150b において、導電性接着剤等の接合部材 104 を介して支持部材 102 に接合されている。

また、振動ジャイロ素子 100 が接合された支持部材 102 は、支持部材 102 の Y 軸方向の両端に X 軸に沿って並ぶ 3 つの接合部 152a , 152b において、導電性接着剤等の接合部材 106 を介してパッケージ本体の 130 の第 1 の基板 132 に接合されている。

20

【0094】

また、第 1 の基板 132 に接合する支持部材 102 の 6 つの接合部 152a , 152b を内包する面積 A2 は、支持部材 102 に接合する振動ジャイロ素子 100 の 6 つの固定部 150a , 150b を内包する面積 A1 より小さくなるように設計されているため、第 1 実施形態と同等の効果を得ることができる。

【0095】

更に、振動部としての検出用振動腕 111a , 111b および駆動用振動腕 114a , 114b , 115a , 115b は、固定部 150a , 150b を内包する矩形領域 (A1) および接合部 152a , 152b を内包する矩形領域 (A2) に重なるように配置されている。そのため、振動領域 (検出用振動腕 111a , 111b および駆動用振動腕 114a , 114b , 115a , 115b) の周辺を支持することとなり、振動領域が支持部材 102 や第 1 の基板 132 に接触することを防止することができる。

30

【0096】

以上述べたように、第 4 実施形態に係る振動デバイス 1c によれば、以下の効果を得ることができる。

第 1 の基板 132 に接合する支持部材 102 の 6 つの接合部 152a , 152b を内包する面積 A2 が、支持部材 102 に接合する振動ジャイロ素子 100 の 6 つの固定部 150a , 150b を内包する面積 A1 より小さい、つまり A1 > A2 であるため、振動デバイス 1c が車載環境のような温度サイクルを受けた時、支持部材 102 と第 1 の基板 132 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、第 1 の基板 132 が受ける歪が振動ジャイロ素子 100 へ伝わるのを低減することができる。従って、温度サイクルを受けた時、周波数変化等の振動特性の変化が低減された振動デバイス 1c を得ることができる。

40

また、支持部材 102 を第 1 の基板 132 に接合する際に、支持部材 102 と第 1 の基板 132 との熱膨張係数の違いによる熱応力に伴う歪を緩和し、支持部材 102 実装時の歪が振動ジャイロ素子 100 へ伝わるのを低減することができる。従って、第 1 の基板 132 への実装前後における周波数変化や実装時の歪によるエージング変化等の振動特性の劣化を低減した振動デバイス 1c を得ることができる。

【0097】

50

また、基部 1 1 0 から延出する支持腕 1 2 0 a , 1 2 0 b , 1 2 1 a , 1 2 1 b に振動ジャイロ素子 1 0 0 接合時に生じる応力を緩和する蛇行形状部 1 2 0 c , 1 2 0 d , 1 2 1 c , 1 2 1 d を備えているので、固定部 1 5 0 a , 1 5 0 b を支持部材 1 0 2 に接合した際に蛇行形状部 1 2 0 c , 1 2 0 d , 1 2 1 c , 1 2 1 d が変形することで、振動ジャイロ素子 1 0 0 接合時の熱応力に伴う歪の影響を低減することができる。

【 0 0 9 8 】

また、振動領域（検出用振動腕 1 1 1 a , 1 1 1 b および駆動用振動腕 1 1 4 a , 1 1 4 b , 1 1 5 a , 1 1 5 b ）が固定部 1 5 0 a , 1 5 0 b を内包する矩形領域（ A 1 ）および接合部 1 5 2 a , 1 5 2 b を内包する矩形領域（ A 2 ）に重なるように配置されている。そのため、振動領域の周辺を支持することとなり、振動領域が支持部材 1 0 2 や第 1 の基板 1 3 2 に接触することを防止することができる。そのため、安定した振動特性を有する振動デバイス 1 c を得ることができる。

【 0 0 9 9 】

[発振器]

次に、本発明の一実施形態に係る振動デバイス 1 ~ 1 b の少なくとも 1 つを備える発振器 2 0 0 について、図 6 を参照して説明する。

図 6 は、本発明の振動デバイス 1 を備える発振器 2 0 0 の構造を示す概略断面図である。なお、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 軸を図示している。

発振器 2 0 0 は、振動デバイス 1 と、振動デバイス 1 を発振させるための発振回路を有する IC チップ（チップ部品）7 0 と、キャビティー 5 8 内に振動デバイス 1 および IC チップ 7 0 を収納するパッケージ本体 5 0 と、ガラス、セラミック、又は金属等から成る蓋部材 6 2 と、を含み構成されている。

【 0 1 0 0 】

パッケージ本体 5 0 は、図 6 に示すように、第 1 の基板 5 2 と、第 2 の基板 5 4 と、実装端子 5 6 と、を積層して形成されている。また、パッケージ本体 5 0 は、振動デバイス 1 および IC チップ 7 0 側に開放するキャビティー 5 8 を有している。

【 0 1 0 1 】

実装基板等に相当する第 1 の基板 5 2 には、キャビティー 5 8 側の面に複数の内部電極 6 0 が設けられており、第 1 の基板 5 2 のキャビティー 5 8 側の面とは反対側の面に複数の実装端子 5 6 が設けられている。また、内部電極 6 0 と実装端子 5 6 とは、図示しない貫通電極や層間配線を介して、電氣的に導通されている。

【 0 1 0 2 】

パッケージ本体 5 0 のキャビティー 5 8 内には、第 1 の基板 5 2 に設けられた内部電極 6 0 上に導通性を有する接着剤等の接合部材 6 6 を介して振動デバイス 1 が接合され、第 1 の基板 5 2 上にろう材あるいは接着剤等の接合部材 6 8 を介して IC チップ 7 0 が接合・固定されている。また、IC チップ 7 0 は、ボンディングワイヤー 7 2 によって内部電極 6 0 と電氣的に導通されている。なお、キャビティー 5 8 内は、ホウケイ酸ガラス等の封止材 6 4 により蓋部材 6 2 が接合されることで、気密封止されている。

【 0 1 0 3 】

IC チップ 7 0 は、振動デバイス 1（振動素子 1 0）の発振を制御するための発振回路を有しており、この発振回路によって内部電極 6 0 を介して振動素子 1 0 に電圧を印加することにより、振動素子 1 0 を発振させ、所定の発振周波数を出力することができる。

従って、振動素子 1 0 , 1 0 b 実装時の熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイス 1 ~ 1 b を備えていることにより、所望の共振周波数を安定して取り出すことができる発振器 2 0 0 を得ることができる。

【 0 1 0 4 】

[ジャイロセンサー]

次に、本発明の一実施形態に係る振動デバイス 1 c（振動ジャイロ素子 1 0 0）を備えるジャイロセンサー 3 0 0 について、図 7 を参照して説明する。

図 7 は、本発明の振動デバイス 1 c を備えるジャイロセンサー 3 0 0 の構造を示す概略断面図である。なお、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、図 5 A および図 5 B に用いた軸と同一である。

【 0 1 0 5 】

ジャイロセンサー 3 0 0 は、図 7 に示すように、振動ジャイロ素子 1 0 0、支持部材 1 0 2、振動ジャイロ素子 1 0 0 を駆動させる駆動回路を有する IC チップ 1 9 6、パッケージ本体 1 8 0 および蓋部材 1 9 2 を含み構成されている。

セラミックなどで形成され、キャビティー 1 8 8 内が 3 段の凹部で構成されたパッケージ本体 1 8 0 は、第 1 の基板 1 8 1 と、第 2 の基板 1 8 2 と、第 3 の基板 1 8 3 と、第 4 の基板 1 8 4 と、実装端子 1 8 6 と、を積層して形成されている。

10

【 0 1 0 6 】

パッケージ本体 1 8 0 のキャビティー 1 8 8 内には、第 1 の基板 1 8 1 上にろう材あるいは接着剤等の接合部材 1 9 7 を介して IC チップ 1 9 6 が接合されている。また、IC チップ 1 9 6 は、ボンディングワイヤー 1 9 8 によって、第 2 の基板 1 8 2 上に設けられた内部電極 1 9 0 と電氣的に導通されている。なお、IC チップ 1 9 6 には、振動ジャイロ素子 1 0 0 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ジャイロ素子 1 0 0 に生じる検出振動を検出する検出回路とが含まれている。

【 0 1 0 7 】

振動ジャイロ素子 1 0 0 は、上述した振動デバイス 1 c のように、支持部 1 2 2、1 2 3 に設けられた 6 つの固定部 1 5 0 a、1 5 0 b を支持部材 1 0 2 に接合部材 1 0 4 を介して接合されている。振動ジャイロ素子 1 0 0 が接合された支持部材 1 0 2 は、支持部材 1 0 2 の Y 軸方向の端部に設けられた 6 つの接合部 1 5 2 a、1 5 2 b を第 3 の基板 1 8 3 に接合部材 1 0 6 を介して接合されている。

20

【 0 1 0 8 】

なお、第 3 の基板 1 8 3 上には、図示しない内部電極が設けられており、振動ジャイロ素子 1 0 0 に設けられた図示しない駆動電極や検出電極と電氣的に導通されている。また、図示しない貫通電極や層間配線を介して、第 2 の基板 1 8 2 に設けられた内部電極 1 9 0 や第 1 の基板 1 8 1 に設けられた実装端子 1 8 6 と電氣的に導通されている。

そして、ジャイロセンサー 3 0 0 のキャビティー 1 8 8 内は、略真空又は減圧雰囲気保持され、ハウケイ酸ガラス等の封止材 1 9 4 により蓋部材 1 9 3 が接合されることで、気密封止されている。

30

【 0 1 0 9 】

従って、熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイス 1 c を備えていることにより、高精度な検出機能を有するジャイロセンサー 3 0 0 を得ることができる。

【 0 1 1 0 】

[電子機器]

次に、本発明の一実施形態に係る振動デバイス 1 ~ 1 c の少なくとも 1 つを適用した電子機器について、図 8、図 9 および図 1 0 を参照して説明する。なお、以下の例では 1 つの振動デバイス 1 のみを図示しているが、2 個以上の振動デバイス 1 ~ 1 c が搭載されていてもよいし、2 個以上の振動デバイス 1 ~ 1 c が同じものでも、振動デバイス 1 ~ 1 c のうち異なるものであってもよい。

40

【 0 1 1 1 】

図 8 は、本実施形態に係る振動デバイス 1 を備える電子機器としてのモバイル型（又はノート型）のパーソナルコンピュータの構成の概略を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピュータ 1 1 0 0 は、キーボード 1 1 0 2 を備えた本体部 1 1 0 4 と、ディスプレイ 1 0 0 0 を備えた表示ユニット 1 1 0 6 とにより構成され、表示ユニット 1 1 0 6 は、本体部 1 1 0 4 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 1 1 0 0 には、基準クロック等として機能する振動デバイス 1 が内蔵されている。

【 0 1 1 2 】

50

図 9 は、本発明の一実施形態に係る振動デバイス 1 を備える電子機器としての携帯電話機（PHS（Personal Handyphone System）やスマートフォンも含む）の構成の概略を示す斜視図である。この図において、携帯電話機 1200 は、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、ディスプレイ 1000 が配置されている。このような携帯電話機 1200 には、基準クロック等として機能する振動デバイス 1 が内蔵されている。

【0113】

図 10 は、本発明の一実施形態に係る振動デバイス 1 を備える電子機器としてのデジタルスチールカメラの構成の概略を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。デジタルスチールカメラ 1300 は、被写体の光像を CCD（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

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、ディスプレイ 1000 が設けられ、CCD による撮像信号に基づいて表示を行なう構成になっており、ディスプレイ 1000 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 等を含む受光ユニット 1304 が設けられている。

撮影者がディスプレイ 1000 に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1306 を押下すると、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。また、このデジタルスチールカメラ 1300 においては、ケース 1302 の側面には、ビデオ信号出力端子 1312 と、データ通信用の入出力端子 1314 とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子 1312 にはテレビモニター 1330 が、データ通信用の入出力端子 1314 にはパーソナルコンピューター 1340 が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリー 1308 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1330 や、パーソナルコンピューター 1340 に出力される構成になっている。このようなデジタルスチールカメラ 1300 には、基準クロック等として機能する振動デバイス 1 が内蔵されている。

【0114】

上述したように、電子機器として、熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイス 1 ~ 1c を備えることにより、高性能の電子機器を得ることができる。

【0115】

なお、本発明の一実施形態に係る振動デバイス 1 ~ 1c は、図 8 のパーソナルコンピューター 1100（モバイル型パーソナルコンピューター）、図 9 の携帯電話機 1200、図 10 のデジタルスチールカメラ 1300 の他にも、例えば、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ー）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、カーナビゲーション装置、ページャー、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、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS（Point of Sale）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、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等の電子機器に適用することができる。

【0116】

〔移動体〕

次に、本発明の一実施形態に係る振動デバイス 1 ~ 1c を適用した移動体について説明する。

図 11 は、本発明の移動体の一例としての自動車 1400 を概略的に示す斜視図である。自動車 1400 には、振動デバイス 1 が搭載されている。振動デバイス 1 は、キーレスエントリー、イモビライザー、ナビゲーションシステム、エアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS：Antilock Brake System）、エアバック、タイヤプレッシャーモニタリングシステム（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロ

10

20

30

40

50

ール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター、車体姿勢制御システム等の電子制御ユニット（ＥＣＵ：Electronic Control Unit）１４１０に広く適用できる。

【０１１７】

上述したように、移動体として、熱応力に伴う歪の影響を低減した振動デバイス１～１ｂを備えることにより、高性能の移動体を得ることができる。

【０１１８】

以上、本発明の振動デバイス１～１ｃ、発振器２００、ジャイロセンサー３００、電子機器（１１００，１２００，１３００）、および移動体（１４００）について、図示の実施形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良い。また、前述した各実施形態を適宜組み合わせても良い。

10

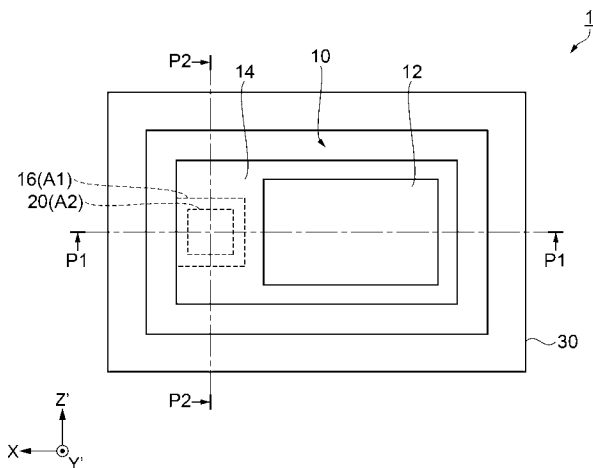
【符号の説明】

【０１１９】

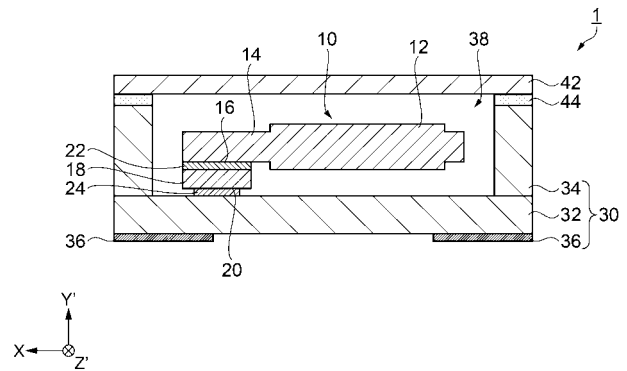
１，１ａ，１ｂ，１ｃ…振動デバイス、１０，１０ｂ…振動素子、１２…振動部、１４…薄肉部、１６…固定部、１８…支持部材、２０…接合部、２２，２４…接合部材、３０…パッケージ本体、３２…基板としての第１の基板、３４…第２の基板、３６…外部接続部としての実装端子、３８…キャピティー、４２…蓋部材、４４…封止材、１００…振動ジャイロ素子、２００…発振器、３００…ジャイロセンサー、１１００…パーソナルコンピュータ、１２００…携帯電話機、１３００…デジタルスチールカメラ、１４００…自動車。

20

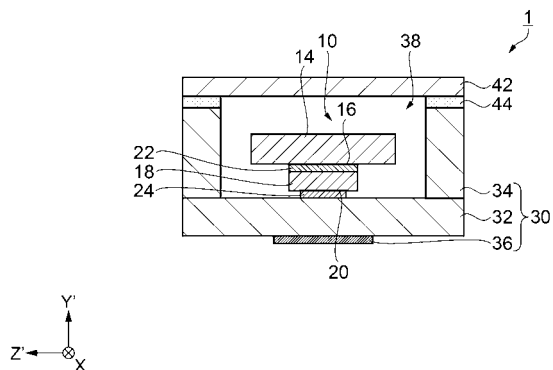
【図１Ａ】



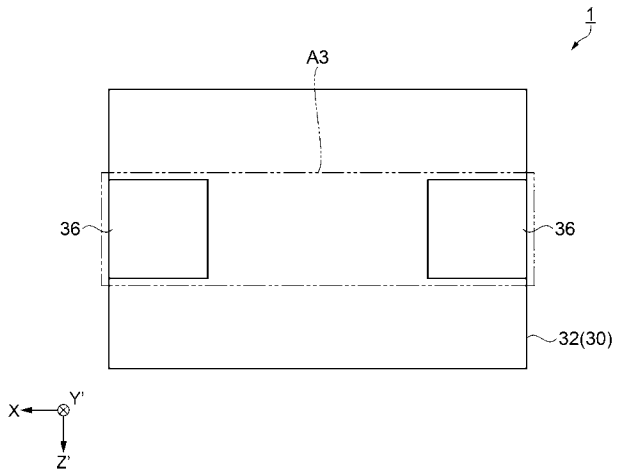
【図１Ｂ】



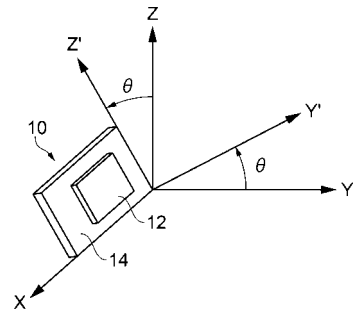
【図１Ｃ】



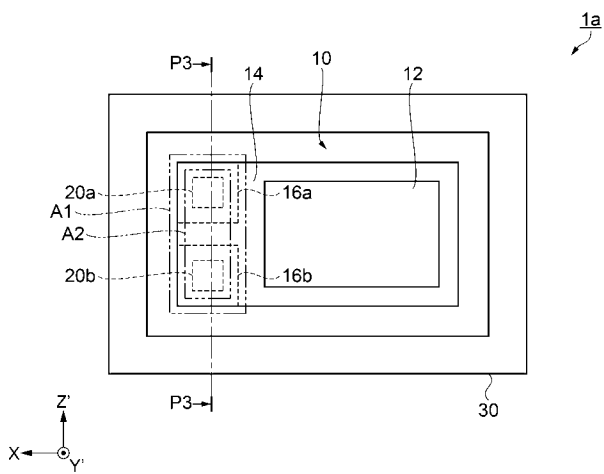
【図 1 D】



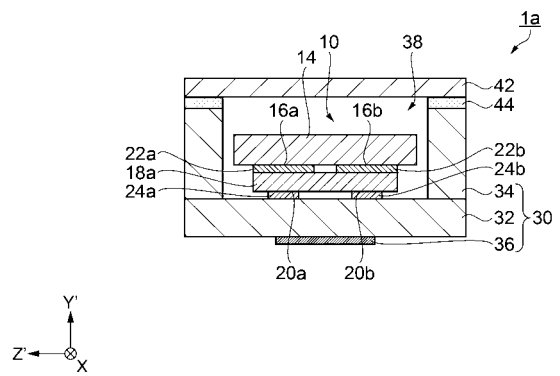
【図 2】



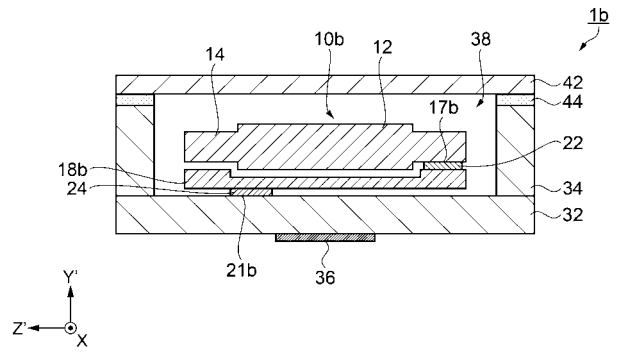
【図 3 A】



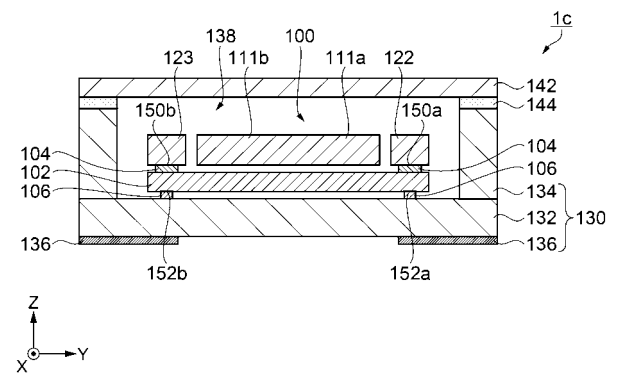
【図 3 B】



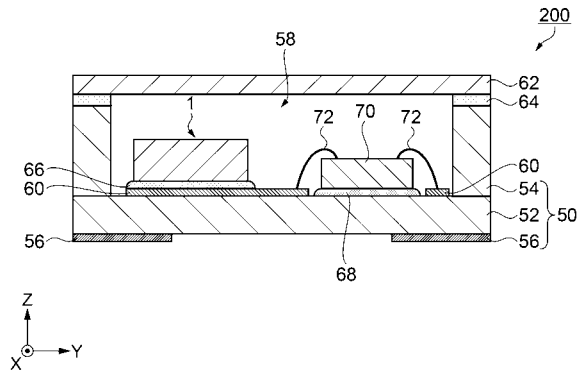
【 図 4 B 】



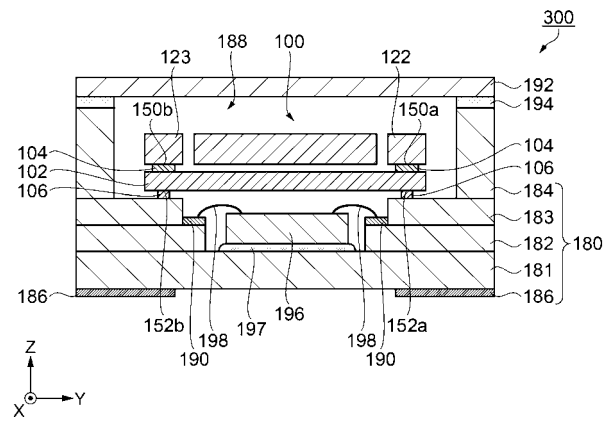
【 ㄨ 5 B 】



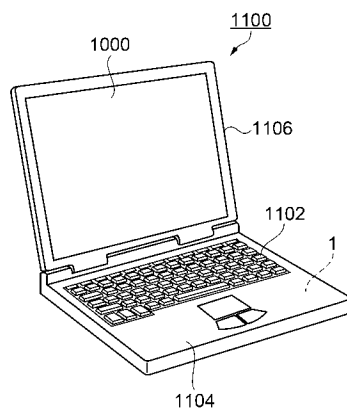
【図 6】



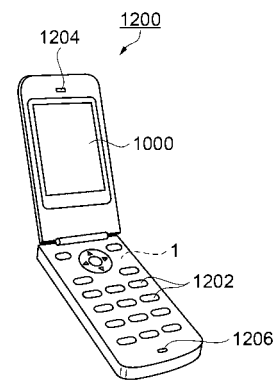
【図 7】



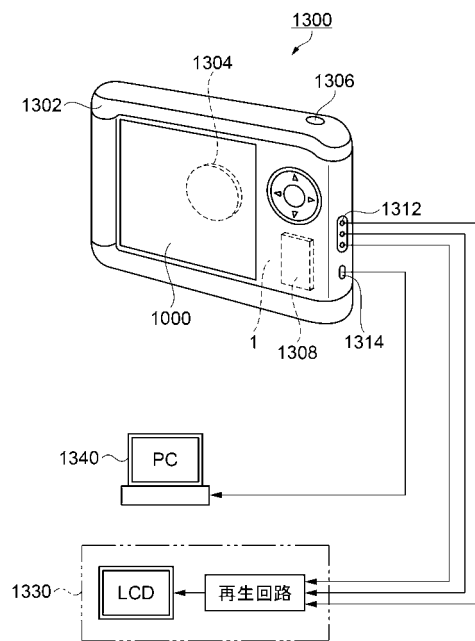
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

