

(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2020-161908

(P2020-161908A)

(43) 公開日 令和2年10月1日(2020.10.1)

(51) Int.Cl.

H03H	9/10	(2006.01)
H03B	5/32	(2006.01)
H03H	9/19	(2006.01)

F 1

HO 3 H	9/10
HO 3 B	5/32
HO 3 H	9/19

テーマコード(参考)

5 J 0 7 9

H 5 J 1 0 8

D

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2019-57428 (P2019-57428)

(22) 出願日

平成31年3月25日 (2019.3.25)

(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 100091292

弁理士 増田 達哉

(74) 代理人 100091627

弁理士 朝比 一夫

(72) 発明者 小幡 直久

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

F ターム(参考) 5J079 AA04 AA05 BA02 BA39 CB01
 5J108 AA01 BB02 BB05 CC04 DD02
 EE03 EE07 EE14 EE18 FF10
 GG03 GG07 GG15 GG16 GG20
 GG21

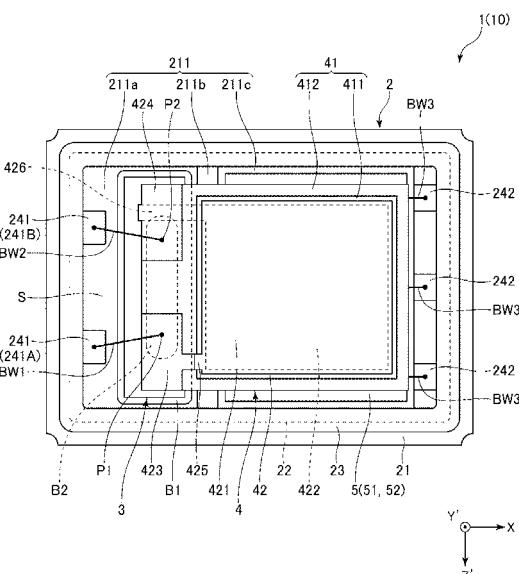
(54) 【発明の名称】振動デバイス、発振器、電子機器および移動体

(57) 【要約】

【課題】優れた振動特性を発揮することのできる振動デバイス、発振器、電子機器および移動体を提供すること。

【解決手段】振動デバイスは、第1ベース端子および第2ベース端子を含むベースと、第1接合部材と、前記ベースに前記第1接合部材を介して接合されている中間基板と、第2接合部材と、素子基板、前記素子基板の第1面に配置されている第1励振電極、前記素子基板の第1面と反対の第2面に配置されている第2励振電極、前記第1励振電極と接続されている第1端子および前記第2励振電極と接続されている第2端子を含み、前記中間基板に前記第2接合部材を介して接合されている振動素子と、を備え、前記第1端子と前記第1ベース端子とが第1ワイヤーにより電気的に接続され、前記第2端子と前記第2ベース端子とが第2ワイヤーにより電気的に接続されている。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第1ベース端子および第2ベース端子を含むベースと、
第1接合部材と、
前記ベースに前記第1接合部材を介して接合されている中間基板と、
第2接合部材と、
素子基板、前記素子基板の第1面に配置されている第1励振電極、前記素子基板の第1面と反対の第2面に配置されている第2励振電極、前記第1励振電極と接続されている第1端子および前記第2励振電極と接続されている第2端子を含み、前記中間基板に前記第2接合部材を介して接合されている振動素子と、を備え、

前記第1端子と前記第1ベース端子とが第1ワイヤーにより電気的に接続され、
前記第2端子と前記第2ベース端子とが第2ワイヤーにより電気的に接続されていることを特徴とする振動デバイス。

【請求項 2】

前記中間基板および前記素子基板は、それぞれ、水晶により構成されている請求項1に記載の振動デバイス。

【請求項 3】

前記中間基板の結晶軸は、前記素子基板の結晶軸に沿っている請求項2に記載の振動デバイス。

【請求項 4】

前記素子基板は、ATカット水晶基板により構成されている請求項2または3に記載の振動デバイス。

【請求項 5】

平面視で、前記第1ワイヤーが前記第1端子に接続されている箇所は、前記第2接合部材と重なっており、

平面視で、前記第2ワイヤーが前記第2端子に接続されている箇所は、前記第2接合部材と重なっている請求項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 6】

平面視で、前記第2接合部材は、前記第1接合部材と重なっている請求項1ないし5のいずれか1項に記載の振動デバイス。

【請求項 7】

前記素子基板の前記第2接合部材と接合されている部分の厚さをT1とし、
前記中間基板の前記第2接合部材と接合されている部分の厚さをT2としたとき、
T2 > T1である請求項1ないし6のいずれか1項に記載の振動デバイス。

【請求項 8】

前記素子基板の前記第1励振電極と前記第2励振電極とに挟まれている部分の厚さをT3としたとき、

T2 > T3である請求項7に記載の振動デバイス。

【請求項 9】

前記素子基板は、ATカット水晶基板により構成され、水晶の結晶軸であるX軸方向に沿う辺を有し、

前記第1端子および前記第2端子は、前記辺に沿って並んで配置されている請求項1ないし3のいずれか1項、または請求項5ないし8のいずれか1項に記載の振動デバイス。

【請求項 10】

前記素子基板の前記第2接合部材と接合されている第1部分の厚さをT1とし、前記素子基板の前記第1励振電極と前記第2励振電極とに挟まれている第2部分の厚さをT3としたとき、

T3 > T1であり、

前記中間基板の前記振動素子側の面は、平面視で、前記第1部分と重なっている第1面と、前記第2部分と重なり、前記第1面に対して前記振動素子とは反対側に位置する第2

10

20

30

40

50

面と、を有する請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の振動デバイス。

【請求項 1 1】

請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の振動デバイスと、
前記振動素子と電気的に接続され、発振信号を出力する発振回路と、を備えていることを特徴とする発振器。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の発振器と、
前記発振器から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路と、を備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 に記載の発振器と、
前記発振器から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路と、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、発振器、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載されている発振器は、ベースと、ベースに支持されている台座と、台座に支持されている振動素子と、を有する。また、振動素子は、導電性の接着剤を用いて台座に機械的および電気的に接続されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 13650 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このように、導電性の接着剤を用いて振動素子と台座との電気的な接続を行うと、電気的な接続が不十分となり、振動素子の振動特性に影響を与えるおそれ、特に、振動特性が不安定となるおそれがあった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本適用例に係る振動デバイスは、第 1 ベース端子および第 2 ベース端子を含むベースと

、
第 1 接合部材と、

前記ベースに前記第 1 接合部材を介して接合されている中間基板と、

第 2 接合部材と、

素子基板、前記素子基板の第 1 面に配置されている第 1 励振電極、前記素子基板の第 1 面と反対の第 2 面に配置されている第 2 励振電極、前記第 1 励振電極と接続されている第 1 端子および前記第 2 励振電極と接続されている第 2 端子を含み、前記中間基板に前記第 2 接合部材を介して接合されている振動素子と、を備え、

前記第 1 端子と前記第 1 ベース端子とが第 1 ワイヤーにより電気的に接続され、

前記第 2 端子と前記第 2 ベース端子とが第 2 ワイヤーにより電気的に接続されていることを特徴とする。

【0006】

本適用例に係る振動デバイスでは、前記中間基板および前記素子基板は、それぞれ、水晶により構成されていることが好ましい。

【0007】

10

20

30

40

50

本適用例に係る振動デバイスでは、前記中間基板の結晶軸は、前記素子基板の結晶軸に沿っていることが好ましい。

【0008】

本適用例に係る振動デバイスでは、前記素子基板は、A Tカット水晶基板により構成されていることが好ましい。

【0009】

本適用例に係る振動デバイスでは、平面視で、前記第1ワイヤーが前記第1端子に接続されている箇所は、前記第2接合部材と重なっており、

平面視で、前記第2ワイヤーが前記第2端子に接続されている箇所は、前記第2接合部材と重なっていることが好ましい。

10

【0010】

本適用例に係る振動デバイスでは、平面視で、前記第2接合部材は、前記第1接合部材と重なっていることが好ましい。

【0011】

本適用例に係る振動デバイスでは、前記素子基板の前記第2接合部材と接合されている部分の厚さをT1とし、

前記中間基板の前記第2接合部材と接合されている部分の厚さをT2としたとき、

T2 > T1であることが好ましい。

【0012】

本適用例に係る振動デバイスでは、前記素子基板の前記第1励振電極と前記第2励振電極とに挟まれている部分の厚さをT3としたとき、

20

T2 > T3であることが好ましい。

【0013】

本適用例に係る振動デバイスでは、前記素子基板は、A Tカット水晶基板により構成され、水晶の結晶軸であるX軸方向に沿う辺を有し、

前記第1端子および前記第2端子は、前記辺に沿って並んで配置されていることが好ましい。

30

【0014】

本適用例に係る振動デバイスでは、前記素子基板の前記第2接合部材と接合されている第1部分の厚さをT1とし、前記素子基板の前記第1励振電極と前記第2励振電極とに挟まれている第2部分の厚さをT3としたとき、

T3 > T1であり、

前記中間基板の前記振動素子側の面は、平面視で、前記第1部分と重なっている第1面と、前記第2部分と重なり、前記第1面に対して前記振動素子とは反対側に位置する第2面と、を有することが好ましい。

【0015】

本適用例に係る発振器は、上述の振動デバイスと、

前記振動素子と電気的に接続され、発振信号を出力する発振回路と、を備えていることを特徴とする。

40

【0016】

本適用例に係る電子機器は、上述の発振器と、

前記発振器から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路と、を備えていることを特徴とする。

【0017】

本適用例に係る移動体は、上述の発振器と、

前記発振器から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路と、を備えていることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】第1実施形態に係る発振器を示す断面図である。

50

- 【図2】図1中の発振器を示す平面図である。
- 【図3】A Tカットのカット角を示す図である。
- 【図4】図1の発振器の変形例を示す平面図である。
- 【図5】第2実施形態に係る発振器の平面図である。
- 【図6】第3実施形態に係る発振器の部分拡大断面図である。
- 【図7】第4実施形態に係るパーソナルコンピューターを示す斜視図である。
- 【図8】第5実施形態に係る携帯電話機を示す斜視図である。
- 【図9】第6実施形態に係るデジタルスチールカメラを示す斜視図である。
- 【図10】第7実施形態に係る自動車を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0019】

以下、本適用例の振動デバイス、発振器、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。

【0020】

<第1実施形態>

図1は、第1実施形態に係る発振器を示す断面図である。図2は、図1中の発振器を示す平面図である。図3は、A Tカットのカット角を示す図である。図4は、図1の発振器の変形例を示す平面図である。なお、各図には、水晶の結晶軸であり、互いに直交するX軸、Y'軸およびZ'軸を示している。また、以下では、X軸に平行な方向を「X軸方向」とも言い、Y'軸に平行な方向を「Y'軸方向」とも言い、Z'軸に平行な方向を「Z'軸方向」とも言う。また、各軸の矢印先端側を「プラス側」とも言い、反対側を「マイナス側」とも言う。また、Y'軸方向からの平面視を単に「平面視」とも言う。

20

【0021】

図1に示すように、発振器1は、温度補償型水晶発振器(TCXO)であり、パッケージ2と、パッケージ2に収納されている中間基板3、振動素子4および回路素子5と、を有する。発振器1は、振動デバイス10を適用したものであり、振動デバイス10は、パッケージ2、中間基板3および振動素子4から構成されている。ただし、発振器1としては、温度補償型水晶発振器に限定されない。

【0022】

パッケージ2は、上面に開口する凹部211を備えるベース21と、凹部211の開口を塞ぐようにベース21の上面に接合部材23を介して接合されているリッド22と、を有する。パッケージ2の内側には凹部211によって内部空間Sが形成され、内部空間Sに中間基板3、振動素子4および回路素子5が収納されている。例えば、ベース21は、アルミナ等のセラミックスで構成することができ、リッド22は、コバルト等の金属材料で構成することができる。ただし、ベース21およびリッド22の構成材料としては、それぞれ、特に限定されない。

30

【0023】

また、内部空間Sは、気密であり、減圧状態、好ましくは、より真空に近い状態となっている。これにより、振動素子4の振動特性が向上する。ただし、内部空間Sの雰囲気は、特に限定されず、例えば、窒素またはAr等の不活性ガスを封入した雰囲気であってもよく、減圧状態でなく大気圧状態または加圧状態となっていてもよい。

40

【0024】

また、凹部211は、ベース21の上面に開口している凹部211aと、凹部211aの底面に開口し、凹部211aよりも開口幅が小さい凹部211bと、凹部211bの底面に開口し、凹部211bよりも開口幅が小さい凹部211cと、を有する。そして、凹部211aの底面に中間基板3が第1接合部材B1を介して接合され、中間基板3の上面に振動素子4が第2接合部材B2を介して接合され、凹部211cの底面に回路素子5が接合されている。

【0025】

このように、振動素子4とベース21との間に中間基板3を介在させることにより、例

50

えば、衝撃やパッケージ 2 の熱撓み等により生じる応力（以下、単に「パッケージ 2 からの応力」とも言う。）が振動素子 4 に伝わり難くなり、振動素子 4 の振動特性の低下や変動を抑制することができる。

【0026】

第 1、第 2 接合部材 B 1、B 2 は、機械的な接合を目的とし、電気的な接続を目的としている。そのため、第 1、第 2 接合部材 B 1、B 2 は、導電性であっても絶縁性であってもよい。導電性の接合部材としては、例えば、金バンプ、銀バンプ、銅バンプ、はんだバンプ等の各種金属バンプ、ポリイミド系、エポキシ系、シリコーン系、アクリル系の各種接着剤に銀フィラー等の導電性フィラーを分散させた導電性接着剤等を用いることができる。一方、絶縁性の接合部材としては、例えば、ポリイミド系、エポキシ系、シリコーン系、アクリル系の各種樹脂系の接着剤を用いることができる。なお、第 1、第 2 接合部材 B 1、B 2 は、同種であってもよいし、異種であってもよい。

10

【0027】

また、図 2 に示すように、平面視で、第 2 接合部材 B 2 は、第 1 接合部材 B 1 と重なっている。第 2 接合部材 B 2 を第 1 接合部材 B 1 に重ねて配置することにより、振動素子 4 を中間基板 3 に精度よく接合することができる。具体的には、例えば、中間基板 3 の上面に配置した第 2 接合部材 B 2 に所定の力で振動素子 4 を押し付けることにより、当該振動素子 4 を中間基板 3 に接合することができる。第 2 接合部材 B 2 を第 1 接合部材 B 1 と重ねて配置することにより、第 2 接合部材 B 2 が、中間基板 3、第 1 接合部材 B 1 およびベース 2 1 の積層体からなる隙間のない構造体によって下方から支持された状態となるため、振動素子 4 の第 2 接合部材 B 2 への押し付け力が逃げ難い。そのため、振動素子 4 を所定の力で第 2 接合部材 B 2 に押し付けることができ、振動素子 4 を所望の接合強度でかつ所望の姿勢で中間基板 3 に接合することができる。したがって、振動素子 4 を中間基板 3 に精度よく接合することができる。

20

【0028】

特に、本実施形態では、平面視で、第 2 接合部材 B 2 の全域が第 1 接合部材 B 1 と重なっている。そのため、前述した効果をより顕著に発揮することができる。ただし、これに限定されず、例えば、平面視で、第 2 接合部材 B 2 の一部だけが、第 1 接合部材 B 1 と重なっていてもよいし、全部が第 1 接合部材 B 1 と重なっていないなくてもよい。

30

【0029】

また、図 1 に示すように、凹部 2 1 1 a の底面には複数の内部端子 2 4 1 が配置されており、凹部 2 1 1 b の底面には複数の内部端子 2 4 2 が配置されており、ベース 2 1 の下面には外部端子 2 4 3 が配置されている。本実施形態では、第 1 ベース端子に相当する内部端子 2 4 1 A と、第 2 ベース端子に相当する内部端子 2 4 1 B の 2 つの内部端子 2 4 1 を有する。また、各内部端子 2 4 1、2 4 2 および外部端子 2 4 3 は、ベース 2 1 内に形成されている図示しない内部配線を介して電気的に接続されている。また、各内部端子 2 4 1 A、2 4 1 B は、それぞれ、第 1、第 2 ボンディングワイヤー BW 1、BW 2 を介して振動素子 4 の第 1、第 2 端子 4 2 3、4 2 4 と電気的に接続され、各内部端子 2 4 2 は、第 3 ボンディングワイヤー BW 3 を介して回路素子 5 と電気的に接続されている。

40

【0030】

図 2 に示すように、振動素子 4 は、A T カットの素子基板 4 1 と、素子基板 4 1 の表面に配置された電極 4 2 と、を有する。素子基板 4 1 は、厚みすべり振動モードを有し、三次の周波数温度特性を有している。そのため、優れた温度特性を有する振動素子 4 が得られる。

【0031】

ここで、A T カットの素子基板 4 1 について簡単に説明すると、素子基板 4 1 は、互いに直交する結晶軸 X、Y、Z を有する。X 軸、Y 軸、Z 軸は、それぞれ、電気軸、機械軸、光学軸と呼ばれる。図 3 に示すように、素子基板 4 1 は、X - Z 面を X 軸回りに所定の角度 θ 回転させた平面に沿って切り出された「回転 Y カット水晶基板」であり、 $\theta = 35^\circ$ ～ 15° 回転させた平面に沿って切り出した基板を「A T カット水晶基板」という。なお

50

、以下では、角度 γ に対応してX軸まわりに回転したY軸およびZ軸をY'軸およびZ'軸とする。すなわち、素子基板41は、Y'軸方向に厚みを有し、X-Z'面方向に広がりを有する。

【0032】

図2に示すように、素子基板41の外形は、Y'軸方向からの平面視で矩形である。特に、本実施形態では、素子基板41は、X軸方向を長辺とし、Z'軸方向を短辺とする長手形である。また、素子基板41は、メサ型をなしており、図1に示すように、厚みすべり振動する振動部411と、振動部411の周囲に位置し、振動部411よりも厚さが薄い支持部412と、を有する。また、振動部411は、支持部412に対してY'軸方向の両側に突出している。

10

【0033】

ただし、素子基板41は、これに限定されず、振動部411と支持部412とが同じ厚さであるフラット型であってもよいし、振動部411が支持部412よりも薄い逆メサ型であってもよい。また、素子基板41の周囲を研削して面取りするベベル加工や、上面および下面を凸曲面とするコンベックス加工が施されていてもよい。また、メサ型の場合には、下面側および上面側の一方にだけ突出している構成であってもよいし、逆メサ型の場合には、下面側および上面側の一方にだけ凹没している構成であってもよい。また、素子基板41は、ATカット水晶基板に限定されず、他のカット角、例えば、Zカット、SCカット、STカット、BTカット等の水晶基板であってもよい。

20

【0034】

また、素子基板41の構成材料は、水晶に限定されず、例えば、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、四ホウ酸リチウム(Li₂B₄O₇)、ランガサイト(La₂Ga₅SiO₁₄)、ニオブ酸カリウム(KNbO₃)、リン酸ガリウム(GaPO₄)、ガリウム砒素(GaAs)、窒化アルミニウム(AlN)、酸化亜鉛(ZnO, Zn₂O₃)、チタン酸バリウム(BaTiO₃)、チタン酸鉛(PbPO₃)、ニオブ酸ナトリウムカリウム((K, Na)NbO₃)、ビスマスフェライト(BiFeO₃)、ニオブ酸ナトリウム(NaNbO₃)、チタン酸ビスマス(Bi₄Ti₃O₁₂)、チタン酸ビスマスナトリウム(Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO₃)等の各種圧電材料であってもよいし、シリコン等の圧電材料以外の材料であってもよい。

30

【0035】

図2に示すように、電極42は、振動部411の上面に配置されている第1励振電極421と、振動部411の下面に配置され、振動部411を間に挟んで第1励振電極421と対向する第2励振電極422と、を有する。また、電極42は、支持部412の上面に配置されている第1端子423および第2端子424と、第1励振電極421と第1端子423とを接続する第1引き出し配線425と、第2励振電極422と第2端子424とを接続する第2引き出し配線426と、を有する。

【0036】

このような振動素子4は、図1および図2に示すように、支持部412のX軸方向マイナス側の端部において第2接合部材B2を介して中間基板3の上面に接合されている。特に、第2接合部材B2は、平面視で、素子基板41のZ'軸方向の中央部と重なっているため、振動素子4を安定した姿勢で中間基板3に接合することができる。なお、第2接合部材B2の構成としては、特に限定されず、例えば、図4に示すように、2つの第2接合部材B2によって振動素子4を中間基板3に接合してもよい。特に、図4に示す構成では、2つの第2接合部材B2が振動素子4のX軸方向マイナス側に位置する両角部に配置されているため、振動素子4の輪郭振動モードと呼ばれる不要振動を効果的に抑制することができる。そのため、振動漏れが減り、その分、振動素子4の振動特性が向上する。

40

【0037】

また、図2に示すように、第1端子423は、第1ボンディングワイヤーBW1(第1ワイヤー)を介して内部端子241A(第1ベース端子)と電気的に接続されており、第

50

2端子424は、第2ボンディングワイヤーBW2(第2ワイヤー)を介して別の内部端子241B(第2ベース端子)と電気的に接続されている。このように、内部端子241A、241Bと振動素子4との電気的な接続を第1、第2ボンディングワイヤーBW1、BW2を用いて行うことにより、これらの電気的な接続状態が安定し、振動素子4の振動特性が安定する。

【0038】

また、平面視で、第1ボンディングワイヤーBW1が第1端子423に接続されている箇所P1は、第2接合部材B2と重なっており、第2ボンディングワイヤーBW2が第2端子424に接続されている箇所P2も、第2接合部材B2と重なっている。これら箇所P1、P2は、第2接合部材B2、中間基板3、第1接合部材B1およびベース21の積層体からなる隙間のない構造体によって下方から支持された状態となっている。10

【0039】

そのため、第1、第2ボンディングワイヤーBW1、BW2を第1、第2端子423、424に接続する際に、キャピラリーを十分な力で第1、第2端子423、424に押し付けることができると共に、キャピラリーから第1、第2端子423、424に超音波を効果的に印加することができる。そのため、第1、第2ボンディングワイヤーBW1、BW2と第1、第2端子423、424との接合強度の低下を抑制することができ、振動素子4の電気的な接続状態がさらに安定する。そのため、振動素子4の振動特性がさらに安定する。

【0040】

ただし、これに限定されず、箇所P1、P2の少なくとも一方は、平面視で、第2接合部材B2と重なっていなくてもよい。20

【0041】

中間基板3は、ベース21と振動素子4との間に介在している。中間基板3は、パッケージ2からの応力を吸収、緩和し、当該応力を振動素子4に伝わり難くする機能を有する。図1に示すように、中間基板3は、板状であり、その下面が第1接合部材B1を介して凹部211aの底面に接合されている。そして、中間基板3の上面に第2接合部材B2を介して振動素子4が接合されている。

【0042】

このような中間基板3は、素子基板41と同じ材料で構成されている。つまり、本実施形態では、中間基板3は、水晶で構成されている。中間基板3を振動素子4と同じ水晶で構成することにより、中間基板3と振動素子4の熱膨張係数を等しくすることができる。そのため、中間基板3と振動素子4との間には、互いの熱膨張係数差に起因する熱応力が実質的に生じず、振動素子4が応力をより受け難くなる。そのため、振動素子4の振動特性の低下や変動をより効果的に抑制することができる。30

【0043】

特に、中間基板3は、素子基板41と同じカット角の水晶基板から形成されている。前述したように、素子基板41は、ATカット水晶基板から形成されているため、中間基板3もATカット水晶基板から形成されている。さらに、中間基板3の結晶軸は、素子基板41の結晶軸に沿っている。具体的には、中間基板3の結晶軸のX軸が素子基板41の結晶軸のX軸に沿っており、中間基板3の結晶軸のY軸が素子基板41の結晶軸のY軸に沿っており、中間基板3の結晶軸のZ軸が素子基板41の結晶軸のZ軸に沿っている。水晶は、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向のそれぞれで熱膨張係数が異なるため、中間基板3と素子基板41とを同じカット角とし、互いの結晶軸の向きを揃えることにより、中間基板3と素子基板41との間で前述の熱応力がより生じ難くなる。そのため、振動素子4がさらに応力を受け難くなり、その振動特性の低下や変動をさらに効果的に抑制することができる。40

【0044】

中間基板3の厚さは、特に限定されないが、中間基板3の厚さをT2とし、振動素子4の振動部411の厚さをT3とし、支持部412の厚さをT1としたとき、T2-T1で50

あり、さらに、 $T_2 > T_3$ である。このような関係とすることにより、中間基板 3 を十分に厚くすることができ、前述したパッケージ 2 からの応力の緩和吸収効果をより顕著に発揮することができる。なお、厚さ T_2 の上限としては、特に限定されないが、例えば、過度な厚肉化を抑制する観点から、 $T_2 / T_3 \geq 3.0$ であることが好ましく、 $T_2 / T_3 = 2.5$ であることがより好ましく、 $T_2 / T_3 = 2.0$ であることがさらに好ましい。なお、中間基板 3 の厚さ T_2 は、より具体的には、中間基板 3 の第 2 接合部材 B 2 と接合している部分の平均厚さのことを言い、支持部 412 の厚さ T_1 は、より具体的には、支持部 412 の第 2 接合部材 B 2 と接合している部分の平均厚さのことを言う。

【0045】

ただし、中間基板 3 としては、これに限定されず、例えば、素子基板 41 と同じカット角であるが、結晶軸の方向が素子基板 41 とは異なっていてもよい。また、中間基板 3 は、素子基板 41 と異なるカット角の水晶板から形成されていてもよい。また、中間基板 3 の構成材料は、水晶でなくてもよい。また、中間基板 3 の構成材料は、素子基板 41 の構成材料と異なっていてもよい。また、厚さ T_2 は、 $T_2 < T_1$ であってもよい。

10

【0046】

回路素子 5 は、温度センサー 51 と、発振回路 52 と、を有する。発振回路 52 は、振動素子 4 を発振させ、温度センサー 51 の検出温度に基づいて温度補償された発振信号を生成する機能を有する。つまり、発振回路 52 は、振動素子 4 と電気的に接続され、振動素子 4 の出力信号を增幅し、増幅した信号を振動素子 4 にフィードバックすることにより振動素子 4 を発振させる発振回路部と、温度センサー 51 から出力される温度情報に基づいて、出力信号の周波数変動が振動素子 4 の周波数温度特性よりも小さくなるように温度補償する温度補償回路部と、を有する。なお、発振回路 52 としては、例えば、ピアース発振回路、インバーター型発振回路、コルピツツ発振回路、ハートレー発振回路等の発振回路を用いることができる。

20

【0047】

以上、発振器 1 について説明した。このような発振器 1 に適用されている振動デバイス 10 は、前述したように、第 1 ベース端子および第 2 ベース端子としての 2 つの内部端子 241A、241B を含むベース 21 と、第 1 接合部材 B1 と、ベース 21 に第 1 接合部材 B1 を介して接合されている中間基板 3 と、第 2 接合部材 B2 と、素子基板 41、素子基板 41 の第 1 面である上面に配置されている第 1 励振電極 421、素子基板 41 の上面と反対の第 2 面である下面に配置されている第 2 励振電極 422、第 1 励振電極 421 と接続されている第 1 端子 423 および第 2 励振電極 422 と接続されている第 2 端子 424 を含み、中間基板 3 に第 2 接合部材 B2 を介して接合されている振動素子 4 と、を備える。そして、第 1 端子 423 と一方の内部端子 241A とが第 1 ワイヤーとしての第 1 ボンディングワイヤー BW1 により接続され、第 2 端子 424 と他方の内部端子 241B とが第 2 ワイヤーとしての第 2 ボンディングワイヤー BW2 により接続されている。

30

【0048】

このように、ベース 21 と振動素子 4 との間に中間基板 3 を介在させることにより、中間基板 3 がパッケージ 2 からの応力を吸収、緩和し、当該応力が振動素子 4 に伝わり難くなる。そのため、温度特性のヒステリシスが小さくなり、振動素子 4 の振動特性が安定する。特に、本実施形態では、振動素子 4 が 1 つの第 2 接合部材 B2 によって、片持ち支持、特に一点支持されているため、振動素子 4 に応力がより伝わり難く、振動素子 4 の振動特性がさらに安定する。このような効果に加えて、ベース 21 と振動素子 4 とを第 1、第 2 ボンディングワイヤー BW1、BW2 によって電気的に接続することにより、これらの電気的な接続状態が安定し、振動素子の振動特性が安定する。したがって、優れた振動特性を安定して発揮することのできる振動デバイス 10 となる。

40

【0049】

また、前述したように、中間基板 3 および素子基板 41 は、それぞれ、水晶により構成されている。このように、中間基板 3 と素子基板 41 と同じ材料から構成することにより、中間基板 3 と素子基板 41 の熱膨張係数を等しくすることができる。そのため、中間

50

基板3と素子基板4 1との間には、互いの熱膨張係数差に起因する熱応力が実質的に生じず、振動素子4が応力をより受け難くなる。そのため、振動素子4の振動特性の低下や変動をより効果的に抑制することができる。

【0050】

また、前述したように、中間基板3の結晶軸は、素子基板4 1の結晶軸に沿っている。水晶は、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向のそれぞれで熱膨張係数が異なるため、中間基板3と素子基板4 1と同じカット角とし、互いの結晶軸の向きを揃えることにより、中間基板3と素子基板4 1との間で前述の熱応力がより生じ難くなる。そのため、振動素子4がさらに応力を受け難くなり、その振動特性の低下や変動をさらに効果的に抑制することができる。

10

【0051】

また、前述したように、素子基板4 1は、ATカット水晶基板により構成されている。ATカット水晶基板は、厚みすべり振動モードを有し、三次の周波数温度特性を有している。そのため、素子基板4 1をATカット水晶基板とすることにより、優れた温度特性を有する振動素子4となる。

【0052】

また、前述したように、平面視で、第1ボンディングワイヤーBW1が第1端子4 2 3に接続されている箇所P1は、第2接合部材B2と重なっており、平面視で、第2ボンディングワイヤーBW2が第2端子4 2 4に接続されている箇所P2は、第2接合部材B2と重なっている。これにより、第1、第2ボンディングワイヤーBW1、BW2を第1、第2端子4 2 3、4 2 4に接続する際に、キャピラリーを十分な力で第1、第2端子4 2 3、4 2 4に押し付けることができると共に、キャピラリーから第1、第2端子4 2 3、4 2 4に超音波を効果的に印加することができる。そのため、第1、第2ボンディングワイヤーBW1、BW2と第1、第2端子4 2 3、4 2 4との接合強度の低下を抑制することができ、振動素子4の電気的な接続状態がさらに安定する。

20

【0053】

また、前述したように、平面視で、第2接合部材B2は、第1接合部材B1と重なっている。これにより、第2接合部材B2が第1接合部材B1によって下方から支持され、振動素子4を所定の力で第2接合部材B2に押し付けることができ、振動素子4を所望の接合強度でかつ所望の姿勢で中間基板3に接合することができる。したがって、振動素子4を中間基板3に精度よく接合することができる。

30

【0054】

また、前述したように、素子基板4 1の第2接合部材B2と接合されている部分である支持部4 1 2の厚さをT1とし、中間基板3の第2接合部材B2と接合されている部分の厚さをT2としたとき、T2>T1である。さらに、素子基板4 1の第1励振電極4 2 1と第2励振電極4 2 2とに挟まれている部分である振動部4 1 1の厚さをT3としたとき、T2>T3である。このような関係とすることにより、中間基板3を十分に厚くすることができ、パッケージ2からの応力の緩和吸収効果をより顕著に発揮することができる。

【0055】

また、前述したように、発振器1は、振動デバイス10と、振動素子4と電気的に接続され、発振信号を出力する発振回路52と、を備えている。そのため、発振器1は、上述した振動デバイス10の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

40

【0056】

<第2実施形態>

図5は、第2実施形態に係る発振器の平面図である。

【0057】

本実施形態に係る発振器1は、振動素子4の構成が異なること以外は、前述した第1実施形態の発振器1と同様である。なお、以下の説明では、第2実施形態の発振器1に関して、前述した第1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。また、図5では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付して

50

いる。

【0058】

図5に示す振動素子4が有する素子基板41は、前述した第1実施形態と同様にA Tカット水晶基板から構成されている。また、素子基板41は、平面視形状が矩形であり、X軸方向に沿う2つの辺41a、41bを有する。そして、本実施形態では、第1端子423および第2端子424は、辺41aに沿って並んで配置されている。また、平面視で、振動部411をX軸方向に延長した領域を領域Q1としたとき、第2接合部材B2は、領域Q1の外側に位置し、領域Q1の外側において、振動素子4と中間基板3とを接合している。また、平面視で、第2接合部材B2は、箇所P1、P2と重なっている。

【0059】

ここで、振動部411ではX軸方向に沿った厚み滑り振動が生じるため、振動素子4を、領域Q1内において第2接合部材B2を介して中間基板3に接合すると、例えば、振動素子4のCI(クリスタルインピーダンス)値が増加し、振動特性に影響を与えるおそれがある。そこで、本実施形態では、第2接合部材B2を領域Q1の外側に配置することにより、このような問題の発生を抑制している。

【0060】

以上のように、本実施形態では、素子基板41は、A Tカット水晶基板により構成され、水晶の結晶軸であるX軸方向に沿う辺41a、41bを有する。そして、第1端子423および第2端子424は、辺41aに沿って並んで配置されている。第1、第2端子423、424をこのように配置することにより、平面視で、第2接合部材B2を領域Q1の外側に位置させ易くなる。そのため、上述したような振動素子4のCI(クリスタルインピーダンス)値の増加が抑制され、安定した振動特性を発揮することのできる振動素子4となる。

【0061】

以上のような第2実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【0062】

<第3実施形態>

図6は、第3実施形態に係る発振器の部分拡大断面図である。

【0063】

本実施形態に係る発振器1は、中間基板3の構成が異なること以外は、前述した第1実施形態の発振器1と同様である。なお、以下の説明では、第3実施形態の発振器1に関して、前述した第1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。また、図6では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【0064】

図6に示すように、本実施形態の振動素子4は、前述した第1実施形態と同様にメサ型となっている。すなわち、振動部411の厚さT3が支持部412の厚さT1よりも厚くなっている。また、中間基板3は、平面視で、支持部412のみならず、振動部411とも重なって配置されている。これにより、例えば、前述した第1実施形態と比べて第1接合部材B1の塗布面積が増え、ベース21と中間基板3との接合強度が増す。また、中間基板3は、平面視で振動部411と重なる部分に切り欠きを有する。そのため、中間基板3の上面31は、支持部412と重なり、第2接合部材B2を介して振動素子4が接合されている第1面311と、振動部411と重なり、第1面311よりも下方に位置する第2面312と、を有する。このように、第2面312を第1面311よりも下方にずらすことにより、上面31と振動部411との間に十分な隙間を確保することができ、振動素子4と中間基板3との接触を効果的に抑制することができる。

【0065】

以上のように、本実施形態では、素子基板41の第2接合部材B2と接合されている第1部分である支持部412の厚さをT1とし、素子基板41の第1励振電極421と第2

10

20

30

40

50

励振電極 422 とに挟まれている第2部分である振動部 411 の厚さを T3 としたとき、
 $T_3 > T_1$ である。また、中間基板 3 の振動素子 4 側の面である上面 31 は、平面視で、
 支持部 412 と重なっている第1面 311 と、振動部 411 と重なり、第1面 311 に対して下側すなわち振動素子 4 とは反対側に位置する第2面 312 と、を有する。これにより、中間基板 3 と振動素子 4 との接触を抑制しつつ、中間基板 3 とベース 21 との接合強度を高めることができる。

【0066】

以上のような第3実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮する
 ことができる。

【0067】

<第4実施形態>

図7は、第4実施形態に係るパーソナルコンピューターを示す斜視図である。

【0068】

図7に示す電子機器としての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 1108 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、発振器 1 が内蔵されている。また、パーソナルコンピューター 1100 は、キーボード 1102 や表示部 1108 などの制御に関する演算処理を行う演算処理回路 1110 を備えている。演算処理回路 1110 は、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する。

【0069】

このように、電子機器としてのパーソナルコンピューター 1100 は、発振器 1 と、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路 1110 と、を備える。
 そのため、前述した発振器 1 の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

【0070】

<第5実施形態>

図8は、第5実施形態に係る携帯電話機を示す斜視図である。

【0071】

図8に示す電子機器としての携帯電話機 1200 は、図示しないアンテナ、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、発振器 1 が内蔵されている。また、携帯電話機 1200 は、操作ボタン 1202 などの制御に関する演算処理を行う演算処理回路 1210 を備えている。演算処理回路 1210 は、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する。

【0072】

このように、電子機器としての携帯電話機 1200 は、発振器 1 と、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路 1210 と、を備える。そのため、前述した発振器 1 の効果を享受でき、高い信頼性を発揮することができる。

【0073】

<第6実施形態>

図9は、第6実施形態に係るデジタルスチールカメラを示す斜視図である。

【0074】

図9に示すデジタルスチールカメラ 1300 は、ボディ 1302 を有し、ボディ 1302 の背面には CCD による撮像信号に基づいて表示を行う表示部 1310 が設けられている。表示部 1310 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、ボディ 1302 の正面側（図中裏面側）には、光学レンズや 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 1310 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、例えば、発振器 1 が内蔵されている。また、デジタルスチールカメラ 1300 は、

10

20

30

40

50

表示部 1310 や受光ユニット 1304 などの制御に関する演算処理を行う演算処理回路 1312 を備えている。演算処理回路 1312 は、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する。

【0075】

このように、電子機器としてのデジタルスチールカメラ 1300 は、発振器 1 と、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路 1312 と、を備える。そのため、前述した発振器 1 の効果を享受でき、高い信頼性を發揮することができる。

【0076】

なお、本適用例の電子機器は、前述したパーソナルコンピューター、携帯電話機および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ー、カーナビゲーション装置、ページャ、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、ワードプロセッサー、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 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。10

【0077】

<第7実施形態>

図 10 は、第 7 実施形態に係る自動車を示す斜視図である。20

【0078】

図 10 に示す自動車 1500 には、発振器 1 と、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路 1510 が内蔵されている。そのような発振器 1 と演算処理回路 1510 は、例えば、キーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS）、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）に広く適用できる。30

【0079】

このように、移動体としての自動車 1500 は、発振器 1 と、発振器 1 から出力される発振信号に基づいて動作する演算処理回路 1510 と、を備える。そのため、前述した発振器 1 の効果を享受でき、高い信頼性を發揮することができる。

【0080】

なお、移動体としては、自動車 1500 に限定されず、例えば、飛行機、船舶、AGV（無人搬送車）、二足歩行ロボット、ドローン等の無人飛行機等にも適用することができる。

【0081】

以上、本適用例の振動デバイス、発振器、電子機器および移動体を図示の実施形態に基づいて説明したが、本適用例は、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、本適用例に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、本適用例は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成を組み合わせたものであってもよい。40

【符号の説明】

【0082】

1 ... 発振器、10 ... 振動デバイス、2 ... パッケージ、21 ... ベース、211、211a、211b、211c ... 凹部、22 ... リッド、23 ... 接合部材、241、241A、241B、242 ... 内部端子、243 ... 外部端子、3 ... 中間基板、31 ... 上面、311 ... 第 1

10

20

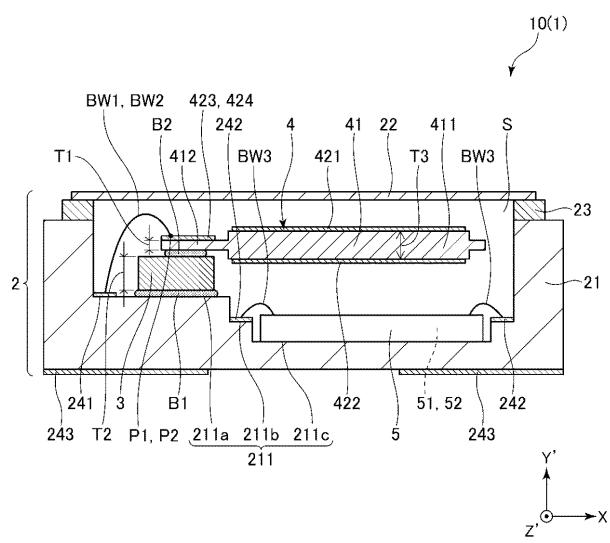
30

40

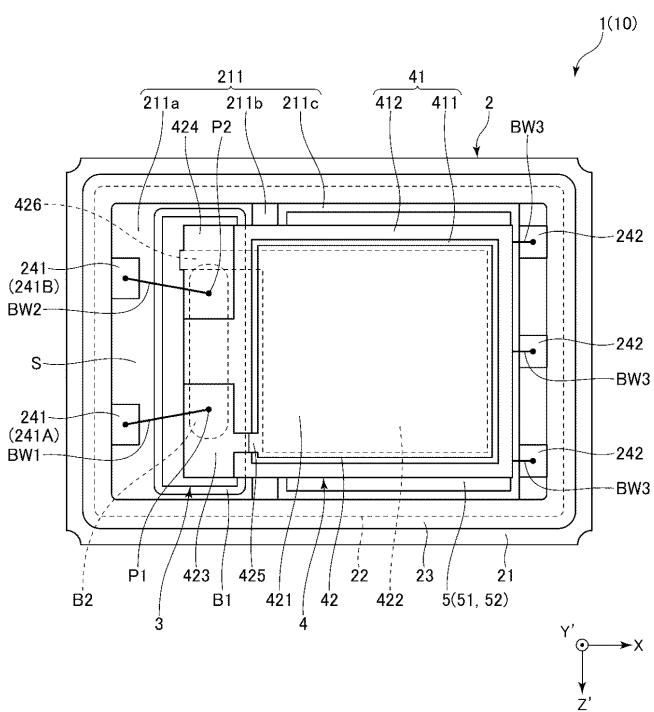
50

面、312…第2面、4…振動素子、41…素子基板、41a、41b…辺、411…振動部、412…支持部、42…電極、421…第1励振電極、422…第2励振電極、423…第1端子、424…第2端子、425…第1引き出し配線、426…第2引き出し配線、5…回路素子、51…温度センサー、52…発振回路、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、1108…表示部、1110…演算処理回路、1200…携帯電話機、1202…操作ボタン、1204…受話口、1206…送話口、1208…表示部、1210…演算処理回路、1300…デジタルスチールカメラ、1302…ボディ、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、1312…演算処理回路、1500…自動車、1510…演算処理回路、B1…第1接合部材、B2…第2接合部材、BW1…第1ボンディングワイヤー、BW2…第2ボンディングワイヤー、BW3…第3ボンディングワイヤー、P1、P2…箇所、Q1…領域、S…内部空間、X、Y、Z、Z’…結晶軸、…角度

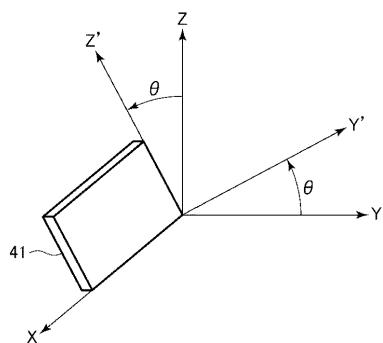
【 四 1 】



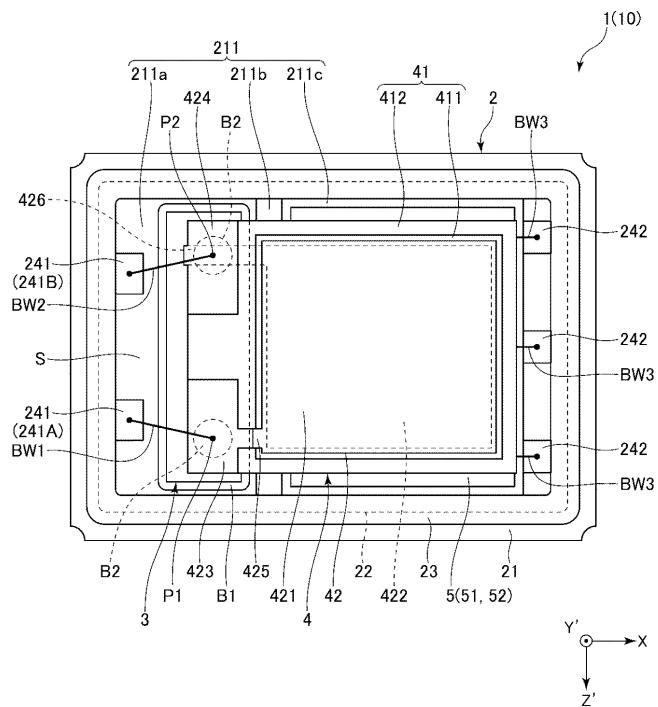
【 図 2 】



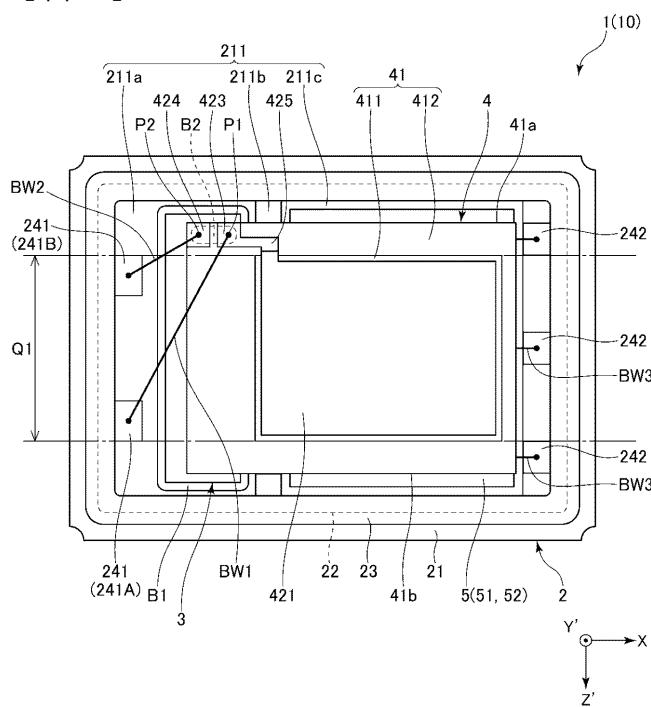
【図3】



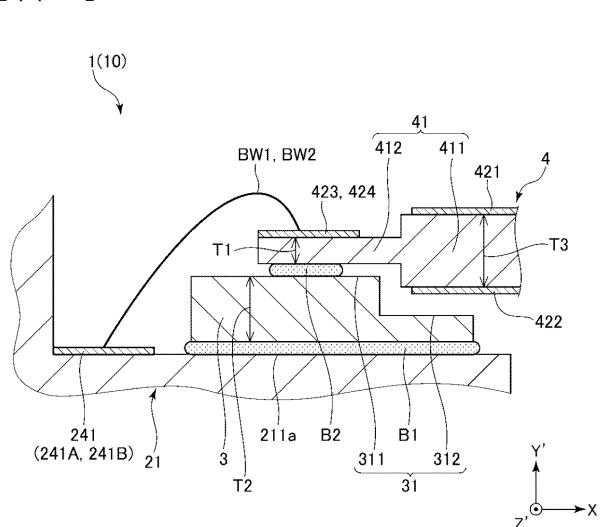
【 図 4 】



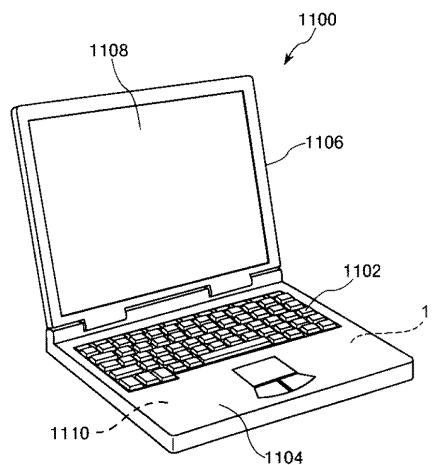
【図5】



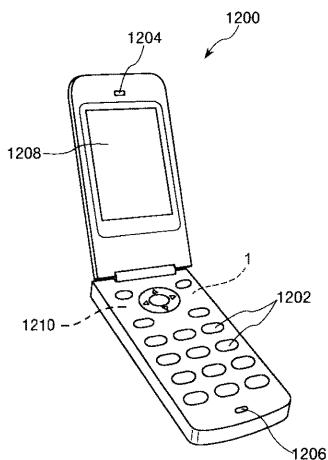
【 図 6 】



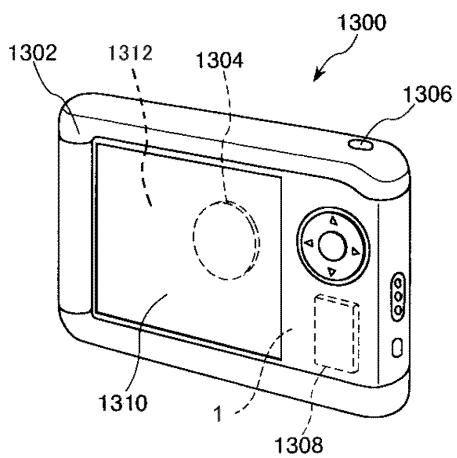
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

