

(11) 特許出願公開番号

特開2016-131266

(P2016-131266A)

(43) 公開日 平成28年7月21日(2016.7.21)

(51) Int.Cl.

НОЗН 9/10 (2006.01)

НОЗН 9/02 (2006.01)

F I

H03H 9/10

H03H 9/02

テーマコード (参考)

5 J 108

N

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2015-3924 (P2015-3924)
(22) 出願日 平成27年1月13日 (2015. 1. 13)

(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 菊島 正幸
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) 5J108 AA04 BB02 BB03 CC02 DD02
EE03 EE04 EE07 EE13 EE14
EE18 FF11 GG03 GG15 GG16
GG17 JJ03 KK03

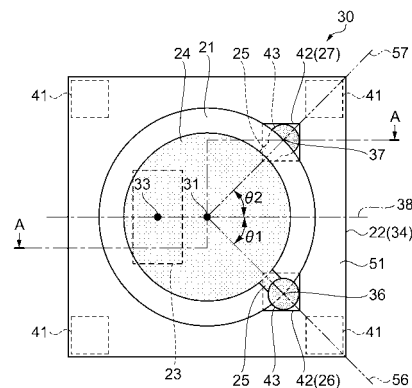
(54) 【発明の名称】 振動デバイス、発振器、電子機器、および移動体

(57) 【要約】

【課題】熱応力の影響を低減した振動デバイス、その振動デバイスを備えた発振器、電子機器および移動体を提供する。

【解決手段】振動デバイスは、基板３４と、基板３４の第１主面５１に、第１取付け部２６および第２取付け部２７にて取付けられている振動素子２１と、第１主面５１とは反対側の第２主面５２に、平面視で振動素子２１と重なるように配置されている発熱部２３と、を含み、平面視で、発熱部２３の中心部３３と振動素子２１の中心部３１とを結ぶ仮想線３８に対し、振動素子２１の中心部３１と第１取付け部２６の中心部３６とを結ぶ線とがなす角を θ_1 、振動素子２１の中心部３１と第２取付け部２７の中心部３７とを結ぶ線とがなす角を θ_2 としたとき、 $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < |\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$ を満足していることを特徴とする。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

前記基板の第 1 主面に、第 1 取付け部および第 2 取付け部にて取付けられている振動素子と、

前記第 1 主面とは反対側の第 2 主面に、平面視で前記振動素子と重なるように配置されている発熱部と、

を含み、

平面視で、前記発熱部の中心部と前記振動素子の中心部とを結ぶ仮想線に対し、

前記振動素子の中心部と前記第 1 取付け部の中心部とを結ぶ線とがなす角を θ_1 、

前記振動素子の中心部と前記第 2 取付け部の中心部とを結ぶ線とがなす角を θ_2 としたとき、

$0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < |\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$ を満足していることを特徴とする振動デバイス。

【請求項 2】

請求項 1 において、

$0^\circ < \theta_1 < 30^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 30^\circ$ を満足していることを特徴とする振動デバイス。

【請求項 3】

請求項 1、または請求項 2 において、

$0^\circ < \theta_1 < 15^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 15^\circ$ を満足していることを特徴とする振動デバイス。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 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発振器。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 3 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 6】

請求項 1 ないし 3 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、発振器、電子機器、および移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

水晶発振器は、安定な周波数を供給する周波数発生源として、放送機器、計測機器、デジタル機器のクロック信号源などに広く利用されている。特に、ヒーター付き水晶発振器（Oven Controlled Xtal Oscillator：以下、OCXO と言う）は、容器に小型のヒーターと水晶振動子とを収納して、振動素子の周囲温度を一定に保つことにより極めて良好な周波数安定性を持たせたものである。

【0003】

このような OCXO として、例えば、特許文献 1 では、両端で支持された振動素子（圧電素子）の真下にヒーター（ヒーター素子）が備えられていることによって、容器（パッケージ）外への熱伝導が抑制され、かつ、エネルギーを抑えて振動素子（圧電素子）を加熱することができる振動デバイス（圧電デバイス）が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2010-288249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に記載の振動デバイスでは、振動素子がパッケージに搭載されている取付け部（基部）間の距離が長いため、振動素子とパッケージとの熱膨張係数の違いから、製造上の熱処理工程において、振動素子とパッケージとの間に大きな熱応力が発生して、振動デバイスの発振周波数が変動してしまう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、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0007】

〔適用例1〕本適用例に係る振動デバイスは、基板と、前記基板の第1主面に、第1取付け部および第2取付け部に取付けられている振動素子と、前記第1主面とは反対側の第2主面に、平面視で前記振動素子と重なるように配置されている発熱部と、を含み、平面視で、前記発熱部の中心部と前記振動素子の中心部とを結ぶ仮想線に対し、前記振動素子の中心部と前記第1取付け部の中心部とを結ぶ線とがなす角を θ_1 、前記振動素子の中心部と前記第2取付け部の中心部とを結ぶ線とがなす角を θ_2 としたとき、 $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < |\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$ を満足していることを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、第1取付け部と第2取付け部との距離が短くなり、基板の平面視にて、発熱部であるヒーターの中心部と振動素子の中心部とを結ぶ仮想線に対して、第1取付け部と第2取付け部とが略線対称の位置に配置されている。そのため、乾燥時やリフロー時などの製造上の熱処理工程において、振動素子と基板の熱膨張係数の違いから発生する熱応力（面内応力）の振動素子に加わる大きさを低減し、振動デバイスの発振周波数の変動を低減することができる。

【0009】

〔適用例2〕上記適用例に係る振動デバイスは、 $0^\circ < \theta_1 < 30^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 30^\circ$ を満足していることを特徴とする。

【0010】

本適用例によれば、第1取付け部と第2取付け部との距離がさらに短くなることから、製造上の熱処理工程において、振動素子と基板との熱膨張係数の違いによって発生する熱応力をさらに低減することができる。

【0011】

〔適用例3〕上記適用例に係る振動デバイスは、 $0^\circ < \theta_1 < 15^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 15^\circ$ を満足していることを特徴とする。

【0012】

本適用例によれば、第1取付け部と第2取付け部との距離がさらに短くなることから、製造上の熱処理工程において、振動素子と基板との熱膨張係数の違いによって発生する熱応力をさらに低減することができる。

【0013】

〔適用例4〕本適用例に係る発振器は、適用例1ないし3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。

【0014】

本適用例によれば、振動素子を基板に搭載するマウント乾燥時、あるいは発振器を他の電子装置に組み込むリフロー時などの製造上の熱処理工程において、発生する熱応力の影響による発振周波数の変化を低減した振動デバイスを備えているため、安定した発振周波数を有する発振器を提供することが可能となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

[適用例 5] 本適用例に係る電子機器は、適用例 1 ないし 3 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。

【 0 0 1 6 】

本適用例によれば、振動素子を基板に搭載するマウント乾燥時、あるいは発振器を他の電子装置に組み込むリフロー時などの製造上の熱処理工程において、発生する熱応力の影響による発振周波数の変化を低減した振動デバイスを備えているため、エージング特性に優れた高安定な特性を有する電子機器を提供することが可能となる。

【 0 0 1 7 】

[適用例 6] 本適用例に係る移動体は、適用例 1 ないし 3 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。

【 0 0 1 8 】

本適用例によれば、振動素子を基板に搭載するマウント乾燥時、あるいは発振器を他の電子装置に組み込むリフロー時などの製造上の熱処理工程において、発生する熱応力の影響による発振周波数の変化を低減した振動デバイスを備えているため、エージング特性に優れた高安定な特性を有する移動体を提供することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る振動デバイスとしてのヒーターを搭載した水晶振動子の概略を示す平面図。

【 図 2 】 図 1 中の A - A 断面図。

【 図 3 】 第 1 実施形態に係るヒーターの中心部と、第 1 取付け部の中心部とを結ぶ線第 1 中心線、仮想中心線と、がなす角 θ と、熱応力による発振周波数の変化量 f / f_0 と、の関係を示す図。

【 図 4 】 第 1 実施形態に係る振動デバイスとしてのヒーターを搭載した水晶振動子を適用した発振器の概略を示す断面図。

【 図 5 】 第 1 実施形態の変形例に係る振動デバイスとしてのヒーターを搭載した水晶振動子の概略を示す平面図。

【 図 6 】 第 2 実施形態に係る振動デバイスとしてのヒーターを搭載した水晶振動子を適用した発振器の概略を示す断面図。

【 図 7 】 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 8 】 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 9 】 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 0 】 移動体の一例としての自動車の構成を示す斜視図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 0 】

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。なお、以下の各図においては、各層や各部材を認識可能な程度の大きさにして、説明を分かりやすくするため、各層や各部材の尺度を実際とは異なる尺度で記載している場合がある。

【 0 0 2 1 】

< 第 1 実施形態 >

まず、本実施形態に係る振動デバイスとしての発熱部であるヒーター 2 3 を搭載した水晶振動子 3 0 について説明する。なお、以下の各図においては、同一または類似の構成要素には、同一または類似の参照符号を付して示す。

【 0 0 2 2 】

[水晶振動子]

図 1 は、第 1 実施形態に係る振動デバイスとしてのヒーター 2 3 を搭載した水晶振動子 3 0 の概略を示す平面図である。図 2 は、図 1 中の A - A 断面図である。図 1、図 2 に示すように、水晶振動子 3 0 は、パッケージ 2 2、ヒーター 2 3、振動素子 2 1、および

10

20

30

40

50

リッド 28 などを備えている。なお、説明の便宜上、図 1 ではリッド 28 の図示を省略している。以下、水晶振動子 30 の各部について、図 1、図 2 を参照しながら順次説明する。

また、図 2 において、振動素子 21 を基準として、リッド 28 が配置されている方向を上方向、パッケージ 22 の底板 34 が配置されている方向を下方向とし、振動素子 21、底板 34、側壁 35 の各部材において、上方向に配置されている面を上面、下方向に配置されている面を下面として説明する。

【0023】

(パッケージ)

まず、パッケージ 22 について説明する。図 2 に示すように、パッケージ 22 は、板状の基板としての底板 34 と、側壁 35 と、シームリング 40 と、パッド電極 41 と、外部

10

【0024】

底板 34 の上面である第 1 主面 51 には、振動素子 21 が、外部接続電極 42 上に導電性接着剤 43 を塗布することによって接続されている。一方、第 1 主面 51 と反対側、つまり、底板 34 の下面である第 2 主面 52 には、後述するヒーター 23 や複数のパッド電極 41 などが設けられている。

外部接続電極 42 は、第 1 主面 51 に 2 つ設けられており、パッケージ 22 の底板 34 に振動素子 21 を片持ち梁状に固定するための電極である。

【0025】

導電性接着剤 43 は、接合力を発揮する接着剤成分としての合成樹脂剤に、銀 (Ag) 製の細粒などの導電性の粒子を含有させたシリコン系、エポキシ系、またはポリイミド系導電性接着剤などを使用することができる。振動素子 21 が導電性接着剤 43 を用いて底板 34 に接続されている場合には、機械的な固定と電氣的な接続とを兼ねさせることができる。

20

【0026】

側壁 35 は、第 1 主面 51 の表面周縁部に枠状に設けられている。底板 34 および側壁 35 は、振動素子 21 や後述するリッド 28 の熱膨張係数と一致、あるいは、極力近い熱膨張係数を備えた材料としてセラミックを用いている。具体的には、所定の溶液中にセラミックのパウダーを分散させ、バインダーを添加して生成される混練物がシート状 (矩形状) に形成されたセラミックグリーンシートを積層し、焼結することによって形成される。

30

【0027】

シームリング 40 は、側壁 35 の上面に沿って枠状 (略矩形状の周状) に、例えば、コバルトなどの合金で形成されており、リッド 28 と側壁 35 の上面とを接合する部材である。

【0028】

パッド電極 41 は、図 1、図 2 に示すように、本実施形態では第 2 主面 52 の 4 つの角部にそれぞれ 1 つずつ設けられている。パッド電極 41 は、外部接続電極 42 および外部の基板などと接続されて、水晶振動子 30 に駆動電圧を供給し、また、水晶振動子 30 から発振される周波数を外部に出力する電極である。

40

【0029】

パッド電極 41 および外部接続電極 42 は、例えば、銀 (Ag) ・パラジウム (Pd) などの導電ペースト、あるいはタングステンメタライズなどを用い、必要とされる形状を形成後に焼成を行い、その後、ニッケル (Ni) および金 (Au) あるいは銀 (Ag) などをメッキすることによって形成される。

【0030】

(ヒーター)

次に、発熱部としてのヒーター 23 について、図 1、図 2 を参照しながら説明する。図 1、図 2 に示すように、ヒーター 23 は、第 2 主面 52 に、パッケージ 22 の平面視にて、振動素子 21 と重なるように、樹脂接着剤 (図示せず) などによって固定されている。

50

【0031】

図2に示すように、ヒーター23は、水晶振動子30を加熱し、温度を一定に保つ、いわゆる恒温機能を有しているパワートランジスタなどの発熱体45、温度センサー46などで構成されている電子部品である。

【0032】

さらに、ヒーター23は、ヒーター23の一方の面から延出されている接続部48を備えている。接続部48は、ヒーター23を第2主面52に機械的に固定し、かつ、ヒーター23に電流を供給できるように配線が設けられている。

【0033】

発熱体45は、電流を流すことで熱を発生できるものであればよい。例えば、炭素皮膜抵抗器、金属皮膜抵抗器などの固定抵抗器、可変抵抗器、半固定抵抗器などの抵抗器、白金やその他の導電性素材からなる電気抵抗を有する配線などであって、素子型またはチップ型のものなどが挙げられる。発熱体45は、温度を測定しながら一定の温度に保てるように制御している温度センサー46によって温度コントロールされている。

【0034】

また、ヒーター23と第2主面52との間に、発熱体45に対向するように底板34よりも熱伝導率の高い熱伝導層49が設けられていてもよい。その場合には、熱伝導層49の表面にヒーター23とパッケージ22の底板34とが接触されている。こうすることによって、ヒーター23とパッケージ22とが、熱伝導層49を介して接触する面積が大きくなり、効率よく発熱体45からの熱（熱エネルギー）を水晶振動子30に伝えることができる。従って、パッケージ22に接続されている振動素子21の温度変化が低減されるので、周波数安定性がさらに高くなり、低消費電力化が可能となる。

【0035】

（振動素子）

次に、振動素子21について説明する。本実施形態の振動素子21は、圧電材料の一例としての水晶により形成されたATカット水晶基板（圧電基板）が用いられている。図示は省略するが、水晶などの圧電材料は三方晶系に属し、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、光学軸と呼称される。そして、水晶基板はXZ面をX軸の回りに所定の角度だけ回転させた平面に沿って、水晶から切り出された平板が用いられる。

【0036】

例えば、ATカット水晶基板の場合は、 θ は略 $35^{\circ}15'$ である。Y軸、およびZ軸もX軸の回りに θ だけ回転させて、それぞれY'軸、およびZ'軸とする。従って、ATカット水晶基板は、直交する結晶軸X、Y'、Z'を有する。ATカット水晶基板は、厚み方向がY'軸であって、Y'軸に直交するXZ'面（X軸、およびZ'軸を含む面）が主面であり、厚みすべり振動が主振動として励振される。

【0037】

このATカット水晶基板を加工して、振動素子21の圧電基板を得ることができる。つまり、圧電基板は、X軸（電気軸）、Y軸（機械軸）、Z軸（光学軸）からなる直交座標系のX軸を中心として、Z軸をY軸の-Y方向へ傾けた軸をZ'軸とし、Y軸をZ軸の+Z方向へ傾けた軸をY'軸とし、X軸とZ'軸に平行な面で構成され、Y'軸に平行な方向を厚みとするATカット水晶基板からなる。

【0038】

振動素子21は、ATカット振動素子に限らず、SCカット振動素子、音叉型振動素子、双音叉型振動素子などを例示することができる。SCカット振動素子とは、先述したZ軸の回りに時計方向に、X軸を $\theta = 3^{\circ}$ 以上 30° 以下回転させて設定したX'軸に平行な辺を有し、X'軸の回りに時計方向にZ軸を $\phi = 33^{\circ}$ 以上 36° 以下回転させたZ'軸に平行な辺を有する、いわゆるダブルローテーションカットである。本実施形態では、 $\theta =$ 約 22° 、 $\phi =$ 約 34° となっている。

【0039】

振動素子 2 1 の種類によって、水晶振動子 3 0 のデバイスとしての機能が決定される。例えば、振動素子 2 1 が、A T カット振動素子、音叉型振動素子、双音叉型振動素子である場合には、水晶振動子 3 0 は、クロックモジュール、あるいは、後述する発振器 9 0 などに組み込まれてタイミングデバイスとなる。

【 0 0 4 0 】

なお、振動素子 2 1 は、図 1 において、略円形で図示されているが、矩形、六角形、八角形などの多角形、楕円形でも構わない。また、振動素子 2 1 は、図 2 において、両方の面がフラット形状（板形状）で図示されているが、水晶基板の一方の面だけをレンズ状に加工した、小型化に有利なプラノコンベックス形状でもよく、両方の面をレンズ状に加工したバイコンベックス形状であってもよい。

【 0 0 4 1 】

さらに、振動素子 2 1 は、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウムなどの圧電材料で形成されてもよい。振動素子 2 1 が水晶以外の材料で形成される場合には、水晶で形成された場合と同様の振る舞いを生じるように、結晶の方位（カット角）などを選択する。

【 0 0 4 2 】

図 1、図 2 に示すように、振動素子 2 1 の表面には、励振電極 2 4、および引出電極 2 5 が形成されている。励振電極 2 4 は、振動素子 2 1 に先述した厚みすべり振動を励振させるための電極である。励振電極 2 4 は、振動素子 2 1 の上下面の中央部に、振動素子 2 1 の外形と比較して若干小さく略円形に形成されており、下面の励振電極 2 4 は、上面の励振電極 2 4 と対向するように形成されている。

【 0 0 4 3 】

引出電極 2 5 は、励振電極 2 4 とパッケージ 2 2 の外部接続電極 4 2 とを、例えば、導電性接着剤 4 3 を塗布することによって電氣的に接続するための電極であり、振動素子 2 1 の上下面に配置されている。振動素子 2 1 の上面の引出電極 2 5 は、上面に配置されている励振電極 2 4 の端部から一方の外部接続電極 4 2 と重なる振動素子 2 1 の端部まで形成されている。また、振動素子 2 1 の下面の引出電極 2 5 は、下面に配置されている励振電極 2 4 の端部から他方の外部接続電極 4 2 と重なる振動素子 2 1 の端部まで形成されている。

【 0 0 4 4 】

（取付け部）

次に、取付け部について説明する。図 1、図 2 に示すように、振動素子 2 1 は、第 1 主面 5 1 に配置されている 2 カ所の外部接続電極 4 2 上に導電性接着剤 4 3などを塗布して乾燥することによって、パッケージ 2 2 の底板 3 4 に片持ち梁状に固定されている。

【 0 0 4 5 】

振動素子 2 1 が固定されている 2 カ所のうち、上面の励振電極 2 4（引出電極 2 5）と接続されている一方を第 1 取付け部 2 6、下面の励振電極 2 4（引出電極 2 5）と接続されている他方を第 2 取付け部 2 7 と言う。

【 0 0 4 6 】

第 1 取付け部 2 6 においては、外部接続電極 4 2 と、振動素子 2 1 の上面に形成されている励振電極 2 4 と、の間で導通を取るため、外部接続電極 4 2 に導電性接着剤 4 3 を塗布し、振動素子 2 1 の端部が、塗布した導電性接着剤 4 3 と重なるように振動素子 2 1 を搭載して、さらに、その上から導電性接着剤 4 3 を塗布する。

【 0 0 4 7 】

第 2 取付け部 2 7 においては、外部接続電極 4 2 と、振動素子 2 1 の下面に形成されている励振電極 2 4 と、の間で導通を取るため、外部接続電極 4 2 に導電性接着剤 4 3 を塗布し、振動素子 2 1 の端部が、塗布した導電性接着剤 4 3 と重なるように振動素子 2 1 を搭載すればよく、第 1 取付け部 2 6 のように、その上から導電性接着剤 4 3 を塗布しなくてもよい。

【 0 0 4 8 】

なお、振動素子 2 1 の固定方法としては、底板 3 4 の外部接続電極 4 2 に金属で形成さ

10

20

30

40

50

れるパンプによるパンプ接合であってもよい。

【0049】

図1に示すように、パッケージ22の平面視にて、ヒーターの中心部33と振動素子の中心部31とを結ぶ線を仮想線としての仮想中心線38とすると、仮想中心線38に対して、第1取付け部26と第2取付け部27とが略線対称の位置に配置されている。

また、ヒーターの中心部33は、振動素子の中心部31に対して、第1取付け部26および第2取付け部27と反対側に配置されている。

【0050】

ここで、振動素子の中心部31と第1取付け部の中心部36とを結ぶ第1中心線56と、仮想中心線38と、がなす角を θ_1 とする。また、振動素子の中心部31と第2取付け部の中心部37とを結ぶ第2中心線57と、仮想中心線38と、がなす角を θ_2 とする。

そのとき、 $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < |\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$ となっている。

【0051】

このような構成にすることによって、第1取付け部26と第2取付け部27との距離を短くできる。さらに、パッケージ22の平面視にて、仮想中心線38に対して、第1取付け部26と第2取付け部27とが略線対称の位置に配置されているため、乾燥時やリフロー時などの製造上の熱処理工程において、振動素子21と底板34の熱膨張係数の違いから発生する熱応力（面内応力）が振動素子21に与える影響を低減することができる。従って、水晶振動子30の発振周波数の変動を低減することができる。

【0052】

次に、 θ_1 、および θ_2 が、 $0^\circ < \theta_1 < 30^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 30^\circ$ を満足している場合について、さらに、 $0^\circ < \theta_1 < 15^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 15^\circ$ を満足している場合について、図3を参照しながら説明する。

【0053】

図3は、第1実施形態に係る振動素子の中心部31と第1取付け部の中心部36とを結ぶ第1中心線56と、仮想中心線38と、がなす角 θ_1 、（あるいは、振動素子の中心部31と第2取付け部の中心部37とを結ぶ第2中心線57と、仮想中心線38と、がなす角 θ_2 ）と、熱応力による発振周波数の変化量 $\Delta f / f$ と、の関係を示す図である。

【0054】

図3は、 $\theta_1 = \theta_2$ をパラメーター（横軸）として、水晶振動子30の周囲温度を $+85^\circ\text{C}$ から -40°C に変化させた時に発生する熱応力による発振周波数の変化をFEM（Finite Element Method）によって計算されたものである。縦軸は規格化された周波数偏差を $\Delta F / F$ [ppm]で示している。

【0055】

θ_1 、 θ_2 が、 $0^\circ < |\theta_1 - \theta_2| < 10^\circ$ を満足していることから、仮想中心線38に対して、第1取付け部26と第2取付け部27とが略線対称の位置に配置されている。

【0056】

まず、 $0^\circ < \theta_1 < 30^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 30^\circ$ である場合には、第1取付け部26と第2取付け部27との距離をさらに短くできる。図3に示すように、 θ_1 が $0^\circ < \theta_1 < 30^\circ$ を満足している場合には、 30° の場合と比較して、熱応力による発振周波数の変化量がさらに小さくなっている。つまり、乾燥時、リフロー時などの熱処理工程において、振動素子21とパッケージ22との熱膨張係数の違いによって発生する熱応力をさらに低減することができる。

【0057】

次に、 $0^\circ < \theta_1 < 15^\circ$ 、かつ、 $0^\circ < \theta_2 < 15^\circ$ である場合には、第1取付け部26と第2取付け部27との距離をさらに短くできる。図3に示すように、 θ_1 が $0^\circ < \theta_1 < 15^\circ$ を満足している場合には、 15° の場合と比較して、熱応力による発振周波数の変化量がさらに小さくなっている。つまり、乾燥時、リフロー時などの熱処理工程において、振動素子21とパッケージ22との熱膨張係数の違いによって発生する熱応力をさ

らに低減することができる。

【0058】

(リッド)

次に、リッド28は、板状の部材であるため形成しやすく、形状の安定にも優れており、セラミック、金属、ガラスなどで形成されている。リッド28が、例えば、コパール(金属)で形成されている場合には、一般に他の材料よりも強度が高い利点がある。また、リッド28に板状のコパールを用いることによって、封止の際にコパールで形成されているシームリング40とリッド28とが同じ溶融状態で溶融され、合金化もされやすいため封止を容易に、かつ確実に行うことができる。

【0059】

なお、リッド28は、コパールに限らず他の材料を用いてもよい。例えば、42アロイ、ステンレス鋼などの金属材料、またはパッケージ22の側壁35と同材料(例えば、セラミック)などを用いることができる。

【0060】

そして、シーム溶接法などを用いてシームリング40を溶融し、図2に示すように、パッケージ22とリッド28とを接合することによって、パッケージ22の底板34と側壁35とに囲まれている凹部の開口が塞がれて、振動素子21などを収納するための密閉された内部空間29が形成される。

【0061】

内部空間29は、その内部圧力を所望の気圧に設定できる。例えば、内部空間29は窒素ガスを充填して大気圧にしたり、通常の大気圧より低い圧力($1 \times 10^5 \text{ Pa} \sim 1 \times 10^{-10} \text{ Pa}$ 以下(JIS Z 8126-1:1999))の状態(以下、真空と言う)にしたりすることができる。

【0062】

本実施形態の内部空間29は真空に設定されている。内部空間29を真空にすると、水晶振動子30のQ値を高められるので発振周波数が安定し、かつ、外部への熱の流出を低減することができるため、低消費電力化することが可能となる。

【0063】

[発振器]

次に、本実施形態の水晶振動子30を搭載した発振器90について図4を参照しながら説明する。図4は、第1実施形態に係る振動デバイスとしてのヒーター23を搭載した水晶振動子30を適用した発振器90の概略を示す断面図である。図4に示すように、発振器90は、ヒーター23、およびICチップ(チップ部品)72を搭載した水晶振動子30と、脚部60と、ケース65と、ベース66と、回路素子68と、他の回路構成部品74などで構成されている。

【0064】

水晶振動子30の第2主面52には、ヒーター23の他に、脚部60が接続されており、さらに、ICチップ72がろう材あるいは接着剤などの接合部材82を介して固定されている。ICチップ72は、水晶振動子30の駆動を制御するための駆動回路(発振回路)を有しており、このICチップ72によって水晶振動子30を駆動して外部に周波数を取り出すことができる。また、他の回路構成部品74とは、抵抗、コイル、コンデンサーなどを組み合わせて構成されている電子部品である。

【0065】

(脚部)

脚部60は、水晶振動子30とベース66とが2段構造になるように固定する部材である。つまり、脚部60によって、水晶振動子30に固定されているヒーター23から発生する熱が、後述する回路素子68などが搭載されているベース66に伝わり難い構造になっている。このような構造にすることによって、回路素子68などがヒーター23によって高温にさらされることが低減され、発振器90は、安定した周波数を発振することが可能となる。

10

20

30

40

50

【0066】

また、脚部60は水晶振動子30とベース66とを電氣的に接続できるように、導電性を有する金属フレームで構成されている。脚部60の材料として、例えば、リードフレームの材料を挙げることができる。つまり、脚部60は、Cu系素材(Cu Fe Pなど)、Fe系素材(Fe 42%Niなど)、その他の機械的強度、電気伝導度、熱伝導度、耐食性などに優れた金属素材の薄板が使用される。さらに、脚部60の表面には、Au、Ag、Sn、Pd、半田などのめっきが施されていてもよい。

【0067】

(ケース)

次に、ケース65は、振動素子21を収納しているパッケージ22、ヒーター23、などを収納することができる凹状の容器である。ケース65の平面的な形状は、矩形に限らず、多角形、円形、楕円形などの形状であってもよい。ケース65は、振動素子21およびヒーター23をケース65の内部に導入することができる程度の開口を備えており、ケース65は、セラミック、ガラスなどの無機材料、樹脂またはコパールなどの金属材料で形成されている。

10

【0068】

(ベース)

ベース66は、ケース65の開口を封止する平板形状を有している。ベース66の形状としては、特に限定されず、外部から底板34への接触を避ける程度の形状、または、ケース65の開口を封止して密閉空間を形成することができる形状とすることができる。ベース66は、例えば、セラミック、ガラス、金属などで形成することができ、本実施形態では、コパール(金属)で形成されている。

20

【0069】

ベース66の、脚部60が接続されている側の面(内面)には、後述する回路素子68、他の回路構成部品74などが設けられており、ベース66の、脚部60が接続されている側とは反対の面(外面)には、外部接続端子75などが設けられている。外部接続端子75は、回路素子68、他の回路構成部品74などと電氣的に接続されている。また、ベース66は、脚部60を介してヒーター23に電氣的に接続するための配線を備えている。

【0070】

ベース66とベース66に被せられたケース65とが、半田67などを用いて接着されることによって、内部空間69が形成される。ベース66とケース65との接着は、半田67の他に、例えば、プラズマ溶接、シーム溶接、超音波接合、または接着剤などを用いても行われることができる。

30

【0071】

内部空間69は、振動素子21、ヒーター23、回路素子68、ICチップ72などが収納されている空間である。内部空間69は、大気開放されていてもよいし、気密空間であってもよい。内部空間69が気密空間の場合には、振動素子21、ヒーター23を減圧状態や不活性ガス雰囲気にすることもできる。本実施形態では、内部空間69は略真空の減圧状態となっており、ヒーター23の加熱におけるエネルギー効率を高めることができる。

40

【0072】

(回路素子)

次に、回路素子68は、ベース66上に導電性接着剤(図示せず)などによって接続されている。回路素子68は、例えば、水晶振動子30の振動素子21を発振させる発振回路、あるいはヒーター23の温度制御を行う制御回路などを備えている。

【0073】

<変形例>

次に、第1実施形態の変形例に係る水晶振動子130について図5を参照して説明する。なお、上記第1実施形態との共通部分については、同一符号を付して説明を省略し、上

50

記第 1 実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0074】

〔水晶振動子〕

図 5 は、第 1 実施形態の変形例に係る振動デバイスとしてのヒーターを搭載した水晶振動子 130 の概略を示す平面図である。図 5 に示すように、水晶振動子 130 は、上記の第 1 実施形態の水晶振動子 30 と比較して、振動素子 21 とヒーター 23 との相対位置が異なるものである。

【0075】

第 1 実施形態と同様に、変形例に係る振動素子 21 は、パッケージ 22 の底板 34 の第 1 主面 51 に配置されている第 1 取付け部 26、第 2 取付け部 27 の 2 カ所において、外部接続電極 42 上に導電性接着剤 43などを塗布することによって、外部接続電極 42 に片持ち梁状に取付けられ、固定されている。

10

【0076】

また、第 1 実施形態と同様に、パッケージ 22 の平面視にて、ヒーターの中心部 33 と振動素子の中心部 31 とを結ぶ線を仮想線としての仮想中心線 38 とすると、仮想中心線 38 に対して、第 1 取付け部 26 と第 2 取付け部 27 とが線対称の位置に配置されている。

【0077】

しかし、第 1 実施形態と異なり、振動素子の中心部 31 に対して、ヒーターの中心部 33 と、第 1 取付け部 26 と、が同じ側に配置されており、ヒーターの中心部 33 と、第 2 取付け部 27 と、が同じ側に配置されている。

20

【0078】

このような構成にすることによって、ヒーター 23 からパッケージ 22 の底板 34 に配置されている第 1 取付け部 26、第 2 取付け部 27 を介して振動素子 21 までの距離が短縮される。従って、ヒーター 23 から発生する熱が振動素子 21 に伝わりやすくなるため、振動素子 21 の温度変化が低減され、水晶振動子 130 の発振周波数が安定する。また、伝熱経路にて熱の損失が低減されるため、低消費電力化が可能となる。

【0079】

< 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態に係る発振器 190 について図 6 を参照して説明する。なお、前述の第 1 実施形態に係る発振器 90 と同様な構成については同符号を付して説明を省略する。

30

【0080】

〔発振器〕

図 6 は、第 2 実施形態に係る振動デバイスとしてのヒーター 23 を搭載した水晶振動子 30 を適用した発振器 190 の概略を示す断面図である。図 6 に示すように、発振器 190 は、ヒーター 23、および IC チップ（チップ部品）72 を搭載した水晶振動子 30 と、脚部 60 と、ケース 65 と、ベース 66 と、回路素子 68 と、他の回路構成部品 74 などによって構成されている。構成されている部品は、第 1 実施形態と同じである。

【0081】

しかし、第 2 実施形態において、ヒーター 23 は、水晶振動子 30 に対して、ベース 66 とは反対側に配置されている。つまり、発振器 190 は、水晶振動子 30 を上下反転させて固定されている構造であることが第 1 実施形態と異なる。

40

【0082】

このような構成にすることによって、第 2 実施形態における発振器 190 においても、前述した第 1 実施形態に係る発振器 90 と同様な効果を得ることができる。さらに、ヒーター 23 と、ベース 66 上に配置されている回路素子 68 や他の回路構成部品 74 などと、の距離が第 1 実施形態と比較して長くなることから、回路素子 68 や他の回路構成部品 74 などがヒーター 23 によって高温にさらされることを低減させることが可能になる。

【0083】

50

〔電子機器〕

次いで、本発明の実施形態に係る振動デバイスとしての水晶振動子 30（または水晶振動子 130、以下は水晶振動子 30 にて説明する）を適用した電子機器について、図 7～図 9 に基づき、詳細に説明する。

【0084】

図 7 は、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である。この図において、パーソナルコンピュータ 1100 は、キーボード 1102 を備えた本体部 1104 と、表示部 100 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 1100 には、信号処理のタイミ

10

【0085】

図 8 は、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である。この図において、携帯電話機 1200（PHS も含む）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、表示部 100 が配置されている。このような携帯電話機 1200 には、信号処理のタイミ

【0086】

図 9 は、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。ここで、従来のフィルムカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチールカメラ 1300 は、被写体の光像を CCD（Charge Coupled Device）など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。

20

【0087】

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 100 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 100 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。

【0088】

撮影者が表示部 100 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、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。

30

【0089】

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 1430 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 1440 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 1430 や、パーソナルコンピュータ 1440 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、信号処理のタイ

40

【0090】

なお、本発明の実施形態に係る水晶振動子 30 を備える電子機器は、図 7 のパーソナルコンピュータ 1100（モバイル型パーソナルコンピュータ）、図 8 の携帯電話機 1200、図 9 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、テレビ、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

50

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などの電子機器、移動体通信基地局用機器、ルーターやスイッチなどのストレージエリアネットワーク機器、ローカルエリアネットワーク機器、ネットワーク用伝送機器などに適用することができる。

【0091】

[移動体]

図10は移動体の一例としての自動車1500を概略的に示す斜視図である。自動車1500には本発明に係る水晶振動子30が搭載されている。例えば、同図に示すように、移動体としての自動車1500には、水晶振動子30を内蔵してタイヤ1503などを制御する電子制御ユニット1510が車体1501に搭載されている。

10

【0092】

また、水晶振動子30は、他にも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: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、などの電子制御ユニット(ECU:Electronic Control Unit)に広く適用できる。

【0093】

以上、本発明の振動子、発振器、電子機器および移動体の実施形態について、図面に基づいて説明したが、本発明は、上記実施形態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。

20

【符号の説明】

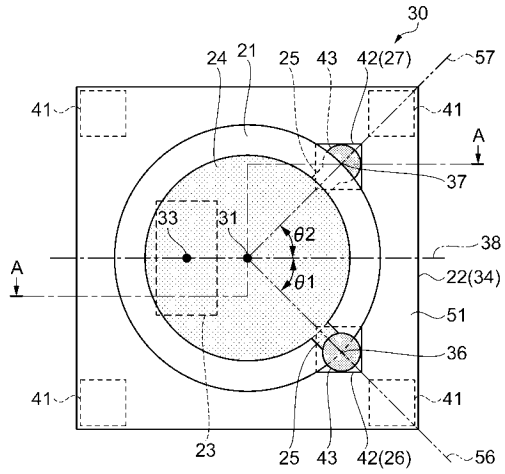
【0094】

21...振動素子、22...パッケージ、23...ヒーター、24...励振電極、25...引出電極、26...第1取付け部、27...第2取付け部、28...リッド、29...内部空間、30...水晶振動子、31...振動素子の中心部、33...ヒーターの中心部、34...底板、35...側壁、36...第1取付け部の中心部、37...第2取付け部の中心部、38...仮想中心線、40...シームリング、41...パッド電極、42...外部接続電極、43...導電性接着剤、45...発熱体、46...温度センサー、48...接続部、49...熱伝導層、51...第1主面、52...第2主面、56...第1中心線、57...第2中心線、60...脚部、65...ケース、66...ベース、67...半田、68...回路素子、69...内部空間、72...ICチップ、74...他の回路構成部品、75...外部接続端子、82...接合部材、90...発振器、100...表示部、130...水晶振動子、190...発振器、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、1200...携帯電話機、1202...操作ボタン、1204...受話口、1206...送話口、1300...デジタルステレオカメラ、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、1312...ビデオ信号出力端子、1314...入出力端子、1430...テレビモニター、1440...パーソナルコンピューター、1500...自動車、1501...車体、1503...タイヤ、1510...電子制御ユニット。

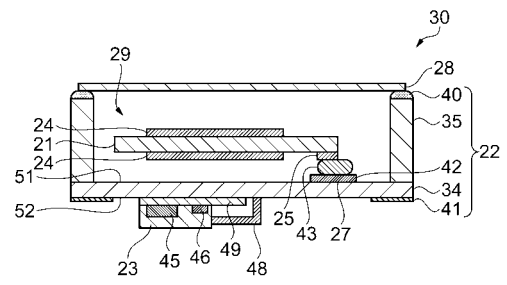
30

40

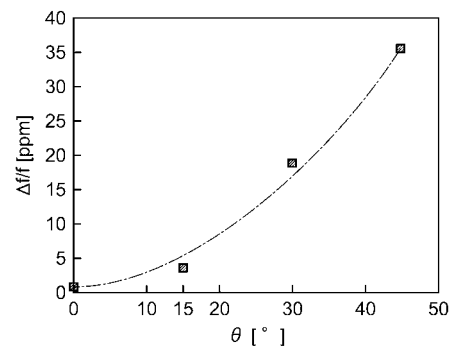
【図 1】



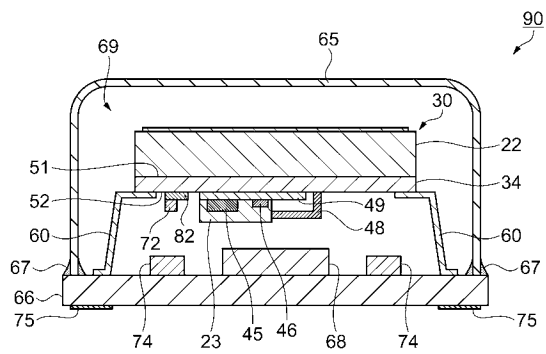
【図 2】



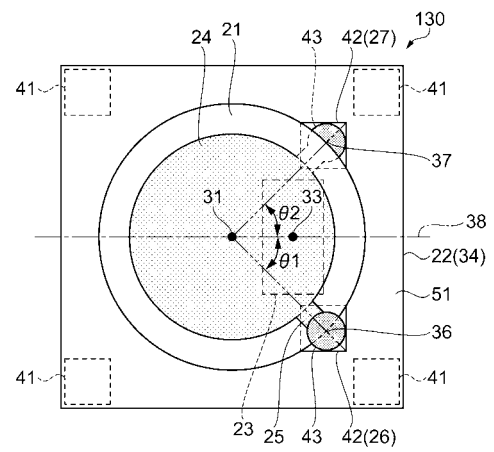
【図 3】



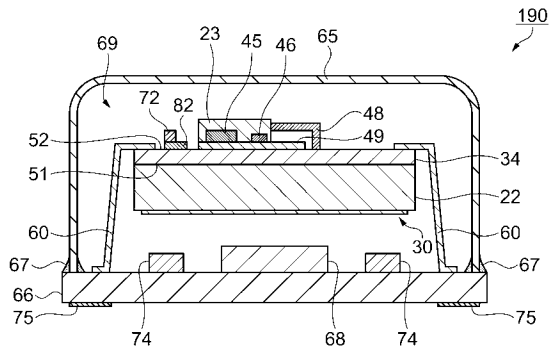
【図 4】



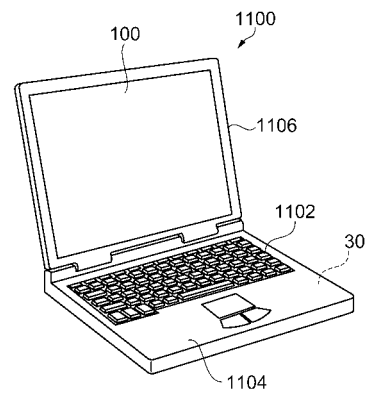
【図 5】



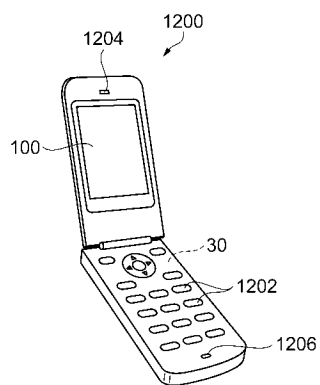
【図 6】



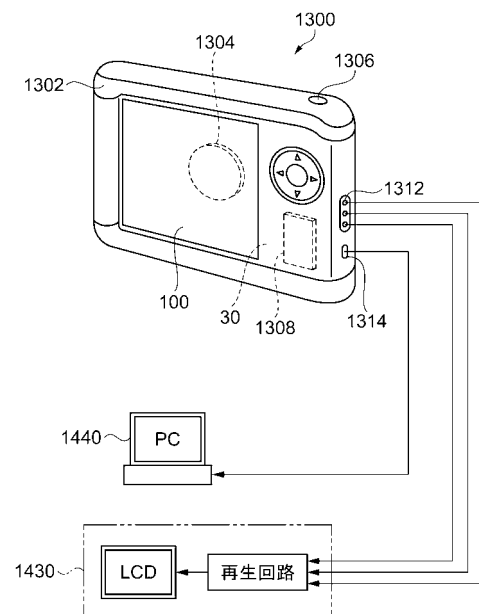
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

