

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7120406号  
(P7120406)

(45)発行日 令和4年8月17日(2022.8.17)

(24)登録日 令和4年8月8日(2022.8.8)

(51)国際特許分類

F I

H 0 3 H 9/02 (2006.01)

H 0 3 H 9/02 K

H 0 3 H 9/02 L

H 0 3 H 9/02 N

請求項の数 11 (全20頁)

(21)出願番号	特願2021-123134(P2021-123134)	(73)特許権者	000002369
(22)出願日	令和3年7月28日(2021.7.28)		セイコーエプソン株式会社
(62)分割の表示	特願2020-169114(P2020-169114)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
	)の分割	(74)代理人	100179475
原出願日	平成26年7月30日(2014.7.30)		弁理士 仲井 智至
(65)公開番号	特開2021-177660(P2021-177660)	(74)代理人	100216253
	A)		弁理士 松岡 宏紀
(43)公開日	令和3年11月11日(2021.11.11)	(74)代理人	100225901
審査請求日	令和3年8月26日(2021.8.26)		弁理士 今村 真之
		(72)発明者	山下 剛
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
			コーエブソン株式会社内
		審査官	石田 昌敏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 振動デバイス、電子機器及び移動体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

振動片と、  
両端部に電極を備えたサーミスタと、  
セラミック系の絶縁性材料からなり、互いに表裏の関係にある第1主面と第2主面、および、前記第2主面側に開口を有し前記1主面側に向かって凹んでいる凹部を備え、平面視で略矩形である絶縁基板と、を備え、  
前記振動片は、前記絶縁基板の前記第1主面側に搭載され、  
前記凹部は、底面、および、前記開口と前記底面とを繋いでいる側面を備え、  
前記底面には、一対の電極パッドが設けられており、  
前記サーミスタは、前記凹部内において、前記側面と離間し、且つ、平面視で、前記両端部の電極の一方と前記一対の電極パッドの一方とが重なり、前記両端部の電極の他方と前記一対の電極パッドの他方とが重なるように配置されており、  
前記両端部の電極と前記一対の電極パッドは、接合部材を介して接合されており、  
平面視で前記一対の電極パッドが並ぶ方向である第1方向に対して直交する第2方向における前記サーミスタと前記側面との間の前記凹部の底面、前記サーミスタの表面の前記接合部材が塗布されていない部分、および、前記接合部材の表面は、前記凹部内の大気に露出しており、  
前記絶縁基板には、前記第2主面側からの平面視で前記略矩形の隅部に、前記振動片または前記サーミスタと接続されている電極端子が設けられており、

10

20

前記電極端子の実装面から前記サーミスタまでの、前記第 1 主面と直交する第 3 方向における距離が 0 . 0 5 mm 以上であり、且つ、

前記電極端子の前記実装面から前記凹部の前記底面までの前記第 3 方向における距離が、0 . 3 mm 未満であり、

前記振動片は、平面視における中央部の前記第 3 方向の厚さが、平面視で前記中央部を囲んでいる周辺部の前記第 3 方向の厚さよりも小さい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、

前記サーミスタの前記第 3 方向における中心を通り、前記第 1 主面に沿って延びる第 1 仮想中心線と、前記振動片の前記第 3 方向における中心を通り、前記第 1 主面に沿って延びる第 2 仮想中心線との、前記第 3 方向における距離が、0 . 1 8 mm 以上 0 . 3 2 mm 以下の範囲内であることを特徴とする振動デバイス。

10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記絶縁基板は、前記第 1 主面と前記第 2 主面を有する第 1 基板部、前記第 1 主面側に配置され、前記第 1 主面を底面とする凹所を構成している枠状の第 2 基板部、および、前記第 2 主面側に配置され、前記第 2 主面を底面とする前記凹部を構成している孔部を有する第 3 基板部を備え、

前記第 1 基板部、前記第 2 基板部、および前記第 3 基板部がセラミック系の絶縁性材料からなり、

20

前記振動片は、前記凹所内に搭載され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 ないし請求項 3 のいずれか一項において、

前記第 1 方向は、前記略矩形の長辺に沿っており、

前記凹部の前記開口は、前記第 1 方向における寸法が、前記第 2 方向における寸法よりも大きいことを特徴とする特徴とする振動デバイス。

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項において、

前記第 1 方向は、前記略矩形の短辺に沿っており、

前記凹部の前記開口は、前記第 1 方向における寸法が、前記第 2 方向における寸法よりも大きいことを特徴とする特徴とする振動デバイス。

30

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項において、

前記電極端子は、前記略矩形の一方の長辺側に配置された第 1 電極端子および第 2 電極端子と、前記略矩形の他方の長辺側に配置された第 3 電極端子および第 4 電極端子とを含み、

前記第 1 電極端子は、平面視において、前記第 2 電極端子側に突出した突出部を備え、

前記第 1 電極端子と前記第 2 電極端子との間の距離は、前記第 3 電極端子と前記第 4 電極端子との間の距離よりも短いことを特徴とする振動デバイス。

40

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記突出部の輪郭に曲線が含まれていることを特徴とする振動デバイス。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項において、

前記電極端子が取り付けられる外部基板の温度が 2 9 . 0 以上、3 2 . 0 以下のとき、

前記振動片の温度と前記サーミスタで検出される温度との温度差  $d T$  が、

$$| d T | \leq 0 . 1 ( \text{ } )$$

を満たすことを特徴とする振動デバイス。

【請求項 9】

50

請求項 1 ないし請求項 8 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 10】

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載の振動デバイスと、  
前記振動片と電氣的に接続された発振回路と、  
前記サーミスタからの出力信号を A / D 変換する A / D 変換回路と、を備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 11】

請求項 1 ないし請求項 8 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。

10

【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ている電子機器及び移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、振動デバイスの一例として、圧電振動素子と、感温部品と、圧電振動素子を収容する第 1 の収容部、及び感温部品を収容する第 2 の収容部を有した容器と、を備え、容器が、第 2 の収容部を構成する貫通孔を有し且つ底部に複数の実装端子を備えた第 1 の絶縁基板と、第 1 の絶縁基板に積層固定され、表面に圧電振動素子搭載用の第 1 の電極パッドが設けられ、裏面に感温部品搭載用の第 2 の電極パッドが設けられた第 2 の絶縁基板と、第 2 の絶縁基板の表面に積層固定され、第 1 の収容部を構成する第 3 の基板と、を備えている圧電デバイスが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

20

【0003】

この圧電デバイスは、少なくとも 1 つの実装端子と第 1 の電極パッドとが、第 1 の熱伝導部及び第 1 の配線パターンにより電氣的に接続され、他の少なくとも 1 つの実装端子と第 2 の電極パッドとが、第 2 の熱伝導部及び第 2 の配線パターンにより電氣的に接続されることにより、圧電振動素子の温度と感温部品の検知する温度との温度差を縮小することが可能となり、良好な周波数温度特性が得られるとされている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2013 - 102315 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、上記圧電デバイスは、第 1 の絶縁基板の実装端子から、第 2 の収容部内の感温部品までの厚さ方向の距離によっては、電子機器などの外部部材に実装された際、第 2 の収容部内に滞留する温度上昇時に暖められた大気の断熱効果によって、例えば、温度下降時における圧電振動素子の温度と、感温部品の検知する温度との温度差が大きくなる虞がある。

40

この結果、上記圧電デバイスは、周波数温度特性が悪化する虞がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記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] 本適用例にかかる振動デバイスは、振動片と、電子素子と、互いに表裏の関係にある第 1 主面と第 2 主面とを有する基板と、を備え、前記振動片は、前記基板の前記第 1 主面側に搭載され、前記電子素子は、前記基板の前記第 2 主面側に設けられている

50

凹部内に收容され、前記基板の前記第 2 主面側には、前記振動片または前記電子素子と接続されている複数の電極端子が設けられ、前記電極端子の実装面から前記電子素子までの、前記第 1 主面と直交する第 1 方向における距離が 0 . 0 5 mm 以上であることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

これによれば、振動デバイスは、電極端子の実装面から電子素子までの、第 1 方向（換言すれば基板の厚さ方向）における距離が 0 . 0 5 mm 以上であることから、例えば、電子機器などの外部部材に実装された際に、凹部内の大気の流動が促され、凹部内の大気の滞留に起因する電子素子の温度降下の遅延を低減することができる。

この結果、振動デバイスは、例えば、電子素子が感温素子（感温部品）の場合には、振動片の温度と感温素子の検知する温度との温度差を縮小することができる。

10

これにより、振動デバイスは、良好な周波数温度特性を得ることができる。

【 0 0 0 9 】

[ 適用例 2 ] 上記適用例にかかる振動デバイスにおいて、前記電極端子の前記実装面から前記凹部の底面までの前記第 1 方向における距離が、0 . 3 mm 未満であることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

これによれば、振動デバイスは、電極端子の実装面から凹部の底面までの第 1 方向における距離が、0 . 3 mm 未満であることから、振動片の温度と感温素子の検知する温度との温度差を縮小しつつ、薄型化を図ることができる。

20

これにより、振動デバイスは、薄型化を図りつつ良好な周波数温度特性を得ることができる。

【 0 0 1 1 】

[ 適用例 3 ] 上記適用例にかかる振動デバイスにおいて、前記電子素子の前記第 1 方向における中心を通り、前記第 1 主面に沿って延びる第 1 仮想中心線と、前記振動片の前記第 1 方向における中心を通り、前記第 1 主面に沿って延びる第 2 仮想中心線との、前記第 1 方向における距離が、0 . 1 8 mm 以上 0 . 3 2 mm 以下の範囲内であることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

これによれば、振動デバイスは、電子素子の第 1 仮想中心線と振動片の第 2 仮想中心線との、第 1 方向における距離が、0 . 1 8 mm 以上 0 . 3 2 mm 以下の範囲内であることから、例えば、電子素子が感温素子の場合には、振動片の温度と感温素子の検知する温度との温度差を縮小しつつ、更に薄型化を図ることができる。

30

【 0 0 1 3 】

[ 適用例 4 ] 上記適用例にかかる振動デバイスにおいて、前記電極端子の 1 つは、平面視において他の電極端子よりも面積が大きくなるように突出部を備え、前記突出部の輪郭に曲線が含まれていることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

これによれば、振動デバイスは、電極端子の 1 つが、平面視において他の電極端子よりも面積が大きくなるように突出部を備え、突出部の輪郭に曲線が含まれていることから、電極端子の識別機能に加えて、この電極端子が基点となり振動デバイスのセルフアライメント効果（振動デバイスの外部基板へのハンダを介して取り付ける際の、リフロー実装時における自律的位置修復現象）を容易に引き出すことができる。

40

【 0 0 1 5 】

[ 適用例 5 ] 上記適用例にかかる振動デバイスにおいて、前記電子素子は、感温素子であることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

これによれば、振動デバイスは、電子素子が感温素子であることから、振動片の温度と感温素子の検知する温度との温度差を縮小することができる。

【 0 0 1 7 】

50

〔適用例 6〕上記適用例にかかる振動デバイスにおいて、前記感温素子は、サーミスターまたは測温用半導体であることが好ましい。

【0018】

これによれば、振動デバイスは、感温素子がサーミスターまたは測温用半導体であることから、サーミスター及び測温用半導体の特性により周囲の温度を正確に検知することができる。

【0019】

〔適用例 7〕本適用例にかかる電子機器は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする。

【0020】

これによれば、本構成の電子機器は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動デバイスを備えていることから、上記適用例のいずれか一例に記載の効果が奏され、優れた性能を発揮する電子機器を提供することができる。

【0021】

〔適用例 8〕本適用例にかかる移動体は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする。

【0022】

これによれば、本構成の移動体は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動デバイスを備えていることから、上記適用例のいずれか一例に記載の効果が奏され、優れた性能を発揮する移動体を提供することができる。

【0023】

〔適用例 9〕本適用例にかかる振動デバイスは、振動片と、感温素子と、前記振動片及び前記感温素子が収容されている容器と、を備え、前記振動片の温度と前記感温素子で検出される温度との温度差  $dT$  が、 $|dT| < 0.1$  ( ) を満たすことを特徴とする。

【0024】

この結果、振動デバイスは、振動片の温度と感温素子の検知する温度との温度差を縮小することができる。

これにより、振動デバイスは、良好な周波数温度特性を得ることができる。

【0025】

〔適用例 10〕上記適用例 9 にかかる振動デバイスにおいて、前記感温素子は、サーミスターまたは測温用半導体であることが好ましい。

【0026】

これによれば、振動デバイスは、感温素子がサーミスターまたは測温用半導体であることから、サーミスター及び測温用半導体の特性により周囲の温度を正確に検知することができる。

【0027】

〔適用例 11〕本適用例にかかる電子機器は、上記適用例 9 または適用例 10 に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする。

【0028】

これによれば、本構成の電子機器は、上記適用例 9 または適用例 10 に記載の振動デバイスを備えていることから、上記適用例 9 または適用例 10 に記載の効果が奏され、優れた性能を発揮する電子機器を提供することができる。

【0029】

〔適用例 12〕本適用例にかかる移動体は、上記適用例 9 または適用例 10 に記載の振動デバイスを備えていることを特徴とする。

【0030】

これによれば、本構成の移動体は、上記適用例 9 または適用例 10 に記載の振動デバイスを備えていることから、上記適用例 9 または適用例 10 に記載の効果が奏され、優れた性能を発揮する移動体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 1 】

【図 1】第 1 実施形態の水晶振動子の概略構成を示す模式図であり、( a ) はリッド ( 蓋体 ) 側から見た平面図、( b ) は ( a ) の A - A 線での断面図、( c ) は底面側から見た平面図。

【図 2】第 1 実施形態の水晶振動子に收容された電子素子としての感温素子を含む水晶振動子の駆動に関わる回路図。

【図 3】距離 L 1 と水晶振動片の温度変化時におけるサーミスターの温度変化の追従性との関係について説明するグラフ。

【図 4】距離 L 1 と水晶振動子の温度ヒステリシスの歩留まりとの関係を説明するグラフ。

【図 5】サーミスターの検出温度と振動片の温度との温度差を示すグラフ。

10

【図 6】第 1 実施形態の変形例の水晶振動子の概略構成を示す模式図であり、( a ) はリッド側から見た平面図、( b ) は ( a ) の A - A 線での断面図、( c ) は底面側から見た平面図。

【図 7】第 2 実施形態の水晶振動子の概略構成を示す模式図であり、( a ) はリッド側から見た平面図、( b ) は ( a ) の A - A 線での断面図、( c ) は底面側から見た平面図。

【図 8】電子機器としての携帯電話を示す模式斜視図。

【図 9】移動体としての自動車を示す模式斜視図。

【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 3 2 】

以下、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。

20

## 【 0 0 3 3 】

( 第 1 実施形態 )

最初に、振動デバイスの一例としての水晶振動子について説明する。

図 1 は、第 1 実施形態の水晶振動子の概略構成を示す模式図である。図 1 ( a ) は、リッド ( 蓋体 ) 側から見た平面図であり、図 1 ( b ) は、図 1 ( a ) の A - A 線での断面図であり、図 1 ( c ) は、底面側から見た平面図である。なお、図 1 ( a ) を含む以下のリッド側から見た平面図では、リッドを省略してある。また、分かり易くするために、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。

図 2 は、第 1 実施形態の水晶振動子に收容された電子素子としての感温素子を含む水晶振動子の駆動に関わる回路図である。

30

## 【 0 0 3 4 】

図 1 に示すように、水晶振動子 1 は、振動片としての水晶振動片 1 0 と、電子素子としての感温素子の一例としてのサーミスター 2 0 と、水晶振動片 1 0 及びサーミスター 2 0 が收容されているパッケージ 3 0 と、を備えている。

## 【 0 0 3 5 】

水晶振動片 1 0 は、例えば、水晶の原石などから所定の角度で切り出された A T カット型の水晶基板であって、平面形状が略矩形に形成され、厚みすべり振動が励振される振動部 1 1 と振動部 1 1 に接続された基部 1 2 とを一体で有している。

水晶振動片 1 0 は、振動部 1 1 の一方の主面 1 3 及び他方の主面 1 4 に形成された略矩形の励振電極 1 5 , 1 6 から引き出された引き出し電極 1 5 a , 1 6 a が、基部 1 2 に形成されている。

40

## 【 0 0 3 6 】

引き出し電極 1 5 a は、一方の主面 1 3 の励振電極 1 5 から、水晶振動片 1 0 の長手方向 ( 紙面左右方向 ) に沿って基部 1 2 に引き出され、基部 1 2 の側面に沿って他方の主面 1 4 に回り込み、基部 1 2 の他方の主面 1 4 まで延在している。

引き出し電極 1 6 a は、他方の主面 1 4 の励振電極 1 6 から、水晶振動片 1 0 の長手方向に沿って基部 1 2 に引き出され、基部 1 2 の側面に沿って一方の主面 1 3 に回り込み、基部 1 2 の一方の主面 1 3 まで延在している。

励振電極 1 5 , 1 6 及び引き出し電極 1 5 a , 1 6 a は、例えば、C r ( クロム ) を下地層とし、その上に A u ( 金 ) または A u を主成分とする金属が積層された構成の金属被

50

膜となっている。

【 0 0 3 7 】

サーミスター 2 0 は、例えば、チップ型（直方体形状）の感温素子（感温抵抗素子）であって、両端部に電極 2 1 , 2 2 を有し、温度変化に対して電気抵抗の変化の大きい抵抗体である。

サーミスター 2 0 には、例えば、温度の上昇に対して抵抗が減少する N T C ( N e g a t i v e T e m p e r a t u r e C o e f f i c i e n t ) サーミスターと呼ばれるサーミスターが用いられている。N T C サーミスターは、温度と抵抗値の変化の関係が直線的なため、温度センサーとして多用されている。

サーミスター 2 0 は、パッケージ 3 0 に収容され、水晶振動片 1 0 近傍の温度を検知することにより、温度センサーとして水晶振動片 1 0 の温度変化に伴う周波数変動の補正に資する機能を果たしている。

10

【 0 0 3 8 】

パッケージ 3 0 は、平面形状が略矩形で略平板状であって、互いに表裏の関係にある第 1 主面 3 3 と第 2 主面 3 4 とを有する基板としてのパッケージベース 3 1 と、パッケージベース 3 1 の第 1 主面 3 3 側を覆う平板状のリッド 3 2 と、を有し、略直方体形状に構成されている。

パッケージベース 3 1 は、一方の面が第 1 主面 3 3 となる平板状の第 1 層 3 1 a と、中央部に開口部を有し、第 1 層 3 1 a の第 1 主面 3 3 とは反対側に積層され、この積層面とは反対側の面が第 2 主面 3 4 となる第 2 層 3 1 b と、第 1 層 3 1 a の第 1 主面 3 3 側に積層された枠状の第 3 層 3 1 c と、を備えている。

20

パッケージベース 3 1 の第 1 層 3 1 a 及び第 2 層 3 1 b には、セラミックグリーンシートを成形して積層し焼成した酸化アルミニウム質焼結体、ムライト質焼結体、窒化アルミニウム質焼結体、炭化珪素質焼結体、ガラスセラミックス焼結体などのセラミックス系の絶縁性材料、または、水晶、ガラス、シリコン（高抵抗シリコン）などが用いられている。

パッケージベース 3 1 の第 3 層 3 1 c 及びリッド 3 2 には、パッケージベース 3 1 と同材料、または、コパール、4 2 アロイなどの金属が用いられている。

【 0 0 3 9 】

パッケージベース 3 1 の第 1 主面 3 3 には、水晶振動片 1 0 の引き出し電極 1 5 a , 1 6 a に対向する位置に、内部端子 3 3 a , 3 3 b が設けられている。

30

水晶振動片 1 0 は、引き出し電極 1 5 a , 1 6 a が、金属フィラーなどの導電性物質が混合された、エポキシ系、シリコーン系、ポリイミド系などの導電性接着剤 4 0 を介して内部端子 3 3 a , 3 3 b に接合されている。これにより、水晶振動片 1 0 は、第 1 主面 3 3 側に搭載されたことになる。

【 0 0 4 0 】

水晶振動子 1 は、水晶振動片 1 0 がパッケージベース 3 1 の内部端子 3 3 a , 3 3 b に接合された状態で、パッケージベース 3 1 の第 3 層 3 1 c がリッド 3 2 により覆われ、パッケージベース 3 1 とリッド 3 2 とがシーム溶接や、低融点ガラス、接着剤などの接合部材で接合されることにより、パッケージベース 3 1 の第 1 層 3 1 a 、第 3 層 3 1 c 及びリッド 3 2 を含んで構成された内部空間 S が気密に封止されている。

40

図 1 では、一例として、金属製の第 3 層 3 1 c と金属製のリッド 3 2 とがシーム溶接により接合されている形態を示している。なお、この場合、第 3 層 3 1 c は、第 1 層 3 1 a のメタライズ層（図示せず）に、ろう付けされている。

パッケージ 3 0 の気密に封止された内部空間 S 内は、減圧された真空状態（真空度の高い状態）または窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガスが充填された状態となっている。

【 0 0 4 1 】

パッケージベース 3 1 の第 2 主面 3 4 側には、第 2 層 3 1 b の開口部と第 1 層 3 1 a の積層面とにより凹部 3 5 が設けられている。凹部 3 5 の平面形状は、例えば、トラック状に形成されている。

50

凹部 35 の底面 36 (第 1 層 31 a の積層面) には、サーミスター 20 の電極 21, 22 に対向する位置に電極パッド 36 a, 36 b が設けられている。

サーミスター 20 は、電極 21, 22 が導電性接着剤またはハンダなどの接合部材 41 を介して電極パッド 36 a, 36 b に接合されている。これにより、サーミスター 20 は、凹部 35 内に収容されたことになる。

なお、サーミスター 20 は、長手方向 (電極 21 と電極 22 とを結ぶ方向) がパッケージベース 31 の長手方向 (紙面左右方向) に沿うようにして、凹部 35 の略中央部に配置されている。

#### 【0042】

パッケージベース 31 の第 2 主面 34 の四隅には、それぞれ電極端子 37 a, 37 b, 37 c, 37 d が設けられている。

4 つの電極端子 37 a ~ 37 d の内、例えば、一方の対角に位置する 2 つの電極端子 37 b, 37 d は、水晶振動片 10 の引き出し電極 15 a, 16 a に繋がる内部端子 33 a, 33 b と接続され、他方の対角に位置する残りの 2 つの電極端子 37 a, 37 c は、サーミスター 20 の電極 21, 22 に繋がる電極パッド 36 a, 36 b と接続されている。

#### 【0043】

4 つの電極端子 37 a ~ 37 d は、平面形状が矩形から凹部 35 側の一部が切り欠かれた形状に形成されている。電極端子 37 c は、平面視において他の電極端子 37 a, 37 b, 37 d よりも面積が大きくなるように電極端子 37 b に向かって延びる突出部 38 を備え、突出部 38 の先端部が略半円状に形成されている (換言すれば、突出部 38 の輪郭に曲線が含まれている)。

#### 【0044】

なお、電極端子 37 c は、リッド 32 及びパッケージベース 31 の第 3 層 31 c が金属の場合、図 1 (b) に破線で示すように、パッケージベース 31 の第 1 層 31 a、第 2 層 31 b をそれぞれ貫通する導通ビア (スルーホールに金属または導電性を有する材料が充填された導通電極) 及び内部配線、あるいはパッケージベース 31 の外側の角部に設けられた図示しないキャストレーション (凹部) に形成された導電膜のいずれかにより、第 3 層 31 c を介してリッド 32 と電氣的に接続されていることがシールド性を向上させる観点から好ましい。なお、第 3 層 31 c が絶縁性材料の場合には、第 3 層 31 c にも導通ビアを設けることになる。

また、水晶振動子 1 は、電極端子 37 c をアース端子 (GND 端子) として接地することによりシールド性を更に向上させることができる。

#### 【0045】

なお、内部端子 33 a, 33 b、電極パッド 36 a, 36 b、電極端子 37 a ~ 37 d は、例えば、W (タングステン)、Mo (モリブデン) などのメタライズ層に Ni (ニッケル)、Au などの各被膜をメッキなどにより積層した金属被膜からなる。

#### 【0046】

水晶振動子 1 は、電極端子 37 a ~ 37 d の実装面 (外部部材への取り付け面) からサーミスター 20 までの、第 1 主面 33 と直交する第 1 方向 (パッケージベース 31 の厚さ方向) における距離 L1 が 0.05 mm 以上と規定されている。

また、水晶振動子 1 は、電極端子 37 a ~ 37 d の実装面から凹部 35 の底面 36 までの第 1 方向における距離 L2 が、0.3 mm 未満と規定されている。

#### 【0047】

一例として、水晶振動子 1 は、パッケージベース 31 の第 2 層 31 b に厚さ  $0.25\text{ mm} \pm 0.01\text{ mm}$  ( $0.24\text{ mm}$  以上  $0.26\text{ mm}$  以下) の材料を用い、電極端子 37 a ~ 37 d の厚さを  $0.02\text{ mm} \pm 0.01\text{ mm}$  ( $0.01\text{ mm}$  以上  $0.03\text{ mm}$  以下)、電極パッド 36 a, 36 b の厚さを  $0.02\text{ mm} \pm 0.01\text{ mm}$  ( $0.01\text{ mm}$  以上  $0.03\text{ mm}$  以下)、接合部材 41 の厚さを  $0.01\text{ mm} \pm 0.005\text{ mm}$  ( $0.005\text{ mm}$  以上  $0.015\text{ mm}$  以下) で管理し、サーミスター 20 に厚さ  $0.12\text{ mm} \pm 0.015\text{ mm}$  ( $0.105\text{ mm}$  以上  $0.135\text{ mm}$  以下) の薄型品を用いている。



これにより、水晶振動子 1 は、距離  $L_1$  が  $0.12\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$  ( $0.07\text{ mm}$  以上  $0.17\text{ mm}$  以下) となり、最小でも  $0.07\text{ mm}$  であることから、 $0.05\text{ mm}$  以上の規定を十分に満たすことになる。

また、水晶振動子 1 は、距離  $L_2$  が  $0.27\text{ mm} \pm 0.02\text{ mm}$  ( $0.25\text{ mm}$  以上  $0.29\text{ mm}$  以下) となり、最大でも  $0.29\text{ mm}$  であることから、 $0.3\text{ mm}$  未満の規定を十分に満たすことになる。

これらのことから、水晶振動子 1 は、公差 (ばらつき) を考慮しても距離  $L_1$ 、距離  $L_2$  の規定をクリアし、十分に量産製造可能といえる。

#### 【0048】

また、水晶振動子 1 は、サーミスター 20 の第 1 方向における中心を通り、第 1 主面 33 に沿って延びる第 1 仮想中心線  $O_1$  と、水晶振動片 10 の第 1 方向における中心を通り、第 1 主面 33 に沿って延びる第 2 仮想中心線  $O_2$  との、第 1 方向における距離  $L_3$  が、 $0.18\text{ mm}$  以上  $0.32\text{ mm}$  以下の範囲内となっている。

#### 【0049】

一例として、水晶振動子 1 は、パッケージベース 31 の第 1 層 31a に厚さが  $0.09\text{ mm} \sim 0.11\text{ mm}$  の材料を用い、内部端子 33a, 33b の厚さを  $0.003\text{ mm} \sim 0.013\text{ mm}$ 、導電性接着剤 40 の厚さを  $0.01\text{ mm} \sim 0.03\text{ mm}$ 、水晶振動片 10 の厚さ (共振周波数の範囲を約  $19 \sim 52\text{ MHz}$  として) を  $0.032\text{ mm} \sim 0.087\text{ mm}$ 、電極パッド 36a, 36b の厚さを  $0.01\text{ mm} \sim 0.03\text{ mm}$ 、接合部材 41 の厚さを  $0.005\text{ mm} \sim 0.015\text{ mm}$  の範囲で管理し、サーミスター 20 に厚さが  $0.105\text{ mm} \sim 0.135\text{ mm}$  の範囲で管理されている薄型品を用いている。

これにより、水晶振動子 1 は、距離  $L_3$  が  $0.187\text{ mm} \sim 0.309\text{ mm}$  の範囲となることから、 $0.18\text{ mm}$  以上  $0.32\text{ mm}$  以下の規定を十分に満たし、公差を考慮しても距離  $L_3$  の規定をクリアし、十分に量産製造可能といえる。

なお、水晶振動片 10 が傾斜している (基部 12 から反対側の先端部に行くほど第 1 主面 33 に近づいている) 場合には、距離  $L_3$  は、紙面左右方向の位置が図 1 (b) の内部端子 33a (33b) の範囲内における第 1 仮想中心線  $O_1$  と第 2 仮想中心線  $O_2$  との距離とする。

#### 【0050】

図 2 に示すように、水晶振動子 1 は、例えば、電子機器の IC チップ 70 内に集積化された発振回路 61 から、電極端子 37b, 37d を経由して印加される駆動信号によって、水晶振動片 10 が厚みすべり振動を励振されて所定の周波数で共振 (発振) し、電極端子 37b, 37d から共振信号 (発振信号) を出力する。

この際、水晶振動子 1 は、サーミスター 20 が温度センサーとして水晶振動片 10 近傍の温度を検知し、それを電源 62 から供給される電圧値の変化に変換し、電極端子 37a から検出信号として出力する。

#### 【0051】

出力された検出信号は、例えば、電子機器の IC チップ 70 内に集積化された A/D 変換回路 63 により A/D 変換され、同じく IC チップ 70 内に集積化された温度補償回路 64 に入力される。そして、温度補償回路 64 は、入力された検出信号に応じて温度補償データに基づいた補正信号を発振回路 61 に出力する。

発振回路 61 は、入力された補正信号に基づいて補正された駆動信号を水晶振動片 10 に印加し、温度変化に伴い変動する水晶振動片 10 の共振周波数を、所定の周波数になるように補正する。発振回路 61 は、この補正された周波数の発振信号を増幅し外部へ出力する。

#### 【0052】

上述したように、第 1 実施形態の水晶振動子 1 は、電極端子 37a ~ 37d の実装面からサーミスター 20 までの、第 1 方向における距離  $L_1$  が  $0.05\text{ mm}$  以上である。

このように、水晶振動子 1 は、薄型のサーミスター 20 を用いるなどして電極端子 37a ~ 37d の実装面からサーミスター 20 までの距離  $L_1$  を  $0.05\text{ mm}$  以上とすること

10

20

30

40

50

によって、電子機器などの外部部材に実装された際に、凹部 35 内の大気の流動が促され、凹部 35 内の大気の滞留に起因するサーミスター 20 の温度降下の遅延を低減することができる。

【0053】

ここで、上記の内容について詳述する。

図 3 は、距離 L1 と水晶振動片の温度変化時におけるサーミスターの温度変化の追従性との関係について説明するグラフであり、図 4 は、距離 L1 と水晶振動子の温度ヒステリシスの歩留まりとの関係について説明するグラフである。なお、図 3 のグラフは、本願発明者のシミュレーション及び実験による解析結果に基づいている。

図 3 の横軸は経過時間を表し、縦軸は温度を表す。図 4 の横軸は距離 L1 を表し、縦軸は水晶振動子の温度ヒステリシスの歩留まりを表す。

10

【0054】

図 3 に示すように、電極端子 37a ~ 37d の実装面からサーミスター 20 までの距離 L1 が 0.05 mm の場合には、水晶振動片 10 の温度変化にサーミスター 20 の検知する温度変化が、温度上昇時、温度下降時ともに殆ど遅延なく追従している。つまり、距離 L1 が 0.05 mm の場合には、水晶振動片 10 の温度とサーミスター 20 の検知する温度との温度差が殆どないことになる。

これに対して、距離 L1 が 0.05 mm 未満の場合には、距離 L1 が 0.04 mm、0.03 mm と小さくなるにしたがって、水晶振動片 10 の温度下降時におけるサーミスター 20 の検知する温度変化（温度下降）に遅延が生じ、水晶振動片 10 の温度とサーミスター 20 の検知する温度との温度差が大きくなっている。

20

これは、距離 L1 が小さくなることによる凹部 35 内の大気の滞留に起因し、温度上昇時に暖められた大気の断熱効果によって、サーミスター 20 の温度下降が阻害されたためと考えられる。

【0055】

これらにより、図 4 に示すように、距離 L1 が 0.05 mm 以上の場合には、水晶振動子 1 の温度ヒステリシス（温度上昇時における周波数変移と、温度下降時における周波数変移とのずれ）の歩留まりが 100 % となっている。

一方、距離 L1 が 0.05 mm 未満の場合には、水晶振動子 1 の温度ヒステリシスの歩留まりが 100 % に達せず、距離 L1 が 0.04 mm、0.03 mm と小さくなるほど歩留まりが悪くなっている。

30

このような結果から、水晶振動子 1 は、距離 L1 を 0.05 mm 以上とすることにより、水晶振動片 10 の温度とサーミスター 20 の検知する温度との温度差を縮小することができる。

これにより、水晶振動子 1 は、良好な周波数温度特性を得ることができる。

【0056】

次に、水晶振動片 10 の温度変化時におけるサーミスター 20 の温度変化の追従性について、本願発明者は検証実験を行ったので、その結果について以下に説明する。

前述の図 3 及び図 4 の解析結果により、水晶振動片 10 の温度とサーミスター 20 の検知する温度との温度差が殆どなかった距離 L1 = 0.05 mm において、水晶振動片 10 の温度に対するサーミスター 20 で検出される温度の追従性について、実験を行った。

40

【0057】

第 1 実施形態にかかる水晶振動子 1 を外部基板に実装し、外部基板に熱を加えていき、サーミスター 20 で検出される温度と、その時の水晶振動片 10 の温度とを比較し、温度差がどの程度あるのかを評価した。

まず、外部基板を 29.0 から 32.0 まで昇温させていった。そのとき、サーミスター 20 が 0.1 ステップで検出していった 29.5 から 31.5 までの各検出温度での、水晶振動片 10 の周波数を各々測定し、サーミスター 20 が検出した 29.5 の時の水晶振動片 10 の周波数を基準として、周波数偏差を求めた。

次に、外部基板を 32.0 から 29.0 まで降温させていった。そのとき、サーミ

50

スター 20 が 0 . 1 ステップで検出していった 3 1 . 5 から 2 9 . 5 までの各検出温度での、水晶振動片 1 0 の周波数を各々測定し、サーミスター 2 0 が昇温時に検出した 2 9 . 5 の時の水晶振動片 1 0 の周波数を基準として、周波数偏差を求めた。

それらが以下の表 1 である。

【 0 0 5 8 】

【表 1】

31.50		
31.40	-0.52	-0.52
31.30	-0.49	-0.50
31.20	-0.47	-0.47
31.10	-0.44	-0.44
31.00	-0.41	-0.41
30.90	-0.38	-0.38
30.80	-0.36	-0.36
30.70	-0.33	-0.33
30.60	-0.30	-0.30
30.50	-0.27	-0.27
30.40	-0.25	-0.24
30.30	-0.22	-0.22
30.20	-0.19	-0.19
30.10	-0.16	-0.16
30.00	-0.14	-0.13
29.90	-0.11	-0.10
29.80	-0.08	-0.08
29.70	-0.06	-0.05
29.60	-0.03	-0.02
29.50	0.00	0.01
サーミスター 検出温度(℃)	振動片の昇温時 周波数偏差(ppm)	振動片の降温時 周波数偏差(ppm)

10

20

30

40

【 0 0 5 9 】

ここで、水晶振動片 1 0 は、A T カット型の水晶振動片であるため、その周波数温度特性は三次曲線を呈する。本願発明者は事前に測定しておいた水晶振動片 1 0 の周波数温度特性のデータに基づいて、サーミスター 2 0 が検出した各温度での水晶振動片 1 0 の周波

50

数偏差から水晶振動片 1 0 の温度を算出した。  
それらが以下の表 2 である。

【 0 0 6 0 】  
【表 2 】

d からの温度変換	サーミスター 検出温度(℃)	29.50	29.60	29.70	29.80	29.90	30.00	30.10	30.20	30.30	30.40	30.50	30.60	30.70	30.80	30.90	31.00	31.10	31.20	31.30	31.40	31.50
	振動片の 昇温時温度(℃)	29.50	29.59	29.69	29.79	29.89	29.98	30.08	30.18	30.28	30.38	30.47	30.57	30.66	30.76	30.86	30.96	31.05	31.15	31.25	31.35	31.43
	振動片の 降温時温度(℃)	29.47	29.57	29.67	29.77	29.86	29.97	30.06	30.16	30.26	30.36	30.46	30.56	30.66	30.76	30.86	30.96	31.05	31.16	31.25	31.35	31.43

10

20

30

40

【 0 0 6 1 】  
次に、表 2 からサーミスター 2 0 が検出した各温度におけるサーミスター 2 0 の検出温度と水晶振動片 1 0 の温度との温度差を算出した。  
それらが以下の表 3 である。  
【 0 0 6 2 】

【表 3】

サーミスター検出温度と振動片との温度差	サーミスター 検出温度(℃)	29.50	29.60	29.70	29.80	29.90	30.00	30.10	30.20	30.30	30.40	30.50	30.60	30.70	30.80	30.90	31.00	31.10	31.20	31.30	31.40	31.50
	昇温時温度差(℃)	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.07
	降温時温度差(℃)	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.05	-0.05	-0.07

10

20

30

40

【 0 0 6 3 】

図 5 は、サーミスターの検出温度と水晶振動片の温度との温度差を示すグラフであり、表 3 の算出結果をグラフにしたものである。横軸はサーミスターが検出した温度（ ）を表し、縦軸はサーミスターの検出温度と水晶振動片の温度との温度差（ ）を表す。

サーミスター 2 0 の検出温度と水晶振動片 1 0 の温度との温度差 d T は、 - 0 . 0 7 以上 0 . 0 0 以下であることが分かった。つまり、この検証実験から水晶振動片 1 0 の温度に対するサーミスター 2 0 で検出される温度の追従性としては、

| d T | 0 . 1 ( ) を満たしていれば、良好な周波数温度特性を備えた振動デバイス（水晶振動子 1 ）を得ることができることが分かった。

50

また、サーミスター 20 で検出される温度の追従性としての  $|dT| = 0.1$  ( ) は、図 1 のような第 1 実施形態の水晶振動子 1 の概略構成に限定されるものではなく、振動片と感温素子とが一つの収容部の中に一緒に収納された、所謂シングルシールタイプのパッケージを備えた振動デバイスにも適用できる。

【0064】

また、水晶振動子 1 は、電極端子 37a ~ 37d の実装面から凹部 35 の底面 36 までの第 1 方向における距離  $L_2$  が、0.3 mm 未満であることから、水晶振動片 10 の温度とサーミスター 20 の検知する温度との温度差を縮小しつつ、薄型化を図ることができる。

これにより、水晶振動子 1 は、薄型化を図りつつ、良好な周波数温度特性を得ることができる。

10

【0065】

また、水晶振動子 1 は、サーミスター 20 の第 1 仮想中心線 O1 と水晶振動片 10 の第 2 仮想中心線 O2 との、第 1 方向における距離  $L_3$  が、0.18 mm 以上 0.32 mm 以下の範囲内であることから、水晶振動片 10 の温度とサーミスター 20 の検知する温度との温度差を縮小しつつ、更に薄型化を図ることができる。

なお、上記距離  $L_3$  が、0.18 mm 未満の場合には、(サーミスター 20 の更なる薄型化が当面困難であるという前提で) パッケージベース 31 の第 1 層 31a の厚さが 0.09 mm よりも薄くなることになり、パッケージベース 31 の強度が問題となる。

また、上記距離  $L_3$  が、0.32 mm を超える場合には、水晶振動片 10 の温度とサーミスター 20 の検知する温度との温度差が拡大し、周波数温度特性が悪化することから、水晶振動子 1 の高精度化に対する対応が困難となる虞がある。

20

【0066】

また、水晶振動子 1 は、4 つの電極端子 37a ~ 37d の内、電極端子 37c が、平面視において他の電極端子 37a, 37b, 37d よりも面積が大きくなるように突出部 38 を備え、突出部 38 の先端部が略半円状に形成されている(換言すれば、突出部 38 の輪郭に曲線が含まれている)。

このことから、水晶振動子 1 は、突出部 38 が電極端子 37c の識別マークとして機能するとともに、面積が大きいこの電極端子 37c が基点となり、水晶振動子 1 のセルフアライメント効果(水晶振動子 1 の外部基板へのハンダを介して取り付けの際の、リフロー実装時における自律的位置修復現象)を容易に引き出すことができる。

30

【0067】

また、水晶振動子 1 は、電子素子が感温素子であることから、水晶振動片 10 の温度と感温素子の検知する温度との温度差を縮小しつつ、薄型化を図ることができる。

【0068】

また、水晶振動子 1 は、感温素子がサーミスター 20 であることから、サーミスター 20 の特性により周囲の温度を正確に検知することができる。なお、感温素子には、サーミスター 20 に代えて、測温用半導体を用いてもよく、測温用半導体の特性により周囲の温度を正確に検知することができる。測温用半導体としては、ダイオードまたはトランジスターが挙げられる。

詳述すると、ダイオードの場合には、ダイオードの順方向特性を利用し、ダイオードのアノード端子からカソード端子に一定電流を流しておいて、温度によって変化する順方向電圧を測定することによって温度を検知することができる。また、トランジスターの場合には、ベースとコレクター間を短絡し、コレクターとエミッター間をダイオードとして機能させることにより、上記と同様に温度を検知することができる。

40

水晶振動子 1 は、感温素子にダイオードまたはトランジスターを用いることにより、ノイズの重畳を低減することができる。

【0069】

(変形例)

次に、第 1 実施形態の変形例について説明する。

図 6 は、第 1 実施形態の変形例の水晶振動子の概略構成を示す模式図である。図 6 (a

50

）は、リッド側から見た平面図であり、図 6（b）は、図 6（a）の A - A 線での断面図であり、図 6（c）は、底面側から見た平面図である。

なお、第 1 実施形態との共通部分には、同一符号を付して詳細な説明を省略し、第 1 実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0070】

図 6 に示すように、変形例の水晶振動子 2 は、第 1 実施形態と比較して、サーミスター 20 の配置方向が異なる。

水晶振動子 2 は、サーミスター 20 の長手方向（電極 21 と電極 22 とを結ぶ方向）が、パッケージベース 31 の長手方向（紙面左右方向）と交差する（ここでは直交する）方向になるようにサーミスター 20 が配置されている。

10

【0071】

これにより、水晶振動子 2 は、第 1 実施形態の効果に加えて、傾向的に長手方向の反りが大きいとされているパッケージベース 31 の反りに伴うサーミスター 20 の固定強度（接合強度）の低下を低減することができる。

なお、上記変形例の構成は、以下の実施形態にも適用可能である。

【0072】

（第 2 実施形態）

次に、振動デバイスとしての水晶振動子の他の構成について説明する。

図 7 は、第 2 実施形態の水晶振動子の概略構成を示す模式図である。図 7（a）は、リッド側から見た平面図であり、図 7（b）は、図 7（a）の A - A 線での断面図であり、図 7（c）は、底面側から見た平面図である。

20

なお、第 1 実施形態との共通部分には、同一符号を付して詳細な説明を省略し、第 1 実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0073】

図 7 に示すように、第 2 実施形態の水晶振動子 3 は、第 1 実施形態と比較して、パッケージベース 31 及びリッド 32 の構成が異なる。

水晶振動子 3 は、パッケージベース 31 の第 3 層 31c が除去され、代わりにリッド 32 との接合部材 39 が配置されている。

リッド 32 は、コパール、42 アロイなどの金属を用いて、全周につば部 32a が設けられたキャップ状に形成されている。

30

水晶振動子 3 は、リッド 32 のキャップ部分の膨らみにより、水晶振動片 10 を収容する内部空間 S が確保されている。

【0074】

リッド 32 は、つば部 32a がシームリング、ろう材、導電性接着剤などの導電性を有する接合部材 39 を介してパッケージベース 31 の第 1 主面 33 に接合されている。

これにより、リッド 32 は、パッケージベース 31 内の導通ビア、内部配線などを介して電極端子 37c と電氣的に接続され、シールド効果が発揮されている。

なお、リッド 32 は、接合部材 39 及びパッケージベース 31 の外側の角部に設けられた図示しないキャストレーションに形成された導電膜を介して電極端子 37c と電氣的に接続されてもよい。

40

【0075】

上述したように、第 2 実施形態の水晶振動子 3 は、パッケージベース 31 の第 3 層 31c が除去されていることから、第 1 実施形態と比較してパッケージベース 31 の製造が容易となる。

なお、水晶振動子 3 は、シールドに支障がなければ、リッド 32 が電極端子 37c と電氣的に接続されていなくてもよい。これにより、接合部材 39 は、絶縁性のものでもよい。

【0076】

（電子機器）

次に、上述した振動デバイスを備えている電子機器として、携帯電話を一例に挙げて説明する。

50

図 8 は、電子機器としての携帯電話を示す模式斜視図である。

携帯電話 700 は、上記各実施形態及び変形例で述べた振動デバイスとしての水晶振動子を備えている。

図 8 に示す携帯電話 700 は、上述した水晶振動子（1～3 のいずれか）を、例えば、基準クロック発振源などのタイミングデバイスとして用い、更に液晶表示装置 701、複数の操作ボタン 702、受話口 703、及び送話口 704 を備えて構成されている。なお、携帯電話の形態は、図示のタイプに限定されるものではなく、いわゆるスマートフォンタイプの形態でもよい。

#### 【0077】

上述した水晶振動子などの振動デバイスは、上記携帯電話に限らず、電子ブック、パーソナルコンピューター、テレビ、デジタルスチールカメラ、ビデオカメラ、ビデオレコーダー、ナビゲーション装置、ページャー、電子手帳、電卓、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、POS 端末、ゲーム機器、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、フライトシミュレーターなどを含む電子機器のタイミングデバイスとして好適に用いることができ、いずれの場合にも上記各実施形態及び変形例で説明した効果が奏され、優れた性能を発揮する電子機器を提供することができる。

#### 【0078】

（移動体）

次に、上述した振動デバイスを備えている移動体として、自動車を一例に挙げて説明する。

図 9 は、移動体としての自動車を示す模式斜視図である。

自動車 800 は、上記各実施形態及び変形例で述べた振動デバイスとしての水晶振動子を備えている。

自動車 800 は、上述した水晶振動子（1～3 のいずれか）を、例えば、搭載されている各種電子制御式装置（例えば、電子制御式燃料噴射装置、電子制御式 ABS 装置、電子制御式一定速度走行装置など）の基準クロック発振源などのタイミングデバイスとして用いている。

これによれば、自動車 800 は、上記水晶振動子を備えていることから、上記各実施形態及び変形例で説明した効果が奏され、優れた性能を発揮することができる。

#### 【0079】

上述した水晶振動子などの振動デバイスは、上記自動車 800 に限らず、自走式ロボット、自走式搬送機器、列車、船舶、飛行機、人工衛星などを含む移動体の基準クロック発振源などのタイミングデバイスとして好適に用いることができ、いずれの場合にも上記各実施形態及び変形例で説明した効果が奏され、優れた性能を発揮する移動体を提供することができる。

#### 【0080】

なお、水晶振動子の振動片の形状は、図示した平板状のタイプに限定されるものではなく、中央部が厚く周辺部が薄いタイプ（例えば、コンベックスタイプ、ベベルタイプ、メサタイプ）、逆に中央部が薄く周辺部が厚いタイプ（例えば、逆メサタイプ）などでもよく、音叉型形状でもよい。

#### 【0081】

なお、振動片の材料としては、水晶に限定されるものではなく、タンタル酸リチウム（ $\text{LiTaO}_3$ ）、四ホウ酸リチウム（ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ）、ニオブ酸リチウム（ $\text{LiNbO}_3$ ）、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、窒化アルミニウム（ $\text{AlN}$ ）などの圧電体、またはシリコン（ $\text{Si}$ ）などの半導体でもよい。

また、厚みすべり振動の駆動方法は、圧電体の圧電効果によるものの他に、クーロン力による静電駆動でもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0082】

10

20

30

40

50



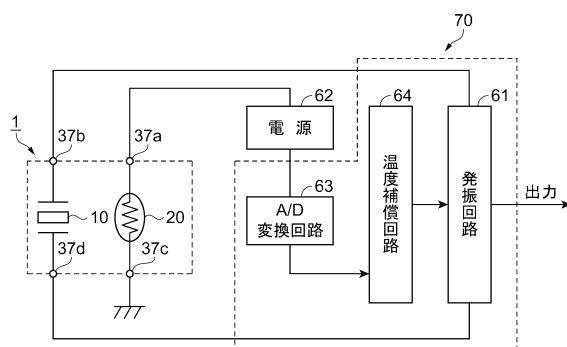
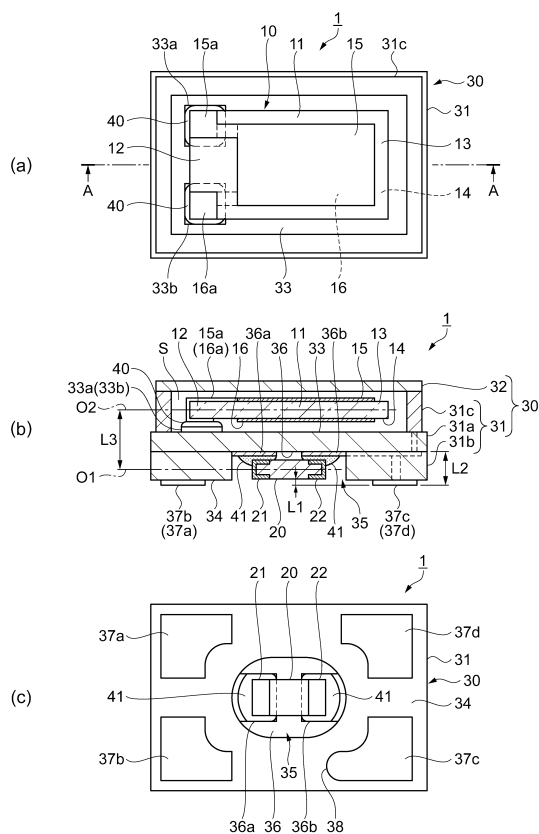
1, 2, 3 ... 振動デバイスとしての水晶振動子、10 ... 振動片としての水晶振動片、11 ... 振動部、12 ... 基部、13 ... 一方の主面、14 ... 他方の主面、15, 16 ... 励振電極、15a, 16a ... 引き出し電極、20 ... 電子素子としての感温素子の一例としてのサーミスター、21, 22 ... 電極、30 ... パッケージ、31 ... 基板としてのパッケージベース、31a ... 第1層、31b ... 第2層、31c ... 第3層、32 ... リッド、32a ... つば部、33 ... 第1主面、33a, 33b ... 内部端子、34 ... 第2主面、35 ... 凹部、36 ... 底面、36a, 36b ... 電極パッド、37a, 37b, 37c, 37d ... 電極端子、38 ... 突出部、39 ... 接合部材、40 ... 導電性接着剤、41 ... 接合部材、61 ... 発振回路、62 ... 電源、63 ... A/D変換回路、64 ... 温度補償回路、70 ... ICチップ、700 ... 電子機器としての携帯電話、701 ... 液晶表示装置、702 ... 操作ボタン、703 ... 受話口、704 ... 送話口、800 ... 移動体としての自動車、S ... 内部空間。

10

【図面】

【図 1】

【図 2】



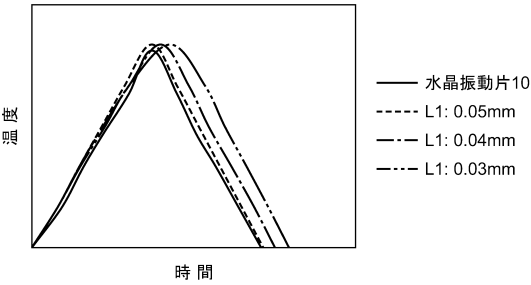
20

30

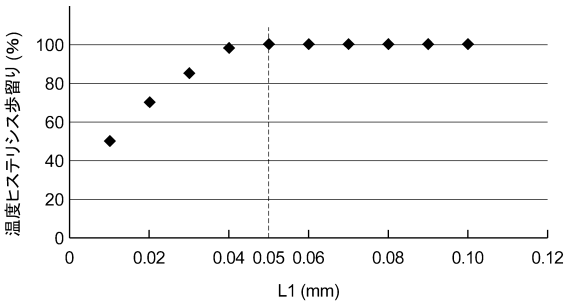
40

50

【図 3】

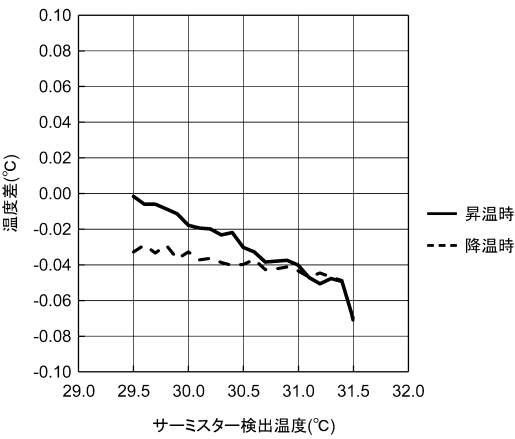


【図 4】

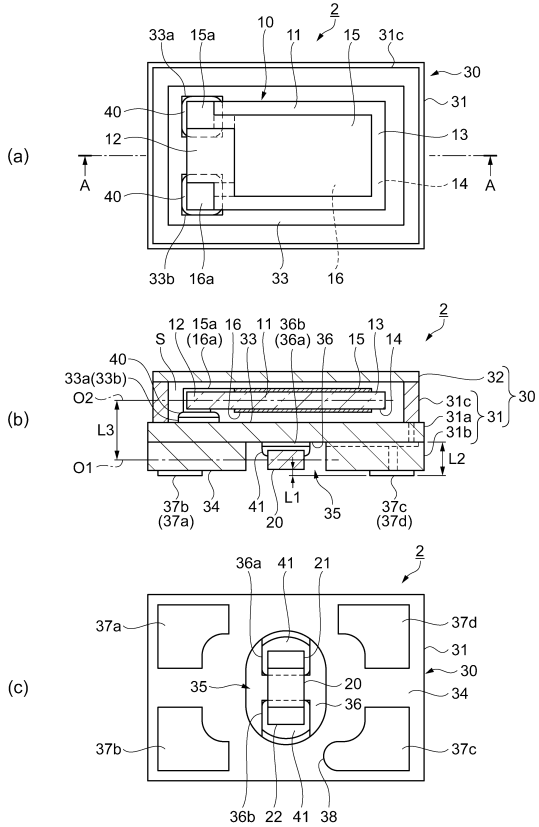


10

【図 5】



【図 6】



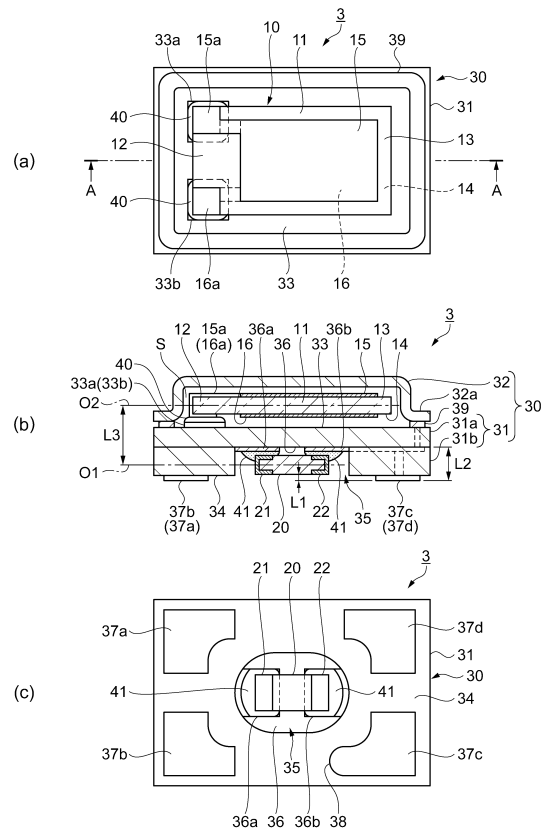
20

30

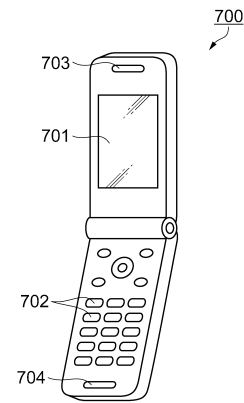
40

50

【 図 7 】



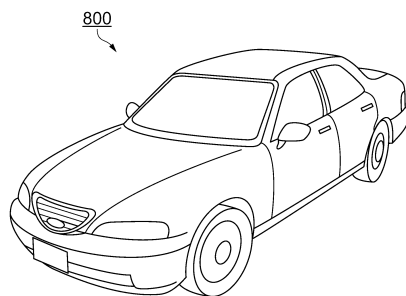
【 図 8 】



10

20

【 図 9 】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献      特開 2 0 1 2 - 1 4 2 6 9 1 ( J P , A )  
                    特開 2 0 1 2 - 2 5 3 6 3 0 ( J P , A )  
                    特開 2 0 0 3 - 2 7 3 6 8 0 ( J P , A )  
                    国際公開第 2 0 1 4 / 0 7 7 2 7 8 ( W O , A 1 )  
                    特開 2 0 1 3 - 1 0 6 0 5 4 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
                    H 0 3 H      9 / 0 0 - 9 / 7 4