

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6056265号
(P6056265)

(45) 発行日 平成29年1月11日(2017.1.11)

(24) 登録日 平成28年12月16日(2016.12.16)

(51) Int.Cl.	F 1
HO3H 9/19 (2006.01)	HO3H 9/19 K
HO3H 9/215 (2006.01)	HO3H 9/215
HO3H 9/24 (2006.01)	HO3H 9/19 J
HO3B 5/32 (2006.01)	HO3H 9/24 B
HO1L 41/09 (2006.01)	HO3B 5/32 H

請求項の数 10 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-186180 (P2012-186180)
 (22) 出願日 平成24年8月27日 (2012.8.27)
 (65) 公開番号 特開2014-45306 (P2014-45306A)
 (43) 公開日 平成26年3月13日 (2014.3.13)
 審査請求日 平成27年8月3日 (2015.8.3)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 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 山田 明法
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 審査官 橋本 和志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動片、振動子、発振器、電子機器、および移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と、

前記基部から第1方向に延設され、平面視で前記第1方向と直交する第2方向に腕幅を有している腕部、前記腕部の前記基部と接続されている側と反対側の先端部に接続され前記腕幅よりも前記第2方向の幅が広い幅広部、及び前記腕部の前記第1方向と前記第2方向とで特定される主面のうち少なくとも一方の主面に設けられ前記第1方向及び前記第2方向と直交する第3方向に沿って前記振動腕を振動させる励振部を有する振動腕と、
 を備え、

前記腕部は、前記腕幅が前記基部側から前記先端部側に向かうに連れて細くなっている領域を有しており、

前記励振部の前記第2方向に沿った幅は、前記基部側から前記先端部側に向かうに連れて細くなっていることを特徴とする振動片。

【請求項 2】

請求項1において、

前記励振部は、前記領域に設けられていることを特徴とする振動片。

【請求項 3】

請求項1または請求項2において、

前記幅広部の前記第1方向の長さは、前記振動腕の前記第1方向の長さの1/2よりも短いことを特徴とする振動片。

10

20

【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、

前記基部は、前記第 1 の方向に沿っているとともに前記腕部と重なる仮想線が前記基部と重なる領域に、貫通孔、凹部、および切り欠きのいずれかが配置されていることを特徴とする振動片。

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項において、

前記励振部は、少なくとも一方の前記主面側に配置された第 1 電極と、

平面視で前記第 1 電極と重なっている第 2 電極と、

前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された圧電体と、

を備えていることを特徴とする振動片。

10

【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、

前記振動腕を複数備え、隣り合う前記振動腕が、互いに逆方向に振動することを特徴とする振動片。

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の振動片と、

前記振動片を収容したパッケージと、

を備えていることを特徴とする振動子。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の振動片と、

前記振動片を発振させる発振回路と、

を備えていることを特徴とする発振器。

20

【請求項 9】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の振動片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 6 のいずれか一項に記載の振動片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】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動片、この振動片を備えた、振動子、発振器、電子機器、および移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、振動片としては、第 1 方向へ向けて配置された第 1 面を有し、第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って配列された 3 個の腕部（以下、振動腕という）と、この振動腕の各々の第 1 面上に 1 個ずつ設けられた励振部としての圧電体素子（励振電極）と、振動腕の一端を連結する基部と、を備えた音叉型振動子（以下、振動片という）が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009-5022 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、振動片は、小型化の進展に伴う熱弾性損失の増大による、Q 値（振動の状態を現す無次元数）であって、この値が大きいほど振動が安定であることを意味する）の低下の抑

50

制が課題となっている。なお、上記熱弾性損失とは、屈曲振動する振動片の圧縮部（温度が高くなる）と伸張部（温度が低くなる）との間で発生する熱伝導（温度平衡化現象）により生じる振動エネルギーの損失をいう。

【0005】

上記特許文献1の振動片は、実施の形態において、振動腕が上記第1面と直交する方向に屈曲振動する振動形態（面外振動モード）であって、振動腕の腕厚を薄くすることによって屈曲振動時に発生する、上記第1面と直交する方向に発生する熱伝導に要する時間を短縮することで、屈曲振動周波数（機械的屈曲振動周波数） f が熱緩和周波数 f_0 より小さな領域（ $f < f_0$ ）である等温的領域において、熱弾性損失を低減し、Q値の低下を抑制しようとしているものと考えられる。 10

【0006】

しかしながら、上記振動片は、各振動腕の平面形状及び各振動腕の長手方向に沿って厚さ方向に切断された断面形状が、共に矩形状となっている。これにより、上記振動片は、屈曲振動の際に振動腕の根元部（基部との境界部分）で曲げ応力が最大になる。この結果、上記振動片は、曲げ応力に伴って生じる熱エネルギーによって、根元部における熱弾性損失が大きくなるという問題がある。特に、振動片を小型化するに当たっては、この熱弾性損失の影響を強く受けるため、振動片の小型化の阻害要因となっていた。

【課題を解決するための手段】

【0007】

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。 20

【0008】

【形態1】本形態に係る振動片は、基部と、前記基部から第1方向に延設され、平面視で前記第1方向と直交する第2方向に腕幅を有している腕部と、前記腕部の前記基部と接続されている側と反対側の先端部に接続され前記腕幅よりも前記第2方向の幅が広い幅広部と、前記腕部の前記第1方向と前記第2方向とで特定される主面のうち少なくとも一方の主面に接続され前記第1方向及び前記第2方向と直交する第3方向に沿って前記振動腕を振動させる励振部と、を有する振動腕と、を備え、前記腕幅は、前記腕部の前記基部側から前記先端部に向かうに連れて細くなっている部分を有していることを特徴とする。

本形態の振動片によれば、腕部の第2方向の腕幅が、腕部の基部側（根元側）から先端部に向かうに連れて細くなっていることから、第3方向に振動（屈曲振動）する際の曲げ応力の分布が等応力分布に近くなる。この結果、振動片は、振動腕の根元側における曲げ応力が緩和されて小さくなることから、根元側の熱弾性損失が低減され、Q値の低下を抑制することができる。加えて、振動腕の先端部に幅広部が設けられていることから、励振領域と歪みの発生する領域を集中して重ね合わせることができ、結果として駆動電極による静電容量を無駄に大きくすることなく、抵抗値C_Iを小さくすることができること、および幅広部の錘効果による振動腕の短縮が可能となり、上記の効果と合わせて更なる振動片の小型化を実現することができる。 30

【形態2】上記形態に記載の振動片において、前記腕幅が前記腕部の前記基部側から前記先端部に向かうに連れて細くなっている部分は、前記腕部の前記第1方向の中央部よりも前記基部側に設けられていることを特徴とする。 40

本形態によれば、第3方向に振動（屈曲振動）する際の曲げ応力による熱弾性損失に対する影響は、腕部の第1方向の中央部よりも基部側において大きく（支配的）なるため、より効果的に熱弾性損失を低減させることができが可能となり、Q値の低下を抑制することができる。

【形態3】上記形態に記載の振動片において、前記幅広部の前記第1方向の長さは、前記振動腕の前記第1方向の長さの1/2よりも短いことを特徴とする。

本形態によれば、錘（幅広部）の付加効果は、振動腕の第1方向長さの1/2よりも短いことで、その効果が顕著になるため、より効果的に錘効果を生じさせることができが可能となり、振動片の小型化を実現することができる。 50

[形態4] 上記形態に記載の振動片において、前記基部は、前記第1の方向に沿つているとともに前記腕部と重なる仮想線が前記基部と重なる領域に、貫通孔、凹部、および切り欠きのいずれかが配置されていることを特徴とする。

本形態によれば、貫通孔、凹部、および切り欠きのいずれかにより、振動腕の屈曲振動が、振動腕の延設されている基部の端から、その端と反対側の端に向かって伝わることを阻止することができる。

[形態5] 上記形態に記載の振動片において、前記励振部は、少なくとも一方の前記正面側に配置された第1電極と、平面視で前記第1電極と重なっている第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間に配置された圧電体と、を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、振動片は、励振部が第1電極と、平面視で第1電極と重なっている第2電極と、両電極間に配置された圧電体と、を備えたことから、励振部自身の伸縮によって振動腕を振動させることができる。したがって、振動片は、基材（構成の基本となる材料）に必ずしも圧電材料を用いる必要がないことから、基材の選択肢が広がり、例えば、シリコンなどの半導体材料を基材として用いることができる。

[形態6] 上記適用例に記載の振動片において、前記振動腕を複数備え、隣り合う前記振動腕が、互いに逆方向に振動することを特徴とする。

本形態によれば、振動片は、振動腕を複数備え、隣り合う振動腕が、互いに逆方向に振動することから、力学的にバランスのとれた振動とすることができます。このことから、振動片は、振動腕から基部への振動漏れが低減され、Q値を向上させることができる。

[形態7] 本形態に係る振動子は、上記形態のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片を収容したパッケージと、を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、上記形態のいずれかに記載の振動片と、振動片を収容したパッケージと、を備えたことから、上記形態のいずれかに記載の効果を奏する振動子を提供することができる。

[形態8] 本形態に係る発振器は、上記形態のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片を発振させる発振回路と、を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、上記形態のいずれかに記載の振動片と、振動片を発振させる発振回路と、を備えたことから、上記形態のいずれかに記載の効果を奏する発振器を提供することができる。

[形態9] 本形態に係る電子機器は、上記形態のいずれか一例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、上記形態のいずれかに記載の振動片を備えたことから、上記形態のいずれかに記載の効果を奏する電子機器を提供することができる。

[形態10] 本形態に係る移動体は、上記形態のいずれか一例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。

本形態によれば、上記形態のいずれかに記載の振動片を備えたことから、上記形態のいずれかに記載の効果を奏する移動体を提供することができる。

[適用例1] 本適用例に係る振動片は、基部と、前記基部から第1方向に延設されている振動腕と、前記振動腕の先端部に設けられている幅広部と、を備え、前記振動腕は、平面視において、前記第1方向と直交する第2方向に腕幅を有し、且つ、前記第1方向と前記第2方向とで特定される前記振動腕の正面の少なくとも一方に、前記第1方向及び前記第2方向と直交する第3方向に前記振動腕を振動させる励振部が設けられ、前記振動腕は、前記第2方向の前記腕幅が、前記振動腕の前記基部側から前記先端部側に向かうに連れて細くなっている部分を有していることを特徴とする。

【0009】

本適用例の振動片によれば、振動腕の第2方向の腕幅が、振動腕の基部側（根元側）から先端側に向かうに連れて細くなっていることから、第3方向に振動（屈曲振動）する際の曲げ応力の分布が等応力分布に近くなる。この結果、振動片は、振動腕の根元側における曲げ応力が緩和されて小さくなることから、根元側の熱弾性損失が低減され、Q値の低下を抑制することができる。加えて、振動腕の先端部に幅広部が設けられていることから

10

20

30

40

50

、励振領域と歪みの発生する領域を集中して重ね合わせることができ、結果として駆動電極による静電容量を無駄に大きくすることなく、抵抗値 C I を小さくすることができること、および幅広部の錘効果による振動腕の短縮が可能となり、上記の効果と合わせて更なる振動片の小型化を実現することができる。

【 0 0 1 0 】

[適用例 2] 上記適用例に記載の振動片において、前記腕幅が前記振動腕の前記基部側から前記先端部側に向かうに連れて細くなっている部分は、前記幅広部を除く前記振動腕の前記第 1 方向の中央部よりも前記基部側に設けられていることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本適用例によれば、第 3 方向に振動（屈曲振動）する際の曲げ応力による熱弾性損失に対する影響は、幅広部を除く振動腕の第 1 方向の中央部よりも基部側において大きく（支配的）なるため、より効果的に熱弾性損失を低減させることができが、Q 値の低下を抑制することができる。

【 0 0 1 2 】

[適用例 3] 上記適用例に記載の振動片において、前記幅広部は、前記振動腕の前記第 1 方向の中央部よりも前記先端部側に設けられていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

本適用例によれば、錘（幅広部）の付加効果は、振動腕の第 1 方向の中央部よりも先端部側に設けられていることで、その効果が顕著になるため、より効果的に錘効果を生じさせることができが、振動片の小型化を実現することができる。

【 0 0 1 4 】

[適用例 4] 上記適用例に記載の振動片において、前記基部には、前記第 1 の方向にて前記振動腕が存在する位置に対応して、貫通孔、凹部、および切り欠きのいずれかが、前記振動腕の根元に沿って設けられていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本適用例によれば、貫通孔、凹部、および切り欠きのいずれかにより、振動腕の屈曲振動が、振動腕の延設されている基部の端から、その端と反対側の端に向かって伝わることを阻止することができる。

【 0 0 1 6 】

[適用例 5] 上記適用例に記載の振動片において、前記励振部は、前記主面側に設けられた第 1 電極と、前記第 1 電極に対向して設けられた第 2 電極と、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に配置された圧電体と、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本適用例によれば、振動片は、励振部が第 1 電極と、第 1 電極に対向して設けられた第 2 電極と、両電極間に配置された圧電体と、を備えたことから、励振部自体の伸縮によって振動腕を振動させることができる。したがって、振動片は、基材（構成の基本となる材料）に必ずしも圧電材料を用いる必要がないことから、基材の選択肢が広がり、例えは、シリコンなどの半導体材料を基材として用いることができる。

【 0 0 1 8 】

[適用例 6] 上記適用例に記載の振動片において、前記振動腕を複数備え、隣り合う前記振動腕同士が、互いに逆方向に振動することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

本適用例によれば、振動片は、振動腕を複数備え、隣り合う振動腕同士が、互いに逆方向に振動することから、力学的にバランスのとれた振動とすることができます。このことから、振動片は、振動腕から基部への振動漏れが低減され、Q 値を向上させることができます。

【 0 0 2 0 】

[適用例 7] 本適用例に係る振動子は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片を収容したパッケージと、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

10

20

30

40

50

本適用例によれば、上記適用例のいずれかに記載の振動片と、振動片を収容したパッケージと、を備えたことから、上記適用例のいずれかに記載の効果を奏する振動子を提供することができる。

【0022】

【適用例8】本適用例に係る発振器は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片を発振させる発振回路と、を備えていることを特徴とする。

【0023】

本適用例によれば、上記適用例のいずれかに記載の振動片と、振動片を発振させる発振回路と、を備えたことから、上記適用例のいずれかに記載の効果を奏する発振器を提供することができる。

10

【0024】

【適用例9】本適用例に係る電子機器は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。

【0025】

本適用例によれば、上記適用例のいずれかに記載の振動片を備えたことから、上記適用例のいずれかに記載の効果を奏する電子機器を提供することができる。

【0026】

【適用例10】本適用例に係る移動体は、上記適用例のいずれか一例に記載の振動片を備えていることを特徴とする。

【0027】

本適用例によれば、上記適用例のいずれかに記載の振動片を備えたことから、上記適用例のいずれかに記載の効果を奏する移動体を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施形態の水晶振動片の概略構成を示す模式図であり、(a)は、平面図、(b)は、図1(a)のA-A線での断面図。

【図2】図1(a)のB-B線での断面図及び各励振部の配線図。

【図3】水晶振動片の振動腕に加わるモーメントについて説明するグラフ。

【図4】水晶振動片の振動腕に生じる歪み(応力)を説明する部分平面図。

【図5】第2実施形態の水晶振動片の概略構成を示す模式図であり、(a)は、平面図、(b)は、図5(a)のA-A線での断面図。

30

【図6】第3実施形態の水晶振動片の概略構成を示す模式図であり、(a)は、平面図、(b)は、図6(a)のA-A線での断面図。

【図7】第4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)側から俯瞰した平面図、(b)は、図7(a)のC-C線での断面図。

【図8】第5実施形態の水晶発振器の概略構成を示す模式図であり、(a)は、リッド側から俯瞰した平面図、(b)は、図8(a)のC-C線での断面図。

【図9】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ーの構成を示す斜視図。

【図10】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。

40

【図11】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12】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】

【0029】

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。

【0030】

(第1実施形態)

先ず、振動片の一例として、基材に水晶を用いた水晶振動片について説明する。図1は、第1実施形態の水晶振動片の概略構成を示す模式図である。図1(a)は、平面図、図1(b)は、図1(a)のA-A線での断面図である。なお、各配線は省略してあり、各

50

構成要素の寸法比率は実際と異なる。図2は、図1(a)のB-B線での断面図及び各励振部の配線図である。

【0031】

図1に示すように、水晶振動片1は、基部10と、基部10から第1方向としての水晶結晶軸のY軸方向に延びる3本の振動腕11a, 11b, 11cと、を備えている。

【0032】

基部10は、振動腕11a, 11b, 11c側に振動腕11a, 11b, 11cと厚さが同じ連結部12を備えている。振動腕11a, 11b, 11cは、基部10の連結部12から延設されている。なお、図1(b)に示すように、連結部12を除いた基部10の厚さは、パッケージなどの外部部材に固定されることを想定して、所定の剛性(強度)を確保するために、振動腕11a, 11b, 11cの厚さ(腕厚)よりも厚く形成されている。
10

【0033】

振動腕11a, 11b, 11cは、平面視において、Y軸方向と直交する第2方向としての水晶結晶軸のX軸方向に腕幅Wを有し、且つ、Y軸方向とX軸方向とで特定される平面(XY平面)に対向した主面10a, 10bの少なくとも一方に(ここでは主面10a, 10bの両方に)、励振部13a, 13b, 13c, 14a, 14b, 14cを有している。

【0034】

また、振動腕11a, 11b, 11cは、その先端部に幅広部16a, 16b, 16cが設けられている。幅広部16a, 16b, 16cは、腕幅WよりもY軸方向の幅寸法が大きくなるように形成され、Y軸方向の長さL2が、振動腕11a, 11b, 11cの長さL1の1/2以内の領域、換言すれば、振動腕11a, 11b, 11cのY軸方向の中央部よりも先端部側に設けられている。幅広部16a, 16b, 16cは、振動腕11a, 11b, 11cに質量を加える効果、所謂錘効果を有しており、これを設けることにより振動腕11a, 11b, 11cのY軸方向の長さL1を短くすることによる水晶振動片1の小型化の実現が可能となる。なお、ここで振動腕11a, 11b, 11cの長さL1とは、振動腕11a, 11b, 11cが延びている基部10の一方端から幅広部16a, 16b, 16cの先端16a', 16b', 16c'までの長さをいう。
20
30

【0035】

励振部13a～13c, 14a～14cは、振動腕11a, 11b, 11cの基部10と幅広部16a, 16b, 16cとの間に設けられている。振動腕11a, 11b, 11cは、励振部13a～13c, 14a～14cによって、Y軸方向及びX軸方向と直交する第3方向としての水晶結晶軸のZ軸方向(図1(b)の矢印方向)に屈曲振動(面外振動:主面10aに沿わない方向の振動)する。

【0036】

ここで、振動腕11a, 11b, 11cの幅広部16a, 16b, 16cまでの間は、X軸方向の腕幅Wが、振動腕11a, 11b, 11cの根元側から先端側に向かうに連れて連続的に細くなっている。平面視において、基部10側を底辺とする(基部10(連結部12)との仮想の境界線を底辺とする)台形形状に形成されている。なお、水晶振動片1の外形形状は、フォトリソグラフィー、ウエットエッティングなどの技術を用いて形成される。
40

【0037】

励振部13a～13c, 14a～14cは、X軸方向の電極幅W1が振動腕11a, 11b, 11cの根元側から先端側に向かうに連れて細くなるように形成されている。

主面10a側の励振部13a, 13b, 13cは、主面10aに設けられた第1電極13a1, 13b1, 13c1と、第1電極13a1, 13b1, 13c1に対向するように設けられた第2電極13a2, 13b2, 13c2と、第1電極13a1, 13b1, 13c1と第2電極13a2, 13b2, 13c2との間に配置された圧電体15と、を
50

備えた積層構造となっている。

【0038】

同様に、正面10b側の励振部14a, 14b, 14cは、正面10bに設けられた第1電極14a1, 14b1, 14c1と、第1電極14a1, 14b1, 14c1に対向するように設けられた第2電極14a2, 14b2, 14c2と、第1電極14a1, 14b1, 14c1と第2電極14a2, 14b2, 14c2との間に配置された圧電体15と、を備えた積層構造となっている。

【0039】

各第1電極、各第2電極には、例えば、Cr、Auなどの比較的に導電性の高い金属の膜が用いられ、圧電体15には、ZnO、AlN、PZTなどの比較的に圧電性の高い圧電材料の膜が用いられている。

10

【0040】

ここで、水晶振動片1の動作について説明する。

図2に示すように、水晶振動片1の各励振部は、各第1電極と各第2電極とが交差配線によって交流電源に接続され、駆動電圧としての交番電圧が印加されるようになっている。

【0041】

具体的には、正面10a側において、振動腕11aの第1電極13a1と、振動腕11bの第2電極13b2と、振動腕11cの第1電極13c1とが同電位になるように接続され、振動腕11aの第2電極13a2と、振動腕11bの第1電極13b1と、振動腕11cの第2電極13c2とが同電位になるように接続されている。また、正面10b側において、振動腕11aの第1電極14a1と、振動腕11bの第2電極14b2と、振動腕11cの第1電極14c1とが同電位になるように接続され、振動腕11aの第2電極14a2と、振動腕11bの第1電極14b1と、振動腕11cの第2電極14c2とが同電位になるように接続されている。

20

【0042】

この状態で、各第1電極と各第2電極との間に交番電圧を印加すると、各第1電極と各第2電極との間に電界が発生し、逆圧電効果により、圧電体15に歪みが生じ、圧電体15がY軸方向に伸縮する。水晶振動片1は、この圧電体15の伸縮が、正面10a側と正面10b側とで逆になる。具体的には、正面10a側が伸張したとき、正面10b側が収縮し、正面10a側が収縮したとき、正面10b側が伸張する。さらに、水晶振動片1は、圧電体15の伸縮が、振動腕11a, 11cと振動腕11bとの間でも逆になる。具体的には、振動腕11a, 11cの正面10a側が伸張したとき、振動腕11bの正面10a側は収縮し、振動腕11a, 11cの正面10a側が収縮したとき、振動腕11bの正面10a側は伸張する。

30

【0043】

このような圧電体15の伸縮によって、水晶振動片1は、交番電圧が一方の電位のときに振動腕11a, 11b, 11cが実線矢印の方向に屈曲し、交番電圧が他方の電位のときに振動腕11a, 11b, 11cが破線矢印の方向に屈曲する。これを繰り返すことで、水晶振動片1は、各振動腕11a, 11b, 11cがZ軸方向に屈曲振動(面外振動)をすることになる。この際、隣り合う振動腕(ここでは、11aと11b、11bと11c)は、互いに逆方向に(逆相で)屈曲振動する。

40

【0044】

このときの水晶振動片1の振動腕11a, 11b, 11cに加わるモーメント(曲げ応力に比例する)について、図3を用いて説明する。図3は、水晶振動片の振動腕に加わるモーメントについて説明するグラフである。グラフの実線は、本実施形態品を示し、破線は、振動腕の平面形状が矩形状の従来品を示す。図3の縦軸は、モーメント/(w h)を示し、横軸は、振動腕の根元部を0、先端部を1としたときのY軸方向における位置を示す。

【0045】

50

振動腕に加わるモーメントは、下記の数式で求められる。数式(1)は、本実施形態品の場合の計算式であり、数式(2)は、振動腕の平面形状が矩形状の従来品の場合の計算式である。

なお、下記の数式で、 ρ …密度、 l …Y軸方向の長さ、 w …X軸方向の腕幅、 h …Z軸方向の腕厚、 y …Y軸方向における位置(根元部を0、先端部を1とする)である。

【0046】

本実施形態品の場合、腕幅 w は根元部から連続的に細くなり先端部で0になるので、各位置におけるモーメントは、下記式(1)となる。なお、下記式(1)は、幅広部16a, 16b, 16cが設けられていないと仮定した場合を示している。

【0047】

【数1】

$$m = \sum_{y_0}^l \rho \times \Delta l \times 2w(l-y) \times h \times y = \int_{y_0}^l \rho w(l-y) hy dy = 2\rho wh \left(\frac{1}{6}l^3 - \frac{1}{2}ly_0^2 + \frac{1}{3}y_0^3 \right) \dots (1)$$

【0048】

一方、従来品の場合、腕幅 w は根元部から先端部まで同じなので、各位置におけるモーメントは、下記式(2)となる。

【0049】

【数2】

$$m = \sum_{y_0}^l \rho \times \Delta l \times w \times h \times y = \int_{y_0}^l \rho wh y dy = \frac{1}{2} \rho wh \left(l^2 - y_0^2 \right) \dots (2)$$

【0050】

なお、両者のモーメントは、 l 、根元部の w 、 h が同じで、振動腕の平面形状(台形形状、矩形状)のみ異なる条件で算出した。

【0051】

図3に示すように、上記算出結果によれば、本実施形態品は、従来品と比較して、根元側から先端側まで全域に亘って、曲げ応力に比例するモーメントが大幅に低下している。

また、本実施形態品は、従来品と比較して、折れ線の傾斜が緩やかであり、モーメントの各位置間における差が小さくなっていることが分かる。

【0052】

上述したように、第1実施形態の水晶振動片1は、振動腕11a, 11b, 11cのX軸方向の腕幅 W が、振動腕11a, 11b, 11cの根元側から先端側に向かうに連れて細くなっている。即ち、振動腕11a, 11b, 11cの平面形状が基部10側を底辺とした台形形状になっていることから、図4(a)に示す振動腕11b'のように、Z軸方向に屈曲振動する際の曲げ応力(モーメント)の分布が振動腕11b'の腕の両脇に広がるようになるが、等応力分布に近くなる。これにより、例えば、根元側から先端側に向かうに連れて階段状に細くなるような形状よりも、振動腕における曲げ応力の分布が等応力分布に近づくことになる。

この結果、水晶振動片1は、振動腕11a, 11b, 11cの根元側における曲げ応力が緩和されて小さくなることから、根元側における主面10a側と主面10b側との温度差が小さくなることで、根元側の熱弾性損失が低減され、Q値の低下を抑制することができる。

【0053】

また、第1実施形態の水晶振動片1には、振動腕11a, 11b, 11cの先端部に幅広部16a, 16b, 16cが設けられている。この幅広部16a, 16b, 16cの剛性によって、図4(b)の振動腕11bに示すように、Z軸方向に屈曲振動する際の曲げ応力(モーメント)の分布が更に集中し、ほぼ等応力分布(歪みが集中する)となる。こ

10

20

30

40

50

のように、振動腕 11a, 11b, 11c の曲げ応力（モーメント）の分布を等応力分布とすることで、励振部 13a ~ 13c, 14a ~ 14c の面積を小さくすることが可能となる。

【0054】

振動腕 11a, 11b, 11c の曲げ応力（モーメント）の分布が広がってしまうと、振動抵抗が大きくなるため、この振動抵抗を小さくするために励振部 13a ~ 13c, 14a ~ 14c の面積を大きくすることが必要となる。しかしながら、励振部 13a ~ 13c, 14a ~ 14c の面積を大きくすると、並列容量（C₀）が大きくなり、これによつて実効抵抗が大きくなってしまう。実効抵抗が大きくなると、発振回路側から見た抵抗値が大きくなり、水晶振動片 1 が発振し難くなってしまう。

10

【0055】

従つて、上述したように、励振部 13a ~ 13c, 14a ~ 14c の面積を小さくすることにより、発振回路側から見た抵抗値を小さくすることができるため、発振し易い、換言すれば、発振の安定した水晶振動片 1 を提供することができる。

【0056】

また、水晶振動片 1 は、振動腕 11a, 11b, 11c における Z 軸方向の寸法（腕厚）が一様であることから、振動腕 11a, 11b, 11c の平面形状が台形形状であつても、フォトリソグラフィー、ウエットエッティングなどの技術を用いて従来と同様に容易に外形形状を形成することができる。

【0057】

また、水晶振動片 1 は、各励振部の X 軸方向の電極幅 W1 が振動腕 11a, 11b, 11c の根元側から先端側に向かうに連れて細くなっていることから、振動腕 11a, 11b, 11c を振動させる電界強度が、根元側から先端側に向かうに連れて弱くなる。

20

この結果、水晶振動片 1 は、振動腕 11a, 11b, 11c の振動に必要な電界を、振動腕 11a, 11b, 11c の先端側に過剰に印加することなく、効率的に印加することができる。

【0058】

また、水晶振動片 1 は、各励振部が各第 1 電極と、各第 1 電極に對向して設けられた各第 2 電極と、両電極間に配置された圧電体 15 と、を備えたことから、励振部自体の伸縮によって振動腕 11a, 11b, 11c を振動させることができる。従つて、水晶振動片 1 は、基材（構成の基本となる材料）に必ずしも圧電材料を用いる必要がないことから、基材の選択肢が広がり、例えば、シリコンなどの半導体材料を基材として用いることができる。

30

【0059】

また、水晶振動片 1 は、振動腕 11a, 11b, 11c を 3 本備え、隣り合う振動腕同士（11a と 11b、11b と 11c）が、互いに逆方向に屈曲振動することから、力学的にバランスのとれた屈曲振動とすることができます。このことから、水晶振動片 1 は、振動腕 11a, 11b, 11c から基部 10 への振動漏れが低減され、Q 値を向上させることができる。

【0060】

40

また、水晶振動片 1 は、連結部 12 を除いた Z 軸方向における基部 10 の厚さが、Z 軸方向における振動腕 11a, 11b, 11c の厚さよりも厚いことから、基部 10 の質量の増加によって、基部 10 の質量と振動腕 11a, 11b, 11c の質量との差が大きくなっている。これにより、水晶振動片 1 は、振動腕 11a, 11b, 11c の振動エネルギーが基部 10 へ伝わり難くなることから、基部 10 を介して外部部材へ漏れる振動エネルギーが、より減少することによって、Q 値の低下をより抑制することができる。

【0061】

また、振動腕 11a, 11b, 11c に幅広部 16a, 16b, 16c が設けられていることから、幅広部 16a, 16b, 16c の錘効果により振動腕 11a, 11b, 11c の長さを短くすることが可能となる。従つて、振動腕 11a, 11b, 11c の Y 軸方

50

向の長さを短くすることによる水晶振動片1の小型化の実現が可能となる。

【0062】

(第2実施形態)

次に、振動片の他の例として、第1実施形態と同様に基材に水晶を用いた水晶振動片について説明する。図5は、第2実施形態の水晶振動片の概略構成を示す模式図である。図5(a)は、平面図、図5(b)は、図5(a)のA-A線での断面図である。なお、各配線は省略しており、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。また、上記第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、上記実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0063】

図5に示すように、水晶振動片2は、Y軸方向と直交する水晶結晶軸である、第2方向としてのX軸方向の腕幅が、根元側から先端側に向かうに連れて連続的に細くなっている第1部分11a1と、第1部分11a1から先端側に同じ腕幅で延設されている第2部分11a2と、第2部分11a2の先端側に設けられた第2部分11a2の腕幅より幅広の幅広部16a, 16b, 16cと、を含む振動腕11a, 11b, 11cを有している。

【0064】

第1部分11a1は、第1部分11a1と第2部分11a2とを加えた部分の中央部より基部10側に設けられており、平面図において、基部10側を底辺とする(基部10(連結部12)との仮想の境界線を底辺とする)台形形状に形成されている。換言すれば、第1部分11a1のY軸方向の長さL4は、第1部分11a1と、第2部分11a2とを加えた長さ、換言すれば、振動腕11a, 11b, 11cから、幅広部16a, 16b, 16cを除いた部分のY軸方向の長さL3の半分以下の領域に設けられる。

【0065】

振動腕11a, 11b, 11cは、平面図において、X軸方向に腕幅を有し、且つ、Y軸方向とX軸方向とで特定される平面(XY平面)に対向した正面10a, 10bの少なくとも一方に(ここでは正面10a, 10bの両方に)、励振部13a, 13b, 13c, 14a, 14b, 14cを有している。励振部13a~13c, 14a~14cは、振動腕11a, 11b, 11cの基部10と幅広部16a, 16b, 16cとの間に設けられている。振動腕11a, 11b, 11cは、励振部13a~13c, 14a~14cによって、Y軸方向及びX軸方向と直交する第3方向としての水晶結晶軸のZ軸方向(図5(b)の矢印方向)に屈曲振動(面外振動:正面10aに沿わない方向の振動)する。

【0066】

上記第2実施形態のように、根元側から先端側に向かうに連れて連続的に細くなっている第1部分11a1を設けることにより、水晶振動片2のQ値の低下を抑制することができる。詳述すると、第3方向に振動(屈曲振動)する際の曲げ応力による熱弾性損失に対する影響は、振動腕11a, 11b, 11cから幅広部16a, 16b, 16cを除いた部分の、第1方向の中央部よりも基部10側において大きく(支配的)なるため、より効果的に熱弾性損失を低減させることが可能となり、Q値の低下を抑制することができる。

【0067】

(第3実施形態)

次に、振動片の他の例として、第1実施形態と同様に基材に水晶を用いた水晶振動片について説明する。図6は、第3実施形態の水晶振動片の概略構成を示す模式図である。図6(a)は、平面図、図6(b)は、図6(a)のA-A線での断面図である。なお、各配線は省略しており、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。また、上記第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、上記実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0068】

図6に示すように、水晶振動片3は、基部10から第1方向としての水晶結晶軸のY軸方向に延びる3本の振動腕11a, 11b, 11cと、を備えている。そして、振動腕11a, 11b, 11cの先端部には、幅広部16a, 16b, 16cが設けられている。

10

20

30

40

50

振動腕 11a, 11b, 11c の根元から幅広部 16a, 16b, 16c までの間は、Y 軸方向と直交する水晶結晶軸である、第 2 方向としての X 軸方向の腕幅 W が、振動腕 11a, 11b, 11c の根元側から先端側に向かうに連れて連続的に細くなっている、平面視において、基部 10 側を底辺とする（基部 10（連結部 12）との仮想の境界線を底辺とする）台形形状に形成されている。

【0069】

振動腕 11a, 11b, 11c は、平面視において、X 軸方向に腕幅 W を有し、且つ、Y 軸方向と X 軸方向とで特定される平面（XY 平面）に対向した主面 10a, 10b の少なくとも一方に（ここでは主面 10a, 10b の両方に）、励振部 13a, 13b, 13c, 14a, 14b, 14c を有している。励振部 13a～13c, 14a～14c は、振動腕 11a, 11b, 11c の基部 10 と幅広部 16a, 16b, 16c との間に設けられている。振動腕 11a, 11b, 11c は、励振部 13a～13c, 14a～14c によって、Y 軸方向及び X 軸方向と直交する第 3 方向としての水晶結晶軸の Z 軸方向（図 6（b）の矢印方向）に屈曲振動（面外振動：主面 10a に沿わない方向の振動）する。

【0070】

また、基部 10 の内の、振動腕 11a, 11b, 11c と厚さが同じ連結部 12 には、Y 軸方向にて、少なくとも振動腕 11a, 11b, 11c の存在する部分に対向して、X 軸方向に振動腕 11a, 11b, 11c の根元に沿って設けられた貫通孔、凹部、および切り欠きのいずれかが設けられる。本第 3 実施形態では、2 つの切り欠き 17a, 17c と貫通孔 17b とが設けられている。なお、貫通孔、および切り欠きは、有底の凹部であっても良い。

【0071】

上記第 3 実施形態のように、貫通孔、凹部、および切り欠きのいずれかが連結部 12 に設けられることにより、振動腕 11a, 11b, 11c の屈曲振動が、連結部 12 から厚肉の支持部に伝わることを阻止することができる。換言すれば、振動腕 11a, 11b, 11c の屈曲振動が、振動腕 11a, 11b, 11c の延設されている基部 10 の端側から、その端と反対側の端側に向かっての伝播を防ぐことができる。

【0072】

（第 4 実施形態）

次に、上記各実施形態で述べた水晶振動片（振動片）を備えた振動子としての水晶振動子について第 1 実施形態の水晶振動片 1 を用いた例で説明する。図 7 は、第 4 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（蓋体）側から俯瞰した平面図であり、図 7（b）は、図 7（a）の C-C 線での断面図である。なお、平面図では、リッドを省略してある。また、各配線は省略してある。なお、上記第 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、上記第 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、水晶振動子 5 は、上記第 1 実施形態で述べた水晶振動片 1 と、水晶振動片 1 を収容したパッケージ 20 と、を備えている。

【0074】

パッケージ 20 は、平面形状が略矩形で凹部を有したパッケージベース 21 と、パッケージベース 21 の凹部を覆う平面形状が略矩形で平板状のリッド 22 と、を有し、略直方体形状に形成されている。パッケージベース 21 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、水晶、ガラス、シリコンなどが用いられている。リッド 22 には、パッケージベース 21 と同材料、または、コバルト、42 アロイ、ステンレス鋼などの金属が用いられている。

【0075】

パッケージベース 21 には、内底面（凹部の内側の底面）23 に、内部端子 24, 25 が設けられている。内部端子 24, 25 は、水晶振動片 1 の基部 10 に設けられた接続電極 18a, 18b の近傍となる位置に略矩形状に形成されている。接続電極 18a, 18b

b は、図示しない配線により、水晶振動片 1 の各励振部 (1 3 b など) の第 1 電極 (1 3 b 1 など) 及び第 2 電極 (1 3 b 2 など) に接続されている。例えば、図 2 の配線において、交流電源の一方側の配線が接続電極 1 8 a に接続され、他方側の配線が接続電極 1 8 b に接続されている。

【 0 0 7 6 】

パッケージベース 2 1 の外底面 (内底面 2 3 の反対側の面、外側の底面) 2 6 には、電子機器などの外部部材に実装される際に用いられる一対の外部端子 2 7 , 2 8 が形成されている。外部端子 2 7 , 2 8 は、図示しない内部配線によって内部端子 2 4 , 2 5 と接続されている。例えば、外部端子 2 7 は、内部端子 2 4 と接続され、外部端子 2 8 は、内部端子 2 5 と接続されている。内部端子 2 4 , 2 5 及び外部端子 2 7 , 2 8 は、W (タングステン) などのメタライズ層に Ni 、 Au などの各被膜をメッキなどの方法により積層した金属膜からなる。
10

【 0 0 7 7 】

水晶振動子 5 は、水晶振動片 1 の基部 1 0 の固定部分 (連結部 1 2 より厚い部分) が、エポキシ系、シリコーン系、ポリイミド系などの接着剤 3 0 を介して、パッケージベース 2 1 の内底面 2 3 に固定されている。そして、水晶振動子 5 は、水晶振動片 1 の接続電極 1 8 a , 1 8 b が、Au 、 Al などの金属ワイヤー 3 1 により内部端子 2 4 , 2 5 と接続されている。

水晶振動子 5 は、水晶振動片 1 がパッケージベース 2 1 の内部端子 2 4 , 2 5 と接続された状態で、パッケージベース 2 1 の凹部がリッド 2 2 により覆われ、パッケージベース 2 1 とリッド 2 2 とがシームリング、低融点ガラス、接着剤などの接合部材 2 9 で接合されることにより、パッケージ 2 0 の内部が気密に封止されている。なお、パッケージ 2 0 の内部は、減圧状態 (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。
20

【 0 0 7 8 】

なお、パッケージは、平板状のパッケージベースと凹部を有するリッドなどから構成されていてもよい。また、パッケージは、パッケージベース及びリッドの両方に凹部を有していてもよい。

【 0 0 7 9 】

水晶振動子 5 は、外部端子 2 7 , 2 8 、内部端子 2 4 , 2 5 、金属ワイヤー 3 1 、接続電極 1 8 a , 1 8 b を経由して励振部 (1 3 b など) に印加される駆動信号 (交番電圧) によって、水晶振動片 1 の各振動腕 (1 1 b など) が所定の周波数 (例えば、約 3 2 kHz) で、厚さ方向 (図 7 (b) の矢印方向) に発振 (共振) する。
30

【 0 0 8 0 】

上述したように、第 4 実施形態の水晶振動子 5 は、水晶振動片 1 を備えたことから、上記第 1 実施形態に記載された効果を奏する振動子 (例えば、各振動腕 (1 1 b など) の根元側の熱弾性損失が低減され、Q 値の低下を抑制することができ、且つ小型の振動子) を提供することができる。

【 0 0 8 1 】

なお、水晶振動子 5 は、水晶振動片 1 に代えて他の水晶振動片 2 , 3 を備えた場合においても、上記と同様の効果及び各水晶振動片の特有の効果を奏する振動子を提供することができる。
40

【 0 0 8 2 】

(第 5 実施形態)

次に、上記各実施形態で述べた水晶振動片 (振動片) を備えた発振器としての水晶発振器について第 1 実施形態の水晶振動片 1 を用いた例で説明する。図 8 は、第 5 実施形態の水晶発振器の概略構成を示す模式図である。図 8 (a) は、リッド側から俯瞰した平面図であり、図 8 (b) は、図 8 (a) の C - C 線での断面図である。なお、平面図では、リッド及び一部の構成要素を省略してある。また、各配線は省略してある。なお、上記第 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、上記第 1 実施形態と
50

異なる部分を中心に説明する。

【0083】

図8に示すように、水晶発振器6は、上記第1実施形態で述べた水晶振動片1と、水晶振動片1を発振させる発振回路としてのICチップ40と、水晶振動片1及びICチップ40を収容したパッケージ20と、を備えている。

【0084】

パッケージベース21の内底面23には、内部接続端子23aが設けられている。発振回路を内蔵するICチップ40は、パッケージベース21の内底面23に、図示しない接着剤などを用いて固定されている。ICチップ40は、図示しない接続パッドが、Au、Alなどの金属ワイヤー41により内部接続端子23aと接続されている。

10

【0085】

内部接続端子23aは、W(タンクステン)などのメタライズ層にNi、Auなどの各被膜をメッキなどにより積層した金属膜からなり、図示しない内部配線を経由して、パッケージ20の外部端子27, 28、内部端子24, 25などに接続されている。

なお、ICチップ40の接続パッドと内部接続端子23aとの接続には、金属ワイヤー41を用いたワイヤーボンディングによる接続方法以外に、ICチップ40を反転させてのフリップチップ実装による接続方法などを用いてもよい。

【0086】

水晶発振器6は、ICチップ40から内部接続端子23a、内部端子24, 25、金属ワイヤー31、接続電極18a, 18bを経由して励振部(13bなど)に印加される駆動信号によって、水晶振動片1の各振動腕(11bなど)が所定の周波数(例えば、約32kHz)で発振(共振)する。そして、水晶発振器6は、この発振に伴って生じる発振信号をICチップ40、内部接続端子23a、外部端子27, 28などを経由して外部に出力する。

20

【0087】

上述したように、第4実施形態の水晶発振器6は、水晶振動片1を備えたことから、上記第1実施形態に記載された効果を奏する発振器(例えば、各振動腕(11bなど)の根元側の熱弾性損失が低減され、Q値の低下を抑制することができ、且つ小型の発振器)を提供することができる。

【0088】

30

なお、水晶発振器6は、水晶振動片1に代えて他の水晶振動片2, 3を備えた場合においても、上記と同様の効果及び各水晶振動片の特有の効果を奏する発振器を提供することができる。

【0089】

また、水晶発振器6は、ICチップ40をパッケージ20に内蔵ではなく、外付けした構成のモジュール構造(例えば、1つの基板上に水晶振動子及びICチップが個別に搭載されている構造)としてもよい。

【0090】

なお、水晶振動片1, 2, 3の振動腕11a, 11b, 11cの平面形状は、台形形状に限定するものではなく、根元側から先端側に向かうに連れて段階的(例えば、小さな階段状であって直線に近い形状)に腕幅Wが細くなる形状であってもよい。また、上記平面形状は、直線ではなく曲線で形成されていてもよく、直線と曲線とが組み合わされて形成されていてもよい。また、振動腕11a, 11b, 11cの側面と基部10の端部側面との接続部分(コーナー部分)、および振動腕11a, 11b, 11cの側面と幅広部16a, 16b, 16cの側面地の接続部分(コーナー部分)は、曲線(アール形状)もしくは直線を用いた面取り形状であってもよい。

40

【0091】

また、水晶振動片1, 2, 3の励振部13a～13c, 14a～14cの平面形状は、矩形状であってもよい。また、励振部13a～13c, 14a～14cは、一方の主面のみに設けられていてもよい。

50

【0092】

また、水晶振動片1, 2, 3の振動腕の数は、3本に限定するものではなく、1本または2本でもよく、n本(nは4以上の自然数)であってもよい。

なお、水晶振動片1, 2, 3の基部10の厚さは、全域に亘って振動腕11a, 11b, 11cと同じ厚さにしてもよい。これによれば、水晶振動片1, 2, 3は、平板状となることから、製造が容易となる。

【0093】

なお、振動片の基材としての水晶には、水晶の原石などから所定の角度で切り出された、例えば、Zカット板、Xカット板などを用いることができる。なお、Zカット板を用いた場合には、その特性によってエッティング加工が容易となり、Xカット板を用いた場合には、その特性によって温度-周波数特性が良好となる。

10

【0094】

また、振動片の基材は、水晶に限定するものではなく、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)、四ホウ酸リチウム(Li₂B₄O₇)、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)、酸化亜鉛(ZnO)、窒化アルミニウム(AlN)などの圧電材料、またはシリコンなどの半導体材料であってもよい。

【0095】

[電子機器]

次いで、本発明の一実施形態に係る振動片としての水晶振動片1、水晶振動片1を用いた水晶振動子5、あるいは水晶振動片1を用いた水晶発振器6を適用した電子機器について、図9～図11に基づき、詳細に説明する。なお、説明では、水晶振動片1を用いた水晶振動子5を適用した例を示している。

20

【0096】

図9は、本発明の一実施形態に係る水晶振動子5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ー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ー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ー1100には、基準信号源などとして水晶振動子5が内蔵されている。

30

【0097】

図10は、本発明の一実施形態に係る水晶振動子5を備える電子機器としての携帯電話機(PHS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、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、基準信号源などとして水晶振動子5が内蔵されている。

【0098】

図11は、本発明の一実施形態に係る水晶振動子5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。ここで、通常のカメラは、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)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。

40

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等を含む受光ユニット1304が設けられている。

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

50

。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。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ー 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ー 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、基準信号源などとして水晶振動子 5が内蔵されている。

【0099】

なお、本発明の一実施形態に係る水晶振動子 5は、図9のパーソナルコンピューター（モバイル型パーソナルコンピューター）、図10の携帯電話機、図11のデジタルスチールカメラの他にも、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、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページヤー、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、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、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。

【0100】

【移動体】

図12は移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図である。自動車 106には本発明に係る水晶振動片 1を用いた水晶振動子 5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 106には、水晶振動子 5を内蔵してタイヤ 109などを制御する電子制御ユニット 108が車体 107に搭載されている。また、水晶振動子 5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）、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。

【符号の説明】

【0101】

1, 2, 3...振動片としての水晶振動片、5...振動子としての水晶振動子、6...発振器としての水晶発振器、10...基部、10a, 10b...正面、11a, 11b, 11c...振動腕、11a1...第1部分、11a2...第2部分、12...連結部（基部の一部）、13a, 13b, 13c, 14a, 14b, 14c...励振部、13a1, 13b1, 13c1, 14a1, 14b1, 14c1...第1電極、13a2, 13b2, 13c2, 14a2, 14b2, 14c2...第2電極、15...圧電体、16a, 16b, 16c...幅広部、16a', 16b', 16c'...幅広部の先端、17a, 17c...切り欠き、17b...貫通孔、18a, 18b...接続電極、20...パッケージ、21...パッケージベース、22...リッド、23...内底面、23a...内部接続端子、24, 25...内部端子、26...外底面、27, 28...外部端子、29...接合部材、30...接着剤、31...金属ワイヤー、40...発振回路としてのICチップ、41...金属ワイヤー、106...移動体としての自動車、1100...電子機器としてのパーソナルコンピューター、1200...電子機器としての携帯電話機、1300...電子機器としてのデジタルスチールカメラ。

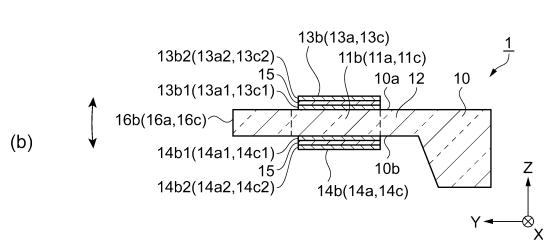
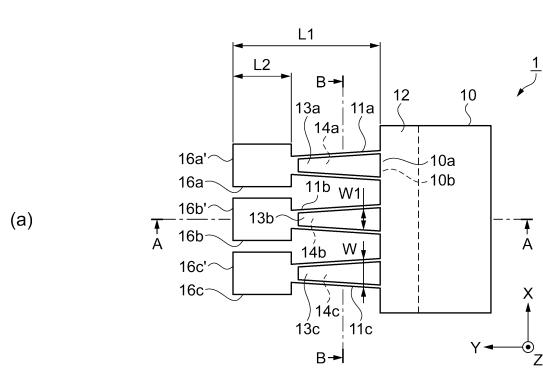
10

20

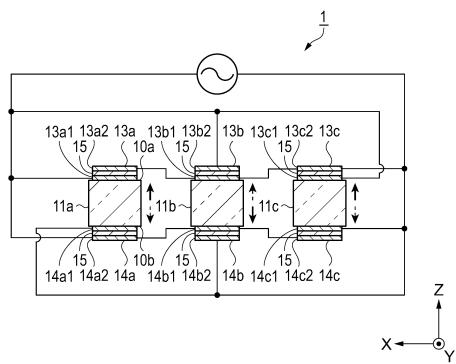
30

40

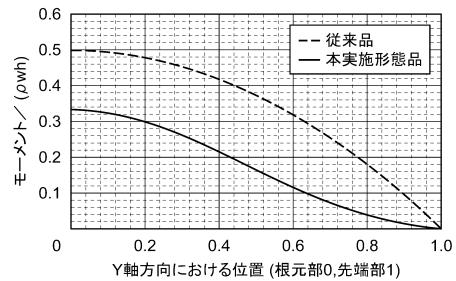
【図1】



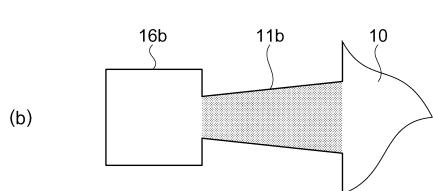
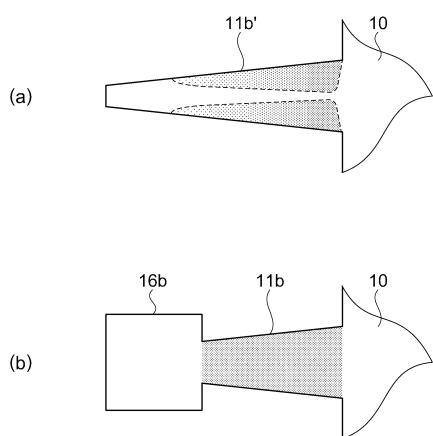
【図2】



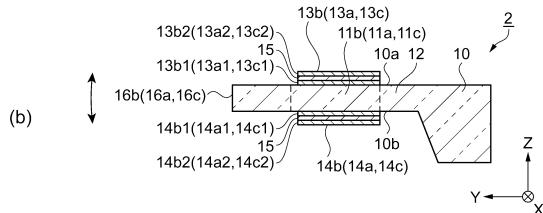
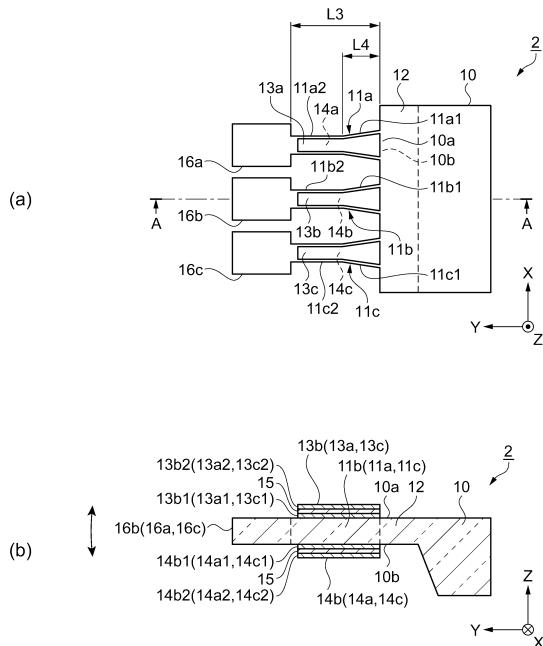
【図3】



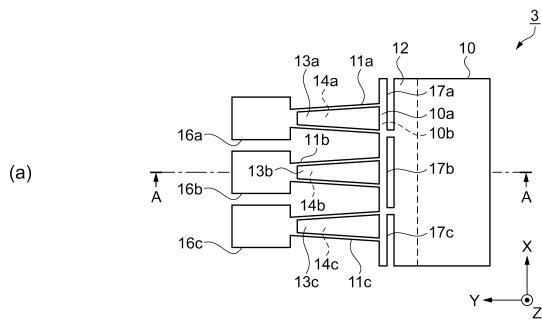
【図4】



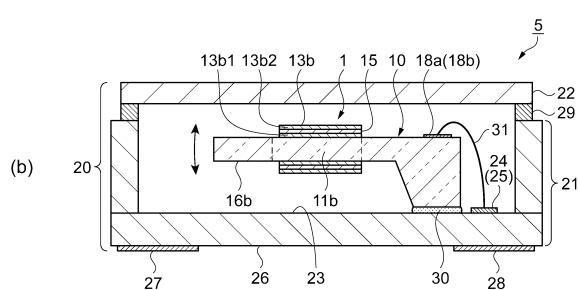
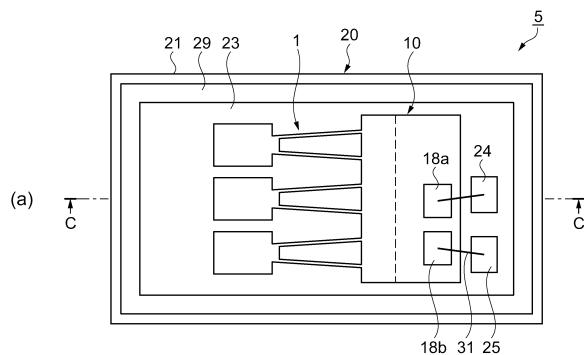
【図5】



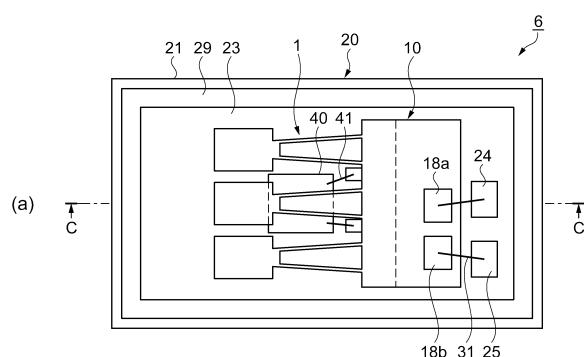
【図6】



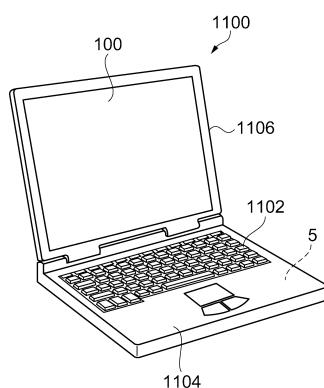
【図7】



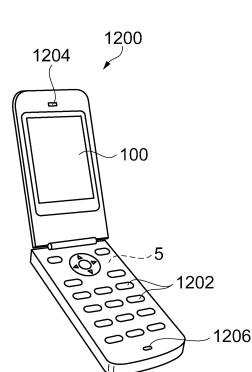
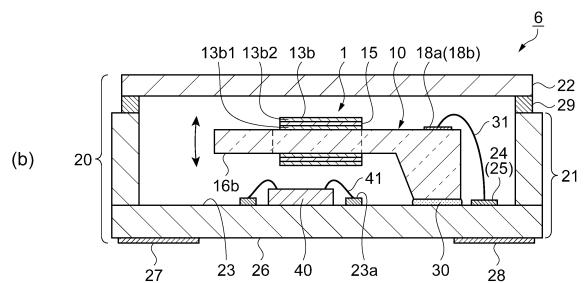
【 図 8 】



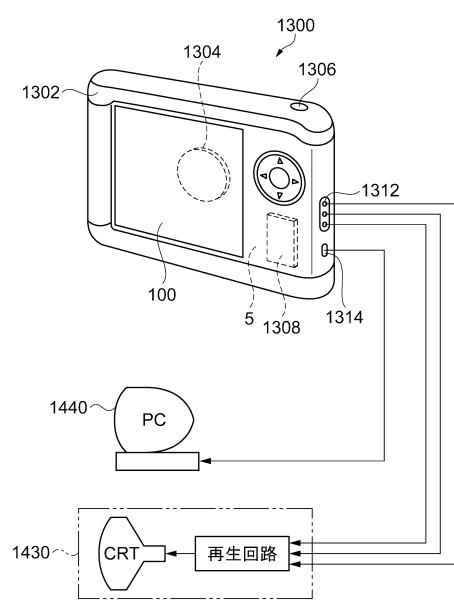
【 図 9 】



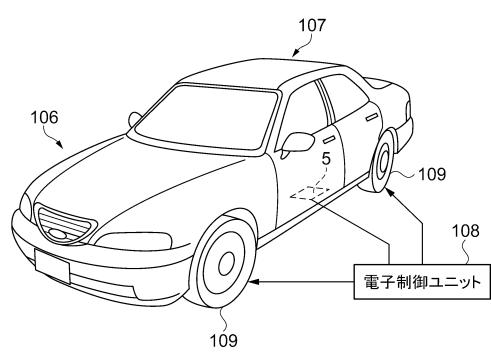
【 図 1 0 】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 1 L	41/187 (2006.01)	H 0 1 L	41/08 C
H 0 1 L	41/18 (2006.01)	H 0 1 L	41/18 1 0 1 B
		H 0 1 L	41/18 1 0 1 D
		H 0 1 L	41/18 1 0 1 A

(56)参考文献 特開2012-105044 (JP, A)
特開2012-029024 (JP, A)
特開2011-166325 (JP, A)
特開2010-187197 (JP, A)
特開2012-65293 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 3 H	9 / 1 9
H 0 1 L	4 1 / 0 9
H 0 1 L	4 1 / 1 8
H 0 1 L	4 1 / 1 8 7
H 0 3 B	5 / 3 2
H 0 3 H	9 / 2 1 5
H 0 3 H	9 / 2 4