

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5923862号
(P5923862)

(45) 発行日 平成28年5月25日 (2016. 5. 25)

(24) 登録日 平成28年4月28日 (2016. 4. 28)

(51) Int. Cl.		F I	
H03H	9/19	(2006.01)	H03H 9/19 C
H03H	9/215	(2006.01)	H03H 9/215
H03B	5/32	(2006.01)	H03B 5/32 Z
H01L	41/09	(2006.01)	H01L 41/09

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2011-60458 (P2011-60458)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成23年3月18日 (2011. 3. 18)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-199603 (P2012-199603A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成24年10月18日 (2012. 10. 18)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成26年3月14日 (2014. 3. 14)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(72) 発明者	河合 宏紀
			東京都日野市日野421-8 エプソント
			ヨコム株式会社内
		審査官	東 昌秋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動片、振動子、発振器及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と、

前記基部から第1方向に延びる振動腕と、を備え、

前記振動腕は、前記第1方向と直交する第2方向の長さが腕幅である主面を有し、前記主面の少なくとも一方に、前記主面と直交する第3方向に前記振動腕を振動させる励振部が配置され、

前記励振部からは、前記基部に向けて配線が伸びていて、

前記配線は、前記第2方向の幅が前記励振部の前記第2方向の幅よりも狭い幅狭領域を基部上に有し、

前記振動腕の前記第1方向の長さをLとしたとき、前記幅狭領域の前記第1方向に沿って並ぶ2つの端部は、前記振動腕と前記基部との境界から前記第1方向の前記基部側に向かって0.1L以内の範囲にあることを特徴とする振動片。

【請求項 2】

前記励振部は、前記主面側に配置されている第1電極と、

前記第1電極の上方に配置されている第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ている圧電体と、

を備えていることを特徴とする請求項1に記載の振動片。

【請求項 3】

前記励振部及び前記配線の少なくとも一方が、

前記振動腕の前記第 1 方向に延びる一对の辺または前記一对の辺の延長線のそれぞれに近接するように前記第 2 方向に並んで複数配置されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の振動片。

【請求項 4】

前記振動腕の前記第 2 方向の前記腕幅を W 、前記励振部の前記第 2 方向の幅を W_1 としたとき、

$0.3 \leq W_1 / W < 1.0$ であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の振動片。

【請求項 5】

前記基部は、前記第 3 方向の厚さが異なる肉薄部と肉厚部とを有し、

前記肉薄部が前記振動腕と接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載の振動片。

【請求項 6】

前記振動腕を複数備えていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載の振動片。

【請求項 7】

前記振動片を収容しているパッケージを備えていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の振動子。

【請求項 8】

前記振動片を発振させる発振回路を備えていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の発振器。

【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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動片、この振動片を備えた、振動子、発振器及び電子機器に関する。

【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 個ずつ設けられた圧電体素子（励振部）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）。

【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、小型化の進展により 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）の低下の抑制が課題となっている。

上記特許文献 1 の振動片は、振動腕が上記第 1 面と直交する方向（第 3 方向）に屈曲振動する振動形態（面外振動モード）の構成となっており、中央の振動腕と両側の振動腕との振動方向を互いに逆方向（逆相）にして、両者の振動のバランスを取ることで、 Q 値の低下の抑制（換言すれば、 Q 値の向上）を図るというものである。

【0005】

しかしながら、上記振動片は、実施の形態において振動腕の励振部から基部側に延びる

10

20

30

40

50

配線部分の第2方向の幅が、励振部の第2方向の幅と同一になるように形成されている。

発明者らの解析によれば、上記振動片は、配線部分の第2方向の幅が、励振部の第2方向の幅と同一になるように形成されている構成によって、Q値の低下が助長されている虞がある（解析結果の詳細は後述する）。

【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片は、基部と、前記基部から第1方向に延びる振動腕と、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平面に沿った前記振動腕の主面の少なくとも一方に、前記主面と直交する第3方向に前記振動腕を振動させる励振部が設けられ、前記励振部からは、前記基部に向けて配線が引き出され、前記配線は、前記第2方向の幅が前記励振部の前記第2方向の幅よりも狭い幅狭領域を有し、前記幅狭領域の前記第1方向における範囲は、前記振動腕と前記基部との境界を基点として、前記振動腕の前記第1方向の全長をLとしたとき、前記基点から前記基部側へ少なくとも0.1L以内であることを特徴とする。

【0008】

これによれば、振動片は、励振部から基部に向けて配線が引き出され、配線は第2方向の幅が励振電極の第2方向の幅よりも狭い幅狭領域を有し、幅狭領域の第1方向の範囲が、振動腕と基部との境界を基点として、振動腕の全長をLとしたとき、基点から基部側へ少なくとも0.1L以内である。

発明者らの、シミュレーションや実験による解析結果などから得た知見によれば、振動片は、配線の幅狭領域の第1方向の範囲が、上記範囲内であることにより、配線に幅狭領域を有しない従来構成と比較して、Q値の低下を抑制することができる（解析結果の詳細は後述する）。

【0009】

〔適用例2〕上記適用例にかかる振動片において、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電極の上方に設けられた第2電極と、前記第1電極と前記第2電極との間に設けられた圧電体と、を備えたことが好ましい。

【0010】

これによれば、振動片は、励振部が第1電極と、第1電極の上方に設けられた第2電極と、両電極間に設けられた圧電体と、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。

従って、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。

【0011】

〔適用例3〕上記適用例にかかる振動片において、前記励振部及び前記配線の少なくとも一方が、前記第2方向に並ぶように分割され、分割された前記励振部及び前記配線のそれぞれは、前記振動腕の前記第1方向に延びる一対の辺または前記一対の辺の延長線のそれぞれに近接するように分散配置されていることが好ましい。

【0012】

これによれば、振動片は、励振部及び配線の少なくとも一方が分割され、分割された励振部及び配線のそれぞれが、振動腕の第1方向に延びる一対の辺または一対の辺の延長線のそれぞれに近接するように分散配置されている。

このことから、振動片は、振動腕の振動に伴い発生する応力が他の部分より大きい、振動腕の第1方向に沿った中心部分または基部における上記中心部分の第1方向に沿った延長部分に、励振部または配線が殆ど設けられていないことになる。

10

20

30

40

50

従って、振動片は、振動腕に励振部及び配線が設けられることによる応力増加を緩和して、振動腕を効率的に振動させることにより、Q値の低下を抑制することができる。

【0013】

〔適用例4〕上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕の前記第2方向の前記腕幅をW、前記励振部の前記第2方向の幅をW1としたとき、 $0.3 \leq W1/W < 1.0$ であることが好ましい。

【0014】

これによれば、振動片は、振動腕の第2方向の腕幅をW、励振部の第2方向の電極幅をW1としたとき、 $0.3 \leq W1/W < 1.0$ であることから、励振部による振動腕の効率的な振動によって発熱量（温度差）が減少し、熱弾性損失（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）が抑制され、上記範囲外の振動片よりもQ値を向上させることができる。

なお、上記範囲は、発明者らがシミュレーションや実験による解析結果などから得た知見に基づいて設定したものである。

【0015】

〔適用例5〕上記適用例にかかる振動片において、前記基部は、前記第3方向の厚さが異なる肉薄部と肉厚部とを有し、前記肉薄部が前記振動腕と接続されていることが好ましい。

【0016】

これによれば、振動片は、基部が第3方向の厚さが異なる肉薄部と肉厚部とを有し、肉薄部が振動腕と接続されていることから、振動腕の振動に伴い生じる応力が、振動腕の根元部に集中することなく肉薄部にも分散することによって緩和される。

この結果、振動片は、振動腕を効率的に振動させることが可能となることから、Q値の低下を抑制することができる。

【0017】

〔適用例6〕上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕を複数備えたことが好ましい。

【0018】

これによれば、振動片は、振動腕を複数備えたことから、例えば、隣り合う振動腕の振動方向を互いに逆方向（逆相）にすることによって、力学的にバランスのとれた振動とすることができる。

この結果、振動片は、振動腕から基部への振動漏れが低減され、Q値の低下を抑制することができる（換言すれば、Q値を向上させることができる）。

【0019】

〔適用例7〕本適用例にかかる振動子は、上記適用例のいずれかに記載の振動片と、前記振動片を収容したパッケージと、を備えたことを特徴とする。

【0020】

これによれば、振動子は、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。

【0021】

〔適用例8〕本適用例にかかる発振器は、上記適用例のいずれかに記載の振動片と、前記振動片を発振させる発振回路と、を備えたことを特徴とする。

【0022】

これによれば、発振器は、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。

【0023】

〔適用例9〕本適用例にかかる電子機器は、上記適用例のいずれかに記載の振動片を備

10

20

30

40

50

えたことを特徴とする。

【0024】

これによれば、電子機器は、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。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【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(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電極の配線図。

【図3】水晶振動片のQ値と電極の形成位置との関係を示すグラフ。

【図4】水晶振動片のQ値と励振電極のX軸方向の電極幅W1/振動腕のX軸方向の腕幅Wとの関係を示すグラフ。

【図5】Q値を10000以上にする場合の水晶振動片の抵抗値とW1/Wとの関係を示すグラフ。

【図6】変形例1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(a)のC-C線での断面図、(c)は(a)のD-D線での断面図。

【図7】変形例2の水晶振動片の概略構成を示す模式平面図。

【図8】変形例3の水晶振動片の概略構成を示す模式平面図。

【図9】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(蓋体)側から俯瞰した平面図、(b)は(a)のE-E線での断面図。

【図10】第3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(a)のE-E線での断面図。

【図11】第4実施形態の携帯電話を示す模式斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

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。

【0027】

(第1実施形態)

最初に、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、各配線は関係部分を除き省略してあり、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。

【0028】

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。

基部10は、パッケージなどの外部部材に固定されることから、所定の剛性(強度)を確保するために、振動腕11a, 11b, 11cよりも厚く形成された肉厚部10cと、振動腕11a, 11b, 11cと略等しい厚さの肉薄部10dとを有し、肉厚部10cよりも厚さが薄い肉薄部10dが振動腕11a, 11b, 11cと接続されている。

【0029】

振動腕11a, 11b, 11cは、略角柱状に形成され、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を有している。

振動腕11a, 11b, 11cは、Y軸方向とX軸方向とで特定される平面に沿った主面10a, 10bの少なくとも一方に(ここでは主面10aに)、主面10a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)に振動腕11a, 11b, 11cを屈曲振動(面外振動:主面10aに沿わない方向の振動)させる励振部としての励振電極12a, 12b, 12cが設けられている。

【0030】

励振電極12a, 12b, 12cからは、基部10に向けて配線13a, 13b, 13cが引き出されている。

配線 13a, 13b, 13c は、X 軸方向の幅 W_2 が励振電極 12a, 12b, 12c の X 軸方向の幅 W_1 よりも狭い幅狭領域 13a1, 13b1, 13c1 を有している ($W_1 > W_2$)。

幅狭領域 13a1, 13b1, 13c1 の Y 軸方向における範囲 X は、振動腕 11a, 11b, 11c と基部 10 (肉薄部 10d) との境界を基点として、振動腕 11a, 11b, 11c の Y 軸方向の全長を L としたとき、基点から基部 10 側へ少なくとも $0.1L$ 以内に設定されている。

具体的には、例えば、振動腕 11a, 11b, 11c の全長 L が $300\mu\text{m}$ の場合、幅狭領域 13a1, 13b1, 13c1 の Y 軸方向における範囲 X は、少なくとも $30\mu\text{m}$ 以内となる。

10

【0031】

水晶振動片 1 は、振動腕 11a, 11b, 11c の X 軸方向の腕幅 W と励振電極 12a, 12b, 12c の X 軸方向の幅 W_1 との関係が、 $0.3 < W_1 / W < 1.0$ となるように構成されている。

【0032】

励振電極 12a, 12b, 12c は、主面 10a 側に設けられた第 1 電極 12a1, 12b1, 12c1 と、第 1 電極 12a1, 12b1, 12c1 の上方に設けられた第 2 電極 12a2, 12b2, 12c2 と、第 1 電極 12a1, 12b1, 12c1 と第 2 電極 12a2, 12b2, 12c2 との間に設けられた圧電体 14 と、第 2 電極 12a2, 12b2, 12c2 と圧電体 14 との間に設けられた絶縁体 15 と、を備えた積層構造となっている。

20

なお、絶縁体 15 は、配線 13a, 13b, 13c 部分における各第 1 電極 (12a1 など) と各第 2 電極 (12a2 など) との間にも設けられている。

【0033】

励振電極 12a, 12b, 12c の第 1 電極 12a1, 12b1, 12c1、第 2 電極 12a2, 12b2, 12c2 には、例えば、Cr、Au、Ti/Au、ITO などの導電性の高い金属の膜が用いられ、圧電体 14 には、例えば、ZnO、AlN、PZT などの圧電性の高い圧電材料の膜が用いられ、絶縁体 15 には、例えば、 SiO_2 などの絶縁性の高い絶縁材料の膜が用いられている。

なお、励振電極 12a, 12b, 12c は、振動腕 11a, 11b, 11c と基部 10 との境界部分 (基点) から振動腕 11a, 11b, 11c の先端側に延びるように設けられているのが好ましい。

30

【0034】

ここで、水晶振動片 1 の動作について説明する。

図 2 は、図 1 (a) の B - B 線での断面図及び各励振電極の配線図である。

図 2 に示すように、水晶振動片 1 の励振電極 12a, 12b, 12c は、第 1 電極 12a1, 12b1, 12c1 と第 2 電極 12a2, 12b2, 12c2 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。

【0035】

具体的には、振動腕 11a の第 1 電極 12a1 と、振動腕 11b の第 2 電極 12b2 と、振動腕 11c の第 1 電極 12c1 と、が同電位になるように接続され、振動腕 11a の第 2 電極 12a2 と、振動腕 11b の第 1 電極 12b1 と、振動腕 11c の第 2 電極 12c2 と、が同電位になるように接続されている。

40

【0036】

この状態で、第 1 電極 12a1, 12b1, 12c1 と第 2 電極 12a2, 12b2, 12c2 との間に交番電圧を印加すると、第 1 電極 12a1, 12b1, 12c1 と第 2 電極 12a2, 12b2, 12c2 との間に電界が発生し、逆圧電効果により、圧電体 14 に歪みが生じ、圧電体 14 が Y 軸方向に伸縮する。

水晶振動片 1 は、上記交差配線によって励振電極 12a, 12c と励振電極 12b とに発生する電界の方向を互いに逆方向にして、圧電体 14 の伸縮が、振動腕 11a, 11c

50

と振動腕 11b との間で逆になるように構成されている。具体的には、振動腕 11a, 11c の圧電体 14 が伸張したとき、振動腕 11b の圧電体 14 が収縮し、振動腕 11a, 11c の圧電体 14 が収縮したとき、振動腕 11b の圧電体 14 が伸張するように構成されている。

【0037】

このような圧電体 14 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、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。

10

【0038】

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 が Z 軸方向（厚さ方向）に屈曲振動する振動形態であって、励振電極 12a, 12b, 12c から基部 10 に向けて配線 13a, 13b, 13c が引き出されている。

そして、水晶振動片 1 は、配線 13a, 13b, 13c が、X 軸方向の幅 W2 が励振電極 12a, 12b, 12c の X 軸方向の幅 W1 よりも狭い幅狭領域 13a1, 13b1, 13c1 を有している。

そして、水晶振動片 1 は、幅狭領域 13a1, 13b1, 13c1 の Y 軸方向の範囲 X が、振動腕 11a, 11b, 11c と基部 10 との境界を基点として、振動腕 11a, 11b, 11c の全長を L としたとき、基点から基部 10 側へ少なくとも $0.1L$ 以内に設定されている。

20

【0039】

この構成とすることで、水晶振動片 1 は、発明者らのシミュレーションや実験による解析結果などから得た知見によれば、配線 13a, 13b, 13c の幅狭領域 13a1, 13b1, 13c1 の Y 軸方向の範囲 X が、上記範囲内であることによって、配線に幅狭領域を有しない従来構成と比較して、Q 値の低下を抑制することができる。

【0040】

上記に関してグラフを用いて説明する。

図 3 は、水晶振動片の Q 値と電極の形成位置との関係を示すグラフである。

30

図 3 の横軸は、振動腕の Y 軸方向の全長を L としたときの、基点から電極までの距離を表し、基点から振動腕側を + L で表し、基点から基部側を - L で表す。図 3 の縦軸は、Q 値を表す。

なお、図 3 のグラフは、発明者らのシミュレーションや実験による解析結果に基づいて作成されたものである。

なお、上記電極は、従来品においては振動腕の腕幅 W と同じ幅で形成され、本実施形態品においては、従来品の電極の幅より狭い幅で形成されているという設定である。

【0041】

図 3 に示すように、従来品は、電極の形成位置が基部に近づくに連れて Q 値が低下し、この Q 値の低下が、電極が基部に入り込んだ状態である $-0.1L$ 程度まで続き（例えば、 $-0.1L$ における Q 値：約 5500）、その後、Q 値が向上に転じている。

40

一方、本実施形態品は、電極の形成位置が $0.3L \sim 0.2L$ の範囲、少なくとも $0 \sim -0.1L$ の範囲において、従来品より Q 値の低下が抑制されていることが分かる（例えば、 $-0.1L$ における Q 値：約 6000）。

これにより、水晶振動片 1 は、配線 13a, 13b, 13c の幅狭領域 13a1, 13b1, 13c1 の、Y 軸方向における範囲 X の設定の妥当性が裏付けられたといえる。

【0042】

また、水晶振動片 1 は、振動腕 11a, 11b, 11c の X 軸方向の腕幅を W、励振電極 12a, 12b, 12c の X 軸方向の幅を W1 としたとき、 $0.3 \leq W1/W < 1.0$ であることから、励振電極 12a, 12b, 12c による振動腕 11a, 11b, 11c

50

の効率的な振動によって発熱量（温度差）が減少し、熱弾性損失が抑制され、上記範囲外の振動片よりもQ値を向上させることができる。

なお、上記範囲は、発明者らがシミュレーションや実験による解析結果などから得た知見に基づいて設定したものである。

【0043】

上記に関してグラフを用いて説明する。

図4は、水晶振動片のQ値と、励振電極のX軸方向の電極幅 W_1 / 振動腕のX軸方向の腕幅 W との関係を示すグラフである。

なお、図4においては、横軸が W_1 / W を表し、縦軸が、 $W_1 / W = 1$ のときのQ値を1として、Q値の変化を指数で表している。

10

【0044】

図4に示すように、 W_1 / W については、0.1以上～1未満の範囲において、1から0.3強まで減少するに連れてQ値が漸増し、0.3強から0.1にかけてQ値が急増している。

しかしながら、 W_1 / W が0.1以上～0.3未満の範囲においては、通常の駆動電力下での励振電極12a, 12b, 12cに生じる電界が、圧電体14の伸縮によって振動腕11a, 11b, 11cを安定して振動させ得る電界強度に達しない虞があることから、この範囲を除外することが好ましい。

【0045】

この点に関して具体例を挙げると、図5は、Q値を10000以上にする場合の水晶振動片の抵抗値と W_1 / W との関係を示すグラフである。

20

図5に示すように、例えば、Q値を実用上十分な値である10000以上にするためには、水晶振動片の抵抗値を100k以下にして、振動腕11a, 11b, 11cを安定して振動させ得る電界強度を得る必要がある。

図5によれば、これを満たす W_1 / W の範囲は、0.3以上であることが分かる。

従って、 W_1 / W については、0.3以上～1.0未満が実用上の好適な範囲となる。

【0046】

これらの結果から、第1実施形態の水晶振動片1は、0.3 $W_1 / W < 1.0$ となるように構成されていることによって、励振電極12a, 12b, 12cによる振動腕11a, 11b, 11cの効率的な振動で発熱量が減少し、熱弾性損失が抑制され、実用上において、上記範囲外の水晶振動片よりもQ値を向上させ得ることが、裏付けられたといえる。

30

【0047】

また、水晶振動片1は、励振電極12a, 12b, 12cが第1電極12a1, 12b1, 12c1と、第1電極12a1, 12b1, 12c1に対向して設けられた第2電極12a2, 12b2, 12c2と、両電極間に設けられた圧電体14と、を備えたことから、励振電極12a, 12b, 12c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。

従って、水晶振動片1は、基材に必ずしも水晶などの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。

40

【0048】

また、水晶振動片1は、基部10がZ軸方向の厚さが異なる肉厚部10cと肉薄部10dとを有し、肉厚部10cよりも厚さが薄い肉薄部10dが振動腕11a, 11b, 11cと接続されていることから、振動腕11a, 11b, 11cの振動に伴い生じる応力が、振動腕11a, 11b, 11cの根元部に集中することなく肉薄部10dにも分散することによって緩和される。

この結果、水晶振動片1は、振動腕11a, 11b, 11cを効率的に振動させることが可能となることから、Q値の低下を抑制することができる。

【0049】

50

また、水晶振動片 1 は、振動腕を複数（振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c の 3 本）備えたことから、例えば、隣り合う振動腕（1 1 a と 1 1 b 、 1 1 b と 1 1 c ）の振動方向を互いに逆方向とすることによって、力学的にバランスのとれた屈曲振動とすることができる。

これにより、水晶振動片 1 は、振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c から基部 1 0 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（換言すれば、Q 値の低下を抑制することができる）。

なお、水晶振動片 1 は、励振電極 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c の幅 W 1 が、振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c の腕幅 W と略等しくなる構成としてもよい。

【 0 0 5 0 】

10

次に、上記第 1 実施形態の変形例について説明する。

（変形例 1）

図 6 は、変形例 1 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 C - C 線での断面図であり、図 6 (c) は、図 6 (a) の D - D 線での断面図である。なお、各配線は関係部分を除き省略してあり、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。

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。

【 0 0 5 1 】

図 6 (a) に示すように、水晶振動片 2 は、振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c の励振電極 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c （図 1 参照）が、X 軸方向に並ぶようにそれぞれ 2 分割され、励振電極 1 2 a (1) , 1 2 a (2) , 1 2 b (1) , 1 2 b (2) , 1 2 c (1) , 1 2 c (2) となっている。

20

そして、水晶振動片 2 は、分割された各励振電極が、振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c の Y 軸方向に延びる一対の辺（長手方向の 2 辺）のそれぞれに近接するように分散配置されている。

【 0 0 5 2 】

具体的には、振動腕 1 1 a の長手方向の一方の辺に近接して励振電極 1 2 a (1) が配置され、他方の辺に近接して励振電極 1 2 a (2) が配置され、振動腕 1 1 b の一方の辺に近接して励振電極 1 2 b (1) が配置され、他方の辺に近接して励振電極 1 2 b (2) が配置され、振動腕 1 1 c の一方の辺に近接して励振電極 1 2 c (1) が配置され、他方の辺に近接して励振電極 1 2 c (2) が配置されている。

30

【 0 0 5 3 】

なお、本変形例 1 において、各励振電極の X 軸方向の幅 W 1 (1) 、 W 1 (2) は、上記第 1 実施形態の各励振電極が 2 分割された状態であることから、上記第 1 実施形態で述べた $0.3 \leq W 1 / W < 1.0$ の関係については、 $0.3 \leq (W 1 (1) + W 1 (2)) / W < 1.0$ と読み替えるものとする。

【 0 0 5 4 】

2 分割された各励振電極の各第 1 電極、各第 2 電極は、第 1 電極 1 2 a (1) 1 , 1 2 a (2) 1 , 1 2 b (1) 1 , 1 2 b (2) 1 , 1 2 c (1) 1 , 1 2 c (2) 1 、第 2 電極 1 2 a (1) 2 , 1 2 a (2) 2 , 1 2 b (1) 2 , 1 2 b (2) 2 , 1 2 c (1) 2 , 1 2 c (2) 2 となっている。

40

上記各励振電極における分割された第 1 電極同士（例えば、1 2 a (1) 1 , 1 2 a (2) 1 ）、第 2 電極同士（例えば、1 2 a (1) 2 , 1 2 a (2) 2 ）は、図示しない箇所互いに接続されている。

【 0 0 5 5 】

2 分割された各励振電極から引き出された配線 1 3 a (1) , 1 3 a (2) , 1 3 b (1) , 1 3 b (2) , 1 3 c (1) , 1 3 c (2) は、上記各励振電極と同様に、振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c の Y 軸方向に延びる一対の辺の延長線（長手方向の 2 辺の延長線）のそれぞれに近接するように分散配置されている。

50

また、各配線は、第1実施形態と同様に、幅狭領域13a1(1)、13a1(2)、13b1(1)、13b1(2)、13c1(1)、13c1(2)を有しており、各励振電極のX軸方向の幅W1(1)、W1(2)と、各幅狭領域のX軸方向の幅W2(1)、W2(2)とは、 $W1(1) > W2(1)$ 、 $W1(2) > W2(2)$ の関係にある。

なお、水晶振動片2の動作に関しては、基本的に上記実施形態と同様なので説明を省略する。

【0056】

上述したように、水晶振動片2は、各励振電極及び各配線が分割され、分割された励振電極(12a(1)など)及び配線(13a(1)など)のそれぞれが、振動腕11a、11b、11cのY軸方向に延びる一対の辺及び一対の辺の延長線のそれぞれに近接するように分散配置されている。

10

このことから、水晶振動片2は、振動腕11a、11b、11cの振動に伴い発生する応力が他の部分より大きい、振動腕11a、11b、11cのY軸方向に沿った中心部分または基部10における上記中心部分のY軸方向に沿った延長部分に、励振電極または配線が設けられていないことになる。

この結果、水晶振動片2は、振動腕11a、11b、11cの上記中心部分などに各励振電極及び各配線を設けることによる応力増加を緩和して、振動腕11a、11b、11cを効率的に振動させることによって、Q値の低下を抑制することができる。

【0057】

なお、水晶振動片2は、分割された各励振電極が、振動腕11a、11b、11cのY軸方向に延びる一対の辺及び一対の辺の延長線から離れて配置されていてよく、3分割以上に分割されていてよい。

20

【0058】

(変形例2)

図7は、変形例2の水晶振動片の概略構成を示す模式平面図である。なお、各配線は関係部分を除き省略してあり、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。

なお、上記第1実施形態及び変形例1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実施形態及び変形例1と異なる部分を中心に説明する。

【0059】

図7に示すように、変形例2の水晶振動片3は、各励振電極のみが変形例1と同様に2分割され、振動腕11a、11b、11cの根元部で、2分割された各励振電極(12a(1)、12a(2)など)同士がつながれ、そこから各配線(13aなど)が第1実施形態と同様に基部10に引き出されている。

30

なお、各配線の各幅狭領域(13a1など)のX軸方向の幅W2は、分割された各励振電極のX軸方向の幅W1(1)、W1(2)よりも狭いこと($W1(1) > W2$ 、 $W1(2) > W2$)が好ましいが、分割された各励振電極のX軸方向の幅W1(1)、W1(2)の和よりも狭い構成($(W1(1) + W1(2)) > W2$)としてもよい。

【0060】

これによれば、水晶振動片3は、各励振電極を2分割して振動腕11a、11b、11cのY軸方向に延びる一対の辺のそれぞれに近接するように分散配置したことから、変形例1と同様の効果を奏することができる。

40

なお、水晶振動片3は、分割された各励振電極(12a(1)、12a(2)など)が、振動腕11a、11b、11cのY軸方向に延びる一対の辺から離れて配置されていてよく、3分割以上に分割されていてよい。

【0061】

(変形例3)

図8は、変形例3の水晶振動片の概略構成を示す模式平面図である。なお、各配線は関係部分を除き省略してあり、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。

なお、上記第1実施形態及び変形例1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実施形態及び変形例1と異なる部分を中心に説明する。

50

【 0 0 6 2 】

図 8 に示すように、変形例 3 の水晶振動片 4 は、各配線のみが変形例 1 と同様に 2 分割されている。

2 分割された各配線 (1 3 a (1) , 1 3 a (2) など) は、振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c の Y 軸方向に延びる一对の辺の延長線 (長手方向の 2 辺の延長線) のそれぞれに近接するように分散配置されている。

そして、各配線の各幅狭領域 (1 3 a 1 (1) , 1 3 a 1 (2) など) の X 軸方向の幅 W 2 (1) 、 W 2 (2) は、各励振電極の X 軸方向の幅 W 1 よりも狭くなっている (W 1 > W 2 (1) 、 W 1 > W 2 (2)) 。なお、2 分割された各配線同士 (1 3 a (1) , 1 3 a (2) など) は、図示しない箇所では互いに接続されている。

10

【 0 0 6 3 】

これによれば、水晶振動片 4 は、各配線を 2 分割して振動腕 1 1 a , 1 1 b , 1 1 c の Y 軸方向に延びる一对の辺の延長線のそれぞれに近接するように分散配置したことから、変形例 1 と同様の効果を奏することができる。

なお、水晶振動片 4 は、各配線が 3 分割以上に分割されていてもよい。

【 0 0 6 4 】

(第 2 実施形態)

次に、上記第 1 実施形態及び各変形例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説明する。

図 9 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 9 (a) は、リッド (蓋体) 側から俯瞰した平面図であり、図 9 (b) は、図 9 (a) の E - E 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、各配線は関係部分を除き省略してあり、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。

20

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。

【 0 0 6 5 】

図 9 に示すように、水晶振動子 5 は、上記第 1 実施形態及び各変形例で述べた水晶振動片のいずれか (ここでは、水晶振動片 1) と、水晶振動片 1 を収納したパッケージ 2 0 と、を備えている。

【 0 0 6 6 】

30

パッケージ 2 0 は、平面形状が略矩形で凹部を有したパッケージベース 2 1 と、パッケージベース 2 1 を覆う平面形状が略矩形で平板状のリッド 2 2 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 2 1 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 2 2 には、パッケージベース 2 1 と同材料、または、コパール、4 2 アロイ、ステンレス鋼などの金属が用いられている。

【 0 0 6 7 】

パッケージベース 2 1 には、内底面 (凹部の内側の底面) 2 3 に、内部端子 2 4 , 2 5 が設けられている。

40

内部端子 2 4 , 2 5 は、水晶振動片 1 の基部 1 0 に設けられた接続電極 1 8 a , 1 8 b の近傍となる位置に略矩形形状に形成されている。接続電極 1 8 a , 1 8 b は、図示しない配線により、水晶振動片 1 の各励振電極 (1 2 b など) の第 1 電極 (1 2 b 1 など) 及び第 2 電極 (1 2 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 に接続される。

【 0 0 6 8 】

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对の外部端子 2 7 , 2 8 が形成されている。

50

外部端子 27, 28 は、図示しない内部配線によって内部端子 24, 25 と接続されている。例えば、外部端子 27 は、内部端子 24 と接続され、外部端子 28 は、内部端子 25 と接続されている。

内部端子 24, 25 及び外部端子 27, 28 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。

【0069】

水晶振動子 5 は、水晶振動片 1 の基部 10 の肉厚部 10c が、エポキシ系、シリコン系、ポリイミド系などの接着剤 30 を介して、パッケージベース 21 の内底面 23 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 18a, 18b が、Au、Al などの金属ワイヤー 31 により内部端子 24, 25 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 21 の内部端子 24, 25 と接続された状態で、パッケージベース 21 がリッド 22 により覆われ、パッケージベース 21 とリッド 22 とがシームリング、低融点ガラス、接着剤などの接合部材 29 で接合されることにより、パッケージ 20 の内部が気密に封止されている。

なお、パッケージ 20 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。

【0070】

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。

【0071】

水晶振動子 5 は、外部端子 27, 28、内部端子 24, 25、金属ワイヤー 31、接続電極 18a, 18b を経由して励振電極 (12b 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 (11b など) が所定の周波数 (例えば、約 32 kHz) で、厚さ方向 (図 9 (b) の矢印方向) に発振 (共振) する。

【0072】

上述したように、第 2 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、Q 値の低下が抑制された振動子) を提供することができる。

なお、水晶振動子 5 は、水晶振動片 1 に代えて各変形例の水晶振動片 (2 など) を備えた場合においても、上記と同様の効果及び各変形例特有の効果を奏する振動子を提供することができる。

【0073】

(第 3 実施形態)

次に、上記第 1 実施形態及び各変形例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説明する。

図 10 は、第 3 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 10 (a) は、リッド側から俯瞰した平面図であり、図 10 (b) は、図 10 (a) の E - E 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、各配線は関係部分を除き省略してあり、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。

なお、上記第 1 実施形態及び第 2 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 実施形態及び第 2 実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0074】

図 10 に示すように、水晶発振器 6 は、上記第 1 実施形態及び各変形例で述べた水晶振動片のいずれか (ここでは、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 を収納したパッケージ 20 と、を備えている。

【0075】

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。

【００７６】

内部接続端子２３ａ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。

10

【００７７】

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、各配線（１３ｂなど）を経由して各励振電極（１２ｂ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。

【００７８】

上述したように、第３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、Ｑ値の低下が抑制された発振器）を提供することができる。

20

なお、水晶発振器６は、水晶振動片１に代えて各変形例の水晶振動片（２など）を備えた場合においても、上記と同様の効果及び各変形例特有の効果を奏する発振器を提供することができる。

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。

【００７９】

（第４実施形態）

30

次に、上記第１実施形態及び各変形例で述べた水晶振動片（振動片）を備えた電子機器としての携帯電話について説明する。

図１１は、第４実施形態の携帯電話を示す模式斜視図である。

図１１に示す携帯電話７００は、上記第１実施形態及び各変形例で述べた水晶振動片のいずれか（例えば、水晶振動片１）を、基準クロック発振源などとして備え、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。

【００８０】

上述した各水晶振動片（１など）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、タッチパネルを備えた機器などの基準クロック発振源など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各変形例で説明した効果を奏する電子機器を提供することができる。

40

【００８１】

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、その特性によりエッチング加工が容易となり、Ｘカット板を用いた場合には、その特性により温度－周波数特性が良好となる。

また、振動片の基材としては、水晶に限定するものではなく、タンタル酸リチウム（Ｌ

50

i TaO₃)、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。

また、振動片の振動腕の数は、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)でもよい。

なお、振動片は、基部の肉厚部をなくして全体を肉薄部とし、基部の厚さを振動腕と同じ厚さにしてもよい。これによれば、振動片は、平板状となることから、製造が容易となる。

【符号の説明】

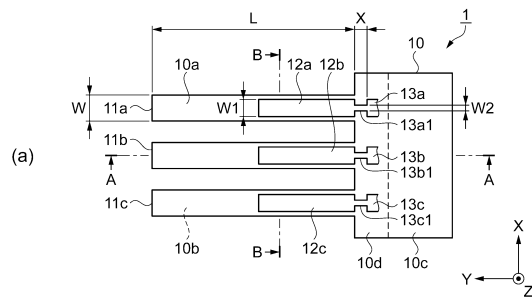
【0082】

1, 2, 3, 4 ... 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 ... 主面、10c ... 肉厚部、10d ... 肉薄部、11a, 11b, 11c ... 振動腕、12a, 12b, 12c, 12a(1), 12a(2), 12b(1), 12b(2), 12c(1), 12c(2) ... 励振電極、12a1, 12b1, 12c1, 12a(1)1, 12a(2)1, 12b(1)1, 12b(2)1, 12c(1)1, 12c(2)1 ... 第1電極、12a2, 12b2, 12c2, 12a(1)2, 12a(2)2, 12b(1)2, 12b(2)2, 12c(1)2, 12c(2)2 ... 第2電極、13a, 13b, 13c, 13a(1), 13a(2), 13b(1), 13b(2), 13c(1), 13c(2) ... 配線、13a1, 13b1, 13c1, 13a1(1), 13a1(2), 13b1(1), 13b1(2), 13c1(1), 13c1(2) ... 幅狭領域、14 ... 圧電体、15 ... 絶縁体、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、700 ... 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。

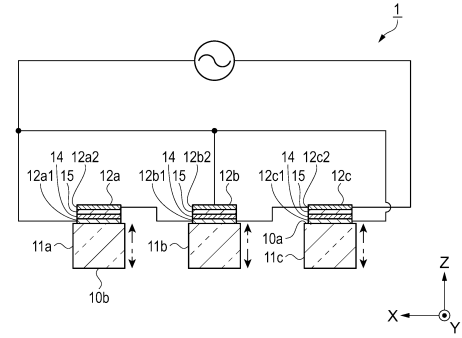
10

20

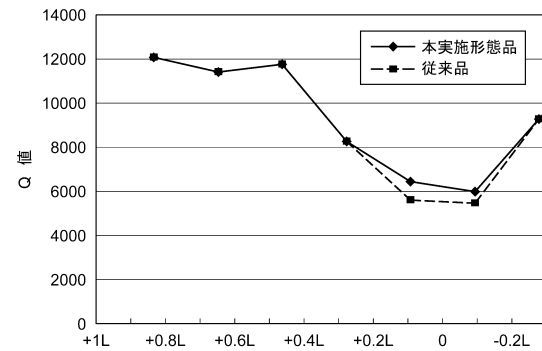
【図 1】



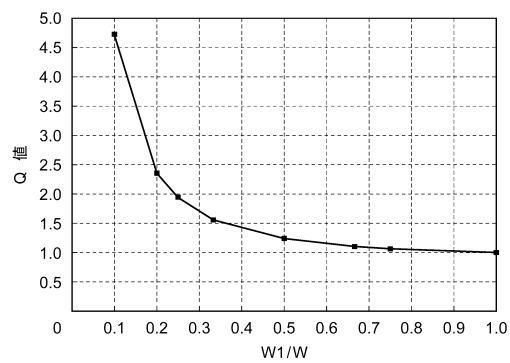
【図 2】



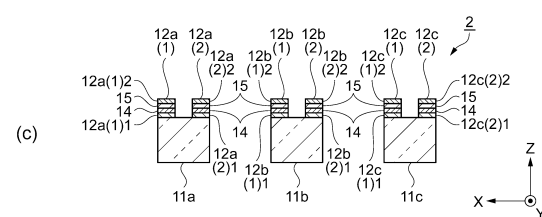
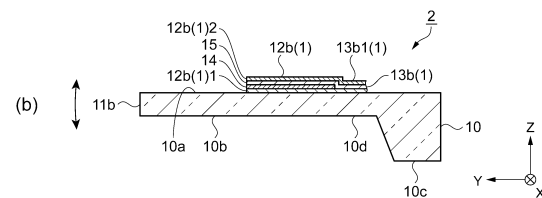
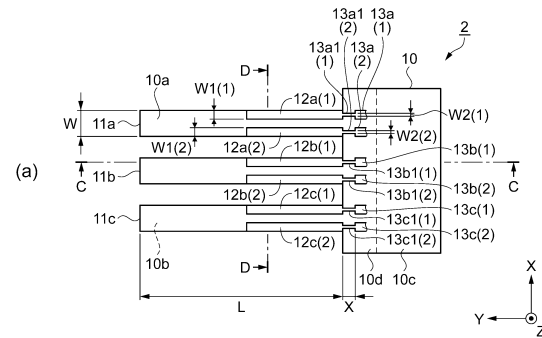
【図 3】



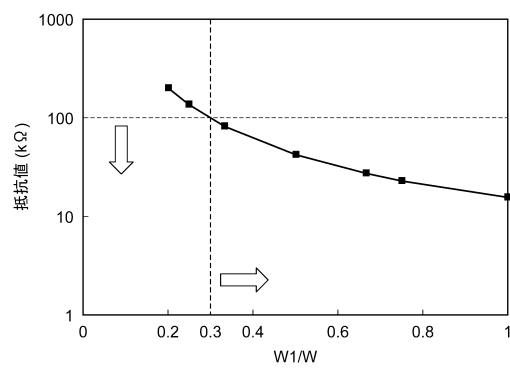
【図 4】



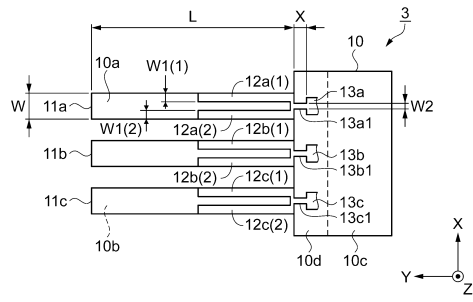
【図 6】



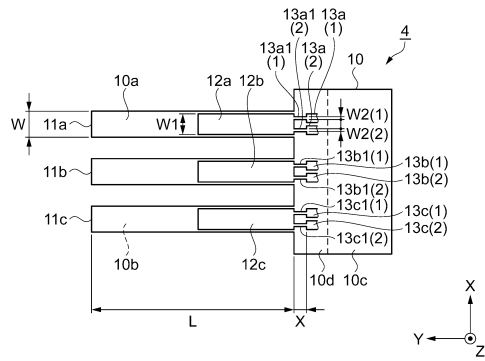
【図 5】



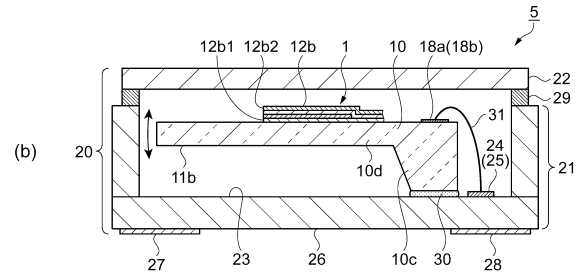
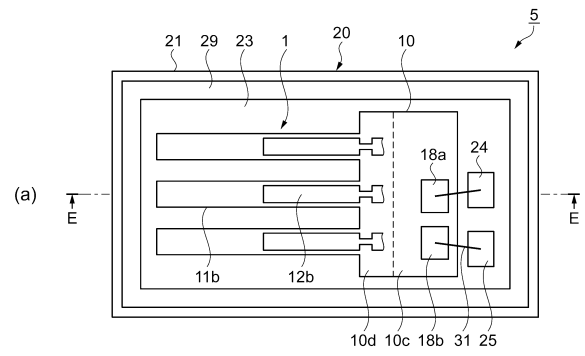
【図 7】



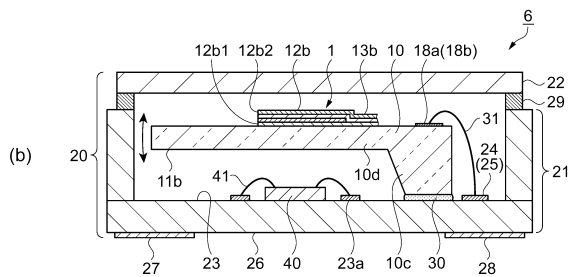
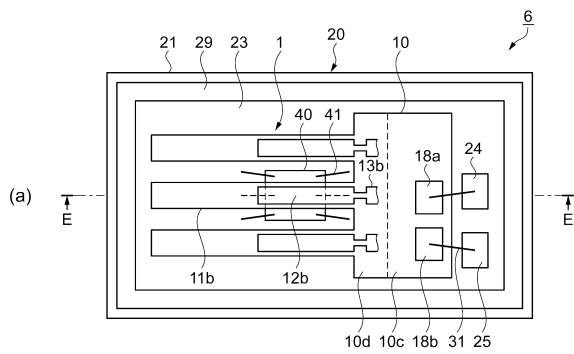
【図 8】



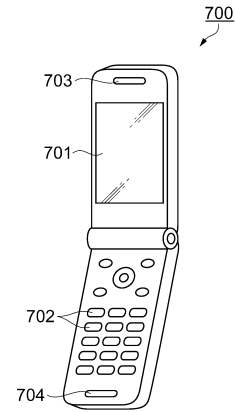
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-141307(JP,A)
特開2010-187197(JP,A)
特開昭52-109890(JP,A)
特開2010-28536(JP,A)
特開2008-11348(JP,A)
特開2001-203560(JP,A)
特開2003-227719(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H	3/00
H03H	9/00
H03B	5/30-5/42
H01L	41/00