

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5565154号  
(P5565154)

(45) 発行日 平成26年8月6日 (2014.8.6)

(24) 登録日 平成26年6月27日 (2014.6.27)

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| (51) Int.Cl.                | F I                |
| <b>H03H 9/19 (2006.01)</b>  | H03H 9/19 K        |
| <b>H03H 9/215 (2006.01)</b> | H03H 9/215         |
| <b>H03H 9/10 (2006.01)</b>  | H03H 9/10          |
| <b>H03B 5/32 (2006.01)</b>  | H03B 5/32 H        |
| <b>H01L 41/18 (2006.01)</b> | H01L 41/18 1 O 1 A |
| 請求項の数 5 (全 24 頁) 最終頁に続く     |                    |

|              |                              |           |                     |
|--------------|------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2010-155488 (P2010-155488) | (73) 特許権者 | 000002369           |
| (22) 出願日     | 平成22年7月8日 (2010.7.8)         |           | セイコーエプソン株式会社        |
| (65) 公開番号    | 特開2011-82956 (P2011-82956A)  |           | 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号    |
| (43) 公開日     | 平成23年4月21日 (2011.4.21)       | (74) 代理人  | 100095728           |
| 審査請求日        | 平成25年7月3日 (2013.7.3)         |           | 弁理士 上柳 雅誉           |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2009-210156 (P2009-210156) | (74) 代理人  | 100107261           |
| (32) 優先日     | 平成21年9月11日 (2009.9.11)       |           | 弁理士 須澤 修            |
| (33) 優先権主張国  | 日本国 (JP)                     | (74) 代理人  | 100127661           |
|              |                              |           | 弁理士 宮坂 一彦           |
|              |                              | (72) 発明者  | 山田 明法               |
|              |                              |           | 東京都日野市日野421-8 エプソント |
|              |                              |           | ヨコム株式会社内            |
|              |                              | (72) 発明者  | 古畑 誠                |
|              |                              |           | 東京都日野市日野421-8 エプソント |
|              |                              |           | ヨコム株式会社内            |
|              |                              |           | 最終頁に続く              |

(54) 【発明の名称】 振動片、振動子、発振器、および電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と、

前記基部から第1方向に沿って延出されている振動腕と、

を含み、

前記第1方向と交差する方向を幅方向とし、

前記振動腕は、

第1面と、

前記第1面と表裏の関係にある第2面と、

前記第1面と前記第2面とに接続され、前記第1方向に沿って延びている第1側面と、 10

前記第1側面と表裏の関係にある第2側面と、

第1幅部と、

前記第1幅部よりも前記基部側に設けられ、且つ、前記第1幅部よりも幅が大きい第2幅部と、

前記第1面および前記第2面の少なくとも一方に設けられ、前記第1方向に沿って延びており、且つ、前記第2幅部における幅が、前記第1幅部における幅よりも大きい溝部と

、

を含み、

前記第2幅部における前記溝部と前記第1側面との間の幅と、前記溝部と前記第2側面との間の幅と、の和は、

前記第 1 幅部における前記溝部と前記第 1 側面との間の幅と、前記溝部と前記第 2 側面との間の幅と、の和よりも小さいことを特徴とする振動片。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記溝部が複数の溝から構成さ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 2 に記載の振動片と、

前記振動片が収納されているパッケージと、

を含むことを特徴とする振動子。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 に記載の振動片と、

回路と、

を含むことを特徴とする発振器。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 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、例えば、屈曲振動モードで振動する振動片、それを用いた振動子、発振器および電子機器などに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、屈曲振動モードで振動する振動片には、例えば、水晶のような圧電材料からなる基材の基部から一対の振動腕を平行に延出させて、且つ、水平方向に互いに接近または離反する向きに振動させる音叉型の屈曲振動片が広く使用されている。

この音叉型屈曲振動片の振動腕を励振させたとき、その振動エネルギーに損失が生じると、C I (Crystal Impedance) 値の増大や Q 値の低下など、振動片の性能を低下させる原因となる。そこで、そのような振動エネルギーの損失を防止または低減するために、様々な工夫がなされている。

【0003】

例えば、振動腕が延出する基部の両側部に切込み部または所定の深さの切り込み（切り込み溝）を形成した音叉型の水晶振動片が知られている（例えば特許文献 1、特許文献 2 を参照）。この音叉型水晶振動片は、振動腕の振動が垂直方向の成分をも含む場合に、振動が基部から漏れるのを切り込みにより緩和することによって、振動エネルギーの閉じ込め効果を高めて Q 値を制御し、且つ、振動片間での Q 値のばらつきを防止している。

【0004】

また、振動片においては、上記のような機械的な振動エネルギーの損失だけでなく、屈曲運動する振動腕の圧縮応力が作用する圧縮部と引張応力が作用する伸張部との間で発生する温度差による熱伝導によっても発生する。この熱伝導によって生じる Q 値の低下は熱弾性損失効果と呼ばれている。

熱弾性損失効果（以下、単に熱弾性損失ともいう）による Q 値の低下を防止または抑制するために、矩形断面を有する振動腕（振動梁）の中心線上に溝、または孔を形成した音叉型の振動片が、例えば特許文献 3 に紹介されている。

【0005】

特許文献 3 によれば、一般に温度差を原因として生じる固体の内部摩擦の場合によく知られた歪と応力との関係式から、熱弾性損失は、屈曲振動モードの振動片において、振動数が変化したときに、緩和振動数  $f_m = 1 / (2 \quad)$ （ここで、 $\quad$  は緩和時間）で Q 値が極小となる、と説明されている。

この Q 値と周波数との関係は、一般的に表すと、図 1 1 の曲線 F のようになる。同図において、Q 値が極小  $Q_0$  となる周波数が熱緩和周波数  $f_0 (= 1 / (2 \quad))$  であり、す

10

20

30

40

50

なわち、熱緩和周波数  $f_0$  は、上記緩和振動数  $f_m$  と同じものである（例えば、非特許文献 1 を参照）。

【 0 0 0 6 】

特許文献 3 に記載の音叉型水晶振動片について、図面を参照して具体的に説明する。

図 1 0 は、従来の振動片の典型例としての音叉型水晶振動片を模式的に示す平面図である。

図 1 0 において、特許文献 3 の音叉型水晶振動片 1 は、基部 2 から延出する 2 本の平行な振動腕 3 , 4 を備え、各振動腕 3 , 4 の中心線上に直線状の有底の長溝 6 , 7 が設けられている。この音叉型水晶振動片 1 の図示しない励振電極に所定の駆動電圧を印加すると、振動腕 3 , 4 は、図中想像線（二点鎖線）および矢印で示すように、互いに接近または離反する向きに屈曲振動する。

【 0 0 0 7 】

この屈曲振動によって、音叉型水晶振動片 1 は、各振動腕 3 , 4 の基部 2 との付け根部の領域に機械的歪が発生する。すなわち、振動腕 3 の基部 2 との付け根部においては、屈曲振動により圧縮応力または引張応力が作用する第 1 の領域 1 0 と、この第 1 の領域 1 0 に圧縮応力が作用する場合は引張応力が作用し、第 1 の領域 1 0 に引張応力が作用する場合は圧縮応力が作用する関係にある第 2 の領域 1 1 と、が存在し、第 1 の領域 1 0 と第 2 の領域 1 1 とにおいて、圧縮応力が作用したときに温度が上昇し、引張応力が作用したときには温度が下降する。

同様に、振動腕 4 の基部 2 との付け根部においては、屈曲振動により圧縮応力または引張応力が作用する第 1 の領域 1 2 と、この第 1 の領域 1 2 に圧縮応力が作用する場合は引張応力が作用し、第 1 の領域 1 2 に引張応力が作用する場合は圧縮応力が作用する関係にある第 2 の領域 1 3 と、が存在し、第 1 の領域 1 2 と第 2 の領域 1 3 とにおいて、圧縮応力が作用したときに温度が上昇し、引張応力が作用したときには温度が下降する。

【 0 0 0 8 】

このようにして発生した温度勾配によって、基部 2 と各振動腕 3 , 4 との付け根部分の内部には、第 1 の領域 1 0 と第 2 の領域 1 1 との間、および第 1 の領域 1 2 と第 2 の領域 1 3 との間でそれぞれ熱伝導が発生する。この温度勾配は、各振動腕 3 , 4 の屈曲振動に対応して逆向きに発生し、それに対応して熱伝導も逆向きとなる。

この熱伝導によって、振動腕 3 , 4 の振動エネルギーは、その一部が振動中常に熱弾性損失として失われ、その結果、音叉型水晶振動片 1 の Q 値が低下して所望の振動特性を確保することが困難になる。

特許文献 3 の音叉型水晶振動片 1 では、各振動腕 3 , 4 の中心線上に設けられた長溝 6 , 7 によって圧縮側から引っ張り側への熱移動が阻止されることにより、熱弾性損失による Q 値の低下を防止または軽減することが可能としている。

【 0 0 0 9 】

ところで、振動片を備えた振動デバイスが取り付けられる種々の製品、例えば、HDD（ハード・ディスク・ドライブ）、モバイルコンピューター、あるいは IC カードなどの小型の情報機器や、携帯電話、自動車電話、またはページングシステムなどの移動体通信機器や振動ジャイロセンサーなどの小型化が、近年ますます進展している。これに伴って、それらの製品に取り付けられる振動デバイス（振動子や発振器など）、および振動デバイスに収納される振動片の小型化の要求がより一層高まってきている。

振動片の小型化にあたっては、振動片の各部が小さくあるいは細くなることによる機械的な強度の低下という課題を考慮する必要がある。特に、振動片が振動する際に応力が集中する振動腕の基部との付け根部近傍の剛性が一定レベル以上確保できないと、振動の応力や落下した場合の衝撃などに対する耐衝撃性が十分でなくなり、振動片が破損する虞がある。

このような耐衝撃性を一定レベル以上確保したうえで、上記した機械的および熱的な振動エネルギー損失の軽減を実現し、且つ、小型化を図り得る振動片として、振動腕に形成する長溝の形状を工夫した振動片が、例えば特許文献 4 に紹介されている。

## 【 0 0 1 0 】

特許文献 4 に記載の振動片（圧電振動片）は、例えば水晶からなる基部と、その基板から互いに平行に延出された一对の振動腕と、を備えている。基部には、その両主面に括れた形状が表れるように 1 つの直線に沿って対向方向に一对の切り込みが形成されている。

また、各振動腕には、その振動腕の長手方向に延びる有底の長溝が設けられている。この長溝は、振動腕の基部との付け根部近傍では溝幅が小さく、振動腕の先端側にいくに従って溝幅が徐々に大きくなるように形成されている。

これにより、上記振動片は、振動腕の基部との付け根部分の長溝形成領域において、長溝の長手方向の両側壁から振動腕の両側面までの間に形成される突堤部の幅が、振動腕の先端側に比して基部側の方が広くなることにより剛性が強化される。

したがって、上記振動片は、振動腕の基部との付け根部の剛性を強化させることによって耐衝撃性を向上させつつ、長溝および切り込みによって C I 値を抑え、且つ、Q 値の低下を抑えながら、振動特性を悪化させることなく小型化することを可能としている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【 0 0 1 1 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 2 6 1 5 7 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 2 6 0 7 1 8 号公報

【特許文献 3】実開平 2 - 3 2 2 2 9 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 5 - 3 4 1 2 5 1 号公報

## 【非特許文献】

## 【 0 0 1 2 】

【非特許文献 1】C.Zener, 他 2 名, 「Internal Friction in Solids III. Experimental Demonstration of Thermoelastic Internal Friction」, PHYSICAL REVIEW, 1938 年 1 月 1 日, Volume 53, p. 10-101

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 1 3 】

しかしながら、特許文献 4 に記載の振動片では、振動腕に設ける長溝の幅が振動腕の先端側から基部側に向かって徐々に狭められた形状を有しているので、振動腕の長手方向に形成される突堤部の幅が振動腕の基部との付け根部近傍で広がる。

これにより、上記振動片は、上述した振動腕の振動時の、圧縮側（高温側）から引っ張り側（低温側）への熱移動の熱伝導経路になる基材の肉厚が増えることから、熱伝導時間が短くなって熱緩和が促進されるので、熱弾性損失が増大して Q 値が低下し、振動特性が劣化する虞があるという問題があった。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 4 】

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、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

本発明のある形態に係る振動片は、基部と、前記基部から第 1 方向に沿って延出されている振動腕と、を含み、前記振動腕は、第 1 面と、前記第 1 面と表裏の関係にある第 2 面と、前記第 1 面と前記第 2 面とに接続され、前記第 1 方向に沿って延びている第 1 側面と、前記第 1 側面と表裏の関係にある第 2 側面と、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿った幅を有している第 1 幅部と、前記振動腕の基端側に設けられ、且つ、前記第 1 幅部の幅よりも幅が大きい第 2 幅部と、前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方に設けられ、前記第 1 方向に沿って延びている溝部と、を含み、前記溝部は、前記第 1 方向と交差する方向を幅としたとき、前記第 2 幅部における幅が、前記第 1 幅部における幅よりも大きく、前記第 2 幅部における前記溝部と前記第 1 側面との間の幅と、前記溝部と前記第 2 側面との間の幅と、の和は、前記第 1 幅部における前記溝部と前記第 1 側面との間の幅と、前記溝部と前記第 2 側面との間の幅と、の和よりも小さいことを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る振動片は、前記溝部が複数の溝から構成されていることを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る振動片は、基部と、前記基部から第1方向に沿って延出されている振動腕と、を含み、前記振動腕は、第1面と、前記第1面と表裏の関係にある第2面と、前記第1面と前記第2面とに接続され、前記第1方向に沿って延びている第1側面と、前記第1側面と表裏の関係にある第2側面と、前記第1方向と交差する第2方向に沿った幅を有している第1幅部と、前記振動腕の基端側に設けられ、且つ、前記第1幅部の幅よりも幅が大きい第2幅部と、前記第1面に設けられ、前記第1方向に沿って延びている第1溝部と、前記第2面に設けられ、前記第1方向に沿って延びている第2溝部と、を含み、前記第1溝部及び前記第2溝部は、平面視において、前記第1方向と交差する第2方向に沿って配列され、前記第1溝部の第1深さと前記第2溝部の第2深さは、前記第1面と前記第2面との間の距離よりも小さく、且つ、前記第1深さと前記第2深さとの和は、前記距離よりも大きく、前記第1方向と交差する方向を幅としたとき、前記第2幅部における前記第1溝部の幅が、前記第1幅部における前記第1溝部の幅よりも大きい、または、前記第2幅部における前記第2溝部の幅が、前記第1幅部における前記第2溝部の幅よりも大きいことを特徴とする。

10

本発明のある別の形態に係る振動片は、前記第1側面は前記第1溝部側に配置され、前記第2側面は前記第2溝部側に配置され、前記第2幅部における前記第1溝部と前記第1側面との間の幅と、前記第2溝部と前記第2側面との間の幅と、の和は、前記第1幅部における前記第1溝部と前記第1側面との間の幅と、前記第2溝部と前記第2側面との間の幅と、の和よりも小さいことを特徴とする。

20

本発明のある別の形態に係る振動片は、前記第1溝部または前記第2溝部が複数の溝から構成されていることを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る振動子は、前記振動片と、前記振動片が収納されているパッケージと、を含むことを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る発振器は、前記振動片と、回路と、を含むことを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る電子機器は、前記振動片を備えていることを特徴とする。

#### 【0015】

[適用例1] 本適用例にかかる振動片は、基部と、前記基部から延出された振動腕と、を備え、前記振動腕は、該振動腕の両主面および前記両主面を接続し長手方向に延びる両側面を有し、さらに前記振動腕は、幅狭部と、前記幅狭部から前記基部側に向かって前記両側面間の幅が徐々に広がり前記基部との付け根部で最も幅広となる幅広部と、前記振動腕の長手方向に沿って前記両主面の少なくとも一方の主面に開口部を有して設けられた有底の長溝と、を有し、前記幅広部における前記長溝の前記開口部の幅が、前記振動腕の先端側から前記基部側に向かって徐々に広げられて形成されていることを特徴とする。

30

#### 【0016】

この構成によれば、振動片は、振動腕に、基部側に向かって徐々に幅が広げられて形成された幅広部を有しているとともに、その幅広部に沿うように基部側に向かって徐々に幅が広げられて形成された有底の長溝が設けられている。

40

これにより、振動片は、長溝が幅狭部から基部に向かって同じ幅で設けられた構造である場合や、長溝が無い構造である場合に比して、熱伝導経路になる基材の肉厚が減少しているので、振動時の圧縮側（高温側）から伸張側（低温側）への熱伝導経路が長溝により迂回して長くなり、熱伝導時間が長くなる。

したがって、振動片は、振動腕の幅広部により基部との付け根部近傍の剛性が高められることにより耐衝撃性が向上するとともに、熱弾性損失が抑制されてQ値の低下が抑えられ、優れた振動特性を有することができる。

#### 【0017】

また、他の対応として、基部と、前記基部から第1方向に延出された振動腕と、を備え、前記振動腕は、第1面と、該第1面に対向する第2面と、前記第1面および前記第2面

50

を接続し前記第 1 方向に延びる第 1 側面と、該第 1 側面に対向する第 2 側面と、を有し、前記振動腕は、第 1 幅を有した第 1 幅部と、前記振動腕の根元に設けられ且つ前記第 1 幅よりも大きい第 2 幅を有した第 2 幅部と、を有し、前記振動腕は、前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方に設けられ且つ前記第 1 方向に延びる溝部を有し、前記第 2 幅部における前記溝部の幅は、前記第 1 幅部における前記溝部の幅よりも大きく、前記第 2 幅部における前記溝部と前記第 1 側面との間の幅および前記溝部と前記第 2 側面との間の幅の和は、前記第 1 幅部における前記溝部と前記第 1 側面との間の幅および前記溝部と前記第 2 側面との間の幅の和よりも小さいことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、振動片は、振動腕に、第 1 幅を有した第 1 幅部と、基部側に設けられ且つ第 1 幅よりも大きい第 2 幅を有した第 2 幅部と、第 1 面および第 2 面の少なくとも一方に設けられ且つ第 1 方向に延びる溝部と、を有している。

10

そして、第 2 幅部における溝部の幅は、第 1 幅部における溝部の幅よりも大きく、第 2 幅部における溝部および第 1 側面の間の幅と溝部および第 2 側面の間の幅との和は、第 1 幅部における溝部および第 1 側面の間の幅と溝部および第 2 側面の間の幅との和よりも小さい関係にある。

これにより、振動片は、従来構造と比較して、熱伝導経路になる基材の肉厚が減少しているので、振動時の圧縮側（高温側）から伸張側（低温側）への熱伝導経路が溝部により迂回して長くなり、この結果、熱伝導時間が長くなる。

したがって、振動片は、振動腕の第 2 幅部により基部との付け根部（根元）近傍の剛性が高められることにより耐衝撃性が向上するとともに、熱弾性損失が抑制されて Q 値の低下が抑えられ、優れた振動特性を有することができる。

20

【 0 0 1 9 】

[ 適用例 2 ] 上記適用例にかかる振動片において、前記第 1 面および前記第 2 面の少なくとも一方に、前記溝部が複数設けられたことを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

この構成によれば、振動片は、第 1 面および第 2 面の少なくとも一方に設けられた複数の溝部により熱伝導経路が長くなることによって熱弾性効果による Q 値の低下が抑制される。

加えて、振動片は、振動腕の第 1 面および第 2 面に各 1 つの開口部を有する溝部が設けられた場合に比して、第 1 面および第 2 面の少なくとも一方の面に複数の溝部が設けられたことにより、その一方の面の中央に形成される突堤部（溝部と溝部との間の壁部分）がリブとして働くことで、振動腕の両側面（第 1 側面および第 2 側面）側の突堤部（溝部と各側面との間の壁部分）の幅が細くても、振動腕の十分な剛性を確保することができる。

30

【 0 0 2 1 】

[ 適用例 3 ] 本適用例にかかる振動片は、基部と、前記基部から第 1 方向に延出された振動腕と、を備え、前記振動腕は、第 1 面と、該第 1 面に対向する第 2 面と、前記第 1 面および前記第 2 面を接続し前記第 1 方向に延びる第 1 側面と、該第 1 側面に対向する第 2 側面と、を有し、前記振動腕は、第 1 幅を有した第 1 幅部と、前記振動腕の根元に設けられ且つ前記第 1 幅よりも大きい第 2 幅を有した第 2 幅部と、を有し、前記振動腕は、前記第 1 面に設けられた第 1 溝部と、前記第 2 面に設けられた第 2 溝部と、を有し、前記第 1 溝部および前記第 2 溝部は前記第 1 方向に延び、前記第 1 面の法線方向からの平面視において、前記第 1 溝部と前記第 2 溝部とが前記第 1 方向に直交する方向に配列されており、前記第 1 溝部の第 1 深さおよび前記第 2 溝部の第 2 深さの各々は、前記第 1 面と前記第 2 面との間の前記法線方向の距離よりも小さく、且つ、前記第 1 深さと前記第 2 深さとの和は、前記距離よりも大きく、前記第 2 幅部における前記第 1 溝部の幅が前記第 1 幅部における前記第 1 溝部の幅よりも大きい、または、前記第 2 幅部における前記第 2 溝部の幅が前記第 1 幅部における前記第 2 溝部の幅よりも大きいことを特徴とする。

40

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、振動片は、振動腕の断面が略 S 字状を呈するので、熱が迂回する距

50

離が長くなる熱伝導経路が形成される。したがって、振動片は、振動腕の第2幅部により基部との付け根部（根元）近傍の剛性が高められることにより耐衝撃性が向上するとともに、熱緩和時間がより長くなるので、Q値の顕著な向上が図られ、優れた振動特性を有することができる。

【0023】

〔適用例4〕上記適用例3にかかる振動片において、前記第1側面は前記第1溝部側にあり、前記第2側面は前記第2溝部側にあり、前記第2幅部における前記第1溝部と前記第1側面との間の幅および前記第2溝部と前記第2側面との間の幅の和は、前記第1幅部における前記第1溝部と前記第1側面との間の幅および前記第2溝部と前記第2側面との間の幅の和よりも小さいことを特徴とする。

10

【0024】

この構成によれば、振動片は、振動腕の第2幅部の突堤部（各溝部と各溝部に近接する側面との間の壁部分）が第1幅部の突堤部より肉薄となることにより、熱緩和時間がより長くなるので、Q値の低下が抑制され、優れた振動特性を有することができる。

【0025】

〔適用例5〕上記適用例3または4にかかる振動片において、前記第1面および前記第2面の少なくとも一方に複数の前記第1溝部または前記第2溝部が設けられたことを特徴とする。

【0026】

この構成によれば、振動片は、振動腕がより肉薄になるとともに、振動腕の断面がM字状（W字状）などを呈するので、熱が迂回する距離がより長くなる熱伝導経路が形成される。

20

したがって、振動片は、Q値の顕著な向上が図られ、優れた振動特性を有することができる。

【0027】

〔適用例6〕上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕の先端側に前記幅狭部よりも幅が広い錘部を有することを特徴とする。

【0028】

この構成によれば、振動片は、振動腕の先端側の、幅狭部よりも幅が広い錘部が錘の機能を果たすので、振動腕の長さを増大させることなく周波数を低くすることができる。

30

【0029】

また、他の対応としては、振動片において、前記振動腕の先端部に錘部を設けたことを特徴とする。

【0030】

この構成によれば、振動片は、振動腕の先端部の錘部が錘の機能を果たすので、振動腕の長さを増大させることなく周波数を低くすることができる。

【0031】

〔適用例7〕上記適用例6にかかる振動片において、前記振動腕の前記基部との付け根部の幅が、前記錘部の幅よりも広いことを特徴とする。

【0032】

40

この構成によれば、振動片は、振動腕の基部との付け根部近傍の剛性が強くなるので、錘部を設けることによる振動腕の耐衝撃性などの劣化を抑制しつつ、高調波振動の低減、通常振動の低周波数化を図ることができる。

【0033】

〔適用例8〕上記適用例にかかる振動片において、前記基部から互いに平行に延出された2つの前記振動腕が備えられ、前記基部の前記複数の振動腕の間から支持腕が前記振動腕と平行に延出して設けられていることを特徴とする。

【0034】

この構成によれば、振動片は、振動腕の幅広部における長溝の特徴的な形状がもたらす熱弾性損失の抑制効果に加えて、支持腕が一对の振動腕間に設けられていることにより、

50

各振動腕が振動した際の、特に、各振動腕が互いに接近する向きに振動したときの、各振動腕間の空気が攪乱されることによって起こる振動片の動作パラメーターの変化を抑制することができる。

また、振動片は、基部を支持部としてパッケージなどに支持・固定させた場合に起こる様々な不具合、例えば、振動片の先端が下方に傾いてパッケージなどに接触することの防止や、パッケージへの衝撃が基部を介してダイレクトに振動腕に伝わることによって起こり得る動作異常などを回避できるので、安定した振動特性を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

また、他の対応としては、振動片において、前記基部から並んで延出された2つの前記振動腕が備えられ、前記基部の前記複数の振動腕の間から支持腕が延出して設けられたことを特徴とする。

10

【 0 0 3 6 】

この構成によれば、振動片は、上記と同様に、支持腕が一对の振動腕間に設けられていることにより、各振動腕が振動した際に、各振動腕間の空気が攪乱されることによって起こる振動片の動作パラメーターの変化を抑制することができる。

加えて、振動片は、支持腕がパッケージなどに支持・固定されることで、振動腕の先端のパッケージとの接触の回避、パッケージからの衝撃の緩和などが可能となり、安定した振動特性を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

[ 適用例 9 ] 上記適用例にかかる振動片において、水晶により形成された水晶振動片であることを特徴とする。

20

【 0 0 3 8 】

この構成によれば、振動片は、水晶の特性により耐衝撃性が高くなるとともに、熱弾性損失によるQ値の低下が抑えられ、優れた振動特性を備えることができる。

【 0 0 3 9 】

[ 適用例 10 ] 本適用例にかかる振動子は、上記適用例 1 ~ 9 のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片が収納されたパッケージと、を含むことを特徴とする。

【 0 0 4 0 】

この構成によれば、振動子は、上記適用例 1 ~ 9 のいずれか一例に記載の効果を奏する振動子を提供することができる。

30

【 0 0 4 1 】

[ 適用例 11 ] 本適用例にかかる発振器は、上記適用例 1 ~ 9 のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片に接続された発振回路と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 4 2 】

この構成によれば、発振器は、上記適用例 1 ~ 9 のいずれか一例に記載の効果を奏する発振器を提供することができる。

【 0 0 4 3 】

[ 適用例 12 ] 本適用例にかかる電子機器は、上記適用例 1 ~ 9 のいずれか一例に記載の振動片を用いたことを特徴とする。

【 0 0 4 4 】

この構成によれば、電子機器は、上記適用例 1 ~ 9 のいずれか一例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。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 5 】

【 図 1 】 ( a ) は、振動片としての圧電振動片の一実施形態を模式的に説明する一方の主面側の平面図、( b ) は、( a ) の A 1 - A 1 線断面を示す断面拡大図、( c ) は、( a ) の B 1 - B 1 線断面を示す断面拡大図。

【 図 2 】 ( a ) は、圧電振動片の変形例 1 を模式的に説明する一方の主面側の平面図、( b ) は、( a ) の A 2 - A 2 線断面を示す断面拡大図、( c ) は、( a ) の B 2 - B 2 線断面を示す断面拡大図。

50



【図 3】は、屈曲振動片の Q 値の  $f / f_m$  依存性を表すグラフ。

【図 4】(a) は、圧電振動片の変形例 2 の一つ目の例を模式的に説明する一方の主面側の平面図、(b) は、(a) の A 4 - A 4 線断面を示す断面拡大図、(c) は、(a) の B 4 - B 4 線断面を示す断面拡大図。

【図 5】(a) は、圧電振動片の変形例 2 の二つ目の例を模式的に説明する一方の主面側の平面図、(b) は、(a) の A 3 - A 3 線断面を示す断面拡大図、(c) は、(a) の B 3 - B 3 線断面を示す断面拡大図。

【図 6】変形例 3 の圧電振動片を模式的に説明する一方の主面側の平面図。

【図 7】振動子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。

10

【図 8】発振子の概略構成を示す模式図であり、(a) は平面図、(b) は、(a) の D - D 線での断面図。

【図 9】電子機器の一例を示す模式斜視図。

【図 10】従来の振動片の典型例を模式的に示す平面図。

【図 11】屈曲振動モードの振動片における緩和周波数と Q 値の極小値との関係を表すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0046】

以下、本発明の振動片を具体化した一実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0047】

20

図 1 は、本実施形態の振動片としての圧電振動片を模式的に説明するものであり、(a) は、一方の主面側の平面図、(b) は、(a) の A 1 - A 1 線断面を示す断面拡大図、(c) は、(a) の B 1 - B 1 線断面を示す断面拡大図である。

図 1 (a) において、圧電振動片 20 は、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウムなどの圧電材料からなる。

【0048】

圧電振動片 20 を水晶から構成する場合、水晶ウェハは、X 軸、Y 軸、および Z 軸からなる直交座標系において、Z 軸を中心に時計回りに 0 度 ~ 5 度の範囲で回転させて切り出した水晶 Z 板を所定の厚みに切断研磨加工して得られるものを用いる。

本実施形態の圧電振動片 20 は、その水晶 Z 板を加工することにより形成された基部 21 と、この基部 21 の一端側（図において上端側）から二股に別れて並列に第 1 方向に延出する一対の振動腕 22 とからなる音叉型の外形を有して形成されている。

30

【0049】

基部 21 には、その両主面に括れた形状が表れるように 1 つの直線に沿って対向方向に一対の切り込み 31 が形成されている。基部 21 は、一対の切り込み 31 を挟んで両側に位置する第 1 の部分 21 a および第 2 の部分 21 b と、一対の切り込み 31 間で第 1 の部分 21 a および第 2 の部分 21 b を接続する接続部分 21 c とを含む。

本実施形態の圧電振動片 20 においては、この切り込み 31 によって、各振動腕 22 の振動の伝達が遮断されるので、振動が基部 21 や支持腕 30 を介して外部に伝わる振動漏れを抑制し、CI 値の上昇を防止することができる。

40

なお、各切り込み 31 は、圧電振動片 20 の落下に対する強度の確保をした上で、最適な幅や長さに調整して振動漏れを最小にするのが好ましい。

【0050】

図 1 (a) に示すように、一対の振動腕 22 は、基部 21 の第 1 の部分 21 a から両主面（紙面上手前と奥の面）に平行に延出されている。また、各振動腕 22 は、一方の主面である第 1 面 22 a と、第 1 面 22 a に対向し他方の主面である第 2 面 22 b と、第 1 面 22 a と第 2 面 22 b とを接続し第 1 方向に延びる両側面（第 1 側面、第 2 側面）と、を有する。

各振動腕 22 は、その中央部に、振動腕 22 において両側面間の幅が比較的狭い（第 1 幅）部分である幅狭部（第 1 幅部）23 を有している。また、各振動腕 22 は、基部 21

50

に接続される根元部分において、幅狭部 23 から基部 21 側に向けて両側面間の幅が徐々に広げられ（第 2 幅）基部 21 との付け根部で幅広となる幅広部（第 2 幅部）24 を有している（ここで、第 2 幅 > 第 1 幅の関係にある）。さらに、各振動腕 22 の先端側には、幅狭部 23 よりも幅が広い錘部 29 が設けられている。

#### 【0051】

このように、圧電振動片 20 は、各振動腕 22 が幅広部 24 を有することにより、広い幅で基部 21 に接続されるので剛性が高くなり、耐衝撃性などが向上する。なお、図 1 では、幅広部（第 2 幅部）24 の幅が連続的に徐々に広がる形状の場合を示しているが、幅広部（第 2 幅部）24 は、不連続的に広がる形状（例えば階段状など）にしてもよい。

また、圧電振動片 20 は、各振動腕 22 が、先端部に錘部 29 を有することにより、先端部分が錘の機能を果たすので、振動腕 22 の長さを増大させることなく周波数を低くすることができる。

10

なお、本実施形態では、各振動腕 22 の基部 21 との付け根部の幅（幅広部 24 の最も広い部分の幅）が、錘部 29 の幅よりも広く形成されている。

これにより、圧電振動片 20 は、振動腕 22 の基部 21 との付け根部近傍の剛性が強くなるので、錘部 29 を設けることによる振動腕 22 の耐衝撃性などの劣化を抑制しつつ、高調波振動の抑制を図ることができる。

また、本実施形態では、振動腕 22 の幅狭部 23 が、振動腕 22 の中央部に一定の長さで等しい幅を有している構成を図示したが、これに限らず、幅狭部 23 は、テーパ状に形成されてもよい。

20

例えば、圧電振動片 20 は、振動腕 22 の幅広部 24 から延びる幅狭部 23 が、振動腕 22 の先端に向かって徐々に細くなるテーパ状に形成されることにより、振動腕 22 を振動しやすくすることができる。

#### 【0052】

図 1 (a) に示すように、各振動腕 22 の第 1 面 22a には、振動腕 22 の長手方向に沿って一本の有底の長溝（溝部）26a が設けられている。また、図 1 (b) に示すように、各振動腕 22 の第 2 面 22b には、振動腕 22 の長手方向に沿って一本の有底の長溝（溝部）26b が設けられている。

圧電振動片 20 は、このような、各振動腕 22 に設けられた長溝 26a, 26b によって、剛性が小さくなることで小型化に伴う周波数アップを抑制し、低周波数を維持しつつ小型化を実現することが可能となっている。

30

加えて、圧電振動片 20 は、振動腕 22 の両側面にある突堤部（長溝 26a, 26b と長溝 26a, 26b に近接する側面との間の壁部分）25 で発生する温度上昇と温度低下に起因する熱の流れを抑制する働きが増すことにより、熱弾性損失を低減でき、Q 値を改善することができる。

#### 【0053】

なお、本実施形態の振動腕 22 において、長溝 26a, 26b は、それらの一端側（振動腕 22 の先端側）が、幅狭部 23 と錘部 29 との境界を越えて錘部 29 に入り込んだ位置に形成されている。

このようにすることにより、圧電振動片 20 は、振動腕 22 が振動する際に生じる応力の集中する領域が振動腕 22 の延在方向に分散されるので、振動腕 22 の錘部 29 の付け根部（幅狭部 23 と錘部 29 との境界）に応力が集中して破損するなどの不具合を回避できる。

40

#### 【0054】

これとは逆に、圧電振動片 20 は、長溝 26a, 26b の一端側（振動腕 22 の先端側）を、幅狭部 23 と錘部 29 との境界よりも基部 21 寄りの位置に形成する構成とすることにより、以下の効果を奏することができる。

すなわち、圧電振動片 20 は、振動腕 22 が振動する際に生じる応力の集中する領域が、振動腕 22 の延在方向に分散されることにより、振動腕 22 の錘部 29 の付け根部に応力が集中して破損するなどの不具合を回避できる。

50

加えて、圧電振動片 20 は、各振動腕 22 における錘部 29 の質量付加効果が増すので、サイズを増大させることなく低周波数化を図ることができる。

また、圧電振動片 20 は、振動腕 22 の錘部 29 の付け根部への応力集中により破損などが起こらないように、例えば、幅狭部 23 から錘部 29 に向かって広がるテーパ状に振動腕 22 の一部を形成した場合であれば、長溝 26a, 26b の一端側（振動腕 22 の先端側）を、幅狭部 23 と錘部 29 との境界に位置させてもよい。

【0055】

また、長溝 26a, 26b は、各振動腕 22 において、幅狭部 23 では、両側面と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部 24 では、その幅広部 24 の両側面に沿って、基部 21 に接続される根元部に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

10

これにより、各振動腕 22 の長溝 26a, 26b の内壁から両側面までの突堤部 25 の幅が、幅広部 24 の基部 21 との付け根部近傍で広くなるのを抑えている。

本実施形態では、図 1(c) に示す振動腕 22 の幅広部 24 の突堤部 25 の幅  $t_2$  と突堤部 25' の幅  $t_2'$  との和が、幅狭部 23 の突堤部 25 の幅  $t_1$  と突堤部 25' の幅  $t_1'$  との和より小さくなるように、各長溝 26a, 26b が形成されている。

【0056】

圧電振動片 20 は、基部 21 の第 2 の部分 21b から延びる一对の支持腕 30 を有している。一对の支持腕 30 は、基部 21 から一对の振動腕 22 が延びる方向（第 1 方向）とは交差する方向に互いに反対方向に延出されてから、屈曲部 32 で一对の振動腕 22 の延びる方向に屈曲し、それぞれ L 字状、逆 L 字状に形成されている。

20

支持腕 30 は、このように屈曲されることにより、支持長さを確保しつつ小型化されている。支持腕 30 は、圧電振動片 20 において、パッケージ（図示せず）などに取り付けられる部分である。

圧電振動片 20 は、支持腕 30 がパッケージなどに取り付けられることによって、振動腕 22 および基部 21 をパッケージなどの支持面から浮いた状態にすることができる。

【0057】

圧電振動片 20 は、各振動腕 22 の各長溝 26a, 26b、および各両側面を含む表面に、励振電極 33, 34 が形成されている（図 1(b) および図 1(c) を参照）。

圧電振動片 20 は、一方の振動腕 22 において、励振電極 33, 34 間に電圧を印加して、振動腕 22 の両側面を伸縮させることで振動腕 22 を振動させる。

30

励振電極 33, 34 は、水晶をエッチングして圧電振動片 20 の長溝 26a, 26b を含む外形を形成した後で、例えば、ニッケル（Ni）またはクロム（Cr）を下地層として、その上に、蒸着またはスパッタリングにより例えば金（Au）による電極層を成膜し、その後フォトリソグラフィを用いてパターンングすることにより形成することができる。なお、クロムは水晶との密着性が高く、金は、電気抵抗が低く酸化し難いことで知られている。

【0058】

ここで、本実施形態の圧電振動片 20 が動作した際の、熱弾性損失の抑制効果について説明する。

40

図 1(a) において、圧電振動片 20 に、外部に接続された励振手段としての発振回路（図示せず）から励振電極 33, 34（図 1(b) を参照）に駆動電圧を印加すると、各振動腕 22 は、水平方向に、図中矢印で示すように互いに接近または離反する向きに振動する。なお、本実施形態の圧電振動片 20 は屈曲振動モードにて振動する。

この屈曲振動によって、各振動腕 22 の基部 21 との付け根部分の領域には、圧縮応力と引張応力とが発生する。具体的には、各振動腕 22 の図中の第 1 の領域 110 および第 2 の領域 111 に、圧縮応力と引張応力とが発生する。

詳述すると、図中左側の振動腕 22 の先端側が、図中右側の振動腕 22 に接近する向きに屈曲振動すると、図中左側の振動腕 22 の第 1 の領域 110 には、引張応力が作用して温度が下降し、第 2 の領域 111 には、圧縮応力が作用して温度が上昇する。

50

逆に、図中左側の振動腕 2 2 の先端側が図中右側の振動腕 2 2 から離反する向きに屈曲振動すると、図中左側の振動腕 2 2 の第 1 の領域 1 1 0 には、圧縮応力が作用して温度が上昇し、第 2 の領域 1 1 1 には、引張応力が作用して温度が下降する。

【 0 0 5 9 】

同様に、図中右側の振動腕 2 2 の先端側が図中左側の振動腕 2 2 に接近する向きに屈曲振動すると、図中右側の振動腕 2 2 の第 1 の領域 1 1 0 には、圧縮応力が作用して温度が上昇し、第 2 の領域 1 1 1 には、引張応力が作用して温度が下降する。

逆に、図中右側の振動腕 2 2 の先端側が図中左側の振動腕 2 2 から離反する向きに屈曲振動すると、図中右側の振動腕 2 2 の第 1 の領域 1 1 0 には、引張応力が作用して温度が下降し、第 2 の領域 1 1 1 には、圧縮応力が作用して温度が上昇する。

10

このように、各振動腕 2 2 の基部 2 1 との付け根部の内部には、圧縮応力が作用する部分と引張応力が作用する部分との間で温度勾配が生じ、その傾斜は、各振動腕 2 2 の振動の向きに対して逆向きになる。

圧電振動片 2 0 は、この温度勾配によって、熱が、圧縮側の部分から引張（伸張）側の部分へ、すなわち、高温側の部分から低温側の部分へと伝導される。

【 0 0 6 0 】

本実施形態の圧電振動片 2 0 において、圧縮側の部分から伸張側の部分への熱の伝導は、振動腕 2 2 と基部 2 1 との付け根部近傍に、より多くの歪、即ち温度差が発生することから、この付け根部近傍の圧電基材の伝導経路となる部分間で熱が流れることになる。

ここで、圧縮側から伸張側への熱伝導時間は、圧縮側の部分と伸張側の部分とを一定距離とした場合に、熱の伝導経路となる有底の長溝が形成されて残った圧電基材が肉厚であるほど、熱伝導経路が十分に確保されるので短くなる。

20

本実施形態の圧電振動片 2 0 は、各振動腕 2 2 の幅狭部 2 3 から基部 2 1 側に向けて上記両側面間の幅が徐々に広げられた幅広部 2 4 を有しているとともに、それら幅狭部 2 3 から幅広部 2 4 の両側面に沿った形状の長溝 2 6 a , 2 6 b が設けられている。

【 0 0 6 1 】

加えて、本実施形態では、図 1 ( c ) に示す振動腕 2 2 の幅広部 2 4 の突堤部 2 5 の幅  $t_2$  と突堤部 2 5 ' の幅  $t_2'$  との和が、幅狭部 2 3 の突堤部 2 5 の幅  $t_1$  と突堤部 2 5 ' の幅  $t_1'$  との和より小さくなるように、各長溝 2 6 a , 2 6 b が形成されている。

【 0 0 6 2 】

30

これらにより、圧電振動片 2 0 は、長溝が幅狭部 2 3 から基部 2 1 に向かって直線的に設けられた構造である場合や、長溝が無い構造である場合、 $t_1$  (  $t_1'$  ) と  $t_2$  (  $t_2'$  ) とが等しい場合に比して、熱伝導経路になる圧電基材の肉厚が減少しているので、圧縮側（高温側）から伸張側（低温側）への熱伝導経路が長溝 2 6 a , 2 6 b により迂回して長くなり、この結果、熱伝導時間が長くなる。

すなわち、圧電振動片 2 0 は、各振動腕 2 2 が屈曲振動したときの圧縮側と伸張側との間で温度が平衡状態になるまでの緩和時間  $\tau_1$  が、長溝が幅狭部 2 3 から基部 2 1 に向かって直線的に設けられた構造である場合や、長溝が無い構造である場合、 $t_1$  (  $t_1'$  ) と  $t_2$  (  $t_2'$  ) とが等しい場合の緩和時間  $\tau_0$  よりも長くなる。

つまり、本実施形態の圧電振動片 2 0 の熱緩和周波数  $f_{10} = 1 / ( 2 \tau_1 )$  は、 $\tau_1 > \tau_0$  であることから、長溝が幅狭部 2 3 から基部 2 1 に向かって直線的に設けられた構造である場合や、長溝が無い構造である場合、 $t_1$  (  $t_1'$  ) と  $t_2$  (  $t_2'$  ) とが等しい場合の圧電振動片の熱緩和周波数  $f_0 = 1 / 2 \tau_0$  よりも低くなる。

40

【 0 0 6 3 】

一般に、緩和振動周波数（熱緩和周波数） $f_0$  は、下式で求まることが知られている。

$$f_0 = k / ( 2 C p a^2 ) \quad \dots ( 1 )$$

ここで、 $\omega$  は円周率、 $k$  は振動腕の振動方向（屈曲振動方向）の熱伝導率、 $\rho$  は振動腕の質量密度、 $C p$  は振動腕の熱容量、 $a$  は振動腕の振動方向（屈曲振動方向）の幅である。

式 ( 1 ) の熱伝導率  $k$ 、質量密度  $\rho$ 、熱容量  $C p$  に振動部の材料そのものの定数を入力

50

した場合、求まる緩和振動周波数  $f_0$  は振動腕に長溝を設けていない場合の屈曲振動部の緩和振動周波数となる。

【0064】

これを、図11の振動腕の機械的な振動周波数（共振周波数）とQ値との関係でみると、曲線F自体の形状は変わらないから、熱緩和周波数の下降に伴って、曲線Fが曲線F1の位置まで周波数の下降方向にシフトしたことになる。

したがって、振動腕22の機械的な振動周波数（共振周波数）を  $f_r$  とした場合に  $f_r$  が熱緩和周波数  $f_0$  以上となる範囲（ $1 < f_r / f_0$ ）では、曲線F1におけるQ値は、曲線FにおけるQ値よりも常に高くなる。

加えて、曲線Fと曲線F1との交点の周波数より高い周波数帯（ $1 < f_r / (f_0 + (f_0 f_{10})^{1/2})$ ）においても、圧電振動片20の曲線F1におけるQ値は、曲線FにおけるQ値より高くなる。

【0065】

このように、本実施形態の圧電振動片20は、各振動腕22の幅広部24により振動腕22の剛性が高められた構造において、長溝26a, 26bは、幅広部24に沿った平面形状を有し、かつ、振動腕22の幅広部24の突堤部25の幅  $t_2$  と突堤部25'の幅  $t_2'$  との和が、幅狭部23の突堤部25の幅  $t_1$  と突堤部25'の幅  $t_1'$  との和より小さくなるように、各長溝26a, 26bが設けられていることによって、熱弾性損失が抑えられQ値の低下を抑制することができる。

【0066】

上記実施形態で説明した振動片としての圧電振動片は、以下の変形例として実施することも可能である。

【0067】

（変形例1）

上記実施形態では、各振動腕22の第1面22aおよび第2面22bに、同一形状の有底の長溝26a, 26bを平面視で重なる位置関係で配置して形成した構成の圧電振動片20を説明した。

これに限らず、圧電振動片は、振動腕の第1面22aに開口部を有する有底の長溝と、第2面22bに開口部を有する有底の長溝とを平面視で並べて配設する構成としてもよい。

図2は、開口面が異なる有底の長溝を振動腕に並設させた圧電振動片の変形例を模式的に説明するものであり、(a)は一方の主面（第1面）側の平面図、(b)は、(a)のA2-A2線断面を示す断面拡大図、(c)は、(a)のB2-B2線断面を示す断面拡大図である。なお、本変形例では、図2において、上記実施形態と同じ構成については同一符号を付して説明を省略する。

【0068】

図2(a)において、圧電振動片40は、一对の切り込み31が形成された基部21と、基部21の第1の部分21aの一端側から互いに平行に第1方向に延出する一对の振動腕22と、基部21の第2の部分21bから延びる一对の支持腕30と、を有している。

各振動腕22は、その中央部に幅狭部（第1幅部）23を有し、幅狭部23から基部21側に向けて振動腕の両側面の幅が徐々に広げられた幅広部（第2幅部）24を有し、各振動腕22の先端側には、幅狭部23よりも幅が広い錘部29を有している。

【0069】

各振動腕22の第1面22aには、長手方向の略半分の領域に沿って一本の有底の第1溝部46aが設けられている。また、各振動腕22の第2面22bには、各振動腕22の長手方向の残りの略半分の領域（上記第1溝部46aが形成された領域とは異なる領域）に沿って一本の有底の第2溝部46bが設けられている。

すなわち、各振動腕22には、第1面22aに開口部を有する第1溝部46aと、第2面22bに開口部を有する第2溝部46bとが、平面視で並設されている。

【0070】

10

20

30

40

50

ここで、第1溝部46aの第1深さd1および第2溝部46bの第2深さd2は、各振動腕22の第1面22aと第2面22bとの間の距離tよりも小さい。つまり、第1溝部46aおよび第2溝部46bは、第1面22aと第2面22bとの間を貫通しない。

例えば、図2において、第1溝部46aの第1深さd1および第2溝部46bの第2深さd2は、共に $0.9t$ とする。ここで、第1深さd1および第2深さd2は、距離tよりも小さく、第1深さd1と第2深さd2との和が距離tを超えていれば、共に $0.9t$ であることに限らず、たとえば $d1 = 0.9t$ 、 $d2 = 0.4t$ の組合せであってもよく、 $d1 = 0.6t$ 、 $d2 = 0.8t$ などの組合せであってもよい。

第1深さd1および第2深さd2が距離tよりも小さいことにより、第1溝部46aおよび第2溝部46bが非貫通孔となるので、各溝部46a、46bを貫通孔とした場合に比して、各振動腕22の剛性を高めることができる。

10

#### 【0071】

第1溝部46aおよび第2溝部46bは、各振動腕22において、それぞれの近傍の側面に沿った形状を有して形成されている。すなわち、第1溝部46aは、幅狭部23では、一方の側面（図中左側の側面）と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部24では、その幅広部24の一方の側面（図中左側の側面）に沿って、基部21に接続される根元部に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

また、第2溝部46bは、幅狭部23では、他方の側面（図中右側の側面）と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部24では、その幅広部24の他方の側面（図中右側の側面）に沿って、基部21に接続される根元部に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

20

#### 【0072】

なお、図2では第1溝部46aおよび第2溝部46bの両方が幅広部24において幅狭部23よりも溝幅が広がっているが、第1溝部46aおよび第2溝部46bの少なくとも一方が幅狭部23よりも溝幅が広がっていれば本発明の効果は達成される。

これにより、各振動腕22の第1溝部46a、第2溝部46bのそれぞれの内壁のうち各振動腕22の両側面に近い方の内壁から近接する側面までの突堤部45の幅が、幅広部24の基部21との付け根部近傍で広がるのを抑えている。

本変形例では、図2(c)に示す振動腕22の幅広部24の突堤部45の幅 $t_2$ と突堤部45'の幅 $t_2'$ との和が、幅狭部23の突堤部45の幅 $t_1$ と突堤部45'の幅 $t_1'$ との和より小さくなるように、第1溝部46aおよび第2溝部46bが形成されている。

30

#### 【0073】

振動腕22の両側面には、励振電極43が配置されている。また、第1溝部46aおよび第2溝部46bの上記両側面側の内壁には、励振電極43の対向電極として励振電極44が設けられている。

#### 【0074】

上記変形例1の圧電振動片40によれば、各振動腕22の基部21との付け根部近傍において、振動腕22の振動に伴う圧縮応力または引張応力が作用する部分間で発生する温度差（温度勾配）を熱伝導（熱移動）により温度平衡させるための熱伝導経路は、第1溝部46aおよび第2溝部46bにより迂回することから、高温側の部分と低温側の部分との間の直線距離よりも長くなる。

40

これにより、圧電振動片40は、熱伝導による温度平衡させるまでの緩和時間が長くなり、緩和時間に反比例する緩和振動周波数 $f_0$ が屈曲振動周波数 $f$ から遠ざけられ、熱弾性損失によるQ値の低下がより抑制される。

#### 【0075】

図3は、屈曲振動片（水晶振動片）のQ値の $f/f_m$ 依存性を表すグラフである。ここで $f_m$ は、屈曲振動部（振動腕22）に溝部（長溝）を設けていない場合（屈曲振動部の断面形状が略矩形の場合）の緩和振動周波数である。図3のグラフの右側に記載されている図形は、屈曲振動部の断面形状を模式的に表したものである。

50

図 3 において、三角のマーカ－は、図 2 ( b )、( c ) に示した振動腕の断面形状の場合のプロット、黒塗りの四角のマーカ－は、図 1 ( b )、( c ) に示した振動腕の断面形状を「H」にした H 型の場合のプロット、白抜きの菱形のマーカ－は、振動腕 2 2 のいずれの主面にも溝部を設けていない平板の場合のプロットである。また、太い実線は三角マーカ－の値の近似直線、破線は四角マーカ－間の補間直線、一点鎖線は菱形マーカ－間の補間直線である。

図 3 に示すように、屈曲振動片においては、振動腕 2 2 の断面形状を図 2 に示した形状にして、 $f / f_m$  を 0 . 0 9 より大きい値とすることで、H 型の場合よりも高い Q 値を得られることが明らかとなった。

さらに、上記屈曲振動片 ( 圧電振動片 4 0 に相当 ) は、 $f / f_m$  を 0 . 2 5 より大きい値とすることで、H 型および平板のいずれの場合よりも高い Q 値を得ることができ、 $f / f_m$  を 1 より大きくすれば、H 型および平板のいずれの場合よりも格段に高い Q 値を得ることができる。

【 0 0 7 6 】

( 変形例 2 )

上記実施形態では、各振動腕 2 2 の第 1 面 2 2 a および第 2 面 2 2 b ( 両主面 ) に、同一形状の有底の長溝 2 6 a , 2 6 b を、1 つずつ形成した構成の圧電振動片 2 0 を説明した。これに限らず、圧電振動片は、振動腕の両主面の少なくとも一方に、複数の長溝を形成する構成としてもよい。

図 4 および図 5 は、振動腕の両主面 ( 第 1 面および第 2 面 ) の少なくとも一方に複数の長溝を形成する構成の圧電振動片の変形例を模式的に説明するものであり、図 4 および図 5 とともに、( a ) は、一方の主面 ( 第 1 面 ) 側の平面図、( b ) は、( a ) の A 3 - A 3 線断面または A 4 - A 4 線断面を示す断面拡大図、( c ) は、( a ) の B 3 - B 3 線断面または B 4 - B 4 線断面を示す断面拡大図である。なお、本変形例では、図 4 および図 5 において、上記実施形態と同じ構成については同一符号を付して説明を省略する。

【 0 0 7 7 】

まず、変形例 2 の一つ目の圧電振動片について説明する。

図 4 ( a ) に示す圧電振動片 8 0 は、一对の切り込み 3 1 が形成された基部 2 1 と、基部 2 1 の第 1 の部分 2 1 a の一端側から互いに平行に第 1 方向に延出する一对の振動腕 2 2 と、基部 2 1 の第 2 の部分 2 1 b から延びる一对の支持腕 3 0 と、を有している。

各振動腕 2 2 は、その中央部に幅狭部 ( 第 1 幅部 ) 2 3 を有し、幅狭部 2 3 から基部 2 1 側に向けて振動腕の両側面の幅が徐々に広げられた幅広部 ( 第 2 幅部 ) 2 4 を有し、各振動腕 2 2 の先端側には、幅狭部 2 3 よりも幅が広い錘部 2 9 を有している。

【 0 0 7 8 】

圧電振動片 8 0 の各振動腕 2 2 の第 1 面 2 2 a には、長手方向の略半分の領域に形成された有底の長溝 ( 溝部 ) 8 6 a と、長溝 8 6 a が形成された領域とは異なる残りの略半分の領域に形成された有底の長溝 ( 溝部 ) 8 6 c とが設けられている。

これらの長溝 8 6 a , 8 6 c は、各振動腕 2 2 において、それぞれの近傍の側面に沿った形状を有して形成されている。

すなわち、一方の長溝 8 6 a は、幅狭部 2 3 では、一方の側面 ( 図中左側の側面 ) と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部 2 4 では、その幅広部 2 4 の一方の側面 ( 図中左側の側面 ) に沿って、基部 2 1 に接続される根元部に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

他方の長溝 8 6 c は、幅狭部 2 3 では、他方の側面 ( 図中右側の側面 ) と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部 2 4 では、その幅広部 2 4 の他方の側面 ( 図中右側の側面 ) に沿って、基部 2 1 に接続される根元部に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

また、長溝 8 6 a と長溝 8 6 c とが隣接する各振動腕 2 2 の中央側の側壁は、振動腕 2 2 の長手方向に平行な直線状の突出部を間に挟んで形成されている。つまり、並設された長溝 8 6 a , 8 6 c は、振動腕 2 2 の第 1 面 2 2 a の長手方向の仮想の中心線に対して線

10

20

30

40

50

対称となる形状にて設けられている。

【 0 0 7 9 】

また、各振動腕 2 2 の第 2 面 2 2 b には、長手方向の略半分の領域に形成された有底の長溝（溝部）8 6 b と、長溝 8 6 b が形成された領域とは異なる残りの略半分の領域に形成された有底の長溝（溝部）8 6 d とが設けられている。

これらの第 2 面 2 2 b に設けられた長溝 8 6 b , 8 6 d と、第 1 面 2 2 a に設けられた長溝 8 6 a , 8 6 c とは、平面視で、同一の外形を有して、且つ、重なるように配置されている。

【 0 0 8 0 】

また、圧電振動片 8 0 は、各振動腕 2 2 の長溝 8 6 a , 8 6 c 、および、長溝 8 6 b , 8 6 d のそれぞれの内壁のうち、各振動腕 2 2 の両側面に近い方の内壁から近接する側面までの突堤部 8 5 の幅が、幅広部 2 4 の基部 2 1 との付け根部近傍で広くなるのが抑えられている。

10

圧電振動片 8 0 は、図 4（c）に示す振動腕 2 2 の幅広部 2 4 の突堤部 8 5 の幅 t 2 と突堤部 8 5 ' の幅 t 2 ' との和が、幅狭部 2 3 の突堤部 8 5 の幅 t 1 と突堤部 8 5 ' の幅 t 1 ' との和より小さくなるように、各長溝 8 6 a , 8 6 c および長溝 8 6 b , 8 6 d が形成されている。

【 0 0 8 1 】

振動腕 2 2 の両側面には、励振電極 8 3 が配置されている。また、長溝 8 6 a ~ 長溝 8 6 d の上記両側面側の内壁には、励振電極 8 3 の対向電極として励振電極 8 4 が設けられている。

20

【 0 0 8 2 】

次に、変形例 2 の二つ目の圧電振動片について説明する。

図 5 に示す圧電振動片 6 0 は、各振動腕 2 2 の第 1 面 2 2 a に設けられた 2 つの長溝（第 1 溝部）6 6 a , 6 6 c と、各振動腕 2 2 の第 2 面 2 2 b の、平面視で長溝 6 6 a と長溝 6 6 c との間の領域で、且つ、長溝 6 6 a , 6 6 c と重ならない領域に設けられた長溝（第 2 溝部）6 6 b と、を有している。

【 0 0 8 3 】

詳述すると、各振動腕 2 2 の第 1 面 2 2 a には、長手方向の略半分弱の領域に形成された有底の長溝 6 6 a と、長溝 6 6 a が形成された領域とは異なる略半分弱の領域に形成された有底の長溝 6 6 c とが、振動腕 2 2 の長手方向の中央に所定の間隔を空けて設けられている。

30

また、長溝 6 6 a , 6 6 c は、各振動腕 2 2 において、それぞれの近傍の側面に沿った形状を有して形成されている。

すなわち、一方の長溝 6 6 a は、幅狭部（第 1 幅部）2 3 では、一方の側面（図中左側の側面）と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部 2 4 では、その幅広部（第 2 幅部）2 4 の一方の側面（図中左側の側面）に沿って、基部 2 1 に接続される根元部に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

他方の長溝 6 6 c は、幅狭部 2 3 では、他方の側面（図中右側の側面）と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部 2 4 では、その幅広部 2 4 の他方の側面（図中右側の側面）に沿って、基部 2 1 に接続される根元部分に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

40

また、長溝 6 6 a と長溝 6 6 c とが隣接する各振動腕 2 2 の中央側の側壁は、振動腕 2 2 の長手方向に平行な直線状の突出部を間に挟んで形成されている。つまり、並設された長溝 6 6 a , 6 6 c は、振動腕 2 2 の第 1 面 2 2 a の長手方向の仮想の中心線に対して線対称となる形状にて設けられている。

【 0 0 8 4 】

また、圧電振動片 6 0 は、各振動腕 2 2 の長溝 6 6 a , 6 6 c のそれぞれの内壁のうち、各振動腕 2 2 の両側面に近い方の内壁から近接する側面までの突堤部 6 5 の幅が、幅広部 2 4 の基部 2 1 との付け根部近傍で広くなるのが抑えられている。

50



圧電振動片 60 は、図 5 (c) に示す振動腕 22 の幅広部 24 の突堤部 65 の幅  $t_2$  と突堤部 65' の幅  $t_2'$  との和が、幅狭部 23 の突堤部 65 の幅  $t_1$  と突堤部 65' の幅  $t_1'$  との和より小さくなるように、各長溝 66a, 66c が形成されている。

【0085】

また、各振動腕 22 の第 2 面 22b には、振動腕 22 の長手方向の略中央の領域であって、且つ、長溝 66a, 66c と平面視で重ならない領域に、各長溝 66a, 66c の振動腕 22 の中央寄りの側壁と平行な側壁を有する直線状の有底の長溝 66b が設けられている。

【0086】

振動腕 22 の両側面には励振電極 63 が配置されている。また、長溝 66a, 66c の上記両側面側の内壁には、励振電極 63 の対向電極として励振電極 64 が設けられている。

10

【0087】

上記変形例 2 によれば、幅広部 24 を有することにより各振動腕 22 の基部 21 との付け根部の剛性が高められた圧電振動片 80, 60 において、振動腕 22 の振動に伴う圧縮応力または引張応力が作用する部分間で発生する温度差を温度平衡させるための熱伝導経路の距離は、長溝 86a ~ 86d、長溝 66a ~ 66c によって迂回することにより、高温側の部分と低温側の部分との間の直線距離よりも長くなる。

これにより、圧電振動片 80, 60 は、緩和時間が長くなるので、熱弾性損失による Q 値の低下がより抑制される。

20

【0088】

また、圧電振動片 80, 60 は、上記実施形態の圧電振動片 20 の長溝 26a, 26b のように、振動腕 22 の第 1 面 22a に 1 つの長溝 26a が設けられ、第 2 面 22b に 1 つの長溝 26b が設けられた構成に比して、第 1 面 22a および第 2 面 22b の少なくとも一方に複数の長溝 86a, 86c (86b, 86d) または長溝 66a, 66c が設けられることにより、振動腕 22 の第 1 面 22a および第 2 面 22b の少なくとも一方の中央に突堤部が形成されるので、各振動腕 22 の両側面側の突堤部 85, 65 の幅が細くても、振動腕 22 の十分な剛性を確保することが可能になる。

【0089】

(変形例 3)

30

上記実施形態および変形例では、基部 21 から一対の振動腕 22 および支持腕 30 が延出された構成の圧電振動片 20, 40, 60, 80 を代表例として説明した。

これらに限らず、本発明の特徴である振動片の振動腕と基部との付け根部近傍の構成、すなわち、振動腕が有する幅広部における長溝の形状の特徴は、上記実施形態および変形例で説明した構成と異なる振動片においても効果を奏することができる。

図 6 は、上記実施形態および変形例とは異なる構成の振動片において、本発明の特徴を適用した変形例を模式的に説明する一方の主面 (第 1 面) 側の平面図である。なお、本変形例では、上記実施形態と同じ構成については同一符号を付して説明を省略する。

【0090】

図 6 に示す圧電振動片 100 は、基部 121 と、その基部 121 の一端側 (図において上端側) から二股に別れて並んで (互いに平行に) 第 1 方向に延出する一対の振動腕 122 を有している。

40

また、基部 121 における一対の振動腕 122 の間からは、各振動腕 122 と平行に配置された支持腕としての中央支持腕 130 が延出して設けられている。

【0091】

一対の振動腕 122 は、基部 121 の一端側から両主面 (紙面上手前と奥の面) に平行に延出されている。また、各振動腕 122 は、上記両主面である第 1 面 122a および第 2 面 122b と、第 1 面 122a および第 2 面 122b を両側で接続する両側面とを有する。

振動腕 122 は、その中央部に、振動腕 122 において上記両側面間の幅が比較的狭い

50

部分である幅狭部（第１幅部）１２３を有している。また、各振動腕１２２は、基部１２１に接続される根元部分において、幅狭部１２３から基部１２１側に向けて上記両側面間の幅が徐々に広げられ基部１２１との付け根部で幅広となる幅広部（第２幅部）１２４を有している。さらに、各振動腕１２２の先端側には、幅狭部１２３よりも幅が広い錘部１２９を有している。

#### 【００９２】

各振動腕１２２の第１面１２２ａおよび第２面１２２ｂの少なくとも一方には、長手方向に沿って一本の有底の長溝（溝部）１２６ａが設けられている。ここでは、第１面１２２ａおよび第２面１２２ｂに、長溝１２６ａが平面視で互いに重なるように設けられている。

10

なお、長溝１２６ａは、各振動腕１２２の第１面１２２ａ側または第２面１２２ｂ側のみに設けられている構成としてもよい。

#### 【００９３】

長溝１２６ａは、各振動腕１２２において、幅狭部１２３では、両側面と平行な一本の直線状を呈して形成され、幅広部１２４では、その幅広部１２４の両側面に沿って、基部１２１に接続される根元部分に向かって徐々に両側面方向に広がる形状を呈して形成されている。

これにより、圧電振動片１００は、各振動腕１２２の長溝１２６ａの両側の内壁から両側面までの突堤部１２５の幅が、幅広部１２４の基部１２１との付け根部近傍で広がるのを抑えている。

20

#### 【００９４】

中央支持腕１３０は、その両側に配置された一对の振動腕１２２のそれぞれから等距離にある。なお、中央支持腕１３０の長さは、特に限定されず、一对の振動腕１２２の長さと等しくてもよく、振動腕１２２より長くても短くてもよい。

また、中央支持腕１３０は、振動する一对の振動腕１２２のそれぞれよりも大きな質量を有するように形成されている。ここで、中央支持腕１３０の質量は、各振動腕１２２の質量よりも、若干大きいことが好ましい。

#### 【００９５】

各振動腕１２２の各長溝１２６ａおよび各両側面を含む表面には、図示しない励振電極が形成されている。圧電振動片１００は、各振動腕１２２において、対向電極となる励振電極間に電圧を印加して、振動腕１２２の両側面を伸縮させることで振動腕１２２を振動させる。

30

また、中央支持腕１３０の第１面１２２ａおよび第２面１２２ｂの少なくとも一方には、対応する上記各励振電極と図示しない接続配線とにより接続されたマウント電極が設けられている。

中央支持腕１３０は、図示しないパッケージなどに取り付けられる部分であり、例えば、パッケージの底部に設けられた接続パッドと、対応する上記マウント電極とを位置合わせして導電性接着剤などを介して接着・固定されることにより、パッケージと圧電振動片１００との電気的な接続を図ることができる。

また、圧電振動片１００は、中央支持腕１３０がパッケージの接続パッドに固定されることによって、振動腕１２２および基部１２１をパッケージの底部から浮いた状態にすることができる。

40

#### 【００９６】

上記変形例３の圧電振動片１００は、上記実施形態および変形例１、変形例２で説明した振動腕１２２の幅広部１２４における長溝１２６ａ（１２６ｂ）の特徴的な形状がもたらす熱弾性損失の抑制効果に加えて、一对の振動腕１２２間に配置された中央支持腕１３０が次のような効果を奏する。

すなわち、圧電振動片１００は、中央支持腕１３０が一对の振動腕１２２間に設けられていることにより、各振動腕１２２が振動した際に、特に、各振動腕１２２が互いに接近する向きに振動したときに、各振動腕１２２間の空気が攪乱されることによって起こる圧

50

電振動片 100 の動作パラメーターの変化を抑制することができる。

また、圧電振動片 100 は、基部 121 を支持部としてパッケージなどに支持・固定された場合に起こる様々な不具合を回避することができる。例えば、圧電振動片 100 は、振動腕 122 の先端が下方に傾いてパッケージなどへ接触することの防止や、パッケージへの衝撃がダイレクトに各振動腕 122 に伝わって起こる動作異常などを、中央支持腕 130 によって回避できる。

したがって、圧電振動片 100 は、より安定した振動特性を得ることができる。

#### 【0097】

以上、発明者によってなされた本発明の実施の形態について具体的に説明したが、本発明は、上記した実施形態および変形例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加えることが可能である。

#### 【0098】

上記実施形態および変形例では、幅狭部 23, 123 から徐々に幅が広がった幅広部 24, 124 が基部 21, 121 に接続された連続したテーパ形状を有する振動腕 22, 122 について説明した。

これに限らず、圧電振動片は、例えば、振動腕先端側の幅狭部から基部側に向かって徐々に幅が広がる連続したテーパ形状が、基部との付け根部の手前まで形成され、そこから、基部との付け根部に向かって振動腕の延出方向に沿ったストレート部分が設けられた振動腕としてもよい。

そして、圧電振動片は、その振動腕の外形（両側面）に沿った形状の長溝を設けることにより、振動腕の基部との付け根部近傍において長溝に鋭角な部分がなくなる。

これにより、圧電振動片は、例えば、エッチングにより長溝を形成する際に、エッチング残りが減少し、所望の形状の長溝を形成することができる。

#### 【0099】

また、上記実施形態では、屈曲振動モードの圧電振動片 20 を例にとって、本発明の熱弾性損失の抑制効果について説明した。これに限らず、圧電振動片は、ねじり振動モードや剪断モードなどの屈曲振動モード以外の振動モードにおいても、本発明の特徴的な構成を具備することにより、上記実施形態および変形例と同様な効果を得ることができる。

#### 【0100】

また、上記実施形態および変形例では、基部 21, 121 から 2 本の振動腕 22, 122 が平行に延出されて形成された音叉型の圧電振動片 20, 40, 60, 80, 100 における本発明の実施の形態や変形例を説明した。

これに限らず、圧電振動片は、固定端となる基部を有する 1 本の振動腕のみにより構成されるビーム型タイプであっても、あるいは、3 本以上の振動腕を有するタイプであっても、上記実施形態および変形例と同様な効果を得ることができる。

#### 【0101】

また、上記実施形態および変形例では、水晶などの圧電材料からなる圧電振動片 20, 40, 60, 80, 100 について説明した。これに限らず、振動片は、例えば、シリコン半導体からなっているとしても、上記実施形態および変形例と同様な効果を得ることができる。

#### 【0102】

（振動子）

図 7 は、上記実施形態および変形例などで説明した振動片を備えた振動子の概略構成を示す模式図であり、図 7 (a) は平面図、図 7 (b) は、図 7 (a) の C - C 線での断面図である。

図 7 に示すように、振動子 500 は、振動片としての圧電振動片 20, 40, 60, 80, 100 のいずれかと（ここでは、一例として圧電振動片 20）、圧電振動片 20 が収納されたパッケージ 280 と、を含んで構成されている。

#### 【0103】

パッケージ 280 は、パッケージベース 281、シームリング 282、蓋体 285 など

10

20

30

40

50

から構成されている。

パッケージベース 281 は、圧電振動片 20 を収納できるように凹部が形成され、その凹部に圧電振動片 20 の図示しないマウント電極と接続される接続パッド 288 が設けられている。

接続パッド 288 は、パッケージベース 281 内の配線に接続され、パッケージベース 281 の外周部に設けられた外部接続端子 283 と導通可能に構成されている。

#### 【0104】

パッケージベース 281 の凹部の周囲には、シームリング 282 が設けられている。さらに、パッケージベース 281 の底部には、貫通孔 286 が設けられている。

圧電振動片 20 は、パッケージベース 281 の接続パッド 288 に導電性接着剤 284 を介して接着固定されている。そして、パッケージ 280 は、パッケージベース 281 の凹部を覆う蓋体 285 とシームリング 282 とがシーム溶接されている。

パッケージベース 281 の貫通孔 286 には、金属材料などからなる封止材 287 が充填されている。この封止材 287 は、減圧雰囲気内で溶融後固化され、パッケージベース 281 内が減圧状態を保持できるように、貫通孔 286 を気密に封止している。

振動子 500 は、外部接続端子 283 を介した外部からの駆動信号により圧電振動片 20 が励振され、所定の周波数（例えば、32kHz）で発振（共振）する。

#### 【0105】

上述したように、振動子 500 は、圧電振動片（20 など）を備えていることから、上記実施形態および変形例に記載された効果を奏する振動子を提供することができる。

#### 【0106】

（発振器）

図 8 は、上記実施形態および変形例などで説明した振動片を備えた発振器の概略構成を示す模式図であり、図 8（a）は平面図、図 8（b）は、図 8（a）の D - D 線での断面図である。

発振器 600 は、上記振動子 500 の構成に発振回路をさらに備えた構成となっている。なお、振動子 500 との共通部分については、同一符号を付して詳細な説明を省略する。

図 8 に示すように、発振器 600 は、振動片としての圧電振動片 20、40、60、80、100 のいずれかと（ここでは一例として圧電振動片 20）、圧電振動片 20 に接続された発振回路としての IC チップ 291 と、圧電振動片 20 及び IC チップ 291 が収納されたパッケージ 280 と、を含んで構成されている。

IC チップ 291 は、パッケージベース 281 の底部に固着され、金（Au）、アルミニウム（Al）などの金属ワイヤー 292 により他の配線と接続されている。

発振器 600 は、IC チップ 291 からの駆動信号により圧電振動片 20 が励振され、所定の周波数（例えば、32kHz）で発振（共振）する。

#### 【0107】

上述したように、発振器 600 は、圧電振動片（20 など）を備えていることから、上記実施形態および変形例に記載された効果を奏する発振器を提供することができる。

なお、発振器 600 は、IC チップ 291 がパッケージ 280 の外部に取り付けられている構成（モジュール構造）としてもよい。

#### 【0108】

（電子機器）

図 9 は、上記実施形態および変形例などで説明した振動片を備えた電子機器の一例を示す模式斜視図である。

図 9 に示す電子機器としての携帯電話 700 は、上述した振動片（圧電振動片 20、40、60、80、100 のいずれかなど）を、例えば、基準クロック発振源として用い、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。

#### 【0109】

10

20

30

40

50

上述した振動片（圧電振動片 20 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、テレビ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、ビデオレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳、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実施形態および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。

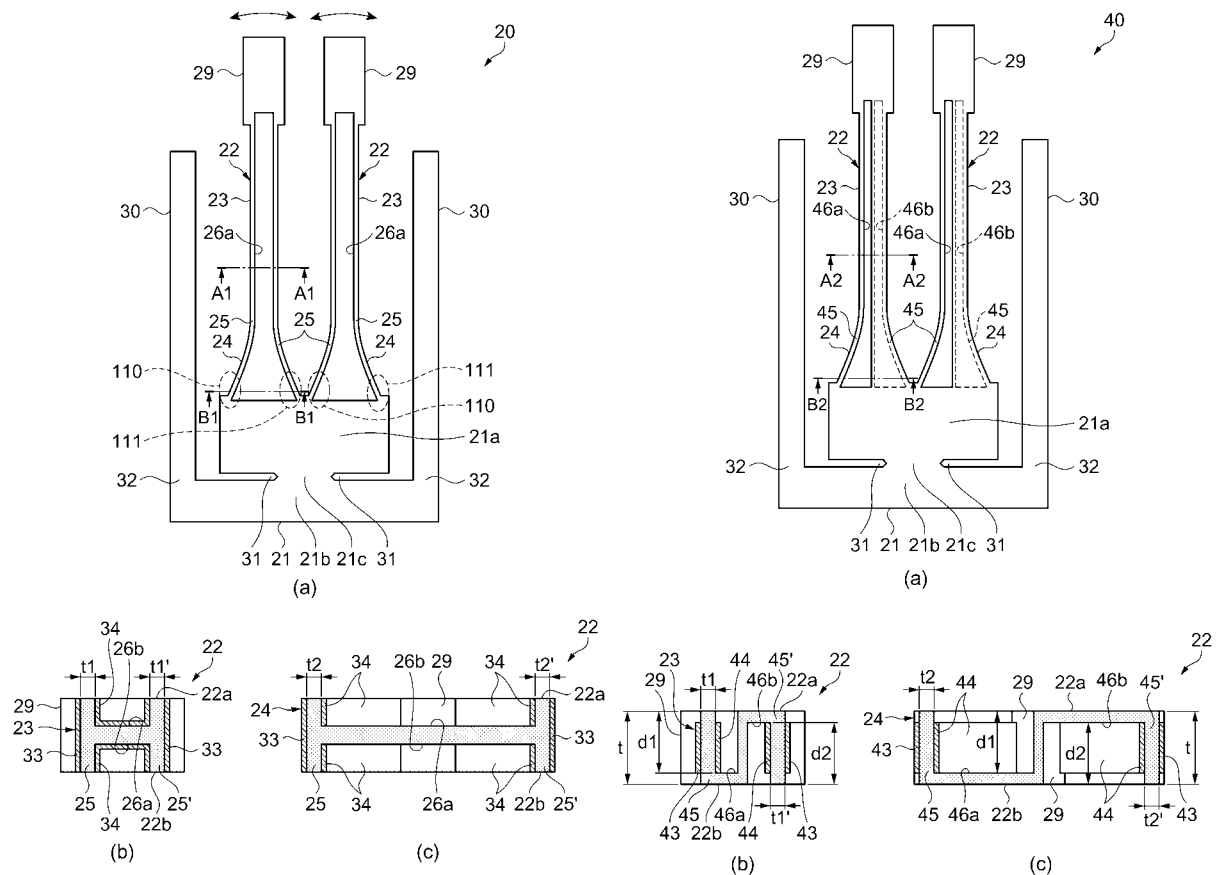
【符号の説明】

【 0 1 1 0 】

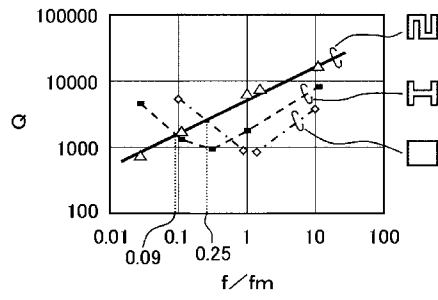
1 ... (従来の) 振動片としての音叉型水晶振動片、2, 21, 121 ... 基部、3, 4, 22, 122 ... 振動腕、22a, 122a ... 第 1 面（一方の主面）、22b, 122b ... 第 2 面（他方の主面）、6, 7, 26a, 26b, 86a ~ 86d, 126a ... 長溝（溝部）、46a ... 第 1 溝部、46b ... 第 2 溝部、66a, 66c ... 長溝（第 1 溝部）、66b ... 長溝（第 2 溝部）、10, 12, 110 ... 第 1 の領域、11, 13, 111 ... 第 2 の領域、20, 40, 60, 80, 100 ... 振動片としての圧電振動片、21a ... 基部の第 1 の部分、21b ... 基部の第 2 の部分、21c ... 基部の接続部分、23, 123 ... 幅狭部（第 1 幅部）、24, 124 ... 幅広部（第 2 幅部）、25, 45, 65, 85, 125 ... 突堤部、29, 129 ... 錘部、30 ... 支持腕、31 ... 切り込み、32 ... 屈曲部、33, 34, 43, 44, 63, 64, 83, 84 ... 励振電極、130 ... 支持腕としての中央支持腕、280 ... パッケージ、281 ... パッケージベース、282 ... シームリング、283 ... 外部接続端子、284 ... 導電性接着剤、285 ... 蓋体、286 ... 貫通孔、287 ... 封止材、288 ... 接続パッド、291 ... 発振回路としての IC チップ、292 ... 金属ワイヤー、500 ... 振動子、600 ... 発振器、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、d1 ... 第 1 深さ、d2 ... 第 2 深さ、t ... 第 1 面と第 2 面との間の距離、t1 ... (幅狭部の突堤部の) 幅、t2 ... (幅広部の突堤部の) 幅。

【図 1】

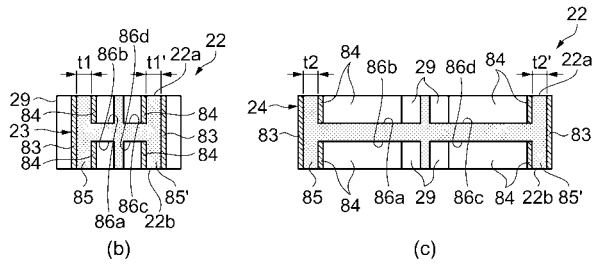
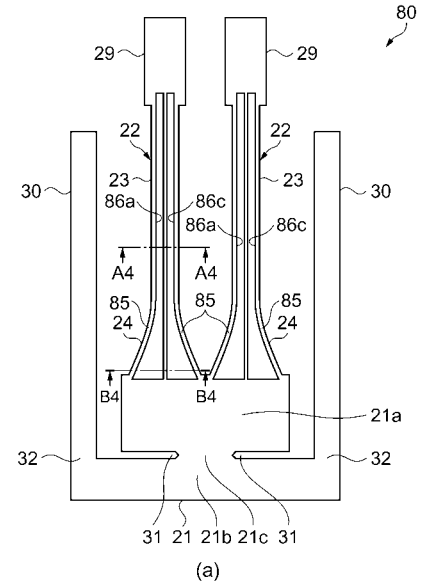
【図 2】



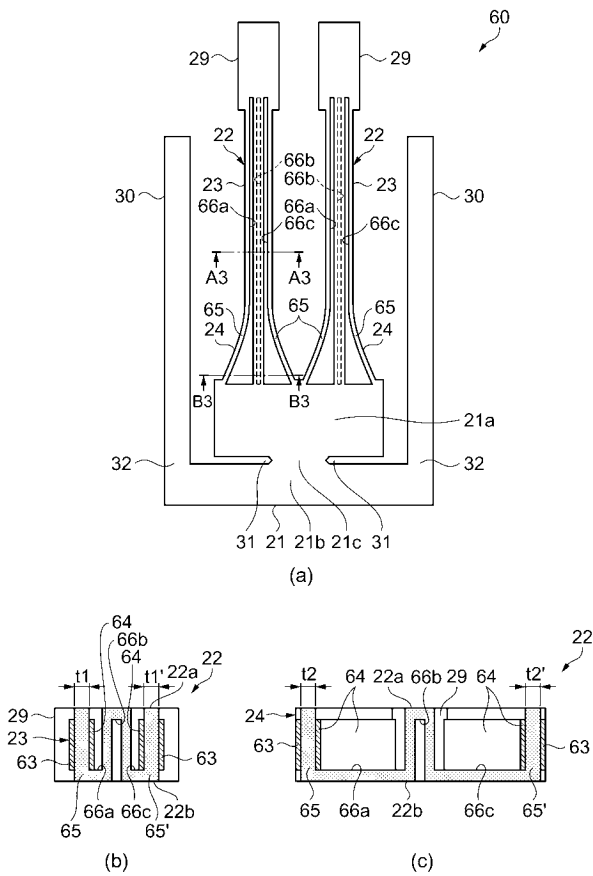
【図 3】



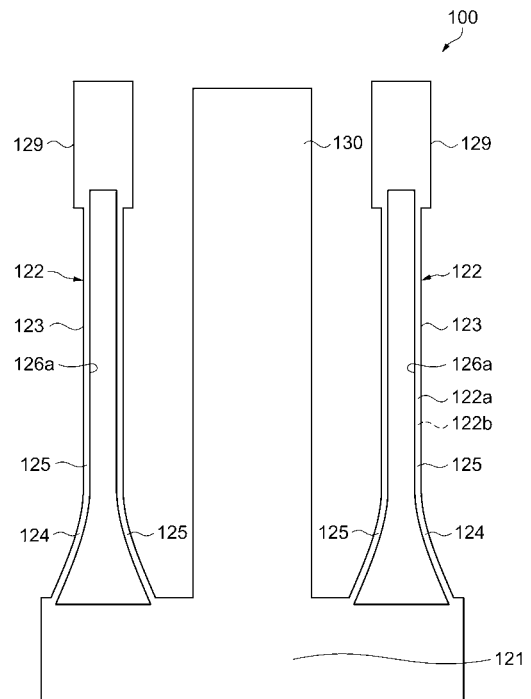
【図 4】



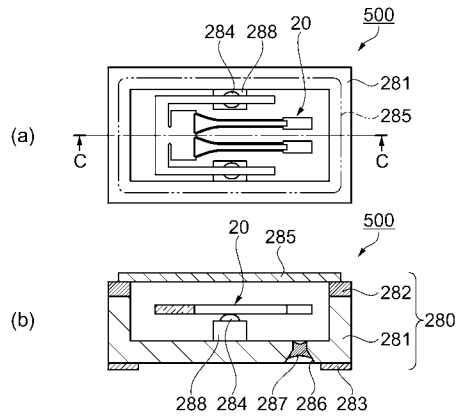
【図 5】



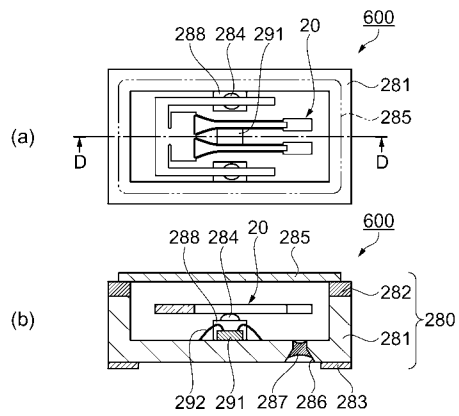
【図 6】



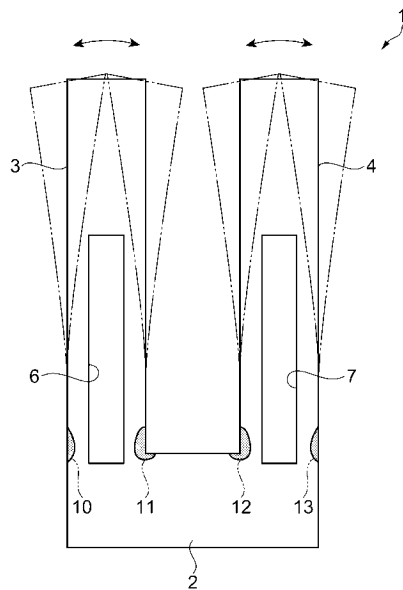
【図 7】



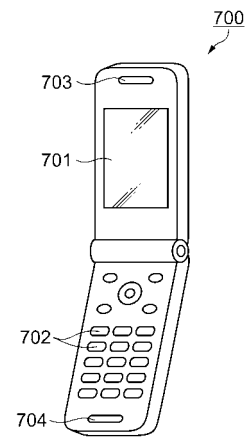
【図 8】



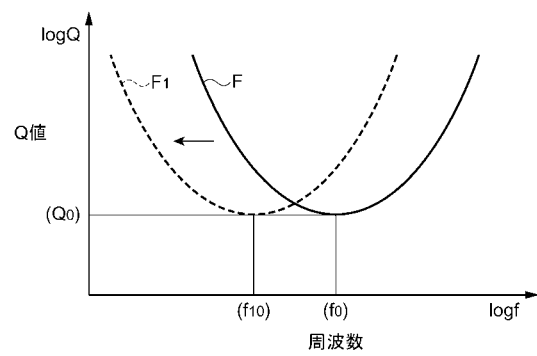
【図 10】



【図 9】



【図 11】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 41/09 (2006.01) H 0 1 L 41/08 C

審査官 畑中 博幸

(56)参考文献 特開2004-349856(JP,A)  
特開2009-027711(JP,A)  
特開2007-133897(JP,A)  
実開平02-032229(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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