

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5617392号  
(P5617392)

(45) 発行日 平成26年11月5日 (2014. 11. 5)

(24) 登録日 平成26年9月26日 (2014. 9. 26)

(51) Int. Cl.

F I

**H03H 9/19 (2006.01)**

H03H 9/19 L

**H03H 9/215 (2006.01)**

H03H 9/19 K

**H03B 5/32 (2006.01)**

H03H 9/19 J

**H01L 41/09 (2006.01)**

H03H 9/215

**H01L 41/18 (2006.01)**

H03B 5/32 H

請求項の数 7 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-156577 (P2010-156577)  
 (22) 出願日 平成22年7月9日 (2010. 7. 9)  
 (65) 公開番号 特開2012-19441 (P2012-19441A)  
 (43) 公開日 平成24年1月26日 (2012. 1. 26)  
 審査請求日 平成25年7月3日 (2013. 7. 3)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100091292  
 弁理士 増田 達哉  
 (74) 代理人 100091627  
 弁理士 朝比 一夫  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動片、振動子及び発振器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と、

前記基部から第1方向に沿って延出し、互いに表裏の関係にある2つの主面の少なくとも一方に、前記第1方向に沿って溝部が設けられている振動腕と、  
 を含み、

前記溝部が設けられている前記主面は、平面視で、前記溝部の開口を間に挟んで、前記第1方向と交差する第2方向に沿って並んでいる一方の主面部と他方の主面部とを含み、  
 前記溝部は、

前記一方の主面部と接続され、第1励振電極部が配置されている第1側面と、

前記他方の主面部と接続され、第2励振電極部が配置されている第2側面と、

前記第1側面と前記第2側面との間に位置している底部と、

を含み、

前記第1側面の前記底部側の一部から、前記底部を含んで前記第2側面の前記底部側の一部にわたる領域は、無電極領域であることを特徴とする振動片。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記振動腕は、

前記基部側に配置されている腕部と、

前記腕部より先端側に配置され、前記腕部より前記第2方向に沿った幅が広い錘部と、

10

20

を含むことを特徴とする振動片。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

前記基部に接続され、前記第 2 方向に沿って、前記振動腕に並んで配置されている支持部を含むことを特徴とする振動片。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項において、

前記基部には、前記第 2 方向に沿って並んでいる一対の切り欠き部が設けられていることを特徴とする振動片。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項において、

前記振動腕を複数本含むことを特徴とする振動片。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の振動片と、

前記振動片が収容されているパッケージと、

を備えていることを特徴とする振動子。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の振動片と、

回路と、

を備えていることを特徴とする発振器。

【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及びこの振動片を備えた発振器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、振動片としては、例えば、一対の振動腕が互いに近づく方向及び離れる方向に交互に屈曲振動する音叉型圧電振動片（以下、振動片という）が広く用いられている。

このような振動片を屈曲振動させたときの振動エネルギーの損失は、C I（クリスタルインピーダンス）値（発振のしやすさの目安となる値で、低いほど発振しやすい）の増加や 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）の低下を招き、性能を劣化させる原因となっていた。

この振動エネルギーの損失の一因としては、熱伝導が考えられている。

【0003】

図 4（a）は、振動片の熱伝導の説明図である。図 4（a）に示すように、振動片 151 は、基部 152 から延びる 2 本の互いに平行な振動腕 153、154 を備えている。

この状態で図示しない電極に所定の電圧を印加すると、振動腕 153、154 は、互いに離れる方向の振動状態のとき、斜線領域 A（振動腕 153、154 の外側の根元付近）で圧縮応力が作用し、斜線領域 B（振動腕 153、154 の内側の根元付近）で引張り応力が作用する。

一方、振動腕 153、154 は、互いに近づく振動状態のとき、斜線領域 A で引張り応力が作用し、斜線領域 B で圧縮応力が作用する。

【0004】

この際、圧縮応力が作用する領域では、温度が上昇し、引張り応力が作用する領域では、温度が下降する。

振動片 151 は、屈曲振動する振動腕 153、154 の圧縮応力を受ける圧縮部と引張り応力を受ける伸張部との間で、温度の平衡化のために発生する熱の移動（熱伝導）により、振動エネルギーの損失が生じる。

このような熱伝導により生じる Q 値の低下は、熱弾性損失と呼ばれている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 5 】

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みと応力の関係式から、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  $f_m = 1/2$  (ここで 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を一般的に表すと、図 4 ( b ) 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  $f_0 (= 1/2)$  である。

また  $f/f_0 = 1$  を境にして周波数が高い領域 ( $1 < f/f_0$ ) が断熱的領域となり、周波数が低い領域 ( $f/f_0 < 1$ ) が等温的領域となる。

## 【 0 0 0 6 】

10

図 5 は、従来の振動片の概略構成を示す模式図である。図 5 ( a ) は平面図であり、図 5 ( b ) は図 5 ( a ) の C - C 線での断面図である。

図 5 に示すように、振動片 100 は、音叉腕 (以下、振動腕という) 102 と音叉基部 (以下、基部という) 104 とを備え、振動腕 102 の上下面に溝 106 を設け、この溝 106 の側面に電極 110, 112 を配置している。

また、振動片 100 は、電極 110, 112 に対向して振動腕 102 の側面に極性の異なる電極 114, 116 を配置している (例えば、特許文献 1 参照)。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 7 】

20

【 特許文献 1 】 特開 2005 - 39767 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 8 】

上記特許文献 1 の振動片 100 は、図 5 ( b ) に示すように、振動腕 102 の圧縮部と伸張部との間の熱伝導経路が溝 106 によって途中で狭められている。

その結果、振動片 100 は、圧縮部と伸張部とで温度が平衡状態になるまでの緩和時間が長くなる。

これにより、振動片 100 は、図 4 ( b ) に示す断熱的領域では、溝 106 を形成することで、曲線 F 自体の形状は変化せずに熱緩和周波数  $f_0$  の低下に伴って、曲線 F が曲線 F1 の位置まで周波数の低下方向にシフトしたことになる。なお、曲線 F1 は、溝 106 に電極が一切形成されていない状態を示している。

30

この結果、振動片 100 は、矢印 a に示すように  $Q$  値が高くなる。

## 【 0 0 0 9 】

ところが、振動片 100 は、溝 106 に電極 110, 112 を形成すると、曲線 F が曲線 F2 の位置までシフトし、矢印 b に示すように  $Q$  値が低下してしまう。

この原因としては、電極 110, 112 が熱伝導経路を形成することが考えられる。

すなわち、電極材料のように導電性を有する材料は、振動片 100 の基材としての圧電体である水晶より熱伝導率が大きい。このような導電性を有する材料では、金属のフォノンのほかに電子が熱エネルギーを運搬する。

40

つまり、振動片 100 は、図 5 ( b ) の矢印で示すように、熱伝導が水晶に加えて、電極 110, 112 を介しても行なわれるため、緩和時間が短くなり、熱緩和周波数  $f_0$  の上昇に伴って、曲線 F が曲線 F2 の位置まで周波数の上昇方向にシフトしたと考えられる。

## 【 0 0 1 0 】

この問題の対策としては、溝の底部の電極を削除して、この部分の電極による熱伝導を回避し、緩和時間を長くすることが考えられる。

しかしながら、振動片は、小型化の進展などに伴い、溝の底部の電極の削除だけでは、緩和時間の改善が不十分となり、 $Q$  値の向上が十分に図れない虞がある。

## 【 課題を解決するための手段 】

50

## 【 0 0 1 1 】

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 方向に沿って延出し、互いに表裏の関係にある 2 つの主面の少なくとも一方に、前記第 1 方向に沿って溝部が設けられている振動腕と、を含み、前記溝部が設けられている前記主面は、平面視で、前記溝部の開口を間に挟んで、前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って並んでいる一方の主面部と他方の主面部とを含み、前記溝部は、前記一方の主面部と接続され、第 1 励振電極部が配置されている第 1 側面と、前記他方の主面部と接続され、第 2 励振電極部が配置されている第 2 側面と、前記第 1 側面と前記第 2 側面との間に位置している底部と、  
を含み、

10

前記第 1 側面の前記底部側の一部から、前記底部を含んで前記第 2 側面の前記底部側の一部にわたる領域は、無電極領域であ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、前記振動腕は、前記基部側に配置されている腕部と、前記腕部より先端側に配置され、前記腕部より前記第 2 方向に沿った幅が広い錘部と、を含むことを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る振動片は、前記基部に接続され、前記第 2 方向に沿って、前記振動腕に並んで配置されている支持部を含むことを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る振動片は、前記基部には、前記第 2 方向に沿って並んでい  
る一対の切り欠き部が設けられていることを特徴とする。

20

本発明のある別の形態に係る振動片は、前記振動腕を複数本含むことを特徴とする。

本発明のある別の形態に係る振動子は、前記振動片と、前記振動片が収容されているパッケージと、を備えていることを特徴とする。

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、を備えていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

[ 適用例 1 ] 本適用例にかかる振動片は、基部と、前記基部から延びる少なくとも 1 本の振動腕と、を備え、前記振動腕は、機械的な共振周波数が熱緩和周波数より大きく、前記振動腕は、互いに対向する主面の少なくとも一方に、前記振動腕の長手方向に沿って形成された溝部を有し、前記溝部は、底部と、前記振動腕の長手方向に沿って形成され、開口された前記主面と前記底部とに接する第 1 側面部と、前記底部を挟んで前記第 1 側面部に対向し、開口された前記主面と前記底部とに接する第 2 側面部と、を有し、前記溝部は、前記第 1 側面部の前記底部側の一部から、前記底部を含んで前記第 2 側面部の前記底部側の一部までの範囲に亘って、電極が設けられていない無電極領域を有していることを特徴とする。

30

## 【 0 0 1 3 】

これによれば、振動片は、溝部（溝と同義）が、第 1 側面部の底部側の一部から、底部を含んで第 2 側面部の底部側の一部までの範囲に亘って、電極が設けられていない無電極領域を有していることから、これらの部分の電極による熱伝導を回避することができる。

この結果、振動片は、例えば、溝部における底部の電極だけが削除されている場合と比較して、より広い範囲で屈曲振動時の圧縮部から伸張部への熱の移動が遅くなることから、緩和時間をより長くし、熱緩和周波数  $f_0$  をより低下させることが可能となる。

40

この熱緩和周波数  $f_0$  の低下によって、振動片は、図 4 ( b ) において、曲線 F が曲線 F 1 の近傍まで周波数の低下方向にシフトし、断熱的領域において Q 値を向上させることができる。

## 【 0 0 1 4 】

[ 適用例 2 ] 上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕は、前記基部側に位置する腕部と、前記腕部より先端側に位置し前記腕部より幅が広い錘部と、を有することが好ましい。

## 【 0 0 1 5 】

50

これによれば、振動片は、振動腕が基部側に位置する腕部と、腕部より先端側に位置し腕部より幅が広い錘部と、を有することから、錘部の慣性質量の増加によるQ値の向上効果によって、例えば、Q値を維持しながら振動腕を短くすることができる。

したがって、振動片は、Q値を維持しながら、さらなる小型化を図ることが可能となる。

一方、振動片は、錘部を有すると、例えば、屈曲振動における歪みが、錘部がない場合と比較して大きくなる（発生する圧縮応力、引張り応力が大きくなる）。

しかしながら、振動片は、溝部の無電極領域において、電極による熱伝導を回避することができることから、圧縮部から伸張部への熱の移動が遅くなり、錘部を有している場合に、より効果的に熱弾性損失を抑制することができる。

10

#### 【0016】

〔適用例3〕上記適用例にかかる振動片において、前記振動腕を複数本備え、前記複数本の振動腕と、前記基部とを含んで音叉を構成することが好ましい。

#### 【0017】

これによれば、振動片は、複数本の振動腕と、基部とを含んで音叉を構成することから、Q値が向上した音叉型振動片を提供できる。

#### 【0018】

〔適用例4〕本適用例にかかる振動子は、適用例1ないし適用例3のいずれか一例に記載の振動片と、前記振動片を収容するパッケージと、を備えたことを特徴とする。

#### 【0019】

これによれば、振動子は、適用例1ないし適用例3のいずれか一例に記載の振動片を備えたことから、例えば、Q値の向上によって優れた振動特性を有する振動子を提供できる。

20

#### 【0020】

〔適用例5〕本適用例にかかる発振器は、適用例1ないし適用例3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を有する回路素子と、前記振動片及び前記回路素子を収容するパッケージと、を備えたことを特徴とする。

#### 【0021】

これによれば、発振器は、適用例1ないし適用例3のいずれか一例に記載の振動片を備えたことから、例えば、Q値の向上によって優れた振動特性を有する発振器を提供できる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0022】

【図1】第1実施形態の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)の断面図。

【図2】第2実施形態の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)の断面図。

【図3】第3実施形態の発振器の概略構成を示す模式図であり、(a)は平面図、(b)は(a)の断面図。

【図4】(a)は振動片の熱伝導の説明図であり、(b)は振動片の緩和周波数とQ値の極小値との関係を示す図。

40

【図5】従来の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)の断面図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0023】

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。

#### 【0024】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態の振動片の概略構成を示す模式図であり、図1(a)は平面図、図1(b)は、図1(a)のD-D線での断面図である。

50

なお、図 1 ( a ) では、便宜的に電極部分にハッチング、アミがけを施してあると共に、煩雑にならないように電極部分を簡略化及び一部省略してある。

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、振動片としての水晶振動片 1 は、水晶の原石などから所定の角度で切り出されたウエハー状の水晶基板を基材とし、外形形状がフォトリソグラフィ技術を用いたウェットエッチングなどによって形成されている。

【 0 0 2 6 】

水晶振動片 1 は、基部 1 1 と、基部 1 1 から延びる、互いに略平行な一对の振動腕 1 2 , 1 3 と、振動腕 1 2 , 1 3 の延びる方向に対して交差する方向 ( 紙面左右方向 ) に、基部 1 1 を両側から切り欠いた一对の切り欠き部 1 4 と、基部 1 1 から紙面左右方向に突出し、振動腕 1 2 , 1 3 側に略直角に折れ曲がり、振動腕 1 2 , 1 3 に沿って延びる一对の支持部 1 5 とを備えている。

10

【 0 0 2 7 】

一对の振動腕 1 2 , 1 3 は、基部 1 1 側に位置する腕部 1 6 と、腕部 1 6 より先端側に位置し、腕部 1 6 より幅が広い錘部 1 7 と、を有している。

そして、一对の振動腕 1 2 , 1 3 は、互いに対向する主面 1 0 a , 1 0 b に、振動腕 1 2 , 1 3 の長手方向に沿って形成されると共に、一对の振動腕 1 2 , 1 3 の並ぶ方向 ( 紙面左右方向 ) に沿って切断した振動腕 1 2 , 1 3 の断面形状が、略 H 字状となる溝部 1 8 を有している。

【 0 0 2 8 】

20

溝部 1 8 は、最深部を含む底部 1 8 c と、振動腕 1 2 , 1 3 の長手方向に沿って形成され、開口された主面 1 0 a , 1 0 b と底部 1 8 c とに接する第 1 側面部 1 8 a と、底部 1 8 c を挟んで第 1 側面部 1 8 a に対向し、開口された主面 1 0 a , 1 0 b と底部 1 8 c とに接する第 2 側面部 1 8 b と、を有している。

第 1 側面部 1 8 a 及び第 2 側面部 1 8 b は、水晶のエッチング異方性によって、主面 1 0 a , 1 0 b から底部 1 8 c に近づくに連れて、急峻な傾斜からなだらかな傾斜になるように複数の面によって構成されている。

【 0 0 2 9 】

なお、第 1 側面部 1 8 a 及び第 2 側面部 1 8 b は、それぞれ 1 つの面から構成されていてもよい。

30

また、底部 1 8 c は、図 1 ( b ) において、第 1 側面部 1 8 a 側及び第 2 側面部 1 8 b 側のいずれの側にも傾斜していないように示されているが、これに限定するものではなく、第 1 側面部 1 8 a 側または第 2 側面部 1 8 b 側に傾斜していてもよい。

【 0 0 3 0 】

水晶振動片 1 は、一对の振動腕 1 2 , 1 3 の溝部 1 8 、主面 1 0 a , 1 0 b 及び一对の振動腕 1 2 , 1 3 の互いに対向する側面 1 2 a , 1 2 b , 1 3 a , 1 3 b など、電極としての励振電極 2 0 , 2 1 が形成されている。

【 0 0 3 1 】

ここで、溝部 1 8 に形成されている励振電極 2 0 , 2 1 について説明する。

図 1 ( b ) に示すように、溝部 1 8 は、第 1 側面部 1 8 a の底部 1 8 c 側の一部から、底部 1 8 c を含んで第 2 側面部 1 8 b の底部 1 8 c 側の一部までの範囲に亘って、励振電極 2 0 , 2 1 が設けられていない無電極領域を有している。

40

換言すれば、溝部 1 8 の励振電極 2 0 , 2 1 は、第 1 側面部 1 8 a 及び第 2 側面部 1 8 b の主面 1 0 a , 1 0 b 側の一部 ( 主面 1 0 a , 1 0 b から底部 1 8 c に向かう途中までの範囲 L ) に形成されている。

【 0 0 3 2 】

なお、溝部 1 8 の励振電極 2 0 , 2 1 が形成される範囲 L は、所望の Q 値と C I 値とのバランスなどによって適宜設定される。

なお、励振電極 2 0 , 2 1 が形成される範囲 L は、第 1 側面部 1 8 a と第 2 側面部 1 8 b とで長さが異なってもよい。

50

なお、励振電極 20, 21 の溝部 18 の長手方向の形成範囲は、所望の負荷容量感度（周波数 - 負荷容量特性）などの要求仕様に基づいて適宜設定される。

【0033】

図 1 に示すように、水晶振動片 1 は、基部 11 と、一对の振動腕 12, 13 とを含んで音叉を構成することで、音叉型振動片としての音叉型水晶振動片となっており、支持部 15 の所定の位置でパッケージなどの外部部材に固定されるようになっている。

そして、水晶振動片 1 は、一对の振動腕 12, 13 に形成された励振電極 20, 21 に、外部から駆動信号が印加されることにより、一对の振動腕 12, 13 が、所定の共振周波数（例えば、32 kHz）で矢印 E 方向及び矢印 F 方向に交互に屈曲振動（共振）する。

10

【0034】

なお、水晶振動片 1 は、機械的な共振周波数  $f$  が、熱緩和周波数  $f_0$  より大きくなるように設定されている。換言すれば、水晶振動片 1 は、機械的な共振周波数  $f$  を熱緩和周波数  $f_0$  で除した値が 1 を超えるように設定されている（ $1 < f / f_0$ ）。

これにより、水晶振動片 1 は、断熱的領域（図 4（b）参照）において屈曲振動することとなる。

【0035】

ここで、一对の振動腕 12, 13 などに形成されている励振電極 20, 21 について詳述する。

一对の振動腕 12, 13 などには、外部から印加される駆動信号の印加電位の極性が互いに異なる励振電極 20 と励振電極 21 とが形成されている。

20

このことから、励振電極 20 と励振電極 21 とは、短絡しないように互いに間隔を空けて形成されている。

【0036】

図 1（b）に示すように、振動腕 12 の溝部 18 には、励振電極 20 が形成され、振動腕 12 の両側面 12a, 12b には、励振電極 21 が形成されている。

なお、振動腕 12 の両側面 12a, 12b の励振電極 21 は、錘部 17 に形成された接続電極 22（図 1（a）参照）を介して互いに接続されている。

一方、振動腕 13 の溝部 18 には、励振電極 21 が形成され、振動腕 13 の両側面 13a, 13b には、励振電極 20 が形成されている。

30

なお、振動腕 13 の両側面 13a, 13b の励振電極 20 は、錘部 17 に形成された接続電極 23（図 1（a）参照）を介して互いに接続されている。

【0037】

また、振動腕 12 の溝部 18 の主面 10a 側の励振電極 20 と主面 10b 側の励振電極 20 とは、振動腕 13 の両側面 13a, 13b に形成された励振電極 20 を介して接続されている。

一方、振動腕 13 の溝部 18 の主面 10a 側の励振電極 21 と主面 10b 側の励振電極 21 とは、振動腕 12 の両側面 12a, 12b に形成された励振電極 21 を介して接続されている。

【0038】

40

図 1（a）に示すように、励振電極 20, 21 は、基部 11 を経由して支持部 15 まで引き出され、引き出された部分が、パッケージなどの外部部材に固定される際に用いられるマウント電極 20a, 21a となっている。なお、マウント電極 20a, 21a は、主面 10a 及び主面 10b の両方に形成されている。

【0039】

ここで、励振電極 20, 21 の形成方法の概略について説明する。

励振電極 20, 21 は、Ni、Cr、Au、Ag、Al、Cu などの電極材料が、蒸着、スパッタなどの方法で水晶振動片 1 の略全面に成膜され、成膜された電極材料を覆うように感光性のレジストが塗布され、レジストがフォトリソグラフィー技術などを用いて所望の電極パターン形状に応じて露光、パターンングされた後、電極材料の露出した不要部

50

分がエッチング（ウエットエッチング）で除去されることにより、所望の電極パターン形状に形成される。

したがって、上述した溝部 18 の無電極領域は、不要部分の電極材料がエッチングによって除去されることにより形成される。

【0040】

なお、水晶の熱伝導率は、約  $6.2 \sim 10.4 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$  であり、励振電極 20, 21 の電極材料としての、例えば、Au の熱伝導率は、約  $315 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$  であって、Au の方が桁違いに大きい。これは、他の電極材料（Ni、Cr など）についてもいえることである。

【0041】

上述したように、第 1 実施形態の水晶振動片 1 は、溝部 18 が第 1 側面部 18a の底部 18c 側の一部から、底部 18c を含んで第 2 側面部 18b の底部 18c 側の一部までの範囲に亘って、励振電極 20, 21 が設けられていない無電極領域を有している。

このことから、水晶振動片 1 は、これらの部分（無電極領域）における励振電極 20, 21 による熱伝導を回避することができる。

【0042】

この結果、水晶振動片 1 は、例えば、溝部 18 における底部 18c の励振電極 20, 21 だけが削除されている場合と比較して、より広い範囲で屈曲振動時の圧縮部から伸張部への熱の移動が遅くなることから、緩和時間をより長くし、熱緩和周波数  $f_0$  をより低下させることが可能となる。

この熱緩和周波数  $f_0$  の低下によって、水晶振動片 1 は、図 4 (b) において、曲線 F が曲線 F1 の近傍まで周波数の低下方向にシフトすることから、断熱的領域において Q 値を向上させることができる。

【0043】

また、水晶振動片 1 は、振動腕 12, 13 が基部 11 側に位置する腕部 16 と、腕部 16 より先端側に位置し腕部 16 より幅が広い錘部 17 と、を有することから、錘部 17 の慣性質量の増加による Q 値の向上効果によって、例えば、Q 値を維持しながら振動腕 12, 13 を短くすることができる。

したがって、水晶振動片 1 は、Q 値を維持しながら、さらなる小型化を図ることが可能となる。

【0044】

一方、水晶振動片 1 は、錘部 17 を有すると、例えば、屈曲振動における歪みが、錘部 17 がない場合と比較して大きくなる（発生する圧縮応力、引張り応力が大きくなる）。

しかしながら、水晶振動片 1 は、溝部 18 の無電極領域において、励振電極 20, 21 による熱伝導を回避することができることから、圧縮部から伸張部への熱の移動が遅くなり、錘部 17 を有する構成において、より効果的に熱弾性損失を抑制することができる。

【0045】

また、水晶振動片 1 は、一対（2 本）の振動腕 12, 13 と、基部 11 とを含んで音叉を構成することから、Q 値が向上するなどの上述した効果を奏する音叉型水晶振動片を提供できる。

【0046】

（第 2 実施形態）

次に、第 2 実施形態として、上記で説明した水晶振動片を備えた振動子について説明する。

図 2 は、第 2 実施形態の振動子の概略構成を示す模式図であり、図 2 (a) は平面図、図 2 (b) は、図 2 (a) の G - G 線での断面図である。なお、煩雑さを避けるために、水晶振動片の電極は省略してある。

【0047】

図 2 に示すように、振動子としての水晶振動子 5 は、第 1 実施形態の水晶振動片 1 と、水晶振動片 1 を収容するパッケージ 80 と、を備えている。



パッケージ８０は、パッケージベース８１、シームリング８２、蓋体８５などから構成されている。

パッケージベース８１は、水晶振動片１を収容できるように凹部が形成され、その凹部に水晶振動片１の図示しないマウント電極２０ａ，２１ａ（図１参照）と接続される接続パッド８８が設けられている。

接続パッド８８は、パッケージベース８１内の配線に接続され、パッケージベース８１の外周部に設けられた外部接続端子８３と導通可能に構成されている。

#### 【００４８】

パッケージベース８１の凹部の周囲には、シームリング８２が設けられている。さらに、パッケージベース８１の底部には、貫通穴８６が設けられている。

水晶振動片１は、パッケージベース８１の接続パッド８８に導電性接着剤８４を介して接着固定されている。そして、パッケージ８０は、パッケージベース８１の凹部を覆う蓋体８５とシームリング８２とがシーム溶接されている。

パッケージベース８１の貫通穴８６には、金属材料などからなる封止材８７が充填されている。この封止材８７は、減圧雰囲気内で溶融後固化され、パッケージベース８１内が減圧状態を保持できるように、貫通穴８６を気密に封止している。

水晶振動子５は、外部接続端子８３を介した外部からの駆動信号により水晶振動片１が励振され、所定の共振周波数（例えば、３２ｋＨｚ）で発振（共振）する。

#### 【００４９】

上述したように、水晶振動子５は、水晶振動片１を備えていることから、例えば、Ｑ値の向上によって優れた振動特性を有する水晶振動子を提供することができる。

#### 【００５０】

（第３実施形態）

次に、第３実施形態として、上記で説明した水晶振動片を備えた発振器について説明する。

図３は、第３実施形態の発振器の概略構成を示す模式図であり、図３（ａ）は平面図、図３（ｂ）は、図３（ａ）のＨ－Ｈ線での断面図である。なお、煩雑さを避けるために、水晶振動片の電極類は省略してある。

#### 【００５１】

発振器としての水晶発振器６は、上記水晶振動子５の構成に回路素子をさらに備えた構成となっている。なお、水晶振動子５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３に示すように、水晶発振器６は、第１実施形態の水晶振動片１と、水晶振動片１を発振させる発振回路を有する回路素子としてのＩＣチップ９１と、水晶振動片１及びＩＣチップ９１を収容するパッケージ８０と、を備えている。

ＩＣチップ９１は、パッケージベース８１の底部に固着され、Ａｕ、Ａｌなどの金属ワイヤー９２により他の配線と接続されている。

水晶発振器６は、ＩＣチップ９１の発振回路からの駆動信号により水晶振動片１が励振され、所定の共振周波数（例えば、３２ｋＨｚ）で発振（共振）する。

#### 【００５２】

上述したように、水晶発振器６は、水晶振動片１を備えていることから、例えば、Ｑ値の向上によって優れた振動特性を有する水晶発振器を提供することができる。

#### 【００５３】

なお、上記各実施形態において、水晶振動片１の支持部１５、錘部１７は、なくてもよい。

また、支持部１５は、一対に限定するものではなく、一方だけでもよい。

なお、上記各実施形態では、溝部１８を振動腕１２，１３の両方の主面１０ａ，１０ｂに設けたが、これに限定するものではなく、いずれか一方の主面（１０ａまたは１０ｂ）のみでもよい。

また、上記各実施形態では、振動腕１２，１３の数を一対（２本）としたが、これに限

10

20

30

40

50

定するものではなく、１本、または３本以上でもよい。

【００５４】

なお、上記各実施形態では、振動片を水晶としたが、これに限定するものではなく、例えば、タンタル酸リチウム（ $\text{LiTaO}_3$ ）、四ホウ酸リチウム（ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ）、ニオブ酸リチウム（ $\text{LiNbO}_3$ ）、チタン酸ジルコン酸鉛（ $\text{PZT}$ ）、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、窒化アルミニウム（ $\text{AlN}$ ）などの圧電体、または酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、窒化アルミニウム（ $\text{AlN}$ ）などの圧電体を被膜として備えたシリコンなどであってもよい。

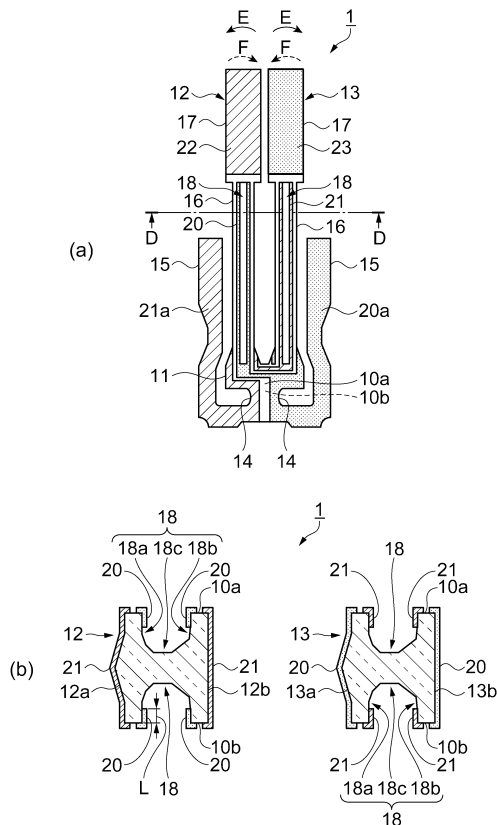
【符号の説明】

【００５５】

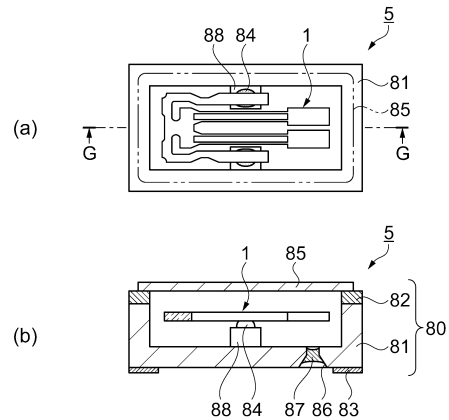
１…振動片としての水晶振動片、５…振動子としての水晶振動子、６…発振器としての水晶発振器、１０ａ，１０ｂ…主面、１１…基部、１２…振動腕、１２ａ，１２ｂ…側面、１３…振動腕、１３ａ，１３ｂ…側面、１４…切り欠き部、１５…支持部、１６…腕部、１７…錘部、１８…溝部、１８ａ…第１側面部、１８ｂ…第２側面部、１８ｃ…底部、２０，２１…電極としての励振電極、２０ａ，２１ａ…マウント電極、２２，２３…接続電極、８０…パッケージ、８１…パッケージベース、８２…シームリング、８３…外部接続端子、８４…導電性接着剤、８５…蓋体、８６…貫通穴、８７…封止材、８８…接続パッド、９１…回路素子としてのＩＣチップ、９２…金属ワイヤー、１００…振動片、１０２…振動腕、１０４…基部、１０６…溝、１１０，１１２，１１４，１１６…電極、１５１…振動片、１５２…基部、１５３，１５４…振動腕。

10

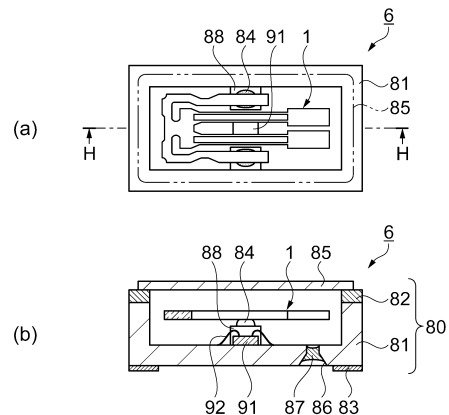
【図１】



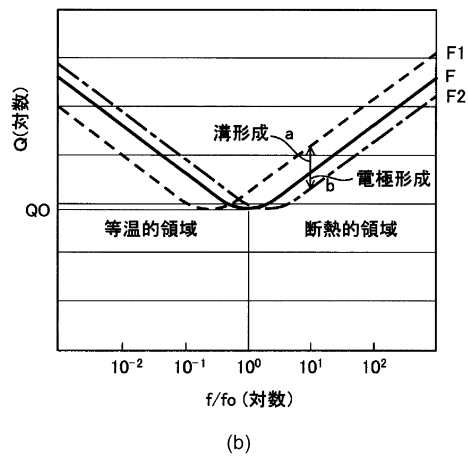
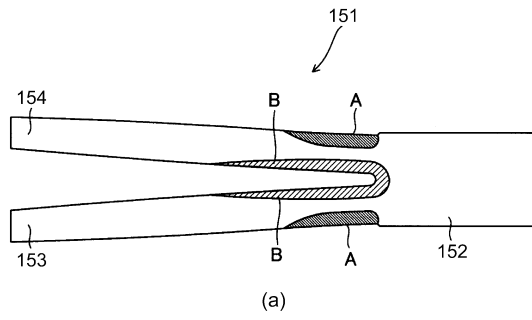
【図２】



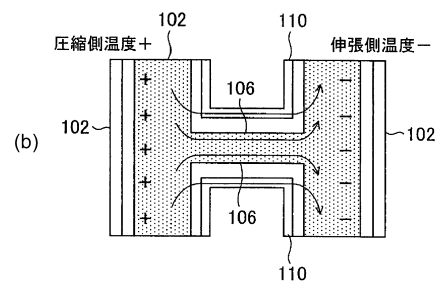
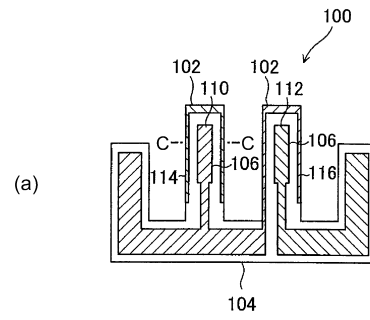
【図３】



【図 4】



【図 5】



---

 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	1 0 1 A
	H 0 1 L 41/18	1 0 1 B
	H 0 1 L 41/18	1 0 1 D

(72)発明者 山田 明法  
 東京都日野市日野4 2 1 - 8 エプソントヨコム株式会社内

審査官 畑中 博幸

(56)参考文献 特開2 0 1 0 - 0 5 0 9 6 0 ( J P , A )  
 特開2 0 0 7 - 1 5 8 3 8 6 ( J P , A )  
 国際公開第0 0 / 0 4 4 0 9 2 ( W O , A 1 )  
 特開2 0 0 6 - 3 5 2 7 7 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)  
 H 0 3 H 9 / 1 9  
 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  
 H 0 1 L 4 1 / 1 8 7