

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6277606号  
(P6277606)

(45) 発行日 平成30年2月14日 (2018. 2. 14)

(24) 登録日 平成30年1月26日 (2018. 1. 26)

(51) Int. Cl.

F I

H03H 9/19 (2006.01)

H03H 9/19 J

H03H 9/215 (2006.01)

H03H 9/215

H03H 9/02 (2006.01)

H03H 9/02 K

H03B 5/32 (2006.01)

H03B 5/32 H

請求項の数 11 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2013-128014 (P2013-128014)  
 (22) 出願日 平成25年6月18日 (2013. 6. 18)  
 (65) 公開番号 特開2015-5788 (P2015-5788A)  
 (43) 公開日 平成27年1月8日 (2015. 1. 8)  
 審査請求日 平成28年6月10日 (2016. 6. 10)

(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 100091292  
 弁理士 増田 達哉  
 (74) 代理人 100091627  
 弁理士 朝比 一夫  
 (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 吉田 美彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動素子、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の方向に延出し、前記第1の方向に直交する第2の方向に離間して配置されている一対の振動腕と、

前記基部から前記第1の方向に延出し、前記一対の振動腕の間に配置されている保持腕と、

を含む振動素子であって、

前記保持腕には、平面視で、前記振動素子の重心と前記基部との間に固定部材を介して対象物に取り付けられる固定領域があり、

平面視で、前記重心と前記基部との間の前記第1の方向に沿った距離を  $L10$  としたとき、

前記固定領域の前記第1の方向における中心と前記基部との間の前記第1の方向に沿った距離は、 $0.15 \times L10$  以上  $0.30 \times L10$  以下であることを特徴とする振動素子。

【請求項 2】

基部と、

前記基部から第1の方向に延出し、前記第1の方向に直交する第2の方向に離間して配置されている一対の振動腕と、

前記基部から前記第1の方向に延出し、前記一対の振動腕の間に配置されている保持腕

と、

を含む振動素子であって、

前記保持腕には、平面視で、前記振動素子の重心と前記基部との間に固定部材を介して対象物に取り付けられる固定領域があり、

平面視で、前記重心と前記基部との間の前記第 1 の方向に沿った距離を  $L10$  としたとき、

前記固定領域の前記第 1 の方向に沿った長さは、 $0.589 \times L10$  以上  $L10$  以下であることを特徴とする振動素子。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

前記固定領域は、前記第 1 の方向に沿った長さが前記第 2 の方向に沿った長さよりも長いことを特徴とする振動素子。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項において

前記固定領域は、前記第 1 の方向に沿った長さが、前記第 2 の方向に沿った長さの 2 倍以上であることを特徴とする振動素子。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか一項において、

前記保持腕は、平面視で、前記重心と重なっていることを特徴とする振動素子。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項において、

前記固定領域は、平面視で、

第 1 固定部と、

前記第 1 固定部と離間し、前記第 1 固定部よりも前記保持腕の先端側に位置している第 2 固定部と、  
を含むことを特徴とする振動素子。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記第 1 固定部と前記第 2 固定部との間の前記第 1 の方向に沿った距離は、 $20 \mu m$  以上であることを特徴とする振動素子。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の振動素子と、

前記振動素子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 9】

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の振動素子と、

発振回路と、

を備えていることを特徴とする発振器。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の振動素子を備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の振動素子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】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動素子、振動子、発振器、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来から、水晶を用いた振動素子が知られている。このような振動素子は、周波数温度特性が優れていることから、種々の電子機器の基準周波数源や発信源などとして広く用いられている。

特許文献 1 に記載の振動素子は、基部と、基部から並んで延出する 1 対の振動腕とを有しており、基部に設けられた 2 つの固定部にて導電性接着材を介してパッケージに固定されている。しかしながら、このような構成では、振動腕の振動が伝わり易い位置に 2 つの固定部が配置されているため、振動漏れの大きい振動素子となってしまう。

【 0 0 0 3 】

また、特許文献 2 に記載の振動素子は、基部と、基部から並んで延出する 1 対の振動腕と、基部から 1 対の振動腕の間に延出する保持腕とを有しており、保持腕に設けられた 2 つの固定部にて導電性接着材を介してパッケージに固定されている。しかしながら、このような構成では、2 つの固定部の保持腕での位置や、2 つの固定部の位置関係によっては、振動漏れが大きくなってしまおうという問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 1 9 1 5 9 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 1 4 1 7 7 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

振動漏れを低減することのできる振動素子、並びに、この振動素子を備える振動子、発振器、電子機器および移動体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

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、以下の適用例として実現することが可能である。

[ 適用例 1 ]

本発明の振動素子は、基部と、

前記基部から第 1 の方向に延出し、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に離間して配置されている一対の振動腕と、

前記基部から前記第 1 の方向に延出し、前記一対の振動腕の間に配置されている保持腕と、

を含む振動素子であって、

前記保持腕には、平面視で、前記振動素子の重心と前記基部との間に固定部材を介して対象物に取り付けられる固定領域があり、

平面視で、前記重心と前記基部との間の前記第 1 の方向に沿った距離を  $L_{10}$  としたとき、

前記固定領域の前記第 1 の方向における中心と前記基部との間の前記第 1 の方向に沿った距離は、 $0.15 \times L_{10}$  以上  $0.30 \times L_{10}$  以下であることを特徴とする。

これにより、振動漏れを低減することのできる振動素子となる。また、上記範囲は、振動腕の振動の影響を受けにくい場所であるため、このような位置を中心として固定部を配置することによって、振動漏れがより低減された振動素子となる。

[ 適用例 2 ]

基部と、

前記基部から第 1 の方向に延出し、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に離間して配置されている一対の振動腕と、

前記基部から前記第 1 の方向に延出し、前記一対の振動腕の間に配置されている保持腕と、

を含む振動素子であって、

前記保持腕には、平面視で、前記振動素子の重心と前記基部との間に固定部材を介して対象物に取り付けられる固定領域があり、

平面視で、前記重心と前記基部との間の前記第 1 の方向に沿った距離を  $L10$  としたとき、

前記固定領域の前記第 1 の方向に沿った長さは、 $0.589 \times L10$  以上  $L10$  以下であることを特徴とする。

この範囲は、振動腕の振動の影響を受けにくい場所であるため、このような位置を中心として固定部を配置することによって、振動漏れがより低減された振動素子となる。

【0007】

[適用例 3]

本発明の振動素子では、前記固定領域は、前記第 1 の方向に沿った長さが前記第 2 の方向に沿った長さよりも長いことが好ましい。

これにより、振動漏れをより低減することができる。

【0008】

[適用例 4]

本発明の振動素子では、前記固定領域は、前記第 1 の方向に沿った長さが、前記第 2 の方向に沿った長さの 2 倍以上であることが好ましい。

これにより、例えば、第 2 の方向に沿った長さが上記下限値以上であると、固定部が振動素子の長手方向に沿って長くなるので、振動素子をケースにバランスよく固定することができる。

【0011】

[適用例 5]

本発明の振動素子では、前記保持腕は、平面視で、前記重心と重なっていることが好ましい。

これにより、振動腕の振動の影響をより低減することができ、振動漏れをより低減することのできる振動素子となる。

[適用例 6]

本発明の振動素子では、前記固定領域は、平面視で、

第 1 固定部と、

前記第 1 固定部と離間し、前記第 1 固定部よりも前記保持腕の先端側に位置している第 2 固定部と、

を含むことが好ましい。

これにより、対象物へ搭載した状態での固定部材同士の接触を低減することができる。

【0012】

[適用例 7]

本発明の振動素子では、前記第 1 固定部と前記第 2 固定部との間の前記第 1 の方向に沿った距離は、 $20 \mu\text{m}$  以上であることが好ましい。

これにより、対象物へ搭載した状態での固定部材同士の接触をより低減することができる。

【0013】

[適用例 8]

本発明の振動子は、本発明の振動素子と、

前記振動素子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。

これにより、高い信頼性を有する振動子が得られる。

[適用例 9]

本発明の発振器は、本発明の振動素子と、

発振回路と、を備えていることを特徴とする。

これにより、高い信頼性を有する発振器が得られる。

【0014】

[適用例 10]

本発明の電子機器は、本発明の振動素子を備えていることを特徴とする。  
これにより、高い信頼性を有する電子機器が得られる。

[適用例 1.1]

本発明の移動体は、本発明の振動素子を備えていることを特徴とする。  
これにより、高い信頼性を有する移動体得られる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる振動子の平面図である。

【図2】図1中のA - A線断面図である。

【図3】図1に示す振動子が有する振動素子の上面図である。

10

【図4】図3に示す振動素子の機能を説明するための平面図である。

【図5】図3中のB - B線断面図である。

【図6】図3に示す振動素子の裏面図である。

【図7】図3に示す振動素子の他の例を示す上面図である。

【図8】屈曲振動時の熱伝導について説明する振動腕の断面図である。

【図9】Q値と $f/f_m$ の関係を示すグラフである。

【図10】シミュレーションで用いた振動素子の一例と、振動素子の保持位置と $Q_{Lea_k}$ 値の関係を示す図である。

【図11】本発明の第2実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

【図12】本発明の第3実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

20

【図13】本発明の第4実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

【図14】シミュレーションで用いた振動素子の一例と、振動素子の保持位置と $Q_{Lea_k}$ 値の関係を示す図である。

【図15】本発明の第5実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

【図16】本発明の第6実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

【図17】本発明の第7実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

【図18】本発明の第8実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

【図19】図18に示す振動子の断面図である。

【図20】本発明の発振器の好適な実施形態を示す断面図である。

【図21】本発明の振動素子を備える電子機器を適用したモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。

30

【図22】本発明の振動素子を備える電子機器を適用した携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。

【図23】本発明の振動素子を備える電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。

【図24】本発明の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。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の振動素子、振動子、発振器、電子機器および移動体を図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

40

1. 振動子

まず、本発明の振動子について説明する。

<第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態にかかる振動子の平面図である。図2は、図1中のA - A線断面図である。図3は、図1に示す振動子が有する振動素子の上面図である。図4は、図3に示す振動素子の機能を説明するための平面図である。図5は、図3中のB - B線断面図である。図6は、図3に示す振動素子の裏面図である。図7は、図3に示す振動素子の他の例を示す上面図であり、図8は、屈曲振動時の熱伝導について説明する振動腕の断面図である。図9は、Q値と $f/f_m$ の関係を示すグラフであり、図10は、シミュレーションで用いた振動素子の一例と、振動素子の保持位置と $Q_{Lea_k}$ 値の関係を示す図

50

である。なお、以下では、説明の便宜上、図 1 に示すように、互いに直交する 3 軸を X 軸（水晶の電気軸）、Y 軸（水晶の機械軸）および Z 軸（水晶の光学軸）とする。また、図 2 中の上側を「上（表）」とし、下側を「下（裏）」とする。また、図 3 中の上側を「先端」とし、下側を「基端」とする。また、以下では、Z 軸方向から見たときの平面視を単に「平面視」と言う。

図 1 に示すように、振動子 1 は、振動素子（本発明の振動素子）2 と、振動素子 2 を収納するパッケージ 9 とを有している。

【0017】

（パッケージ）

図 1 および図 2 に示すように、パッケージ 9 は、上面に開放する凹部 911 を有する箱状のベース 91 と、凹部 911 の開口を塞いでベース 91 に接合されている板状のリッド 92 とを有している。パッケージ 9 は、凹部 911 がリッド 92 で塞がれることで形成された収容空間 S を有し、この収容空間 S に振動素子 2 を気密的に収容している。収容空間 S 内は、減圧（好ましくは真空）状態となってもよいし、窒素、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが封入されていてもよい。

【0018】

ベース 91 の構成材料としては、特に限定されないが、酸化アルミニウム等の各種セラミックスを用いることができる。また、リッド 92 の構成材料としては、特に限定されないが、ベース 91 の構成材料と線膨張係数が近似する部材であると良い。例えば、ベース 91 の構成材料を前述のようなセラミックスとした場合には、コパール等の合金とするのが好ましい。なお、ベース 91 とリッド 92 の接合は、特に限定されず、例えば、メタライズ層を介して接合することができる。

【0019】

また、ベース 91 の凹部 911 の底面には、接続端子 951、961 が形成されている。そして、接続端子 951 上には第 1 導電性接着材（固定部材）11 が設けられ、接続端子 961 上には第 2 導電性接着材（固定部材）12 が設けられている。そして、これら第 1、第 2 導電性接着材 11、12 を介して振動素子 2 がベース 91 に固定されている。なお、第 1、第 2 導電性接着材 11、12 としては、導電性および接着性を有していれば特に限定されず、例えば、エポキシ系、アクリル系、シリコン系、ビスマレイミド系、ポリエステル系、ポリウレタン系の樹脂に銀粒子等の導電性フィラーを混合した導電性接着材や、金バンプ、銀バンプ、銅バンプ等の金属バンプ等を用いることができる。

【0020】

また、接続端子 951 は、ベース 91 を貫通する貫通電極（図示せず）を介してベース 91 の下面に設けられた外部端子 953 に電氣的に接続され、同様に、接続端子 961 は、ベース 91 を貫通する貫通電極（図示せず）を介してベース 91 の下面に設けられた外部端子 963 に電氣的に接続されている。接続端子 951、961、外部端子 953、963 および前記貫通電極の構成としては、それぞれ、導電性を有していれば、特に限定されず、例えば、Cr（クロム）、Ni（ニッケル）、W（タングステン）などの下地層に、Au（金）、Ag（銀）、Cu（銅）などの被膜を積層した金属被膜で構成することができる。

【0021】

（振動素子）

図 3 ないし図 5 に示すように、振動素子 2 は、水晶基板 3 と、水晶基板 3 上に形成された電極 8 と、を有している。なお、図 3 に、振動素子 2 の重心 G を図示する。

水晶基板 3 は、Z カット水晶板で構成されている。Z カット水晶板とは、Z 軸を厚さ方向とする水晶基板である。なお、Z 軸は、水晶基板 3 の厚さ方向と一致しているのが好ましいが、常温近傍における周波数温度変化を小さくする観点から、厚さ方向に対して若干傾けてもよい。

【0022】

すなわち、傾ける角度を 度（-5 度 15 度）とした場合、前記水晶の電気軸と

10

20

30

40

50

してのX軸、機械軸としてのY軸、光学軸としてのZ軸からなる直交座標系の前記X軸を回転軸として、前記Z軸を前記Y軸の-Y方向へ+Z側が回転するように 度傾けた軸をZ'軸、前記Y軸を前記Z軸の+Z方向へ+Y側が回転するように 度傾けた軸をY'軸としたとき、Z'軸に沿った方向を厚さとし、X軸とY'軸を含む面を主面とする水晶基板3となる。

#### 【0023】

なお、水晶基板3の厚さDとしては、特に限定されないが、70 $\mu$ m未満であるのが好ましい。このような数値範囲とすることにより、例えば、ウエットエッチングによって水晶基板3を形成(パターニング)する場合、振動腕5と基部4の境界部や後述する腕部51とハンマーヘッド59の境界部等に不要部(本来なら除去されるべき部分)が残存してしまうのを効果的に防止することができる。そのため、振動漏れを効果的に低減することのできる振動素子2とすることができる。違う観点から、厚さDは、70 $\mu$ m以上、300 $\mu$ m以下程度であるのが好ましく、100 $\mu$ m以上、150 $\mu$ m以下程度であるのがより好ましい。このような数値範囲とすることにより、後述する第1、第2駆動用電極84、85を振動腕5、6の側面に広く形成することができるため、CI値を低くすることができる。

#### 【0024】

図3に示すように、水晶基板3は、基部4と、基部4の先端(一方の端部)から+Y軸方向(第1方向)に延出する一対の振動腕(第1、第2の振動腕)5、6と、基部4の先端から+Y軸方向に延出する保持腕7とを有している。これら基部4、振動腕5、6および保持腕7は、水晶基板3から一体に形成されている。

基部4は、XY平面に広がりをも有し、Z軸方向に厚さを有する略板状をなしている。基部4は、振動腕5、6を支持・連結する部分(本体部41)と、振動漏れを低減する縮幅部42とを有している。

縮幅部42は、本体部41の基端側(振動腕5、6が延出している側とは反対側)に設けられている。また、縮幅部42は、その幅(X軸方向に沿った長さ)が振動腕5、6から離れるに従い漸減する。このような縮幅部42を有することにより、振動素子2の振動漏れを効果的に抑制することができる。

#### 【0025】

具体的に説明すると次のようになる。なお、説明を簡単にするために、振動素子2の形状は、Y軸に平行な所定の軸に対して対称であるとする。

まず、図4(a)に示すように、縮幅部42が設けられていない場合について説明する。後述するように、振動腕5、6が互いに離間するように屈曲変形した場合、振動腕5が接続されている付近の本体部41では、矢印で示したように時計回りの回転運動に近い変位が発生し、振動腕6が接続されている付近の本体部41では、矢印で示したように反時計回りの回転運動に近い変位が発生する(ただし、厳密には回転運動ということができるような運動ではないため、便宜的に「回転運動に近い」とする)。これらの変位のX軸方向成分は、互いに反対方向を向いているから、本体部41のX軸方向中央部において相殺され、+Y軸方向の変位が残ることになる(ただし、厳密には、Z軸方向の変位も残るが、ここでは省略する)。すなわち、本体部41は、X軸方向中央部が+Y軸方向に変位するような屈曲変形をする。この+Y軸方向の変位を有する本体部41のX軸方向中央部から+Y軸方向に延びている保持腕7に接着材を形成し、接着材を介してパッケージに固定すると、+Y軸方向変位に伴う弾性エネルギーが接着材を介して外部に漏洩する。これが振動漏れという損失であり、Q値の劣化の原因となり、結果としてCI値の劣化となる。

#### 【0026】

これに対して、図4(b)に示すように、縮幅部42が設けられている場合では、縮幅部42がアーチ状(曲線状)の輪郭を有しているため、上述した回転運動に近い変位は、縮幅部42において互いにつかえることになる。すなわち、縮幅部42のX軸方向中央部においては、本体部41のX軸方向中央部と同様にX軸方向の変位が相殺され、それと

10

20

30

40

50

共に、Y軸方向の変位が抑制されることになる。さらに、縮幅部42の輪郭がアーチ状であるから、本体部41で発生しようとする+Y軸方向の変位をも抑制することになる。この結果、縮幅部42が設けられた場合の基部4のX軸方向中央部の+Y軸方向の変位は、縮幅部42が設けられていない場合に比べて遥かに小さくなる。すなわち、振動漏れの小さい振動素子を得ることができる。

なお、本実施形態では、縮幅部42の輪郭がアーチ状をしているが、上述のような作用を呈するものであればこれに限るものではない。例えば、輪郭が複数の直線によって、段差状に形成されている縮幅部、輪郭が複数の直線によって、略円弧状に形成されている縮幅部であってもよい。

#### 【0027】

10

振動腕5、6は、X軸方向（第2の方向）に並び、かつ、互いに平行となるように基部4の先端から+Y軸方向（第1の方向）に延出している。振動腕5、6は、それぞれ、長手形状をなしており、その基端が固定端となり、先端が自由端となっている。

また、振動腕5、6は、腕部51、61と、腕部51、61の先端に設けられたハンマーヘッド59、69とを有している。なお、振動腕5、6は、互いに同様の構成であるため、以下では、振動腕5について代表して説明し、振動腕6については、その説明を省略する。

#### 【0028】

20

図5に示すように、腕部51は、XY平面で構成された一对の主面511、512と、YZ平面で構成され、一对の主面511、512を接続する一对の側面513、514とを有している。また、腕部51は、主面511に開放する有底の溝52と、主面512に開放する有底の溝53とを有している。各溝52、53は、Y軸方向に延在し、先端がハンマーヘッド59まで延び、基端が基部4まで延びている。このように、各溝52、53の先端がハンマーヘッド59まで延びていると、各溝52、53の先端周辺での応力集中が緩和され、衝撃が加わった際に発生する折れや欠けのおそれが減少する。また、各溝52、53の基端が基部4まで延びていると、振動腕5と基部4の境界部周辺での応力集中が緩和される。そのため、例えば、衝撃が加わった際に発生する折れや欠けのおそれが減少する。

#### 【0029】

30

溝52、53の深さとしては、特に限定されないが、溝52の深さをD1とし、溝53の深さをD2（本実施形態では、 $D1 = D2$ ）としたとき、 $60\% \leq (D1 + D2) / D \leq 95\%$ なる関係を満足するのが好ましい。このような関係を満足することによって、熱移動経路が長くなるから、断熱的領域（後に詳述する）において、より効果的に、熱弾性損失の低減を図ることができる。

#### 【0030】

なお、溝52、53は、振動腕5の断面重心が振動腕5の断面形状の中心と一致するように、振動腕5の位置に対して溝52、53の位置をX軸方向に調整して形成されているのが好ましい。こうすることによって、振動腕5の不要な振動（具体的には、面外方向成分を有する斜め振動）を低減するので、振動漏れを低減することができる。また、この場合、余計な振動をも駆動してしまうことを低減することになるので、相対的に駆動領域が増大してCI値を小さくすることができる。

40

#### 【0031】

また、主面511の溝52のX軸方向両側に位置する土手部（振動腕の長手方向に直交する幅方向に沿って溝52を挟んで並んでいる主面）511aおよび主面512の溝53のX軸方向両側に位置する土手部512aの幅（X軸方向の長さ）をW3としたとき、 $0 \mu m < W3 \leq 20 \mu m$ なる関係を満足するのが好ましい。これにより、振動素子2のCI値が十分に低くなる。上記数値範囲の中でも、 $5 \mu m < W3 \leq 9 \mu m$ なる関係を満足するのがより好ましい。これにより、上記効果とともに、熱弾性損失を低減することができる。また、 $0 \mu m < W3 \leq 5 \mu m$ なる関係を満足するのも好ましい。これにより、振動素子2のCI値をより低くすることができる。

50

## 【0032】

ハンマーヘッド59は、平面視にて、X軸方向を長手とする略矩形となっている。ハンマーヘッド59は、腕部51よりも幅(X軸方向の長さ)が広く、腕部51からX軸方向の両側へ突出している。ハンマーヘッド59をこのような構成とすることで、振動腕5の全長Lを抑えつつ、ハンマーヘッド59の質量を高めることができる。言い換えると、振動腕5の全長Lが一定の場合、ハンマーヘッド59の質量効果を損なうことなく、腕部51をなるべく長く確保することができる。そのため、所望の共振周波数(例えば32.768kHz)を得るために、振動腕5の幅を広くすることができる。その結果、後述する熱移動経路が長くなって熱弾性損失が減少し、Q値が向上する。

## 【0033】

10

また、ハンマーヘッド59のX軸方向中心を振動腕5のX軸方向中心から多少ずらしてもよい。例えば、図7に示すように、ハンマーヘッド59のX軸方向中心が、腕部51のX軸方向中心に対して、保持腕7側にずれていてもよい。こうすることによって、振動腕5の振れが低減されるので、基部4のZ軸方向の振動が低減され、振動漏れをより抑制することができる。なお、ハンマーヘッド59のX軸方向中心が、腕部51のX軸方向中心に対して、保持腕7と反対側にずれていてもよい。

## 【0034】

また、振動腕5の全長(Y軸方向の長さ)をLとし、ハンマーヘッド59の長さ(Y軸方向の長さ)をHとしたとき、振動腕5は、 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ なる関係を満足しているのが好ましく、 $4.6\% < H/L < 22.3\%$ なる関係を満足しているのがより好ましい。このような数値範囲を満足することにより、振動素子2のCI値が低く抑えられるため、振動損失が少なく、優れた振動特性を有する振動素子2となる。ここで、本実施形態では、振動腕5の基端を、側面514が基部4と接続されている箇所と、側面513が基部4と接続されている箇所を結んだ線分の振動腕5の幅(X軸方向の長さ)中心に位置する箇所に設定している。また、ハンマーヘッド59の基端を、腕部51の先端部に設けられたテーパ部中にて、その幅が腕部51の幅の1.5倍となっている箇所に設定している。

20

## 【0035】

また、腕部51の幅(X軸方向の長さ)をW1とし、ハンマーヘッド59の幅(X軸方向の長さ)をW2としたとき、 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ なる関係を満足するのが好ましく、 $1.6 \leq W2/W1 \leq 7.0$ なる関係を満足しているのがより好ましい。このような数値範囲を満足することにより、ハンマーヘッド59の幅を広く確保することができる。そのため、ハンマーヘッド59の長さHが上述のように比較的短くても、ハンマーヘッド59による質量効果を十分に発揮することができる。

30

## 【0036】

なお、L=2mm、好ましくは、L=1mmとすることで、携帯型音楽機器やICカードのようなものに搭載する発振器に使用する、小型な振動素子を得ることができる。また、W1=100μm、好ましくは、W1=50μmとすることで、上記Lの範囲においても、低消費電力を実現する発振回路に使用する、低周波で共振する振動素子を得ることができる。また、断熱的領域であれば、本実施形態のように、水晶Z板でY軸方向に振動腕5、6が延び、X方向に屈曲振動する場合、W1=12.8μmであることが好ましく、水晶Z板でX方向に振動腕5、6が延び、Y方向に屈曲振動する場合、W1=14.4μmであることが好ましく、水晶X板でY方向に振動腕5、6が延び、Z方向に屈曲振動する場合、W1=15.9μmであることが好ましい。こうすることによって、確実に断熱的領域にすることができるので、溝52、53、62、63の形成により熱弾性損失が減少してQ値が向上し、それと共に溝52、53、62、63が形成されている領域で駆動することにより(電界効率が高く、駆動面積が稼げる)CI値が低くなる。

40

## 【0037】

保持腕7は、振動腕5、6の間に位置し、基部4の先端から+Y軸方向に延出している。また、保持腕7の先端は、ハンマーヘッド59、69の基端よりも基部4側に位置して

50

いる。特に、本実施形態では、保持腕 7 の先端が、平面視にて、重心 G よりも基部 4 側に位置している。また、保持腕 7 の幅（X 軸方向の長さ）は、延出方向（Y 軸方向）に沿って、ほぼ一定となっている。

【0038】

以上、水晶基板 3 の外形について説明した。図 2、図 3 および図 6 に示すように、水晶基板 3 は、保持腕 7 の一方の主面（- Z 軸側の主面）であって、重心 G と保持腕 7 の基端との間に設けられた固定部 R を有している。そして、振動素子 2 は、固定部 R にて、導電性接着材 11、12 を介してベース 91（パッケージ 9）に固定されている。これにより、振動素子 2 の振動漏れを低減することができる。特に、本実施形態では、固定部 R の先端（第 2 固定部 R2 の先端）が重心 G よりも基部 4 側に位置し、基端（第 1 固定部 R1 の基端）が保持腕 7 の基端よりも重心 G 側に位置しているため、上記効果をより顕著に発揮することができる。

10

【0039】

固定部 R は、互いに Y 軸方向に離間した第 1 固定部 R1 および第 2 固定部 R2 を有しており、第 1 固定部 R1 が導電性接着材 11 によって、第 2 固定部 R2 が導電性接着材 12 によって、それぞれベース 91 に固定されている。第 1 固定部 R1 と第 2 固定部 R2 とは、離間して配置されているため、これらに設けられる導電性接着材 11、12 同士の接触（ショート）を防止することができる。第 1、第 2 固定部 R1、R2 の離間距離は、特に限定されないが、例えば、 $20\text{ }\mu\text{m}$  以上程度であるのが好ましく、 $50\text{ }\mu\text{m}$  以上程度であるのがより好ましい。これにより、導電性接着材 11、12 の接触をより効果的に防止することができる。

20

【0040】

なお、第 1、第 2 固定部 R1、R2 は、それぞれ、円形をなしているが、これらの平面視形状は、これに限定されず、楕円形、長円形であってもよいし、三角形、四角形、五角形等の多角形等であってもよいし、異形であってもよい。また、第 1、第 2 固定部 R1、R2 の直径としては、特に限定されないが、例えば、 $60\text{ }\mu\text{m}$  以上、 $100\text{ }\mu\text{m}$  以下程度とすることができる。これにより、導電性接着材 11、12 との接触面積を十分に確保することができる。振動素子 2 をベース 91 に強固に固定することができる。

【0041】

前述したように、振動素子 2 では、基部 4 の縮幅部 42 によって、保持腕 7 に振動腕 5、6 の振動が伝達され難くなっている。そのため、保持腕 7 に第 1、第 2 固定部 R1、R2 を設けることで、導電性接着材 11、12 を介した振動漏れを効果的に低減することができる。

30

また、第 2 固定部 R2 は、第 1 固定部 R1 よりも基部 4 の先端側に位置し、第 1 固定部 R1 と Y 軸方向に並んで設けられている。また、第 1、第 2 固定部 R1、R2 は、その中心が、平面視にて、保持腕 7 の幅方向（X 軸方向）の中心に位置し、Y 軸と平行な直線 L1 上に位置している。これにより、振動素子 2 をバランスよくベース 91 に固定することができる。

【0042】

このような固定部 R は、図 3 に示すように、Y 軸方向の長さ（第 1 固定部 R1 の最も基端に位置する部分と第 2 固定部 R2 の最も先端に位置する部分との離間距離）L5 が、X 軸方向での幅（長さ）W5 よりも長くなっている。これにより、固定部 R が振動素子 2 の長手方向に沿って長くなるので、振動素子 2 をベース 91 にバランスよく固定することができる。特に、長さ L5 は、幅 W5 の 2 倍以上であるのが好ましい。これにより、振動素子 2 をベース 91 により安定的に固定することができる。

40

【0043】

また、振動素子 2 の重心 G と保持腕 7 の基端（基部 4 の先端）との Y 軸方向の平面視での長さ（距離）を L10 とした場合、固定部 R は平面視にて、固定部 R の Y 軸方向の中心 O5 が、保持腕 7 の基端から先端に向かって  $0.15 \times L10 \sim 0.30 \times L10$  の長さの範囲 O1 に位置しているのが好ましい。範囲 O1 は、振動腕 5、6 の振動の影響を受け

50

にくい場所であるため、このような位置を中心として固定部 R を配置することによって、導電性接着材 1 1、1 2 を介した振動漏れを特に効果的に低減することができる。

#### 【0044】

電極 8 は、第 1 駆動用電極 8 4 と、第 2 駆動用電極 8 5 と、第 1 駆動用電極 8 4 と接続されている第 1 接続電極 8 1 と、第 2 駆動用電極 8 5 と接続されている第 2 接続電極 8 2 とを有している。

図 5 に示すように、振動腕 5 には、一对の第 1 駆動用電極 8 4 と、一对の第 2 駆動用電極 8 5 とが形成されている。第 1 駆動用電極 8 4 の一方は、溝 5 2 の側面に形成され、他方は、溝 5 3 の側面に形成されている。また、第 2 駆動用電極 8 5 の一方は、側面 5 1 3 に形成され、他方は、側面 5 1 4 に形成されている。同様に、振動腕 6 にも、一对の第 1 駆動用電極 8 4 と、一对の第 2 駆動用電極 8 5 とが形成されている。第 1 駆動用電極 8 4 の一方は、側面 6 1 3 に形成され、他方は、側面 6 1 4 に形成されている。また、第 2 駆動用電極 8 5 の一方は、溝 6 2 の側面に形成され、他方は、溝 6 3 の側面に形成されている。

#### 【0045】

また、図 6 に示すように、第 1 接続電極 8 1 は、第 1 固定部 R 1 に設けられており、図示しない配線を介して各第 1 駆動用電極 8 4 に電氣的に接続されている。また、第 2 接続電極 8 2 は、第 2 固定部 R 2 に設けられており、図示しない配線を介して各第 2 駆動用電極 8 5 に電氣的に接続されている。そのため、第 1 接続電極 8 1 は、導電性接着材 1 1 を介して接続端子 9 5 1 と電氣的に接続され、第 2 接続電極 8 2 は、導電性接着材 1 2 を介して接続端子 9 6 1 と電氣的に接続されている。第 1、第 2 接続電極 8 1、8 2 間に交番電圧を印加すると、振動腕 5、6 が略面内で互いに接近と離間を交互に繰り返すように面内方向（X 軸方向）に所定の周波数で振動する。すなわち、振動腕 5、6 は、いわゆる X 逆相モードで振動する。

#### 【0046】

第 1、第 2 駆動用電極 8 4、8 5 および第 1、第 2 接続電極 8 1、8 2 の構成としては、特に限定されず、金（Au）、金合金、白金（Pt）、アルミニウム（Al）、アルミニウム合金、銀（Ag）、銀合金、クロム（Cr）、クロム合金、ニッケル（Ni）、ニッケル合金、銅（Cu）、モリブデン（Mo）、ニオブ（Nb）、タングステン（W）、鉄（Fe）、チタン（Ti）、コバルト（Co）、亜鉛（Zn）、ジルコニウム（Zr）等の金属材料、酸化インジウムスズ（ITO）等の導電材料により形成することができる。

#### 【0047】

第 1、第 2 駆動用電極 8 4、8 5 および第 1、第 2 接続電極 8 1、8 2 の具体的な構成としては、例えば、700 以下の Cr 層上に 700 以下の Au 層を形成した構成とすることができる。特に、Cr や Au は熱弾性損失が大きいので、Cr 層、Au 層は、好ましくは 200 以下とされる。絶縁破壊耐性を高くする場合には、Cr 層、Au 層は、好ましくは 1000 以上とされる。さらに、また、Ni は、水晶の熱膨張係数に近いので、Cr 層に替えて Ni 層を下地にすることで、電極に起因する熱応力を減少させ、長期信頼性（エージング特性）の良い振動素子を得ることができる。

#### 【0048】

以上、振動素子 2 について説明した。前述したように、振動素子 2 は、振動腕 5、6 に溝 5 2、5 3、6 2、6 3 を設けることによって、熱弾性損失の低減を図っている。以下、このことについて、振動腕 5 を例にして具体的に説明する。

振動腕 5 は、前述したように、第 1、第 2 駆動用電極 8 4、8 5 間に交番電圧を印加することにより略面内方向に屈曲振動する。図 8 に示すように、この屈曲振動の際、腕部 5 1 の側面 5 1 3 が収縮すると側面 5 1 4 が伸張し、反対に、側面 5 1 3 が伸張すると側面 5 1 4 が収縮する。振動腕 5 が Gough-Joule 効果を発生しない（エネルギー弾性がエントロピー弾性に対して支配的な）場合、側面 5 1 3、5 1 4 のうち、収縮する面側の温度は上昇し、伸張する面側の温度は下降する。そのため、側面 5 1 3 と側面 5 1 4

との間、つまり腕部 5 1 の内部に温度差が発生する。この温度差から生じる熱伝導によって振動エネルギーの損失が発生し、これにより振動素子 2 の Q 値が低下する。このような Q 値の低下を熱弾性効果とも言い、熱弾性効果によるエネルギーの損失を熱弾性損失とも言う。

#### 【 0 0 4 9 】

振動素子 2 のような構成の屈曲振動モードで振動する振動素子において、振動腕 5 の屈曲振動周波数（機械的屈曲振動周波数） $f$  が変化したとき、振動腕 5 の屈曲振動周波数が熱緩和周波数  $f_m$  と一致するとき  $Q$  値が最小となる。この熱緩和周波数  $f_m$  は、 $f_m = 1 / (2 \dots)$  で求めることができる（ただし、式中  $\pi$  は円周率であり、 $e$  をネイピア数とすれば、 $\pi$  は温度差が熱伝導により  $e^{-1}$  倍になるのに要する緩和時間である）。

10

#### 【 0 0 5 0 】

また、平板構造（断面形状が矩形の構造）の熱緩和周波数を  $f_{m0}$  とすれば、 $f_{m0}$  は下式で求めることができる。

$$f_{m0} = \sqrt{k / (2 C_p a^2)} \quad (1)$$

なお、 $\pi$  は円周率、 $k$  は振動腕 5 の振動方向（X 軸方向）の熱伝導率、 $\rho$  は振動腕 5 の質量密度、 $C_p$  は振動腕 5 の熱容量、 $a$  は振動腕 5 の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  $C_p$  に振動腕 5 の材料そのもの（すなわち水晶）の定数を入力した場合、求まる熱緩和周波数  $f_{m0}$  は、振動腕 5 に溝 5 2、5 3 を設けていない場合の値となる。

#### 【 0 0 5 1 】

20

振動腕 5 では、側面 5 1 3、5 1 4 の間に位置するように溝 5 2、5 3 が形成されている。そのため、振動腕 5 の屈曲振動時に生じる側面 5 1 3、5 1 4 の温度差を熱伝導により温度平衡させるための熱移動経路が溝 5 2、5 3 を迂回するように形成され、熱移動経路が側面 5 1 3、5 1 4 間の直線距離（最短距離）よりも長くなる。そのため、振動腕 5 に溝 5 2、5 3 を設けていない場合と比較して緩和時間が長くなり、熱緩和周波数  $f_m$  が低くなる。

#### 【 0 0 5 2 】

図 9 は、屈曲振動モードの振動素子の  $Q$  値の  $f / f_m$  依存性を表すグラフである。同図において、点線で示されている曲線 F 1 は、振動素子 2 のように振動腕に溝が形成されている場合を示し、実線で示されている曲線 F 2 は、振動腕に溝が形成されていない場合を示している。同図に示すように、曲線 F 1、F 2 の形状は変わらないが、前述のような熱緩和周波数  $f_m$  の低下に伴って、曲線 F 1 が曲線 F 2 に対して周波数低下方向へシフトする。したがって、振動素子 2 のように振動腕に溝が形成されている場合の熱緩和周波数を  $f_{m1}$  とすれば、下記式（2）を満たすことにより、常に、振動腕に溝が形成されている振動素子の  $Q$  値が振動腕に溝が形成されていない振動素子の  $Q$  値に対して高くなる。

30

#### 【 0 0 5 3 】

##### 【数 1】

$$f > \sqrt{f_{m0} f_{m1}} \quad \dots \quad (2)$$

#### 【 0 0 5 4 】

40

更に、 $f / f_{m0} > 1$  の関係に限定すれば、より高い  $Q$  値を得ることができる。

なお、図 9 において、 $f / f_m < 1$  の領域を等温的領域とも言い、この等温的領域では  $f / f_m$  が小さくなるにつれて  $Q$  値が高くなる。これは、振動腕の機械的周波数が低くなる（振動腕の振動が遅くなる）につれて前述のような振動腕内の温度差が生じ難くなるためである。したがって、 $f / f_m$  を 0（零）に限りなく近づけた際の極限では、等温準静操作となって、熱弾性損失は限りなく 0（零）に接近する。一方、 $f / f_m > 1$  の領域を断熱的領域とも言い、この断熱的領域では  $f / f_m$  が大きくなるにつれて  $Q$  値が高くなる。これは、振動腕の機械的周波数が高くなるにつれて、各側面の温度上昇・温度効果の切り替わりが高速となり、前述のような熱伝導が生じる時間がなくなるためである。したがって、 $f / f_m$  を限りなく大きくした際の極限では、断熱操作となって、熱弾性損失は限

50

りなく 0 ( 零 ) に接近する。このことから、 $f / f_m > 1$  の関係を満たすとは、 $f / f_m$  が断熱的領域にあるとも言い換えることができる。

【 0 0 5 5 】

ここで、第 1、第 2 駆動用電極 8 4、8 5 の構成材料 ( 金属材料 ) は、振動腕 5、6 の構成材料である水晶と比較して熱伝導率が高いため、振動腕 5 では、第 1 駆動用電極 8 4 を介する熱伝導が積極的に行われ、振動腕 6 では、第 2 駆動用電極 8 5 を介する熱伝導が接触的に行われる。このような第 1、第 2 駆動用電極 8 4、8 5 を介する熱伝導が積極的に行われると、緩和時間が短くなってしまう。そこで、図 5 に示すように、振動腕 5 では溝 5 2、5 3 の底面にて第 1 駆動用電極 8 4 を側面 5 1 3 側と側面 5 1 4 側とに分割し、振動腕 6 では溝 6 2、6 3 の底面にて第 2 駆動用電極 8 5 を側面 6 1 3 側と側面 6 1 4 側とに分割し、上記のような熱伝導を低減している。その結果、緩和時間が短くなるのを防ぎ、より高い Q 値を有する振動素子 2 が得られる。

【 0 0 5 6 】

次に、振動素子 2 の振動特性をシミュレーション結果に基づいて説明する。

図 1 0 ( a ) は、本シミュレーションで用いた振動素子 2 a の一例である。この図に示すように、本シミュレーションでは、全長 ( Y 軸方向の長さ ) × 幅 ( X 軸方向の長さ ) × 厚さ ( Z 軸方向の厚さ ) が、 $800\text{ }\mu\text{m} \times 556\text{ }\mu\text{m} \times 130\text{ }\mu\text{m}$  であり、溝 5 2、5 3、6 2、6 3 の深さがそれぞれ  $60\text{ }\mu\text{m}$  の振動素子 2 a を用いた。また、これらの重心 G と保持腕 7 の基端 X との離間距離は  $356\text{ }\mu\text{m}$  である。

【 0 0 5 7 】

また、図 1 0 ( a ) に示す振動素子 2 a は、保持腕 7 a の先端が、重心 G より基部 4 側に位置しており、保持腕 7 a の Y 軸方向の長さが、 $290.4\text{ }\mu\text{m}$  である。また、固定部 R の中心 O 5 が、重心 G と保持腕 7 a の基端 X との Y 軸方向の範囲 O 1 内に位置している。また、保持腕 7 a の基端 X と第 1 固定部 R 1 の中心部との距離 ( 保持位置 S 5 ) が  $76\text{ }\mu\text{m}$  であり、保持腕 7 a の先端と第 2 固定部 R 2 の中心部との離間距離 A 5 が、 $84.4\text{ }\mu\text{m}$  である。また、第 1、第 2 固定部 R 1、R 2 は、円形をなし、その直径が  $80\text{ }\mu\text{m}$  である。

【 0 0 5 8 】

このような振動素子 2 a を、第 1、第 2 固定部 R 1、R 2 で、金バンプ ( ヤング率  $70.0\text{ [GPa]}$ 、ポアソン比  $0.44$ 、質量密度  $19300\text{ [kg/m}^3\text{]}$ 、直径  $80\text{ }\mu\text{m}$ 、厚さ  $20\text{ }\mu\text{m}$  ) により、対象物に固定した状態で、振動素子 2 の振動特性をシミュレーションして考察した。なお、対象物としては、パッケージ 9 と同等の物性を示すものを用いた。第 1、第 2 固定部 R 1、R 2 と対象物との界面に到達した弾性波は、対象物へと透過したのに関してはそのまま漏洩して戻ってこないとし、この漏洩分のエネルギー損失を振動漏れとして、振動漏れのみを考慮した Q 値を計算した。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 ( b ) に示すグラフ Q 1 が、振動素子 2 の振動特性をシミュレーションした結果である。図 1 0 ( b ) は、横軸に固定部 R の保持位置 S 5 をとり、縦軸に  $Q_{\text{Leak}}$  値をとっている。なお、 $Q_{\text{Leak}}$  値は、振動漏れのみを考慮した Q 値 ( すなわち、熱弾性損失等を考慮しない Q 値 ) の指標であり、この値が大きいほど振動特性が優れていることを示す。

また、図 1 0 ( b ) に示すグラフ Q 1 は、前述した図 1 0 ( a ) に示す振動素子 2 a に基づいたシミュレーション結果である。なお、グラフ Q 1 上のプロット q 1 が、振動素子 2 a に相当している。

【 0 0 6 0 】

図 1 0 ( b ) に示すグラフ Q 1 は、保持腕 7 a の先端と第 2 固定部 R 2 との離間距離 A 5 を一定にしたまま、保持腕 7 a の Y 軸方向の長さ L 6 を変化させたときのシミュレーション結果である。すなわち、グラフ Q 1 は、振動素子 2 a の離間距離 A 5 を一定にしたまま、長さ L 6 を変化させることにより保持位置 S 5 を変化させたときの、 $Q_{\text{Leak}}$  値の変化を示している。

このグラフ Q 1 によれば、プロット q 1 のときに  $Q_{Leak}$  値が最も高く、これよりも保持位置 S 5 が小さくなるほど  $Q_{Leak}$  値が急激に低下し、また、これよりも保持位置 S 5 が高くなるほど、緩やかに  $Q_{Leak}$  値は低下している。

#### 【0061】

この結果から、図 10 (a) に示す振動素子 2 a、すなわち、固定部 R の Y 軸方向の中心 O 5 が、重心 G と保持腕 7 a の基端との Y 軸方向の範囲 O 1 に位置している振動素子 2 a が、 $Q_{Leak}$  値が最も高いといえる。このため、このような位置を中心として固定部 R を配置すれば、振動素子 2 a の振動漏れを特に効果的に低減することができる。また、重心 G と保持腕 7 の基端 X との間に固定部 R を設ければ、振動腕 5、6 が屈曲変形したときに生じる振動の影響をさらに受けにくくすることができる。

10

#### 【0062】

ちなみに、振動素子 2 a を、前述した金バンプに代えて、ピスマレイミド系の導電性接着材 (ヤング率  $3.4 [GPa]$ 、ポアソン比  $0.33$ 、質量密度  $4070 [kg/m^3]$ 、直径  $80 \mu m$ 、厚さ  $20 \mu m$ ) により対象物に固定した状態で、振動素子 2 の振動特性をシミュレーションしてもよい。この場合であっても、上記の金属バンプを用いた場合と同等の結果をえることができる。

#### 【0063】

##### < 第 2 実施形態 >

次に、本発明の振動子の第 2 実施形態について説明する。

図 1 1 は、本発明の第 2 実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

20

以下、第 2 実施形態の振動子について、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本発明の第 2 実施形態にかかる振動子は、振動素子の構成が異なる以外は、前述した第 1 実施形態と同様である。なお、前述した第 1 実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【0064】

図 1 1 に示すように、振動素子 2 A の保持腕 7 A は、重心 G を跨いで設けられている。すなわち、保持腕 7 A は、前述した第 1 実施形態の保持腕 7 よりも Y 軸方向の長さが長くなっている。そして、保持腕 7 A の先端側に、固定部 R が設けられている。また、第 2 固定部 R 2 は、Z 軸方向から見た平面視にて、重心 G と重なる位置に設けられている。なお、保持腕 7 A の先端と、固定部 R (第 1、第 2 固定部 R 1、R 2) との位置関係は、前述した第 1 実施形態の保持腕 7 と固定部 R との位置関係と同様である。

30

このような第 2 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を奏することができる。

#### 【0065】

##### < 第 3 実施形態 >

次に、本発明の振動子の第 3 実施形態について説明する。

図 1 2 は、本発明の第 3 実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

以下、第 3 実施形態の振動子について、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

40

本発明の第 3 実施形態にかかる振動子は、振動素子の構成が異なる以外は、前述した第 1 実施形態と同様である。なお、前述した第 1 実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【0066】

図 1 2 に示すように、振動素子 2 B の保持腕 7 B は、その先端が第 1 実施形態の保持腕 7 の先端よりも基部 4 側に位置している。すなわち、保持腕 7 B は、第 1 実施形態の保持腕 7 よりも Y 軸方向の長さが短くなっている。そして、保持腕 7 B の基端側に寄って、固定部 R が設けられている。なお、保持腕 7 B の先端と、固定部 R (第 1、第 2 固定部 R 1、R 2) との位置関係は、前述した第 1 実施形態の保持腕 7 と固定部 R との位置関係と同様である。また、第 1 固定部 R 1 は、Z 軸方向から見た平面視にて、その基端側が保持腕

50

7 Bの基端を越えて基部4に位置している。すなわち、第1固定部R 1は、保持腕7 Bと基部4の境界を跨いで設けられている。ここで、本実施形態では、保持腕7 Bの基端、すなわち保持腕7 Bと基部4の境界を、保持腕7 Bの両側面が基部4と接続される箇所同士を結んだ線分とし、図1 2中に鎖線Xで示している。

このような第3実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

#### 【0067】

<第4実施形態>

次に、本発明の振動子の第4実施形態について説明する。

図1 3は、本発明の第4実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図であり、図1 4は、シミュレーションで用いた振動素子の一例と、振動素子の保持位置と $Q_{Leak}$ 値の関係を示す図である。

#### 【0068】

以下、第4実施形態の振動子について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本発明の第4実施形態にかかる振動子は、振動素子の構成が異なる以外は、前述した第1実施形態と同様である。なお、前述した第1実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【0069】

図1 3に示すように、振動素子2 Cの保持腕7 Cは、重心Gを跨いで設けられ、基端が重心よりも-Y軸側に位置し、先端が重心Gよりも+Y軸側位置している。すなわち、保持腕7 Cは、前述した第1実施形態の保持腕7よりも全長(Y軸方向の長さ)が長くなっている。そして、保持腕7 Cの基端側に、固定部Rが設けられている。なお、保持腕7 Cの基端と、固定部R(第1、第2固定部R 1、R 2)との位置関係は、前述した第1実施形態の保持腕7と固定部Rとの位置関係と同様である。

#### 【0070】

ここで、振動素子2 Cは、第1実施形態の振動素子2と同様に、振動腕5、6が互いに接近と離間を交互に繰り返して屈曲振動するX逆相モードで振動するように構成されており、この振動モードの他に、振動腕5、6がX軸方向の同じ側に屈曲振動するX同相モード、振動腕5、6がZ軸方向の同じ側に屈曲振動するZ同相モード、振動腕5、6がZ軸方向の反対側に屈曲振動するZ逆相モード、振動腕5、6がY軸まわりに、同一方向に振り振動する振り同相モード、振動腕5、6がY軸まわりに、反対方向に振り振動する振り逆相モード等の不要振動モードがある。振動素子2 CがX逆相モードで振動している場合、前述したように保持腕7 Cは+Y軸方向と-Y軸方向へ交互に振動することになる。しかし、振動素子2 Cに形状非対称性が存在する場合や、不要モードとの結合がある場合には、保持腕7 Cの先端部が本意にX軸方向(面内方向)やZ軸方向(面外方向)に振動してしまう。そのため、本実施形態のように、保持腕7 Cの先端部を避けて、基端側に固定部Rを設けることにより、さらに振動漏れを低減することができる。

#### 【0071】

また、本実施形態では、第1実施形態と比較して、保持腕7 Cの長さが長いこと質量が増大し、その分、振動し難くなっている。また、保持腕7 Cの先端部からより離れた場所(保持腕7 Cの基端側)に固定部Rを設けることができる。これにより、固定部Rは、前述したような振動腕5、6の振動の影響をさらに受けにくくなるため、第1実施形態と比較して、振動漏れを特に効果的に低減することができる。

このような第4実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

#### 【0072】

また、以上説明したような振動素子2の振動特性を、シミュレーション結果に基づいて以下に説明する。

図1 4(a)は、本シミュレーションで用いた振動素子2 bの一例である。この図に示

10

20

30

40

50

すように、本シミュレーションでは、全長（Ｙ軸方向の長さ）×幅（Ｘ軸方向の長さ）×厚さ（Ｚ軸方向の厚さ）が、 $800\mu\text{m} \times 556\mu\text{m} \times 130\mu\text{m}$ であり、溝５２、５３、６２、６３の深さがそれぞれ $60\mu\text{m}$ の振動素子２ｂを用いた。また、これらの重心Ｇと保持腕７ｂの基端Ｘとの離間距離は $356\mu\text{m}$ である。

#### 【００７３】

また、図１４（ａ）に示す振動素子２ｂでは、保持腕７ｂが、重心Ｇを跨いで設けられている。また、その保持腕７ｂのＹ軸方向の長さは、 $490\mu\text{m}$ である。また、固定部Ｒの中心Ｏ５が、重心Ｇと保持腕７ｂの基端ＸとのＹ軸方向の範囲Ｏ１内に位置している。また、保持腕７ｂの基端Ｘと第１固定部Ｒ１の中心部との距離（保持位置Ｓ５）が $76\mu\text{m}$ であり、保持腕７ｂの先端と第２固定部Ｒ２との離間距離が、 $84.4\mu\text{m}$ である。また、第１、第２固定部Ｒ１、Ｒ２は円形をなし、その直径が $80\mu\text{m}$ である。

10

#### 【００７４】

このような振動素子２ｂを、第１、第２固定部Ｒ１、Ｒ２で、金バンプ（ヤング率 $70.0[\text{GPa}]$ 、ポアソン比 $0.44$ 、質量密度 $19300[\text{kg/m}^3]$ 、直径 $80\mu\text{m}$ 、厚さ $20\mu\text{m}$ ）により、対象物に固定した状態で、振動素子２の振動特性をシミュレーションして考察した。なお、対象物としては、パッケージ９と同等の物性を示すものを用いた。

#### 【００７５】

図１４（ｂ）に示すグラフＱ２が、振動素子２ｂの振動特性をシミュレーションした結果である。図１４（ｂ）は、横軸に固定部Ｒの保持位置Ｓ５をとり、縦軸に $Q_{\text{Leak}}$ 値をとっている。なお、 $Q_{\text{Leak}}$ 値は、振動漏れのみを考慮したＱ値（すなわち、熱弾性損失等を考慮しないＱ値）の指標であり、この値が大きいほど振動特性が優れていることを示す。

20

また、図１４（ｂ）に示すグラフＱ２は、前述した図１４（ａ）に示す振動素子２ｂに基づいたシミュレーション結果である。なお、グラフＱ２上のプロット $q_2$ が、振動素子２ｂに相当している。

#### 【００７６】

図１４（ｂ）に示すグラフＱ２は、保持腕７ｂのＹ軸方向の長さ $L_6$ を一定にしたまま、固定部Ｒの位置を変化させたときのシミュレーション結果である。すなわち、グラフＱ２は、保持腕７ｂの長さ $L_6$ を一定にしたまま、固定部Ｒの位置を変化させることにより保持位置Ｓ５を変化させたときの、 $Q_{\text{Leak}}$ 値の変化を示している。

30

このグラフＱ２によれば、プロット $q_2$ のときに $Q_{\text{Leak}}$ 値が最も高く、これよりも保持位置Ｓ５が小さくなるほど $Q_{\text{Leak}}$ 値が急激に低下し、また、これよりも保持位置Ｓ５が高くなるほど、 $Q_{\text{Leak}}$ 値は緩やかに低下している。

#### 【００７７】

この結果から、図１４（ａ）に示す振動素子２ｂ、すなわち、固定部ＲのＹ軸方向の中心Ｏ５が、前述した範囲Ｏ１に位置している振動素子２ｂが、 $Q_{\text{Leak}}$ 値が最も高いといえる。このため、このような位置を中心として固定部Ｒを配置すれば、振動素子２ｂの振動漏れを特に効果的に低減することができる。また、重心Ｇと保持腕７の基端Ｘとの間に固定部Ｒを設ければ、振動腕５、６が屈曲変形したときに生じる振動の影響をさらに受けにくくすることができる。

40

#### 【００７８】

また、本実施形態のシミュレーション結果のように、長さ $L_6$ を一定にしたまま、固定部Ｒの位置を変化させた方が、第１実施形態で示した、離間距離 $A_5$ を一定にしたまま、長さ $L_6$ を変化させるよりも、さらに高い $Q_{\text{Leak}}$ 値を得ることができる。このため、第１実施形態と比較して、振動漏れを特に効果的に低減することができる。これは、第１実施形態と比較して、保持腕７Ｃの長さが長いと質量が増大し、その分、保持腕７Ｃが振動し難くなっているためであると考えられる。

#### 【００７９】

< 第５実施形態 >

50

次に、本発明の振動子の第5実施形態について説明する。

図15は、本発明の第5実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

以下、第5実施形態の振動子について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本発明の第5実施形態にかかる振動子は、振動素子の構成が異なる以外は、前述した第1実施形態と同様である。なお、前述した第1実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【0080】

図15に示すように、振動素子2Dの保持腕7Dは、重心Gを跨いで設けられている。すなわち、保持腕7Dは、前述した第1実施形態の保持腕7よりもY軸方向の長さが長くなっている。そして、保持腕7Dの中央部付近に、固定部Rが設けられている。また、第2固定部R2は、Z軸方向から見た平面視にて、重心Gと重なる位置に設けられている。なお、第1、第2固定部R1、R2同士の位置関係は、前述した第1実施形態の第1、第2固定部R1、R2同士の位置関係と同様である。

#### 【0081】

ここで、振動素子2Dは、前述した第1実施形態の振動素子2と同様に、X逆相モードで振動するように構成されているが、この振動モードに、他の不要振動モードが結合するなどして、振動腕5、6のバランスが崩れ、保持腕7Dの先端部が不本意にX軸方向やZ軸方向に振動してしまう。そのため、前述した第4実施形態と同様に、本実施形態においても、保持腕7Dの先端部を避けて、固定部Rを設けることによって、さらに振動漏れを低減することができる。

#### 【0082】

また、振動素子2Dは、前述した第1実施形態と同様に、振動腕5、6の振動が、縮幅部42によって相殺され、保持腕7Dへ伝達されにくくなっている。しかし、縮幅部42によって相殺しきれなかった振動が、基部4を介して保持腕7Dへと伝達されてしまう場合がある。そのため、本実施形態のように、保持腕7Dの基端部を避けて、固定部Rを設けることによって、さらに振動漏れを低減することができる。

#### 【0083】

なお、固定部Rの長さL5としては、特に限定されないが、重心Gと保持腕7Dの基端(境界)Xとの離間距離(Y軸方向の長さ)をL10としたとき、 $0.589 \times L10 \leq L5 \leq L10$ なる関係を満足していることが好ましい。これにより、より確実に振動漏れを低減することができる。

このような第5実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

#### 【0084】

##### <第6実施形態>

次に、本発明の振動子の第6実施形態について説明する。

図16は、本発明の第6実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

以下、第6実施形態の振動子について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本発明の第6実施形態にかかる振動子は、振動素子の構成が異なる以外は、前述した第1実施形態と同様である。なお、前述した第1実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【0085】

図16に示すように、振動素子2Eの保持腕7Eは、重心Gを跨いで設けられている。すなわち、保持腕7Eは、前述した第1実施形態の保持腕7よりもY軸方向の長さが長くなっている。そして、保持腕7Eの基端側に、固定部Rが設けられている。なお、第1、第2固定部R1、R2同士の位置関係は、前述した第1実施形態の第1、第2固定部R1、R2同士の位置関係と同様である。

#### 【0086】

また、第1固定部R1は、Z軸方向から見た平面視にて、その基端側が保持腕7Eの基端を越えて基部4に位置している。すなわち、第1固定部R1は、保持腕7Eと基部4の境界を跨いで設けられている。ここで、本実施形態では、保持腕7Eの基端、すなわち保持腕7Eと基部4の境界を、保持腕7Eの両側面が基部4と接続される箇所同士を結んだ線分とし、図16中に鎖線Xで示している。

#### 【0087】

ここで、振動素子2Eは、前述した第1実施形態の振動素子2と同様に、X逆相モードで振動するように構成されているが、この振動モードに、他の不要振動モードが結合するなどして、振動腕5、6のバランスが崩れ、保持腕7Eの先端部が不本意にX軸方向やZ軸方向に振動してしまう。そのため、前述した第4実施形態と同様に、本実施形態においても、保持腕7Eの先端部を避けて、固定部Rを設けることによって、さらに振動漏れを低減することができる。

このような第6実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

#### 【0088】

##### <第7実施形態>

次に、本発明の振動子の第7実施形態について説明する。

図17は、本発明の第7実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図である。

以下、第7実施形態の振動子について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本発明の第7実施形態にかかる振動子は、振動素子の構成が異なる以外は、前述した第1実施形態と同様である。なお、前述した第1実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【0089】

図17に示すように、振動素子2Fの保持腕7Fは、重心Gを跨いで設けられている。また、保持腕7Fは、その基端部に、先端側よりも幅(X軸方向の長さ)が狭い狭幅部71を有している。そして、固定部Rは、狭幅部71よりも先端側で、重心Gよりも基端側に設けられている。なお、第1、第2固定部R1、R2同士の位置関係は、前述した第1実施形態の第1、第2固定部R1、R2同士の位置関係と同様である。狭幅部71を有することによって、X同相モード(不要振動モード)の共振周波数をX逆相モード(メインモード)の共振周波数から遠ざけることができる。そのため、メインモードの振動に不要振動が混在するのを低減することができ、振動素子2Fは、優れた振動特性を発揮することができる。なお、X逆相モードの共振周波数を0とし、X同相モードの共振周波数を1としたとき、 $\left| \frac{0 - 1}{0} \right|$ が、0.12以上であるのが好ましく、0.20以上であるのがより好ましい。これにより、上記効果をより顕著に発揮することができる。

#### 【0090】

また、狭幅部71の幅W5としては、特に限定されないが、これより先端側の部分の幅W4の20%以上、50%以下であることが好ましい。これにより、上述の効果がより向上するとともに、基部4の振動が保持腕7Fにより伝達され難くなる。

このような第7実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を奏することができる。

#### 【0091】

##### <第8実施形態>

次に、本発明の振動子の第8実施形態について説明する。

図18は、本発明の第8実施形態にかかる振動子が有する振動素子の上面図であり、図19は、図18に示す振動子の断面図である。

以下、第8実施形態の振動子について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

本発明の第8実施形態にかかる振動子は、振動素子の構成が異なる以外は、前述した第

10

20

30

40

50

１実施形態と同様である。なお、前述した第１実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

#### 【００９２】

図１８および図１９に示すように、振動素子２Ｇの固定部Ｒは、前述した第１実施形態のように第１、第２固定部Ｒ１、Ｒ２に分かれていない。すなわち、固定部Ｒは、１つのまとまった領域として存在している。そして、水晶基板３は、この固定部Ｒにて導電性接着材１１を介してベース９１に固定されている。固定部Ｒには、第１接続電極８１が設けられており、この第１接続電極８１が導電性接着材１１を介して接続端子９５１と電氣的に接続される。また、第２接続電極８２は、基部４の他方の主面（＋Ｚ軸側の面）に設けられており、ボンディングワイヤー８８を介して接続端子９６１に電氣的に接続されている。上記のような固定部Ｒを設けることにより、導電性接着材１１との接触面積が広がるため、ベース９１にさらに安定して固定することができる。また、導電性接着材１１とボンディングワイヤー（金属ワイヤー）８８とを遠ざけることができるので、ショート（短絡）を防止することができる。

10

このような第８実施形態によっても、前述した第１実施形態と同様の効果を奏することができる。

#### 【００９３】

##### ２．発振器

次に、本発明の振動素子を適用した発振器（本発明の発振器）について説明する。

図２０は、本発明の発振器の好適な実施形態を示す断面図である。

20

図２０に示す発振器１００は、振動子１と、振動素子２を駆動するためのＩＣチップ１１０とを有している。以下、発振器１００について、前述した振動子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

#### 【００９４】

図２０に示すように、発振器１００では、ベース９１の凹部９１１にＩＣチップ１１０が固定されている。ＩＣチップ１１０は、凹部９１１の底面に形成された複数の内部端子１２０と電氣的に接続されている。複数の内部端子１２０には、接続端子９５１、９６１と接続されているものと、外部端子９５３、９６３と接続されているものがある。ＩＣチップ１１０は、振動素子２の駆動を制御するための発振回路を有している。ＩＣチップ１１０によって振動素子２を駆動すると、所定の周波数の信号を取り出すことができる。

30

#### 【００９５】

##### ３．電子機器

次に、本発明の振動素子を適用した電子機器（本発明の電子機器）について説明する。

図２１は、本発明の振動素子を備える電子機器を適用したモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成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１１００は、キーボード１１０２を備えた本体部１１０４と、表示部２００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１１００には、フィルター、共振器、基準クロック等として機能する振動素子２が内蔵されている。

40

#### 【００９６】

図２２は、本発明の振動素子を備える電子機器を適用した携帯電話機（ＰＨＳも含む）の構成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２００が配置されている。このような携帯電話機１２００には、フィルター、共振器等として機能する振動素子２が内蔵されている。

#### 【００９７】

図２３は、本発明の振動素子を備える電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成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

50

対し、デジタルスチルカメラ 1300 は、被写体の光像を CCD (Charge Coupled Device) など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。

【0098】

デジタルスチルカメラ 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 などを含む受光ユニット 1304 が設けられている。

【0099】

撮影者が表示部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 1308 に転送・格納される。また、このデジタルスチルカメラ 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 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ルカメラ 1300 には、フィルター、共振器等として機能する振動素子 2 が内蔵されている。

【0100】

なお、本発明の振動素子を備える電子機器は、図 21 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 22 の携帯電話機、図 23 のデジタルスチルカメラの他にも、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、ページャ、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、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)、フライトシュミレーター等に適用することができる。

【0101】

4. 移動体

次に、本発明の振動素子を適用した移動体 (本発明の移動体) について説明する。

図 24 は、本発明の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 1500 には、振動素子 2 が搭載されている。振動素子 2 は、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。

【0102】

以上、本発明の振動素子、振動子、発振器、電子機器および移動体について、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、各実施形態を適宜組み合わせてもよい。

また、振動素子には、前述した縮幅部とは別に、基部の先端側 (縮幅部と反対側) に、基部の幅 (X 軸方向に沿った長さ) が + Y 軸方向に向けて漸減している縮幅部を設けてもよい。このような縮幅部を有することにより、振動腕の振動は、主に、縮幅部によって相殺 (緩和・吸収) されるが、縮幅部で相殺しきれなかった振動を、より効率的に緩和、吸収することができる。

## 【符号の説明】

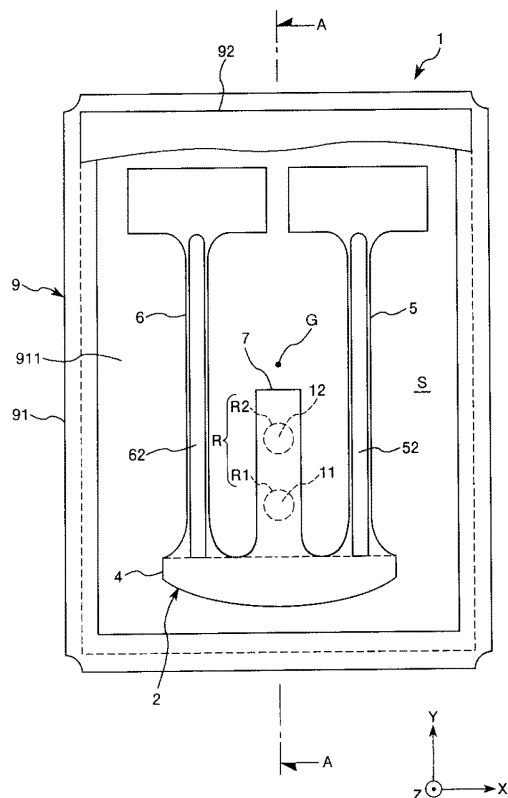
## 【0103】

1 …… 振動子 11 …… 第1導電性接着材 12 …… 第2導電性接着材 2、2A、2B、2C、2D、2E、2F、2G、2a、2b …… 振動素子 3 …… 水晶基板 4 …… 基部 41 …… 本体部 42 …… 縮幅部 5 …… 振動腕（第1の振動腕） 51 …… 腕部 511、512 …… 主面 511a、512a …… 土手部 513、514 …… 側面 52、53 …… 溝 59、69 …… ハンマーヘッド 6 …… 振動腕（第2の振動腕） 61 …… 腕部 613、614 …… 側面 62、63 …… 溝 7、7A、7B、7C、7D、7E、7F、7G、7a、7b …… 保持腕 71 …… 狭幅部 8 …… 電極 81 …… 第1接続電極 82 …… 第2接続電極 84 …… 第1駆動用電極 85 …… 第2駆動用電極 88 …… ボンディングワイヤー 9 …… パッケージ 91 …… ベース 911 …… 凹部 92 …… リッド 951、961 …… 接続端子 953、963 …… 外部端子 100 …… 発振器 110 …… ICチップ 120 …… 内部端子 1100 …… パーソナルコンピュータ 1102 …… キーボード 1104 …… 本体部 1106 …… 表示ユニット 1200 …… 携帯電話機 1202 …… 操作ボタン 1204 …… 受話口 1206 …… 送話口 1300 …… デジタルスチルカメラ 1302 …… ケース 1304 …… 受光ユニット 1306 …… シャッターボタン 1308 …… メモリー 1312 …… ビデオ信号出力端子 1314 …… 入出力端子 1430 …… テレビモニター 1440 …… パーソナルコンピュータ 1500 …… 自動車 2000 …… 表示部 L …… 全長 L1 …… 直線 L5、L6、H …… 長さ L10 …… 距離 A5 …… 離間距離 D1 …… 深さ G …… 重心 O1 …… 範囲 O5 …… 中心 R …… 固定部 R1 …… 第1固定部 R2 …… 第2固定部 S …… 収容空間 S5 …… 保持位置 X …… 基端 W1、W2、W3、W4、W5 …… 幅

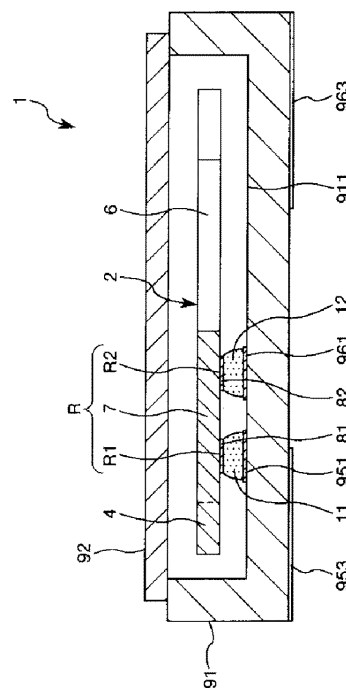
10

20

【図1】

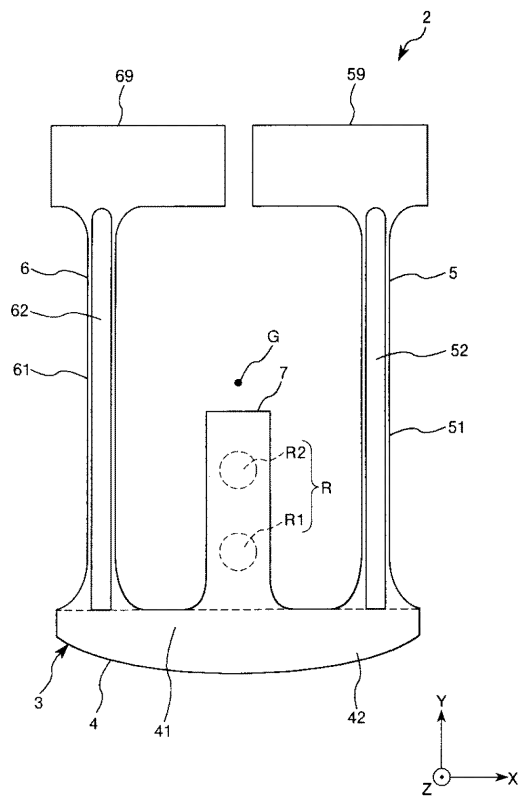


【図2】

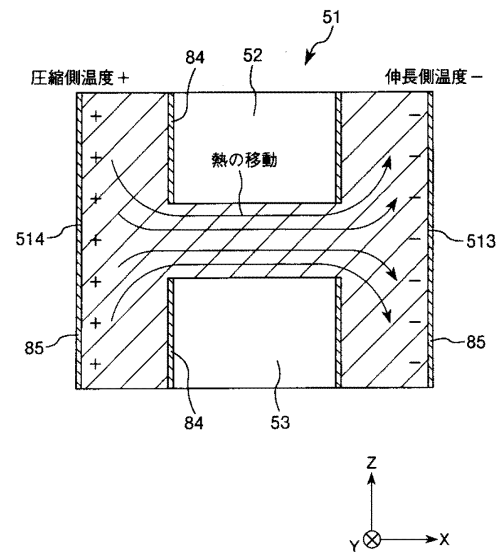




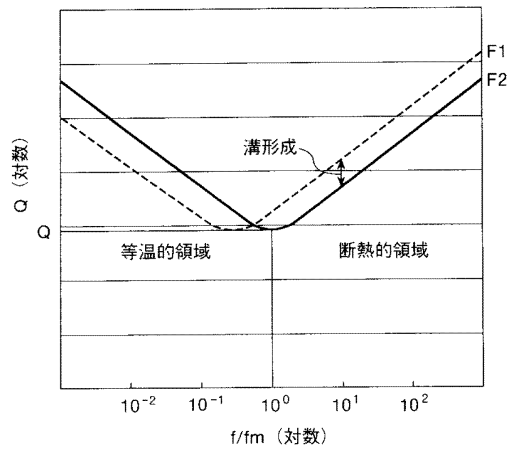
【図 7】



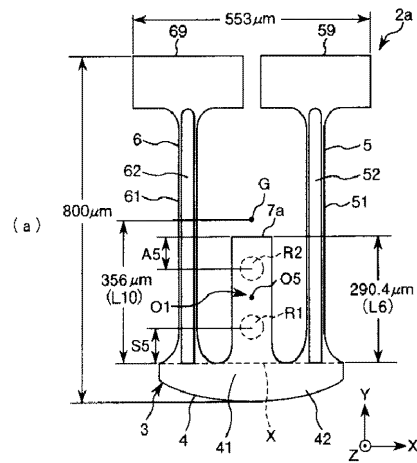
【図 8】



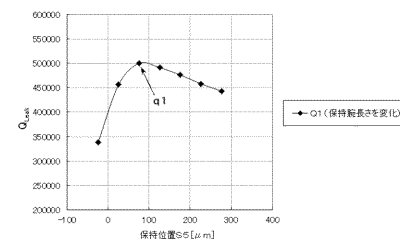
【図 9】



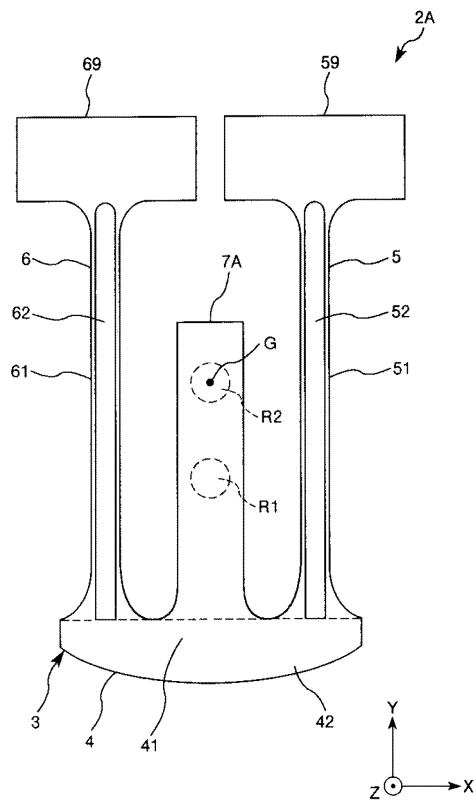
【図 10】



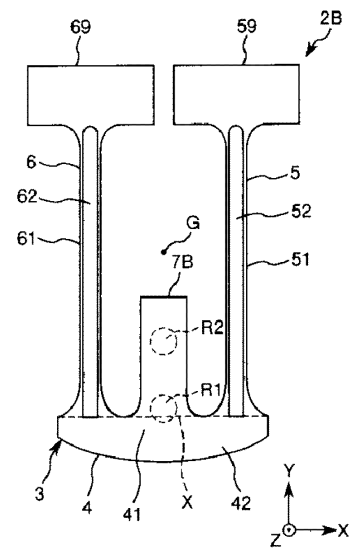
(b)



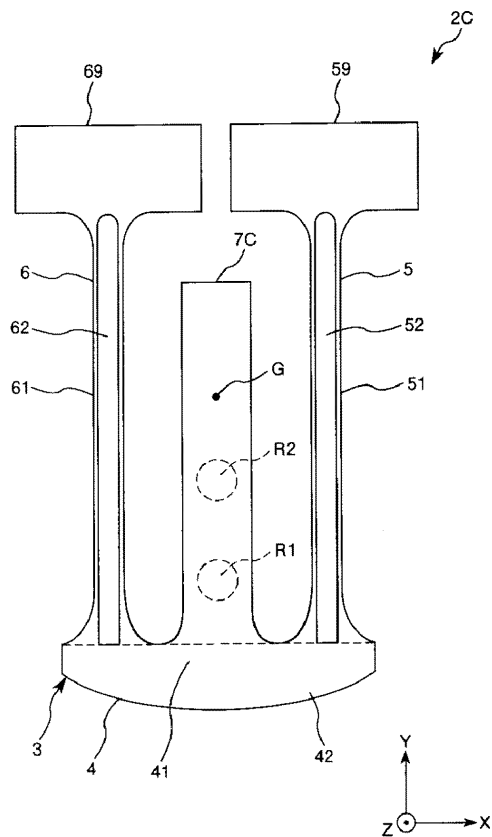
【図 1 1】



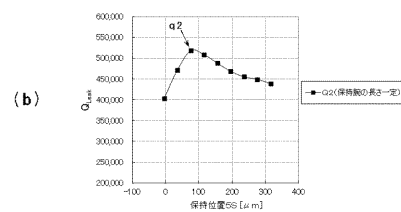
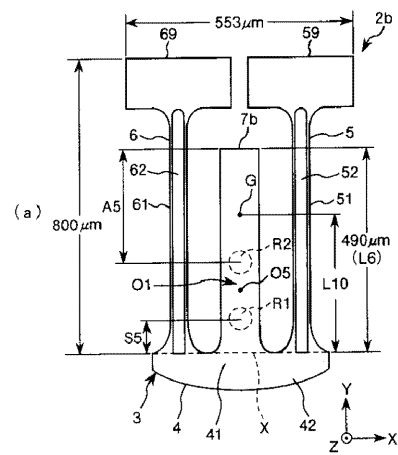
【図 1 2】



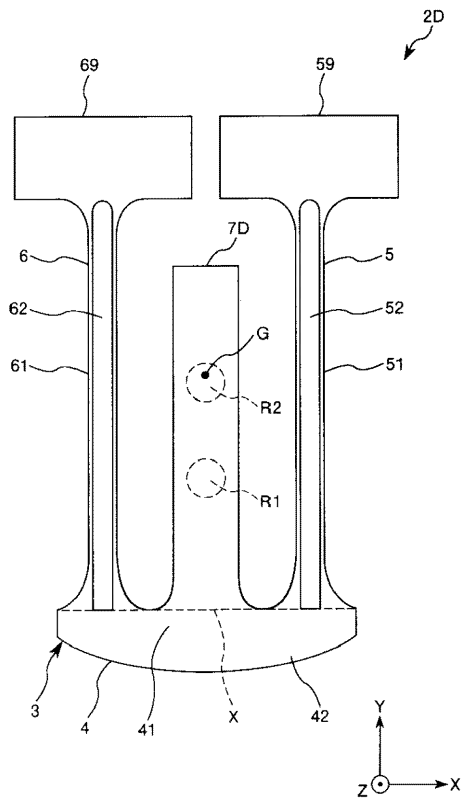
【図 1 3】



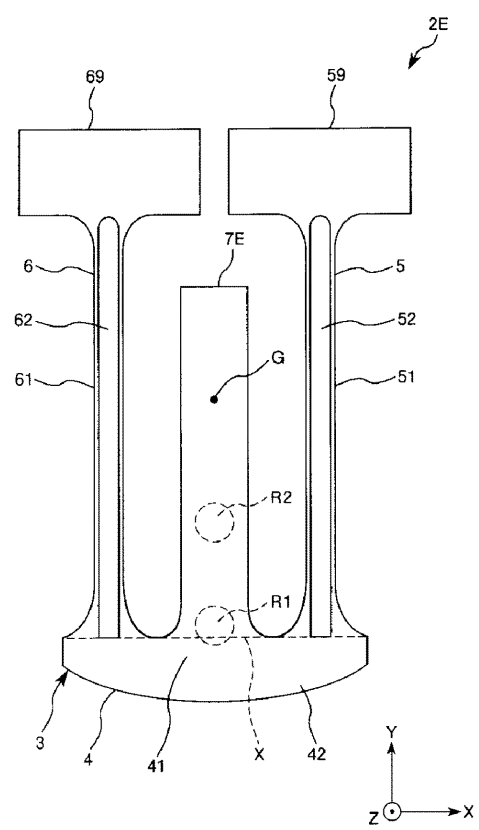
【図 1 4】



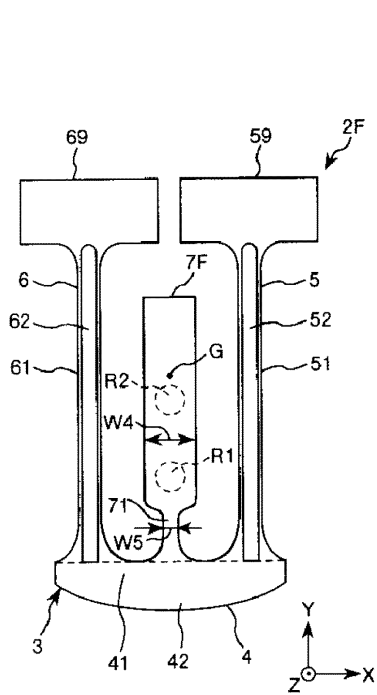
【図 15】



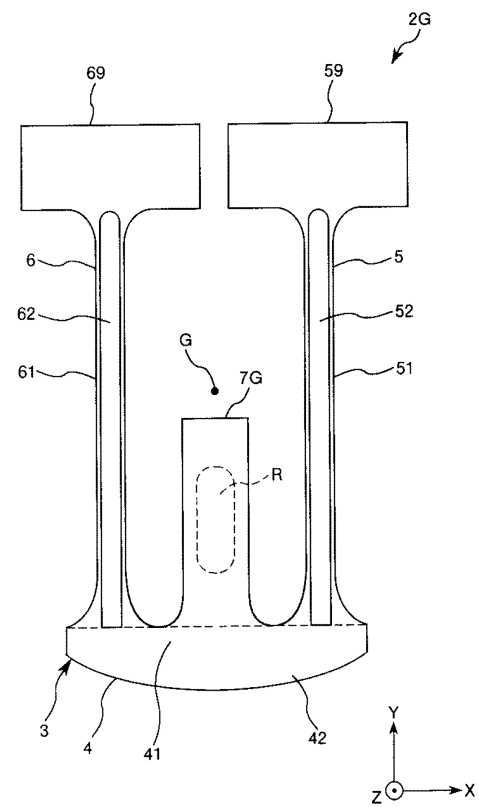
【図 16】



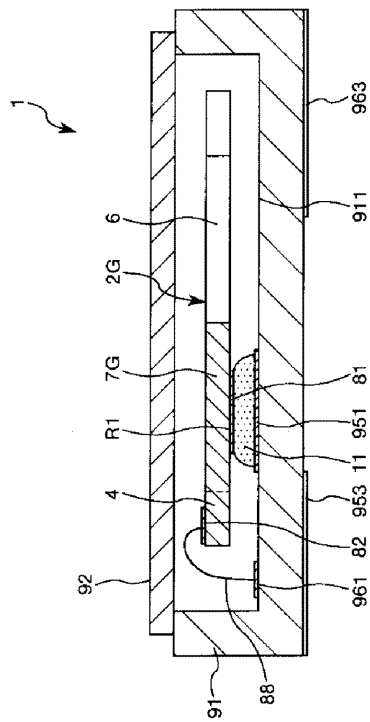
【図 17】



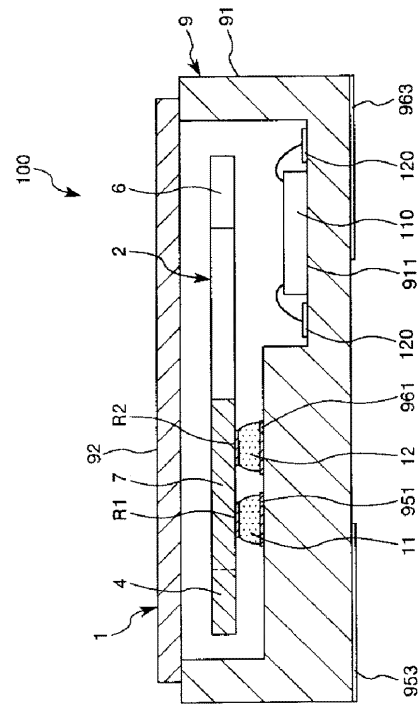
【図 18】



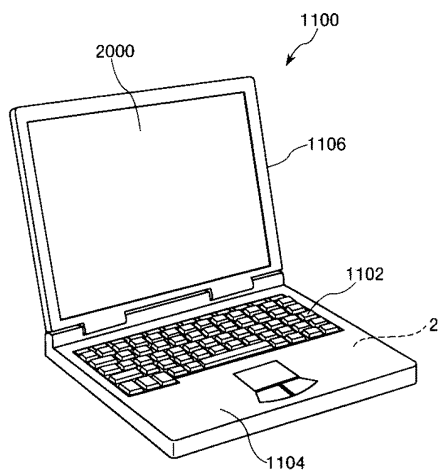
【 図 1 9 】



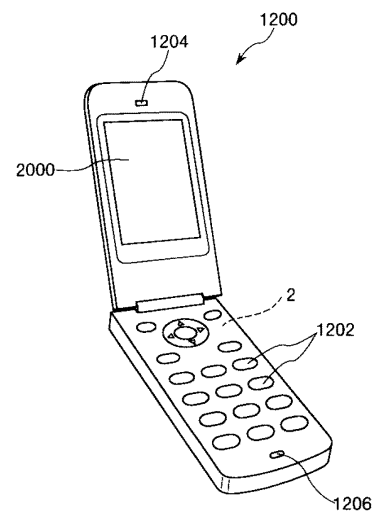
【 図 2 0 】



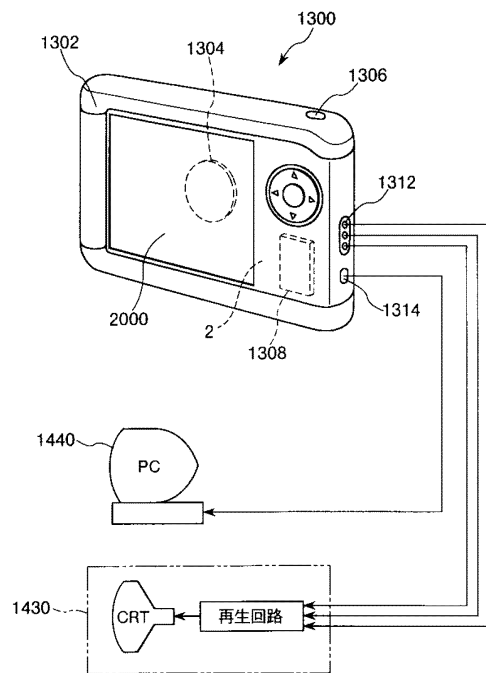
【 図 2 1 】



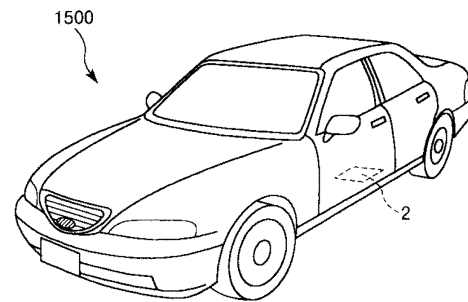
【 図 2 2 】



【図 23】



【図 24】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 1 4 1 3 8 7 ( J P , A )  
特開昭 4 9 - 0 9 8 2 1 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 3 1 1 0 8 8 ( J P , A )  
特開 2 0 1 1 - 0 8 2 9 5 6 ( 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 B	5 / 3 2
H 0 3 H	9 / 0 2
H 0 3 H	9 / 2 1 5