

(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 1
HO3H 9/19 (2006.01)	HO3H 9/19 J
HO3H 9/215 (2006.01)	HO3H 9/215
HO3H 9/02 (2006.01)	HO3H 9/02 K
HO3B 5/32 (2006.01)	HO3B 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×L10以上0.30×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

10

20

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×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、20μm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 2011-19159 号公報**

**【特許文献 2】特開 2002-141770 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、

10

20

30

40

50

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×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]

10

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。

20

【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、

30

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、20μm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】

40

[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]

50

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が得られる。

【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/fm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<sub>L<sub>eak</sub></sub>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。

20

【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。

【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<sub>L<sub>eak</sub></sub>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ー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/fm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<sub>L<sub>eak</sub></sub>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）状態となっていてもよいし、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。

10

#### 【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、コバルト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。

20

#### 【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、ポリエスチル系、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。

30

#### 【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に電気的に接続され、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に電気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（タンゲステン）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。

40

#### 【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

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' 軸を含む面を正面とする水晶基板 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  $\mu\text{m}$  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、ウェ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 5 1 とハンマー・ヘッド 5 9 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  $\mu\text{m}$  以上、300  $\mu\text{m}$  以下程度であるのが好ましく、100  $\mu\text{m}$  以上、150  $\mu\text{m}$  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 8 4、8 5 を振動腕 5、6 の側面に広く形成することができるため、C I 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 4 1）と、振動漏れを低減する縮幅部 4 2 とを有している。

縮幅部 4 2 は、本体部 4 1 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 4 2 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 4 2 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 4 2 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 4 1 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 4 1 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 4 1 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 4 1 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 4 1 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 軸方向変位に随伴する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 C I 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 4 2 が設けられている場合では、縮幅部 4 2 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 4 2 において互いにつかえることになる。すなわち、縮幅部 4 2 の X 軸方向中央部においては、本体部 4 1 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

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遙かに小さくなる。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へッド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】

図5に示すように、腕部51は、XY平面で構成された一対の正面511、512と、YZ平面で構成され、一対の正面511、512を接続する一対の側面513、514とを有している。また、腕部51は、正面511に開放する有底の溝52と、正面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、先端がハンマーへッド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の先端がハンマーへッド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。

20

#### 【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、 $60\% (D1 + D2) / D$

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】

40

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。

#### 【0031】

また、正面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正面）511aおよび正面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、 $0 \mu m < W3 < 20 \mu m$ 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、 $5 \mu m < W3 < 9 \mu m$ 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、 $0 \mu m < W3 < 5 \mu m$ 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 32.768 kHz ) 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つ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ー部中にて、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、 $L = 2\text{ mm}$ 、好ましくは、 $L = 1\text{ mm}$  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、 $W1 = 100\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは、 $W1 = 50\text{ }\mu\text{m}$  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 が伸び、X 方向に屈曲振動する場合、 $W1 = 12.8\text{ }\mu\text{m}$  であることが好ましく、水晶 Z 板で X 方向に振動腕 5、6 が伸び、Y 方向に屈曲振動する場合、 $W1 = 14.4\text{ }\mu\text{m}$  であることが好ましく、水晶 X 板で Y 方向に振動腕 5、6 が伸び、Z 方向に屈曲振動する場合、 $W1 = 15.9\text{ }\mu\text{m}$  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の一方の正面(-Z軸側の正面)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。

#### 【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、20μm以上程度であるのが好ましく、50μm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。

#### 【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、60μm以上、100μm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、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。

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。

#### 【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×L10~0.30×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

10

20

30

40

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。

#### 【 0 0 4 4 】

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、一対の第 1 駆動用電極 8 4 と、一対の第 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、一対の第 1 駆動用電極 8 4 と、一対の第 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。

#### 【 0 0 4 5 】

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 に電気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 に電気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 と電気的に接続され、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 と電気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。

#### 【 0 0 4 6 】

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 (A u) 、金合金、白金 (P t) 、アルミニウム (A l) 、アルミニウム合金、銀 (A g) 、銀合金、クロム (C r) 、クロム合金、ニッケル (N i) 、ニッケル合金、銅 (C u) 、モリブデン (M o) 、ニオブ (N b) 、タンゲステン (W) 、鉄 (F e) 、チタン (T i) 、コバルト (C o) 、亜鉛 (Z n) 、ジルコニウム (Z r) 等の金属材料、酸化インジウムスズ (I T O) 等の導電材料により形成することができる。

#### 【 0 0 4 7 】

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、7 0 0 以下の C r 層上に 7 0 0 以下の A u 層を形成した構成とすることができる。特に、C r や A u は熱弾性損失が大きいので、C r 層、A u 層は、好ましくは 2 0 0 以下とされる。絶縁破壊耐性を高くする場合には、C r 層、A u 層は、好ましくは 1 0 0 0 以上とされる。さらに、また、N i は、水晶の熱膨張係数に近いので、C r 層に替えて N i 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。

#### 【 0 0 4 8 】

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 G ou g h - J ou l e 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

10

20

30

40

50

との間、つまり腕部51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。

#### 【0049】

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 $f_m$ と一致するときにQ値が最小となる。この熱緩和周波数 $f_m$ は、 $f_m = 1 / (2\pi)$ 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

#### 【0050】

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。

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

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、 $a$ 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 $a$ 、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52、53を設けていない場合の値となる。

#### 【0051】

20

振動腕5では、側面513、514の間に位置するように溝52、53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513、514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52、53を迂回するように形成され、熱移動経路が側面513、514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52、53を設けていない場合と比較して緩和時間 $\tau$ が長くなり、熱緩和周波数 $f_m$ が低くなる。

#### 【0052】

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F1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F2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F1、F2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F1が曲線F2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

#### 【0053】

#### 【数1】

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

#### 【0054】

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。

#### 【0055】

ここで、第1、第2駆動用電極 84、85 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 84 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 85 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 84、85 を介する熱伝導が積極的に行われると、緩和時間  $\tau$  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 52、53 の底面にて第1駆動用電極 84 を側面 513 側と側面 514 側とに分割し、振動腕 6 では溝 62、63 の底面にて第2駆動用電極 85 を側面 613 側と側面 614 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  $\tau$  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。10

#### 【0056】

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 10 (a) は、本シミュレーションで用いた振動素子 2a 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、 $800 \mu\text{m} \times 556 \mu\text{m} \times 130 \mu\text{m}$  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 2a 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  $356 \mu\text{m}$  である。20

#### 【0057】

また、図 10 (a) に示す振動素子 2a は、保持腕 7a の先端が、重心 G より基部 4 側に位置しており、保持腕 7a の Y 軸方向の長さが、 $290.4 \mu\text{m}$  である。また、固定部 R の中心 O5 が、重心 G と保持腕 7a 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 7a 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 7a の先端と第2固定部 R2 の中心部との離間距離 A5 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。20

#### 【0058】

このような振動素子 2a を、第1、第2固定部 R1、R2 で、金バンプ (ヤング率 70.0 [GPa]、ポアソン比 0.44、質量密度  $19300 [\text{kg}/\text{m}^3]$ 、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。第1、第2固定部 R1、R2 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も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。30

#### 【0059】

図 10 (b) に示すグラフ Q1 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 10 (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。40

また、図 10 (b) に示すグラフ Q1 は、前述した図 10 (a) に示す振動素子 2a に基づいたシミュレーション結果である。なお、グラフ Q1 上のプロット q1 が、振動素子 2a に相当している。

#### 【0060】

図 10 (b) に示すグラフ Q1 は、保持腕 7a の先端と第2固定部 R2 との離間距離 A5 を一定にしたまま、保持腕 7a の Y 軸方向の長さ L6 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 Q1 は、振動素子 2a の離間距離 A5 を一定にしたまま、長さ L6 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。50

このグラフ Q 1 によれば、プロット q 1 のときに  $Q_{L e a k}$  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  $Q_{L e a k}$  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  $Q_{L e a k}$  値は低下している。

#### 【 0 0 6 1 】

この結果から、図 1 0 ( 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、 $Q_{L e a k}$  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

#### 【 0 0 6 2 】

ちなみに、振動素子 2 a を、前述した金バンプに代えて、ビ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<sup>3</sup>]、直径 80 μm、厚さ 20 μm）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。

#### 【 0 0 6 3 】

##### < 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。

#### 【 0 0 6 4 】

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ことができる。

#### 【 0 0 6 5 】

##### < 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。

#### 【 0 0 6 6 】

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ことができる。

#### 【 0 0 6 7 】

##### < 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  $Q_{L e a k}$  値の関係を示す図である。 10

#### 【 0 0 6 8 】

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。

#### 【 0 0 6 9 】

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。 20

#### 【 0 0 7 0 】

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、同一方向に捩り振動する捩り同相モード、振動腕 5 、 6 が Y 軸まわりに、反対方向に捩り振動する捩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 の先端部が不本意に 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。 30

#### 【 0 0 7 1 】

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 の長さが長いため質量が増大し、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。 40

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ことができる。

#### 【 0 0 7 2 】

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

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52、53、62、63の深さがそれぞれ $60\text{ }\mu\text{m}$ 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 $356\text{ }\mu\text{m}$ 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、 $490\text{ }\mu\text{m}$ 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 $76\text{ }\mu\text{m}$ であり、保持腕7bの先端と第2固定部R2との離間距離が、 $84.4\text{ }\mu\text{m}$ 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 $80\text{ }\mu\text{m}$ 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、金パンプ（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 $80\text{ }\mu\text{m}$ 、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。

#### 【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q2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L6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L6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q2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L6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A5を一定にしたまま、長さL6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の長さが長いため質量が増大し、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>

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図にて、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】

10

20

30

40

50

また、第1固定部R1は、Z軸方向から見た平面図にて、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、|0-1|/0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。

【 0 0 9 2 】

図 18 および図 19 に示すように、振動素子 2 G 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 R 1 、 R 2 に分かれていません。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 1 1 を介してベース 9 1 に固定されている。固定部 R には、第 1 接続電極 8 1 が設けられており、この第 1 接続電極 8 1 が導電性接着材 1 1 を介して接続端子 9 5 1 と電気的に接続される。また、第 2 接続電極 8 2 は、基部 4 の他方の正面 (+Z 軸側の面) に設けられており、ボンディングワイヤー 8 8 を介して接続端子 9 6 1 に電気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 1 1 との接触面積が広くなるため、ベース 9 1 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 1 1 とボンディングワイヤー ( 金属ワイヤー ) 8 8 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。

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ことができる。

【 0 0 9 3 】

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。

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ついて説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【 0 0 9 4 】

図 20 に示すように、発振器 100 では、ベース 9 1 の凹部 9 1 1 に IC チップ 110 が固定されている。IC チップ 110 は、凹部 9 1 1 の底面に形成された複数の内部端子 120 と電気的に接続されている。複数の内部端子 120 には、接続端子 9 5 1 、 9 6 1 と接続されているものと、外部端子 9 5 3 、 9 6 3 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。

【 0 0 9 5 】

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ー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ー 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ー 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。

【 0 0 9 6 】

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 2000 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。

【 0 0 9 7 】

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

10

20

30

40

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、メモリー 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、メモリー 1308 に格納された撮像信号が、テレビモニター 1430 や、パーソナルコンピューター 1440 に出力される構成になっている。このようなデジタルスチルカメラ 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、ワードプロセッサー、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS 端末、医療機器 (例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡)、魚群探知機、各種測定機器、計器類 (例えば、車両、航空機、船舶の計器類)、フライトシミュ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。

10

20

30

40

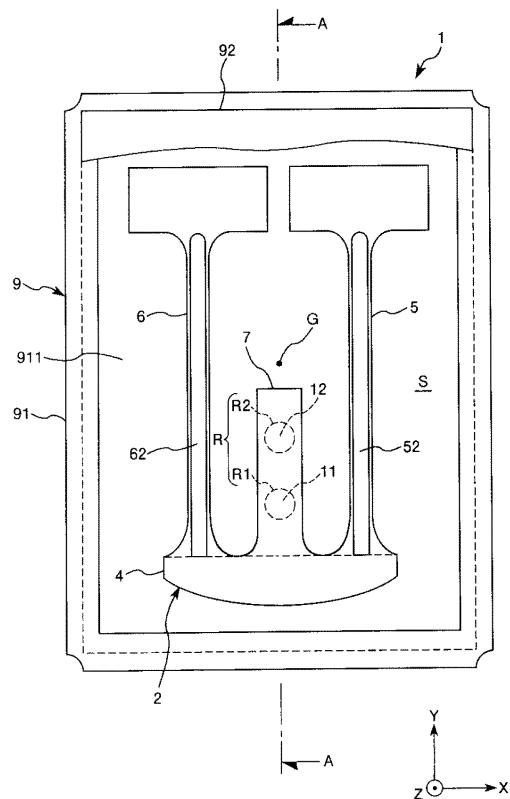
50

## 【符号の説明】

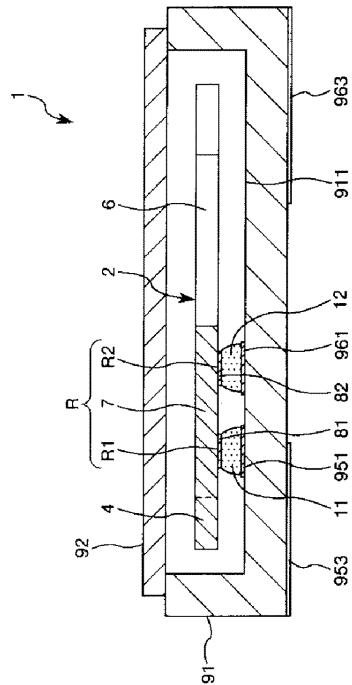
## 【0103】

- 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HEAD 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ー 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ー 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

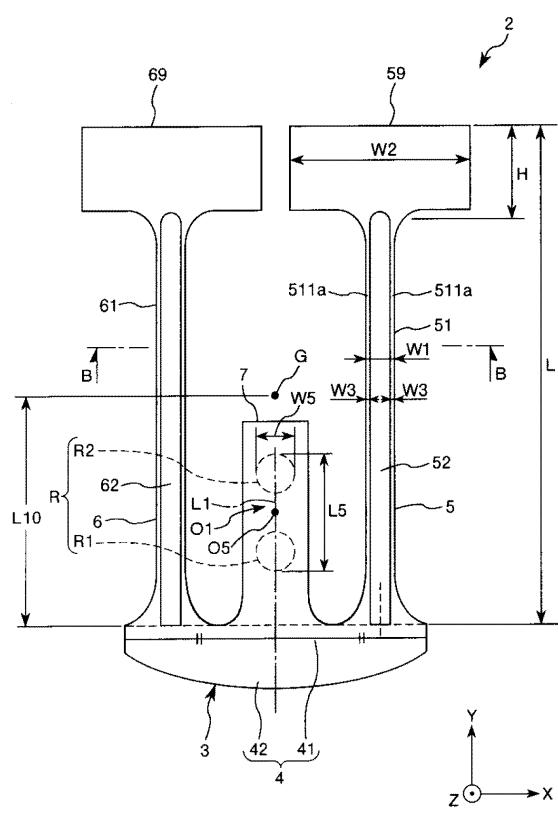
【図1】



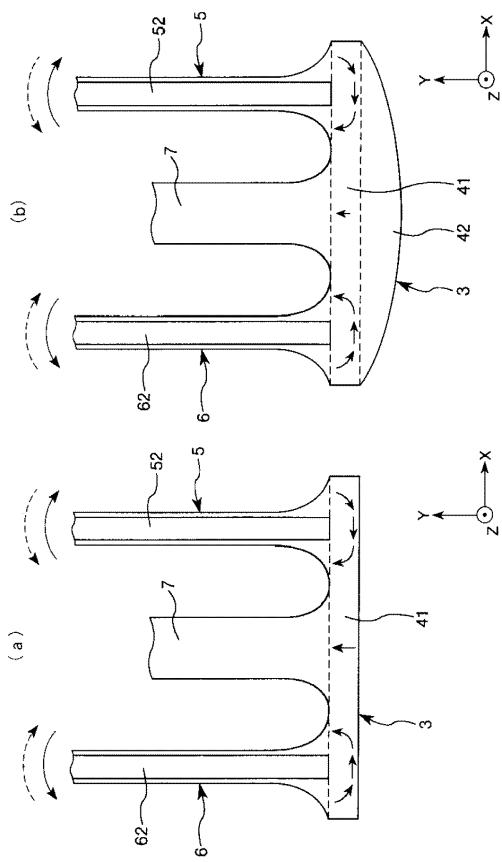
【図2】



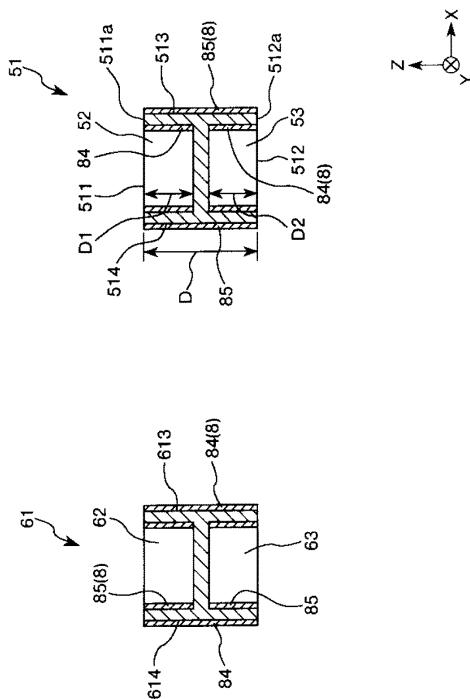
【図3】



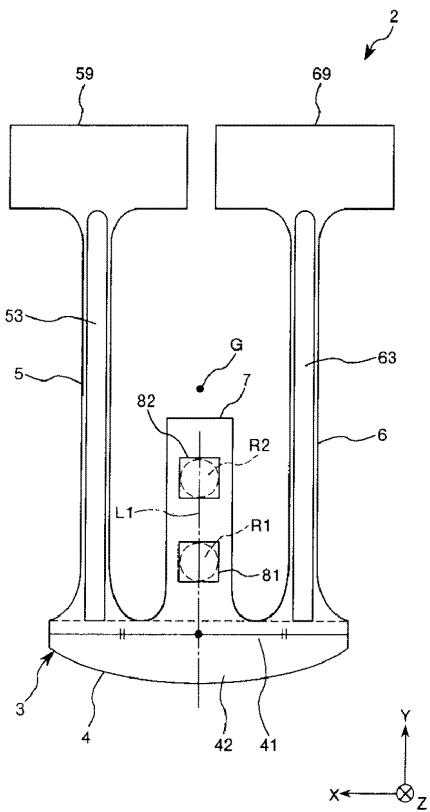
【図4】



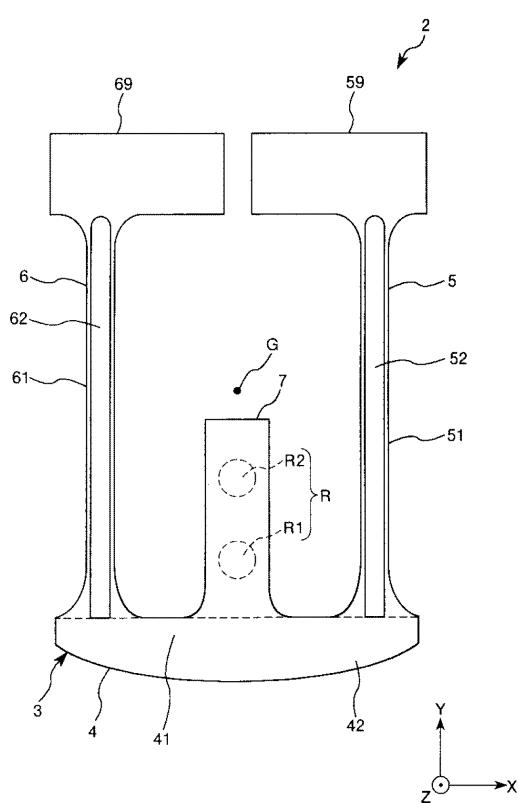
【図5】



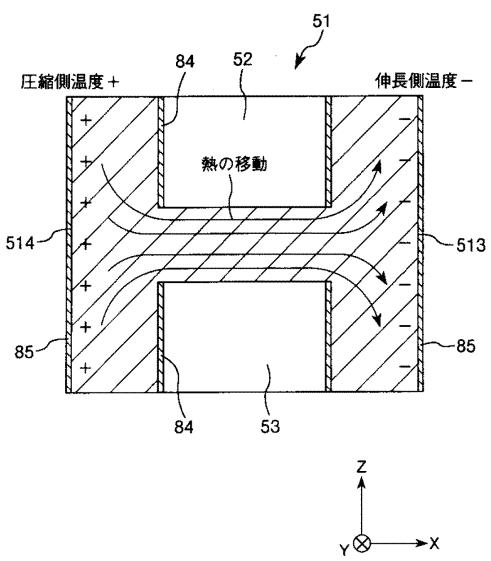
【図6】



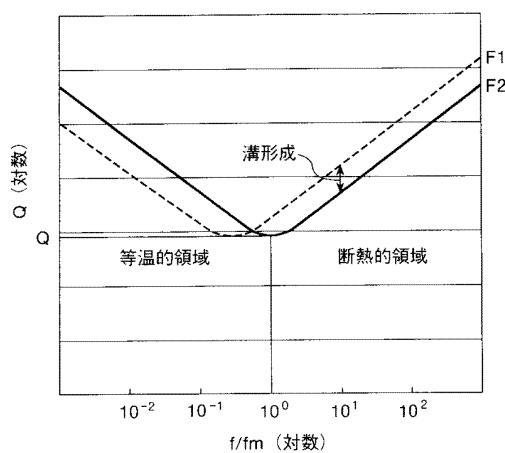
【図7】



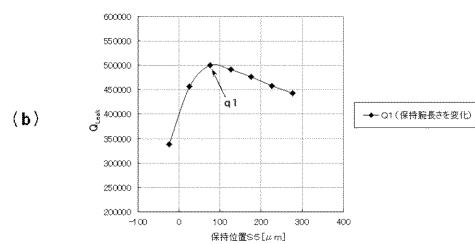
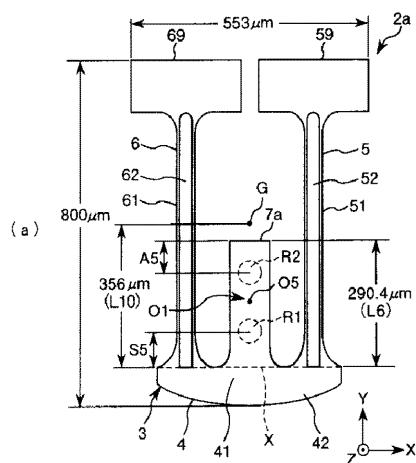
【図8】



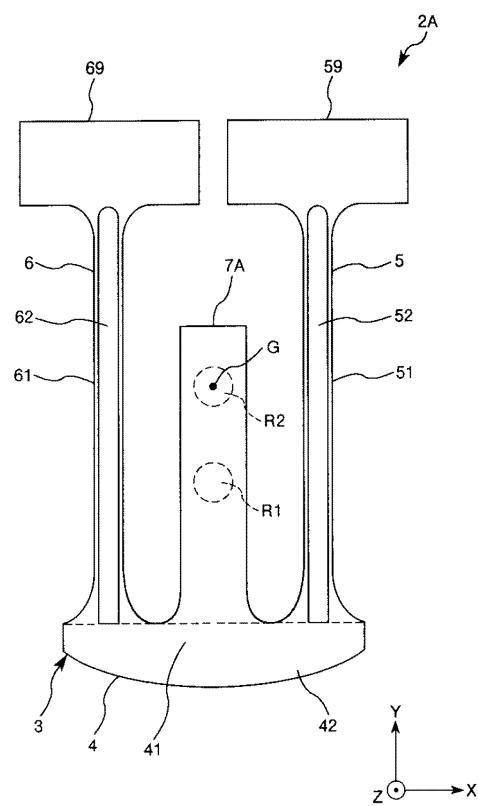
【図9】



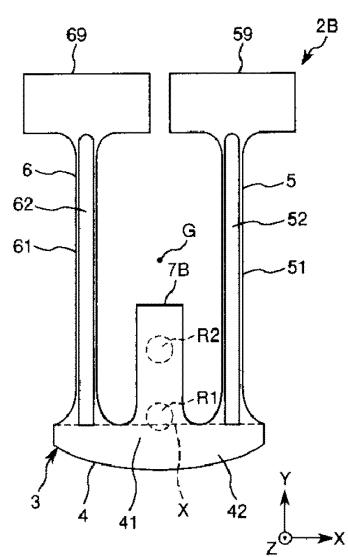
【図10】



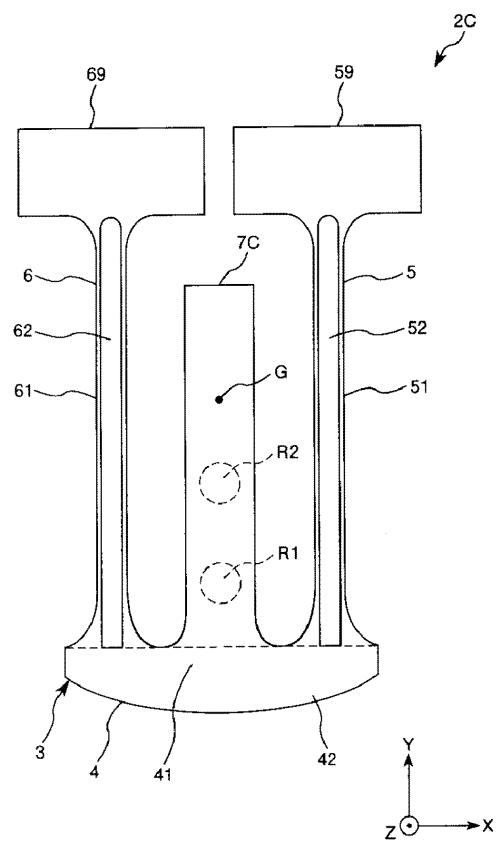
【図11】



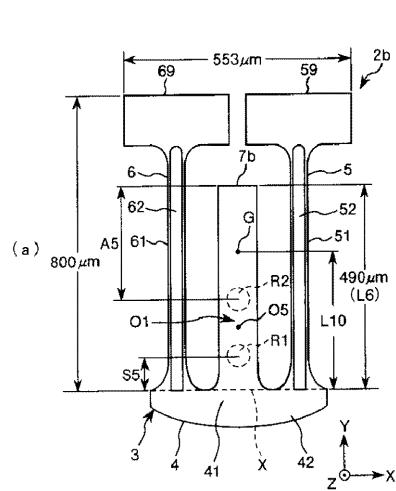
【図12】



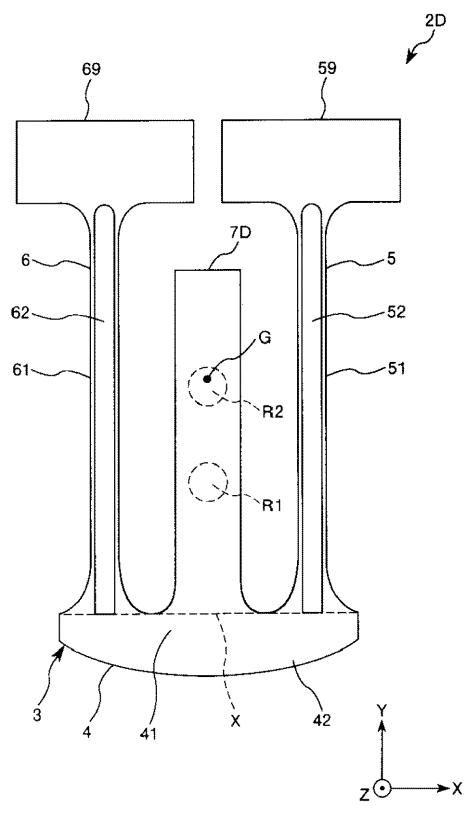
【図13】



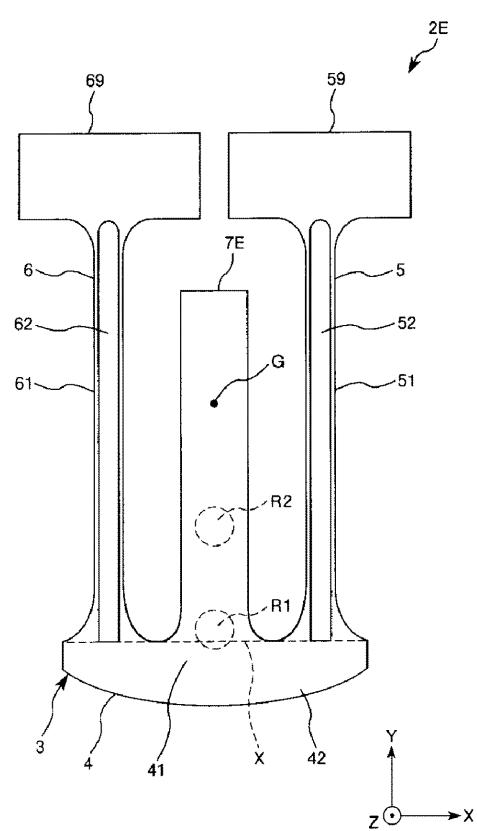
【図14】



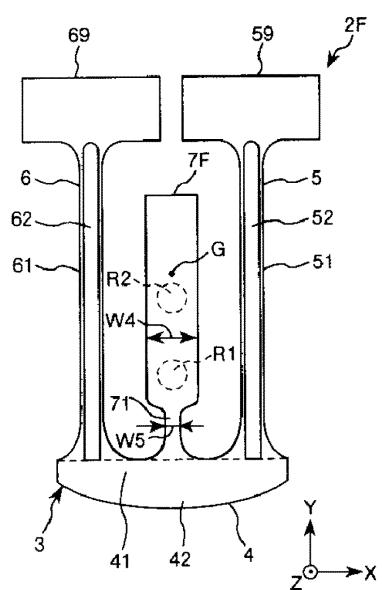
【図15】



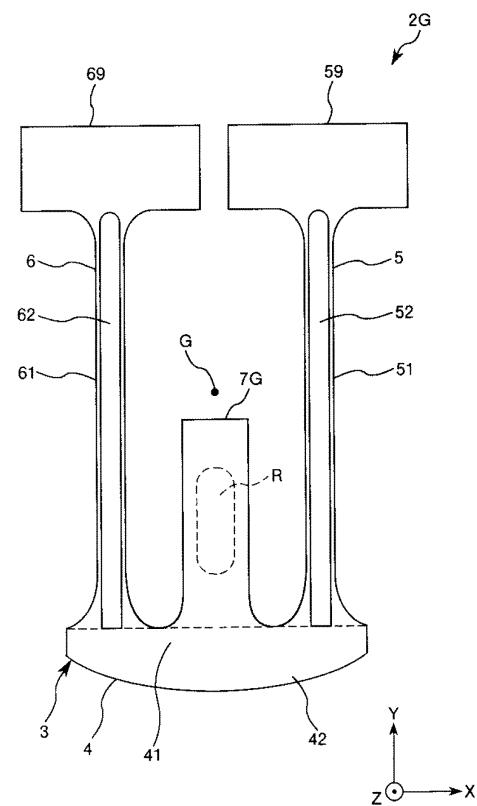
【図16】



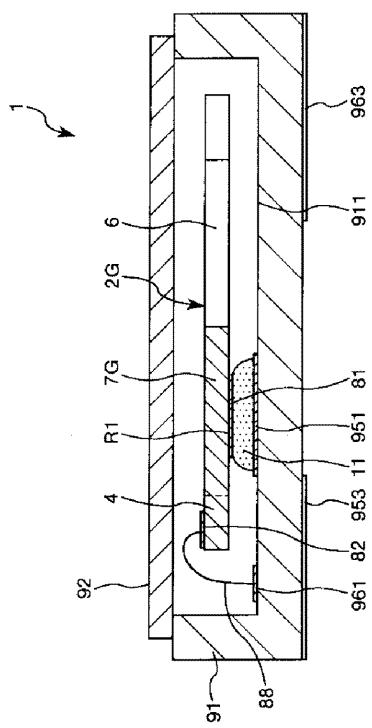
【図17】



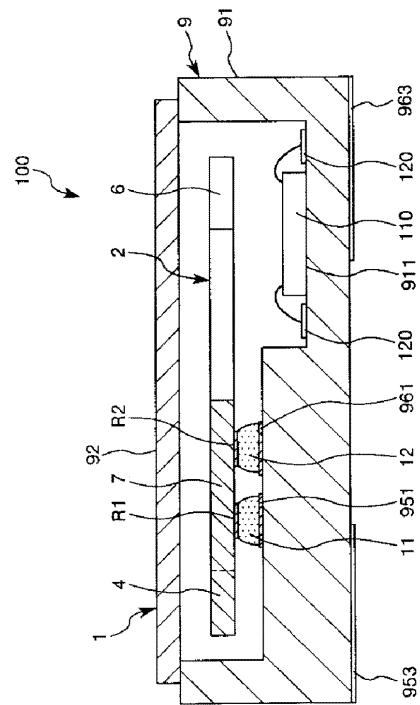
【図18】



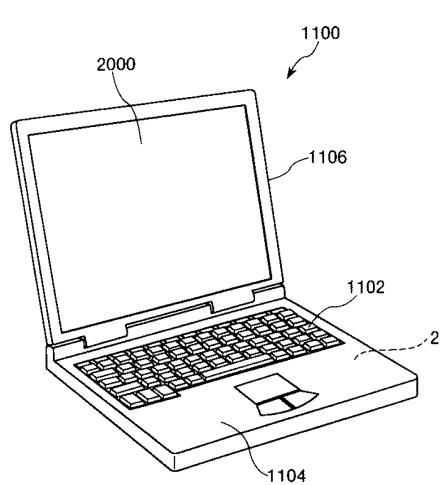
### 【図19】



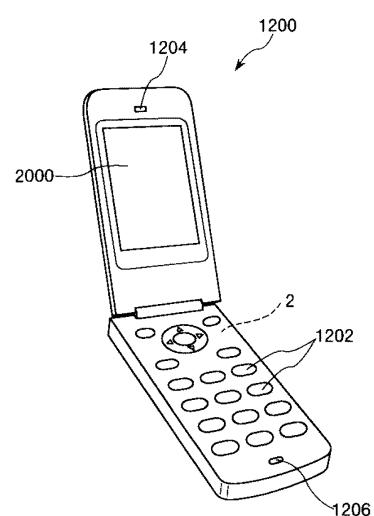
【図20】



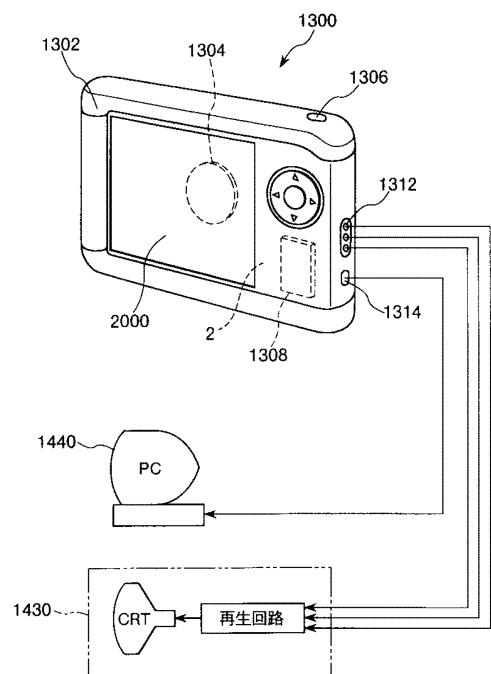
【図21】



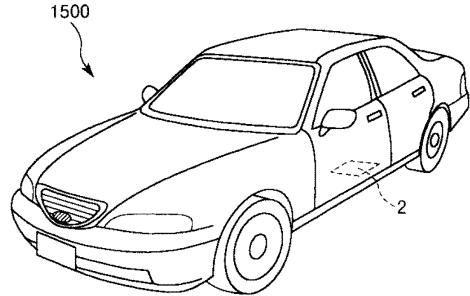
【図22】



【図23】



【図24】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-141387(JP,A)  
特開昭49-098219(JP,A)  
特開2006-311088(JP,A)  
特開2011-082956(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 03 H	9 / 19
H 03 B	5 / 32
H 03 H	9 / 02
H 03 H	9 / 215