

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-200917  
(P2004-200917A)

(43) 公開日 平成16年7月15日(2004.7.15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
H03H 9/215	H03H 9/215	5J108
H03H 9/10	H03H 9/10	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2002-365531 (P2002-365531)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成14年12月17日(2002.12.17)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107076 弁理士 藤綱 英吉
		(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
		(72) 発明者	棚谷 英雄 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
		Fターム(参考)	5J108 BB01 BB02 CC06 CC09

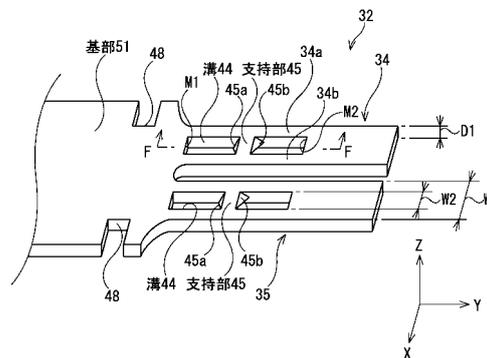
(54) 【発明の名称】 圧電振動片と圧電振動片を利用した圧電デバイス、ならびに圧電デバイスを利用した携帯電話装置および圧電デバイスを利用した電子機器

(57) 【要約】

【課題】 C I 値の上昇を招くことなく、振動腕の垂直方向の動きを抑制して、振動腕のほぼ全長にわたり剛性を確保することで、適切な振動を実現できる圧電振動片と、この圧電振動片を利用した圧電デバイスを提供すること。

【解決手段】 圧電材料により形成されており、基部51から平行に延びる一対の振動腕34、35と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝44、44と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部45、45とを備える。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

圧電材料により形成されており、基部から平行に延びる一対の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備えることを特徴とする、圧電振動片。

## 【請求項 2】

前記支持部の前記溝の底部と一体になった一体部が、この支持部の少なくとも前記溝の開口側の端部よりも、その厚みが増すように形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の圧電振動片。 10

## 【請求項 3】

前記溝が前記各振動腕の表面及び裏面にそれぞれ設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の圧電振動片。

## 【請求項 4】

前記支持部が、前記溝の一つに対して複数形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の圧電振動片。

## 【請求項 5】

前記各振動腕の腕幅が、 $50\ \mu\text{m}$  ないし  $150\ \mu\text{m}$  であり、前記溝の深さが、前記各振動腕の材料厚みの 30 パーセント以上、50 パーセント未満であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の圧電振動片。 20

## 【請求項 6】

前記各振動腕に設けた前記溝の溝幅が、各振動腕の腕幅の 40 パーセント以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の圧電振動片。

## 【請求項 7】

前記各振動腕に設けた前記溝の溝幅が、各振動腕の腕幅の 70 パーセント以上であることを特徴とする請求項 6 に記載の圧電振動片。

## 【請求項 8】

ケースもしくはパッケージ内に圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、前記圧電振動片が、基部から平行に延びる一対の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備えることを特徴とする、圧電デバイス。 30

## 【請求項 9】

ケースもしくはパッケージ内に圧電振動片を収容した圧電デバイスを利用した携帯電話装置であって、前記圧電振動片が、基部から平行に延びる一対の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備える圧電デバイスにより、制御用のクロック信号を得るようにしたことを特徴とする、携帯電話装置。 40

## 【請求項 10】

ケースもしくはパッケージ内に圧電振動片を収容した圧電デバイスを利用した電子機器であって、前記圧電振動片が、基部から平行に延びる一対の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝と、 50

前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備える圧電デバイスにより、制御用のクロック信号を得るようにしたことを特徴とする、電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電振動片と、この圧電振動片をパッケージに收容した圧電デバイス、ならびに圧電デバイスを利用した携帯電話と電子機器に関する。

【0002】

【従来の技術】

HDD（ハード・ディスク・ドライブ）、モバイルコンピュータ、あるいはICカード等の小型の情報機器や、携帯電話、自動車電話、またはページングシステム等の移動体通信機器において、パッケージ内に圧電振動片を收容した圧電振動子や圧電発振器等の圧電デバイスが広く使用されている。

図11は、このような圧電デバイスの構成例を示す概略断面図である。

図において、圧電デバイス1は、パッケージ2の内部に、圧電振動片3を收容している。パッケージ2はこの場合、絶縁材料を浅い箱状に形成したもので、内部に圧電振動片3を收容固定した後で、蓋体4により封止されるようになっている。

【0003】

パッケージ2は、セラミックのグリーンシートでなる複数の基板2a, 2b, 2cを成形して積層し、焼結することにより形成されており、基板2b, 2cの内側には、成形時に材料を除去して形成した孔を設けることにより、図示するように圧電振動片3を收容する空間を形成している。

【0004】

圧電振動片3は、例えば水晶をエッチングすることにより図12のような形成とされている。図示されているように、圧電振動片3は、基部5と、この基部5から図において右方に平行に延びる一对の振動腕6, 7を備える、所謂、音叉型水晶片で構成されている。振動腕6, 7には、長さ方向に延びる溝6aと溝7aとがそれぞれ形成されている。この振動腕7のB-B線切断端面図を図13に示す。図13に示されているように、励振電極8a, 8bが形成されており、この励振電極8a, 8bに対して外部から駆動電圧を印加することにより、図13の矢印に示すように、振動腕7内部に矢印で示すように電界が形成される。このような電界の作用によって、図12の各振動腕6, 7について、それぞれ、各溝6a, 7aを挟んだ両側の材料が、矢印に示すように伸長と、収縮を交互に繰り返す。

【0005】

これにより、図12に示すように、振動腕6, 7は、矢印Aに示すように、その先端側を互いに接近、離間するように振動する。尚、図12では、理解の便宜のため、振動腕6, 7の動きを実際よりも極端に誇張して示している。このような振動に基づく振動周波数を取り出すことにより、制御クロック信号等の各種信号に利用されるようになっている。ここで、図12の振動腕6, 7の矢印Aに沿った振動は、図13の矢印x方向（この方向を、以下、「水平方向」という）に沿う水平な動きである。

【0006】

【特許文献1】特開昭56-65517号

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、図13において、振動腕7について、その表裏に溝7a, 7aを形成する製造工程では、振動腕7の表側と裏側から、それぞれハーフエッチングすることで溝7a, 7aを形成している。そして、100μm程度の腕幅しかない振動腕7に対して、表裏面に設けられる各溝7a, 7aは、振動腕7の表側と裏側から別々に形成されるために、図13に示されているように、図において、左右方向に位置が互いにずれた状態で形成される

10

20

30

40

50

ことがある。

このような状態であると、図 1 2 で示すように、振動腕 6 , 7 が矢印 A 方向に振動する際に、その動きに図 1 3 の z 方向 (この方向を、以下、「垂直方向」という) 成分の動きが加わり、矢印 C 方向の振動となってしまう。

【 0 0 0 8 】

このような振動特性の変化により種々の弊害があるが、例えば、図 1 4 は、各振動腕 6 , 7 が矢印 A 方向に、正しく振動した場合の圧電振動片 3 の周波数シフトと温度変化の相関を示し、図 1 5 は、各振動腕 6 , 7 が図 1 3 で説明したように垂直成分の動きを伴って振動した場合の圧電振動片 3 の周波数シフトと温度変化の相関を示している。

すなわち、周波数  $f$  は、 $k$  を定数、 $E$  を弾性定数、 $I$  を断面二次モーメントとすると、次式で表される。 10

$$f = k \cdot (E \cdot I)^{-2} \cdot \dots \cdot \text{式 ( 1 )}$$

このため、温度特性は、弾性定数や弾性二次モーメントの変化により、二次曲線を示す。これらの圧電振動片 3 の温度特性を比較すると、周波数変化の頂点温度が図 1 4 の場合は正常で、摂氏 2 5 度付近であるが、図 1 5 の場合には、マイナス側にずれて摂氏 1 4 度程度になっている。

【 0 0 0 9 】

本発明は、振動腕の垂直方向の動きを抑制して、振動腕のほぼ全長にわたり剛性を確保することで、適切な振動を実現できる圧電振動片と、この圧電振動片を利用した圧電デバイス、ならびに圧電デバイスを利用した携帯電話と電子機器を提供することを目的とする。 20

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上述の目的は、第 1 の発明によれば、圧電材料により形成されており、基部から平行に延びる一对の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備える、圧電振動片により、達成される。

第 1 の発明の構成によれば、各振動腕に形成される溝は、有底の溝であることから、各振動腕に貫通溝を形成する場合と比較すると、これら各振動腕は、より高い剛性を備えることになる。さらに、各溝には、この溝を幅方向に横切るように設けられ、溝により幅方向 30 に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部が設けられている。これにより、支持部は、特に、溝の底部の構造と一体となって、溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を支持し、変形が生じないようにする。このため、各振動腕の捩じれ方向の剛性を強化することができる。

したがって、本発明によれば、支持部を振動腕に多数設ける必要がないので、振動腕の垂直方向の動きを抑制して、振動腕のほぼ全長にわたり剛性を確保することで、適切な振動を実現できる圧電振動片を得ることができるという効果を発揮する。

【 0 0 1 1 】

第 2 の発明は、第 1 の発明の構成において、前記支持部の前記溝の底部と一体になった一体部が、この支持部の少なくとも前記溝の開口側の端部よりも、その厚みが増すように形成されていることを特徴とする。 40

第 2 の発明の構成によれば、前記支持部の前記溝の底部と一体になった一体部が、この支持部の少なくとも前記溝の開口側の端部よりも、その厚みが増すように形成されている。言い換えれば、前記支持部は溝の底部に向かってその厚みが増すように形成されている。このため、支持部は溝の底部と特に強固に接続されている。したがって、この圧電振動片においては、前記支持部がこの溝の底部と強固に固定されることで、振動腕の捩じれ方向の変形力に対して、有効に対抗でき、この捩じれ方向の変形を一層効果的に防止することができる。

【 0 0 1 2 】

第 3 の発明は、第 1 または第 2 の発明のいずれかの構成において、前記溝が前記各振動腕 50

の表面及び裏面にそれぞれ設けられていることを特徴とする。

第3の発明の構成によれば、各振動腕の表裏面にそれぞれ前記溝を形成するので、細い振動腕に微細な幅で溝を形成することで、表裏の溝位置がずれてしまう場合がある。しかしながら、本発明者は、このような有底の溝が振動腕の剛性を強化する上で大きな効果を発揮することに着目して、このような表裏の溝のずれという加工上の欠点を許容し、それに伴う弊害は、表裏の各溝に前記支持部を形成して解決するようにしている。つまり、溝が底部を設けることと、表裏の溝に前記支持部を形成することがあいまって、各振動腕の垂直成分の動きを効果的に抑制することができる。

【0013】

第4の発明は、第1ないし第3の発明のいずれかの構成において、前記支持部が、前記溝の一つに対して複数形成されていることを特徴とする。 10

第4の発明の構成によれば、ひとつの溝に形成される支持部の数を増やすと、CI(クリスタルインピーダンス)値が上昇するが、支持部の数を増やすことで、振動腕の剛性はその分向上する。

【0014】

第5の発明は、第1ないし第4の発明のいずれかの構成において、前記各振動腕の腕幅が、50 $\mu$ mないし150 $\mu$ mであり、前記溝の深さが、前記各振動腕の材料厚みの30パーセント以上50パーセント未満であることを特徴とする。

第5の発明の構成によれば、前記各振動腕の腕幅を、50 $\mu$ mないし150 $\mu$ mとした場合において、前記溝の深さが、前記各振動腕の材料厚みの30パーセント未満であると、CI値の低減効果が十分得られず、実用可能なCI値とならない場合がある。また、前記溝の深さが、前記各振動腕の材料厚みの50パーセントを越えると、振動腕の表裏面にそれぞれ溝を形成することが不可能となる。 20

【0015】

第6の発明は、第1ないし第5の発明のいずれかの構成において、前記各振動腕に設けた前記溝の溝幅が、各振動腕の腕幅の40パーセント以上であることを特徴とする。

第6の発明の構成によれば、振動腕の腕幅の40パーセント以上とすることにより、CI値を適切に抑制して実用可能なCI値を実現することができるという作用を発揮する。

【0016】

第7の発明は、第6の発明の構成において、前記各振動腕に設けた前記溝の溝幅が、各振動腕の腕幅の70パーセント以上であることを特徴とする。 30

第7の発明の構成によれば、振動腕の腕幅の70パーセント以上とすることにより、CI値の抑制が最大限に可能となり、振動腕の腕幅の100パーセント近くなると、振動腕に溝を形成することが不可能になる。

【0017】

上述の目的は、第8の発明によれば、ケースもしくはパッケージ内に圧電振動片を収容した圧電デバイスであって、前記圧電振動片が、基部から平行に延びる一对の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備える、圧電デバイスにより、達成される。 40

第8の発明によれば、この圧電デバイスに収容されている圧電振動片の各振動腕には有底の溝が形成されており、この溝に設けた支持部は、特に、溝の底部の構造と一体となって、溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を支持し、変形が生じないようにする。このため、各振動腕の捩じれ方向の剛性を強化することができる。このことにより、圧電デバイスに収容された圧電振動片について、その振動腕の垂直方向の動きを抑制して、振動腕のほぼ全長にわたり剛性を確保できるので、適切な振動を実現できる。

【0018】

上述の目的は、第9の発明によれば、ケースもしくはパッケージ内に圧電振動片を収容した圧電デバイスを利用した携帯電話装置であって、前記圧電振動片が、基部から平行に延びる一对の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延 50

びる有底の溝と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備える圧電デバイスにより、制御用のクロック信号を得るようにした、携帯電話装置により、達成される。

#### 【0019】

上述の目的は、第10の発明によれば、ケースもしくはパッケージ内に圧電振動片を収容した圧電デバイスを利用した電子機器であって、前記圧電振動片が、基部から平行に延びる一对の振動腕と、前記各振動腕にそれぞれ設けられ、各振動腕の長さ方向に沿って延びる有底の溝と、前記溝を幅方向に横切るように設けられ、前記溝により幅方向に分離された振動腕を構成する材料を一体に接続する支持部とを備える圧電デバイスにより、制御用のクロック信号を得るようにした、電子機器により、達成される。

10

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

図1及び図2は、本発明の圧電デバイスの第1の実施の形態を示しており、図1はその概略平面図、図2は図1のE-E線概略断面図である。

図において、圧電デバイス30は、圧電振動子を構成した例を示しており、圧電デバイス30は、パッケージ36内に圧電振動片32を収容している。パッケージ36は、例えば、絶縁材料として、酸化アルミニウム質のセラミックグリーンシートを成形して形成される複数の基板を積層した後、焼結して形成されている。複数の各基板は、その内側に所定の孔を形成することで、積層した場合に内側に所定の内部空間S2を形成するようにされている。この実施形態は、パッケージ36の厚さを最小とするために、第1の基板61と第2の基板62を積層して形成されており、第2の基板62の内側の材料を除去することで、内部空間S2のスペースを形成している。

20

この内部空間S2が圧電振動片を収容するための収容空間である。

#### 【0021】

パッケージ36の内部空間S2内の図において左端部付近において、内部空間S2に露出して内側底部を構成する第1の基板61には、例えば、タングステンメタライズ上にニッケルメッキ及び金メッキで形成した電極部31, 31が設けられている。

この電極部31, 31は、外部と接続されて、駆動電圧を供給するものである。この各電極部31, 31の上に導電性接着剤43, 43が塗布され、この導電性接着剤43, 43の上に圧電振動片32の基部51の幅方向両端部に設けた引き出し電極33, 33が載置されて、導電性接着剤43, 43が硬化されるようになっている。尚、導電性接着剤43, 43としては、接合力を発揮する接着剤成分としての合成樹脂剤に、銀製の細粒等の導電性の粒子を含有させたものが使用でき、シリコン系、エポキシ系またはポリイミド系導電性接着剤等を利用することができる。

30

#### 【0022】

圧電振動片32は、例えば水晶で形成されており、水晶以外にもタンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電材料を利用することができる。本実施形態の場合、圧電振動片32は、小型に形成して、必要な性能を得るために、特に図示する形状とされている。

すなわち、圧電振動片32は、パッケージ36側と後述するようにして固定される基部51と、この基部51を基端として、図において右方に向けて、二股に別れて平行に延びる一对の振動腕34, 35を備えており、全体が音叉のような形状とされた、所謂、音叉型圧電振動片が利用されている。

40

この圧電振動片32の詳しい構成については、さらに後で説明する。

#### 【0023】

パッケージ36の開放された上端には、蓋体39が接合されることにより、封止されている。蓋体39は、パッケージ36に封止固定した後で、図2に示すように、外部からレーザー光LBを圧電振動片32の金属被覆部もしくは励振電極の一部(図示せず)に照射して、質量削減方式により周波数調整を行うために、光を透過する材料、特に、薄板ガラスにより形成されている。

蓋体39として適するガラス材料としては、例えば、ダウンドロー法により製造される薄

50

板ガラスとして、例えば、硼珪酸ガラスが使用される。

【0024】

次に、図3及び図4を参照して、圧電デバイス30のパッケージ36内に收容される圧電振動片32について、詳しく説明する。

図3は、圧電振動片32の構成を示す概略斜視図、図4は図3のF-F線切断端面図(切断面だけを示す図)である。

図3において、圧電振動片32は、例えば、圧電材料である水晶を音叉型に加工されて形成されている。このとき、図3に示すX軸が電気軸、Y軸が機械軸及びZ軸が光軸となるように水晶の単結晶から切り出されることになる。また、水晶の単結晶から切り出す際、上述のX軸、Y軸及びZ軸からなる直交座標系において、X軸回りに、X軸とY軸とからなるXY平面を反時計方向に約マイナス5度乃至プラス5度傾けて形成される。

10

【0025】

図3において、圧電振動片32は、このような条件のもとに、上述したように、基部51から平行に延びる一对の振動腕34, 35を有している。この実施形態では、圧電振動片32は、基部51の各振動腕34, 35の基端部近傍に、基部51の幅を縮幅するようにして設けたくびれ部、もしくは切欠き部48, 48を備えている。圧電振動片32は、この切欠き部48, 48を備えることにより、各振動腕34, 35からの振動の基部51側への漏れ込みが抑制されるようになっている。

【0026】

各振動腕34, 35には、それぞれ長さ方向に延びる溝44, 44を有している。この各溝44, 44は、図4に示されているように、各振動腕34の表裏両面に形成されており、図4には示されていないが、振動腕35に形成される溝も同じ構造である。図4において、溝44の長さ方向の一端部M1から他端部M2に到る全長がLAで示されている。

20

【0027】

さらに、圧電振動片32の基部51の端部(図2では左端部)の幅方向両端付近には、上述したように、パッケージ36の電極部31, 31と接続するための引き出し電極33, 33が形成されている。各引き出し電極33, 33は、圧電振動片32の基部51の表裏に設けられている。これらの各引き出し電極33, 33は、各振動腕34, 35の溝44, 44内に設けた図示しない励振電極と接続されている。励振電極の形成箇所の設け方は従来と同様であるから省略する。

30

【0028】

次に、振動腕34, 35に設けられた溝44, 44の構造について説明するが、これらは各振動腕34, 35について同一の構造なので、図3及び図4に関して、どちらか現れている箇所を示しながら、全体としての振動腕と溝との関係等について説明する。

圧電振動片32の腕幅W1は、例えば、50 $\mu$ mないし150 $\mu$ mである。この圧電振動片32の振動腕34の厚みD1に対して、図4に示す溝44の溝深さD2は、D1の30パーセント以上、50パーセント未満に設定されている。

また、溝44の溝幅W2は、好ましくは、振動腕35の腕幅W1の40パーセント以上に設定され、さらに好ましくは、70パーセント以上とされている。

【0029】

40

また、図3に示すように、振動腕34を構成する材料(この実施形態では「水晶材料」)は、この振動腕34に設けた溝44により、34aの部分と34bの部分に分離されているが、図4に示すように、底部46は一体に形成されている。したがって、溝44は有底の溝であり貫通していない。

【0030】

さらに、図3に示すように、振動腕34, 35の各溝44, 44には、それぞれ、例えば、サイドバー状の支持部45, 45が設けられている。具体的には、振動腕34の溝44により分離される34aの部分と34bの部分には、支持部45が一体に接続されている。図4に示されているように、支持部45は、溝44の底部46と一体であり、この支持部45の溝の底部46と一体になった一体部45a, 45bが、この支持部45の少なくとも

50

も溝 4 4 の開口側の端部よりも、その厚みが増すように形成されている。具体的には、支持部 4 5 と底部 4 6 とが一体となる箇所である一体部 4 5 a は裾を引くように底部 4 6 側に向かって広がっている。

#### 【 0 0 3 1 】

この実施形態では、図 4 に示されているように、溝 4 4 に支持部 4 5 はひとつだけ設けられ、溝 4 4 の一端部 M 1 から、支持部 4 5 の中心 O までの距離 L 1 と、支持部 4 5 の中心 O から溝 4 4 の他端部 M 2 までの距離 L 2 は等しい関係になるようにされている。

これにより、溝 4 4 はその全長 L A が支持部 4 5 により二分されることになり、圧電振動片 3 2 が駆動された際に、その屈曲振動が支持部 4 5 により等分されることになり、

10

また、支持部 4 5 は溝 4 4 の全長 L A の範囲で複数設けるようにしてもよい。これにより、振動腕 3 4 の剛性はその分向上するが、C I 値も上昇する。したがって、C I 値の上昇が許容される範囲において、支持部 4 5 の数を増やすことで、より振動腕 3 4 の剛性を向上させることができる。

#### 【 0 0 3 2 】

本実施形態は以上のように構成されており、図 4 で説明したように、圧電振動片 3 2 の各振動腕 3 4 , 3 5 に形成される溝 4 4 , 4 4 は、有底の溝であることから、各振動腕 3 4 , 3 5 に貫通溝を形成する場合と比較すると、これら各振動腕 3 4 , 3 5 は、より高い剛性を備えることになる。

しかも、図 3 及び図 4 において、各溝 4 4 には、支持部 4 5 が設けられている。この支持部 4 5 は、溝 4 4 の底部 4 6 と一体となって、溝 4 4 により幅方向に分離された振動腕 3 4 を構成する材料 3 4 a , 3 4 b を支持し、変形が生じないようにする。このため、振動腕 3 4 の

20

振動腕 3 4 の捩じれ方向の剛性を強化することができる。したがって、この圧電振動片 3 2 では、支持部 4 5 を振動腕 3 4 , 3 5 のひとつの溝 4 4 に多数設ける必要がないので、C I 値の上昇を招くことなく、振動腕 3 4 , 3 5 の垂直方向の動きを抑制して、振動腕のほぼ全長にわたり剛性を確保することで、適切な振動を実現できる。

#### 【 0 0 3 3 】

しかも、図 4 で説明したように、支持部 4 5 は溝 4 4 の底部 4 6 に向かってその厚みが増すようにした一体部 4 5 a , 4 5 b を備えている。このため、支持部 4 5 は溝 4 4 の底部 4 6 と特に強固に接続されている。したがって、この圧電振動片 3 2 においては、支持部 4 5 が、溝 4 4 の底部 4 6 と強固に固定されることで、振動腕 3 4 の捩じれ方向の変形力に対して、効果的に対抗して、この捩じれ方向の変形を一層効果的に防止することができる。

30

#### 【 0 0 3 4 】

さらに、上述したように、圧電振動片 3 2 の各振動腕 3 4 , 3 5 の腕幅 W 1 が、5 0  $\mu$  m ないし 1 5 0  $\mu$  m であり、溝 4 4 の深さ D 2 が、各振動腕 3 4 , 3 5 の材料厚みの 3 0 パーセント以上 5 0 パーセント未満とされている。これにより、十分低い C I 値とすることができる。

この場合、溝 4 4 の深さ D 2 が、振動腕 3 4 の材料厚み D 1 の 3 0 パーセント未満であると、C I 値の低減効果が十分得られず、実用可能な C I 値とすることができない場合がある。例えば、3 2 . 7 6 8 k H z の音叉振動子で腕幅が 1 0 0  $\mu$  m の場合、溝深さ 3 0  $\mu$  m (材料厚みの 3 0 パーセント)、溝幅 7 0  $\mu$  m (腕幅の 7 0 パーセントであって、これ以上溝幅を広げても C I 値があまり低下しなくなる寸法)であっても、C I 値は 1 0 0 k

40

程度と実用範囲の限界付近の値となっている。また、溝 4 4 の深さ D 2 が、振動腕 3 4 の材料厚み D 1 の 5 0 パーセントを越えると、振動腕の表裏面にそれぞれ溝 4 4 を形成することが不可能となる。

#### 【 0 0 3 5 】

また、図 3 に示すように、圧電振動片 3 2 の溝 4 4 の溝幅 W 2 が、振動腕の腕幅 W 1 の 4 0 パーセント以上とされている。この場合、溝 4 4 の溝幅 W 2 が、振動腕の腕幅 W 1 の 4

50

0パーセント未満であると、C I値の低減効果が十分得られないことから、実用可能なC I値とならない可能性がある。例えば、32.768kHzの音叉振動子で腕幅が100μmの場合、溝深さ45μm(材料厚みの45パーセントで、これ以上溝深さを拡大すると、貫通のおそれがあることから製造が困難である)、溝幅40μm(腕幅の40パーセント)では、C I値は100k程度と実用範囲の限界付近の値となっている。

#### 【0036】

さらに、好ましくは、圧電振動片32では、溝44の溝幅W2が、振動腕の腕幅W1の70パーセント以上とすることができる。これにより、C I値の低減効果は最大限に得られる範囲となる。尚、溝44の溝幅W2が、振動腕の腕幅W1の100パーセントでは溝形成が不可能となることは言うまでもない。

#### 【0037】

図5ないし図7は、駆動時に圧電振動片に形成される電界に基づく電流と、周波数変化率の関係をシュミレーションにより確認したグラフである。

所謂音叉型の圧電振動片では、 $f/f =$ 周波数変化率、 $I^2 =$ 圧電振動片に流れる電流の二乗値、とすると、一般に次式の関係が成立する。

$$f/f = k_1 \cdot I^2 + k_2 \cdot I^2 \cdot \dots \cdot \text{式(2)}$$

ここで、 $k_1$ は、圧電振動片が水平方向(図13のx方向)に振動する弾性体として決まる定数(正の値となる)。 $k_2$ は、圧電振動片が垂直方向(図13のz方向)に振動する弾性体として決まる定数(負の値となる)。

#### 【0038】

図5は、圧電振動片に溝を形成しない場合、つまり、図3のような圧電振動片32において、例えば、溝44, 44を設けないような形態の圧電振動片の特性を示している。この場合には、 $f/f$ は正の値を示し、振動周波数は3ないし5ppmの範囲でばらついている。

図6は、圧電振動片に溝のみを形成した場合、つまり、図3の圧電振動片32において、例えば、溝44, 44を設けて、支持部45, 45を設けないような形態の圧電振動片の特性を示している。この場合には、図13で説明した理由により、 $k_2$ である垂直振動成分が大きくなり、 $f/f$ は負の値を示し、振動周波数はマイナス8ないしマイナス4ppmの範囲でばらついている。

図7は、本実施形態の圧電振動片32であり、各振動腕34, 35に溝44, 44を形成し、溝44内には支持部45を形成した形態の圧電振動片の特性を示している。図示されているように、図6に比べて $k_2$ である垂直振動成分が大幅に小さくなり、 $f/f$ である振動周波数の変動率もマイナス1ないしプラス2ppm程度のばらつきに収まることわかる。

#### 【0039】

図8及び図9は、所謂音叉型の圧電振動片について、C I値と温度特性との相関を示したグラフであり、C I値の変化と図14及び図15で説明した頂点温度の相関を示している。

図8は振動腕に溝を設け支持部を形成しない場合のC I値 - 温度特性を示し、図9は本実施形態の圧電振動片32のC I値 - 温度特性を示すグラフである。

図8の場合、C I値が変化(上昇)するにしたがい、頂点温度がマイナス側にシフトしている。これに対して、図9の本実施形態の場合には、C I値が変化しても頂点温度がシフトしないことわかる。

すなわち、図8のようにC I値と頂点温度に相関が現れるのは、振動腕に溝を設け支持部を形成しない場合に、振動腕の垂直振動成分の不安定さが生じるからであり、図9のように、振動腕に溝を設け支持部を形成すると、図9のようにC I値に依存せず頂点温度を安定させることができる。

#### 【0040】

図10は、本発明の上述した実施形態に係る圧電デバイスを利用した電子機器の一例としてのデジタル式携帯電話装置の概略構成を示す図である。

10

20

30

40

50

図において、送信者の音声を受信するマイクロフォン308及び受信内容を音声出力とするためのスピーカ309を備えており、さらに、送受信信号の変調及び復調部に接続された制御部としての集積回路等であるCPU(Central Processing Unit)301を備えている。

CPU301は、送受信信号の変調及び復調の他に画像表示部としてのLCDや情報入力のための操作キー等である情報の入出力部302や、RAM, ROM等である情報記憶手段303の制御を行うようになっている。このため、CPU301には、圧電デバイス30が取り付けられて、その出力周波数をCPU301に内蔵された所定の分周回路(図示せず)等により、制御内容に適合したクロック信号として利用するようにされている。このCPU301に取付けられる圧電デバイス30は、圧電デバイス30等単体でなくても、圧電デバイス30等と、所定の分周回路等とを組み合わせた発振器であってもよい。

10

#### 【0041】

CPU301は、さらに、温度補償水晶発振器(TCXO)305と接続され、温度補償水晶発振器305は、送信部307と受信部306に接続されている。これにより、CPU301からの基本クロックが、環境温度が変化した場合に変動しても、温度補償水晶発振器305により修正されて、送信部307及び受信部306に与えられるようになっている。

#### 【0042】

このように、制御部を備えたデジタル式携帯電話装置300のような電子機器に、上述した実施形態に係る圧電振動片32と、これらを利用した圧電デバイス30を利用することにより、CI値の上昇を招くことなく、振動腕の垂直方向の動きを抑制して、振動腕のほぼ全長にわたり剛性を確保することで、適切な振動を実現できることから、正確なクロック信号を生成することができる。

20

#### 【0043】

本発明は上述の実施形態に限定されない。各実施形態の各構成はこれらを適宜組み合わせたり、省略し、図示しない他の構成と組み合わせることができる。

また、この発明は、パッケージ内、あるいは金属製の筒状のケース等に圧電振動片を収容するものであれば、圧電振動子、圧電発振器等の名称にかかわらず、全ての圧電デバイスに適用することができる。

また、上述の実施形態では、パッケージに圧電材料を使用した箱状のものを利用しているが、このような形態に限らず、少なくともパッケージの一部について、光が透過できる箇所を設けたものであれば、いかなるパッケージやケースを伴うものについても本発明を適用することができる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電デバイスの実施形態を示す概略平面図。

【図2】図1のE-E線概略断面図。

【図3】図1の圧電デバイスに利用される圧電振動片の主要部を示す概略斜視図。

【図4】図3のF-F線切断端面図。

【図5】振動腕に溝を形成しない圧電振動片に駆動時に形成される電界に基づく電流と、周波数変化率の関係を示すグラフ。

40

【図6】振動腕に溝を形成し支持部を設けない圧電振動片に駆動時に形成される電界に基づく電流と、周波数変化率の関係を示すグラフ。

【図7】本実施形態の圧電振動片に駆動時に形成される電界に基づく電流と、周波数変化率の関係を示すグラフ。

【図8】振動腕に溝を設け支持部を形成しない所謂音叉型の圧電振動片について、CI値と温度特性との相関を示したグラフ。

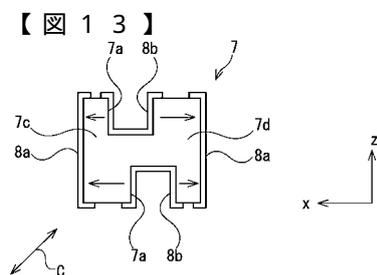
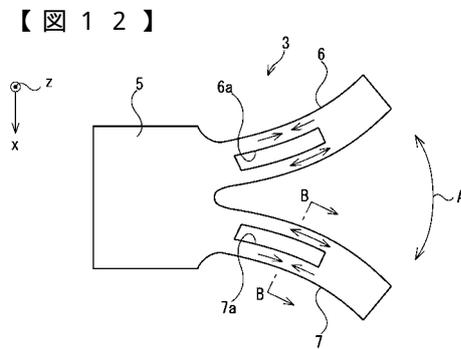
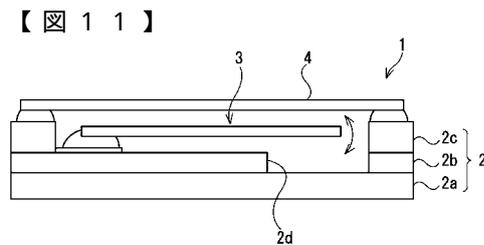
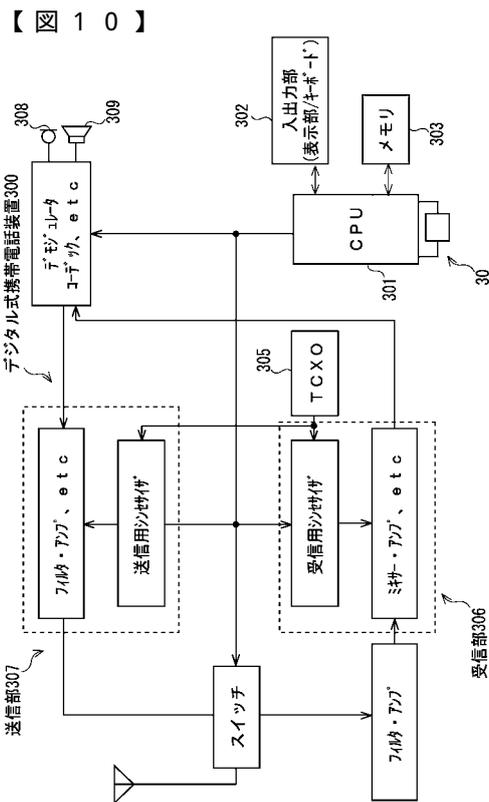
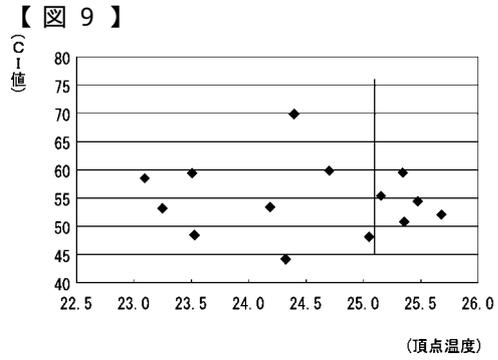
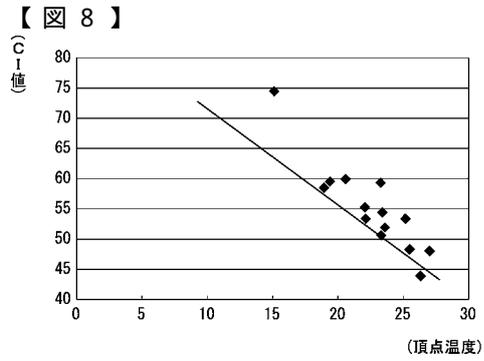
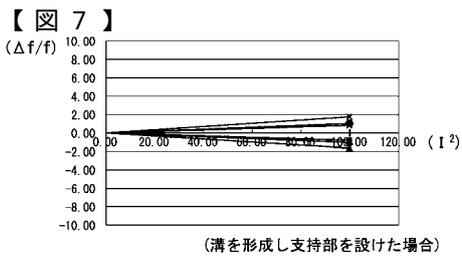
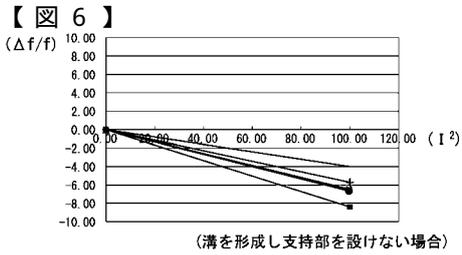
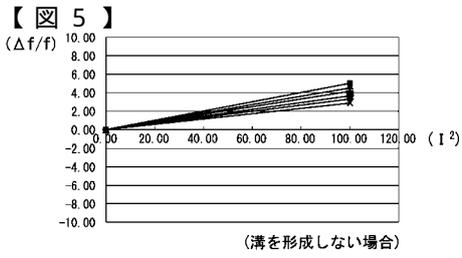
【図9】本実施形態の圧電振動片について、CI値と温度特性との相関を示したグラフ。

【図10】本発明の実施形態に係る圧電デバイスを利用した電子機器の一例としてのデジタル式携帯電話装置の概略構成を示す図。

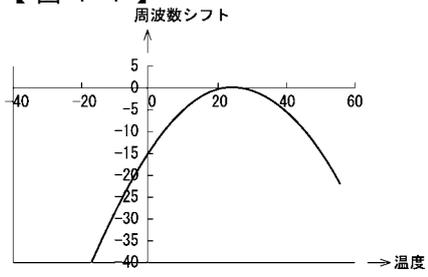
【図11】従来の圧電デバイスの一例を示す概略断面図。

50





【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

