

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6074903号
(P6074903)

(45) 発行日 平成29年2月8日(2017.2.8)

(24) 登録日 平成29年1月20日(2017.1.20)

(51) Int.Cl.

HO3H 9/19 (2006.01)

F 1

HO3H 9/19

D

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-74284 (P2012-74284)
 (22) 出願日 平成24年3月28日 (2012.3.28)
 (65) 公開番号 特開2013-207536 (P2013-207536A)
 (43) 公開日 平成25年10月7日 (2013.10.7)
 審査請求日 平成27年2月23日 (2015.2.23)

前置審査

(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 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 石井 修
 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 鬼塚 由佳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動素子、振動子、電子デバイス、および電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

厚み滑り振動し、前記厚み滑り振動の振動方向に沿った第1外縁、および前記振動方向に直交する方向に沿った第2外縁を含む矩形の振動部と、

前記振動部の前記第1外縁および前記第2外縁に沿って配置され、前記振動部よりも厚さが厚い厚肉部と、

を含み、

前記振動部の前記振動方向に沿った寸法 $L \times$ と前記振動部の厚さ H との関係は、

50 ($L \times / H$) 70

を満足し、

10

前記振動部の前記振動方向に直交する方向の寸法 L_z と前記振動部の厚さ H との関係は

、

35 (L_z / H) 55

を満足していることを特徴とする振動素子。

【請求項 2】

請求項 1において、

前記振動部の表裏の正面に励振電極を備えていることを特徴とする振動素子。

【請求項 3】

請求項 1又は請求項 2において、

共振周波数が 200 MHz 以上であることを特徴とする振動素子。

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至 請求項 3 のいずれか一項に記載の振動素子と、
該振動素子を収容するパッケージと、
を備えていることを特徴とする振動子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 請求項 3 のいずれか一項に記載の振動素子と、
該振動素子を励振する発振回路と、
を備えていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 請求項 3 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。 10

【請求項 7】

請求項 4 に記載の振動子、又は請求項 5 に記載の電子デバイスを備えていることを特徴
とする電子機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、厚み滑り振動で振動する振動素子、振動子、電子デバイス、および電子機器
に関する。 20

【背景技術】**【0002】**

主振動が厚み滑り振動で振動する A T カット水晶振動子は、小型化、高周波数化に適し
、且つ周波数温度特性が優れた三次曲線を呈するので、発振器、電子機器等の多方面で使用
されている。特に、近年では伝送通信機器や O A 機器の処理速度の高速化、或いは通信
データや処理量の大容量化が進むのに伴い、それに用いられる基準周波数信号源としての
A T カット水晶振動子に対し高周波化の要求が強まっている。厚み滑り振動で励振する A
T カット水晶振動子の高周波化には、振動部分の厚みを薄くすることが一般的である。そ
のため、水晶基板の中央部に片面又は両面から、ドライエッキング又はウェットエッキン
グによって凹部状の薄い振動部を設け、励振するための主電極と外周方向へ延出されたり
ード電極を基板両面に形成することで、高周波化を図っている。 30

【0003】

しかし、共振周波数が 3 0 0 M H z 以上になると、凹部の振動部が 5 . 6 μ m 以下と非
常に薄くなるため、自重若しくは励振電極の重さにより、振動部にたわみが生じてしまう
。これは、振動部に静的負荷、即ち内部歪みが残留していることになり、正常なエネルギー
閉じ込めによる厚み滑り振動が得られないばかりでなく、長期エーディング等の信頼性も
劣化するという問題があった。これに対し、特許文献 1 には、凹部に形成された振動部の
長さ L と振動部の厚み H との比 (L / H) が 2 5 0 以下となるように設定することで、振
動部に生じるたわみを回避することが開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】****【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 1 7 9 7 7 号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかし、上述の特許文献 1 に開示されているように、凹部に形成された振動部の長さ L
と振動部の厚み H との比 (L / H) を小さくし、振動子の小型化を図ろうとすると、主振
動である厚み滑り振動モードの共振周波数の近傍に、振動部の輪郭寸法に依存した厚み屈
曲振動、縦振動、輪郭滑り振動等の不要な振動モードのスプリアスが発生し、温度変化に
対する周波数および C I (クリスタル・インピーダンス = 水晶振動子の等価抵抗) の非連
続性が発生する。 40

統的な変動、所謂、特異現象 (Anomalous Activity Dip) 等が発生してしまうという問題が課題となっていた。

そこで、高周波（特に、200MHz以上の共振周波数）の振動素子において、振動素子の振動部の長さと厚みとの関係の最適化を図り、主振動に影響を及ぼす不要なスプリアスの発生を防止した、小型の振動素子を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

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、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0007】

[適用例1] 本適用例に係る振動素子は、厚み滑り振動で振動する振動部を含み、前記振動部の前記厚み滑り振動の振動方向の寸法 L_x と前記振動部の厚み H との関係は、50 (L_x / H) 70を満足し、前記振動部の前記厚み滑り振動の振動方向に直交する方向の寸法 L_z と前記振動部の厚み H との関係は、35 (L_z / H) 55を満足していることを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、基本波の厚み滑り振動で振動する高周波の振動素子において、矩形状の振動部の長さと厚みとの関係を結晶軸方向ごとに規定し、最適化しているので、主振動に影響を及ぼす不要なスプリアスを抑制し、温度変化に対する共振周波数およびC/I値の非連続的な変動、所謂、特異現象のない小型の振動素子が得られるという効果がある。

【0009】

[適用例2] 上記適用例に記載の振動素子において、前記振動部の表裏の正面に励振電極を備えていることを特徴とする。

【0010】

本適用例によれば、励振電極から入力された励振電流によって、励振電極間の振動部に電界が生じ振動するので、安定した共振周波数で励振する振動素子が得られるという効果がある。

【0011】

[適用例3] 上記適用例に記載の振動素子において、前記振動部の外縁に沿って前記振動部と一体化され、前記振動部の厚みよりも厚みが厚い厚肉部を備えていることを特徴とする。

【0012】

本適用例によれば、振動部が非常に薄い高周波の振動素子であっても、振動部と一体化された厚肉部でマウントができるので、耐衝撃性や耐振動性に優れた高信頼性の振動素子が得られるという効果がある。

【0013】

[適用例4] 上記適用例に記載の振動素子において、共振周波数が200MHz以上であることを特徴とする。

【0014】

本適用例によれば、基本波で200MHz以上の高周波になると厚みが8.4μm以下と非常に薄くなり、振動部の長さを非常に短くすることができるので、非常に小型の振動素子が得られるという効果がある。

【0015】

[適用例5] 本適用例に係る振動子は、上記適用例に記載の振動素子と、該振動素子を収容するパッケージと、を備えていることを特徴とする。

【0016】

本適用例によれば、振動素子をパッケージに収容することで、温度変化や湿度変化等の外乱の影響や汚染による影響を防ぐことができるため、高周波で周波数再現性、周波数温度特性、C/I温度特性、および周波数エーディング特性に優れた小型の振動子が得られるという効果がある。

10

20

30

40

50

【0017】

[適用例6] 本適用例に係る電子デバイスは、上記適用例に記載の振動素子と、該振動素子を励振する発振回路と、を備えていることを特徴とする。

【0018】

本適用例によれば、主振動に影響を及ぼす不要なスプリアスを抑制しているので、高周波で周波数温度特性やC I 温度特性に優れた小型の電子デバイスが得られるという効果がある。

【0019】

[適用例7] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動素子を備えていることを特徴とする。

10

【0020】

本適用例によれば、上記適用例に記載の振動素子をC O B (Chip On Board) 技術により、直接実装基板へ実装できるので、実装面積が小さくなり、高周波で周波数温度特性やC I 温度特性の良好な基準周波数源を備えた小型の電子機器が構成できるという効果がある。

【0021】

[適用例8] 本適用例に係る電子機器は、上記適用例に記載の振動子、又は上記適用例に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

【0022】

本適用例によれば、上記適用例に記載の振動子や電子デバイスを電子機器に用いることにより、高周波で周波数安定度に優れ、周波数温度特性やC I 温度特性の良好な基準周波数源を備えた電子機器が構成できるという効果がある。

20

【図面の簡単な説明】**【0023】**

【図1】本発明の一実施形態に係る振動素子の構造を示した概略図であり、(a)は平面図、(b)はP - P断面図、(c)はQ - Q断面図。

【図2】A Tカット水晶基板と結晶軸との関係を説明するための図。

【図3】A Tカット水晶振動子の温度特性を説明するための図であり、(a)は周波数温度特性、(b)はC I 温度特性。

【図4】板厚比(L x / H)に対する振動子のC I 値比(C I max / C I)を示す図。

30

【図5】板厚比(L z / H)に対する振動子のC I 値比(C I max / C I)を示す図。

【図6】246MHz A Tカット水晶振動子の温度特性を示す図であり、(a)は周波数温度特性、(b)はC I 温度特性。

【図7】368MHz A Tカット水晶振動子の温度特性を示す図であり、(a)は周波数温度特性、(b)はC I 温度特性。

【図8】491MHz A Tカット水晶振動子の温度特性を示す図であり、(a)は周波数温度特性、(b)はC I 温度特性。

【図9】本発明の一実施形態に係る電振動子の構造を示した概略図であり、(a)は平面図、(b)は縦断面図。

【図10】本発明の一実施形態に係る電子デバイスの構造を示した概略図であり、(a)は平面図、(b)は縦断面図。

40

【図11】本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器を適用したモバイル型(又はノート型)のパーソナルコンピューターの構成を示す斜視図。

【図12】本発明の一実施形態に係る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。

【図13】本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器を適用したディジタルスチールカメラの構成を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】**【0024】**

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の一実施

50

形態に係る振動素子の構成を示す概略図であり、図1(a)は振動素子の平面図、図1(b)は図1(a)のP-P断面図、図1(c)は図1(a)のQ-Q断面図である。

振動素子1は、振動部12、および振動部12に連設され、振動部12の厚みよりも厚い厚肉部13を有する基板10と、振動部12の両主面(±Y'方向の表裏面)に夫々対向するようにして形成された励振電極25a、25bと、励振電極25a、25bから厚肉部に設けられたパッド電極29a、29bに向けて、夫々延出されて形成されたリード電極27a、27bと、を備えている。

【0025】

基板10は、矩形状をなし、且つ薄肉でY'軸に直交し厚みが一定である平板状の振動部12と、振動部12の一辺を除いた三辺に沿って一体化された第1の厚肉部14、第2の厚肉部15、および第3の厚肉部16(第1、第2および第3の厚肉部14、15、16とも称する)からなる厚肉部13と、支持固定した際に生じる応力を振動部12に伝わるのを防止するためのスリット17と、を備えている。10

なお、第1の厚肉本体14a、第2の厚肉本体15a、および第3の厚肉本体16a(第1、第2および第3の厚肉本体14a、15a、16aとも称する)とは、Y'軸に平行な厚みが一定である領域をいう。

また、第1の傾斜部14b、第2の傾斜部15b、および第3の傾斜部16b(第1、第2および第3の傾斜部14b、15b、16bとも称する)とは、第1、第2および第3の厚肉本体14a、15a、16aと、振動部12と、の間に生じる傾斜面をいう。

振動部12の一方の主面と、第1、第2および第3の厚肉部14、15、16の夫々の一方の面とは、同一平面上、即ち図1に示す座標軸のX-Z'平面上にあり、この面(図1(b)の-Y'方向にある下面側)をフラット面(平坦面)といい、凹陥部11を有する反対側の面(図1(b)の+Y'方向にある上面側)を凹陥面という。20

【0026】

基板10を駆動する励振電極25a、25bは、振動部12のほぼ中央部の主面に夫々対峙して形成されている。

また、励振電極25a、25bは、リード電極27a、27bと接続している部分について、励振電極形状の外縁(外辺)に沿った延長線(仮想線)を境界として形状や面積として説明する。

リード電極27aは、凹陥面に形成した励振電極25aから延出し、振動部12上から第3の傾斜部16bと、第3の厚肉本体16aとを経由して、第2の厚肉本体15aの凹陥面に形成されたパッド電極29aに導通接続されている。また、リード電極27bは、フラット面に形成された励振電極25bから延出し、基板10のフラット面の端縁部を経由して、第2の厚肉本体15aのフラット面に形成されたパッド電極29bと導通接続されている。30

【0027】

図1(a)に示した実施形態例は、励振電極25a、25bが矩形の例を示したが、これに限定する必要はなく、円形や橢円形であってもよい。

また、リード電極27a、27bの引出し構造の一例であり、リード電極27aは他の厚肉部を経由してもよい。ただ、リード電極27a、27bの長さは最短であることが望ましく、リード電極27a、27b同士が基板10を挟んで交差しないように配慮することにより静電容量の増加を抑えることが望ましい。40

更に、励振電極25a、25b、リード電極27a、27b、パッド電極29a、29bは、蒸着装置、あるいはスパッタ装置等を用いて、例えば、下地にニッケル(Ni)を成膜し、その上に金(Au)を重ねて成膜してある。なお、電極材料として、下地のニッケル(Ni)の代わりにクロム(Cr)、また、金(Au)の代わりに銀(Ag)、白金(Pt)を用いても構わない。

【0028】

水晶等の圧電材料は三方晶系に属し、図2に示すように互いに直交する結晶軸X、Y、Zを有する。X軸、Y軸、Z軸は、夫々電気軸、機械軸、光学軸と呼称される。そして水50

晶基板は、X Z面をX軸の回りに所定の角度だけ回転させた平面に沿って、水晶から切り出された平板が基板10として用いられる。例えば、ATカット水晶基板の場合は、角度は略35°15'である。なお、Y軸およびZ軸もX軸の周りに回転させて、夫々Y'軸、およびZ'軸とする。従って、ATカット水晶基板は、直交する結晶軸X、Y'、Z'を有する。ATカット水晶基板は、厚み方向がY'軸であって、Y'軸に直交するX Z'面(X軸およびZ'軸を含む面)が主面であり、厚み滑り振動が主振動として励振される。

【0029】

即ち、基板10は、図2に示すようにX軸(電気軸)、Y軸(機械軸)、Z軸(光学軸)からなる直交座標系のX軸を中心として、Z軸をY軸の-Y方向へ傾けた軸をZ'軸とし、Y軸をZ軸の+Z方向へ傾けた軸をY'軸とし、X軸とZ'軸に平行な面で構成され、Y'軸に平行な方向を厚みとするATカット水晶基板である。10

なお、本実施形態例に係る基板10は、図2に示す角度が35.25°のATカットに限定されず、例えば、厚み滑り振動を励振するBTカット等の基板にも広く適用できる。

更に、振動部12の外縁に沿って厚肉部を設けた例を用いて説明したが、これに限らず、振動部12の外縁全周に沿って厚肉部を設けた基板にも広く適用できる。

【0030】

一般的なATカット水晶振動素子は、厚み滑り振動モードを主振動として広く用いられ、その共振周波数は振動部の厚みに反比例するので、振動部の厚みを薄くすることにより高周波化が図れる。20

しかし、主振動である厚み滑り振動モードの共振周波数近傍には、他に厚み屈曲振動、縦振動、輪郭滑り振動等の不要な振動モードの高次オーバトーン波によるスプリアスが存在することが知られている。これらの不要な振動モードは水晶基板の輪郭寸法に依存し、厚み滑り振動により得られる所望の共振周波数に悪影響を及ぼす場合がある。不要なスプリアスは温度特性が悪いため、常温では所望の共振周波数に対して問題とならなくても、温度変化に伴い、所望の共振周波数に接近し、厚み滑り振動モードと強く結合して周波数およびCIのディップ等の特異現象を発生し、発振回路を構成した場合、発振周波数のドリフトや抵抗増加によって不発振が生じるなどの発振不良を引き起こすこととなる。そのため、振動素子を設計するにあたっては、主振動に対してこれら不要のスプリアスが結合しないよう設計することが要求される。30

【0031】

図3は、図1の実施形態例で試作したATカット水晶振動素子をセラミックパッケージに実装し、振動子の温度特性を示した図であり、図3(a)は周波数温度特性を、図3(b)はCI温度特性を示したものである。ここで、ATカット水晶振動素子の共振周波数は246MHzであり、振動部12の寸法は、長辺方向(X軸方向)が0.30mm、短辺方向(Z'軸方向)が0.27mm、厚みが約6.8μmである。また、表裏の励振電極の膜厚は、夫ニッケル(Ni)7nmを下地にして、その上に金(Au)120nmである。また、電極寸法は、長辺方向(X軸方向)が0.23mm、短辺方向(Z'軸方向)が0.18mmである。40

図3より、温度45付近で主振動の厚み滑り振動モードと不要振動モードが結合して生じた、周波数の不連続やCIの著しく増加するという特異現象が発生している。これは、振動部12の厚みHに対する長辺方向(X軸方向)の寸法Lxの板厚比(Lx/H)が約4.4と小さいため、長辺方向(X軸方向)の寸法Lxに起因した厚み屈曲振動モードの高次オーバトーン波が結合したためと考えられる。

また、短辺方向(Z'軸方向)の寸法Lzに起因した輪郭滑り振動モードは、厚み屈曲振動モードに比べ、共振周波数を決める周波数定数が約半分と小さいので、基本波の共振周波数が低い。そのため、主振動の共振周波数の近傍に生じる高次のオーバトーン波は、厚み屈曲振動モードの約2倍大きい次数となり、主振動の厚み滑り振動モードと結合してもその影響は小さいので問題とならない。従って、振動部12の厚みHに対する短辺方向50

(Z' 軸方向) の寸法 L_z の板厚比 (L_z / H) が約 40 と小さいが、輪郭滑り振動モードの高次オーバートーン波との結合が回避できている。

【0032】

図 4 は板厚比 (L_x / H) に対する AT カット水晶振動子の CI 値比 (CI_{max} / CI) である。板厚比 (L_x / H) を 40 ~ 90 に変化させた共振周波数 246 MHz の AT カット水晶振動素子を試作し、セラミックパッケージに実装した後に、温度範囲 -40 ~ 85 の温度特性を測定し、温度 25 の CI 値を基準として、最大となる CI 値 (CI_{max}) との CI 値比 (CI_{max} / CI) と板厚比 (L_x / H) との相関を調査した。

なお、板厚比 (L_z / H) は 50 一定とし、電極寸法等は図 3 で示した試作条件と同一である。 10

図 4 より、板厚比 (L_x / H) 50 未満では長辺方向 (X 軸方向) の寸法 L_x に起因した厚み屈曲振動モードの高次オーバートーン波と結合したため CI 値比 (CI_{max} / CI) が大幅に大きくなっている。この結果から、不要なスプリアスとの結合を回避するには板厚比 (L_x / H) を 50 以上とする必要がある。

【0033】

次に、図 5 は板厚比 (L_z / H) に対する AT カット水晶振動子の CI 値比 (CI_{max} / CI) である。板厚比 (L_z / H) を 30 ~ 80 に変化させた共振周波数 246 MHz の AT カット水晶振動素子を試作し、図 4 と同様に、CI 値比 (CI_{max} / CI) と板厚比 (L_z / H) との相関を調査した。 20

また、板厚比 (L_z / H) は 60 一定とし、電極寸法等は図 3 で示した試作条件と同一である。

図 5 より、板厚比 (L_z / H) 35 未満では短辺方向 (Z' 軸方向) の寸法 L_z に起因した輪郭滑り振動モードの高次オーバートーン波と結合したため CI 値比 (CI_{max} / CI) が大幅に大きくなっている。この結果から、不要なスプリアスとの結合を回避するには板厚比 (L_z / H) を 35 以上とする必要がある。

【0034】

以上の結果、長辺方向 (X 軸方向) の寸法 L_x の板厚比 (L_x / H) は 50 以上、短辺方向 (Z 軸方向) の寸法 L_z の板厚比 (L_z / H) は 35 以上とすることで、寸法 L_x に起因した厚み屈曲振動モードと寸法 L_z に起因した輪郭滑り振動モードとを同時に回避でき、不要なスプリアスによる主振動との結合による共振周波数および CI のディップ等の特異現象を抑制できることが解った。 30

また、今後の更なる小型化として、外形寸法が 1.2 mm × 1.0 mm のセラミックパッケージに実装する基板の外形寸法が 0.8 mm × 0.6 mm であると仮定すると、振動部 12 の寸法は振動部 12 の厚み H に対する長辺方向 (X 軸方向) の寸法 L_x の板厚比 (L_x / H) が 70 以下、短辺方向 (Z' 軸方向) の寸法 L_z の板厚比 (L_z / H) が 55 以下であることが望ましい。

【0035】

次に、図 1 の実施形態例で試作した 246 MHz ~ 491 MHz 帯の共振周波数で振動する AT カット水晶振動素子をセラミックパッケージに実装し、AT カット水晶振動子として温度特性を測定した結果について述べる。 40

図 6 ~ 図 8 は共振周波数 246 MHz、368 MHz、491 MHz の AT カット水晶振動子の温度特性を示したもので、図 6(a)、図 7(a)、図 8(a) は周波数温度特性、図 6(b)、図 7(b)、図 8(b) は CI 温度特性である。

なお、各周波数の試作条件は、基板の板厚比 (L_x / H) = 70、板厚比 (L_z / H) = 60、下地電極ニッケル (Ni) 膜厚 = 7 nm、と一定とし、電極寸法と電極の金 (Au) 膜厚は、246 MHz で寸法 0.23 mm × 0.18 mm、膜厚 120 nm である。368 MHz は寸法 0.23 mm × 0.18 mm、膜厚 90 nm である。491 MHz は寸法 0.18 mm × 0.14 mm、膜厚 60 nm である。

共振周波数 246 MHz、368 MHz、491 MHz の夫々の AT カット水晶振動子 50

は、測定温度 - 40 ~ 85 の範囲において、共振周波数および C I のディップ等の特異現象のない特性を示した。従って、本実施形態例の振動部寸法とすることで、共振周波数および C I のディップ等の特異現象が発生しない A T カット水晶振動子を得ることができることを確認した。

尚、現状の設備で製造可能な周波数の上限は 800 MHz 程度（厚み 2.1 μm に相当）と予想される。

【0036】

図 9 は、本発明の一実施形態に係る振動子の構成を示す図であり、図 9 (a) は蓋部材を省略した平面図であり、図 9 (b) は縦断面図である。振動子 2 は、振動素子 1 と、振動素子 1 を収容するために矩形の箱状に形成されているパッケージ本体 40 と、金属、セラミック、ガラス等から成る蓋部材 49 と、で構成されている。
10

パッケージ本体 40 は、図 9 に示すように、第 1 の基板 41 と、第 2 の基板 42 と、第 3 の基板 43 と、シールリング 44 と、実装端子 45 と、を積層して形成されている。実装端子 45 は、第 1 の基板 41 の外部底面に複数形成されている。第 3 の基板 43 は中央部が除去された環状体であり、第 3 の基板 43 の上部周縁に例えばコバルト等のシールリング 44 が形成されている。

第 3 の基板 43 と第 2 の基板 42 とにより、振動素子 1 を収容する凹部（キャビティ）が形成される。第 2 の基板 42 の上面の所定の位置には、導体 46 により実装端子 45 と電気的に導通する複数の素子搭載パッド 47 が設けられている。素子搭載パッド 47 は、振動素子 1 を載置した際に第 2 の厚肉本体 15a に形成したパッド電極 29a に対応するように配置されている。
20

【0037】

振動素子 1 を固定する際には、先ず、振動素子 1 を反転（裏返し）してパッド電極 29a を導電性接着剤 30 が塗布された素子搭載パッド 47 に載置して荷重をかける。導電性接着剤 30 は経年変化を考慮して脱ガスの少ないポリイミド系接着剤を用いている。

【0038】

次に、パッケージ本体 40 に搭載された振動素子 1 の導電性接着剤 30 を硬化させるために、所定の温度の高温炉に所定の時間入れる。導電性接着剤 30 を硬化させた後、反転して上面側になったパッド電極 29b と、パッケージ本体 40 の電極端子 48 とをボンディングワイヤー BW で導通接続する。図 9 (b) に示すように、振動素子 1 をパッケージ本体 40 に支持・固定する部分は、一力所（一点）であるため、支持固定により生じる応力の大きさを小さくすることが可能となる。
30

アニール処理を施した後、第 2 の励振電極 25b に質量を付加するか、又は質量を減じて周波数調整を行う。その後、パッケージ本体 40 の上面に形成したシールリング 44 上に、蓋部材 49 を載置し、真空中、又は窒素ガスの雰囲気中で蓋部材 49 をシーム溶接して密封し、振動子 2 が完成する。又は、パッケージ本体 40 の第 3 の基板 43 の上面に塗布した低融点ガラスに蓋部材 49 を載置し、溶融して密着する方法もある。この場合もパッケージのキャビティ内は真空にするか、又は窒素ガス等の不活性ガスで充填して、振動子 2 が完成する。

【0039】

パッド電極 29a、29b の間隔を Z' 軸方向に離して形成した振動素子 1 を構成してもよい。この場合も図 9 で説明した振動子 2 と同様に振動子を構成することができる。また、パッド電極 29a、29b を同一面上に間隔を離して形成した振動素子 1 を構成してもよい。この場合、振動素子 1 は、二力所（二点）に導電性接着剤 30 を塗布して、導通と支持・固定を図るようにした構造である。低背化に適した構造であるが、導電性接着剤 30 に起因する応力が少し大きくなる虞がある。
40

以上の振動子 2 の実施形態例では、パッケージ本体 40 に積層板を用いた例を説明したが、パッケージ本体 40 に単層セラミック板を用い、蓋体に絞り加工を施したキャップを用いて振動子を構成してもよい。

【0040】

10

20

30

40

50

図5に示すように、振動素子1を支持する部位が一点であり、且つ厚肉部13と振動部12の間にスリット17を設けることにより、導電性接着剤30に起因して生じる応力を小さくすることができるため、周波数再現性、周波数温度特性、C I温度特性、および周波数エージング特性に優れた振動子2が得られるという効果がある。

【0041】

図10は、本発明の一実施形態に係る電子デバイスの構成を示す図であって、図10(a)は蓋部材を省略した平面図であり、図10(b)は縦断面図である。電子デバイス3は、パッケージ本体50と、蓋部材49と、振動素子1と、振動素子1を励振する発振回路を搭載したIC部品51と、電圧により容量が変化する可変容量素子、温度より抵抗が変化するサーミスター、インダクター等の電子部品52の少なくとも1つと、を備えている。10

【0042】

パッケージ本体50は、図10に示すように、第1の基板61と、第2の基板62と、第3の基板63と、を積層して形成されている。実装端子45は、第1の基板61の外部底面に複数形成されている。第2の基板62と第3の基板63とは中央部が除去された環状体で形成されている。

第1の基板61と、第2の基板62と、第3の基板63と、により、振動素子1、IC部品51、および電子部品52などを収容する凹部(キャビティ)が形成される。第2の基板62の上面の所定の位置には、導体46により実装端子45と電気的に導通する複数の素子搭載パッド47が設けられている。素子搭載パッド47は、振動素子1を載置した際に第2の厚肉本体15aに形成したパッド電極29aに対応するように配置されている。20

【0043】

反転した振動素子1のパッド電極29aを、導電性接着剤(ポリイミド系)30を塗布したパッケージ本体50の素子搭載パッド47に載置し、パッド電極29aと素子搭載パッド47との導通を図る。反転して上面側になったパッド電極29bと、パッケージ本体50の電極端子48とをボンディングワイヤーBWにて接続し、パッケージ本体50の基板間に形成された導体を通じて、IC部品51の1つの電極端子55との導通を図る。IC部品51をパッケージ本体50の所定の位置に固定し、IC部品51の端子と、パッケージ本体50の電極端子55とをボンディングワイヤーBWにて接続する。また、電子部品52は、パッケージ本体50の所定の位置に載置し、金属バンプ等を用いて導体46に接続する。パッケージ本体50を真空、あるいは窒素等の不活性気体で満たし、パッケージ本体50を蓋部材49で密封して電子デバイス3を完成する。30

パッド電極29bとパッケージ本体50の電極端子48とをボンディングワイヤーBWで接続する工法は、振動素子1を支持する部位が一ヵ所(一点)になり、導電性接着剤30に起因して生じる応力を小さくする。また、パッケージ本体50に収容するに当たり、振動素子1を反転して、より大きな第2の励振電極25bを上面にしたので、電子デバイス3の周波数調整が容易となる。

【0044】

図10に示すように、電子デバイス3を構成することにより、基本波で励振する高周波の振動素子1を用いているので、容量比が小さく、周波数可変幅が広がり、更に、S/N比の良好な電圧制御型発振器が得られるという効果がある。40

また、電子デバイス3として発振器、温度補償型発振器等を構成することが可能であり、周波数再現性、エージング特性、周波数温度特性に優れた発振器を構成できるという効果がある。

【0045】

次いで、本発明の一実施形態に係る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、図11～図13に基づき、詳細に説明する。

図11は、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのモバイル型(又はノート型)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50

、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 100 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 1 が内蔵されている。

【0046】

図 12 は、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としての携帯電話機（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 100 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 1 が内蔵されている。10

【0047】

図 13 は、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器としてのディジタルスチー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対し、ディジタルスチールカメラ 1300 は、被写体の光像を CCD（Charge Coupled Device）等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。

ディジタルスチールカメラ 1300 におけるケース（ボディー） 1302 の背面には、表示部 100 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 100 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 等を含む受光ユニット 1304 が設けられている。20

撮影者が表示部 100 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、このディジタルスチールカメラ 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。このようなディジタルスチールカメラ 1300 には、フィルター、共振器等として機能する振動素子 1 が内蔵されている。30

【0048】

なお、本発明の一実施形態に係る振動素子を備える電子機器は、図 11 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 12 の携帯電話機、図 13 のディジタルスチールカメラの他にも、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）、フライトシュミレーター等に適用することができる。40

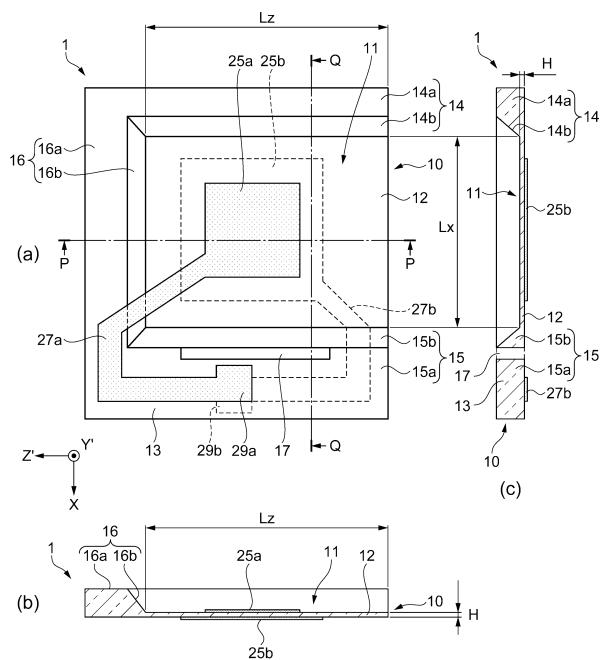
【符号の説明】

【0049】

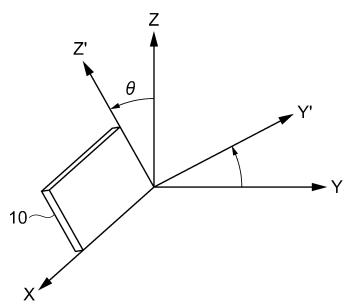
1 … 振動素子、2 … 振動子、3 … 電子デバイス、10 … 基板、11 … 凹陷部、12 … 振動部、13 … 厚肉部、14 … 第 1 の厚肉部、14a … 第 1 の厚肉本体、14b … 第 1 の傾斜部、15 … 第 2 の厚肉部、15a … 第 2 の厚肉本体、15b … 第 2 の傾斜部、16 … 第 3 の厚肉部、16a … 第 3 の厚肉本体、16b … 第 3 の傾斜部、17 … スリット、25a

, 25b...励振電極、27a, 27b...リード電極、29a, 29b...パッド電極、30...導電性接着剤、40...パッケージ本体、41...第1の基板、42...第2の基板、43...第3の基板、44...シールリング、45...実装端子、46...導体、47...素子搭載パッド、48...電極端子、49...蓋部材、50...パッケージ本体、51...IC部品、52...電子部品、55...電極端子、61...第1の基板、62...第2の基板、63...第3の基板、100...表示部、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...ディジタルスチールカメラ、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。 10

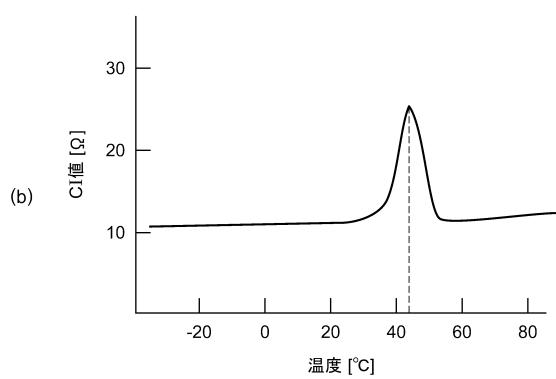
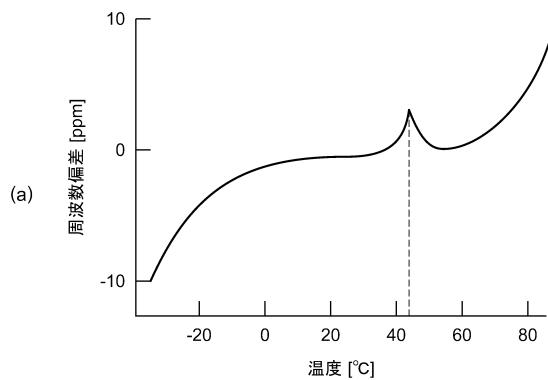
【 义 1 】



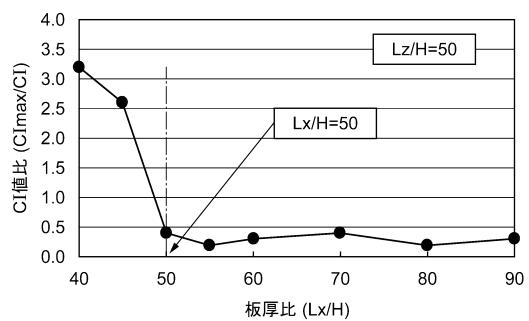
【 図 2 】



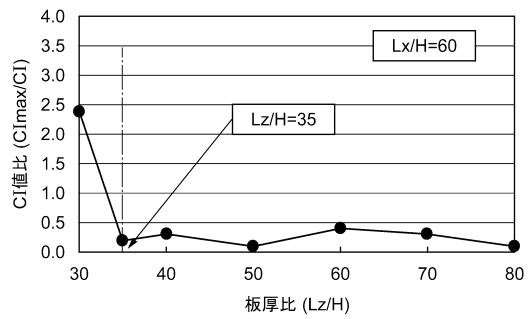
【図3】



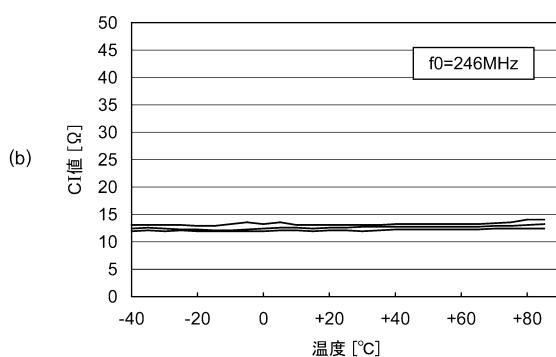
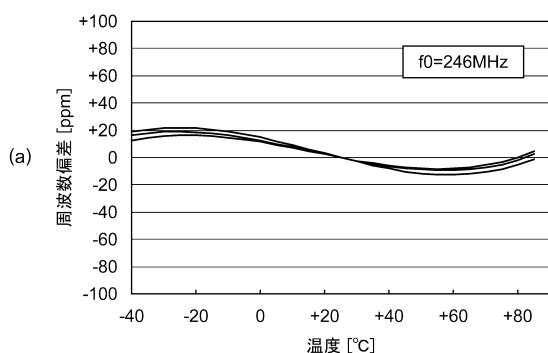
【図4】



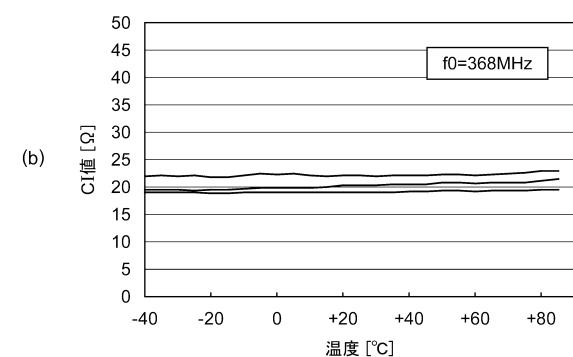
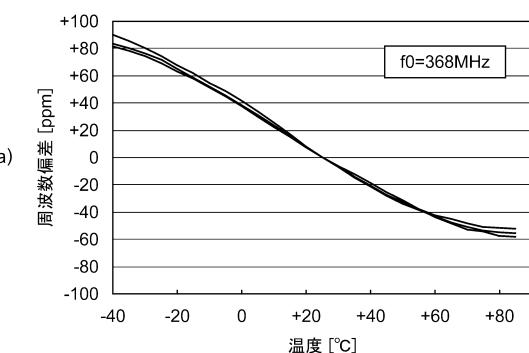
【図5】



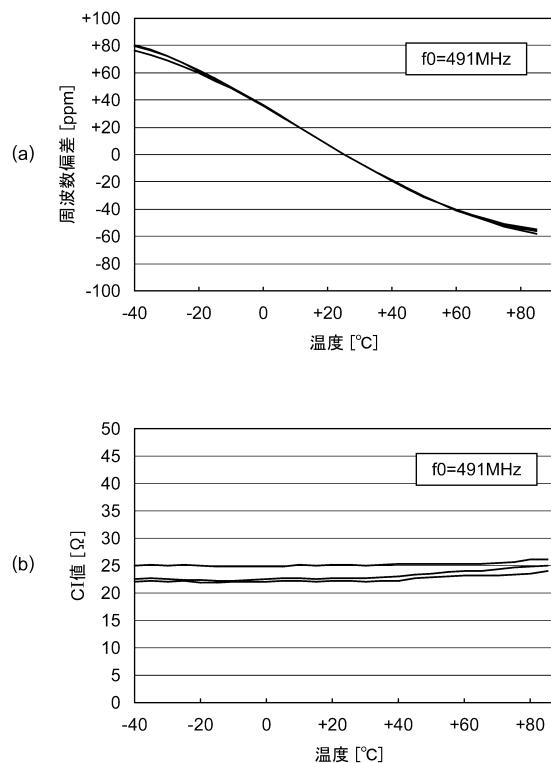
【図6】



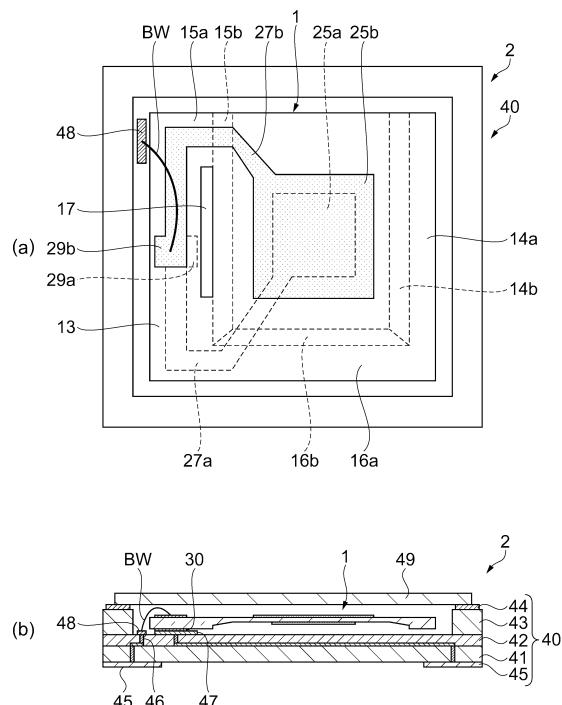
【図7】



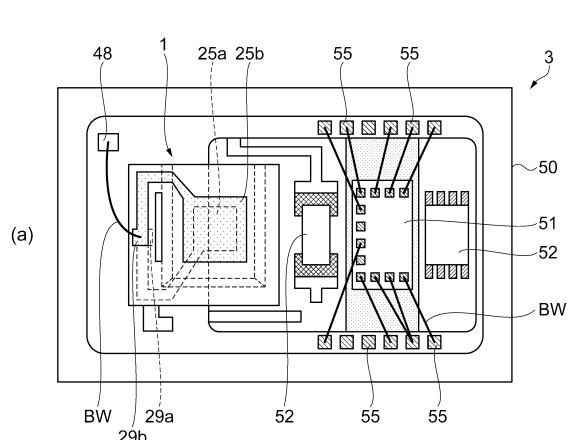
【図 8】



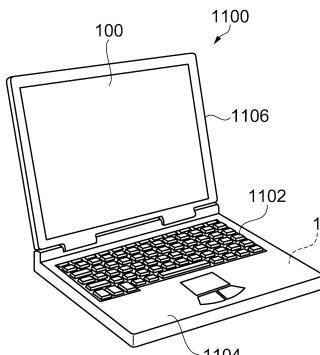
【図 9】



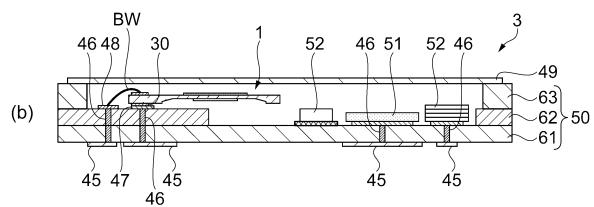
【図 10】



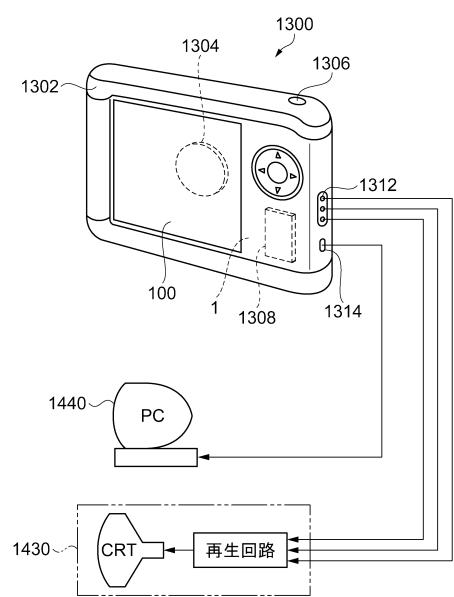
【図 11】



【図 12】



【図 1 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-061418(JP,A)
特開2010-103963(JP,A)
特開2003-309446(JP,A)
特開2009-232447(JP,A)
特開2004-304448(JP,A)
特開昭60-098711(JP,A)
国際公開第95/011548(WO,A1)
特開2003-017977(JP,A)
特開平08-228124(JP,A)
特開2006-5676(JP,A)
特開2002-246874(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H 9/19