

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5772081号
(P5772081)

(45) 発行日 平成27年9月2日(2015.9.2)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(51) Int.Cl.	F 1
HO3H 9/19 (2006.01)	HO3H 9/19 E
HO3B 5/32 (2006.01)	HO3B 5/32 D
HO1L 41/18 (2006.01)	HO1L 41/18 H
HO1L 41/22 (2013.01)	HO1L 41/22 101A
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/22 Z

請求項の数 15 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-51311 (P2011-51311)
 (22) 出願日 平成23年3月9日 (2011.3.9)
 (65) 公開番号 特開2012-191299 (P2012-191299A)
 (43) 公開日 平成24年10月4日 (2012.10.4)
 審査請求日 平成26年2月25日 (2014.2.25)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (74) 代理人 100091627
 弁理士 朝比 一夫
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅善
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (72) 発明者 伊井 稔博
 東京都日野市日野421-8 エプソント
 ヨコム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧電振動素子、圧電振動子、圧電発振器及び電子デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電基板と、前記圧電基板の主面に配置されている励振電極と、を含み、
 前記圧電基板は、励振部と、前記励振部の厚さより薄く、前記励振部の周縁に沿って一
 体的に設けられている周辺部と、を有し、

前記励振部は、前記励振部において最大の厚さの箇所である第1部分、および前記第1
 部分の主面と前記周辺部の主面との間に側面を有し、

前記側面は、段差を有する段差部と、前記第1部分の主面から前記周辺部の主面までの
 間が無段差状の面と、を含み、

前記第1部分の主面を平面視して、前記段差部は、前記第1部分を挟む2つの位置に配
 置され、

前記無段差状の面は、前記2つの位置の並び方向に沿って延在し、かつ前記段差部と連
 結しており、

厚さ方向に沿って、前記周辺部から突出している突起部を少なくとも一つ含むことを特
 徴とする圧電振動素子。

【請求項2】

前記圧電基板は、水晶の結晶軸である、電気軸としてのX軸と、機械軸としてのY軸と
 、光学軸としてのZ軸と、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傾けた軸をZ'軸とし、前記Y軸を前記Z軸
 の+Z方向へ+Y側が回転するように傾けた軸をY'軸とし、前記Y'軸に沿った平面視

10

20

において、前記主面は前記 X 軸と前記 Z' 軸を含む面であり、前記 Y' 軸に沿った方向を厚さとする水晶基板であり、

前記段差部は、前記 Z' 軸に沿って延在していることを特徴とする請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 3】

前記無段差状の面は、前記 X 軸に沿って延在していることを特徴とする請求項 2 に記載の圧電振動素子。

【請求項 4】

前記圧電基板は、複数の角隅部を有し、

前記複数の角隅部のうち一部の角隅部に設けられているパッドを含み、

10

前記突起部は、前記パッドが設けられている前記角隅部以外の角隅部に設けられていること特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の圧電振動素子。

【請求項 5】

前記圧電基板は、複数の角隅部を有し、

前記複数の角隅部のうち一部の角隅部に設けられているパッドを含み、

前記突起部は、前記パッドが設けられている前記角隅部以外の角隅部にあって、前記 Z' 軸に沿った端縁に沿って設けられていることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の圧電振動素子。

【請求項 6】

前記圧電基板は、複数の角隅部を有し、

20

前記複数の角隅部のうち一部の角隅部に設けられているパッドを含み、

前記突起部は、前記パッドが設けられている前記角隅部以外の角隅部にあって、前記 Z' 軸に沿った端縁に沿って設けられている第 1 の突起部分と、該第 1 の突起部分と連設し、且つ前記 X 軸に沿って設けられている第 2 の突起部分と、を含むことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の圧電振動素子。

【請求項 7】

前記突起部は、前記周辺部の互いに表裏の関係にある表主面および裏主面に夫々設けられており、前記表主面側の前記突起部の頂点から前記裏主面側の前記突起部の頂点までの厚さに沿った長さは、前記第 1 部分の厚さと等しいことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかの 1 項に記載の圧電振動素子。

30

【請求項 8】

前記圧電基板の前記 Z' 軸に沿った長さを Z、

前記励振部の前記 Z' 軸に沿った長さを Mz、

前記第 1 部分の厚さを t としたとき、

8 Z / t 1 1 、かつ、0.6 Mz / Z 0.8

の関係を満たすことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の圧電振動素子。

【請求項 9】

前記圧電基板の前記 X 軸に沿った長さを X、

前記第 1 部分の厚さを t としたとき、

X / t 1 7

40

の関係を満たすことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の圧電振動素子。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の圧電振動素子と、

前記圧電振動素子が収容されているパッケージと、

を備えていることを特徴とする圧電振動子。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の圧電振動素子と、

前記圧電振動素子を駆動する発振回路と、

前記圧電振動素子及び前記発振回路が収容されているパッケージと、

を備えていることを特徴とする圧電発振器。

50

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載の圧電振動子と、
前記圧電振動子を駆動する発振回路と、
を備えていることを特徴とする圧電発振器。

【請求項 1 3】

前記発振回路は半導体素子に搭載されていることを特徴とする請求項 1 1 又は 1 2 に記載の圧電発振器。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の圧電振動素子と、
 少なくとも一つ以上の電子部品と、
前記圧電振動素子及び前記電子部品が収容されているパッケージと、
を備えていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の電子デバイスにおいて、前記電子部品が、サーミスタ、コンデンサ、リアクタンス素子、及び半導体素子のうちのいずれかであることを特徴とする電子デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、厚み振動モードの圧電振動子に関し、特に所謂メサ型の構造を有する圧電振動素子、圧電振動子、圧電発振器及び電子デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

ATカット水晶振動素子を用いた水晶振動素子は、その振動モードが厚みすべり振動であり、且つ周波数温度特性が優れた三次曲線を呈するので、電子機器等の多方面で使用されている。

特許文献 1 には、エネルギー閉じ込め効果が、ベベル構造やコンベックス構造と同程度の効果を有する、所謂、メサ型構造の圧電振動子 (ATカット水晶振動子) が開示されている。

辺比 (厚さに対する辺の長さの比) の小さな厚みすべり振動子は、辺比が適切に設定されないと、圧電基板の輪郭寸法に起因する輪郭振動 (屈曲振動等) が主振動に結合し、主振動の特性を劣化させることが知られている。

特許文献 2 には、ATカット水晶振動素子をメサ型構造で形成し、メサ部と薄肉部との境界の境界において、境界部の側壁が正面に対して 90° であると励振電極から延出された引き出し電極 (リード電極) が断線してしまうという問題に鑑みてなされたものであって、前記境界部の側壁を傾斜または曲面とすることにより、前記リード電極の断線を防止することができることが開示されている。また、振動部分の表面のあらさを、平均粗さで 0.2 ミクロンと小さな表面粗さとすることにより、C I 値が低下し、副振動が抑圧されると開示されている。

また、特許文献 3 には、ATカット水晶振動子をメサ型構造で形成し、メサ部の側壁を、63°、35° と傾斜させて、厚みすべり振動と屈曲振動との結合を抑圧した水晶振動子が開示されている。

【0003】

特許文献 4 には、水晶振動素子の周波数を f 、水晶基板の長辺 (X 軸) の長さを X 、メサ部 (振動部) の厚みを t 、メサ部の長辺の長さを Mx 、励振電極の長辺の長さを Ex 、水晶基板の長辺方向に生じる屈曲振動の波長を λ とするとき、以下の 4 つの式、

$$\lambda/2 = (1.332/f) - 0.0024 \quad (1)$$

$$(Mx - Ex)/2 = \lambda/2 \quad (2)$$

$$Mx/2 = (n/2 + 1/4) \quad (\text{但し } n \text{ は整数}) \quad (3)$$

$$X = 20t \quad (4)$$

を満たすように各パラメータ f 、 X 、 M_x 、 E_x を設定することにより、厚みすべり振動と屈曲振動との結合を抑制できると開示されている。

【0004】

特許文献 5 には、メサ型構造の圧電基板のメサ部の高さ（段差部の堀量） y は、圧電基板の長辺の寸法を x 、メサ部（振動部）の厚み寸法を t とした時に、板厚 t を基準として、次式

$$y = -0.89 \times (x/t) + 34 \pm 3 (\%)$$

を満たすように辺比を設定することにより、不要モードを抑圧できると開示されている。特許文献 6 には、メサ型構造の圧電基板の短辺の長さを Z とし、メサ部（振動部）の厚みを t とし、メサ部の短辺方向の電極寸法を M_z としたときに、

$$15.68 Z/t \quad 15.84, \text{かつ}, 0.77 M_z/Z \quad 0.82$$

の関係を満たすように諸パラメータを設定することにより、不要モードを抑圧できると開示されている。

【0005】

しかし、更に辺比の小さな圧電振動子では、振動変位が X 軸の端部で十分には減衰せずに、端面で不要な屈曲モードなどを励起し、これが主振動と結合するという課題があった。

特許文献 7 には、メサ構造を多段とすることにより、主振動の振動エネルギーをより完全に閉じ込めることができる旨が開示されている。

特許文献 8 には、断面形状がコンベックス形状の圧電基板を、想定するコンベックス形状の包絡線に沿って階段形状に構成することにより、近似的に置き換えが可能であり、さらに、階段状の側面を斜面とすればより近似度合いが増すと開示されている。

【0006】

特許文献 9、特許文献 10 には、メサ型構造の圧電基板のメサ部を多段とすることにより、主振動のエネルギー閉じ込め効果を高め、不要モードを抑圧することができると開示されている。

特許文献 11 には、メサ型構造の段差部を導電性接着剤の流れ止めとし、メサ部への接着剤の流入防止を図ったメサ型振動デバイスが開示されている。このように、特許文献 7 乃至特許文献 11 には、圧電基板のメサ構造を多段メサ構造とし、エネルギー閉じ込めを深くすることが、主振動と屈曲振動との結合の抑圧に有用であると開示されている。

【0007】

最近の小型圧電振動子にあっては、メサ型構造の圧電振動素子を表面実装用のパッケージ内に収容し蓋部材で密閉する際に、圧電振動素子の一方の端縁部分を導電性接着剤を用いてパッケージ内の素子搭載パッドに接着固定し、前記一方の端縁部分と対向する他方の端縁部分を自由端とする、所謂片持ち方式で支持するが、パッケージ形状が小さいため、必要量の導電性接着剤を用いることができずに接着力の低下を起こしやすく、圧電振動素子の正面が傾いて励振電極がパッケージ内底面に接触して作動不良を起こすという問題があった。

特許文献 12 には、レーザーを用いた多段メサ型構造の AT カット水晶振動子の製造方法が開示されている。

また、特許文献 13 には、振動部がメサ型構造で、メサ部を挟んだ薄肉部の一端縁を厚肉突起部とし、これと対向する側の他端縁の少なくとも一部を厚肉突起部とした構造の圧電振動素子が開示されている。導電性接着剤を用いて他端縁の厚肉突起部をパッケージの素子搭載パッドに搭載した場合に、一端縁に設けた厚肉突起部がパッケージのキャビティ一空間内に留まるか、パッケージ内の底面に当接するか、又は蓋部材に当接するかの何れかとなる。このため、メサ部に形成した励振電極がパッケージ内の底面、又は蓋部材に接触する虞がなく、圧電振動素子の振動が阻害されないため、安定した特性が得られると開示されている。

【0008】

ところが、水晶振動素子の振動変位エネルギーは、励振電極の中央で最大で、中央から

10

20

30

40

50

周辺に離れるにつれて減衰する。振動変位エネルギーが同値である部分をプロットする、中央を中心とする略相似形の複数の等力線と称される橿円が描かれる。特許文献13の水晶振動素子では、長手方向(X 軸方向)の一端縁に設けた厚肉突起部は、励振電極とパッケージとの当接防止の機能は有するが、水晶振動素子の振動変位エネルギーの一部は、一端縁に設けた厚肉突起部と干渉することによって損失するという問題があった。この損失は、水晶振動素子を小型化するほど影響度が大きくなり、水晶振動子の電気的特性を安定化させることが難しいという課題があった。

特許文献14には、片持ち支持される一端部と対向する他端部に突起部を設けたメサ型構造の圧電振動素子が開示されている。突起部は、他端部の幅方向中央部を除く角部の少なくとも1箇所に設けられている。メサ型構造の圧電振動素子の中央から最も離れている角部に突起部を設け、この突起部を収容部材と当接させるようする。これによって、圧電振動素子が小型化されても、電気的特性の安定した圧電振動子が得られると開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開昭58-047316号公報

【特許文献2】実開平06-052230号公報

【特許文献3】特開2001-230655号公報

【特許文献4】特許第4341583号

【特許文献5】特開2008-263387号公報

【特許文献6】特開2010-062723号公報

【特許文献7】特開平02-057009号公報

【特許文献8】特許第3731348号

【特許文献9】特開2008-236439号公報

【特許文献10】特開2010-109527号公報

【特許文献11】特開2009-130543号公報

【特許文献12】特許第4075893号

【特許文献13】特開2004-200777号公報

【特許文献14】特開2010-114620号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、長辺方向を X 軸(水晶の結晶軸の一つである電気軸)と平行な方向とする多段メサ型構造の水晶基板を用いた厚みすべり振動素子では、X 辺比(厚さ t に対する長辺の寸法 X の比 X / t)が小さい状態、例えば X / t = 17 以下となると、厚みすべり振動と、Z' 軸(水晶の結晶軸の一つである光学軸を前記 X 軸を中心軸として所定の角度だけ回転させたときの軸)に平行な方向の輪郭振動(屈曲振動等)と、の結合が生じるという問題があった。

また、多段メサ型構造の水晶振動素子の端部に設けたパッドを、パッケージの内底面に形成した素子搭載パッドに搭載し、導電性接着剤で導通・固定して水晶振動子を構成する。このとき、素子搭載パッドに塗布する導電性接着の量や、その粘性により水晶振動素子の両主面とパッケージの底面とを並行に保つのが難しく、パッケージの底面や密封用の蓋部材に、水晶振動素子の励振電極が接触し、水晶振動子の電気的特性が劣化するという問題があった。

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、厚さ対長辺比が小さく、且つ長辺方向に多段メサ構造を形成した圧電基板の励振部に励振電極を設けた厚みすべり圧電振動素子であって、厚みすべり振動と、Z' 軸方向の輪郭振動(屈曲振動等)と、の結合を抑圧すると共に、圧電基板の端部の表裏に圧電基板の主面と直交する突起部を夫々形成した圧電振動素子と、これを用いた圧電振動子、及び圧電デバイスを実現することを目的

10

20

30

40

50

とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、上記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。

【0012】

[適用例1] 本発明に係る圧電振動素子は、圧電基板と、前記圧電基板の主面に配置されている励振電極と、を含み、

前記圧電基板は、励振部と、前記励振部の厚さより薄く、前記励振部の周縁に沿って一體的に設けられている周辺部と、を有し、

10

前記励振部は、前記励振部において最大の厚さの箇所である第1部分、および前記第1部分の主面と前記周辺部の主面との間に側面を有し、

前記側面は、段差を有する段差部と、前記第1部分の主面から前記周辺部の主面までの間が無段差状の面と、を含み、

前記第1部分の主面を平面視して、前記段差部は、前記第1部分を挟む2つの位置に配置され、

前記無段差状の面は、前記2つの位置の並び方向に沿って延在し、かつ前記段差部と連結してあり、

厚さ方向に沿って、前記周辺部から突出している突起部を少なくとも一つ含むことを特徴とする圧電振動素子である。

20

【0013】

上記のように圧電振動素子を構成すると、厚みすべり振動と、無段差状の平面に直交する方向の輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制でき、C I値を低減することができるという効果がある。また、上記のように圧電基板上であって振動変位が十分に減衰する領域の両主面上に突起部を設けることにより、パッケージに実装する際に、励振部に形成した励振電極とパッケージの内側の面が接触する虞がのぞかれると言う効果がある。

【0014】

[適用例2] また圧電振動素子は、前記圧電基板は、水晶の結晶軸である、電気軸としてのX軸と、機械軸としてのY軸と、光学軸としてのZ軸と、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-Z方向へ+Z側が回転するように傾けた軸をZ'軸とし、前記Y軸を前記Z'軸の+Z方向へ+Y側が回転するように傾けた軸をY'軸とし、前記Y'軸に沿った平面視において、前記主面は前記X軸と前記Z'軸を含む面であり、前記Y'軸に沿った方向を厚さとする水晶基板であり、

30

前記段差部は、前記Z'軸に沿って延在していることを特徴とする適用例1に記載の圧電振動素子である。

[適用例3] また圧電振動素子は、前記無段差状の面は、前記X軸に沿って延在していることを特徴とする適用例2に記載の圧電振動素子である。

【0015】

上記のように水晶を用いて圧電振動素子を構成すると、圧電振動素子の周波数温度特性が優れていると共に、厚みすべり振動とZ'軸方向の輪郭振動との結合を抑制でき、C I値を低減することができるという効果がある。また、上記のように圧電基板上であって振動変位が十分に減衰する領域の両主面上に突起部を設けることにより、パッケージに実装する際に、励振部に形成した励振電極とパッケージの内側の面が接触する虞がのぞかれるという効果がある。

40

【0016】

[適用例4] また圧電振動素子は、前記圧電基板は、複数の角隅部を有し、前記複数の角隅部のうち一部の角隅部に設けられているパッドを含み、

前記突起部は、前記パッドが設けられている前記角隅部以外の角隅部に設けられていることを特徴とする適用例1乃至3の何れかに記載の圧電振動素子である。

【0017】

50

上記のように、圧電基板の角隅部に突起部を設けると、圧電基板上に励起される主振動の厚みすべり振動の振動変位が十分に減衰しているので、その動作を阻害することなく、電気的特性には変化はない。しかも、突起部を有する圧電振動素子をパッケージに実装する際に、励振部に形成した励振電極とパッケージの内側の面とが接触する虞が除かれるので、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0018】

[適用例5] また圧電振動素子は、前記圧電基板は、複数の角隅部を有し、前記複数の角隅部のうち一部の角隅部に設けられているパッドを含み、前記突起部は、前記パッドが設けられている前記角隅部以外の角隅部にあって、前記Z'軸に沿った端縁に沿って設けられていることを特徴とする適用例2又は3に記載の圧電振動素子である。

【0019】

上記のように、圧電基板上のZ'軸に沿った端縁に沿って突起部を形成すると、エッチング等により突起部に多少の変形が生じてもその機能、即ちパッケージに実装する際に、励振電極とパッケージの内側の面とが接触する虞を除くという機能を損なうことはないで、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0020】

[適用例6] また圧電振動素子は、前記圧電基板は、複数の角隅部を有し、前記複数の角隅部のうち一部の角隅部に設けられているパッドを含み、前記突起部は、前記パッドが設けられている前記角隅部以外の角隅部にあって、前記Z'軸に沿った端縁に沿って設けられている第1の突起部分と、該第1の突起部分と連設し、且つ前記X軸に沿って設けられている第2の突起部分と、を含むことを特徴とする適用例2又は3に記載の圧電振動素子である。

【0021】

上記のように、圧電基板の端部にコ字状の突起部を形成すると、圧電振動素子がパッケージにX軸方向に回転して接着固定されても、励振電極がパッケージの内側の面に接触する虞がなく、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0022】

[適用例7] また圧電振動素子は、前記突起部は、前記周辺部の互いに表裏の関係にある表主面および裏主面に夫々設けられており、前記表主面側の前記突起部の頂点から前記裏主面側の前記突起部の頂点までの厚さに沿った長さは、前記第1部分の厚さと等しいことを特徴とする適用例1乃至6の何れかに記載の圧電振動素子である。

【0023】

上記のように、前記励振部の厚さと、表裏の突起部の各厚みと周辺部の厚みを合計した厚みと、を等しくすることにより圧電基板の製造が容易であると共に、励振電極がパッケージの内側の面に接触する虞がなく、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0024】

[適用例8] また圧電振動素子は、前記圧電基板の前記Z'軸に沿った長さをZ、前記励振部の前記Z'軸に沿った長さをMz、前記第1部分の厚さをtとしたとき、

$$8 \ Z / t \ 11, \ かつ, \ 0.6 \ Mz / Z \ 0.8$$
の関係を満たすことを特徴とする適用例2又は3に記載の圧電振動素子である。

【0025】

このように圧電振動素子を構成すれば、よりC/I値の低減が図れると共に、励振電極とパッケージの内側の面との接触がないので、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0026】

[適用例9] また圧電振動素子は、前記圧電基板の前記X軸に沿った長さをX、

10

20

30

40

50

前記第1部分の厚さを t としたとき、

$X / t = 17$

の関係を満たすことを特徴とする適用例2又は3に記載の圧電振動素子である。

【0027】

このように圧電振動素子を構成すれば、小型化を図りつつ、C I 値の低減が図れると共に、励振電極とパッケージの内側の面との接触がないので、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0028】

[適用例10] 本発明に係る圧電振動子は、適用例1乃至9のうち何れか一項に記載の圧電振動素子と、

10

前記圧電振動素子が収容されているパッケージと、
を備えていることを特徴とする圧電振動子である。

【0029】

以上のように圧電振動子を構成すれば、本発明に係る圧電振動素子を備えているので、C I 値の低減が図れると共に、励振電極とパッケージの内側の面との接触がないので、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0030】

[適用例11] 本発明に係る圧電発振器は、適用例1乃至9のうち何れか一項に記載の圧電振動素子と、

20

前記圧電振動素子を駆動する発振回路と、
前記圧電振動素子及び前記発振回路が収容されているパッケージと、
を備えていることを特徴とする圧電発振器である。

【0031】

以上のように圧電発振器を構成すれば、パッケージ内に本発明に係るC I 値が小さな圧電振動素子と、発振回路とが備えられており、圧電発振器が小型化されると共に、発振回路の発振電流を小さくできるので、低消費電力化が図れるという効果がある。

【0032】

[適用例12] 本発明に係る圧電発振器は、適用例10に記載の圧電振動子と、
前記圧電振動子を駆動する発振回路と、

を備えていることを特徴とする圧電発振器である。

30

【0033】

以上のように圧電発振器を構成すれば、本発明に係るC I 値が小さな圧電振動子を備えており、発振周波数が安定であると共に発振回路の電流を小さくできるので、圧電発振器の消費電力を低減することができるという効果がある。

【0034】

[適用例13] 本発明に係る圧電発振器は、前記発振回路は半導体素子に搭載されていることを特徴とする適用例11又は12に記載の圧電発振器である。

【0035】

以上のように圧電発振器を構成すれば、発振回路がIC化されることにより、圧電発振器が小型化されると共に、信頼性も向上するという効果がある。

40

【0036】

[適用例14] 本発明に係る電子デバイスは、適用例1乃至9のうち何れか一項に記載の圧電振動素子と、

少なくとも一つ以上の電子部品と、

前記圧電振動素子及び前記電子部品が収容されているパッケージと、
を備えていることを特徴とする電子デバイスである。

【0037】

以上のように電子デバイスを構成すれば、本発明の圧電振動素子と電子部品とで電子デバイスを構成するので、C I の小さな圧電振動素子を有する電子デバイスが構成できるので、多方面の用途に利用できるという効果がある。

50

【0038】

【適用例15】本発明に係る電子デバイスは、適用例14に記載の電子デバイスにおいて、前記電子部品が、サーミスタ、コンデンサ、リアクタンス素子、及び半導体素子のうちのいずれかであることを特徴とする電子デバイスである。

【0039】

以上のように電子デバイスを構成すれば、サーミスタ、コンデンサ、リアクタンス素子、半導体素子のうち少なくとも一つの電子部品と、圧電振動素子とを用いて電子デバイスを構成るので、電子機器にとって有用なデバイスとなるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0040】

10

【図1】本発明に係るメサ構造の圧電振動素子を示した概略図であって、(a)は平面図であり、(b)はP1-P1断面図であり、(c)はP2-P2断面図。

【図2】(a)は、図1のQ1-Q1断面図であり、(b)は図1のQ2-Q2断面図。

【図3】メサ構造の圧電振動素子の平面上に、振動変位エネルギーの等しい点を結んでできた等力線を重ね書きした図。

【図4】水晶の結晶軸X、Y、ZをX軸の回りに回転してできた新直交軸X'、Y'、Z'軸とATカット水晶基板との関係を示す図。

【図5】(a)乃至(c)は本実施形態の圧電振動素子の製造方法を模式的に示す平面図及び断面図。

【図6】(a)乃至(c)は本実施形態の圧電振動素子の製造方法を模式的に示す平面図及び断面図。

20

【図7】(a)乃至(c)は本実施形態の圧電振動素子の製造方法を模式的に示す平面図及び断面図。

【図8】(a)乃至(c)は本実施形態の圧電振動素子の製造方法を模式的に示す平面図及び断面図。

【図9】(a)乃至(d)は本実施形態の圧電振動素子の製造方法を模式的に示す平面図及び断面図。

【図10】(a)乃至(d)は本実施形態の圧電振動素子の製造方法を模式的に示す平面図及び断面図。

【図11】(a)乃至(d)は本実施形態の圧電振動素子の製造方法を模式的に示す平面図及び断面図。

30

【図12】(a)乃至(c)は本実施形態の変形例に係る、(a)は平面図であり、(b)はP4-P4断面図であり、(c)はP5-P5断面図。

【図13】(a)は、図12のQ6-Q6断面図であり、(b)は図12のQ7-Q7断面図。

【図14】本実施形態の他の変形例に係る、(a)は平面図であり、(b)はQ2-Q2断面図。

【図15】本実施形態の他の変形例に係る、(a)は平面図であり、(b)はQ1-Q1断面図。

【図16】本実施形態の他の変形例に係る、(a)は平面図であり、(b)はQ2-Q2断面図。

40

【図17】本実施形態に係る圧電振動子を模式的に示した断面図であり、(a)は長手方向中央部の断面図であり、(b)は長手方向端部の断面図、(c)、(d)は説明用の断面図。

【図18】(a)及び(b)は比較例の圧電振動素子を模式的に示した平面図及び断面図。

【図19】(a)及び(b)はC/I値の分布を示すグラフで示した図。

【図20】Mz(励振部の短辺の寸法)/Z(圧電基板の短辺の寸法)とC/I値との関係を示すグラフで示した図。

【図21】(a)は電子デバイスの実施形態を示す断面図であり、(b)は変形例の実施

50

形態を示す断面図である。

【図22】(a)は圧電発振器の実施形態を示す断面図であり、(b)は変形例の実施形態を示す断面図であり、(c)は他の変形例の実施形態を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

以下、本発明を図面に示した実施形態に基づいて詳細に説明する。本発明は、以下の実施形態になんら限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲において実施される各種の変形例を含む。なお、以下の実施形態で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0042】

1. 圧電振動素子

まず、本実施形態に係る圧電振動素子について、図面を参照しながら説明する。図1及び図2は、本発明の一実施形態に係る圧電振動素子100の構成を示す概略図である。図1(a)は、圧電振動素子100の平面図であり、図1(b)は、同図(a)のP1-P1断面図であり、図1(c)は、同図(a)のP2-P2断面図である。図2(a)は、図1(a)のQ1-Q1断面図であり、図2(b)は、図1(a)のQ2-Q2断面図、又はQ2'-Q2'断面図である。

本発明の圧電振動素子100は、中央に位置する多段メサ構造の励振部14、及び励振部14の周縁に連設形成された薄肉の周辺部12を有する圧電基板10と、励振部14の両主面上に夫々対向配置された励振電極20と、各励振電極20から圧電基板10の端部に向かって延びる引出電極22と、引出電極22の端部であり且つ圧電基板10の2つの角隅部に夫々形成されたパッド24と、を概略備えている。

励振部14は圧電基板の中央部を両主面方向へ突出させた厚肉部であり、周辺部12は励振部14の外周側面の少なくとも一部の厚み方向中間部から外径方向へ張出し形成されている。

【0043】

圧電基板10は、その中央に位置し主たる振動領域となる励振部14と、励振部14より薄肉で励振部14の周縁に沿って形成された周辺部12と、を有している。平面形状がほぼ矩形である励振部14の対向する2つの側面(長手方向に沿った両側面)は夫々無段差状の1つの平面であり、励振部14の他の対向する2つの側面(短辺方向に沿った2つの側面)は夫々厚み方向に段差部を有した構造をしている。

各励振電極20に交番電圧を印加すると、圧電振動素子100は固有の振動周波数で励振される。励振された振動変位が十分に減衰する領域の周辺部12の表裏面には、圧電基板10の主面方向と直交する突起部11が少なくとも各一個形成されている。

突起部11は、図1、図2に示した例では、圧電基板10の2つの角隅部(図1(a)の左側)に夫々形成されたパッド24と対向する角隅部(図1(a)の右側)に表裏各2個形成されている。即ち、圧電基板10の周辺部12の角隅部に、周辺部12の表裏面に形成された突起部11が各2個設けられている。表裏の突起部11の厚さと周辺部12の厚さとの合計は、励振部14の中央の厚さと等しく構成することができる。

【0044】

図3は、圧電振動素子100の平面図上に、圧電振動素子100が励振された際に生じる振動変位エネルギー(振動変位の二乗とその位置の質量との積)が等しい点を結んでできる等力線を一点鎖線で示している。図3に示す圧電振動素子100では、励振部14がX軸方向に長い矩形状をしているので、等力線はX軸方向の長径が大きく、Z'軸方向の短径が小さい橢円状となる。振動変位の大きさは励振部14の中心部で最大で、中心部から離間するにつれて小さくなる。即ち、励振電極20上ではX軸方向、Z'軸方向とも余弦上に分布し、励振電極20のない領域では指數関数的に減衰する。

図1に示す圧電振動素子100では、突起部11は振動変位エネルギーが十分に減衰した領域、即ち周辺部12の角隅部に設けている。このため、突起部11を設けても、圧電振動素子100の振動変位部に影響を及ぼすことはほぼない。つまり、圧電振動素子10

10

20

30

40

50

0の電気的特性は何ら変わる所はない。

【0045】

ところで、水晶等の圧電材料は三方晶系に属し、図4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、光学軸を呼称される。ATカット水晶基板101は、XZ面をX軸の回りに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である。ATカット水晶基板101の場合は、は略35°15である。なお、Y軸及びZ軸をX軸の周りに回転させ、夫々Y'軸、及びZ'軸とする。従って、ATカット水晶基板101は、直交する結晶軸X、Y'、Z'を有する。ATカット水晶基板101は、厚み方向がY'軸であって、Y'軸に直交するXZ面(X軸及びZ'軸を含む面)が主面であり、厚みすべり振動が励振される。このATカット水晶基板101を加工して、圧電基板10を得ることができる。10

即ち、圧電基板101は、図4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カット水晶基板からなる。

【0046】

圧電基板10は、図1(a)に示すように、Y'軸に平行な方向(以下、「Y'軸方向」という)を厚み方向として、X軸に平行な方向(以下、「X軸方向」という)を長辺とし、Z'軸に平行な方向(以下、「Z'軸方向」という)を短辺とする矩形の形状を有することができる。圧電基板10は、励振部14と、励振部14の周縁に沿って形成された周辺部12と、を有する。ここで、「矩形の形状」とは、文字通り矩形状と、矩形の角部が面取りされた形も含むものとする。20

周辺部12は、図1、図2に示すように、励振部14の周面(側面)の少なくとも一部に形成され、励振部14より小さい厚み(薄肉)を有する。

【0047】

図1、図2に示すように本例に係る励振部14は、その全周を周辺部12に囲まれておあり、周辺部12のY'軸方向の厚みよりも大きい厚み(厚肉)を有する。即ち、励振部14は、図1(b)及び図2(a)に示すように、周辺部12に対してY'軸方向に突出している。図示の例では、励振部14は周辺部12に対して、+Y'軸側と-Y'軸側とに突出している。励振部14は、例えば対称の中心となる点(図示せず)を有し、この中心点に関して点対称となる形状を有することができる。30

励振部14は、図1(a)に示すように、X軸方向を長辺とし、Z'軸方向を短辺とする矩形の形状を有する。即ち、励振部14はX軸に平行な辺を長辺とし、Z'軸に平行な辺を短辺としている。そのため、励振部14は、X軸方向に延びる側面14a、14bと、Z'軸方向に延びる側面14c、14dと、を有する。即ち、X軸方向に延びる側面14a、14bの長手方向は、X軸方向であり、Z'軸方向に延びる側面14c、14dの長手方向は、Z'軸方向である。図示の例では、側面14a、14bのうち、側面14aが+Z'軸側の側面であり、側面14bが-Z'軸側の側面である。また、側面14c、14dのうち、側面14cが-X軸側の側面であり、側面14dが+X軸側の側面である。40

【0048】

X軸方向に延びる側面14aは、例えば図1(b)に示すように、周辺部12に対して、+Y'軸側と+Y'軸側とに夫々突出して形成されている。このことは側面14b、14c、14dについても同様である。X軸方向に延びる側面14a、14bの各々は、図1(b)に示すように1つの平面内にある無段差状となっている。即ち、+Y'軸側の側面14aは、1つの平面内であり、-Y'軸側の側面14aは、1つの平面内である。同様に、+Y'軸側の側面14bは、1つの平面内であり、-Y'軸側の側面14bは、1つの平面内である。

なお、本発明に係る記載において、「1つの平面内」とは、励振部14の側面が平坦な面である場合と、水晶の結晶の異方性の分だけ凹凸を有する場合と、を含む。即ち、フッ

酸を含む溶液をエッティング液として A T カット水晶基板を加工すると、励振部 1 4 の側面は水晶結晶の R 面が露出して、X Y' 面と平行な場合と、水晶結晶の m 面が露出して、水晶の結晶異方性の分だけ凹凸を有する場合がある。本発明に係る記載では、このような水晶結晶の m 面による凹凸を有する側面についても「1 つの平面内」にあるとしている。便宜上、図 1 (a) 及び図 2 (a) では、m 面による凹凸は省略している。なお、レーザーによって A T カット水晶基板を加工することにより、水晶結晶の R 面のみを露出することも可能である。

【 0 0 4 9 】

Z' 軸方向に延びる側面 1 4 c、1 4 d の各々は、図 2 (a) に示すように、段差を有する。励振部 1 4 は、中央に位置する最大厚みを有した第 1 部分 1 5 と、第 1 部分 1 5 より小さい厚みを有する第 2 部分 1 6 と、を有し、側面 1 4 c、1 4 d の段差は、第 1 部分 1 5 及び第 2 部分 1 6 の各厚みの差によって形成されている。図示の例では、側面 1 4 c、1 4 d は、第 1 部分 1 5 の Y' Z' 平面に平行な面と、第 2 部分 1 6 の X Z' 平面に平行な面と、第 2 部分 1 6 の Y' Z' 平面に平行な面と、によって構成される。

10

【 0 0 5 0 】

図 1 (a) 及び図 2 (a) に示すように、例えば第 2 部分 1 6 は、第 1 部分 1 5 を X 軸方向両側から挟むように形成されている。そのため、図 1 (b) に示すように、X 軸方向に延びる側面 1 4 a、1 4 b は、第 1 部分 1 5 の側面によって形成されている。このように励振部 1 4 は、厚みの異なる 2 種類の部分 1 5、1 6 を有しており、圧電振動素子 1 0 0 は、2 段型（多段型）のメサ構造を有していると言える。

20

【 0 0 5 1 】

励振部 1 4 は、厚みすべり振動を主振動として振動することができる。励振部 1 4 が 2 段型のメサ構造であることによって、圧電振動素子 1 0 0 は、エネルギー閉じ込め効果を有することができる。

ここで、圧電基板 1 0 の Z' 軸方向の寸法（短辺の寸法）を Z とし、励振部 1 4 の短辺の寸法を M z とし、励振部の厚み（励振部 1 4 の第 1 部分 1 5 の厚み）を t とすると、下記式（1）の関係を満たすことが好ましい。

$$8 Z / t = 1 1, \text{ 且つ } 0.6 M z / Z = 0.8 \quad (1)$$

これにより、厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合を抑圧することができ、C I 値の低減と周波数温度特性の改善を図ることができる。（詳細は後述）。このような厚みすべり振動と輪郭振動との結合は、一般的に圧電基板の面積が小さいほど抑圧するのが難しい。そのため、例えば圧電基板 1 0 の X 軸方向の寸法（長辺の寸法）を X とした場合に、下記式（2）の関係を満たすような小型の圧電振動素子 1 0 0 において、上記式（1）の関係を満たすように設計すると、より顕著に厚みすべり振動と輪郭振動との結合を抑圧することができる。

30

$$X / t = 1 7 \quad (2)$$

【 0 0 5 2 】

励振電極 2 0 は励振部 1 4 に形成されている。図 1 (b) 及び図 2 (a) に示す例では、励振電極 2 0 は励振部 1 4 を表裏に挟んで形成されている。より具体的には、励振電極 2 0 は、圧電基板 1 0 の両主面（X Z' 面に平行な面）の振動領域（励振部 1 4 ）に、表裏で対向するように配置されている。励振電極 2 0 は励振部 1 4 に電圧を印加することができる。励振電極 2 0 は、例えば引出電極 2 2 を介してパッド 2 4 と接続している。パッド 2 4 は、例えば圧電振動素子 1 0 0 を駆動するための I C チップ（図示せず）と電気的に接続されている。励振電極 2 0 、引出電極 2 2 、及びパッド 2 4 の材質としては、例えば、圧電基板 1 0 側からクロム、金をこの順で積層したものを用いることができる。

40

【 0 0 5 3 】

本実施形態に係る圧電振動素子 1 0 0 は、例えば以下の特徴を有する。

厚みすべり振動と、無段差状の平面と直交する方向の輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制でき、C I 値を低減することができるという効果がある。（詳細は後述）また、圧電基板上の振動変位が十分に減衰する領域の両主面上に突起部 1 1 を設けることにより、

50

パッケージに実装する際に、励振部に形成した励振電極とパッケージの内側の面が接触する虞がなくなると言う効果がある

また、図1に示す実施形態例のように、水晶を用いて圧電振動素子を構成すると、圧電振動素子の周波数温度特性が優れていると共に、厚みすべり振動と、Z'軸方向の輪郭振動との結合を抑制でき、CI値を低減することができるという効果がある。また、圧電基板上であって振動変位が十分に減衰する領域の両主面上に突起部を設けることにより、パッケージに実装する際に、励振部に形成した励振電極とパッケージの内側の面が接触する虞がなくなるという効果がある。

【0054】

図1に示す実施形態例のように、圧電基板10のパッド24と対向する周辺部12の角隅部に突起部11が設けられているので、圧電基板10上に励起される主振動の厚みすべり振動の振動変位が十分に減衰しており、その動作を阻害することなく、電気的特性には変化はない。しかも、突起部11を有する圧電振動素子100をパッケージに実装する際に、励振部に形成した励振電極とパッケージの内側の面とが接触する虞が除かれるので、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

また、圧電振動素子100によれば、上述のとおり、圧電基板10の短辺の寸法Z、励振部14の短辺の寸法Mz、及び励振部14の厚みtを式(1)の関係を満たすようにすることにより、CI値の低減を図ることができる。

圧電振動素子100によれば、上述のとおり、X辺比(X/t)を式(2)の関係を満たすようにすることにより、小型化を図りつつCI値の低減を図ることができる。

【0055】

2. 圧電振動素子の製造方法

次に、本実施形態に係る圧電振動素子の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図5乃至図11は、本実施形態に係る圧電振動素子100の製造工程を模式的に示す図である。なお、図5乃至図11において、(a)は平面図であり、(b)は(a)のP3-P3断面図であり、(c)は(a)のQ3-Q3断面図である。また、図9乃至図11において、(d)はQ4-Q4、又はQ4'-Q4'断面図である。

【0056】

図5に示すように、ATカット水晶基板101の表裏主面(XZ'平面に平行な面)に耐蝕膜30を形成する。耐蝕膜30は、例えば、スパッタ法や真空蒸着法などによりクロム及び金をこの順で積層した後、このクロム及び金をパターニングすることによって形成される。パターニングは、例えば、フォトリソグラフィ技術及びエッチング技術によって行われる。耐蝕膜30は、ATカット水晶基板101を加工する際に、エッチング液となるフッ酸を含む溶液に対して耐蝕性を有する。

図6に示すように、耐蝕膜30上にポジ型のフォトレジスト膜を塗布した後、このフォトレジスト膜を露光及び現像して、所定の形状を有するレジスト膜40を形成する。レジスト膜40は、耐蝕膜30の一部を覆うように形成される。

【0057】

次いで、図7に示すように、マスクMを用いて再度レジスト膜40の一部を露光して、感光部42を形成する。マスクMは、図7(a)に示すようにY'軸方向から見てレジスト膜40に対して交差するように配置する。即ち、マスクMのX軸方向の寸法はレジスト膜40のX軸方向の寸法より小さく、マスクMのZ'軸方向の寸法はレジスト膜40のZ'軸方向の寸法より大きい。このようなマスクMを用いて露光することにより、図7(c)に示すようにZ'軸方向から見てレジスト膜40の両側に感光部42を形成することができる。

次いで、図8に示すように、耐蝕膜30をマスクとしてATカット水晶基板101をエッチングする。エッチングは、例えば、フッ化水素酸(フッ酸)とフッ化アンモニウムとの混合液をエッチング液として行われる。これにより、図8(a)に示すように圧電基板10の外形(Y'軸方向から見たときの形状)が形成される。

【0058】

10

20

30

40

50

次いで、図9に示すように、レジスト膜40をマスクとして、所定のエッチング液で耐蝕膜30をエッチングした後、さらに、上述の混合液をエッチング液としてATカット水晶基板101を所定の深さまでハーフエッチングする。これにより、励振部14の外形と突起部11の外形とが形成される。

次いで、図10に示すように、レジスト膜40の感光部42を現像して除去する。これにより、耐蝕膜30の一部が露出する。なお、感光部42を現像する前に、例えば、真空又は減圧雰囲気下で放電によりつくられた酸素プラズマによって、レジスト膜40の表面に形成された変質層(図示せず)をアッシングする。これにより、確実に感光部42を現像して除去することができる。

次いで、図11に示すように、レジスト膜40をマスクとして、所定のエッチング液で耐蝕膜30の露出部分をエッチング除去した後、さらに、上述の混合液をエッチング液としてATカット水晶基板101を所定の深さまでハーフエッチングする。これにより、X軸方向に延びる側面14a、14bの各々を1つの平面内に形成することができる。また、Z'軸方向に延びる側面14c、14dの各々に段差を形成することができる。また、圧電基板10の周辺部12の表裏の角隅部に、周辺部12と直交する突起部11を夫々形成することができる。

【0059】

以上の工程により、周辺部12、励振部14、及び突起部11を有する圧電基板10を形成することができる。

図1、図2に示すように、レジスト膜40及び耐蝕膜30を除去した後、圧電基板10に励振電極20、引出電極22、及びパッド24を形成する。励振電極20、引出電極、及びパッド24は、例えばスパッタ法や真空蒸着法などにより、クロム及び金をこの順で積層した後、このクロム及び金をパターニングすることによって形成される。

【0060】

以上の工程により、本実施形態に係る圧電振動素子100を製造することができる。

圧電振動素子100の製造方法によれば、励振部14の外形を形成するために用いたレジスト膜40を現像して感光部を除去した後、再度レジスト膜40を用いてX軸方向に延びる側面14a、14bを露出することができる。ここで、感光部42を形成するためのマスクMは、X軸方向の寸法がレジスト膜40の寸法より小さく、Z'軸方向の寸法がレジスト膜40の寸法より大きい。そのため、精度よく側面14a、14bの各々を1つの平面内に形成することができる。例えば、励振部14を形成するために、2回のレジスト膜を塗布する場合(例えば、第1レジスト膜を用いて励振部の外形を形成した後、第1のレジスト膜を剥離し、新たに第2レジスト膜を塗布して励振部の側面を露出する場合)は、第1のレジスト膜と第2のレジスト膜との間で合わせずれが生じ、励振部の側面を1つの平面内に形成できないことがある。圧電振動素子100の製造方法では、このような問題を解決することができる。

また、圧電振動素子100の製造方法によれば、圧電基板10の角隅部の2つのパッド24と対向する周辺部12の角隅部に、夫々周縁部12の表裏に直交する突起部11を形成することができる。

【0061】

3. 圧電振動素子の変形例

次に、本実施形態の変形例に係る圧電振動素子について、図面を参照しながら説明する。図12(a)は、本実施形態の変形例に係る圧電振動素子200を模式的に示す平面図である。図12(b)は、(a)のP6-P6断面図であり、図12(c)は、(a)のP7-P7断面図である。図13(a)は、図12(a)のQ6-Q6断面図であり、図13(b)は、図12(a)のQ7-Q7断面図、又はQ7'-Q7'断面図である。以下、本実施形態の変形例に係る圧電振動素子200において、本実施形態に係る100の構成部材と同様な構造、機能を有する部材については同一符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0062】

10

20

30

40

50

圧電振動素子 100 の例では、図 1、図 2 に示すように、厚みの異なる第 1 部分 15、及び第 2 部分 16 を有する 2 段型のメサ構造について説明した。

これに対して、圧電振動素子 200 では、図 12、図 13 に示すように、3 段のメサ構造を有する。即ち、圧電振動素子 200 の励振部 14 は、第 1 部分 15、第 2 部分 16 に加え、第 2 部分 16 より厚みの小さい第 3 部分 17 を有する。図 12、図 13 に示す例では、第 3 部分 17 は、第 1 部分 15、及び第 2 部分 16 を X 軸方向から挟むように形成されている。

Z' 軸方向に延びる側面 14c、14d の段差は、図 13 (a) に示すように、第 1 部分 15、第 2 部分 16、及び第 3 部分 17 の厚みの差によって形成されている。図示の例では、側面 14c、14d は、第 1 部分 15 の Y'Z' 平面に平行な面と、第 2 部分 16 の XZ' 平面に平行な面と、第 2 部分 16 の Y'Z' 平面に平行な面と、第 3 部分 17 の XZ' 平面に平行な面と、第 3 部分 17 の Y'Z' 平面に平行な面と、によって構成されている。また、第 1 部分 15、第 2 部分 16、及び第 3 部分 17 から成る励振部 14 は、第 3 部分 17 の周縁に沿って、第 3 部分 17 の厚みより薄い周辺部 12 が形成されている。励振部 14 に表裏対向して形成された励振電極 20、各励振電極 20 からの引出電極 22、及び各引出電極 22 の終端である 2 つのパッド 24 も、圧電振動素子 100 と同様に形成されている。圧電基板 10 の角隅部に設けた 2 つのパッド 24 に対向して、周辺部 12 の角隅部に周辺部 12 に直交して表裏に夫々突起部 11 が形成されている。

【0063】

圧電振動素子 200 は、圧電振動素子 100 の製造方法を適用して製造することができる。即ち、図 10 に示すように感光部 42 を現像して除去した後、再度レジスト膜 40 を露光して所定形状の第 2 感光部 (図示せず) を形成する。次に、第 2 感光部を有するレジスト膜 40 をマスクとして、耐蝕膜 30 及び AT カット水晶基板 101 をエッチングする。次にアッシングを行ってレジスト膜 40 の変質層を除去した後、第 2 感光部を現像して除去する。次に、第 2 感光部が除去されたレジスト膜 40 をマスクとして、耐蝕膜 30 及び AT カット水晶基板 101 をエッチングする。以上の工程により、3 段型のメサ構造と、圧電基板 10 の周辺部 12 の角隅部の表裏に、周辺部 12 と直交する突起部 11 を夫々形成することができる。圧電基板 10 に 3 段型のメサ構造の励振部に対向する励振電極 20 と、各励振電極 20 からの引出電極 22、及び引出電極 22 の終端である 2 個のパッド 24 を形成することにより、圧電振動素子 200 を製造することができる。

【0064】

圧電振動素子 200 によれば、2 段型のメサ構造を有する圧電振動素子 100 に比べて、エネルギー閉じ込め効果をより高めることができる。また、圧電振動素子 200 によれば、圧電基板 10 の角隅部の 2 つのパッド 24 と対向する周辺部 12 の角隅部に、夫々周縁部 12 の表裏に直交する突起部 11 を形成したので、パッケージに実装する際に歩留まりを大幅に改善することができる。

なお、上述の例では、3 段型のメサ構造を有する圧電振動素子 200 について説明したが、本願に係る発明は多段型のメサ構造において、励振部の X 軸方向に延びる側面の各々が 1 つの平面内にあれば、メサ構造の段数 (段差の数) は特に限定されない。

【0065】

図 14 (a) は、圧電振動素子の他の変形例 110 (圧電振動素子 100 をベースに示しているが圧電振動素子 200 をベースにしてもよい) の平面図であり、同図 (b) は、(a) の Q2 - Q2 断面図、又は Q2' - Q2' 断面図である。圧電振動素子 110 は、中央部にメサ構造の励振部 14 が形成され、励振部 14 の周縁には薄肉の周辺部 12 が形成された圧電基板 10 と、励振部 14 の表裏に対向して形成された励振電極 20 と、各励振電極 20 から圧電基板 10 の端部に向かって延びる引出電極 22 と、引出電極 22 の終端であるパッド 24 と、を備えている。また、圧電基板 10 の角隅部に設けた 2 つのパッド 24 と対向する周辺部 12 上で、Z' 軸 (短辺) に沿った端縁に沿って設けられた第 1 の突起部分 11a と、第 1 の突起部分 11a の長手方向両端部から夫々 X 軸に沿った方向へ屈曲して連設された第 2 の突起部分 11b と、を備えたコ字状の突起部 11 が表裏に形

10

20

30

40

50

成されている。周辺部 12 の厚みと表裏の突起部 11 の厚みとを加算した厚さは、励振部 14 の中央の厚さと等しくすることができる。

【0066】

図 15 (a) は、圧電振動素子の他の変形例 120 の平面図であり、同図 (b) は、(a) の Q1 - Q1 断面図である。圧電基板 10 の励振部 14、励振電極 20、引出電極 22、パッド 24 は、図 1、図 2 示した圧電振動素子 100 と同様であるので、説明を省略する。圧電基板 10 の角隅部に設けた 2 つのパッド 24 と対向する周辺部 12 上の表裏に、Z' 軸 (短辺) に沿った端縁に沿って細帯状の突起部 11 が夫々形成されている。

【0067】

図 16 (a) は、圧電振動素子の他の変形例 130 の平面図であり、同図 (b) は、(a) の Q2 - Q2 断面図、又は Q2' - Q2' 断面図である。圧電基板 10 の励振部 14、励振電極 20、引出電極 22、パッド 24 は、図 1、図 2 示した圧電振動素子 100 と同様であるので、説明を省略する。圧電基板 10 の角隅部に設けた 2 つのパッド 24 と対向する周辺部 12 の角隅部に、且つ周辺部 12 に直交した表裏に、圧電基板 10 の長辺 (X 軸方向) に沿って短尺な細帯状の突起部 11 が夫々形成されている。

【0068】

図 14 の実施形態例に示すように、圧電基板 10 の端部にコ字状の突起部 11 (11a、11b) を形成すると、圧電振動素子がパッケージに X 軸方向に回転して接着固定されても、励振電極がパッケージの内側の面に接触する虞がなく、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

図 15 の実施形態例に示すように、圧電基板上の Z' 軸に沿った端縁に沿ってその全長に渡って突起部 11 を形成すると、エッチング等により突起部に多少の変形が生じてもその機能、即ちパッケージに実装する際に、励振電極とパッケージの内側の面とが接触する虞を除くという機能を損なうことはないので、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

また、図 1、図 2、図 12、図 13、図 14 乃至図 16 の実施形態例に示すように、励振部 14 の厚さと、表裏の突起部 11 の各厚みと周辺部 12 の厚みを合計した厚みと、を等しくすることにより圧電基板の製造が容易であると共に、励振電極がパッケージの内側の面に接触する虞がなく、圧電振動子を製作する際に、歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0069】

4. 圧電振動子

次に、本実施形態に係る圧電振動子について、図面を参照しながら説明する。図 17 は、本実施形態に係る圧電振動子 300 を模式的に示す断面図である。

図 17 (a) は、圧電振動子 300 の構成を示す長手方向 (X 軸方向) の断面図であり、図 2 (a) に示した圧電振動素子 100 の断面図と同様な位置における断面図である。図 17 (b) は、圧電振動子 300 の短手方向 (Z' 軸方向) の端部における長手方向 (X 軸方向) の断面図である。圧電振動子 300 は、図 17 (a) に示すように、本発明に係る圧電振動素子 (図示の例では圧電振動素子 100) と、パッケージ 50 と、を含む。

パッケージ 50 は、キャビティ 52 内に圧電振動素子 100 を収容することができる。パッケージ 50 の材質としては、例えば、セラミック、ガラス等が挙げられる。キャビティ 52 は、圧電振動素子 100 が動作するための空間となる。キャビティ 52 は密閉され、減圧空間や不活性ガス雰囲気とされる。

圧電振動素子 100 は、パッケージ 50 のキャビティ 52 内に収容されている。図示の例では、圧電振動素子 100 は、導電性接着剤 60 を介して、片持ち梁状にキャビティ 52 内に固定されている。導電性接着剤 60 としては、例えば、半田、銀ペーストを用いることができる。

【0070】

図 17 (a)、(b) に示した図では、圧電振動素子 100 の両正面がパッケージ 50 の内底面図 (又は蓋部材) と並行するように構成された例を示したが、導電性接着剤 60

10

20

30

40

50

の塗布量や粘度によっては、図 17 (c) に示す断面図のように、パッケージ 50 の内底面の方へ傾くか、逆に蓋部材の方へ反る場合がある。しかし、本発明の圧電振動素子（図示の例は圧電振動素子 100）の場合は、圧電基板 10 の角隅部に設けたパッド 24 と対向する周辺部 12 の角隅部の表裏に突起部 11 を形成してあるので、圧電振動素子 100 がパッケージ 50 の内底面側に傾いた場合でも、逆に蓋部材側に反った場合でも、励振部 14 に形成した励振電極 20 が内底面、蓋部材の何れにも接触することがない。これは、図 17 (d) に示すように、一様な厚みの基板 62 の一方の側（図では左側）を基台 65 に接着剤 60 で固定した場合に、基板 62 が下方へ傾いても基板 62 の他方の側（図では右側）の下部先端 A が基台 65 の上面に接するが、基板 62 の他の部分は、基台 65 の上面に接しないことからも容易に理解される。

なお、図示はしないが、パッケージ 50 には、圧電振動素子 100 を発振させるための IC チップが収容されていてもよい。IC チップは、導電性接着剤 60 を介して、パッド 24 と電気的に接続されている。

図 17 の実施形態に示すように、圧電振動子 300 によれば、本発明に係る圧電振動素子 100 を有するので、CI 値の低減を図ることができる。また、圧電振動子 300 によれば、圧電振動素子 100 のパッド 24 と対向する角隅部、又は対向する端縁に沿って突起部 11 を設けたので、圧電振動素子 10 をパッケージ 50 に収容する際に、励振電極 20 がパッケージ底面、又は蓋部材に接触することができないので、圧電振動子 300 の歩留まりが大幅に改善されるという効果がある。

【0071】

5. 実験例

以下に実験例を示し、本発明をより具体的に説明する。なお、本発明は、以下の実験例によってなんら限定されるものではない。

< 5.1 圧電振動素子の構成 >

実施例 1 として、図 1、図 2 に示す 2 段型のメサ構造を有する圧電振動素子 100 を用いた。実施例 1 では、フッ酸を含む溶液によるウェットエッチングにより AT カット水晶基板を加工し、周辺部 12 及び励振部 14 を有する圧電基板 10 を形成した。圧電基板 10 は、対称の中心となる点（図示せず）に関して点対称に形成した。励振部 14（第 1 部分 15）の厚み t を 0.065 mm とし、振動周波数を 24 MHz に設定した。また、圧電基板 10 の長辺の寸法 X を 1.1 mm （即ち、 X 辺比 X/t を 17 ）とし、圧電基板 10 の短辺の寸法 Z を 0.629 mm （即ち、 Z 辺比 Z/t を 9.7 ）とし、励振部 14 の短辺寸法 M_z を 0.43 mm とし、 X 軸方向に延びる側面 $14a$ 、 $14b$ の各々を 1 つの平面内に形成した。

【0072】

比較例としては、図 18 に示す圧電振動素子 1000 を用いた。図 18 (a) は平面図であり、図 18 (b) は、(a) の Q8-Q8 断面図である。

比較例 1 では、励振部 1014 を図 18 (b) に示すように、 X 軸方向に延びる側面の各々が段差を有すること以外は、実施例 1 の励振部 14 と同様な形状に形成した。なお、図 18 に示した、周辺部 1012、励振電極 1020、引出電極 1022、及びパッド 1024 は、夫々図 1、図 2 に示した、周辺部 12、励振電極 20、引出電極 22、及びパッド 24 に対応している。

【0073】

< 5.2 CI 値の分布測定結果 >

上述の実施例 1 及び比較例 1 を、夫々 200 個ずつ製作し、これらをパッケージに収容して CI 値（室温）を測定した。図 19 は測定個数に対する CI 値を示したグラフであり、図 19 (a) は実施例 1 の測定結果であり、図 19 (b) は比較例 1 の測定結果である。即ち、図 19 は、実施例 1 及び比較例 1 における CI 値の分布を示している。

図 19 より、実施例 1 では全ての試料において CI 値は 80 以下であり、比較例 1 より CI 値が低いことが分かった。さらに、実施例 1 では、比較例 1 に比べて CI 値のばらつきが小さいことが分かった。即ち、励振部の X 軸方向に延びる側面の各々を 1 つの平面

内に形成することにより、C I 値の低減を図ることができた。これは、X 軸方向に延びる側面の各々を1つの平面内に形成することで、Z' 軸方向における厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制できたためであると推察される。

【0074】

<5.3 Mz/Z に対する C I 値評価>

実施例1の圧電振動素子において、励振部14の厚みtを0.065mm、及び励振部14の短辺Mzの寸法を0.43mmに固定し、圧電基板10の短辺の寸法Zを0.46mm、0.5mm、0.54mm、0.59mm、0.65mm、0.72mm、0.81mm、0.92mmと振って、C I 値(室温)を測定した。測定は、圧電振動素子をパッケージに収容して行った。図20は、Mz/ZとC I 値との関係を示したグラフである

10

図20より、Mz/Zが0.6以上0.8以下の範囲では、C I 値は60程度と低いことが分かった。このときのZは0.54mm以上0.72mm以下であり、Z辺比(Z/t)は8以上11以下となる。以上より、Z辺比(Z/t)の範囲を8~Z/t~11とし、とし、且つMz/Zの範囲を0.6~Mz/Z~0.8とすることにより(即ち、上記式(1)を満たすことにより)、C I 値の低減を図れることが分かった。これは、式(1)を満たすようにZ/t及びMz/Zを設計することにより、一層Z'軸方向における厚みすべり振動と輪郭振動等の不要モードとの結合を抑制できたためであると推察される。

なお、Mzを0.4mmとし、Zを0.65mmとした(即ち、Mz/Z=0.6)圧電振動素子、及びMzを0.48mmとし、Zを0.6mmとした(即ち、Mz/Z=0.8)圧電振動素子についてもC I 値を測定したところ、共に60程度であった。このことから、Mz=0.43mmの場合に限定されることなく、上記式(1)を満たす限り、C I 値の低減を図ることができるといえる。

20

【0075】

以上の実験例は、図1、図2に示した2段型のメサ構造を有する圧電振動素子について行ったが、本実験結果は、例えば図12、図13に示したような多段メサ型のメサ構造を有する圧電振動素子にも適用することができる。

【0076】

図21(a)は、本発明の電子デバイス400に係る実施形態の一例の断面図である。電子デバイス400は、本発明の圧電振動素子100(図21(a))では圧電振動素子100を示したが、本発明の他の圧電振動素子であってもよい)と、感温素子であるサーミスタ58と、圧電振動素子100及びサーミスタ58を収容するパッケージ50と、を概略備えている。パッケージ50は、パッケージ本体50aと、蓋部材50cとを備えている。パッケージ本体50aは、上面側に圧電振動素子100を収容するキャビティー52が形成され、下面側にサーミスタ58を収容する凹部54aが形成されている。キャビティー52の内底面の端部に複数の素子搭載用パッド55aが設けられ、各素子搭載用パッド55aは内部導体57で複数の実装端子53と導通接続されている。素子搭載用パッド55aに圧電振動素子100を載置し、各パッド24と各素子搭載用パッド55aとを、導電性接着剤60を介して電気的に接続し、固定する。パッケージ本体50aの上部には、コバール等からなるシールリング50bが焼成されており、このシールリング50bに蓋部材50cを載置し、抵抗溶接機を用いて溶接し、キャビティー52を気密封止する。キャビティー52内は真空にしてもよいし、不活性ガスを封入してもよい。

30

一方、パッケージ本体50aの下面側中央には凹部54aが形成され、凹部54aの上面には電子部品搭載用パッド55bが焼成されている。サーミスタ58は、電子部品搭載用パッド55bに半田等を用いて搭載される。電子部品搭載用パッド55bは、内部導体57で複数の実装端子53と導通接続されている。

40

【0077】

図21(b)は、同図(a)の変形例の電子デバイス410であって、電子デバイス400と異なる点は、パッケージ本体50aのキャビティー52底面に凹部54bが形成さ

50

れ、この凹部 54b の底面に焼成された電子部品搭載パッド 55b に、金属バンプ等を介してサーミスタ 58 が接続されている所である。電子部品搭載パッド 55b は実装端子 53 と導通されている。つまり、圧電振動素子 100 と感温素子のサーミスタ 58 とが、キャビティー 52 内に収容され、気密封止されている。

以上では、圧電振動素子 100 とサーミスタ 58 とをパッケージ 50 に収容した例を説明したが、パッケージ 50 収容する電子部品としては、サーミスタ、コンデンサ、リアクタンス素子、半導体素子のうち少なくとも一つを収容した電子デバイスを構成することが望ましい。

【0078】

図 21 (a)、(b) に示す実施形態例は、圧電振動素子 100 とサーミスタ 58 とをパッケージ 50 に収容した例である。このように構成すると、感温素子のサーミスタ 58 が圧電振動素子 100 の極めて近くに位置しているので、圧電振動素子 100 の温度変化を素早く感知することができるという効果がある。また、本発明の圧電振動素子と上記の電子部品とで電子デバイスを構成することにより、IC の小さな圧電振動素子を有する電子デバイスが構成できるので、多方面の用途に利用できるという効果がある。

【0079】

次に、本発明に係る圧電振動素子を使用した圧電振動子のパッケージに対して、圧電振動子を駆動し、増幅する発振回路を搭載した IC 部品を組み付けることにより、圧電発振器を構築することができる。

図 22 (a) は、本発明の圧電発振器 500 に係る実施形態の一例の断面図である。圧電発振器 500 は、本発明の圧電振動素子 100 (図 22 (a) では圧電振動素子 100 を示したが、本発明の他の圧電振動素子であってもよい) と、単層の絶縁基板 70 と、圧電振動素子 100 を駆動する IC (半導体素子) 88 と、圧電振動素子 100 及び IC 88 を含む絶縁基板 70 の表面空間を気密封止する凸状の蓋部材 80 と、を概略備えている。絶縁基板 70 は、表面に圧電振動素子 100 及び IC 88 を搭載するための複数の素子搭載パッド 74a、電子部品搭載パッド 74b を有すると共に、裏面に外部回路との接続用の実装端子 76 を備えている。素子搭載パッド 74a 及び電子部品搭載パッド 74b と実装端子 76 とは、絶縁基板 70 を貫通する導体 78 により、導通されている。更に、絶縁基板 70 表面に形成された導体配線 (図示せず) により、素子搭載パッド 74a と電子部品搭載パッド 74b とは導通が図られている。金属バンプ等を用いて IC 88 を電子部品搭載パッド 74b に搭載した後、素子搭載パッド 74a に導電性接着剤 60 を塗布し、その上に圧電振動素子 100 のパッド 24 を載置し、恒温槽内で硬化させて導通・固定を図る。凸状の蓋部材 80 と絶縁基板 70 とは、絶縁基板 70 の上面周縁に塗布した低融点ガラス 85 によって密封される。このとき、封止工程を真空中で行うことにより内部を真空中にすることができる。

【0080】

図 22 (b) は、本発明の他の実施形態の圧電発振器 510 の断面図である。圧電発振器 510 は、本発明の圧電振動素子 100 と、パッケージ本体 90 と、圧電振動素子 100 を駆動する IC 88 と、圧電振動素子 100 を気密封止する蓋部材 90c と、を概略備えている。パッケージ本体 90 は、圧電振動素子 100 を収容するキャビティー 52 を有する上部 90a と、IC 88 を収容する凹部 90d を有する下部 90b とから成る、所謂 H 型構造のパッケージ本体である。圧電振動素子 100 は、キャビティー 52 底部の端部に形成された素子搭載パッド 74a に、導電性接着剤 60 を塗布し、この上に載置し、熱硬化することにより導通・固定される。IC 88 は、パッケージ本体 90 の下面側の凹部 90d の上面に形成された電子部品搭載パッド 74b に、金属バンプ 79 により接続・固定される。素子搭載パッド 74a 及び電子部品搭載パッド 74b は、内部導体 78 により導通接続されている。パッケージ本体 90 の上部に焼成されたシールリング (図示せず) に蓋部材 90c を載置し、抵抗溶接機等を用いて溶接し、気密封止する。キャビティー 52 内は真空中にしてもよいし、不活性ガスを封入してもよい。

【0081】

10

20

30

40

50

図22(c)は、本発明の他の実施形態の圧電発振器520の断面図である。圧電発振器520は、本発明の圧電振動子300と、パッケージ本体90と、圧電振動子300を駆動するIC88と、圧電振動子300気密封止する蓋部材90cと、を概略備えている。パッケージ本体90は、圧電振動子300を収容するキャビティー52を有する上部90aと、ICを収容する凹部90dを有する下部90bとから成る、所謂H型構造のパッケージ本体である。圧電振動子300は、キャビティー52底部の両端部に形成された素子搭載パッド74aに載置され、半田又は金属バンプ等により接続固定される。IC88は、パッケージ本体90の下面側の凹部90dの上面に形成された素子搭載パッド74bに、金属バンプ79により接続・固定される。素子搭載パッド74a及び電子部品搭載パッド74bは、内部導体78により導通されている。パッケージ本体90の上部に焼成されたシールリング(図示せず)に蓋部材90cを載置し、抵抗溶接機を用いて溶接する。圧電振動素子は二重に気密封止されている。

IC88は、圧電振動子300を駆動する発振回路と、圧電振動子300の周囲の温度を感知する感温素子と、圧電振動子300の周波数温度特性を補償する補償回路と、電圧可変容量素子等を含むことができる。

【0082】

図22(a)の実施形態の圧電発振器500は、パッケージ内に本発明に係るCI値が小さな圧電振動素子100と、IC(発振回路を含む)88とを備えており、圧電発振器が小型化されると共に、発振回路の発振電流を小さくできるので、低消費電力化が図れるという効果がある。

図22(b)の実施形態の圧電発振器510は、パッケージ内に本発明に係るCI値が小さな圧電振動素子100と、IC(発振回路を含む)88とを備えており、圧電発振器低消費電力化が図れるという効果がある。更に、IC88を外部より調整可能することができるため、より周波数温度特性が優れ、多機能の圧電発振器を構成できるという効果がある。

図22(c)の実施形態の圧電発振器520は、パッケージに収容した圧電振動子300を用いているので、エージング等の周波数安定度が優れ、多機能で信頼性のある圧電発振器を構成できるという効果がある。

【0083】

本発明は、前述した実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、本発明は、実施形態で説明した構成と実質的に同一の構成(例えば、機能、方法及び結果が同一構成、あるいは目的及び効果が同一の構成)を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成と同一の効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

なお、上述した圧電発振器等の電子デバイスにおいては、圧電振動子に半導体素子(IC)に代表される電子部品を備えた構成として説明したが、少なくとも一以上の電子部品を備えることが好適である。そして前記電子部品としては、サーミスタ、コンデンサ、リアクタンス素子等を適用することができ、圧電振動片を発振源として用いた電子デバイスを構築することができる。

【符号の説明】

【0084】

10...圧電基板、11...突起部、11a、11b...突起部分、12...周辺部、14...励振部、14a、14b...X軸方向に延びる側面、14c、14d...Z'軸方向に延びる側面、15...第1部分、16...第2部分、17...第3部分、20...励振電極、22...引出電極、24...パッド、30...耐蝕膜、40...レジスト膜、42...感光部、50...パッケージ、50a, 90...パッケージ本体、50b...シールリングリング、50c, 80, 90c...蓋部材、52...キャビティー、53...実装端子、54a, 54b, 90d...凹部、55a, 74a...素子搭載用パッド、55b, 74b...電子部品搭載用パッド、57...内部導体、58...サーミスタ、60...導電性接着剤、70...絶縁基板、76...実装端子、78...導

10

20

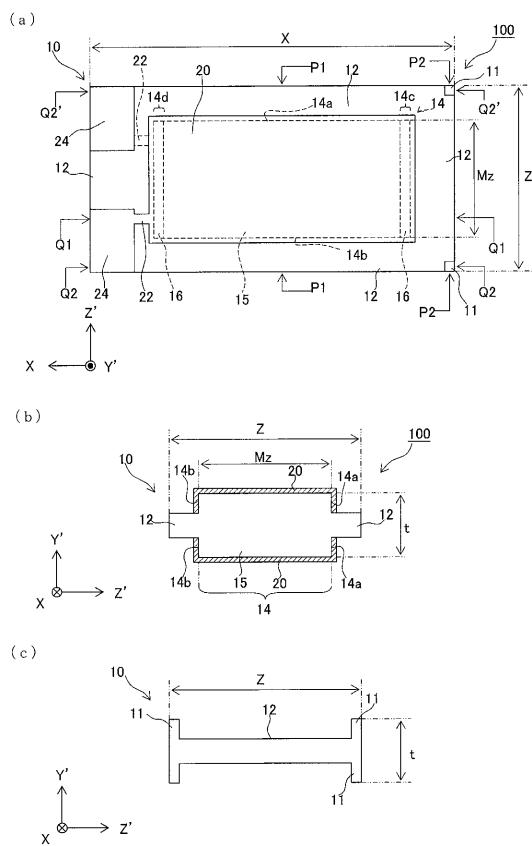
30

40

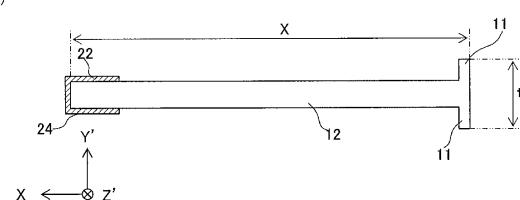
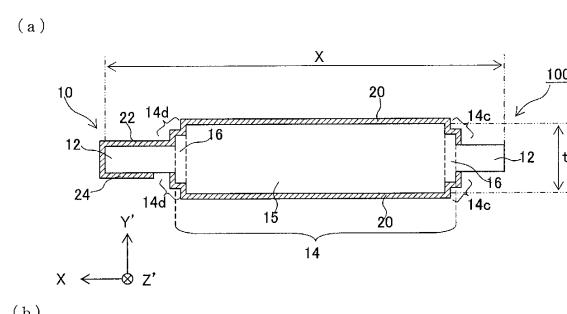
50

体、79金...属バンプ、85...低融点ガラス、88...IC(半導体素子)、100、110、120、130...圧電振動素子、101...ATカット水晶基板、200...圧電振動素子、300...圧電振動子、400、410...電子デバイス、500、510、520...圧電発振器

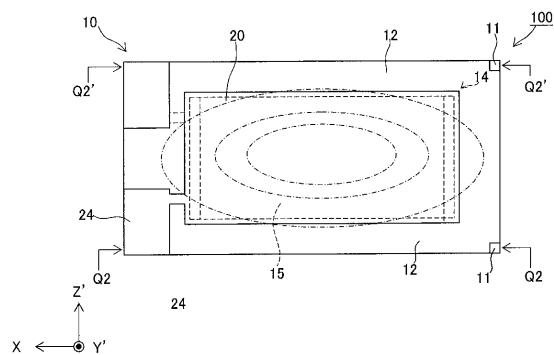
【図1】



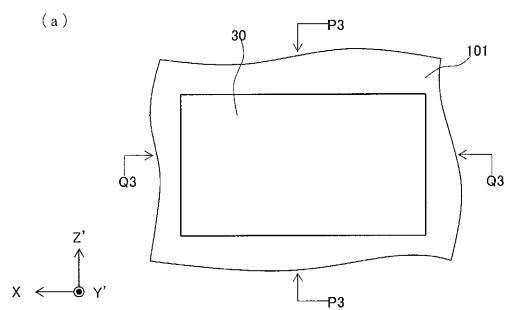
【図2】



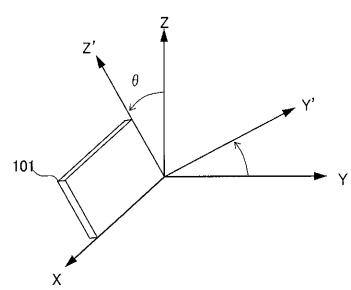
【図3】



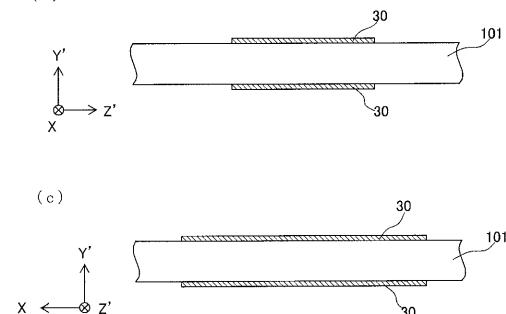
【図5】



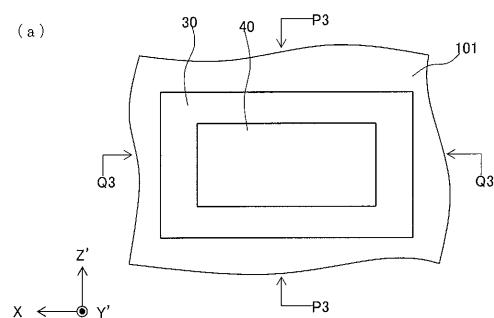
【図4】



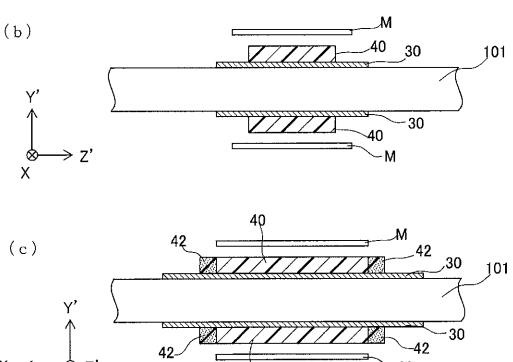
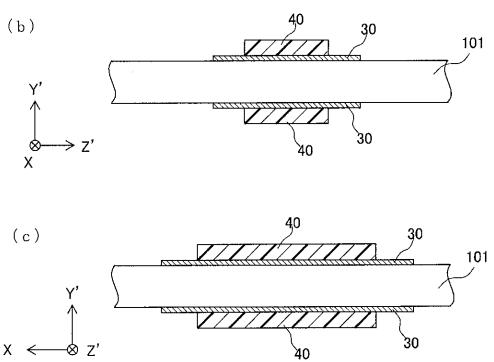
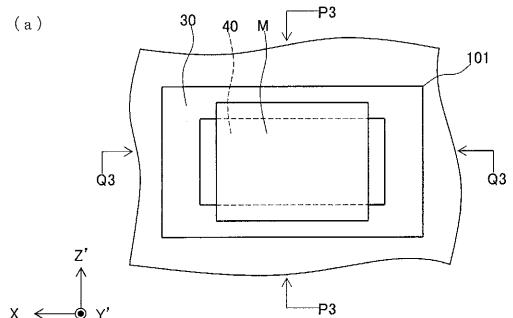
(b)



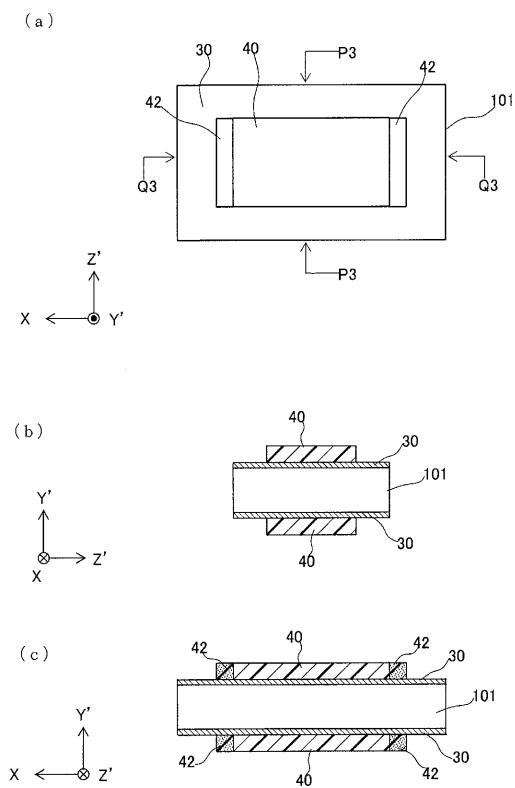
【図6】



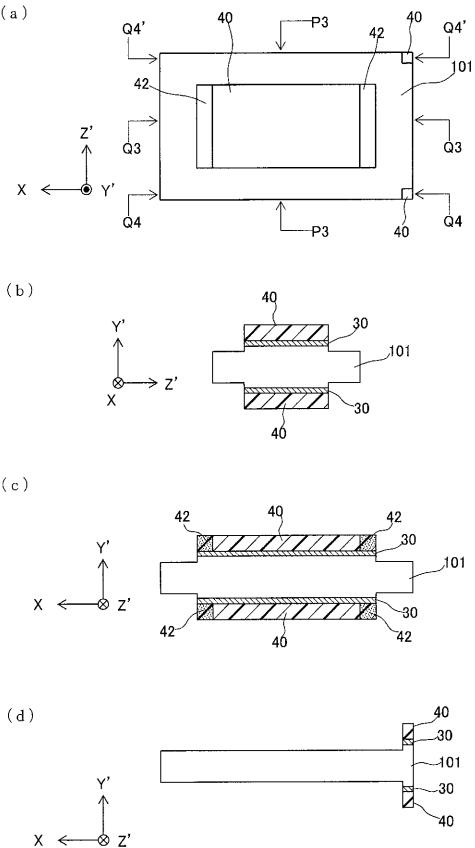
【図7】



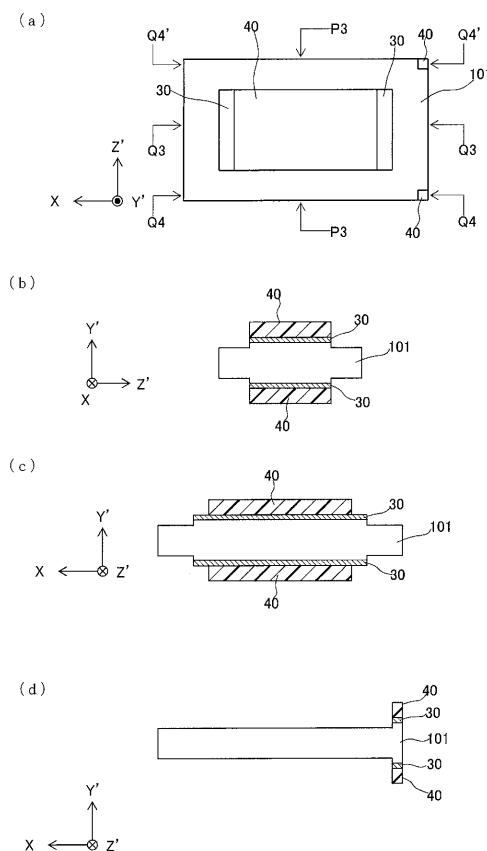
【図8】



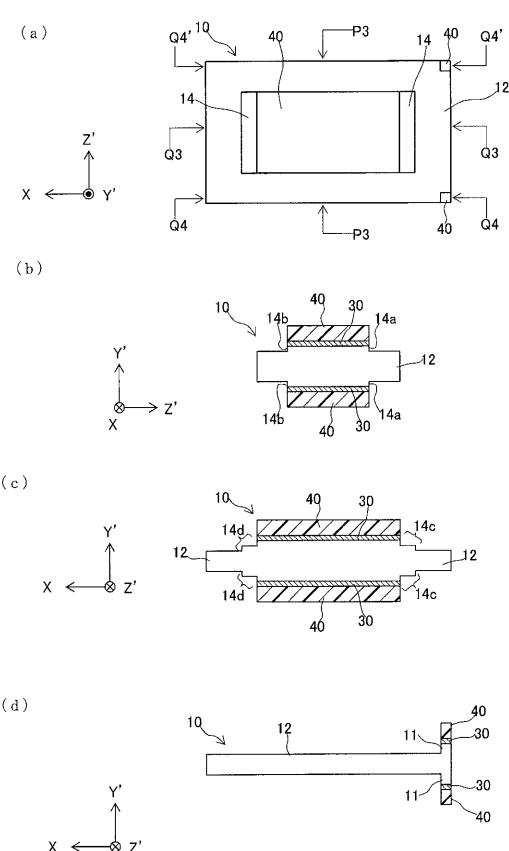
【図9】



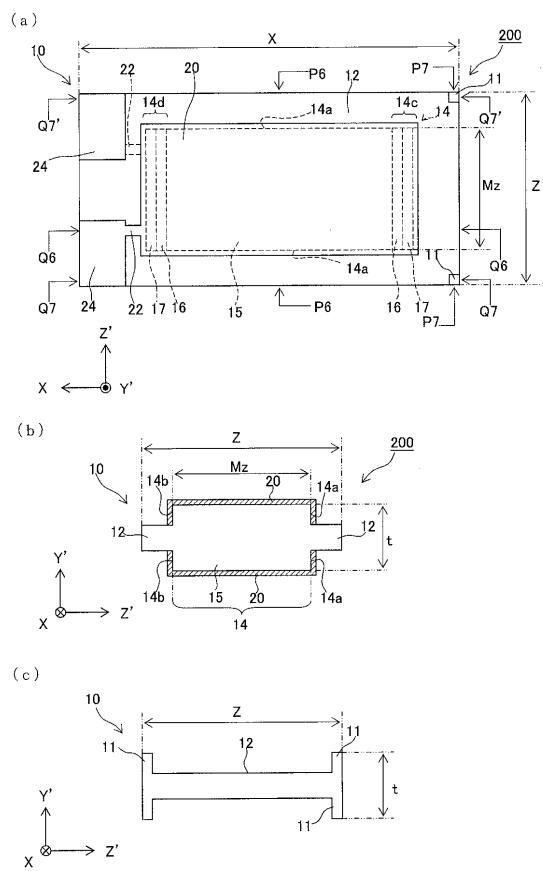
【図10】



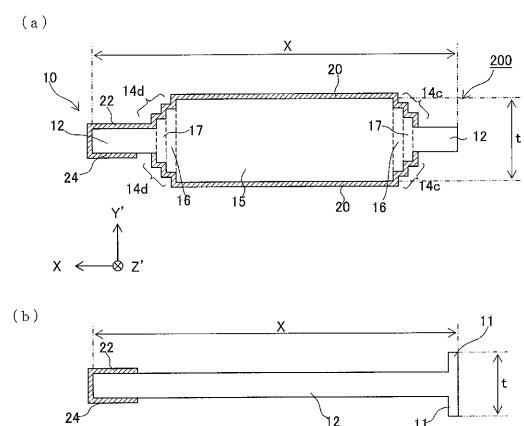
【図11】



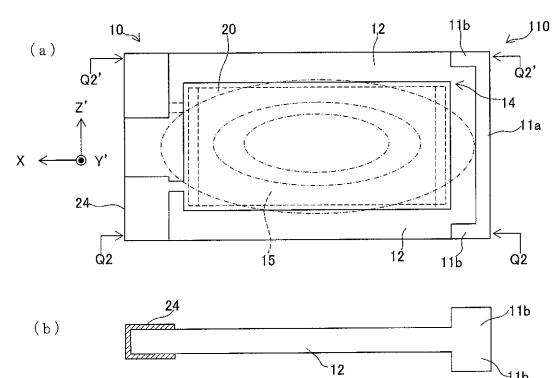
【図12】



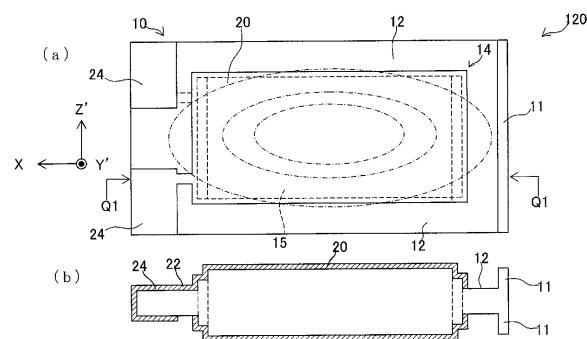
【図13】



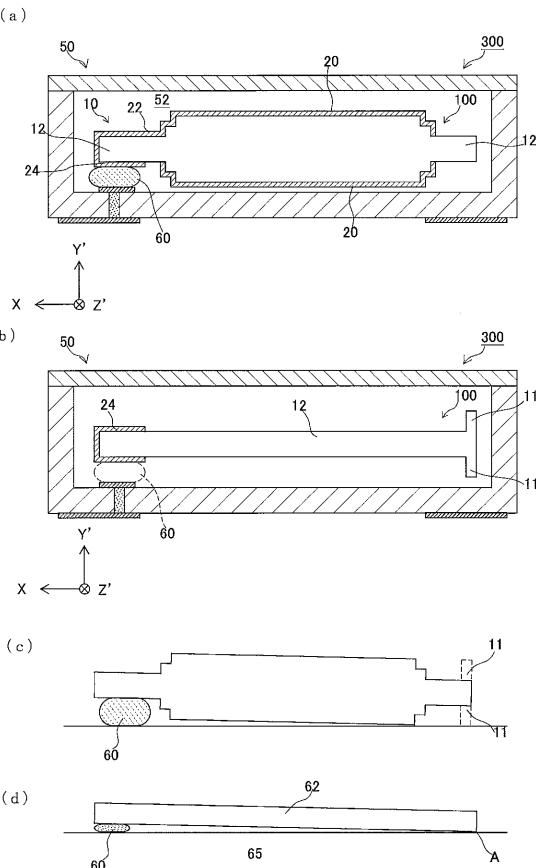
【図14】



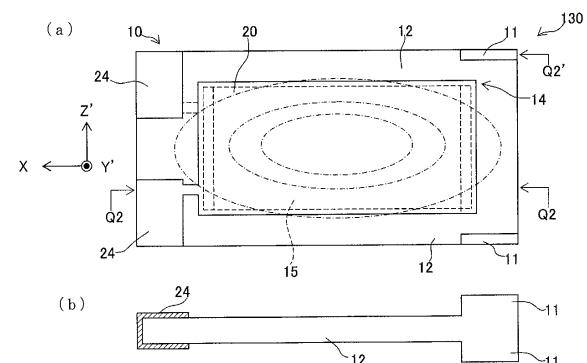
【図15】



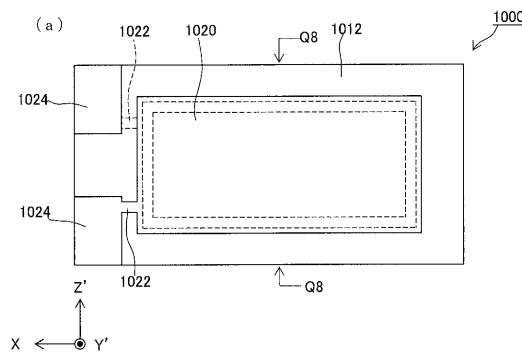
【図17】



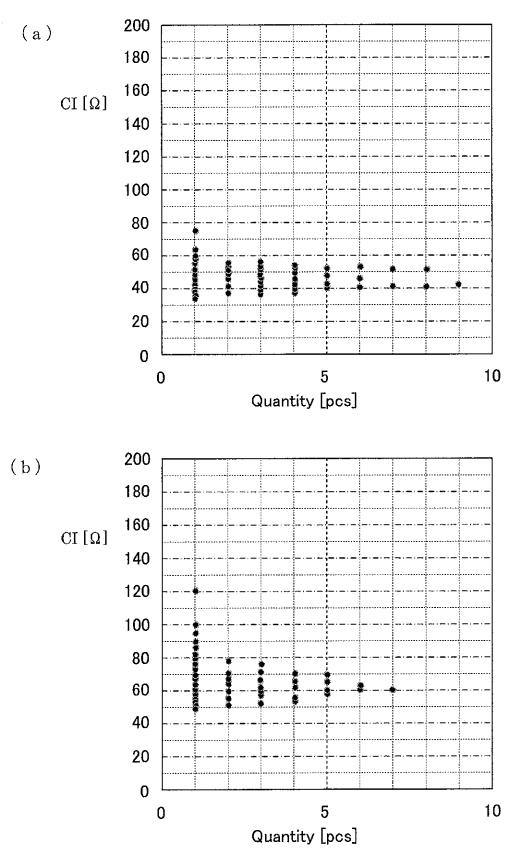
【図16】



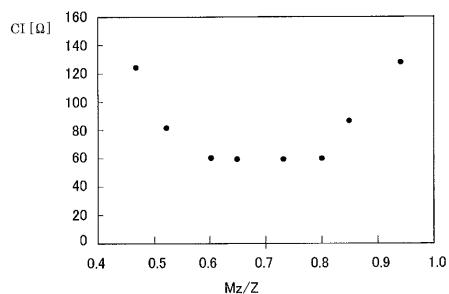
【図18】



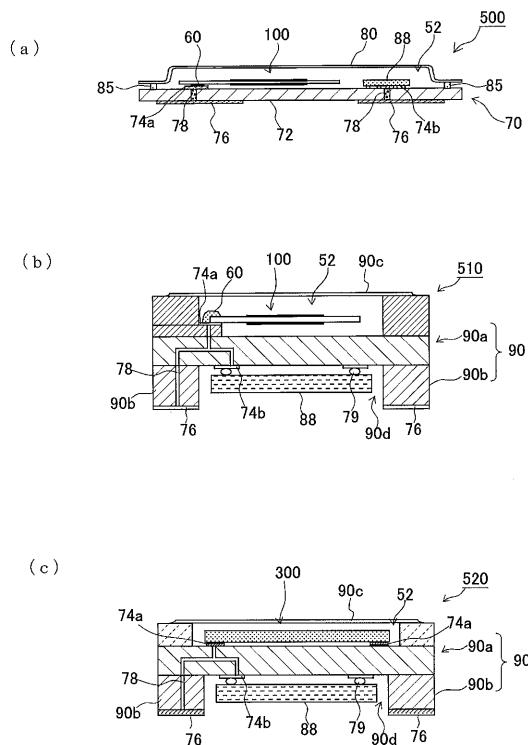
【図19】



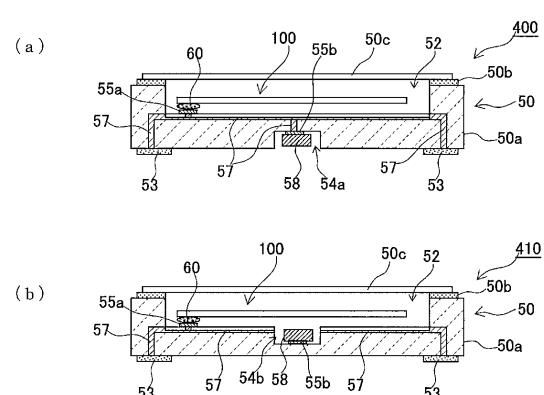
【図20】



【図22】



【図21】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 1 L 41/08

C

(72)発明者 内藤 松太郎

東京都日野市日野421-8 エプソントヨコム株式会社内

審査官 高 橋 徳浩

(56)参考文献 特開2009-130543 (JP, A)

特開2010-114620 (JP, A)

特開2010-062723 (JP, A)

特開2008-263387 (JP, A)

特開2009-130564 (JP, A)

特開2004-200777 (JP, A)

特開2005-268830 (JP, A)

特開2008-011313 (JP, A)

特開2008-218951 (JP, A)

特開2008-306594 (JP, A)

特許第4075893 (JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 3 H 3 / 0 0 7 - H 0 3 H 3 / 1 0

H 0 3 H 9 / 0 0 - H 0 3 H 9 / 7 6

H 0 3 B 5 / 3 0 - H 0 3 B 5 / 4 2

H 0 1 L 4 1 / 0 9

H 0 1 L 4 1 / 1 8