

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6051885号
(P6051885)

(45) 発行日 平成28年12月27日(2016.12.27)

(24) 登録日 平成28年12月9日(2016.12.9)

(51) Int.Cl.	F 1
HO3H 9/19 (2006.01)	HO3H 9/19 E
HO3H 9/10 (2006.01)	HO3H 9/10
HO1L 41/09 (2006.01)	HO1L 41/08 C
HO1L 41/18 (2006.01)	HO1L 41/18 101A
	HO1L 41/08 L

請求項の数 18 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2013-7912 (P2013-7912)
 (22) 出願日 平成25年1月18日 (2013.1.18)
 (65) 公開番号 特開2014-138413 (P2014-138413A)
 (43) 公開日 平成26年7月28日 (2014.7.28)
 審査請求日 平成28年1月15日 (2016.1.15)

(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 小幡 直久
 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 角張 亜希子

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】

X Y Z 直交座標系における X 軸および Z 軸に沿った面と Y 軸に沿った厚みを有し、厚み滑り振動する振動領域を含む第1領域、および前記第1領域と一体化され、前記第1領域よりも厚みが厚い第2領域を含む基板と、

前記振動領域の互いに表裏の関係にある第1正面および第2正面にそれぞれ設けられている励振電極と、
 を含み、

前記第2領域は、

対象物に取り付けられる固定部が配置されている第1厚肉部と、

前記第1厚肉部と接続されている第2厚肉部と、
 を含み、

前記第2厚肉部は、

平面視で、前記固定部側とは反対側の端部に、前記 X 軸および前記 Z 軸に交差している外縁部を含むことを特徴とする振動素子。

【請求項2】

請求項1において、

前記第1領域は、

前記 Z 軸に沿っている一対の第1外縁と、

前記 X 軸に沿っている一対の第2外縁と、

10

20

を含み、

前記第1厚肉部は、前記一对の第1外縁のうちの一方に沿って設けられ、

前記第2厚肉部は、前記一对の第2外縁のうちの少なくとも一方に沿って設けられてい
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、

前記第2厚肉部は、

厚肉部本体と、

前記第2外縁と前記厚肉部本体との間に配置され、前記第2外縁側から前記厚肉部本体
側に向かって厚さが漸増している傾斜部と、

を含み、

前記外縁部は、その全域が前記厚肉部本体に設けられている振動素子。

【請求項4】

請求項1または2において、

前記第2厚肉部は、

厚肉部本体と、

前記第2外縁と前記厚肉部本体との間に配置され、前記第2外縁側から前記厚肉部本体
側に向かって厚さが漸増している傾斜部と、

を含み、

前記外縁部は、前記厚肉部本体と前記傾斜部とに跨って設けられている振動素子。

【請求項5】

請求項1または2において、

前記第2厚肉部は、

厚肉部本体と、

前記第2外縁と前記厚肉部本体との間に配置され、前記第2外縁側から前記厚肉部本体
側に向かって厚さが漸増している傾斜部と、

を含み、

前記外縁部は、前記厚肉部本体、前記傾斜部および前記第1領域に跨って設けられてい
る振動素子。

【請求項6】

請求項1ないし5のいずれか1項において、

前記第2厚肉部において、

前記励振電極の前記X軸方向における範囲と並ぶ領域を第1厚肉領域、

平面視で、前記第1厚肉領域よりも前記固定部と反対側の領域を第2厚肉領域としたと
き、

前記外縁部は、前記第1厚肉領域と前記第2厚肉領域とに跨って設けられている振動素
子。

【請求項7】

請求項1ないし5のいずれか1項において、

前記第2厚肉部において、

前記励振電極の前記X軸方向における範囲と並ぶ領域を第1厚肉領域、

前記第1厚肉領域よりも前記固定部と反対側の領域を第2厚肉領域、

前記第1厚肉領域よりも前記固定部側を第3厚肉領域としたとき、

前記外縁部は、前記第2厚肉領域、前記第1厚肉領域および前記第3厚肉領域に跨って
設けられている振動素子。

【請求項8】

請求項3ないし5のいずれか1項において、

平面視で、

前記第2厚肉部の前記厚肉部本体の前記第2外縁側の端縁と、

前記厚肉部本体の前記第2外縁と反対側の端縁と、

10

20

30

40

50

前記励振電極の前記 X 軸方向における一端と交わり前記 Z 軸に沿った直線と、
前記励振電極の前記 X 軸方向における他端と交わり前記 Z 軸に沿った直線と、
により囲まれる領域の面積を S 1、

前記領域内に位置する前記第 2 厚肉部の面積を S 2 としたとき、

0 . 6 5 S 2 / S 1 0 . 8 5

なる関係を満足する振動素子。

【請求項 9】

請求項 3 ないし 5 のいずれか 1 項において、

平面視で、

前記第 2 厚肉部の前記厚肉部本体の前記第 2 外縁側の端縁と、

10

前記厚肉部本体の前記第 2 外縁と反対側の端縁と、

前記第 1 領域の前記 X 軸方向での一端と交わり前記 Z 軸に沿った直線と、

前記第 1 領域の前記 X 軸方向での他端と交わり前記 Z 軸に沿った直線と、

により囲まれる領域の面積を S 3、

前記領域内に位置する前記第 2 厚肉部の面積を S 4 としたとき、

S 4 / S 3 0 . 7 5

なる関係を満足する振動素子。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項において、

平面視で、前記第 1 領域の面積は、前記基板の面積の 1 / 2 以下である振動素子。

20

【請求項 11】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項において、

前記第 1 厚肉部に接続している前記第 1 外縁と前記第 2 厚肉部に接続している前記第 2 外縁とが、

前記 X 軸および前記 Z 軸に対して交差している第 3 外縁により連結されている振動素子。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項において、

前記励振電極から延出され、前記第 2 領域の前記第 2 外縁に接続されている側壁および前記第 3 外縁に接続されている側壁を経由して、前記第 2 領域の正面に引き出されている引出電極を有している振動素子。

30

【請求項 13】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項において、

前記基板の前記固定部が配置されている正面とは反対側の正面側から、平面視で、前記固定部と前記励振電極との間の領域を介して、前記固定部側の背景を視認することができる振動素子。

【請求項 14】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項において、

前記基板は、水晶の結晶軸である、電気軸としての前記 X 軸、機械軸としての前記 Y 軸、および光学軸としての前記 Z 軸のうち、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、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 X 軸及び前記 Z' 軸を含む面を正面とし、前記 Y' 軸に沿った方向を厚さとする水晶板である振動素子。

40

【請求項 15】

請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 項に記載の振動素子と、

前記振動素子を収容するパッケージと、

を有することを特徴とする振動子。

【請求項 16】

請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 項に記載の振動素子と、

回路と、

50

を備えていることを特徴とする発振器。

【請求項 17】

請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 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 18】

請求項 1 ないし 14 のいずれか 1 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】

10

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】

AT カット水晶振動素子は、励振する主振動の振動モードが厚みすべり振動であり、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、圧電発振器、電子機器等の多方面で使用されている。

特許文献 1 には、薄肉の振動部と、振動部の全周に設けられた厚肉部とを有する逆メサ構造の AT カット水晶振動素子が開示されており、この AT カット水晶振動素子は、前記厚肉部の一端部において接着剤を介してパッケージに固定される。AT カット水晶振動素子が片持ち支持された状態では、AT カット水晶振動素子に対して厚み方向の加速度が加わると、自由端側にある振動部が振動（変形）し、振動特性（周波数特性）が安定しないという問題がある。特に、特許文献 1 に記載されている AT カット水晶振動素子では、振動部の全周囲に厚肉部が形成されているため、先端部の重量が重いため、加速度に対する影響が大きく、その分、周波数のずれ量も大きくなってしまう。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002-198772 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

本発明の目的は、加速度（振動）等の外力による振動特性の変化を低減し、安定した振動特性を発揮することのできる振動素子、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】

【0005】

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、X Y Z 直交座標系における X 軸および Z 軸に沿った面と Y 軸に沿った厚みを有し、厚み滑り振動する振動領域を含む第 1 領域、および前記第 1 領域と一体化され、前記第 1 領域よりも厚みが厚い第 2 領域を含む基板と、

40

前記振動領域の互いに表裏の関係にある第 1 主面および第 2 主面にそれぞれ設けられている励振電極と、

を含み、

前記第 2 領域は、

対象物に取り付けられる固定部が配置されている第 1 厚肉部と、

前記第 1 厚肉部と接続されている第 2 厚肉部と、

を含み、

前記第 2 厚肉部は、

50

平面視で、前記固定部側とは反対側の端部に、前記X軸および前記Z軸に交差している外縁部を含むことを特徴とする。

これにより、先端側（固定部と反対側）の質量が低減され、加速度（振動）等の外力による振動特性の変化を抑制し、安定した振動特性を発揮することのできる振動素子が得られる。

【適用例2】

本発明の振動素子では、前記第1領域は、
前記Z軸に沿っている一対の第1外縁と、
前記X軸に沿っている一対の第2外縁と、
を含み、

前記第1厚肉部は、前記一対の第1外縁のうちの一方に沿って設けられ、
前記第2厚肉部は、前記一対の第2外縁のうちの少なくとも一方に沿って設けられてい
ることが好ましい。

【0006】

【適用例3】
本発明の振動素子では、前記第2厚肉部は、
厚肉部本体と、
前記第2外縁と前記厚肉部本体との間に配置され、前記第2外縁側から前記厚肉部本体
側に向かって厚さが漸増している傾斜部と、
を含み、

前記外縁部は、その全域が前記厚肉部本体に設けられていることが好ましい。
これにより、振動素子の剛性を高く確保しつつ、先端側の質量を低減させることができ
る。

【0007】

【適用例4】
本発明の振動素子では、前記第2厚肉部は、
厚肉部本体と、
前記第2外縁と前記厚肉部本体との間に配置され、前記第2外縁側から前記厚肉部本体
側に向かって厚さが漸増している傾斜部と、
を含み、

前記外縁部は、前記厚肉部本体と前記傾斜部とに跨って設けられていることが好ましい
。これにより、振動素子の剛性を確保しつつ、先端側の質量をより低減させることができ
る。

【0008】

【適用例5】
本発明の振動素子では、前記第2厚肉部は、
厚肉部本体と、
前記第2外縁と前記厚肉部本体との間に配置され、前記第2外縁側から前記厚肉部本体
側に向かって厚さが漸増している傾斜部と、
を含み、

前記外縁部は、前記厚肉部本体、前記傾斜部および前記第1領域に跨って設けられてい
ることが好ましい。

これにより、先端側の質量をより低減させることができる。

【0009】

【適用例6】
本発明の振動素子では、前記第2厚肉部において、
前記励振電極の前記X軸方向における範囲と並ぶ領域を第1厚肉領域、
平面視で、前記第1厚肉領域よりも前記固定部と反対側の領域を第2厚肉領域としたと
き、

10

20

30

40

50

前記外縁部は、前記第1厚肉領域と前記第2厚肉領域とに跨って設けられていることが好ましい。

これにより、振動素子の剛性を確保しつつ、先端側の質量をより低減させることができる。

【0010】

[適用例7]

本発明の振動素子では、前記第2厚肉部において、

前記励振電極の前記X軸方向における範囲と並ぶ領域を第1厚肉領域、

前記第1厚肉領域よりも前記固定部と反対側の領域を第2厚肉領域、

前記第1厚肉領域よりも前記固定部側を第3厚肉領域としたとき、

前記外縁部は、前記第2厚肉領域、前記第1厚肉領域および前記第3厚肉領域に跨って設けられていることが好ましい。

これにより、先端側の質量をより低減させることができる。

【0011】

[適用例8]

本発明の振動素子では、平面視で、

前記第2厚肉部の前記厚肉部本体の前記第2外縁側の端縁と、

前記厚肉部本体の前記第2外縁と反対側の端縁と、

前記励振電極の前記X軸方向における一端と交わり前記Z軸に沿った直線と、

前記励振電極の前記X軸方向における他端と交わり前記Z軸に沿った直線と、

により囲まれる領域の面積をS1、

前記領域内に位置する前記第2厚肉部の面積をS2としたとき、

0.65 S2 / S1 0.85

なる関係を満足することが好ましい。

これにより、振動素子の剛性を確保しつつ、先端側の質量を低減させることができる。

【0012】

[適用例9]

本発明の振動素子では、平面視で、

前記第2厚肉部の前記厚肉部本体の前記第2外縁側の端縁と、

前記厚肉部本体の前記第2外縁と反対側の端縁と、

前記第1領域の前記X軸方向での一端と交わり前記Z軸に沿った直線と、

前記第1領域の前記X軸方向での他端と交わり前記Z軸に沿った直線と、

により囲まれる領域の面積をS3、

前記領域内に位置する前記第2厚肉部の面積をS4としたとき、

S4 / S3 0.75

なる関係を満足することが好ましい。

これにより、端側の質量を十分に低減させることができる。

【0013】

[適用例10]

本発明の振動素子では、平面視で、前記第1領域の面積は、前記基板の面積の1/2以下であることが好ましい。

これにより、振動素子の剛性を十分に確保することができる。

[適用例11]

本発明の振動素子では、前記第1厚肉部に接続している前記第1外縁と前記第2厚肉部に接続している前記第2外縁とが、

前記X軸および前記Z軸に対して交差している第3外縁により連結されていることが好ましい。

これにより、第1厚肉部に接続している第1外縁と、第2厚肉部に接続している第2外縁との境界への応力集中を緩和することができる。

【0014】

10

20

30

40

50

[適用例12]

本発明の振動素子では、前記励振電極から延出され、前記第2領域の前記第2外縁に接続されている側壁および前記第3外縁に接続されている側壁を経由して、前記第2領域の主面に引き出されている引出電極を有していることが好ましい。

これにより、引出電極の幅を広くすることができ、引出電極の直列抵抗が低減される。

【0015】

[適用例13]

本発明の振動素子では、前記基板の前記固定部が配置されている主面とは反対側の主面側から、平面視で、前記固定部と前記励振電極との間の領域を介して、前記固定部側の背景を視認することができることが好ましい。

これにより、固定部に接触させる接着剤の配置、径等を精度よく制御することができる。

【0016】

[適用例14]

本発明の振動素子では、前記基板は、水晶の結晶軸である、電気軸としての前記X軸、機械軸としての前記Y軸、および光学軸としての前記Z軸のうち、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、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X軸及び前記Z'軸を含む面を主面とし、前記Y'軸に沿った方向を厚さとする水晶板であることが好ましい。

これにより、温度特性に優れた振動素子が得られる。

【0017】

[適用例15]

本発明の振動子は、本発明の振動素子と、前記振動素子を収容するパッケージと、を有することを特徴とする。

これにより、信頼性の高い振動子が得られる。

[適用例16]

本発明の発振器は、本発明の振動素子と、回路と、を備えていることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い発振器が得られる。

【0018】

[適用例17]

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、信頼性の高い電子機器が得られる。

[適用例18]

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、信頼性の高い移動体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる振動素子の斜視図である。

【図2】図1に示す振動素子の平面図である。

【図3】A-Tカット水晶基板と水晶の結晶軸との関係を説明する図である。

【図4】図1に示す振動素子を対象物に固定した状態を示す側面図である。

【図5】図1に示す振動素子の変形例を示す平面図である。

【図6】図1に示す振動素子の変形例を示す平面図である。

【図7】図1に示す振動素子の平面図である。

【図8】図1に示す振動素子の平面図である。

【図9】図1に示す振動素子の変形例を示す斜視図である。

【図10】図1に示す振動素子の加速感度を示すグラフである。

【図11】本発明の第2実施形態にかかる振動素子の平面図である。

【図12】本発明の第3実施形態にかかる振動素子の平面図である。

【図13】本発明の第4実施形態にかかる振動素子の平面図である。

【図14】本発明の第5実施形態にかかる振動素子の平面図である。

【図15】図14に示す振動素子の変形例を示す平面図である。

【図16】本発明の第6実施形態にかかる振動素子の斜視図である。

【図17】本発明の振動子の好適な実施形態を示す断面図である。

【図18】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19】本発明の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。 10

【図20】本発明の電子機器を適用した携帯電話機（P H Sも含む）の構成を示す斜視図である。

【図21】本発明の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22】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。

【図23】本発明の振動素子と発振周波数との関係を示す平面図である。

【図24】本発明の振動素子と発振周波数との関係を示す平面図である。

【図25】本発明の振動素子と発振周波数との関係を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】 20

【0020】

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。

1. 振動素子

まず、本発明の振動素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素子の斜視図、図2は、図1に示す振動素子の平面図、図3は、A Tカット水晶基板と水晶の結晶軸との関係を説明する図、図4は、図1に示す振動素子を対象物に固定した状態を示す側面図、図5および図6は、それぞれ、図1に示す振動素子の変形例を示す平面図、図7および図8は、それぞれ、図1に示す振動素子の平面図、図9は、図1に示す振動素子の変形例を示す斜視図、図10は、図1に示す振動素子の加速感度を示すグラフである。なお、以下では、説明の便宜上、図2中の右側を先端、左側を基端とも言う。 30

図1および図2に示すように、振動素子1は、圧電基板（基板）2と、圧電基板2上に形成された電極3とを有している。

【0021】

（圧電基板）

圧電基板2は、板状の水晶基板である。ここで、圧電基板2の材料である水晶は、三方晶系に属しており、図3に示すように互いに直交する結晶軸X、Y、Zを有している。X軸、Y軸、Z軸は、それぞれ、電気軸、機械軸、光学軸と呼称される。本実施形態の圧電基板2は、X Z面をX軸の回りに所定の角度回転させた平面に沿って切り出された「回転Yカット水晶基板」であり、たとえば $= 35^{\circ} 15'$ だけ回転させた平面に沿って切り出された場合の基板は「A Tカット水晶基板」という。このような水晶基板を用いることにより優れた温度特性を有する振動素子1となる。ただし、圧電基板2としては、厚みすべり振動を励振することができれば、A Tカットの圧電基板に限定されず、例えば、B Tカットの圧電基板を用いてもよい。 40

なお、以下では、角度に対応してX軸まわりに回転したY軸およびZ軸を、Y'軸およびZ'軸とする。すなわち、圧電基板2は、Y'軸方向に厚みを有し、X Z'面方向に広がりを有する。

【0022】

10

20

30

40

50

圧電基板2は、平面視にて、X軸に沿った方向を長辺とし、Z'軸に沿った方向を短辺とする略長手形状をなしている。また、圧電基板2は、-X軸方向を先端側とし、+X軸方向を基端側としている。圧電基板2のX軸に沿った方向の最大長さLとし、Z'軸に沿った方向の最大幅をWとしたとき、L/Wとしては、特に限定されないが、例えば、1.1~1.4程度とすることが好ましい。

【0023】

図1および図2に示すように、圧電基板2は、薄肉の振動領域(振動エネルギーが閉じ込められる領域)219を含む振動部(第1領域)21と、振動部21と一体化され、振動領域219よりも厚みが厚い厚肉部(第2領域)22とを有している。振動部21は、例えば、水晶基板の+Y'軸側の主面にウエットエッティングによって凹陥部を形成することにより形成することができる。

10

【0024】

振動部21は、圧電基板2の中央に対して、-X軸方向側および-Z'軸方向側に片寄つており、その外縁の一部が厚肉部22から露出している。ここで、振動素子1の平面視にて、振動部21の面積は、圧電基板2の面積の1/2以下であるのが好ましい。これにより、振動部21よりも厚肉で、機械的強度が高い厚肉部22を十分広く形成することができるため、振動素子1(振動部21)の剛性を十分に確保することができる。そのため、Y'軸方向の加速度(振動、衝撃)に起因した圧電基板2の厚さ方向の撓みを効果的に低減することができ、Y'軸方向の加速度に対する感度を鈍くすることができる。また、不要振動モードの発生等を効果的に低減することができる。

20

【0025】

振動部21は、振動素子1の平面視にて、X軸方向(厚み滑り振動の振動方向)に離間し、Z'軸方向(X軸方向と交差する方向)に延在する一対の第1外縁211、212と、Z'軸方向に離間し、X軸方向に延在する一対の第2外縁213、214とを有している。第1外縁211、212のうち、第1外縁211が-X軸側に位置し、第1外縁212が+X軸側に位置している。また、第2外縁213、214のうち、第2外縁213が+Z'軸側に位置し、第2外縁214が-Z'軸側に位置している。

【0026】

また、振動部21は、さらに、第1外縁212の+Z'軸側の端と、第2外縁213の+X軸側の端とを連結する第3外縁215を有している。第3外縁215は、X軸およびZ'軸の両軸に対して交差して設けられている。第3外縁215のX軸に対する傾斜角としては、特に限定されないが、30°以上、65°以下程度であるのが好ましい。このような第3外縁215を設けることによって、例えば、第1厚肉部23の厚肉部本体232のパッド電極33を固定部として、パッケージ等の基板へ実装した場合の生じる実装に起因した応力に関して、第1外縁212と第2外縁213との境界部付近への応力集中を緩和することができるので、応力に起因して振動部21に生じる歪を低減できる。そのため、振動素子1の振動特性を向上させることができる。

30

また、振動部21は、さらに、第1外縁211の+Z'軸側の端と、第2外縁213の-X軸側の端とを連結する第4外縁216を有している。第4外縁216は、後述する外縁部243の一部で構成されている。

40

【0027】

図1に示すように、厚肉部22の表面(+Y'軸方向側の主面)は、振動部21の表面(+Y'軸方向側の主面)よりも+Y'軸方向側へ突出して設けられている。一方、厚肉部22の裏面(-Y'軸方向側の主面)は、振動部21の裏面(-Y'軸方向側の主面)と同一平面上に設けられている。

【0028】

厚肉部22は、第1外縁212に沿って配置された第1厚肉部23と、第2外縁213および第3外縁215に沿って配置され、第1厚肉部23に接続された第2厚肉部24とを有している。そのため、厚肉部22は、平面視で、振動部21に沿って曲がった構造を備え、略L字状をなしている。一方、振動部21の第1外縁211、第2外縁214およ

50

び第4外縁216には、厚肉部22が形成されておらず、これら外縁211、214、216は、厚肉部22から露出している。このように、厚肉部22を振動部21の外縁に部分的に設けて略L字とし、第1外縁211、第2外縁214および第4外縁216に沿つて設けないことによって、振動素子1(振動部21)の剛性を保ちつつ、振動素子1の先端側の質量を低減することができる。また、振動素子1の小型化を図ることができる。

【0029】

ここで、第1厚肉部23を振動部21に対して+X軸側に設けることによって、-X軸側に設けた場合と比較して、後述する傾斜部231の幅(X軸方向の長さ)を短くすることができる。同様に、第2厚肉部24を振動部21に対して+Z'軸側に設けることによつて、-Z'軸側に設けた場合と比較して、後述する傾斜部241の幅(Z'軸方向の長さ)を短くすることができる。そのため、このような厚肉部22によれば、振動素子1の小型化を図ることができる。

10

【0030】

第1厚肉部23は、第1外縁212に連設され、+X軸方向に向けて厚みが漸増する傾斜部(残渣部)231と、傾斜部231の+X軸方向側の端縁に連接する厚みがほぼ一定の厚肉部本体232とを備えている。同様に、第2厚肉部24は、第2外縁213および第3外縁215に連設され、+Z'軸方向に向けて厚みが漸増する傾斜部(残渣部)241と、傾斜部241の+Z'軸方向側の端縁に連接する厚みがほぼ一定の厚肉部本体242とを備えている。また、第2厚肉部24は、その先端部に、振動素子1の平面視にてX軸およびZ'軸の両軸に対して交差する方向に延在する外縁部243を有している。外縁部243は、圧電基板2の-X軸側かつ+Z'軸側に位置する角部を切り欠くように設けられている。外縁部243は、厚肉部本体242、傾斜部241および振動部21に跨つて形成されている。そのため、外縁部243は、その先端側の端243aが振動部21に位置し、前述したように、その一部が第4外縁216を構成している。このような外縁部243を有することによつて、後述するように、Y'軸方向の加速度(振動、衝撃)に対する感度の鈍い、すなわちY'軸方向の加速度の影響を受け難い振動素子1を得ることができる。

20

【0031】

また、第1厚肉部23の厚肉部本体232の表面、すなわち、振動素子1の基端側には、マウント部(固定部)29が設けられている。図4に示すように、振動素子1は、このマウント部29にて、接着剤91を用いて対象物92に固定される。なお、マウント部29の位置としては、特に限定されず、例えば、厚肉部本体232の裏面に設けられていてもよい。

30

【0032】

(電極)

電極3は、一对の励振電極31、32と、一对のパッド電極33、34と、一对の引出電極35、36とを有している。励振電極31は、振動領域219の表面に形成されている。一方、励振電極32は、振動領域219の裏面に、励振電極31と対向して配置されている。励振電極31、32は、それぞれ、X軸方向を長手とし、Z'軸方向を短手とする略矩形である。また、裏面側の励振電極32の面積は、表面側の励振電極31よりも大きく、振動素子1の平面視にて、励振電極32内に、励振電極31の全域が位置している。また、励振電極31、32は、振動素子1の平面視にて、X軸方向の中心同士が重なるように配置されている。

40

【0033】

パッド電極33は、厚肉部本体232の表面のマウント部29に形成されている。一方、パッド電極34は、厚肉部本体232の裏面に、パッド電極33と対向して形成されている。

励振電極31からは、引出電極35が延出してあり、この引出電極35を介して励振電極31とパッド電極33とが電気的に接続されている。引出電極35は、傾斜部241の第2外縁213と接続している面と241a、第3外縁215と接続している面241b

50

とに跨りつつ、これら面 241a、241b を経由して厚肉部 22 の表面に引き出されている。これにより、引出電極 35 の幅を広くすることができるため、引出電極 35 の抵抗を低減することができる。

【0034】

また、励振電極 32 からは、引出電極 36 が延出してあり、この引出電極 36 を介して励振電極 31 とパッド電極 34 とが電気的に接続されている。引出電極 36 は、平面視で圧電基板 2 を介して引出電極 35 と重ならないように設けられている。これにより、引出電極 35、36 間の静電容量を抑えることができる。また、振動素子 1 の平面視にて、引出電極 35、36 は、必要以上にマウント部 29 内に侵入しておらず、マウント部 29 内（特に縁部）には、電極 3 が形成されていない領域 T1 が存在している。本実施形態では、平面視でパッド電極 33、34 を間に挟んで先端側と基端側とに領域 T1 が存在している。圧電基板 2 を構成する水晶基板は、光透過性を有しているため、上記のような構成とすることにより、振動素子 1 の裏面側から、マウント部 29 越しの背景（振動素子 1 の向こう側の景色）を視認することができる。そのため、図 4 に示すように、マウント部 29 に接着剤 91 を接触させると、振動素子 1 越しに接着剤 91 を視認することができ、接着剤 91 の位置決め、接着剤 91 との接触面積、接着剤 91 の形状等を精度よく制御することができる。

このような電極 3 は、例えば、Cr（クロム）、Ni（ニッケル）等の下地層に、Au（金）やAu（金）を主成分とする合金を積層した金属被膜で構成することができる。

【0035】

以上、振動素子 1 について説明した。前述したように、振動素子 1 が第 2 厚肉部 24 を有し、かつ、その第 2 厚肉部 24 が外縁部 243 を有することによって、振動素子 1 の先端側の剛性を保ちつつ、先端側の質量を小さくすることができる。そのため、図 4 に示すように、マウント部 29 において接着剤を介して対象物に固定されている状態で、振動素子 1 に Y' 軸方向の角速度が加わった際の振動素子 1 の先端側（自由端側）の撓み量を小さくすることができる。その結果、Y' 軸方向の加速度に起因する振動特性の変化を小さく抑えることができ、振動素子 1 の Y' 軸方向の加速度に対する感度を鈍くすることができる。したがって、振動素子 1 は、Y' 軸方向の加速度が加わっているか否かにかかわらず、安定した振動特性を発揮することができる。特に、本実施形態のように、外縁部 243 を厚肉部本体 242、傾斜部 241 および振動部 21 に跨って形成することにより、振動素子 1 の先端側（自由端側）の質量をより小さくすることができ、上記効果がより顕著となる。

【0036】

ここで、図 2 に示すように、振動素子 1 の平面視にて、第 2 厚肉部 24 の励振電極 31 と X 軸方向において重なる領域を中央領域（第 1 厚肉部領域）T21 とし、中央領域 T21 よりも先端側の領域を先端側領域（第 2 厚肉部領域）T22 とし、中央領域 T21 よりも基端側の領域を基端側領域（第 3 厚肉部領域）T23 としたとき、外縁部 243 は、先端側領域 T22 と中央領域 T21 とに跨って形成されている。言い換えると、外縁部 243 の基端側の端 243b が中央領域 T21 に位置している。これにより、第 2 厚肉部 24 の先端側の部分を適度に残すことができ、振動素子 1（振動部 21）の剛性の確保と、先端側の質量の低下とを、バランスよく実現することができる。そのため、振動素子 1 の Y' 軸方向の加速度に対する感度をより効果的に鈍くすることができる。また、不要振動モードの発生をより効果的に抑制することができる。

【0037】

本実施形態の変形例として、図 5 に示すように、外縁部 243 は、その全域が先端側領域 T22 に形成されていてもよい。言い換えると、外縁部 243 の基端側の端 243b が先端側領域 T22 に位置していてもよい。これにより、本実施形態に対して、先端側の質量低下効果が劣るが、剛性確保効果が高まる。また、図 6 に示すように、外縁部 243 は、先端側領域 T22、中央領域 T21 および基端側領域 T23 に跨って形成されていてもよい。言い換えると、外縁部 243 の基端側の端 243b が基端側領域 T23 に位置して

10

20

30

40

50

いてもよい。これにより、本実施形態に対して、剛性確保効果が劣るが、先端側の質量低下効果が向上する。これらの他、端 2 4 3 b が、中央領域 T 2 1 と先端側領域 T 2 2 との境界に位置していてもよいし、中央領域 T 2 1 と基端側領域 T 2 3 との境界に位置していてもよい。

【 0 0 3 8 】

本実施形態、図 5 に示す形態、図 6 に示す形態の選択は、例えば、振動部 2 1 の大きさ（圧電基板 2 に対する振動部 2 1 が占める割合）、形状、第 2 厚肉部 2 4 の幅、厚み等に応じて、適宜選択することができる。

また、図 7 に示すように、振動素子 1 の平面視にて、厚肉部本体 2 4 2 の - Z' 軸側の端縁 2 4 2 a と一致する直線 L 1 、 + Z' 軸側の端縁 2 4 2 b と一致する直線 L 2 、励振電極 3 1 の - X 軸側の端と交わり Z' 軸方向に延在する直線 L 3 、および、励振電極 3 1 の + X 軸側の端と交わり Z' 軸方向に延在する直線 L 4 により囲まれる領域 T 3 の面積を S 1 とし、領域 T 3 内に位置する厚肉部本体 2 4 2 の面積を S 2 としたとき、 0 . 6 5 S 2 / S 1 0 . 8 5 なる関係を満足するのが好ましく、 0 . 7 4 S 2 / S 1 0 . 7 9 なる関係を満足するのがより好ましい。これにより、第 2 厚肉部 2 4 を振動素子 1 の先端側へ適度に残すことができ、振動素子 1 (振動部 2 1) の剛性の確保と、先端側の質量の低下とを、バランスよく実現することができる。

【 0 0 3 9 】

また、図 8 に示すように、振動素子 1 の平面視にて、直線 L 1 、 L 2 、振動部 2 1 の - X 軸方向の端と交わり Z' 軸方向に延在する直線（第 1 外縁 2 1 1 の延長線） L 5 、および、振動部 2 1 の + X 軸方向の端と交わり Z' 軸方向に延在する直線（第 1 外縁 2 1 2 の延長線） L 6 により囲まれる領域 T 4 の面積を S 3 とし、領域 T 4 内に位置する厚肉部本体 2 4 2 の面積を S 4 としたとき、 S 4 / S 3 0 . 7 5 なる関係を満足するのが好ましく、 S 4 / S 3 0 . 6 9 なる関係を満足するのがより好ましい。これにより、振動素子 1 の先端側の質量を効果的に小さくすることができる。

【 0 0 4 0 】

以上、振動素子 1 について説明した。本実施形態の振動素子 1 では、圧電基板 2 の + Y' 軸側に凹陷部を形成することによって振動部 2 1 を形成し、さらに、厚肉部 2 2 が振動部 2 1 に対して + X 軸側に位置する第 1 厚肉部 2 3 と、 + Z' 軸側に位置する第 2 厚肉部 2 4 とにより構成されているが、振動素子 1 としては、これをひっくり返したような構成であってもよい。すなわち、図 9 に示すように、圧電基板 2 の - Y' 軸側に凹陷部を形成することによって振動部 2 1 を形成し、さらに、厚肉部 2 2 が振動部 2 1 に対して + X 軸側に位置する第 1 厚肉部 2 3 と、 - Z' 軸側に位置する第 2 厚肉部 2 4 とにより構成されてもよい。このような構成によっても、本実施形態と同様の効果（特に傾斜部 2 3 1 、 2 4 1 の幅を狭くすることができる効果）を発揮することができる。

本実施形態の振動素子 1 について、 2 つのサンプルを用いて加速度感度（ 1 / g × 1 0 - 9 ）を測定した。その結果を表 1 および図 10 に示す。なお、測定中に振動素子に与えた振動の周波数を「加振 f (H z) 」としている。

【 0 0 4 1 】

【表1】

表1

加振f[Hz]	加速度感度[1/g×10 ⁻⁹]			
	従来		本発明(振動子1)	
	サンプル1	サンプル2	サンプル1	サンプル2
10	5.39	4.94	1.16	0.96
20	5.22	5.05	1.07	1.16
40	4.78	4.97	—	—
50	—	—	1.18	1.00
60	4.94	4.98	—	—
90	4.97	5.10	—	—
100	—	—	1.09	1.05
120	5.16	5.26	—	—
150	—	—	1.17	1.04
160	5.23	5.28	—	—
200	—	—	1.09	1.11
210	5.11	5.30	—	—

【0042】

表1および図10から、振動素子1(本発明)は、従来型の振動素子と比較して加速度感度が著しく鈍いことが分かる。

【0043】

<第2実施形態>

次に、本発明の振動素子の第2実施形態について説明する。

図11は、本発明の第2実施形態にかかる振動素子の平面図である。

以下、第2実施形態の振動素子について、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素子は、外縁部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。

【0044】

図11に示すように、本実施形態の振動素子1Aでは、外縁部243が、厚肉部本体242および傾斜部241に跨って形成されている。言い換えると、外縁部243の先端側の端243aが傾斜部241に位置している。これにより、前述した第1実施形態に対して、先端側の質量低下効果は低下するが、剛性確保効果が向上する。

また、面積S1、S2が、0.65 S2 / S1 0.85なる関係を満足するのが好ましく、0.79 S2 / S1 0.85なる関係を満足するのが好ましい。これにより、第2厚肉部24を振動素子1Aの先端側へ適度に残すことができ、振動素子1Aの剛性の確保と、先端側の質量の低下とを、バランスよく実現することができる。

【0045】

また、面積S3、S4が、S4 / S3 0.75なる関係を満足するのが好ましく、S4 / S3 0.72なる関係を満足するのがより好ましい。これにより、振動素子1Aの先端側の質量を効果的に小さくすることができる。

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発揮することができる。なお、本実施形態においても、図5および図6に示すように、外縁部243

10

20

30

40

50

の基端側の端 243b が先端側領域 T22 に位置していてもよいし、基端側領域 T23 に位置していてもよい。

【0046】

<第3実施形態>

次に、本発明の振動素子の第3実施形態について説明する。

図12は、本発明の第3実施形態にかかる振動素子の平面図である。

以下、第3実施形態の振動素子について、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3実施形態にかかる振動素子は、外縁部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。

【0047】

図12に示すように、本実施形態の振動素子1Bでは、外縁部243の全域が、厚肉部本体242に形成されている。言い換えると、外縁部243の先端側の端243aが厚肉部本体242に位置している。これにより、前述した第1実施形態および第2実施形態に対して、先端側の質量低下効果は低下するが、剛性確保効果が向上する。

また、面積S1、S2が、 $0.65 \leq S2/S1 \leq 0.85$ なる関係を満足するのが好ましく、 $0.68 \leq S2/S1 \leq 0.69$ なる関係を満足するのがより好ましい。これにより、第2厚肉部24を振動素子1Bの先端側へ適度に残すことができ、振動素子1Bの剛性の確保と、先端側の質量の低下とを、バランスよく実現することができる。

【0048】

また、面積S3、S4が、 $S4/S3 \leq 0.75$ なる関係を満足するのが好ましく、 $S4/S3 \leq 0.66$ なる関係を満足するのがより好ましい。これにより、振動素子1Bの先端側の質量を効果的に小さくすることができる。

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発揮することができる。なお、本実施形態においても、図5および図6に示すように、外縁部243の基端側の端243bが先端側領域T22に位置していてもよいし、基端側領域T23に位置していてもよい。

【0049】

<第4実施形態>

次に、本発明の振動素子の第4実施形態について説明する。

図13は、本発明の第4実施形態にかかる振動素子の平面図である。

以下、第4実施形態の振動素子について、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素子は、外縁部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。

【0050】

図13に示すように、本実施形態の振動素子1Cでは、外縁部243が外側へ突出するよう湾曲している。これにより、外縁部243の両端243a、243b付近への応力の集中を緩和することができる。なお、外縁部243は、その全域が湾曲していなくてもよく、その一部のみが湾曲していてもよい。

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発揮することができる。

【0051】

<第5実施形態>

次に、本発明の振動素子の第5実施形態について説明する。

図14は、本発明の第5実施形態にかかる振動素子の平面図、図15は、図14に示す振動素子の変形例を示す平面図である。

以下、第5実施形態の振動素子について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説

10

20

30

40

50

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素子は、厚肉部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。

【0052】

図14に示すように、本実施形態の振動素子1Dでは、振動部21をZ'軸方向に間に挟むようにして一对の第2厚肉部24が形成されている。各第2厚肉部24は、前述した第1実施形態と同様の構成であるため、その説明を省略する。このように、一对の第2厚肉部を設けることによって、振動素子1Dの剛性をより高めることができ、振動部21をより撓み難くすることができる。なお、本実施形態では、第2厚肉部24が一对設けられているため、例えば、各第2厚肉部24の幅（Z'軸方向の長さ）を前述した第1実施形態と比較して小さくしてもよい。

10

【0053】

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発揮することができる。

なお、図15に示すように、各第2厚肉部24が有する外縁部243は、外側へ突出するように湾曲していてもよい。これにより、各外縁部243の両端243a、243b付近への応力の集中を緩和することができる。

【0054】

<第6実施形態>

20

次に、本発明の振動素子の第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素子の斜視図である。

以下、第6実施形態の振動素子について、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素子は、振動部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。

【0055】

図16に示すように、本実施形態の振動素子1Eでは、圧電基板2の両主面に凹陥部を形成することによって、振動部21が形成されている。言い換えると、厚肉部22の表面（-Y'軸方向側の主面）は、振動部21の表面（+Y'軸方向側の主面）よりも+Y'軸方向側へ突出して設けられており、厚肉部22の裏面（-Y'軸方向側の主面）は、振動部21の裏面（-Y'軸方向側の主面）よりも-Y'軸方向側へ突出して設けられている。このように、圧電基板2の両主面に凹陥部を形成して振動部21を形成することによって、例えば、前述した第1実施形態と比較して、凹陥部のエッティング深さを浅くすることができる。そのため、エッティングをより精度よく行うことができ、圧電基板2の外形形状をより高精度に得ることができる。

30

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発揮することができる。

【0056】

40

2. 振動子

次に、前述した振動素子1を適用した振動子（本発明の振動子）について説明する。

図17は、本発明の振動子の好適な実施形態を示す断面図である。

図17に示す振動子10は、前述した振動素子1と、振動素子1を収容するパッケージ4とを有している。

【0057】

（パッケージ）

パッケージ4は、上面に開放する凹部411を有する箱状のベース41と、凹部411の開口を塞いでベース41に接合された板状のリッド42とを有している。そして、凹部411がリッド42によって塞がれることにより形成された収納空間Sに振動素子1が収

50

納されている。収納空間 S は、減圧（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。

【 0 0 5 8 】

ベース 4 1 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 4 2 の構成材料としては、特に限定されないが、ベース 4 1 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 4 1 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 4 1 とリッド 4 2 の接合は、特に限定されず、例えば、接着剤を介して接合してもよいし、シーム溶接等により接合してもよい。

【 0 0 5 9 】

ベース 4 1 の凹部 4 1 1 の底面には、接続電極 4 5 1、4 6 1 が形成されている。また、ベース 4 1 の下面には、外部実装端子 4 5 2、4 6 2 が形成されている。接続電極 4 5 1 は、ベース 4 1 に形成された図示しない貫通電極を介して外部実装端子 4 5 2 と電気的に接続されており、接続電極 4 6 1 は、ベース 4 1 に形成された図示しない貫通電極を介して外部実装端子 4 6 2 と電気的に接続されている。

【 0 0 6 0 】

接続電極 4 5 1、4 6 1、外部実装端子 4 5 2、4 6 2 の構成としては、それぞれ、導電性を有していれば、特に限定されないが、例えば、Cr（クロム）、W（タンゲステン）などのメタライズ層（下地層）に、Ni（ニッケル）、Au（金）、Ag（銀）、Cu（銅）などの各被膜を積層した金属被膜で構成することができる。

収納空間 S 内に収容されている振動素子 1 は、表面をベース 4 1 側に向けて、マウント部 2 9 において、導電性接着剤 5 1 によってベース 4 1 に固定されている。導電性接着剤 5 1 は、接続電極 4 5 1 とパッド電極 3 3 とに接触して設けられている。これにより、導電性接着剤 5 1 を介して接続電極 4 5 1 とパッド電極 3 3 とが電気的に接続される。導電性接着剤 5 1 を用いて振動素子 1 を一ヵ所（一点）で支持することによって、例えば、ベース 4 1 と圧電基板 2 の熱膨張率の差によって振動素子 1 に発生する応力を抑えることができる。

【 0 0 6 1 】

導電性接着剤 5 1 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、シリコーン系、エポキシ系、アクリル系、ポリイミド系、ビスマレイミド系等の接着剤に導電性フィラーを分散させたものを用いることができる。

振動素子 1 のパッド電極 3 4 は、ボンディングワイヤー 5 2 を介して接続電極 4 6 1 に電気的に接続されている。前述したように、パッド電極 3 4 は、パッド電極 3 3 と対向して配置されているため、振動素子 1 がベース 4 1 に固定されている状態では、導電性接着剤 5 1 の直上に位置している。そのため、ワイヤーボンディング時にパッド電極 3 4 に与える振動（超音波振動）の漏れを抑制することができ、パッド電極 3 4 へのボンディングワイヤー 5 2 の接続をより確実に行うことができる。

【 0 0 6 2 】

3. 発振器

次に、本発明の振動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 1 8 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 1 8 に示す発振器 1 0 0 は、振動子 1 0 と、振動素子 1 を駆動するための I C チップ 1 1 0 とを有している。以下、発振器 1 0 0 について、前述した振動子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【 0 0 6 3 】

図 1 8 に示すように、発振器 1 0 0 では、ベース 4 1 の凹部 4 1 1 に I C チップ 1 1 0 が固定されている。I C チップ 1 1 0 は、凹部 4 1 1 の底面に形成された複数の内部端子 1 2 0 と電気的に接続されている。複数の内部端子 1 2 0 には、接続電極 4 5 1、4 6 1 と接続されているものと、外部実装端子 4 5 2、4 6 2 と接続されているものがある。I C チップ 1 1 0 は、振動素子 1 の駆動を制御するための発振回路を有している。I C チップ 1 1 0 は、振動素子 1 の駆動を制御するための発振回路を有している。

10

20

30

40

50

プリ10によって振動素子1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。

【0064】

4. 電子機器

次に、本発明の振動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19は、本発明の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2000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子10（振動素子1）が内蔵されている。

【0065】

図20は、本発明の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子10（振動素子1）が内蔵されている。

【0066】

図21は、本発明の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。

【0067】

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。

【0068】

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子10（振動素子1）が内蔵されている。

【0069】

なお、本発明の振動素子を備える電子機器は、図19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20の携帯電話機、図21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、

10

20

30

40

50

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。

【0070】

5. 移動体

次に、本発明の振動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22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、振動子10（振動素子1）が搭載されている。振動子10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。

10

【0071】

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、前述した各実施形態を適宜組み合わせてもよい。

【0072】

また、前述した実施形態では、圧電基板として水晶基板を用いているが、これに替えて、例えば、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム等の各種圧電基板を用いてもよい。

20

ここで、振動素子は、一般的に、発振周波数が高いほど励振電極31のサイズが小さくなる。また、励振電極31のサイズが小さくなるに伴って振動部21のサイズも小さくなる。

【0073】

例えば、発振周波数が100～150MHz程度の場合には、振動部21が大きく確保されている前述した第1実施形態の構成が適している。これにより、励振電極31を大きく形成することができる。なお、図23に示すように、前述した第1実施形態にて、励振電極31の大きさを変化させることによって、100～150MHzの間で発振周波数を適宜設定することができる。図23中実線で示すのが100MHzであり、一点鎖線で示すのが150MHzである。

30

【0074】

また、例えば、発振周波数が150～245MHz程度の場合には、振動部21が比較的大きく確保されている前述した第2実施形態の構成が適している。これにより、励振電極31を比較的大きく形成することができる。なお、図24に示すように、前述した第2実施形態にて、励振電極31の大きさを変化させることによって、150～245MHzの間で発振周波数を適宜設定することができる。図24中実線で示すのが153MHzであり、一点鎖線で示すのが254MHzである。

【0075】

また、例えば、発振周波数が245～500MHz程度の場合には、励振電極31が小さくて良いため、振動部21が小さい前述した第3実施形態の構成が適している。なお、図25に示すように、前述した第3実施形態にて、励振電極31の大きさを変化させることによって、245～500MHzの間で発振周波数を適宜設定することができる。図25中実線で示すのが245MHzであり、一点鎖線で示すのが500MHzである。

40

【符号の説明】

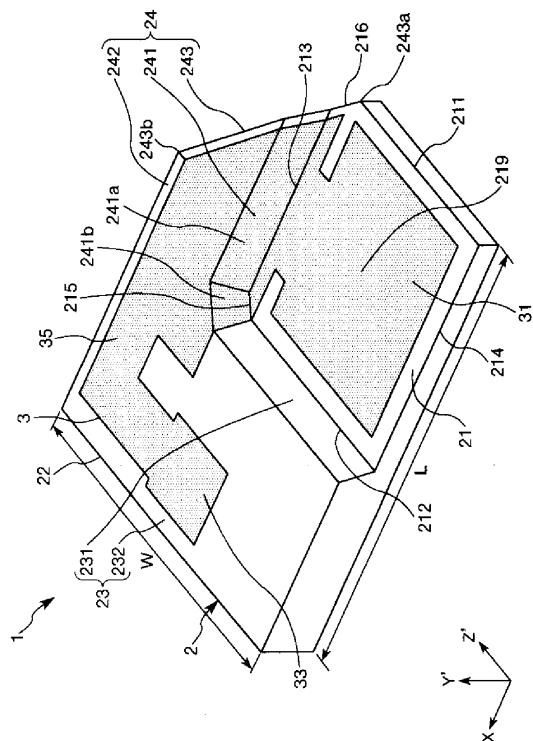
【0076】

1、1A、1B、1C、1D、1E…振動素子 10…振動子 100…発振器 110…ICチップ 120…内部端子 2…圧電基板 21…振動部 211、212…第1外縁 213、214…第2外縁 215…第3外縁 216…第4外縁 219…振動領域 22…厚肉部 23…第1厚肉部 231…傾斜部 232…厚肉部本体 24

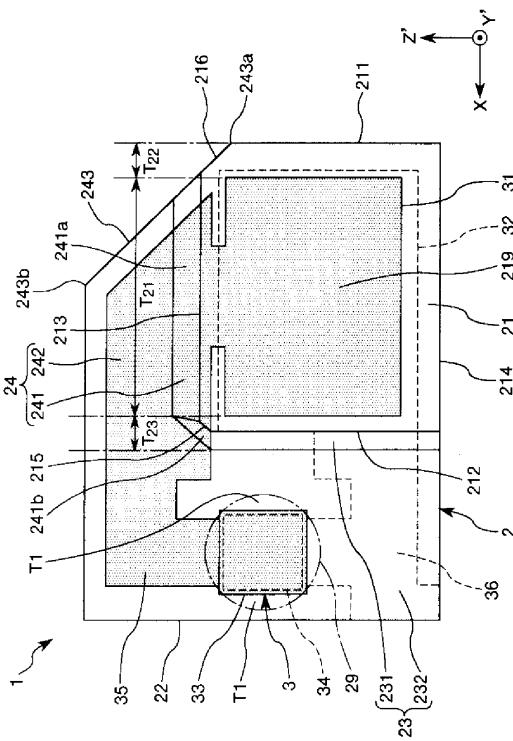
50

... 第 2 厚肉部 2 4 1 ... 傾斜部 2 4 1 a、2 4 1 b ... 面 2 4 2 ... 厚肉部本体 2 4 2
a、2 4 2 b ... 端縁 2 4 3 ... 外縁部 2 4 3 a、2 4 3 b ... 端 2 9 ... マウント部 3
... 電極 3 1、3 2 ... 励振電極 3 3、3 4 ... パッド電極 3 5、3 6 ... 引出電極 9 1
... 接着剤 9 2 ... 対象物 4 ... パッケージ 4 1 ... ベース 4 1 1 ... 凹部 4 2 ... リッド
4 5 1、4 6 1 ... 接続電極 4 5 2、4 6 2 ... 外部実装端子 5 1 ... 導電性接着剤 5
2 ... ボンディングワイヤー 1 1 0 0 ... パーソナルコンピューター 1 1 0 2 ... キーボー
ド 1 1 0 4 ... 本体部 1 1 0 6 ... 表示ユニット 1 2 0 0 ... 携帯電話機 1 2 0 2 ... 操作
ボタン 1 2 0 4 ... 受話口 1 2 0 6 ... 送話口 1 3 0 0 ... ディジタルスチルカメラ
1 3 0 2 ... ケース 1 3 0 4 ... 受光ユニット 1 3 0 6 ... シャッターボタン 1 3 0 8 ...
メモリー 1 3 1 2 ... ビデオ信号出力端子 1 3 1 4 ... 入出力端子 1 4 3 0 ... テレビモ
ニター 1 4 4 0 ... パーソナルコンピューター 1 5 0 0 ... 自動車 2 0 0 0 ... 表示部
L 1、L 2、L 3、L 4、L 5、L 6 ... 直線 T 2 1 ... 中央領域 T 2 2 ... 先端側領域
T 2 3 ... 基端側領域 T 1、T 3、T 4 ... 領域 S ... 収納空間

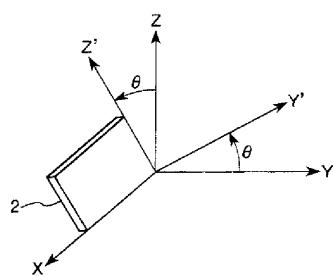
【 図 1 】



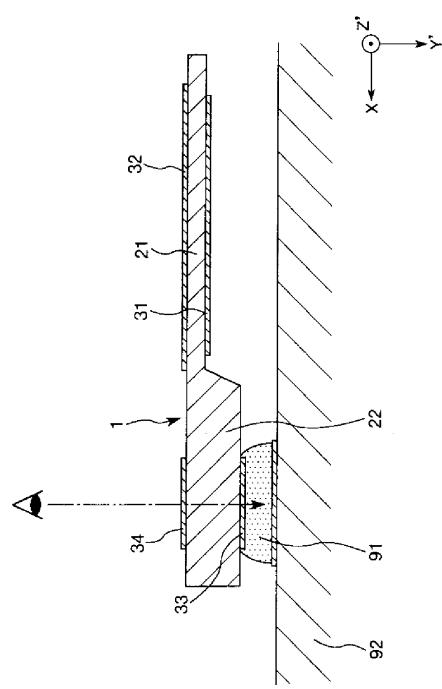
【 図 2 】



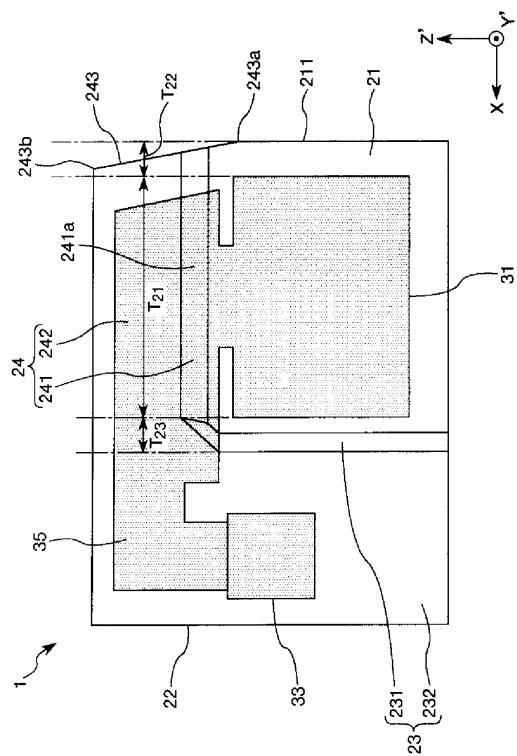
【図3】



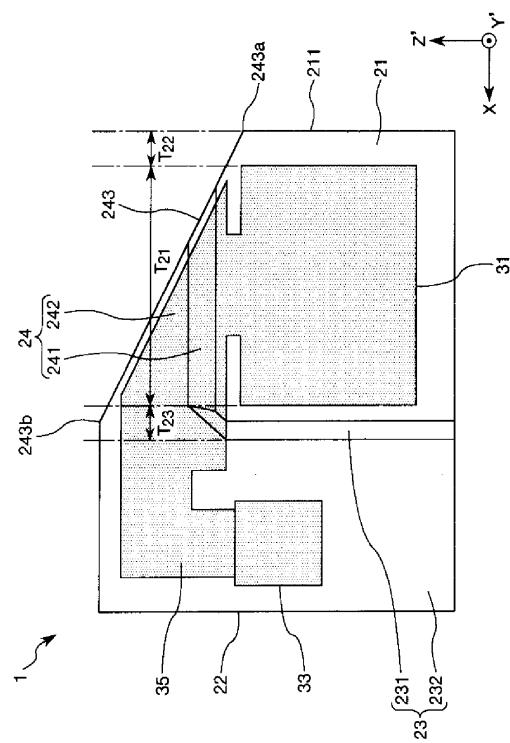
【図4】



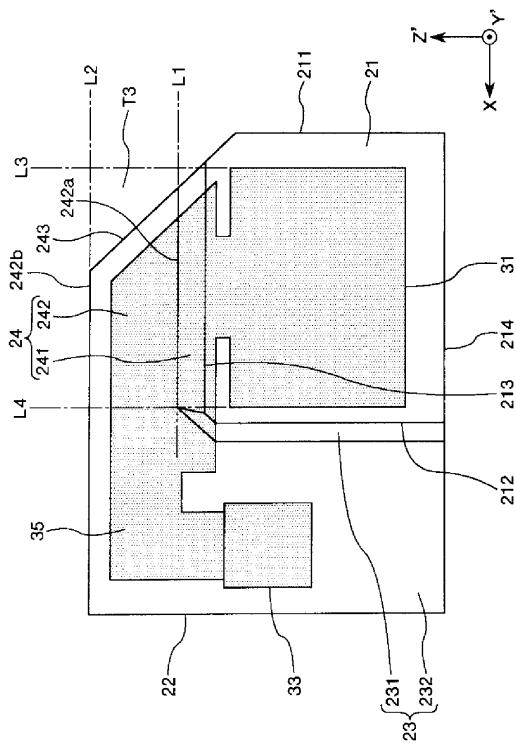
【図5】



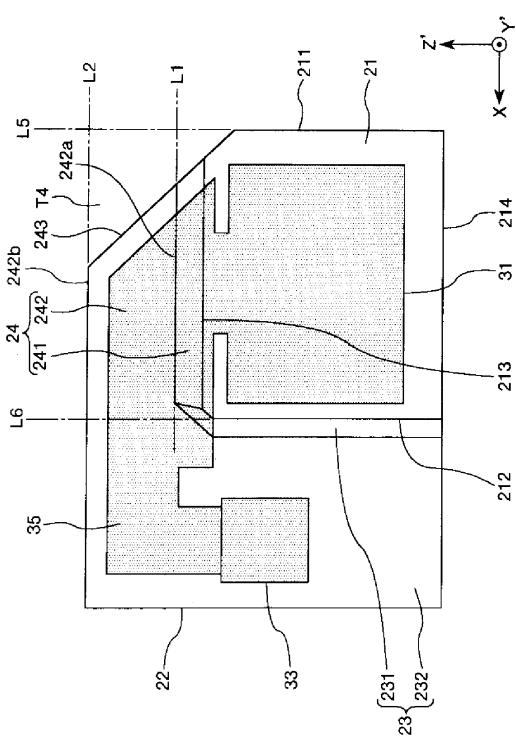
【図6】



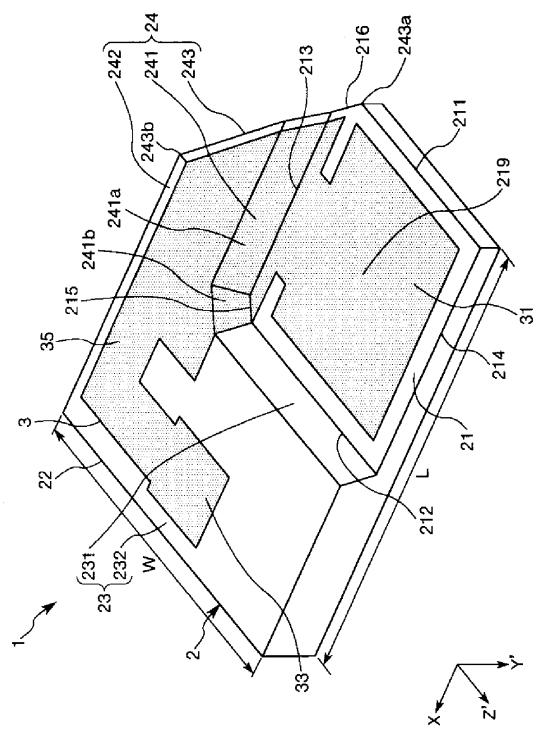
【 义 7 】



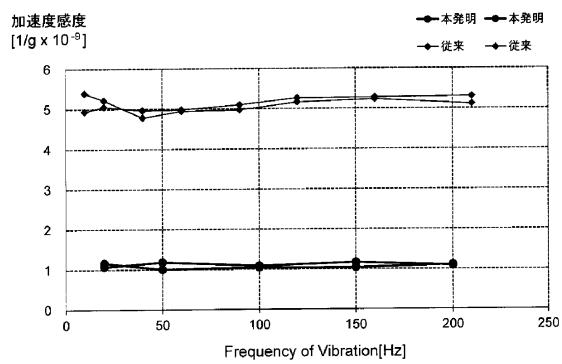
【 四 8 】



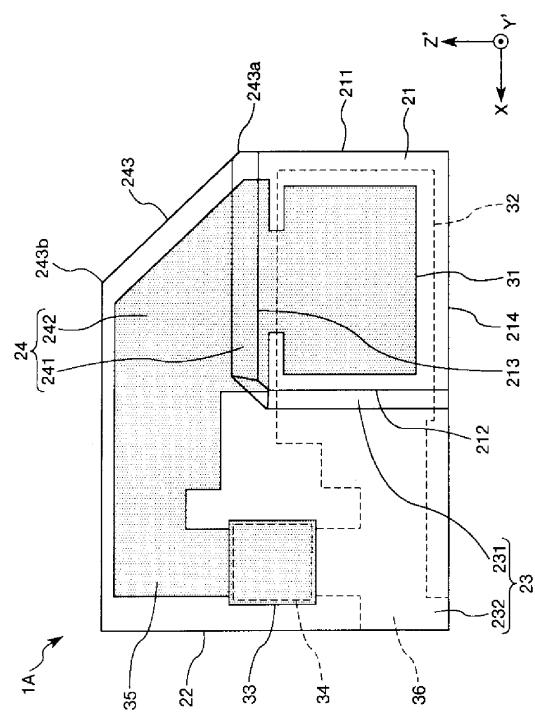
【図9】



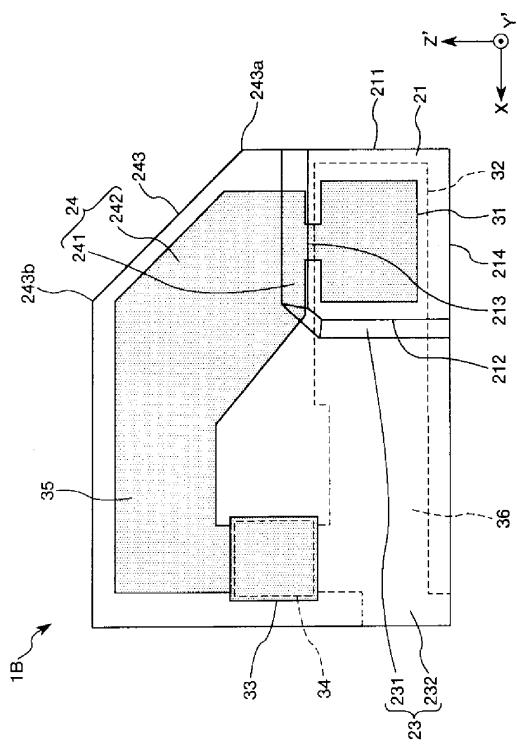
【図10】



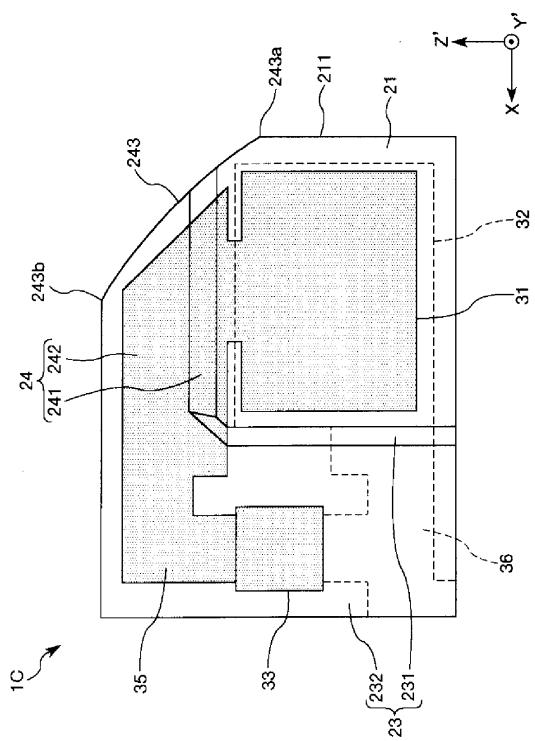
【図 1 1】



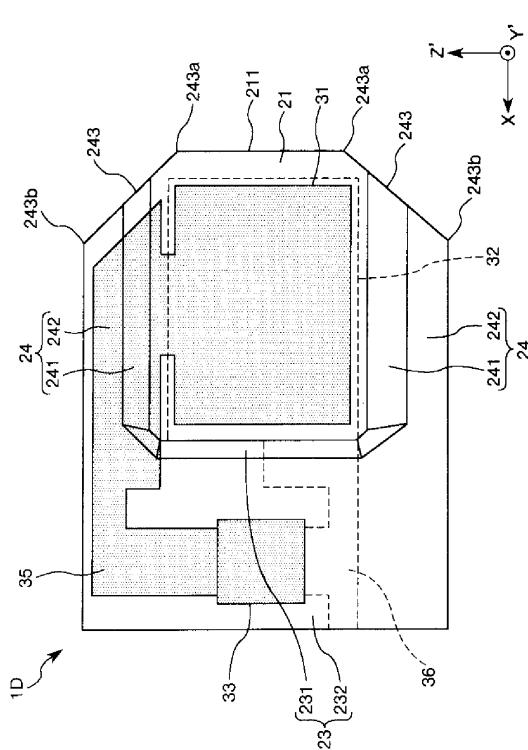
【図 1 2】



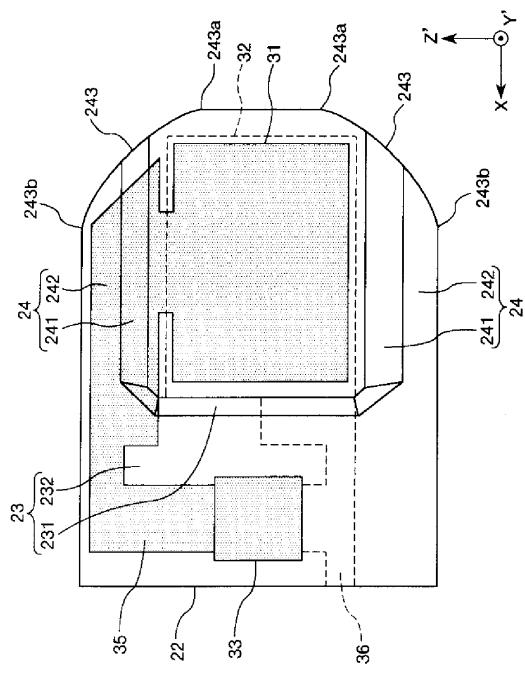
【図 1 3】



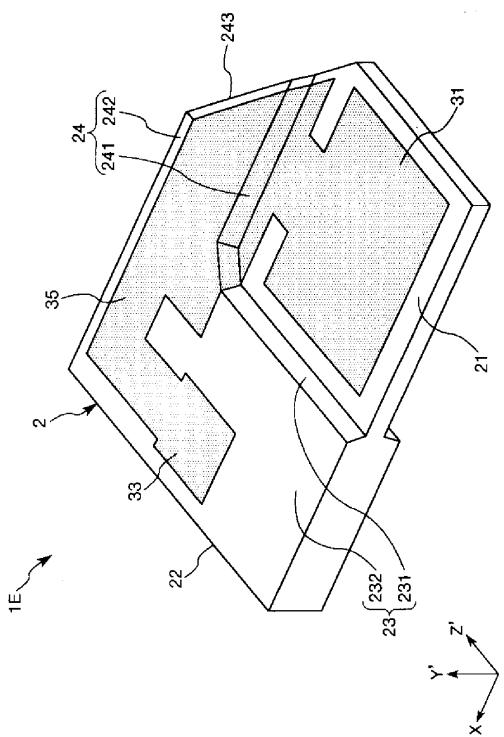
【図 1 4】



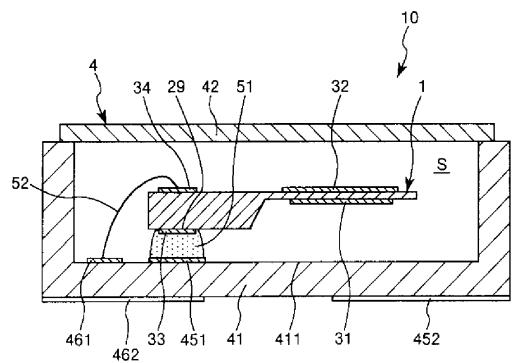
【図15】



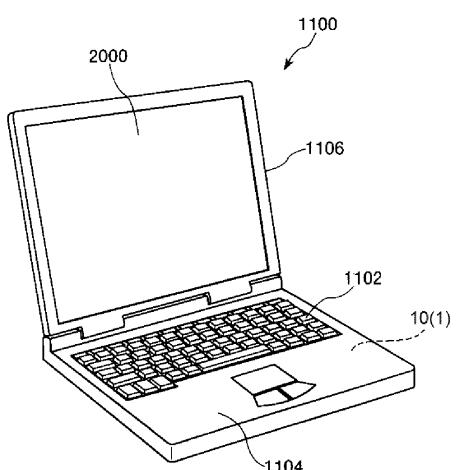
【図16】



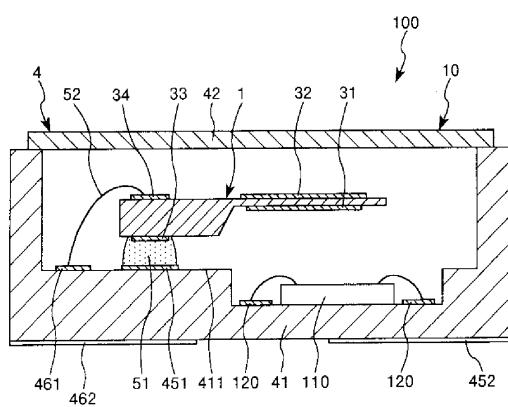
【図17】



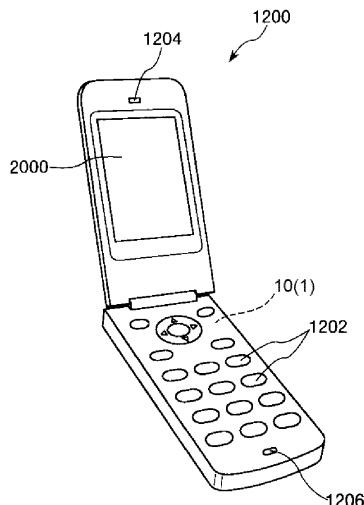
【図19】



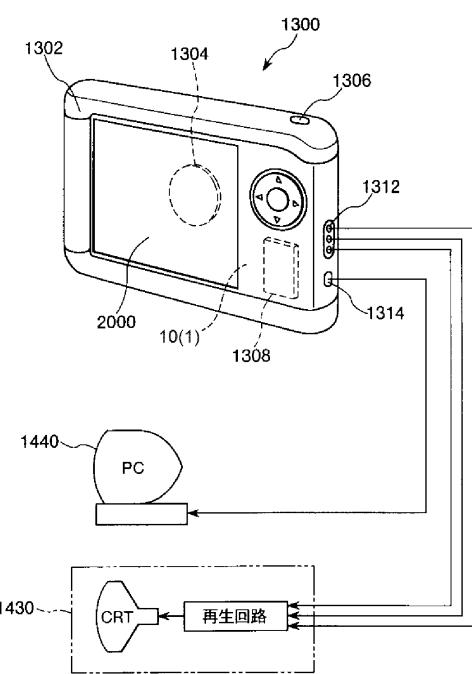
【図18】



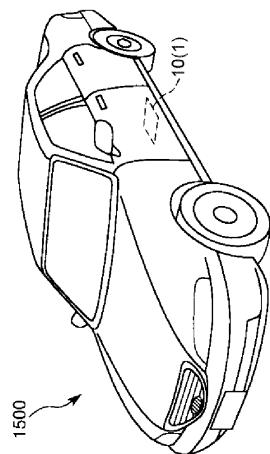
【図20】



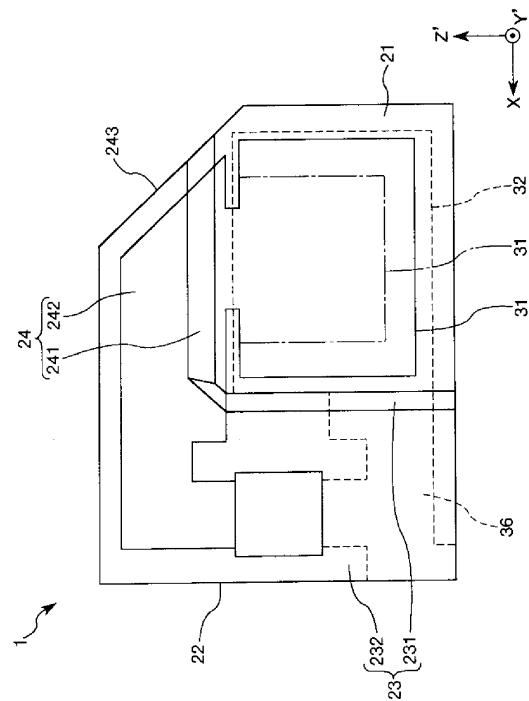
【図21】



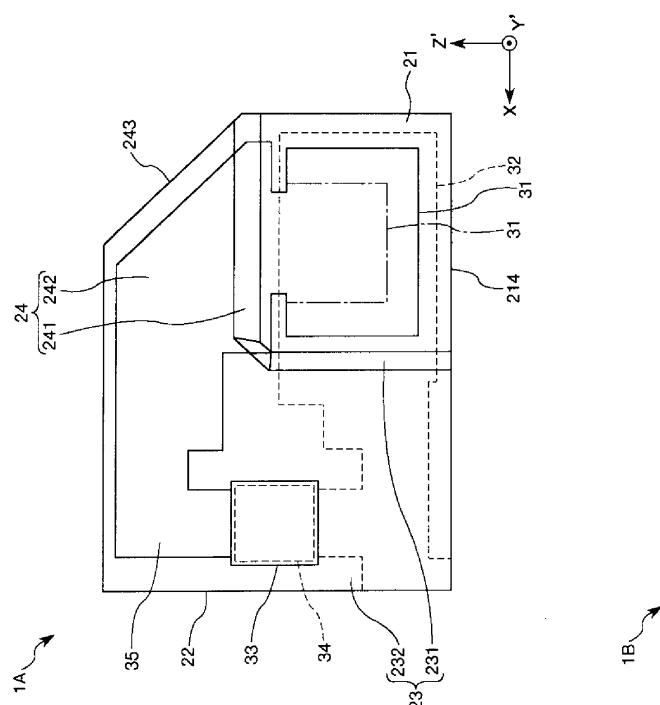
【図22】



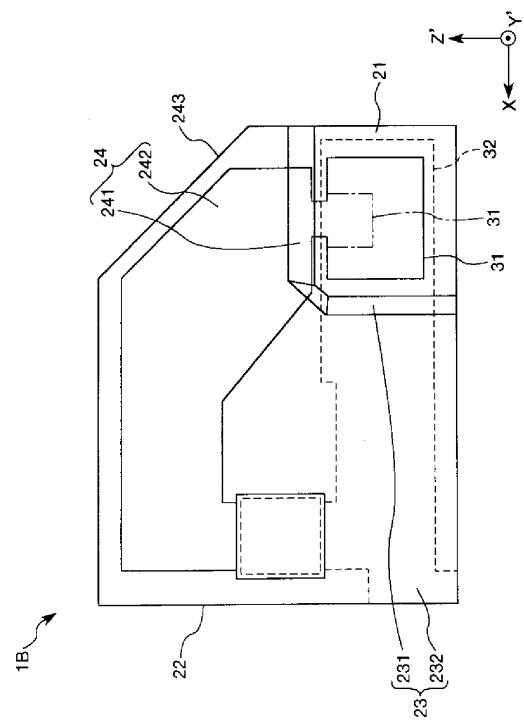
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-164824(JP, A)
特開2012-253630(JP, A)
特開2007-158566(JP, A)
特開2002-033640(JP, A)
特開2002-198772(JP, A)
特開2003-309445(JP, A)
特開2007-174562(JP, A)
特開2012-186639(JP, A)
米国特許出願公開第2014/0292437(US, A1)
米国特許出願公開第2009/0167117(US, A1)
米国特許出願公開第2012/0306321(US, A1)
米国特許出願公開第2014/0292434(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 41/08, 41/18
H03H 9/02, 9/19