

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6179104号
(P6179104)

(45) 発行日 平成29年8月16日 (2017. 8. 16)

(24) 登録日 平成29年7月28日 (2017. 7. 28)

(51) Int. Cl.

F I

H03H 9/19 (2006.01)

H03H 9/19 F

H03H 9/02 (2006.01)

H03H 9/19 D

H03B 5/32 (2006.01)

H03H 9/02 K

H01L 41/09 (2006.01)

H03B 5/32 H

H01L 41/18 (2006.01)

H01L 41/08 C

請求項の数 11 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-7913 (P2013-7913)
 (22) 出願日 平成25年1月18日 (2013. 1. 18)
 (65) 公開番号 特開2014-138414 (P2014-138414A)
 (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 小林 正明

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】

厚み滑り振動する振動部を含む第1領域、および前記第1領域よりも厚みが厚い第2領域を含む基板と、

前記振動部の一方の主面に設けられ、前記厚み滑り振動の振動方向に沿っている第1電極外縁および第2電極外縁を含んでいる第1励振電極と、

前記振動部の他方の主面に設けられ、前記振動方向に沿っている第3電極外縁および第4電極外縁を含み、かつ、平面視で前記第1励振電極と重なるように配置されている第2励振電極と、

前記第1励振電極の前記第1電極外縁側から延出して前記第2領域の一方の主面まで引き出されている引出電極と、を含み、

平面視で、前記第1励振電極は、前記第2励振電極の範囲内に配置されており、

平面視で、前記第3電極外縁、前記第1電極外縁、前記第2電極外縁、および前記第4電極外縁はこの順番で並んでおり、かつ、前記第3電極外縁と前記第1電極外縁との距離は、前記第2電極外縁と前記第4電極外縁との距離よりも小さく、

前記基板の平面視にて、前記第1励振電極の面積を S_1 とし、前記第2励振電極と前記引出電極とが重なる部分の面積を S_2 としたとき、 $S_2 / S_1 > 0.1$ なる関係を満足することを特徴とする振動素子。

【請求項2】

前記重なる部分の前記引出電極の延在している方向に沿った長さは、 $20\ \mu\text{m}$ 以下であ

10

20

る請求項 1 に記載の振動素子。

【請求項 3】

前記基板の厚みを t (mm)、前記第 1 励振電極の前記振動部の振動方向に沿った長さを a (mm) としたとき、

$-1049t + 57 \quad a/t \quad -64.4t + 57$ なる関係を満足する請求項 1 または 2 に記載の振動素子。

【請求項 4】

前記基板の厚みを t (mm)、前記第 1 励振電極の前記振動方向に直交する方向に沿った長さを b (mm) としたとき、

$-823t + 42 \quad b/t \quad -120t + 42$ なる関係を満足する請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の振動素子。

10

【請求項 5】

前記第 1 領域は、前記振動方向に離間し、前記振動方向と交差する第 1 外縁および第 2 外縁と、前記振動方向に直交する方向に離間し、前記振動方向に沿った第 3 外縁および第 4 外縁と、を含み、

前記第 2 領域は、前記第 1 外縁に沿って設けられ、対象物に固定される固定部が設けられている第 1 厚肉部と、前記第 3 外縁に沿って設けられ、かつ、前記第 1 厚肉部と接続されている第 2 厚肉部と、を含む請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の振動素子。

【請求項 6】

前記第 2 外縁および前記第 4 外縁は、それぞれ、前記第 2 領域から露出している請求項 5 に記載の振動素子。

20

【請求項 7】

前記基板は、水晶の結晶軸である、電気軸としての X 軸、機械軸としての Y 軸、及び光学軸としての 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みとする水晶板である請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の振動素子。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の振動素子と、

30

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 9】

請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の振動素子と、

前記振動素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発振器。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 7 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 11】

請求項 1 ないし 7 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。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動素子、振動子、発振器、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

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

50

構造のＡＴカット水晶振動素子が開示されている。特許文献２のＡＴカット水晶振動素子は、振動部の両面に設けられた一対の励振電極と各励振電極から延出する一対の引出電極とを有している。振動素子の平面視にて、一対の励振電極は、互いに大きさが異なり、大きい方の励振電極が小さい方の励振電極を内包している。そのため、特許文献２のＡＴカット水晶振動素子は、小さい方の励振電極から延出している引出電極と大きい方の励振電極とが重なる領域を有しており、かつ、この領域の面積が大きい。この領域は、一対の励振電極で挟まれている振動領域とは別の振動領域として機能し、共振周波数近傍の不要なスプリアスを発生させる原因になっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【０００３】

【特許文献１】特開２００４－１６５７４３号公報

【特許文献２】特開２０１２－２５３６３０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

本発明の目的は、共振周波数近傍の不要なスプリアスの発生を低減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】

20

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、厚み滑り振動する振動部を含む第１領域、および前記第１領域よりも厚みが厚い第２領域を含む基板と、

前記振動部の一方の主面に設けられ、前記厚み滑り振動の振動方向に沿っている第１電極外縁および第２電極外縁を含んでいる第１励振電極と、

前記振動部の他方の主面に設けられ、前記振動方向に沿っている第３電極外縁および第４電極外縁を含み、かつ、平面視で前記第１励振電極と重なるように配置されている第２励振電極と、

30

前記第１励振電極の前記第１電極外縁側から延出して前記第２領域の一方の主面まで引き出されている引出電極と、を含み、

平面視で、前記第１励振電極は、前記第２励振電極の範囲内に配置されており、

平面視で、前記第３電極外縁、前記第１電極外縁、前記第２電極外縁、および前記第４電極外縁はこの順番で並んでおり、かつ、前記第３電極外縁と前記第１電極外縁との距離は、前記第２電極外縁と前記第４電極外縁との距離よりも小さく、

前記基板の平面視にて、前記第１励振電極の面積を S_1 とし、前記第２励振電極と前記引出電極とが重なる部分の面積を S_2 としたとき、 $S_2 / S_1 < 0.1$ なる関係を満足することを特徴とする。

これにより、共振周波数近傍の不要なスプリアスの発生を低減することのできる振動素子が得られる。

40

【０００６】

[適用例２]

本発明の振動素子では、前記重なる部分の前記引出電極の延在している方向に沿った長さは、 $20\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。

これにより、引出電極の抵抗を低減することができる。

【０００７】

[適用例３]

本発明の振動素子では、前記基板の厚みを $t(\text{mm})$ 、前記第１励振電極の前記振動部の振動方向に沿った長さを $a(\text{mm})$ としたとき、

50

- $1049t + 57a/t - 64.4t + 57$ なる関係を満足するのが好ましい。
これにより、安定した振動特性が得られる。

[適用例 4]

本発明の振動素子では、前記基板の厚みを t (mm)、前記第 1 励振電極の前記振動方向に直交する方向に沿った長さを b (mm) としたとき、

- $823t + 42b/t - 120t + 42$ なる関係を満足するのが好ましい。

これにより、安定した振動特性が得られる。

【 0 0 0 8 】

[適用例 5]

本発明の振動素子では、前記第 1 領域は、前記振動方向に離間し、前記振動方向と交差する第 1 外縁および第 2 外縁と、前記振動方向に直交する方向に離間し、前記振動方向に沿った第 3 外縁および第 4 外縁と、を含み、

前記第 2 領域は、前記第 1 外縁に沿って設けられ、対象物に固定される固定部が設けられている第 1 厚肉部と、前記第 3 外縁に沿って設けられ、かつ、前記第 1 厚肉部と接続されている第 2 厚肉部と、を含むのが好ましい。

これにより、振動素子の剛性を高めることができ、振動特性の変化、不要スプリアスの発生を抑制することができる。

[適用例 6]

本発明の振動素子では、前記第 2 外縁および前記第 4 外縁は、それぞれ、前記第 2 領域から露出しているのが好ましい。

これにより、振動素子の小型化を図ることができる。

【 0 0 0 9 】

[適用例 7]

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 X 軸、機械軸としての Y 軸、及び光学軸としての 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みとする水晶板であるのが好ましい。

これにより、優れた温度特性を有する振動素子となる。

【 0 0 1 0 】

[適用例 8]

本発明の振動子は、本発明の振動素子と、

前記振動素子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 9]

本発明の発振器は、本発明の振動素子と、

前記振動素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。

これにより、信頼性の高い発振器が得られる。

【 0 0 1 1 】

[適用例 1 0]

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 1 1]

本発明の移動体は、本発明の振動素子を備えていることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い移動体 that 得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 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。

10

20

30

40

50

【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】振動部の厚みと励振電極のサイズとの関係を示すグラフである。

【図６】振動部の厚みと励振電極のサイズとの関係を示すグラフである。

【図７】図１に示す振動素子の変形例を示す斜視図である。

【図８】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９】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１０】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１１】本発明の第５実施形態にかかる振動素子の斜視図である。

【図１２】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１３】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１４】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の構成を示す斜視図である。

【図１５】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。

【図１６】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１７】本発明の移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

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、ＡＴ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、振動部の厚みと励振電極のサイズとの関係を示すグラフ、図７は、図１に示す振動素子の変形例を示す斜視図である。

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。

【００１４】

（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、ＸＺ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、ＡＴ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。

【００１５】

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、ＡＴカットの圧電基板に限定されず、例えば、ＢＴカットの圧電基板を用いてもよい。また、圧電基板２としては、水晶基板の他、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。

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、ＸＺ'面方向に広がりを持つ。

【００１６】

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

10

20

30

40

50

とする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、 $1.1 \sim 1.4$ 程度とすることが好ましい。

【0017】

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 よりも厚肉な厚肉部（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チ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

【0018】

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 $-Z'$ 軸方向側に片寄っており、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、振動部 21 の剛性を十分に確保することができる。そのため、不要スプリアスの発生を効果的に低減することができる。

【0019】

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）に延在する第 1 外縁 211 および第 2 外縁 212 と、 Z' 軸方向に離間し、 X 軸方向に延在する第 3 外縁 213 および第 4 外縁 214 とを有している。第 1、第 2 外縁 211、212 のうち、第 1 外縁 211 が $+X$ 軸側に位置し、第 2 外縁 212 が $-X$ 軸側に位置している。また、第 3、第 4 外縁 213、214 のうち、第 3 外縁 213 が $+Z'$ 軸側に位置し、第 4 外縁 214 が $-Z'$ 軸側に位置している。また、第 3 外縁 213 が第 1、第 2 外縁 211、212 の $+Z'$ 軸側の端同士を連結しており、第 4 外縁 214 が第 1、第 2 外縁 211、212 の $-Z'$ 軸側の端同士を連結している。

20

【0020】

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。

30

厚肉部 22 は、第 1 外縁 211 に沿って配置された第 1 厚肉部 23 と、第 3 外縁 213 に沿って配置され、第 1 厚肉部 23 と接続されている第 2 厚肉部 24 とを有している。そのため、厚肉部 22 は、振動部 21 に沿った略 L 字状をなしている。一方、振動部 21 の第 2 外縁 212 および第 4 外縁 214 に沿っては、厚肉部 22 が形成されておらず、これら第 2、第 4 外縁 212、214 は、厚肉部 22 から露出している。このように、厚肉部 22 を略 L 字とし、第 2 外縁 212 および第 4 外縁 214 に沿っ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 の小型化を図ることができる。

40

【0021】

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って、 $-Z'$ 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。

【0022】

第 1 厚肉部 23 は、第 1 外縁 211 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 $+X$ 軸方向側の端縁に接続する厚みがほぼ一定

50

の厚肉部本体 2 3 2 とを備えている。同様に、第 2 厚肉部 2 4 は、第 3 外縁 2 1 3 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）2 4 1 と、傾斜部 2 4 1 の + Z' 軸方向側の端縁に接続する厚みがほぼ一定の厚肉部本体 2 4 2 とを備えている。また、第 1 厚肉部 2 3 の厚肉部本体 2 3 2 の表面にはマウント部 2 9 が設けられており、図 4 に示すように、振動素子 1 は、このマウント部 2 9 にて、接着剤 9 1 を用いて対象物 9 2 に固定される。

【 0 0 2 3 】

（電極）

電極 3 は、一对の励振電極 3 1、3 2 と、一对のパッド電極 3 3、3 4 と、一对の引出電極 3 5、3 6 とを有している。励振電極（第 1 励振電極）3 1 は、振動領域 2 1 9 の表面に形成されている。一方、励振電極（第 2 励振電極）3 2 は、振動領域 2 1 9 の裏面に、励振電極 3 1 と対向して配置されている。励振電極 3 1、3 2 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。

【 0 0 2 4 】

また、励振電極 3 1、3 2 は、相似形をなし、裏面側の励振電極 3 2 が、表面側の励振電極 3 1 よりも大きく形成されている。また、振動素子 1 の平面視にて、励振電極 3 2 に励振電極 3 1 が内包されている。言い換えると、励振電極 3 2 内に互いの外縁（輪郭）が重なることなく励振電極 3 1 の全域が位置している。これにより、所望の振動特性を安定して発揮することができる。

【 0 0 2 5 】

また、励振電極 3 1、3 2 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。また、励振電極 3 1 は、励振電極 3 2 に対して - Z 軸側によって形成されている。すなわち、励振電極 3 1、3 2 の + Z 軸側の外縁 3 1 1、3 2 1 同士の離間距離 D 1 よりも、- Z 軸側の外縁 3 1 2、3 2 2 同士の離間距離 D 2 が小さくなるように、励振電極 3 1、3 2 が設けられている。

パッド電極 3 3 は、厚肉部本体 2 3 2 の表面のマウント部 2 9 に形成されている。一方、パッド電極 3 4 は、厚肉部本体 2 3 2 の裏面に、パッド電極 3 3 と対向して形成されている。

【 0 0 2 6 】

励振電極 3 1 からは、引出電極 3 5 が延出しており、この引出電極 3 5 を介して励振電極 3 1 とパッド電極 3 3 とが電氣的に接続されている。引出電極 3 5 は、励振電極 3 1 の第 3 外縁 2 1 3 と対向する外縁 3 1 2 から延出しており、傾斜部 2 4 1 を経由して厚肉部 2 2 の表面に引き出されている。また、励振電極 3 2 からは、引出電極 3 6 が延出しており、この引出電極 3 6 を介して励振電極 3 1 とパッド電極 3 4 とが電氣的に接続されている。引出電極 3 6 は、圧電基板 2 を介して引出電極 3 5 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 3 5、3 6 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 3 5、3 6 は、必要以上にマウント部 2 9 内に侵入しておらず、マウント部 2 9 内（特に縁部）には、電極 3 が形成されていない領域 T 1 が存在している。本実施形態では、パッド電極 3 3、3 4 を挟んで先端側と基端側とに領域 T 1 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 2 9 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 2 9 に接着剤 9 1 を接触させるときに、振動素子 1 越しに接着剤 9 1 を視認することができ、接着剤 9 1 の位置決め、接着剤 9 1 との接触面積、接着剤 9 1 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 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。

【 0 0 2 7 】

以上、電極 3 の構成について説明した。振動素子 1 では、振動素子 1 の平面視にて、第 2 励振電極 3 2 と引出電極 3 5 とが重なる領域（部分）T 2 が形成されている。第 1 励振

10

20

30

40

50

電極 31 の面積を S_1 とし、領域 T2 の面積を S_2 としたとき、 S_1 、 S_2 が、 $S_2/S_1 = 0.1$ なる関係を満足している。これにより、領域 T2 を十分に小さくすることができ、不要スプリアスを振動素子 1 の共振周波数からより遠ざけることができる。そのため、優れた振動特性を安定して発揮することのできる振動素子 1 となる。具体的には、発明者らが推察するに、領域 T2 が本来の振動領域（励振電極 31、32 で挟まれた領域）とは別の振動領域を形成し、この領域 T2 から不要スプリアスが発生するものと考えられる。そして、領域 T2 が大きいほど不要スプリアスの周波数が共振周波数に近づく傾向を示すため、本発明では、 $S_2/S_1 = 0.1$ なる関係を満足することによって、領域 T2 の面積 S_2 を十分に小さくし、これにより、不要スプリアスを振動素子 1 の共振周波数からより遠ざけている。不要スプリアスと共振周波数との周波数差としては、特に限定されないが、1000 ppm 以上であるのが好ましい。これにより、十分に、優れた振動特性を安定して発揮することのできる振動素子 1 となる。なお、 $S_2/S_1 > 0.1$ であると、領域 T2 の面積が過大となり、共振周波数近傍の不要スプリアスが発生し、優れた振動特性を安定して発揮することができなくなる。

振動素子 1 では、 $S_2/S_1 = 0.1$ なる関係を満足していれば、特に限定されないが、 $S_2/S_1 = 0.07$ なる関係を満足するのがより好ましく、 $S_2/S_1 = 0.05$ なる関係を満足するのがさらに好ましい。これにより、上記をより顕著に発揮することができる。

【0028】

次に、 $S_2/S_1 = 0.1$ なる関係を満足することによって、不要スプリアスを共振周波数から十分に遠ざけることができることを実験結果に基づいて証明する。当該実験に用いた振動素子 1 の圧電基板 2 のサイズは、長さ（X 軸方向の長さ）× 幅（Z' 軸方向の長さ）× 厚み（Y' 軸方向の長さ）が 1.8 mm × 1.0 mm × 0.050 mm である。また、振動部 21 のサイズは、長さ × 幅 × 厚みが 1.0 mm × 0.9 mm × 0.002 mm である。また、励振電極 32 のサイズは、長さ × 幅 × 厚みが 0.36 mm × 0.28 mm × 0.000085 mm である。また、励振電極 31 のサイズは、長さ × 幅 × 厚さが 0.18 mm × 0.14 mm × 0.000085 mm である。そして、励振電極 32 に対して励振電極 31 を Z' 軸方向にずらした 4 種のサンプル 1 ~ 4 を製造した。サンプル 1、サンプル 2、サンプル 3、サンプル 4 の順に、励振電極 31 が + Z' 軸側に位置している。これら 4 種のサンプルについて、それぞれ、 S_2/S_1 、不要スプリアスと共振周波数との周波数差 Δf を求めた。その結果を下記の表 1 に示す。なお、表 1 に示す数値は、各サンプル 1 ~ 4 について、10 個のサンプルの平均値を示している。

【0029】

【表 1】

	$S_1(\text{mm}^2)$	$S_2(\text{mm}^2)$	S_2/S_1	$\Delta f(\text{ppm})$
サンプル 1	0.025	0.0025	0.10	1021
サンプル 2	0.025	0.003	0.13	957
サンプル 3	0.025	0.010	0.40	838
サンプル 4	0.025	0.017	0.67	506

【0030】

表 1 から、 $S_2/S_1 = 0.1$ なる関係を満足するもの、すなわち、サンプル 1 のみが $\Delta f = 1000 \text{ ppm}$ を満足しており、不要スプリアスが共振周波数から十分に遠ざかっていることが分かる。以上の実験結果から、 $S_2/S_1 = 0.1$ なる関係を満足することによって、不要スプリアスを共振周波数から十分に遠ざけることができることが証明された。

【0031】

また、前述した励振電極 3 1、3 2 の外縁 3 1 2、3 2 2 同士の離間距離 D 2（すなわち、領域 T 2 の Z' 軸方向の長さ）は、特に限定されないが、20 μm 以下であるのが好ましく、10 μm 以下であるのがより好ましい。これにより、領域 T 2 内での引出電極 3 5 の長さをより短くすることができるため、引出電極 3 5 の抵抗を小さくすることができる。ここで、離間距離 D 2 を 0（ゼロ）にすると、領域 T 2 が形成されないため、不要スプリアスを共振周波数から遠ざける観点からすれば最も好ましいが、振動素子 1 の製造上の観点からは、離間距離 D 2 は、0（ゼロ）でないのが好ましい。振動素子 1 の製造上、励振電極 3 1、3 2 の形成位置が所定位置からずれてしまうことが考えられ、仮に、振動素子 1 の平面視にて、励振電極 3 1 の外縁 3 1 2 が励振電極 3 2 の外縁 3 2 2 よりも + Z' 軸側にはみ出でしまった時には、振動素子 1 の振動特性が大幅に変化してしまうとともに、その性能も大幅に悪化してしまう。そのため、励振電極 3 1、3 2 の形成位置が所定位置からずれてしまっても、励振電極 3 1 の外縁 3 1 2 が励振電極 3 2 の外縁 3 2 2 よりも + Z' 軸側にはみ出でしまわないように、離間距離 D 2 は、0（ゼロ）でないことが好ましい。

【0032】

また、振動部 2 1 の厚み t（mm）を、 $t(\text{mm}) = 1670(\text{m/s}) / \text{振動周波数}(\text{kHz})$ として基準化する。また、表 2 に示すように、同じ電極寸法を用いる振動周波数の下限値 F 1 と、上限値 F 2 と、下限と上限の中心周波数 F 3 とする。また、 $1670 / F 1 = t 1$ 、 $1670 / F 2 = t 2$ 、 $1670 / F 3 = t 3$ として、振動部 2 1 の厚みを基準化する。

【0033】

【表 2】

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
F1(MHz)	80	110	130	150	170	190
F2(MHz)	110	130	150	170	190	210
F3(MHz)	95	120	140	160	180	200
t1(mm)	0.021	0.015	0.013	0.011	0.01	0.009
t2(mm)	0.015	0.013	0.011	0.01	0.009	0.008
t3(mm)	0.018	0.014	0.012	0.01	0.009	0.008
a(mm)	0.82	0.7	0.62	0.55	0.48	0.43
b(mm)	0.59	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32
a/t1	39.3	46.1	48.3	49.4	48.9	48.9
a/t2	54	54.5	55.7	56	54.6	54.1
b/t1	28.3	33.6	35	35	35.6	36.4
b/t2	38.9	39.7	40.4	39.7	39.8	40.2

【0034】

また、第 1 励振電極 3 1 の X 軸方向に沿った長さを a（mm）としたとき、a は、振動周波数より決定する。t、a、t 3 は、図 5 に示すように、 $-1049 t 3 + 57 a / t - 64.4 t 3 + 57$ なる関係を満足するのが好ましい。また、励振電極 3 1 の Z' 軸方向に沿った長さを b（mm）としたとき、b は、振動周波数より決定する。t、b、t 3 は、図 6 に示すように、 $-823 t 3 + 42 b / t - 120 t 3 + 42$ なる関係

を満足するのが好ましい。これら関係を満足することによって、優れた振動特性を安定して発揮することのできる振動素子 1 が得られる。

【0035】

なお、 a/t 、 b/t が共に上記下限値未満であると、 t の値によっては、励振電極 31 の面積が小さくなり過ぎてしまい、後述するように、振動素子 1 を発振器 100 に組み込んだ場合に、発振器 100 の可変特性を満足することが困難となる場合がある。一方、 a/t 、 b/t が共に上記上限値を超えると、 t の値によっては、共振周波数近傍に不要スプリアスが発生し、優れた振動特性を安定して発揮することのできる振動素子 1 が得られなくなる場合がある。

【0036】

次に、 a/t 、 b/t が共に上述の関係を満足することによって、不要スプリアスを振動素子 1 の共振周波数から十分に遠ざけることができることを実験結果に基づいて証明する。当該実験には、前述したサンプル 1 と励振電極 31 の大きさ (a 、 b の値) 以外は同じ条件の振動素子 1 を用い、励振電極 31 の大きさ (a 、 b の値) が異なる 9 種のサンプル 5 ~ 11 を製造した。そして、これら 7 種のサンプルについて、それぞれ、不要スプリアスと共振周波数との周波数差 f を求めた。その結果を下記の表 3 に示す。なお、表 2 に示す数値は、各サンプル 5 ~ 11 について、10 個のサンプルの平均値を示している。

【0037】

【表 3】

	$a(\text{mm})$	$b(\text{mm})$	a/t	b/t	$\Delta f(\text{ppm})$
サンプル 5	0.50	0.35	47	33	1700
サンプル 6	0.50	0.40	47	37	1450
サンプル 7	0.55	0.39	51	36	1400
サンプル 8	0.50	0.45	47	42	1300
サンプル 9	0.55	0.44	51	41	1350
サンプル 10	0.60	0.43	56	40	1300
サンプル 11	0.55	0.49	51	46	1100

【0038】

表 3 から、 a/t 、 b/t が共に上述の関係を満足することによって、不要スプリアスを振動素子 1 の共振周波数から十分に遠ざけることができることが証明された。

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 21 を形成し、さらに、厚肉部 22 が振動部 21 に対して + X 軸側に位置する第 1 厚肉部 23 と、+ Z' 軸側に位置する第 2 厚肉部 24 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 7 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 21 を形成し、さらに、厚肉部 22 が振動部 21 に対して + X 軸側に位置する第 1 厚肉部 23 と、- Z' 軸側に位置する第 2 厚肉部 24 とにより構成されていてもよい。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 231、241 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。

【0039】

< 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 8 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、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

10

20

30

40

50

してある。

【0040】

図8に示すように、本実施形態の振動素子1Aでは、厚肉部22が、第1厚肉部23および第2厚肉部24の他に、さらに、振動部21の第2外縁212に沿って配置され、第2厚肉部24に接続されている第3厚肉部25を有している。そのため、厚肉部22は、振動部21に沿った略コ字状をなしている。振動部21の第4外縁214に沿っては、厚肉部22が形成されておらず、第4外縁214は、厚肉部22から露出している。このように、厚肉部22を略コ字状とすることによって、振動素子1の小型化を図ることができるとともに、振動素子1(振動部21)の剛性をより高くすることができ、不要スプリアスの発生を効果的に防止することができる。

10

【0041】

第3厚肉部25は、第2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)251と、傾斜部251の-X軸方向側の端縁に接続する厚みがほぼ一定の厚肉部本体252とを備えている。

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。

【0042】

<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9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。

20

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、厚肉部の構成が異なる以外は、前述した第2実施形態と同様である。なお、前述した第2実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【0043】

図9に示すように、本実施形態の振動素子1Bでは、厚肉部22が、第1厚肉部23、第2厚肉部24、第3厚肉部25の他に、さらに、振動部21の第4外縁214に沿って配置され、第1、第3厚肉部23、25に接続されている第4厚肉部26を有している。そのため、厚肉部22は、振動部21の全周に沿った略口字状をなしており、振動部21の外縁は、厚肉部22から露出していない。このように、厚肉部22を略口字状とすることによって、振動素子1(振動部21)の剛性をより高くすることができ、不要スプリアスの発生を効果的に防止することができる。

30

【0044】

第4厚肉部26は、第4外縁214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)261と、傾斜部261の-Z'軸方向側の端縁に接続する厚みがほぼ一定の厚肉部本体262とを備えている。

このような第3実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【0045】

<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10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。

40

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、厚肉部の構成が異なる以外は、前述した第3実施形態と同様である。なお、前述した第3実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【0046】

図10に示すように、本実施形態の振動素子1Cでは、前述した第3実施形態から第3

50

厚肉部 2 5 が省略されている。すなわち、厚肉部 2 2 が、第 1 厚肉部 2 3、第 2 厚肉部 2 4 および第 4 厚肉部 2 6 を有している。そのため、厚肉部 2 2 は、振動部 2 1 に沿った略コ字状をなしており、振動部 2 1 の第 2 外縁 2 1 2 が厚肉部 2 2 から露出している。このように、厚肉部 2 2 を略コ字状とすることによって、振動素子 1 の小型化を図ることができるとともに、振動素子 1 (振動部 2 1) の剛性をより高くすることができ、不要スプリアスの発生を効果的に防止することができる。

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。

【0047】

< 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 1 1 は、本発明の第 5 実施形態にかかる振動素子の斜視図である。

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、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。

【0048】

図 1 1 に示すように、本実施形態の振動素子 1 D では、圧電基板 2 の両主面に凹陷部を形成することによって、振動部 2 1 が形成されている。言い換えると、厚肉部 2 2 の表面 (+ Y' 軸方向側の主面) は、振動部 2 1 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 2 2 の裏面 (- Y' 軸方向側の主面) は、振動部 2 1 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 の両主面に凹陷部を形成して振動部 2 1 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、凹陷部のエッチング深さを浅くすることができる。そのため、エッチ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。

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。

【0049】

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 1 2 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 1 2 に示す振動子 1 0 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。

【0050】

(パッケージ)

パッケージ 4 は、上面に開放する凹部 4 1 1 を有する箱状のベース 4 1 と、凹部 4 1 1 の開口を塞いでベース 4 1 に接合された板状のリッド 4 2 とを有している。そして、凹部 4 1 1 がリッド 4 2 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 が収納されている。収納空間 S は、減圧 (真空) 状態となってもよいし、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。

【0051】

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、コパール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。

【0052】

ベース４１の凹部４１１の底面には、接続電極４５１、４６１が形成されている。また、ベース４１の下面には、外部実装端子４５２、４６２が形成されている。接続電極４５１は、ベース４１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４５２と電氣的に接続されており、接続電極４６１は、ベース４１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４６２と電氣的に接続されている。

接続電極４５１、４６１、外部実装端子４５２、４６２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（タングステン）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。

【００５３】

收容空間Ｓ内に收容されている振動素子１は、表面をベース４１側に向けて、マウント部２９において、導電性接着剤５１によってベース４１に固定されている。導電性接着剤５１は、接続電極４５１とパッド電極３３とに接触して設けられている。これにより、導電性接着剤５１を介して接続電極４５１とパッド電極３３とが電氣的に接続される。導電性接着剤５１を用いて振動素子１を一カ所（一点）で支持することによって、例えば、ベース４１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。

導電性接着剤５１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。

【００５４】

振動素子１のパッド電極３４は、ボンディングワイヤー５２を介して接続電極４６１に電氣的に接続されている。前述したように、パッド電極３４は、パッド電極３３と対向して配置されているため、振動素子１がベース４１に固定されている状態では、導電性接着剤５１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３４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３４へのボンディングワイヤー５２の接続をより確実に行うことができる。

【００５５】

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１３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１３に示す発振器１００は、振動子１０と、振動素子１を駆動するためのＩＣチップ１１０とを有している。以下、発振器１００について、前述した振動子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【００５６】

図１３に示すように、発振器１００では、ベース４１の凹部４１１にＩＣチップ１１０が固定されている。ＩＣチップ１１０は、凹部４１１の底面に形成された複数の内部端子１２０と電氣的に接続されている。複数の内部端子１２０には、接続電極４５１、４６１と接続されているものと、外部実装端子４５２、４６２と接続されているものがある。ＩＣチップ１１０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。ＩＣチップ１１０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。

【００５７】

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１４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１

10

20

30

40

50

１００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。

【００５８】

図１５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。

【００５９】

図１６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。

【００６０】

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。

【００６１】

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。

【００６２】

なお、本発明の振動素子を備える電子機器は、図１４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１５の携帯電話機、図１６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、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。

【００６３】

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１７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。

【0064】

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。

【符号の説明】

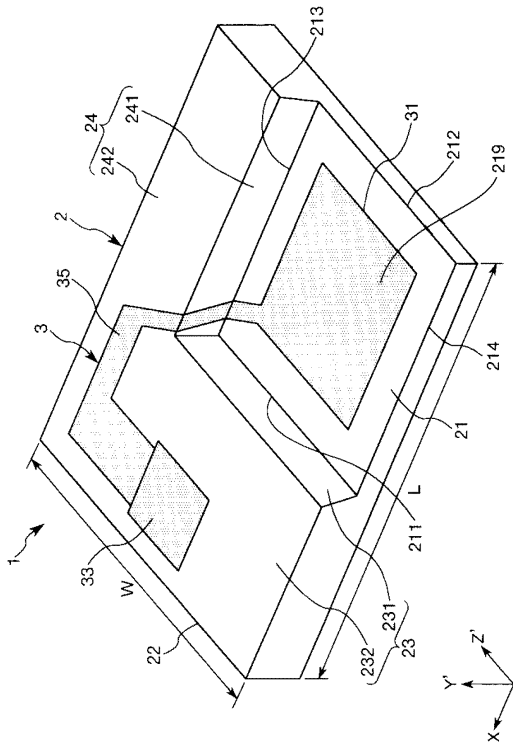
【0065】

1、1A、1B、1C、1D...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...第1外縁 212...第2外縁 213...第3外縁 214...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...第2厚肉部 241...傾斜部 242...厚肉部本体 25...第3厚肉部 251...傾斜部 252...厚肉部本体 26...第4厚肉部 261...傾斜部 262...厚肉部本体 29...マウント部 3...電極 31、32...励振電極 311、312、321、322...外縁 33、34...パッド電極 35、36...引出電極 91...接着剤 92...対象物 4...パッケージ 41...ベース 411...凹部 42...リッド 451、461...接続電極 452、462...外部実装端子 51...導電性接着剤 52...ボンディングワイヤー 1100...パーソナルコンピュータ 1102...キーボード 1104...本体部 1106...表示ユニット 1200...携帯電話機 1202...操作ボタン 1204...受話口 1206...送話口 1300...デジタルスチルカメラ 1302...ケース 1304...受光ユニット 1306...シャッターボタン 1308...メモリー 1312...ビデオ信号出力端子 1314...入出力端子 1430...テレビモニター 1440...パーソナルコンピュータ 1500...自動車 2000...表示部 D1、D2...離間距離 L...最大長さ T1、T2...領域 S...収納空間 W...最大幅

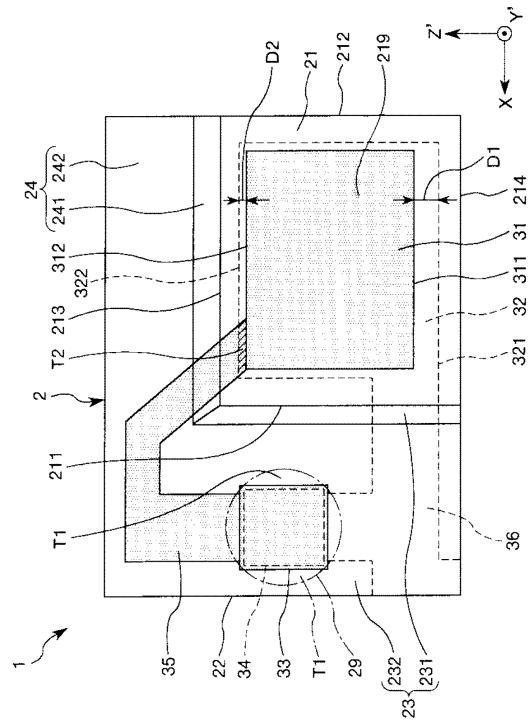
10

20

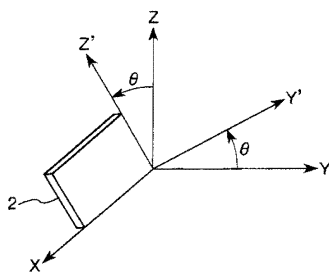
【 図 1 】



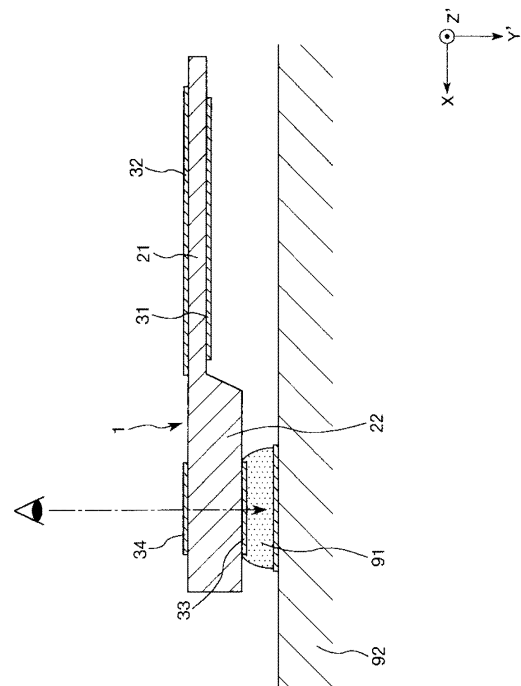
【 図 2 】



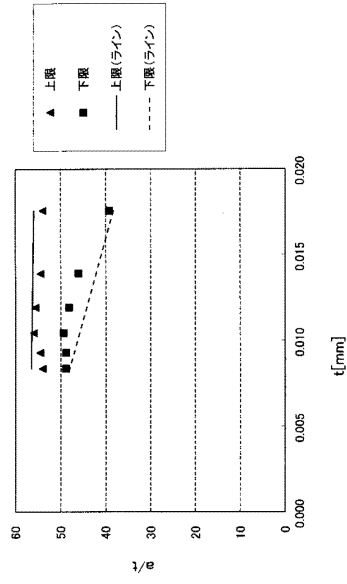
【 図 3 】



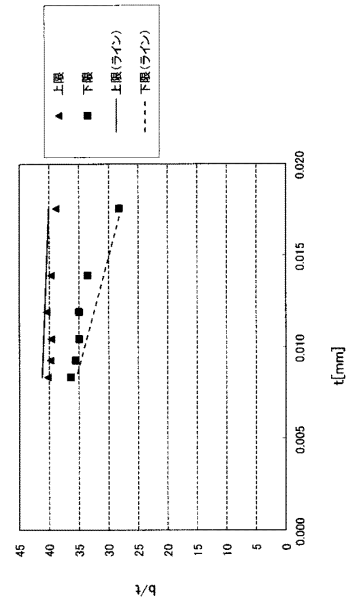
【 図 4 】



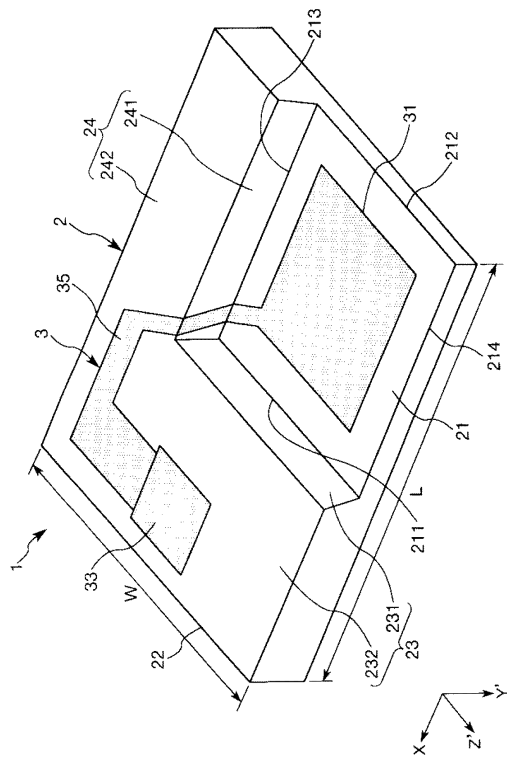
【図 5】



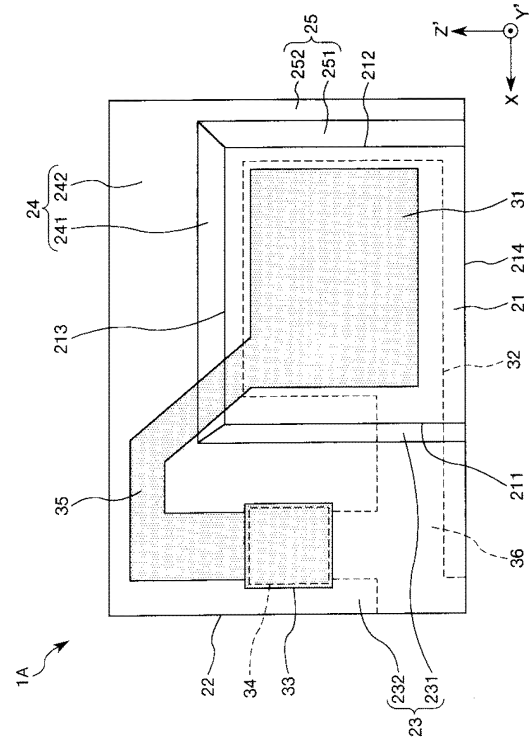
【図 6】



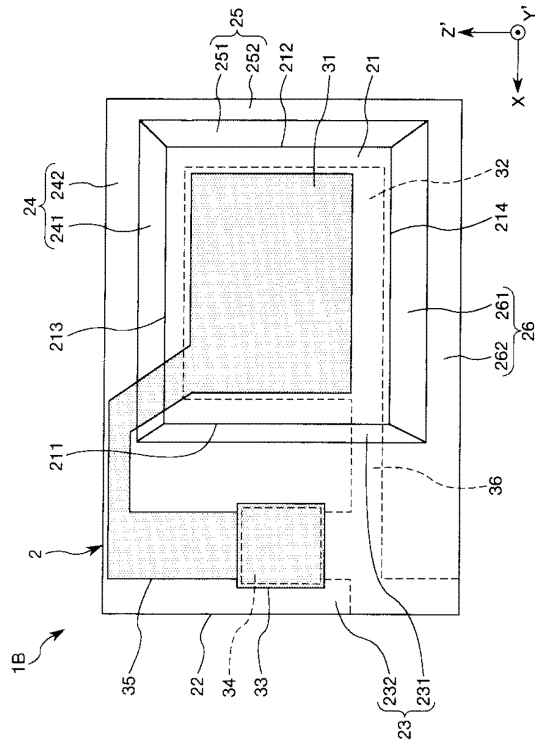
【図 7】



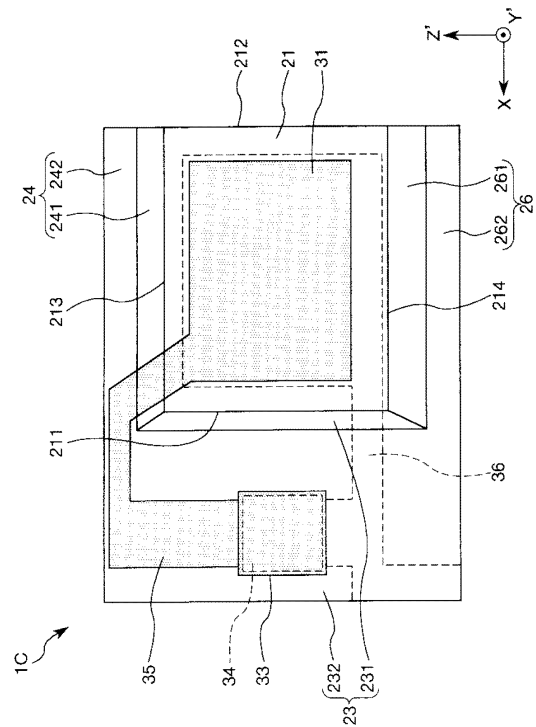
【図 8】



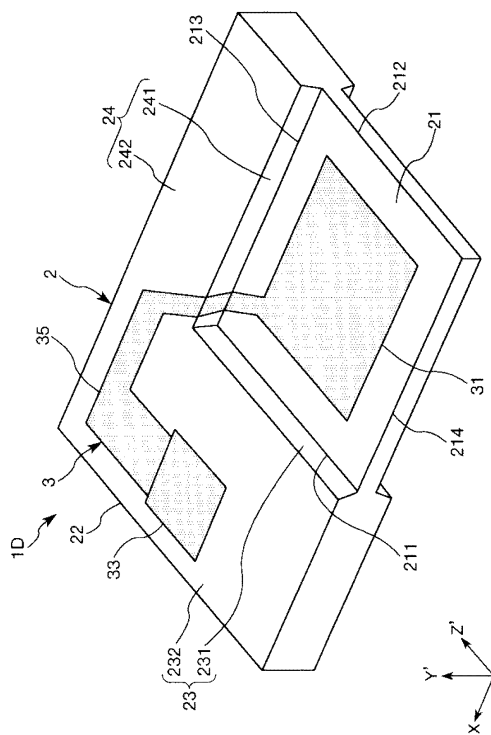
【図 9】



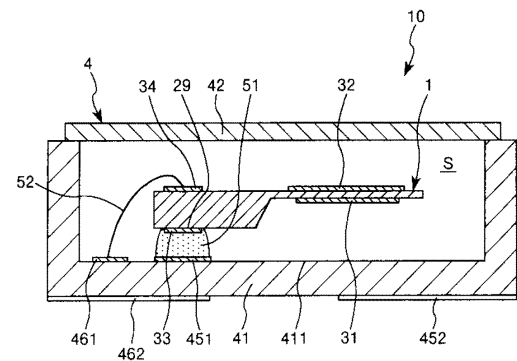
【図 10】



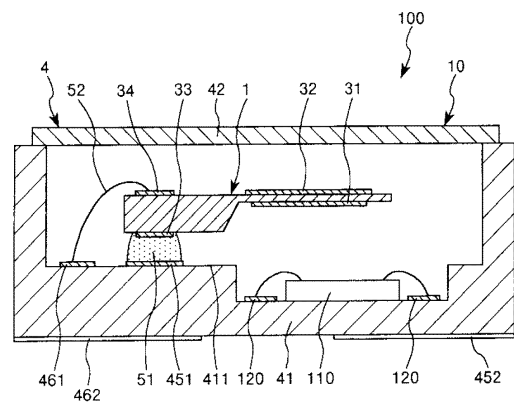
【図 11】



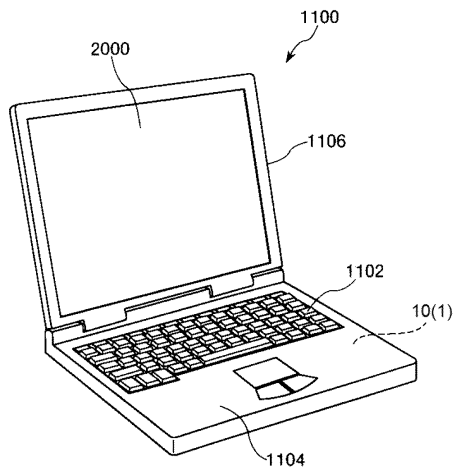
【図 12】



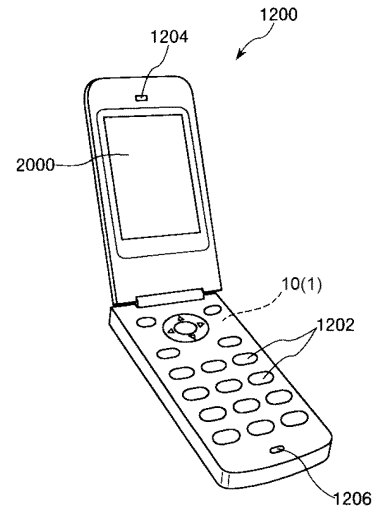
【図 13】



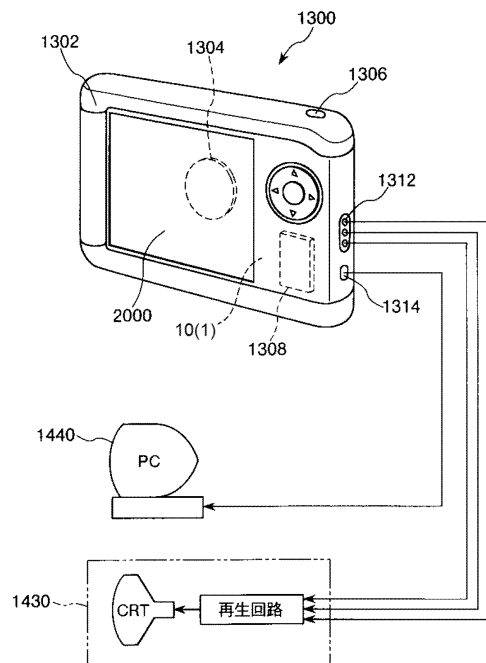
【図 14】



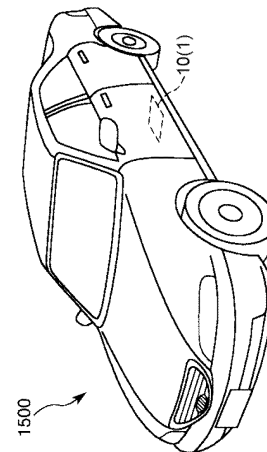
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 41/18 1 0 1 A
H 0 1 L 41/08 L

(56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 0 2 4 4 7 0 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 2 5 3 6 3 0 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 3 3 6 4 0 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 6 4 8 2 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 3 H 9 / 1 9
H 0 1 L 4 1 / 0 9
H 0 1 L 4 1 / 1 8
H 0 3 B 5 / 3 2
H 0 3 H 9 / 0 2