

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5531699号
(P5531699)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年5月9日(2014.5.9)

(51) Int.Cl.

F I

H03H 9/19 (2006.01)

H03H 9/19 J

H03H 9/215 (2006.01)

H03H 9/215

H01L 41/18 (2006.01)

H01L 41/18 101A

H01L 41/09 (2006.01)

H01L 41/08 C

H01L 41/187 (2006.01)

H01L 41/18 101D

請求項の数 14 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-65016 (P2010-65016)
 (22) 出願日 平成22年3月19日(2010.3.19)
 (65) 公開番号 特開2011-199661 (P2011-199661A)
 (43) 公開日 平成23年10月6日(2011.10.6)
 審査請求日 平成25年3月18日(2013.3.18)

(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
 (72) 発明者 山崎 隆
 東京都日野市日野421-8 エプソント
 ヨコム株式会社内
 (72) 発明者 舟川 剛夫
 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 橋本 和志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基部と、該基部から第1の方向に延出するとともに、該第1の方向に直交する第2の方向に並んで設けられ、前記第1の方向および前記第2の方向にそれぞれ直交する第3の方向に屈曲振動する複数の振動腕とを備える振動体と、

前記振動体を収納するパッケージと、

前記基部に設けられ、固定材を介して前記振動体を前記パッケージに部分的に固定する固着部と、を有し、

前記振動体は、3つの前記振動腕を備えており、

前記3つの振動腕は、隣り合う2つの前記振動腕が互いに反対方向に屈曲振動するように構成され、

前記固着部は、前記第3の方向から見たときに、前記振動体の重心を通り前記第1の方向に延びる線分上もしくはその近傍に位置し、かつ、前記固着部の前記第2の方向での幅は、前記3つの振動腕のうちの外側の2つの振動腕の間の前記第2の方向での離間距離よりも小さいことを特徴とする振動デバイス。

【請求項2】

前記固着部は、前記第3の方向から見たときに、前記振動体の重心近傍に設けられている請求項1に記載の振動デバイス。

【請求項3】

前記振動体は、その重心が前記基部内に位置するように構成されている請求項2に記載

10

20

の振動デバイス。

【請求項 4】

前記基部は、その前記第 3 の方向での厚さが前記各振動腕の前記第 3 の方向での厚さよりも大きい部分を有する請求項 3 に記載の振動デバイス。

【請求項 5】

前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、その中心が前記振動体の重心と一致するように設けられている請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の振動デバイス。

【請求項 6】

前記基部は、前記第 3 の方向を厚さ方向とする板状をなし、前記基部の一方の面には、前記固着部が設けられ、前記基部の他方の面上には、前記各振動腕を振動させるための電圧が印加される 1 対の電極のうちの少なくとも一方の電極が設けられている請求項 5 に記載の振動デバイス。

10

【請求項 7】

前記基部の他方の面上に設けられた前記電極は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分付近に位置するように設けられている請求項 6 に記載の振動デバイス。

【請求項 8】

前記 1 対の電極は、それぞれ、前記基部の前記他方の面上に設けられている請求項 6 または 7 に記載の振動デバイス。

【請求項 9】

前記 1 対の電極は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分上に沿って並ぶように設けられている請求項 8 に記載の振動デバイス。

20

【請求項 10】

前記 1 対の電極のうち、一方の電極が前記基部の前記一方の面上に設けられ、他方の電極が前記基部の前記他方の面上に設けられ、

前記固定材は、導電性を有し、前記固定材を介して前記他方の電極に通電される請求項 6 に記載の振動デバイス。

【請求項 11】

前記基部は、前記第 3 の方向を厚さ方向とする板状をなし、前記基部の一方の面には、前記固着部が設けられているとともに、前記各振動腕を振動させるための電圧が印加される 1 対の電極が前記第 3 の方向から見たときに前記線分付近に位置するように設けられ、

30

前記固定材は、導電性を有し、前記固定材を介して前記 1 対の電極に通電される請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の振動デバイス。

【請求項 12】

前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分を介して対称となるように 1 対設けられている請求項 11 に記載の振動デバイス。

【請求項 13】

前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分上に沿って並ぶように 1 対設けられている請求項 11 に記載の振動デバイス。

【請求項 14】

前記振動体は、前記振動腕上に設けられた第 1 の電極層と、該第 1 の電極層上に設けられた圧電体層と、該圧電体層上に設けられた第 2 の電極層とを備え、前記第 1 の電極層と前記第 2 の電極層との間に通電することにより、前記圧電体層を伸縮させて、前記振動腕を振動させる圧電体素子を有する請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の振動デバイス。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動デバイスに関するものである。

【背景技術】

【0002】

水晶発振器等の振動デバイスとしては、複数の振動腕を備える音叉型の振動体を備える

50

ものが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

例えば、特許文献 1 に記載の振動体は、基部と、この基部から互いに平行となるように延出する 3 つの振動腕と、各振動腕上に下部電極層、圧電層および上部電極層がこの順で成膜されて構成された圧電体素子とを有する。このような振動体において、各圧電体素子は、下部電極層と上部電極層との間に電圧が印加されることにより、圧電層を伸縮させ、各振動腕を基部の厚さ方向に屈曲振動させる。

【 0 0 0 3 】

このような振動体は、通常、パッケージ内に収納された状態で使用され、パッケージ（他の部材）に固定される。特許文献 1 に記載の振動体では、基部の幅方向（振動腕が並ぶ方向）での両端部が複数のバンプを介して実装基板（他の部材）上に接合され、これにより、振動体が実装基板に対して安定的に固定されている。

10

しかし、特許文献 1 に記載の振動体では、振動体の基部の幅方向での両端部が実装基板に対して固定されているため、振動腕を基部の厚さ方向に屈曲振動させたとき、この屈曲振動に伴って基部がその厚さ方向成分を含む方向に振動する漏れ振動がバンプを介してパッケージに伝達されやすく、振動漏れが大きくなるという問題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 2 2 4 6 2 8 号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、面外方向に屈曲振動する振動腕を備える振動体をパッケージに対して安定的に固定しつつ、振動漏れを抑制することができる振動デバイスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

[適用例 1]

30

本発明の振動デバイスは、基部と、該基部から第 1 の方向に延出するとともに、該第 1 の方向に直交する第 2 の方向に並んで設けられ、前記第 1 の方向および前記第 2 の方向にそれぞれ直交する第 3 の方向に屈曲振動する複数の振動腕とを備える振動体と、

前記振動体を収納するパッケージと、

前記基部に設けられ、固定材を介して前記振動体を前記パッケージに部分的に固定する固着部と、を有し、

前記振動体は、3 つの前記振動腕を備えており、

前記 3 つの振動腕は、隣り合う 2 つの前記振動腕が互いに反対方向に屈曲振動するように構成され、

前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、前記振動体の重心を通り前記第 1 の方向に延びる線分上もしくはその近傍に位置し、かつ、前記固着部の前記第 2 の方向での幅は、前記 3 つの振動腕のうちの外側の 2 つの振動腕の間の前記第 2 の方向での離間距離よりも小さいことを特徴とする。

40

【 0 0 0 7 】

これにより、振動体の基部に対して固着部の占める第 2 の方向の長さの割合を小さくすることができる。そのため、振動体の各振動腕が第 3 の方向に屈曲振動したときに、それに伴って基部に漏れ振動が生じて、その漏れ振動がパッケージに伝達されるのを防止または抑制することができる。その結果、本発明の振動デバイスは、振動漏れを防止または抑制することができる。

また、第 3 の方向から見たときに振動体の重心を通り第 1 の方向に延びる線分上または

50

その近傍に固着部が設けられているので、振動体の第 2 の方向における一部のみをパッケージに固定しても、振動体をパッケージに安定的に固定（支持）することができる。

また、3つの振動腕の隣り合う2つの振動腕が互いに反対方向に屈曲振動するように構成されていることにより、隣り合う2つの振動腕により生じる漏れ振動を互いに相殺することができる。その結果、振動漏れを防止することができる。

また、固着部の第 2 の方向での幅が3つの振動腕のうちの外側の2つの振動腕の間の第 2 の方向での離間距離よりも小さいことにより、振動体の基部に対して固着部の占める第 2 の方向の長さの割合を小さくすることができる。そのため、漏れ振動がパッケージに伝達されるのを防止または抑制することができる。

【 0 0 0 8 】

10

[適用例 2]

本発明の振動デバイスでは、前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、前記振動体の重心近傍に設けられていることが好ましい。

これにより、振動体の第 1 の方向での一部（一点）のみをパッケージに固定する場合において、第 3 の方向から見たときに固着部が振動体の重心から離れている場合に比べて、振動体をパッケージに安定的に固定することができる。

【 0 0 0 9 】

[適用例 3]

本発明の振動デバイスでは、前記振動体は、その重心が前記基部内に位置するように構成されていることが好ましい。

20

これにより、振動体の基部とパッケージとを固定材を介して固定することができる。そのため、パッケージに対する振動体の設置・固定が簡単なものとなる。

【 0 0 1 0 】

[適用例 4]

本発明の振動デバイスでは、前記基部は、その前記第 3 の方向での厚さが前記各振動腕の前記第 3 の方向での厚さよりも大きい部分を有することが好ましい。

これにより、基部の第 1 の方向および第 2 の方向での寸法を抑えつつ、基部内に振動体の重心を位置させることができる。

【 0 0 1 1 】

[適用例 5]

30

本発明の振動デバイスでは、前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、その中心が前記振動体の重心と一致するように設けられていることが好ましい。

これにより、振動体の一部（一点）をパッケージに固定する場合において、振動体をパッケージに安定的に固定することができる。

【 0 0 1 2 】

[適用例 6]

本発明の振動デバイスでは、前記基部は、前記第 3 の方向を厚さ方向とする板状をなし、前記基部の一方の面には、前記固着部が設けられ、前記基部の他方の面上には、前記各振動腕を振動させるための電圧が印加される 1 対の電極のうちの少なくとも一方の電極が設けられていることが好ましい。

40

これにより、1つの固着部で振動体をパッケージに簡単に固定することができる。

【 0 0 1 3 】

[適用例 7]

本発明の振動デバイスでは、前記基部の他方の面上に設けられた前記電極は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分付近に位置するように設けられていることが好ましい。

これにより、振動体が漏れ振動や外部からの衝撃により変位しても、基部の固着部と反対側の面上に設けられた電極の変位を抑えることができる。そのため、例えば、基部の固着部と反対側の面上に設けられた電極にボンディングワイヤーを介して通電を行う場合、そのボンディングワイヤーの損傷を防止することができる。

【 0 0 1 4 】

50

〔適用例 8〕

本発明の振動デバイスでは、前記 1 対の電極は、それぞれ、前記基部の前記他方の面上に設けられていることが好ましい。

これにより、基部の固着部とは反対側から 1 対の電極に通電を行うことができる。そのため、固定材は導電性を有する必要がないので、固定材の材料の選択の幅が広がる。その結果、所望の機械的特性を有する固定材を簡単に実現することができる。

【0015】

〔適用例 9〕

本発明の振動デバイスでは、前記 1 対の電極は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分上に沿って並ぶように設けられていることが好ましい。

これにより、振動体が漏れ振動や外部からの衝撃により変位しても、1 対の電極の変位をそれぞれ抑えることができる。

【0016】

〔適用例 10〕

本発明の振動デバイスでは、前記 1 対の電極のうち、一方の電極が前記基部の前記一方の面上に設けられ、他方の電極が前記基部の前記他方の面上に設けられ、

前記固定材は、導電性を有し、前記固定材を介して前記他方の電極に通電されることが好ましい。

これにより、1 つの固着部で振動体をパッケージに固定しつつ、1 対の電極に通電を行うことができる。

【0017】

〔適用例 11〕

本発明の振動デバイスでは、前記基部は、前記第 3 の方向を厚さ方向とする板状をなし、前記基部の一方の面には、前記固着部が設けられており、前記各振動腕を振動させるための電圧が印加される 1 対の電極が前記第 3 の方向から見たときに前記線分付近に位置するように設けられ、

前記固定材は、導電性を有し、前記固定材を介して前記 1 対の電極に通電されることが好ましい。

これにより、ボンディングワイヤーを用いることなく、1 対の電極に通電を行うことができる。そのため、振動デバイスの構成が簡単となる。

【0018】

〔適用例 12〕

本発明の振動デバイスでは、前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分を介して対称となるように 1 対設けられていることが好ましい。

これにより、振動体をパッケージに安定的に固定（支持）することができる。

〔適用例 13〕

本発明の振動デバイスでは、前記固着部は、前記第 3 の方向から見たときに、前記線分上に沿って並ぶように 1 対設けられていることが好ましい。

これにより、2 つの固着部が振動体に固着している場合においても、振動体の基部に対して固着部の占める第 2 の方向の長さの割合を小さくすることができる。そのため、漏れ振動がパッケージに伝達されるのを防止または抑制することができる。

【0021】

〔適用例 14〕

本発明の振動デバイスでは、前記振動体は、前記振動腕上に設けられた第 1 の電極層と、該第 1 の電極層上に設けられた圧電体層と、該圧電体層上に設けられた第 2 の電極層とを備え、前記第 1 の電極層と前記第 2 の電極層との間に通電することにより、前記圧電体層を伸縮させて、前記振動腕を振動させる圧電体素子を有することが好ましい。

これにより、比較的簡単に、各振動腕を第 3 の方向に屈曲振動させることができる。また、各振動腕が圧電性を有していなくてもよいので、各振動腕の材料の選択の幅が広がる。そのため、所望の振動特性を有する振動体を比較的簡単に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 2 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【図 2】図 1 に示す振動デバイスを示す上面図である。

【図 3】図 1 に示す振動デバイスに備えられた振動体を示す下面図である。

【図 4】図 2 中の A - A 線断面図である。

【図 5】図 2 に示す振動体の動作を説明するための斜視図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【図 7】図 6 に示す振動デバイスを示す上面図である。

【図 8】本発明の第 3 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

10

【図 9】図 8 に示す振動デバイスを示す上面図である。

【図 10】本発明の第 4 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【図 11】図 10 に示す振動デバイスを示す上面図である。

【図 12】本発明の第 5 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【図 13】図 12 に示す振動デバイスを示す上面図である。

【図 14】図 12 に示す振動デバイスに備えられた振動体を示す下面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 3 】

以下、本発明の振動デバイスを添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

< 第 1 実施形態 >

20

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図、図 2 は、図 1 に示す振動デバイスを示す上面図、図 3 は、図 1 に示す振動デバイスに備えられた振動体を示す下面図、図 4 は、図 2 中の A - A 線断面図、図 5 は、図 2 に示す振動体の動作を説明するための斜視図である。なお、各図では、説明の便宜上、互いに直交する 3 つの軸として、X 軸、Y 軸および Z 軸を図示している。また、以下では、Y 軸に平行な方向（第 1 の方向）を Y 軸方向、X 軸に平行な方向（第 2 の方向）を「X 軸方向」、Z 軸に平行な方向（第 3 の方向）を Z 軸方向と言う。また、以下の説明では、説明の便宜上、図 1 中の上側を「上」、下側を「下」、右側を「右」、左側を「左」と言う。

図 1 に示す振動デバイス 1 は、振動体 2 と、この振動体 2 を収納するパッケージ 3 と、振動体 2 をパッケージ 3 に固定する固定材 5 とを有する。

30

【 0 0 2 4 】

以下、振動デバイス 1 を構成する各部を順次詳細に説明する。

(振動体)

まず、振動体 2 について説明する。

振動体 2 は、図 2 に示すような 3 脚音叉型の振動体である。この振動体 2 は、振動基板 2 1 と、この振動基板 2 1 上に設けられた圧電体素子 2 2、2 3、2 4 および接続電極 4 1、4 2 とを有している。

【 0 0 2 5 】

振動基板 2 1 は、基部 2 7 と、3 つの振動腕 2 8、2 9、3 0 とを有している。

振動基板 2 1 の構成材料としては、所望の振動特性を発揮することができるものであれば、特に限定されず、各種圧電体材料および各種非圧電体材料を用いることができる。

40

例えば、かかる圧電体材料としては、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ホウ酸リチウム、チタン酸バリウム等が挙げられる。特に、振動基板 2 1 を構成する圧電体材料としては水晶が好ましい。水晶で振動基板 2 1 を構成すると、振動基板 2 1 の振動特性を優れたものとすることができる。また、エッチングにより高い寸法精度で振動基板 2 1 を形成することができる。

また、かかる非圧電体材料としては、例えば、シリコン、石英等が挙げられる。特に、振動基板 2 1 を構成する非圧電体材料としてはシリコンが好ましい。シリコンで振動基板 2 1 を構成すると、振動基板 2 1 の振動特性を優れたものとすることができる。また、エッチングにより高い寸法精度で振動基板 2 1 を形成することができる。

50

【 0 0 2 6 】

このような振動基板 2 1 において、基部 2 7 は、Z 軸方向を厚さ方向とする略板状をなしている。また、図 1 および図 3 に示すように、基部 2 7 は、薄肉に形成された薄肉部 2 7 1 と、この薄肉部 2 7 1 よりも厚肉に形成された厚肉部 2 7 2 とを有し、これらが Y 軸方向に並んで設けられている。

また、薄肉部 2 7 1 は、後述する各振動腕 2 8、2 9、3 0 と等しい厚さとなるように形成されている。したがって、厚肉部 2 7 2 は、その Z 軸方向での厚さが各振動腕 2 8、2 9、3 0 の Z 軸方向での厚さよりも大きい部分である。

基部 2 7 が前述したような厚肉部 2 7 2 を有することにより、基部 2 7 の Y 軸方向および X 軸方向での寸法を抑えつつ、基部 2 7 の質量を大きくすることができる。その結果、基部 2 7 の Y 軸方向および X 軸方向での寸法を抑えつつ、基部 2 7 内に振動体 2 の重心を位置させることができる。

10

【 0 0 2 7 】

そして、基部 2 7 の薄肉部 2 7 1 の厚肉部 2 7 2 とは反対側には、3 つの振動腕 2 8、2 9、3 0 が接続されている。

振動腕 2 8、2 9 は、基部 2 7 (薄肉部 2 7 1) の X 軸方向での両端部に接続され、振動腕 3 0 は、基部 2 7 (薄肉部 2 7 1) の X 軸方向での中央部に接続されている。

3 つの振動腕 2 8、2 9、3 0 は、互いに平行となるように基部 2 7 からそれぞれ延出して設けられている。より具体的には、3 つの振動腕 2 8、2 9、3 0 は、基部 2 7 からそれぞれ Y 軸方向に延出するとともに、X 軸方向に並んで設けられている。

20

【 0 0 2 8 】

この振動腕 2 8、2 9、3 0 は、それぞれ、長手形状をなし、その基部 2 7 側の端部 (基端部) が固定端となり、基部 2 7 と反対側の端部 (先端部) が自由端となる。

また、振動腕 2 8、2 9 は、互いに同じ幅となるように形成され、振動腕 3 0 は、振動腕 2 8、2 9 の幅の 2 倍の幅となるように形成されている。これにより、振動腕 2 8、2 9 を Z 軸方向に屈曲振動させるとともに、振動腕 3 0 を振動腕 2 8、2 9 と反対方向に (逆相で) Z 軸方向に屈曲振動させたとき、振動漏れを少なくすることができる。

【 0 0 2 9 】

また、各振動腕 2 8、2 9、3 0 は、長手方向での全域に亘って幅が一定となっている。なお、必要に応じて、振動腕 2 8、2 9、3 0 の各先端部には、基端部よりも横断面積が大きい質量部 (ハンマーヘッド) を設けてもよい。この場合、振動体 2 をより小型なものとしたり、振動腕 2 8、2 9、3 0 の屈曲振動の周波数をより低めたりすることができる。

30

【 0 0 3 0 】

図 4 に示すように、このような振動腕 2 8 上には、圧電体素子 2 2 が設けられ、また、振動腕 2 9 上には、圧電体素子 2 3 が設けられ、さらに、振動腕 3 0 上には、圧電体素子 2 4 が設けられている。これにより、比較的簡単に、各振動腕 2 8、2 9、3 0 を Z 軸方向に屈曲振動させることができる。また、各振動腕 2 8、2 9、3 0 が圧電性を有していてもよいので、各振動腕 2 8、2 9、3 0 の材料の選択の幅が広がる。そのため、所望の振動特性を有する振動体 2 を比較的簡単に実現することができる。

40

【 0 0 3 1 】

圧電体素子 2 2 は、通電により伸縮して振動腕 2 8 を Z 軸方向に屈曲振動させる機能を有する。また、圧電体素子 2 3 は、通電により伸縮して振動腕 2 9 を Z 軸方向に屈曲振動させる機能を有する。また、圧電体素子 2 4 は、通電により伸縮して振動腕 3 0 を Z 軸方向に屈曲振動させる機能を有する。

このような圧電体素子 2 2 は、図 4 に示すように、振動腕 2 8 上に、第 1 の電極層 2 2 1、圧電体層 (圧電薄膜) 2 2 2、第 2 の電極層 2 2 3 がこの順で積層されて構成されている。

【 0 0 3 2 】

このような圧電体素子 2 2 においては、第 1 の電極層 2 2 1 と第 2 の電極層 2 2 3 との

50

間に電圧が印加されると、圧電体層 2 2 2 に Z 軸方向の電界が生じる。この電界により、圧電体層 2 2 2 は、Y 軸方向に伸張または収縮し、振動腕 2 8 を Z 軸方向に屈曲振動させる。

同様に、圧電体素子 2 3 は、振動腕 2 9 上に、第 1 の電極層 2 3 1、圧電体層（圧電薄膜）2 3 2、第 2 の電極層 2 3 3 がこの順で積層されて構成されている。また、圧電体素子 2 4 は、振動腕 3 0 上に、第 1 の電極層 2 4 1、圧電体層（圧電薄膜）2 4 2、第 2 の電極層 2 4 3 がこの順で積層されて構成されている。

【 0 0 3 3 】

このような圧電体素子 2 3 においては、第 1 の電極層 2 3 1 と第 2 の電極層 2 3 3 との間に電圧が印加されると、圧電体層 2 3 2 は、Y 軸方向に伸張または収縮し、振動腕 2 9 を Z 軸方向に屈曲振動させる。また、第 1 の電極層 2 4 1 と第 2 の電極層 2 4 3 との間に電圧が印加されると、圧電体層 2 4 2 は、Y 軸方向に伸張または収縮し、振動腕 3 0 を Z 軸方向に屈曲振動させる。

【 0 0 3 4 】

また、前述した第 1 の電極層 2 2 1、2 3 1 は、図示しない貫通電極および配線からなる導通部を介して、第 2 の電極層 2 4 3 に電氣的に接続されている。そして、第 2 の電極層 2 4 3 は、図 2 に示すように、基部 2 7 の上面に設けられた接続電極 4 1 に電氣的に接続されている。これにより、第 1 の電極層 2 2 1、2 3 1 および第 2 の電極層 2 4 3 は、それぞれ、接続電極 4 1 に電氣的に接続されている。

【 0 0 3 5 】

また、第 1 の電極層 2 4 1 は、図示しない貫通電極および配線からなる導通部を介して、第 2 の電極層 2 2 3、2 3 3 に電氣的に接続されている。そして、第 2 の電極層 2 2 3、2 3 3 は、図 2、3 に示すように、配線 4 3 を介して、基部 2 7 の下面に設けられた接続電極 4 2 に電氣的に接続されている。これにより、第 1 の電極層 2 4 1 および第 2 の電極層 2 2 3、2 3 3 は、接続電極 4 2 に電氣的に接続されている。

このような第 1 の電極層 2 2 1、2 3 1、2 4 1、第 2 の電極層 2 2 3、2 3 3、2 4 3、接続電極 4 1、4 2 および配線 4 3 等は、それぞれ、クロム金積層膜、アルミニウム、アルミニウム合金、銀、銀合金、クロム、クロム合金等の導電性に優れた金属材料により形成することができる。

【 0 0 3 6 】

また、これらの電極等の形成方法としては、スパッタリング法、真空蒸着法等の物理成膜法、CVD 等の化学蒸着法、インクジェット法等の各種塗布法等が挙げられる。また、これらの電極等の形成に際しては、フォトリソグラフィ法を用いるのが好ましい。

なお、第 1 の電極層 2 2 1、2 3 1、2 4 1 は、同一の成膜工程で形成することができる。また、第 2 の電極層 2 2 3、2 3 3、2 4 3 は、同一の成膜工程で形成することができる。

【 0 0 3 7 】

圧電体層 2 2 2、2 3 2、2 4 2 の構成材料（圧電体材料）としては、それぞれ、例えば、ZnO、AlN、PZT 等が挙げられる。

また、これらの圧電体層の形成方法としては、スパッタリング法、真空蒸着法等の物理成膜法、CVD 等の化学蒸着法、インクジェット法等の各種塗布法等が挙げられる。

なお、圧電体層 2 2 2、2 3 2、2 4 2 は、同一の成膜工程で形成することができる。

【 0 0 3 8 】

このような構成の振動体 2 においては、接続電極 4 1 と接続電極 4 2 との間に電圧（各振動腕 2 8、2 9、3 0 を振動させるための電圧）が印加されると、第 1 の電極層 2 2 1、2 3 1 および第 2 の電極層 2 4 3 と、第 1 の電極層 2 4 1 および第 2 の電極層 2 2 3、2 3 3 とが逆極性となるようにして、前述した圧電体層 2 2 2、2 3 2、2 4 2 にそれぞれ Z 軸方向の電圧が印加される。これにより、圧電体材料の逆圧電効果により、ある一定の周波数（共鳴周波数）で各振動腕 2 8、2 9、3 0 を屈曲振動させることができる。このとき、図 5 に示すように、振動腕 2 8、2 9 は、互いに同方向に屈曲振動し、振動腕 3

10

20

30

40

50

0 は、振動腕 28、29 とは反対方向に屈曲振動する。

【0039】

このように、隣り合う 2 つの振動腕を互いに反対方向に屈曲振動させることにより、隣り合う 2 つの振動腕 28、30 および 29、30 により生じる漏れ振動を互いに相殺することができる。その結果、振動漏れを防止することができる。

また、各振動腕 28、29、30 が屈曲振動すると、接続電極 41、42 間には、圧電体材料の圧電効果により、ある一定の周波数で電圧が発生する。これらの性質を利用して、振動体 2 は、共鳴周波数で振動する電気信号を発生させることができる。

【0040】

(パッケージ)

次に、振動体 2 を收容・固定するパッケージ 3 について説明する。

パッケージ 3 は、図 1 に示すように、板状のベース基板 31 と、棒状の棒部材 32 と、板状の蓋部材 33 とを有している。ベース基板 31、棒部材 32 および蓋部材 33 は、下側から上側へこの順で積層されている。ベース基板 31 と棒部材 32 は、セラミック材料等で形成されており、互いに一体に焼成されることで接合されている。そして、棒部材 32 と蓋部材 33 は、低融点ガラス、接着剤、ろう材、あるいはシーム溶接等により接合されている。そして、パッケージ 3 は、ベース基板 31、棒部材 32 および蓋部材 33 で画成された内部空間 5 に、振動体 2 を収納している。なお、パッケージ 3 内には、振動体 2 の他、振動体 2 を駆動する電子部品等を収納することもできる。

【0041】

ベース基板 31 の構成材料としては、絶縁性（非導電性）を有しているものが好ましく、例えば、各種ガラス、酸化物セラミックス、窒化物セラミックス、炭化物系セラミックス等の各種セラミックス材料、ポリイミド等の各種樹脂材料などを用いることができる。

また、棒部材 32 および蓋部材 33 の構成材料としては、例えば、ベース基板 31 と同様の構成材料、Al、Cu のような各種金属材料、各種ガラス材料等を用いることができる。特に、蓋部材 33 の構成材料として、ガラス材料等の光透過性を有するものを用いた場合、振動体 2 に予め金属被覆部（図示せず）を形成しておくこと、振動体 2 をパッケージ 3 内に收容した後であっても、蓋部材 33 を介して前記金属被覆部にレーザーを照射し、前記金属被覆部を除去して振動体 2 の質量を減少させることにより（質量削減方式により）、振動体 2 の周波数調整を行うことができる。

【0042】

また、ベース基板 31 の上面には、一对の電極 35a、35b が内部空間 5 に露出するように形成されている。

この電極 35a 上には、固定材 5 を介して、前述した振動体 2 が固定されている。この固定材 5 は、導電性を有している。これにより、固定材 5 を介して、振動体 2 がベース基板 31 に固定されるとともに、接続電極 42 と電極 35a が固定材 5 を介して電氣的に接続される。本実施形態では、前述した厚肉部 272 が振動基板 21 の厚さ方向に突出する側の面を下側（ベース基板 31 側）となるように、振動体 2 がパッケージ 3 に対して固定されている。なお、固定材 5 については、後に詳述する。

【0043】

また、電極 35b は、例えばワイヤーボンディング技術により形成された金属ワイヤー（ボンディングワイヤー）37 を介して、前述した接続電極 41 に電氣的に接続されている。

また、ベース基板 31 の下面には、4 つの外部端子 34a、34b、34c、34d が設けられている。

【0044】

これら 4 つの外部端子 34a ~ 34d のうち、外部端子 34a、34b は、それぞれ、ベース基板 31 に形成されたビアホールに設けられた導体ポスト（図示せず）を介して電極 35a、35b に電氣的に接続されたホット端子である。また、他の 2 つの外部端子 34c、34d は、それぞれ、パッケージ 3 を実装用基板に実装するとき、接合強度を高

10

20

30

40

50

めたり、パッケージ 3 と実装用基板との間の距離を均一化するためのダミー端子である。

【 0 0 4 5 】

このような電極 3 5 a、3 5 b および外部端子 3 4 a ~ 3 4 d は、それぞれ、例えば、タングステンおよびニッケルメッキの下地層に、金メッキを施すことで形成することができる。

なお、パッケージ 3 内部に電子部品を収納した場合、ベース基板 3 1 の下面には、必要に応じて、電子部品の特性検査や、電子部品内の各種情報（例えば、振動デバイスの温度補償情報）の書き換え（調整）を行うための書込端子が形成されていてもよい。

【 0 0 4 6 】

（固定材）

固定材 5 は、振動体 2 をパッケージ 3 に対して部分的に固定する機能を有する。

また、本実施形態では、固定材 5 は、導電性を有する。例えば、固定材 5 は、導電性粒子を含有するエポキシ系、ポリイミド系、シリコン系等の導電性接着剤、および金等のバンプで構成されている。このような固定材 5 は、未硬化（未固化）の導電性接着剤を電極 3 5 a 上に塗布し、さらに、この導電性接着剤上に振動体 2 を載置した後、その導電性接着剤を硬化または固化させることにより形成される。これにより、振動体 2（基部 2 7）が電極 3 5 a（ベース基板 3 1）に確実に固定される。

【 0 0 4 7 】

また、この固定は、導電性接着剤が振動体 2 の接続電極 4 2 に接触するように、振動体 2 を導電性接着剤上に載置して行う。これにより、固定材 5 を介して、振動体 2 がベース基板 3 1 に固定されるとともに、接続電極 4 2 と電極 3 5 a が固定材 5 を介して電氣的に接続される。

なお、固定材 5 は、半田やろう材等で構成されていてもよい。この場合にも、固定材 5 を介して接続電極 4 2 と電極 3 5 a とを電氣的に接続することができる。

【 0 0 4 8 】

このような固定材 5 は、図 1、2 に示すように、振動体 2 に部分的に固着した固着部 5 1 を備えている。

本実施形態では、固定材 5 および固着部 5 1 は、Z 軸方向から見たときに、それぞれ、円形をなしている。なお、固定材 5 および固着部 5 1 の Z 軸方向から見たときの形状は、これに限定されず、楕円形、3 角形、4 角形、5 角形等の多角形等であってもよい。

【 0 0 4 9 】

この固着部 5 1 は、図 2 に示すように、Z 軸方向から見たときに（平面視したときに）、振動体 2 の重心 G を通り Y 軸方向に延びる線分 L 上に位置している。

これにより、振動体 2 の基部 2 7 に対して固着部 5 1 の占める X 軸方向の長さの割合を小さくすることができる。そのため、振動体 2 の各振動腕 2 8、2 9、3 0 が Z 軸方向に屈曲振動したときに、それに伴って基部 2 7 に漏れ振動が生じて、その漏れ振動がパッケージ 3 に伝達されるのを防止または抑制することができる。その結果、本発明の振動デバイス 1 は、振動漏れを防止または抑制することができる。

【 0 0 5 0 】

また、固着部 5 1 が前述した線分 L 上に設けられているので、振動体 2 の X 軸方向における一部（一点）のみをパッケージ 3 に固定しても、振動体 2 をパッケージ 3 に安定的に固定（支持）することができる。

特に、固着部 5 1 は、Z 軸方向から見たときに、振動体 2 の重心 G 近傍に設けられている。これにより、振動体 2 の Y 軸方向での一部（一点）のみをパッケージ 3 に固定する場合において、Z 軸方向から見たときに固着部 5 1 が振動体 2 の重心 G から離れている場合に比べて、振動体 2 をパッケージ 3 に安定的に固定することができる。

本実施形態では、振動体 2 は、その重心 G が基部 2 7 内に位置している。これにより、振動体 2 の基部 2 7 とパッケージ 3 とを固定材 5 を介して固定することができる。そのため、パッケージ 3 に対する振動体 2 の設置・固定が簡単なものとなる。

【 0 0 5 1 】

また、固着部 5 1 は、Z 軸方向から見たときに、その中心が振動体 2 の重心 G と一致するように設けられている。これにより、振動体 2 の一部（一点）をパッケージ 3 に固定する場合において、振動体 2 をパッケージ 3 に安定的に固定することができる。

また、前述した 1 対の接続電極 4 1、4 2 は、一方の接続電極 4 1 が板状の基部 2 7 の一方の面（上面）上に設けられ、他方の接続電極 4 2 が基部 2 7 の他方の面（下面）上に設けられている。そのため、振動体 2 の下側からの通電箇所は接続電極 4 2 の 1 箇所のみとなる。したがって、導電性を有する固定材 5 を介して接続電極 4 2 に通電することにより、1 つの固着部 5 1 で振動体 2 をパッケージ 3 に簡単に固定することができる。

【0052】

また、基部 2 7 の接続電極 4 2 とは反対側の面上に設けられた接続電極 4 1 は、Z 軸方向から見たときに、前述した線分 L 付近に位置するように設けられている。これにより、振動体 2 が漏れ振動や外部からの衝撃により変位しても、基部 2 7 の固着部 5 1 と反対側の面上に設けられた接続電極 4 1 の変位を抑えることができる。そのため、本実施形態のように基部 2 7 の固着部 5 1 と反対側の面上に設けられた接続電極 4 1 に金属ワイヤー 3 7 を介して通電を行う場合、その金属ワイヤー 3 7 の損傷を防止することができる。

【0053】

また、固着部 5 1 の X 軸方向での幅 W は、3 つの振動腕 2 8、2 9、3 0 のうちの外側の 2 つの振動腕 2 8、2 9 の間の X 軸方向での離間距離 D よりも小さい。これにより、振動体 2 の基部 2 7 に対して固着部 5 1 の占める X 軸方向の長さの割合を小さくすることができる。そのため、基部 2 7 に生じた漏れ振動がパッケージ 3 に伝達されるのを防止または抑制することができる。

また、本実施形態では、固着部 5 1 の X 軸方向での幅 W は、3 つの振動腕 2 8、2 9、3 0 のうちの内側（中央）の振動腕 3 0 の X 軸方向の幅とほぼ等しくなっている。これにより、振動腕 2 8、2 9 の屈曲振動に伴って基部 2 7 に生じる漏れ振動が固着部 5 1（固定材 5）に伝わるのをより確実に防止することができる。

【0054】

また、前述したような基部 2 7 に生じた漏れ振動がパッケージ 3 に伝達されるのを防止または抑制する観点から、振動体 2 の基部 2 7 に対して固着部 5 1 の占める X 軸方向の長さの割合は、 $1/20$ 以上 $1/3$ 以下であるのが好ましく、 $1/20$ 以上 $1/4$ 以下であるのがより好ましい。かかる割合が前記下限値未満であると、固定材 5 の構成材料や配置等によっては、パッケージ 3 に対する振動体 2 の固定に必要な固定材 5 の機械的強度が不足する場合がある。一方、かかる割合が前記上限値を超えると、基部 2 7 からパッケージ 3 へ伝達される漏れ振動が増加する傾向を示す。

【0055】

また、パッケージ 3 に対する振動体 2 の固定に必要な固定材 5 の機械的強度、および、振動体 2 に対して固定材 5 を固着可能な面積を考慮すると、振動体 2 の基部 2 7 に対して固着部 5 1 の占める Y 軸方向の長さの割合は、基部 2 7 の形状や大きさ等にもよるが、 $1/20$ 以上 $1/2$ 以下であるのが好ましく、 $1/20$ 以上 $1/3$ 以下であるのがより好ましく、 $1/20$ 以上 $1/4$ 以下であるのがさらに好ましい。

【0056】

また、固定材 5 の Z 軸方向での厚さは、特に限定されないが、 $0.01 \sim 0.1$ mm 程度であるのが好ましい。

また、固定材 5 は、前述した電極 3 5 a（ベース基板 3 1）にも固着した部分を有しているが、かかる部分の面積は、パッケージ 3 に対する振動体 2 の固定に必要な固定材 5 の機械的強度を確保する観点から、固着部 5 1 と同等もしくはそれ以上であるのが好ましい。

【0057】

以上説明したような第 1 実施形態によれば、振動体 2 をパッケージ 3 に対して固定する固定材 5 の固着部 5 1 が Z 軸方向から見たときに振動体 2 の重心 G 付近に位置するので、振動体 2 の基部 2 7 に対して固着部 5 1 の占める X 軸方向の長さの割合を小さくすること

10

20

30

40

50

ができる。そのため、振動体 2 の各振動腕 2 8、2 9、3 0 が Z 軸方向に屈曲振動したときに、それに伴って基部 2 7 に漏れ振動が生じて、その漏れ振動がパッケージ 3 に伝達されるのを防止または抑制することができる。その結果、本発明の振動デバイス 1 は、振動漏れを防止または抑制することができる。

また、固着部 5 1 が前述した線分 L 上に設けられているので、振動体 2 の X 軸方向における一部（一点）のみをパッケージ 3 に固定しても、振動体 2 をパッケージ 3 に安定的に固定（支持）することができる。

【0058】

< 第 2 実施形態 >

次に、本発明の振動デバイスの第 2 実施形態について説明する。

10

図 6 は、本発明の第 2 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図、図 7 は、図 6 に示す振動デバイスを示す上面図である。

以下、第 2 実施形態の振動デバイスについて、前述した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。

第 2 実施形態の振動デバイスは、接続電極およびこれに通電するための構成が異なる以外は、第 1 実施形態とほぼ同様である。なお、図 6、7 では、前述した実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【0059】

本実施形態の振動デバイス 1 A は、図 6 に示すように、振動体 2 A と、この振動体 2 A を収納するパッケージ 3 A と、振動体 2 A をパッケージに 3 A に対して固定する固定材 5 A とを有している。

20

振動体 2 A は、図 6、7 に示すように、振動基板 2 1 の基部 2 7 の一方の面（上面）上に接続電極 4 1、4 2 がそれぞれ設けられている。

【0060】

また、パッケージ 3 A は、ベース基板 3 1 の上面上に、Z 軸方向から見たときに線分 L 付近に線分 L を介して対称となるように、1 対の電極 3 5 a、3 5 b が設けられている。

そして、接続電極 4 1 と電極 3 5 a が金属ワイヤー 3 7 を介して電氣的に接続されるとともに、接続電極 4 2 と電極 3 5 b が金属ワイヤー 3 8 を介して電氣的に接続されている。

【0061】

30

固定材 5 A は、Z 軸方向から見たときに、振動体 2 A の重心 G 付近に位置し、振動体 2 A をパッケージ 3 に対して固定している。この固定材 5 A は、振動体 2 A に部分的に固着する固着部 5 1 A を備える。

前述したように、基部 2 7 の固着部 5 1 とは反対側の面上に 1 対の接続電極 4 1、4 2 がそれぞれ設けられているので、基部 2 7 の固着部 5 1 A とは反対側から 1 対の接続電極 4 1、4 2 に通電を行うことができる。そのため、固定材 5 A は導電性を有する必要がないので、固定材 5 A の材料の選択の幅が広がる。その結果、所望の機械的特性を有する固定材 5 A を簡単に実現することができる。また、1 つの固定材 5 A（固着部 5 1 A）で振動体 2 をパッケージ 3 に簡単に固定することができる。

【0062】

40

また、基部 2 7 の固着部 5 1 とは反対側の面上に設けられた接続電極 4 1、4 2 は、それぞれ、Z 軸方向から見たときに、線分 L 付近に位置するように設けられている。これにより、振動体 2 A が漏れ振動や外部からの衝撃により変位しても、基部 2 7 の固着部 5 1 と反対側の面上に設けられた接続電極 4 1、4 2 の変位をそれぞれ抑えることができる。そのため、接続電極 4 1、4 2 に例えばボンディングワイヤーからなる金属ワイヤー 3 7、3 8 を介して通電を行う場合、その金属ワイヤー 3 7、3 8 の損傷を防止することができる。

【0063】

特に、1 対の接続電極 4 1、4 2 は、Z 軸方向から見たときに、線分 L 上に沿って並ぶように設けられている。これにより、振動体 2 A が漏れ振動や外部からの衝撃により変位

50

しても、１対の接続電極４１、４２の変位をそれぞれ抑えることができる。

以上説明したような第２実施形態によっても、前述した第１の実施形態と同様の効果を奏することができる。

【００６４】

< 第３実施形態 >

次に、本発明の振動デバイスの第３実施形態について説明する。

図８は、本発明の第３実施形態に係る振動デバイスを示す断面図、図９は、図８に示す振動デバイスを示す上面図である。

以下、第３実施形態の振動デバイスについて、前述した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。

第３実施形態の振動デバイスは、パッケージに対する振動体の向きが異なる以外は、第１実施形態とほぼ同様である。なお、図８、９では、前述した実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【００６５】

本実施形態の振動デバイス１Ｂは、図８に示すように、振動体２Ｂと、この振動体２Ｂを収納するパッケージ３Ｂと、振動体２Ｂをパッケージに３Ｂに対して固定する固定材５Ｂとを有している。

本実施形態では、振動体２Ｂが、前述した第１実施形態とは表裏反転した状態で、パッケージ３Ｂ内に収納されている。すなわち、本実施形態では、前述した厚肉部２７２が振動基板２１の厚さ方向に突出する側の面を上側（ベース基板３１とは反対側）となるように、振動体２Ｂがパッケージ３Ｂに対して固定されている。

そして、接続電極４１が固定材５Ｂを介して電極３５ａに電氣的に接続され、接続電極４２が金属ワイヤー３７を介して電極３５ｂに電氣的に接続されている。

【００６６】

固定材５Ｂは、Ｚ軸方向から見たときに、振動体２Ｂの重心Ｇ付近に位置し、振動体２Ｂをパッケージ３Ｂに対して固定している。この固定材５Ｂは、振動体２Ｂに部分的に固着する固着部５１Ｂを備える。

特に、本実施形態では、前述したように振動体２Ｂが第１実施形態とは表裏反転した状態でパッケージ３Ｂ内に収納されているので、第１実施形態に比し、振動体２Ｂの重心Ｇと固着部５１との間の距離が短くなっている。そのため、振動体２Ｂをパッケージ３Ｂに対してより安定的に固定することができる。

以上説明したような第３実施形態によっても、前述した第１の実施形態と同様の効果を奏することができる。

【００６７】

< 第４実施形態 >

次に、本発明の振動デバイスの第４実施形態について説明する。

図１０は、本発明の第４実施形態に係る振動デバイスを示す断面図、図１１は、図１０に示す振動デバイスを示す上面図である。

以下、第４実施形態の振動デバイスについて、前述した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。

【００６８】

第４実施形態の振動デバイスは、パッケージに対する向き、接続電極およびこれに通電するための構成が異なる以外は、第１実施形態とほぼ同様である。また、第４実施形態の振動デバイスは、接続電極およびこれに通電するための構成が異なる以外は、第３実施形態とほぼ同様である。なお、図１０、１１では、前述した実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【００６９】

本実施形態の振動デバイス１Ｃは、図１０に示すように、振動体２Ｃと、この振動体２Ｃを収納するパッケージ３Ｃと、振動体２Ｃをパッケージに３Ｃに対して固定する２つの固定材５Ｃとを有している。

振動体 2 C は、図 1 0、1 1 に示すように、振動基板 2 1 の基部 2 7 の一方の面（下面）上に接続電極 4 1、4 2 がそれぞれ設けられている。なお、振動体 2 C の構成は、前述した第 2 実施形態の振動体 2 A とほぼ同様である。

【0070】

また、パッケージ 3 C は、ベース基板 3 1 の上面上に、Z 軸方向から見たときに線分 L 付近に線分 L に沿って、1 対の電極 3 5 a、3 5 b が設けられている。

そして、接続電極 4 1 と電極 3 5 b が一方の固定材 5 C を介して電氣的に接続されているとともに、接続電極 4 2 と電極 3 5 a が他方の固定材 5 C を介して電氣的に接続されている。

【0071】

2 つの固定材 5 C は、Z 軸方向から見たときに、それぞれ振動体 2 C の重心 G 付近に位置し、振動体 2 C をパッケージ 3 C に対して固定している。この各固定材 5 C は、振動体 2 C に部分的に固着する固着部 5 1 C を備える。

このように、本実施形態では、基部 2 7 のベース基板 3 1 側の面上に設けられた 1 対の接続電極 4 1、4 2 に 2 つの固定材 5 C を介して通電を行うことができる。そのため、ボンディングワイヤー（金属ワイヤー）を用いることなく、1 対の接続電極 4 1、4 2 に通電を行うことができる。そのため、振動デバイス 1 C の構成が簡単となる。

【0072】

また、2 つの固着部 5 1 C が Z 軸方向から見たときに線分 L 上に沿って並ぶように設けられているので、2 つの固着部 5 1 C が振動体 2 C に固着している場合において、振動体 2 C の基部 2 7 に対して 2 つの固着部 5 1 C の占める X 軸方向の長さの割合を小さくすることができる。そのため、漏れ振動がパッケージ 3 C に伝達されるのを防止または抑制することができる。

また、各固着部 5 1 C の X 軸方向での幅は、3 つの振動腕 2 8、2 9、3 0 のうちの外側の 2 つの振動腕 2 8、2 9 の間の X 軸方向での離間距離 D よりも小さい。これにより、振動体 2 C の基部 2 7 に対して固着部 5 1 C の占める X 軸方向の長さの割合を小さくすることができる。

【0073】

また、基部 2 7 に生じた漏れ振動がパッケージ 3 C に伝達されるのを防止または抑制する観点から、振動体 2 C の基部 2 7 に対して固着部 5 1 C の占める X 軸方向の長さの割合は、 $1/20$ 以上 $1/3$ 以下であるのが好ましく、 $1/20$ 以上 $1/4$ 以下であるのがより好ましい。

また、パッケージ 3 C に対する振動体 2 C の固定に必要な固定材 5 C の機械的強度、および、振動体 2 C に対して固定材 5 C を固着可能な面積を考慮すると、振動体 2 C の基部 2 7 に対して 2 つの固着部 5 1 C 全体（2 つの固着部 5 1 C およびこれらの間の領域を合わせたもの）の占める Y 軸方向の長さの割合は、基部 2 7 の形状や大きさ等にもよるが、 $1/20$ 以上 $1/2$ 以下であるのが好ましく、 $1/20$ 以上 $1/3$ 以下であるのがより好ましく、 $1/20$ 以上 $1/4$ 以下であるのがさらに好ましい。

以上説明したような第 4 実施形態によっても、前述した第 1 の実施形態と同様の効果を奏することができる。

【0074】

< 第 5 実施形態 >

次に、本発明の振動デバイスの第 5 実施形態について説明する。

図 1 2 は、本発明の第 5 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図、図 1 3 は、図 1 2 に示す振動デバイスを示す上面図、図 1 4 は、図 1 2 に示す振動デバイスに備えられた振動体を示す下面図である。

以下、第 5 実施形態の振動デバイスについて、前述した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。

【0075】

第 5 実施形態の振動デバイスは、パッケージに対する向き、接続電極およびこれに通電

10

20

30

40

50

するための構成が異なる以外は、第1実施形態とほぼ同様である。また、第5実施形態の振動デバイスは、接続電極およびこれに通電するための構成が異なる以外は、第3、4実施形態とほぼ同様である。なお、図12～14では、前述した実施形態と同様の構成には、同一符号を付してある。

【0076】

本実施形態の振動デバイス1Dは、図12に示すように、振動体2Dと、この振動体2Dを収納するパッケージ3Dと、振動体2Dをパッケージ3Dに対して固定する2つの固定材5Dとを有している。

振動体2Dは、図13、14に示すように、振動基板21の基部27の一方の面（下面）上に接続電極41、42がそれぞれ設けられている。

10

【0077】

また、パッケージ3Dは、ベース基板31の上面上に、Z軸方向から見たときに線分L付近に線分Lを介して対称となるように、1対の電極35a、35bが設けられている。

そして、接続電極41と電極35bが一方の固定材5Dを介して電氣的に接続されるとともに、接続電極42と電極35aが他方の固定材5Dを介して電氣的に接続されている。

2つの固定材5Dは、Z軸方向から見たときに、それぞれ振動体2Dの重心G付近に位置し、振動体2Dをパッケージ3Dに対して固定している。この各固定材5Dは、振動体2Dに部分的に固着する固着部51Dを備える。

【0078】

20

このように、本実施形態では、基部27のベース基板31側の面上に設けられた1対の接続電極41、42に2つの固定材5Dを介して通電を行うことができる。そのため、前述した第4実施形態と同様、ボンディングワイヤー（金属ワイヤー）を用いることなく、1対の接続電極41、42に通電を行うことができる。そのため、振動デバイス1Dの構成が簡単となる。

【0079】

また、2つ（1対）の固着部51DがZ軸方向から見たときに線分Lを介して対称となるように設けられているので、振動体2Dをパッケージ3Cに安定的に固定（支持）することができる。

また、2つの固着部51D全体（2つの固着部51Dおよびこれらの間の領域を合わせたもの。以下同じ。）のX軸方向での幅Wは、3つの振動腕28、29、30のうちの外側の2つの振動腕28、29の間のX軸方向での離間距離Dよりも小さい。これにより、振動体2Dの基部27に対して固着部51Dの占めるX軸方向の長さの割合を小さくすることができる。そのため、基部27に生じた漏れ振動がパッケージ3Dに伝達されるのを防止または抑制することができる。

30

また、基部27に生じた漏れ振動がパッケージ3Dに伝達されるのを防止または抑制する観点から、振動体2Dの基部27に対して2つの固着部51D全体の占めるX軸方向の長さの割合は、 $1/20$ 以上 $1/3$ 以下であるのが好ましく、 $1/20$ 以上 $1/4$ 以下であるのがより好ましい。

【0080】

40

また、パッケージ3Dに対する振動体2Dの固定に必要な固定材5Dの機械的強度、および、振動体2Dに対して固定材5Dを固着可能な面積を考慮すると、振動体2Dの基部27に対して各固着部51Dの占めるY軸方向の長さの割合は、基部27の形状や大きさ等にもよるが、 $1/20$ 以上 $1/2$ 以下であるのが好ましく、 $1/20$ 以上 $1/3$ 以下であるのがより好ましく、 $1/20$ 以上 $1/4$ 以下であるのがさらに好ましい。

以上説明したような第5実施形態によっても、前述した第1の実施形態と同様の効果を奏することができる。

【0081】

以上説明したような各実施形態の振動デバイスは、各種の電子機器に適用することができる。得られる電子機器は、信頼性の高いものとなる。

50

本発明の振動デバイスを備える電子機器としては、特に限定されないが、例えば、パーソナルコンピュータ（モバイル型パーソナルコンピュータ）、携帯電話機、デジタルスチルカメラ、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）、ラップトップ型パーソナルコンピュータ、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダ、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、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）、フライトシミュレータ等が挙げられる。

【0082】

10

以上、本発明の振動デバイスを、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、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の2以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

【0083】

例えば、前述した実施形態では、振動体が3つの振動腕を有する場合を例に説明したが、振動腕の数は、2つ、4つ以上であってもよい。

また、前述した実施形態では、圧電素子を用いて各振動腕を屈曲振動させる場合を説明したが、振動腕自体を圧電体材料で構成し、かかる振動腕上に1対以上の励振電極を設けた構成であっても、本発明を適用することができる。

20

また、本発明の振動デバイスは、水晶発振器（SPXO）、電圧制御水晶発振器（VCXO）、温度補償水晶発振器（TCXO）、恒温槽付水晶発振器（OCXO）等の圧電発振器の他、ジャイロセンサー等に適用される。

【符号の説明】

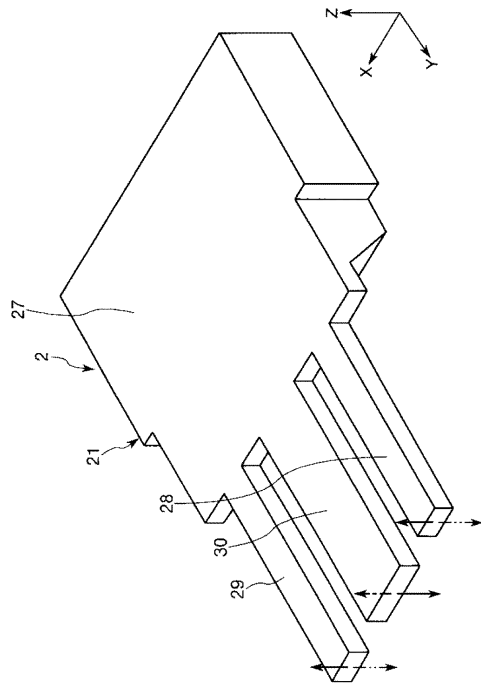
【0084】

1	振動デバイス	1 A	振動デバイス	1 B	振動デバイス	1 C	振動デバイス	1 D	振動デバイス	2	振動体	2 A	振動体	2 B	振動体	2 C	振動体	2 D	振動体	3	パッケージ	3 A	パッケージ	3 B	パッケージ	3 C	パッケージ	3 D	パッケージ	5	固定材	5 A	固定材	5 B	固定材	5 C	固定材	5 D	固定材	2 1	振動基板	2 2	圧電体素子	2 3	圧電体素子	2 4	圧電体素子	2 7	基部	2 8	振動腕	2 9	振動腕	3 0	振動腕	3 1	ベース基板	3 2	枠部材	3 3	蓋部材	3 4	a	外部端子	3 4 b	外部端子	3 4 c	外部端子	3 4 d	外部端子	3 5	a	電極	3 5 b	電極	3 7	金属ワイヤー	3 8	金属ワイヤー	4 1	接続電極	4 2	接続電極	4 3	配線	5 1	固着部	5 1 A	固着部	5 1 B	固着部	5 1 C	固着部	5 1 D	固着部	2 2 1	電極層	2 2 2	圧電体層	2 2 3	電極層	2 3 1	電極層	2 3 2	圧電体層	2 3 3	電極層	2 4 1	電極層	2 4 2	圧電体層	2 4 3	電極層	2 7 1	薄肉部	2 7 2	厚肉部	D	離間距離	G	重心	L	線分	S	内部空間	W	幅
---	--------	-----	--------	-----	--------	-----	--------	-----	--------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	---	------	-------	------	-------	------	-------	------	-----	---	----	-------	----	-----	--------	-----	--------	-----	------	-----	------	-----	----	-----	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	------	-------	-----	-------	-----	-------	------	-------	-----	-------	-----	-------	------	-------	-----	-------	-----	-------	-----	---	------	---	----	---	----	---	------	---	---

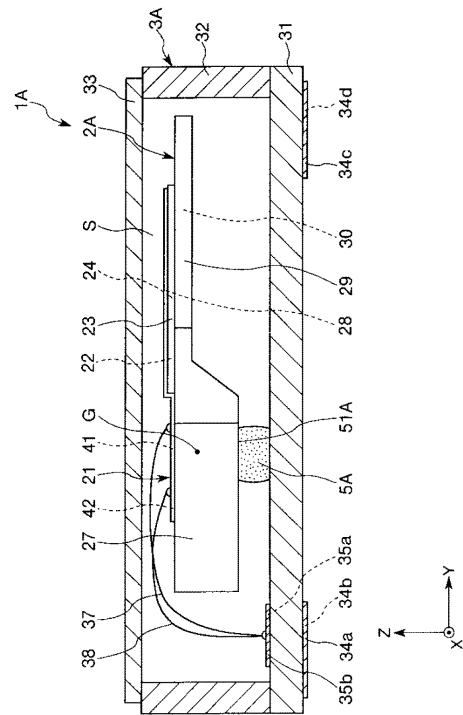
30

40

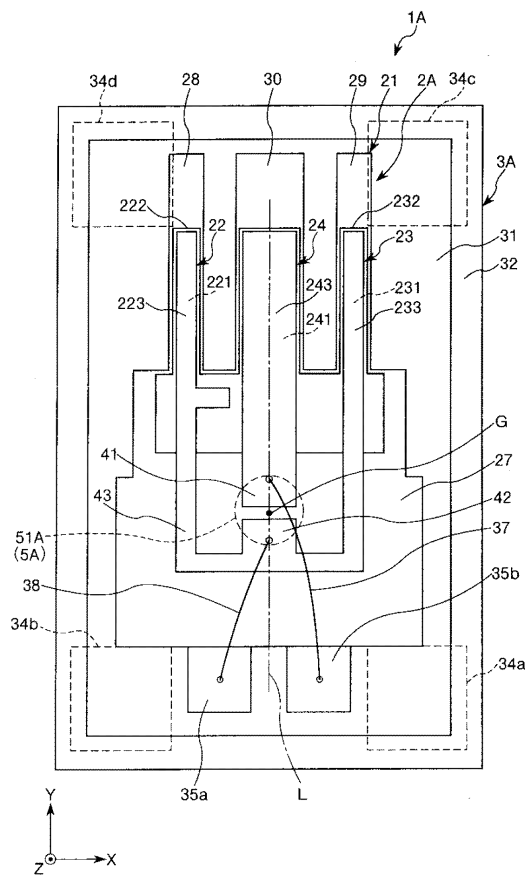
【図 5】



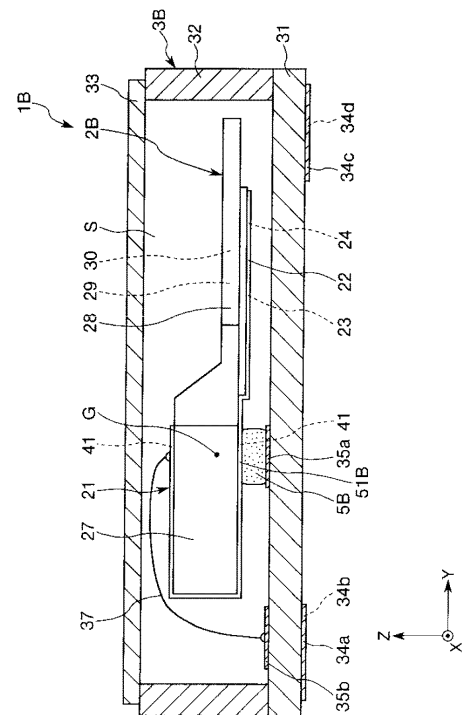
【図 6】



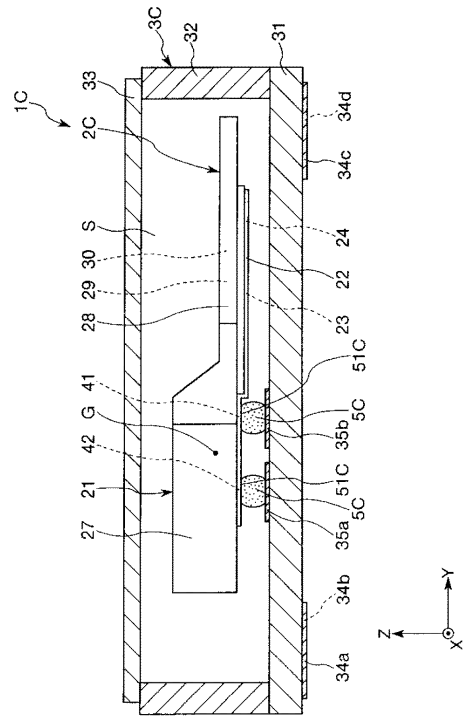
【図 7】



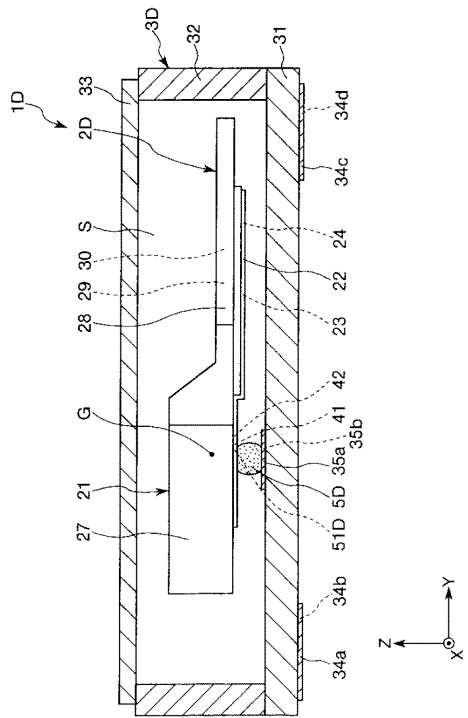
【図 8】



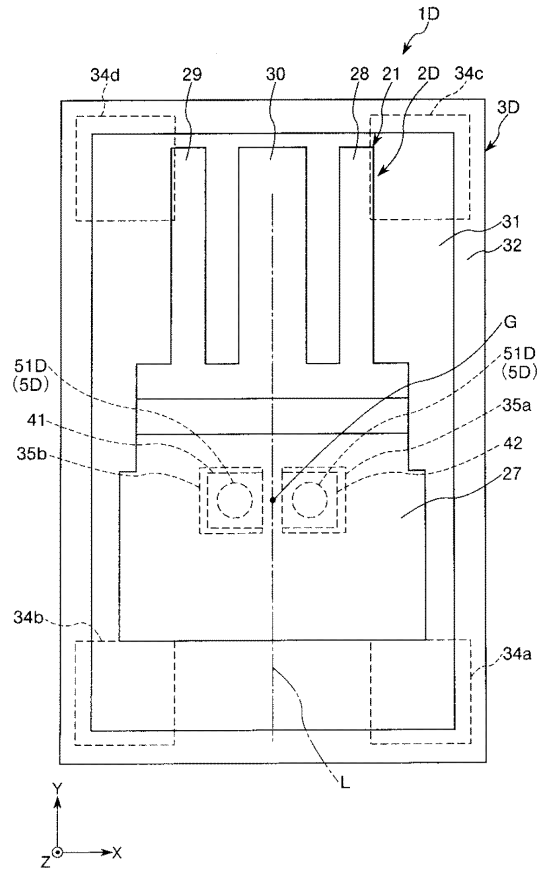
【 図 1 0 】



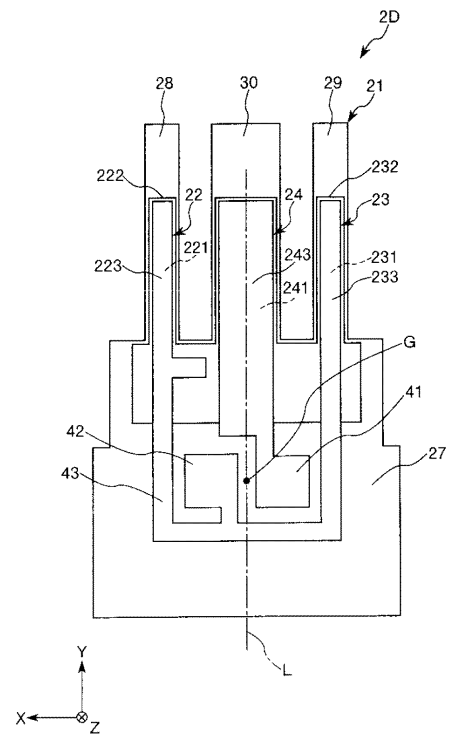
【 図 1 2 】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 1 L 41/18 1 0 1 B

H 0 1 L 41/18 1 0 1 Z

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

H 0 3 H 9 / 2 1 5