

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-98565

(P2014-98565A)

(43) 公開日 平成26年5月29日(2014.5.29)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO 1 P	15/08	(2006.01)	GO 1 P	15/08	P			
GO 1 P	15/10	(2006.01)	GO 1 P	15/10				
HO 1 L	41/18	(2006.01)	HO 1 L	41/18	1 O 1 A			
HO 1 L	41/08	(2006.01)	HO 1 L	41/08	Z			
HO 1 L	41/09	(2006.01)	HO 1 L	41/08	C			
審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 22 頁) 最終頁に続く								

(21) 出願番号 特願2012-249032 (P2012-249032)
(22) 出願日 平成24年11月13日 (2012.11.13)

(71) 出願人 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 100095728
弁理士 上柳 雅誉
(74) 代理人 100127661
弁理士 宮坂 一彦
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(72) 発明者 渡辺 潤
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

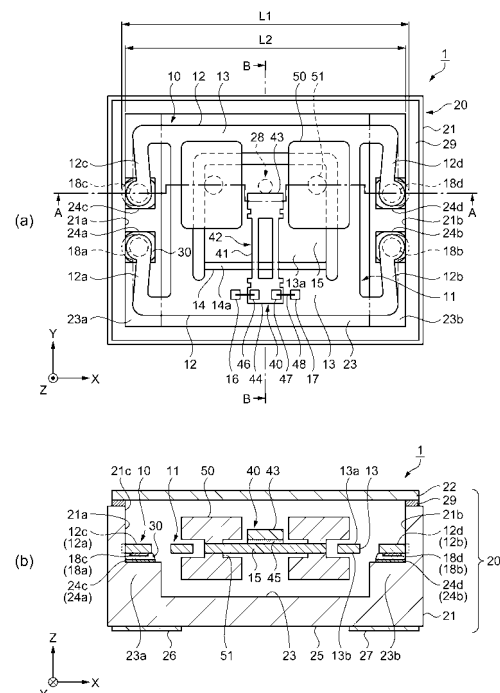
(54) 【発明の名称】 電子デバイス、電子デバイスの製造方法、電子機器及び移動体

(57) 【要約】

【課題】外部からの衝撃に対する耐衝撃性の向上、引張応力の経時的変化に伴う周波数変動の低減などにより性能を向上させることが可能な電子デバイスの提供。

【解決手段】物理量センサー1は、機能部11、機能部11が固定されている支持部12、を有するセンサー基板10と、センサー基板10よりも熱膨張係数が小さくセンサー基板10を収容する凹状のパッケージベース21、を有するパッケージ20と、を備え、センサー基板10の支持部12は、両端に梁状の可撓部としての支持腕12a、12b、12c、12dを有し、支持腕12a、12b、12c、12dの先端は、パッケージ20のパッケージベース21の凹部の、互いに対向する内壁21a、21bのそれぞれに接触している状態で、パッケージベース21に固定されている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機能部、前記機能部が固定され両端に梁状の可撓部を備えている支持部、を有している機能素子と、

前記機能素子よりも熱膨張係数が小さく前記機能素子を収容する凹状の収容部、を有している容器と、を備え、

各前記可撓部の先端は、前記容器の前記収容部の互いに対向している内壁のそれぞれに接触している状態で、前記収容部に固定されていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電子デバイスにおいて、

10

前記支持部は、前記両端に前記可撓部としての支持腕を有し、

各前記支持腕は、平面視で前記支持部の前記両端を互いに結んだ第 1 方向と交差する方向に屈曲して延び、

自由状態における一方の前記支持腕の先端から、他方の前記支持腕の先端までの前記第 1 方向に沿った距離が、前記収容部の各前記支持腕を収容する部分における前記内壁間の前記第 1 方向に沿った距離よりも長く、

各前記支持腕は、撓んだ状態で前記先端が前記内壁に接触していることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電子デバイスにおいて、

20

前記容器は、前記収容部と、該収容部の開口部を覆う蓋部と、を備え、

前記収容部の前記開口部と底部とを繋ぐ前記内壁の少なくとも一部は、前記底部側から前記開口部側に向かうに連れて、前記収容部の前記内壁間が広がる方向に傾斜または湾曲していることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の電子デバイスにおいて、

前記支持部は、複数設けられていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載の電子デバイスにおいて、

前記機能部は振動部であり、前記機能素子は、振動片であることを特徴とする電子デバイス。

30

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか一項に記載の電子デバイスにおいて、

前記機能部は、前記支持部に接続されているベース部と、該ベース部に継ぎ手部を介して接続されている板状の可動部と、を備え、

前記機能素子には、前記ベース部と前記可動部とに物理量検出素子が掛け渡され、

前記可動部は、該可動部の主面と交差する方向に加わる物理量に応じて、前記継ぎ手部を支点にして前記主面と交差する方向に変位可能に構成されていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 7】

40

請求項 6 に記載の電子デバイスにおいて、

前記物理量検出素子は、前記ベース部と前記可動部とを結ぶ方向に沿って延びる少なくとも 1 つの振動梁を有する物理量検出部と、該物理量検出部の両端に接続されている一対の基部と、を備え、

一方の前記基部が前記ベース部に固定され、他方の前記基部が前記可動部に固定されていることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 9】

50

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする移動体。

【請求項 10】

機能部、前記機能部が固定されている支持部、を有している機能素子と、
前記機能素子よりも熱膨張係数が小さく前記機能素子を収容する凹状の収容部、を有している容器と、を備え、

前記機能素子の支持部は、両端に可撓性を有している支持腕を有し、
各前記支持腕は、平面視で前記支持部の前記両端を互いに結んだ第 1 方向と交差する方向に屈曲して延び、

自由状態における一方の前記支持腕の先端から、他方の前記支持腕の先端までの前記第 1 方向に沿った距離が、前記容器の前記収容部の各前記先端を収容する部分における内壁間の前記第 1 方向に沿った距離よりも長い電子デバイスの製造方法であって、

前記支持腕を撓ませて、前記機能素子を前記容器の前記収容部に収容する工程と、
前記支持腕の前記先端を前記内壁に接触した状態で、前記機能素子及び前記収容部を加熱し、接合部材を介して前記収容部に固定する工程と、
を含むことを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の電子デバイスの製造方法において、
前記容器は、前記収容部と、該収容部の開口部を覆う蓋部と、を備え、
前記収容部の前記開口部と底部とを繋ぐ前記内壁の少なくとも一部は、前記底部側から前記開口部側に向かうに連れて、前記収容部の前記内壁間が広がる方向に傾斜または湾曲していることを特徴とする電子デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子デバイス、この電子デバイスの製造方法、この電子デバイスを備えている電子機器及び移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電子デバイスとして、矩形状の本体素板、本体素板の両側に接続されている矩形枠状の固定部、を有する振動子（以下、振動片という）と、この振動片を搭載するセラミックス基板と、この振動片を覆いセラミックス基板に固定される封止用蓋と、を備えている圧電振動子が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

上記、圧電振動子は、振動片の一对の固定部に設けられている各電極リード部が、セラミックス基板に設けられている各導電性パターン上に、それぞれ半田付けなどにより固定されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開昭 59 - 40715 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記圧電振動子の振動片には、一般的に水晶が用いられていることから、振動片は、セラミックス基板よりも熱膨張係数（熱膨張率、線膨張係数ともいう）が大きいこととなる（一例として、水晶の熱膨張係数は、約 $13.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、セラミックスの熱膨張係数は、 $7.0 \sim 7.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 程度（アルミナの場合）である）。

このことから、上記圧電振動子は、振動片の電極リード部とセラミックス基板の導電性パターンとを、例えば、熱硬化性の接着剤を用いて固定する場合、振動片の電極リード部間が加熱により伸張し広がっている状態で、セラミックス基板の導電性パターン上に固定

10

20

30

40

50

されることとなる。

この結果、上記圧電振動子は、常温に戻る際に、振動片の収縮作用により固定部同士を引き離す方向に引っ張られている状態となり、振動片の電極リード部間には、常に引張応力が生じていることとなる。

これにより、上記圧電振動子は、例えば、外部からの衝撃に対する耐衝撃性の低下や、上記引張応力の経時的変化（応力緩和）に伴う周波数変動（周波数ドリフト）の発生など、性能が劣化する虞がある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上記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。

【0006】

〔適用例1〕本適用例にかかる電子デバイスは、機能部、前記機能部が固定され両端に梁状の可撓部を備えている支持部、を有している機能素子と、前記機能素子よりも熱膨張係数が小さく前記機能素子を収容する凹状の収容部、を有している容器と、を備え、各前記可撓部の先端は、前記容器の前記収容部の互いに対向している内壁のそれぞれに接触している状態で、前記収容部に固定されていることを特徴とする。

【0007】

これによれば、電子デバイスは、機能素子（振動片に相当）の支持部が両端に梁状の可撓部を有し、各可撓部の先端が、容器（セラミックス基板及び封止用蓋に相当）の凹状の収容部（セラミックス基板に相当）の、互いに対向する内壁のそれぞれに接触している状態で、収容部に固定されている。

これにより、電子デバイスは、各可撓部の先端が容器の収容部に、例えば、熱硬化性の接着剤により固定されている場合、加熱による機能素子の伸びが、収容部の内壁によって拘束（抑制、制限）される。

この結果、電子デバイスは、常温に戻った際に、機能素子が支持部の両端同士を引き離す方向に引っ張られることが殆どなく、機能素子には、固定に伴う引張応力などの応力が殆ど生じないこととなる（残留応力が殆どない）。

また、電子デバイスは、梁状の可撓部の撓みにより、加熱による機能素子の伸びが吸収されることから、加熱時に生じる機能素子の熱応力を緩和できる。

これらにより、電子デバイスは、例えば、外部からの衝撃に対する耐衝撃性の向上や、上記引張応力の経時的変化に伴う周波数変動の大幅低減など、性能を向上させることが可能となる。

【0008】

〔適用例2〕上記適用例にかかる電子デバイスにおいて、前記支持部は、前記両端に前記可撓部としての支持腕を有し、各前記支持腕は、平面視で前記支持部の前記両端を互いに結んだ第1方向と交差する方向に屈曲して延び、自由状態における一方の前記支持腕の先端から、他方の前記支持腕の先端までの前記第1方向に沿った距離が、前記収容部の各前記支持腕を収容する部分における前記内壁間の前記第1方向に沿った距離よりも長く、各前記支持腕は、撓んだ状態で前記先端が前記内壁に接触していることが好ましい。

【0009】

これによれば、電子デバイスは、支持部の両端に支持腕を有している。支持腕は、支持部の両端を互いに結んだ第1方向と交差する方向に屈曲して延び、自由状態における一方の支持腕の先端から、他方の支持腕の先端までの第1方向に沿った距離が、収容部の内壁間の第1方向に沿った距離よりも長くなっている。支持腕の先端とは、平面視で収容部の互いに対向する内壁に向かって最も突出した部分（先端部分の側面）を示している。そして、電子デバイスは、各支持腕が撓んだ状態で、先端が収容部の内壁に接触している。

これにより、電子デバイスは、収容部の内壁間の寸法ばらつきを吸収し、各支持腕の先端を常に収容部の内壁に接触させることができる。

【0010】

10

20

30

40

50

〔適用例 3〕上記適用例にかかる電子デバイスにおいて、前記容器は、前記収容部と、該収容部の開口部を覆う蓋部と、を備え、前記収容部の前記開口部と底部とを繋ぐ前記内壁の少なくとも一部は、前記底部側から前記開口部側に向かうに連れて、前記収容部の前記内壁間が広がる方向に傾斜または湾曲していることが好ましい。

【0011】

これによれば、電子デバイスは、容器の収容部の開口部と底部とを繋ぐ内壁の少なくとも一部が、底部側から開口部側に向かうに連れて、収容部の内壁間が広がる方向に傾斜または湾曲している。

これにより、電子デバイスは、容器の収容部の開口部側の内壁間を底部側よりも広くすることができることから、開口部と干渉させることなく、機能素子を収容部に容易に収容することができる。

10

【0012】

〔適用例 4〕上記適用例にかかる電子デバイスにおいて、前記支持部は、複数設けられていることが好ましい。

【0013】

これによれば、電子デバイスは、支持部が複数設けられていることから、機能素子をより安定した姿勢で収容部に収容することができる。

【0014】

〔適用例 5〕上記適用例にかかる電子デバイスにおいて、前記機能部は振動部であり、前記機能素子は、振動片であることが好ましい。

20

【0015】

これによれば、電子デバイスは、機能部が振動部であり、機能素子が振動片であることから、上記適用例のいずれかに記載の効果が反映された優れた性能の振動子を提供することができる。

【0016】

〔適用例 6〕上記適用例にかかる電子デバイスにおいて、前記機能部は、前記支持部に接続されているベース部と、該ベース部に継ぎ手部を介して接続されている板状の可動部と、を備え、前記機能素子には、前記ベース部と前記可動部とに物理量検出素子が掛け渡され、前記可動部は、該可動部の主面と交差する方向に加わる物理量に応じて、前記継ぎ手部を支点にして前記主面と交差する方向に変位可能に構成されていることが好ましい。

30

【0017】

これによれば、電子デバイスは、機能部が支持部に接続されているベース部と、ベース部に継ぎ手部を介して接続されている板状の可動部と、を備え、ベース部と可動部とに物理量検出素子が掛け渡され、可動部に加わる物理量に応じて変位可能に構成されている。

これにより、電子デバイスは、可動部の変位を検出する物理量検出素子によって物理量の検出が可能となり、上記適用例のいずれかに記載の効果が反映された優れた性能の物理量センサーを提供することができる。

【0018】

〔適用例 7〕上記適用例にかかる電子デバイスにおいて、前記物理量検出素子は、前記ベース部と前記可動部とを結ぶ方向に沿って延びる少なくとも 1 つの振動梁を有する物理量検出部と、該物理量検出部の両端に接続されている一対の基部と、を備え、一方の前記基部が前記ベース部に固定され、他方の前記基部が前記可動部に固定されていることが好ましい。

40

【0019】

これによれば、電子デバイスは、物理量検出素子が少なくとも 1 つの振動梁を有する物理量検出部と、物理量検出部の両端に接続されている一対の基部と、を備え、一方の基部がベース部に固定され、他方の基部が可動部に固定されている。

これにより、電子デバイスは、振動梁の特性によって物理量の変化を直線的に振動周波数（共振周波数）の変化に変換することができる。

この結果、電子デバイスは、他の物理量検出素子を用いる場合と比較して、物理量の検

50

出精度が高い特性を有し、物理量センサーとしての検出精度を向上させることができる。

【 0 0 2 0 】

[適用例 8] 本適用例にかかる電子機器は、上記適用例のいずれかに記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

これによれば、本構成の電子機器は、上記適用例のいずれかに記載の電子デバイスを備えていることから、上記適用例のいずれかに記載の効果が反映され、優れた性能を発揮することができる。

【 0 0 2 2 】

[適用例 9] 本適用例にかかる移動体は、上記適用例のいずれかに記載の電子デバイスを備えていることを特徴とする。

10

【 0 0 2 3 】

これによれば、本構成の移動体は、上記適用例のいずれかに記載の電子デバイスを備えていることから、上記適用例のいずれかに記載の効果が反映され、優れた性能を発揮することができる。

【 0 0 2 4 】

[適用例 1 0] 本適用例にかかる電子デバイスの製造方法は、機能部、前記機能部が固定されている支持部、を有する機能素子と、前記機能素子よりも熱膨張係数が小さく前記機能素子を収容する凹状の収容部、を有する容器と、を備え、前記機能素子の支持部は、両端に可撓性を有している支持腕を有し、各前記支持腕は、平面視で前記支持部の前記両端を互いに結んだ第 1 方向と交差する方向に屈曲して延び、自由状態における一方の前記支持腕の先端から、他方の前記支持腕の先端までの前記第 1 方向に沿った距離が、前記容器の前記収容部の各前記支持腕を収容する部分における内壁間の前記第 1 方向に沿った距離よりも長い電子デバイスの製造方法であって、前記支持腕を撓ませて、前記機能素子を前記容器の前記収容部に収容する工程と、前記支持腕の前記先端を前記内壁に接触した状態で、前記機能素子及び前記収容部を加熱し、接合部材を介して前記収容部に固定する工程と、を含むことを特徴とする。

20

【 0 0 2 5 】

これによれば、電子デバイスの製造方法は、支持腕を撓ませて、機能素子を容器の収容部に収容する工程と、支持腕の先端を、内壁に接触した状態で機能素子及び収容部を加熱し、接合部材を介して収容部に固定する工程と、を含む。

30

これにより、電子デバイスの製造方法は、加熱による支持腕の両先端間の伸びが、容器の内壁によって拘束（抑制）される。

この結果、電子デバイスの製造方法は、常温に戻った際に、機能素子の各支持腕が両先端同士を引き離す方向に引っ張られることが殆どなく、各支持腕の両先端間には、固定に伴う引張応力などの応力が殆ど生じないこととなる（残留応力が殆どない）。

また、電子デバイスの製造方法は、各支持腕の撓みにより、加熱による支持部の伸びが吸収されることから、加熱時に生じる支持部の熱応力を緩和できる。

加えて、電子デバイスの製造方法は、支持部の支持腕を撓ませることにより機能素子を収容部に収容することから、収容部の内壁間の寸法ばらつきを吸収し、各支持腕の先端を確実に収容部の内壁に接触させることができる。

40

これらにより、電子デバイスの製造方法は、例えば、外部からの衝撃に対する耐衝撃性の向上や、上記引張応力の経時的変化に伴う周波数変動の大幅低減など、電子デバイスの性能を向上させることが可能となる。

【 0 0 2 6 】

[適用例 1 1] 上記適用例にかかる電子デバイスの製造方法において、前記容器は、前記収容部と、該収容部の開口部を覆う蓋部と、を備え、前記収容部の前記開口部と底部とを繋ぐ前記内壁の少なくとも一部は、前記底部側から前記開口部側に向かうに連れて、前記収容部の前記内壁間が広がる方向に傾斜または湾曲していることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

50

これによれば、収容部の開口部と底部とを繋ぐ内壁の少なくとも一部は、底部側から開口部側に向かうに連れて、収容部の内壁間が広がる方向に傾斜または湾曲している。

これにより、電子デバイスの製造方法は、容器の収容部の開口部側の内壁間を底部側よりも広くできることから、支持腕の先端を収容部の開口部と干渉させることなく、機能素子を収容部に容易に収容することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施形態の物理量センサーの概略構成を示す模式平断面図であり、(a)はリッド(蓋部)側から俯瞰した模式平面図、(b)は(a)のA-A線での模式断面図。

【図2】図1(a)のB-B線での模式断面図。

【図3】物理量センサーの動作について説明する模式断面図であり、(a)は可動部が紙面下方に変位した状態を示す模式断面図、(b)は可動部が紙面上方に変位した状態を示す模式断面図。

【図4】物理量センサーの製造工程の一例を示すフローチャート。

【図5】(a)、(b)は主要製造工程を説明する模式断面図。

【図6】(c)、(d)は主要製造工程を説明する模式断面図。

【図7】(e)、(f)は主要製造工程を説明する模式断面図。

【図8】第1実施形態の変形例の物理量センサーの概略構成を示す模式断面図。

【図9】第2実施形態の水晶振動子の概略構成を示す模式平面図。

【図10】電子機器の一例としての傾斜計を示す模式斜視図。

【図11】移動体の一例としての自動車を示す模式斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明を具体化した実施形態について図面を参照して説明する。

【0030】

(第1実施形態)

最初に、電子デバイスの一例としての物理量センサーについて説明する。

図1は、第1実施形態の物理量センサーの概略構成を示す模式平断面図である。図1(a)は、リッド(蓋部)側から俯瞰した模式平面図であり、図1(b)は、図1(a)のA-A線での模式断面図である。図2は、図1(a)のB-B線での模式断面図である。

なお、図1(a)及び以下の各模式平面図では、説明の便宜上、リッドを省略してある。また、以下の各模式図において、分かり易くするために、各構成要素の寸法比率は実際と異なる。また、図中のX軸、Y軸、Z軸は、互いに直交する座標軸である。

【0031】

図1、図2に示すように、物理量センサー1は、機能素子としてのセンサー基板10と、センサー基板10よりも熱膨張係数が小さく、センサー基板10を収容する容器としてのパッケージ20と、を備えている。

センサー基板10には、例えば、水晶の原石(ランバード)などから所定の角度で切り出された水晶基板が用いられ、フォトリソグラフィ、エッチングなどの技術により、外形形状が精度よく形成されている。

センサー基板10は、機能部11と、機能部11に固定されている支持部12と、を備えている。

支持部12の両端には梁状の可撓部を備え、パッケージ20の凹状の収容部としてのパッケージベース21の凹部の、互いに対向する内壁21a、21bのそれぞれに接触している状態で、パッケージベース21に固定されている。

【0032】

具体的には、センサー基板10の支持部12は、機能部11を挟んでY軸方向の両側(+ (プラス) Y側と - (マイナス) Y側)に設けられている。支持部12は、X軸方向の両端のそれぞれに、梁状の可撓部としての支持腕12a、12b、12c、12dを有している。

10

20

30

40

50

支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d は、平面視で支持部 1 2 の両端を互いに結んだ第 1 方向としての X 軸方向と交差する方向（ここでは Y 軸方向）に屈曲して延びている。

詳述すると、- Y 側の支持部 1 2 の支持腕 1 2 a , 1 2 b は、+ Y 方向に屈曲して延び、+ Y 側の支持部 1 2 の支持腕 1 2 c , 1 2 d は、- Y 方向に屈曲して延びている。つまり、支持腕 1 2 a , 1 2 b と支持腕 1 2 c , 1 2 d とは、先端が互いに向き合い近づく方向に延びている。

【 0 0 3 3 】

支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d は、自由状態における一方（- X 側）の支持腕 1 2 a , 1 2 c の先端から、他方（+ X 側）の支持腕 1 2 b , 1 2 d の先端までの X 軸方向に沿った距離 L 1 が、パッケージ 2 0 の支持部 1 2 を収容するパッケージベース 2 1 における Y 軸方向に沿って延びる内壁 2 1 a , 2 1 b 間の X 軸方向に沿った距離 L 2 よりも長くなるように形成されている。

これにより、支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d は、X 軸方向に撓んだ状態で先端がパッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に接触していることとなる。

この状態で、支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端は、例えば、熱硬化性の接合部材 3 0 でパッケージベース 2 1 に固定されている。

【 0 0 3 4 】

機能部 1 1 は、支持部 1 2 に接続されている矩形棒状のベース部 1 3 と、ベース部 1 3 の内側に継ぎ手部 1 4 を介して接続されている矩形平板状の可動部 1 5 と、を備えている。継ぎ手部 1 4 を除いたベース部 1 3 と可動部 1 5 との間には、両者を分割するスリット状の貫通孔が設けられている。

継ぎ手部 1 4 は、ベース部 1 3（可動部 1 5）の + Z 側の主面 1 3 a 及び - Z 側の主面 1 3 b からのハーフエッチングによって、ベース部 1 3 と可動部 1 5 とを区切るように、ベース部 1 3 と可動部 1 5 とを結ぶ方向（Y 軸方向）と直交する方向（X 軸方向）に沿って有底の溝部 1 4 a が形成されている。

溝部 1 4 a により、継ぎ手部 1 4 の Y 軸方向に沿った断面形状（図 2 の形状）は、略 H 字状に形成されている。

センサー基板 1 0 は、可動部 1 5 が、主面 1 3 a（主面 1 3 b）と交差する方向としての Z 軸方向に加わる力（物理量）に応じて、継ぎ手部 1 4 を支点（回転軸）にして主面 1 3 a と交差する Z 軸方向に変位（回動）可能となっている。

【 0 0 3 5 】

センサー基板 1 0 には、ベース部 1 3 と可動部 1 5 とに物理量検出素子 4 0 が掛け渡され、可動部 1 5 は、上述したように、可動部 1 5 の主面 1 3 a と交差する方向に加わる物理量に応じて、継ぎ手部 1 4 を支点にして主面 1 3 a と交差する Z 軸方向に変位可能に構成されている。

また、可動部 1 5 には、平面視で物理量検出素子 4 0 を X 軸方向の両側から挟むようにして、質量部 5 0 が主面 1 3 a 及び主面 1 3 b に 2 個ずつ搭載されている。

【 0 0 3 6 】

物理量検出素子 4 0 は、センサー基板 1 0 の継ぎ手部 1 4 を跨いでベース部 1 3 と可動部 1 5 とに掛け渡されている。物理量検出素子 4 0 は、Y 軸方向に沿って延びる 2 本の角柱状であって、X 軸方向に屈曲振動をする一对の振動梁 4 1 を有する物理量検出部 4 2 と、物理量検出部 4 2 の両端に接続された一对の基部 4 3 , 4 4 と、を備えている。

物理量検出素子 4 0 は、一对の振動梁 4 1 と一对の基部 4 3 , 4 4 とで二組の音叉を構成することから、双音叉素子とも呼ばれている。

物理量検出素子 4 0 は、例えば、水晶の原石などから所定の角度で切り出された水晶基板を用いて、物理量検出部 4 2 と基部 4 3 , 4 4 とが一体で略平板状に形成されている。また、物理量検出素子 4 0 の外形形状は、フォトリソグラフィ、エッチングなどの技術を用いて精度よく形成されている。

【 0 0 3 7 】

物理量検出素子 4 0 は、一方の基部 4 3 が可動部 1 5 の主面 1 3 a 側に、例えば、低融

10

20

30

40

50

点ガラス、共晶接合可能な金／錫合金被膜などの接合部材 4 5 を介して固定され、他方の基部 4 4 がベース部 1 3 の主面 1 3 a 側に接合部材 4 5 を介して固定されている（取り付けられている）。

なお、物理量検出素子 4 0 と、ベース部 1 3 及び可動部 1 5 の主面 1 3 a との間には、可動部 1 5 の変位時に物理量検出素子 4 0 とベース部 1 3 及び可動部 1 5 とが互いに接触しないように、所定の隙間が設けられている。この隙間は、本実施形態では、接合部材 4 5 の厚さで管理されている。

具体的には、例えば、ベース部 1 3 及び可動部 1 5 と物理量検出素子 4 0 との間に、所定の隙間に相当する厚さに形成されたスペーサーを挟んだ状態で、ベース部 1 3 及び可動部 1 5 と物理量検出素子 4 0 とを接合部材 4 5 によって固定し、接合後スペーサーを除去することで、隙間を所定の範囲内に管理することができる。

10

【0038】

物理量検出素子 4 0 は、一对の振動梁 4 1 の図示しない励振電極（駆動電極）から基部 4 4 に引き出された引き出し電極 4 6 , 4 7 が、例えば、金属ワイヤー 4 8 によって、センサー基板 1 0 のベース部 1 3 に設けられた接続端子 1 6 , 1 7 と接続されている。

詳述すると、引き出し電極 4 6 は、金属ワイヤー 4 8 を介して接続端子 1 6 と接続され、引き出し電極 4 7 は、金属ワイヤー 4 8 を介して接続端子 1 7 と接続されている。

なお、金属ワイヤー 4 8 には、金、アルミニウムなどの線材が用いられている。

【0039】

ベース部 1 3 の接続端子 1 6 , 1 7 は、図示しない配線によって支持部 1 2 の支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端に設けられた電極 1 8 a , 1 8 b , 1 8 c , 1 8 d のうち、2 個の、例えば、電極 1 8 a , 1 8 b と接続されている。この場合、残りの電極 1 8 c , 1 8 d は、例えば、ダミー電極または予備電極となる。

20

なお、一对の振動梁 4 1 の励振電極、引き出し電極 4 6 , 4 7 、接続端子 1 6 , 1 7 、電極 1 8 a , 1 8 b , 1 8 c , 1 8 d 、配線は、例えば、クロムを下地層とし、その上に金が積層された構成となっている。

【0040】

4 個の質量部 5 0 は、平面視（図 1（a））において、略矩形状に形成され、平面視で略重心位置に設けられている円柱状（円板状）の凸部 5 1 を介して、図示しない接合材により一部がベース部 1 3（支持部 1 2）と重なるように、センサー基板 1 0 の可動部 1 5

30

に取り付けられている。質量部 5 0 は、可動部 1 5 の主面 1 3 a 側と主面 1 3 b 側とに 2 個ずつ取り付けられている。可動部 1 5 の主面 1 3 a 側の 2 個の質量部 5 0 は、互いの間に物理量検出素子 4 0 を挟むようにして取り付けられている。また、可動部 1 5 の主面 1 3 b 側の 2 個の質量部 5 0 は、主面 1 3 a 側の 2 個の質量部 5 0 と、平面視で重なるように（互いの輪郭が一致するように）取り付けられている。

【0041】

質量部 5 0 には、例えば、銅及び銅合金などの金属に代表される比較的比重の大きい材料が用いられている。また、接合材には、例えば、弾性を有するシリコン樹脂系の接着剤が用いられている。

40

質量部 5 0 は、凸部 5 1 によりベース部 1 3 との間に隙間が設けられていることによって、ベース部 1 3 との間で、可動部 1 5 のストッパーとして機能する（詳細後述）。

【0042】

パッケージ 2 0 は、平面形状が略矩形で凹部を有したパッケージベース 2 1 と、パッケージベース 2 1 の凹部の開口部 2 1 c を覆う蓋部としての平面形状が略矩形で平板状のリッド 2 2 と、を有し、略直方体形状に形成されている。

パッケージベース 2 1 には、セラミックグリーンシートを成形して積層し焼成した酸化アルミニウム質焼結体、ムライト質焼結体、窒化アルミニウム質焼結体、炭化珪素質焼結体、ガラスセラミックス焼結体などのセラミックス系の絶縁性材料が用いられている。

リッド 2 2 には、パッケージベース 2 1 と同材料、または、コパール、4 2 アロイなど

50

の金属が用いられている。

【0043】

パッケージベース21には、内底面（凹部の内側の底面）23の外周部分から凹部の内壁21a, 21bに沿って突出した2箇所の段差部23a, 23bに、略矩形状の内部端子24a, 24b, 24c, 24dが設けられている。詳述すると、内部端子24aは、段差部23aにおけるセンサー基板10の電極18aに対向する位置（平面視において重なる位置）に設けられ、内部端子24bは、段差部23bにおけるセンサー基板10の電極18bに対向する位置に設けられ、内部端子24cは、段差部23aにおけるセンサー基板10の電極18cに対向する位置に設けられ、内部端子24dは、段差部23bにおけるセンサー基板10の電極18dに対向する位置に設けられている。

10

【0044】

パッケージベース21の外底面（内底面23の反対側の面、外側の底面）25には、外部部材に取り付けられる際に用いられる一対の外部端子26, 27が形成されている。外部端子26, 27は、図示しない内部配線によって内部端子24a, 24b, 24c, 24dのうち、例えば、前述したセンサー基板10のベース部13の接続端子16, 17と接続されている電極18a, 18bに対向する内部端子24a, 24bと接続されている。

具体的には、外部端子26は、内部端子24aと接続され、外部端子27は、内部端子24bと接続されている。この場合、内部端子24c, 24dは、例えば、ダミー端子または予備端子となる。

20

内部端子24a, 24b, 24c, 24d及び外部端子26, 27は、タンゲステンなどのメタライズ層にニッケル、金などの各被膜をメッキなどにより積層した金属被膜からなる。

【0045】

図2に示すように、パッケージベース21には、凹部の底部にパッケージ20の内部を封止する封止部28が設けられている。

封止部28は、パッケージベース21に形成されている外底面25側の孔径が内底面23側の孔径よりも大きい、例えば、段付きの貫通孔28aに、金/ゲルマニウム合金、ハンダなどからなる封止材28bを投入し、加熱溶融後、固化することでパッケージ20の内部を気密に封止する構成となっている。

30

【0046】

センサー基板10は、主面13b側を取り付け面側としてパッケージベース21の段差部23a, 23bに載置されている。このとき、上述したように、センサー基板10の支持腕12a, 12b, 12c, 12dの先端は、側面がパッケージベース21の内壁21a, 21bに接触している（押し付けられている）。

この状態で、支持腕12a, 12b, 12c, 12dの先端は、熱硬化性の接合部材30（例えば、金属フィラーなどの導電性物質が混合された、エポキシ樹脂系、シリコン樹脂系、ポリイミド樹脂系などの熱硬化性の導電性接着剤）を介して、パッケージベース21の段差部23a, 23bに固定されている（取り付けられている）。

これにより、センサー基板10の電極18a, 18b, 18c, 18dと、パッケージベース21の内部端子24a, 24b, 24c, 24dとは、電氣的に接続されていることとなる。

40

【0047】

物理量センサー1は、センサー基板10が熱硬化性の接合部材30を介してパッケージベース21に取り付けられた状態で、パッケージベース21の凹部の開口部21cがリッド22により覆われ、パッケージベース21とリッド22とがシームリング、低融点ガラス、接着剤などの接合部材29で接合される（リッド22がパッケージベース21に取り付けられる）。

物理量センサー1は、リッド22の接合後、パッケージ20の内部が減圧された状態（真空度の高い状態）で、封止部28の貫通孔28aに封止材28bが投入され、加熱溶融

50

後、固化されることにより、パッケージ 20 の内部が気密に封止される。

なお、パッケージ 20 の内部は、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガスが充填されていてもよい。また、パッケージ 20 は、パッケージベース 21 及びリッド 22 の両方に凹部を有していてもよい。

【0048】

物理量センサー 1 は、外部端子 26, 27、内部端子 24a, 24b、接続端子 16, 17、引き出し電極 46, 47 などを経由して物理量検出素子 40 の励振電極に印加される駆動信号によって、物理量検出素子 40 の一对の振動梁 41 が所定の周波数で発振（共振）する。そして、物理量センサー 1 は、加わる物理量に応じて変化する物理量検出素子 40 の共振周波数を出力信号として出力する。

10

【0049】

ここで、物理量センサー 1 の動作について説明する。ここでは、物理量センサー 1 に物理量としての加速度が印加された場合を例に挙げて説明する。

図 3 は、物理量センサーの動作について説明する模式断面図である。図 3 (a) は、可動部が紙面下方（-Z 方向）に変位した状態を示す模式断面図であり、図 3 (b) は、可動部が紙面上方（+Z 方向）に変位した状態を示す模式断面図である。

【0050】

図 3 (a) に示すように、物理量センサー 1 は、Z 軸方向に加わる加速度 + に応じた慣性力によって、可動部 15 が、継ぎ手部 14 を支点にして -Z 方向に変位した場合、物理量検出素子 40 には、Y 軸方向に基部 43 と基部 44 とが互いに離れる方向の引張力が加わり、物理量検出部 42 の一对の振動梁 41 に引張応力（伸長応力）が生じる。

20

これにより、物理量センサー 1 は、例えば、巻き上げられた弦楽器の弦のように、物理量検出部 42 の一对の振動梁 41 の振動周波数（以下、共振周波数ともいう）が高くなる方に変化する。

【0051】

一方、図 3 (b) に示すように、物理量センサー 1 は、Z 軸方向に加わる加速度 - に応じた慣性力によって、可動部 15 が、継ぎ手部 14 を支点にして +Z 方向に変位した場合、物理量検出素子 40 には、Y 軸方向に基部 43 と基部 44 とが互いに近づく方向の圧縮力が加わり、物理量検出部 42 の一对の振動梁 41 に圧縮応力が生じる。

これにより、物理量センサー 1 は、例えば、巻き戻された弦楽器の弦のように、物理量検出部 42 の一对の振動梁 41 の共振周波数が低くなる方に変化する。

30

【0052】

物理量センサー 1 は、この共振周波数の変化を検出している。Z 軸方向に加わる加速度（+、-）は、この検出された共振周波数の変化の割合に応じて、ルックアップテーブルなどによって定められた数値に変換することで導出される。

【0053】

ここで、図 3 (a) に示すように、物理量センサー 1 は、Z 軸方向に加わる加速度 + が所定の大きさより大きい場合、可動部 15 の主面 13a に固定された質量部 50 の、平面視においてベース部 13 と重なる部分がベース部 13 に接触する。

これにより、物理量センサー 1 は、加速度 + に応じて -Z 方向に変位する可動部 15 の変位を、所定の範囲内に規制することができる。

40

【0054】

一方、図 3 (b) に示すように、物理量センサー 1 は、Z 軸方向に加わる加速度 - が所定の大きさより大きい場合、可動部 15 の主面 13b に固定された質量部 50 の、平面視においてベース部 13 と重なる部分がベース部 13 に接触する。

これにより、物理量センサー 1 は、加速度 - に応じて +Z 方向に変位する可動部 15 の変位を、所定の範囲内に規制することができる。

【0055】

上述したように、本実施形態の物理量センサー 1 は、センサー基板 10 の支持部 12 が梁状の可撓部としての支持腕 12a, 12b, 12c, 12d を有し、支持腕 12a, 1

50

2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端が、パッケージベース 2 1 の、互いに対向する内壁 2 1 a , 2 1 b のそれぞれに接触している状態で、パッケージベース 2 1 に固定されている。

これにより、物理量センサー 1 は、支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端がパッケージベース 2 1 に、例えば、熱硬化性の接合部材 3 0 により固定されている場合、加熱によるセンサー基板 1 0 の伸びが、パッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b によって拘束（抑制）される。

この結果、物理量センサー 1 は、常温に戻った際に、センサー基板 1 0 が支持部 1 2 の両端同士を引き離す方向に引っ張られることが殆どなく、センサー基板 1 0 には、固定に伴う引張応力などの応力が殆ど生じないこととなる（残留応力が殆どない）。

【 0 0 5 6 】

10

また、物理量センサー 1 は、支持部 1 2 の支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の撓みにより、加熱によるセンサー基板 1 0 の伸びが吸収されることから、加熱時に生じるセンサー基板 1 0 の熱応力を緩和できる。

また、物理量センサー 1 は、残留応力を殆ど考えなくてもよいことから、センサー基板 1 0 の設計の自由度を広げることができる。

これらにより、物理量センサー 1 は、例えば、外部からの衝撃に対する耐衝撃性の向上や、上記引張応力の経時的変化に伴う周波数変動の大幅低減など、性能を向上させることが可能となる。

【 0 0 5 7 】

20

また、物理量センサー 1 は、センサー基板 1 0 の支持部 1 2 の両端に支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d を有している。支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d は、支持部 1 2 の両端を互いに結んだ X 軸方向と交差する Y 軸方向に屈曲して延びている。

そして、自由状態における一方の支持腕 1 2 a , 1 2 c の先端から、他方の支持腕 1 2 b , 1 2 d の先端までの X 軸方向に沿った距離 L 1 は、パッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b 間の X 軸方向に沿った距離 L 2 よりも長くなっている。

この結果、物理量センサー 1 は、各支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d が撓んだ状態で、各支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端の側面がパッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に接触している（押し付けられている）。

これにより、物理量センサー 1 は、パッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b 間の寸法ばらつき（加工ばらつき）を吸収し、各支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端を常にパッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に接触させることができる。

30

【 0 0 5 8 】

また、物理量センサー 1 は、各支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端の側面がパッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に接触した状態で、接合部材 3 0 によりパッケージベース 2 1 に固定されている。

これにより、物理量センサー 1 は、各支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端が、接合部材 3 0 の回りこみによって、パッケージベース 2 1 の段差部 2 3 a , 2 3 b （内部端子 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d ）のみならず、内壁 2 1 a , 2 1 b へも固定されることから、段差部 2 3 a , 2 3 b のみに固定される場合と比較して、固定強度を向上させることができる。

40

【 0 0 5 9 】

なお、距離 L 1 と距離 L 2 との差は、センサー基板 1 0 及びパッケージベース 2 1 の寸法ばらつき（加工ばらつき）分であり、加工精度の向上によりその差は小さくできる。これにより、センサー基板 1 0 をパッケージベース 2 1 へ組み込む際の、各支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d が撓むことによって生じる曲げ応力は、残留応力として殆ど無視できるレベルとなる。

【 0 0 6 0 】

また、物理量センサー 1 は、センサー基板 1 0 の支持部 1 2 が機能部 1 1 の - Y 側だけでなく、反対側の + Y 側にも設けられていることから、支持部 1 2 が 1 箇所の場合と比較して、センサー基板 1 0 をより安定した姿勢でパッケージベース 2 1 に収容することがで

50

きる。

【 0 0 6 1 】

また、物理量センサー 1 は、センサー基板 1 0 の機能部 1 1 が、支持部 1 2 に接続されているベース部 1 3 と、ベース部 1 3 に継ぎ手部 1 4 を介して接続されている板状の可動部 1 5 と、を備え、ベース部 1 3 と可動部 1 5 とに物理量検出素子 4 0 が掛け渡され、可動部 1 5 が加わる物理量に応じて変位可能に構成されている。

これにより、物理量センサー 1 は、可動部 1 5 の変位を検出する物理量検出素子 4 0 によって物理量の検出が可能となり、電子デバイスとしての優れた性能の物理量センサーを提供することができる。

【 0 0 6 2 】

また、物理量センサー 1 は、物理量検出素子 4 0 が少なくとも 1 つの（ここでは一対の）振動梁 4 1 を有する物理量検出部 4 2 と、物理量検出部 4 2 の両端に接続されている一対の基部 4 3 , 4 4 と、を備え、基部 4 3 が可動部 1 5 に固定され、基部 4 4 がベース部 1 3 に固定されている。

これにより、物理量センサー 1 は、振動梁 4 1 の特性によって物理量の変化を直線的に振動周波数（共振周波数）の変化に変換することができる。

この結果、物理量センサー 1 は、他の物理量検出素子を用いる場合と比較して、物理量の検出精度が高い特性を有し、物理量センサーとしての検出精度を向上させることができる。

【 0 0 6 3 】

次に、物理量センサー 1 の製造方法について説明する。

図 4 は、物理量センサーの製造工程の一例を示すフローチャートであり、図 5 (a)、図 5 (b)、図 6 (c)、図 6 (d)、図 7 (e)、図 7 (f) は、主要製造工程を説明する模式断面図である。

【 0 0 6 4 】

図 4 に示すように、物理量センサー 1 の製造方法は、センサー基板準備工程と、パッケージ準備工程と、接合部材塗布工程と、センサー基板収容工程と、センサー基板固定工程と、封止工程と、を含んでいる。

【 0 0 6 5 】

〔 センサー基板準備工程 〕

まず、図 5 (a) に示すように、例えば、水晶の原石などから所定の角度で切り出された水晶基板を用いて、フォトリソグラフィ、ウエットエッチングなどの技術により、上述した構成のセンサー基板 1 0 を形成する。

ここで、センサー基板 1 0 は、図 1 (a) に示すように、支持腕 1 2 a , 1 2 c の先端から、支持腕 1 2 b , 1 2 d の先端までの X 軸方向に沿った距離 L 1 が、パッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b 間の X 軸方向に沿った距離 L 2 よりも大きくなるように形成する。

なお、距離 L 1 と距離 L 2 との差は、センサー基板 1 0 及びパッケージベース 2 1 の寸法ばらつき（加工ばらつき）吸収分であり、加工精度の向上によりその差を小さくすることが好ましい。

【 0 0 6 6 】

ついで、センサー基板 1 0 の主面 1 3 a に、センサー基板 1 0 の継ぎ手部 1 4 を跨いでベース部 1 3 と可動部 1 5 とに掛け渡すようにして、物理量検出素子 4 0 を接合部材 4 5 によって取り付ける（固定する）。

ついで、物理量検出素子 4 0 の引き出し電極 4 6 , 4 7 と、センサー基板 1 0 のベース部 1 3 の接続端子 1 6 , 1 7 とを、ワイヤーボンディング技術を用いて金属ワイヤー 4 8 により接続する。

ついで、センサー基板 1 0 の可動部 1 5 の両主面 1 3 a , 1 3 b に、質量部 5 0 を図示しない接合材によって 2 個ずつ並べて取り付ける。このとき、質量部 5 0 の一部がベース部 1 3 と平面視で重なるように位置決めしておく。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

[パッケージ準備工程]

ついで、図 5 (b) に示すように、上述したパッケージ 2 0 のパッケージベース 2 1 を準備する。なお、リッド 2 2 は、後工程でパッケージベース 2 1 に取り付ける。

【 0 0 6 8 】

[接合部材塗布工程]

ついで、図 6 (c) に示すように、パッケージベース 2 1 の段差部 2 3 a , 2 3 b に設けられている内部端子 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d に、例えば、図示しないディスプレイなどの塗布装置を用いて、熱硬化性の接合部材 3 0 (導電性接着剤) を塗布する。

【 0 0 6 9 】

[センサー基板収容工程]

ついで、図 6 (d) に示すように、センサー基板 1 0 の支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端を、図示しない治具などを用いて矢印 C 方向に撓ませた状態で、パッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に沿わせながら矢印 D 方向に移動させて、センサー基板 1 0 を、パッケージベース 2 1 の段差部 2 3 a , 2 3 b に接合部材 3 0 を介して載置する。これにより、センサー基板 1 0 を、パッケージベース 2 1 に収容したこととなる。

このとき、センサー基板 1 0 の支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端の側面は、パッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に接触している (押し付けられている) 。

【 0 0 7 0 】

[センサー基板固定工程]

ついで、加熱炉、乾燥機、恒温槽などの加熱装置に投入し、センサー基板 1 0 の支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端がパッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に接触している状態で、接合部材 3 0 、センサー基板 1 0 及びパッケージベース 2 1 を、例えば、約 2 0 0 ~ 約 3 0 0 で約 1 時間程度加熱し、加熱により硬化した接合部材 3 0 を介して、センサー基板 1 0 の支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端をパッケージベース 2 1 に固定する (取り付ける) 。

これにより、センサー基板 1 0 の電極 1 8 a , 1 8 b , 1 8 c , 1 8 d と、パッケージベース 2 1 の内部端子 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d とは、電氣的に接続されていることとなる。

【 0 0 7 1 】

[封止工程]

ついで、図 7 (e) に示すように、リッド 2 2 を接合部材 2 9 によってパッケージベース 2 1 に気密に接合する (取り付ける) 。

ついで、図 7 (f) に示すように、リッド 2 2 が接合されたパッケージベース 2 1 を反転し、パッケージ 2 0 の内部が減圧された状態 (例えば、真空チャンバー内などの真空度が高い状態) で、封止部 2 8 の貫通孔 2 8 a に球状の封止材 2 8 b を投入し、レーザービームや電子ビームを照射して加熱溶融後、封止材 2 8 b を固化することにより、貫通孔 2 8 a を閉塞し、パッケージ 2 0 の内部を気密に封止する。

なお、パッケージ 2 0 の内部は、窒素、ヘリウム、アルゴンなどの不活性ガスが充填されていてもよい。

上記各工程などを経ることにより、図 1、図 2 に示すような物理量センサー 1 を得る。

【 0 0 7 2 】

上述したように、物理量センサー 1 の製造方法は、センサー基板 1 0 の支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d を撓ませて、センサー基板 1 0 をパッケージ 2 0 のパッケージベース 2 1 に収容するセンサー基板収容工程と、支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d の先端を、パッケージベース 2 1 の内壁 2 1 a , 2 1 b に接触した状態で、接合部材 3 0 、センサー基板 1 0 及びパッケージベース 2 1 を加熱し、加熱により硬化した接合部材 3 0 を介してパッケージベース 2 1 に固定するセンサー基板固定工程と、を含む。

【 0 0 7 3 】

これにより、物理量センサー 1 の製造方法は、加熱による支持腕 1 2 a , 1 2 b , 1 2

10

20

30

40

50

c, 12dの両先端間の伸び(距離L1の伸び)が、パッケージベース21の内壁21a, 21bによって拘束(抑制、制限)される。

この結果、物理量センサー1の製造方法は、常温に戻った際に、センサー基板10の支持腕12a, 12b, 12c, 12dが、両先端同士(支持腕12a, 12bの先端同士及び支持腕12c, 12dの先端同士)を引き離す方向に引っ張られることが殆どなく、支持腕12a, 12b, 12c, 12dの両先端間には、固定に伴う引張応力などの応力が殆ど生じないこととなる(残留応力が殆どない)。

【0074】

また、物理量センサー1の製造方法は、支持腕12a, 12b, 12c, 12dの撓みにより、加熱によるセンサー基板10の伸びが吸収されることから、加熱時に生じるセンサー基板10の熱応力を緩和できる。

10

加えて、物理量センサー1の製造方法は、支持部12の支持腕12a, 12b, 12c, 12dを撓ませることによりセンサー基板10をパッケージベース21に収容することから、パッケージベース21の内壁21a, 21b間の寸法ばらつき(加工ばらつき)を吸収し、支持腕12a, 12b, 12c, 12dの先端を確実にパッケージベース21の内壁21a, 21bに接触させることができる。

これらにより、物理量センサー1の製造方法は、例えば、外部からの衝撃に対する耐衝撃性の向上や、上記引張応力の経時的変化に伴う周波数変動の大幅低減など、物理量センサー1の性能を向上させることが可能となる。

【0075】

20

(変形例)

次に、第1実施形態の変形例について説明する。

図8は、第1実施形態の変形例の物理量センサーの概略構成を示す模式断面図である。

なお、第1実施形態との共通部分には、同一符号を付して詳細な説明を省略し、第1実施形態と異なる部分を中心に説明する。なお、図8の断面位置は、図1(b)と同様である。

【0076】

図8に示すように、変形例の物理量センサー2は、物理量センサー1と同様に、パッケージ20がパッケージベース21と、パッケージベース21の凹部の開口部21cを覆うリッド22と、を備えている。

30

物理量センサー2は、パッケージベース21の開口部21cと底部(ここでは段差部23a, 23b)とを繋ぐ内壁121a, 121bの少なくとも一部が、段差部23a, 23b側から開口部21c側(リッド22側)に向かうに連れて、パッケージベース21の内壁121a, 121b間が広がる方向に傾斜または湾曲(ここでは傾斜)している。

具体的には、物理量センサー2は、開口部21c側の内壁121a, 121b間の距離L3が、段差部23a, 23b側の内壁121a, 121b間の距離L2よりも長くなるように、内壁121a, 121bの一部がパッケージベース21の外壁側に傾斜している。

【0077】

これによれば、物理量センサー2は、パッケージベース21の開口部21c側の内壁121a, 121b間の距離L3を、段差部23a, 23b側の内壁121a, 121b間の距離L2よりも長くすることができる。換言すれば、開口部21c側の内壁121a, 121b間を、段差部23a, 23b側の内壁121a, 121b間よりも広くすることができる。

40

この結果、物理量センサー2は、例えば、距離L3を自由状態のセンサー基板10の距離L1以上にしておくことにより、センサー基板10の支持腕12a, 12b, 12c, 12dを予め撓ませることなく、センサー基板10をパッケージベース21に容易に収容することができる。

【0078】

なお、物理量センサー2の製造方法は、物理量センサー1の製造方法に準じるが、パッ

50

ケーシングベース 21 が上記の構成となっていることにより、センサー基板收容工程において、支持腕 12a, 12b, 12c, 12d の先端をパッケージベース 21 の開口部 21c と干渉させることなく、センサー基板 10 をパッケージベース 21 に容易に收容することができる。

【0079】

(第2実施形態)

次に、電子デバイスの他の一例としての水晶振動子について説明する。

図9は、第2実施形態の水晶振動子の概略構成を示す模式平面図である。

【0080】

図9に示すように、水晶振動子3は、機能素子としての水晶振動片210と、水晶振動片210よりも熱膨張係数が小さく、水晶振動片210を收容する容器としてのパッケージ220と、を備えている。

水晶振動片210には、例えば、水晶の原石などから所定の角度で切り出された水晶基板が用いられ、フォトリソグラフィ、エッチングなどの技術により、外形形状が精度よく形成されている。

水晶振動片210は、機能部としての振動部211と、振動部211に接続されている支持部212と、を備えている。

振動部211は、支持部212から紙面左右方向に延びる一対の振動腕215を有し、支持部212の一部を含んで音叉状に構成されている。

支持部212における振動腕215が延びる方向(紙面左右方向)と交差する方向(紙面上下方向)の両端は、パッケージ220の凹状の收容部としてのパッケージベース221の凹部の、互に対向する内壁221a, 221bのそれぞれに接触している状態で、パッケージベース221に固定されている。

【0081】

具体的には、水晶振動片210の支持部212は、紙面上下方向の両端のそれぞれに梁状の可撓部としての支持腕212a, 212bを有している。

支持腕212a, 212bは、平面視で支持部212の両端を互いに結んだ第1方向としての紙面上下方向と交差する方向(紙面左右方向)に屈曲して、振動腕215側に延びている。

【0082】

支持腕212a, 212bは、自由状態における一方の支持腕212aの先端から、他方の支持腕212bの先端までの紙面上下方向に沿った距離L21が、パッケージベース221における紙面左右方向に沿って延びる内壁221a, 221b間の紙面上下方向に沿った距離L22よりも長くなるように形成されている。

これにより、支持腕212a, 212bは、紙面上下方向に撓んだ状態で、先端がパッケージベース221の内壁221a, 221bに接触していることとなる。

この状態で、支持腕212a, 212bの先端は、例えば、熱硬化性の接合部材30でパッケージベース221に固定されている。

【0083】

パッケージ220は、第1実施形態と同様に、平面形状が略矩形で凹部を有したパッケージベース221と、パッケージベース221の凹部の開口部221cを覆う蓋部としての平面形状が略矩形で平板状のリッド(図示せず)と、を有し、略直方体形状に形成されている。

パッケージ220の構成、材質などは、第1実施形態と殆ど同様なので、詳細な説明を省略する。

【0084】

上述したように、本実施形態の水晶振動子3は、水晶振動片210の支持部212が梁状の可撓部としての支持腕212a, 212bを有し、支持腕212a, 212bの先端が、パッケージベース221の内壁221a, 221bのそれぞれに接触している状態で、パッケージベース221に固定されている。

これにより、水晶振動子 3 は、支持腕 2 1 2 a , 2 1 2 b の先端がパッケージベース 2 2 1 に、例えば、熱硬化性の接合部材 3 0 により固定されている場合、加熱による水晶振動片 2 1 0 の伸びが、パッケージベース 2 2 1 の内壁 2 2 1 a , 2 2 1 b によって拘束（抑制）される。

この結果、水晶振動子 3 は、常温に戻った際に、水晶振動片 2 1 0 が支持部 2 1 2 の両端同士を引き離す方向に引っ張られることが殆どなく、水晶振動片 2 1 0 には、固定に伴う引張応力などの応力が殆ど生じないこととなる（残留応力が殆どない）。

また、水晶振動子 3 は、水晶振動片 2 1 0 の支持腕 2 1 2 a , 2 1 2 b の撓みにより、加熱による水晶振動片 2 1 0 の伸びが吸収されることから、加熱時に生じる水晶振動片 2 1 0 の熱応力を緩和できる。

これらにより、水晶振動子 3 は、例えば、外部からの衝撃に対する耐衝撃性の向上や、上記引張応力の経時的変化に伴う周波数変動の大幅低減など、性能を向上させることが可能となる。

【0085】

また、水晶振動子 3 は、水晶振動片 2 1 0 の支持部 2 1 2 の両端に支持腕 2 1 2 a , 2 1 2 b を有している。

そして、自由状態における支持腕 2 1 2 a の先端から、支持腕 2 1 2 b の先端までの距離 L 2 1 は、パッケージベース 2 2 1 の内壁 2 2 1 a , 2 2 1 b 間の距離 L 2 2 よりも長くなっている。

この結果、水晶振動子 3 は、支持腕 2 1 2 a , 2 1 2 b が撓んだ状態で、支持腕 2 1 2 a , 2 1 2 b の先端の側面がパッケージベース 2 2 1 の内壁 2 2 1 a , 2 2 1 b に接触している（押し付けられている）。

これにより、水晶振動子 3 は、パッケージベース 2 2 1 の内壁 2 2 1 a , 2 2 1 b 間の寸法ばらつきを吸収し、支持腕 2 1 2 a , 2 1 2 b の先端を常にパッケージベース 2 2 1 の内壁 2 2 1 a , 2 2 1 b に接触させることができる。

【0086】

なお、距離 L 2 1 と距離 L 2 2 との差は、水晶振動片 2 1 0 及びパッケージベース 2 2 1 の寸法ばらつき（加工ばらつき）分であり、加工精度の向上によりその差は小さくできる。これにより、水晶振動片 2 1 0 をパッケージベース 2 2 1 へ組み込む際の、支持腕 2 1 2 a , 2 1 2 b が撓むことによって生じる曲げ応力は、残留応力として殆ど無視できるレベルとなる。

なお、内壁 2 2 1 a , 2 2 1 b は、第 1 実施形態の変形例と同様に、傾斜または湾曲していてもよい。

また、水晶振動片 2 1 0 は、図示の音叉型に限定されるものではなく、A T カット型などであってもよい。

【0087】

（電子機器）

次に、上述した電子デバイスを備えている電子機器について説明する。

図 1 0 は、電子デバイスを備えている電子機器の一例としての傾斜計を示す模式斜視図である。

【0088】

図 1 0 に示すように、傾斜計 4 0 0 は、上述した電子デバイスとしての物理量センサー 1 を、傾斜センサーとして備えている。

傾斜計 4 0 0 は、例えば、山の斜面、道路の法面、盛土の擁壁面などの被計測場所に設置される。傾斜計 4 0 0 は、外部からケーブル 4 4 0 を介して電源が供給され、または電源を内蔵し、図示しない駆動回路によって物理量センサー 1（傾斜センサー）に駆動信号が送られている。

【0089】

そして、傾斜計 4 0 0 は、図示しない検出回路によって、物理量センサー 1 に加わる重力加速度に応じて変化する物理量センサー 1 の共振周波数から、傾斜計 4 0 0 の姿勢の変

10

20

30

40

50

化（傾斜計 4 0 0 に対する重力加速度が加わる方向の変化）を検出し、それをルックアップテーブルなどによって角度に換算して、例えば、無線またはケーブル 4 4 0 などで基地局にデータ転送する。

【 0 0 9 0 】

このように、傾斜計 4 0 0 は、性能が向上し検出特性に優れた物理量センサー 1 を備えていることから、被計測場所の日常の管理（保全）や異常の早期発見に貢献することができる。

なお、傾斜計 4 0 0 は、物理量センサー 1 に代えて物理量センサー 2 を用いてもよい。これによれば、傾斜計 4 0 0 は、物理量センサー 1 を用いたときと同様の効果を奏することができる。

【 0 0 9 1 】

上述した物理量センサー 1 または物理量センサー 2 は、上記傾斜計 4 0 0 に限らず、地震計、ナビゲーション装置、姿勢制御装置、ゲームコントローラー、携帯電話などの加速度センサー、傾斜センサー、圧力センサー、重量センサーなどとして好適に用いることができ、いずれの場合にも上記第 1 実施形態及び変形例で説明した効果が反映された優れた性能の電子機器を提供することができる。

【 0 0 9 2 】

（移動体）

次に、上述した電子デバイスを備えている移動体について説明する。

図 1 1 は、電子デバイスを備えている移動体の一例としての自動車を示す模式斜視図である。

自動車 5 0 0 は、電子デバイスとしての水晶振動子 3 を、搭載されている各種電子制御式装置（例えば、電子制御式燃料噴射装置、電子制御式 A B S 装置、電子制御式一定速度走行装置など）の基準クロックを発生するタイミングデバイスとして用いている。また、自動車 5 0 0 は、電子デバイスとしての物理量センサー 1 または物理量センサー 2 を、搭載されているナビゲーション装置、姿勢制御装置などの姿勢検出センサーとして用いている。

これらによれば、自動車 5 0 0 は、上述した電子デバイスを備えていることから、上記各実施形態及び変形例で説明した効果が反映され、優れた性能を発揮することができる。

【 0 0 9 3 】

上述した電子デバイスは、上記自動車 5 0 0 に限らず、自走式ロボット、自走式搬送機器、列車、船舶、飛行機、人工衛星などを含む移動体のタイミングデバイスまたは姿勢検出センサーとして好適に用いることができ、いずれの場合にも上記各実施形態及び変形例で説明した効果が反映された優れた性能の移動体を提供することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 4 】

1 , 2 ... 電子デバイスとしての物理量センサー、 3 ... 電子デバイスとしての水晶振動子、 1 0 ... 機能素子としてのセンサー基板、 1 1 ... 機能部、 1 2 ... 支持部、 1 2 a , 1 2 b , 1 2 c , 1 2 d ... 梁状の可撓部としての支持腕、 1 3 ... ベース部、 1 3 a , 1 3 b ... 主面、 1 4 ... 継ぎ手部、 1 4 a ... 溝部、 1 5 ... 可動部、 1 6 , 1 7 ... 接続端子、 1 8 a , 1 8 b , 1 8 c , 1 8 d ... 電極、 2 0 ... 容器としてのパッケージ、 2 1 ... 凹状の収容部としてのパッケージベース、 2 1 a , 2 1 b ... 内壁、 2 1 c ... 開口部、 2 2 ... 蓋部としてのリッド、 2 3 ... 内底面、 2 3 a , 2 3 b ... 段差部、 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c , 2 4 d ... 内部端子、 2 5 ... 外底面、 2 6 , 2 7 ... 外部端子、 2 8 ... 封止部、 2 8 a ... 貫通孔、 2 8 b ... 封止材、 2 9 , 3 0 ... 接合部材、 4 0 ... 物理量検出素子、 4 1 ... 振動梁、 4 2 ... 物理量検出部、 4 3 , 4 4 ... 基部、 4 5 ... 接合部材、 4 6 , 4 7 ... 引き出し電極、 4 8 ... 金属ワイヤー、 5 0 ... 質量部、 5 1 ... 凸部、 1 2 1 a , 1 2 1 b ... 内壁、 2 1 0 ... 機能素子としての水晶振動片、 2 1 1 ... 機能部としての振動部、 2 1 2 ... 支持部、 2 1 2 a , 2 1 2 b ... 梁状の可撓部としての支持腕、 2 1 5 ... 振動腕、 2 2 0 ... 容器としてのパッケージ、 2 2 1 ... 凹状の収容部としてのパッケージベース、 2 2 1 a , 2 2 1 b ... 内壁、 2 2 1 c ... 開

10

20

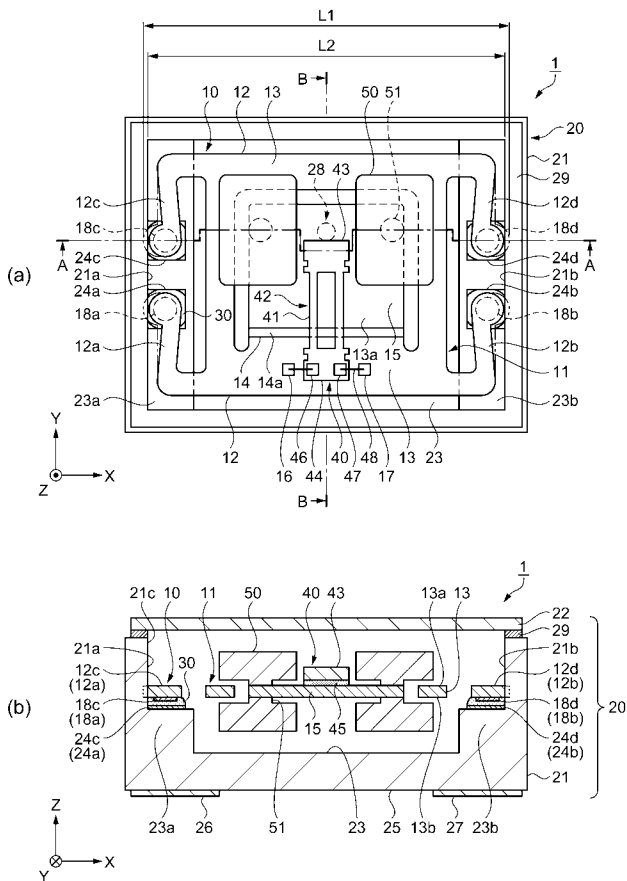
30

40

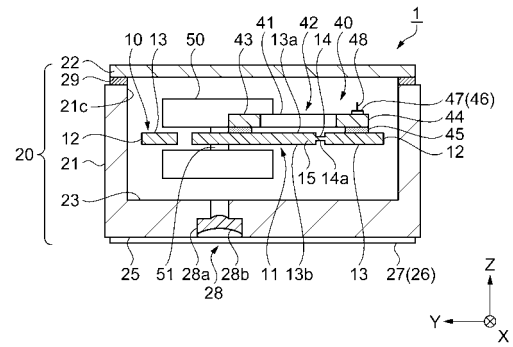
50

口部、４００…電子機器としての傾斜計、４４０…ケーブル、５００…移動体としての自動車。

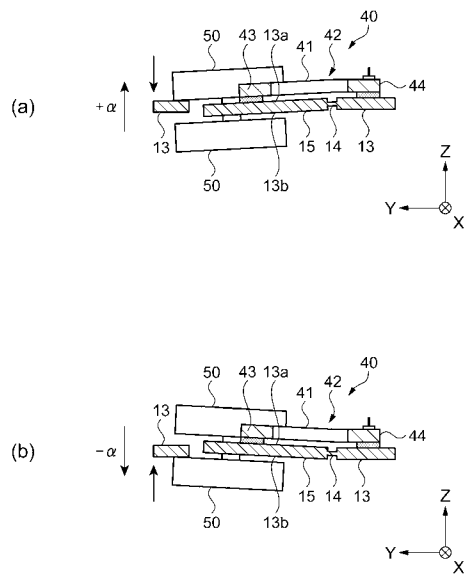
【図１】



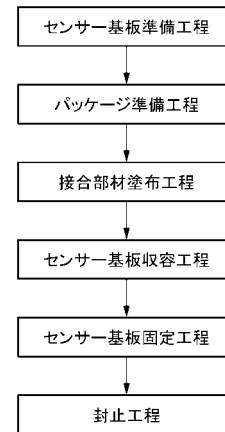
【図２】



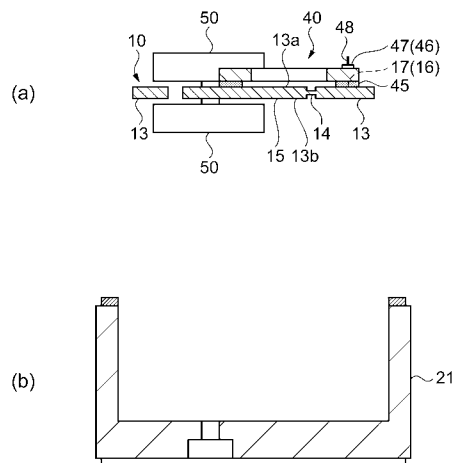
【図 3】



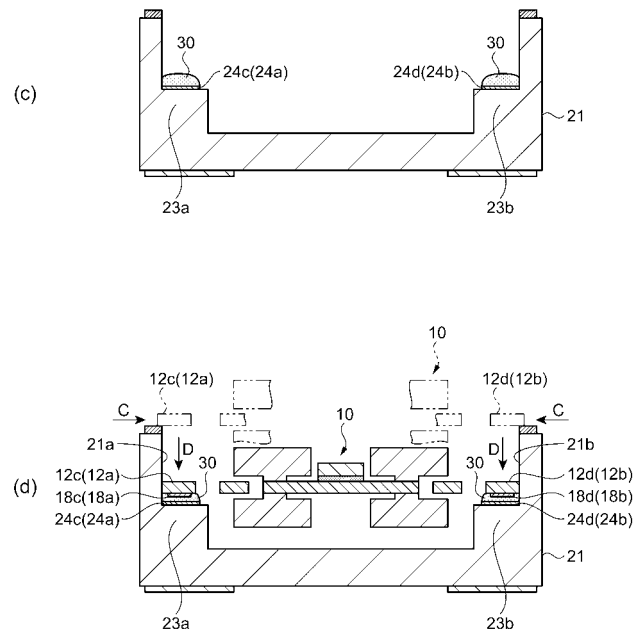
【図 4】



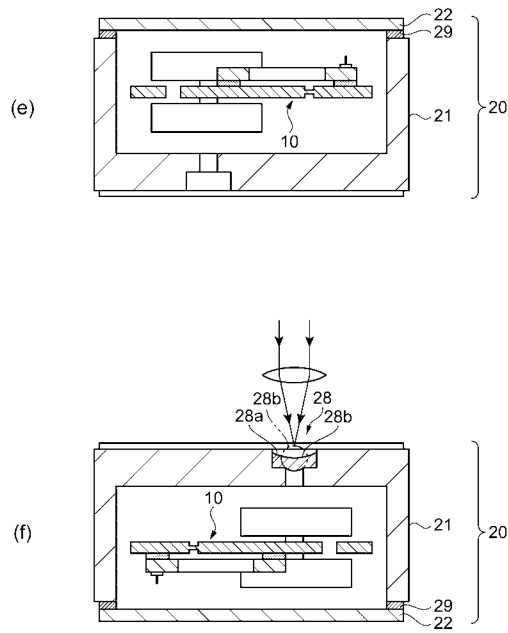
【図 5】



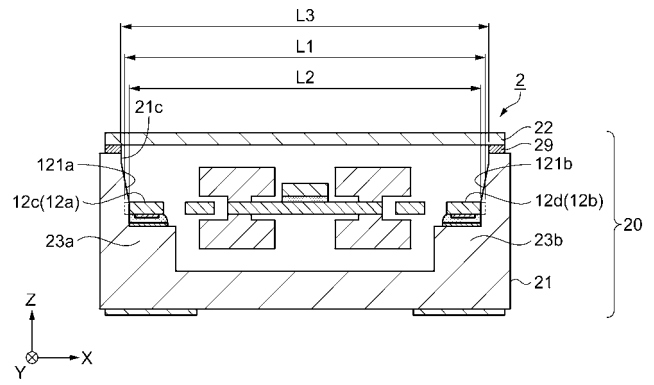
【図 6】



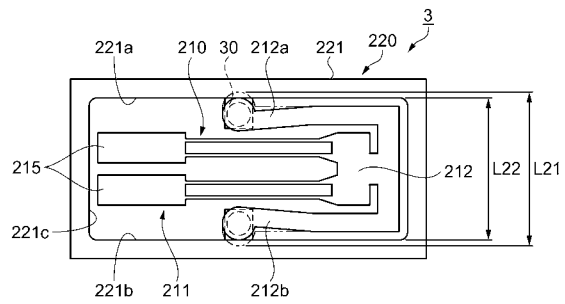
【図 7】



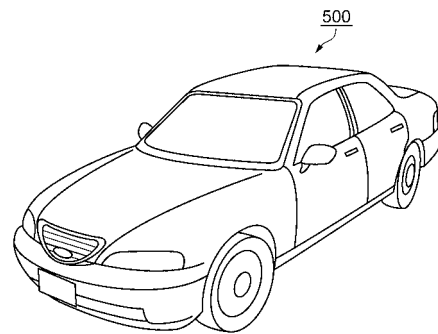
【図 8】



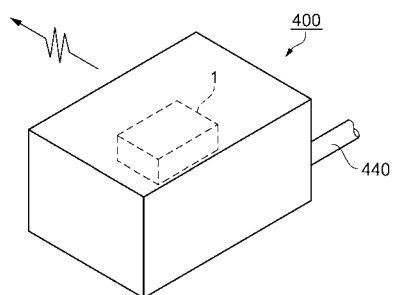
【図 9】



【図 11】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
H 0 1 L	41/22	(2013.01)	H 0 1 L	41/22		Z
G 0 1 C	9/06	(2006.01)	G 0 1 C	9/06		E