

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7375331号
(P7375331)

(45)発行日 令和5年11月8日(2023.11.8)

(24)登録日 令和5年10月30日(2023.10.30)

(51)国際特許分類

F I

H 0 3 H 9/02 (2006.01)

H 0 3 H 9/02 K

H 0 3 H 9/02 N

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-86584(P2019-86584)	(73)特許権者	000002369
(22)出願日	平成31年4月26日(2019.4.26)		セイコーエプソン株式会社
(65)公開番号	特開2020-184654(P2020-184654 A)		東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号
(43)公開日	令和2年11月12日(2020.11.12)	(74)代理人	100091292
審査請求日	令和4年3月31日(2022.3.31)		弁理士 増田 達哉
		(74)代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(72)発明者	竹内 淳一
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイ
			コーエブソン株式会社内
		(72)発明者	水口 彰
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイ
			コーエブソン株式会社内
		(72)発明者	蝦名 昭彦
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 振動デバイスおよび電子機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコンで構成され、第 1 面および前記第 1 面と反対側の第 2 面を有するベース基板と、
前記ベース基板に接合されている蓋体と、
前記ベース基板の前記第 1 面に配置され、前記ベース基板と前記蓋体との間に収納され
ている振動素子と、
サーミスタ薄膜を含み、前記ベース基板に配置されている薄膜サーミスタ素子と、
前記ベース基板を貫通し、前記ベース基板よりも熱伝導率が高い貫通電極を備え、前記薄
膜サーミスタ素子と電気的に接続されている配線と、を有し、
前記貫通電極は、前記ベース基板の厚さ方向からの平面視で前記振動素子と重なっている
ことを特徴とする振動デバイス。

10

【請求項 2】

前記薄膜サーミスタ素子は、前記ベース基板の前記第 1 面に配置されている請求項 1 に
記載の振動デバイス。

【請求項 3】

前記薄膜サーミスタ素子は、前記ベース基板の厚さ方向からの平面視で前記振動素子と
重なっている部分を有する請求項 2 に記載の振動デバイス。

【請求項 4】

前記ベース基板は、前記第 1 面に開口する凹部を有し、
前記凹部の底面に前記薄膜サーミスタ素子が配置されている請求項 2 または 3 に記載の

20

振動デバイス。

【請求項 5】

前記凹部の側面は、前記ベース基板の厚さ方向に対して傾斜する傾斜面であり、
前記配線は、前記底面、前記傾斜面および前記第 1 面に配置されている請求項 4 に記載の振動デバイス。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の振動デバイスと、
前記振動素子を発振させる発振回路と、
前記薄膜サーミスタ素子が出力するアナログ信号をデジタル信号化する A / D コンバーターと、
前記 A / D コンバーターが出力するデジタル信号が入力される演算回路と、を備えることを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動デバイス、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載されている振動デバイスは、セラミックで構成され、上面に開口する第 1 凹部および下面に開口する第 2 凹部を有する絶縁基板と、第 1 凹部の底面に設けられた振動素子と、第 2 凹部の底面に設けられ、温度センサーを有する回路素子と、絶縁基板の上面に接合され、第 1 凹部の開口を塞ぐ蓋体と、回路素子と蓋体とを熱的に接続する熱伝導部材と、を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2012 - 191484 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載されている振動デバイスでは、回路素子と振動素子とが熱伝導率の低いセラミックで構成された絶縁基板を間に挟んで配置されているため、回路素子と振動素子との間の熱的な接続が不十分となり易く、温度センサーによって振動素子の温度を精度よく検出することができない。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本適用例にかかる振動デバイスは、シリコンで構成され、第 1 面および前記第 1 面と反対側の第 2 面を有するベース基板と、

前記ベース基板に接合されている蓋体と、

前記ベース基板の前記第 1 面に配置され、前記ベース基板と前記蓋体との間に収納されている振動素子と、

前記ベース基板に配置されているサーミスタ素子と、を有することを特徴とする。

【0006】

本適用例にかかる振動デバイスでは、前記サーミスタ素子は、前記ベース基板の前記第 1 面に配置されていることが好ましい。

【0007】

本適用例にかかる振動デバイスでは、前記サーミスタ素子は、前記ベース基板の厚さ方向からの平面視で前記振動素子と重なっている部分を有することが好ましい。

【0008】

本適用例にかかる振動デバイスでは、前記ベース基板は、前記第 1 面に開口する凹部を

10

20

30

40

50

有し、

前記凹部の底面に前記サーミスタ素子が配置されていることが好ましい。

【 0 0 0 9 】

本適用例にかかる振動デバイスでは、前記サーミスタ素子と電氣的に接続されている配線を有し、

前記凹部の側面は、前記ベース基板の厚さ方向に対して傾斜する傾斜面であり、

前記配線は、前記底面、前記傾斜面および前記第 1 面に配置されていることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

本適用例にかかる振動デバイスでは、前記サーミスタ素子は、前記ベース基板の前記第 2 面に配置されていることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

本適用例にかかる振動デバイスでは、前記ベース基板は、前記第 2 面に開口する凹部を有し、

前記凹部の底面に前記サーミスタ素子が配置されていることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

本適用例にかかる振動デバイスでは、前記サーミスタ素子と電氣的に接続されている配線を有し、

前記凹部の側面は、前記ベース基板の厚さ方向に対して傾斜する傾斜面であり、

前記配線は、前記底面、前記傾斜面および前記第 2 面に配置されていることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

本適用例にかかる電子機器は、上述の振動デバイスと、

前記振動素子を発振させる発振回路と、

前記サーミスタ素子が出力するアナログ信号をデジタル信号化する A / D コンバーターと、

前記 A / D コンバーターが出力するデジタル信号が入力される演算回路と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本適用例にかかる移動体は、上述の振動デバイスと、

前記振動素子を発振させる発振回路と、

前記サーミスタ素子が出力するアナログ信号をデジタル信号化する A / D コンバーターと、

前記 A / D コンバーターが出力するデジタル信号が入力される演算回路と、を備えることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】第 1 実施形態に係る振動デバイスを示す平面図である。

【図 2】図 1 中の A - A 線断面図である。

【図 3】図 1 中の B - B 線断面図である。

【図 4】図 1 に示す振動デバイスが有するベースの平面図である。

【図 5】図 4 中の C - C 線断面図である。

【図 6】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】第 3 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。

【図 8】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 9】第 5 実施形態に係る電子機器の回路構成を示すブロック図である。

【図 10】第 6 実施形態に係る移動体の回路構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明の一態様の振動デバイス、電子機器および移動体を添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 1 7 】

10

20

30

40

50

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、第 1 実施形態に係る振動デバイスを示す平面図である。図 2 は、図 1 中の A - A 線断面図である。図 3 は、図 1 中の B - B 線断面図である。図 4 は、図 1 に示す振動デバイスが有するベースの平面図である。図 5 は、図 4 中の C - C 線断面図である。なお、説明の便宜上、各図には、互いに直交する 3 軸を X 軸、Y 軸および Z 軸として図示している。また、Z 軸の矢印先端側を「上」とも言い、基端側を「下」とも言う。また、ベース基板の厚さ方向すなわち Z 軸方向からの平面視を単に「平面視」とも言う。

【 0 0 1 8 】

図 1 に示す振動デバイス 1 は、ベース 4 と、ベース 4 の上面に設けられた振動素子 5 と、振動素子 5 を収納するようにしてベース 4 に接合された蓋体 3 と、ベース 4 に設けられたサーミスタ素子 7 と、を有する。

【 0 0 1 9 】

また、図 2 および図 3 に示すように、ベース 4 は、板状のベース基板 4 1 と、ベース基板 4 1 の表面に配置された絶縁層 4 2 と、絶縁層 4 2 上に配置された電極 4 3 と、を有する。ベース基板 4 1 は、第 1 面としての上面 4 1 1 および上面 4 1 1 と反対側の第 2 面としての下面 4 1 2 を有する。また、ベース基板 4 1 は、上面 4 1 1 と下面 4 1 2 とを貫通する 4 つの貫通孔 4 1 5、4 1 6、4 1 7、4 1 8 を有する。

【 0 0 2 0 】

このようなベース基板 4 1 は、シリコンで構成されている。これにより、振動デバイス 1 を半導体プロセスによって形成することができる。そのため、振動デバイス 1 を精度よく製造することができると共に、その小型化を図ることができる。また、シリコンで構成することにより、十分に高い熱伝導率を有するベース基板 4 1 となる。そのため、後述するように、ベース 4 を介して振動素子 5 とサーミスタ素子 7 とを熱的に接続することができる。

【 0 0 2 1 】

絶縁層 4 2 は、上面 4 1 1 の外縁部すなわち蓋体 3 との接合部分を除いて、ベース基板 4 1 の表面を覆っている。このような絶縁層 4 2 は、シリコン酸化膜 (SiO_2 膜) から構成されている。絶縁層 4 2 の形成方法としては、特に限定されず、例えば、ベース基板 4 1 の表面を熱酸化することにより形成してもよいし、TEOS (テトラエトキシシラン) を用いたプラズマ CVD により形成してもよい。ただし、絶縁層 4 2 としては、特に限定されず、例えば、ポリイミド等の絶縁性の樹脂材料から構成されていてもよいし、異種材料が積層した複合体で構成されていてもよい。

【 0 0 2 2 】

電極 4 3 は、絶縁層 4 2 上に設けられている。電極 4 3 は、振動素子 5 と電氣的に接続された第 1 配線 4 4 および第 2 配線 4 5 と、サーミスタ素子 7 と電氣的に接続された第 3 配線 4 6 および第 4 配線 4 7 と、を有する。

【 0 0 2 3 】

第 1 配線 4 4 は、ベース基板 4 1 の上面 4 1 1 に設けられた内部電極 4 4 1 と、下面 4 1 2 に設けられた外部電極 4 4 2 と、貫通孔 4 1 5 内に配置され、内部電極 4 4 1 と外部電極 4 4 2 とを電氣的に接続する貫通電極 4 4 3 と、を有する。同様に、第 2 配線 4 5 は、ベース基板 4 1 の上面 4 1 1 に設けられた内部電極 4 5 1 と、下面 4 1 2 に設けられた外部電極 4 5 2 と、貫通孔 4 1 6 内に配置され、内部電極 4 5 1 と外部電極 4 5 2 とを電氣的に接続する貫通電極 4 5 3 と、を有する。

【 0 0 2 4 】

第 3 配線 4 6 は、ベース基板 4 1 の上面 4 1 1 に設けられた内部電極 4 6 1 と、下面 4 1 2 に設けられた外部電極 4 6 2 と、貫通孔 4 1 7 内に配置され、内部電極 4 6 1 と外部電極 4 6 2 とを電氣的に接続する貫通電極 4 6 3 と、を有する。同様に、第 4 配線 4 7 は、ベース基板 4 1 の上面 4 1 1 に設けられた内部電極 4 7 1 と、下面 4 1 2 に設けられた外部電極 4 7 2 と、貫通孔 4 1 8 内に配置され、内部電極 4 7 1 と外部電極 4 7 2 とを電氣的に接続する貫通電極 4 7 3 と、を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

なお、第 1 ～ 第 4 配線 4 4 ～ 4 7 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、金 (Au)、銀 (Ag)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、イリジウム (Ir)、銅 (Cu)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni)、クロム (Cr)、Ti (チタン)、タングステン (W) 等の金属材料、これら金属材料を含む合金を用いることができる。

【 0 0 2 6 】

蓋体 3 は、その下面 3 1 に開口する有底の凹部 3 2 を有する箱状をなす。そして、蓋体 3 は、その下面 3 1 において接合部材 6 を介してベース基板 4 1 の上面 4 1 1 と直接接合されている。本実施形態では、直接接合の中でも金属同士の拡散を利用した拡散接合を用いて蓋体 3 とベース基板 4 1 とが接合されている。ただし、蓋体 3 とベース 4 との接合方法は、特に限定されず、陽極接合を用いることもできる。

10

【 0 0 2 7 】

拡散接合以外の直接接合としては、表面活性化接合を適用することができる。表面活性化接合を適用する場合は、蓋体 3 の下面 3 1、およびベース基板 4 1 の上面 4 1 1 に対し、Ar 等の不活性ガスを照射することにより表面を活性化し、活性化された下面 3 1 と上面 4 1 1 とを貼り合わせて接合することができる。表面活性化接合法によれば、蓋体 3 およびベース基板 4 1 を常温で接合することができるため、蓋体 3 およびベース基板 4 1 により構成されるパッケージに応力が残留し難くなる。また、接着剤、金属膜等の接合部材を介さずに蓋体 3 およびベース基板 4 1 を接合することができるため、パッケージの低背下を図ることができる。

20

【 0 0 2 8 】

このような蓋体 3 は、シリコンで構成されている。これにより、ベース基板 4 1 と蓋体 3 の材料を揃えることができ、これらの熱膨張係数差を実質的にゼロとすることができる。そのため、熱膨張に起因する熱応力が抑えられ、優れた振動特性を有する振動デバイス 1 となる。ただし、蓋体 3 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、シリコン以外の各種半導体材料、各種セラミックス、各種ガラス材料等を用いることもできる。

【 0 0 2 9 】

蓋体 3 とベース 4 との間には、振動素子 5 を収納する収納空間 S が形成される。この収納空間 S は、気密であり、減圧状態、好ましくはより真真空に近い状態となっている。これにより、振動素子 5 の振動特性が高まる。ただし、収納空間 S の雰囲気は、特に限定されず、例えば、窒素または Ar 等の不活性ガスを封入した雰囲気であってもよく、減圧状態でなく大気圧状態、または加圧状態となってもよい。

30

【 0 0 3 0 】

図 1 に示すように、振動素子 5 は、振動基板 5 1 と、振動基板 5 1 の表面に配置された電極 5 2 と、を有する。振動基板 5 1 は、厚みすべり振動モードを有し、本実施形態では AT カット水晶基板から形成されている。AT カット水晶基板は、三次の周波数温度特性を有しており、優れた温度特性を有する振動素子 5 となる。

【 0 0 3 1 】

電極 5 2 は、振動基板 5 1 の上面に配置された励振電極 5 2 1 と、下面に振動基板 5 1 を介して励振電極 5 2 1 と対向して配置された励振電極 5 2 2 と、を有する。また、電極 5 2 は、振動基板 5 1 の下面に配置された一対の端子 5 2 3、5 2 4 と、端子 5 2 3 と励振電極 5 2 1 とを電氣的に接続する配線 5 2 5 と、端子 5 2 4 と励振電極 5 2 2 とを電氣的に接続する配線 5 2 6 と、を有する。

40

【 0 0 3 2 】

なお、振動素子 5 の構成は、上述の構成に限定されない。例えば、振動素子 5 は、励振電極 5 2 1、5 2 2 に挟まれた振動領域がその周囲から突出したメサ型となっていてよいし、逆に、振動領域がその周囲から凹没した逆メサ型となっていてよい。また、振動基板 5 1 の周囲を研削して角部を面取りするベベル加工や、上面および下面を凸曲面とするコンベックス加工が施されていてもよい。

【 0 0 3 3 】

50

また、振動素子 5 としては、厚みすべり振動モードで振動するものに限定されず、例えば、2つの振動腕が面内方向に音叉振動する音叉型の振動素子であってもよい。更にまた、振動素子 5 としては、駆動振動する駆動腕および検出振動する検出腕を備え角速度を検出するジャイロセンサー素子、または加速度を検出する検出部を備えた加速度センサー素子であってもよい。振動基板 5 1 は、A T カット水晶基板に限定されず、A T カット水晶基板以外の水晶基板、例えば、X カット水晶基板、Y カット水晶基板、Z カット水晶基板、B T カット水晶基板、S C カット水晶基板、S T カット水晶基板等であってもよい。また、本実施形態では、振動基板 5 1 が水晶で構成されているが、これに限定されず、例えば、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、四ホウ酸リチウム、ランガライト、ニオブ酸カリウム、リン酸ガリウム等の圧電単結晶体により構成されていてもよいし、これら以外の圧電単結晶体で構成されていてもよい。更にまた、振動素子 5 は、圧電駆動型の振動素子に限らず、静電気力を用いた静電駆動型の振動素子であってもよい。

10

【0034】

このような振動素子 5 は、図 1 に示すように、導電性接合部材 B 1、B 2 によってベース 4 の上面に固定されている。また、導電性接合部材 B 1 は、内部電極 4 4 1 と端子 5 2 3 とを電氣的に接続し、導電性接合部材 B 2 は、内部電極 4 6 1 と端子 5 2 4 とを電氣的に接続している。これにより、第 1、第 2 配線 4 4、4 5 と振動素子 5 とが電氣的に接続される。

【0035】

導電性接合部材 B 1、B 2 としては、導電性と接合性とを兼ね備えていれば、特に限定されず、例えば、金バンプ、銀バンプ、銅バンプ、はんだバンプ等の各種金属バンプ、ポリイミド系、エポキシ系、シリコン系、アクリル系の各種接着剤に銀フィラー等の導電性フィラーを分散させた導電性接着剤等を用いることができる。導電性接合部材 B 1、B 2 として前者の金属バンプを用いると、導電性接合部材 B 1、B 2 からのガスの発生を抑制でき、収納空間 S の環境変化、特に圧力の上昇を効果的に抑制することができる。一方、導電性接合部材 B 1、B 2 として後者の導電性接着剤を用いると、導電性接合部材 B 1、B 2 が金属バンプに比べて柔らかくなり、振動素子 5 に応力が生じ難くなる。

20

【0036】

サーミスタ素子 7 は、振動素子 5 の温度を検出する温度センサーとして機能し、図 4 および図 5 に示すように、ベース 4 に設けられている。そのため、サーミスタ素子 7 は、ベース 4 および導電性接合部材 B 1、B 2 を介して振動素子 5 と熱的に接続される。ここで、ベース 4 の母体でもあるベース基板 4 1 の構成材料は、シリコンであり、シリコンの熱伝導率は、 $170 \text{ W/m} \cdot \text{k}$ 程度である。そのため、ベース 4 は、十分に高い熱伝導率を有し、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 とをより効率よく熱的に接続することができる。その結果、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 との間に温度差が生じ難くなり、サーミスタ素子 7 によって振動素子 5 の温度をより精度よく検出することができる。

30

【0037】

また、サーミスタ素子 7 は、ベース基板 4 1 の上面 4 1 1 側、すなわち、ベース 4 の上面に配置されており、内部電極 4 6 1、4 7 1 と電氣的に接続されている。このように、サーミスタ素子 7 をベース 4 の上面に配置することにより、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 とをより接近して配置することができる。そのため、サーミスタ素子 7 によって振動素子 5 の温度をより精度よく検出することができる。

40

【0038】

また、サーミスタ素子 7 は、Z 軸方向からの平面視で、振動素子 5 と重なる部分を有する。すなわち、平面視で、サーミスタ素子 7 の全部または一部が振動素子 5 と重なっている。これにより、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 とをより接近して配置することができる。そのため、サーミスタ素子 7 によって振動素子 5 の温度をより精度よく検出することができる。また、振動デバイス 1 の X 軸方向および Y 軸方向への広がりを抑制でき、振動デバイス 1 の小型化を図ることもできる。特に、本実施形態では、サーミスタ素子 7 の全域が振動素子 5 と重なっているため、上述の効果をより顕著に発揮することができる。ただ

50

し、これに限定されず、サーミスタ素子 7 の一部が振動素子 5 と重なっていてもよいし、全域が振動素子 5 と重なっていてもよい。

【0039】

また、前述したように、ベース基板 41 を貫通する 4 つの貫通電極 443 ~ 473 が設けられている。これら貫通電極 443 ~ 473 は、金属材料（合金を含む）で構成されており、ベース基板 41 よりも高い熱伝導率を有する。そのため、貫通電極 443 ~ 473 をベース基板 41 内に埋設することによってベース 4 の熱伝導性がさらに向上し、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 との間に温度差がさらに生じ難くなる。そのため、サーミスタ素子 7 によって振動素子 5 の温度をさらに精度よく検出することができる。

【0040】

また、前述したように、振動素子 5 と電氣的に接続された第 1、第 2 配線 44、45 と、サーミスタ素子 7 と電氣的に接続された第 3、第 4 配線 46、47 と、は同様の構成である。すなわち、第 1 ~ 第 4 配線 44 ~ 47 は、いずれも、上面 411 に設けられた内部電極と、下面 412 に設けられた外部電極と、これらを接続する貫通電極と、で構成されている。そのため、振動素子 5 とサーミスタ素子 7 とで、外部の熱の伝わり易さがほぼ同等となる。よって、環境温度に影響されることなく、振動素子 5 とサーミスタ素子 7 との温度差を小さく抑えることができる。

【0041】

サーミスタ素子 7 としては、特に限定されないが、本実施形態では薄膜サーミスタ素子を用いている。これにより、サーミスタ素子 7 の小型化を図ることができる。このようなサーミスタ素子 7 は、図 5 に示すように、絶縁層 42 上に内部電極 461、471 と重なって設けられたサーミスタ薄膜 71 と、サーミスタ薄膜 71 を覆うパッシベーション膜 72 と、を有する。

【0042】

このように、サーミスタ薄膜 71 は、ベース 4 に接している内部電極 461、471 の一部に重なって設けられている。内部電極 461、471 は、金属で構成され、ベース 4 に接して配置されているため、ベース 4 から内部電極 461、471 へ熱が伝わり易い。そして、サーミスタ薄膜 71 が内部電極 461、471 の一部に重なって設けられているため、内部電極 461、471 からサーミスタ薄膜 71 へ熱が伝わり易い。結果としてサーミスタ薄膜 71 と、ベース 4 に配置されている振動素子 5 と、の間の温度差を小さく抑えることができる。

【0043】

また、サーミスタ薄膜 71 は、その一部がベース 4 に接して配置されているため、ベース 4 からサーミスタ薄膜 71 へ熱が伝わり易くなり、結果としてサーミスタ薄膜 71 と、ベース 4 に配置されている振動素子 5 と、の間の温度差を小さく抑えることができる。

【0044】

また、サーミスタ薄膜 71 は、例えば、Mn - Co 系複合金属酸化物にニッケル（Ni）、鉄（Fe）、銅（Cu）の少なくとも一種類を含む複合金属酸化物からなる複合金属酸化物膜であって、スピネル型結晶構造を有している。一方、パッシベーション膜 72 は、例えば、シリコン酸化膜（SiO₂）で構成されている。ただし、サーミスタ薄膜 71 およびパッシベーション膜 72 の構成材料は、特に限定されない。

【0045】

以上、振動デバイス 1 について説明した。このような振動デバイス 1 は、前述したように、シリコンで構成され、第 1 面としての上面 411 および上面 411 とは反対側の第 2 面としての下面 412 を有するベース基板 41 と、ベース基板 41 に接合されている蓋体 3 と、ベース基板 41 の上面 411 に配置され、ベース基板 41 と蓋体 3 との間に収納されている振動素子 5 と、ベース基板 41 に配置されているサーミスタ素子 7 と、を有する。これにより、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 とを、ベース基板 41 を介して熱的に接続することができる。ベース基板 41 の構成材料は、シリコンであり、シリコンの熱伝導率は、170 W / m · k 程度と十分に高いため、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 とをより効

10

20

30

40

50

率よく熱的に接続することができる。その結果、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 との間に温度差が生じ難くなり、サーミスタ素子 7 によって振動素子 5 の温度を精度よく検出することができる。

【 0 0 4 6 】

また、前述したように、サーミスタ素子 7 は、ベース基板 4 1 の上面 4 1 1 に配置されている。これにより、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 とをより近づけて配置することができる。そのため、サーミスタ素子 7 によって振動素子 5 の温度を精度よく検出することができる。

【 0 0 4 7 】

また、前述したように、サーミスタ素子 7 は、ベース基板 4 1 の厚さ方向からの平面視で振動素子 5 と重なっている部分を有する。これにより、サーミスタ素子 7 と振動素子 5 とをより近づけて配置することができる。そのため、サーミスタ素子 7 によって振動素子 5 の温度を精度よく検出することができる。

【 0 0 4 8 】

< 第 2 実施形態 >

図 6 は、第 2 実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。なお、図 6 は、図 4 中の C - C 線断面に相当する断面図である。

【 0 0 4 9 】

本実施形態に係る振動デバイス 1 は、ベース基板 4 1 の構成が異なること以外は、前述した第 1 実施形態の振動デバイス 1 と同様である。なお、以下の説明では、第 2 実施形態の振動デバイス 1 に関し、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図 6 では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

【 0 0 5 0 】

図 6 に示すように、ベース基板 4 1 は、その上面 4 1 1 に開口する凹部 4 1 3 を有する。そして、この凹部 4 1 3 の底面 4 1 3 a にサーミスタ素子 7 が設けられている。これにより、例えば、前述した第 1 実施形態と比べて振動デバイス 1 の低背化を図ることができる。

【 0 0 5 1 】

また、凹部 4 1 3 の側面は、ベース基板 4 1 の厚さ方向すなわち Z 軸方向に対して傾斜した傾斜面 4 1 3 b であり、この傾斜面 4 1 3 b によって底面 4 1 3 a と上面 4 1 1 とが緩やかに接続されている。また、サーミスタ素子 7 と電氣的に接続されている内部電極 4 6 1、4 7 1 は、それぞれ、底面 4 1 3 a、傾斜面 4 1 3 b および上面 4 1 1 にわたって設けられている。言い換えると、内部電極 4 6 1、4 7 1 は、底面 4 1 3 a から傾斜面 4 1 3 b を通って上面 4 1 1 まで引き出されている。このように、凹部 4 1 3 の側面を傾斜面 4 1 3 b とすることにより、当該部分を通る内部電極 4 6 1、4 7 1 の断線を効果的に抑制することができる。

【 0 0 5 2 】

以上のように、本実施形態の振動デバイス 1 では、ベース基板 4 1 は、第 1 面である上面 4 1 1 に開口する凹部 4 1 3 を有し、凹部 4 1 3 の底面 4 1 3 a にサーミスタ素子 7 が配置されている。これにより、例えば、前述した第 1 実施形態と比べて振動デバイス 1 の低背化を図ることができる。

【 0 0 5 3 】

また、前述したように、振動デバイス 1 は、サーミスタ素子 7 と電氣的に接続されている配線としての内部電極 4 6 1、4 7 1 を有する。また、凹部 4 1 3 の側面は、ベース基板 4 1 の厚さ方向に対して傾斜する傾斜面 4 1 3 b である。そして、内部電極 4 6 1、4 7 1 は、底面 4 1 3 a、傾斜面 4 1 3 b および第 1 面である上面 4 1 1 に配置されている。このように、凹部 4 1 3 の側面を傾斜面 4 1 3 b とすることにより、内部電極 4 6 1、4 7 1 の断線を効果的に抑制することができる。

【 0 0 5 4 】

以上のような第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。

【0055】

<第3実施形態>

図7は、第3実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。なお、図7は、図4中のC-C線断面に相当する断面図である。

【0056】

本実施形態に係る振動デバイス1は、サーミスタ素子7の配置が異なること以外は、前述した第1実施形態の振動デバイス1と同様である。なお、以下の説明では、第3実施形態の振動デバイス1に関し、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図7では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

10

【0057】

図7に示すように、サーミスタ素子7は、ベース基板41の下面412に配置されている。このような構成によっても、サーミスタ素子7と振動素子5とを、ベース基板41を介して熱的に接続することができる。そのため、サーミスタ素子7と振動素子5との間に温度差が生じ難くなり、サーミスタ素子7によって振動素子5の温度を精度よく検出することができる。

【0058】

以上のような第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。

20

【0059】

<第4実施形態>

図8は、第4実施形態に係る振動デバイスを示す断面図である。なお、図8は、図4中のC-C線断面に相当する断面図である。

【0060】

本実施形態に係る振動デバイス1は、ベース基板41の構成が異なること以外は、前述した第3実施形態の振動デバイス1と同様である。なお、以下の説明では、第4実施形態の振動デバイス1に関し、前述した第3実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図8では、前述した実施形態と同様の構成について、同一符号を付している。

30

【0061】

図8に示すように、ベース基板41は、その下面412に開口する凹部414を有する。そして、この凹部414の底面414aにサーミスタ素子7が設けられている。これにより、例えば、前述した第1実施形態と比べて振動デバイス1の低背化を図ることができる。なお、このような配置に合わせて、第3、第4配線46、47から内部電極461、471および貫通電極463、473が省略され、外部電極462、472がサーミスタ素子7と電氣的に接続されている。

【0062】

また、凹部414の側面は、ベース基板41の厚さ方向すなわちZ軸方向に対して傾斜した傾斜面414bであり、この傾斜面414bによって底面414aと下面412とが緩やかに接続されている。また、サーミスタ素子7と電氣的に接続されている外部電極462、472は、それぞれ、底面414a、傾斜面414bおよび下面412に設けられている。言い換えると、外部電極462、472は、底面414aから傾斜面414bを通して下面412まで引き出されている。このように、凹部414の側面を傾斜面414bとすることにより、当該部分を通る外部電極462、472の断線を効果的に抑制することができる。

40

【0063】

以上のように、本実施形態の振動デバイス1では、ベース基板41は、第2面である下面412に開口する凹部414を有し、凹部414の底面414aにサーミスタ素子7が

50

配置されている。これにより、例えば、前述した第3実施形態と比べて振動デバイス1の低背化を図ることができる。

【0064】

また、前述したように、振動デバイス1は、サーミスタ素子7と電氣的に接続されている配線としての外部電極462、472を有する。また、凹部414の側面は、ベース基板41の厚さ方向に対して傾斜する傾斜面414bである。そして、外部電極462、472は、底面414a、傾斜面414bおよび第2面である下面412に配置されている。このように、凹部414の側面を傾斜面414bとすることにより、外部電極462、472の断線を効果的に抑制することができる。

【0065】

以上のような第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。

【0066】

<第5実施形態>

図9は、第5実施形態に係る電子機器の回路構成を示すブロック図である。

【0067】

図9に示すように、電子機器10は、振動デバイス1と、振動デバイス1と電氣的に接続された回路9と、を有する。また、回路9は、振動素子5を発振させる発振回路91と、サーミスタ素子7が出力するアナログ信号（温度情報）をデジタル信号化するA/Dコンバーター92と、A/Dコンバーター92が出力するデジタル信号が入力される演算回路93と、を備える。また、演算回路93は、温度補償回路931を備え、温度補償回路931は、A/Dコンバーター92が出力するデジタル信号に基づいて周波数制御信号を生成し、発振回路91に出力する。発振回路91は、この周波数制御信号に基づいて温度補償周波数信号を生成して出力する。

【0068】

電子機器10は、発振器として用いられ、例えば、パーソナルコンピューター、デジタルスチールカメラ、スマートフォン、タブレット端末、時計、インクジェットプリンタ、テレビ、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）、ビデオカメラ、カーナビゲーション装置、ページャ、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワークステーション、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、移動体端末基地局用機器、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ー、ネットワークサーバー等に内蔵することができる。

【0069】

以上のように、電子機器10は、振動デバイス1と、振動素子5を発振させる発振回路91と、サーミスタ素子7が出力するアナログ信号をデジタル信号化するA/Dコンバーター92と、A/Dコンバーター92が出力するデジタル信号が入力される演算回路93と、を備える。これにより、前述した振動デバイス1の効果を享受でき、信頼性の高い電子機器10となる。

【0070】

なお、電子機器10の構成としては特に限定されない。例えば、演算回路93は、A/Dコンバーター92が出力するデジタル信号に基づいて周波数制御信号を生成し、発振回路91に出力する構成となっていなくてもよい。すなわち、A/Dコンバーター92が出力するデジタル信号を周波数補償のために用いなくてもよい。

【0071】

<第6実施形態>

図10は、第6実施形態に係る移動体の回路構成を示すブロック図である。

【0072】

図10に示す移動体としての自動車100は、振動デバイス1と、振動デバイス1と電氣的に接続された回路9と、を有する。また、回路9は、振動素子5を発振させる発振回

10

20

30

40

50

路 9 1 と、サーミスタ素子 7 が出力するアナログ信号（温度情報）をデジタル信号化する A / D コンバーター 9 2 と、A / D コンバーター 9 2 が出力するデジタル信号が入力される演算回路 9 3 と、を備える。また、演算回路 9 3 は、温度補償回路 9 3 1 を備え、温度補償回路 9 3 1 は、A / D コンバーター 9 2 が出力するデジタル信号に基づいて周波数制御信号を生成し、発振回路 9 1 に出力する。発振回路 9 1 は、この周波数制御信号に基づいて温度補償周波数信号を生成して出力する。

【 0 0 7 3 】

振動デバイス 1 は、発振器として用いられ、例えば、自動車 1 0 0 に内蔵された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）の制御に用いられる。

10

【 0 0 7 4 】

以上のように、移動体としての自動車 1 0 0 は、振動デバイス 1 と、振動素子 5 を発振させる発振回路 9 1 と、サーミスタ素子 7 が出力するアナログ信号をデジタル信号化する A / D コンバーター 9 2 と、A / D コンバーター 9 2 が出力するデジタル信号が入力される演算回路 9 3 と、を備える。これにより、前述した振動デバイス 1 の効果を享受でき、信頼性の高い自動車 1 0 0 となる。

【 0 0 7 5 】

20

なお、自動車 1 0 0 の構成としては特に限定されない。例えば、演算回路 9 3 は、A / D コンバーター 9 2 が出力するデジタル信号に基づいて周波数制御信号を生成し、発振回路 9 1 に出力する構成となっていなくてもよい。すなわち、A / D コンバーター 9 2 が出力するデジタル信号を周波数補償のために用いなくてもよい。また、移動体としては、自動車 1 0 0 に限定されず、例えば、飛行機、船舶、AGV（無人搬送車）、二足歩行ロボット、ドローン等の無人飛行機等にも適用することができる。

【 0 0 7 6 】

以上、本適用例にかかる振動デバイス、電子機器および移動体を図示の実施形態に基づいて説明したが、本適用例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、本適用例に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。また、本適用例は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成を組み合わせたものであってもよい。

30

【 符号の説明 】

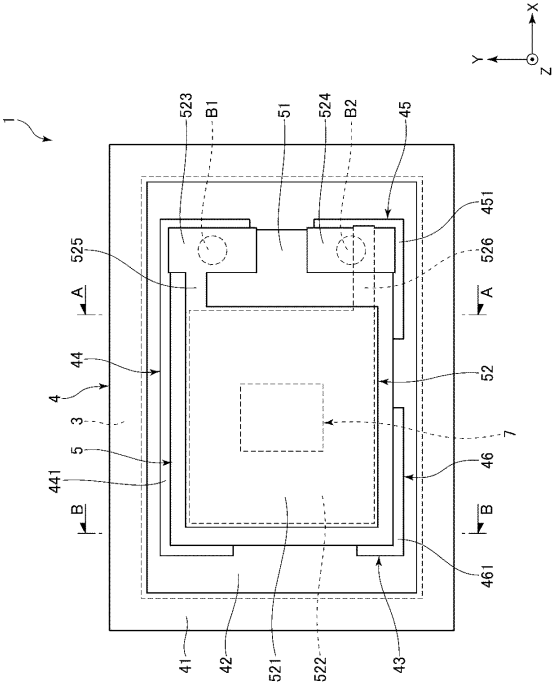
【 0 0 7 7 】

1 ... 振動デバイス、1 0 ... 電子機器、1 0 0 ... 自動車、3 ... 蓋体、3 1 ... 下面、3 2 ... 凹部、4 ... ベース、4 1 ... ベース基板、4 1 1 ... 上面、4 1 2 ... 下面、4 1 3、4 1 4 ... 凹部、4 1 3 a、4 1 4 a ... 底面、4 1 3 b、4 1 4 b ... 傾斜面、4 1 5、4 1 6、4 1 7、4 1 8 ... 貫通孔、4 2 ... 絶縁層、4 3 ... 電極、4 4 ... 第 1 配線、4 4 1 ... 内部電極、4 4 2 ... 外部電極、4 4 3 ... 貫通電極、4 5 ... 第 2 配線、4 5 1 ... 内部電極、4 5 2 ... 外部電極、4 5 3 ... 貫通電極、4 6 ... 第 3 配線、4 6 1 ... 内部電極、4 6 2 ... 外部電極、4 6 3 ... 貫通電極、4 7 ... 第 4 配線、4 7 1 ... 内部電極、4 7 2 ... 外部電極、4 7 3 ... 貫通電極、5 ... 振動素子、5 1 ... 振動基板、5 2 ... 電極、5 2 1、5 2 2 ... 励振電極、5 2 3、5 2 4 ... 端子、5 2 5、5 2 6 ... 配線、6 ... 接合部材、7 ... サーミスタ素子、7 1 ... サーミスタ薄膜、7 2 ... パッシベーション膜、9 ... 回路、9 1 ... 発振回路、9 2 ... A / D コンバーター、9 3 ... 演算回路、9 3 1 ... 温度補償回路、B 1、B 2 ... 導電性接合部材、S ... 収納空間

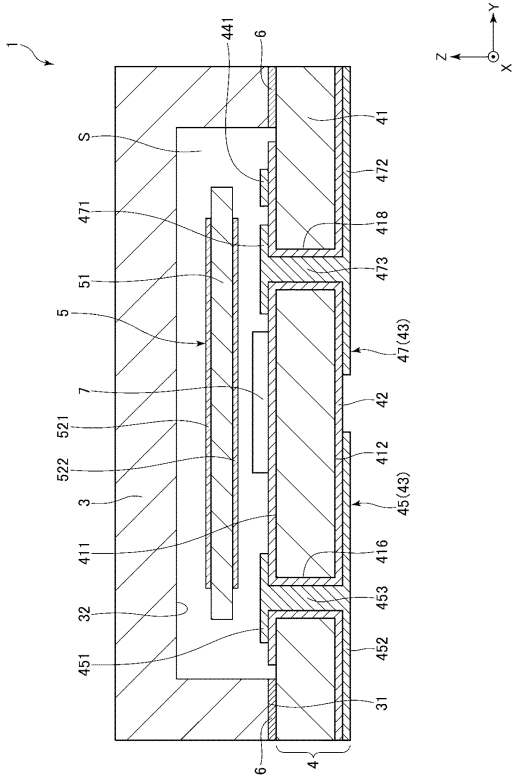
40

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

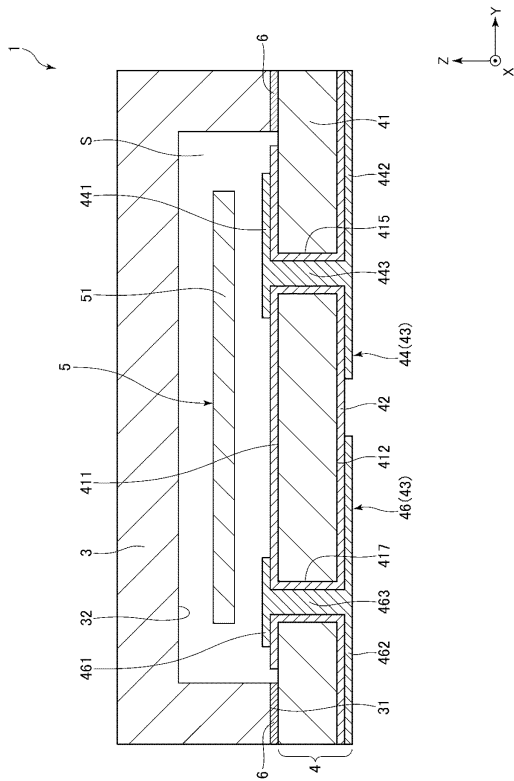
20

30

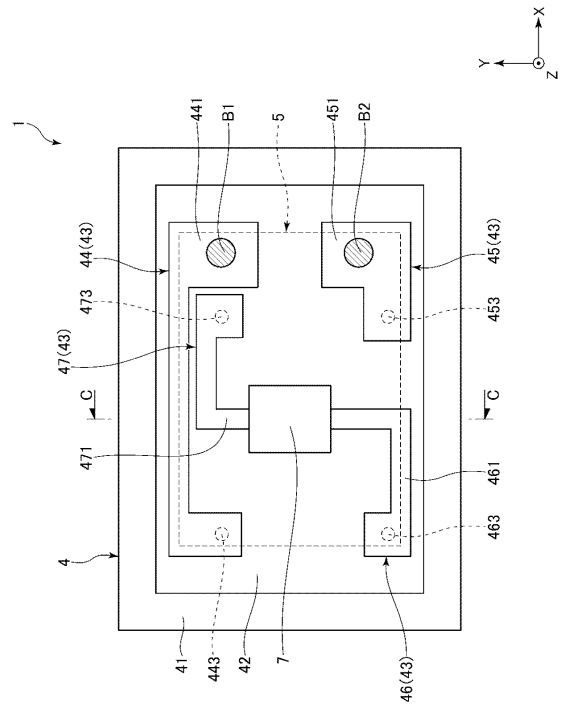
40

50

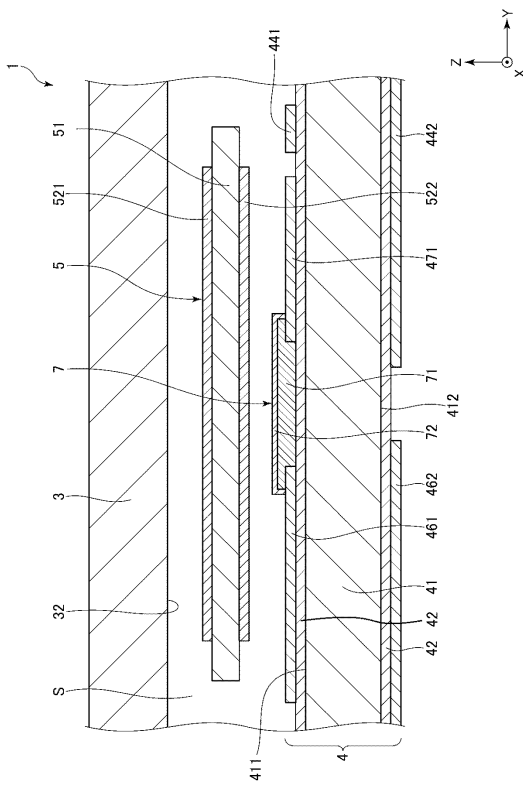
【 図 3 】



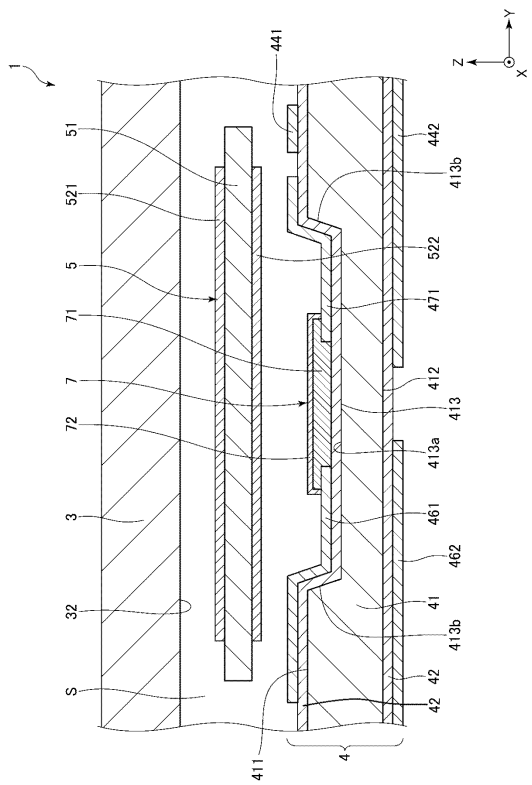
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

コーエブソン株式会社内

(72)発明者 山崎 隆

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエブソン株式会社内

審査官 高 橋 徳浩

(56)参考文献 特開2013-146003(JP,A)
特開2013-146004(JP,A)
特開2008-205938(JP,A)
特開2002-151994(JP,A)
特開2013-236175(JP,A)
特開平11-103233(JP,A)
特開2009-060452(JP,A)
特開2013-058864(JP,A)
特開2016-127467(JP,A)
特開2014-222812(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H03B5/30 - H03B5/42
H03H3/007 - H03H3/10
H03H9/00 - H03H9/76