(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7687430号
(P7687430)

(45)発行日　令和7年6月3日(2025.6.3)

(24)登録日　令和7年5月26日(2025.5.26)

(51)国際特許分類

		FI		
H03H 9/02 (2006.01)		H03H	9/02	K
H03H 9/19 (2006.01)		H03H	9/02	A
		H03H	9/19	D

請求項の数　4　（全18頁）

(21)出願番号　特願2023-556421(P2023-556421)
(86)(22)出願日　令和4年10月24日(2022.10.24)
(86)国際出願番号　PCT/JP2022/039502
(87)国際公開番号　WO2023/074615
(87)国際公開日　令和5年5月4日(2023.5.4)
審査請求日　令和6年4月3日(2024.4.3)
(31)優先権主張番号　特願2021-174379(P2021-174379)
(32)優先日　令和3年10月26日(2021.10.26)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000149734
株式会社大真空
兵庫県加古川市野口町水足１７９番地の６
(74)代理人　110000947
弁理士法人あーく事務所
(72)発明者　森本 賢周
兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野１３８９番地 株式会社大真空内
審査官　石田 昌敏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　温度センサ付き水晶振動デバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

水晶振動板と、前記水晶振動板の上面に接合される第１封止部材と、前記水晶振動板の下面に接合される第２封止部材と、からなる水晶振動デバイスと、

温度センサとしてのサーミスタ平単板とを具備した温度センサ付き水晶振動デバイスであって、

前記第１封止部材と前記サーミスタ平単板には複数の電極パッドが形成され、前記第１封止部材の電極パッドと前記サーミスタ平単板の電極パッドとが導電性樹脂接着剤により面接合されるとともに、

前記第１封止部材と前記サーミスタ平単板とが樹脂接着剤により面接合され、前記サーミスタ平単板の第１封止部材との接合面の半分以上が前記導電性樹脂接着剤と前記樹脂接着剤により面接合されてなり、

前記導電性樹脂接着剤の熱伝導性は前記樹脂接着剤の熱伝導性より大きく、

前記サーミスタ平単板には、当該サーミスタ平単板の一方の主面に形成された一対の前記電極パッドと、一対の前記電極パッドに対向した他方の主面のほぼ全面に形成された１つの共通電極パッドとが設けられている、ことを特徴とする温度センサ付き水晶振動デバイス。

【請求項２】

請求項１記載の温度センサ付き水晶振動デバイスにおいて、

前記水晶振動板は、一対の励振電極が形成された振動部と、前記振動部の少なくとも一

カ所から突出形成された保持部と、前記振動部の外周を取り囲む貫通部と、前記貫通部の外周を取り囲むと共に前記保持部と連結される枠体部とからなる構成であり、
　前記第１封止部材と第２封止部材は板状構成であるとともに、
　前記水晶振動板の振動部と前記第１封止部材および第２封止部材とが接触しない状態で、前記水晶振動板の枠体部と前記第１封止部材および第２封止部材とが機械的に接合されており、
　前記サーミスタ平単板は、前記水晶振動板の振動部と平面視重畳する部分で前記第１封止部材の重心を含む領域で前記樹脂接着剤により面接合され、前記水晶振動板の枠体部と平面視重畳する部分で前記導電性樹脂接着剤により面接合されてなる、ことを特徴とする温度センサ付き水晶振動デバイス。
【請求項３】
　請求項１または２記載の温度センサ付き水晶振動デバイスにおいて、
　前記サーミスタ平単板が樹脂材により被覆されている、ことを特徴とする温度センサ付き水晶振動デバイス。
【請求項４】
請求項１または２記載の温度センサ付き水晶振動デバイスにおいて、
前記サーミスタ平単板では、一対の前記電極パッドのうちの一方の前記電極パッドと前記共通電極パッド間の距離をＧ２ａとし、一対の前記電極パッドのうちの他方の前記電極パッドと前記共通電極パッド間の距離をＧ２ｂとし、一対の前記電極パッド間の距離をＧ１としたとき、Ｇ２ａ＋Ｇ２ｂ＜Ｇ１を満たす、ことを特徴とする温度センサ付き水晶振動デバイス。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
　本発明は、水晶振動デバイスに温度センサが取り付けられた温度センサ付き水晶振動デバイスに関する。
【背景技術】
【０００２】
　近年、各種電子機器の高精度化に伴い、環境温度の変化に伴う周波数変動を補償する温保補償型の水晶発振回路が求められており、これに対応する水晶振動デバイスとして、水晶振動子にサーミスタ等の温度センサが取り付けられた温度センサ付き水晶振動子が幅広く使用されている。
【０００３】
　このような温度センサ付き水晶振動子はセラミックからなるパッケージに水晶振動子が収納されるとともに、その外側にサーミスタが取り付けられ、水晶振動子を取り巻く環境温度を検出する構成となっている（特許文献１参照）。
【０００４】
　また、上記電子機器はその用途によっては小型化、薄型化が求められる場合があり、このような場合、超小型化あるいは超薄型化の水晶振動デバイスが要求される。例えばモバイル機器、ウェアラブル機器等においては、超小型化あるいは超薄型化の水晶振動デバイスが要求される。
【０００５】
　このような需要に対応する水晶振動デバイスとして、水晶振動板を薄板封止部材で上下から気密封止した三層構成の水晶振動デバイスが提案されている（特許文献２参照）。なお、特許文献２においては、三層構成の水晶振動子にファンクション部としてサーミスタが用いられた例が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【文献】特許第５９００５８２号

【文献】特許第５８８８３４７号
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
特許文献１においては、上下方向に開口した収納部を形成したセラミック製のパッケージを用いている。そして、上部開口部分には水晶振動子を収納し、パッケージに導電接合するとともに、下部開口部分にサーミスタを収納し、パッケージに導電接合した構成を採用している。
【０００８】
本構成ではセラミック製のパッケージを用い、かつ２つの収納部を有する構成であるので、小型化および薄型化が困難であるという問題があった。また特許文献２においては、三層構成の水晶振動子にサーミスタが形成された構成であるが、水晶振動子とサーミスタの接合部分について、図面を参照すると極めて小さな領域で接合されている構成であるので、伝わった熱が放散しやすく、適切な温度検出ができない場合があり、最終的には水晶振動子に係る温度が正確に検出できず、適切な温度補償ができないことがあった。このような場合、この水晶振動デバイスの電気的特性が不安定となり、ひいてはこれを用いた電子機器の動作が不安定になることになり、電子機器の信頼性を低下させることがあった。
【０００９】
本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、超小型化、超薄型化に対応するとともに、水晶振動デバイスに係る温度変動を安定して適切に検出し、電気的特性に優れた温度センサ付き水晶振動デバイスを提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
本発明による温度センサ付き水晶振動デバイスは、水晶振動板と、前記水晶振動板の上面に接合される第１封止部材と、前記水晶振動板の下面に接合される第２封止部材と、からなる水晶振動デバイスと、温度センサとしてのサーミスタ平単板とを具備した温度センサ付き水晶振動デバイスであって、前記第１封止部材と前記サーミスタ平単板には複数の電極パッドが形成され、前記第１封止部材の電極パッドと前記サーミスタ平単板の電極パッドとが導電性樹脂接着剤により面接合されるとともに、前記第１封止部材と前記サーミスタ平単板とが樹脂接着剤により面接合され、前記サーミスタ平単板の第１封止部材との接合面の半分以上が前記導電性樹脂接着剤と前記樹脂接着剤により面接合されてなり、前記導電性樹脂接着剤の熱伝導性は前記樹脂接着剤の熱伝導性より大きく、前記サーミスタ平単板には、当該サーミスタ平単板の一方の主面に形成された一対の前記電極パッドと、一対の前記電極パッドに対向した他方の主面のほぼ全面に形成された１つの共通電極パッドとが設けられている。なお、サーミスタ平単板は、平板状の単層構成のサーミスタ板を意味する。
【００１１】
上記構成により、各々板状の水晶振動板、第１封止部材、第２封止部材が接合された三層構成の水晶振動デバイスであるので、薄型の水晶振動デバイス構成とすることができる。また、サーミスタ平単板を温度センサとして使用し接合する構成であるので、安定した電気的特性が得られるだけでなく、汎用の積層型サーミスタを使用する場合に比較して、薄型化ならびに小型化に対応した温度センサ付き水晶振動デバイスを得ることができる。
【００１２】
また、温度センサとしてのサーミスタ平単板を水晶振動デバイスに搭載するにあたり、前記水晶振動デバイスの第１封止部材の表面に前記サーミスタ平単板の平面視面積の半分以上（５０％～１００％）が前記導電性樹脂接着剤と前記樹脂接着剤により面接合されていることで、水晶振動デバイスと温度センサとしてのサーミスタ平単板との間の熱の流通が十分に行えるため、水晶振動デバイスが感知している環境温度に対してサーミスタ平単板が感知している環境温度の差がなくなり、適切な温度検出ができるようになる。
【００１３】

水晶振動デバイスとサーミスタ平単板との電気的機械的な接合および機械的な接合は、樹脂接着剤のみを使用しているので、薄型化することで強度的な弱さを生じやすいサーミスタ平単板に対する応力や衝撃を吸収することができ、サーミスタ平単板の割れや欠けをなくすことができる。

【００１４】

また、第１封止部材とサーミスタ平単板では、熱伝導性の大きな電極パッドが形成されるとともに樹脂接着剤に比較して熱伝導性の大きな導電性樹脂接着剤により接合していることで、外部環境温度の変化により敏感に反応しながら水晶振動デバイスとサーミスタ平単板との間の熱の流通がスムーズに行えるようになる。このため、水晶振動デバイスに係る温度がより正確に検出できるようになる。結果として、より正確な温度補償が実現できるようになり、電気的特性が安定したより信頼性の高い水晶振動デバイスが得られるようになる。

【００１５】

特に、水晶振動板と第１封止部材と第２封止部材による三層構成の水晶振動デバイスの場合、水晶振動板は環境温度変化に追従しやすくなる傾向にあるが、本発明の構成を組み合わせることで、水晶振動板の温度変動に対応した温度情報を検出することができるより望ましい構成とすることができる。

【００１６】

また、上記構成に加えて、前記水晶振動板は、一対の励振電極が形成された振動部と、前記振動部の少なくとも一カ所から突出形成された保持部と、前記振動部の外周を取り囲む貫通部と、前記貫通部の外周を取り囲むと共に前記保持部と連結される枠体部とからなる構成であり、前記第１封止部材と第２封止部材は板状構成であるとともに、前記水晶振動板の振動部と前記第１封止部材および第２封止部材とが接触しない状態で、前記水晶振動板の枠体部と前記第１封止部材および第２封止部材とが機械的に接合されており、前記サーミスタ平単板は、前記水晶振動板の振動部と平面視重畳する部分で前記第１封止部材の重心を含む領域で前記樹脂接着剤により面接合され、前記水晶振動板の枠体部と平面視重畳する部分で前記導電性樹脂接着剤により面接合されていてもよい。

【００１７】

上記構成によれば、水晶振動板の振動部は少なくとも一カ所から突出形成される保持部によりつながっており、第１封止部材および第２封止部材と接触しない状態となっているとともに、水晶振動板の枠体部が第１封止部材および第２封止部材と機械的に接合されているので、水晶振動板の振動部は外部応力に対して影響を受けにくくなる。特に、サーミスタ平単板を接合する際に生じる導電性樹脂接着剤や樹脂接着剤による外部応力の影響を振動部に伝えにくくするため、振動部の特性が安定する。

【００１８】

また、サーミスタ平単板は、水晶振動板の振動部と平面視重畳する部分で第１封止部材の重心を含む領域で樹脂接着剤により面接合されているので、サーミスタ平単板を接合する際に生じる樹脂接着剤による外部応力の影響を振動部に伝えにくくするだけでなく、この外部応力がサーミスタ平単板自身に対して強く加わることも抑制できる。加えて、水晶振動デバイスとサーミスタ平単板との間の熱の流通が、第１封止部材の重心を通じて無駄なくより効率的に行えるため、一方に偏った放熱などが抑制され、互いの環境温度に対する温度差が生じにくくなる。

【００１９】

また、サーミスタ平単板は、水晶振動板の枠体部と平面視重畳する部分で熱伝導性の大きな導電性樹脂接着剤により面接合されているので、第１封止部材から水晶振動板への直接的な熱の伝わりが促進されることで、外部環境温度の変化に対応した俊敏な水晶振動デバイスとサーミスタ平単板との間の熱の流通が行えるようになる。このため、水晶振動デバイスに係る温度がさらに正確に検出できるようになる。

【００２０】

前記導電性樹脂接着剤は、樹脂接着剤に金属粉、金属小片等からなる導電フィラーを添

加した構成とし、これら導電性樹脂接着剤は前記両電極パッドを面接合していることで、金属材の良好な熱伝導性により、温度センサはタイムラグが少なく水晶振動デバイスの温度変化を検出することができる。

【００２１】

また、上記構成に加えて、前記サーミスタ平単板が樹脂材により被覆されていてもよい。例えば、前記サーミスタ平単板の外表面全体を被覆する樹脂材を形成してもよい。この構成では、温度センサに伝わった熱は無用に放熱することがないので水晶振動デバイスにおける温度を正確に検出することができる。

【００２２】

なお、この温度センサとしてのサーミスタ平単板が検出した温度情報（例えば電流値、電圧値、抵抗値等）は独立した端子により外部と接続される。そして外部補償回路等により、水晶振動デバイスにおける周波数情報を適切に温度補償し、正確な周波数を得ることができる。

【００２３】

サーミスタ平単板と第１封止部材との接合面は複数の電極パッドが形成され、各電極パッドの合計面積はサーミスタ平単板の平面視面積の４０％～８５％の大きさであってもよい。ここでいう平面視面積は投影面積を指し、前記面積比率はサーミスタ平単板の投影面積に対する各電極パッドの合計した投影面積を指している。

【００２４】

サーミスタ平単板は水晶振動デバイスとの接触面積が大きいほど、水晶振動デバイスに係る温度を正確に検出することができる。従ってサーミスタ平単板に形成された電極パッドはサーミスタ平単板の平面視面積に対して大きいほうが良いが、大きすぎると隣接する電極パッドの短絡や導電性樹脂接着剤による短絡が生じやすくなる。前記接触面積が小さくなると水晶振動デバイスの温度検出精度が低下する。従って、各電極パッドの合計面積はサーミスタ平単板の面積の４０％～８５％の大きさであると、安定的な温度検出を行うことができる。

【００２５】

前記温度センサとしてのサーミスタ平単板は、板状のサーミスタ平単板（ＮＴＣサーミスタ平単板）と、前記サーミスタ平単板の一方の主面に形成された一対の電極パッドと、前記一対の電極パッドに対向した、他方の主面のほぼ全面に形成された１つの共通電極パッドからなる構成であり、前記一対の電極パッドが第１封止部材の電極パッドに導電接合されている構成であってもよい。この構成では、サーミスタ平単板の他方の主面のほぼ全面に形成された共通電極パッドを水晶振動板の振動部に対して重畳させることができ、前記振動部への不要ノイズなどが到達するのを遮るシールドとして機能させることができる。また、前記サーミスタ平単板では、一対の前記電極パッドのうちの一方の前記電極パッドと前記共通電極パッド間の距離をＧ２ａとし、一対の前記電極パッドのうちの他方の前記電極パッドと前記共通電極パッド間の距離をＧ２ｂとし、一対の前記電極パッド間の距離をＧ１としたとき、Ｇ２ａ＋Ｇ２ｂ＜Ｇ１を満たす構成であってもよい。このような設定により、所望の抵抗値が得られ、温度センサとしての精度を安定化させることができる。

【００２６】

サーミスタ平単板は、スクリーン印刷技術あるいはドクターブレード技術等の厚膜形成技術並びに焼成技術により製造した構成で、Ｍｎ-Ｆｅ-Ｎｉ系材料を板状サーミスタウェハに焼結成形している。この板状サーミスタウェハに対して、電極膜（金属膜）をスパッタリングにて形成し、フォトリソグラフィ技術を用いてパターニングを行う。最終的には板状サーミスタウェハを個割して、個別のサーミスタ平単板を得る。なお、サーミスタの材料はＭｎ-Ｆｅ系材料等であってもよい。

【００２７】

汎用されているサーミスタ（ＮＴＣサーミスタ）は、積層技術によりサーミスタ素材に電極（金属）膜を介して複数層積層した構成であるが、上記構成においては単層のサーミスタ平単板の表裏に電極（金属）膜を形成した構成である。このサーミスタ平単板の一方

の主面に一対の電極パッドを形成するとともに、前記一対の電極パッドに対向した他方の主面のほぼ全面に形成された１つの共通電極パッドを形成した構成とすることにより、極めて薄型のサーミスタ平単板を得ることができる。これら電極膜はスパッタリング等のＰＶＤによる成膜技術により形成する。

【００２８】

なお、前記水晶振動板はＡＴカットまたはＳＣカットの水晶振動板であってもよく、Ｘ－Ｙカットの水晶振動板等であってもよい。

【発明の効果】

【００２９】

本発明によれば、超小型化、超薄型化に対応するとともに、水晶振動デバイスに係る温度変動を適切に検出し、電気的特性に優れた温度センサ付き水晶振動デバイスを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００３０】

【図１】本実施の形態にかかる温度センサ付き水晶振動デバイスの各構成を示した分解斜視図である。

【図２】水晶振動板の一方の主面の平面図である。

【図３】第２封止部材の他方の主面（底面）の平面図である。

【図４】図１の各構成部を組み立てた際の模式的な断面図である。

【図５】サーミスタ平単板の一方の主面の平面図である。

【図６】サーミスタ平単板の他方の主面の平面図である。

【図７】他の実施の形態１にかかる温度センサ付き水晶振動デバイスの模式的な断面図である。

【図８】他の実施の形態２にかかる温度センサ付き水晶振動デバイスの模式的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００３１】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【００３２】

本発明の実施の形態にかかる温度センサ付き水晶振動デバイスＸｔｌは、水晶振動デバイスと温度センサからなり、図１に示すように、水晶振動デバイスＸｔｌは水晶振動板１、第１封止部材２、第２封止部材３からなり、第１封止部材２、水晶振動板1、第２封止部材３の順に重ね合わせて積層した構成である。また、温度センサ４は水晶振動デバイスＸｔｌの上面に導電接合されている。

【００３３】

水晶振動板１はＡＴカット水晶振動板からなり、全体として矩形の板状である。水晶振動板１は振動部１１と、振動部１１の２つの角部と連結された保持部１３、１３ｔと、振動部１１の外周に配置され、前記保持部１３，１３ｔと連結される枠体部１２とからなる。なお、振動部１１と枠体部１２間には保持部１３，１３ｔ以外は周状に貫通部１４が形成されている。

【００３４】

振動部１１は各々対向する長辺と短辺とを有する矩形状であり、４つの角部を有している。なお、振動部１１は平面で見て正方形であってもよい。また振動部１１のほぼ中央部には一主面と他主面（表裏主面）に矩形の励振電極１１１，１１２が形成されている。各励振電極１１１，１１２の角部には帯状の引出電極１１１ａ，１１２ａが接続され、一端辺の両端（振動部の角部）に向かって引き出されている。なお、引出電極１１１ａは保持部１３を、引出電極１１２ａは保持部１３ｔをそれぞれ経由して、各々枠体部１２に引き出され、最終的には後述する第２封止部材３に形成された端子電極３１，３２に引き出されている。

【００３５】

具体的には、引出電極１１１ａは保持部１３の表面を通り、枠体部１２に形成された金属ビア（貫通金属）Ｖ１を介して、他方の主面に引き出され、さらに後述の第２封止部材３に形成された金属ビアＶ２に接続されている。そして前記金属ビアＶ２は第２封止部材３の他の主面に形成された端子電極３１に電気的に接続されている。また、引出電極１１２ａは保持部１３ｔの裏面を通り、水晶振動板１の他方の面に引き出されており、対向する第２封止部材３に形成された金属ビアＶ３に電気的接続される。なお、前記金属ビアＶ３は第２封止部材３の他の主面に形成された端子電極３２に電気的に接続されている。

【００３６】

これら励振電極１１１，１１２および引出電極１１１ａ，１１２ａは複数層の金属膜からなり、例えば水晶振動板１に接してＴｉ膜が形成され、その上部にＡｕ膜が形成された多層構成である。具体的な各金属膜の厚さの例として、例えばＴｉ膜５ｎｍ、Ａｕ膜２００ｎｍをあげることができるが、所望の特性によりこれらを変更すればよい。

【００３７】

振動部１１の一端辺には、厚肉部１１ａが形成されている。当該厚肉部１１ａはＸ軸方向の一端辺で、Ｚ´軸方向に伸び前記一端辺全体に渡って形成されている。厚肉部１１ａは振動部１１の厚さよりも厚く形成されている。

【００３８】

図２に示すように、振動部１１の一つの角部Ｃ１には保持部１３が設けられ、またもう一つの角部Ｃ２には保持部１３ｔが設けられ、各保持部１３，１３ｔは枠体部１２とつながっている。本実施の形態においては、振動部１１、保持部１３，１３ｔ、枠体部１２が水晶板からフォトリソグラフィ技術並びにウェットエッチング技術を用いて一体的に形成されている。なお、ウェットエッチングに代えて、ドライエッチング技術を用いてもよい。

【００３９】

図１および図４に示すように、保持部１３は振動部１１および厚肉部１１ａよりも厚く構成され、かつ厚肉部１１ａから保持部１３の上面は斜面上のテーパＴ２が、振動部１１から保持部１３へも斜面上のテーパＴ３が各々形成されている。また保持部１３は枠体部１２に接続されているが、保持部１３から枠体部１２の上面はテーパＴ１が形成されている。このような構成によりそれぞれの厚さは、振動部１１＜厚肉部１１ａ＜保持部１３＜枠体部１２、のとおりに設定されている。なお、厚肉部１１ａと保持部１３の厚さは等しくてもよい。これら各テーパの形成により、境界領域を鈍角化することができる。なお、前記境界領域の段差が小さい場合等断線のリスクが低い場合においては、前記テーパを形成しなくても実用上問題ない。

【００４０】

水晶振動板１の具体的寸法例を以下に示す。水晶振動板１は矩形ＡＴカット水晶板を用い、その外形寸法は横１．２ｍｍ、縦が１．０ｍｍ、振動部１１の外形寸法は横０．７ｍｍ、縦０．７ｍｍ、枠体部１２の幅は横０．２ｍｍ、縦０．１ｍｍ、保持部１３の寸法は横０．０５ｍｍ、縦０．１５ｍｍであり、各構成部の厚さについては、枠体部１２の厚さが、０．０４ｍｍ、保持部１３の厚さが０．０３ｍｍ、厚肉部１１ａの厚さが０．０１７ｍｍ（１７μｍ）、振動部１１は０．００５ｍｍ（５μｍ）とした。なお、厚肉部１１ａの厚さは振動部１１の厚さに対して１０数μｍ以上の厚さを有することが、機械的強度を確保する点で好ましい。

【００４１】

なお、本実施の形態においては、水晶振動板１の一方の主面のみから薄肉化を行った構成を採用しており、例えば一方の主面側のみからエッチング技術により、所望の周波数（厚さ）にまで薄肉加工を行っている。この場合、他方の主面側はエッチングを行わないので、エッチングによる表面の粗面化による振動特性の低下を抑制することができる。なお、両主面から薄肉加工を行う構成を採ってもよい。

【００４２】

枠体部１２の表裏外周端部には周状にシール膜Ｓ１１，Ｓ２１が形成され、これらシール膜は前述の電極膜と同様、水晶振動板１に接してＴｉ膜が形成され、その上部にＡｕ膜

が形成された多層構成である。

【００４３】

また、枠体部１２の前記保持部１３，１３ｔから離れた位置であって、内周側には接続電極１２１，１２２が形成されている。前記接続電極１２１，１２２は各々枠体部１２の上面から内側面を通って枠体部１２の下面に渡って形成された帯状の金属膜からなる。これら接続電極１２１，１２２の上部は後述の各々金属ビアを介して第１封止部材２の端子電極３１，３２と接続され、この端子電極３１，３２と後述の温度センサ４の電極パッド４１，４２とが電気的につながっている。また、接続電極１２１，１２２の下部は後述の各々金属ビアＶ４，Ｖ５を介して第２封止部材３の端子電極３３，３４とも電気的につながっている。

【００４４】

第１封止部材２は、矩形で板状のＡＴカット水晶板からなり、水晶振動板１と同様の外形形状並びに外形サイズである。第１封止部材２の他方の主面（水晶振動板１と対向する面）には、シール膜Ｓ１１に対応した周状のシール膜Ｓ１２が形成されている。

【００４５】

また第１封止部材２の一方の主面は、長辺と短辺を有する矩形上の電極パッド２１，２２が並列して設けられ、前記電極パッド２１は金属ビアを介して他方の主面に電極が引き出されており、前記電極パッド２２は金属ビアを介して他方の主面に電極が引き出されている。電極パッド２１，２２は、第１封止部材２の短辺の中心位置で、かつ第１封止部材２の長辺方向（ＡＴカット水晶板のＺ'軸方向）の両端部に形成されている。なお、電極パッド２１，２２は水晶振動板１の配線構成により短辺側（ＡＴカット水晶板のＸ軸方向）の両端部に形成する構成であってもよい。

【００４６】

第２封止部材３は、矩形で板状のＡＴカット水晶板からなり、水晶振動板１と同様の外形形状および外形サイズである。第２封止部材３の水晶振動板１と対向する面には、シール膜Ｓ２１に対応した周状のシール膜Ｓ２２が形成されている。

【００４７】

また第２封止部材３の水晶振動板１と対向しない面には、端子電極３１，３２，３３，３４が形成されている。各端子電極３１，３２，３３，３４は矩形形状で、第２封止部材の各角部に形成されている。端子電極３１，３２は各々励振電極１１１，１１２と電気的につながっており、端子電極３３，３４は後述の温度センサ４の電極パッド４１，４２と電気的につながっている。なお、これら端子電極を構成する金属膜はＴｉ膜とＮｉＴｉ膜とＡｕ膜の積層構成を採っている。

【００４８】

また第２封止部材３には前記保持部１３に対応する領域近傍に表裏に貫通する金属ビアＶ２が形成され、前述した金属ビアＶ１と電気的につながっている。また保持部１３ｔに対応する領域近傍に表裏に貫通する金属ビアＶ３が形成されている。このような構成により上記水晶振動板１に形成された引出電極１１１ａは金属ビアＶ２を介して端子電極３１に、引出電極１１２ａは金属ビアＶ３を介して端子電極３２に、各々接続されている。さらに前記接続電極１２１，１２２にそれぞれ対応する金属ビアＶ４，Ｖ５が形成され、金属ビアＶ４，Ｖ５はそれぞれ端子電極３３，３４に電気的につながっている。このような構成により、水晶振動デバイスＸｔｌの端子電極３１，３２と温度センサの端子電極３３，３４はそれぞれ長辺側に並んで、相互に対向する構成となっている。なお、電極配線の設計変更により、水晶振動デバイスＸｔｌの２つの端子電極３１，３２と温度センサの２つの端子電極３３，３４とを各々対角に配置する構成としてもよい。

【００４９】

第１封止部材２の電極パッド２１，２２には後述する温度センサ４が電気的機械的に接続されている。温度センサ４は矩形形状でＮＴＣのサーミスタ平単板であり、矩形板状のサーミスタ平単板４０は厚さＧ２を有しており、前記サーミスタ平単板４０の一方の主面全面に共通電極４３が形成され、他方の主面には長辺方向に一定の距離Ｇ１を持って矩形

の電極パッド４１，４２が形成されている。電極パッド４１，４２は、サーミスタ平単板４０の短辺の中心位置を含み、かつサーミスタ平単板４０の長辺方向の両端部に形成されている。なお、電極パッド４１，４２はサーミスタ平単板４０の配線構成により短辺側の両端部に形成する構成であってもよい。この構成では、サーミスタ平単板４０の一方の主面の全面に形成された共通電極４３を水晶振動板１の振動部１１、より好ましくは振動部１１に形成された表裏の励振電極１１１，１１２に対して重畳させる位置に配置搭載することで、振動部１１への不要ノイズなどが到達するのを遮るシールドとして機能させることができる。

【００５０】

前記温度センサ４は、サーミスタ平単板４０に形成された一方の電極パッド４１と他方の電極パッド４２で抵抗体としての端子を構成するが、導電経路は前記一方の電極パッド４１から共通電極４３を介して前記他方の電極パッド４２に流れる。このような構成により導電経路の断面積を大きく増し、また電極パッド４１，４２と共通電極４３の面同士で対向する経路と出来る為、少ない面積で抵抗値を下げ、特性が安定しやすく、耐電圧も向上させることができる。

【００５１】

ところで、電極パッド４１，４２が接近した構成とした場合、印加する電圧にも依存するが、導電経路が電極パッド４１から４２への流路が支配的になり、所望の抵抗値が得られないことがあった。従って、実施においては、電極パッド４１と共通電極４３間の距離Ｇ２ａと電極パッド４２と共通電極４３間の距離Ｇ２ｂ、並びに電極パッド４１，４２間の距離Ｇ１とは、Ｇ２ａ＋Ｇ２ｂ＜Ｇ１を満たすような設定としている。このような設定により、所望の抵抗値が得られ、温度センサ４としての精度を安定化させることができる。

【００５２】

温度センサ４は水晶振動デバイスＸｔｌとの接触面積が大きいほど、水晶振動デバイスＸｔｌに係る温度を正確に検出することができる。従って温度センサ４に形成された電極パッド４１，４２は温度センサ４の面積に対して大きいほうが良いが、大きすぎると隣接する電極パッド４１，４２の短絡や導電性樹脂接着剤による短絡が生じやすくなる。前記接触面積が小さくなると水晶振動デバイスＸｔｌの温度検出精度が低下する。従って、所望する抵抗値にもよるが、各電極パッド４１，４２の合計面積は温度センサ４の面積の４０％～８５％の大きさであると、安定的な温度検出を行うことができる。４０％以下の大きさであると、温度センサ４の電極パッド４１，４２が小さくなりすぎ、水晶振動デバイスＸｔｌの温度情報を正確に検出することができなくなるとともに、温度センサ４にサーミスタを用いた場合、その抵抗値が高くなりすぎ、温度センサ４としての温度検出能が低下する可能性がある。また８５％以上の大きさであると導電性樹脂接着剤を含めた短絡のリスクが増加し、短絡が生じると温度センサ４として機能しなくなる。

【００５３】

具体的な寸法例を以下に示す。温度センサ４の外形サイズ（サーミスタの外形サイズ）は長辺１．２mm、短辺０．６mm、厚さ０．０５mmであり、その面積は０．７２mm^2となる。またサーミスタ平単板４０に形成される各電極パッド４１，４２の外形サイズは長辺０．６mm（サーミスタ平単板４０の短辺側）、短辺０．４mm（サーミスタ平単板４０の長辺側）であり、その面積は０．２４mm^2となる。このような構成により、各電極パッド４１，４２の合計面積は温度センサ４の面積の６６％程度に設定されており、また前記電極パッド４１と共通電極４３間の距離Ｇ２ａと前記電極パッド４２と共通電極４３間の距離Ｇ２ｂはそれぞれ０．０５mm、前記電極パッド４１，４２間の距離Ｇ１は０．４mmに設定しており、前記Ｇ２ａ＋Ｇ２ｂ＜Ｇ１　が成り立つように設定している。

【００５４】

他の具体例を以下に示す。温度センサ４の外形サイズ（サーミスタの外形サイズ）は長辺０．８mm、短辺０．６mm、厚さ０．０５mmであり、その面積は０．４８mm^2となる。またサーミスタ平単板４０に形成される各電極パッド４１，４２の外形サイズは長辺０．５２mm（サーミスタ平単板４０の短辺側）、短辺０．３mm（サーミスタ平単板４

０の長辺側）であり、その面積は０．１５６mm^{2}となる。このような構成により、各電極パッド４１，４２の合計面積は温度センサ４の面積の６５％程度に設定されており、また前記電極パッド４１と共通電極間の距離Ｇ２ａと前記電極パッド４２と共通電極４３間の距離Ｇ２ｂはそれぞれ０．０５mm、前記電極パッド４１，４２間の距離Ｇ１は０．１２mmに設定しており、前記Ｇ２ａ＋Ｇ２ｂ＜Ｇ１　が成り立つように設定している。

【００５５】

さらに他の具体例を以下に示す。温度センサ４の外形サイズ（サーミスタの外形サイズ）は長辺０．７mm、短辺０．６mm、厚さ０．０４mmであり、その面積は０．４２mm^{2}となる。またサーミスタ平単板４０に形成される各電極パッド４１，４２の外形サイズは長辺０．５８mm（サーミスタ平単板４０の短辺側）、短辺０．３mm（サーミスタ平単板４０の長辺側）であり、その面積は０．１７４mm^{2}となる。このような構成により、各電極パッド４１，４２の合計面積は温度センサ４の面積の８３％程度に設定されており、また前記電極パッド４１と共通電極間の距離Ｇ２ａと前記電極パッド４２と共通電極４３間の距離Ｇ２ｂはそれぞれ０．０４mm、前記電極パッド４１，４２間の距離Ｇ１は０．０９mmに設定しており、前記Ｇ２ａ＋Ｇ２ｂ＜Ｇ１　が成り立つように設定している。なお、上記寸法は水晶振動デバイスのサイズ、特性や、温度センサ付き水晶振動デバイスの要求仕様に応じて適宜デザインすればよい。

【００５６】

サーミスタ平単板４０は、例えばＭｎ-Ｆｅ-Ｎｉ系材料をバインダー等とともにスラリー状にし、スクリーン印刷技術あるいはドクターブレード技術等の厚膜形成技術を用いて板状サーミスタウェハのグリーンシートを作成し、これを焼成技術により板状サーミスタウェハを焼結成形する。なお、Ｍｎ-Ｆｅ-Ｎｉ系の材料に限らず、Ｍｎ-Ｃｏ系やＦｅ-Ｎｉ系の材料を用いてもよい。

【００５７】

この板状サーミスタウェハに対して、電極膜（金属膜）をスパッタリングにて形成し、フォトリソグラフィ技術を用いてパターニングを行う。具体的な金属材料としては、端子電極を構成する金属膜と同様の、Ｔｉ膜とＮｉＴｉ膜とＡｕ膜の積層構成を採ってもよいし、他の金属膜構成としてもよい。前記Ｔｉ膜とＮｉＴｉ膜とＡｕ膜の積層構成を採用した場合、最終的にサーミスタを実装基板にハンダ接合した場合に、ハンダ喰われが生じにくく安定した導電接合を行うことができる。また、電極パッド４１，４２の金属膜構成と共通電極４３の金属膜構成を異ならせてもよく、例えば、電極パッド４１，４２の金属膜構成を前記Ｔｉ膜とＮｉＴｉ膜とＡｕ膜の積層構成とし、共通電極４３の金属膜構成をＴｉ膜とＡｕ膜の積層構成としてもよい。

【００５８】

このように単層のサーミスタ平単板４０に、金属膜をスパッタリング等の薄膜形成手段で構成することにより、極めて薄肉のサーミスタ平単板４０を得ることができる。なお、サーミスタ平単板４０は板状サーミスタウェハ状態でその表面をラッピング研磨することにより、その表面粗さを小さくしてもよい。このような構成により、電極膜（金属膜）を安定的に成膜でき、製造精度を向上させることができるので、温度センサ４としての性能を高精度にすることができる。

【００５９】

図４に示すように、水晶振動デバイスＸｔｌは第１封止部材２、水晶振動板１、第２封止部材３の順に重ね合わせて積層した構成である。前述のとおり、これら各構成部材は水晶板からなり、その表面は鏡面研磨により平滑面となっている。具体例としては、平均表面粗さＲａ＝０．３～０．１nmであるのが好ましい。このような平滑な表面に前記シール膜Ｓ１１、Ｓ１２、Ｓ２１，Ｓ２２を形成することにより、その表面の金属膜（最上層Ａｕ膜）も非常に平滑な表面状態となっている。

【００６０】

脆性物の水晶からなる第１封止部材２と水晶振動板１、および水晶振動板１と脆性物の水晶からなる第２封止部材３の接合は、上記金属膜のＡｕに対して表面処理を行った後、

拡散接合法により、両者を加圧接合することにより行う（金金拡散接合）。これにより、水晶振動板１の振動部１１は、シール部Ｓ１（シール膜Ｓ１１，Ｓ１２），Ｓ２（シール膜Ｓ２１，Ｓ２２）により各封止部材２，３並びに枠体部１２に囲まれた状態で気密封止される。この時、水晶振動板１の振動部１１と第１封止部材２および第２封止部材３とが接触しない状態で、水晶振動板１の枠体部１２と第１封止部材２および第２封止部材３とが機械的に接合されている。なお、気密封止の内部は真空または不活性ガス雰囲気としている。

【００６１】

本実施の形態によれば、水晶振動板１の振動部１１は、２か所のみで突出形成される保持部１３，１３ｔによりつながっており、第１封止部材２および第２封止部材３と接触しない状態となっているとともに、水晶振動板１の枠体部１２が第１封止部材２および第２封止部材３と機械的に接合されているので、水晶振動板１の振動部１１は外部応力に対して影響を受けにくくなる。特に、サーミスタ平単板４０を接合する際に生じる導電性樹脂接着剤Ｒ１や樹脂接着剤Ｒ２による外部応力の影響を振動部に伝えにくくするため、振動部１１の特性が安定する。

【００６２】

上記構成の水晶振動デバイスＸｔｌの上面、すなわち第１封止部材２の一方の主面には温度センサ４が搭載される。水晶振動デバイスＸｔｌの上面に形成された電極パッド２１，２２と、サーミスタ平単板４０からなる温度センサ４に形成された電極パッド４１，４２を導電性樹脂接着剤Ｒ１、Ｒ１で面接合する。このとき、水晶振動板１の枠体部１２と平面視重畳する部分で導電性樹脂接着剤Ｒ１が面接合されている。

【００６３】

前記電極パッド２１，２２は前記電極パッド４１，４２より面積が広く構成されており、これにより導電性樹脂接着剤Ｒ１，Ｒ１はフィレットを有する状態で水晶振動デバイスＸｔｌと温度センサ４を導電接合することができるので、両者間の接合強度を向上させることができる。前記導電性樹脂接着剤Ｒ１は、例えばペースト状のシリコーン系樹脂接合材に銀粉や銀片等の導電フィラーを添加した構成で、熱伝導性に優れている。

【００６４】

また、温度センサ４は、水晶振動板１の振動部１１と平面視重畳する部分で第１封止部材２の重心Ｏを含む領域で、前記導電性樹脂接着剤Ｒ１、Ｒ１の間にある空白領域を埋めるようにして第１封止部材２と温度センサ４が樹脂接着剤Ｒ２により面接合する。樹脂接着剤Ｒ２は、例えばペースト状のエポキシ系樹脂接合材からなり、導電性樹脂接着剤Ｒ１より熱伝導率が低い構成とし、導電性樹脂接着剤Ｒ１より鉛筆硬度を低くした構成としている。

【００６５】

なお、水晶の結晶軸のうち熱膨張係数がより大きくなる軸方向の両端部に柔らかい（鉛筆硬度が低い）導電性樹脂接着剤Ｒ１を配列してもよい。ＡＴカット水晶板の場合、平面はＸ軸とＺ’軸になるが、熱膨張係数はＺ’軸方向の方が小さくなるため、Ｚ’軸方向に沿って（Ｚ’軸方向の両端部）より柔らかい導電性樹脂接着剤Ｒ１を配置してもよい。

【００６６】

また、本実施の形態では、水晶からなる第１封止部材２よりもＭｎ-Ｆｅ-Ｎｉ系材料からなるサーミスタ平単板４０の方の熱膨張係数が小さく、特に長辺方向の熱膨張差が大きく生じるため、長辺方向の両端部により柔らかい導電性樹脂接着剤Ｒ１を配置することで熱応力に対する影響度を緩和する構成としている。

【００６７】

本実施の形態においては、第１封止部材２の表面に温度センサ４の平面視面積の半分以上が導電性樹脂接着剤Ｒ１と樹脂接着剤Ｒ２により面接合されている。具体的に、導電性樹脂接着剤Ｒ１により温度センサ４の平面視面積の６６％程度が面接合され、樹脂接着剤Ｒ２により温度センサ４の平面視面積の３０％程度が面接合されることで、トータルで温度センサ４の平面視面積の９６％程度が面接合されている。

【００６８】
本実施の形態では、水晶振動デバイスＸｔｌとサーミスタ平単板４０との電気的機械的な接合および機械的な接合は、各樹脂接着剤（導電性樹脂接着剤Ｒ１と樹脂接着剤Ｒ２）のみにより面接合していることで、薄型化することで強度的な弱さを生じやすいサーミスタ平単板４０に対する応力や衝撃を吸収することができ、サーミスタ平単板４０の割れや欠けをなくすことができる。
【００６９】
また、導電性樹脂接着剤Ｒ１の平面視面積の方が樹脂接着剤Ｒ２の平面視面積より大きいため、前記電極パッド同士熱伝導が良好であることに加え、温度センサ４による水晶振動デバイスＸｔｌの温度検出をタイムラグが少ない状態で高精度に測定することができる。なお、この２種類の樹脂接着剤によるトータルの面接合による平面視面積は、少なくとも５０％以上で形成されていればよい。このように構成することで、水晶振動デバイスＸｔｌと温度センサ４としてのサーミスタ平単板４０との間の熱の流通が十分に行えるため、水晶振動デバイスＸｔｌが感知している環境温度に対してサーミスタ平単板４０が感知している環境温度の差がなくなり、適切な温度検出ができるようになる。
【００７０】
また、サーミスタ平単板４０は、水晶振動板１の振動部１１と平面視重畳する部分で第１封止部材２の重心を含む領域で樹脂接着剤Ｒ２により面接合されているので、サーミスタ平単板４０を接合する際に生じる樹脂接着剤Ｒ２による外部応力の影響を振動部１１に伝えにくくするだけでなく、この外部応力がサーミスタ平単板４０自身に対して強く加わることも抑制できる。加えて、水晶振動デバイスＸｔｌとサーミスタ平単板４０との間の熱の流通が、第１封止部材２の重心Ｏを通じて無駄なくより効率的に行えるため、一方に偏った放熱などが抑制され、互いの環境温度に対する温度差が生じにくくなる。
【００７１】
また、サーミスタ平単板４０は、水晶振動板１の枠体部１２と平面視重畳する部分で熱伝導性の大きな導電性樹脂接着剤Ｒ１により面接合されているので、第１封止部材２から水晶振動板１への直接的な熱の伝わりが促進されることで、外部環境温度の変化に対応した俊敏な水晶振動デバイスＸｔｌとサーミスタ平単板４０との間の熱の流通がスムーズに行えるようになる。このため、水晶振動デバイスＸｔｌに係る温度がさらに正確に検出できるようになる。
【００７２】
なお、前記導電性樹脂接着剤Ｒ１および前記樹脂接着剤Ｒ２は例示した樹脂材料に限らず、シリコーン系樹脂やウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂等から最適な組み合わせた構成としてもよい。
【００７３】
本実施の形態では、各々板状の水晶振動板１、第１封止部材２、第２封止部材３が接合された三層構成の水晶振動デバイスＸｔｌであるので、薄型の水晶振動デバイス構成とすることができる。また、サーミスタ平単板４０を温度センサ４として使用し接合する構成であるので、安定した電気的特性が得られるだけでなく、汎用の積層型サーミスタを使用する場合に比較して、薄型化ならびに小型化に対応した温度センサ付き水晶振動デバイスを得ることができる。
【００７４】
また、第１封止部材２とサーミスタ平単板４０の端部では、熱伝導性の大きな電極パッドが形成されるとともに樹脂接着剤Ｒ２に比較して熱伝導性の大きな導電性樹脂接着剤Ｒ１により接合していることで、外部環境温度の変化により敏感に反応しながら水晶振動デバイスＸｔｌとサーミスタ平単板４０との間の熱の流通が行えるようになる。このため、水晶振動デバイスＸｔｌに係る温度がより正確に検出できるようになる。
【００７５】
なお、上記構成の水晶振動デバイスＸｔｌは、温度センサ４としてのサーミスタ平単板４０が検出した温度情報（例えば電流値、電圧値、抵抗値等）は独立した端子電極３３，

３４により外部と接続される。そして外部補償回路等により、水晶振動デバイスＸｔｌにおける周波数情報を適切に温度補償し、正確な周波数を得ることができる。

【００７６】

本実施の形態によれば、振動部１１において保持部１３，１３ｔの形成された一端辺のほぼ全域に沿って厚肉部１１ａが形成されている構成となっており、他の端辺は高周波数に対応した薄肉の振動板の厚さの構成となる。従って、振動部１１で励起された振動は、厚肉部１１ａによる境界条件の影響を受けにくい状態で振動を行わせることができ、これによりスプリアス等が生じにくく、またＣＩ値（直列共振抵抗）も良好な状態に保つことができる水晶振動板１を得ることができる。また厚肉部１１ａにより振動部１１の機械的強度も向上させることができる。なお、本実施の形態の振動部１１について、厚肉部１１ａを形成しない構成としてもよい。この場合、振動部１１の励振電極１１１，１１２の面積をより大きく形成することができる。

【００７７】

また、前述のとおり、保持部１３は厚肉部１１ａより厚いかあるいは同じ厚さを有し、かつ枠体部１２と保持部１３間、厚肉部１１ａと振動部１１間にはテーパ部が形成された構成としている。前述のとおりこのテーパ形成により境界を鈍角化することができる。これにより励振電極１１１から水晶振動板１の一端辺に引き出された引出電極１１１ａはこのテーパ部上に形成されており、鋭角な角部領域（段差部）を通らない構成となっているので、電極の導通低下や電極断線を防ぐことができる。これにより良好な電気的特性の水晶振動板１を得ることができる。

【００７８】

本実施の形態によれば、枠体部１２と振動部１１は複数の保持部１３，１３ｔによりつながった構成であるが、保持部１３ｔの厚さは、保持部１３の厚さより小さい構成を採っている。従って、複数の保持部による保持により機械的強度を安定させるとともに、厚さの小さい（薄い）保持部１３ｔを設けることにより、振動部１１の振動を阻害することを抑制することができる。これにより水晶振動デバイスＸｔｌとしての電気的特性低下を抑制し、実用的な電気的性能を確保することができる。また、本実施の形態に限らず、保持部１３の一カ所のみで振動部１１をつないだ構成としてもよい。

【００７９】

なお、水晶振動板１において、前記貫通部１４に代えてこれを薄肉部で構成してもよい。この場合、保持部と薄肉部により振動部１１が枠体部１２とつながった構成となる。

【００８０】

なお、本実施の形態において、励振電極の金属膜および封止用の金属膜の例にＴｉ、Ａｕの多層構成を例示したが、この金属膜に限定されるものではない。例えば、Ｔｉ、ＮｉＴｉ、Ａｕの多層構成でもよい。

【００８１】

また各封止部材２，３と水晶振動板１との接合を拡散接合法により行ったが、例えば、ＡｕＳｎ合金ろう材によるろう接であってもよいし、また他のろう材、例えばＳｎ合金ろうを用いてもよい。このろう接の場合は、金属膜構成も異なり、例えば、Ｃｒ下地層に、ＡｇやＣｕ膜を形成した構成、あるいはＡｕとの合金膜を形成した構成であってもよい。

【００８２】

上述の説明において、第１封止部材２、第２封止部材３の材料は水晶板を用いたが、水晶板に代えてガラス材あるいはセラミック材などの他の脆性材料からなる封止体を用いてもよい。またその形状も板状構成を例示したが、水晶振動板１と対向する位置に凹部を設けてもよい。このように凹部を設けた場合は、振動部１１と封止部材の接触の機会を低下させることができるので、水晶振動デバイスＸｔｌとしての特性を安定化させることができる。

【００８３】

なお、温度センサ４は、一方の主面全面に共通電極４３が形成され、他方の主面には長辺方向に一定の距離Ｇ１を持って電極パッド４１，４２が形成されている構成としたが、

他方の主面に分割電極のみを形成する構成としてもよい。また、ＮＴＣサーミスタに限らずＰＴＣサーミスタに置き換えてもよい。

【００８４】

他の実施の形態１を図７とともに説明する。図７においては水晶振動デバイスＸｔｌの詳細な構成は割愛して示している。水晶振動デバイスＸｔｌの上面に温度センサ４が搭載された構成であるが、温度センサ４の構成が上記実施の形態とは異なっている。

【００８５】

具体的には、温度センサ４は、サーミスタ平単板４０の他方の主面に電極パッド４４，４５が形成された構成であり、電極間ギャップＧ３が形成されているが、サーミスタ平単板４０の一方の主面には電極膜が形成されていない。従って、電極パッド４４，４５間で導電経路が形成され、サーミスタとして機能する。

【００８６】

前記電極パッド４４，４５を第１封止部材２の上面の電極パッド２３，２４と導電性樹脂接着剤Ｒ１にて接合することにより、両電極パッドが導電的に面接合され、これにより熱伝導性の良好な状態で両者を接合する。なお本実施の形態においては、導電接合材間に熱伝導性の良好な樹脂接着剤Ｒ２を充てんしている。これら構成により、温度センサ４の他方の主面は全面に渡って水晶振動デバイスＸｔｌと面接合された状態となっている。

【００８７】

本実施の形態においてはサーミスタ平単板４０からなる温度センサ４を樹脂材Ｒ３で被覆する構成としている。樹脂材Ｒ３は水晶振動デバイスＸｔｌの上面を覆う構成で、温度センサ４や水晶振動デバイスＸｔｌに設けられた電極パッド２３，２４や導電性樹脂接着剤Ｒ１、樹脂接着剤Ｒ２を被覆する構成としている。ここで用いる樹脂材Ｒ３はエポキシ系樹脂にシリカ（SiO_2）フィラーを添加した構成で、前記導電性樹脂接着剤Ｒ１より熱伝導率が低い構成としている。なお、樹脂材Ｒ３はエポキシ系樹脂以外にウレタン系樹脂や、シリコーン系樹脂等の他の樹脂材を用いてもよい。このような構成により、温度センサ４で検出した熱が外部に逃げることを抑制する効果を得ることができる。

【００８８】

本実施の形態の構成により、水晶振動デバイスＸｔｌの温度変動を導電性樹脂接着剤Ｒ１および樹脂接着剤Ｒ２を介してタイムラグが少なく温度センサ４にて検出することができ、また温度センサ４が端部に形成された導電性樹脂接着剤Ｒ１より熱伝導率の低い樹脂材Ｒ３で被覆されていることにより、温度センサ４の吸熱した温度も外部に漏れることがない。これにより水晶振動デバイスＸｔｌの動作している温度を正確に検出することができるので、高精度な温度検出を行うことができる。なお、水晶振動デバイスＸｔｌの上面には温度センサ４に加えて、発振回路や温度補償回路を備えたＩＣ部品を搭載し、水晶振動デバイスＸｔｌや温度センサ４と導電接合してもよい。このような構成により温度補償型水晶発振器を構成した水晶振動デバイスＸｔｌを得ることができる。

【００８９】

他の実施の形態２を図８とともに説明する。図８においては水晶振動デバイスＸｔｌの詳細な構成は割愛して示している。水晶振動デバイスＸｔｌの上面に温度センサ４が搭載された構成であり、温度センサ４の構成は上記他の実施の形態１（図７参照）と同様であるが、温度センサ４の配置が上記他の実施の形態１とは異なっている。

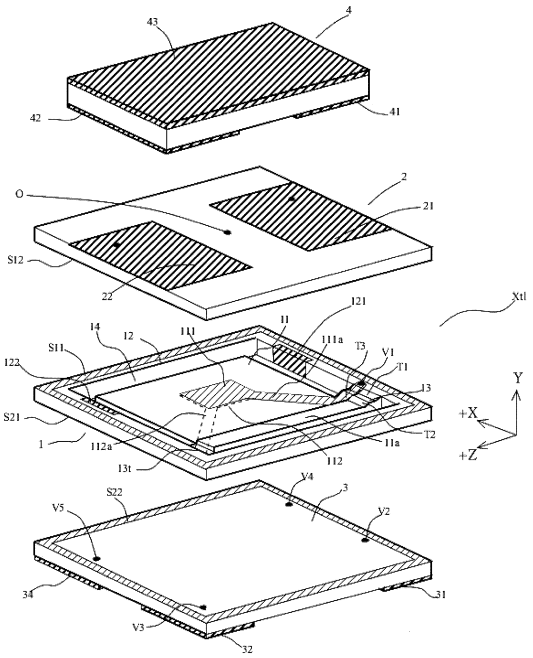
【００９０】

第１封止部材２の上面には電極パッド２３，２４が形成されている。これら電極パッド２３，２４は上記他の実施の形態１（図７参照）と異なって、図面の向かって左側に偏って形成されている。その結果、第１封止部材２の上面には電極パッドが形成されない領域が確保できる。当該領域は調整領域２５として用いることができる。調整領域２５は第１封止部材２が透光性材料からなる場合、レーザービーム等のエネルギービームＢを透過させることができる。よって、当該エネルギービームＢを水晶振動板１に形成された金属膜に照射することでこれら金属膜を一部除去する等により、水晶振動デバイスＸｔｌの周波数を調整することができる。

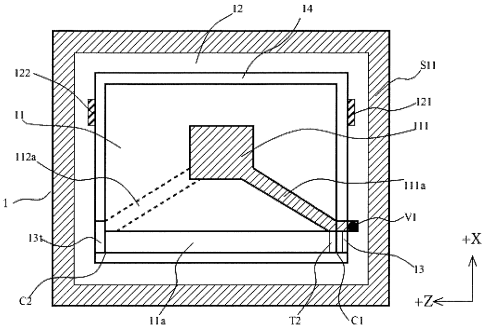
【００９１】
　また、予め調整用金属膜を第１封止部材２の内側に形成しておき、この調整用金属膜にエネルギービームＢを照射することにより、調整用金属膜を気化させ水晶振動板１に形成された金属膜に付着させることにより、水晶振動デバイスＸｔｌの周波数を調整することができる。
【００９２】
　そして、第１封止部材２の上面（一方の主面）全体に渡って樹脂材Ｒ３を被覆形成している。これにより温度センサ４全体も樹脂材Ｒ３に被覆された構成となる。なお前記樹脂材Ｒ３は、温度センサ４搭載領域のみに形成してもよい。この場合前記調整領域２５が樹脂材Ｒ３に被覆されないので、温度センサ４接合後にエネルギービームＢによる周波数調整を行うことができるという利点を有する。
【００９３】
　本実施の形態によれば、温度センサ４が水晶振動デバイスＸｔｌとほぼ他方の主面全面に渡って、導電性樹脂接着剤Ｒ１と樹脂接着剤Ｒ２で接合されているので、水晶振動デバイスＸｔｌの温度変化を正確に温度センサ４が確実かつ正確に捕捉することができる。また樹脂材Ｒ３により、被覆することにより、熱の放散も抑制できる。これら構成により、高精度な温度検出を行うことができる温度センサ付き水晶振動デバイスを得ることができる。さらに調整領域２５により、水晶振動デバイスＸｔｌの周波数を気密封止後あるいは温度センサ４取付後に調整することができるので、電気的特性を向上させることができる。
【００９４】
　今回開示した実施の形態は全ての点で例示であって、限定的な解釈の根拠となるものではない。したがって、本発明の技術的範囲は、上記した実施の形態のみによって解釈されるものではなく、請求の範囲の記載に基づいて画定される。また、請求の範囲と均等の意味および範囲内での全ての変更が含まれる。
【００９５】
　この出願は、２０２１年１０月２６日に日本で出願された特願２０２１－１７４３７９号に基づく優先権を請求する。これに言及することにより、その全ての内容は本出願に組み込まれるものである。
【符号の説明】
【００９６】
　Ｘｔｌ　水晶振動デバイス
　１　水晶振動板
　１１　振動部
　１１１，１１２　励振電極
　１１１ａ，１１２ａ　引出電極
　１２　枠体部
　１３，１３ｔ　保持部
　１４　貫通部
　２　第１封止部材
　３　第２封止部材
　４　温度センサ
　４０　サーミスタ平単板
　Ｓ１１，Ｓ１２，Ｓ２１，Ｓ２２　シール膜
　Ｓ１，Ｓ２　シール部
　Ｔ１，Ｔ２，Ｔ３　テーパ
　Ｖ１，Ｖ２，Ｖ３、Ｖ４，Ｖ５　金属ビア
　Ｒ１　導電性樹脂接着剤
　Ｒ２　樹脂接着剤
　Ｒ３　樹脂材

【図面】

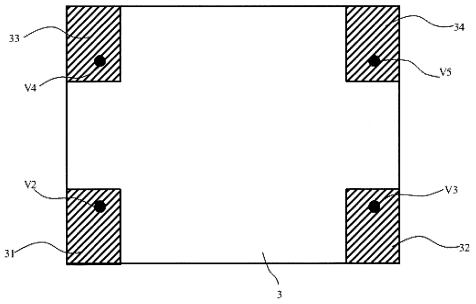
【図１】


43
4
42
41
O
2
21
S12
22
Xtl
14
12
111
11
121
111a
T3
V1
T1
S11
122
13
S21
1
112a
T2
11a
112
13t
Y
+X
+Z
V4
3
V5
S22
V2
34
31
V3
32

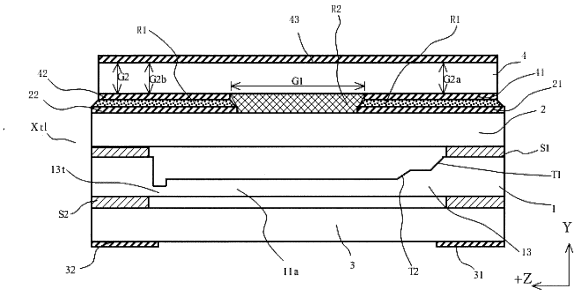
【図２】


12
14
122
S11
121
11
111
112a
111a
1
V1
13t
13
+X
+Z
C2
11a
T2
C1

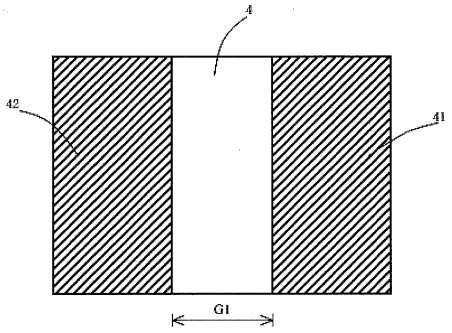
【図３】


33
34
V4
V5
V2
V3
31
32
3

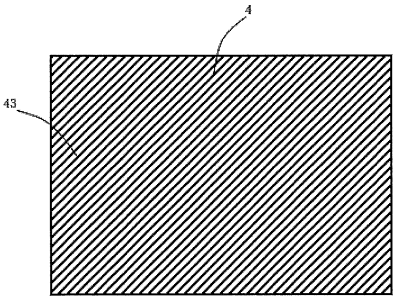
【図４】


R1
43
R2
R1
4
42
G2
G2b
G1
G2a
11
22
21
Xtl
2
S1
13t
T1
S2
1
13
Y
+Z
32
11a
3
T2
31

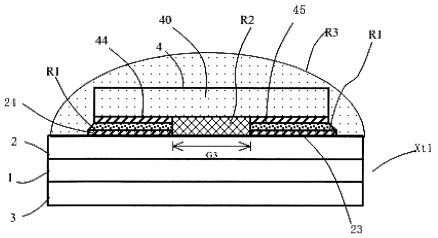
【図５】


4
42
41
G1

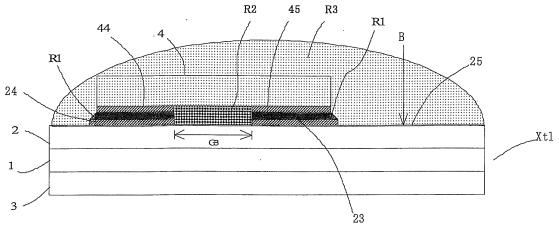
【図６】


4
43

【図７】


40
R2
45
R3
R1
44
4
R1
24
2
1
3
G3
Xt1
23

【図８】


R2
45
R3
R1
44
4
B
R1
25
24
2
1
3
GB
Xt1
23

フロントページの続き

(56)参考文献　　特開２０１９－１７６３３９（ＪＰ，Ａ）
特開２０２０－０８８６３４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－１０６０５４（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－０５４３０１（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１３０６６５（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１５２７１７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１５－０７３２１１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－２１１２２９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０３Ｈ　９／００－ ９／７４