(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2020-162008
(P2020-162008A)
(43)公開日　令和2年10月1日(2020.10.1)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H03H 9/19	(2006.01)	H03H	9/19	D	5J108

審査請求 有　請求項の数 8　ＯＬ　（全 20 頁）

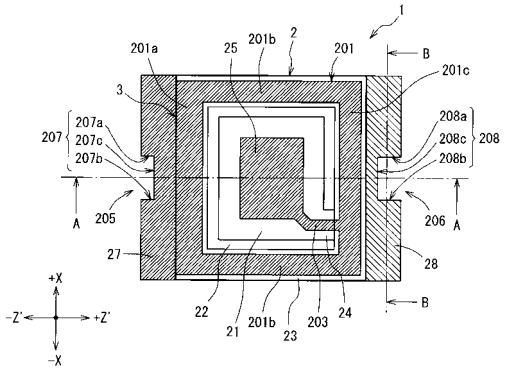
(21)出願番号　特願2019-60001(P2019-60001)
(22)出願日　平成31年3月27日(2019.3.27)

(71)出願人　000149734
株式会社大真空
兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野１３８９番地
(74)代理人　100086737
弁理士　岡田　和秀
(72)発明者　大西　学
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

Ｆターム(参考)　5J108 BB02 CC04 CC11 DD02 EE03 EE07 FF07 KK01 KK02 NA02

(54)【発明の名称】水晶振動デバイス

(57)【要約】
【課題】断線を防止して、電気的な接続の信頼性を高める。
【解決手段】ＡＴカット水晶振動板２の両端部には、両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士を接続する第１，第２キャスタレーション２０５，２０６が形成され、第１，第２キャスタレーション２０５，２０６の第１，第２切り欠き部２０７，２０８は、水晶のＺ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、－Ｘ軸側の端面２０７ａ，２０８ａをそれぞれ有し、各端面２０７ａ，２０８ａは、一方の主面から－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、他方の主面から－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第２傾斜面とを有し、第１傾斜面と第２傾斜面との成す角が鈍角になっている。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
両主面の一方の主面に形成された第１励振電極及び他方の主面に形成された第２励振電極を有すると共に、前記第１，第２励振電極にそれぞれ接続された第１，第２実装端子を有するＡＴカット水晶振動板と、
前記ＡＴカット水晶振動板の前記第１，第２励振電極をそれぞれ覆うように、前記ＡＴカット水晶振動板の前記両主面にそれぞれ接合される第１，第２封止部材とを備え、
前記第１実装端子は、前記ＡＴカット水晶振動板の両端部の一方の端部の前記両主面に形成され、前記第２実装端子は、前記両端部の他方の端部の前記両主面に形成されており、
前記ＡＴカット水晶振動板の前記一方の端部及び前記他方の端部には、前記一方の主面から前記他方の主面に亘って切り欠かれた切り欠き部に電極が被着されてなる第１キャスタレーション及び第２キャスタレーションがそれぞれ形成されており、
前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションは、前記両主面の前記第１実装端子同士及び前記第２実装端子同士をそれぞれ接続するものであり、
前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションの前記切り欠き部は、水晶のＺ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、水晶のＸ軸の－Ｘ軸側の端面をそれぞれ有し、
前記－Ｘ軸側の端面は、前記一方の主面から前記他方の主面に向けて前記－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、前記他方の主面から前記一方の主面へ向けて前記－Ｘ軸側に突出するように傾斜して前記第１傾斜面に連なる第２傾斜面とを有し、前記第１傾斜面と前記第２傾斜面との成す角が鈍角になっている、
ことを特徴とする水晶振動デバイス。
【請求項２】
前記切り欠き部の、前記一方の主面及び前記他方の主面の少なくともいずれかの一方の主面における前記Ｚ´軸に沿う方向の寸法が、前記ＡＴカット水晶振動板の厚みに対して８５％以上である、
請求項１に記載の水晶振動デバイス。
【請求項３】
前記切り欠き部の、前記一方の主面及び前記他方の主面の少なくともいずれか一方の主面における前記Ｘ軸に沿う方向の寸法が、前記ＡＴカット水晶振動板の厚みに対して１２０％以上である、
請求項１または２に記載の水晶振動デバイス。
【請求項４】
前記ＡＴカット水晶振動板は、平面視矩形であり、前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションは、前記平面視矩形の前記Ｘ軸に沿う方向の各対向辺の中央部にそれぞれ形成されている、
請求項１ないし３のいずれか一項に記載の水晶振動デバイス。
【請求項５】
前記第１，第２封止部材の少なくとも一方の封止部材が、樹脂製のフィルムである、
請求項１ないし４のいずれか一項に記載の水晶振動デバイス。
【請求項６】
前記ＡＴカット水晶振動板は、前記両主面に前記第１，第２励振電極がそれぞれ形成された振動部と、該振動部に連結部を介して連結されると共に、前記振動部の外周を取り囲む外枠部とを有し、前記外枠部は、前記振動部より厚肉であり、
前記フィルムは、その周端部が前記外枠部の両主面にそれぞれ接合されて、前記振動部を封止する、
請求項５に記載の水晶振動デバイス。
【請求項７】
前記外枠部の前記両主面の一方の主面には、前記第１励振電極と前記第１実装端子とを

接続し、かつ前記振動部を取り囲むと共に、前記フィルムが接合される第１封止パターンが形成され、前記外枠部の前記両主面の他方の主面には、前記第２励振電極と前記第２実装端子とを接続し、かつ前記振動部を取り囲むと共に、前記フィルムが接合される第２封止パターンが形成されている、
請求項６に記載の水晶振動デバイス。
【請求項８】
前記第１封止パターン及び前記第２封止パターンは、前記Ｚ´軸に沿って延びる延出部をそれぞれ有し、各延出部の幅が、前記Ｚ´軸に沿って延びる前記外枠部の幅より狭い、
請求項７に記載の水晶振動デバイス。
【請求項９】
前記フィルムが、耐熱樹脂製のフィルムである、
請求項５ないし８のいずれか一項に記載の水晶振動デバイス。
【請求項１０】
前記フィルムは、少なくとも片面に熱可塑性の接着層を備えている、
請求項５ないし９のいずれか一項に記載の水晶振動デバイス。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、水晶振動子等の水晶振動デバイスに関する。
【背景技術】
【０００２】
水晶振動デバイスとして、表面実装型の水晶振動子が広く用いられている。この表面実装型の水晶振動子は、例えば、特許文献１に記載されているように、セラミックからなる上面が開口した箱形のベース内の保持電極に、水晶振動片の両面の励振電極から導出された電極を、導電性接着剤によって固着することによって、水晶振動片をベースに搭載する。このようにして水晶振動片を搭載したベースの開口に、蓋体を接合して気密に封止するようにしている。また、ベースの外底面には、当該水晶振動子を表面実装するための実装端子が形成されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００５－１８４３２５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
上記のような水晶振動子の多くは、セラミック製のベースに、金属製あるいはガラス製の蓋体が接合されてパッケージが構成されているので、パッケージが高価となり、圧電振動子が高価なものとなっている。
【０００５】
このため、本願出願人は、安価に提供できる圧電振動デバイスを、平成３１年２月２８日に、特願２０１９－３５５７９「圧電振動デバイス」として、提案している。
【０００６】
未公開の前記出願（以下「先願」という）には、両主面に第１，第２励振電極が形成されると共に、各励振電極にそれぞれ接続された第１，第２実装端子を有する圧電振動板が記載されており、この圧電振動板の両端部に形成された前記第１，第２実装端子を、半田等の接合材によって、回路基板等に接合して、当該圧電振動板を実装できることが記載されている。
【０００７】
また、前記先願には、第１実装端子及び第２実装端子が、圧電振動板の両主面にそれぞれ形成され、両主面の第１実装端子同士及び第２実装端子同士を、圧電振動板の外側面を

引き回した引き回し電極によって電気的に接続することが記載されている。
【０００８】
かかる圧電振動板が、水晶振動板である場合には、水晶板のウェットエッチングによる外形加工において、水晶の結晶方位によるエッチング異方性のために、外側面の形状が水晶結晶軸の向きによって異なり、直角や鋭角の角部が生じる。
【０００９】
このように外側面における直角や鋭角の角部を引き回された引き回し電極は、角部における電極の膜厚が薄く、また、外部に露出しているために、摩耗して損傷し易く、断線の虞がある。
【００１０】
本発明は、上記のような点に鑑みて為されたものであって、断線を防止して、電気的な接続の信頼性を高めることを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
本発明では、上記目的を達成するために、次のように構成している。
【００１２】
すなわち、本発明の水晶振動デバイスは、両主面の一方の主面に形成された第１励振電極及び他方の主面に形成された第２励振電極を有すると共に、前記第１，第２励振電極にそれぞれ接続された第１，第２実装端子を有するＡＴカット水晶振動板と、前記ＡＴカット水晶振動板の前記第１，第２励振電極をそれぞれ覆うように、前記ＡＴカット水晶振動板の前記両主面にそれぞれ接合される第１，第２封止部材とを備え、
前記第１実装端子は、前記ＡＴカット水晶振動板の両端部の一方の端部の前記両主面に形成され、前記第２実装端子は、前記両端部の他方の端部の前記両主面に形成されており、前記ＡＴカット水晶振動板の前記一方の端部及び前記他方の端部には、前記一方の主面から前記他方の主面に亘って切り欠かれた切り欠き部に電極が被着されてなる第１キャスタレーション及び第２キャスタレーションがそれぞれ形成されており、
前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションは、前記両主面の前記第１実装端子同士及び前記第２実装端子同士をそれぞれ接続するものであり、前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションの前記切り欠き部は、水晶のＺ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、水晶のＸ軸の－Ｘ軸側の端面をそれぞれ有し、前記－Ｘ軸側の端面は、前記一方の主面から前記他方の主面に向けて前記－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、前記他方の主面から前記一方の主面へ向けて前記－Ｘ軸側に突出するように傾斜して前記第１傾斜面に連なる第２傾斜面とを有し、前記第１傾斜面と前記第２傾斜面との成す角が鈍角になっている。
【００１３】
本発明によれば、第１，第２キャスタレーションは、切り欠き部に電極が被着されて形成されているので、切り欠かれていない外面に形成される電極に比べて、内方へ窪んでおり、このため、摩耗しにくく、損傷しにくいものとなる。更に、第１，第２キャスタレーションの各切り欠き部は、水晶のＺ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、－Ｘ軸側の端面をそれぞれ有している。この－Ｘ軸側の端面は、一方の主面から他方の主面に向けて－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、他方の主面から一方の主面へ向けて－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第２傾斜面とを有し、第１傾斜面と第２傾斜面との成す角が鈍角になっているので、直角や鋭角となっている角部に被着される電極のように膜厚が薄くなることがない。これによって、断線を抑制して、両主面の第１実装端子同士及び第２実装端子同士の電気的な接続の信頼性を向上させることができる。
【００１４】
また、ＡＴカット水晶振動板は、第１，第２励振電極にそれぞれ接続された第１，第２実装端子を有しているので、この第１，第２実装端子を、半田、金属バンプあるいはワイヤ等の接合材によって、回路基板等に接合して、当該水晶振動デバイスを実装することができる。

【００１５】
したがって、従来のように、実装端子を有するベース内に水晶振動片を搭載する必要がなく、高価なベースが不要になる。
【００１６】
前記切り欠き部の、前記一方の主面及び前記他方の主面の少なくともいずれかの一方の主面における前記Ｚ´軸に沿う方向の寸法を、前記ＡＴカット水晶振動板の厚みに対して８５％以上とするのが好ましい。
【００１７】
上記構成によれば、エッチング処理によって、Ｚ´軸に沿って延びる端面の前記第１，第２傾斜面を、確実に形成することができる。
【００１８】
前記切り欠き部の、前記一方の主面及び前記他方の主面の少なくともいずれか一方の主面における前記Ｘ軸に沿う方向の寸法を、前記ＡＴカット水晶振動板の厚みに対して１２０％以上とするのが好ましい。
【００１９】
上記構成によれば、エッチング処理によって、切り欠き部を、両主面間に亘って確実に貫通させて、前記第１，第２傾斜面を有する－Ｘ軸側の端面を形成することができる。
【００２０】
前記ＡＴカット水晶振動板は、平面視矩形であり、前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションは、前記平面視矩形の前記Ｘ軸に沿う方向の各対向辺の中央部にそれぞれ形成してもよい。
【００２１】
上記構成によれば、第１，第２キャスタレーションは、第１，第２実装端子が形成されているＡＴカット水晶振動板のＸ軸に沿う各対向辺の中央部にそれぞれ形成されているので、第１，第２実装端子を、例えば、半田によって、回路基板等に接合した後に、半田から受ける応力を均一化させることができる。
【００２２】
前記第１，第２封止部材の少なくとも一方の封止部材を、樹脂製のフィルムとしてもよい。
【００２３】
上記構成によれば、第１，第２封止部材の少なくとも一方の封止部材を、樹脂製のフィルムで構成しているので、高価なベース、あるいは、金属製やガラス製の蓋体が不要となり、水晶振動デバイスのコストを低減することができる。
【００２４】
前記ＡＴカット水晶振動板は、前記両主面に前記第１，第２励振電極がそれぞれ形成された振動部と、該振動部に連結部を介して連結されると共に、前記振動部の外周を取り囲む外枠部とを有し、前記外枠部は、前記振動部より厚肉であり、前記フィルムは、その周端部が前記外枠部の両主面にそれぞれ接合されて、前記振動部を封止するようにしてもよい。
【００２５】
上記構成によれば、振動部よりも厚肉であって、振動部の外周を取り囲む外枠部の両主面に、両フィルムの周端部をそれぞれ接合することによって、外枠部の両主面に接合された両フィルムに接触することなく、振動部を封止することができる。
【００２６】
前記外枠部の前記両主面の一方の主面には、前記第１励振電極と前記第１実装端子とを接続し、かつ前記振動部を取り囲むと共に、前記フィルムが接合される第１封止パターンが形成され、前記外枠部の前記両主面の他方の主面には、前記第２励振電極と前記第２実装端子とを接続し、かつ前記振動部を取り囲むと共に、前記フィルムが接合される第２封止パターンが形成されてもよい。
【００２７】

上記構成によれば、外枠部の両主面にそれぞれ形成される第１，第２封止パターンによって、第１，第２励振電極と第１，第２実装端子とをそれぞれ電気的に接続できると共に、フィルムを、振動部を取り囲む第１，第２封止パターンにそれぞれ強固に接合して、振動部を封止することができる。

【００２８】

前記第１封止パターン及び前記第２封止パターンは、前記Ｚ´軸に沿って延びる延出部をそれぞれ有し、各延出部の幅を、前記Ｚ´軸に沿って延びる前記外枠部の幅より狭くしてもよい。

【００２９】

上記構成によれば、外枠部の両主面の一方の主面の第１封止パターンの延出部と、他方の主面の第２封止パターンの延出部とは、その幅が、外枠部の幅よりも狭いので、延出部の幅が外枠部の幅と同じ場合、すなわち、外枠部の全幅に亘って延出部を形成する場合のように、一方の主面の第１封止パターンの延出部と、他方の主面の第２封止パターンの延出部とが、外枠部の側面に回り込んで短絡するといったことがない。

【００３０】

前記フィルムを、耐熱樹脂製のフィルムとしてもよい。

【００３１】

上記構成によれば、水晶振動板の振動部を封止するフィルムは、耐熱樹脂製のフィルムであるので、当該水晶振動デバイスを実装するための半田リフロー処理の際にフィルムが変形等することがない。

【００３２】

前記フィルムは、少なくとも片面に熱可塑性の接着層を備えてもよい。

【００３３】

上記構成によれば、フィルムの熱可塑性の接着層を備える面を、水晶振動板に、重ねるようにして加熱圧着して、フィルムを水晶振動板に接合することができる。

【発明の効果】

【００３４】

本発明によれば、第１，第２キャスタレーションは、切り欠き部に電極が被着されて形成されているので、切り欠かれていない外面に形成される電極に比べて、内方へ窪んでおり、このため、電極が摩耗しにくく、損傷しにくいものとなる。更に、第１，第２キャスタレーションの各切り欠き部は、Ｚ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、－Ｘ軸側の端面をそれぞれ有しており、この－Ｘ軸側の端面は、一方の主面から－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、他方の主面から－Ｘ軸側に突出するように傾斜した第２傾斜面との成す角が鈍角になっているので、直角や鋭角となっている角部に被着される電極に比べて、断線を抑制して、両主面の第１実装端子同士及び第２実装端子同士の電気的な接続の信頼性を向上させることができる。

【００３５】

また、水晶振動板は、第１，第２励振電極にそれぞれ接続された第１，第２実装端子を有しているので、この第１，第２実装端子によって、当該水晶振動デバイスを回路基板等に実装することができる。したがって、従来のように、実装端子を有するベース内に水晶振動片を搭載する必要がなく、高価なベースが不要となり、コストを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【００３６】

【図１】図１は本発明の一実施形態に係る水晶振動子の概略斜視図である。

【図２】図２は図１の水晶振動子の概略平面図である。

【図３】図３は図２のＡ－Ａ線に沿う概略断面図である。

【図４】図４は図２のＢ－Ｂ線に沿う概略断面図である。

【図５】図５は図１の水晶振動子の概略底面図である。

【図６】図６は第２切り欠き部における各端面の形成を説明するための概略平面図である

。
【図７】図７は図１の水晶振動子の製造工程を模式的に示す概略断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００３７】
以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。この実施形態では、水晶振動デバイスとして水晶振動子に適用して説明する。
【００３８】
図１は、本発明の一実施形態に係る水晶振動子の概略斜視図であり、図２は、その概略平面図であり、図３は、図２のＡ－Ａ線に沿う概略断面図であり、図４は、図２のＢ－Ｂ線に沿う概略断面図であり、図５は、水晶振動子の概略底面図である。なお、図３，図４及び後述の図７では、説明の便宜上、樹脂フィルム等の厚みを誇張して示している。
【００３９】
この実施形態の水晶振動子１は、ＡＴカット水晶振動板２と、このＡＴカット水晶振動板２の表裏の両主面の一方の主面側を覆って封止する第１封止部材としての第１樹脂フィルム３と、水晶振動板２の他方の主面側を覆って封止する第２封止部材としての第２樹脂フィルム４とを備えている。
【００４０】
この水晶振動子１は、直方体であって、平面視略矩形である。この実施形態の水晶振動子１は、平面視で、例えば、１．２ｍｍ×１．０ｍｍで、厚みは０．２ｍｍであり、小型化及び低背化を図っている。
【００４１】
なお、水晶振動子１のサイズは、上記に限定されるものではなく、これとは異なるサイズであっても適用可能である。
【００４２】
次に、水晶振動子１を構成するＡＴカット水晶振動板２及び第１，第２樹脂フィルム３，４の各構成について説明する。
【００４３】
この実施形態のＡＴカット水晶振動板２は、矩形の水晶板を水晶の結晶軸であるＸ軸の周りに３５°１５′回転させて加工したＡＴカットの水晶板であり、回転した新たな軸をＹ′及びＺ′軸という。ＡＴカット水晶板では、その表裏の両主面が、ＸＺ′平面である。
【００４４】
このＸＺ′平面において、平面視矩形の水晶振動板２の短辺方向（図２，図４，図５の上下方向）がＸ軸方向となり、水晶振動板２の長辺方向（図２，図３，図５の左右方向）がＺ′軸方向となる。
【００４５】
このＡＴカット水晶振動板２は、平面視が略矩形の振動部２１と、この振動部２１の周囲を、貫通部２２を挟んで取り囲む外枠部２３と、振動部２１と外枠部２３とを連結する連結部２４とを備えている。振動部２１、外枠部２３及び連結部２４は、一体的に形成されている。振動部２１及び連結部２４は、外枠部２３に比べて薄く形成されている、すなわち、外枠部２３は、振動部２１及び連結部２４に比べて厚肉である。
【００４６】
この実施形態では、平面視が略矩形の振動部２１を、その一つの角部に設けた一箇所の連結部２４によって外枠部２３に連結しているので、２箇所以上で連結する構成に比べて、振動部２１に作用する応力を低減することができる。
【００４７】
また、この実施形態では、連結部２４は、外枠部２３の内周のうちＸ軸方向に沿う一辺から突出し、かつ、Ｚ′軸方向に沿って形成されている。ＡＴカット水晶振動板２のＺ′軸方向の両端部に形成された第１，第２実装端子２７，２８は、半田等によって回路基板等に直接接合される。このため、水晶振動子の長辺方向（Ｚ′軸方向）に収縮応力が働き

、当該応力が振動部に伝搬することにより水晶振動子の発振周波数が変化し易くなることが考えられる。これに対して、この実施形態では、前記収縮応力に沿う方向に連結部２４が形成されているため、当該収縮応力が振動部２１に伝搬するのを抑制することができる。その結果、水晶振動子１を回路基板に実装した際の発振周波数の変化を抑制することができる。

【００４８】

振動部２１の表裏の両主面には、一対の第１，第２励振電極２５，２６がそれぞれ形成されている。平面視矩形のＡＴカット水晶振動板２の長辺方向の両端部の外枠部２３には、第１，第２励振電極２５，２６にそれぞれ接続された第１，第２実装端子２７，２８が、ＡＴカット水晶振動板２の短辺方向に沿ってそれぞれ形成されている。各実装端子２７，２８は、当該水晶振動子１を、回路基板等に実装するための端子である。

【００４９】

両主面の一方の主面では、図２に示されるように、第１実装端子２７は、後述の矩形環状の第１封止パターン２０１に連設され、他方の主面では、図５に示されるように、第２実装端子２８は、後述の矩形環状の第２封止パターン２０２に連設されている。

【００５０】

このように第１，第２実装端子２７，２８は、振動部２１を挟んでＡＴカット水晶振動板２の長辺方向（Ｚ´軸方向）の両端部にそれぞれ形成されている。

【００５１】

ＡＴカット水晶振動板２の両主面の第１実装端子２７同士、及び、第２実装端子２８同士はそれぞれ電気的に接続されている。この実施形態では、両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士は、ＡＴカット水晶振動板２の対向する長辺側の側面を引き回された引き回し電極でそれぞれ電気的に接続されると共に、ＡＴカット水晶振動板２の対向する短辺側の側面を引き回された引き回し電極でそれぞれ電気的に接続されている。更に、短辺側では、両主面間に亘って切り欠かれた切り欠き部２０７，２０８に電極が被着されてなる、後述の第１，第２キャスタレーション２０５，２０６によって電気的に接続されている。

【００５２】

ＡＴカット水晶振動板２の表面側には、第１樹脂フィルム３が接合される第１封止パターン２０１が、略矩形の振動部２１を取り囲むように矩形環状に形成されている。この第１封止パターン２０１は、第１実装端子２７に連なる接続部２０１ａと、この接続部２０１ａの両端部からＡＴカット水晶振動板２の長辺方向（Ｚ´軸方向）に沿ってそれぞれ延出する第１延出部２０１ｂ，２０１ｂと、ＡＴカット水晶振動板２の短辺方向（Ｘ軸方向）に沿って延出して前記各第１延出部２０１ｂ，２０１ｂの延出端を接続する第２延出部２０１ｃとを備えている。第２延出部２０１ｃは、第１励振電極２５から引出された第１引出し電極２０３に接続されている。したがって、第１実装端子２７は、第１引出し電極２０３及び第１封止パターン２０１を介して第１励振電極２５に電気的に接続されている。ＡＴカット水晶振動板２の短辺方向に沿って延出する第２延出部２０１ｃと第２実装端子２８との間には、電極が形成されていない無電極領域が設けられて、第１封止パターン２０１と第２実装端子２８との絶縁が図られている。

【００５３】

ＡＴカット水晶振動板２の裏面側には、図５に示されるように、第２樹脂フィルム４が接合される第２封止パターン２０２が、略矩形の振動部２１を取り囲むように矩形環状に形成されている。この第２封止パターン２０２は、第２実装端子２８に連なる接続部２０２ａと、この接続部２０２ａの両端部からＡＴカット水晶振動板２の長辺方向に沿ってそれぞれ延出する第１延出部２０２ｂ，２０２ｂと、ＡＴカット水晶振動板２の短辺方向に沿って延出して、前記各第１延出部２０２ｂ，２０２ｂの延出端を接続する第２延出部２０２ｃとを備えている。第２延出部２０２ｃは、第２励振電極２６から引出された第２引出し電極２０４に接続されている。したがって、第２実装端子２８は、第２引出し電極２０４及び第２封止パターン２０２を介して第２励振電極２６に電気的に接続されている。

ＡＴカット水晶振動板２の短辺方向に沿って延出する第２延出部２０２ｃと第１実装端子２７との間には、電極が形成されていない無電極領域が設けられて、第２封止パターン２０２と第１実装端子２７との絶縁が図られている。

【００５４】

図２に示されるように、第１封止パターン２０１の、ＡＴカット水晶振動板２の長辺方向に沿ってそれぞれ延出する第１延出部２０１ｂ，２０１ｂの幅は、前記長辺方向に沿って延びる外枠部２３の幅より狭く、第１延出部２０１ｂ，２０１ｂの幅方向（図２の上下方向）の両側には、電極が形成されていない無電極領域が設けられている。

【００５５】

この第１延出部２０１ｂ，２０１ｂの両側の無電極領域の内、外側の無電極領域は、第１実装端子２７まで延びていると共に、第２実装端子２８と第２延出部２０１ｃとの間の無電極領域に連なっている。これによって、第１封止パターン２０１の接続部２０１ａ、第１延出部２０１ｂ，２０１ｂ、及び、第２延出部２０１ｃの外側は、平面視で「コ」の字状の無電極領域によって囲まれている。

【００５６】

第１封止パターン２０１の接続部２０１ａの幅方向の内側には、無電極領域が形成されており、この無電極領域は、第１延出部２０１ｂ，２０１ｂの内側の無電極領域に連なっている。第２延出部２０１ｃの幅方向の内側には、連結部２４の第１引出し電極２０３を除いて無電極領域が形成されており、この無電極領域は、第１延出部２０１ｂ，２０１ｂの内側の無電極領域に連なっている。これによって、第１封止パターン２０１の接続部２０１ａ、第１延出部２０１ｂ，２０１ｂ、及び、第２延出部２０１ｃの幅方向の内側は、連結部２４の第１引出し電極２０３を除いて平面視で矩形環状の無電極領域によって囲まれている。

【００５７】

図５に示されるように、第２封止パターン２０２の、ＡＴカット水晶振動板２の長辺方向に沿ってそれぞれ延出する第１延出部２０２ｂ，２０２ｂの幅は、前記長辺方向に沿って延びる外枠部２３の幅より狭く、第１延出部２０２ｂ，２０２ｂの幅方向（図５の上下方向）の両側には、電極が形成されていない無電極領域が設けられている。

【００５８】

この第１延出部２０２ｂ，２０２ｂの両側の無電極領域の内、外側の無電極領域は、第２実装端子２８まで延びていると共に、第１実装端子２７と第２延出部２０２ｃとの間の無電極領域に連なっている。これによって、第２封止パターン２０２の接続部２０２ａ、第１延出部２０２ｂ，２０２ｂ、及び、第２延出部２０２ｃの外側は、平面視で逆「コ」の字状の無電極領域によって囲まれている。

【００５９】

第２封止パターン２０２の接続部２０２ａの幅方向の内側には、連結部２４の第１引出し電極２０４を除いて無電極領域が形成されており、この無電極領域は、第１延出部２０２ｂ，２０２ｂの内側の無電極領域に連なっている。第２延出部２０２ｃの幅方向の内側には、無電極領域が形成されており、この無電極領域は、第１延出部２０２ｂ，２０２ｂの内側の無電極領域に連なっている。これによって、第２封止パターン２０２の接続部２０２ａ、第１延出部２０２ｂ，２０２ｂ、及び、第２延出部２０２ｃの幅方向の内側は、連結部２４の第１引出し電極２０４を除いて平面視で矩形環状の無電極領域によって囲まれている。

【００６０】

上記のように第１，第２封止パターン２０１，２０２の第１延出部２０１ｂ，２０１ｂ；２０２ｂ，２０２ｂを、外枠部２３の幅よりも狭くし、第１延出部２０１ｂ，２０１ｂ；２０２ｂ，２０２ｂの幅方向の両側には、無電極領域を設けていると共に、接続部２０１ａ，２０２ａ及び第２延出部２０１ｃ，２０２ｃの幅方向の内側には、無電極領域を設けている。前記無電極領域は、スパッタリング時に外枠部２３の側面に回り込んだ第１，第２封止パターン２０１，２０２を、フォトリソグラフィー技術によりパターニングし、

これをメタルエッチングで除去することによって形成される。これにより、第１，第２封止パターン２０１，２０２が外枠部２３の側面に回り込むことによる短絡を防止することができる。

【００６１】

上記のように、両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士は、電気的にそれぞれ接続されているので、当該水晶振動子１を、回路基板等に実装する際に、表裏の両主面のいずれの面でも実装することができる。

【００６２】

ＡＴカット水晶振動板２の表裏面にそれぞれ接合されてＡＴカット水晶振動板２の振動部２１を、封止する第１，第２樹脂フィルム３，４は、矩形のフィルムである。この矩形の第１，第２樹脂フィルム３，４は、ＡＴカット水晶振動板２の長手方向の両端部の第１，第２実装端子２７，２８を除く矩形の領域を覆うサイズであり、前記矩形の領域に接合される。

【００６３】

この実施形態では、第１，第２樹脂フィルム３，４は、耐熱性の樹脂フィルム、例えば、ポリイミド樹脂製のフィルムであり、３００℃程度の耐熱性を有している。このポリイミド樹脂製の第１，第２樹脂フィルム３，４は、透明であるが、後述の加熱圧着の条件によっては、不透明となる場合がある。なお、この第１，第２樹脂フィルム３，４は、透明、不透明、あるいは、半透明であってもよい。

【００６４】

第１，第２樹脂フィルム３，４は、ポリイミド樹脂に限らず、スーパーエンジニアリングプラスチックに分類されるような樹脂、例えば、ポリアミド樹脂やポリエーテルエーテルケトン樹脂等を用いてもよい。

【００６５】

第１，第２樹脂フィルム３，４は、表裏両面の全面に熱可塑性の接着層が形成されている。この第１，第２樹脂フィルム３，４は、その矩形の周端部が、ＡＴカット水晶振動板２の表裏両主面の外枠部２３に、振動部２１を封止するように、例えば、熱プレスによってそれぞれ加熱圧着される。

【００６６】

このように第１，第２樹脂フィルム３，４は、耐熱性の樹脂フィルムであるので、当該水晶振動子１を、回路基板等に半田実装する場合の半田リフロー処理の高温に耐えることができ、第１，第２樹脂フィルム３，４が変形等することがない。

【００６７】

ＡＴカット水晶振動板２の第１，第２励振電極２５，２６、第１，第２実装端子２７，２８，第１，第２封止パターン２０１，２０２、及び、第１，第２引出し電極２０３，２０４は、例えば、ＴｉまたはＣｒからなる下地層上に、例えば、Ａｕが積層され、更に、例えば、Ｔｉ、ＣｒまたはＮｉが積層形成されて構成されている。

【００６８】

この実施形態では、下地層はＴｉであり、その上に、Ａｕ、Ｔｉが積層形成されている。このように最上層がＴｉであることによって、Ａｕが最上層である場合に比べて、ポリイミド樹脂との接合強度が向上する。

【００６９】

矩形の第１，第２樹脂フィルム３，４が接合される矩形環状の第１，第２封止パターン２０１，２０２の上層は、上記のように、Ｔｉ、ＣｒまたはＮｉ（またはこれらの酸化物）から構成されるので、Ａｕ等に比べて、第１，第２樹脂フィルム３，４との接合強度を高めることができる。

【００７０】

この実施形態では、両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士の電気的接続の信頼性を高めるために、平面視矩形のＡＴカット水晶振動板２の長辺方向（Ｚ´軸方向）の一方の端部には、ＡＴカット水晶振動板２の一方の主面から他方の主面に亘って

内方へ切り欠かれた第１切り欠き部２０７に電極が被着されてなる第１キャスタレーション２０５が形成されている。また、ＡＴカット水晶振動板２の長辺方向の他方の端部には、ＡＴカット水晶振動板２の一方の主面から他方の主面に亘って内方へ切り欠かれた第２切り欠き部２０８に電極が被着されてなる第２キャスタレーション２０６が形成されている。

【００７１】

第１キャスタレーション２０５及び第２キャスタレーション２０６は、平面視矩形のＡＴカット水晶振動板２の対向する各短辺の中央部にそれぞれ形成されており、両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士をそれぞれ電気的に接続する。

【００７２】

両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士をそれぞれ接続する第１，第２キャスタレーション２０５，２０６は、第１，第２実装端子を、例えば、半田によって、回路基板等に接合した後に、半田から受ける応力が偏らないように、少なくともＺ´軸方向に延びる各対向辺を二等分する二等分線に対して線対称、すなわち、平面視矩形のＡＴカット水晶振動板２のＺ´軸方向(長辺方向)の中心線に対称に形成されるのが好ましい。

【００７３】

第１，第２キャスタレーション２０５，２０６は、Ｘ軸方向に延びる各対向辺の中心線に対しても線対称に形成されるのが、更に好ましい。

【００７４】

第１，第２キャスタレーション２０５，２０６は、ＡＴカット水晶振動板２の外面を切り欠いて形成されているので、内方へ窪んでおり、外面に形成されている電極に比べて、摩耗しにくく、損傷による断線を抑制することができる。

【００７５】

第１，第２キャスタレーション２０５，２０６の第１，第２切り欠き部２０７，２０８は、平面視で略矩形に切り欠かれている。第１，第２切り欠き部２０７，２０８は、図２及び図５に示されるように、互いに対向する第１，第２端面２０７ａ，２０７ｂ；２０８ａ，２０８ｂ、及び、前記両端面２０７ａ，２０７ｂ；２０８ａ，２０８ｂにそれぞれ直交する第３端面２０７ｃ，２０８ｃをそれぞれ備えている。

【００７６】

上記のように、平面視矩形のＡＴカット水晶振動板２は、その表裏の両主面が、ＸＺ´平面であり、ＡＴカット水晶振動板２の短辺方向（図２，図５の上下方向）がＸ軸方向、ＡＴカット水晶振動板２の長辺方向（図２，図５の左右方向）がＺ´軸方向である。

【００７７】

第１，第２切り欠き部２０７，２０８は、図２及び図５に示すように、Ｚ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、－Ｘ軸側の端面である第１端面２０７ａ，２０８ａをそれぞれ有している。第１端面２０７ａ，２０８ａは、－Ｘ軸方向の端部における端面である。

【００７８】

図４は、上記のように、図２のＢ－Ｂ線に沿う概略断面図であり、この図４では、第１，第２切り欠き部２０７，２０８の第１端面２０７ａ，２０８ａの内、第２切り欠き部２０８の第１端面２０８ａが代表的に示されている。

【００７９】

この第１端面２０８ａは、第１樹脂フィルム３が接合されたＡＴカット水晶振動板２の一方の主面から他方の主面へ向けて－Ｘ軸側へ突出するように傾斜した第１傾斜面２０８ａ１と、第２樹脂フィルム４が接合されたＡＴカット水晶振動板２の他方の主面から一方の主面に向けて、－Ｘ軸側へ突出するように傾斜して、前記第１傾斜面２０８ａ１に連なる第２傾斜面２０８ａ２とを備えている。

【００８０】

第２切り欠き部２０８の第１端面２０８ａにおける第１傾斜面２０８ａ１は、第１樹脂フィルム３が接合されたＡＴカット水晶振動板２の一方の主面に対して鈍角となっている

。同様に、第１端面２０８ａにおける第２傾斜面２０８ａ２は、第２樹脂フィルム４が接合されたＡＴカット水晶振動板２の他方の主面に対して鈍角となっている。更に、第１端面２０８ａにおける第１傾斜面２０８ａ１と第２傾斜面２０８ａ２との成す角も鈍角となっている。

【００８１】

第１切り欠き部２０７の図３に示される第１端面２０７ａにおける第１，第２傾斜面２０７ａ１，２０７ａ２も上記の第２切り欠き部２０８の第１端面２０８ａと同様に、ＡＴカット水晶振動板２の各主面に対して鈍角となっていると共に、両傾斜面２０７ａ１，２０７ａ２の成す角も鈍角となっている。

【００８２】

このように第１，第２キャスタレーション２０５，２０６の第１，第２切り欠き部２０７，２０８のＺ´軸に沿って延び、かつ、－Ｘ軸側の端面である第１端面２０７ａ，２０８ａは、いずれの角部も鈍角となっている。

【００８３】

これに対して、第１，第２キャスタレーション２０５，２０６の第１，第２切り欠き部２０７，２０８のＺ´軸に沿って延び、かつ、＋Ｘ軸側の端面である第２端面２０７ｂ，２０８ｂ、すなわち、第１端面２０７ａ，２０８ａにそれぞれ対向する第２端面２０７ｂ，２０８ｂは、図４に第２切り欠き部２０８の第２端面２０８ｂが代表的に示されているように、２つの傾斜面２０８ｂ１，２０８ｂ２の成す角は鋭角となっている。

【００８４】

また、第１，第２キャスタレーション２０５，２０６の第１，第２切り欠き部２０７，２０８のＸ軸に沿って延びる第３端面２０７ｃ，２０８ｃ、すなわち、Ｚ´軸方向の第３端面２０７ｃ，２０８ｃは、図３の概略断面図に示すように、第１樹脂フィルム３が接合されるＡＴカット水晶振動板２の一方の主面、あるいは、第２樹脂フィルム４が接合されるＡＴカット水晶振動板２の他方の主面に対して、鋭角となっている。

【００８５】

このように第１，第２キャスタレーション２０５，２０６の内方へ切り欠かれた第１，第２切り欠き部２０７，２０８は、Ｚ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、－Ｘ軸側の端面である第１端面２０７ａ，２０８ａをそれぞれ有している。この－Ｘ軸側の端面である第１端面２０７ａ，２０８ａは、いずれの角部も鈍角となっているので、直角や鋭角となっている他の角部に比べて、断線を抑制することができる。これによって、ＡＴカット水晶振動板２の両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士の電気的な接続の信頼性を高めることができる。

【００８６】

上記のように、第１傾斜面２０７ａ１，２０８ａ１と、第２傾斜面２０７ａ２，２０８ａ２との成す角が鈍角となる第１端面２０７ａ，２０８ｂを形成するためには、ＡＴカット水晶板２のエッチングにおける結晶異方性を考慮して、以下に説明するような条件を満たすのが好ましい。

【００８７】

図６は、ＡＴカット水晶振動板２の第２切り欠き部２０８付近を一方の主面側から見た概略平面図である。この図６では、第２実装端子２８等の電極は省略して示している。ここでは、第２切り欠き部２０８について代表的に説明するが、第１切り欠き部２０７も同様である。

【００８８】

この図６では、上記図４に示されている、－Ｘ軸側の端面である第１端面２０８ａの、一方の主面から他方の主面に向けて－Ｘ軸側へ突出するように傾斜した第１傾斜面２０８ａ１、及び、＋Ｘ軸側の端面である第２端面２０８ｂの、一方の主面から他方の主面に向けて＋Ｘ軸側へ突出するように傾斜した傾斜面２０８ｂ１が示されている。

【００８９】

更に、この図６では、上記図３に示されている、Ｘ軸に沿って延びる第３端面２０８ｃ

が示されており、この第３端面２０８ｃは、一方の主面から他方の主面に向けて＋Ｚ′軸側へ突出するように傾斜した傾斜面となっている。

【００９０】

この図６では、平面視で矩形に切り欠かれた第２切り欠き部２０８において、ＡＴカット水晶振動板２の＋Ｚ′軸側の端縁Ｅ１から、一方の主面における第２切り欠き部２０８の奥側の端縁Ｅ２までの寸法、すなわち、一方の主面における第２切り欠き部２０８のＺ′軸に沿う方向の寸法（長さ）を、Ｌ１で示している。この寸法Ｌ１は、第２切り欠き部２０８の切り欠き深さに対応する。

【００９１】

また、一方の主面における第２切り欠き部２０８の－Ｘ軸側の端縁Ｅ３と＋Ｘ軸側の端縁Ｅ４との間の寸法、すなわち、一方の主面における第２切り欠き部２０８のＸ軸に沿う方向の寸法（長さ）を、Ｗ１で示している。この寸法Ｗ１は、第２切り欠き部２０８の切り欠きの幅に対応する。

【００９２】

更に、平面視において、一方の主面における第２切り欠き部２０８の奥側の端縁Ｅ２から第３端面２０８ｃの突出端までの寸法をＬ２、一方の主面における第２切り欠き部２０８の－Ｘ軸側の端縁Ｅ３から第１端面２０８ａの突出端までの寸法をＷ２、一方の主面における第２切り欠き部２０８の＋Ｘ軸側の端縁Ｅ４から第２端面２０８ｂの突出端までの寸法をＷ３でそれぞれ示している。

【００９３】

第２切り欠き部２０８の－Ｘ軸側の端面である第１端面２０８ａの第１，第２傾斜面２０８ａ１，２０８ｂ１、及び、＋Ｘ軸側の端面である第２端面２０８ｂ２の２つの傾斜面２０８ａ２，２０８ｂ２を形成するために、ＡＴカット水晶振動板２の厚みをｔとすると、一方の主面における第２切り欠き部２０８のＺ′軸に沿う方向の上記寸法Ｌ１は、

Ｌ１≧０．８５ｔ

とするのが好ましい。

【００９４】

すなわち、第２切り欠き部２０８の一方の主面におけるＺ′軸に沿う方向の寸法Ｌ１は、ＡＴカット水晶振動板２の厚みｔの８５％以上とするのが好ましい。

【００９５】

これによって、エッチング終了時点において、第２切り欠き部２０８のＺ′軸に沿う方向の上記寸法Ｌ１を、一方の主面における第２切り欠き部２０８の奥側の端縁Ｅ２から第３端面２０８ｃの突出端までの上記寸法Ｌ２に対して、

Ｌ１＞Ｌ２

とすることができる。すなわち、第２切り欠き部２０８のＸ軸側の端面である第１，第２端面２０８ａ，２０８ｂの各傾斜面２０８ａ１，２０８ｂ１；２０８ａ２，２０８ｂ２を、＋Ｚ′軸側へ突出する第３端面２０８ｃに埋没させることなく、形成することができる。

【００９６】

また、一方の主面における第２切り欠き部２０８のＸ軸に沿う方向の上記寸法Ｗ１は、

Ｗ１≧１．２ｔ

とするのが好ましい。

【００９７】

すなわち、第２切り欠き部２０８の一方の主面におけるＸ軸に沿う方向の寸法Ｗ１は、ＡＴカット水晶振動板２の厚みｔの１２０％以上とするのが好ましい。

【００９８】

これによって、エッチング終了時点において、上記寸法Ｗ１を、一方の主面における第２切り欠き部２０８の－Ｘ軸側の端縁Ｅ３から第１端面２０８ａの突出端までの上記寸法Ｗ２と、一方の主面における＋Ｘ軸側の端縁Ｅ４から第２端面２０８ｂの突出端までの上記寸法Ｗ３との和（Ｗ２＋Ｗ３）に対して、

Ｗ１＞（Ｗ２＋Ｗ３）
とすることができる。すなわち、第２切り欠き部２０８を、両主面間に亘って貫通させることができ、－Ｘ軸側の端面である第１端面２０８ａ及び＋Ｘ軸側の端面である第２端面２０８ｂを形成することができる。
【００９９】
なお、一方の主面における第２切り欠き部２０８のＺ´軸に沿う方向の寸法Ｌ１は、ＡＴカット水晶振動板２のＺ´軸方向の外形寸法（この実施形態では、長辺の長さ）の１２％以下であるのが好ましい。
【０１００】
このように寸法Ｌ１を、ＡＴカット水晶振動板２のＺ´軸方向の外形寸法の１２％以下とすることによって、振動部２１の領域を大きく確保することができ、振動部２１の設計に悪影響を与えることがない。この実施形態では、寸法Ｌ１を、ＡＴカット水晶振動板２のＺ´軸方向の外形寸法の７％としている。
【０１０１】
また、一方の主面における第２切り欠き部２０８のＸ軸に沿う方向の寸法Ｗ１は、ＡＴカット水晶振動板２のＸ軸方向の外形寸法（この実施形態では、短辺の長さ）の３５％以下であるのが好ましい。
【０１０２】
このように寸法Ｗ１を、ＡＴカット水晶振動板２のＸ軸方向の外形寸法の３５％以下とすることによって、第１，第２実装端子２７，２８の面積を確保でき、実装強度に悪影響を与えることがない。この実施形態では、寸法Ｗ１を、ＡＴカット水晶振動板２のＸ軸方向の外形寸法の２０％としている。
【０１０３】
上記では、一方の主面における場合について説明したが、他方の主面における場合も同様であり、少なくともいずれか一方の主面において、上記寸法Ｌ１，Ｗ１が、上記条件を満足するのが好ましい。
【０１０４】
次に、この実施形態の水晶振動子１の製造方法について説明する。
【０１０５】
図７は、水晶振動子１を製造する工程を模式的に示す概略断面図である。
【０１０６】
先ず、図７（ａ）に示される加工前のＡＴカット水晶ウェハ（ＡＴカット水晶板）５を準備する。このＡＴカット水晶ウェハ５に対して、フォトリソグラフィー技術を用いたウェットエッチングによって、図７（ｂ）に示すように、複数のＡＴカット水晶振動板部分２ａ及びそれらを支持するフレーム部分（図示せず）等の外形を形成し、更に、ＡＴカット水晶振動板部分２ａに、外枠部分２３ａや、外枠部分２３ａよりも薄肉の振動部分２１ａ等を形成すると共に、キャスタレーション２０５，２０６となる切り欠き部２０７，２０８を形成する。
【０１０７】
このＡＴカット水晶ウェハ５のウェットエッチングによって、水晶の結晶方位によるエッチング異方性のために、上記の各傾斜面を有する各端面２０７ａ～２０７ｃ，２０８ａ～２０８ｃ等が形成される。
【０１０８】
次に、図７（ｃ）に示すように、スパッタリング技術または蒸着技術、及び、フォトリソグラフィー技術によって、ＡＴカット水晶振動板部分２ａの所定の位置に、第１，第２励振電極２５ａ，２６ａ、第１，第２実装端子２７ａ，２８ａを形成する。このとき切り欠き部２０７，２０８に電極が被着されることでキャスタレーション２０５，２０６等が形成される。
【０１０９】
更に、図７（ｄ）に示されるように、ＡＴカット水晶振動板部分２ａの表裏の両主面を

、連続した樹脂フィルム３ａ，４ａでそれぞれ覆うように、樹脂フィルム３ａ，４ａを加熱圧着し、各ＡＴカット水晶振動板部分２ａの各振動部分２１ａを封止する。

【０１１０】

この樹脂フィルム３ａ，４ａによる各振動部分２１ａの封止は、窒素ガス等の不活性ガス雰囲気中で行われる。

【０１１１】

次に、図７（ｅ）に示すように、各ＡＴカット水晶振動板２にそれぞれ対応するように、連続した各樹脂フィルム３ａ，４ａを、第１，第２実装端子２７，２８の一部が露出するように切断して不要部分を除去し、各ＡＴカット水晶振動板２を分離して個片化する。

【０１１２】

これによって、図１に示される水晶振動子１が複数得られる。

【０１１３】

本実施形態によれば、第１，第２キャスタレーション２０５，２０６は、ＡＴカット水晶振動板２の外面から内方へ切り欠かれているので、外面に形成されている電極に比べて、内方へ窪んでいる。このため、摩耗しにくく、損傷による断線を抑制することができる。

【０１１４】

更に、第１，第２キャスタレーション２０５，２０６は、Ｚ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、－Ｘ軸側の端面である第１端面２０７ａ，２０８ａをそれぞれ有しており、この第１端面２０７ａ，２０８ａは、第１傾斜面２０７ａ，２０８ａと、第２傾斜面２０７ｂ，２０８ｂとの成す角部を含め、いずれの角部も鈍角となっているので、直角や鋭角となっている他の角部に比べて、断線を抑制することができる。

【０１１５】

これによって、ＡＴカット水晶振動板２の両主面の第１実装端子２７同士及び第２実装端子２８同士の電気的な接続の信頼性を高めることができる。

【０１１６】

また、本実施形態によれば、ＡＴカット水晶振動板２の表裏の両主面に、第１，第２樹脂フィルム３，４を接合して水晶振動子１を構成するので、セラミック等の絶縁材料からなる凹部を有するベースに、水晶振動片を収納し、蓋体をベースに接合して、気密に封止する従来例のように、高価なベースや蓋体が不要となる。

【０１１７】

これによって、水晶振動子１のコストを低減することができ、水晶振動子１を、安価に提供することができる。

【０１１８】

また、ベースの凹部に、水晶振動片を収納して蓋体で封止する従来例に比べて、薄型化（低背化）を図ることができる。

【０１１９】

本実施形態の水晶振動子１では、第１，第２樹脂フィルム３，４によって振動部２１を封止しているので、ベースに金属製やガラス製の蓋体を接合して気密に封止する従来例に比べて気密性が劣り、水晶振動子１の共振周波数の経年変化が生じ易い。

【０１２０】

しかし、例えば、近距離無線通信用途のうちBLE(Bluetooth（登録商標） Low Energy)等では、周波数偏差等の規格が比較的緩やかであるので、かかる用途では、樹脂フィルムで封止した安価な水晶振動子１を使用することが可能である。

【０１２１】

上記実施形態では、第１，第２キャスタレーション２０５，２０６は、平面視矩形のＡＴカット水晶振動板２の対向する各辺に１箇所それぞれ形成されたが、複数箇所にそれぞれ形成してもよい。

【０１２２】

第２切り欠き部２０７，２０８の形状は、上記実施形態に限らず、Ｚ´軸に沿って延び

る端面であって、かつ、水晶のＸ軸の－Ｘ軸側の端面が形成できる形状であればよい。

【０１２３】

上記実施形態では、ＡＴカット水晶振動板２の両主面に、第１，第２樹脂フィルム３，４を接合して、振動部２１を封止したが、少なくとも一方の主面の樹脂フィルムに代えて、従来の蓋体を接合して振動部２１を封止してもよい。

【０１２４】

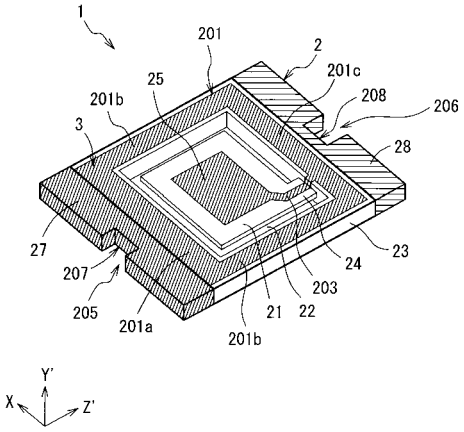
本発明は、水晶振動子に限らず、水晶発振器等の他の水晶振動デバイスに適用してもよい。

【符号の説明】

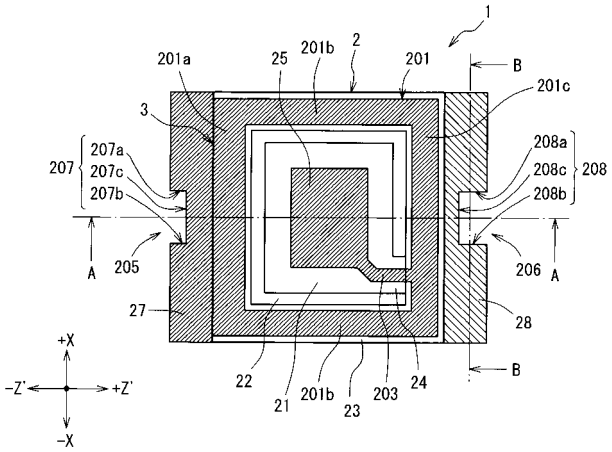
【０１２５】

１	水晶振動子
２	ＡＴカット水晶振動板
３	第１樹脂フィルム
４	第２樹脂フィルム
５	ＡＴカット水晶ウェハ
２１	振動部
２３	外枠部
２４	連結部
２５	第１励振電極
２６	第２励振電極
２７	第１実装端子
２８	第２実装端子
２０１	第１封止パターン
２０２	第２封止パターン
２０５	第１キャスタレーション
２０６	第２キャスタレーション
２０７	第１切り欠き部
２０８	第２切り欠き部
２０７ａ，２０８ａ	第１端面
２０７ｂ，２０８ｂ	第２端面
２０７ｃ，２０８ｃ	第３端面
２０７ａ１，２０８ａ１	第１傾斜面
２０７ａ２，２０８ａ２	第２傾斜面

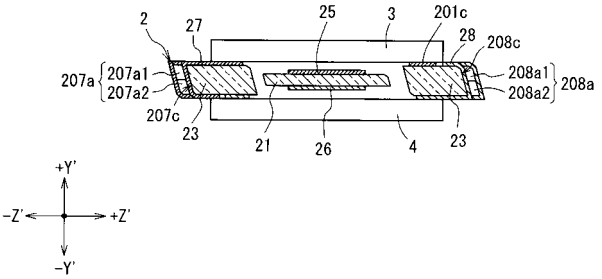
【図１】



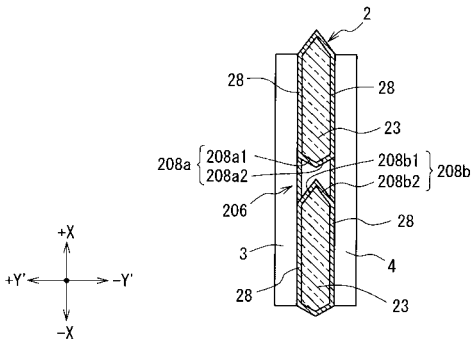
【図２】



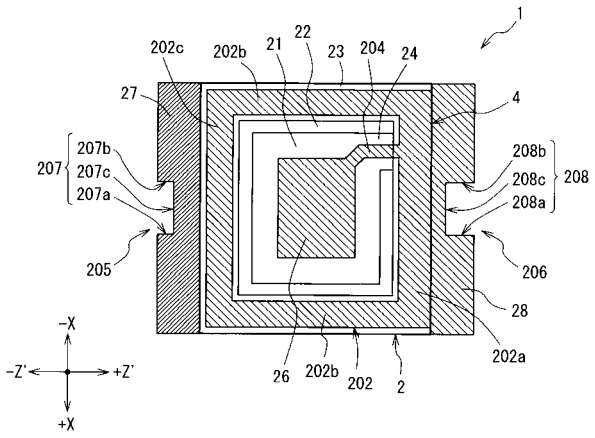
【図３】



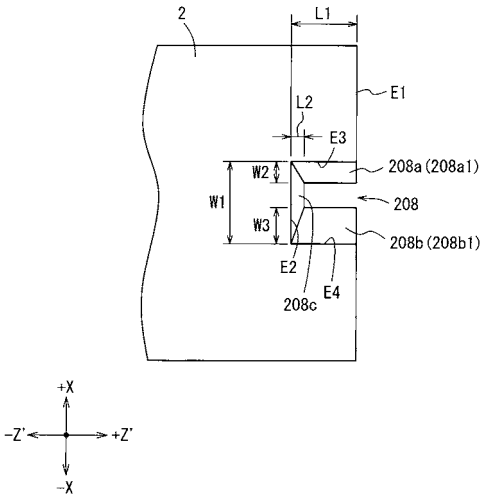
【図４】



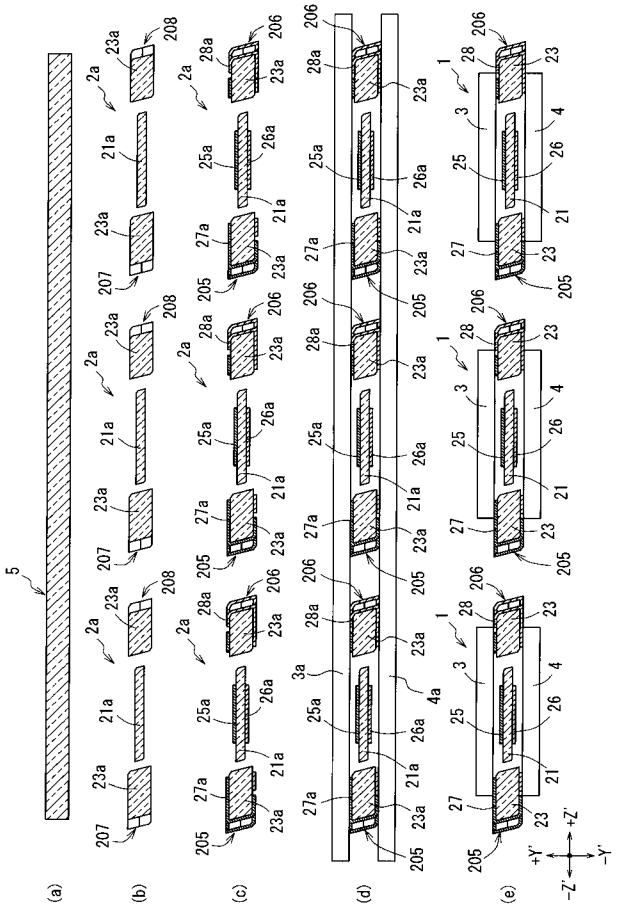
【図５】



【図６】



【図７】



【手続補正書】
【提出日】令和2年5月25日(2020.5.25)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
両主面の一方の主面に形成された第１励振電極及び他方の主面に形成された第２励振電極を有すると共に、前記第１，第２励振電極にそれぞれ接続された第１，第２実装端子を有するＡＴカット水晶振動板と、
前記ＡＴカット水晶振動板の前記第１，第２励振電極をそれぞれ覆うように、前記ＡＴカット水晶振動板の前記両主面にそれぞれ接合される第１，第２封止部材とを備え、
前記第１実装端子は、前記ＡＴカット水晶振動板の両端部の一方の端部の前記両主面に形成され、前記第２実装端子は、前記両端部の他方の端部の前記両主面に形成されており、
前記ＡＴカット水晶振動板の前記一方の端部及び前記他方の端部には、前記一方の主面から前記他方の主面に亘って切り欠かれた切り欠き部に電極が被着されてなる第１キャスタレーション及び第２キャスタレーションがそれぞれ形成されており、
前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションは、前記両主面の前記第１実装端子同士及び前記第２実装端子同士をそれぞれ接続するものであり、
前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションの前記切り欠き部は、水晶のＺ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、互いに対向する第１，第２端面をそれぞれ有し、

前記第１端面は、前記一方の主面から前記他方の主面に向けて前記第２端面側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、前記他方の主面から前記一方の主面へ向けて前記第２端面側に突出するように傾斜して前記第１傾斜面に連なる第２傾斜面とを有し、前記第１傾斜面と前記第２傾斜面との成す角が鈍角になっている、

ことを特徴とする水晶振動デバイス。

【請求項２】

前記切り欠き部の、前記一方の主面及び前記他方の主面の少なくともいずれかの一方の主面における前記Ｚ´軸に沿う方向の寸法が、前記ＡＴカット水晶振動板の厚みに対して８５％以上である、

請求項１に記載の水晶振動デバイス。

【請求項３】

前記切り欠き部の、前記一方の主面及び前記他方の主面の少なくともいずれか一方の主面における水晶のＸ軸に沿う方向の寸法が、前記ＡＴカット水晶振動板の厚みに対して１２０％以上である、

請求項１または２に記載の水晶振動デバイス。

【請求項４】

前記ＡＴカット水晶振動板は、平面視矩形であり、前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションは、前記平面視矩形の水晶のＸ軸に沿う方向の各対向辺の中央部にそれぞれ形成されている、

請求項１ないし３のいずれか一項に記載の水晶振動デバイス。

【請求項５】

前記第１，第２封止部材の少なくとも一方の封止部材が、樹脂製のフィルムである、

請求項１ないし４のいずれか一項に記載の水晶振動デバイス。

【請求項６】

前記ＡＴカット水晶振動板は、前記両主面に前記第１，第２励振電極がそれぞれ形成された振動部と、該振動部に連結部を介して連結されると共に、前記振動部の外周を取り囲む外枠部とを有し、前記外枠部は、前記振動部より厚肉であり、

前記フィルムは、その周端部が前記外枠部の両主面にそれぞれ接合されて、前記振動部を封止する、

請求項５に記載の水晶振動デバイス。

【請求項７】

前記外枠部の前記両主面の一方の主面には、前記第１励振電極と前記第１実装端子とを接続し、かつ前記振動部を取り囲むと共に、前記フィルムが接合される第１封止パターンが形成され、前記外枠部の前記両主面の他方の主面には、前記第２励振電極と前記第２実装端子とを接続し、かつ前記振動部を取り囲むと共に、前記フィルムが接合される第２封止パターンが形成されている、

請求項６に記載の水晶振動デバイス。

【請求項８】

前記第１封止パターン及び前記第２封止パターンは、前記Ｚ´軸に沿って延びる延出部をそれぞれ有し、各延出部の幅が、前記Ｚ´軸に沿って延びる前記外枠部の幅より狭い、

請求項７に記載の水晶振動デバイス。

【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００１２

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００１２】

すなわち、本発明の水晶振動デバイスは、両主面の一方の主面に形成された第１励振電極及び他方の主面に形成された第２励振電極を有すると共に、前記第１，第２励振電極にそれぞれ接続された第１，第２実装端子を有するＡＴカット水晶振動板と、前記ＡＴカッ

ト水晶振動板の前記第１，第２励振電極をそれぞれ覆うように、前記ＡＴカット水晶振動板の前記両主面にそれぞれ接合される第１，第２封止部材とを備え、

前記第１実装端子は、前記ＡＴカット水晶振動板の両端部の一方の端部の前記両主面に形成され、前記第２実装端子は、前記両端部の他方の端部の前記両主面に形成されており、前記ＡＴカット水晶振動板の前記一方の端部及び前記他方の端部には、前記一方の主面から前記他方の主面に亘って切り欠かれた切り欠き部に電極が被着されてなる第１キャスタレーション及び第２キャスタレーションがそれぞれ形成されており、

前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションは、前記両主面の前記第１実装端子同士及び前記第２実装端子同士をそれぞれ接続するものであり、前記第１キャスタレーション及び前記第２キャスタレーションの前記切り欠き部は、水晶のＺ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、互いに対向する第１，第２端面をそれぞれ有し、前記第１端面は、前記一方の主面から前記他方の主面に向けて前記第２端面側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、前記他方の主面から前記一方の主面へ向けて前記第２端面側に突出するように傾斜して前記第１傾斜面に連なる第２傾斜面とを有し、前記第１傾斜面と前記第２傾斜面との成す角が鈍角になっている。

【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１３】

本発明によれば、第１，第２キャスタレーションは、切り欠き部に電極が被着されて形成されているので、切り欠かれていない外面に形成される電極に比べて、内方へ窪んでおり、このため、摩耗しにくく、損傷しにくいものとなる。更に、第１，第２キャスタレーションの各切り欠き部は、水晶のＺ´軸に沿って延びる端面であって、かつ、互いに対向する第１，第２端面をそれぞれ有している。第１端面は、一方の主面から他方の主面に向けて第２端面側に突出するように傾斜した第１傾斜面と、他方の主面から一方の主面へ向けて第２端面側に突出するように傾斜した第２傾斜面とを有し、第１傾斜面と第２傾斜面との成す角が鈍角になっているので、直角や鋭角となっている角部に被着される電極のように膜厚が薄くなることがない。これによって、断線を抑制して、両主面の第１実装端子同士及び第２実装端子同士の電気的な接続の信頼性を向上させることができる。