

水晶振動子の内部構造と製造方法

表面実装型水晶振動子内部構造と従来品(リード型)との比較

草野 淳

水晶振動子は、ほかの電子部品と同様に長い間リード線タイプのスルー・ホールによるはんだ付け実装が主流でした。しかし、ポケットベルに始まる携帯機器の需要が高まり、小型化・低背化への要求が強まり、セラミック・パッケージに封止した表面実装型へと移行してきました。現在、生産数ではリード型を凌いでおり、今後も拡大基調となります。ここでは、その構造上の違いと製造方法について説明します。(筆者)

内部構造は意外とシンプル

● リード型水晶振動子の内部構造

水晶振動子はほかの電子部品と違って機械的なアクティブ素子であるために、トランジスタのように素子全体を樹脂などで固定することができません。少なくとも水晶チップの振動部分は、ほかの束縛を受けず自由に動ける空隙を構成させる必要があります。

図1にリード型振動子の内部構造を示します。図のように構造はいたってシンプルです。円形に加工された水晶チップ(4mm ~ 15mm程度)上には、表裏両面にその外径の約半分程度の円形の金属膜(ニッケル・クロムなどの下地膜+金・銀などの膜)が500 ~ 1000 (1は 1.0×10^{-10} m)程度の厚みで形成されています。これが厚みすべり振動に必要な電荷エネルギーを蓄積する励振電極となります。その電極から導通を取るための帯が電極形成と同じ材料で形成されています。

水晶チップは洋白(銅、亜鉛、ニッケルの合金)やステンレスなどでできた金属サポートのスリットにマウントされ

ます。このサポートは厚さが100 μ m以下でバネ性を持たせており、サポートからの水晶チップに加わる熱応力や外部からリード線を介して伝わる機械的応力を極力抑えた設計になっています。

水晶チップとサポートはエポキシ(エポキシ基と呼ばれる反応基をもつ樹脂状物質)やポリイミド系の導電性接着剤(樹脂の母材に導電性を確保するための金属分を練り込んだもの)で保持されており、同時に電極からの帯とサポートとの導通を取っています。

金属ベースは鉄やコバルト(鉄にニッケル、コバルトを配合した合金)などでできており、ガラス・ハーメチック・シールによりリード線引出し部の機密性を確保しています。サポートとリード線とは抵抗溶接によって接合されています。ケースは洋白やキュープロ・ニッケルなどでできており、金属ベースとは抵抗溶接によって封止されます。この容器内の雰囲気は窒素または真空となり、気密性はリーク・レート 1×10^{-9} Pa \cdot m³/s以下に保たれています。

● リード型振動子は衝撃に弱い

リード型振動子はその構造上、図1の矢印の方向には内部の水晶チップが動きやすく、そのために外部からの衝撃には弱くなります。衝撃による周波数の変化量が大きくなったり、場合によっては破壊に至ることもあります。

従って、落下などの衝撃でその方向が定まらないモバイル機器などに採用する場合は、その信頼性を十分に検証する必要があります。一般的に小型になればなるほど耐衝撃性は向上します。

KeyWord

アクティブ素子, リード型振動子, 表面実装型, 励振電極, ガラス・ハーメチック・シール, シリコン樹脂, ランバード加工工程, ワイヤ・ソー方式, エッチング工程

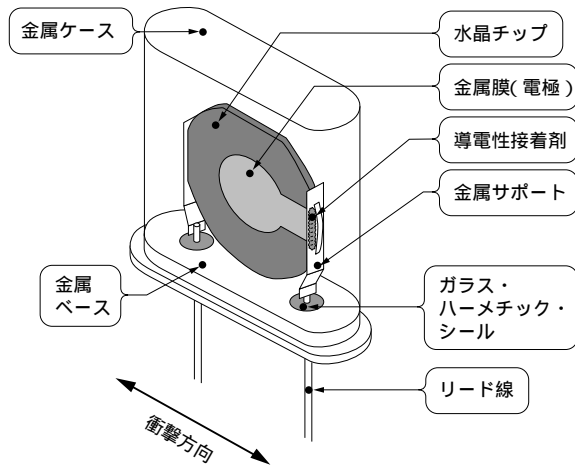


図1 リード型振動子の内部構造
構造はいたってシンプル。

● 表面実装型 SMD 振動子の内部構造

図2 に表面実装型振動子の内部構造を示します。リード型は水晶チップが縦にマウントされているのに対して、表面実装型は水平にマウントされています。最大の特徴は、水晶チップを導電性接着剤でダイレクトに保持していることです。従って、水晶チップへの外部からの応力緩和は、この導電性接着剤自身で行う必要があります。この点を考慮して、導電性接着剤は弾力性のあるシリコン樹脂を母材にしています。

水晶チップのマウントは図2の例では片持ち支持ですが、用途によっては両持ち支持にする場合もあります。一般的には、導電性接着剤からの応力の影響がもっとも少ない片持ち支持構造を採用します。

ベースはセラミック・パッケージです。導電性接着剤と裏面電極端子との電気的接続はセラミック・ラミネート間に印刷されたタングステン・メタライズ(主成分であるダングステンの粉末とガラス粉を溶剤で練ったものをスクリーン印刷した導通線)を配線することで確保しています。

リッドはコパールにニッケル・メッキしたもので、セラミック・パッケージに銀ろうにより付けられた同じコパールのリングとシーム溶接されます。気密性はリード型振動子と同等です。

● 耐衝撃性は表面実装型の方が有利

表面実装型振動子は、比較的柔らかいゴム性を持つシリコン系接着剤を採用しているため、耐衝撃性はリード型に比べて非常に優れています。耐衝撃性の要求は携帯電話に

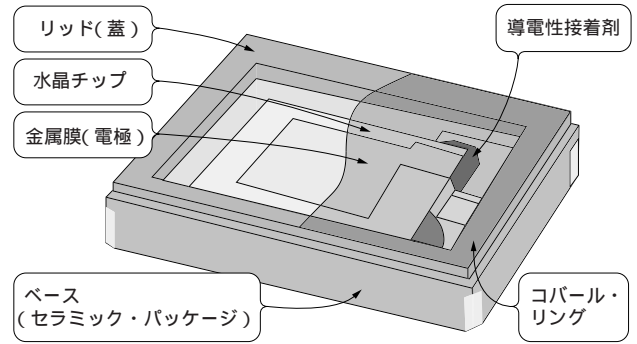


図2 表面実装型振動子の内部構造
水晶チップは水平にマウントされている。

代表されるモバイル機器が一番厳しく、一般的な信頼性試験方法は「180cmの高さから150gの負荷状態でのX, Y, Z 3方向の自然落下」です。

試験後の周波数ずれの規格にもよりますが、テスト回数が10回程度であればなら問題はありません。

製造工程はかなり複雑

● 特性の要である水晶チップはこうして作られる

ATカット水晶振動子は、水晶チップの厚みが周波数を決定します。従って、目的の周波数を作り込むためには厚みの加工精度を上げる必要があります。図3に水晶チップの製造工程フローを示します。

以下、順を追って説明します。

1) ランバード加工工程

人工水晶原石を後工程で使いやすいサイズの棒状に切り出します。この加工されたものをランバードと呼んでいます。切り出しには主にダイヤモンド研削盤を使用します。

2) ウェハ加工工程

温度特性の要求にあったランバードの切断角度を、X線により結晶軸から正確に測角し、その角度に沿って半導体でもよく使われているワイヤ・ソー方式^{注1}でウェハ状に切り出します。この段階での加工厚み精度は数十 μm 程度で、まだ目的の厚みよりも数十 μm 厚めになります。

3) 粗ラッピング工程

ラッピング工法により後工程で使いやすいように所定の厚みに仕上げます。ラッピング工法とは、上下の平面度の

注1: ワイヤ・ソー方式とは、ピアノ線状のワイヤを多数張り、炭化珪素(SiC)を主成分とした研磨材と専用オイル混合液を滴下させながら往復運動させることにより切断する工法。