

～ 水晶デバイスのはんだクラック耐性の向上について ～

(1)背景

カーオーディオやカーナビ、エンジン制御や TPMS (タイヤ・プレッシャー・モニタリング・システム)、パワーウィンドウなどさまざまな車載用電子機器に水晶デバイスが使用されています。これら車載用電子機器向けの環境試験として高温～低温の繰り返し試験(冷熱サイクル試験 : Thermal Cycle Test)が実施されます。特にエンジン制御、TPMS などの過酷な環境下、かつ人命にかかわる箇所で使用される水晶デバイスには非常に厳しい冷熱サイクル耐性条件が課せられます。プリント基板にはんだを用いて水晶デバイスを実装しますが、冷熱サイクルを何度も繰り返すことで水晶デバイスとプリント基板を接合しているはんだにクラックが発生するという問題が生じます。

本稿では、はんだクラックの発生メカニズムやその対策方法について解説するとともに、SMD タイプのセラミックパッケージ品において、業界で初めてこの問題を解決した大真空の水晶デバイスを紹介します。

(2)はんだクラックの発生メカニズム

水晶デバイスを構成するセラミックパッケージ(以下 パッケージ)とプリント基板は熱膨張係数に差があります。高温～低温が繰り返されると、この熱膨張係数の差によってはんだ部に負荷が加わりクラックが発生します。低温時、はんだ外周部において発生したクラックが高温/低温の繰り返しにより、はんだ内側へ進行していくと考えられています。(図①)

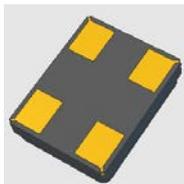


図①: ひずみの発生について

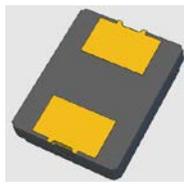
(3)端子配置による「はんだクラックの対策」について

水晶デバイスに形成された端子配置について、どのような配置が最適な条件であるかをシミュレーションにより検証していきます。応力をどのように逃がすか、また端子面積による影響を検証するため下記3パターンにおいて、シミュレーションを実施しました。

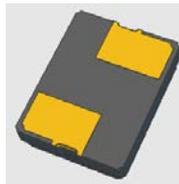
① 通常品(4端子)



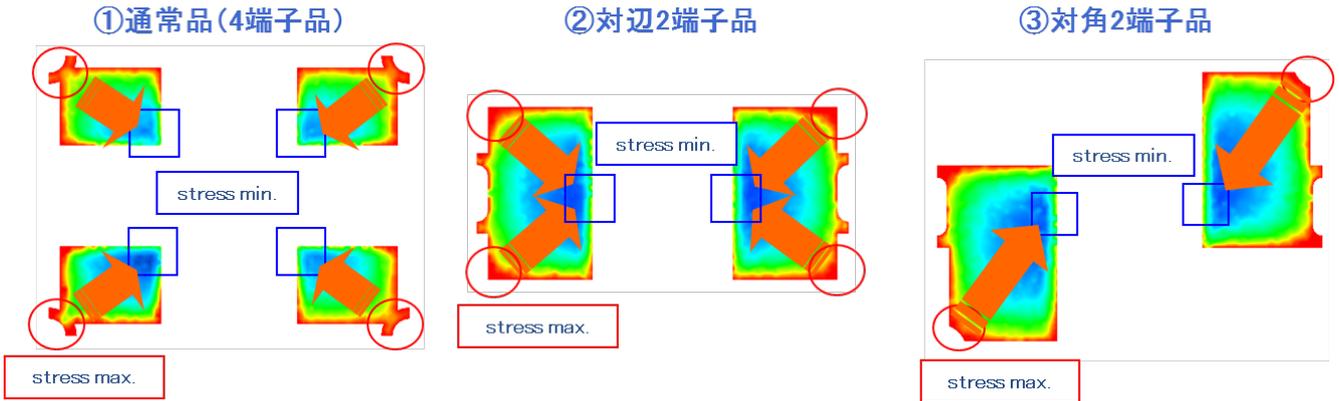
②対辺 2 端子品



③対角 2 端子品



<シミュレーション結果>



図②: 応力とクラックの進行方向

クラックは応力最大箇所(赤色部)から応力最小箇所(青色部)に向かって進展・進行することが判明しました。(図②) 各パターンの結果は次の通りです。

通常品(4端子品) … 4端子ともパッケージコーナー部より中心部に向かってクラックが進行します。

対辺2端子品 … パッケージコーナー部より中心部に向かってクラックが進行します。

4端子品に比べクラックの進行できる距離が物理的に延び、その結果、クラックによる電氣的断裂までの寿命(以下 はんだ寿命)が長くなります。

対角2端子品 … 対角配置にすることで応力最小箇所が端子の長辺側中央部からズレることでクラックの進行できる距離がさらに延び、はんだ寿命がさらに長くなります。

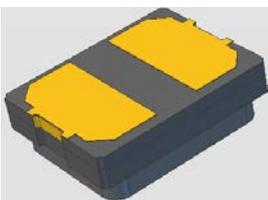
これらシミュレーションの結果、対角2端子品のはんだ寿命が最も長くなるということが解りました。すなわち、端子面積が同じ場合、対角での端子配置がはんだクラック対策の最適な条件と言えます。

はんだ寿命 : 対角2端子品 > 対辺2端子品 >> 4端子品

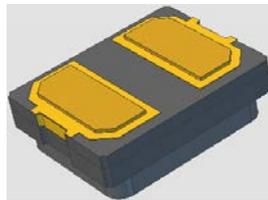
(4) バンプ形成による「はんだクラック対策」について

次に、はんだ層を厚くする手段として端子にバンプを形成した対辺2端子品の効果をシミュレーションにより検証しました。

対辺2端子品(バンプ無し)

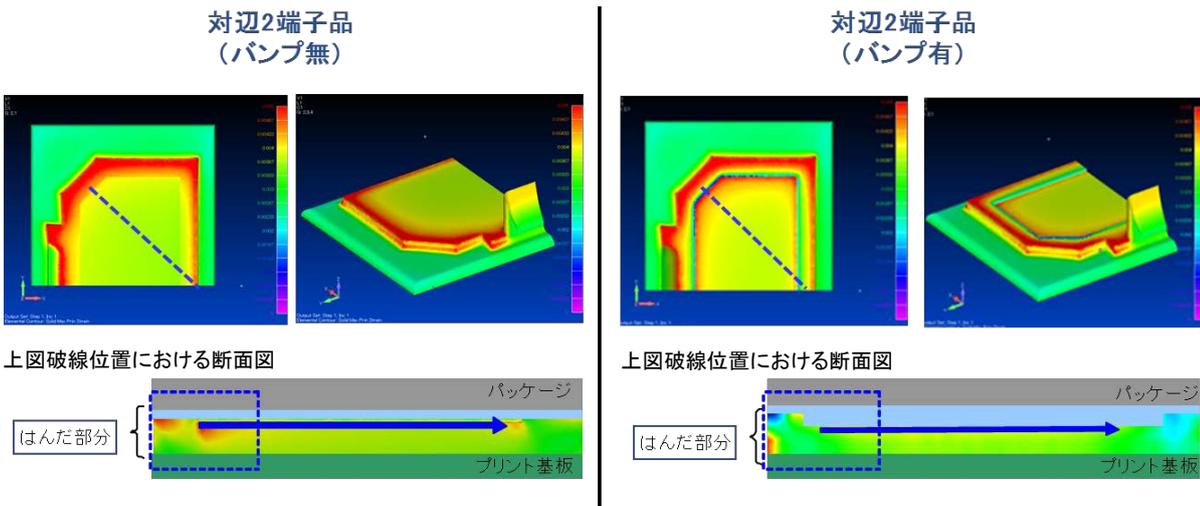


対辺2端子品(バンプ有り)



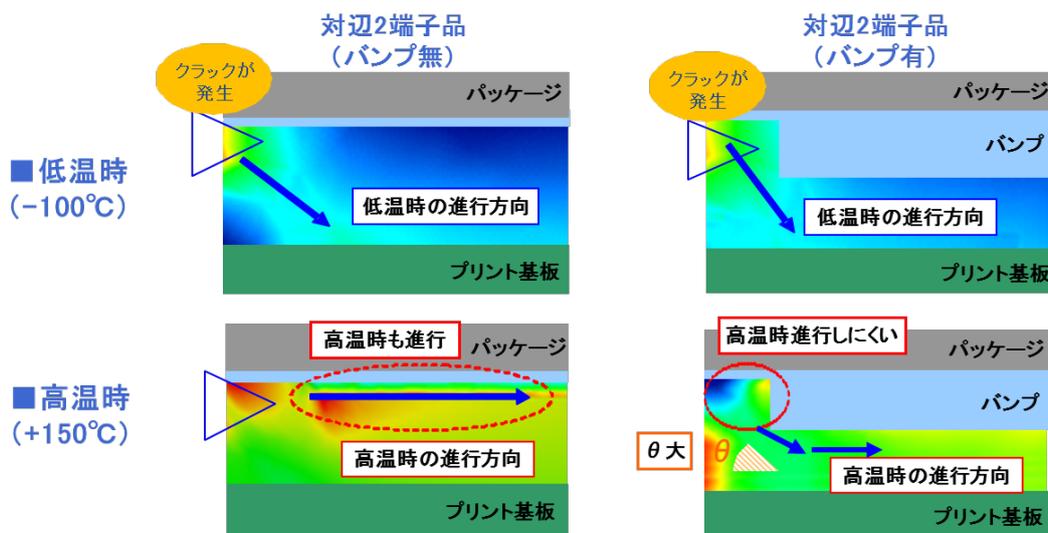
<シミュレーション結果>

はんだ部に加わる歪み分布図(はんだ厚み方向に膨張収縮する歪み)を示します。(図③)



: はんだ外周部分の高温時・低温時のコンター図を次に示す

*注)コンター図とは、等高線間を色で塗りつぶした図



図③: はんだ外周部分の高温時・低温時の歪み分布

①パンプが無い場合、低温時にクラックが発生する領域と高温時に歪みが大きくなる領域が近い場合、クラックが進行し易くなります。

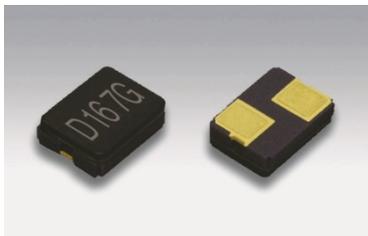
⇒パンプを形成することにより、高温時にクラックが進行する方向が一直線とならず、クラック発生後の進行を抑制することが可能ではないかと考察されます。

②上記①の結果から考察された通り、パンプがある場合はクラックの進行方向に角度(θ)を持つため、内部に向かって進行しにくいことがシミュレーションから判明しました。また、高温時に外周部の歪みが負(収縮)になることも確認され、端子部のパンプ形成がはんだ寿命対策に効果のあることが判明しました。

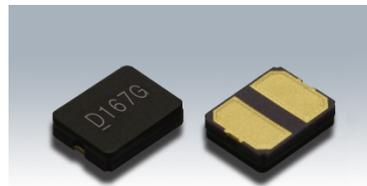
(5)まとめ

はんだクラックはパッケージとプリント基板の異なる熱膨張係数による歪みで発生します。シミュレーションの結果、端子配置による効果としては、端子を対角配置にするとクラックが進行する方向が長辺側中央部からズレることで、はんだ寿命がさらに長くなることが判明しました。また、クラックが発生した場合、歪みが膨張する時にクラックが広がり進行しますが、バンブを形成した場合ははんだ外周部の歪みが高温時は負となり、クラックが進行しにくくなっています。加えて、バンブがある場合、クラックは右下に進行します。はんだクラックで問題となる力学的な破断はパッケージとプリント基板の剥離により、電気的接続が確保されなくなることで下方向に進行しても影響はありません。端子にバンブを形成することによって、これら2つの効果が得られ、高い耐冷熱サイクル性能を有した製品となります。

以上の通り、端子を対角に配置すること、バンブを形成することによって、はんだクラック対策が可能となりました。当社では、これら対策を施した製品を業界に先駆け開発し、3225 サイズや 2016 サイズの水晶振動子を車載用デバイスとしてラインアップしています。



DSX320G



DSX320GE



DSX210GE

[※上記機種を含むカーエレクトロニクス向け製品の一覧はこちら](#)

<お問い合わせ先>

第二営業部

Tel : 079-425-3161 Fax : 079-425-1134

[メールでのお問い合わせはこちら](#)