Aluminum base PWB material for countermeasures against solder cracks

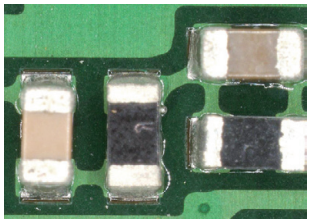
はんだクラック対策に効果を発揮
高熱伝導&低弾性　アルミベースプリント配線板材料
AC−7302

We have developed aluminum base PWB material, AC-7302 , with enough low modulus (soft) insulation layer to reduce cracks caused at solder joints of surface mount components.
AC-7302 is also excellent in long term reliabily on electric conductivity of print wired circuit under severe temperature environment.AC-7302 is being used in automotive applications globally.

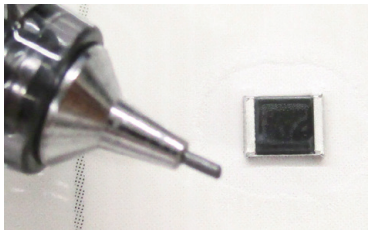
■アルミベース基板と表面実装型部品

高輝度LEDやパワー半導体といった稼働時に高い熱を発する部品は、熱の放散性に優れたアルミ板など、金属ベースのプリント基板に搭載されることが多くなっています。

また、機器の小型・薄型化にともない、最近の電子部品はリード線のないものが多く、直接プリント基板にはんだつけされています。一例をあげると、昔の抵抗はピーナッツのような恰好をしていて、リード線を介してプリント基板にはんだつけされていましたが、最近のものはリード線がない数ミリ角のチップ型で、これが基板に直接はんだつけされています。このタイプの部品は表面実装型部品（以下、SMT部品）と呼ばれています。


▲表面実装型(SMT)部品のイメージ

▲昔の抵抗のイメージ


▲最近のチップ型抵抗

微細なSMT部品をアルミベース基板にはんだつけする際には「はんだクラック対策」が大切になります。

■アルミ板の熱膨張

アルミの熱膨張係数は23ppm/℃程度です。1メートルの長さのアルミ板なら、1℃の温度変化につき0.023mmほど寸法変化するイメージです。

朝と昼、あるいは昨日と今日で20℃以上の温度差といったことはよく経験します。この場合、1メートルの長さのアルミ板なら0.5mmほど寸法変化するわけです。

■はんだクラック

SMT部品は数ミリ角というサイズです。アルミベース基板が、先の例よりもっと大きな温度変化にさらされると、この微細な部品の足もとでおこるアルミ板の寸法変化は、部品のサイズに対して相当大きな程度になります。

温度変化にともない、寸法変化はプラス方向にもマイナス方向にも繰り返されます。リード線がついた部品なら、線が撓ってこれを吸収することもできますが、SMT部品のはんだ接続部はアルミ板の寸法変化に耐え、その場に踏みとどまらねばなりません。そしてついには力尽きて疲労破壊に至ります。これが「はんだクラック」です。

■はんだクラックを起こしてみた

利昌工業では、はんだクラックを起こしにくいアルミベース基板材料を開発するため、基板をあえて厳しい温度環境下において、強制的にはんだクラックを発生させる試験をしました。

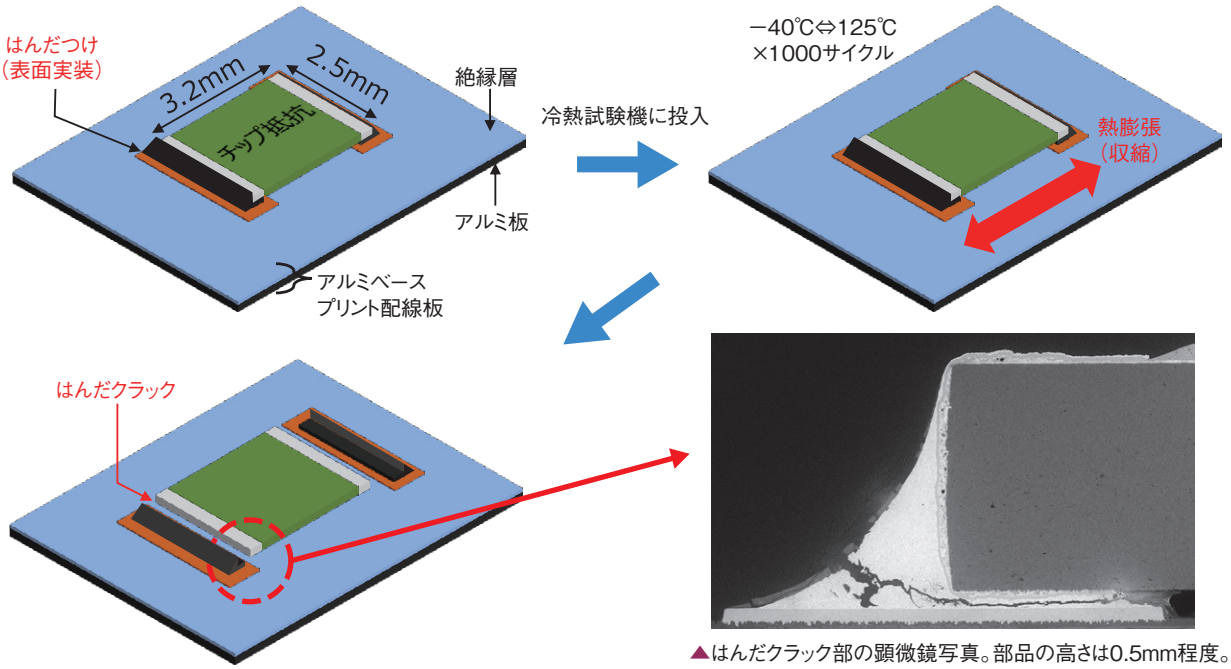
図1にそのイメージを示します。はんだクラックは目視しにくいサイズで起こるため、何かと大きめにデフォルメしたものになっております。

3.2mm×2.5mmサイズのチップ抵抗を、はんだクラック対策がなされていないアルミベース基板に表面実装して、これを試験片としました。

試験片をマイナス40℃の雰囲気に30分間、つづいて125℃の雰囲気に30分間、それぞれ置くことを1000回繰り返しました。

マイナス40℃は北極や南極に近い地域の気温、

▼図1.耐はんだクラック性試験（デフォルメしたイメージ）



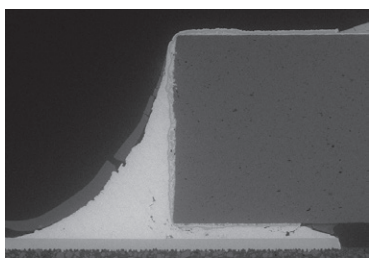
▲はんだクラック部の顕微鏡写真。部品の高さは0.5mm程度。

125℃は自動車のエンジンブロックの表面温度を意識しています。1メートルのアルミ板ならマイナス方向へ約1.0mm、プラス方向へ約3.0mm、1時間のうちに都合4.0mmの寸法変化が1000回繰り返されるという、かなり過酷なものです。

図1の右下の写真は、はんだクラックが生じたSMT部品の断面を電子顕微鏡で見たものです。部品の高さは0.5mm程度です。クラックと聞けば大きな裂け目が連想されますが、実はミクロのサイズで生じていることがわかります。

一方、下の写真は、利昌工業が開発したもので、はんだクラック対策を施したアルミベース基板の断面です。

過酷な試験の後でもSMT部品がしっかり基板に接続されているのがわかります。



▲はんだクラック対策を施したアルミベース基板材料の断面写真。

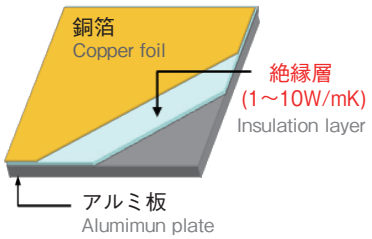
高熱伝導&低弾性アルミベースプリント配線板材料　AC-7302

■高熱伝導アルミベースプリント配線板材料

アルミベースプリント配線板材料は、アルミ板の表面に絶縁樹脂の層を配し、ここに回路形成用の銅箔を張ったプリント配線板材料です。

アルミは熱伝導性に優れますが、基板全体としての放熱性能は、絶縁層がもつ熱伝導率に左右されることになります。

そこで利昌工業では用途に応じて、この絶縁層に一般的なプリント配線板材料の約3～30倍の熱伝導性を付与したタイプのものを、数種類ラインナップしております。



▲アルミベースプリント配線板材料の材料構成

■低弾性アルミベースプリント配線板材料

材料の硬さ、あるいは柔らかさを示す指標として「弾性率」がよく使用されます。この値が小さいと「低弾性」つまり「柔らかい」材料であると判断されます。

アルミベースプリント配線板材のはんだクラックを抑えるためには、絶縁樹脂層を「低弾性」にすることが効果的です。アルミ板や実装部品の寸法変化を柔らかい絶縁層で吸収すれば、SMT部品のはんだ接続部にかかるストレスを低減できる

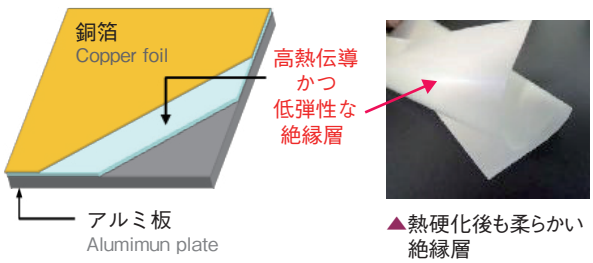
からです。

ただ、絶縁樹脂に高熱伝導性を発現させるためには、ここに硬質の充填剤を大量に配合する必要があります。こうなると樹脂は硬くなり、目的とする低弾性とは、ほど遠くなってしまいます。

■高熱伝導&低弾性 アルミベースプリント配線板材料

利昌工業では、この悩ましい問題を解決することで、一般的なプリント配線板材料の約７倍(2W/mK)、あるいは約10倍(3W/mK)の熱伝導率を有し、かつ熱硬化した後でも非常に低弾性なプリント配線板用の絶縁樹脂を開発しました。

これをアルミ板の表面に配し、回路形成用の銅箔を張ったものが「高熱伝導＆低弾性アルミベースプリント配線板材料」です。



▲熱硬化後も柔らかい絶縁層

▲高熱伝導&低弾性アルミベースプリント配線板材料のイメージ

熱伝導率が3W/mKで低弾性グレード（貯蔵弾性率=1.2GPa）の「AC-7303」と、熱伝導率が2W/mKで超低弾性グレード（貯蔵弾性率=0.08GPa）の「AC-7302」がございます。

今回は、複数の車載部品メーカー様からグローバルな認定を取得し、最近ご採用が増えている、超低弾性タイプ「AC-7302」の長期信頼性についてご案内いたします。

■AC-7302の長期信頼性試験

AC-7302の絶縁層は熱硬化後も非常に柔らかく、はんだクラック対策に非常に効果的です。ただ長期にわたって何度も伸縮を繰り返すうちに、樹脂が割けた箇所から絶縁破壊が起きたり、表面に張った銅箔が剥がれたりといった、はんだクラックとは別の要因で接続不良が生じては、元も子もありません。そこでAC-7302の長期接続信頼性を検証しました。

＜試験条件＞

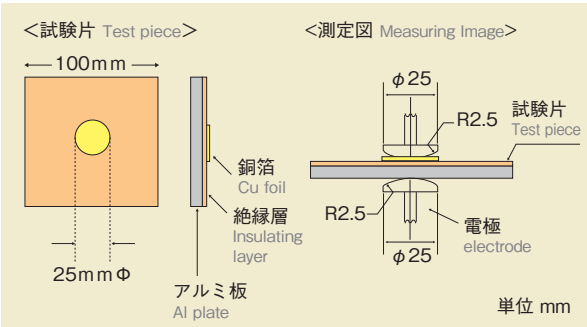
車載用途を意識して、試験条件は下記のごとく過酷なものに設定しました。

①150℃に設定した熱風循環式オーブンの中に3000時間、放置する。

②温度85℃、湿度85パーセント（RH）に設定した恒温恒湿槽の中に3000時間、放置する。

③マイナス55℃の雰囲気に30分間、続いて速やかに150℃の雰囲気に30分間、それぞれ放置することを3000回、繰り返す。

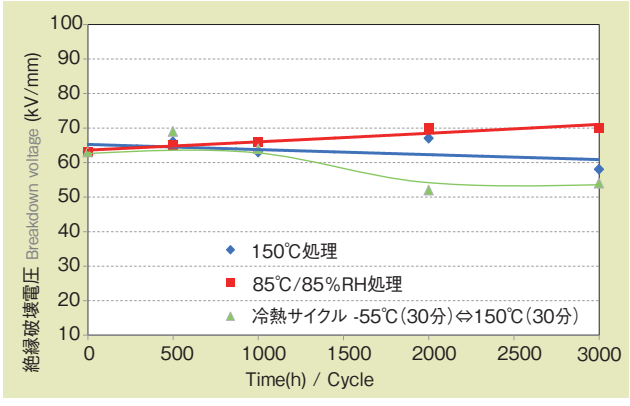
＜試験片＞ Test piece



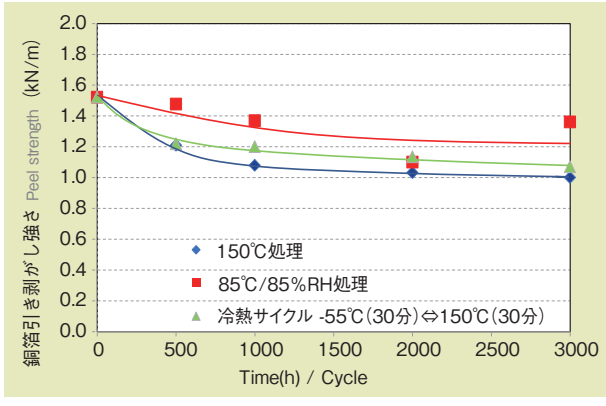
＜試験方法＞(絶縁破壊電圧)

上図のようにアルミベース基板の銅箔面に25mmφでパターンエッチングし、銅箔～アルミ

▼図2. 長期接続信頼性試験 Long term reliability on connectivity



▲絶縁破壊電圧 Breakdown voltage



▲銅箔引きはがし強さ Peel strength

板間で電圧を印加（交流電圧）し、漏れ電流上限値3mAで絶縁破壊電圧を測定しました。

＜試験結果＞

図2のごとくAC-7302は、さまざまな過酷な条件下で3000時間あるいは3000回サイクルを経た後でも、絶縁破壊電圧では5万ボルト／ミリメートル以上、銅箔引きはがし強さにおいては1000ニュートン／メートル以上の性能を保持しているという結果を得ました。

■耐マイグレーション性

湿気が多い環境に置かれたプリント配線板に電流を流した際、イオン化した金属が電極間を移動することで接続不良が起こる現象が「マイグレーション」です。

そこで、低弾性の絶縁層を通じて回路の銅箔やベースのアルミがイオン化して水分（結露）に溶け込み、移動することで回路が短絡しないか検証しました。

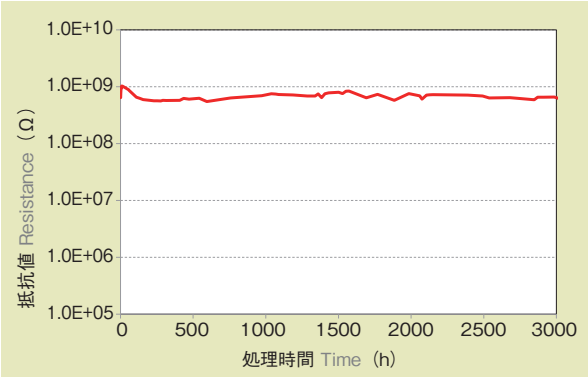
＜試験方法＞

試験片を温度85℃、湿度85パーセント（RH）に設定した恒温恒湿槽の中におき、貫通方向に直流100ボルト（銅箔側：プラス、アルミ側：マイナス）を印加します。回路には抵抗計をつないでいますので、イオン性金属の移動が発生した場合は、ここに抵抗値の突出が現れます。

＜試験結果＞

図3のごとく、3000時間が経過しても抵抗値の突出はなく、AC-7302は湿度の高い環境下にあっても接続信頼性に優れるという結果を得ました。

▼図3. 耐マイグレーション性　Migration resistance



■まとめ

AC-7302は、優れた耐はんだクラック性に加え、高温、低温、多湿、あるいはこれらが複合するといった過酷な環境にあっても、接続信頼性に優れたアルミベースプリント配線板材料です。

何かと厳しい車載用途を中心に採用実績がございますので、ぜひご評価の機会を賜りたくお待ちしております。

■一般特性　General properties

項目 Item		単位	低弾性グレード		従来材
			7302	7303 (Under Development)	
熱伝導率 Thermal Conductivity	レーザーフラッシュ法 Laser Flash	W/m·K	2	3	1～5
貯蔵弾性率(25℃) Storage Elastic Modulus	DMA	GPa	0.08	1.2	15<
耐はんだクラック性 Solder Crack Resistance	-40℃↔125℃	—	◎	○	×
銅箔引き剥がし強さ Peel Strength	70μm Cu	kN/m	1.5	1.3	1.0<
はんだ耐熱性 Solder Limit	300℃	sec.	300<	300<	300<
材料形態 Material Form	接着シート Adhesive Sheet		—	○	○
	樹脂付き銅箔 RCC		—	○	○
	アルミベース基板 Al base CCL		○	○	○

上記数値は標準厚さでの測定結果。なお、上表は標準性能を示し、保証値ではありません。
The above value is one example of the actual survey, and not the guarantee value.