

バーン・イン・テストの過酷化・高速化に対応

高耐熱&低熱膨張プリント配線板材料

CS-3305KA

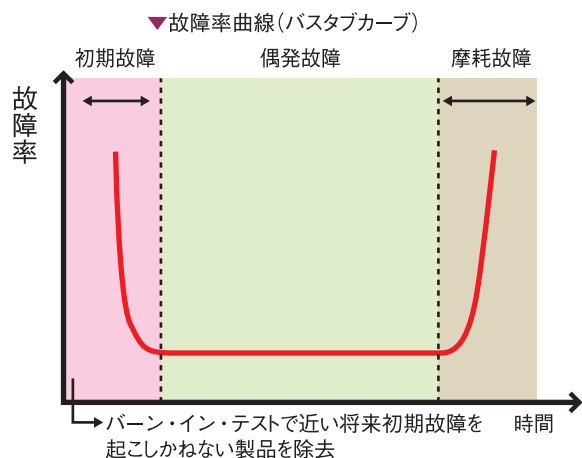
We have newly developed new CCL, CS-3305KA, which has so excellent conductive reliability as to withstand 2000-time thermal cycle test of $-55^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 150^{\circ}\text{C}$ for High speed burn-in board. CS-3305KA has also so excellent heat resistance as to withstand $175^{\circ}\text{C} \times 5000\text{-hour}$ heat treatment.



▲CS-3305KA

■バスタブカーブ(故障率曲線)

機械や装置を導入し、それらが天寿を全うするまでの間に、故障が発生する頻度をグラフに描いたものに「故障率曲線」があります。



上図のように、その軌跡が浴槽の断面に見えることから「バスタブカーブ」と呼ばれます。バスタブカーブの軌跡は次の3段階に分かれます。

◇初期故障

導入後すぐに発生して「当たりが悪かった…」と嘆くような故障です。何らかの不具合を内包するも、検査時には一応正常に動作したため出荷された製品などに起こりがちです。

◇偶発故障

機械や装置は安定的に稼働する期間ですが、何かにつけた、誤って落としたといった原因で起こることが多い故障です。

◇摩耗故障

人間に例えると、加齢による関節痛や腰痛などの「使い痛み」に似ています。製品が寿命に近づくにつれて急増する故障です。

半導体の不具合による機械や装置の故障は、人命に関わるような場面が想定されますので

「当たりが悪かった…」では済まされません。そこで全数を「バーン・イン・テスト」(Burn-in test)という選別試験(スクリーニングと呼ばれます)にかけ、これに合格したもののみが出荷されます。

■バーン・イン・テスト

バーン・イン・テストは、獅子がわが子を千尋の谷に落として這い上がってきたものだけを育てるという寓話に似ています。

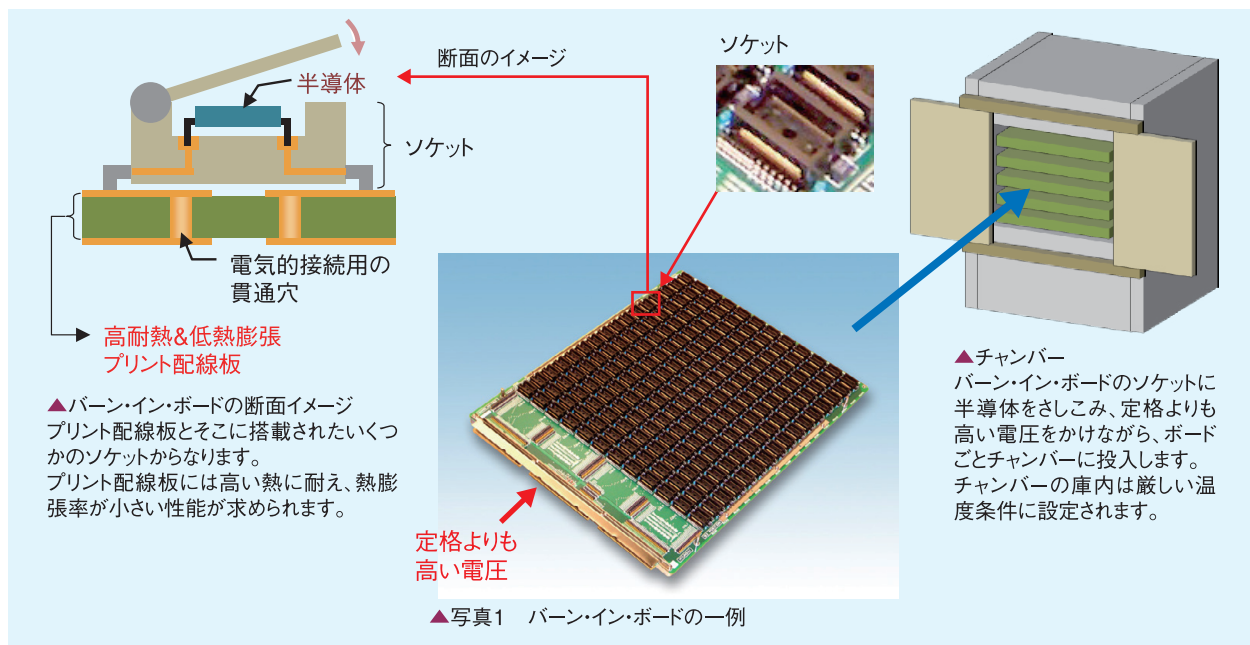
出荷前の半導体に定格よりも少し高い電圧をかけて動作させながら、通常の使用ではありえないような厳しい温度条件下に置くというものです。これにより何らかの不具合を内包し、近い将来、この不具合が原因で初期故障を起こす可能性が高い製品は、バーン・イン・テストの時点で不良品となります。そして厳しい試験を耐え抜いた信頼性の高い製品のみが出荷されるというわけです。

■バーン・イン・ボード

バーン・イン・テストには「バーン・イン・ボード」(Burn-in Board、以下“B-in B”とします)とよばれる試験用の治具(写真1)が使用され、重要な役割を演じています。

B-in Bはプリント配線板と、そこに搭載された幾つかのソケットからなります。ソケットに検査する半導体の脚をさしこみ、B-in Bごとチャンバー(電気炉)に投入します。この際B-in Bの回路を介して定格よりも高い電圧がかけられます。

チャンバーの庫内はマイナス 40°C といった低温、 125°C といった高温、あるいは低温と高温を何度も交互に(温度サイクルといいます)、といった温度に設定されます。



■バーン・イン・ボード基板用プリント配線板材料

電気自動車などに搭載される電力変換用半導体は出力が大きいので、試験時には、より高い電圧がかけられます。またバーン・イン・テストは初期故障を先取りするための「寿命加速試験」ですから、試験温度をより高く設定することで寿命がさらに加速され、試験時間が短縮できます。

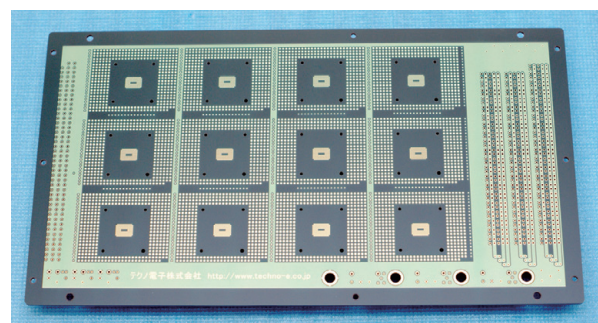
このように近年のバーン・イン・テストは試験条件が、ますます過酷化かつ高速化しています。特に温度サイクル試験では、高温と低温の差が大きくなる傾向にあり、B-in Bのベースとなるプリント配線板材料にも、これに対応できる性能が求められるようになってきました。

利昌工業のB-in B基板用プリント配線板材料への取り組みは、昭和56（1981）年頃、CS-3520/CS-3525（高耐熱ブラックG-10）が、米国半導体メーカーのB-in B基板に採用されて以来ですから、40年近くの実績と知見を重ねております。

その後も市場のニーズに合わせた改良を重ね、最近ではCS-3305Kを、国内外の半導体メーカー様にご採用いただいております。



▲CS-3520/CS-3525
1981年に米国半導体メーカーでバーン・イン・ボード基板に採用されました



▲CS-3305Kをベースにしたバーン・イン・ボード基板（デモ品）
この上にソケットや抵抗などの部品が実装されます。
ご提供：テクノ電子株式会社様

■接続信頼性をさらに高めたCS-3305KA

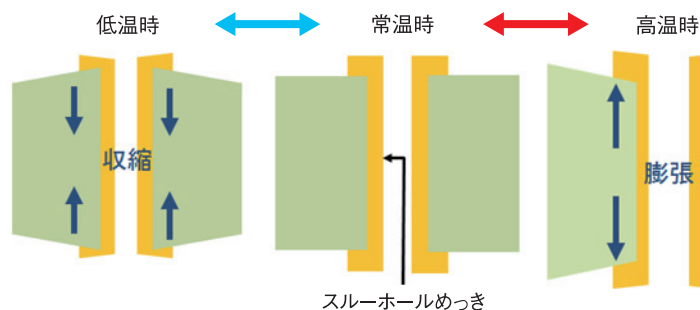
そしてこの度、CS-3305Kに改良を加え、厚み方向への熱膨張係数(以下、CTE-Z)をさらに抑えることで、より接続信頼性を高めたCS-3305KAを開発しましたのでご紹介いたします。

◆接続信頼性

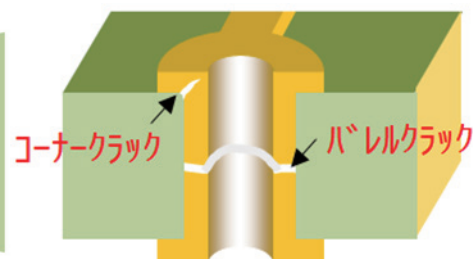
B-in Bのプリント配線板は、貫通穴（スルーホール）をあけ、その壁面に施された銅めっき（スルーホールめっき）を介することで、表面と裏面の回路が電気的に接続されています。

温度サイクル試験により、プリント配線板が厚み方向への熱膨張、あるいは熱収縮を繰り返すと、スルーホールめっきにクラックが入り、電気的な接続に不具合が生じます。（図1と図2）

汎用的な温度サイクル条件は「125℃⇔-40℃」程度ですが、最近のハイスピード・バーン・



▲図1. 温度サイクル試験時のスルーホールの挙動



▲図2. スルーホールクラックのイメージ

イン・テストのそれは「150～175℃⇔-50～-65℃」と、より一層、過酷さが増しています。このような条件においても接続信頼性を確保するには、基板材料のCTE-Zをより小さくすることが効果的です。

CS-3305KAは、実績のあるCS-3305Kをベースに、CTE-Zの値を約40%低減させました。

◆スルーホール信頼性試験

これを検証するため、CS-3305KAとCS-3305Kのスルーホール信頼性試験を行いました。温度サイクル条件は「150℃⇔-55℃」と過酷なものに設定しました。

スルーホール(0.9mmφ×1.6mm、めっき厚は20μm)を直列に1000個つないだ試料を用意しました。

▼テストピースの仕様 Test piece

板 厚	Thickness	1.6mm (両面銅箔 35μm)
穴 径	Hole diameter	0.9mmφ
穴 数	Number of hole	500穴(50×10穴)×並列2パターン
穴 間	Hole pitch	2.54mm
導 体 幅	Conductor width	1.0mm
めっき厚	Plating thickness	20μm

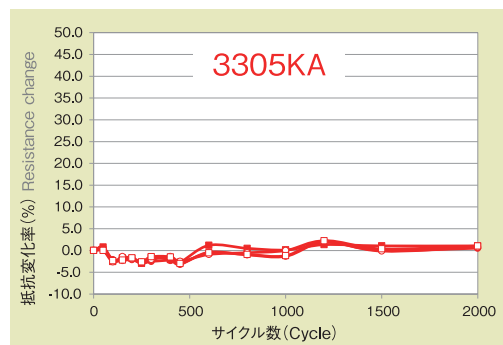
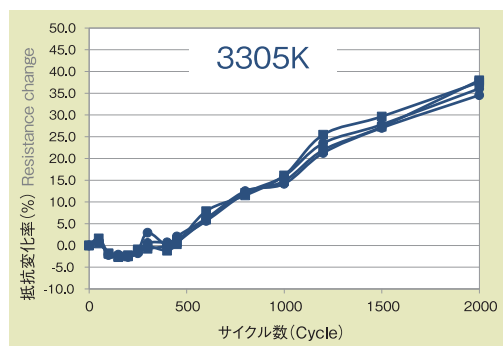
これを150℃の雰囲気中に30分間、マイナス55℃の雰囲気中に30分間、交互に置くことを2000回繰り返します。同時に貫通穴の両端にかかる抵抗値を計っており、1000個のスルーホールのうち、ひとつでもクラックすると測定値が突出します。

試験の結果、いずれの材料にも抵抗値の突出は見られませんが、CTE-Zがより小さいCS-3305KAの方が、抵抗変化率が安定しており、スルーホール信頼性の向上が確認できました(図3)。

今回の試験は、汎用的な両面板のテストパ

ターンで実施しましたが、今後、多層板やファインパターンでの試験を計画しており、またの機会にご紹介したいと存じます。

▼図3. 試験結果 Test results of plated through hole reliability



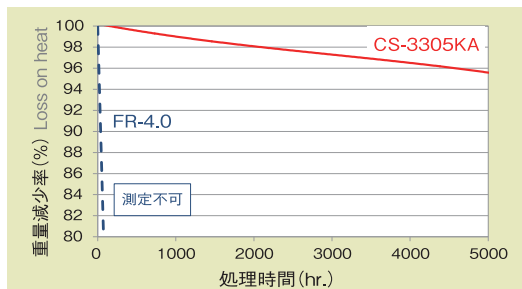
◆高温放置試験

過酷なバーン・イン・テストに耐えるには、低熱膨張性だけでなく、高耐熱性も必要です。そこで、CS-3305KAと比較材を175℃の高温下に長時間置いた後の重量減少率を測定しました。

プリント配線板は熱硬化性樹脂をベースにしています。一般的に樹脂を長時間にわたって高温下におくと、これを構成する分子どうしのつながりが解けること(熱分解)で目方が減ります。この減少の程度が少ないほど、高耐熱性があると評価するわけです。

汎用品である比較材(FR-4.0)は樹脂の劣化が激しく、基板として性能を保持できないほどに

▼175℃加熱減量 Loss on heat



☆CS-3305KAは175℃に5000時間においても重量減少はわずか5%未満で、耐熱性に優れます

重量が減少しましたが、CS-3305KAは、175℃に5000時間おいた後でも、僅か5%未満の減少でした。

また、銅箔引き剥がし強さの低下もほとんどないことを確認しております。

■まとめ

CS-3305KAは、過酷なバーン・イン・テスト

▼175℃銅箔引き剥がし強度 Peel strength

試料 Item	175℃ 処理時間 Treating time	
	0hr	5000hr
3305KA (銅箔35μm)	1.50~1.60	1.52
FR-4.0 (銅箔35μm)	1.6	×

(単位: kN/m)

☆CS-3305KAは175℃に5000時間においても銅箔引き剥がし強度がほとんど低下しません

に耐えるバーン・イン・ボード用基板材料として、高耐熱性と高接続信頼性を兼ね備えております。

熱伝導率も0.6W/mKと、FR-4.0材の2倍程度あり、電力変換用半導体のような放熱性と耐熱性が必要な分野においても、ご採用を期待しております。

■一般特性 General properties

項目 Test items	単位 Unit	測定条件 Treatment	CS-3305KA	CS-3305K
多層成型 Multilayer processing		—	○	○
ハロゲンフリー Halogen free compliant		—	○	○
ガラス転移温度 Glass transition temperature	DMA	℃	300	300
	TMA			
熱膨張係数 Coefficient of thermal expansion	Warp	α ₁	11~13	11~13
	Fill	α ₁	12~14	12~14
	Thick.	α ₁	30~40	50~60
ピール強度 Peel strength	35μm	kN/m	1.6	1.6
曲げ強度 Flexural strength	20℃	Warp	530	510
		Fill	450	450
曲げ弾性率 Flexural modulus	20℃	Warp	26	25
		Fill	25	24
耐はんだ性 (フLOAT) Solder limit (Float)	Sec	A	300	300
吸水率 Water absorption	%	E-24/50 +D-24/23	0.09	0.1
絶縁抵抗 Insulation resistance	MΩ	C-96/20/65	4.2×10 ⁸	5.0×10 ⁹
		C-96/20/65 +D-2/100	2.5×10 ⁸	3.0×10 ⁸
表面抵抗 Surface resistance	MΩ	C-96/20/65	1.8×10 ¹⁰	6.0×10 ⁹
		C-96/20/65 +C-96/40/90	1.1×10 ¹⁰	4.0×10 ⁹
体積抵抗率 Volume resistivity	MΩ·m	C-96/20/65	4.2×10 ⁸	1.5×10 ⁸
		C-96/20/65 +C-96/40/90	2.6×10 ⁸	1.0×10 ⁸
燃焼性 UL flammability		UL94	V-0 equiv.	V-0 equiv.
熱伝導率 (レーザーフラッシュ法) Thermal conductivity (Laser flash)	W/mK	A	0.6	0.3
特長 Feature		—	Middle CTE	Non-filler

注)・本稿に記載された特性は弊社での測定の一例であり、測定方法、測定条件により変わる場合があります。・試験方法はJIS C-6481に基づきます。

・A—受理常態、C—恒温恒湿処理、D—浸水処理、E—加熱処理数字は時間／温度／湿度をそれぞれ表します。