

White colored and High thermal conductive CCL for LED

白色度と高熱伝導性を兼ね備えた プリント配線板材料 CS-3945



利昌工業(株) 化学技術研究所
奥村裕紀
RISHO KOGYO CO.,LTD.
Chemical Science R&D Laboratory
Hiroki Okumura



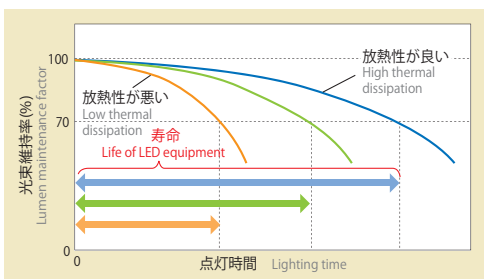
▲CS-3945

■はじめに

LED照明の普及にともない機器の信頼性や耐久性に関心が集まっています。

LEDは比較的少ない電力で発光する半導体の一種ですが、発光に利用される電気エネルギーは少量で、多くは熱となります。この熱はLEDの発光を不安定にし、さらには自身の寿命を縮める要因となっています。

一方で店舗照明や屋外灯といった業務用の機器には、より高輝度なLEDが開発され、発熱量は益々増加する傾向にあります。そこでLED照明の性能や信頼性を向上させ、かつそれを長期間にわたって維持するには、LEDが搭載される基板から、機器の筐体や放熱板へと、熱をいかに効率的に伝えるかという「熱対策」が喫緊の課題となっています。



▲図1. LED基板の放熱性と照明機器の寿命(イメージ)
Fig.1 Relation image of thermal conductivity of LED substrate and Life of LED equipment

■LED用高熱伝導白色プリント配線板材料

これを受けて利昌工業では、耐変色性にすぐれ、さらには熱伝導性も兼ね備えた、白色のプリント配線板材料CS-3945を開発しました。

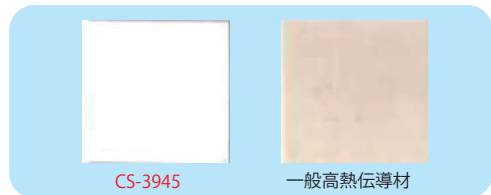
CS-3945の特長は次の通りです。

【CS-3945の特長】

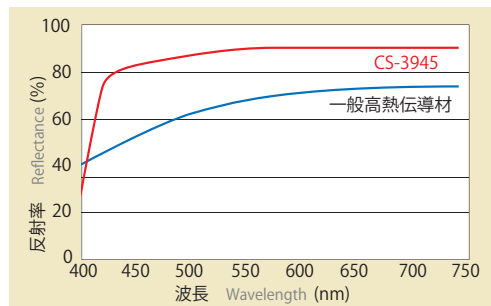
1. 白色と熱伝導性を兼ね備えます
 2. 熱伝導率は1.3W/mK(一般材の約3倍)
 3. 熱や紫外線による変色を抑えます
 4. ハロゲンフリーで、難燃性UL94/V-0
 5. 0.1mmの薄板で「熱の抜け」が良好
- ☆薄い基板で、いかに熱を逃がすが設計のポイントです

■白色の絶縁層

LEDが発する光を効率よく反射するため、CS-3945の絶縁層は白色です(図2)。また図3は白色絶縁層の反射率を、光の波長ごとに調べたものです。CS-3945は可視領域にある光を、効率よく反射していることがわかります。



▲図2. 銅箔除去面(絶縁層)の外観
Fig.2 Appearance of Cu removed surface



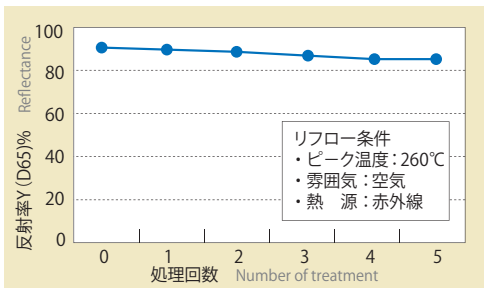
▲図3. 分光反射率 Fig.3 Spectral reflectance

■熱による変色が少ない

CS-3945は樹脂製の基板材料でありながら、熱による変色が少ないのも特長です。

図4はピーク温度を260℃に設定した自動はんだづけ装置で加熱（リフロー処理）した後の、絶縁層の反射率を調べたものです。

CS-3945の絶縁層は、通常1回で済むリフロー処理を5回行った後でも、反射率の低下がほとんど見られないことがわかります。



▲図4. リフロー処理後の反射率の変化
Fig.4 Reflectance after 260℃ heat treatment

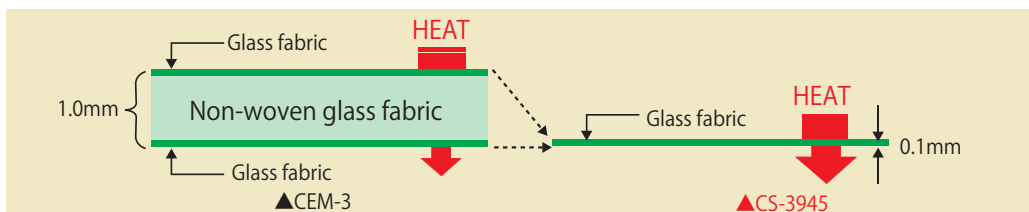
■薄葉化による熱抵抗の低減

高熱伝導基板材料の主流はCEM-3ですが、これはガラス布とガラス不織布の複合材であるため、自ずと1.0mm程度の厚みを有します。一方CS-3945はガラス布のみを基材としますので0.1mmからの薄葉化に対応できます(図5)。

▼図5. 標準仕様 Fig.5 Standard specification

品番	CS-3945
板厚 (mm) Substrate thickness	0.1/0.2/0.4/0.6/0.8/1.0/1.6
銅箔 (μm) Cu thickness	18/35/70

CS-3945の熱伝導率は、放熱CEM-3と同等程度の1.3W/mKですが、薄葉化には「熱抵抗の低減」というメリットがあります(図6)。



▲図6. 薄葉化による熱抵抗低下のイメージ
Fig.6 Low thermal resistance through thin substrate(Image)

「熱の伝わり難さ」である熱抵抗は下の式で表されます。分母の値、つまり材料の厚さが薄いほど熱抵抗値が小さくなることがわかります。

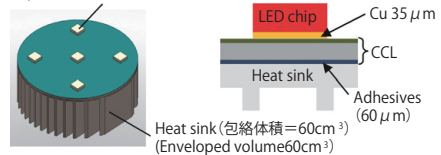
$$\text{熱抵抗} [^{\circ}\text{C}/\text{W}] = \frac{\text{厚さ} [\text{m}]}{\text{熱伝導率} [\text{W}/\text{mK}] \times \text{面積} [\text{m}^2]}$$

そこで、この薄葉化の効果を検証するために樹脂基板の熱抵抗について、解析ソフトによるシミュレーションを行いました。

熱伝導率はCS-3945と同等の1.0W/mKに、そして熱源の出力は一般的なLEDを想定して2Wとしました。

板厚(mm) Thickness	1.0	0.6	0.4
熱伝導率 (W/mK) Thermal Conductivity	1.0	1.0	1.0
解析図 Thermal analysis diagram			
熱源温度 (°C) Temp. of thermal source	86	78	63
温度上昇 ΔT (°C) Temp. rise	66	58	43
熱抵抗 (°C/W) Thermal Resistance	30	25	18

LED chip 1.5mm×5mm×5mm



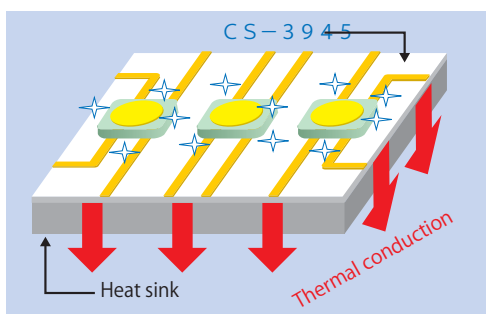
▲図7. 解析結果 Fig.7 Test result

図7に結果を示します。0.4mm厚の基板に搭載されたLEDチップは、1.0mm厚のそれに比べ、温度上昇が20℃以上も抑えられるという結果ができました。(上昇温度は室温を20℃に設定)

一般的に素子内部の温度が10℃上昇するとに寿命は約半分に、故障率は約2倍になるといわれておりますので、CS-3945は機器の信頼性の向上や長寿命化に貢献できるものと期待できます。

■UL 94 V-0を取得

CS-3945は、図8のようにチップLEDを搭載し、その熱を放熱板や機器の筐体へと伝える用途を前提に、ハロゲンフリーでUL94V-0の認定を取得しました（図9）。よってLEDをはじめ、パワーモジュール搭載用など難燃性を必要とする基板材料としてもご利用いただけるものと期待しております。

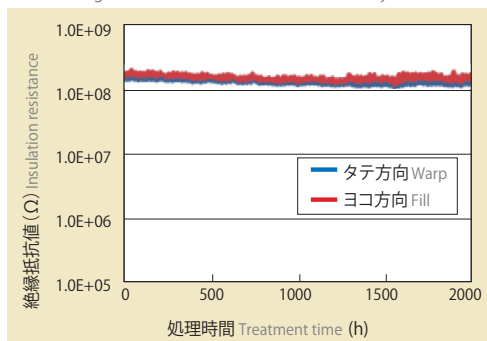


▲図8. CS-3945の適用イメージ
Fig.8 Mounting image of CS-3945

【長期絶縁信頼性試験条件】Test condition

試験片：板厚0.6mm Test piece thick.: 0.6mm
処理条件：85℃/85% Treatment: 85℃/85%
印加電圧：100V Power: 100V
壁間距離：0.3mm Hole pitch: 0.3mm
ドリル径：φ0.4 Drill dia.: 0.4mm φ

▼図10. 長期絶縁信頼性試験の結果
Fig.10 Test result of Insulation reliability



▲CS-3945の加工品 ご提供：関西電子工業(株)様

▼図9. UL認定規格値(抜粋) Fig.9 UL recognized specifications

ANSI グレード Grade	最小板厚 (mm) Minimum thickness		導体厚さ(μm) Conductor thickness			最大導体径 (mmφ) Max. area diameter	UL94 フレイムクラス Flame class		ソルダーリミット Solder limit		最高 使用温度 (℃) Max. operating temp.
			外層 Extrnal		内層 Inernal				温度 (℃) Temp.	時間 (sec) Time	
			最小 Min.	最大 Max.	最小 Min.						
No ANSI	0.10	18	102	—	50.8	V-0	288	30	90		

■絶縁信頼性

CS-3945は、高温高湿下においても安定した絶縁信頼性を維持しますので、さまざまな環境下に設置されるLED照明機器にご使用いただいても、長期間にわたる安定した照明に寄与できるものと思われま。

図10に長期絶縁信頼性試験の結果を示します。CS-3945は温度85℃/湿度85%といった環境下に置いて2000時間が経過しても、回路が正常に機能することが見て取れます。

■ドリル加工性

プリント配線板材料の絶縁層は、熱を伝え難い材料です。FR-4と呼ばれる一般的なプリント配線板材料の熱伝導率は0.4W/mK程度ですが、CS-3945には、この約3倍となる1.3W/mKの熱伝導性を付与しております。

プリント配線板材料に熱伝導性を付与するためには、樹脂に硬質の無機充填物を配合するのが一般的です。ただ、この充填物はドリル加工に対してはマイナス要因となります。

CS-3945は高熱伝導材でありながらも、FR-4材と同等以上のドリル加工性を有します。

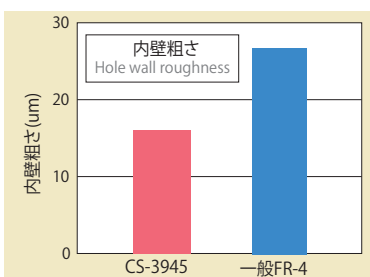
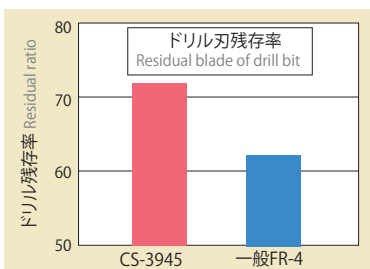
【加工条件】Drilling condition

試料 Test piece	1.6mm CCL 35 μ m double sided
ドリル径 (mm ϕ) Drill bit dia.	0.7
重ね枚数 Number of stack	1
ショット数 Number of drill shot	3000
回転数 (rpm) Revolution	73000
送り速度 (m/min.) Feed speed	1.3
チップロード (um/rev) Chip road	18

図11に評価結果を示します。

図11上のグラフは3000穴をあけた後の、ドリル刃先の残存面積の比較です。CS-3945はドリル刃が70%以上も残っています。

図11下のグラフは、あいた穴の壁面粗さの比較です。数値が小さいほど、滑らかな壁面を持つ穴があいたことになります。壁面粗度はスルーホール品質に影響しますので、CS-3945はこの側面からも機器の信頼性向上に寄与できるものと期待しております。



▲図11. ドリル加工性
Fig.11 Drilling workability

■まとめ

CS-3945はLED部品の搭載を視野に、高熱伝導と、変色しにくい白色の外観をコンセプトに開発しました。

薄葉化による「熱抵抗の低減」効果は、電源関係、抵抗関係といった高放熱を要する基板用途にも展開できるものと期待しております。薄物でご利用いただく場合は、放熱板や筐体などへ、しっかり密着するよう、設計にご配慮いただきたくお願いします。

RISHOLITE CS-3945 is the PWB material which has excellent Thermal conductivity as well as Whiteness with anti-discoloration property (Fig.2, Fig.3, Fig.4).

CS-3945 which consists of only Glass fabric can be made into thin substrate. This thinness can make thermal resistance of LED substrate low (Fig.5, Fig.6, Fig.7, Fig.8). We expect CS-3945 could contribute to thermal designing of LED or Power module substrate.

■一般特性 General properties

試験項目 Test items	単位 Unit	処理条件 Treatment	CS-3945
絶縁抵抗 Insulation resistance	M Ω	C-96/20/65	3.0×10^8
表面抵抗 Surface resistance	M Ω	C-96/20/65	1.0×10^9
体積抵抗率 Volume resistivity	M $\Omega \cdot m$	C-96/20/65	1.0×10^7
比較トラッキング指数 (IEC法) Tracking resistance	—	A	600
誘電率 Dielectric constant	1MHz	A	7.0
誘電正接 Dissipation factor	1MHz	A	0.015
銅箔引き剥がし強さ Peel strength	35 μ m	kN/m	A
はんだ耐熱性 Solder limit	260 $^{\circ}$ C	sec.	A
ガラス転移温度 (DMA法) Glass transition temperature	$^{\circ}$ C	A	150
吸水率 (0.6mm) Water absorption	%	E-24/50 +D-24/23	0.1
比重 Specific gravity	—	—	2.4
曲げ弾性率 Flexural modulus	タテ/ヨコ Warp/Fill	GPa	A
曲げ強度 Flexural strength	MPa	A	31/29
線膨張係数 CTE	ppm/ $^{\circ}$ C	A	450/350
線膨張係数 (厚さ方向) CTE (Thickness direction)	α_l α_t	ppm/ $^{\circ}$ C	A
熱伝導率 (レーザーフラッシュ法) Thermal conductivity (Laser flash)	W/mK	A	13/14
難燃性 UL flammability	—	UL94	20-30 130-150 1.3 V-0

※上記各種データは測定値であり数値を保証するものではありません

The various above mentioned data is measured value and is not guaranteed performance