

高耐熱・低熱膨張の多層基板材料

Multilayer Circuit Board Material with High Thermal Resistance and Low Thermal Expansion

荒木 俊二* ・ 中村 善彦*

Shunji Araki

Yoshihiko Nakamura

鉛フリーはんだに対応する電子回路基板材料において、従来のノボラック型のエポキシ樹脂とフェノール系硬化剤に加えて新たな樹脂を組み合わせるとともに、熱膨張を抑制する無機フィラーの添加量増加にもかかわらずその種類、形状、サイズ、分散性を検討することで、樹脂流動性やドリル加工摩耗性への悪影響の軽減、高い耐熱性と密着性の確保、かつ一般のFR-4材料と同等のデスマリア性を実現した。

開発品は既存材料から成る電子回路基板に比べて熱分解温度が20℃低下しているものの、銅箔引剥がし強度が0.1 kN/m向上、熱膨張率が $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 低減されており、温度サイクル試験においても優れた絶縁性能と導通信頼性を有している。またデスマリアにおいても、汎用のプロセスでの加工が可能となる。

An improved circuit board materials that can be used with lead-free soldering processes has been developed by combining a new resin with conventional epoxy resin and phenolic curing agent. Despite the content of inorganic filler material for suppressing thermal expansion is increased, the developed material has lower negative effect on resin fluidity and drilling processability. The new material has been achieved high thermal resistance and adhesion as well as a desmear property comparable to that of conventional FR-4 materials, by optimizing the filler type, shape, size, and dispersion.

Although the thermal decomposition temperature of this new material is 20°C lower than current materials, the copper foil peeling strength is higher by 0.1 kN/m and the coefficient of thermal expansion (CTE) is suppressed by $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. The new material also shows good insulation characteristics and reliable conductivity in temperature cycling tests. This new material is also compatible with the conventional plating process for desmear processing.

1. ま え が き

環境保全への配慮から、電子回路基板の部品実装工程におけるはんだの鉛フリーはんだ化が進んでいる。鉛フリーはんだは従来のはんだに比べて融点が高いため、部品を実装する際のリフロー温度を高くする必要があり、電子回路基板材料の高耐熱化が求められている。また、電子部品の小型・薄型化と、電子回路基板のファインパターン化や高多層化に対応し、スルーホール接続や耐マイグレーション性等の基板材料の信頼性に対する要求も高まってきている。

当社は電子回路基板材料メーカーとして、これらの要求に応える製品「ハイパーシリーズ」を販売してきた¹⁾。そのなかでも、「R-1755S」は通信機器のサーバや携帯電話基

地局といった分野で使用されており、20層を超えるような高多層回路基板においても優れた耐熱性や信頼性を有している。

しかし、このような耐熱性を中心とした優れた特性をもたせるために使用しているマトリックス樹脂は、硬くてもろい性質を有しているために接着性やデスマリア処理に悪影響を及ぼす。デスマリア処理は電子回路基板メーカーのドリル加工やレーザ加工等の工程において発生するスミアを取り除くために行われる。しかし、「R-1755S」はスミアが非常に除去されにくいことから一般のFR-4材料以上にデスマリア処理を徹底する必要があり、電子回路基板メーカーでの負担が増加する。とくに、加工コスト重視の中国・アジアPCBメーカーにおいて採用の障害になる。

* 電子材料本部 電子基材事業部 Circuit Board Materials Division, Electronic Materials Business Unit

そこで筆者らは、このような工程負担が増えることなく、電子回路基板としての高耐熱性と高信頼性を有する電子回路基板材料「R-1755V」を開発した。

本稿では、「R-1755V」に関する技術開発内容を述べ、さらにこれを用いた電子回路基板の耐熱特性や信頼性などについて報告する。

2. 樹脂・配合設計

一般的に鉛フリーはんだに対応する電子回路基板材料は、ノボラック型のエポキシ樹脂などの耐熱性に優れたものが使用されることが多い。また硬化剤においては、アミン系のジシアンジアミドに比べて耐熱性や信頼性に優れたフェノール系を使用することが多い。開発した「R-1755V」は、これらの配合設計に加えて新たな樹脂を組み合わせることにより、高耐熱性を有し、かつ一般のFR-4材料と同等のデスマア処理によりスミアの除去が可能である。

「R-1755V」に使用している樹脂は、従来品の「R-1755S」に使用しているものに比べて樹脂単体での耐熱性は若干劣る。しかし、電子回路基板の耐熱性は樹脂の耐熱性のみで決まるものではなく、熱膨張や接着性によっても大きく左右される。この熱膨張を抑制するために無機フィラーを用いることが一般的になってきている。無機フィラーは使用量の増加に伴って熱膨張の抑制効果が大きくなる反面、樹脂流動性やドリル加工に悪影響を与える。「R-1755V」においては、無機フィラーの種類、形状、サイズ、分散性を検討してこれらの悪影響を軽減することで、「R-1755S」に比べて無機フィラーを多く使用しているにもかかわらず、樹脂流動性やドリル加工性は同等となっている。

図1にドリル摩耗率の評価結果を示す。

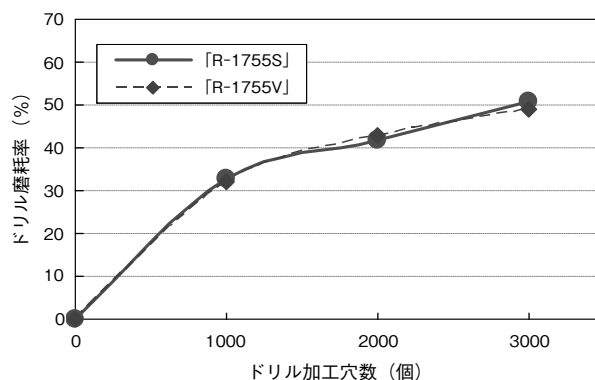


図1 ドリル摩耗率評価結果

3. 電子回路基板材料としての特性

3.1 一般特性

表1に開発品「R-1755V」、および比較材として当社汎用高Tg材料「R-1766T」とフェノール硬化系高Tg材料「R-1755S」の一般特性を示す。なお、評価は板厚0.8mm、銅箔35μmの両面板で行う。

開発品の耐熱性に関する特性においては、「R-1766T」に比べて熱分解温度が35℃向上している。また、「R-1755S」に比べると熱分解温度が20℃低下しているが、銅箔引剥がし強度が0.1kN/m向上、CTEが $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 低減されている。

3.2 デスマア性

図2に開発品「R-1755V」、および比較材として当社汎用FR-4材料「R-1766」とフェノール硬化系高Tg材料「R-1755S」のデスマア性を示す。なお、評価は板厚0.4mm、銅箔35μmの両面板をエッチアウトした基板で行う。

開発品のデスマア液に対するエッチングレートは、「R-1766」とほぼ同等の値となっており、一般的なFR-4と同じデスマア処理を行うことが可能であることを示している。

表1 電子回路基板材料の一般特性

試験項目	試験方法	単位	R-1755V	R-1755S	R-1766T	
誘電率 (1 GHz)	IPC TM-650	-	4.4	4.4	4.3	
誘電正接 (1 GHz)	IPC TM-650	-	0.016	0.016	0.016	
銅箔引剥がし強度 (35 μm)	JIS C 6481	kN/m	1.5	1.4	2.0	
Tg	IPC TM-650 (DMA)	°C	185	190	190	
	IPC TM-650 (DSC)	°C	173	175	170	
	IPC TM-650 (TMA)	°C	165	170	170	
CTE	IPC TM-650 (TMA)	$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	44	50	60	
熱分解温度 (5%質量減)	IPC TM-650 (TG/DTA)	°C	350	370	315	
耐熱性	60分限界温度	JIS C 6481	°C	265	280	240
	T-288	IPC TM-650 (TMA)	分	20	60	1
曲げ弾性率 (縦/横)	JIS C 6481	GPa	24 / 22	23 / 21	23 / 21	

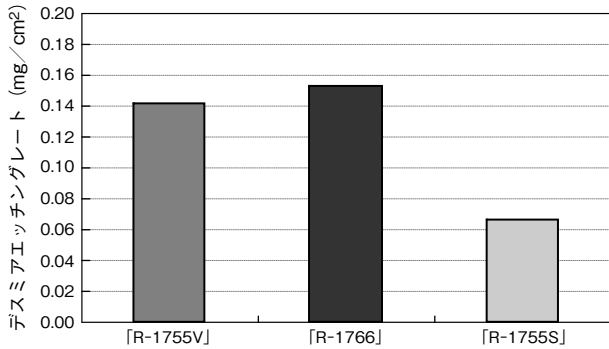


図2 デスマリア性評価結果

4. 電子回路基板としての特性

4.1 高多層基板の耐熱性

高多層化された電子回路基板は必然的に内層銅と絶縁層の界面が多く、スルーホールのアスペクト比も高い。さらに、熱処理等で発生する分解ガス等も抜けにくいいため、両面板や低多層品に比べて高い耐熱性が要求される。

そこで図3のような24層で厚み約3.0 mmの高多層基板を作製し、リフロー耐熱試験を行う。この試験は、鉛フリーはんだの使用を想定した温度288℃、20秒のはんだフロート条件で6サイクル実施後、断面観察により異常がないかの確認を行うものである。観察箇所は二つのスルーホール間を一つとし、観察数に対する不良発生数をカウントした。この結果を表2に示す。また異常のあったスルーホールの断面写真を図4に示す。

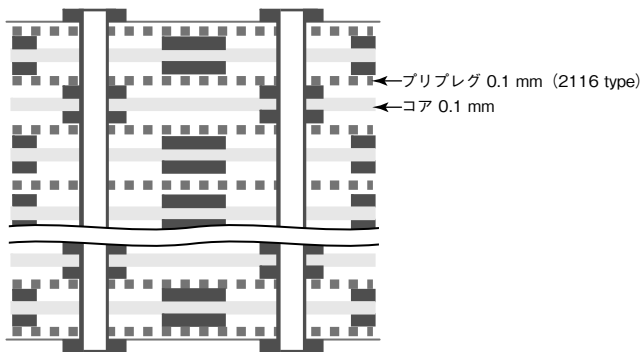


図3 高多層基板断面図

表2 24層基板はんだ耐熱性評価結果

ドリル径	材料	壁間	
		0.50 mm	0.75 mm
0.25 mm	[R-1755V]	0/27	0/19
	[R-1755S]	8/27	0/19

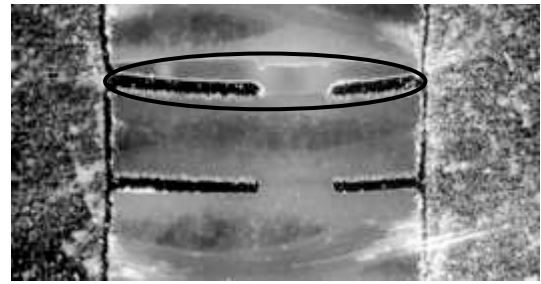


図4 スルーホール断面写真(クラック部分)

表2に示すとおり、ドリル径0.25 mm、壁間0.50 mmにおいて、「R-1755S」では図4のようなクラックが生じるのに対し、「R-1755V」ではクラック(剥離)の発生はみられない。このことから、耐熱性、接着性、熱膨張率それぞれがバランスよく組み合わせることで「R-1755V」は高い耐熱性を有し、高多層化されても鉛フリーはんだに十分適応するものと考えられる。

4.2 絶縁信頼性

電子回路基板に使用される材料には高い絶縁信頼性が求められる。今回はガラスクロススタイル7628タイプのを4枚使用し、図5のような断面の両面電子回路基板を作製し評価を行う(n=4)。

試験は温度85℃、湿度85%RHの条件で、0.35 mmのスルーホール壁間に50 Vを印加し、試験槽中で連続して絶縁抵抗の変化を測定する。

試験の結果、図6のように1000時間を経過しても絶縁性の低下はみられず、「R-1755V」は優れた絶縁信頼性を有していることがわかる。

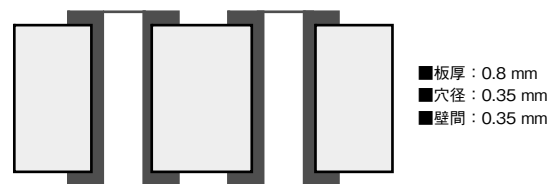


図5 絶縁性評価基板断面図

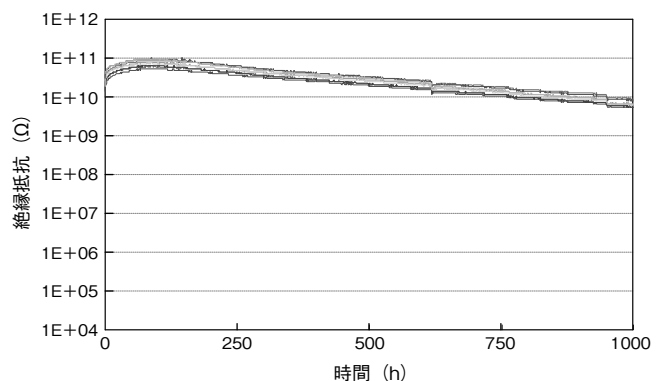


図6 絶縁性評価結果

4.3 スルーホール接続信頼性

近年の自動車は、ECU (Electric Control Unit) を用いた電子制御化が進んでいる。これに使用される電子部品は、車室内やエンジンルーム内に搭載されて高温と低温が繰り返される環境下にあることから、基板としてこのような環境における高い接続信頼性が要求される。

そこで、試験用基板として板厚 1.6 mm、穴径 0.35 mm、めっき厚み 20 μm のスルーホールを 306 穴設けたデジチェーンパターンを作製し、エンジンルーム内を想定した -65 °C ⇄ 125 °C の温度サイクルと、エンジン直載を想定した -40 °C ⇄ 150 °C の温度サイクルの 2 種類の条件で 3000 サイクルまで試験を行う。なお、10 % 以上の抵抗値変化が発生した場合を NG と判定する。

試験の結果を図 7 と図 8 に示す。

-65 °C ⇄ 125 °C の条件においては、「R-1766」が 800 サイクルから NG が発生するのに対し、「R-1755V」は「R-1755S」と同様に 3000 サイクルまで導通不良がみられず、接続信頼性に優れた材料であることがわかる。

また -40 °C ⇄ 150 °C の条件では、「R-1755S」が 1400 サイクルから NG が発生し始めるのに対し、「R-1755V」は 2600 サイクルまで NG が発生せず、高い接続信頼性を示すことがわかる。

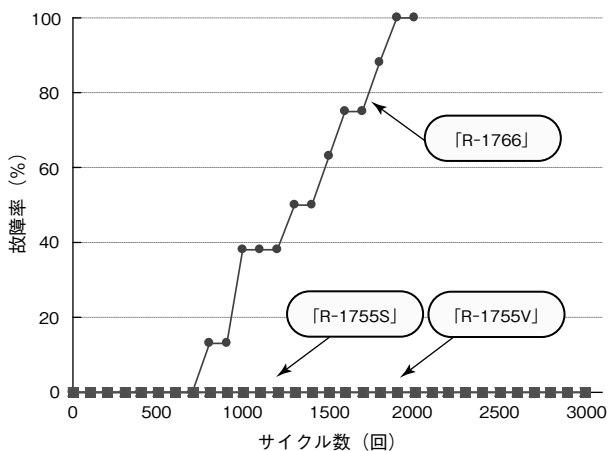


図 7 導通信頼性評価結果 (-65 °C ⇄ 125 °C)

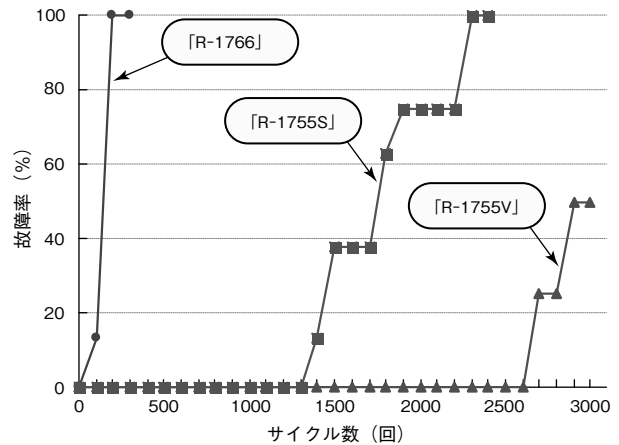


図 8 導通信頼性評価結果 (-40 °C ⇄ 150 °C)

5. あとがき

鉛フリーはんだに対応する電子回路基板材料において、従来のノボラック型のエポキシ樹脂とフェノール系硬化剤に加えて新たな樹脂を組み合わせるとともに、熱膨張を抑制する無機フィラーの添加量増加にもかかわらずその種類、形状、サイズ、分散性を検討することで、樹脂流動性やドリル加工摩耗性への悪影響の軽減、高い耐熱性と密着性の確保、かつ一般の FR-4 材料と同等のデスマリア性を実現した。

開発品は既存材料から成る電子回路基板に比べて熱分解温度が 20 °C 低下しているものの、銅箔引剥がし強度が 0.1 kN/m 向上、熱膨張率が $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 低減されており、温度サイクル試験においても優れた絶縁性能と導通信頼性を有している。またデスマリアにおいても、汎用のプロセスでの加工が可能となった。

今後も顧客のニーズに合った材料開発を進めていきたい。

*参考文献

- 1) 中村 善彦：高耐熱プリント配線板用材料「ハイパーシリーズ」，松下電工技報，Vol. 53, No. 2, p. 118 (2005)

◆執筆者紹介



荒木 俊二
電子基材事業部



中村 善彦
電子基材事業部