

ITネットワーク機器用高速伝送基板材料

Materials for High-Speed Transmission of IT Network Equipments

古森 清孝* ・ 田宮 裕記*
Kiyotaka Komori Hiroki Tamiya

IT ネットワーク機器向けプリント配線板において、PPE（ポリフェニレンエーテル）樹脂変性などにより新規樹脂を開発することで、誘電特性に優れ、かつ耐熱性も確保した高速伝送材料を開発した。また、表面処理技術の開発により低粗度の銅箔でありながら樹脂との密着強度が高く、伝送損失を低減している。さらに、低熱膨張率の無機フィラーを樹脂中に分散させることにより Z-CTE を小さくすることで高多層化や鉛フリーはんだ耐熱性にも適合している。

In the activities related to printed wiring boards for IT network equipment, board material with excellent dielectric properties and heat resistance suited for high-speed transmission has been developed by newly modifying PPE (polyphenylene ether) resin etc. This material employs low roughness copper foil for reducing transmission losses, and silane-coupling treatment on the surface increases adhesion to the resin material. The inorganic filler dispersed in the resin reduces the thermal coefficient of expansion required for high-layer count board and provides heat resistance for lead-free soldering.

1. ま え が き

1995 年頃に文字情報のインターネットが普及し始めて以降、情報ネットワーク分野の進歩は目覚しく、近年では、テレビジョン並みの動画をインターネットで扱えるまで通信速度の高速化が進んでいる。これらの情報の高速化とともに当社の基板材料も変化を遂げてきている。そこで、これらの材料ニーズの変遷と現在のユーザニーズに対応するために筆者らが開発した基板材料について報告する。

2. 材料ニーズの変遷

当社が高速伝送材料の販売をスタートしたのは約 20 年前で、用途は衛星放送などに使うアンテナやフィルタであった。これらの材料は多層化する必要がないことから、ブリブレットと呼ぶ内層回路基板同士を貼り合わせるための溶融特性は不要であった。そのため、材料としては極性が小さいフッ素樹脂や PPE（ポリフェニレンエーテル）樹脂などの高分子の熱可塑樹脂を使用していた。

しかし、インターネットが普及してルータやサーバなどの高速化が必要となると、低誘電率、低誘電損失が求められるのと同時に、高多層プリント配線板を製造できる材料であることが求められる。これは多くの情報を CPU

が扱うようになると I/O ピン数が多くなることから、それらの結線には必然的に層数を増やす必要があるためである。また高多層化するため、内層回路を貼り合わせるのに必要な溶融特性が求められるようになると同時に、高多層での導通信頼性を高めるために材料とスルーホールめっき銅との熱膨張率を近づける要求も強くなっている。さらに近年では、環境問題から鉛フリーの高温はんだを使用することから、鉛フリーはんだ耐熱性が重要なニーズとなっている（図 1）。

3. 材料ニーズへの対応状況

3.1 伝送損失

まず、材料ニーズとして重要なのは伝送損失である。伝送損失を低下するためには、誘電率（Dk）、誘電正接（Df）を低くすることと、銅箔粗度を小さくして導体損失を低減することが重要である。

3.1.1 誘電特性

Edward A. Wolff ら¹⁾の式を用いて材料の Dk、Df から伝送損失を計算した結果²⁾に、当社が IT ネットワーク機器用途に開発した高多層プリント配線板材料である「MEGTRON6^{*1)} (R-5775 K)」、「R-2125」、「R-1755 V」および新たに開発した「MEGTRON4 (R-5725)」を当て

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

		2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
■先行指標							
光ネットワーク		10Gbps	40 Gbps		160 Gbps		
はんだ実装		鉛はんだ			鉛フリーはんだ		
MPU の I/O 数		1400		2000 ~ 2500			
■PCB特性・構成							
伝送速度	High-speed	5 Gbps		10 Gbps		20 Gbps	
	Low-speed	1.6 Gbps		3.2 Gbps		5 Gbps	
はんだリフロー耐熱性		230 ℃, 6 回			260 ℃, 6 回		
層数		~40		~50 (BU層数Upで低減もあり得る)		~60 (光導波路で低減もあり得る)	
板厚		~6 mm		~8 mm (BU層数Up, 層厚減で低減もあり得る)		~10 mm (光導波路で低減もあり得る)	

図1 先行指標および求められるPCB特性・構成

はめると、図2のようになる。この図から、約5 dB/m (at 5 GHz) 刻みに材料の品ぞろえがあることがわかる。このように幅広い品ぞろえが必要であるのは、誘電特性の優れた材料は一般的に高価であるため、電子機器の求められる特性と価格によって設計者がそのつど材料を選択するからである。

なかでも「MEGTRON6」は、これらの幅広いニーズに対応するため、既存の原材料だけではなく、PPE樹脂を独自技術によって変性するなどの材料開発を行っている。その結果、誘電特性が良いだけでなく、プリント配線板材料の高多層化も可能な溶融特性を有し、かつ耐熱性も高い材料となっている。

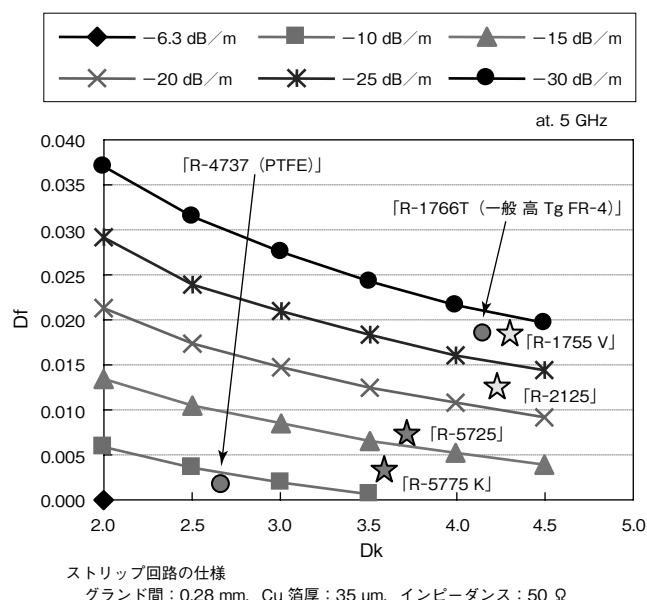


図2 Dk・Dfから計算で求めた伝送損失と当社製品の位置づけ

3.1.2 銅箔粗度

表皮効果によって銅箔粗度が伝送特性に影響を与えることは一般的によく知られており、低粗度の銅箔を使用することで伝送特性を改善できることがわかっている。しかし、低粗度の銅箔では樹脂との密着強度が低くなるため、回路

形成時の回路剥離や実装部品の剥落などのリスクが考えられる。

そこで筆者らは、銅箔の樹脂と接する面のシランカップリング剤処理の内容を検討することによって、樹脂と密着強度の高い表面処理を実現した。この結果、H-VLP箔と呼ぶ1~2 μ mの低粗度銅箔仕様の「MEGTRON6」を品ぞろえしている。これは図3に示すように、7~9 μ mの一般粗度の銅箔である「R-5775 K」と比較して伝送損失は5 GHzにおいて約4 dB/m改善されており、樹脂組成の変更に匹敵する効果がある。

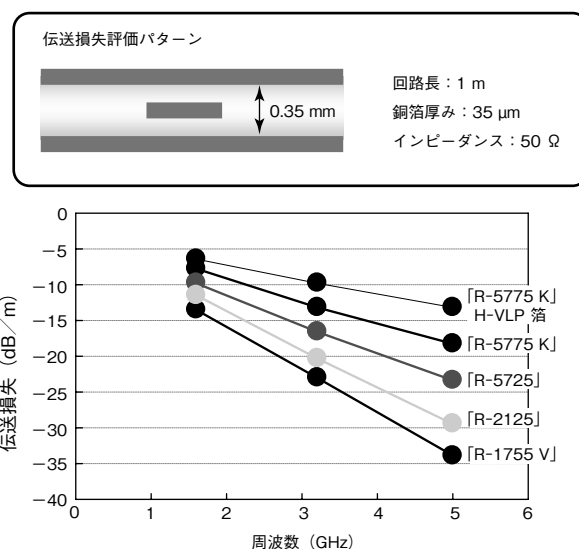


図3 伝送損失の実測値

3.2 鉛フリーはんだ耐熱性

近年、環境問題から鉛を含む低温はんだが使用できないため、鉛フリーはんだを使用できる耐熱性が非常に重要になってきている。これに対してIPCは、IPC-4101/126で表1に示す規格を定めている。これらの規格に対し、当社がITネットワーク機器用途に最近開発した多層材料の特性を比較して以下に示す。

表1 IPC-4101の鉛フリーはんだ対応に関する規格

項目	ガラス転移点 (Tg)	熱分解温度 (Td)	厚み方向の熱膨張率			耐熱性 T-288
			α_1	α_2	50~260℃	
単位	℃	℃	10 ⁻⁶ /℃	10 ⁻⁶ /℃	%	min
4101/126	≥170	≥340	≤60	≤300	≤3.0	≥15
4101/99	≥150	≥325	≤60	≤300	≤3.5	≥5
4101/101	≥110	≥310	≤60	≤300	≤4.0	≥5

3.2.1 熱分解温度

当社の多層材料の熱分解温度の比較を図4に示す。この図から、多層材料はいずれもIPC-4101/126が規定する340℃以上であることがわかる。これは、原料として、原子間結合力の高い分子を選定していることによるものである。

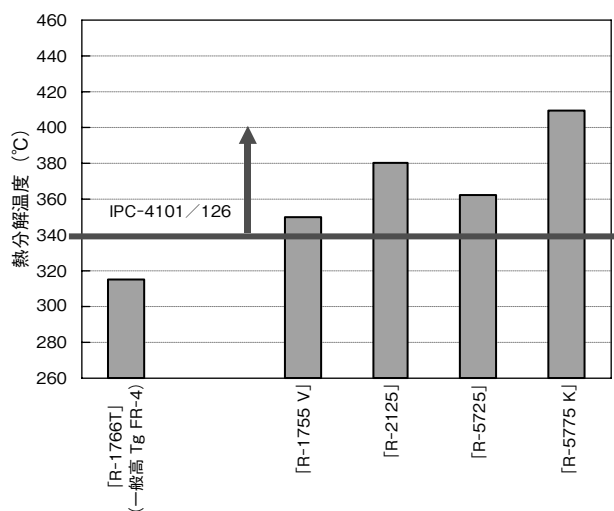


図4 各種多層材料の熱分解温度

3.2.2 耐熱性T-288

当社の多層材料のT-288の比較を図5に示す。

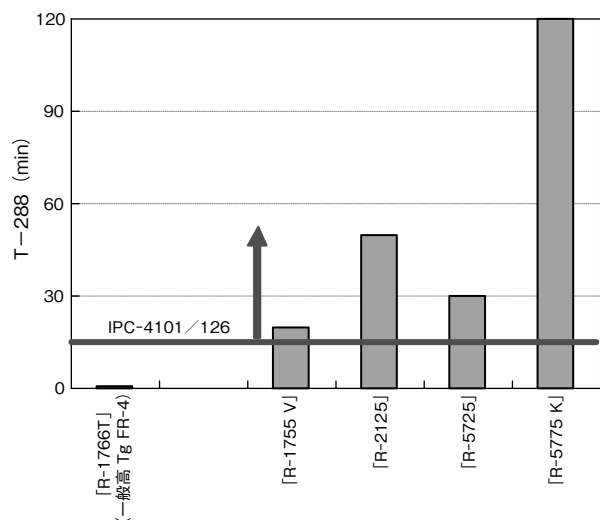


図5 各種多層材料のT-288

この図から多層材料はいずれもIPC-4101/126が規定する15 min以上の耐熱性があることがわかる。これは、熱分解温度の高い材料を主成分として材料設計をしていることによるものであると考える。

3.2.3 熱膨張率

スルーホールや内層回路を構成する銅の熱膨張率(17 × 10⁻⁶/℃)に比べて、多層材料の厚み方向の熱膨張率が高いため、銅と多層材料との熱膨張差による応力で樹脂やスルーホールめっきや内層回路にクラックが発生したり、樹脂とスルーホールめっきとの界面が剥離したりすることがある。これを抑制するためには、多層材料の熱膨張率を小さくすることが必要である。

当社の多層材料の熱膨張率を図6に示す。この図から多層材料はいずれもIPCが規定した3.0%以下の熱膨張率であることがわかる。これは、低熱膨張率の無機フィラーを樹脂中に分散させることによって低熱膨張化を図っているためである。

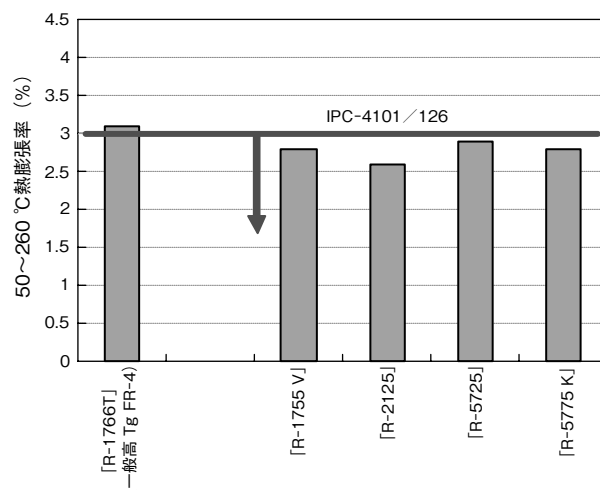


図6 各種多層材料の熱膨張率(50～260℃)

50～260℃の熱膨張率を低下させるためには、まず、ガラス転移点(Tg)以下での熱膨張率(α_1)を下げるのが有効である。IPC-4101/126では、 α_1 は60 × 10⁻⁶/℃以下としているが、図7に示すように多層材料はいずれも45 × 10⁻⁶/℃以下と、規格に対してより低い設計になっている。

これは、ユーザから要求される-65℃⇔120℃のサーマルサイクル試験でのスルーホール導通信頼性を重視して開発しているからである。この試験で、スルーホールにクラックを発生させないためには、120℃以下における熱膨張率をできるだけ銅の熱膨張率に近づける必要があるからである。

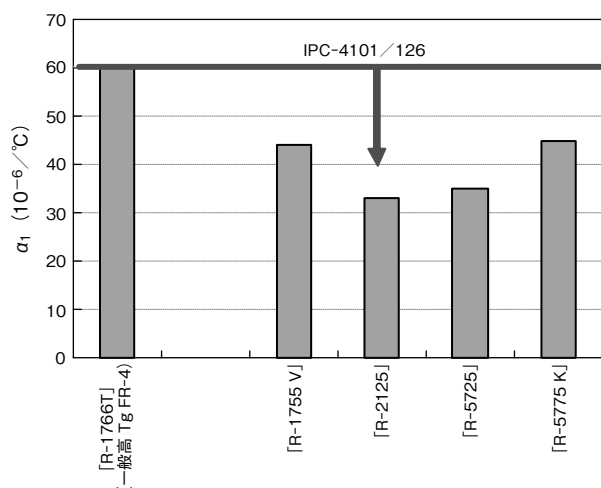


図7 各種多層材料の α_1

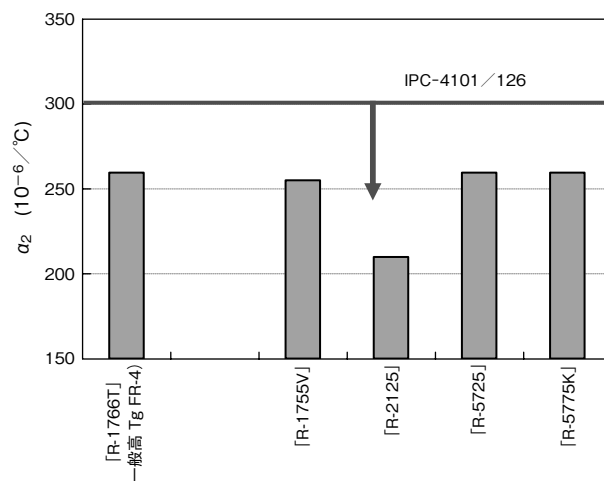


図9 各種多層材料の α_2

50 ～ 260 ℃の熱膨張率を低下させるために、熱膨張率を下げることにくわえて、ガラス転移点 (T_g) を高くすることも有効である。これは、T_g 以上では樹脂構造が非常に動きやすくなるため、T_g 以上での熱膨張率がT_g 以下での熱膨張率よりも著しく大きくなるためである。また、T_g 以上での熱膨張率 (α_2) が低いことも当然重要である。当社の多層材料のT_g、 α_2 を図8、図9に示す。IPC-4101/126では、T_gは170 ℃以上、 α_2 は $300 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下が求められている。これらの図から多層材料はいずれもIPC-4101/126が規定した規格を満たしていることがわかる。

4. あとがき

IT ネットワーク機器用プリント配線板において、PPE樹脂の変性などによって新規樹脂を開発することにより、誘電特性に優れ、かつ耐熱性も確保した高速伝送基板材料を実現した。この材料は、低粗度の銅箔を採用して伝送損失を低減するとともに、その表面にシランカップリング剤処理を施すことによって樹脂との密着強度を高めている。また熱膨張率の低い無機フィラーを樹脂中に分散させ、Z-CTEを小さくすることで高多層化や鉛フリーはんだの耐熱性にも適合している。

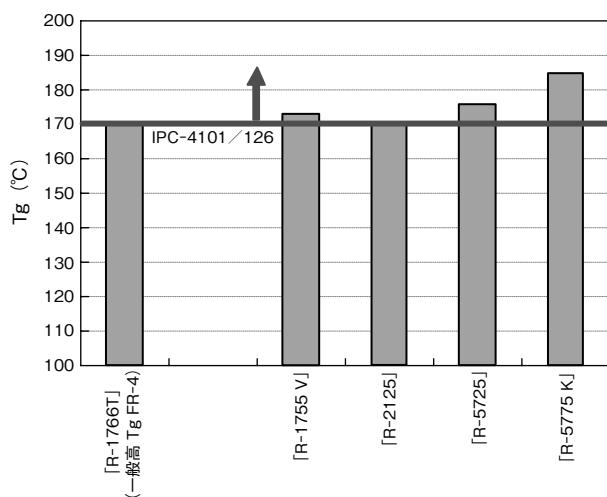


図8 各種多層材料のT_g (by DSC)

●注

* 1) MEGTRON：パナソニック電工（株）の登録商標

*参考文献

- 1) Edward A. Wolff, Roger Kaul : Microwave Engineering and System Application, p. 209-210 (1988)
- 2) 古森 清孝, 橋本 昌二, 西野 充修: 伝送特性に関する計算値と実測値との比較, エレクトロニクス実装学会 超高速高周波エレクトロニクス実装研究会 第3回公開研究会論文集, Vol. 5, No. 3, p. 23-24 (2005)

◆執筆者紹介



古森 清孝
電子基材事業部



田宮 裕記
電子基材事業部