

# 低伝送損失基板用低誘電・高接着ポリイミド樹脂「PIAD®」



研究開発本部 機能性材料事業 PI グループ  
田崎 崇司 TASAKI TAKASHI

この要求に応えるべく、当社は新規ポリイミド樹脂「PIAD®」を開発した<sup>3)</sup>。当樹脂は低誘電率、低誘電正接、高耐熱、高接着性を特徴とする。それに加え溶剤可溶型であるため加工性も良好である。当稿では、車載向け等で今後よりニーズが高まることを見据え、他成分との相溶性、耐熱性、接着性の向上を目指して開発した各種グレードの樹脂特性に加え、応用例の一つとして、高速伝送フレキシブル基板としての評価結果について紹介する。

図1に、「PIAD®」のポリマー構造の概要を示す。

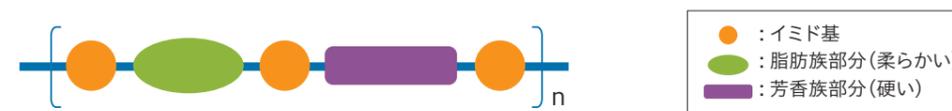


図1 当社ポリイミド樹脂「PIAD®」構造概要

## 1 はじめに

通信技術、情報処理技術の発展により、今後は人同士からM2M、IoTと称される機械やモノ同士の通信が、本格的に展開されることが予想され、5Gでは想定される膨大なデータ量进行处理する為、6GHz以上の高周波数帯の利用が考えられている<sup>1)</sup>。

自動車用途でも、自動車同士の衝突事故を回避する車載レーダシステムとして、60/76GHz帯レーダの利用が進んでいる<sup>2)</sup>。様々な用途でGHz帯の信号を用いる事が前提であり、今後デバイスには高周波信号対応が求められ、デバイスの構成要素の一つであるプリント配線基板(PCB)も同様である。PCBにおける高周波対策とは、伝送損失への対策と同義といえる。回路を流れる伝送信号が高周波化するにつれ、伝送損失は大きくなる傾向にあり、対策が必須となる。伝送損失は、PCBを構成する導体(銅回路)に由来する導体損失と誘電体(回路周りの絶縁材料)由来の誘電体損失からなる。導体損失の対策としては導体表面を平滑化することであり、これまで伝送損失抑制の主な対策として挙げられていた。

一方、高周波対応を取るべき基板の用途が拡大するにつれ、誘電体(絶縁体)損失への対策も重要となってきており、絶縁材料として、低誘電率、低誘電損失の材料を用いることが対策となる。伝送損失対策として基板材料に低誘電材料を適用し、様々なプリント基板用途(パッケージ基板、メインボード、フレキシブルプリント基板)で検討が進められている。それに伴い、低誘電特性に加え、従来の基板材料と同等の加工性、物性(耐熱性、接着性、絶縁特性等)を兼ね備える材料の要求も高まっている。

## 2 樹脂特性

図2は「PIAD®」の外観を示している。製品形態はシクロヘキサノンなどの溶剤に溶解させた溶液である。一般的なポリイミドは、イミド化した状態では溶剤に不溶であるため、溶液で扱うには、ポリイミドの前駆体であるポリアミック酸の状態にしなければならない。しかし、ポリアミック酸溶液は、室温で放置すると分子鎖が切れ、低分子量化するため、保管時は冷凍状態にする必要がある。一方、「PIAD®」は、イミド基が形成された状態で溶液化されているため、安定性に優れており、室温でも1年以上保管可能である。また一般のポリアミック酸と異なり、高温焼成が不要で、かつジメチルアセトアミド(DMAc)などの乾燥が困難な溶剤ではなく、トルエン、シクロヘキサノン、酢酸ブチルなどの比較的低沸点の溶剤に可溶であるため、一般的なPCB材料の溶剤乾燥プロセスに適している。



図2 当社ポリイミド樹脂「PIAD®」性状

「PIAD®」の各グレードの諸物性を表1に示す。ポライミド骨格を有するため、いずれのグレードも5%熱分解温度(重量減少温度)が400℃以上と高く、耐熱性に優れている。誘電特性については、低誘電材料として有名な液晶ポリマー(LCP)相当であり、LCPより低い誘電正接を発現するグレードもある(PIAD130H)。また吸水率も0.3~0.6%と、従来のポライミド(1%以上)よりも低い数値を示している。

PIAD300は他グレードと比較して誘電正接がやや高いものの(0.003)、軟化点は140℃と最も高く、耐熱性に優れる。したがって、車載向け等で今後さらにニーズの高まりが予想される高耐熱フレキシブルプリント基板用途への展開が期待できる。

試験項目	単位	PIAD100H	PIAD200	PIAD130H	PIAD150L	PIAD300	
最大点応力	MPa	4.3	21.9	6.9	10.7	13.5	
破断点伸度	%GL	100<	3.9	100<	100<	2.5	
弾性率	GPa	0.08	0.66	0.14	0.41	0.73	
吸水率	%	0.6	0.3	0.6	0.3	0.4	
比誘電率(10GHz)	-	2.40	2.50	2.50	2.50	2.70	
誘電正接(10GHz)	-	0.0026	0.0020	0.0017	0.0023	0.0030	
重量減少温度	5%	℃	430	455	437	445	450
	10%		450	465	456	461	466
絶縁破壊電圧	kV/mm	40	42	47	52	47	
軟化点	℃	80	100	80	80	140	
特徴		柔軟性	耐熱性 他成分相溶性	低誘電正接 高接着性	低誘電正接 他成分相溶性	高耐熱性	

表1 「PIAD®」代表グレード物性一覧

### 3 用途例(高速伝送FPC用FCCL)

前述の通り近年の通信技術の発展は著しく、スマートフォンなどの移動通信端末で使用されるフレキシブルプリント基板(FPC)やそのコア材であるフレキシブル銅張積層板(FCCL)にも高速伝送対応が求められるようになってきている。そのため、FPC、FCCLに使用される絶縁材料(フィルム、接着剤等)にも、低誘電特性のニーズが高まりつつある。実際に近年、アンテナ、高速伝送ケーブル等の高速伝送FPCの絶縁材料に、従来のポライミドフィルムやエポキシ系接着剤に代わり、LCPが使用される例が出てきた。LCPは高耐熱性(熱分解温度300℃以上)、低誘電特性(誘電率3.0、誘電正接0.002)、低吸水性(0.1%未満)に加え、低線膨張係数(20ppm/℃未満)の特徴も有することから、今後用途拡大が予想される高周波FPCのキーマテリアルとして注目されている。半面、加工面(300℃以上)の要求レベルが高く、供給メーカーが限定される、低粗度銅箔への接着性が低いために導体損失抑制に限界がある等の課題があることから、LCPの代替材料、特にLCP-FCCLの代替材料のニーズも高まっている。

「PIAD®」は低誘電特性に加え、平滑金属への接着性に優れるため、高速伝送FPC用FCCLに適用可能と考えられる。そこで、「PIAD®」接着剤、一般ポライミドフィルム、低粗度銅箔により構成されるFCCLを試作し、評価を行った。

図3で示される組成で、接着剤液を調製した。「PIAD®」については、架橋成分との相溶性、耐熱性、接着性向上を意図して、200、130H、150Lの3種のグレードを混合して用いた。架橋成分としては、多官能エポキシ樹脂とフェノール系硬化剤の組み合わせを用いた。溶剤は、シクロヘキサノン、トルエン、メチルエチルケトンなどを所定の比率で混合し、固形分約30wt%の接着剤液を調製した。

当接着剤液、ポライミドフィルム(カプトン®EN、膜厚25μm、東レ・デュポン(株)製)、圧延銅箔(GHF5、表面粗さ(Rz):0.45μm、JX金属(株))を用いて、図4に示される両面FCCLを作製した。

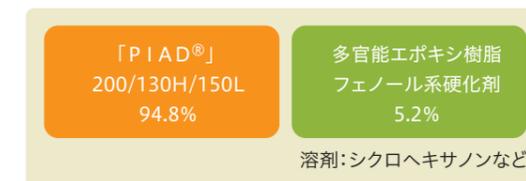


図3 FCCL用接着剤液組成



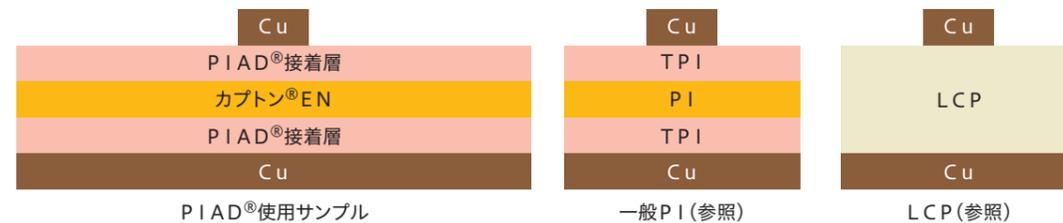
図4 FCCL評価用サンプル構造

このFCCLの諸物性測定結果を **表2** に示す。当接着剤層はRzが0.45 $\mu$ mと粗度が非常に小さい圧延銅箔に対する高接着性 (0.8N/mm)、低誘電率 (2.5)、低誘電正接 (0.003)、はんだ耐熱性 (288 $^{\circ}$ C) をいずれも並立していることが確認された。

項目	単位	数値
ピール強度 (90 $^{\circ}$ 、50mm/min)	N/mm	0.8
はんだ耐熱 (288 $^{\circ}$ C $\times$ 3min)	-	はんだ浴フロートで 発泡、膨れ無し
接着剤誘電率(10GHz)	-	2.5
接着剤誘電正接(10GHz)	-	0.003

**表2** FCCL試験評価結果

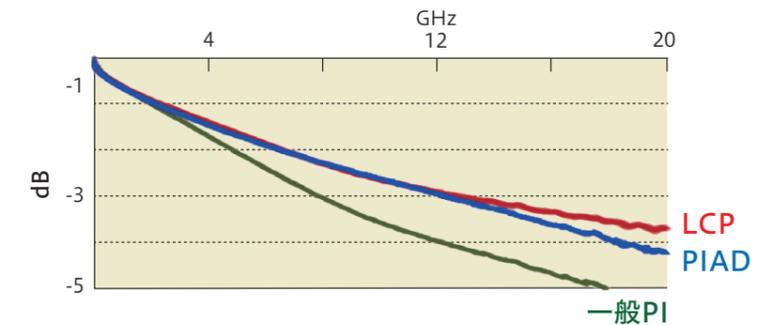
得られた **図4** の構造の両面FCCLと、参照として市販の一般的な熱可塑性ポリイミド (TPI) タイプ、LCPタイプの両面FCCLを用いて、それぞれの幅約100 $\mu$ m、伝送路長10cm、絶縁層総厚50 $\mu$ m、インピーダンスを50 $\Omega$ に合わせたマイクロストリップラインを形成した。各サンプルの構造を **図5** に示す。



絶縁層総厚: 50 $\mu$ m、回路幅: 100 $\mu$ m、  
伝送路長: 10cm、インピーダンス: 50 $\Omega$

**図5** 回路評価用サンプル構造

上記に記載した回路評価用サンプルを用いて、ネットワークアナライザにより伝送損失 (挿入損失、S21) の周波数依存性を測定した。測定結果を **図6** に示す。結果、「PIAD $^{\circ}$ 」を使用したサンプルは、伝送損失抑制という面で、一般ポリイミド (PI) 品より優れ、<20GHzであれば、LCP品と遜色無いことが確認された。



**図6** 伝送損失(挿入損失、S21)評価結果

この結果は、低粗度銅箔と低誘電特性と平滑銅への高接着性を兼ね備える「PIAD $^{\circ}$ 」接着剤を使用すれば、通常のポリイミドフィルムを使用したとしても、LCP並みの低伝送損失基板を製造可能であることを示唆している。もし実現すれば、一般のFPC加工プロセスが使用可能であるため、コスト面、供給面で大きなメリットが期待できる。

また以上の結果で示された低誘電特性、高接着性、はんだ耐熱性が評価され、「PIAD $^{\circ}$ 」はフレキシブルプリント基板用素材として、採用実績が出てきている。

## 4 おわりに

当社は独自のポリマー技術を駆使し、低誘電、高耐熱、高接着性を有する溶剤可溶型ポリイミド樹脂「PIAD®」を開発し、他成分との相溶性、耐熱性、接着性を向上させたグレードもラインナップした。当材料は、架橋成分、フィラーなどを組み合わせることで、PCB向け低誘電接着剤として有用である。また低誘電特性に加え、平滑銅箔との接着性にも優れていることから、銅箔用接着剤として用いることで、低コストかつ低伝送損失に優れた高周波基板を実現することが可能と考える。

なお高軟化点、高耐熱を特徴とするPIAD300は、車載向け等で今後よりニーズが高まることが予想されることから、高耐熱フレキシブルプリント基板用途への展開が期待できる。

### 参考文献

- [1] 研究開発の俯瞰報告書 情報科学技術分野(2015年) 科学技術振興機構 研究開発戦略センターシステム・情報科学技術ユニット発行 2015年4月
- [2] ミリ波高速無線伝送システムに関する調査検討会, “ミリ波高速無線伝送システムに関する調査検討報告書”, 総務省信越総合通信局発行, 2010年3月
- [3] JETI 2016年8月号 低伝送損失基板を実現する 低誘電・高接着ポリイミド樹脂「PIAD」