

低誘電・バイオマスポリイミド樹脂 「PIAD®」の低伝送用部材への適応

研究開発本部 ファイン・エレクトロニクス開発部 PI グループ

中村 太陽

Nakamura Taiyo

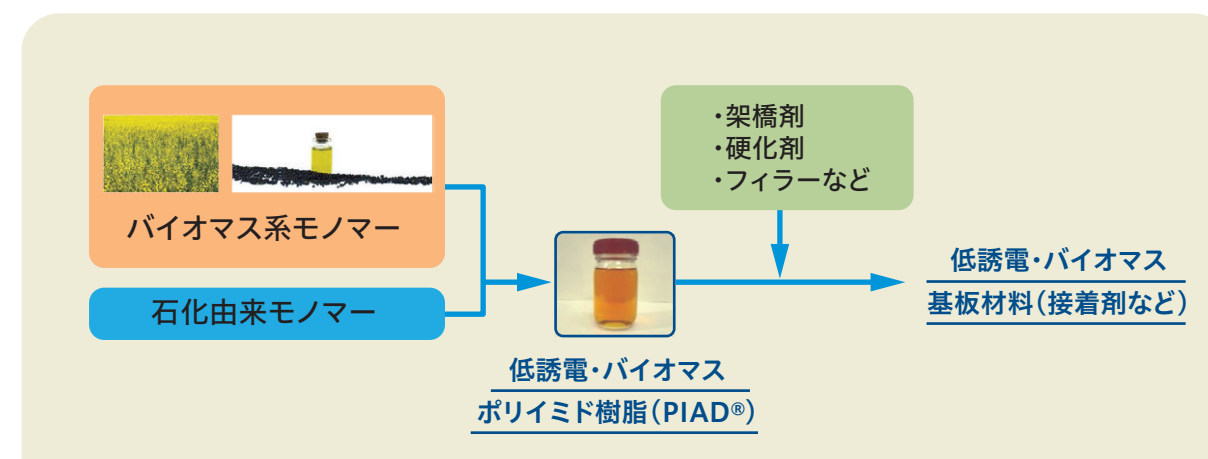


図1 当社「PIAD®」のバイオマス樹脂としての概念および使用例

1 はじめに

近年の生成AIの台頭や通信技術・情報処理技術の普及、先進運転支援システム(ADAS)／自動運転の発展により、膨大なデータ量进行处理の必要性が増している^{1), 2)}。そのため無線通信や車載用途など多岐にわたる分野でGHz帯の信号が利用されており、デバイスの高周波対応への要求水準が高まっている。それに伴いデバイスの構成要素の一つであるプリント配線板(PCB)にも同様の要求があり、PCBにおける高周波対策として伝送損失の抑制が強く求められている。伝送損失の要因としては銅回路由来の導体損失と、絶縁材料由来の誘電体損失が挙げられ、それぞれの低減対策として、銅箔の低粗度化および絶縁層の低誘電化が挙げられる。

当社が開発した溶剤可溶型ポリイミド樹脂「PIAD®」は低粗度銅箔への密着性や耐熱性、低誘電性に優れており、高周波フレキシブル基板向け材料として採用実績がある³⁾。加えて近年資源保全や環境負荷低減への関心の高まりから、資源の再利用化やバイオマス材料の利用などがCO₂排出削減の対策として考えられている。当社「PIAD®」においても一部製品において一般社団法人日本有機資源協会の「バイオマスマーク認定」を取得し、持続可能な地球環境と社会実現への取り組みを進めている。図1に当社「PIAD®」のバイオマス樹脂としての概念および使用例を示す。

当稿では「PIAD®」についての技術概要と、当材料を使用したフレキシブル基板での応用例を紹介する。

[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) ポスト5G/6Gに向けた材料開発指針 2024年3月号 低誘電・高密度ポリイミド「PIAD®」の物性と伝送損失評価

2 樹脂特性

図2に「PIAD®」の外観を示す。当社ポリイミドの製品形態はシクロヘキサノンやトルエ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、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、室温で放置しておくとも分子鎖が切れ、低分子量化するため、安定性が悪く、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の溶液であるため、安定性に優れており、室温でも1年以上保管可能である。また使用している溶剤も、一般のポリアミック酸で用いられるN-メチルピロリドン(NMP)やジメチルアセトアミド(DMAC)などの乾燥が困難な高沸点系溶剤ではなく、トルエンやシクロヘキサノン、酢酸ブチルなど、比較的低沸点であるため、300℃以上の高温焼成が不要であり一般的なPCB材料の溶剤乾燥プロセスに適している。

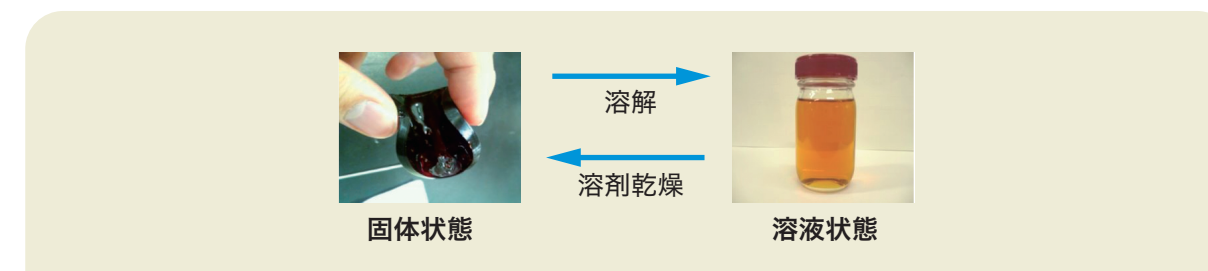


図2 当社樹脂「PIAD®」の形状、溶解性



ここで「PIAD®」各グレードの諸物性を **表1** に示す。ポリイミド骨格を有するため5%熱重量減少温度が400℃以上と高く、また吸水率も1%以下と、従来のポリイミド(2-3%)よりも低い数値を示している。誘電特性についてはいずれも0.0030を下回り、とりわけトルエンを主溶剤とするPIAD152H、252については0.0020以下でより優れた特性を有している。合わせて各グレードのバイオマス度は20-50%となっている。

試験項目		単位	PIAD®					備考
			150L	300	600	152H	252	
最大点応力		MPa	10.7	13.5	73.7	17.5	35.1	ASTM D882-97 IPC-TM-650 m2.4.19
破断点伸度		%GL	100 <	2.5	7.6	100 <	13.7	
弾性率		GPa	0.41	0.73	1.53	0.53	0.63	
吸水率		%	0.2	0.4	0.3	0.1	0.2	IPC-TM-650
比誘電率Dk(10GHz)		—	2.6	2.7	2.7	2.5	2.6	SPDR
比誘電正接Df(10GHz)		—	0.0023	0.0026	0.0026	0.0016	0.0017	
熱重量 減少温度	5%	℃	445	461	463	444	448	TG/DTA
	10%		461	476	479	457	460	
軟化点		℃	80	140	180	80	100	レオメータ
バイオマス度		%	50	20	20	50	45	*
主溶剤			シクロヘキサノン			トルエン		

*含有するバイオマス系モノマーの重量比より算出

表1 当社樹脂「PIAD®」の樹脂物性一覧

mPIは一般的なポリイミドの加工性や耐熱性を維持しつつ、課題となっていた誘電特性を改良した材料である。一方LCPIはその優れた低誘電特性(誘電率3.0、誘電正接0.002)、低吸水性(0.1%未満)を有するも、低粗度銅への密着性や加工性、供給メーカーが限定的などの課題がある。

当社「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にも採用されている。そこで、当社ポリイミド接着剤、mPIフィルム、低粗度銅箔により構成されるFCCLを試作、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、低誘電性に優れるトルエングレードであるPIAD252を選択した。また架橋成分には多官能エポキシ樹脂と多官能アミン硬化剤の組み合わせを用いた。溶剤はトルエン、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20wt%の接着剤液を調製した。

当接着剤液、mPIフィルムおよび低粗度銅箔を用いて、**図4** に示される両面FCCLを作製した。

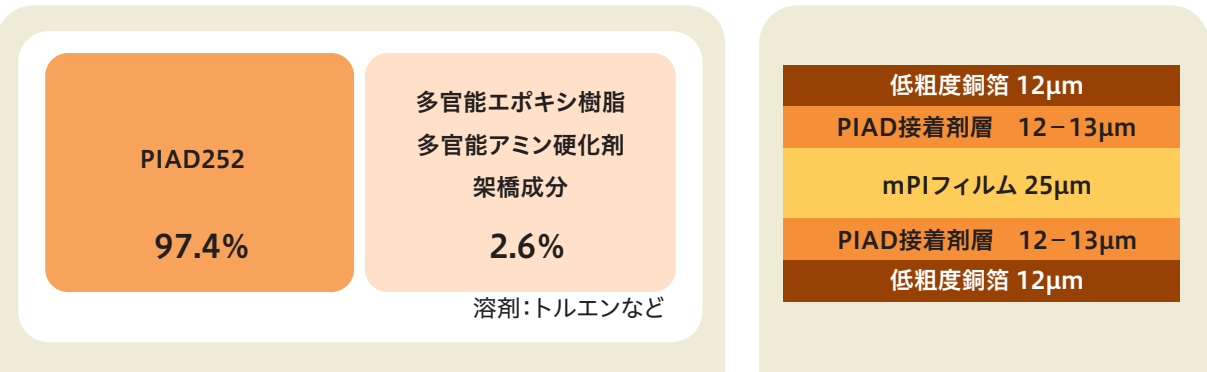


図3 FCCL用接着剤組成

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。当接着剤層は低粗度銅箔に対する高接着性(1.0N/mm)、低誘電率(2.5)、低誘電正接(0.0024)、はんだ耐熱性(288℃)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°, 50mm/min)	N/mm	1.0
はんだ耐熱(288°C×30sec.)	—	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)	—	0.0024

表2 FCCL試験評価結果

3 用途例(高速伝送FPC用FCCL)

前述の通り、次世代規格5Gに代表される近年の通信技術の発展は著しく、主に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、高速伝送対応が一層求められる。それに合わせてFPCやFCCLに使用される絶縁材料(フィルム、接着剤など)にも、低誘電特性のニーズが高まりつつあり、近年、アンテナ、高速伝送ケーブルなどの高速伝送FPCの絶縁材料として変性ポリイミド(mPI)や液晶ポリマー(LCP)が使用される例が出てきた。



得られた両面FCCLと、参照として市販の一般ポリイミド(TPI使用)タイプ、LCPタイプの両面FCCLを用いて、それぞれの幅 $100\mu\text{m}$ 、伝送路長 10cm 、絶縁層全体の厚みを総厚 $50\mu\text{m}$ 、インピーダンスを 50Ω 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。

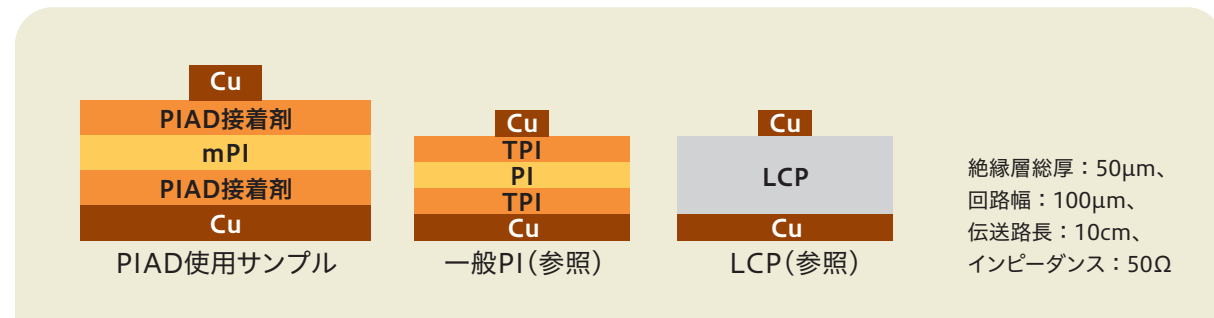


図5 回路評価用サンプル構造

上記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、 S_{21})の周波数依存性を測定した。測定結果を図6に示す。結果、当社ポリイミド使用サンプルは、伝送損失抑制の面で一般PI品やLCP品よりも優れていることが確認された。

この結果は、低粗度銅、mPIフィルムおよび低誘電特性と平滑銅への高密着性を兼ね備える「PIAD®」接着剤を使用すれば、LCPを上回る低伝送損失基板を製造可能であることを示している。現在では上記結果で示された特性が評価され「PIAD®」はFPC基板用材料として、採用実績が出てきている。加えて最近ではバイオマス材料としても「PIAD®」が注目されており、さらなる採用拡大が見込める。

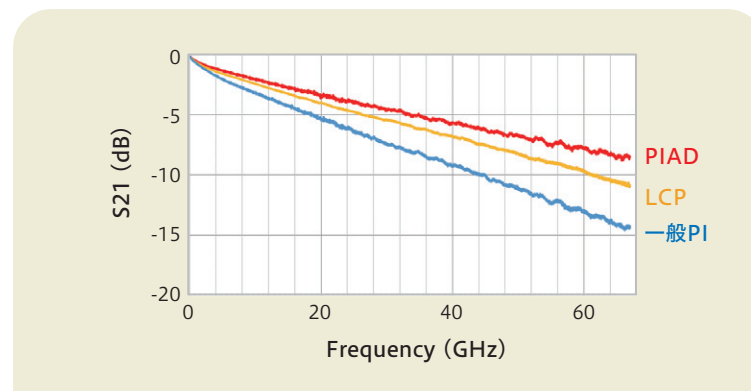


図6 伝送損失(挿入損失、 S_{21})評価結果

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®」を開発した。当材料はSDGsへの取り組みの一環として、一部製品についてバイオマス認証を取得した。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。