

5G 高速伝送用絶縁材料 ELPAC HC-F シリーズ

Insulation Material for 5G High Speed Transmission ELPAC HC-F series

電子材料事業部 先端電子材料部／四日市研究センター 先端材料研究所

1 はじめに

2010年台からスマートフォンなどの携帯無線機器や無線LANに代表される無線通信システムは、急速に発展、普及拡大し続けている。音声通話に加え、メール、画像、動画、インターネットが手軽に利用でき、データ通信の高速・大容量化が急激に進んでいる (Figure 1)。現在、4K/8K 映像伝送、IoT、VR、クラウド、自動運転への対応等高速・大容量化へのニーズが絶え間なく続き、急増するトラフィック対策、多種・多様なサービスやアプリケーションに向けて、5Gの普及が目前となっている。5Gでは、超高速伝送、大容量伝送、高信頼・低遅延通信、多重接続が検討されており、高速・大容量化通信を実現する手段として、広帯域 (UWB) が確保可能な6 GHz以上の高周波帯 (ミリ、サブテラヘルツも含む) の活用に注力されている。こ

のような高周波帯の活用は、これまでのインフラ、システム、モジュール、部材、材料まで大きなインパクトを与え始めている。特に、材料に注目すると、5Gで利用される高周波数領域では、回路配線や基板周辺での電気信号の伝送損失を抑えるために絶縁材料には低誘電率、低誘電正接が求められる。回路を流れる電気信号の伝搬速度は、絶縁材料の誘電率のルートに反比例し、低誘電率化が重要である (下記式1)。一方、伝送損失では、導体と絶縁体からの損失に分けられ、絶縁体の損失を抑えるには絶縁材料の低誘電正接化が必須となってきている (下記式2)。

・ 信号速度 \propto 光速 $\div \sqrt{\text{誘電率}}$ (1)

・ 伝送損失 = 導体損失 + 誘電損失 (2)

導体損失: 定数 \times 導体表皮抵抗 $\times \sqrt{\text{誘電率}}$

誘電損失: 定数 \times 周波数 $\times \sqrt{\text{誘電率}} \times \text{誘電正接}$

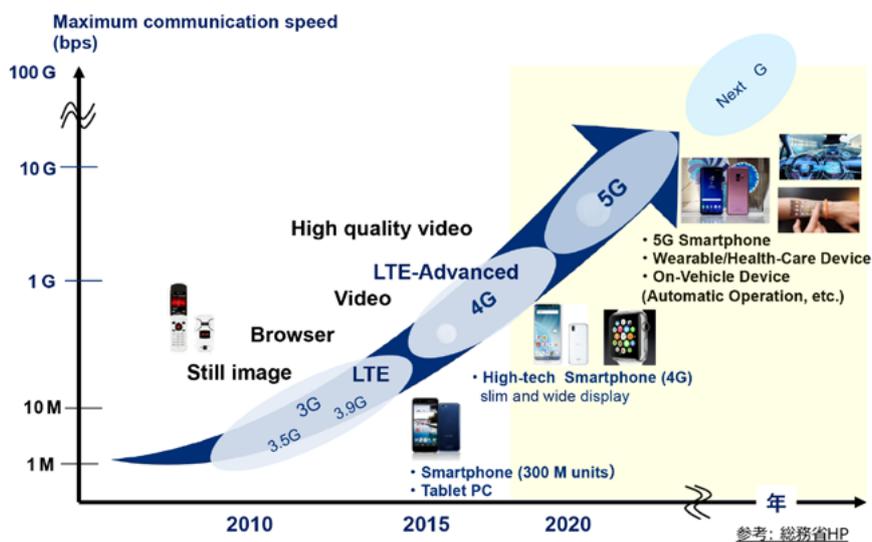


Figure 1 Mobile communication system and data signal speed.

2 低誘電率・誘電正接材料ELPAC HC-Fシリーズの開発

2.1 熱可塑性樹脂HC-F0001及び特徴

このようなニーズに対してJSRでは、独自の高分子合成技術により、芳香族ポリエーテルをベースとする耐熱低誘電絶縁材料“ELPAC HC-Fシリーズ”を開発した(Figure 2).

ELPAC HC-F0001 (以下HC-F0001)は熱可塑性を示し、耐熱性、低誘電率、低誘電正接及び金属や基板への密着性に優れたポリマーであり、溶媒への高い溶解性を示すことを特徴とする。化学構造的に通常環境では安定であり溶液状態でも保管による劣化なく使用できる。

2.2 熱硬化型樹脂 HC-F0502

HC-F0001は溶媒への高溶解性と共に他材料との相溶性

- Characteristic of HC-F0001: High heat resistance, High solubility, Adhesion
Low dielectric constant / low dielectric loss tangent

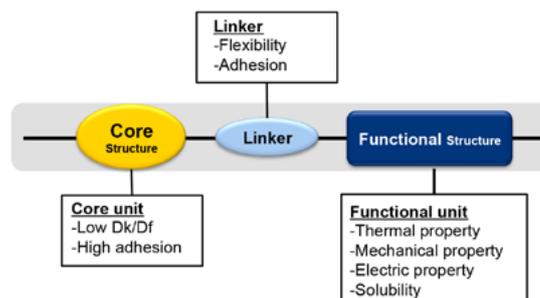


Figure 2 Basic design of HC-F0001: Thermoplastic polymer.

に優れており、他材料とのコンポジット化で物性を調整できる (Figure 3)。その中で硬化剤とのコンポジットに注目

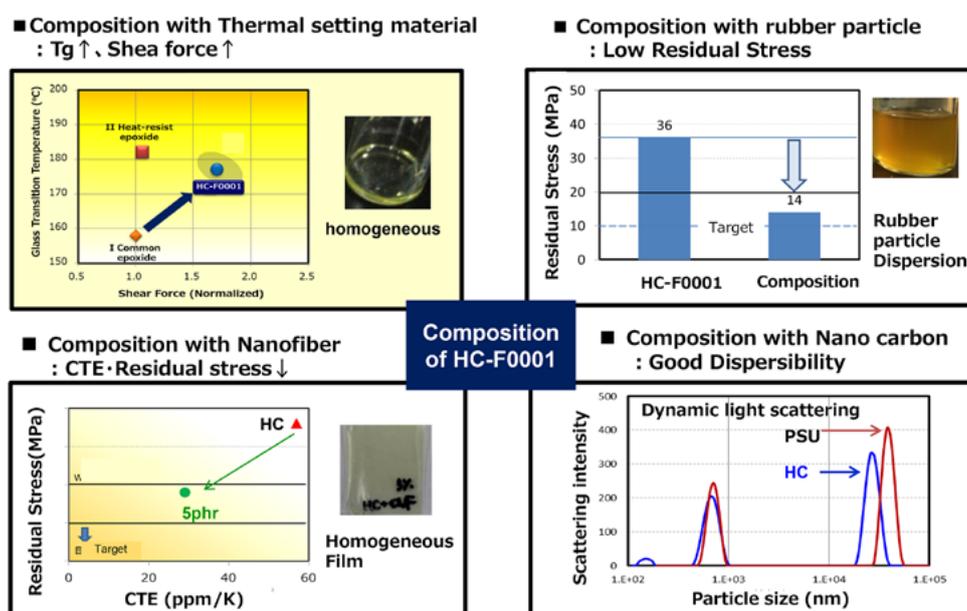


Figure 3 Improvement of properties by composite with HC-F0001.

Table 1 Properties of HC-F0001, HC-F0502 and New HC-F

Grade Name		HC-F0001	HC-F0502	New HC-F
Basic information	Type	Thermoplastic	Thermoset	Thermoset
	Cure condition	-	185 °C, 1h	185 °C, 1h
	Reactive group	Phenolic group	-	-
	Reactive group equivalent [g/eq.]	Approx. 45,000	-	-
Thermal property	CTE [ppm/K]	66	79(100-140 °C)	-
	Tg [°C]	206	168	151
	Td5 [°C]	447	365	394
Mechanical property	Modulus [GPa]	3.0	3.2	0.25
	Tensile strength [MPa]	62	86	20
	Elongation [%]	34	6	65
Electrical property	Dk/Df @10 GHz	2.46 / 0.0027	2.67 / 0.0059*	2.60/0.003
Water absorption	Water absorption [%]	0.3	0.7 (23 °C/24h)	<0.5
Flame retardance	VTM evaluation	Inflammable	Equivalent VTM-0	-

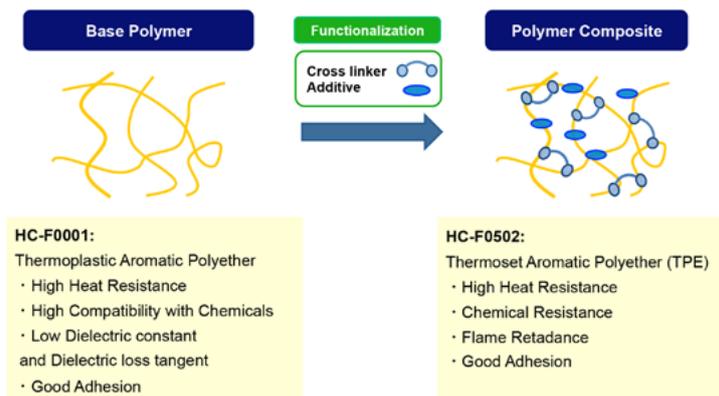


Figure 4 Basic design of HC-F0502: Thermosetting polymer.

して熱硬化型のELPAC HC-F0502 (以下 HC-F0502) をフレキシブル銅張積層板 (FCCL) 向けに開発し、量産体制を構築した。また、市場ニーズの低誘電正接化 (低 Df 化) に向けた New HC-F も開発した。ベースポリマーの HC-F0001, HC-F0502 及び New HC-F の材料特性を Table 1 に示す。

HC-F0502 は、ベースポリマーの特性を反映し、金属への高い密着性、耐熱性、低誘電率を保持しつつ、耐薬品性や難燃性を付与した (Figure 4)。硬化温度も硬化剤種に依存するも、200 °C 以下での反応を設計した。

3 HC-F0502 の性能評価

3.1 HC-F0502 の FCCL への適用

熱硬化型 HC-F0502 の B-ステージ (硬化前) は、120 – 160 °C の低い加工温度でパターン基板への埋め込みや平坦性が良好なラミネートの可能性を見出している。これは寸法精度やプロセスコストの観点から有利な特性と言える。そこで、HC-F0502 の特性を利用して、高周波向け FCCL 向け材料としての適用を検討した。高周波向け FCCL で用いる銅箔は、高周波信号が導体表層に流れる

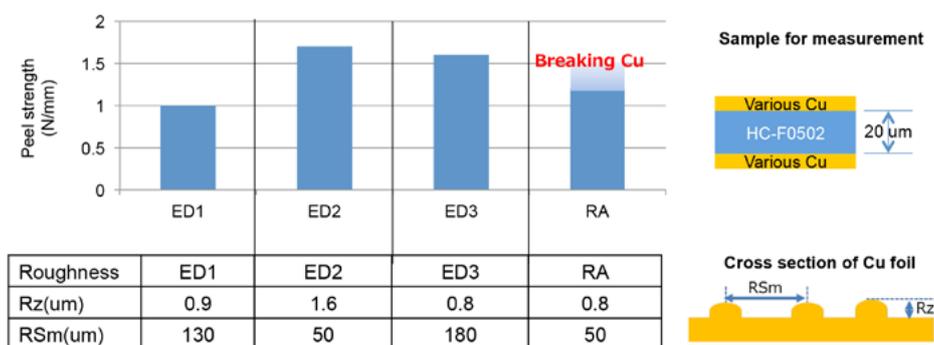


Figure 5 Adhesion between HC-F0502 and low profile Copper foil.

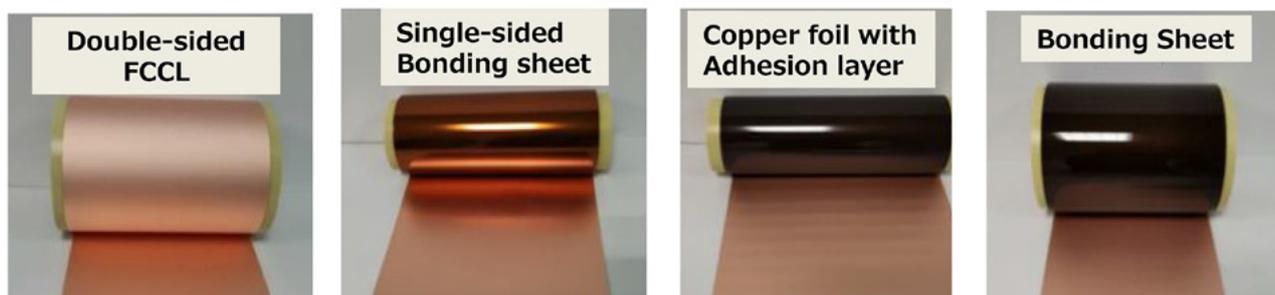


Figure 6 Application example of HC-F0502 (Double-sided FCCL, Copper foil with adhesion layer and bonding sheet).

ために伝送損失低減には、低粗度の表面が望ましい。しかし、絶縁層と銅箔の密着性を確保するためある程度の表面粗さも必要のために粗化処理をしないと十分な密着力が得られない場合もあるが、HC-F0502は、低粗度の銅箔に対して高い接着性を示す (Figure 5)。それにより高周波向けの Double-sided FCCL (両面FCCL) が作成できる。また、HC-F0502 コート銅箔や片面銅箔付きボンディングシートも作成した (Figure 6)。

3.2 FCCLの伝送損失評価

熱硬化型HC-F0502を用いたFCCLの伝送損失評価は、インピーダンスを50 Ωに合わせたマイクロストリップラインで評価した。Figure 7に示すようにHC-F0502を含むFCCL (1 mil = 25 μm膜厚) は、一般ポリイミドのFCCLに対して大幅に伝送損失を抑制でき、低誘電率であるLCP (液晶ポリマー) 対比で同レベルの特性を示す。

3.3 FCCLの加工性評価

HC-F0502を用いたFCCLの加工性について以下に紹介する。両面の配線導通用のスルーホールの加工にはUVレ

ーザーやNCドリルが用いられるが、材料によっては加工形状が平滑にならず伝送特性に影響することが課題となっている。HC-Fはいずれの加工方法でも信号伝送を妨げないなめらかな断面形状が得られ、その後の銅めっき加工でも均一で密着の良好なめっきが得られた (Figure 8)。競合材料であるLCPは加工性、プロセスコスト、銅箔との密着性に課題を有しており、LCP対比で加工性の観点で優位と考えている。

3.4 FCCLのイオンマイグレーション評価

FCCLを用いた多層配線基板では配線間にHC-F0502がある状態での絶縁性確保が必要となる。そこで絶縁性評価としてイオンマイグレーション評価を実施した。L/S = 25 μm及び50 μmの櫛歯基板上にHC-F0502を塗布、硬化した後、85 °C /85 %RHの環境下でDC50 Vの電圧を1000 hr印加したところ、試験終了まで10⁹ Ωの抵抗を維持することを確認した (Figure 9)。

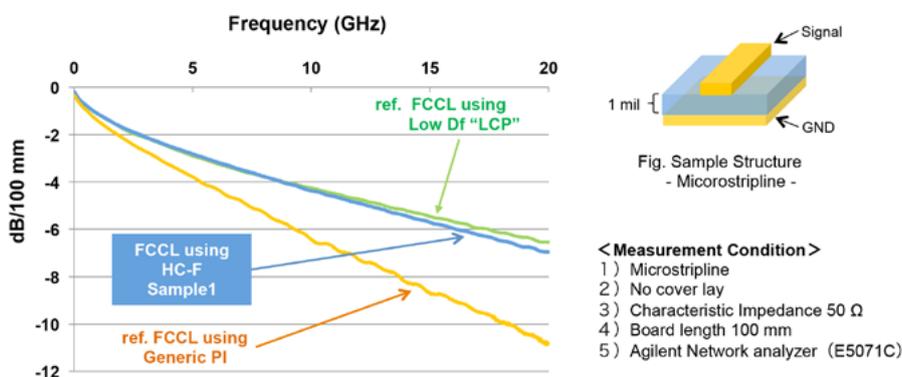


Figure 7 Transmission Loss of double-sided FCCL using HC-F0502.

- TH formation Process : ① UV Laser:355 nm → Dry desmear by Plasma or NC drill
② Black hole → Micro-etching → Cu plating

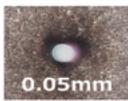
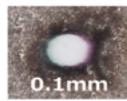
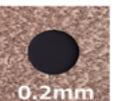
View	UV Laser		NC drill	
Top Down				
Cross Section				

Figure 8 Through hole formation of double-sided FCCL using HC-F0502.

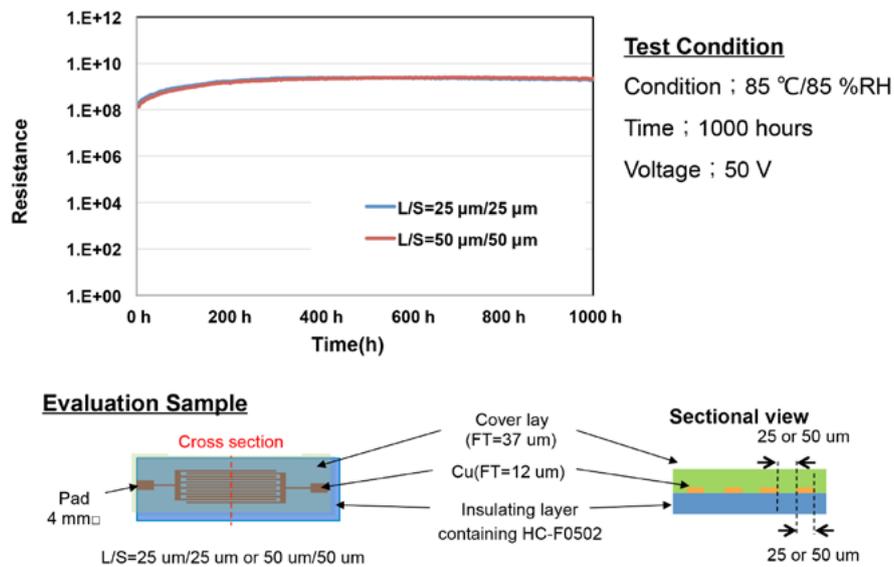


Figure 9 Ion Migration Test result of double-sided FCCL using HC-F0502.

4 まとめ

JSRは、独自のポリマー技術の応用により、5G高速伝送用絶縁材料“ELPAC HC-Fシリーズ”ELPAC HC-F0001及びHC-F0502を開発した。今後、高周波数帯の活用が急増する中、低誘電率・誘電正接材料開発及びアプリケーションへの適用が加速すると考えられる。材料開発では、誘電特性の向上に加え、容易な加工性、使用環境耐性、コストや供給性も同時に満たし、アプリケーション

にタイムリーに提供していくことが必要である。そのためにはJSRにおいてもHC-Fシリーズの展開や継続的な材料改良を進めていく。また、材料開発と並行して、デバイスを構成する各部材、表面処理や加工・プロセス技術の進歩・革新により、更なる低い伝送損失、簡単で容易な加工・処理法も含めて、高速・大容量通信技術の発展に貢献していくと期待する。