

産業界の技術動向

低損失なフッ素樹脂を用いた ミリ波アンテナ用プリント配線板の開発

住友電工プリントサーキット株式会社

代表取締役社長 赤羽 良啓

1. はじめに

近年、車両の衝突防止や車間距離制御を目的としたレーダ・高速通信、セキュリティや見守りなど各種の高性能センシングの用途において、ミリ波帯域の活用が急速に拡大しています（図1）。しかしながら、ミリ波は減衰しやすいため、この帯域のアプリケーションでは伝送ロスの低減やアンテナ利得の向上といった特性改善に関する課題が存在します。ミリ波帯域のレーダやセンサでは、主にプリント配線板上に形成したパッチアンテナが使用されており、上記課題を克服するためには、パッチアンテナ性能を向上できるプリント配線板が求められています。

当社では、ミリ波帯域で低損失を実現するフッ素樹脂を用いたミリ波アンテナ用プリント配線板“FLUOROCUIT®”を開発しました（図2）。フッ素樹脂は、樹脂材料の中で最も低い誘電率と低誘電正接を持ち、高周波伝送においては極めて低損失な材料として知られています（図3）。一方で、融点が高く、非粘着性であるために加工が難しいという課題もあります。当社のプリント配線板では、フッ素樹脂を誘電体として採用し、かつフッ素樹脂と銅箔の界面を平滑に接合することを実現しています。これにより、フッ素樹脂の低誘電特性のみならず、高周波伝送時の導体損失をさらに小さくできる特長があります。当社では、加工が難しいフッ素樹脂をプリント配線板に加工する技術を開発しました。さらに当社保有の高精細回路形成技術を組み合わせることにより、高周波帯域で高利得のアンテナ特性が得られるミリ波アンテナ用プリント配線板を実現することができましたので紹介します。

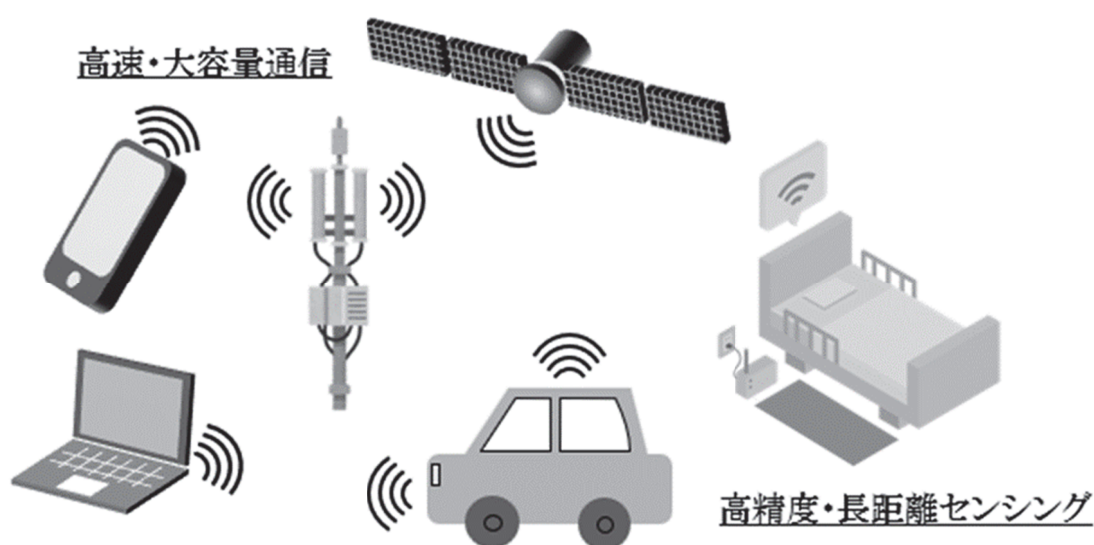


図1. ミリ波帯域の活用

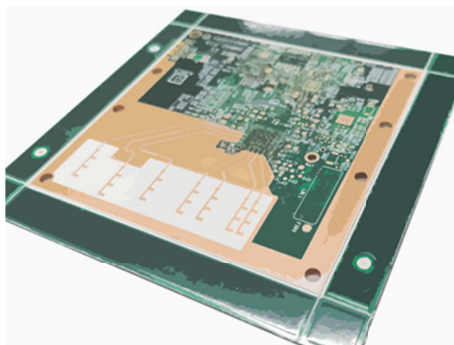


図 2. 高周波用プリント配線板 “FLUOROCUIT”

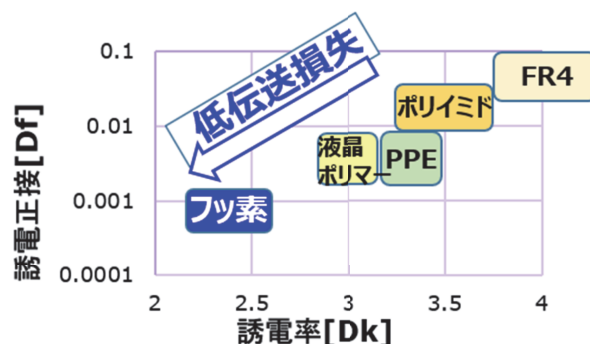


図 3. フッ素樹脂の誘電特性

2. フッ素樹脂を用いた低損失プリント配線板

プリント配線板上に配置された導体に高周波信号を流す際には、導体の表面近くに電流が流れる表皮効果と呼ばれる現象が発生します。図4に示すようにマイクロストリップ線路として設計された導体に高周波信号を流す場合、表皮効果によって導体と誘電体の界面の電流密度が最も高い状態となります。この表皮効果は周波数が高くなるにつれて顕著に現れます。

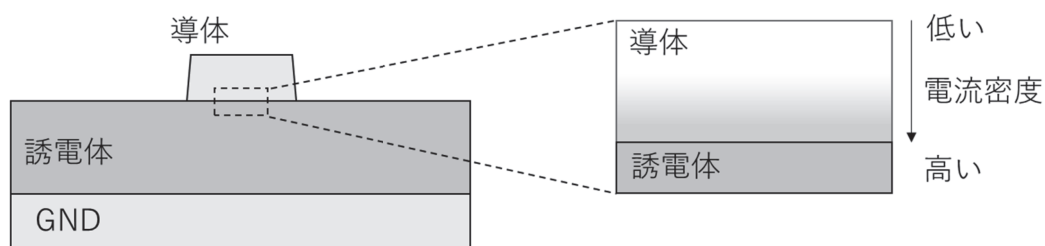


図 4. プリント基板上の導体に高周波信号を流した場合の表皮効果

非粘着性のフッ素樹脂上に導体を形成する場合、一般的には回路とフッ素樹脂の界面を粗面化することで導体と樹脂界面の接着強度を向上させ、プリント配線板に必要な接着強度を確保します（図 5a）。しかしながら、この粗面化は表皮を流れる高周波信号の劣化を招きます。

この課題を解決するために、当社では独自の加工技術を開発し、導体とフッ素樹脂の界面を平滑に保ちながら導体を形成することに成功しました（図 5b）。本技術を適用した当社開発品は、図 6 に示すように粗面化された導体を持つ従来品よりも大幅に伝送損失を向上させることができ、フッ素樹脂の性能を最大限に引き出した非常に低損失なプリント配線板となっています。

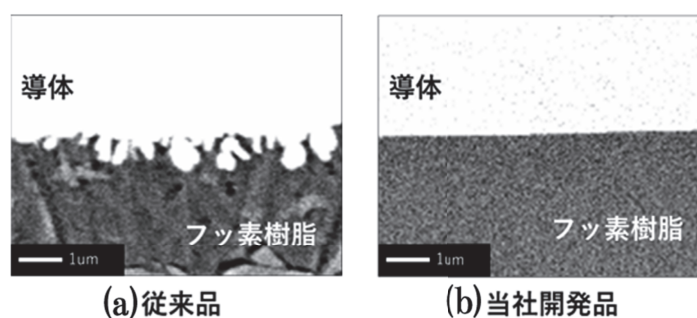


図 5. 導体とフッ素樹脂の界面における平滑性比較

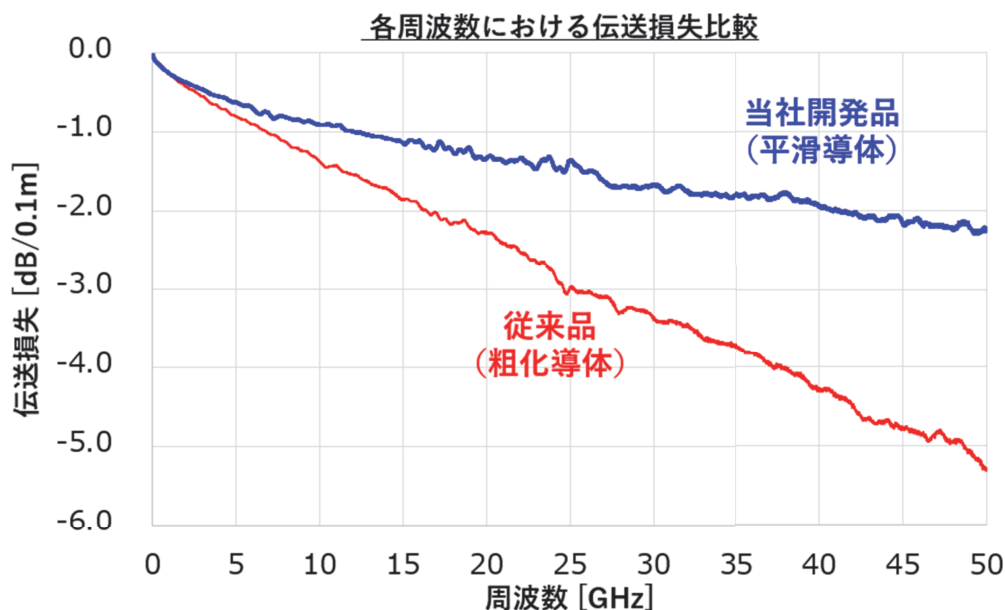


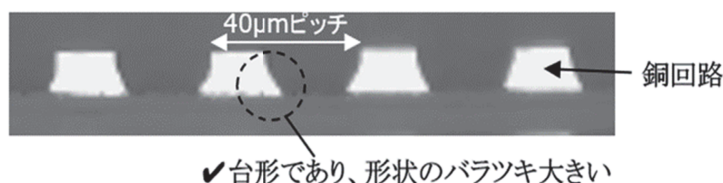
図 6. 平滑な導体を形成した当社開発品の伝送損失

3. ミリ波アンテナ用プリント配線板の製作と特性評価

当社で開発したフッ素樹脂を用いたプリント配線板にアンテナ回路を形成することで、アンテナ利得が大幅に向上する結果が得られましたのでご紹介します。

回路形成においては、当社がフレキシブルプリント配線板（FPC）製造で培ってきた高精細回路形成技術を適用することで、設計通りでバラツキの小さい回路やアンテナパターンを形成することが可能です（図 7）。さらに、当社は高精細回路形成技術だけでなく、材料技術、回路設計技術、高周波シミュレーション技術、高周波測定技術を有しており、様々な市場や顧客の要求に応える体制を整えています。

従来回路形成技術



高精細回路形成技術(当社)

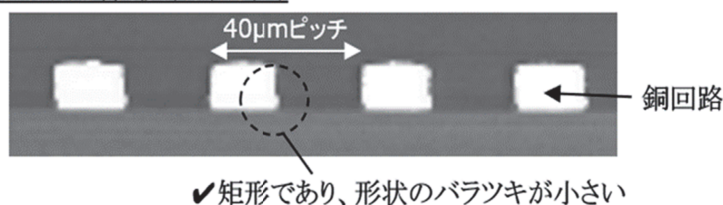


図 7. 高精細回路形成（断面図）

今回、高周波用プリント配線板で4素子パッチアレイアンテナを設計・作製し、28GHzでの放射特性を測定しました。その結果、一般的に多く用いられる高周波用プリント配線板（液晶ポリマー）と比較

して、高いアンテナ利得が得られました（図8）。また、得られたアンテナ特性はシミュレーション結果と高い整合性を示しており、設計通りの寸法・形状でアンテナ回路が形成できていることが確認されました（図9）。

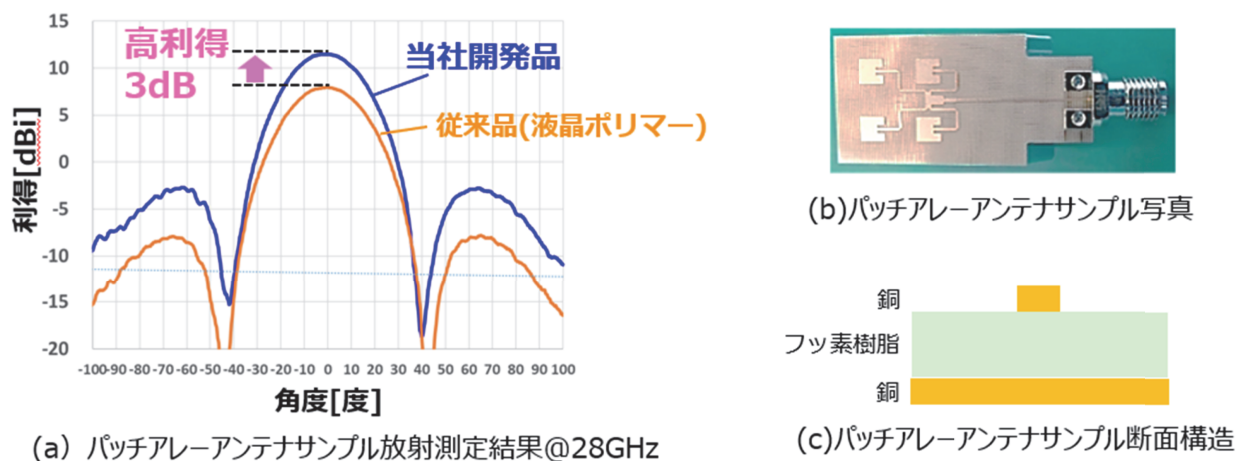


図8. 当社開発品のアンテナ特性

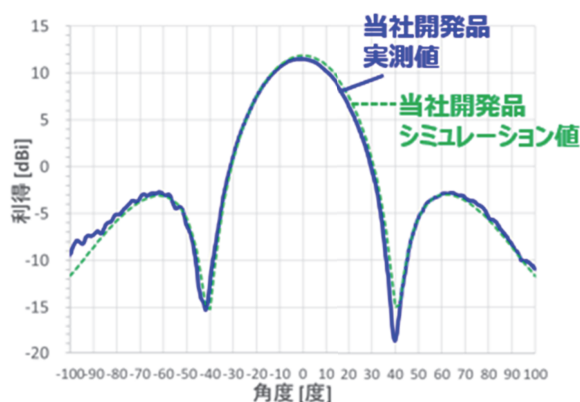


図9. アンテナ特性の実測値とシミュレーション値の比較 @28GHz

4. まとめ

当社は、通信・センサ市場において益々増大する高周波化ニーズを捉えるため、ミリ波対応のプリント配線板の開発を進めてきました。当社が開発したフッ素樹脂を用いたプリント配線板は、低損失で高利得のアンテナ回路を実現できることから、衝突防止用の車載ミリ波レーダ（図10）をはじめ、セキュリティ・見守りセンサ、バイタルセンサ、ロボット用検知センサなど、多岐にわたる応用が期待されます（図11）。さらに、レーダ・センサ分野にとどまらず、5G／6Gの高速通信向けに低損失の配線材料として、あるいは通信アンテナ用プリント配線板としても、活用が期待されます。

当社は、高周波用プリント配線板の開発・製造技術に加え、高周波対応設計技術、高周波シミュレーション技術、高精細回路形成技術、ミリ波帯域のアンテナ特性測定技術まで一貫した技術を有しており、お客様のニーズにワンストップでソリューションを提供することを目指しています。

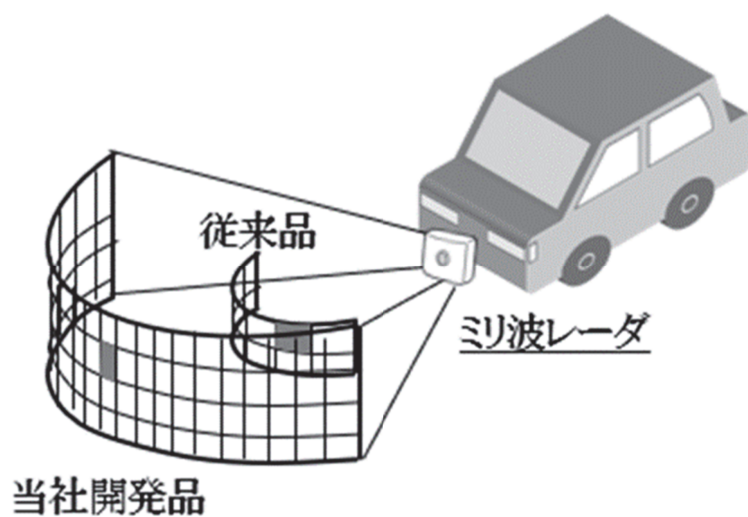


図 10. 車載ミリ波レーダへの応用

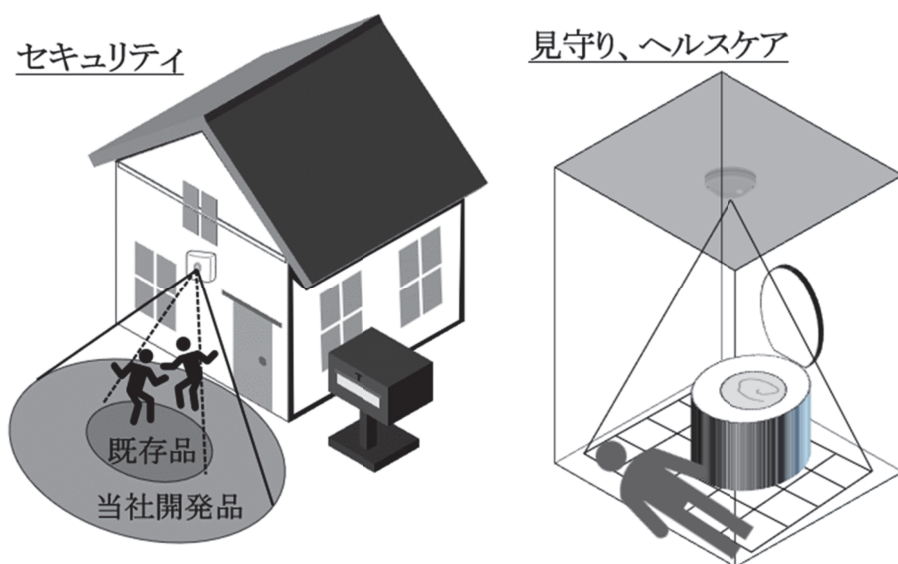


図 11. ミリ波センサへの応用