

# 1~10Gbps対応薄型 フレキシブルプリント回路

Thin Flexible Printed Circuit Supporting Transmission Rate from 1 to 10 Gbps

木谷 聡志\*  
Satoshi Kiya

森實 勝也  
Katsuya Morizane

内田 淑文  
Yoshifumi Uchita

高地 正彦  
Masahiko Kouchi

近年、電子機器における高速通信のニーズは高まっており、携帯電話などの無線通信やインターフェースでの高速化が急速に進展している。特に、携帯電話やタブレットに代表されるモバイル機器では、薄型化・軽量化が求められており、このような高速伝送領域にも、従来の同軸ケーブルの代替として、一部にFPCが使用されつつあり、当社でも高周波対応用のFPC開発を進めてきた。本稿では、特に市場ニーズが高い、USB3.0対応や4Gアンテナ用FPCでの伝送特性を検証し、FPC構造や材料設計の最適化を実施することで、本分野での製品化の可能性について実証したので報告する。

Due to the increasing demand for high speed communication in electronic equipment, rapid improvement is observed in data transmission rate through interface and wireless communication device. Particularly in the mobile device such as mobile phone and tablet PC, a thinner and lighter FPC is required. In such a high speed transmission field, a flexible printed circuit (FPC) has been applied in place of co-axial cable. From this kind of circumstance we have started the development of high speed FPC. We have verified the transmission performance of the in-house developed FPC supporting USB 3.0 and 4G-antenna by optimizing FPC structure and material, thereby demonstrate the application possibility of the FPC in the high speed transmission field.

キーワード：フレキシブルプリント回路 (FPC)、高速伝送、高周波、低誘電

## 1. 緒 言

近年、電子機器分野においては高速伝送ニーズが高まってきており、インターフェースやモバイル通信規格の高速化は、日進月歩の状況である。

住友電工グループでは、**図1**に示したように、光ファイバー、同軸ケーブル、FFC等、高速通信のニーズに応えるべく製品開発を進めてきたが、タブレットPCや携帯電話端末で

は、伝送経路が短く、かつ薄型化等のニーズが高まっていることから、一部分野では、高速配線としてフレキシブルプリント回路 (以下FPC) が使用されつつある。

今回、高速インターフェース規格であるUSB3.0用、および、モバイル第4世代通信規格に適合したアンテナ用FPCを開発したので、以下に詳細を報告する。

## 2. 高周波用FPCの概要

**図2**は一般的なFPCの層構成である。絶縁フィルムから成るベース基材上に導体回路を形成する。形成した導体回路を保護、または回路間を絶縁する目的で絶縁フィルムと接着剤が一体化したカバーレイと呼ばれる材料で回路を被覆した構成となる。このFPC構成の中において汎用的に用いられる材料は、ベース基材にポリイミドフィルム、カバーレイにはポリイミドフィルムとエポキシ系の接着剤である。多層板の場合は、2組のFPCの間に層間接着剤を貼り合せして多層化し、主にエポキシ系の接着材料が用いられる。

その絶縁材料は、**図3**に示すような誘電特性を持っているが、一般的なポリイミドフィルムは、リジット板に使用されるFR-4と比較して誘電特性に優れており、高周波に適した材料といえる。

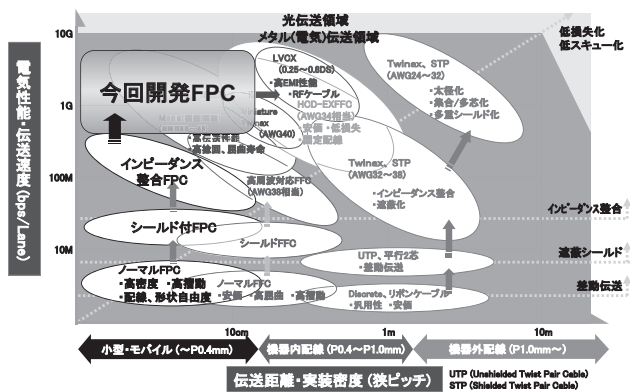


図1 機器内/外配線での配線長と伝送特性マトリックス

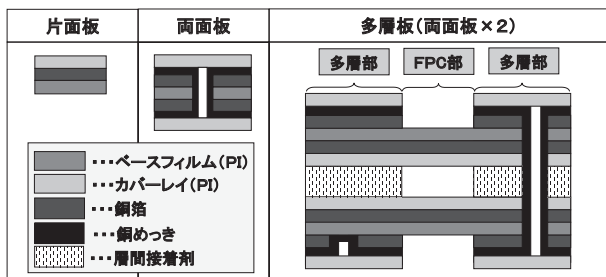


図2 一般的なFPCの層構成図 (片面/両面/多層板)

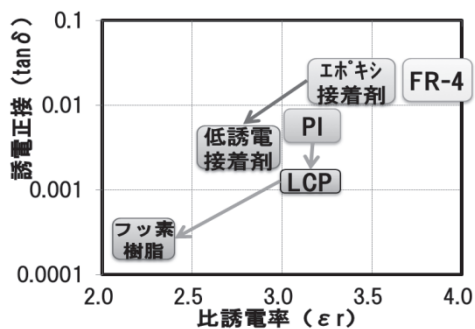


図3 絶縁材料の誘電特性 (ε, tan δ) 技術トレンド

### 3. 高速インターフェースへのFPC適用開発

従来、高速インターフェースとメイン基板との中継接続には、一部の用途を除き、同軸ケーブルや光ファイバー等が使用されてきた。これは、特に、ケーブル配線長が長くなることで、伝送損失が大きくなることが一要因であった。一方、図4に示したように、既に実用化されているUSB3.0やSATA3.0は、伝送レートが5~6Gbpsと高速インターフェースの中でも比較的低速であり、かつ、機器内での配線に使用される場合には配線長が30cm以下のため、FPCにて設計的にはカバーできる領域であった。更に、複数のイン

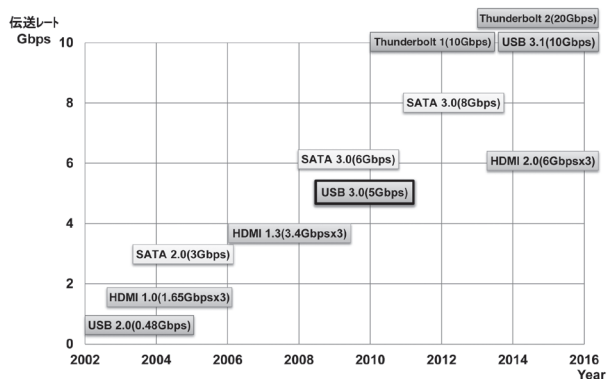


図4 高速インターフェース伝送速度ロードマップ

ターフェースの一体化配線や、タブレットPCを中心とした配線の薄型化等の潜在的なニーズがあった。

図5は、USB 3.0用の伝送特性評価用に試作した、FPCサンプルの外観である。本FPCでは、片端にはUSB3.0コネクタ、反対端には高速伝送用のZifコネクタを用いた構成となっている。全長は150mm程度としているが、FPCでの長尺化対応にはコスト面での制約もあり、当社の場合、両面FPC設計では最長270mm程度が限界であり、本サイズは現実的な製品イメージである仕様である。

特に、FPC化における課題は以下の2点があった。

- ①伝送損失 (挿入・反射特性) の改善、
- ②EMI (電磁波ノイズ) の対策

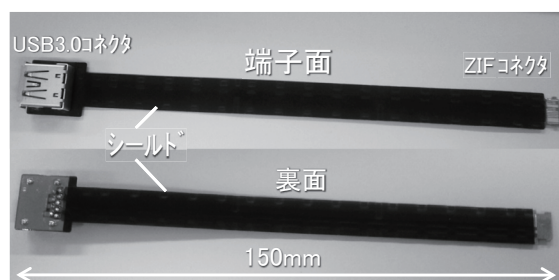


図5 USB 3.0用伝送特性評価FPCの外観

#### 3-1 伝送損失の改善

図6は、USB3.0用のFPC断面構造であり、差動回路の両端にGND配線を配置し、導体上下にはGND用のシールド材を片側/両側に配置した2種類の仕様がある。一般的に、電線における伝送損失の改善手法としては、芯線の導体断面積を拡大することが有効とされる。同様に、FPCの場合にも、FPC導体の断面積を拡大することで、伝送損失を低下できることが期待される。そこで、伝送損失に適合できる導体幅を、シミュレーション、VNAでのロス実測を行い最適化を実施した。図7は、これらの最適化評価によって得られたFPCの挿入損失、Eyeパターンの測定結果である。ケーブル配線におけるUSB3.0の損失規格に対して、150mm長FPCにて十分な伝送特性を確保できており、また、5Gbpsにおける、Eye開口についても、良好な結果を得た。

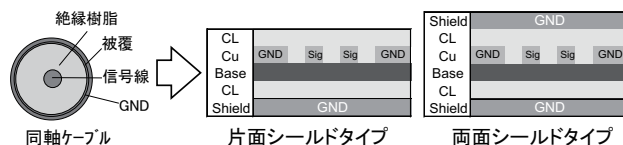


図6 USB3.0用FPCの断面構造 (両面/片面シールドタイプ)

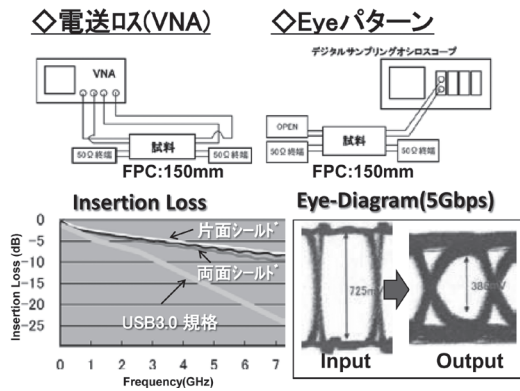


図7 USB3.0用FPCの伝送ロス/Eyeパターン測定結果

更なる伝送損失の改善に向けては、導体幅だけでなく、絶縁材・シールド材の材質変更も有効と考え、検討を実施した。絶縁材料としては、FPCに主に使用されるポリイミド ( $\tan \delta = 0.008$ 、以下PI) から誘電特性に優れる液晶ポリマー ( $\tan \delta = 0.002$ 、以下LCP) に、またシールド材料については蒸着金属タイプから低抵抗な金属箔タイプのシールド材料に材質変更して、伝送特性 (Eyeパターン) 評価を実施した。図8の通り、材料変更により、5Gbpsにて配線長400mmでも、Eye開口は確保できていることが判る。また、10Gbpsでの試験も実施したが、Eye開口の減衰 (Peak比率) を25%以上で判定した場合で、配線長200mmまで信号を流せることが判った。

( ) Peak比較

	Input	Output	
		200mm	400mm
PI / Normal Shield	5Gbps		
		191mV(28%)	NG(0%)
LCP / Low-R Shield	5Gbps		
		694mV(100%)	405mV(58%)
LCP / Low-R Shield	10Gbps		
		664mV(100%)	225mV(34%)
			NG(0%)

図8 材質変更 (絶縁+シールド) によるEyeパターン測定結果

以上の結果より、実用的な配線長である200mm前後のFPC配線長にて、FPC配線幅・材質の適正化により、USB3.0 (5Gbps) に留まらず、次世代規格のUSB3.1 (10Gbps) までの高速信号を、FPCにて対応可能なことが示唆された。

### 3-2 EMI (放射ノイズ) の対策

高周波帯域にてFPCを使用する、もう一つの課題はEMI対

策である。同軸ケーブルの場合には、芯線の周囲にGND導体のメッシュがあり、また、端末コネクタにもシールド設計が施されているため、EMI対策は万全である。一方、FPCの場合には、これまで、高周波帯域には使用されておらず、本対策は不可欠であった。中継ケーブル部分でのEMI対策では、従来FPCにおいても一部適用されているシールド材料が有効であり、シールド材の有・無での放射ノイズの抑制効果について検証を実施した。図9は、EMIテスターでの評価結果である。結果として、シールド材料をFPC上に付与させることで、信号線からの放射ノイズをほぼ抑制できていることが判る。

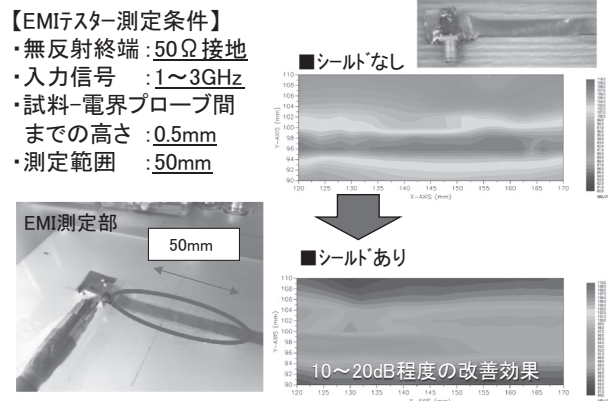


図9 FPC上へのシールド追加による、放射ノイズの改善効果

一方、コネクタ接点部のEMI設計については、PC等のセットメーカーでの明確な仕様がないため、コネクタメーカーと共同で本検証を実施した。図10は、汎用コネクタとEMI対応コネクタでの放射ノイズ比較結果である。従来コネクタでは、コネクタ接点周辺部での放射ノイズの拡散が大きいのが、EMI対応コネクタでは、接点部分を金属材のシールド缶で、

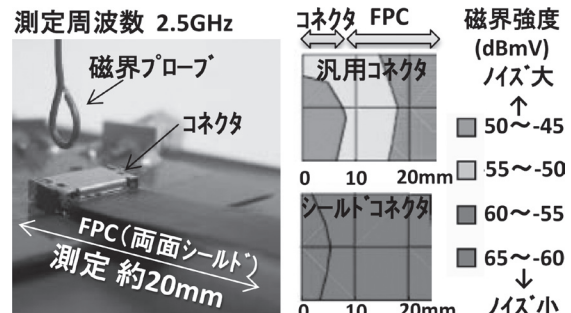


図10 EMI対応コネクタを使用したFPCでの放射ノイズ抑制効果

カバーしているため、コネクタ周辺部からの電磁波ノイズを、抑制できていることが判る。なお、本EMI対応コネクタでは、接合部分でのインピーダンス整合も可能であり、今後の高周波製品ニーズに対応していきたい。

#### 4. モバイル機器向け アンテナ用FPC

モバイル機器分野においても、近年、各モバイル機器メーカーの主力製品が折りたたみ式携帯からスマートフォンへと変化してきている中で、通信規格は第3世代(3G)、第4世代(LTE)と高速通信化が進んできている。それに伴い、電子部品にも高周波・高速伝送対応への要求が高まってきた。その一方で、スマートフォンは折りたたみ式携帯と比較して大容量バッテリーを搭載するため、モバイル機器分野においては高周波対応と合わせて省スペース化が求められてきた。図11にスマートフォン内部構造の概要を示す。従来、無線電波をアンテナFPCで受信した信号は同軸ケーブルを介してメインボードへと伝送されていた。モバイル機器の場合、この配線長は15cm以下が主であり、FPCに置き換えた場合でも設計的にカバーできる領域であった。当社はこの同軸ケーブルを多層板FPCへと置き換え、アンテナFPCと一体化させることで、高速伝送対応かつ省スペース化のニーズに応えられるアンテナ用FPCを開発した。

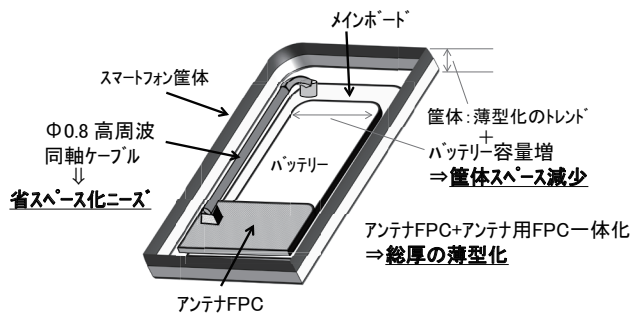


図11 スマートフォン内部構造概要

図12に同軸構造とアンテナ用FPCの断面構造図を示す。同軸ケーブルは信号が伝送される芯線の周囲を低誘電材料であるフッ素樹脂で被覆され、その外層部にGND導体を取る構造となっている。アンテナ用FPCも同様にして、外層部にGND導体、中心部に信号回路を配置する設計とすることで、65%程度の薄型化を可能にしている。

従来の多層板FPCにはポリイミド及びエポキシ系の層間接着剤を用いているが、ポリイミド及びエポキシ系接着剤を用いての高速伝送対応には誘電正接が大きく、ユーザーニーズに応えるためには伝送損失を改善することが大きな課題であった。伝送損失改善のために、開発したアンテナ用FPC

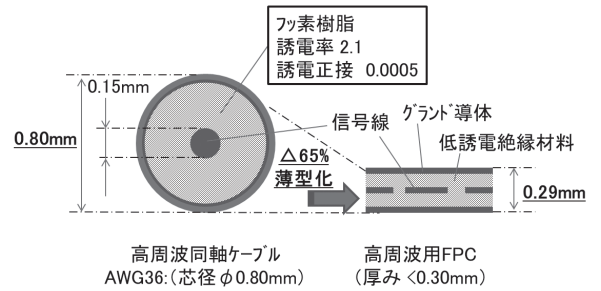


図12 アンテナ用FPC断面構造

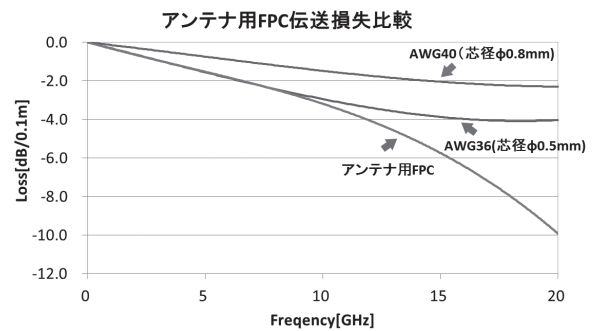


図13 アンテナ用FPCと同軸ケーブルの伝送損失比較

にはベース基材及び層間接着剤に低誘電材料を用い、材料構成の低誘電化を図ることで高速伝送対応を可能にしている。また、FPCの特徴である回路配置を自由に設計できることを活かし、高速伝送に適した回路配置とすることで伝送損失を改善している。図13に同軸ケーブルとLCPを用いたアンテナ用FPCの伝送損失比較を記載する。伝送損失としては、5GHzで-2.0dB以下と第4世代の高速通信に十分対応可能な伝送損失となっており、ユーザーニーズに十分対応できる高速伝送FPCとすることができている。今回開発したアンテナ用FPCによって、高速伝送に対応し、尚且つ省スペース化のユーザーニーズに対応することができる高速伝送用FPCが開発された。

#### 5. 結 言

高速伝送については、通信分野を中心にますますの高速化が要求されている。車載分野においても、ミリ波アンテナ用途を中心に高速デバイスが搭載されるなど、高周波用基板への潜在的ニーズが拡大しつつある。当社においても、本開発をベースに、次世代の高周波FPC開発をスタートさせており、新規分野への横展開を視野に入れながら、技術開発を加速させていく。

参 考 文 献 -----

- (1) 兼弘昌之、柏木修二、中間幸喜、西川潤一郎、荒牧秀夫、「当社のフレキシブルプリント回路事業の展開」、SEIテクニカルレビュー第172号、pp.1-6 (2008)
  - (2) 「LTEで始まるハードな戦い」、日経エレクトロニクス (2010.9.6)
  - (3) 「高周波技術の基本と仕組み」、著；小暮裕明、小暮芳江、(株)秀和システム
- 

執 筆 者 -----

木谷 聡志\* : 住友電工プリントサーキット(株)  
開発部



森實 勝也 : 住友電工プリントサーキット(株)  
技術部



内田 淑文 : 住友電工プリントサーキット(株)  
開発部 材料グループ長



高地 正彦 : 住友電工プリントサーキット(株)  
モジュール技術部



\*主執筆者