

プラスチックファイバと次世代高速インタフェースの話

松下電器産業 (株)
森倉 晋

<プラスチックファイバ (POF) って何?>

最近、家庭やオフィスで、インターネットやデジタル放送など、高速・大容量のネットワーク型サービスを楽しむ機会が増えました。このようなネットワーク型サービスを実現するためには、高速のデジタル信号を高品質のまま転送する縁の下の力持ちが不可欠であり、その1つとしてプラスチックファイバ (Plastic Optical Fiber: 略して POF (ポフと呼びます)) が注目されています。POFは、高速デジタル信号を転送するのに適した広帯域特性と優れた耐雑音特性を有していることに加えて、光信号を伝播する部分 (コア部と呼びます) の太さがガラスファイバ (Glass Optical Fiber: 略して GOF (ゴフと呼びます)) の20~100倍もあるため、ファイバ同士を容易に接続することができるためです。また POFは、ポリメチルメタクリレート (Polymethy Methacrylate: 略して PMMA) と呼ばれる安価でかつ柔軟な材料を利用して

いることも、家庭やオフィスへの導入を促進する要因になっています。各種光ファイバの断面の比較を図-1に示します。

<どのようなPOFがあるの?>

POFは構造上、コア部の屈折率分布が一般的なステップインデックス型 POF (Step Index-POF: 略して SI-POF) と、屈折率分布がコア部の中心から外向きに小さくなるグレーデッドインデックス型 POF (Graded Index-POF: 略して GI-POF) に分類されます。

SI-POFとGI-POFにおける光信号の伝播の様子を図-2に示します。

図-2に示すように、SI-POFでは、コア部の中心を伝播する光信号の伝播時間とコア部とクラッド部の境界で反射しながら伝播する光信号の伝播時間が異なるため、その結果として POF の出射端では光信号の波形が大きく歪みます。このため、SI-POFでは高速のデジタル信号を送信するのは困難であり、専ら制御信号やデジタルオーディオ信号など、比較的低速の信号伝送に利用されています。

一方、1994年に慶應義塾大学小池教授のグループが開発したGI-POFでは、屈折率分布が高いコアの中心部分を伝播する光信号の伝播時間と、屈折率分布が高い部分と低い部分をサインカーブを描いて伝播する光信号の伝播時間がほぼ同じになるため、POFの出射端でも光信号の波形はほとんど歪みません。このため、GI-POFでは高速のデジタル信号を送信することができるので、100Mbpsを超える非圧縮の画像信号や次世代の高速インタフェースとして有望なIEEE1394などを伝送する目的に適しています。

さらに最近では、コア部の屈折率分布を階段状にして、広帯域特性と量産性を両立させたマルチレイヤ型 (別名、マルチステップ型) や、1本のファイバに多数のコア部を収容して、曲げ半径がきわめて小さい場合でも損失の増加が少ないマルチコア型などが開発され、一部量産化されています。

POFを材料面から分類すると、前述のポリメチルメタクリレート (PMMA) と、将来の高速通信として有望なフッ素ドーブ (Perfluorinated: 略して PF) に分けられます。前者では、水素一酸素 (C-H) 振動の高周波成分による吸収損失が近赤外から可視領域まで存するため、通信に利用できる波長帯は570nm帯または650nm帯に限定されます。通常は、発光素子の応答速度や受光素子の波長感度特性などの観点から、高速通信では専ら650nm帯が利用されています。

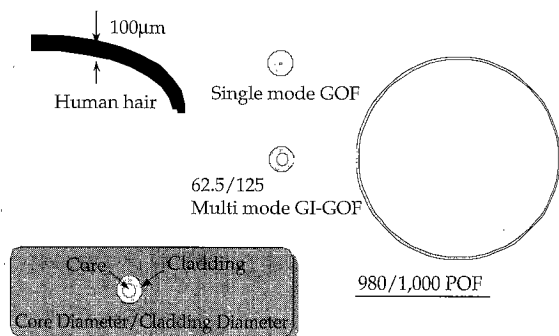


図-1 各種光ファイバの断面比較

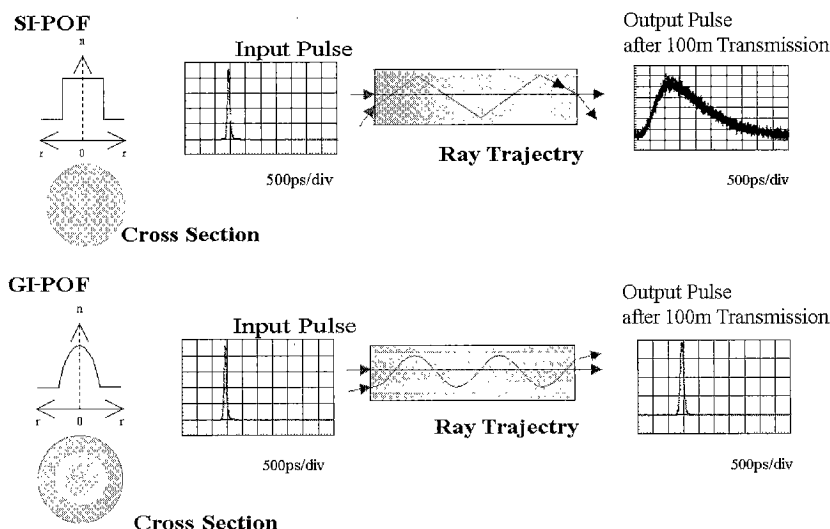


図-2 POFの構造と伝播特性

一方、フッ素ドープPOFでは、ファイバ中の水素分子をフッ素分子に置き換えることにより、分子振動による吸収を赤外方向へシフトさせることができるため、650～1,300nmの広い波長範囲に渡って損失を小さくすることができます。

各種POFの概要をまとめると、表-1のようになります。

材料	PMMA		フッ素
	SI	GI	GI
構造	SI	GI	GI
波長	650nm		650～1,300nm
損失	0.2dB/m (@650nm)		0.05dB/m (@1,300nm)
コア径	～1mmφ	～700μmφ	～200μmφ
帯域	<100MHz (@50m)	>1GHz (@50m)	>10GHz (@100m)
主な用途	自動車内ネットワーク	ホームネットワーク	オフィスネットワーク

表-1 各種POFの比較

<POF高速光伝送を支える要素技術は？>

POFを利用してデジタル信号を伝送するためには、電気的なデジタル信号を光信号に変換する発光素子と、発光素子を駆動する駆動回路、および受信時に光信号を電気信号に変換する受光素子と、変換後の電気信号を所定のレベル（TTLやECLなど）まで増幅する増幅回路が不可欠です。また、発光素子とPOF、およびPOFと受光素子を効率よく結合する光学技術もきわめて重要です。

発光素子としては、発光ダイオード（LED）と半導体レーザー（LD）、および面発光レーザー（VCSEL）が挙げられます。PMMA系POFを対象とする650nm帯LEDの場合、駆動回路を工夫することにより500Mbpsまでの高速駆動が可能です。一方、LDやVCSELでは、1Gbpsを超える高速変調が可能であるものの、温度特性の改善などが課題です。

受光素子としては、波長1μm以下の領域では、低コストなシリコンを材料とする素子を利用することができます。ただし、POFは大口径であるため、POFから出力

される光信号をレンズを使わずに効率よく電気信号に変換するためには、面積の大きい受光素子が必要になります。受光素子の面積が大きくなると、POFとの結合効率は改善されますが、一方で浮遊容量成分が増加するため、電気的な時定数の制限が顕著になり、その結果として広帯域でかつ低雑音の増幅回路を設計することが困難になります。このため、POF用光トランシーバを開発・製造するメーカー各社は、伝送速度や感度などを考慮して、レンズ系や増幅回路などの構成に工夫を凝らしてしています。

<次世代高速インタフェースへの適用と標準化>

これまでに説明してきましたように、GI-POFに代表される広帯域POFを利用することにより1Gbpsを超える高速のデジタル信号を100m程度伝送することができます。具体的には、650nm帯LEDとPMMA系POFの組合せで

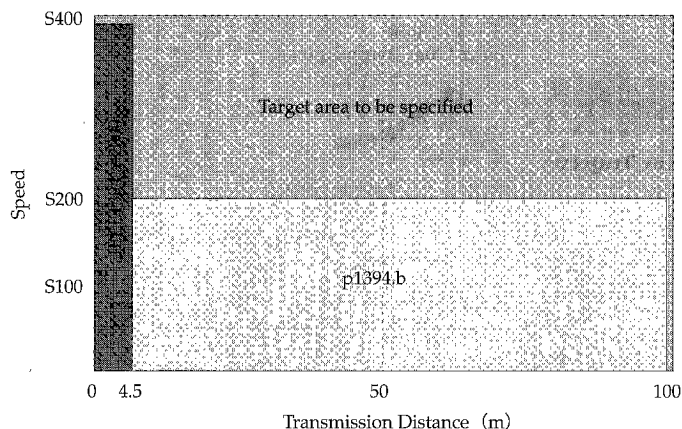


図-3 IEEE1394に関連する物理層の仕様

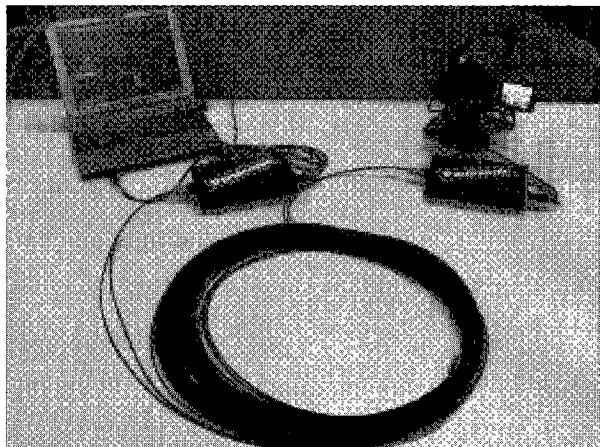


図-4 広帯域POFを利用した高速伝送実験

は500Mbpsを50m²⁾、同じ波長帯のVCSELとPMMA系POFでは1.2Gbpsを50m³⁾、850nm帯VCSELとPF-POFでは2.5Gbpsを550m、さらに1,300nm帯LDとPF-POFでは11Gbpsを100m伝送⁴⁾することがそれぞれ実証されています。このため、ATMやIEEE1394、さらには10G Ethernetなどの高速インタフェースへの適用が検討されており、すでに一部標準化されています。また、自動車用ネットワークへの導入も活発に検討されています。

ここでは、標準化活動の一例として、IEEE1394に関連する活動状況を紹介しましょう。図-3に、IEEE1394に関連する物理層の仕様を示します。

同図に示すように、現在標準化されているIEEE1394.a-2000では電気ケーブルを利用しているため、最大伝送距離は4.5mに制限されています。この距離制限を打破するため、業界団体であるp1394.bでは、POFに代表される光ファイバを利用して50～100mまでの長距離化を審議しており、今後正式に標準化される予定です。ただし、p1394.bではSI-POFを利用しているため、その帯域制限の影響により、伝送速度はS100（100Mbpsを意味する。8B/10B変換後の光信号の伝送速度は125Mbpsになる）とS200（同250Mbps）に限定されています。課題は、S400までの速度をカバーするPOF光伝送技術の開発・実用化と国際標準化です。

一方、(社)電子情報技術産業協会(略称JEITA)では、経済産業省の新規産業支援型国際標準化開発事業の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(略称NEDO)による(財)日本規格協会からの再委託事業として、広帯域POFを前提とする「情報家電機器間の相互接続性確保のための標準化」に取り組んでおり、活動の最終年となる2001年3月までに、IEC(International

Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議)へ、IEEE1394/S400をも視野に入れた高速POFインタフェースを提案する予定です。このPOFインタフェースを利用すれば、家庭やオフィスなどで必要な大部分の領域をカバーすることができるでしょう。

広帯域POFを利用した高速伝送実験の様子の一例を図-4に示します⁵⁾。

<POFの将来性は?>

上述のように、POFは広帯域性・接続の容易性・柔軟性に優れ、かつ安価な伝送媒体であるため、家庭やオフィス、自動車内などの比較的近距離でかつ高速のネットワークの構築に適しています。またPOFの生産量は、国内の主要3社で全世界の大半を占めており、併せて国内の複数のメーカーが、POF用光リンクの開発と製造に積極的に取り組んでいます。このため、日本から全世界に発信することができる基盤技術の1つであるといえます。実際、前述しましたように、広帯域POFを利用した高速インタフェースの国際標準化活動も活発に行われています。

今後は、住宅業界や自動車業界など、関連業界との連携を図りつつ、さらに技術開発や実用化および標準化が加速するものと期待されます。

参考文献

- 1) POFコンソーシアム編: プラスチック光ファイバ, 共立出版 (1997).
- 2) Numata, K. et al.: International POF Conference '99, PC3 (1999).
- 3) Takaoka, K. et al.: OECC'99, PD-4 (1999).
- 4) Giaretta, G. et al.: OFC'99, PD14 (1999).
- 5) Morikura, S. et al.: International POF Conference '00 (2000).

(平成13年1月16日受付)

