



プラスチック光ファイバ・導波路の低分散化と光インターコネクションへの応用

屈折率の微細制御でピコ秒のパルス劣化を短縮

石樽 崇明

慶應義塾大学大学院 理工学研究科
専任講師

研究の背景

インターネットがライフラインの1つとして定着しつつあり、1億人近い人々が携帯電話を所有している我が国では、「光ファイバ通信」は、ごく普通に聞かれる技術となった。しかしながら、1990年代初頭、携帯電話もなく、Windowsパソコンすら希少な時代に、本研究は「ギガビットを超えるコンピュータや家電製品の光ネットワーク」を提案して開始した。2008年を迎えた現在では、情報通信の主役となった光ファイバではあるが、携帯電話のような個人個人への大きな普及には至っておらず、さらには、ギガビットという膨大な通信速度を個人レ

ベルで使いこなしているわけでもない。その理由の1つに、 $1\mu\text{m}$ オーダーの精度で作られた石英(ガラス)製の光ファイバ、及び光部品類を実装して利用しなくてはならず、そのために機器類の価格も高止まりしている事実がある。本研究は、容易に取り扱うことのできる、プラスチック材料を母材とする光ファイバ、導波路を開発することにより、多くのユーザが、「光」を意識することなく、ギガビットを超えるネットワークを使いこなせる未来を目指して進めてきた研究である。

研究の成果

本研究開始以前、既にプラスチック光ファイバ(POF)・光導波路の開発はな

れていたが、性能面で、石英系に劣っていた。これに対して、本研究は、POFの通信速度に着目した。石英系ファイバと比較した際の、POFの最大の利点は、「大口径でも柔軟である」点である。大口径であるため、光部品、ファイバ同士の接続が容易になり、ユーザーフレンドリーなケーブルとなる。しかしながら、大口径ゆえに、既存の、階段状の屈折率分布を有するPOF(SI型POF)の場合には、図1(a)に示すように、「モード分散」と呼ばれる信号パルス劣化が大きく、高速通信が困難であった。このモード分散は、ファイバ中の屈折率分布の形状(ファイバの構造)に依存する。そこで、本研究では、プラスチ

図1 POFの構造と光信号伝送形態

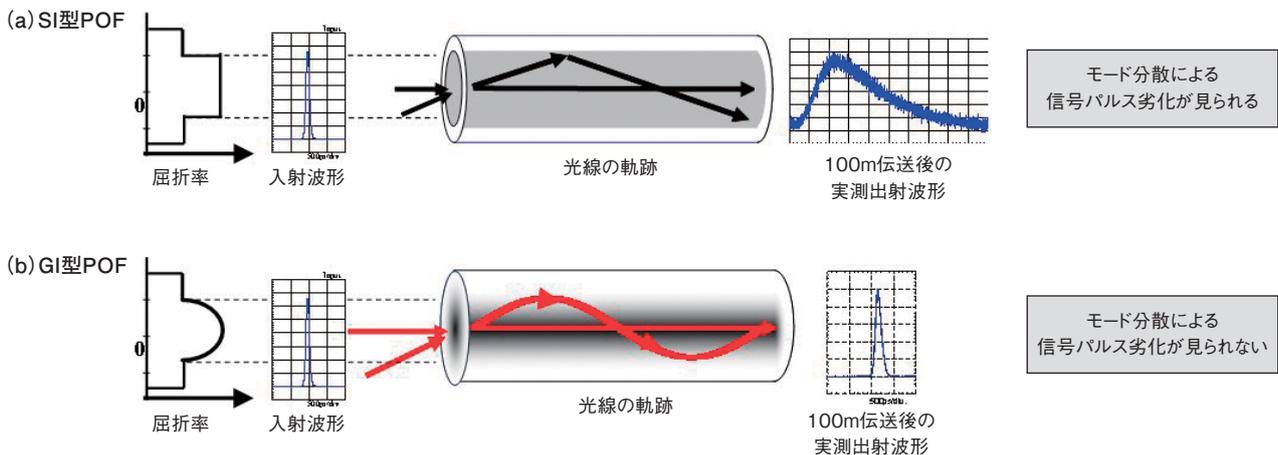




図2 筐体内インターコネクションのための
ポリマー並列光導波路 (PPOW) の断面写真

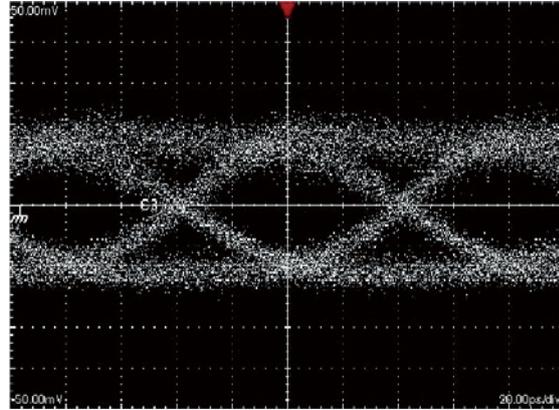


図3 12.5Gb/s 伝送実験時のPPOW 3m伝送後の
アイパターン信号波長は850nm

クの屈折率を高精度に制御する技術を確認し、図1 (b) に示す、放物線状の屈折率分布を有したPOF (GI型POF) の作製に初めて成功した。さらに高精度に屈折率分布の制御されたGI型POFでは、「材料分散」と呼ばれる、材料固有の信号パルス劣化が、その通信速度を大きく制限していることを理論的に導き出した。この結果をもとに、新たに、低材料分散性を有する「全フッ素化ポリマー材料」を母材としたGI型POFの検討を進め、試作された全フッ素化GI型POFにて、広い信号波長領域に渡り、パルス劣化をピコ秒オーダーで短縮することに成功した。これは、10Gbpsを大きく超える伝送速度に相当し、POFが石英系光ファイバの性能をも凌ぎうることを、理論面・実験面双方から初めて明らかにした結果である。

この様に優れた性能を有するGI型POFであったが、インターネットが普及した現在でも、個人レベルで10Gb/sもの高速伝送を必要とするサービスは存在せず、残念ながら、GI型POFのニーズは、それほど高まりを見せていない。反対に、その様な高速の通信速度が個人レベルで必要に迫られた時、ネットワーク上のルータやサーバ内部のバックプレーン、ボード間・内の通信 (インターコネクション) 速度がボトルネックになる。そこで、これら機器の『筐体内光インターコネクション』の実現を目指し、近年、新たにポリマー並列光導波路 (PPOW) を

提案した。これまでもポリマー光導波路の提案は数多くなされてきたが、それらは、SI型屈折率分布構造であり、さらに光信号の導波するコア領域が矩形形状をとっている。これに対して、本研究では、「光導波路に、上述のGI型POFの技術を取り込む」という発想を取り入れた。実際に、4チャネルの並列コアが円形形状であり、放物線状の屈折率分布を有するGI型PPOWを初めて試作した。このGI型円形コアによって、従来のSI型矩形コア光導波路と比べ、

1. 伝送損失の大幅な低減
2. 円形コアを有する光ファイバとの接続損失の低減
3. モード分散の低減
4. 屈折率分布による光電界閉じ込め効果による、並列コア間のクロストークの低減

が可能になり、高密度並列化が実現された。作製された4チャネルPPOWの断面写真を図2に示す。さらに図3には、このGI型PPOW中の1チャネルにて、12.5Gbpsの信号を3m伝送することに成功した結果を示す。従来の導波路では、伝送速度制限のために、10Gbps-1m伝送が最高記録であったのに対し、GI型円形コアPPOWの上述の結果は、大きな記録更新となった。

まとめ

インターネットからFTTHまでの普及は、これまで概ね順調に進められてきたといえる。今後、POFが浸透していくためには、競合するワイヤレスや銅線ネットワークに比べてのPOFネットワークの優位性、つまり「POF普及の必然性」が要求される。その中で、ハード面の基板技術として、超高速・超並列光インターコネクションの実現に期待している。PPOWにて機器類全体の情報処理速度が向上し、高精細動画像などの大容量コンテンツ授受を容易に可能とする機器類が汎用化することで、POF普及が進み、「光」を意識させない大容量ネット時代が到来することを期待する。