

# 最近の技術から

## ポリマー光ファイバー

小池 康博

慶応義塾大学理工学部応用化学科 〒223 横浜市港北区日吉 3-14-1

### 1. はじめに

近年 single-mode 型 (SM 型) のガラス光ファイバーが長距離幹線系に広く用いられ, Gbps オーダーの高速通信が現実に行われるようになってきた. さらに各家庭にまで高速情報を送り込む fiber to the home (FTTH), LAN を中心に高度情報化社会に向けての研究が行われている. 本稿では高速通信のためのポリマー光ファイバー (POF) について解説する.

### 2. マルチメディアと光ファイバー

現実にマルチメディア社会あるいは情報化社会といわれるためには, 各家庭まで含めた大規模な高密度情報ネットワークが必要とされる. しかし金属ケーブルを用いた高密度情報通信が理論的に難しいため, 現在は光ファイバーを用いた情報伝送ネットワークの構築が目標とされている (FTTH 構想). 光ファイバーであれば, 金属ケーブルをはるかに上回る情報伝送容量を確保できるの言うまでもなく, 材質がガラスやポリマーであるため軽量であり, かつ情報の信憑性, 秘匿性も高くなる.

しかし, 家庭内や LAN の領域への SM 型光ファイバーの敷設にあたって, 現在大きな問題に直面している. これは, コア径が  $5\sim 10\ \mu\text{m}$  と髪の毛よりも細い SM 型光ファイバーにおいては, 現在の技術では接続・分岐を行うための高精度コネクタが必要となるため, 端末領域では莫大なコストが要求されるのである. つまり SM 型光ファイバーを一般家庭までの情報伝送媒体として用いるマルチメディア構想の実現は, コストの面からみて難しいと言わざるを得ない.

そこで近年 POF を用いる

ネットワークに多大の注目が寄せられはじめてきた. その特徴は POF が安価なこと, コア径が  $500\ \mu\text{m}$  またはそれ以上であるため, SM 型光ファイバーで必要とされる LD とファイバー, あるいはファイバーとファイバーの接続での高精度コネクタやレンズ系をいっさい必要とせず, 極めて簡単に接続することが可能であることである.

ここで屋外の動脈に相当する幹線系長距離光伝送はシリカ系 SM 型光ファイバー, その他の毛細血管にあたる領域は POF で, というコンセプトが生まれる.

### 3. POF の特徴

POF は 1968 年デュポン社により初めて報告されたが, 当初は伝送損失が  $1,000\ \text{dB/km}$  と大きく実用には至らなかった. 以後, 主に日本の企業が低損失化に取り組み, 現在各社から市販されている POF の伝送損失は約  $100\ \text{dB/km}$  にまで改善された. しかし, 現在市販されている POF のすべてが step-index 型 (SI 型) であるため, 図 1 に示されるように, モード分散が大きく, その伝送帯域は金属の同軸ケーブルと同程度の  $5\ \text{MHz}$ .

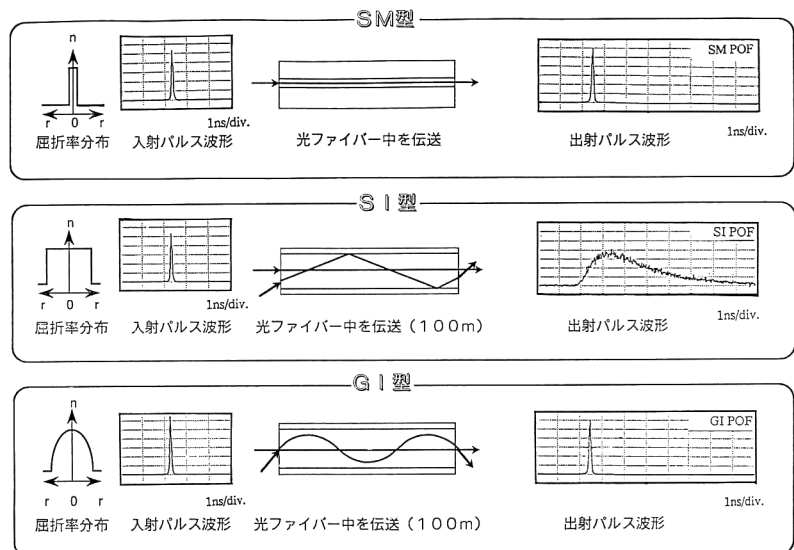


図 1 各種光ファイバーの模式図

km<sup>-1</sup>と狭いため、通信分野への積極的アプローチはされていない。

POFの最大のメリットである太いコア径と、広い伝送帯域を合わせ持つ光ファイバーとして、筆者らは1982年に初めてgraded-index型(GI型)POFを提案した<sup>1)</sup>。これは図1に示されるように、ファイバーの中心から周辺に向けて屈折率が徐々に減少していく分布を持たせることにより、モード分散を減少させたものである。開発当初のGI型POFの伝送損失も1,000 dB/kmと大きく実用に至るものではなかったが、近年新たに開発された界面ゲル重合法<sup>2)</sup>を用いることにより、100 dB/kmを下回る低損失・広帯域GI型POFの作製に成功した。この損失値はシリカ系光ファイバーに比べるとはるかに大きいですが、LANの95%以上が100m以内の伝送であるため、伝送損失の損失許容レベルを25 dBとするとPOFでも十分に伝送の実現が可能である。

実際の100m長における市販のSI型およびGI型POFのパルス伝送実験において、それぞれの出射パルスをフーリエ変換し、3 dB減衰する帯域を求めたところ、SI型が20~50 MHzであるのに対し、GI型はその400倍にあたる約20 GHzであった。また近年NECにて開発された高速赤色LD(650 nm)を用いた信号伝送実験<sup>3)</sup>では、図2に示されるように、100mの長さで2.5 Gbpsのアイパターン伝送に成功した(SI型では2.5 Gbpsの信号は全く伝送できなかったため250 Mbpsで実験を行った)。これらの実験結果から、GI型POFは現在提案されている高速マルチメディアの伝送容量をすべてカバーし得ることが示された。

#### 4. マルチメディアと POF

現在マルチメディアとして提案されている、種々のプ

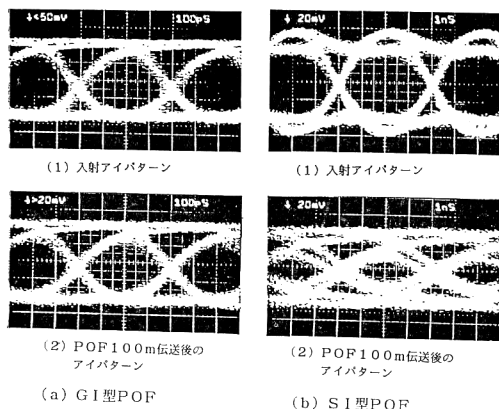


図2 各POFにおけるアイパターン伝送実験  
(a)のGI型では2.5 Gbpsの信号伝送、(b)のSI型では250 Mbpsの信号伝送。

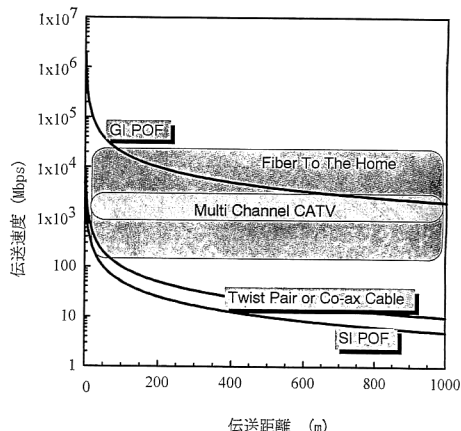


図3 マルチメディアで用いられる各種プロトコルの伝送帯域と各種伝送媒体の帯域

ロトコルで用いられる伝送速度と媒体の伝送速度との関係を図3<sup>4)</sup>に示す。横軸は伝送距離である。GI型、SI型POFのデータは、先の実験結果から見積もったものである。金属の同軸ケーブル、ツイストペア線のデータは、変調機能により高速化された値で見積もってある。このようにGI型POFは付加回路を全く用いていないにもかかわらず、同軸ケーブル、ツイストペア線に比べ、約1桁大きな伝送速度を有している。例えば、CATVで高画質のTV(HDTV)情報を伝送しようとする、1チャンネルあたり約30 Mbps以上の伝送速度が必要であり、100m以内の加入者系といえども、これらの情報をすべてカバーできるものは、GI型またはSM型光ファイバーのみである。しかしながらSM型光ファイバーは前述したとおり接続・分岐が問題となる。

#### 5. おわりに

以上のように、高伝送容量を保ちつつ、低コストな短距離伝送を可能にする伝送路として、GI型ポリマー光ファイバーが提案された。今後、研究者、メーカー、ユーザー等、産学を交えての研究開発に大いに期待する。

#### 文献

- 1) Y. Koike, Y. Kimoto and Y. Ohtsuka: "Studies on the light-focusing plastic rod 12: The GRIN fiber lens of methyl methacrylate-vinyl phenylacetate copolymer," *Appl. Opt.*, **21** (1982) 1057-1062.
- 2) T. Ishigure, E. Nihei and Y. Koike: "Graded-index polymer optical fiber for high-speed data communication," *Appl. Opt.*, **33** (1994) 4261-4266.
- 3) Y. Koike: "High-speed multimedia POF network," *Third Int. Conf. on Plastic Optical Fibers & Applications*, Yokohama (1994) pp. 16-20.
- 4) 石樽崇明, 二瓶栄輔, 小池康博: "高速光伝送ポリマー光ファイバーとそのシステムへの応用(Ⅲ)", 高分子学会予稿集, **43**, No. 3 (1994) 1052.

(1995年1月6日受理)