

広帯域プラスチック光ファイバー

高野 芳伸・渡邊 勇仁・塚本 隆志

Wide Bandwidth Graded-Index Plastic Optical Fiber

Yoshinobu TAKANO, Yuji WATANABE and Takashi TSUKAMOTO

Plastic optical fiber (POF) has some advantage over glass optical fiber. These are ease of connecting because of big size core diameter and flexibility of material. Asahi Glass Co., Ltd introduces perfluorinated GI-POF (brand name: Lucina) to the market. Lucina has unique characteristics as availability of wide wavelength from 650 nm to 1300 nm, low attenuation and high bandwidth. This paper introduces characteristics of bandwidth and new fiber connecting methods.

Key words: perfluorinated GI-POF, low attenuation, high bandwidth, connector, splice

近年の情報化社会がうたわれる中、光ファイバーによる高速情報通信網の整備が進められている。

プラスチック光ファイバー (POF) は、石英系ガラスファイバーに比べ可撓性、耐衝撃性、端面研磨性にすぐれ、大口径という特徴をもつ。それゆえ、安価なコネクタを用いて簡易な接続が可能である。

旭硝子では全フッ素光学樹脂¹⁾を用いたGI型POF (商品名 LucinaTM) の開発、商品化を行っている。従来のアクリル製POFに比べ低損失、広帯域で、すでにオフィスビル、マンションなどでギガビットLANの施工が進んでいる。本報では、LucinaTM の特性および新たな接続技術の評価結果を報告する。

1. 全フッ素GI-POF (LucinaTM)

POFの損失の要因を表1に示す²⁾。C-H結合を有するポリメチルメタクリレート (PMMA) ベースのPOFにおいては、近赤外領域での分子振動吸収のため、実質650nm波長帯しか使用できない。これに対して、水素原子 (H) をフッ素 (F) に置換した全フッ素樹脂においては、基本振動波長が長波長側にシフトするため、通信で通常用いられる650~1300nmで透明であり、広い波長領域で長距離伝送が可能となる。LucinaTM の素材である当社製全フッ素光学樹脂の構造は、図1に示すように水素原子 (H) のない全フッ素樹脂である。

その損失を他の光ファイバーと比較したものを図2に示す。650~1300nmの波長領域で大きな吸収損失は認められず、従来のPMMAベースのPOFと比べ低伝送損失を実現している。

2. GI-POF (LucinaTM) の伝送特性

GI (graded index) 型光ファイバーの伝送特性についての解析法は数多く提案されているが、その中でWKB (Wenzel Kramers Brillouin) 法を用いた解析を紹介する^{3,4)}。

GI型光ファイバーの屈折率分布は図3のような形状を呈しているが、式(1)で表されるコア部の屈折率分布において、 α を最適化することによりモード分散が抑制され広い伝送帯域をもたせることが可能になる。

$$n(r) = n_1 \{1 - 2\Delta(r/a)^\alpha\}^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 $n(r)$ は屈折率分布、 r は中心軸からの距離、 n_1 はコア中心の屈折率、 a はコアの半径、 α は屈折率分布係数、 Δ は以下の式で与えられる。

$$\Delta = (n_1 - n_2)^2 / 2n_1^2 \quad (2)$$

ここで、 n_2 はクラッドの屈折率である。

一方、屈折率分布の最適化によりモード分散の低減化がされた場合、材料分散の影響が重要になってくる。材料分散はファイバーを構成する材料の屈折率が波長に依存することと、使用する光源がスペクトル幅を有することによる

表1 POFの伝送損失要因.

内的要因	吸収損失 散乱損失	C-H結合振動吸収, 電子遷移吸収 密度・濃度ゆらぎ起因のレイリー散乱
外的要因	吸収損失 散乱損失	遷移金属不純物, 有機不純物, 水分 不純物(異物, 気泡など), ファイバー構造不整

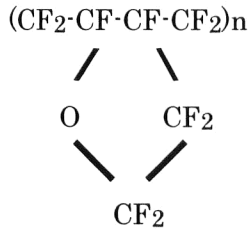


図1 全フッ素光学樹脂の構造.

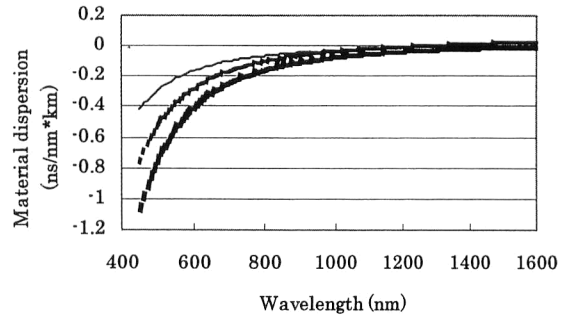


図4 各種材料の材料分散.

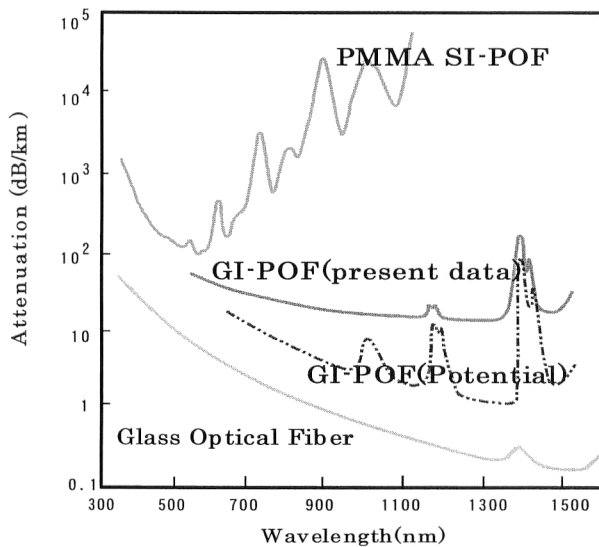


図2 光ファイバー損失特性.

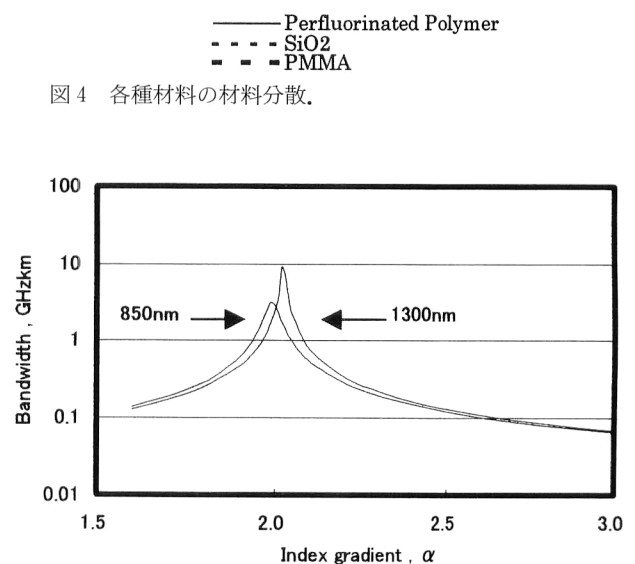


図5 Lucina™の帯域特性の計算結果.

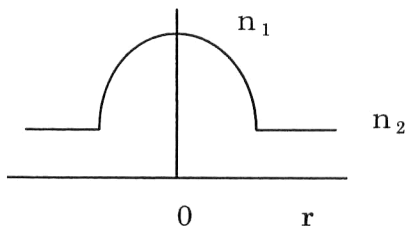


図3 GI型光ファイバー屈折率分布.

分散である。図4に、旭硝子製全フッ素光学樹脂と他の材料の材料分散を示す⁵⁾。

詳細な解析法は専門書にゆずるが、モード分散と材料分散を考慮した Lucina™ の帯域特性の計算結果を図5に示す。ここで光源の波長は850 nmと1300 nm, スペクトル幅は1 nmとした。

このように材料分散の小さい全フッ素光学樹脂を用いて、屈折率を最適化することにより、10 GHz km 程度まで帯域を高めることが可能となることが計算よりわかった。

なお、実際に成形された Lucina™ ファイバーの帯域は300 Hzkm 以上を満足している。

3. 接続技術

Lucina™ はプラスチック光ファイバーなので、石英系ガラスファイバーに比べ、可撓性、耐衝撃性にすぐれている。また、コア直径120 μm と太いので、ファイバーどうしを接続する際に、精度の低い部品を使うことができる。石英系ガラスファイバーの接続には、ジルコニア製フェルールを用いる。Lucina™ では、成形精度は劣るが安価な樹脂製フェルールを用いることができる。

Lucina™ は補強層を含むファイバー直径は500 μm あり、かつ可撓性がすぐれることを利用して、簡単な接続法が開発されたので報告する。

3.1 チャック固定式コネクタ

石英系ガラスファイバーは細く折れやすいので、端面研

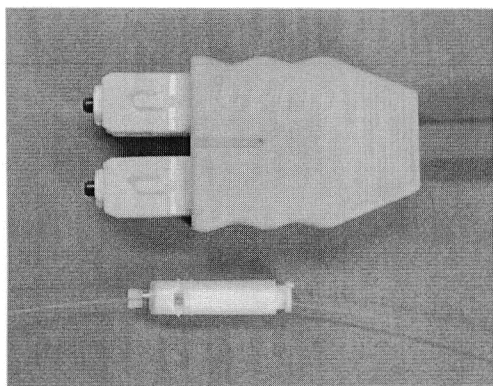


図6 Lucina™用チャック固定式コネクタ。 (上) 全体、
(下) チャック。

磨するには、光ファイバーをフェルルールに接着固定するとともに、光ファイバーの周囲を接着剤で固めたうえで研磨する必要がある。そのため、接着剤硬化のための加熱器、研磨装置が必要である。

図6に、今回開発したLucina™用チャック固定式コネクタを示す。Lucina™を1対の樹脂製チャックで挟んだうえ、金属リングとバネでチャックを押え固定している。研磨は、樹脂製フェルルール端から突き出たファイバーをカミソリで切断後、研磨シートなどで磨けばよい。Lucina™は研磨時に折れる心配がなく、端面を平滑にするのも容易である。2心コネクタの場合、組み立て、研磨合わせて3分程度で加工することができる。

3.2 メカニカルスプライス

Lucina™は、コネクタを使わず、光ファイバーどうしを直接つなぐこともできる。図7にメカニカルスプライスによる接続を示す。これはV溝上に2本の光ファイバーを並列、突き合わせて固定するものである。以下に工程を示す。

V溝をもった樹脂製の台と樹脂製蓋を、金属製クリップで挟んである。V溝両端は、光ファイバーを差し込みやすいようにテーパをつけた。台と蓋の間は、インデックスマッチング材を入れてある。

まず、接続するLucina™の端面を簡単に研磨する。インデックスマッチング材を用いるので、端面を鏡面に研磨する必要はなく、面の直角度が出る程度に研磨すればよ

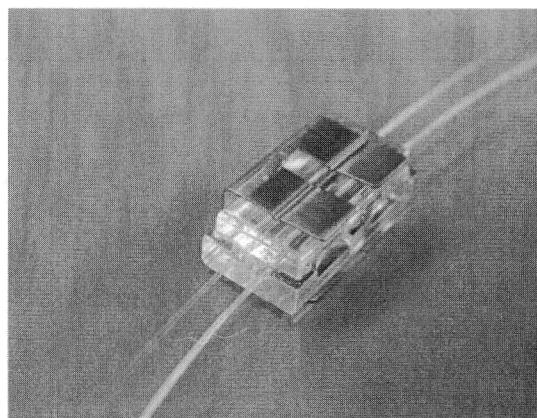


図7 メカニカルスプライス。

い。端面の荒れはインデックスマッチング材により埋められる。

次にLucina™を、V溝と蓋の間に挿入する。その際、光ファイバーの通りをよくするために、蓋を持ち上げるための楔などの工具は不要である。Lucina™は折れにくいので、指だけで押し込むことができる。

また台、蓋ともに透明樹脂でできているので、突き合わせ具合を目で確認することができる。接続に用いる時間は、研磨、挿入あわせて、1心あたり1分弱である。

全フッ素光学樹脂から成形されるLucina™の特性と、新しい接続技術について説明した。

今後の情報社会の光ファイバー化において、このLucina™がオフィスにおけるLAN分野のみならず一般家庭にまで、貢献することを期待している。

文 献

- 1) M. Nakamura: US Patent No. 4897457 (1990).
- 2) 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) pp. 12-22.
- 3) R. Olshansky and D. B. Keck: Appl. Opt., **15** (1976) 483-491.
- 4) T. Ishigure, E. Nihei and Y. Koike: Polym. J., **28** (1996) 272-275.
- 5) Y. Koike and T. Ishigure: IEICE Trans. Commun., **E82-B** (1999) 1287-1295.

(2001年9月21日受理)