

DWDM 伝送と高精度ガラス毛細管

日本電気硝子株式会社 電子部品事業部

竹内 宏和

Precision glass capillaries used in DWDM devices

Hirokazu Takeuchi

Electronic Products Division, Nippon Electric Glass Co., Ltd.

1. はじめに

インターネットを介した情報通信量の急増を背景に、特に北米を中心に DWDM 伝送がすでに現実のものとして普及し利用されている。DWDM 伝送を支える技術、デバイスは多くあるが、特にインラインタイプのデバイス内には光ファイバの位置決め及び固定のために内外径を精度良く仕上げたガラス毛細管が多用されている。本稿ではガラス毛細管の光デバイスへの適用、特に DWDM に使用される特殊な形状のガラス毛細管と DWDM デバイス間を接続するとき必要となる高密度実装を達成できる細径結晶化ガラスフェルールについて述べる。また、DWDM 伝送の発展を加速させる光ファイバ網構築に対するガラス毛細管の適用についても述べる。

2. DWDM 用毛細管

波長多重された光信号から、決まった波長の信号だけ取り出す分波器の構造を図1に示す。図1は決まった波長だけ透過し、その他

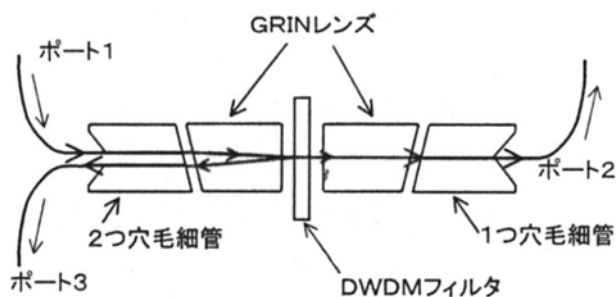


図1 DWDM 分波器の構造

の波長は反射するフィルタ (DWDM フィルタ) を用いて、求める波長の切り出しを行うものであり実際の構造を単純化して示している。DWDM フィルタの代わりに、ある波長以上を透過し、ある波長以下を反射するようなフィルタを使えば、例えばCバンドとLバンドの光信号を分離することができる。図1中のポート1から入力されたDWDM光信号は、2つ穴のガラス毛細管のどちらかの穴に固定された光ファイバ内を進み、反射防止のために斜め研磨された端面で出射する。ある開口角で出射した光はGRINレンズ¹⁾でコリメートされDWDMフィルタに達する光は平行光となる。DWDMフィルタを通過した波長の光信号は反対側のGRINレンズで集光されて1つ穴のガラス毛細管内に固定された光ファイバへ導かれポート2に出力される。その他の波長の光はDWDM

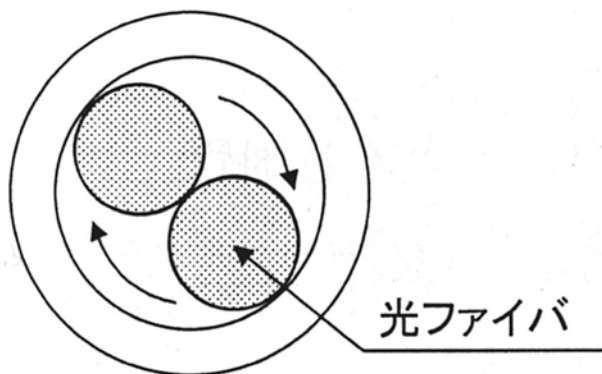


図2 大内径に固定された光ファイバ

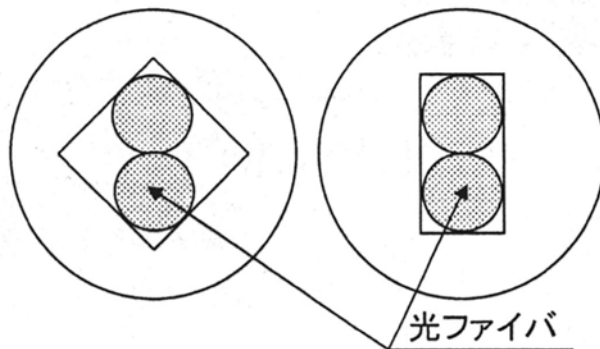
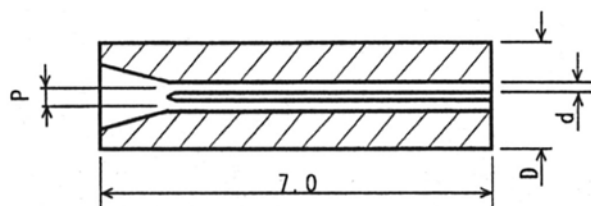


図3 正方形穴及び長方形穴に固定された光ファイバ

フィルタで反射し、同じ GRIN レンズで集光されて2つ穴ガラス毛細管のもう1つの穴に固定された光ファイバへ導かれポート3から出力される。これにより波長多重された光信号から、求める一つの波長の光信号とその他の波長の光信号とに分離できる。

従来より2波長の WDM 伝送において例えば $1.31\ \mu\text{m}$ と $1.55\ \mu\text{m}$ の光信号を分離するために2本の光ファイバを一括して固定できる大内径（例えば内径 $252\ \mu\text{m}$ ）のガラス毛細管が使用されてきた。図2に大内径のガラス毛細管内に固定した2本の光ファイバを示す。円形の穴を用いると2本の光ファイバは内部でねじれを起こすので、ガラス毛細管の端面で光ファイバの位置が決まらず、斜め研磨を含むアセンブリに多くの労力を要する。また、多くの接着剤が存在するので温度特性を良好なものとするために優れた接着技術を要する。この問題を解決するために、図3に示すように正方形穴あるいは長方形穴を有するガラス毛細管が開発された²⁾。この場合は、光ファイバのねじれが起こらないので、アセンブリが容易になる。特に長方形穴の場合には接着剤の量を最少とすることができ、温度特性の向上が期待できる。

分離する波長間隔が大きな分波器の場合には、フィルタの製造も比較的容易であり、2本の光ファイバは一定のピッチで（図2、図3の場合にはクラッド径で）位置決めされていれば



$$D = \phi 1.800 \pm 0.005 \quad d = 2 \times \phi 0.127 + 0.003 / -0 \\ P = 0.147 \pm 0.002$$

図4 2つ穴ガラス毛細管の寸法

良いのであるが、分離する波長間隔が小さくなるとフィルタの製造も難しくなり、透過あるいは反射する波長の微調整を行う必要が生じる。誘電体多層膜で構成されている DWDM フィルタへの入射角を変化させると膜内での光路長を変更できるので DWDM フィルタの特性を微調整できる。DWDM フィルタへの入射角を変更し、反射光を正しく受光するためには、図1中のポート1及びポート3として固定された2本の光ファイバコア間隔を変更する必要がある。光ファイバコア間隔はどの程度特性の調整を行うかによって決まるので DWDM 用分波器用には種々の間隔の2つ穴ガラス毛細管が必要となる。

光ファイバのコア径は $10\ \mu\text{m}$ 程度であり、図1に示した3本の光ファイバコア間の光のやりとりを低損失で行うためには、それぞれのコア位置を正確に決める必要がある。特に2つ穴ガラス毛細管の2本の光ファイバは、一方の位置を決めるともう一方の位置が自動的に

決められてしまうので、2つの穴の間隔を含めてすべての寸法に高精度が要求される。図4に実際に用いられる2つ穴ガラス毛细管の寸法とその精度の一例を示す。

3. 結晶化ガラスフェルール

DWDM 伝送では、多重化する波長の多寡に関わらず伝送路である光ファイバの本数は増加しないので非常に効率的に伝送容量を増大させることができる。しかし多重化される波長が多くなると、その終端部では少なくとも波長数だけの送受信デバイスが必要となり、光コネクタ接続部が増大する。また、波長毎の増幅率や伝送路が異なるので、光強度を調整するために光減衰器が多用される。これらは1カ所で多量に使用されるため、多重波長数の増大にともなって高密度実装が必要となる。高密度実装に対応した細径で、低コストでかつ高精度なフェルールを量産するため、我々は結晶化した後に線引き加工できる結晶化ガラス³⁾を開発した。従来のシリコニアセラミックス製のフェルールは、1個毎に内外径を研磨加工していたが、結晶化ガラスフェルール⁴⁾は線引き加工で内外径精度を確保できるため量産化と低コスト化が容易⁵⁾である。また、内径偏心はプリフォームの精度に依存するため、従来のシリコニアフェルールでは困難であった偏心精度の向上が可能である。図5に内径偏心を従来の1/2に精度を高めた結晶化ガラスフェールの寸法精度を示す。従来の偏心精度のフェルールでは、求める接続損0.3 dBを達成するため、偏心方向を決まった方向に合わせる操作(調心操作)⁶⁾が1本毎に必要であった。図6に13本の高精度フェルールを用いて調心操作せずにランダム接続した時の接続損の分布を示す。煩雑な調心操作をせずに0.3 dBを十分下回る良い結果が得られた⁷⁾。この特性は、光コネクタフェルールだけではなく、ドープファイバ固定減衰器⁸⁾やトランシーバ内スタブ、SMT用の簡易光コネ

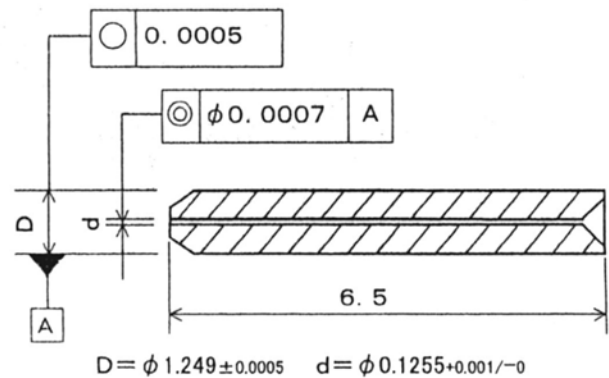


図5 結晶化ガラスフェールの寸法

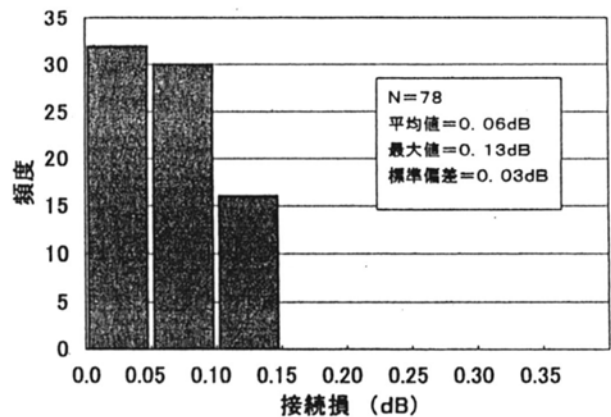


図6 無調心ランダム接続時の接続損分布

クタ⁹⁾への適用にも有効である。

4. 光ファイバ網構築へのガラス毛细管の適用

FTTH (Fiber To The Home) が進められると飛躍的な伝送情報量の増大につながるため DWDM 伝送の発展を加速するものと考えられる。各家庭に光ファイバを敷設するためには、いろんな現場で簡単に光ファイバをサプライする技術が求められる。精密な内径を有するガラス毛细管の両側から光ファイバを挿入し突き合わせて、内径基準で軸合わせを行うと光ファイバの接続に関し良好な特性と信頼性が期待できる。図7にガラス毛细管を用いたメカニカルサプライ¹⁰⁾の断面図と接続原理を示す。光ファイバの挿入を助けるラッパ形状の加工を

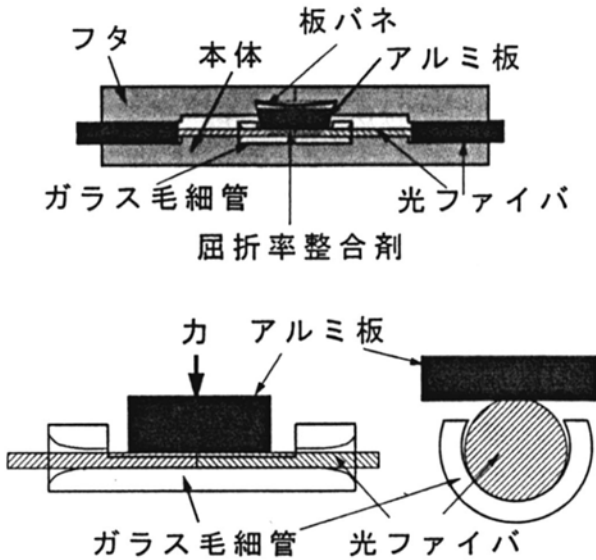


図7 メカニカルスプライスの断面図と接続原理

両端に施したガラス毛細管に両側から光ファイバを挿入し、反射防止のために充填されている屈折率整合材の中で突き合わせる。ガラス毛細管の中央部は毛細管の肉厚の一部が内径に達するまですり取られており、挿入された裸ファイバの上端を押圧固定できるようになっている。このメカニカルスプライスの接続特性は融着スプライスと遜色なく、屋外環境を想定した耐環境信頼性や長期信頼性も良好である¹¹⁾。

5. おわりに

今後さらに多くのデバイスが開発され、DWDM 伝送システムに投入されることとなる。髪の毛ほどの細さの光ファイバを保護しつつデバイス内で位置決めするために、穴形状や

内外径値に対して特別な要求がますます増加すると考えられる。寸法精度もより高度なものが求められる。すでに結晶化ガラスフェルールの寸法精度については、 μm オーダから一つ下の桁を議論するところまで来た。より特殊で高度なガラス毛細管の開発と供給を通じて光通信システムの発展に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 日本板硝子株式会社, Selfoc Microlens Technical-Note.
- 2) 和田正紀, 中島外博, 竹内宏和, 信学会技術研究報告, EMD99-8, p 19, (1999)
- 3) Sakamoto, A., Wada, M., Takeuchi, H. and Ninomiya, M., Proc. 18th Int. Cong. Glass, C6, p 62, (1998).
- 4) Nagase, R., Takeuchi, Y. and Mitachi, S., Electronics Letters, Vol. 33, No. 14, p 1243, (1997).
- 5) 坂本明彦, NEW GLASS, Vol. 14, No. 1, p 26, (1999).
- 6) 安東泰博, 信学会論文誌, Vol. J83-C, No. 5, p 365, (2000).
- 7) 飯田雅直, 齊藤和也, 和田正紀, 竹内宏和, 信学会 2001 年ソサイエティ大会 C-3-127, (2001).
- 8) 竹内義明, 長瀬 亮, 三田地成幸, NTT R & D, Vol. 45, No. 6, p 595, (1996)
- 9) 山内賢治, 蔵田和彦, 佐野芳樹, 栗原 充, NEC 技報, Vol. 51, No. 4, p 33, (1998).
- 10) 竹内宏和, 山口義正, 瀬戸 直, 稲田勝美, 信学会論文誌, Vol. J79-C-2, No. 11, p 632, (1996)
- 11) 竹内宏和, 瀬戸 直, 山口義正, 中嶋長晴, 信学会技術研究報告, EMD99-7, p 13, (1999)