

低損失24心MPOコネクタ

光機器事業部 藤原 邦彦^{*1}・太田 達哉^{*1}・加藤 誠司^{*1}
林 幸生^{*2}・古川 洋^{*2}

Low Loss 24MPO Connector

K . Fujiwara , T . Ohta , S . Kato , Y . Hayashi & H . Furukawa

Metro系を始めとする公衆回線網の高速大容量化にともない、伝送装置等の架内、機器内配線の高密度化が進められており、より高密度の実装を可能とする多心光コネクタの需要が高まりつつある。当社では既に単心光コネクタ並の接続損失を有する4～12心のMPOコネクタを製品化している。今回、さらに高密度実装が可能な24心MTコネクタの低損失化を実現し、これを利用した低損失24心MPOコネクタ（最大接続損失0.5dB以下）を開発し量産化したので報告する。

The advent of Metro network brings about the requirement of large bandwidth in the public access network. This stimulates the demand for higher cabling density transmission equipments. As a result, demand for high-density multi-fiber connectors also escalates. We have already developed high-density multi-fiber (from 4 to 12 fiber) connectors that have insertion loss comparable to that of single-fiber connectors. This paper presents the development and realization of an even higher density connector, the 24-fiber MPO connector (maximum insertion loss 0.5dB) by utilizing the realized low-loss 24-fiber MT connector.

1. ま え が き

インターネットをはじめとする情報通信技術の爆発的な普及・発展にともない、ATM (Asynchronous Transfer Mode) やDWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 技術を導入した大容量で高速伝送が可能な光ファイバ通信システムの構築が進んでいる。これらの大規模な光加入者系通信網の拡大による光ファイバケーブルの多心化・高密度化にともない、多心コネクタによる接続の一括化が不可欠となっている。

当社では単心光コネクタ並の接続損失（最大接続損失0.35dB、平均接続損失0.1dB以下）を有する4～12心のMPOコネクタを既に製品化し販売している。また、さらなる高実装を実現するため、光ファイバを2次元配列した24心MTコネクタを開発し製品化している。

今回、この24心MTコネクタの低損失化を実現し、これを利用した低損失24心MPOコネクタ（最大接続損失0.5dB以下）を開発し量産化したので報告する。

2. 構 造

2.1 24心MTコネクタ

図1にMTコネクタ¹⁾の構造を示す。MTコネクタは2本

のガイドピンを用いてMTフェルールに固定した光ファイバ同士を高精度に位置決めし、クランプスプリング等を用いて一定の押圧を印加することで安定した接続状態を確保する。

通常の1次元配列のMTフェルールに0.25mmピッチで光ファイバを並べた場合、最大12心の光ファイバを実装することができる。一方、2次元配列型MTフェルールは、ファイバ穴を水平および垂直方向に配置することで、通常のMTフェルール（W6.4×H2.5）に72心（0.25mmピッチ、12心×6段）の光ファイバを実装することができる。また、通常より幅広（W8.4×H2.5）のMTで80心を実装したことも報告している²⁾

図2に今回開発した24心MTコネクタのファイバ穴配置を示す。この24MTフェルールのファイバ穴位置精度を向

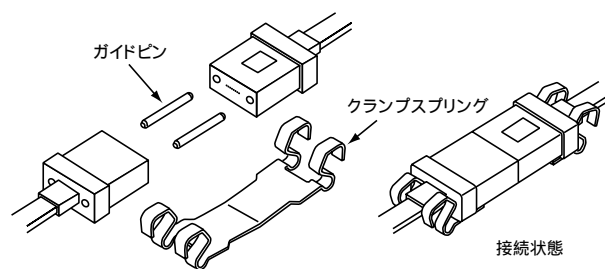


図1 MTコネクタの構造
Structure of MT connector

*1 光機器開発部

*2 光機器開発部グループ長

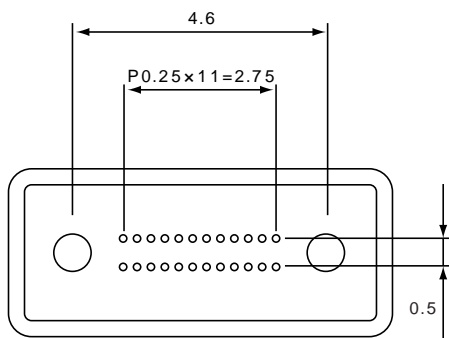


図2 24心MTコネクタのファイバ穴配列
Fiber location at 24MT



図3 24心MPOコネクタの構造
Structure of MPO connector

上させることで低接続損失を実現した。

2.2 24心MPOコネクタ

24心MPOコネクタの構造を図3に示す。基本構造はMPOコネクタ（JIS F13形）に準拠しており、上述したMTフェルールにテープファイバを接着固定し、コネクタ接続面を研磨したMTコネクタ、および接続状態を維持するための押圧を印加するためのスプリングがMPOハウジング内に実装されている。

MPOコネクタの接続時はMTコネクタと同様に2本のガイドピンを用いて、相対するMPOコネクタ内のMTコネクタを位置決めする。

光ファイバ先端をMTコネクタごと8度斜め研磨することで接続点での反射量を大きく低減させることができる。また、光ファイバをMTコネクタ端面より僅かに突出させ、接続時にファイバ同士を突き当てることで、屈折率整合剤を使用せずにフレネル反射による接続損失の増大を抑制するPC（Physical Contact）接続が実現できる。

3. 接続損失の要因

光ファイバ接続時の接続損失の主な要因は、図4に示す通りファイバコアの軸ズレ、傾き、隙間の3つである。このうち、接続損失の絶対値に大きな影響を及ぼすのはファイバコアの軸ズレである。

また、屈折率整合剤を用いないPC接続においては、相対するファイバコア間の隙間は、安定した接続損失の維持および接続損失の再現性、反射減衰量に悪影響を及ぼ

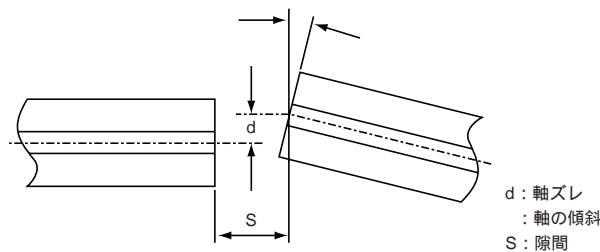


図4 光ファイバの接続損失要因
Factors affecting optical fiber connection loss

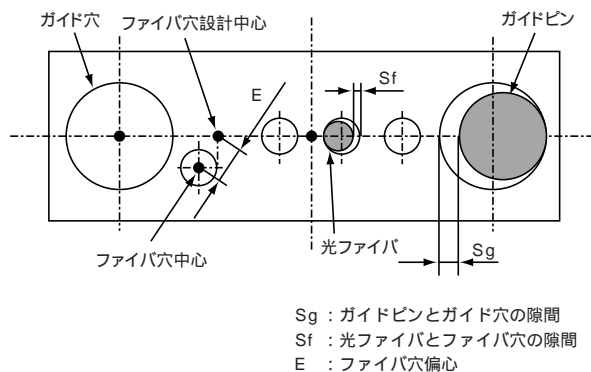


図5 MPOコネクタの軸ズレ要因
Offset factors in MPO connector

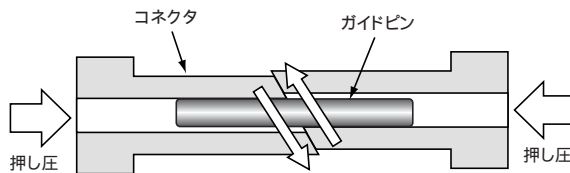


図6 斜め研磨端面による軸ズレ
Offset caused by angled end-face

す。

3.1 ファイバコアの軸ずれ

光ファイバ接続時の接続損失に最も大きな影響を及ぼすファイバコアの軸ズレによる接続損失は(1)式により決まる。

$$L = -10 \log \{ \exp \left(- \left(\frac{d}{r} \right)^2 \right) \} \dots \dots \dots (1)$$

L : 接続損失 (dB)

d : 軸ズレ量

r : モードフィールド半径

MPOコネクタ接続時の光ファイバコアの軸ズレ要因は、ファイバ穴偏心、およびファイバ穴と光ファイバのクリアランス、ガイド穴とガイドピンとのクリアランス、光ファイバコア偏心があげられる(図5)。斜め研磨されたMPOコネクタではコネクタ端面が斜めに研磨されているため、図6に示すように相対するコネクタがY方向にズレようとする力が働く。これは主にMTフェルールのガイド穴とガイドピンのクリアランスに起因する。また、MTフェルールのガイド穴の軸に対してファイバ穴の軸の傾きがある場合、MTフェルールへ光ファイバを取付けた後のMT端面研磨量により、ファイバ穴の設計値からの偏心量

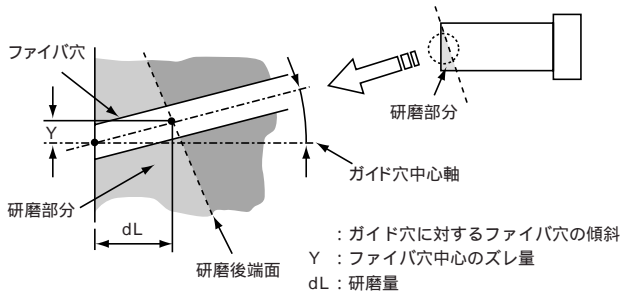
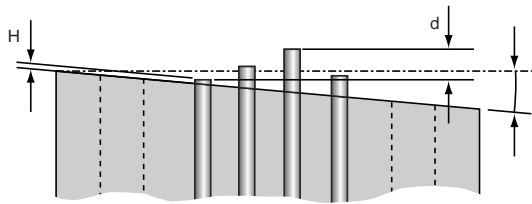


図7 ファイバ穴の傾きによる軸ズレ
Drift in fiber hole position at ferrule end-face caused by fiber hole canting



H : 光ファイバ突出し量不足
d : 光ファイバ突出し量バラツキ
: コネクタ端面角度不良

図8 PC接続不良要因
Factors affecting physical contact

が変化する(図7)。このためファイバ穴の偏心量は、これらのズレ量を(2)式で表されるオフセット値として考慮する必要がある³⁾

$$Y_{\text{offset}} = (D_2 - D_1)/2 + dL \cdot \tan \dots \dots \dots (2)$$

- D₁ : ガイドピン径
- D₂ : ガイド穴径
- dL : コネクタ研磨量
- : ガイド穴に対するファイバ穴の傾き

また、MTフェルールのガイド穴軸に対するファイバ穴軸の傾きがある場合、研磨量により、ファイバ穴の偏心量が変わってしまう問題も生じる。

これらの軸ズレ要因がそれぞれ正規分布を持つと仮定し⁴⁾、シミュレーションにより0.5dB以下を達成しうるMTフェルール、および光ファイバ、ガイドピンの寸法精度を設定した。

3.2 ファイバコア間の隙間

屈折率整合剤を使用しないMPOコネクタの接続損失を増加させる要因の一つに、相対する光ファイバコア間の隙間がある。光ファイバコアの隙間の発生は図8に示す通り、コネクタ端面からの光ファイバ突出し量不足、光ファイバ突出し量バラツキ、およびコネクタの端面角度不良による原因が考えられる。

接続時に相対するファイバコア間に隙間が存在した場合、振動や衝撃、熱膨張によるファイバの移動により、ファイバコア間の隙間が変動しやすいため、接続損失値が不安定となる。

多心光コネクタの低損失化ではファイバコアの軸ずれの制御だけでなく、接続時に全心が安定したPC接続状態

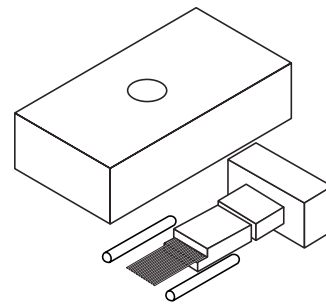


図9 V溝タイプ金型
Structure of V-groove type mold

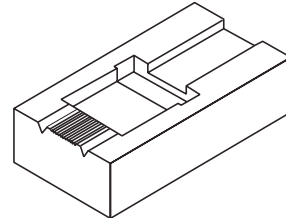


図10 基準穴タイプ金型
Structure of hole type mold

を維持することが重要である。

4. 製造技術

4.1 基準穴方式による2次元MTフェルールの成形

MTフェルールはトランスファ成形または射出成形により製造される。通常、1次元配列型のMTフェルールは、図9のようにキャビティ前方に設置されているV溝によりコアピンを位置決め固定し成形されるが、今回の2次元配列型フェルールは、図10に示すように、位置決め用の穴加工を施した部品を用いてコアピンを位置決めする方式(以下、基準穴方式)により成形を行った。この基準穴方式を採用することにより、フェルール設計時に穴位置の自由度を高めることができ、ファイバ穴の縦方向のピッチに対して0.25mm、0.5mmだけでなく他のファイバ配列ピッチへも対応可能となる。また、60心、72心のような多段配列の場合にも、基準穴を縦方向に展開することに

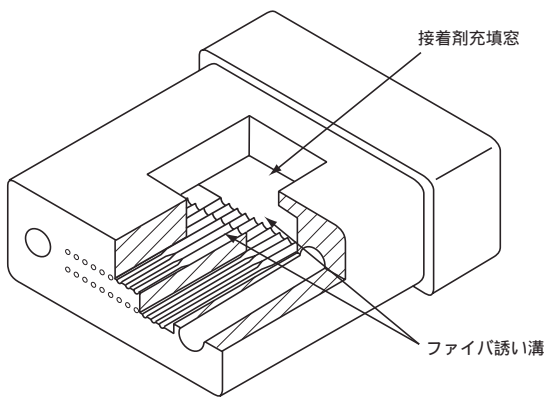


図11 2次元配列型MTフェルール構造
Structure of two dimensional array MT ferrule

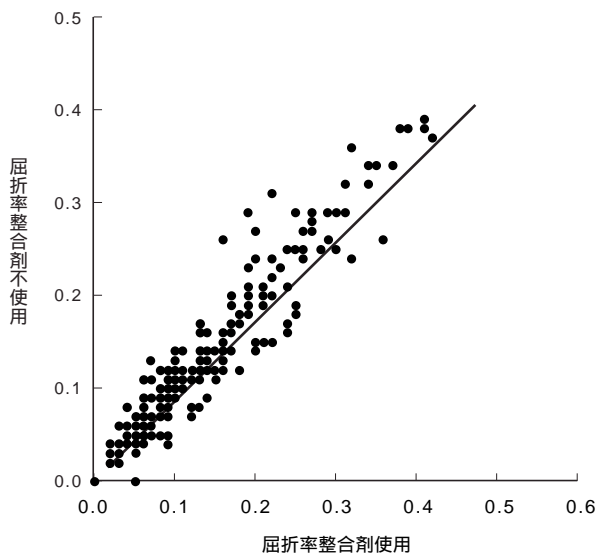


図12 研磨条件の最適化によるPCの達成
Connection loss with and without index matching material when using improved polishing methods

より容易に段数を増やすことができる。

さらにテープファイバを多段に挿入する2次元配列型フェルールにおいて、ファイバ誘い溝は、ファイバ取付け時の作業性向上のため重要な部分である。そこで、図11のように、接着剤充填窓から見たファイバ誘い溝が、階段状に配置される構造となるように金型設計を行った。

4.2 高精度研磨技術

MPOコネクタの接続損失特性に重大な影響を及ぼすもう一つの要素が、コネクタ端面形状を決定する研磨工程である。

今回、当社では独自に開発した高精度研磨機を使用し、コネクタ研磨方法を最適化することで、MT端面からの光ファイバ突出し量の均一化、コネクタ端面角度の精度向上を実現した。

今回開発した低損失24心MPOコネクタにおいて、屈折率整合剤の有無による接続損失の相関を検証した。検証結果を図12に示す。光ファイバコアの間に隙間がある場合、屈折率整合剤を用いることにより接続損失が改善さ

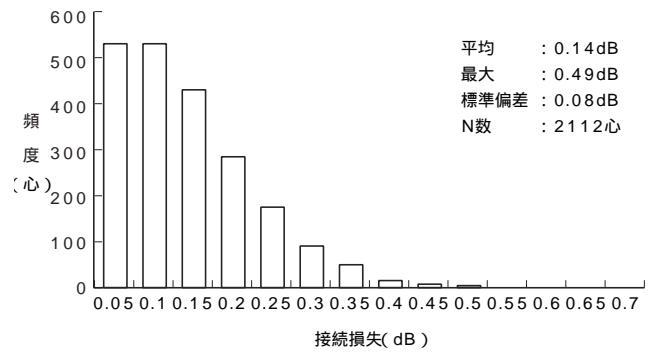


図13 低損失24心MPOコネクタの接続損失特性
Insertion loss histogram of low loss 24MPO connector

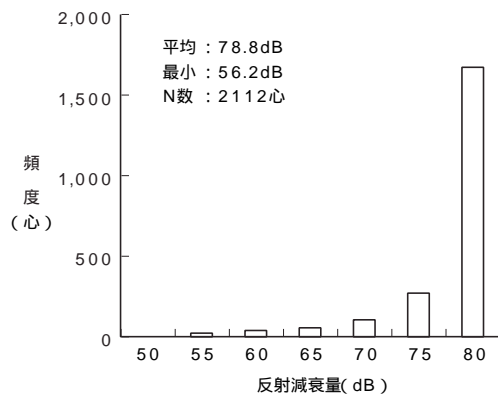


図14 低損失24心MPOコネクタの反射減衰量特性
Return loss histogram of low loss 24MPO connector

れるため、これを確認することにより、PC接続が達成されているか否かを確認することができる。

この結果より新たに検討したコネクタ研磨方法で24心全心がPC接続されていることが確認できた。

5. 特 性

今回開発した低損失24心MPOコネクタの光学特性を確認した。

使用した光ファイバはSM型光ファイバであり、屈折率整合剤を使用せず、マスタコネクタと接続した。測定波長は1.31 μmである。

5.1 接続損失

図13に対マスタコネクタ接続時の接続損失のヒストグラムを示す。平均接続損失0.14dB、標準偏差0.08dBであり、開発目標の最大接続損失0.5dB以下を満足する良好な特性を得た。

5.2 反射減衰量

図14に反射減衰量のヒストグラムを示す。平均反射減衰量78.8dB、最小反射減衰量56.2dBであり、ほぼ測定器の測定限界に近い値を示す良好な特性を得た。

5.3 繰り返し着脱試験

Telcordia規格 (GR-1435-CORE) に準拠した繰り返し着脱試験を行った。着脱回数は規格より厳しい連続500回の着脱を行った。表1に試験結果のまとめを示す。接続損失の変動は0.19dB以下であり、1次元配列型MPOと遜色の

低損失24心MPOコネクタ

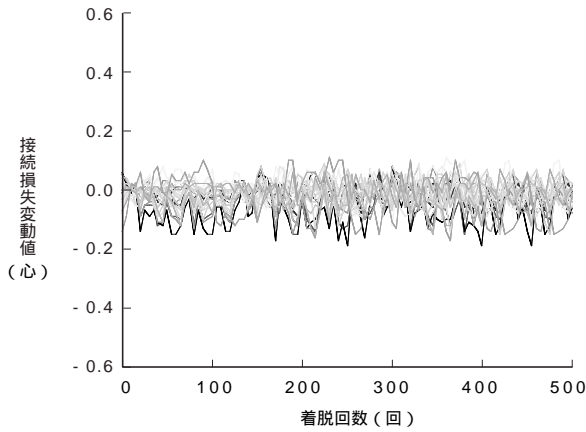


図15 繰返し着脱試験結果
Result of durability test

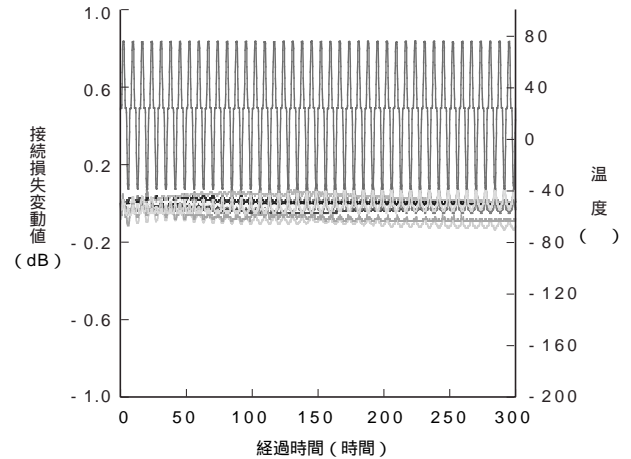


図16 低損失24心MPOコネクタの温度サイクル試験結果
Result of heat cycle test

表1 低損失24心MPOコネクタの着脱繰返し試験結果
Result of durability test

評価項目	試験条件	評価規格	試験結果
接続損失	≒1.31 μm 500回着脱	最大0.8dB以下	最大0.44dB
接続損失増加量	5回着脱毎に測定 25回着脱毎に清掃 (GR-1435-CORE に準拠)	最大0.3dB以下	最大0.19dB
反射減衰量		最小40dB以上	最小58.6dB

表2 低損失24心MPOコネクタの温度サイクル試験結果
Result of heat cycle test

評価項目	試験条件	評価規格	試験結果
接続損失	≒1.31 μm, 試験温度: -40~75	最大0.8dB以下	最大0.43dB
接続損失変動量	試験時間: 336時間 試験前, 試験中, 試験後測定 (GR-1435-COREに準拠)	最大0.3dB以下	最大0.23dB
反射減衰量		最小40dB以上	最小63.6dB

ない良好な接続再現性を示した。図15に試験結果の一例を示す。

5.4 温度サイクル試験

Telcordia規格 (GR-1435-CORE) に準拠した -40 から +75 の温度サイクル試験を行った。表2に試験結果のまとめを示す。接続損失変動量は0.23dB以下であり、安定した結果を得た。図16に試験結果の一例を示す。

6. む す び

われわれは24心MTフェーリングの高精度化に成功し、研磨方法を最適化することで、24心全心のPC接続を実現した。さらにPC研磨した24心MTコネクタをMPOコネクタハウジングに組み込むことで、多心一括接続を実現した。その光学特性をシングルモードファイバで評価した結果、

良好な特性を有することを確認した。

参 考 文 献

- 1) S. Nagasawa, et al. : Mechanically transferable single-mode multifiber connectors, IOOC'89, 21C2-1, pp.48-49, 1989
- 2) 西村ほか：高密度80心一括光コネクタの開発，1998年信学総合大会，B-10-18
- 3) T. Satake et al. : Low-Loss MTP-Based Optical Backplane Interconnect System, 49thECTC, pp.931-937, 1999
- 4) K. Takizawa et al. : Reference Multifiber Connector, 44thIWCS, pp.85-90, 1995