

# XFP 型 10 Gbit/s 光トランシーバ

光電子回路開発センター 堀尾 丈夫<sup>1</sup>・高橋 智和<sup>1</sup>・横山 修司<sup>1</sup>・梅沢 正彰<sup>1</sup>・伊藤 徹<sup>2</sup>

## 10 Gbit/s XFP Transceiver

T. Horio , T. Takahashi , S. Yokoyama , M. Umezawa , and T. Itou

長距離伝送用 DWDM XFP 型光トランシーバを開発した。業界標準である XFP MSA に準拠し、9.95 ~ 11.1 Gbit/s で 80 km の伝送が可能である。10 Gbit/s を 80 km 伝送するトランシーバとして、最も小型であり、伝送装置の小型化へのキーデバイスとなることが期待されている。当社が開発した XFP 型トランシーバの設計、機能および特性について紹介する。

An XFP transceiver for Dense Wavelength-Division-Multiplexing of long reach has been developed. This transceiver is capable of transmitting 9.95-11.1 Gbit/s signals over 80 km distance. The transceiver is based on XFP MSA standard. An XFP transceiver is the smallest one among 10 Gbit/s transceivers, developed as a key-device for more compact transmission equipment. In this paper, the design, functions and characteristics of Fujikura's XFP transceiver are described.

### 1. ま え が き

近年に見られる通信トラフィックの急増にともない、通信網の大容量化が加速している。現在の幹線系ネットワークでは、伝送レートは 10 Gbit/s が主流で、一本のファイバに複数の波長の光信号を多重化して伝送する高密度波長多重伝送方式 (DWDM: Dense Wavelength-Division-Multiplexing) による大容量化が進められている。通信網の大容量化を支えるデバイスである 10 Gbit/s 光インタフェースモジュールは、業界標準 (MSA: Multi-Source Agreement) により共通の外形、光・電気インタフェースが取り決められている。これまでに業界標準 (MSA) は、300pin に始まり、300pinSFF (Small Form Factor), XENPAK, X2, XFP<sup>1)</sup> と、多様な標準が出てきている。その中でも XFP は、プラグブル、小型、低消費電力、マルチプロトコルを特徴とした次世代の光インタフェースモジュールとして注目されている。そこで、当社では、DWDM に対応した 80 km 伝送用の XFP トランシーバを開発した。

### 2. 機 能

#### 2.1 外 観

図 1 に光トランシーバの外観を示す。寸法は 78 × 18.35 × 8.5 mm、光コネクタは LC 形に適合する。XFP 型光トランシーバは拡張性や保守性に優れた、通信装置前面から着脱可能なプラグブルタイプのモジュールである。80 km 伝送 DWDM 対応 300pinSFF タイプと比較して、容積比 4 分の 1 (当社比) と小型化されている。制御回路の縮小化、高密度実装により実現した。

#### 2.2 機能概要

XFP 型光トランシーバのブロック図を図 2 に示す。光・電気インタフェースは 10 Gbit/s のシリアルインタフェースで、光インタフェースは ITU-T の国際標準に準拠、電気インタフェースは XFI インタフェースに準拠している。また、Inter-Integrated Circuit (I2C)

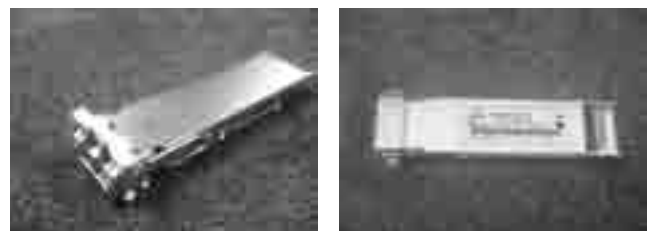


図 1 XFP 型光トランシーバの外観  
Fig. 1. XFP appearance.

1 光モジュール開発部

2 光モジュール開発部グループ長

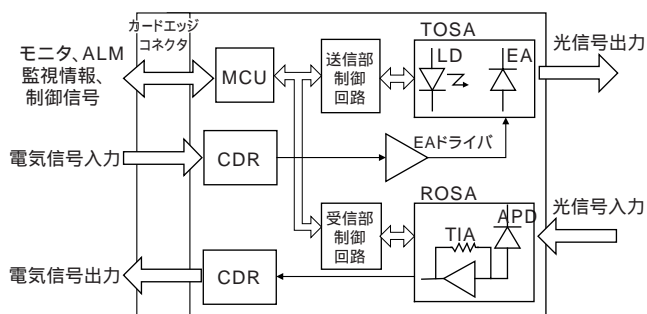


図2 機能ブロック図  
Fig. 2. Block diagram.

インタフェースにより、光出力モニタ、受光モニタなどモジュール内部の状態をモニタし監視する機能をもっている。

送信部には、電界吸収 (EA: Electro-absorption) 型変調器集積半導体レーザ (EA-LD), 受信部には、アバランシェフォトダイオード (APD) を採用している。EA-LD や APD はそれぞれ Transmitter Optical Sub-Assembly (TOSA), Receiver Optical Sub-Assembly (ROSA) と呼ばれる小型のパッケージに収容されている。TOSA については、高温動作可能な EA-LD を内蔵したものを採用し、LD 温度安定化回路の消費電流を低減することで、300 pin SFF タイプと比較して消費電力 60% (当社比) の低消費電力化を図っている。

送信部は、10 Gbit/s 電気入力信号をクロック・データリカバリ回路 (CDR) で波形整形し、EA ドライバにより、EA 変調器を駆動する。EA 変調器で LD からの光出力を変調し、10 Gbit/s 光信号を出力する。また、LD は、光出力安定化回路、LD 温度安定化回路により制御し、光出力、波長の安定化をはかっている。さらに付加的な機能として送信部には、非線形効果である誘導ブリルアン散乱 (SBS) を抑圧する機能を持たせることも可能にしており、光増幅器を使用するシステムへの適用を容易にしている。

受信部は、10 Gbit/s 光信号を、APD、トランスインピーダンスアンプ (TIA) により電気信号に変換し、CDR で波形整形し、10 Gbit/s 電気信号として出力する。受信部は、APD のバイアス電圧発生回路、受信光入力レベルを検出する光電流検出回路を有している。また、WDM システムに適用する場合、光増幅器の多段中継のノイズによる信号劣化、光信号対雑音比 (Optical Signal-to-Noise Ratio (OSNR)) に対する受信耐力が重要になるが、その受信機の OSNR 耐力を向上するため、受信識別レベル調整機能を付加的に持たせている。

2.3 主要諸元

主要諸元を表 1 に示す。

表 1 主要諸元  
Table 1. Main specifications.

共通	
ビットレート	9.95328 ~ 11.09573 Gbit/s
電源電圧	+5.0 V, +3.3 V (各 ± 5%)
消費電力	< 4.5 W
動作ケース温度	- 5 ~ 70
寸法	78 x 18.35 x 8.5 mm
光コネクタ	LC
伝送距離	80 km (1600 ps/nm)
伝送ペナルティ (BER@1E-12)	< 2.0 dB
送信部	
送信電力	0 ~ +4 dBm
消光比	> 9 dB
波長	1528.77 ~ 1563.05 nm (ITU-T Grid 100 GHz)
波長変動	± 100 pm
受信部	
最小受光電力	< - 24 dBm
最大受光電力	> - 7 dBm

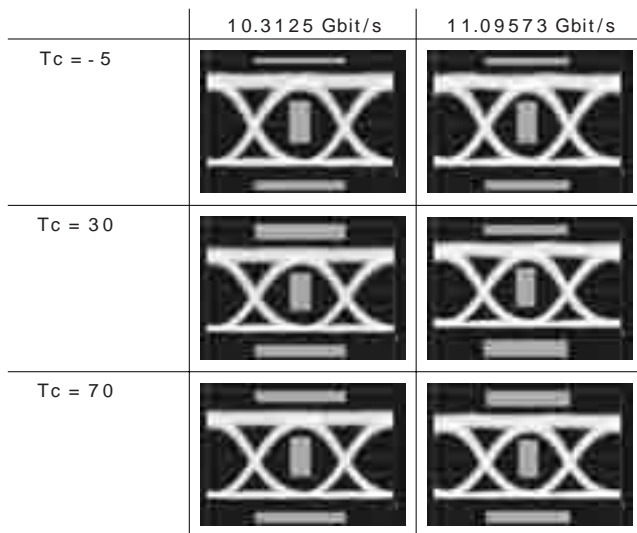


図3 送信波形 (PRBS: 2<sup>31</sup>-1)  
Fig. 3. Eye pattern (PRBS: 2<sup>31</sup>-1)

3. 特性

3.1 送信波形

図 3 に送信波形を示す。4 次のベッセル・トムソン型フィルタ (帯域 7.5 GHz) 通過後の波形で、10.3 Gbit/s, 11.1 Gbit/s とともに全温度範囲で良好なアイ開口が得られている。

3.2 波長変動

図 4 に動作温度範囲における波長変動の温度特性を示す。Tc=25 における波長を基準にした変動量 (pm) は、-10 ~ +5 pm と良好な特性であった。また、高温通電試験 (~ 2000 時間) の波長変動量の結果を図 5 に示す。波長変動量の規格 ± 100 pm に対して十分小さい変動量に抑えられている。

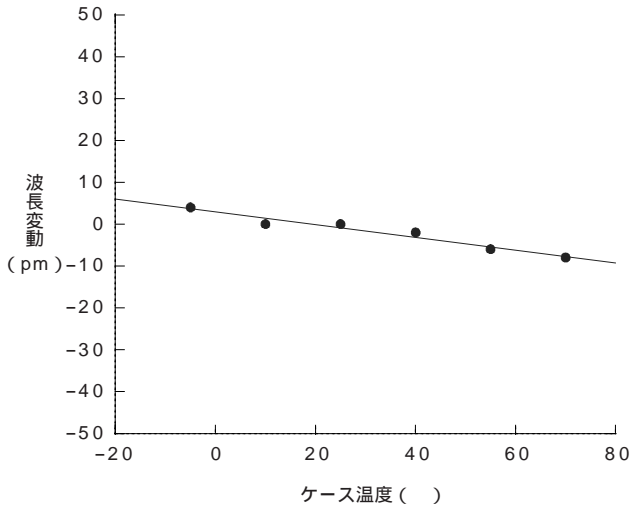


図 4 波長変動  
Fig. 4. Wavelength deviation.

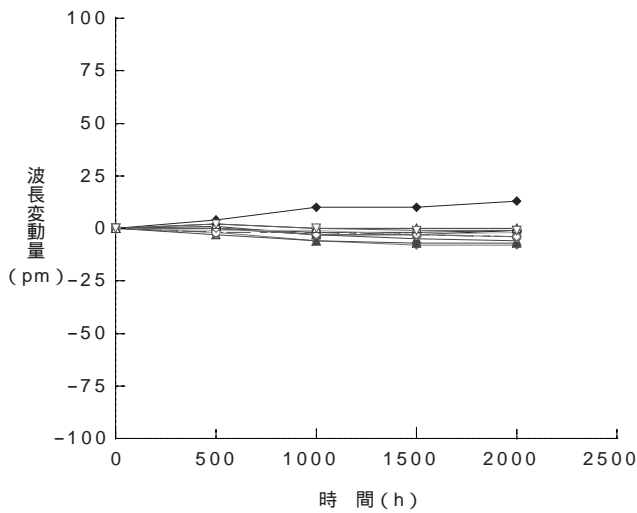


図 5 波長変動 (高温通電試験)  
Fig. 5. Wavelength deviation (Heat run)

3.3 受信感度

図 6, 図 7 に受信部の符号誤り率 (Bit Error Rate (BER)) 特性の測定結果を示す。測定条件は, ビットレート 10.3 Gbit/s, 伝送パターン PRBS:  $2^{31}-1$ , ケース温度 -5, 30, 70 である。光ファイバ伝送前 (分散: 0 ps/nm) の結果を図 6, 光ファイバ伝送後 (分散: 1600 ps/nm) の結果を図 7 に示す。図 6 において, 最小受光電力は, ITU-T 規格 (G959.1 P1L1-2D2) の -24 dBm に対して, -26.7 dBm と良好な特性を得ている。また図 7 において, 分散 1600 ps/nm (SMF 80 km 相当) の光ファイバ伝送後の最小受光電力も良好な特性を得ている。伝送後の最小受光電力の劣化量である伝送ペナルティは, ITU-T 規格 2.0 dB に対して 0.7 ~ 1.6 dB であり, マージンが得られている。

3.4 受信識別レベル調整の効果

図 8, 図 9 に光雑音付加時の誤り率特性を示す。条件

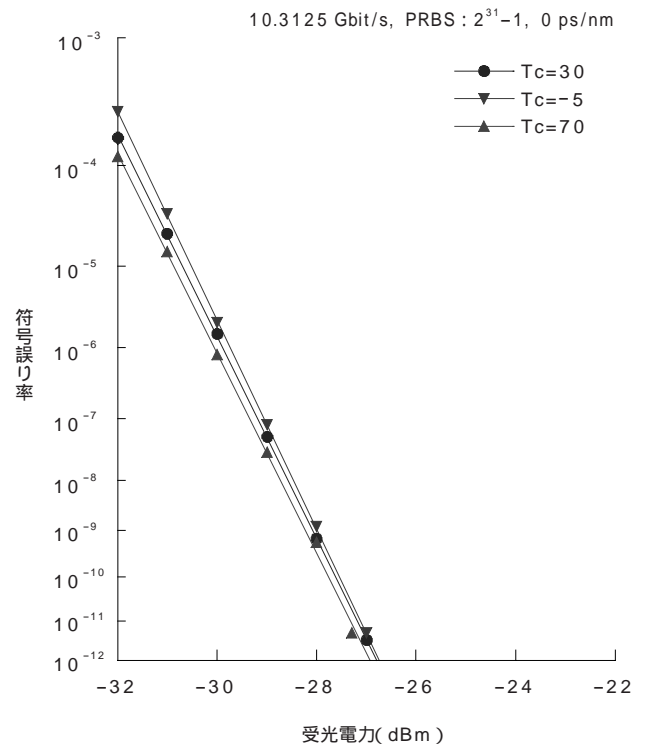


図 6 符号誤り率特性 (分散: 0 ps/nm)  
Fig. 6. Bit error rate (Dispersion: 0 ps/nm)

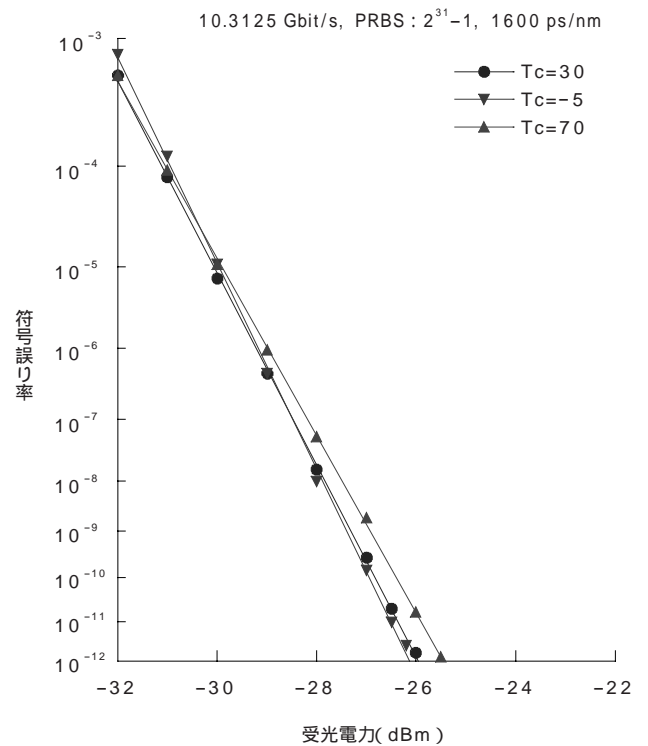


図 7 符号誤り率特性 (分散: 1600 ps/nm)  
Fig. 7. Bit error rate (Dispersion: 1600 ps/nm)

は, ビットレート 11.1 Gbit/s, 伝送パターン PRBS:  $2^{31}-1$ , 分散 1600 ps/nm で, OSNR を, 18 ~ 24 dB (2 dB 間隔) で設定し測定を行った。図 8 に識別レベル調整を行

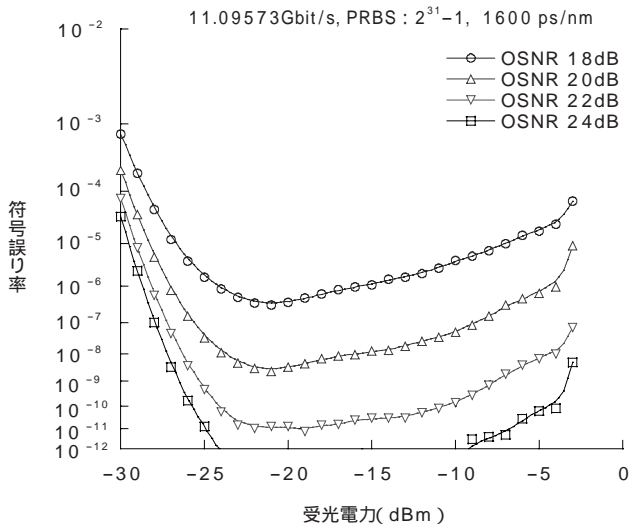


図 8 OSNR 耐力 (調整前)  
Fig. 8. OSNR tolerance (W/O adjusting)

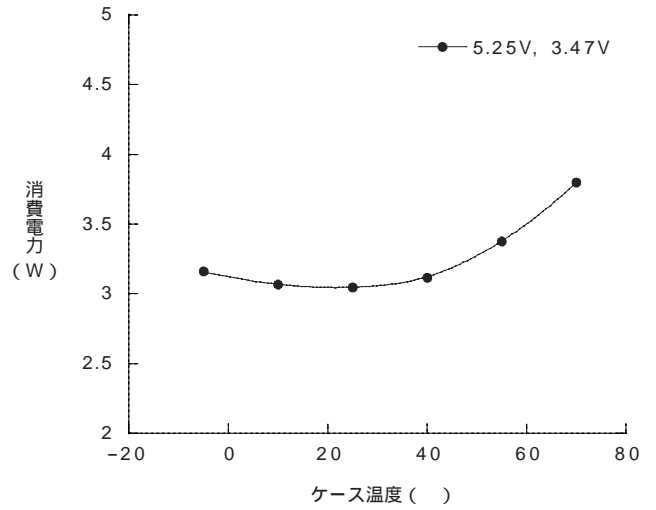


図 10 消費電力  
Fig. 10. Power consumption.

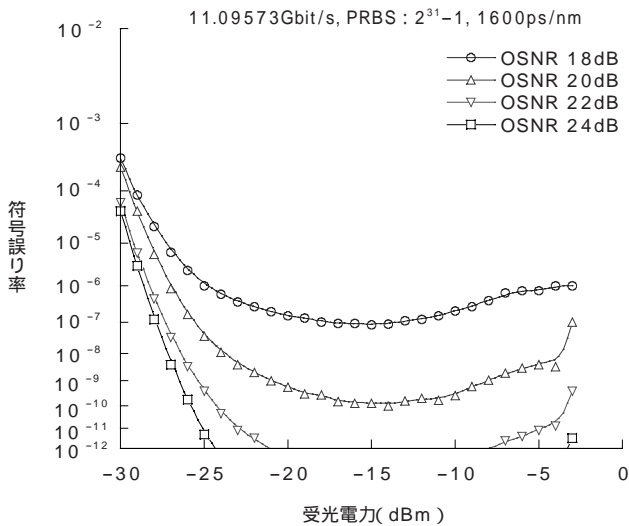


図 9 OSNR 耐力 (最適化後)  
Fig. 9. OSNR tolerance (Optimum)

わない場合の、図 9 に識別レベルを最適化した場合の結果を示す。受信識別レベルを調整することで、誤り率特性が改善し、-20 ~ -10 dBm の受光レベル範囲でフラットな特性が得られている。

### 3.5 消費電力

図 10 に動作温度範囲における消費電力を示す。当社規格 4.5 W に対して、消費電力が最も上昇するケース温度 70 °C、電源電圧 5.25 V、3.47 V で 3.8 W と良好な結果を得ている。

## 4. お 結 び

DWDM 対応 80 km 伝送用 XFP 型光トランシーバについて、その設計、機能を述べた。特性も良好な結果を得ていることを確認した。システム装置の小型化、低消費電力化にともない、より低消費電力なデバイスが求められることが予想される。今後、さらに低消費電力化への検討を行っていく。

## 参 考 文 献

1) <http://www.xfpmsa.org/>