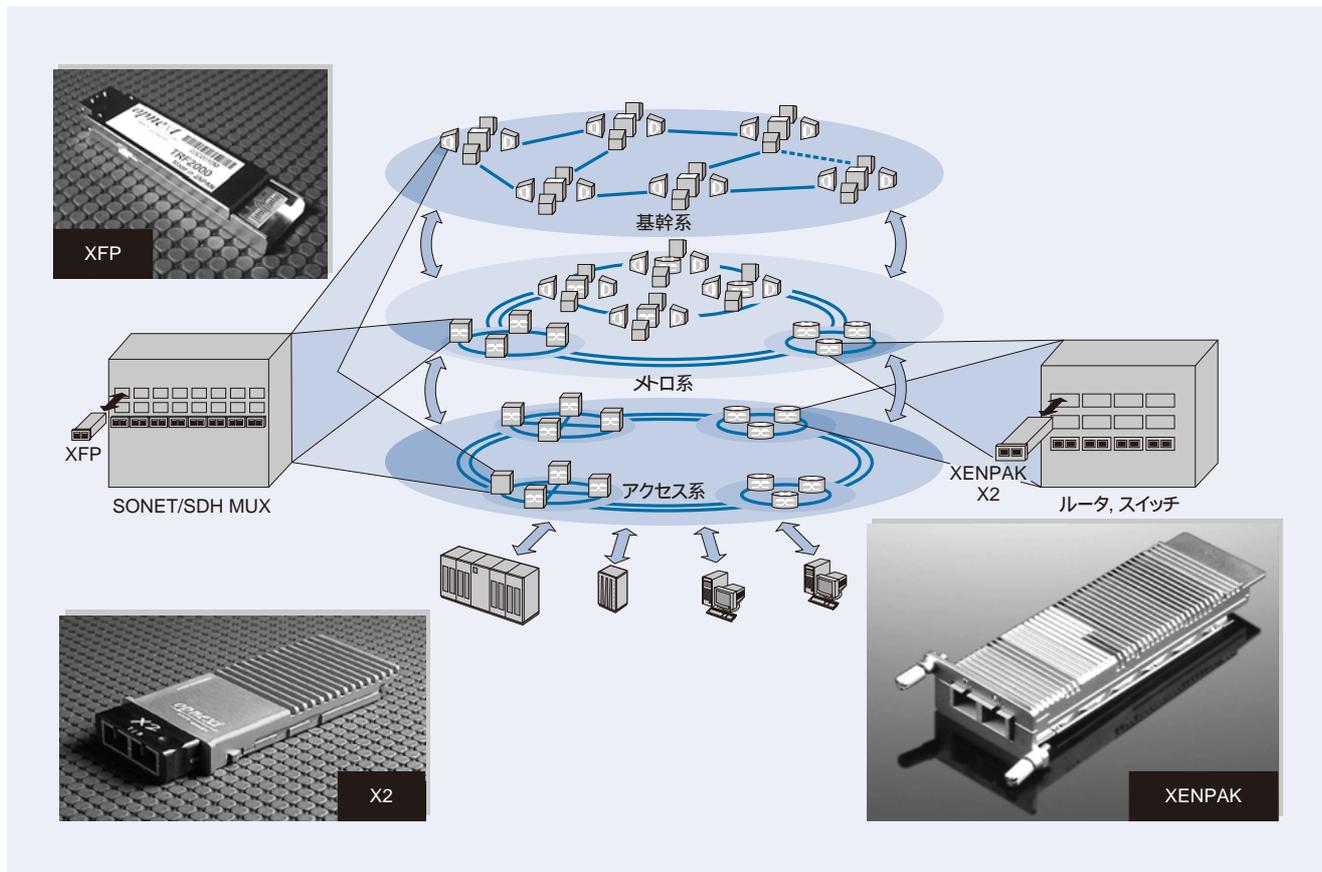


ユビキタス情報社会を支える10 Gビット/s 脱着可能(プラグブル)光トランシーバモジュール

10 Gbit/s Pluggable Fiber Optic Transceiver Modules

山田 靖浩 Yasuhiro Yamada 古川 雅昭 Masaaki Furukawa
石井 宏佳 Hiroyoshi Ishii 桑野 英之 Hideyuki Kuwano



注：略語説明ほか XFP(10 Gigabit Small Form Factor Pluggable Module) ,SONET(Synchronous Optical Network) ,SDH(Synchronous Digital Hierarchy) ,MUX(Multiplexer) , XENPAK(10 Gigabit Ethernet Transceiver Package) ,X2(2nd Generation XENPAK)

光通信ネットワークを支える日本オプネクスト株式会社の10 Gビット/sプラグブル光トランシーバモジュール製品群

光通信ネットワークの広帯域化のニーズが高まる中で、各ネットワークに適用できる10 Gビット/sプラグブル光トランシーバモジュールを提供している。

ユビキタス情報社会の実現に向けてデータネットワークの広帯域化が要求され、10 Gビット/sの帯域を提供する光通信機器の導入が加速している。光通信ネットワークの主要部品である10 Gビット/s光トランシーバモジュールは、MSAと呼ばれる業界標準がその普及を促進し、高性能化、低コスト化が進んでいる。また、機器のシステム構成を柔軟に構築でき、拡張性

や保守性に優れることから、機器の前面から脱着が可能なプラグブルタイプへと移行している。

日本オプネクスト株式会社は、業界標準に準拠したプラグブル形態を持つ各種10 Gビット/s光トランシーバモジュールを開発し、光通信ネットワークへの導入が可能な、短距離から長距離に至る製品ラインアップを提供している。

1 はじめに

10 Gビット/s光トランシーバモジュールはここ数年で急速に成長し、各種の伝送距離やプロトコルに対応した製品が実用化されている。また、この実用化には、共通の外形寸法と光・電気インタフェースを持つ業界標準MSA(Multi-Source Agreement)が大きな役割を果たしている。現在、300 pin(ピン) MSAからプラグابل形態を持つXENPAK(10 Gigabit Ethernet Transceiver Package)、X2(2nd Generation XENPAK)、XPAK(10 Gigabit Transceiver Package)、XFP(10 Gigabit Small Form Factor Pluggable Module)のMSAへ移行しつつある。

ここでは、この新しい動向であるプラグابلモジュールの短距離から長距離に至る製品と、これを実現している技術について述べる。

2 10 Gビット/s MSA光トランシーバモジュールの動向

10 Gビット/s光トランシーバモジュールは、製品仕様の標準化により、利便性の向上をねらった業界標準MSAが市場をけん引している。10 Gビット/s光トランシーバモジュールの各種MSAを表1に示す。2000年3月に最初のMSAとして300 pin-MSAが仕様化された。電気インタフェースは、OIF(Optical Internetworking Forum)が定めたSFI-4規格¹⁾(622 Mビット/s×16チャネル)が採用され、ユーザーの基板上へは300ピンの電気コネクタを介して接続される。その後、IEEE802.3委員会では10GbE(10 Gビットイーサネット)が標準化されたことを受け、10GbE用に特化したXENPAKが仕様化された。XENPAKには、3.125 Gビット/s×4チャネルのXAUI(10 Gigabit Attachment Unit Interface)信号が電気インタフェースとして採用された。また、10 Gビット/s光トランシーバモジュールとしては初めて、機器の前面パネルから脱着が可能なプラグابل形態を持つ。現在、XENPAKの次世代品であるX2やXPAKへ小型化されている。一方、XFIという10 Gビット/sの電気インタフェースを持つSONET(Synchronous Optical Net-

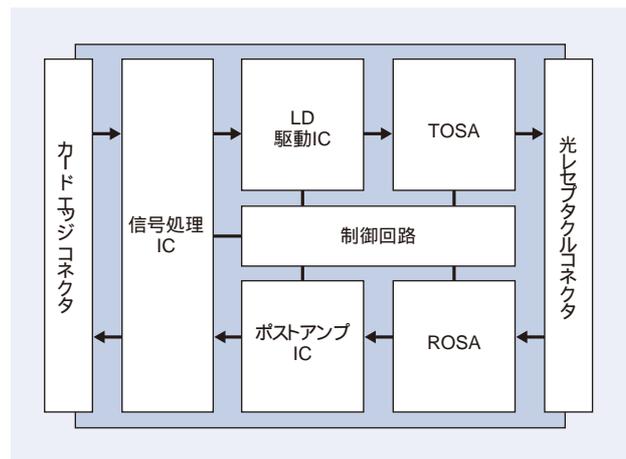
work)/SDH(Synchronous Digital Hierarchy)と10GbEの両方に対応が可能なXFPが実用化されている。今後は、小型、低価格なXFPに移行していくと考えられるものの、低消費電力化が大きな課題である。

3 10 Gビット/sプラグابل光トランシーバモジュールの構成と適用技術

10 Gビット/sプラグابل光トランシーバモジュールの内部構成を図1に、日本オプネクスト株式会社の製品ラインアップを表2にそれぞれ示す。これらの製品は、LD(Laser Diode)、PD(Photo Diode)の光デバイスをパッケージしたTOSA(Transmitter Optical Sub-Assembly)、ROSA(Receiver Optical Sub-Assembly)と主信号処理用各種IC、制御回路から構成される。各種MSAや必要な伝送距離により、適用するデバイスが異なる。

3.1 光デバイスモジュール

現在、光デバイスモジュールのTOSA、ROSAについても、MSA化の動きが進展している。2004年2月に国内外7社で締結されたXMD(10 Gbit/s Miniature Device)MSAでは、



注：略語説明 LD(Laser Diode)、TOSA(Transmitter Optical Sub-Assembly)、ROSA(Receiver Optical Sub-Assembly)

図1 10 Gビット/sプラグابل光トランシーバモジュールの内部構成
プラグابلに対応するため、電気インタフェースはカード エッジ コネクタ型、光インタフェースは光コネクタが直接挿入されるレセプタクル型を持つ。

表1 10 Gビット/s MSA光トランシーバモジュールの主要規格²⁾⁶⁾

10 Gビット/s光トランシーバモジュールには現在5種類のMSA(Multi-Source Agreement)がある。このうち、XENPAK、X2、XPAK、およびXFPがプラグابل形態である。

	300 pin	XENPAK	X2	XPAK	XFP
サイズ(幅×長さ)	76.2×55.9 mm(SFF)	121×36 mm	91×36 mm	85.3×36 mm	78×18.4 mm
実装形態	固定	プラグابل	プラグابل	プラグابل	プラグابل
光インタフェース	ビグテール	SC レセプタクル	SC レセプタクル	SC/LC レセプタクル	LC レセプタクル
電気インタフェース	SFI-4/XSBI 622 Mビット/s×16チャネル	XAUI 3.125 Gビット/s×4チャネル	XAUI 3.125 Gビット/s×4チャネル	XAUI 3.125 Gビット/s×4チャネル	XFI 10 Gビット/s×1チャネル

注：略語説明

XENPAK(10 Gigabit Ethernet Transceiver Package)、X2(2nd Generation XENPAK)、XPAK(10 Gigabit Transceiver Package)、XFP(10 Gigabit Small Form Factor Pluggable Module)、SFF(Small Form Factor)、SFI(Serdes-Framer Interface)、XSBI(10 Gigabit Sixteen-Bit Interface)、XAUI(10 Gigabit Attachment Unit Interface)、XFI(10 Gigabit Serial Electrical Interface)

表2 10 Gビット/s プラガブル光トランシーバモジュールの製品ラインアップ

各MSAに準拠した、短距離から長距離に至る製品を提供している。

	超短距離 ~ 300 m	短距離 ~ 10 km	長距離 ~ 40 km	超長距離 ~ 80 km
XENPAK	TRE2000	TRE5023	TRE7051	TRE7062
X2	TRT2000	TRT5021	開発中	開発中
XFP	開発中	TRF50x1	TRF7050	開発中

外形寸法や実装レイアウト、電気的・光学的特性などが規格化されている。このXMD-MSAに準拠し、1.3 μm帯DFB(Distributed Feedback : 分布帰還型)LDを搭載したTOSAとPDを搭載したROSAを開発、製品化した(図2参照)。

今回開発したDFB-LD TOSAとPIN-PD ROSAは、低コスト化と小型化を実現するため、従来のパタフライ形パッケージに代えて、2.5 Gビット/s以下の低速モジュールで広く使用されている汎用のCAN(Controller Area Network)型パッケージを採用した。CAN型パッケージでは信号ピンの取り出し部をガラスで封止しているため、ガラス材料の誘電率とリードピンの径から決定される特性インピーダンスを、高周波伝送線路で通常使われる50 Ωに整合しにくいという欠点がある。しかし、インピーダンス不整合であっても、寄生容量や寄生インダクタンスを制御することにより、良好な波形品質を得ることに成功している⁷⁾。

3.2 超短距離用トランシーバモジュール

XENPAK“ TRE2000 ”とX2“ TRT2000 ”は、構内LAN(Local Area Network)やSAN(Storage Area Network)での短距離用途をねらった10GbEの10GBASE-SR規格に準拠している。伝送媒体にはMMF(Multi-Mode Fiber)を使用し、最大300 mまでの伝送が可能となる。発光素子には波長850 nm帯のVCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser : 面発光型レーザダイオード)を用いた。



図2 DFB(分布帰還型)LD TOSA(上)とPIN-PD ROSA(下)
LCレセプタクルタイプの直径は6 mm以下で、トランシーバモジュールの基板とはフレキシブル基板上で接続される。

3.3 短距離用トランシーバモジュール

SONETのSR-1規格と10GbEの10GBASE-LR規格に準拠したXENPAK“ TRE5023 ”, X2“ TRT5021 ”, およびXFP“ TRF50x1 ”を開発し、製品化した。伝送媒体はSMF(Single-Mode Fiber)を使用し、最大10 kmまでの伝送が可能となる。

発光素子には波長1.3 μm帯の直接変調型DFB-LDを用いた。低コスト化を図るため、安価なCAN型パッケージを用いたXMD-TOSAとROSAを使用した。また、LDを低インピーダンス回路で駆動することによって+3.3 Vの低電圧駆動を実現し、さらに、寄生容量やインダクタンスによる波形ひずみを低減することにより、低消費電力と波形品質の性能向上を実現した。代表的な光出力波形を図3に示す。

3.4 長距離用トランシーバモジュール

SONETのIR-2規格と10GbEの10GBASE-ER規格に準拠したXFP“ TRF7050 ”を開発し、製品化した。伝送媒体はSMFで、最大40 kmまでの伝送が可能となる。発光素子には波長1.55 μm帯のEA(Electro Absorption : 電界吸収型)変調器集積型DFB-LDを用いた。XFPに搭載できるようにするため、小型で低消費電力のTOSAを開発した。また、EA駆動ICをTOSAに内蔵することにより、高周波特性の劣化を抑え、良好な光波形特性と40 km以上の光伝送を実現している。代表的な光出力波形を図4に示す。

3.5 超長距離/DWDM用トランシーバモジュール

国際規格ITU-Tに準拠したCバンド帯(波長1,530 ~ 1,565 nm), 100 GHzグリッド波長を備えるDWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing : 高密度波長多重)対応のXENPAK“ TRE7062 ”を開発し、製品化した。伝送媒体はSMFで、最大80 kmまでの伝送が可能となる。

送信部には低チャープで高出力のEA変調器集積型DFB-LDモジュールとオフセット可変型大振幅ドライバを採用し、これらを高周波基板を介して実装することにより、80 km伝送後の

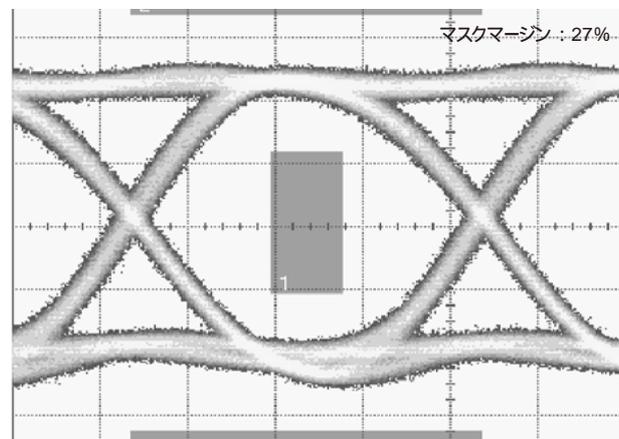


図3 TRF50x1の光出力特性

SONET信号伝送時(9.95 Gビット/s)の光出力アイパターン特性を示す。SONETの規定アイマスク仕様を満足している。

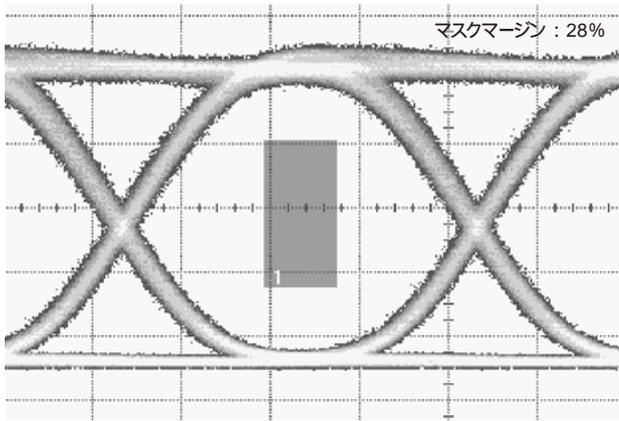


図4 TRF7050の光出力特性

SONETのFEQ(Forward Error Correction)レート(10.71 Gビット/s)での光出力アイパターン特性を示す。SONETの規定アイマスク仕様を満足している。

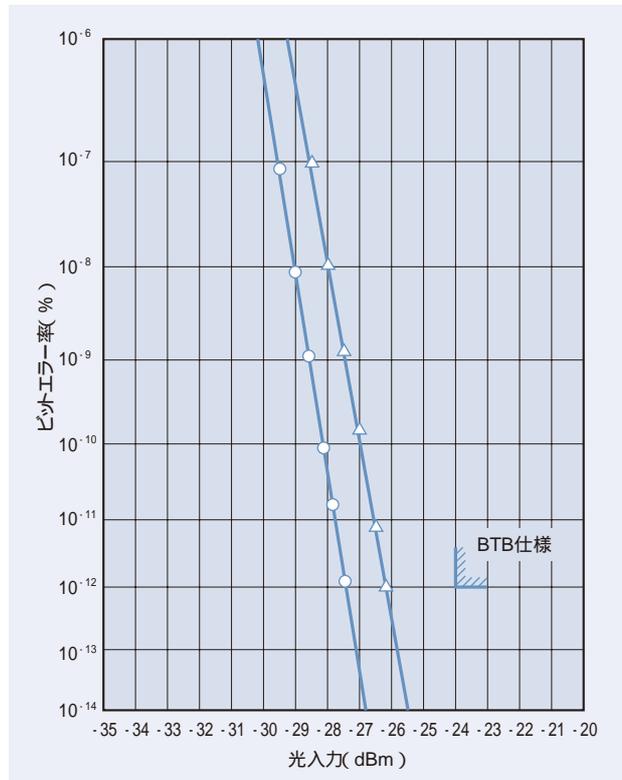
波形劣化を抑制した。

受信部には高感度APD(Avalanche photo Diode)と低雑音TIA(Trans-impedance Amplifier)ICを内蔵した専用のAPD-ROSAを開発し、80 kmの伝送が可能となる受信特性を達成した(図5参照)。

4 おわりに

ここでは、日本オプネクスト株式会社が開発した10 Gビット/s プラガブル光トランシーバモジュールの構成と機能、および特徴について述べた。

日本オプネクスト株式会社は、今後も、光トランシーバモジュールの高機能化、高性能化、低コスト化を図り、さまざまな光通信システムのニーズに対応していく考えである。



注：記号説明 (BTB: Back to Back), (80 km 伝送後)

図5 TRE7062の受信特性

80 km伝送時の光スパンロスに対応する受信感度仕様を満たしている。

参考文献など

- 1) OIFホームページ, <http://www.oiforum.com/public/impagreementsum.html#EI>
- 2) 300 PIN MSAホームページ, <http://www.300pinmsa.org/>
- 3) XENPAK MSAホームページ, <http://www.xenpak.org/>
- 4) X2 MSAホームページ, <http://www.x2msa.org/>
- 5) XPAK MSAホームページ, <http://www.xpak.org/>
- 6) XFP MSAホームページ, <http://www.xfpmsa.org/>
- 7) Yamamoto, et al.: 10.7 Gbit/s InGaAlAs Uncooled Directly-Modulated LD TOSA with Extermely High Mask Margin for SONET Applications, 19th IEEE International Semicond. Laser Conf., Post-deadline Paper SaB2(Sept.2005)

執筆者紹介



山田 靖浩

1985年日立製作所入社, 日本オプネクスト株式会社 通信モジュール事業部 送受信モジュールセンタ 所属
現在, 10 Gビット/s光トランシーバモジュールの開発に従事
E-mail: yasuihiro.yamada @ opnext.com



古川 雅昭

1993年日立製作所入社, 日本オプネクスト株式会社 通信モジュール事業部 送受信モジュールセンタ 所属
現在, 10 Gビット/s光トランシーバモジュールの開発に従事
E-mail: masaaki.furukawa @ opnext.com



石井 宏佳

1990年日立製作所入社, 日本オプネクスト株式会社 通信モジュール事業部 送受信モジュールセンタ 所属
現在, 10 Gビット/s光トランシーバモジュールの開発に従事
E-mail: hiroyoshi.ishii @ opnext.com



桑野 英之

1992年日立製作所入社, 日本オプネクスト株式会社 通信モジュール事業部 光デバイスモジュールセンタ 所属
現在, 10 Gビット/s光デバイスモジュールの開発に従事
E-mail: hideyuki.kuwano @ opnext.com