



高温動作 DWDM TOSA・ROSA

深澤 永考*・荻澤 建*・桑原 涼
阿部 務・佐藤 敬二・荻田 省一

Development of TOSA/ROSA at 10 Gb/s over Wide Temperature Range for Pluggable Optical Module — by Hisataka Fukasawa, Ken Ashizawa, Ryo Kuwahara, Tsutomu Abe, Keiji Satoh and Shoichi Ogita — The authors have successfully developed new TOSA (transmitter optical sub-assembly) and ROSA (receiver optical sub-assembly) with a wide operating temperature range of -5 to 90 deg. C. These devices meet the requirements of an XFP (10 Gigabit Small Form Factor Pluggable) module for DWDM (dense wavelength division multiplexing) networks. TOSA has low power dissipation by using a newly designed EML (electro-absorption modulator integrated laser diode) chip, a good stability of wavelength and a good transmission characteristic at 1600 ps/nm. ROSA contains a high performance APD (avalanche photo diode) chip and a linear TIA (trans-impedance amplifier) with integrated AGC (automatic gain control) in a coaxial type package. ROSA provides high gain as well as good linearity for robust OSNR (optical signal to noise ratio) performance throughout a wide range of input power.

Keywords: TOSA, ROSA, DWDM, XFP, low power dissipation

1. 緒言

近年の情報通信トラフィックの増加に伴い、主流である伝送レート 10Gbit/s の幹線系ネットワークでは、複数の波長を多重して伝送する DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 方式が数多く用いられている。XFP (10Gbit/s Small Form Factor Pluggable) は小型、低消費電力な光インターフェースモジュールである。伝送装置はデータ容量の拡大を目的として 1 装置あたりのボード枚数増加、あるいはボードあたりの XFP 搭載数を増やす方法が採られる。このため使用される XFP には低消費電力化や高温動作が要求されている。

今回、我々は高密度実装用 XFP に必須となる 90℃ までの動作が可能な送信用/受信用の光素子を開発した。EA 変調器集積レーザを採用した TOSA (Transmitter Optical Sub-Assembly) と、APD (Avalanche Photo Diode) 及び TIA (Trans-impedance amplifier) を搭載した ROSA (Receiver Optical Sub-Assembly) である。

本稿では、それら素子の特性について報告する。

2. 主要諸元

TOSA/ROSA の主要諸元を表 1 に示す。

XFP での動作温度範囲が -5 ~ 85℃ となることから、搭載される TOSA/ROSA の動作温度範囲 (ケース温度) は -5 ~ 90℃ を想定している。TOSA/ROSA のパッケージは、XMD-MSA (10Gbit/s Miniature Device Multi Source Agreement) に準拠したもので、TOSA は箱型パッケージ、

表 1 TOSA/ROSA の主要諸元

動作ケース温度	-5 ~ 90℃
外形寸法	XMD-MSA 準拠
光インターフェース	LC レセプタクル
電気インターフェース	8 ピンフレキシブル基板
伝送速度	9.95 ~ 11.3Gbit/s
TOSA	
中心波長	1528.77 ~ 1563.05nm
光出力パワー	0 ~ 4dBm
動作電流	120mA Max.
消光比	9dB Min.
光波形クロスポイント	45% ~ 55%
伝送ペナルティ (1600ps/nm)	2.0dB Max.
TEC 消費電力	2.0W Max.
ROSA	
受光感度	0.7A/W Min.
トランスインピーダンス利得	4kΩ (Single-ended) Min.
最小受信感度	-27dBm Max.
オーバーロード特性	-3dBm Min.

ROSA は同軸型を採用した。TOSA の光出力は 0 ~ 4dBm、TOSA 内部に搭載するレーザ温度調整用 TEC (Thermoelectric cooler) の消費電力は 2.0W 以下である。ROSA においては、長距離伝送を実現するために APD を

用い、線形性に優れた AGC アンプ集積型 TIA を内蔵した。APD の受光感度は 0.7A/W 以上、TIA のトランスインピーダンス利得は 4kΩ (single-ended) 以上、最小受信感度は -27dBm 以下を達成した。

TOSA/ROSA を使用した伝送特性は、標準シングルモードファイバを介して 80km 伝送時 (分散量: 1600ps/nm) に、伝送ペナルティ (伝送後の受信感度劣化量) 2.0dB 以下を実現した。

3. TOSA の諸特性

3-1 構造とインターフェース TOSA の外形を写真 1 に示す。XMD-MSA 準拠のパッケージに電気インターフェースとして 8 ピンのフレキシブル基板が接続される。各ピンの機能は図 1 に示す。

TEC の上に実装されたレーザチップからの光を内部のレンズで集光し、レセプタクルを介して外部に取り出す。チップ後方にはパワーモニター用の PD (Photodiode) を搭載する。

TOSA 内部には今回新たに開発した EA 変調器レーザ (EML: Electro-Absorption Modulator Integrated Laser Diode) チップを搭載している。80km 伝送用で動作電流を従来よりも低くできるよう改良し、従来品と比べて同一のレーザ駆動電流で約 2dB のパワー増加を実現して

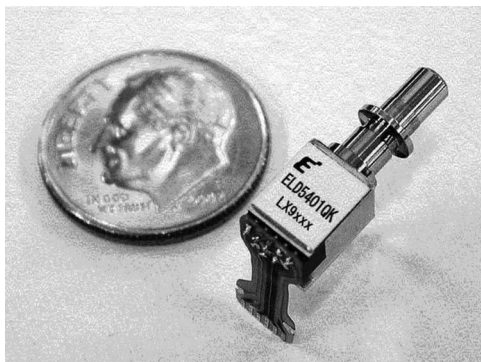


写真 1 TOSA 外形

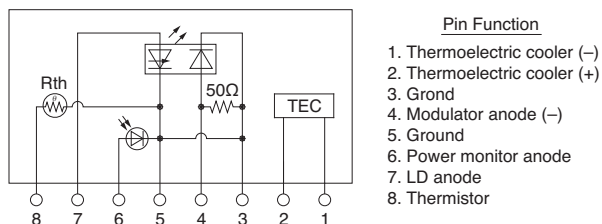


図 1 TOSA ブロックダイアグラム

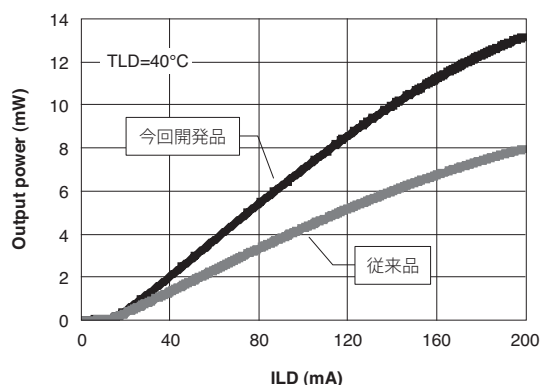


図 2 従来チップとの比較

いる (図 2)。そのためレーザ駆動電流を抑えることが可能となり、光インターフェースモジュール用途として低消費電力設計に対応したものとなっている。

3-2 消費電力 TOSA に搭載されている TEC の消費電力を図 3 に示す。TOSA が実装された XFP において、ケース温度が上昇/下降した場合には装置内の制御により TEC を冷却素子/加熱素子として機能させ、LD 温度を一定に保つよう調整する。XFP 等の光インターフェースモジュールにおいては、この TEC での消費電力が全体の消費電力に大きく影響する。今回の開発ターゲットである高温動作タイプの XFP では動作温度範囲が 85°C まで拡張されているため、TOSA 単体でのケース温度範囲は 90°C までとしている。図は LD 電流が 100mA の条件のデータである。TEC 消費電力は TEC 素子自身の発熱および LD チップの発熱のため、LD チップを冷却する必要がある高温側で増加する傾向があるが、最も消費電力が大きくなるケース温度 90°C の場合でも TEC 消費電力は 2.0W を大幅に下回っている。

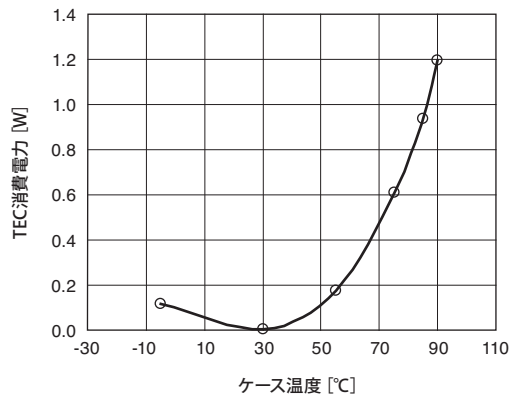
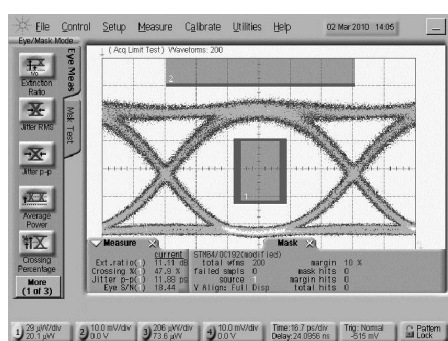
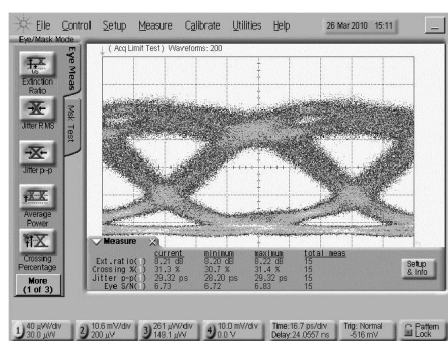


図 3 TEC 消費電力 (駆動条件: TLD = 35°C Iop = 100mA)

3-3 光出力波形 図4に光出力波形を示す。(a)は伝送前 (Back to Back) の波形、(b)は80km伝送 (1600ps/nm) 後の波形である。駆動条件は所定のパワーが得られるように調整している。ここではレーザ温度を41℃、駆動電流を90mAに設定している。オフセット電圧Voは伝送時の特性を保ちつつ、伝送前の光波形の開口が狭くなりすぎないように調整する必要があるためVo=-0.5Vに設定している。波形はどちらもオシロスコープの光プラグインに内蔵されているベッセルトムソンフィルタ通過後のものである。伝送前の光出力波形は、10dB以上の消光比を実現しつつ、STM-64/OC-192で規定されるマスク要求に対して、20%以上のマスクマージンが得られた。



(a) 伝送前



(b) 伝送後

図4 光出力波形

3-4 光波長の安定性 DWDM用途では波長の安定性は最も重要である。波長が変動する要因としては搭載時のTOSAのケース温度の変化と長期使用時の特性変動がある。

図5に波長のケース温度依存性を示す。温度範囲-5℃から90℃で±5pmと良好な波長安定性を示している。DWDM用途として十分な性能を持っていることがわかる。

図6に85℃雰囲気中のエージング試験の結果を示す。3000Hまでの加速試験でも波長変動量は60pm以下であり、寿命20年で±100pmの目標規格を満足している。

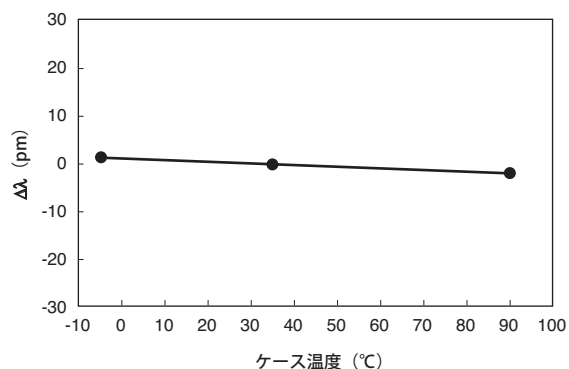


図5 波長のケース温度依存

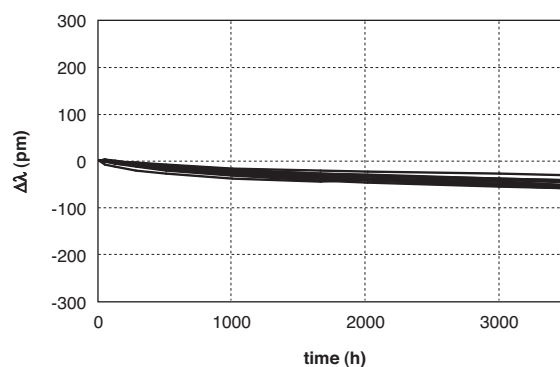


図6 長期波長安定性

4. ROSAの諸特性

4-1 ROSAの構成 ROSAの外形を写真2に、ブロックダイアグラムを図7に示す。

同軸型パッケージにはAPDとTIA (いずれも自社開発)、温度モニタのためのサーミスタ、電源雑音を除去するためのフィルタ回路を内蔵した。電気インターフェースには、8ピンのフレキシブル基板、光インターフェースにはLCレセプタクルを採用した。



写真2 ROSA外形

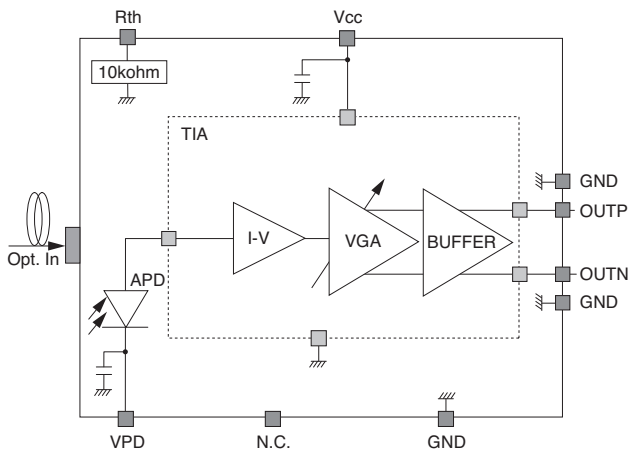


図7 ROSAブロックダイアグラム

APDはモノリシックレンズを集積した裏面入射型で、広い有効受光径を持つため、高い結合効率を得られる。

TIAは、光電流を電圧に変換する広帯域・低雑音のトランスインピーダンス型アンプ、電圧増幅機能をもつ差動AGCアンプ、50Ω出力バッファから構成される。

4-2 入出力特性 TIAの小信号におけるトランスインピーダンス利得は6kΩであり、微小信号入力時においても、100mVp-p以上の電圧振幅を出力する。また、高入力のトランスインピーダンス利得は、AGCアンプによって適切な値に減衰されるため、図8に示すように使用される入力パワー範囲にて安定した電圧振幅を得ることができる。

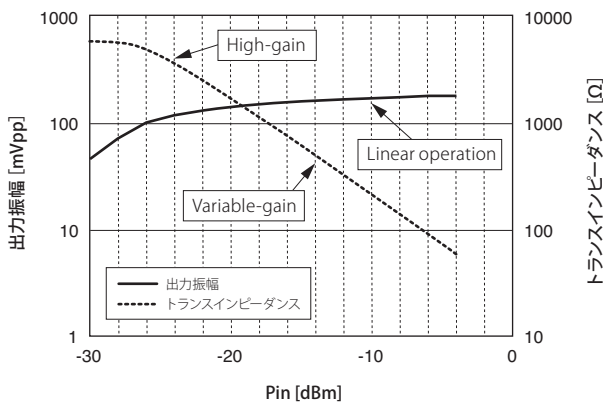


図8 ROSA入出力特性

4-3 ROSA電気出力波形 ビットレート9.95Gb/s (PRBS 2³¹-1 : Pseudorandom Binary Sequence)、ケース温度25℃、各入力パワーにおける電気出力波形を図9に示す。-25~-5dBmの入力パワー範囲において、歪の小さい良好な波形が得られた。

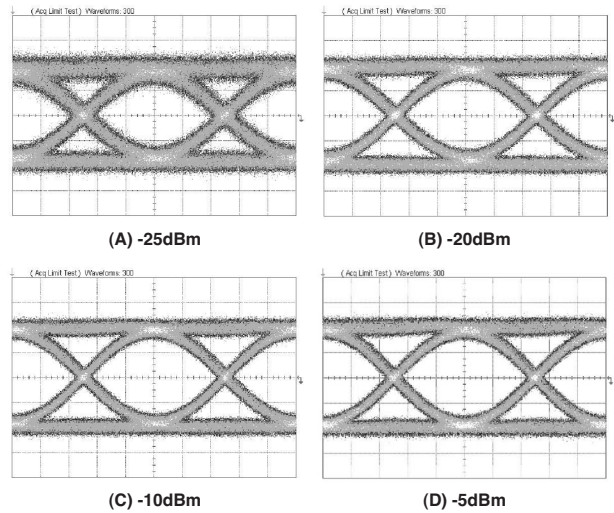


図9 ROSA電気出力波形

5. 伝送特性

5-1 伝送ペナルティ TOSA/ROSA対向での伝送ペナルティの評価結果を以下に示す。

測定系を図10に示す。PPG (Pulse Pattern Generator)での電気振幅は2Vp-pに設定してTOSAを駆動している。ビットレートは9.95Gbit/s、データパターンはPRBS 2³¹-1を使用し、伝送路にはシングルモード光ファイバにて、1600ps/nmの分散量に相当する距離で伝送を行った。

ROSAは、APDの増倍率はM=9に設定し、受信識別点は伝送前後の最適値に固定した。

伝送前後の受信感度を図11に示す。伝送前(分散量: 0ps/nm)の最小受信感度は-26.4dBm、1600ps/nm伝送後の受信感度は-25.6dBmであり、伝送ペナルティは0.8dBが得られた。一般的に市場から要求される伝送ペナルティは2.0dB以下であるため、本TOSA/ROSAの特性は十分なマージンを有する。

5-2 OSNR特性 DWDMシステムでは、光増幅器が多段接続されるため、光増幅器からの自然放出光が蓄積し、主信号との干渉によりビート雑音を発生する。

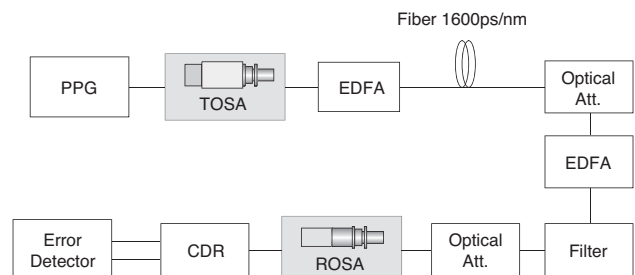


図10 伝送試験系

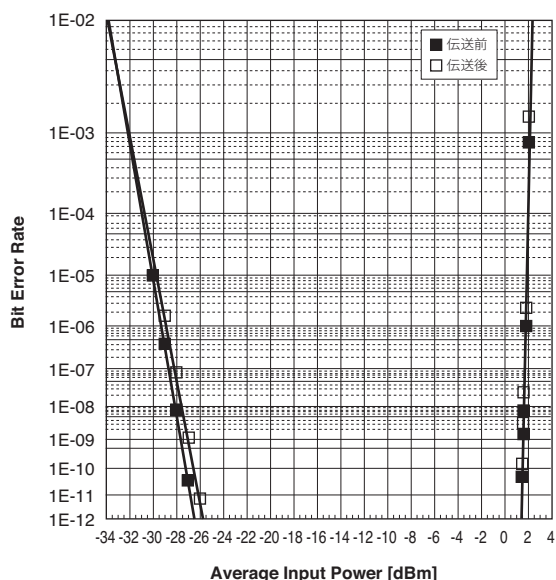


図11 伝送特性

DWDM用TOSA/ROSAでは、ビート雑音によって劣化したOSNR（光信号対雑音比：Optical Signal to Noise Ratio）に対する耐力が重要とされる。図12にOSNR耐力を示す。ビットレートは11.1Gbit/s、分散量0ps/nmにて、温度範囲-5～90℃の環境下で評価を行った。ビットエラーレート1E-3となるOSNRは12dB以下であった。-5-90℃の広い温度範囲においてもTIAの優れた線形性により、-20～-5dBmの入力パワー範囲で特性変動が小さく、良好なOSNR耐力が得られた。

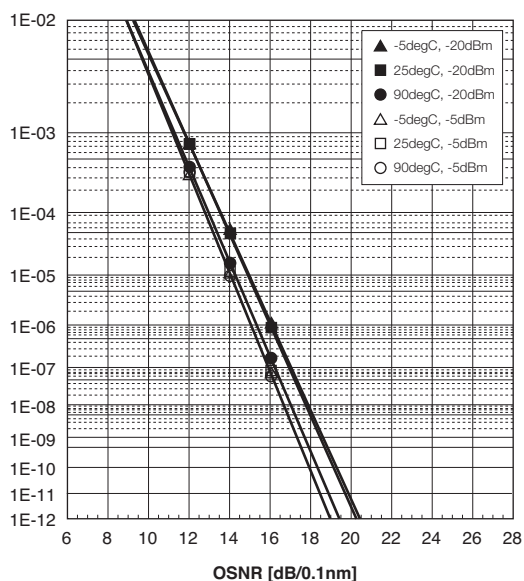


図12 OSNR特性

6. 結 言

長距離用DWDM XFP向けに90℃での動作が可能な送信／受信の光素子の開発に成功した。

新開発のレーザチップ採用により低消費電力を実現しつつ、DWDM用途に適した波長安定性を持つTOSA特性が得られた。また、ROSAにおいては、APDと全入力パワー範囲に対して優れた線形性を持つTIAを搭載することにより、良好なOSNR耐力を実現している。

用語集

DWDM

Dense Wavelength Division Multiplexing（高密度波長多重伝送）：高密度波長分割多重。

XFP

10 Gigabit Small Form Factor Pluggable：活栓挿抜可能な10Gbit/s対応光トランシーバ。

TOSA

Transmitter Optical Sub-Assembly：送信用小型光デバイス。

APD

Avalanche Photo Diode：小さな信号レベルまで受信可能なフォトダイオード。

TIA

Trans-impedance amplifier（トランスインピーダンス・アンプ）：フォトダイオードなどの微小電流信号を電気信号に変換し、増幅するための回路。

ROSA

Receiver Optical Sub-Assembly：受信用小型光デバイス。

XMD-MSA

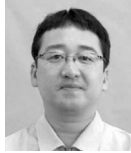
10Gbit/s Miniature Device Multi Source Agreement：製品仕様の標準化によりユーザの利便性を高めるとともに市場規模の拡大を図るため、各社が互換性のある共通仕様の製品を開発・製品化する取り決め様の製品を開発・製品化する取り決め。

OSNR

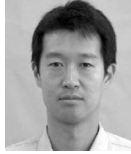
Optical Signal to Noise Ratio：光信号対雑音比。

執筆 者

深澤 永考* : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光デバイス開発部
レーザ製品の開発に従事



芦澤 建* : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光デバイス開発部
受光素子製品の開発に従事



乗原 涼 : 住友電工デバイス・イノベーション(株) 光デバイス開発部

阿部 務 : 住友電工デバイス・イノベーション(株) 光デバイス開発部
レーザ開発課課長 (Ph.D.)

佐藤 敬二 : 住友電工デバイス・イノベーション(株) 光デバイス開発部
担当部長

荻田 省一 : 住友電工デバイス・イノベーション(株) 光デバイス開発部
部長 (工学博士)

*主執筆者