

80km伝送用低消費電力CAN型10Gbps EML-TOSA

大谷龍輝*
岡田規男*
大和屋 武**

Low Power Consumption 10Gbps EML-TOSA for 80km Transmission Employing CAN Package

Tatsuki Otani, Norio Okada, Takeshi Yamatoya

要 旨

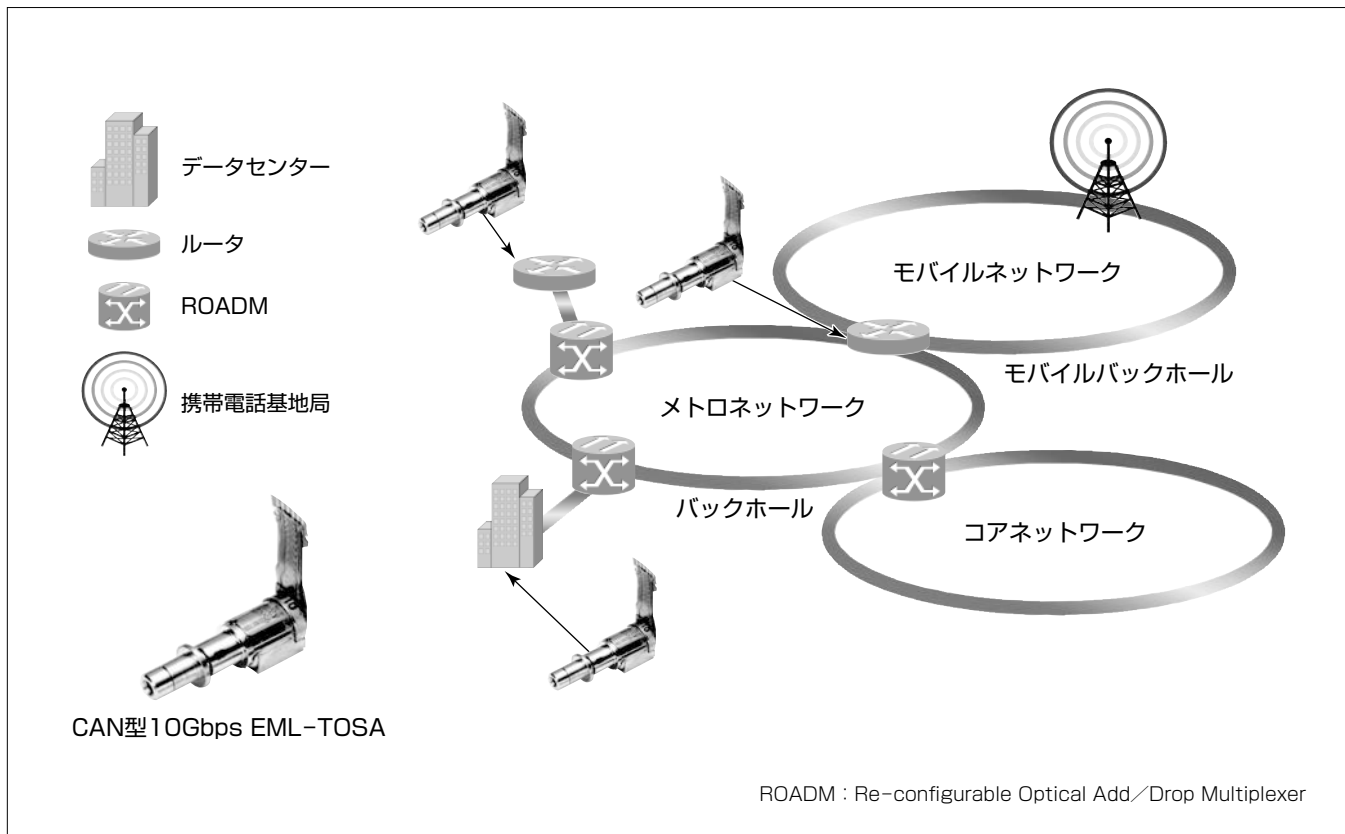
近年、ネットワークトラフィックが急激に増加しており、基幹系の情報通信網であるメトロネットワークの大容量化が加速している。これに伴い、光トランシーバは光伝送装置内に高密度実装されることが予想され、光トランシーバに搭載される光デバイスに対しても動作温度範囲の拡張と低消費電力化が求められる。

電界吸収型変調器集積レーザ (Electro-absorption Modulated Laser : EML) を搭載した EML-TOSA (Transmitter Optical Sub Assembly) は高速動作と長距離伝送に優れたレーザ光源の 1 つであり、データセンター間の光接続やルータの送信光源として用いられている。高い品質の光伝送特性と長期信頼性を実現するためには、EMLをTEC (Thermo Electric Cooler) で一定温度に制御する必要があるが、動作環境温度 (以下“ケース温度”とい

う。) と EML 駆動温度の差が拡大する高温での低消費電力化が課題となる。

開発した CAN 型 10Gbps EML-TOSA は、動作温度範囲を従来の 80℃ から 95℃ に拡張するため、EML 駆動温度を 40℃ から 60℃ に高温化し、TEC 抵抗値も最適化した。また、パッケージには量産性に優れた CAN 型パッケージを適用した。CAN 型を適用することによる周波数応答特性の劣化は、インピーダンス整合を改善することで十分な帯域を確保した。

評価の結果、ケース温度 95℃ での消費電力は 0.23W となり、従来品と比較して 76% の低消費電力化を実現した。また、周波数応答特性では 10GHz 以上の 3 dB 帯域が得られ、マスクマージン 26% の良好な光波形と、80km 伝送時の伝送ペナルティ 2 dB 以下の良好な特性が得られた。



EML

EMLは電界吸収型光変調器と分布帰還型レーザが集積された半導体レーザの一種である。分布帰還型レーザと比較して高速動作と長距離伝送に優れるため、10Gbpsの長距離伝送用や高速動作が求められる25Gbps/40Gbpsの送信光源としても採用されている。

1. ま え が き

光伝送装置の高速化・大容量化に伴い、光トランシーバは300pinトランスポンダからXENPAK (10Gigabit Ethernet^(注1) Transceiver Package), X2(2nd Generation XENPAK), XFP(10Gigabit Small Form Factor Pluggable), SFP+ (Small Form-Factor Pluggable Plus)へと小型化が加速している(表1)。光トランシーバの小型化は、許容される消費電力の低減も伴い、最小サイズのSFP+では、光トランシーバ全体で1.5W以下に抑える必要がある。また、小型化によって、光トランシーバの光伝送装置内への高密度実装が可能となるため、光トランシーバに内蔵されるEML-TOSAに対しても動作温度範囲の拡張が求められる。EML-TOSAを駆動する場合、品質の高い光学特性と長

表1. 光トランシーバのサイズ及び消費電力規格

	外形サイズ(cm ³)	消費電力(W)
XENPAK	78.0	9
X2	37.8	4
XFP	12.2	2.5~3.5
SFP+	6.9	1.0~1.5

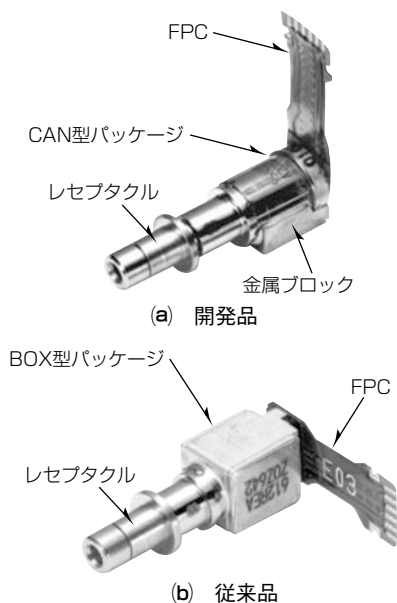


図1. 開発品と従来品のTOSA

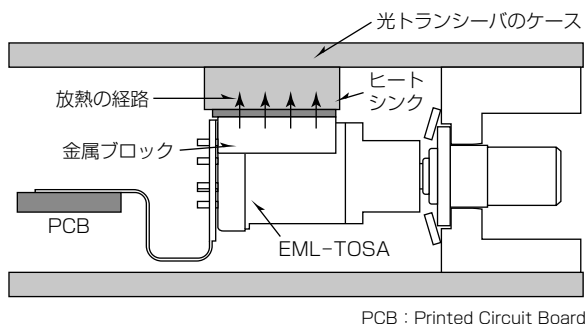


図2. 光トランシーバ搭載時の放熱経路

期信頼性を確保するため、EMLを一定の温度に制御する必要があるが、ケース温度と設定温度の差が大きくなったときに消費電力が増加するという課題がある⁽¹⁾。

開発したEML-TOSAは、ケース温度範囲を80℃から95℃へ拡張すると同時に低消費電力化を実現するため、EML駆動温度を従来の40℃から60℃に高温化した。また、TEC抵抗の最適化を行うことで、回路全体の低消費電力化を図った。また、パッケージには量産性に優れたCAN型を適用した⁽²⁾。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

2. CAN型10Gbps EML-TOSAの構成

開発したEML-TOSAのパッケージには光デバイスで汎用的に適用されている金属とガラスをベースとしたφ5.6mmのCAN型パッケージを採用した。図1に開発品及び従来品を示す。開発品の電気信号及び光信号のインタフェースには、FPC(Flexible Printed Circuit)とレセプタクルを採用することで、従来品との互換性を保っている。なお、EML-TOSAの外形サイズやFPCパッド配置は、XMD-MSA (10Gbps Miniature Device Multi Source Agreement)⁽³⁾に準拠している。

図2にSFP+規格の光トランシーバ搭載時の放熱経路を示す。CAN型パッケージの外周に金属ブロックを取り付けることで、光トランシーバ内のヒートシンクを介し、効率的に排熱できる構造となっている。

3. 設計結果

3.1 EML駆動温度の高温化

EML駆動温度を従来の40℃から60℃に高温化するためには、LD(Laser Diode)の効率(駆動電流に対する光出力の比)改善が必要となる。発光素子として集積されているLDは、駆動温度が高くなると効率が低下するため、素子構造に改良を加え、駆動温度60℃での効率の改善を行った。

図3に開発品及び従来品のLD駆動電流-光出力特性を

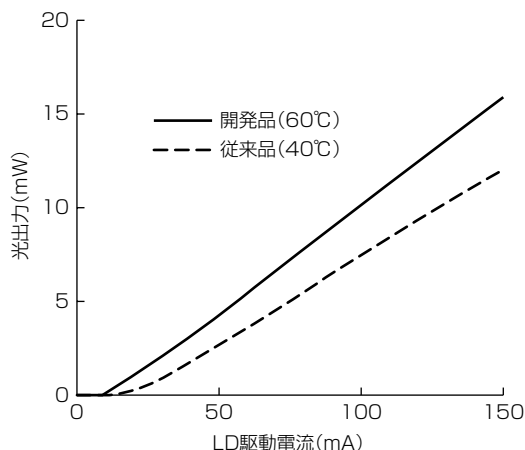
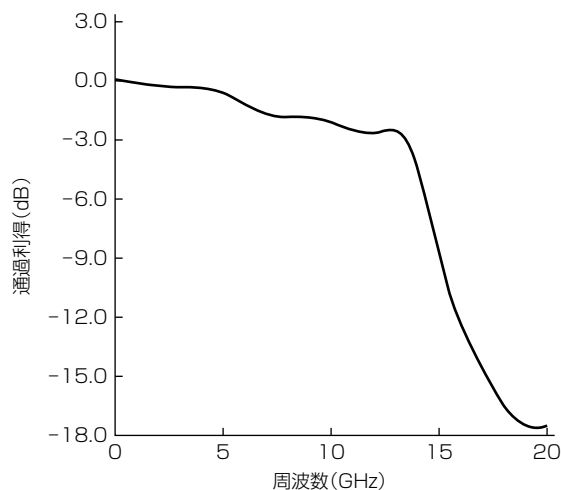


図3. 開発品及び従来品のLD駆動電流-光出力特性

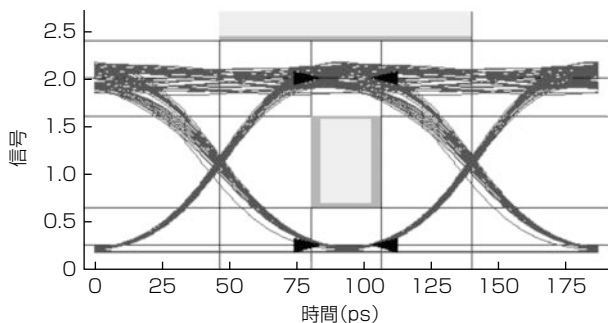
示す。開発品はEML駆動温度を40℃から60℃に高温化したが、同じ駆動電流で従来品より高い光出力が得られている。

3.2 高周波設計

CAN型パッケージは量産性に優れるが、ガラス貫通部の線路インピーダンスが20Ω程度となり、インピーダンス不整合が発生する。そこで、FPCの信号線路からTOSA内部に設けられた終端抵抗までの各接続部を分布定数線路の



(a) 周波数応答特性



(b) 光波形シミュレーション結果

図4. 周波数応答特性と光波形シミュレーション結果

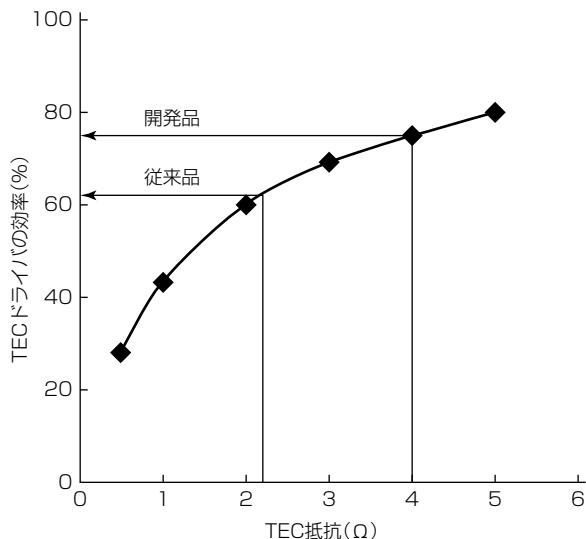


図5. TEC抵抗に対するTECドライバの効率

一部と見立て、TOSA全体での線路インピーダンスが50Ωで整合が取れるよう、パッケージ内部のワイヤ長などを最適化した。

図4に周波数応答特性と光波形のシミュレーション結果を示す。周波数応答特性では利得偏差の小さい10GHz以上の3dB通過帯域が得られた。また、この周波数応答特性の結果を用いた光波形シミュレーションを行った結果、低ジッタの良好な光波形が得られた。

3.3 TEC抵抗の最適化

光トランシーバでTECを駆動する場合、専用のTECドライバを用いパルス変調で制御する。このときTECドライバで電力損失が発生するため、実際のTECドライバの消費電力はEML-TOSAのTEC消費電力よりも高くなる。今回の開発では、この電力損失が最小となるようTEC抵抗を最適化した。

図5にTECの消費電力が0.3WのときのTEC抵抗に対するTECドライバの効率を示す。TEC抵抗が大きくなることで効率が改善されるため、従来の2.2Ωから4Ωに変更し、光トランシーバ搭載時の低消費電力化を図った。

4. 評価結果

図6に周波数応答特性評価結果を示す。比較のため、シミュレーション結果も併せて示す。評価の結果、利得偏差の小さい10GHz以上の3dB帯域が得られ、シミュレーションと一致する結果となった。

図7に伝送前(分散量: 0 ps/nm)と80km伝送後(分散量: 1,600ps/nm)の光波形を示す。EML-TOSAの駆動条件はビットレート10.7Gbps, LD駆動電流90mA, EML駆動温度60℃, 変調振幅1.8Vである。光波形の評価には4次ベッセル・トムソンフィルタを使用した。評価の結果、消光比は10.3dB, 平均光出力は+1.5dBmが得られ、ITU-T (International Telecommunication Union Telecommuni-

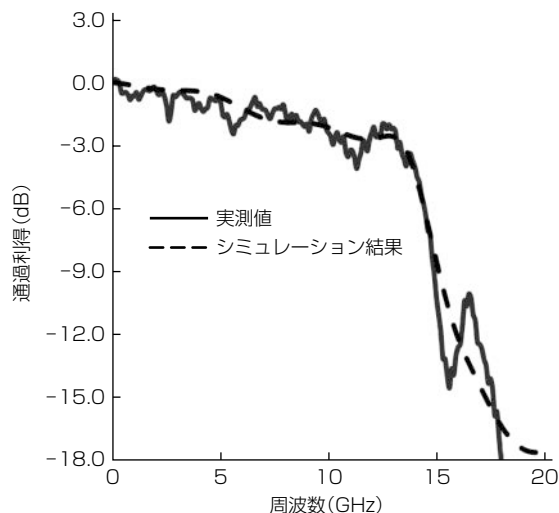
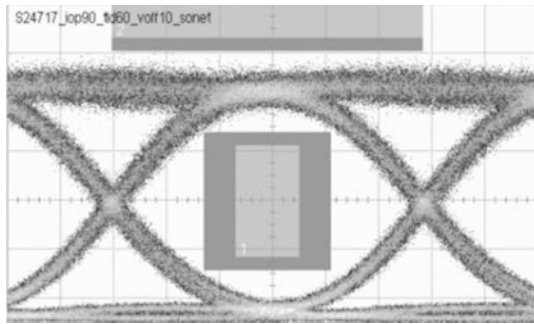
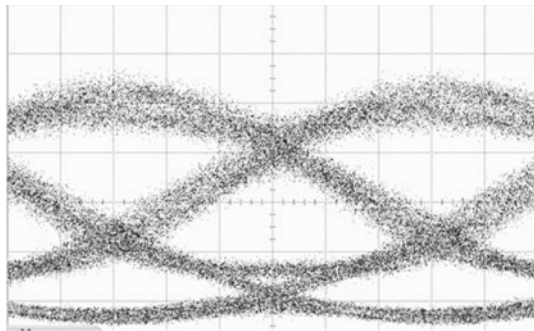


図6. 周波数応答特性評価結果



(a) 伝送前



(b) 伝送後

図7. 伝送前と伝送後の光波形

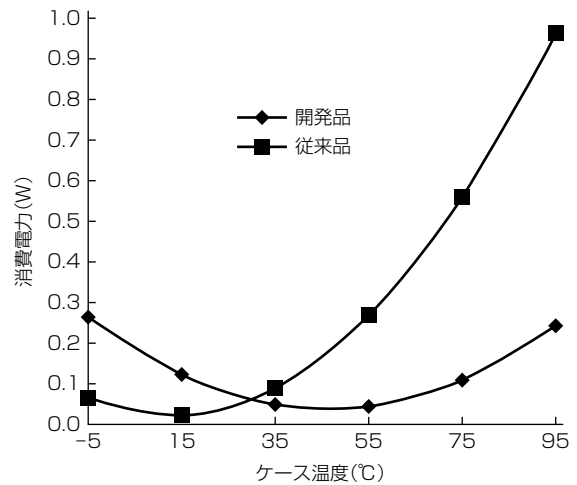


図9. TECドライバの消費電力

す。符号誤り率 1×10^{-12} での伝送ペナルティは2 dB以下であり、良好な結果が得られた。

図9にTECドライバの消費電力評価結果を示す。EML駆動温度を従来の40℃から60℃に高温化したこととTEC抵抗を最適化したことで、ケース温度95℃時における消費電力は0.23Wとなった。同じケース温度における従来品の消費電力は0.96Wであり、76%の低消費電力化を実現した。

5. むすび

80km伝送用CAN型10Gbps EML-TOSAを開発した。EML駆動温度の高温化とTEC抵抗の最適化で低消費電力化を実現し、ケース温度95℃で0.23Wの消費電力が得られた。これは従来品の76%の低消費電力化に相当する。また、パッケージにCAN型を適用することによる周波数応答特性の劣化は、インピーダンス整合を改善することで補償し、10GHz以上の3 dB通過帯域が得られた。光波形のマスク評価では26%のマスクマージンが得られ、80km伝送時の伝送ペナルティで2 dB以下の良好な結果が得られた。

参考文献

- (1) Okada, N., et al.: 10.7Gbit/s Low Power Consumption and Low Jitter EML TOSA Employing Interdigital Capacitor, ECOC2006, We 3, P.66 (2006)
- (2) Okada, N., et al.: Cost-Effective 10.7Gbit/s Cooled TOSA Employing Rectangular TO-CAN Package Operating up to 90°C, Optical Fiber Communication Conference, JWA38 (2010)
- (3) XMD-MSA: <http://www.xmdmsa.org/>

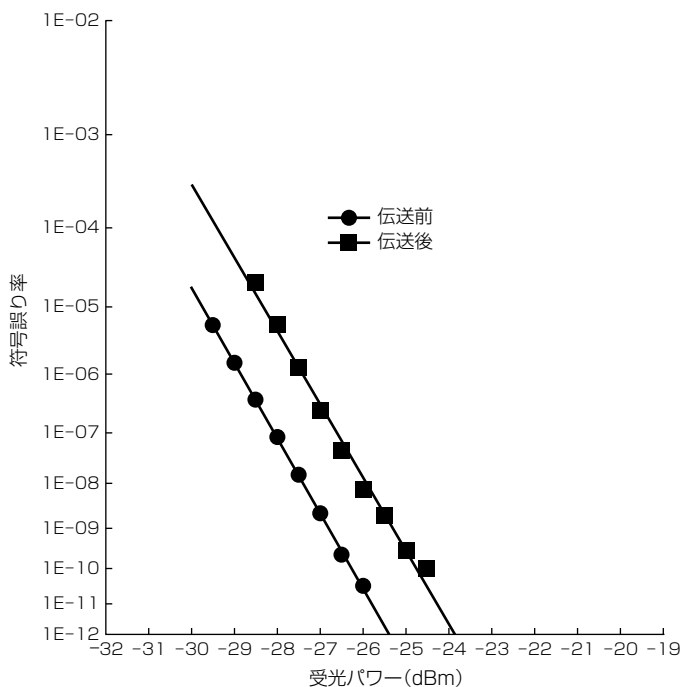


図8. BER特性

cation Standardization Sector)で規定されるマスクに対して26%のマージンが得られた。

図8に80km伝送前後のBER(Bit Error Ratio)特性を示