

同軸型10Gbps EML-TOSA

岡田規男*
松末明洋**
大和屋 武***

10Gbps EML-TOSA Employing TO-CAN Package

Norio Okada, Akihiro Matsusue, Takeshi Yamatoya

要 旨

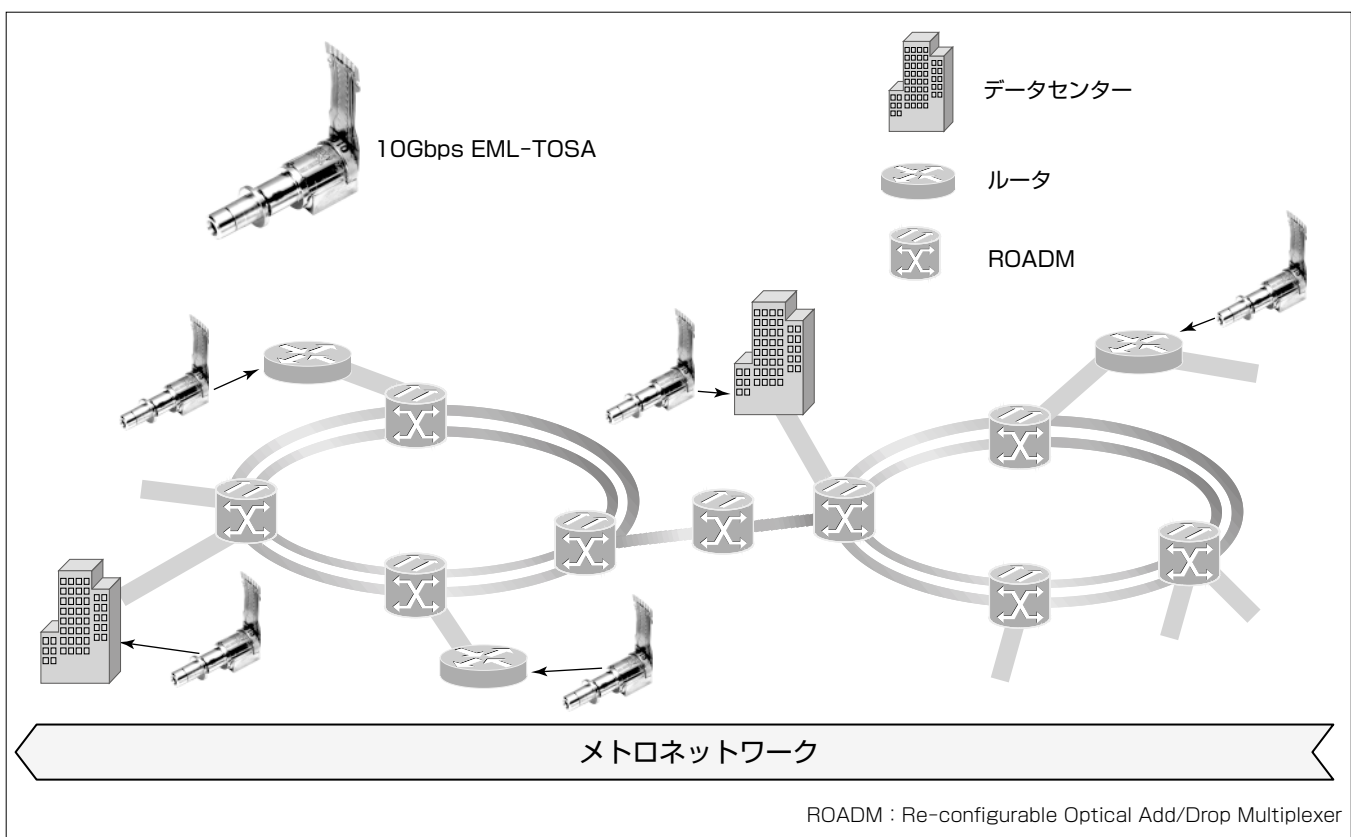
近年の大容量通信端末の普及に伴い、ネットワーク全体のトラフィックが急増している。基幹系の通信網であるメトロネットワークも信頼性の高いネットワークを構築するために高速大容量化が加速しているが、それに伴って光伝送装置の消費電力増加が大きな問題となっている。

EML(Electro-absorption Modulated Laser)は高速動作と長距離伝送に優れる半導体レーザの一種で、データセンタの光接続やルータの送信光源として使用されている。しかし、温度制御が必要であるため、動作温度とEMLの設定温度の差が大きくなると内蔵しているTEC(Thermo Electric Cooler)の消費電力が増加するという問題がある。

今回開発した同軸型10Gbps EML-TOSA(Transmitter Optical Sub Assembly)は、EMLの設定温度を45℃から

55℃へ高温化し、変調器を最適化することでLD(Laser Diode)駆動電流と駆動振幅を低減した。その結果、-40～+95℃の動作温度範囲におけるTECの消費電力は0.42W以下となり、従来製品と比較して55%の低消費電力化を実現した。

また、パッケージには同軸型(TO(Transfer Outline)-CANパッケージ)を採用し、部材コストを低減した。パッケージの外周に金属ブロックを取り付けることで、従来製品との互換性を保ち、効率的な排熱を可能とした。また、同軸型を採用することで問題となる高周波特性の劣化については、インピーダンス整合を最適化することで、従来製品と同等の3dB帯域(~14GHz)が得られ、低ジッタの光出力波形及び良好な伝送特性を実現した。



EMLとは

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の送信光源として採用されている。

1. ま え が き

光伝送装置の高速大容量化に伴って、光送受信器も300pinトランスポンダからXFP(10 gigabit small Form factor Pluggable)/SFP+(Small Form factor Pluggable plus)へと小型化が進んでいる。小型のXFP/SFP+は装置内で高密度に実装されるため、送信光源であるEML-TOSAに対しても低消費電力化と動作温度範囲の拡張が求められている。

EML-TOSAの低消費電力化に関しては様々な方法が提案されており⁽¹⁾⁽²⁾、非冷却動作もその方法の一つであるが、 $-40\sim+95^{\circ}\text{C}$ の動作温度範囲で高品質な光学性能と長期信頼性を保つことは非常に難しい。したがって、TECを用いて温度制御することを前提に消費電力を下げる検討が必要である。

今回開発した同軸型10Gbps EML-TOSAは設定温度を 45°C から 55°C に高温化することでTEC消費電力の低減を図っている。また、パッケージには光デバイスで広く適用されている同軸型を採用した。

本稿では、開発した同軸型EML-TOSAの構成、設計結果と評価結果について述べる。

2. 同軸型10Gbps EML-TOSAの構成

図1に10Gbps EML-TOSAの外観を示す。従来製品のパッケージは金属とセラミックが一体となった箱型のパッケージであったが、今回の開発品では光デバイスで広く適用されている金属とガラスをベースとした $\phi 5.6\text{mm}$ の同軸型を採用した。電気信号のインタフェースにはFPC(Flexible Printed Circuit)を適用し、EML-TOSA全体の外形サイズやパッド配置はXMD-MSA(10Gbps Miniature Device-Multi Source Agreement)に準拠している。

図2にXFP/SFP+搭載時の放熱経路を示す。パッケージの外周に金属ブロックを取り付けることで、従来の箱型パッケージとの互換性を保ち、EML-TOSAで発生した熱をXFP/SFP+のケースに効率的に排熱できる。

図3に回路ブロック図を示す。終端抵抗は 50Ω であり、発熱を抑えるためにAC結合した。また、並列に $1\text{k}\Omega$ の

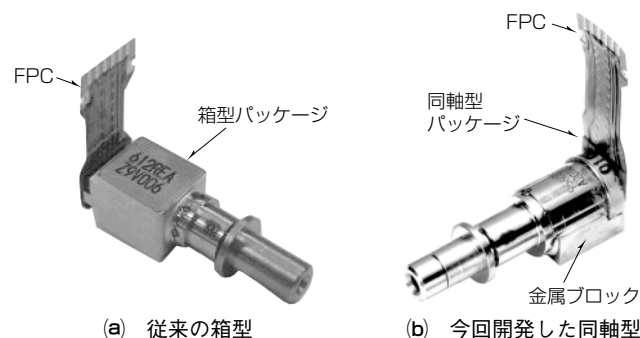


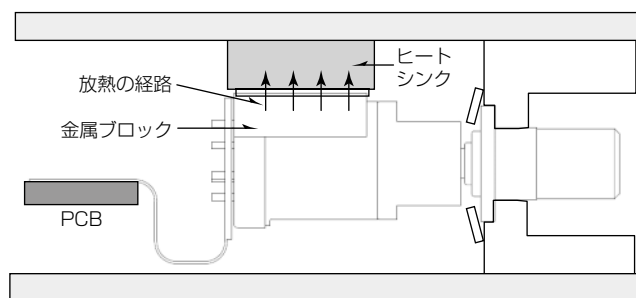
図1. 10Gbps EML-TOSAの外観

抵抗を接続することで、従来の $1/20$ の電流でEMLのDCオフセット電圧を構成することが可能である。

3. 設計結果

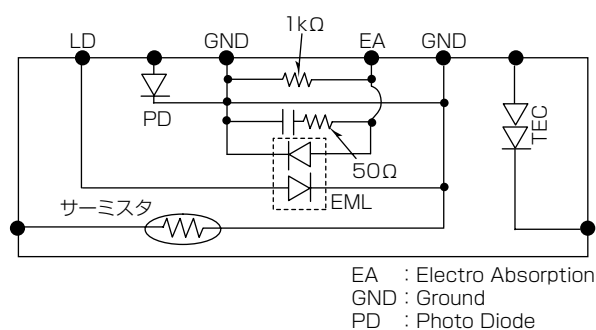
3.1 EML素子の設計

TECはEMLの設定温度と動作温度の差が大きくなると消費電力が増大する。熱抵抗やEMLの発熱量を考慮すると、 $-40\sim+95^{\circ}\text{C}$ の動作温度範囲でのEMLの最適設定温度は 55°C となるため、EMLの設定温度を従来の 45°C から 55°C に高温化した。図4に電圧印加の有無に対する吸収スペクトルの概念図を示す。変調器に電圧を印加すると波長に対する吸収係数が変化する。LD発振波長における吸収係数の差が大きいほど消光比が大きくなり、低駆動振幅での動作が可能となる。また、電圧印加していないときの吸収係数が小さいほど損失が小さくなり、LD駆動電流の低減が可能となる。



PCB : Printed Circuit Board

図2. XFP/SFP+搭載時の放熱経路



EA : Electro Absorption
GND : Ground
PD : Photo Diode

図3. 回路ブロック図

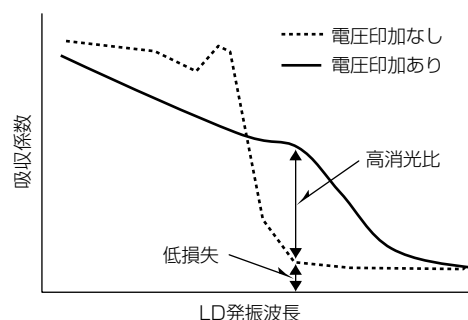


図4. 吸収スペクトルの概念図

図5(a), (b)に従来の変調器と最適化後の変調器のDC消光特性とフォトカレントの評価結果を示す。最適化後の変調器は急峻(きゅうしゅん)なDC消光特性を得ており、低駆動振幅化を実現した。また、フォトカレントは変調器での損失を意味し、値が小さいほど損失も小さい。したがって、最適化後の変調器はLD駆動電流の低減も実現していることが分かる⁽³⁾。

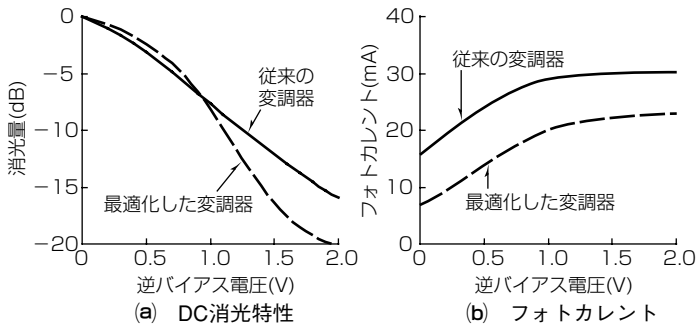


図5. 変調器のDC特性

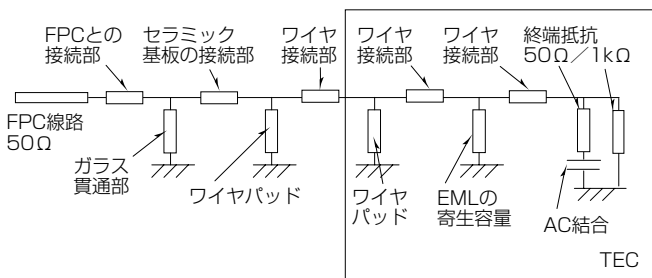


図6. インピーダンス整合設計の概念図

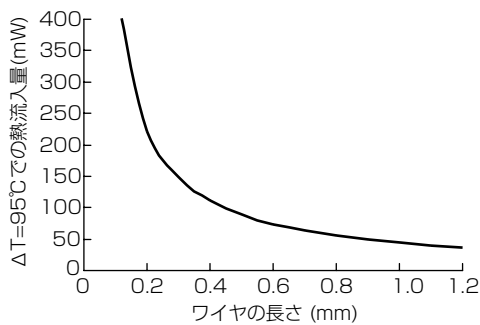


図7. $\Delta T=95^{\circ}\text{C}$ のときの熱流入量

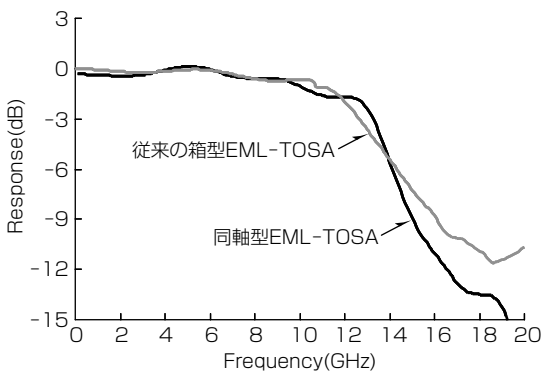


図8. 周波数応答特性のシミュレーション結果

3.2 同軸型パッケージの設計

同軸型パッケージの材料には安価で熱伝導率の良い鉄系の材料を適用した。しかし、気密性の観点からガラス材料、ガラス径、リード径が限定されるため、ガラス貫通部の線路インピーダンスは 20Ω 程度になる。ほかにもワイヤ接続部、FPCとの接続部、EMLの寄生容量等が反射点となり、 50Ω で整合を取ろうとすると多重反射が発生し、高周波特性が劣化する。そのため、FPCの信号線路から終端抵抗までの各接続部を分布定数線路の一部と見立てて、同軸型EML-TOSA全体での線路インピーダンスが 50Ω に近づくように最適化した。図6にインピーダンス整合設計の概念図を示す。ガラス貫通部に接続されるFPCとパッケージの接続部及びセラミック基板とパッケージの接続部はハイインピーダンスとなるように設計した⁽⁴⁾。

動作温度と設定温度の差が大きくなると、ワイヤを介した熱流入が増加し、TECの消費電力が増加する。図7に動作温度と設定温度の差が最大となる 95°C (動作温度が -40°C で設定温度が 55°C)のときの信号線路のワイヤ長に対する熱流入量を示す。ワイヤ長が短くなると熱流入量が増加することが分かる。したがって、ワイヤ長は十分長く配線し、増加するワイヤインダクタンスはワイヤパッドの容量で補償した。

図8に周波数応答特性のシミュレーション結果を示す。比較のために従来の箱型パッケージのシミュレーション結果も併せて示す。同軸型EML-TOSA全体での線路インピーダンスを 50Ω に近づけることで、従来の箱型と同等の3 dB通過帯域が得られることを確認した。

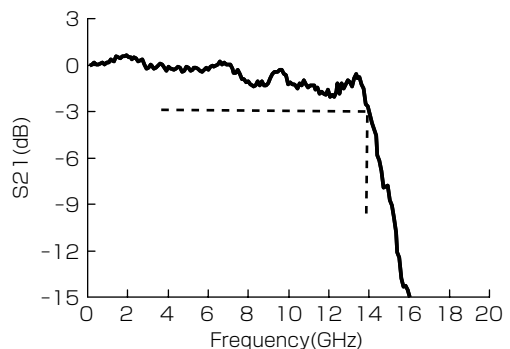


図9. 周波数応答特性

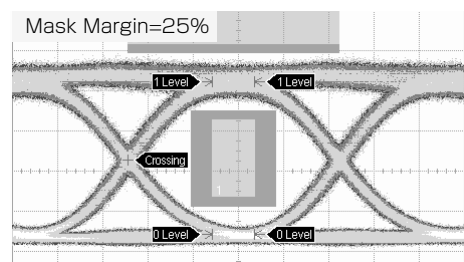


図10. 10.7Gbps光出力波形(4th Besselフィルタ透過後)

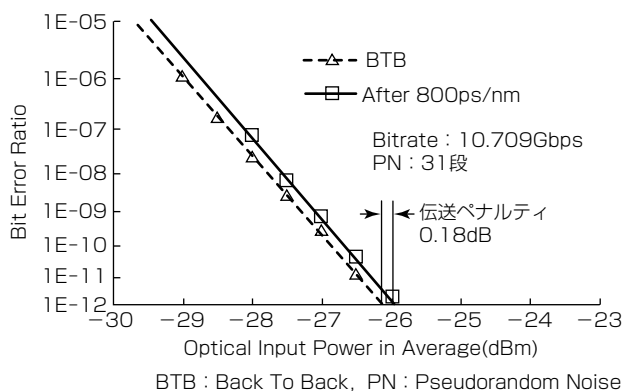


図11. 符号誤り率特性

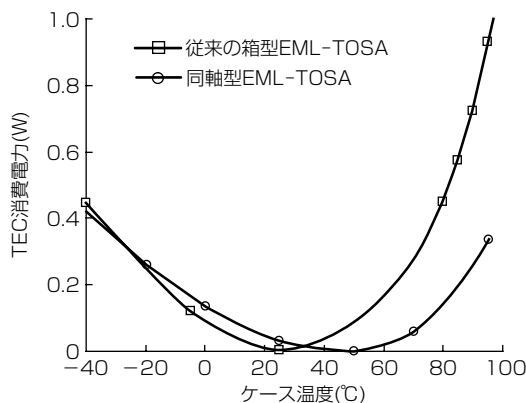


図12. TEC消費電力

4. 評価結果

図9に周波数応答特性の評価結果を示す。3 dB通過帯域は14GHzであり、良好な特性が得られた。図10に10.7Gbps 光出力波形を示す。LD駆動電流70mA、設定温度55℃、駆動電圧振幅1.4Vppの条件で、消光比10.3dB、変調光出力+0.5dBmが得られた。また、光出力波形はITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunication) G.693で規定されるマスクに対して25%のマージンが得られた。図11に10.7Gbps, PRBS (Pseudo Random Binary Sequence) 31段での符号誤り率特性を示す。800ps/nm分散後の伝送ペナルティは0.18dB (@ 1×10^{-12}) と良好な特性が得られた。

図12にTEC消費電力の評価結果を示す。比較のため、従来の箱型の評価結果も併せて示す。EMLの設定温度を従来の45℃から55℃に高温化し、LD駆動電流と駆動振幅を低減したことで、-40~+95℃の動作温度範囲で0.42W以下のTEC消費電力が得られた。従来製品のTEC消費電力は0.93Wであり、55%の低消費電力化を実現した。表1に従来の箱型との比較評価結果を示す。

表1. 比較評価結果

項目	従来の箱型 EML-TOSA	同軸型 EML-TOSA
EML駆動温度	45℃	55℃
LD電流	90mA	70mA
駆動振幅	1.8Vpp	1.4Vpp
消光比	10dB以上	10dB以上
TEC消費電力 (-40~+95℃)	0.93W	0.42W

5. むすび

今回、同軸型10Gbps EML-TOSAを開発した。EML素子の高温動作化(55℃)によって、TEC消費電力を大幅に低減した。また、インピーダンス整合の最適化によって、良好な光学特性、高周波特性、伝送ペナルティを実現した。LD駆動電流と駆動振幅の低減はXFP/SFP+全体の消費電力低減にも寄与する。

開発した同軸型パッケージは、DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)用、80km伝送用、アクセス系の10G-EPON (Gigabit-Ethernet Passive Optical Network)用のEMLとしても適用可能である。今後、EMLの標準パッケージとして製品群の拡張を図り、光通信システムの発展とエネルギーの効率化に貢献する。

参考文献

- (1) Okada, N., et al.: 10.7 Gbit/s Low Power Consumption and Low Jitter EML TOSA Employing Interdigital Capacitor, ECOC2006, European Conference on Optical Communications, 1~3 (2006)
- (2) Makino, S., et al.: Compact and Low Power Consumption 1.55- μ m Electro-Absorption Modulator Integrated DFB-LD TOSA for 10-Gbit/s 40-km Transmission, OFC 2009. Conference on Optical Fiber Communication-incudes post deadline papers, 1~3 (2009)
- (3) 森田佳道, ほか: 10G-EPON用L帯高出力EA変調器集積DFB-LD, 電子情報通信学会2010年総合大会講演論文集, C-4-18, 269 (2010)
- (4) Okada, N., et al.: Cost-Effective 10.7Gbit/s Cooled TOSA Employing Rectangular TO-CAN Package Operating up to 90℃, Optical Fiber Communication Conference (OFC/NFOEC), 1~3 (2010)