

CFP光送受信器用低消費電力25Gbps EML-TOSA

馬場幹雄*
 齋藤 健*
 大和屋 武**

Low Power Consumption 25Gbps EML-TOSA for CFP Optical Transceiver

Mikio Baba, Takeshi Saito, Takeshi Yamatoya

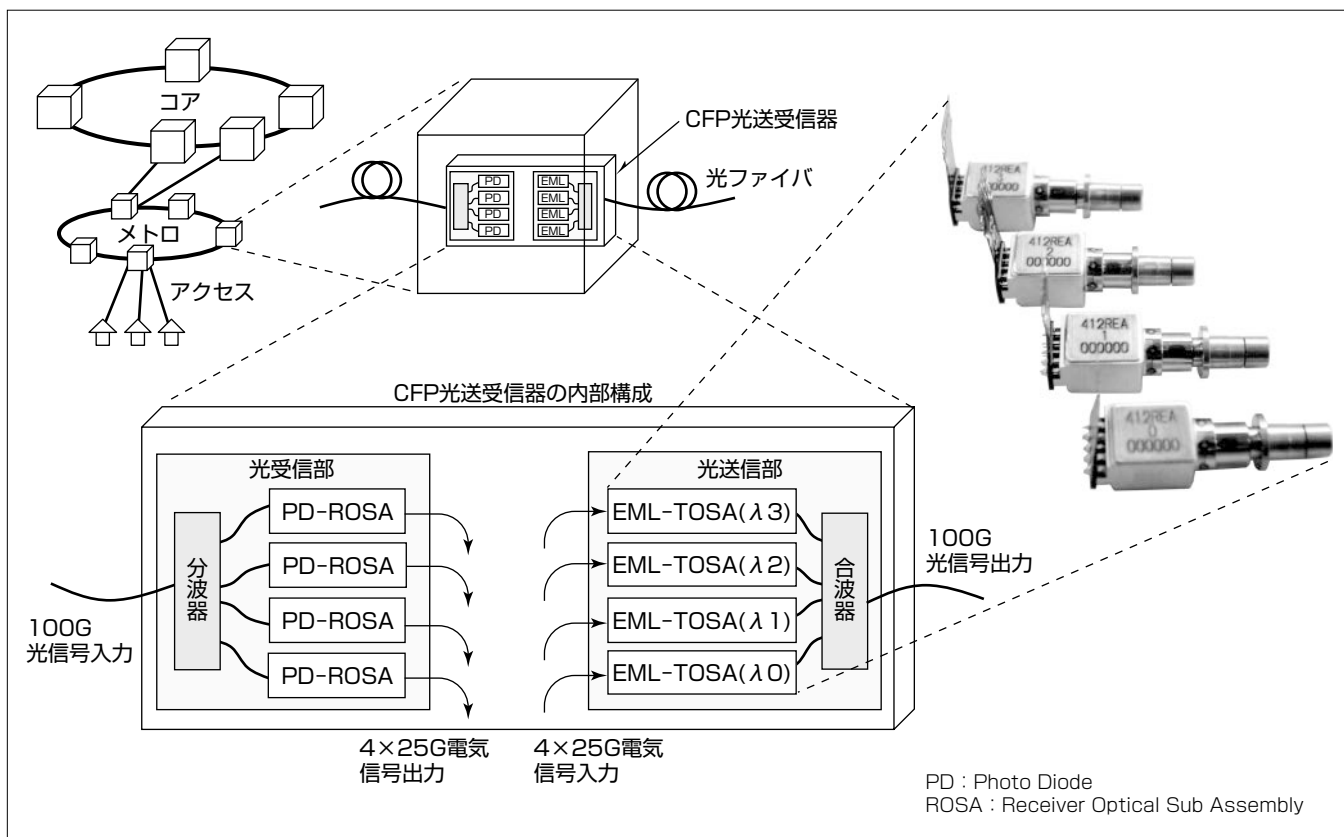
要 旨

通信端末の増加、情報の保存手段や処理方法の多様化、情報の高密度化に伴い、通信ネットワークの各層での通信量が増大している。IEEE(アイ・トリプル・イー)やITU-T(国際電気通信連合電気通信標準化部門)などの国際的な規格では、ビットレートが25Gbpsの異なる4つの波長の光を多重する100Gbpsの光インタフェースが標準化され、また事業者団体のCFP-MSA(Centum Gbps Form-factor Pluggable Multi Source Agreement)では、メトロネットワーク向けの光送受信器が提案されている。

三菱電機では、100Gbpsの光ネットワーク用として、25Gbps EML-TOSA(Electro-absorption Modulated Laser-Transmitter Optical Sub Assembly)を開発した。

取扱いやすさ、さらに部品や製造方法等の共通化を考慮し、10Gbpsの既存品で実績のあるXMD-MSA(10Gbps Miniature Device Multi Source Agreement)インタフェース規格に準拠した外形や端子配置を採用した。

ハイブリッド導波路型EML素子を搭載することで、省電力ドライバIC(Integrated Circuit)を用いた場合でも、消光比の国際規格である8 dB以上を満足し、良好な光波形を達成した。さらにEML素子の高温度動作化によって消費電力低減を実現した。これによって省電力ドライバIC適用も含めて光送受信器全体の低消費電力化に寄与し、今後の光通信システムの発展と環境保全に貢献する。



EML-TOSA

EML-TOSAは、電界吸収型光変調器と分布帰還型レーザとを集積した半導体レーザチップ(EML)及び周辺回路を密閉容器に収納した送信用小型光デバイス(TOSA)で、主に10Gbps以上の比較的高いビットレートの電気信号を光信号に変換する電気・光変換器として使用される。

1. ま え が き

パソコンや携帯電話に代表される各種端末の増加，クラウドコンピューティングやデータセンターなどの情報保存手段の多様化，産学自治体間・国際間の巨大な蓄積情報の処理量増加，及び画像・動画などの高画質・高品質化に伴う単位ファイル当たりの情報量増加によって，今後も情報通信量は増大傾向である。このため，通信速度の上昇とともに，通信設備増強に伴い増大する消費電力の削減が大きな課題である。

IEEEやITU-Tなどの国際規格では，ビットレートが各25Gbpsで波長の異なる4つの光を多重する100Gbpsの光インタフェースが標準化されている。また，製品の外形や端子配置，光学的・電気的などの仕様を複数の事業者や使用者間で共通化する目的で，CFP-MSAでは，この100Gbps規格に準じた光送受信器(CFP光送受信器)が提案されている⁽¹⁾。

このCFP光送受信器には，電気信号を光信号に変換して出力するEML-TOSAが搭載される。このEML-TOSAは，波長の異なる4つの光源を単一パッケージに一体化した集積型と，1つのパッケージでは25Gbpsの単一波長光を出力する別体型に分かれるが，本稿では後者の開発品について従来品と比較しながら，その特徴を述べる。

2. 25Gbps EML-TOSAの構成

従来10Gbps EML-TOSAでは，XMD-MSAとして，図1のような外形で標準化している⁽²⁾。今回の開発品では，

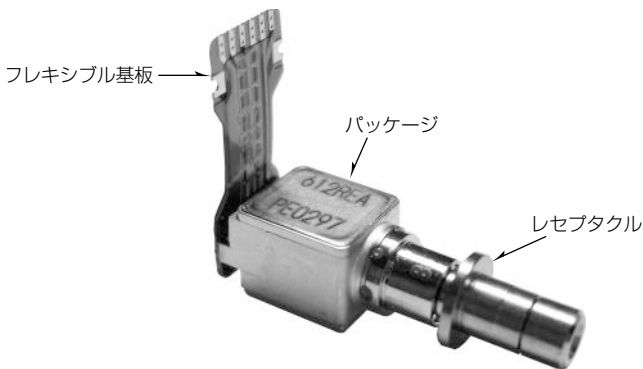


図1. 10Gbps EML-TOSA

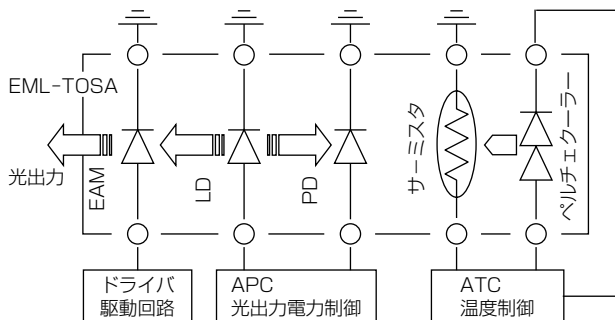


図2. EML-TOSAと周辺の機能ブロック図

取扱いやすさ，部品や製造方法の共通化を考慮し，実績のあるXMD-MSA規格の外形や端子配置を採用した。このTOSAは，CFP光送受信器内の回路基板にはんだ付けして電気信号を伝達するフレキシブル基板とEML素子を収納したパッケージ部と光信号を出力するレセプタクル部とで構成している。

図2にEML-TOSAと周辺の機能ブロック図を示す。温度変化するサーミスタの抵抗値からペルチェクーラーを制御してTOSAの温度を一定に保つ温度制御部(Automatic Temperature Control: ATC)と，LD(Laser Diode)の背面光出力をPD(Photo Diode)で光電変換した監視光電流でLD電流を制御しTOSAの光出力(前面光)電力を一定に保つ光出力電力制御部(Automatic Power Control: APC)と，LDの前面光を電界吸収して電気信号を光信号に変換するEAM(Electro Absorption Modulator)部で構成している。

3. 設 計

3.1 EML素子

従来のEML素子と今回開発したEML素子について述べる。

図3に従来のTOSAに採用していたEML素子の構造を示す(斜視図)。高い消光比を得るためにEAM吸収層に引っ張り歪み非対称量子井戸を適用した⁽³⁾。EAM吸収層とLDの活性層はともにInGaAsP(インジウムガリウムヒ素リン)/InGaAsP多重量子井戸からなる。また，温度制御の設定温度(LD温度)である40℃動作時のEAM部の吸収低減のために，EAMのフォトルミネセンス波長とLD発振波長との差を最適化した。

次に，図4に，今回開発したハイブリッド導波路型

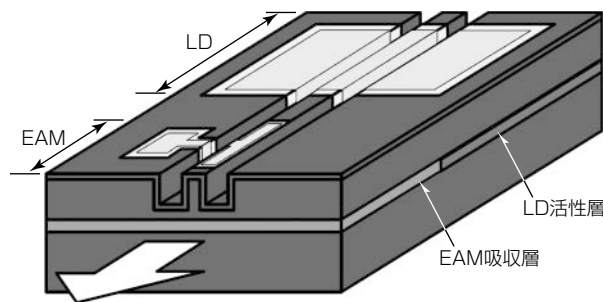


図3. 引っ張り歪み非対称量子井戸型EML素子の構造

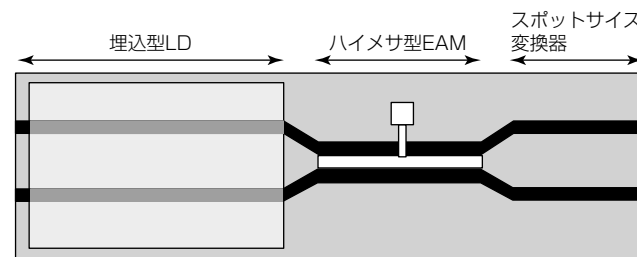


図4. ハイブリッド導波路型25Gbps EML素子の構造

EML素子の構造を示す(上面図)⁽⁴⁾。従来構造に対して次の点を変更している。ペルチェクーラーの省電力化を目的として温度制御の設定温度(LD温度)を55℃とするため、LD部は高温特性に優れた埋込型とした。またEAM部は変調振幅が小さな場合でも高速に動作させるために長尺化と狭幅化を行い、狭幅化しても高い光閉じ込め係数を維持できるハイメサ型を適用した⁽⁵⁾。このようにLD部とEAM部を異なる導波路構造とすることで、両者をそれぞれ最適化して全体として優れた特性を実現することが可能である。さらに素子先端にはスポットサイズ変換器を集積し、容易に光軸調整できる構造とした。

図5に従来のEML素子とこの開発のEML素子の直流消光比特性を示す。このEML素子の方が、低変調振幅時でも高い消光比が期待できる。

3.2 TOSA用パッケージ

従来の10Gbps TOSA用パッケージに対し、25Gbps用として高周波数特性の改善を実施した。主な改良点はフレキシブル基板とパッケージ端子の接続部分で高周波線路の端子間隔を従来の1mmから0.8mmに変更したこと(図6)、

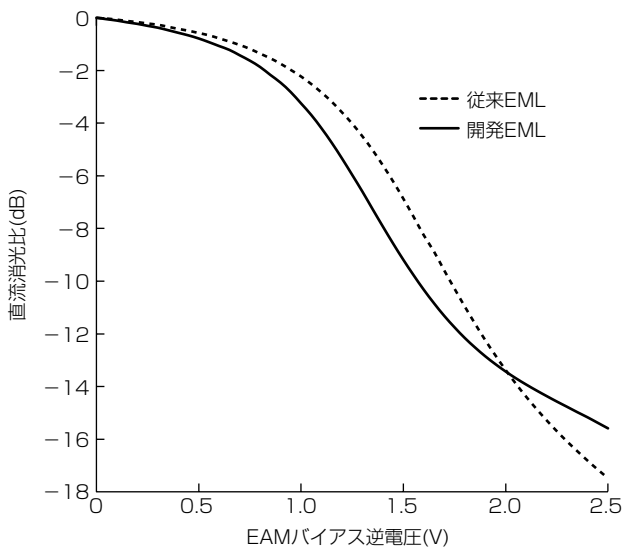


図5. 直流消光比特性

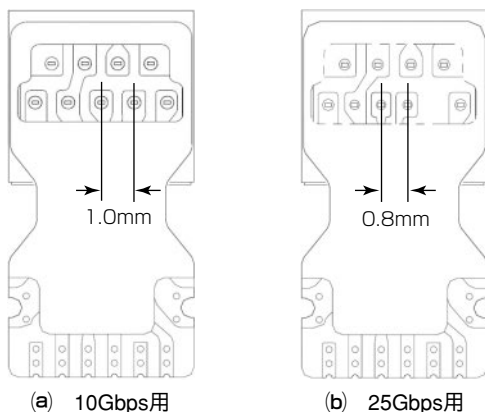


図6. TOSA用パッケージの端子間隔

またパッケージ内部へ高周波信号を導く配線パターンの屈曲を低減させたことである。図7に示すように、パッケージ改良によって高周波特性が広帯域になっている。

さらに、XMD-MSA標準のレセプタクル型に加え、許容最小曲げ半径15mmの光ファイバを取り付けたピグテール型も製品化し、多用途に備えた。図8にレセプタクル型とピグテール型の25Gbps EML-TOSAを示す。

4. 評価結果

参考までに図9に従来EML素子搭載のTOSAの光波形を示す。PPG(Pulse Pattern Generator)変調時、LD温度40℃、変調振幅2V、LD電流85mAの場合、光出力1.91dBm、消光比9.69dB、マスクマージン57%(マスクヒット率50ppm時)であった。

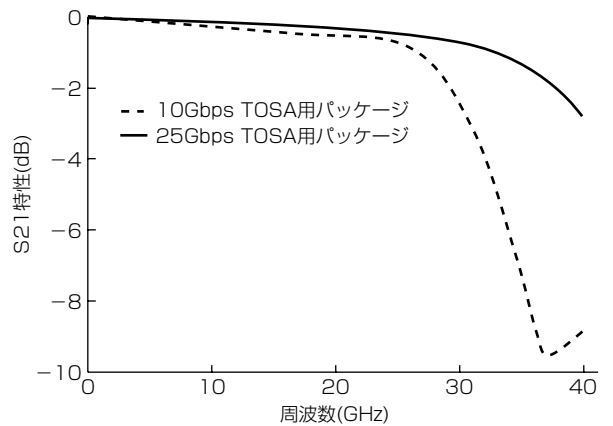


図7. 周波数特性の比較

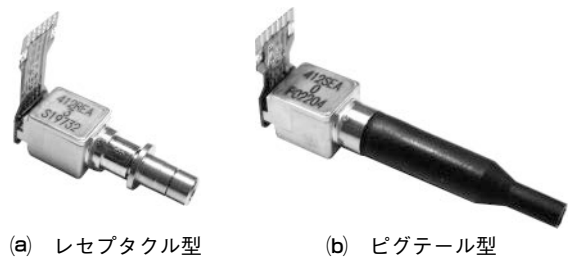


図8. 25Gbps EML-TOSA

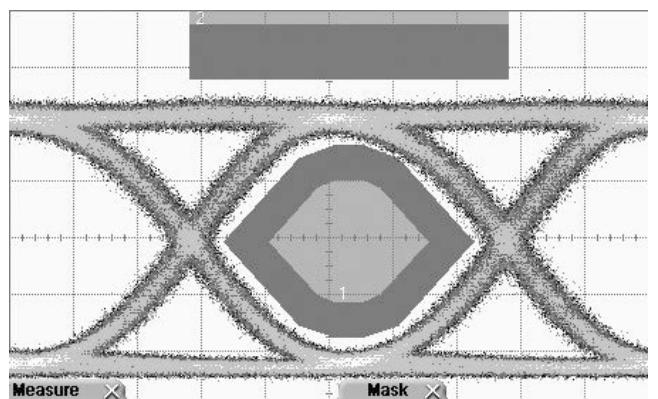
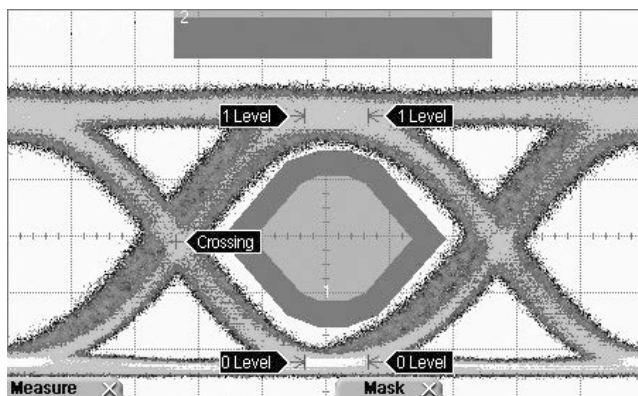
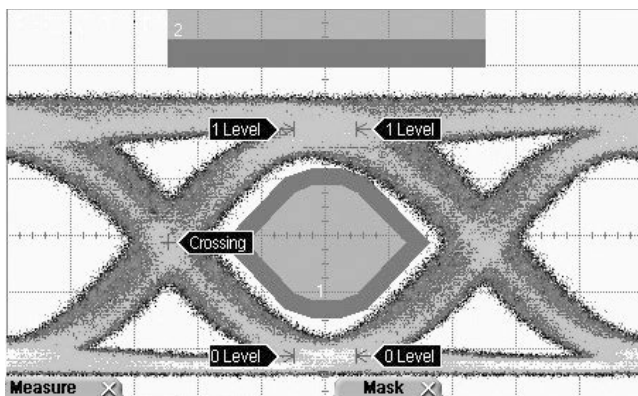


図9. PPG変調時の従来EML-TOSAの光波形



(a) 従来EML-TOSA



(b) 開発EML-TOSA

図10. 市販ドライバIC変調時のEML-TOSAの光波形

表1. 市販ドライバIC変調時のEML-TOSAの評価結果

項目	従来EML-TOSA	開発EML-TOSA
LD温度(°C)	40	55
LD電流(mA)	60	91
変調振幅(V)	2	2
光出力(dBm)	2	1.7
消光比(dB)	8.8	10.8
マスクマージン(%)	42	31
消費電力(Tc=80°C)(W)	0.43	0.15

Tc: EML-TOSAのケース温度

顧客での実使用を考慮し、市販のドライバICであるNeoPhotonics社製KGL8105⁽⁶⁾との接続評価を実施した。図10、及び表1に評価結果を示す。従来のEML素子を用いたものと比較している。

同じ変調振幅でも、開発したEML-TOSAは消光比が約2dB高く、またLDの高温動作化に伴い、高温でのペルチェクーラーの消費電力を低減できた。

図11に、開発したEML-TOSAを、省電力のドライバIC(M/A-COM社製MAOM-002204)⁽⁷⁾を用いて、変調振幅を1.5Vとした場合の光波形を示す。LD温度55°C、LD電流85mAで、光出力1.32dBm、消光比9.05dB、マスクマージン34%を達成した。

100Gbps対応のCFP光送受信器では4波長分のEML-TOSAとドライバICが必要である。仮に従来のEML-

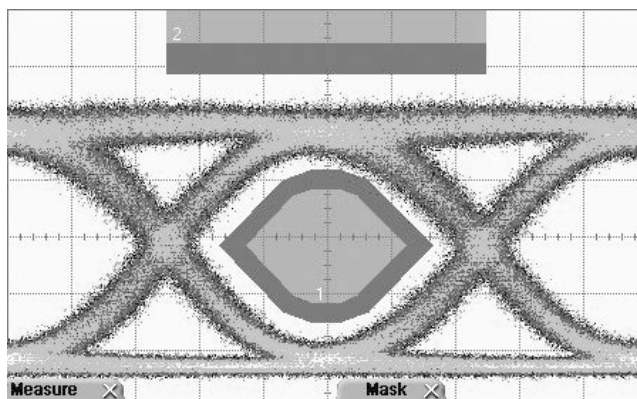


図11. 省電力ドライバIC変調時の開発EML-TOSAの光波形(振幅1.5V)

TOSAと通常のドライバIC(消費電力1.25W)を用いた場合と、今回開発のEML-TOSAと省電力ドライバIC(消費電力0.75W)を用いた場合の、ドライバICとEML-TOSAの消費電力の和を比較すると、前者は $4 \times (1.25 + 0.43) = 6.72\text{W}$ 、後者は $4 \times (0.75 + 0.15) = 3.6\text{W}$ となり、CFP光送受信器1台当たり3.12Wの削減となる。

さらに、低消費電力化に伴い、容積がCFP光送受信器の1/3になる次世代のCFP2光送受信器にも適用可能である。

5. むすび

ハイブリッド導波路採用のEML素子を搭載した25Gbps EML-TOSAを開発した。このEML-TOSAは低変調振幅でも消光比の国際規格(8dB以上)を満たし、また、LDの高温動作化に伴い、CFP光送受信器の1台当たりの消費電力を、約3W低下させた。

このEML-TOSAは、増大する情報通信量と消費電力に対し、100Gbpsの速度と省電力化でその課題を解決し、光通信システムの発展と環境保全に貢献する。

参考文献

- (1) CFP-MSA: <http://www.cfp-msa.org/>
- (2) XMD-MSA: <http://www.xmdmsa.org/>
- (3) 斎藤 健, ほか: 引張り歪非対称量子井戸構造43GbpsEA変調器集積DFB-LDの40°C動作, 電子情報通信学会, C-4-3 (2008)
- (4) 大和屋 武, ほか: 次世代100GbEトランシーバ向けハイブリッド導波路型EMLの低電圧・高温動作, 電子情報通信学会, C-4-18 (2013)
- (5) 深野秀樹, ほか: 低駆動電圧動作の40Gbit/s電界吸収型変調器, 電子情報通信学会技術研究報告, 104, No. 414, LQE2004-100, 47~50 (2004)
- (6) NeoPhotonics: <http://www.neophotonics.com/>
- (7) M/A-COM: <http://www.macom.com/home.html>