

1550nm 10Gbit/sドライバ内蔵型EA変調器付きLDモジュール

大沢 政明 川西 秀和

近年、インターネットに代表される情報通信の急成長に伴い、通信インフラの高速化、大容量化の需要が高まっており、基幹伝送装置だけでなく、ルータやMAN (Metropolitan Area Network) においても伝送速度2.5Gbit/sから10Gbit/sへと高速化が進められている。さらに、送受一体型10Gb/sトランスポンダモジュールでは小型のMSA (Multi Source Agreement) も登場しており、従来別々に実装されていた駆動用IC、発光素子、光強度変調器等の部品の小型化が求められている。

高速、長距離の光システムにおいてはファイバの波長分散に起因する波形歪みによる伝送特性の劣化が伝送距離を制限する主要因である。直接変調方式ではレーザの注入電流を変化させることにより、レーザの発振波長が大きく変動するため、この伝送時の波形歪みが著しい。そのため長距離を伝送することは難しい。そこで一定光出力の単一波長光源からの光を変調器で変調させる外部変調方式が用いられている。外部変調器には、電界吸収型の半導体変調器 (Electroabsorption modulator, EAM), リチウムナイオベート (LiNbO₃, LN) のマッハツェンダ型変調器が代表的である。EA変調器は、半導体ヘテロ結合で形成された量子井戸に電界を印加すると吸収端が長波長側にシフトする性質を用いて変調を行うものであり、LN変調器に比べ小型であり、動作電圧が低いなどの点で優れている。さらに光源となる半導体レーザと同一材料であるため同一チップ内に集積化することが可能で、LN変調器にはない大きな利点を有している。半導体レーザとEA変調器を集積したものは、EA変調器集積型分布帰還型半導体レーザ (EAM monolithically integrated with a distributed-feedback laser, EAM-DFB) と呼ばれる。

これらの点から当社ではEAM-DFBを開発し、さらにEAM-DFBとEA変調駆動用のICを同一

パッケージに実装した10Gbit/sドライバ内蔵EA変調器付きLDモジュールを開発した。その結果、40km伝送で良好な特性が得られた。さらに80km伝送用に開発したモジュールについても80km伝送で伝送ペナルティ約1.0dBという特性が得られたので報告する。

モジュールの構成

10Gbit/sドライバ内蔵EA変調器付きLDモジュールの構成を図1に示す。また、本モジュールの外観を写真1に示す。

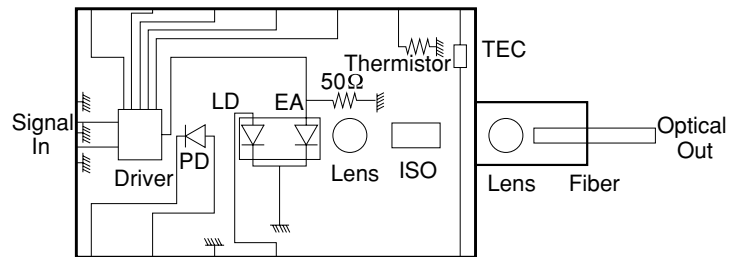


図1 モジュールの構成

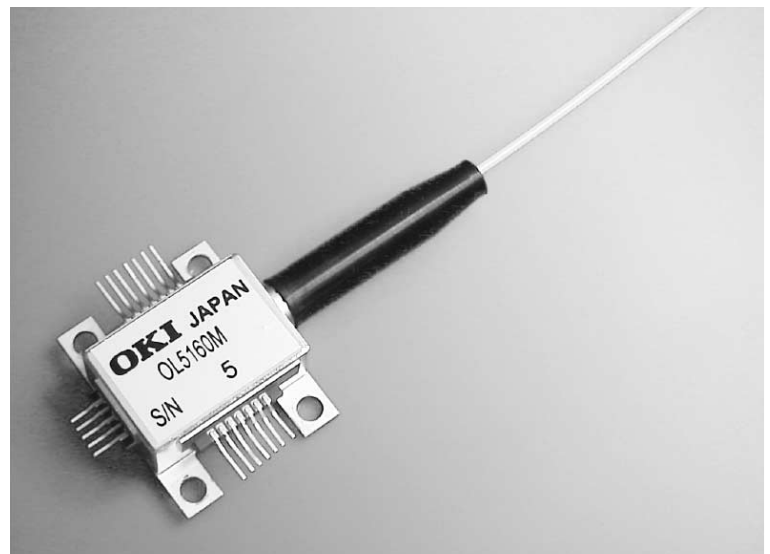


写真1 モジュール外観写真

EA変調器を集積化したDFBレーザを使用し、モニタ用PD、EAドライバICを同一パッケージ内に実装した。EA変調器とDFBレーザの温度安定化のためサーミスタとペルチェ素子を用いたクーラを内蔵した。光学系は2レンズ系にし、その間に光アイソレータを挿入した。内蔵したEAドライバは差動での入力が可能であり、信号の振幅、バイアス、クロスポイントの調整を外部ピンからの電圧を変えることにより可能である。

モジュールのサイズはパッケージ部が17.6×12×7.7mmというサイズに収まっておりドライバICを内蔵しているにもかかわらず従来のパタフライ型LDモジュールに比べて小型になった。

伝送特性

試作したモジュールにて伝送実験を行った。今回使用した伝送実験の測定系を図2に示す。信号は9.95328Gb/s、31段疑似ランダム信号列（PRBS[Pseudo-random binary sequence]） $2^{31}-1$ 、振幅0.5Vppの入力電気信号

を使用して評価を行った。ファイバは通常のシングルモードファイバを使用した。

(1) 40km用モジュール

波長1550nm、40km用のEAMを実装した本モジュールで50km（分散量800ps/nm）伝送の測定を行った。

● 光出力波形

本モジュールでのBack To Back（0km）波形と50km伝送後の波形を調べた。

4次ベッセルトムソンフィルタ通過後の光出力波形を図3に示す。(a) Back To Back（0km伝送）の波形で、消光比10.8dB、光出力1dBmである。Back To Back（0km伝送）の波形にあるマスクはOC-192/STM-64規格のもので、図から規格を十分満足することがわかる。(b) は50km伝送後の波形である。アイの変形も比較的小さく良好な特性が得られた。

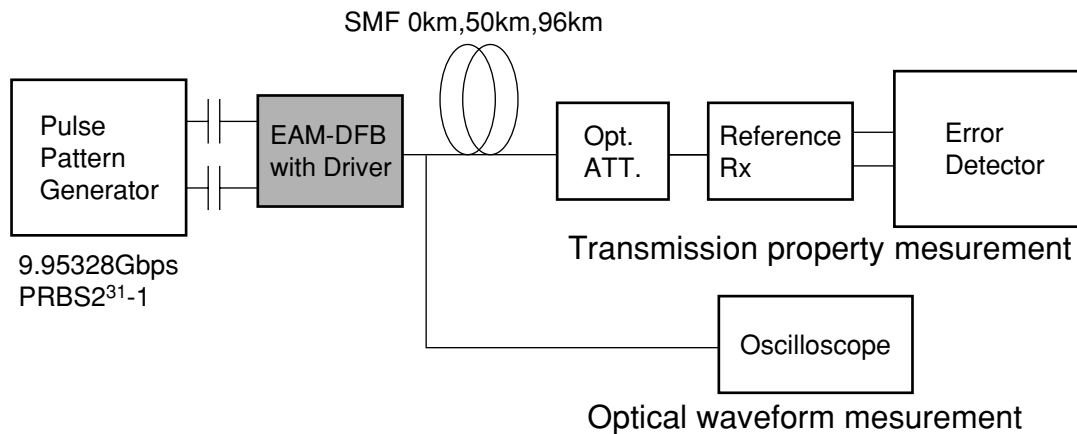


図2 伝送実験測定系

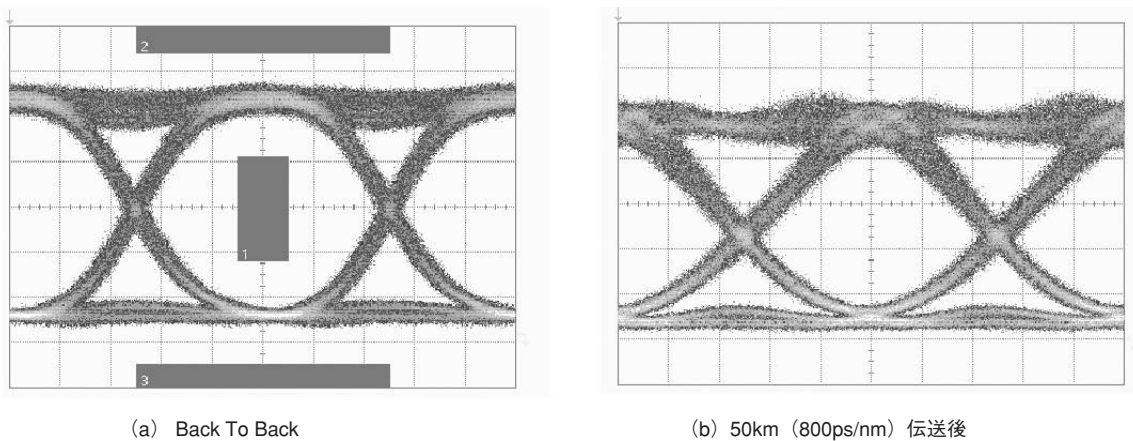


図3 40km用モジュールの光出力波形

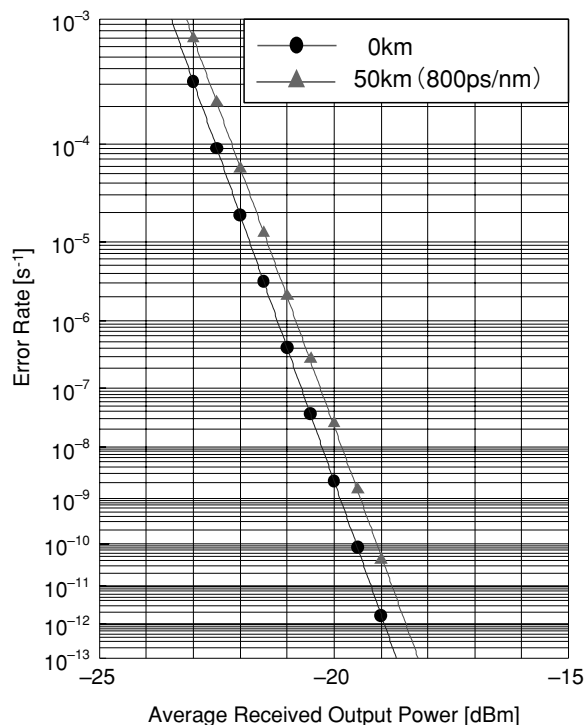


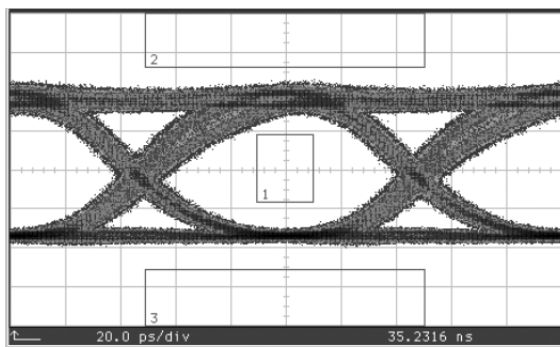
図4 40km用モジュール符号誤り率測定

● 符号誤り率特性

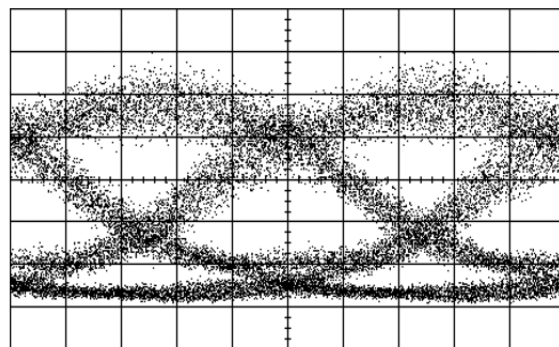
本モジュールの符号誤り率特性を図4に示す。符号誤り率 (Error Rate) 1×10^{-12} のときの平均受光電力を Back To Back のときと50km伝送後のときの差、つまり伝送ペナルティは約0.5dBとなり、非常によい特性が得られた。

(2) 80km用モジュール

波長1550nm, 80km用のEAMを実装した本モジュールで96km (分散量1600ps/nm) 伝送の測定を行った。



(a) Back To Back



(b) 96km (1600ps/nm) 伝送後

図6 80km用モジュールの光波形

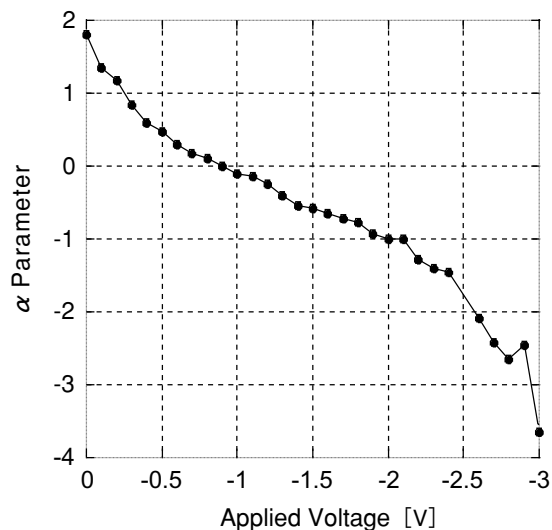


図5 EA変調器 α パラメータ

● チャープ特性

10Gbit/s-80km伝送では、変調波形の立ち上がり立ち下がりに含まれる波長チャープが問題になる。EA変調器チップでは、 α パラメータが対応し、その値が小さいかもしくは負の値であることが望まれる¹⁾。図5に、本モジュールに使用したEA変調器の α パラメータのバイアス電圧依存性を示す。約-1Vで $\alpha=0$ というチャープレス特性が得られた。

● 光出力波形

本モジュールでのBack To Back波形と96km伝送後の波形を調べた。

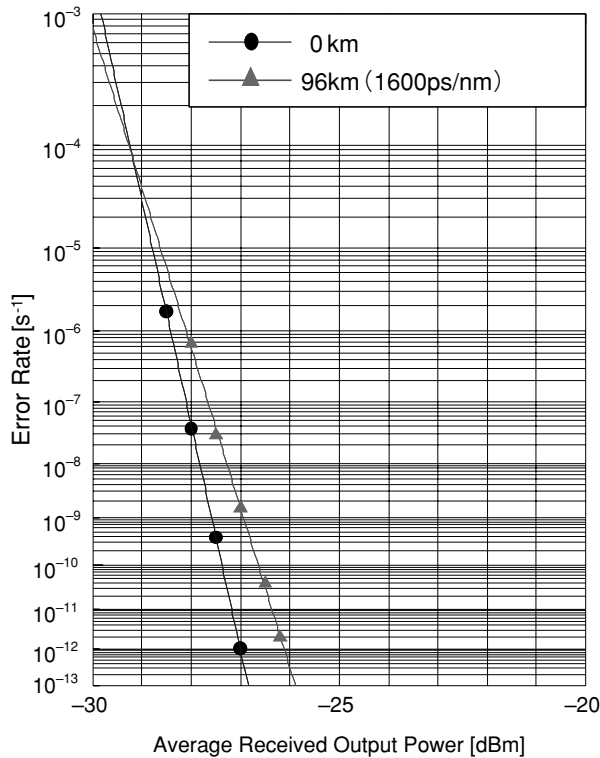


図7 80km用モジュール符号誤り率測定

4次ベッセルトムソンフィルタ通過後の光出力波形を図6に示す。(a) Back To Backの波形で、消光比10.5dB、光出力+0.2dBmである。Back To Back (0km伝送)の波形にあるマスクはOC-192/STM-64規格²⁾のもので、図から規格を満足していることがわかる。(b) は96km (1600ps/nm) 伝送後の波形である。50km伝送後の波形と比較するとアイが乱れているのがわかる。

● 符号誤り率特性

本モジュールの符号誤り率特性を図7に示す。今回の測定ではファイバの損失ロスにより96kmファイバ伝送後の平均光出力非常に弱くなるため、受信機にはアバランシェ・フォトダイオード (avalanche photo-diode:APD) を使用した。符号誤り率 (Error Rate) 1×10^{-12} のときの平均受光電力をBack To Back のときと96km伝送後のときの差、つまり伝送ペナルティは約1.0dBとなり、よい特性が得られた。

ま と め

今回10Gbit/s、長距離伝送用のEAM-DFBレーザを開発し、さらにEAM-DFBとEA変調駆動用のICを同一パッケージに実装した10Gbit/sドライバ内蔵EA変調器付き

LDモジュールを開発した。伝送ペナルティは40km伝送で約0.5dB、80km伝送で約1.0dB以下の良好な特性が得られた。EA変調器で80km伝送できたのはEAM-DFBレーザの α パラメータがEAバイアス約-1Vで $\alpha=0$ という低チャープ特性が得られたためである。◆◆

■ 参考文献

- 1) 伊賀健一：半導体レーザ，第一版，オーム社，p.359，1994年
- 2) ITU-T G691

● 筆者紹介

大沢 政明：Masaaki Osawa.オプティカルコンポーネントカンパニー アドバンストオプト部 EA設計チーム
川西 秀和：Hidekazu Kawanishi.オプティカルコンポーネントカンパニー アドバンストオプト部 EA設計チーム