

光トランシーバ向け 25Gbit/s光送信モジュール

25 Gbit/s Optical Transmitter Modules for Optical Transceiver

藤田 尚士*
Hisashi Fujita

平山 雅裕
Masahiro Hirayama

飯坂 信也
Shinya Iizaka

山内 康之
Yasuyuki Yamauchi

鵜飼 篤
Atsushi Ugai

阿部 務
Tutomu Abe

伝送速度高速化の要求に応える100Gbit/s光トランシーバ向けに、2種類の25Gbit/s光送信モジュールを開発した。1つは電界吸収型変調器集積レーザを駆動するための社内製ドライバICを内蔵したもので、もう一つはドライバICを内蔵していないものである。これら両方の製品を揃えることで、ユーザは光トランシーバの構成に合った光送信モジュールを選択することができる。これらの光送信モジュールは、フレキシブル基板を持ったLCレセプタクル型送信用小型光デバイス (TOSA) であり、良好な変調特性、低消費電力、長期信頼性を示している。本稿では25Gbit/s光送信モジュールの構造や特性などについて示す。

For a 100 Gbit/s optical transceiver that satisfies the demand of high speed transmission, the authors have developed two types of 25 Gbit/s optical transmitter modules so that a user can select a module depending on transceiver architectures. One of the two modules has an in-house driver IC for Electro-absorption (EA) modulator integrated in a laser chip, and the other has no driver IC. These transmitter modules are transmitter optical sub-assembly (TOSA) type devices with flexible printed circuit (FPC) and LC receptacle. The evaluation results showed good modulation characteristics, lower power consumption and long-term reliability. This paper describes the outline of 25 Gbit/s optical transmitter module structure and evaluation results.

キーワード : Electro-absorption Modulator Integrated Laser Diode、TOSA、IEEE802.3ba、CFP module

1. 緒言

モバイル端末の高機能化やソーシャルメディアの普及、クラウド・コンピューティングの利用などによる通信情報量は増加の一途を辿っており、またそれらを利用する世界のオンライン人口も新興国を中心に増加し続けている。その需要に応えるように光伝送装置やルータ・スイッチなどのネットワーク機器には高速・大容量化が求められている。

伝送仕様としては、IEEE*1において2002年に10Gbit/s Ethernet (10GbE) が標準化されてから8年後の2010年に、次世代の100Gbit/s Ethernet (100GbE) が標準化された⁽¹⁾。その中でもシングルモード・ファイバを使用して「ルータ/スイッチ間」や「近隣のデータセンタ間」などの中・長距離伝送を担う規格として100GBASE-LR4 (伝送距離10km) や100GBASE-ER4 (同40km) がある。またITU-T*2においても、それらに対応する光インターフェイス規格としてG.959.1 (4L1-9D1Fおよび4L1-9C1F)⁽²⁾が勧告されている。

今回開発した光送信モジュールは、光伝送装置やルータ・スイッチなどの内部で光信号-電気信号の変換を行う光トランシーバ (CFP)^{*3 (3)}の基幹部品の1つである。光トランシーバ内では、1つの光送信モジュールあたりの伝送速度を抑えるため、100Gbit/sの電気信号を4分割しLAN-WDM*4と呼ばれる異なる波長をもった4つの光送信モジュールに25Gbit/sずつ割り当てている。

そこで筆者らは、EA (電界吸収型) 変調器集積DFBレーザ

(以下、EA-DFBレーザ*5) を用いて100Gbit/s光トランシーバ向けの25Gbit/s光送信モジュールを開発した。更に、製品化に当たり、光送信モジュール内にEA-DFBレーザを駆動するための社内製ドライバIC⁽⁴⁾を内蔵するものと内蔵しないものの両方の製品を揃えることにより、ユーザが使用方法に合わせて選択できるようにしている。本稿では、それら25Gbit/s光送信モジュールの構造や特性、長期信頼性について報告する。

2. 仕様

表1に光送信モジュールの主要諸元を示す。

表1 光送信モジュールの主要諸元 (伝送距離10kmの例)

	最小	最大	単位
伝送速度	-	27.95	Gbit/s
動作ケース温度	-5	75	°C
レーザ温度	40	48	°C
レーザ電流	-	100	mA
光平均出力パワー	0	3	dBm
RF消光比	4	-	dB
光波長	L0	1295.56 +/- 0.7	nm
	L1	1300.05 +/- 0.7	nm
	L2	1304.58 +/- 0.7	nm
	L3	1309.14 +/- 0.7	nm
アイマスク	ITU-T G.959.1		
TEC消費電力		0.75	W

各光送信モジュールは光波長L0~L3のいずれか1波長を出力し、4波長1セットで100Gbit/s光トランシーバに搭載される。

3. 光送信モジュールの構造

光送信モジュールのドライバIC内蔵型と非内蔵型の外形を写真1に示す。これらは箱型TOSAの外形をしており、各々のパッケージサイズはフレキシブル基板を除いて、ドライバIC内蔵型で24.2×5.6×5.6mm³、非内蔵型で18.2×5.6×5.4mm³である。また、非内蔵型は10Gbit/sのXMD-MSA^{*6}に準拠している。電気入力インターフェイスとしてはドライバIC内蔵型では9ピンのフレキシブル基板が2枚、非内蔵型では8ピンのフレキシブル基板が1枚接続される。光出力インターフェイスとしてはいずれもLCレセプタクルを採用している。



写真1 光送信モジュール外形
(左：ドライバIC内蔵型、右：ドライバIC非内蔵型)

ドライバIC内蔵および非内蔵光送信モジュールのブロック図を各々図1、図2に示す。モジュール内部には、ドライバIC内蔵・非内蔵型で共通のEA-DFBレーザ、光出力モニタ用PD (Photo-Diode)、EA-DFBレーザの温度を一定に制御するためのTEC (Thermo-Electric Cooler) とサーミスタ (TH) およびレンズが内蔵されている。レーザチップからの光はレンズ光学系によりレセプタクル内のアイソレータを通過後にファイバ内蔵スタブに集光される。

ドライバIC内蔵型では、EA-DFBレーザを駆動するためのInP半導体を用いた社内製ドライバICを搭載しており、50Ω伝送路を介してEA-DFBレーザに接続されている。

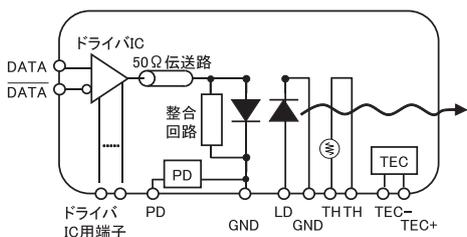


図1 ドライバIC内蔵型光送信モジュールのブロック図

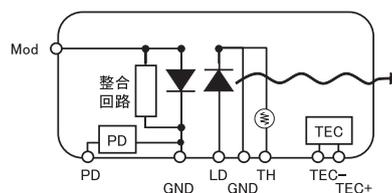


図2 ドライバIC非内蔵型光送信モジュールのブロック図

4. 特性

4-1 DC特性

EA-DFBレーザの典型的なDC特性として、図3にレーザ順方向電流-光出力特性 (I-L特性) を、図4にEA変調器への逆バイアス印加時のDC消光特性を示す。図3におけるレーザ閾値電流は17mA、レーザ電流80mA時の光出力は約4mW (約6dBm) であり、変調時の平均光出力パワー要求を満たすに十分な光出力が得られている。また、図4に示すDC消光特性では、入力振幅2Vppに対して15dB以上の消光特性が得られている。

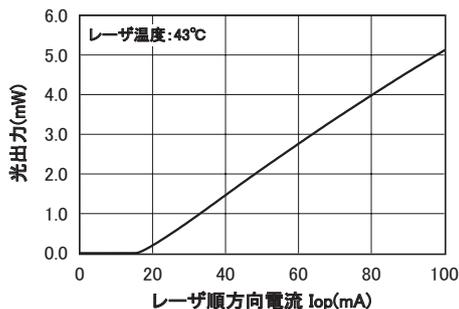


図3 レーザ順方向電流-光出力特性 (I-L特性)

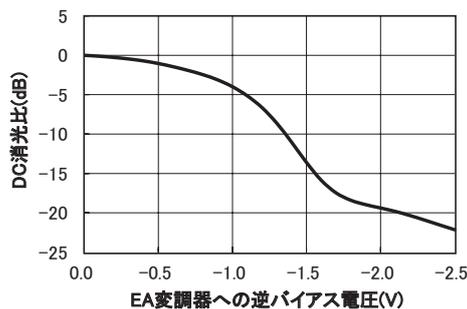


図4 EA変調器のDC消光特性

4-2 変調特性

図5は光送信モジュールで得られた光波形である。伝送速度は27.95Gbit/s、テストパターンはNRZ PRBS2³¹-1、4次ベッセル・トムソンフィルタ通過後の伝送前の光波形であ

る。図5 (a) はドライバIC内蔵型、(b) はドライバIC非内蔵型の光波形例である。

図5 (a) ドライバIC内蔵型の光波形では、全ケース温度範囲でRF消光比9.0dB以上、ITU-Tで規定されたアイマスクに対するマージン率も40%以上という結果が得られている。また、図5 (b) ドライバIC非内蔵型では、EA-DFBレーザがTEC上に搭載されており変調特性はケース温度の影響を受けにくいため25°Cのみの例を挙げているが、ドライバIC内蔵型同様に良好な結果が得られている。

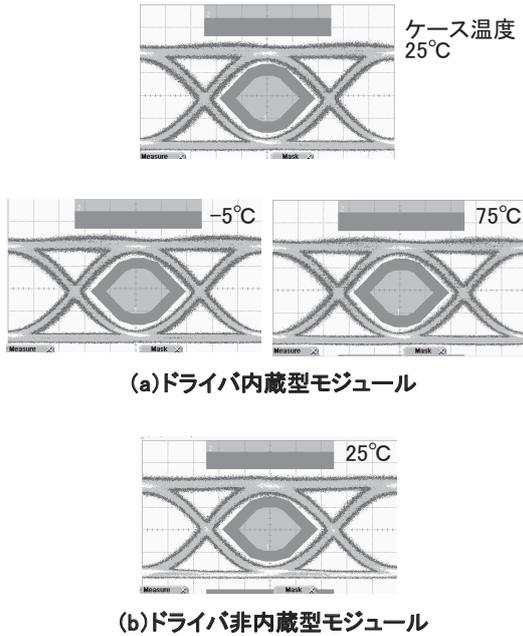


図5 伝送前光波形

4-3 消費電力

図6にドライバIC内蔵型光送信モジュールの消費電力ケース温度依存性の典型例を示す(レーザ電流=80mA、レーザ温度=45°C)。消費電力は、EA-DFBレーザ、ドライバIC、TECの各消費電力の和で表されるため、ドライバIC内蔵型の方が非内蔵型と比較して大きな消費電力となる。また、光送信モジュール全体の消費電力(図6実線)の中で、EA-DFBレーザを一定の温度に保つためのTECによる消費電力(図6点線)の割合が高温側で増加する。

光送信モジュール全体としては、ケース温度が最も高い75°Cにおいても2Wを下回る結果が得られている。

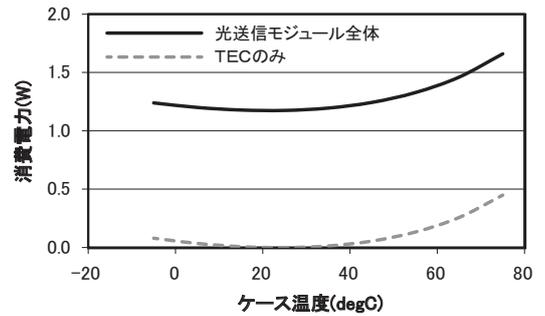


図6 光送信モジュールの消費電力

5. 信頼性

光送信モジュールの長期信頼性の評価として、Telcordia GR-468-CORE⁽⁵⁾の仕様に準拠した長期高温通電試験を実施した。ドライバIC内蔵型モジュールでの光出力変動量を図7に、波長変動量を図8に示す(エージング条件: 雰囲気温度 $T_a=85^\circ\text{C}$ 、レーザ温度=40°C、レーザ電流=100mA、ドライバIC駆動)。光出力の変動量については2000時間でも±10%以内の変動に収まっており、波長についても十分な長期安定性が確認できている。

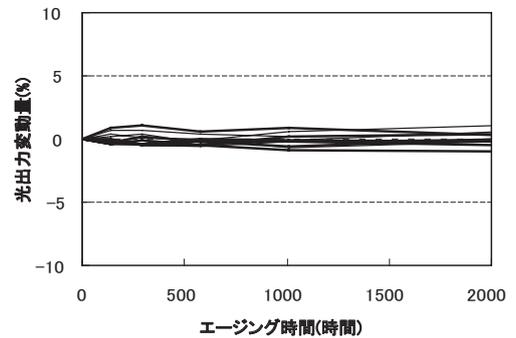


図7 光送信モジュールの光出力変動

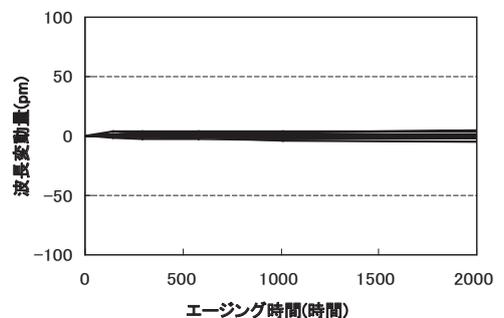


図8 光送信モジュールの波長安定性

6. 結 言

100Gbit/s光トランシーバ向けとして、社内製ドライバIC内蔵型と非内蔵型の25Gbit/s光送信モジュールを開発し、各々で良好なDC・変調特性が得られた。これらによりユーザが光トランシーバの内部構成に応じて、どちらの型の光送信モジュールを使用するか選択することを可能としている。

用語集

※1 IEEE

The Institute of Electrical and Electronic Engineers : 米国電気電子学会。電気工学、電子工学、コンピューティングなどの分野に関わる技術の標準化を行っている。現在ではIEEE 802.3 working groupにおいてEthernetの標準化が行われている。

※2 ITU-T

International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector : 国際連合の専門機関の一つである国際電気通信連合 (ITU) の一部門で電気通信に関する国際規格の標準化を行っている。

※3 CFP

Centum gigabit Form factor Pluggable : 100Gbit/s対応の挿抜可能な(プラグブル)光トランシーバ。

※4 LAN-WDM

1.3um帯の波長間隔約5um (800GHz) の4波長 : 1295.56nm、1300.05nm、1304.58nm、1309.14nmで波長分割多重する方式。約0.4nm (50GHz) 間隔のDWDMと比較すると波長間隔が広く、精密なレーザ温度の調整が必要ない。

※5 EA-DFBレーザ

Electro-Absorption Distributed-Feed Backレーザ : 一定の光を発するDFBレーザ部分と、光を強度変調する電界吸収型変調器部分が同じ一つのチップに集積された素子。

※6 XMD-MSA

10Gbit/s Miniature Device Multi Source Agreement : 10Gbit/s光送信および受信モジュールの外形寸法や電氣的・光学的特性などの製品仕様を共通化し、各社が互換性のある製品の開発・製品化を行う取り決め。

参 考 文 献

- (1) "IEEE 802.3ba Media Access Control Parameters," Physical Layers, and "Management Parameters for 40Gb/s and 100Gb/s Operation"
- (2) "ITU-T勧告G.959.1 Optical transport networks physical layer interfaces" (Feb. 2012)
- (3) 津村英志 他、「43/112Gbit/s用光トランシーバの開発」、SEIテクニカルレビュー第181号(2012年7月)
- (4) 巽泰三 他、「25G/40G用電界吸収型変調器ドライバICの開発」、SEIテクニカルレビュー第180号(2012年1月)
- (5) Telcordia: Generic Reliability Assurance Requirements for Optoelectronic Devices Used in Telecommunications Equipment, Document Number GR-468 Issue Number 02 (Sep. 2004)

執 筆 者

藤田 尚士* : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光部品事業部



平山 雅裕 : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光部品事業部



飯坂 信也 : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光部品事業部



山内 康之 : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光部品事業部



鶴飼 篤 : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光部品事業部



阿部 務 : 住友電工デバイス・イノベーション(株)
光部品事業部 担当部長
Ph. D.



*主執筆者