

16 ビット MUX/DEMUX 内蔵 2.5 Gbps 光送受信モジュール

2.5 Gbps Optical Transmitter and Receiver Modules Incorporating 16-bit MUX and DEMUX ICs

谷岡 晃
A. Tanioka

服部 文秀
F. Hattori

高橋 哲宗
A. Takahashi

2.5 Gbps の高速帯では初めて、MUX (Multiplexer)/DEMUX (Demultiplexer) IC を内蔵した光送受信モジュールを開発した。

光送信モジュールは、155 Mbps 16 ビットの電気信号を束ね 2.5 Gbps のシリアル光信号に変換する機能をもつ。1.3 μ m 高速ファブリペロ型レーザダイオード、モニタ用ピンフォトダイオード、GaAs レーザドライバ IC、GaAs 16 ビット MUX IC をペア素子で同一/パッケージ内に実装し、小型化を図った。光受信モジュールは、2.5 Gbps の光信号を 155 Mbps 16 ビットの電気信号に分離し、かつ 155 Mbps のクロック信号を発生する機能をもつ。InGaAs ピンフォトダイオード、GaAs プリアンプ IC、GaAs 16 ビット DEMUX IC をペア素子で同一/パッケージ内に実装することにより小型化を図った。光学系は SC (Subscriber Connector) タイプに比べ 1/3 の容積である MU (Miniature Unit-coupling) タイプ小型レセプタブルを採用した。従来は基板上に個別部品を実装することにより成し遂げていた機能をモジュール内にペア素子を高密度実装することで大幅に E/O (Electrical to Optical), O/E 部の縮小化が可能となつた。

We have developed 2.5 Gbps optical transmitter and receiver modules which respectively incorporate multiplexer (MUX) and demultiplexer (DEMUX) ICs. The transmitter module is equipped with a 1.3 μ m laser diode (LD), an LD-driver IC, and a MUX IC which multiplexes 155 Mbps 16 parallel ECL-compatible data into a 2.5 Gbps serial bit stream. The receiver module employs a PIN photodiode (PD) as an optical detector, a preamplifier IC, and a DEMUX IC which generates 16 parallel compatible outputs at 155 Mbps from a 2.5 Gbps serial bit stream. The module size has been reduced by using die ICs, and the small optical-coupling parts of the miniature unit (MU) receptacle. An LD chip, a PD chip, an LD-driver IC, a preamplifier IC, a MUX IC, and a DEMUX IC have been integrated in a small package.

1 まえがき

近年の通信、情報処理系の高速化、大容量化の要求にこたえるため ATM (Asynchronous Transmission Mode) 交換機の装置間、装置内を接続する高速光リンク技術の開発が盛んである。

高速光リンクでは、複数の光ファイバを用いるパラレル伝送方式と 1 本の光ファイバで高速信号を伝送するシリアル伝送方式が検討されている。パラレル伝送光モジュールは複数の光素子、IC、および複数の光ファイバとの光結合が必要であり、信頼性、製造コストの改善が急務で盛んに技術開発が行われている。

それに比べ、シリアル伝送光モジュールは光素子、IC など個々の素子への高速性能仕様は厳しくなるが、部品点数が少なく、信頼性、製造コストの改善が容易であり、信頼度の高いシステム設計が可能である。

当社は、先に公衆網で標準化されている SONET (Synchronous Optical Network Transmission) や SDH (Synchronous Digital Hierarchy) にも使用できる超小型の 622 Mbps の送受信モジュールを開発したが⁽¹⁾、この開発モジュールは

さらに高速化を実現し、かつ MUX/DEMUX 機能をもった製品である。

2 送信モジュール

送信モジュールの構成を図 1 に示す。

16 ビットの 155 Mbps データを MUX で 2.5 Gbps の信号

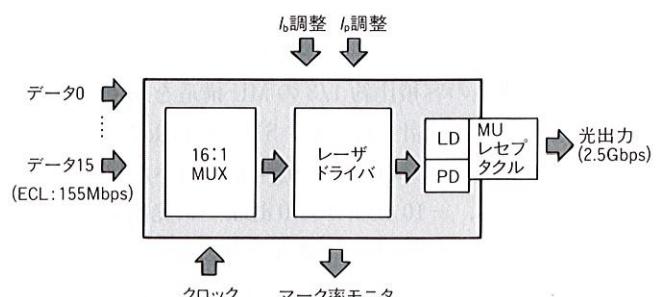


図 1. 光送信モジュール構成 16:1 の MUX、レーザドライバを内蔵した光送信モジュールである。

Configuration of 2.5 Gbps transmitter module

に変換した後、レーザドライバICに入力する。MUXへの入力電気信号は高速データ伝送に一般的に用いられるECL(エミッタ結合論理回路)データである。

また、レーザドライバICは最高3Gbpsまでの動作が可能で、レーザダイオード(LD)のバイアス電流(I_b)、ピーク変調電流(I_p)を外部からの電圧入力で制御でき、光出力モニタ用のPIN-PD(P-I-N構造の光通信用受光ダイオード)を利用してAPC(Automatic Power Control)駆動が可能である。なお、レーザドライバICはデータ入力のレフアレンスレベルにフィードバックがかけられるマーク率モニタ出力をもつ。MUX IC、レーザドライバICとともに-5.2V、-2Vの2電源駆動であり、消費電力は4W程度である。

図2に内部構造を示す。

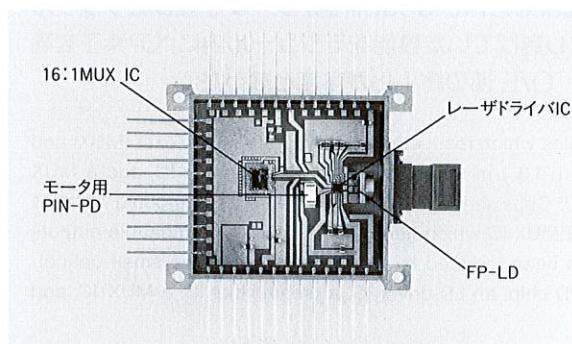


図2. 光送信モジュールの内部構造 MU レセプタクルの採用とベア素子実装で小型化を図った。

Inside view of 2.5 Gbps transmitter module

発光素子は信頼性の実績が高く、通常石英系光ファイバのゼロ分散波長で発振する $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 帯のFP(Fabry-Perot)-LDを採用了した。LD構造は室温で7mA程度の低しきい値をもち、温度特性に優れ、高速動作するMQW(Multi Quantum Well)のメサ構造である。FP-LDはレセプタクル構造においては単一球レンズを用いてMMF(Multi Mode Fiber)に光結合し、平均光出力を-10dBmから0dBmまで調整できる。

レセプタクルは従来広く使用されているSC(Subscriber Connector)構造の容積比約1/3のMU構造を採用了し、自動結合が容易な寸法設計を行った。SMF(Single Mode Fiber)への光結合の場合は二群レンズ光学系を用いたピッグティル構造を採用了し、-10dBmから0dBmへの光出力調整ができる。LDのキャリア、レンズホルダなど光学系にかかる部材はすべてスポットYAG溶接で固定し信頼性向上を図っている。

レーザドライバICは電気的反射の影響がでないようにLDの直後に配置し、 20Ω のマッチング抵抗を介しストリップ

ラインで結合した。APC用のモニタ用PIN-PDはレーザドライバICの直後に配置し、レーザドライバICはモニタ光を遮光しないように基板キャビティ内に設置した。LD素子、レーザドライバIC、モニタ用PIN-PD、MUXなどのベア素子は金属パッケージ内気密封止し、信頼性を確保している。

図3に送信モジュールの外形を示す。

外形寸法は35(W)×38(D)×8.6(H)mmで従来の個別部品での実装に比べて格段に小さくなっています。また高さも最少ボード間隔におさまる高さであり、ピンは2.54mmピッチで3方向合わせて37本である。

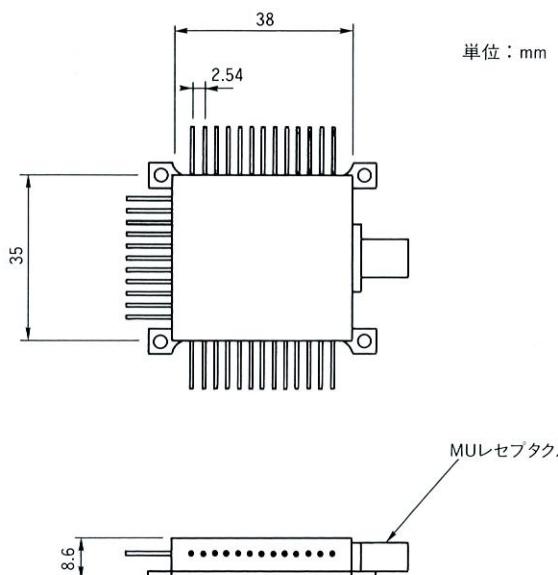


図3. 光送信モジュールの外形 35(W)×38(D)×8.6(H)mmのサイズに MUX、レーザドライバを収納した。
MU receptacle butterfly package of transmitter

図4に2.5Gbpsに変換された光信号のアイダイアグラムを示す。(a)はback to back(モジュール直後)、(b)はSMF 20km伝送後のアイダイアグラムである。

20km伝送後は光ファイバの分散の影響を受けジッタが多くなっている。

図5にAPD(アバランシェフォトダイオード)レシーバを用いて測定した符号誤り率特性(BER特性)を示すが、20km伝送後も-32.4dBm(BER 10^{-10})の最少受光感度が得られている。

アイダイアグラム、BER特性の測定は2.5Gbpsの信号をPPG(Pulse Pattern Generator)から発生させた後、受信モジュールに使用している16ビットのDEMUXに入力し16ビットの155Mbpsの信号に分け、16ビットの信号を送信モジュールに入力することにより測定した(図6)。

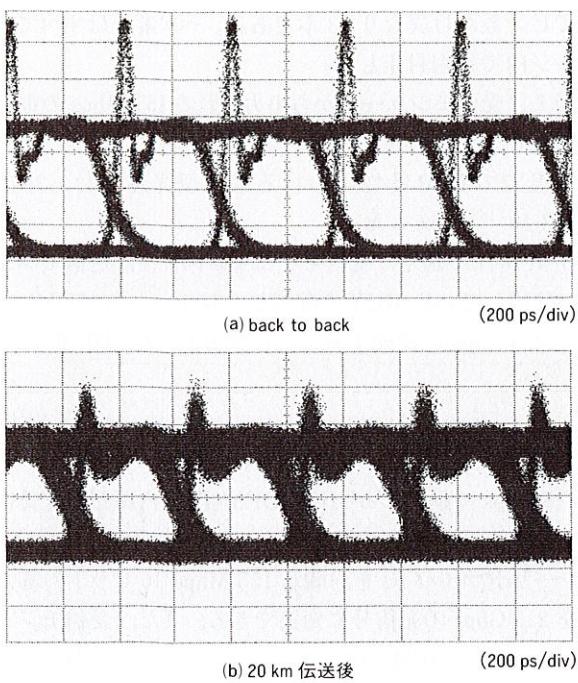


図 4. 2.5Gbps 光送信波形 16 ビット 155 Mbps NRZ (Non Return to Zero) データ入力後変換された 2.5 Gbps NRZ の光送信波形である。

Optical eye diagrams of multiplexed 2.5 Gbps NRZ data transmission by transmitter module

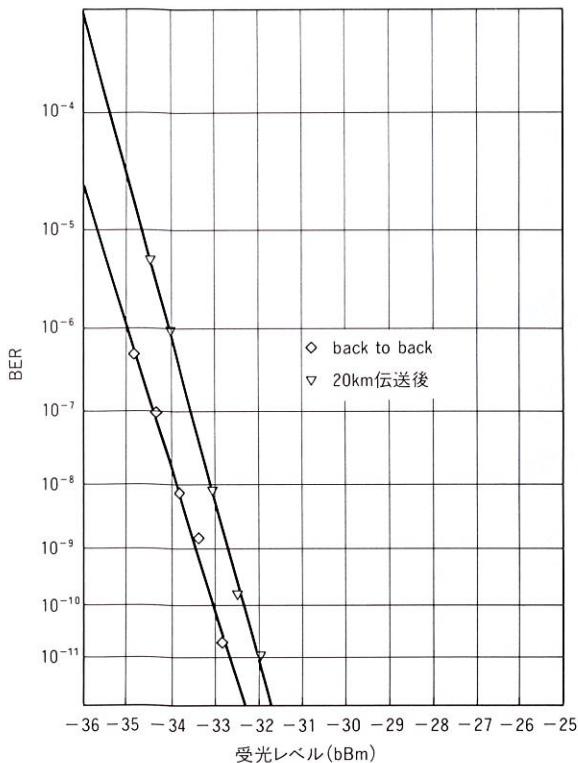


図 5. BER 測定結果 APD レシーバを用いて測定した 2.5 Gbps NRZ データの光伝送時の BER を示す。

Bit error rate measurements with transmitter and APD receiver

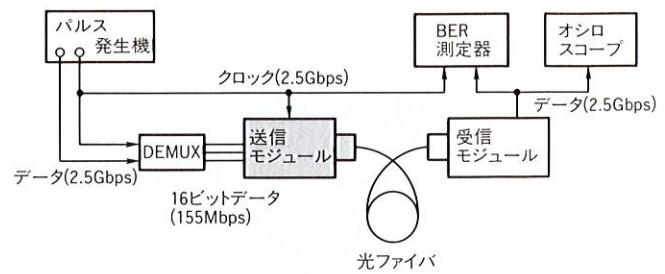


図 6. 送信モジュール測定系 2.5 Gbps の電気信号を DEMUX で一度分割し、16 本の 155 Mbps データを送信モジュールに入力した。
2.5 Gbps transmitter measurement setup

3 受信モジュール

図 7 に受信モジュールの構成を、図 8 に内部構造を示す。受光素子は受光径 30 μm の高速 PIN-PD を用いた。PIN-PD を実装したキャリアはパッケージ底面に設けられたガイドによってほぼ無調整でレンズの中央に合わせることができる。

光学系は球レンズ一群系で、レンズはパッケージにあらかじめ高融点はんだで固定した。光軸方向は無調整とし光軸垂直方向だけの調整方法をとった。受光感度は SMF、MMF ともに 0.8~0.9 A/W でレンズの挿入損失以外はほぼ 100 % 入力される。

プリアンプは高トランスインピーダンス、低雑音の GaAs IC で、トランスインピーダンス 65 $\text{dB}\Omega$ 、遮断周波数 1.8 GHz、PIN-PD とプリアンプを通した入力換算雑音 6.5 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ である。

DEMUX IC は 2.5 Gbps の信号を 16 ビットの 155 Mbps に分け、かつ 155 Mbps のクロックを出力する。データは 800

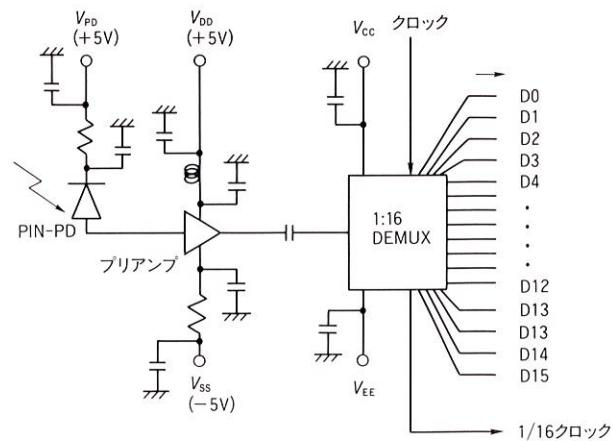


図 7. 光受信モジュールの構成 PIN-PD、プリアンプ、DEMUX を内蔵した光受信モジュールである。

Circuit diagram of 2.5 Gbps receiver module

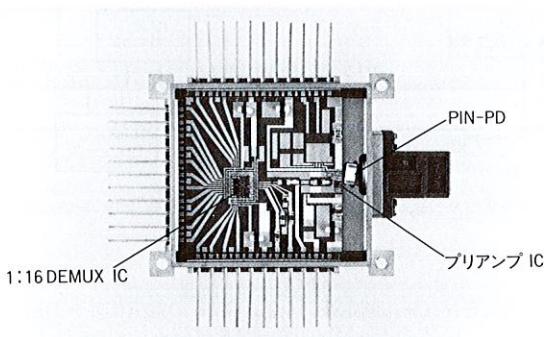


図8. 光受信モジュールの内部構造 MU レセプタクルの採用とペア素子実装で小型化を図った。

Inside view of 2.5 Gbps receiver module

mV_{pp} の AC 出力である。電源は -5.2 , -3.2 , $+2$, $+5$ V の 4 電源で消費電力は約 3 W である。

パッケージ外形寸法は図 3 に示した送信モジュールと同じ



図9. 光受信モジュールの出力波形 2.5 Gbps の光信号を受信し 16 ビットに分割された 155 Mbps の出力波形とクロック。

Optical eye diagrams of demultiplexed 155 Mbps NRZ data and clock by receiver module

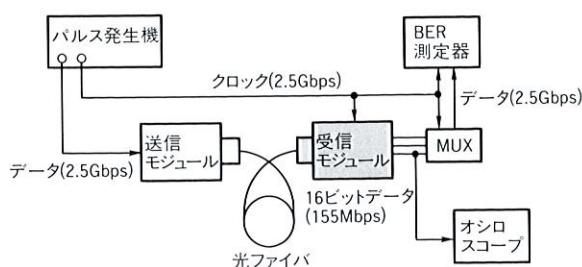


図10. 受信モジュール測定系 2.5 Gbps の光信号を受け、16 本の 155 Mbps に変換された電気信号を MUX で再度 2.5 Gbps の電気信号に変換し測定した。

2.5 Gbps receiver measurement setup

等でピン数だけ異なり 33 本である。ペア素子はすべてパッケージ内で気密封止した。

図 9 に受信モジュールから出力される 155 Mbps の電気信号とクロック出力を示す。

室温での BER 特性における最小受光感度は -26 dBm ($BER 10^{-10}$) であった。

BER 特性の測定は受信モジュールの直後に送信モジュールに使用している MUX を配置し、16 ビットの 155 Mbps 信号を 2.5 Gbps に変換することにより行った (図 10)。

4 あとがき

2.5 Gbps で動作する MUX/DEMUX を内蔵した送受信モジュールを開発した。送信モジュールは 16 : 1 の MUX IC とレーザドライバ IC を内蔵し 155 Mbps 16 ビットの電気信号を 2.5 Gbps の光信号に変換できる。また、受信モジュールは 1 : 16 の DEMUX IC とプリアンプ IC を内蔵し 2.5 Gbps の光信号を 16 ビットの 155 Mbps 電気信号に変換できる。ともに光学系は単一球レンズで SC 型のほぼ 1/3 の体積の MU 型レセプタクルを採用した。光素子、電子機能素子をペアチップ実装することにより 35(W) × 38(D) × 8.6(H) mm のサイズに収納できた。

文 献

- (1) 知念幸勇, 他: 超小型 622 Mbps 光送受信モジュール, 東芝レビュー, 50, 7, pp.563-566 (1995)

谷岡 晃 Akira Tanioka

個別半導体事業部光半導体技術部主務。
光通信用半導体デバイスの開発設計に従事。電子情報通信学会会員。

Discrete Semiconductor Div.

服部 文秀 Fumihide Hattori

個別半導体事業部光半導体技術部主務。
光通信用半導体デバイスの開発設計に従事。電子情報通信学会会員。

Discrete Semiconductor Div.

高橋 哲宗 Akimune Takahashi

個別半導体事業部光半導体技術部。
光通信用半導体デバイスの開発設計に従事。

Discrete Semiconductor Div.