10Gbit/sフルバンドチューナブル光トランスポンダ

光電子回路開発センター　藤　咲　芳　春[1]・w　木　秀　樹[2]

10Gbit/s Full-Band Tunable Optical Transponder

Y. Fujisaku & H. Takagi

波長可変機能を備えた10Gbit/s光トランスポンダを開発した．約0.4nm（50GHz）間隔で波長切り替えが可能で，C-band帯もしくはL-band帯のそれぞれ88波長に設定することができる．本製品は，業界標準である300pinMSAに準拠し，シングルモード光ファイバ80kmまでの伝送が可能である．ビットレートは9.95～11.3Gbit/sまで動作する．

10Gbit/s optical transponder with wavelength variable function has been developed. The eighty eight wavelengths can be set with 0.4nm (50GHz) interval for full range of C-band or L-band. This product is based on 300pinMSA, and transmission distance is up to 80km by using single-mode fiber. An available transmission speed is from 9.95 to 11.3Gbit/s.

1．ま　え　が　き

Fiber-to-the-Home（FTTH）に代表されるブロードバンドアクセスサービスの普及が進み，大容量のネットワークインフラの整備が急務になっている．メトロ系，バックボーン系の伝送ビットレートは10Gbit/sが主流になり，波長分割多重（Wavelength Division Multiplexing（WDM））技術を併用することで，さらなる大容量化が進められている．

大容量化への取り組みと並行して，ネットワークの効率化を目指した取り組みも行われている．IP技術をベースにしたオールパケット型のネットワークである，次世代ネットワーク（Next Generation Network（NGN[1)]））が提案され，その基盤となる光通信レイヤでは，光クロスコネクト技術，Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer（ROADM）技術，Generalized Multi Protocol Label Switching（GMPLS）技術などを活用し，光信号のままで回線変更が自由に行える柔軟かつ信頼性の高いシステムが検討されている．

本稿で紹介する光トランスポンダは，光通信装置の中の物理層（電気-光変換，光送受信など）の機能を受け持つサブシステムである．当社ではこれまで，光トランスポンダの業界標準仕様である300pinMSA[2)]（Multi Source Agreement）に注力し開発を進めてきた．300pinMSA準拠の光トランスポンダは光送受信機能に加え，16：1のマルチプレクサ（MUX），1：16のデマルチプレクサ（DEMUX）を内蔵しており，622Mbit/s×16のパラレルインタフェースを備える特徴を持つ．

従来の光トランスポンダは固定波長のレーザダイオードを採用していたため，WDMシステム向けには波長が異なるレーザダイオードを搭載した光トランスポンダを数種類用意する必要があったが，このたび開発したフルバンドチューナブル光トランスポンダは，チューナブルレーザダイオードを採用したことで，一台で複数の波長に切り替えることが可能になった．従来のWDMシステム向けの品種を集約し，システムの管理コストを軽減できるメリットがあるだけでなく，多くの波長の光信号を柔軟に切り替えて運用する，次世代の光システムに適した光トランスポンダであると言える．

2．機　　能

2.1　外　観

光トランスポンダの外観を図1に示す．筐体部の寸法は

図1　光トランスポンダの外観
Fig. 1. Appearance of optical transponder.

1　光モジュール開発部
2　光モジュール開発部グループ長

89mm×114mm×11.5mmと，従来の固定波長の光トランスポンダと同サイズである．

2. 2　機能概要

光トランスポンダのブロック図を図2に示す．図中，太線は光信号の流れを表している．

送信部の主要な光コンポーネントは，チューナブルレーザと，$LiNbO_3$を使用したマッハツェンダ型光変調器（LN変調器）の構成をとる．チューナブルレーザは波長可変機能を有し，波長ロッカを内蔵しているため，±0.02nmの波長確度を実現している．LN変調器はプリチャープ（α＝－0.7）のz-cutタイプを使用した場合，1,600ps/nmの分散耐力（シングルモード光ファイバ80kmに相当）を実現する．一方，ゼロチャープ（α =0）のx-cutタイプも選択可能で，その場合の分散耐力は±1,200ps/nmとなる．システムの仕様にあわせてどちらかを選択することができる．LN変調器は波長依存性が小さいため，広い波長帯域で安定した光波形を得ることができる利点があり，C-bandもしくはL-band帯域全体をカバーすることができる．電気信号は前述のとおり622Mbit/s×16のパラレルインタフェースとなる．622Mbit/s×16の信号が300pinコネクタをかいして入力され，MUXで10Gbit/sのシリアル信号に多重される．その後ドライバアンプで増幅され，LN変調器に入力されて光を変調し，光信号に変換される．

受信部では，アバランシェフォトダイオード（APD）に光信号が入力され，トランスインピーダンスアンプをかいすることで電気信号に変換される．APDの代わりにPINフォトダイオード（PIN-PD）の構成も可能であり，アプ

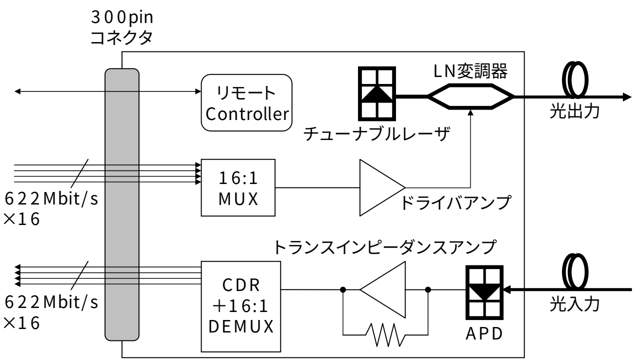

図2　光トランスポンダのブロック図
Fig. 2. Block diagram of optical transponder.

表1　主要諸元
Table 1. Main specifications.

全　体	
ビットレート	9.95328～11.318 Gbit/s
電　源	＋3.3V, －5.2V
消費電力	7W typ. 12W max.
動作温度範囲	－5～70℃
サイズ	88.9×114.3×11.5mm（3.5×4.5×0.45inch）
送信部	
光出力パワー	C-band：5～8dBm
	L-band：2～5dBm
波　長	C-band：1,528.773～1,563.455nm
	L-band：1,570.416～1,607.035nm
波長間隔	約0.4nm（50GHz）
波長確度	±0.02nm
消光比	10dB min.
受信部	
最小受光感度	－24dBm max.
最大受光感度	－5dBm min.
伝送距離	80km（1,600ps/nm）

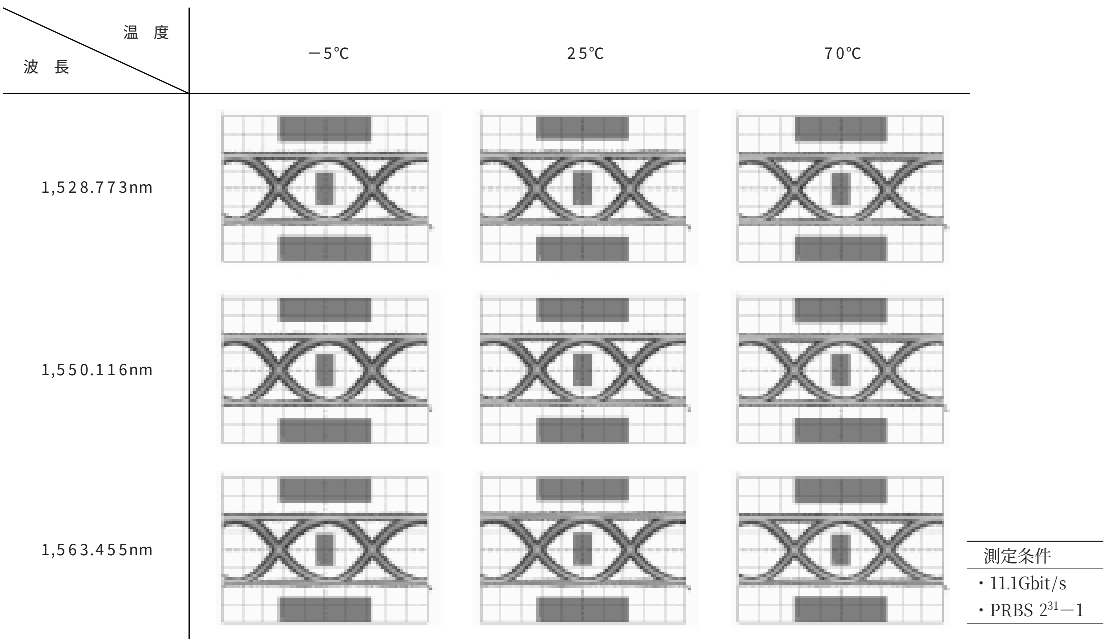

図3　送信波形
Fig. 3. Eye patterns.

リケーションに応じて交換可能である．上記電気信号はクロックデータリカバリ（CDR）で識別再生される．その後DEMUXで622Mbit/s×16のパラレル信号に変換され，300pinコネクタをかいして出力される．

リモートコントロール機能を内蔵しており，波長の切り替えをはじめ，各種設定，アラームの読み取り，アナログモニタの読み取りなどが可能になっている．

2. 3　主要諸元

主要諸元を表1に示す．本製品は300pinMSAに準拠し，基本的な仕様は従来の固定波長の光トランスポンダ（Long Reach：80km）と同じである．最大の特徴は波長可変機能で，C-bandもしくはL-bandの全88チャンネルに設定することができる．

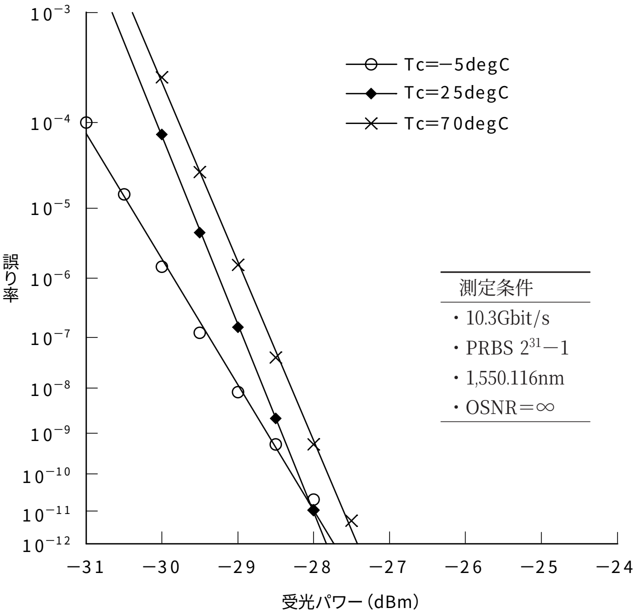

図4(a)　伝送前(back-to-back)の誤り率特性
Fig. 4(a). back-to-back BER characteristics.

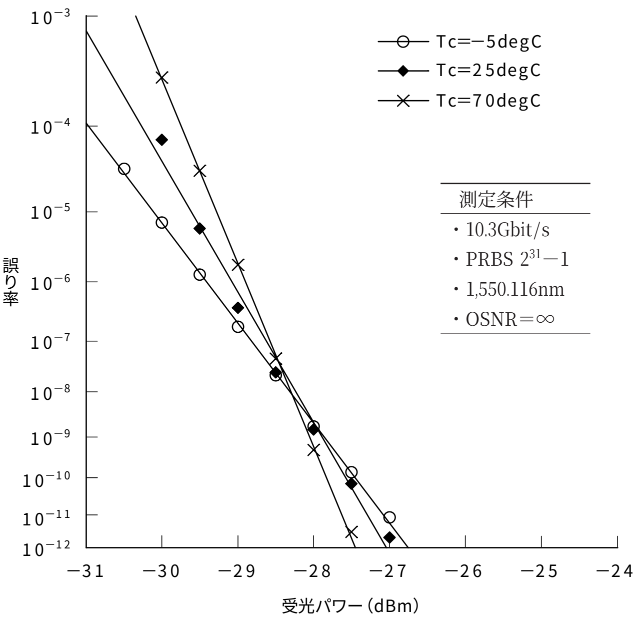

図4(b)　伝送後(1,600ps/nm)の誤り率特性
Fig. 4(b). BER characteristics after 80km transmission(1,600ps/nm).

3．特　　性

3. 1　送信波形

送信波形（アイパターン）を図3に示す．すべて帯域7.5GHzのベッセルトムソンフィルタ通過後の波形である．波長，温度をそれぞれ3とおり，合計9つのアイパターンを示している．波長依存性，温度依存性はみられず，いずれも均一で良好なアイパターンが得られている．

3. 2　誤り率特性

伝送前（back-to-back）の誤り率特性を図4（a）に示す．back-to-backでの最小受光感度（誤り率=10^{-12}）は全温度範囲で−27dBm以下と，良好な特性が得られている．

伝送後（1,600ps/nm）の誤り率特性を図4（b）に示す．back-to-backと比較したパスペナルティは1dB以下と，良好な特性が得られている．

3. 3　OSNR特性

チューナブル光トランスポンダは，主に高密度波長分割多重（DWDM）システムへの適用が想定されるが，DWDMシステムでは光アンプが使われることが多いため，光信号雑音比（OSNR）に対する性能を確保することも要求される．このため，受信部では広いダイナミックレンジにおいてリニアな特性を確保する必要があり，光雑音を含んだ信号に対しての最適なレベルダイヤ設計でこれを実現している．OSNR特性を図5に示す．−20dBm～−5dBmまでフラットな誤り率が得られている．

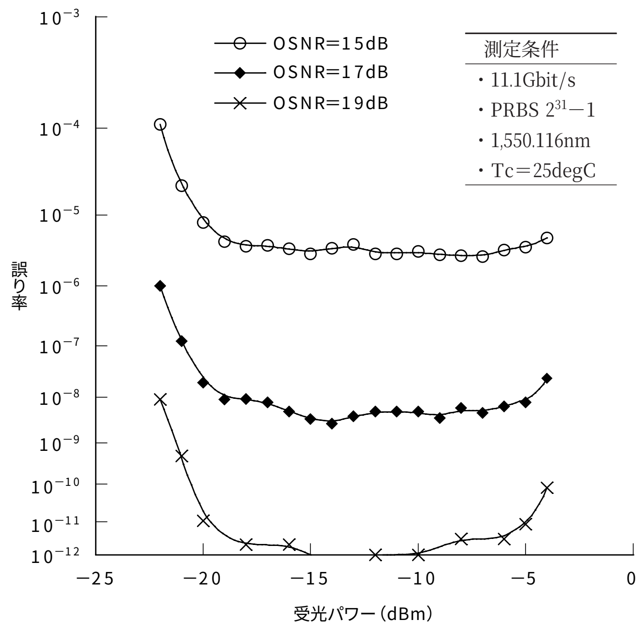

図5　OSNR特性
Fig. 5. OSNR characteristics.

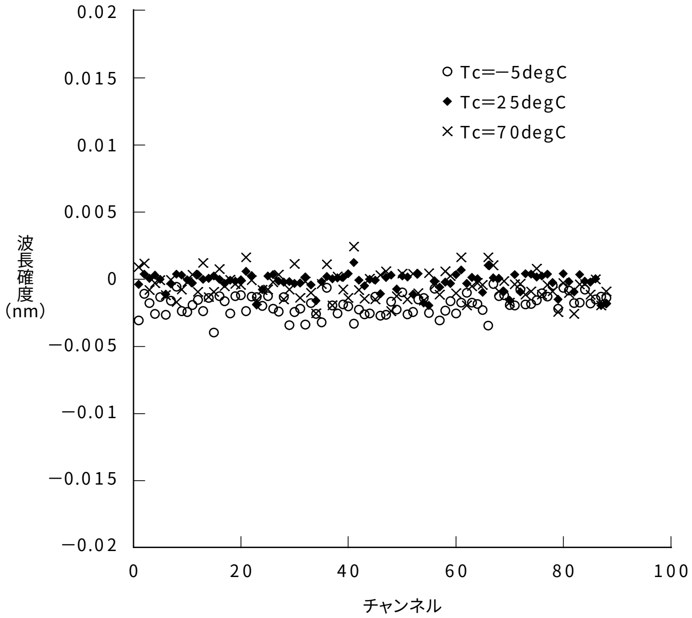

図6　波長確度
Fig. 6. Wavelength accuracy.

3. 4　波長確度

本製品は波長ロッカを搭載しているため，波長確度が±0.02nmと，従来の固定波長の光トランスポンダのそれ（±0.1nm程度）と比べて向上している．本製品の波長確度を図6に示す．全波長，全温度において，十分な確度を保持している．

4. む　す　び

当社で開発した10Gbit/sフルバンドチューナブル光トランスポンダについて，機能，特性の詳細を紹介した．波長可変機能を備えたことにより，WDMシステム向けの需要を1種類で賄うことができるようになった．さらに，波長可変機能を積極的に活用した次世代の光通信システムへの展開も期待される．

参　考　文　献

1）ETSI（欧州電気通信標準化機構）TISPAN，ITU-T SG13など
2）http://300pinmsa.org/