



10Gbit/s小型トランスポンダの開発

藤咲 芳春
高橋 智和

横山 修司
北脇 仁史

曾野 昌樹
高木 秀樹

堀尾 丈夫

近年、インターネットに代表されるデータ通信の急速な普及により、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。基幹系の伝送速度は2.5Gbit/sから10Gbit/sへと達しており、小型かつ安価な高速光トランスポンダの供給が望まれている。

なかでも10Gbit/sトランスポンダは最も活況な分野の一つであり、2001年の300pinMSAを皮切りに、XENPAK, XPAK, X2, XFPなど、さまざまなMSAが発表されている。このようなMSAが普及することにより、他社製品との互換性が確保され、開発スピードが上がる利点があるが、反面競争が激しくなるため、我々ベンダサイドとしてはいかに差別化を図るかが鍵となる。

シグマ・リンクスではこれまでSONET/SDH系の事実上の業界標準となっている300pinMSAに注力してきた。300pinMSA準拠のトランスポンダは、光送受信機能に加え16:1のMUX, 1:16のDEMUXを内蔵しており、622Mbit/s×16の平行インタフェースを備える特徴を持つ。現在、我々は距離・用途に応じて4種の300pinトランスポンダを開発している。そのラインナップを表1に、写真を写真1にそれぞれ示す。写真は左から順に

表1 10Gbit/s 300pinトランスポンダラインナップ

品名	SONET GR-253 区分	距離	サイズ
OAT1041	SR-1	12km	2×3×0.45 (inch)
OAT1043	IR-2	40km	2×3×0.53 (inch)
OAT104B	LR(EA)	80km	2.2×3×0.43 (inch)
OAT1049	LR(LN)	80km	3.5×4.5×0.69 (inch)

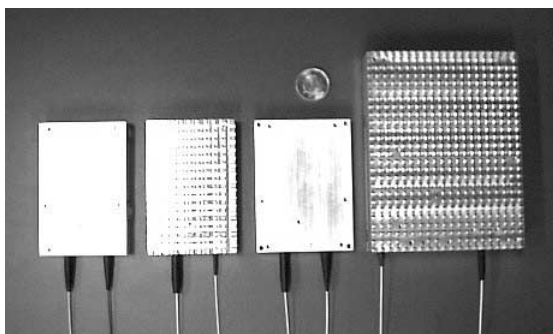


写真1 トランスポンダのラインナップ

OAT1041, OAT1043, OAT104B, OAT1049である。

OAT1041, OAT1043, OAT104Bの各トランスポンダは、業界で主流になっているSFF (Small Form Factor) サイズ (2.2×3×0.53 inch) を実現している。特にOAT1041, OAT1043の2×3 inchフットプリントは世界最小である。

以下、各トランスポンダについて個別に詳述する。

OAT1041 (SR-1トランスポンダ)

OAT1041はSR-1準拠 (SR: Short Reach) のトランスポンダである。最大伝送距離は12kmとなっており、主に基地局の内部配線、短距離伝送への用途を想定している。その仕様を表2に、ブロック図を図1にそれぞれ示す。

OAT1041では、送信部に直接変調レーザを使用している。直接変調は波長分散に弱いために長距離伝送には向かないが、波長分散の小さい1.31 μm帯の波長を採用することで、12kmの伝送距離を確保している。またベルチエ冷却素子を使用しないタイプのレーザを採用しているため、低消費電力を実現している。

表2 OAT1041 (SR-1トランスポンダ) の仕様

全体	
ビットレート	9.95328~10.709Gbit/s
電源	+3.3V, +1.8V, -5.2V
消費電力	3.8W typ. 4.8W max.
動作温度範囲	0~70℃
サイズ	2×3×0.45 (inch)
送信部	
光出力パワー	-6~-1dBm
波長	1290~1330nm
消光比	6.0dB min.
受信部	
最小受光感度	-14dBm max.
最大受光感度	-1dBm min.
伝送距離	12km (40ps/nm)

TiPO 【基本用語解説】

MSA (Multi Source Agreement)

マルチ・ソース・アグリーメント。複数の企業が集まり統一した仕様を策定し、それに準拠した製品を提供する形態を指す。

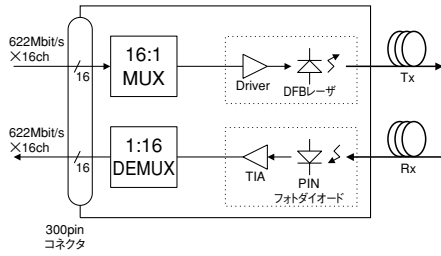


図1 ブロック図 (OAT1041)

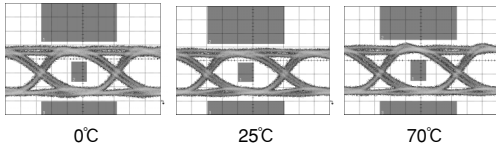


図2 送信波形 (OAT1041)

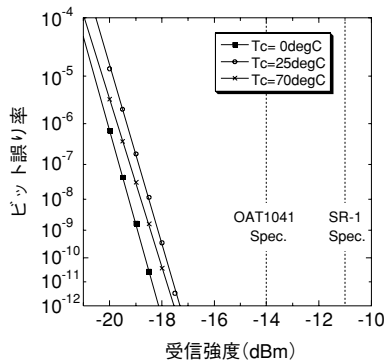


図3 受信特性 (OAT1041)

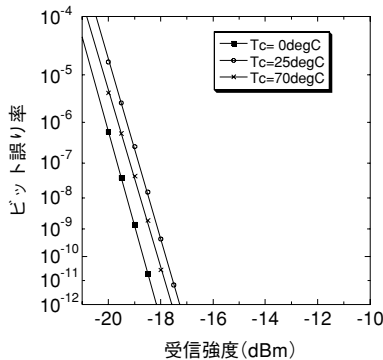


図4 伝送後の受信特性 (OAT1041)

図2はローパスフィルタ通過後の送信波形である。消光比は典型値で7.0dB程度、また全ての温度において5%以上のマスクマージンを確保している。

図3は受信特性である。ビット誤り率 $=10^{-12}$ を満たす受信強度（最小受光感度）は -17 dBm以下と、SR-1のスペックに対して十分なマージンを確保している。また図4に12km伝送後の受信特性（40ps/nm相当）を示す。パスペナルティは0.1dB以下と、スペック（1dB）を満たしている。

表3 OAT1043 (IR-2トランスポンダ) の仕様

全体	
ビットレート	9.95328~10.709Gbit/s
電源	+3.3V, +1.8V, -5.2V
消費電力	4W typ. 7.5W max.
動作温度範囲	-5~70°C
サイズ	2×3×0.53 (inch)
送信部	
光出力パワー	-1~+2dBm
波長	1530~1565nm
消光比	8.2dB min.
受信部	
最小受光感度	-15dBm max.
最大受光感度	+1dBm min.
伝送距離	40km (800ps/nm)

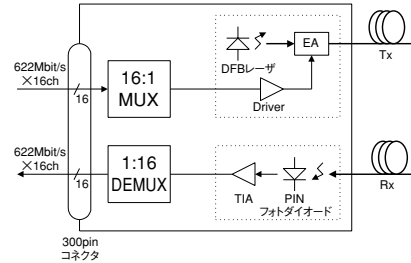


図5 ブロック図 (OAT1043)

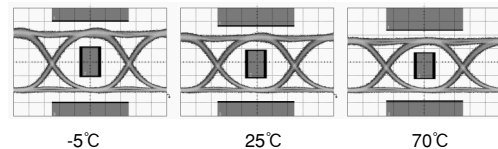


図6 送信波形 (OAT1043)

OAT1043 (IR-2トランスポンダ)

OAT1043はIR-2準拠 (IR: Intermediate Reach) のトランスポンダである。最大伝送距離は40kmとなっており、主にメトロ系の用途を想定している。その仕様を表3に、ブロック図を図5にそれぞれ示す。

OAT1043では、送信部にDFBレーザ集積型のEA変調器を使用している。波長分散に強い外部変調器を採用したことで、800ps/nmの分散耐力（1.55 μ m帯の波長で40km）を確保している。

図6はローパスフィルタ通過後の送信波形である。消光比は典型値で10dB程度、また全ての温度において、10%以上のマスクマージンを確保している。

図7は受信特性である。最小受光感度は -18 dBm以下と、IR-2のスペックに対して十分なマージンを確保している。また図8に40km伝送後の受信特性（800ps/nm相当）を示す。パスペナルティは0.4~0.7dBと、スペック（2dB）を満たしている。

OAT104B (LRトランスポンダ)

OAT104BはLR準拠 (LR: Long Reach) のトランス

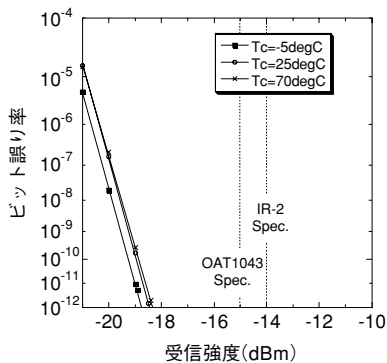


図7 受信特性 (OAT1043)

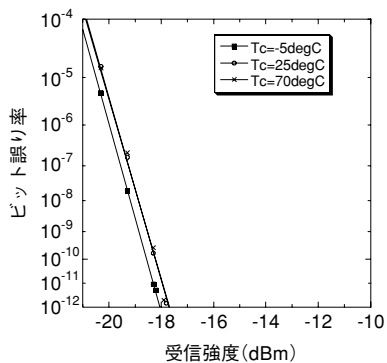


図8 伝送後の受信特性 (OAT1043)

表4 OAT104B (LRトランスポンダ) の仕様

全体	
ビットレート	9.95328~10.709Gbit/s
電源	+3.3V, +1.8V, -5.2V
消費電力	4.5W typ. 8W max.
動作温度範囲	-5~70℃
サイズ	2.2×3×0.43 (inch)
送信部	
光出力パワー	-2~+2dBm
波長	1530~1565nm
消光比	10dB min.
受信部	
最小受光感度	-26dBm max.
最大受光感度	-5dBm min.
伝送距離	80km (1600ps/nm)

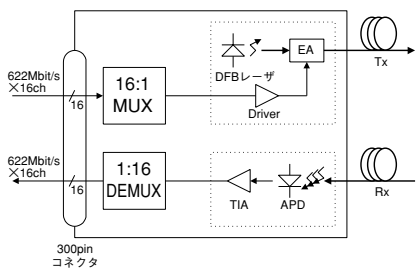


図9 ブロック図 (OAT104B)

ポンダである。最大伝送距離は80kmとなっており、主に長距離の単一波長システムへの用途を想定している。その仕様を表4に、ブロック図を図9にそれぞれ示す。

送信部はOAT1043と同じ構成であるが、長距離用のEA変調器を採用したことで、1600ps/nmの分散耐力を

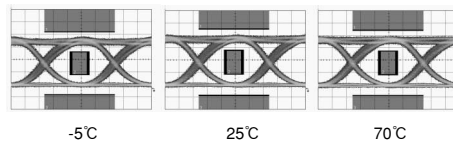


図10 送信波形 (OAT104B)

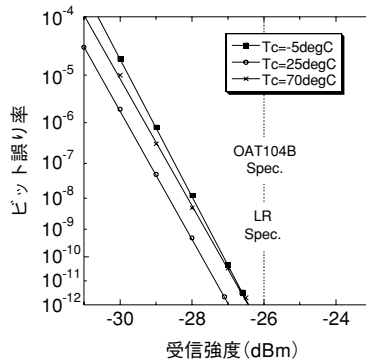


図11 受信特性 (OAT104B)

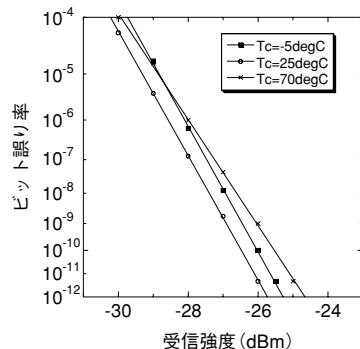


図12 伝送後の受信特性 (OAT104B)

実現している。

受信部では、ファイバ80km分のロスに対応するため、PINフォトダイオードと比べて感度の良いアバランシェフォトダイオード (APD) を使用し、ロスバジェット24dBを確保している。

図10はローパスフィルタ通過後の送信波形である。消光比は典型値で10.5dB程度、また全ての温度において、10%以上のマスクマージンを確保している。

図11は受信特性である。最小受光感度は-26.5dBm以下と、LRのスペックを満足している。また図12に80km伝送後の受信特性 (1600ps/nm相当) を示す。パスパネルティは1.2~1.8dBと、スペック (2dB) を満たしている。

OAT1049 (LRトランスポンダ)

OAT1049はLR準拠のトランスポンダである。OAT104Bと同様に最大伝送距離は80kmとなっているが、OAT1049ではWDMシステムへの用途を想定している。

表5 OAT1049 (LRトランスポンダ) の仕様

全体	
ビットレート	9.95328~11.1Gbit/s
電源	+3.3V, -5.2V
消費電力	7W typ. 10W max. (Tunableは13Wmax.)
動作温度範囲	-5~70°C
サイズ	3.5×4.5×0.69 (inch)
送信部	
光出力パワー	+4~+7dBm
波長	ITUグリッド (1500.46~1625.77nm)
波長安定度	±0.1nm (Tunableは±20pm)
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 (1600ps/nm)

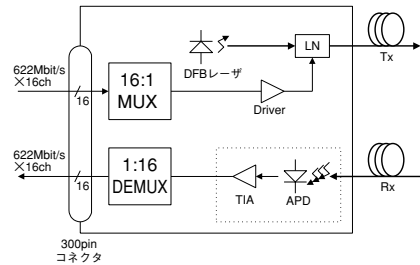


図13 ブロック図 (OAT1049)

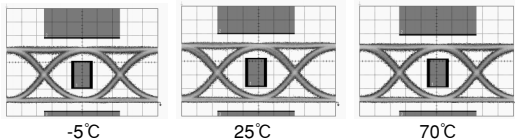


図14 送信波形 (OAT1049)

その仕様を表5に、ブロック図を図13にそれぞれ示す。送信部はDFBレーザ+LN変調器の構成をとる。DFBレーザを交換することで、1500.46~1625.77nmの幅広い波長に対応可能である。またチューナブルレーザに交換することで、50GHz間隔で8波の波長チューニング、波長安定度の向上(±20pm)が可能になる。LN変調器はチャープ0.7のz-cutタイプを使用しており、1600ps/nmの分散耐力を実現している。

受信部ではOAT104Bと同様にAPDを使用し、ロスバジェット28dBを確保している。

図14はローパスフィルタ通過後の送信波形である。LN変調器特有の高品質な波形が得られている。消光比は典型値で12.5dB程度、また全ての温度において、10%以上のマスクマージンを確保している。

図15は受信特性である。最小受光感度は-27dBm以下と、スペックを十分に満足している。また図16に80km伝送後の受信特性(1600ps/nm相当)を示す。パスペナルティは0.5~1.0dBと、スペック(2dB)を満たしている。

まとめ

弊社で開発している10Gbit/s小型トランスポンダ

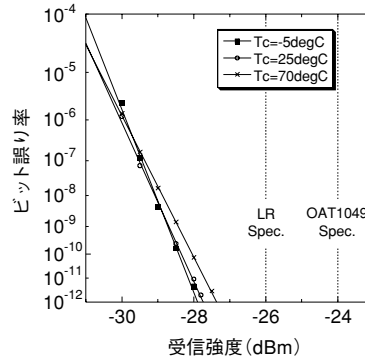


図15 受信特性 (OAT1049)

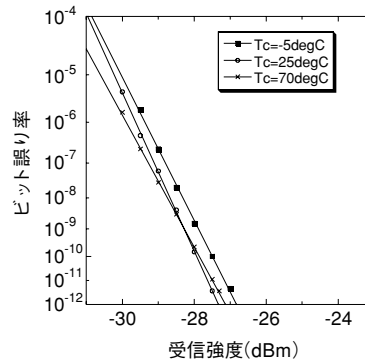


図16 伝送後の受信特性 (OAT1049)

(300pinMSA) について紹介した。冒頭でも述べたように、MSAビジネスは競合が激しく、顧客からの要求も益々厳しいものになってきている。今後は更なる高性能化、低価格化を進めるとともに、XENPAK, XFPなど他のMSAへの展開も視野に入れ、市場要求にマッチした製品開発をしていく予定である。◆◆

● 筆者紹介

- 藤咲芳春: Yoshiharu Fujisaku.株式会社シグマ・リンクス 開発部 第2プロジェクト
- 横山修司: Shuji Yokoyama.株式会社シグマ・リンクス 開発部 第2プロジェクト
- 堀尾丈夫: Takeo Horio.株式会社シグマ・リンクス 開発部 第2プロジェクト
- 曾野昌樹: Masaki Sono.株式会社シグマ・リンクス 開発部 第2プロジェクト
- 高橋智和: Tomokazu Takahashi.株式会社シグマ・リンクス 開発部 第2プロジェクト
- 北脇仁史: Hitoshi Kitawaki.株式会社シグマ・リンクス 開発部 第2プロジェクト
- 高木秀樹: Hideki Takagi.株式会社シグマ・リンクス 開発部 第2プロジェクトリーダー