

# SFF/SFP光トランシーバ

阿部 真也 笠井 弘  
飛田 謙洋 中谷 晋

21世紀が幕を開け、ブロードバンドサービスがいよいよ本格的に導入され始めた。一般ユーザ向けには昨年来FTTH（Fiber To The Home）より安価で、しかもISDNの何十倍もの伝送容量を持つADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）が爆発的な人気を呼んでいる。当然サービスプロバイダの処理能力は大容量化が必要になり、バックボーンにはギガビットイーサネットなどの光回線が次々と使われるようになってきた。

また、企業に於いては膨大化するデータの集中管理や、サーバのクラッシュ、万が一の災害などに備えたバックアップのためなどに、SAN（Storage Area Network）の構築がされ始めており、これらにも今やSCSI接続より高速で長距離化が可能な、2Gb/sクラスのファイバーチャンネルによる光接続を使用するケースが多く見られる。

LAN（Local Area Network）分野において、ハイエンドルータには、かつて一部の基幹網にのみ使われていた2.48Gb/sクラスの光伝送機器がすでに導入され始めている。

1990年代、音声トラフィックの拡充のために次々と幹線網への導入を推進してきた光通信事業も、今やそれも一段落し、図1に示すような新しいビジネスコンテンツへの

展開がワールドワイドで広がりつつある。

これらのビジネスを支えるネットワークにとって特に重要な役割を果たすのが、低コストで汎用性の高い光通信機器の供給である。1998年2月、世界の主要通信機器メーカー6社は、SFF（Small Form Factor）と呼ばれる小型光トランシーバの標準仕様を規定するMSA（Multi Source Agreement）を結んだ。さらに、2000年9月にはSFFと同じサイズで装置への着脱が可能なSFP（Small Form-factor Pluggable）のMSAが規定され、いずれも世界市場での需要が期待されている。

株式会社シグマリンクス<sup>\*1</sup>はこれらの需要にいち早く対応するために、ギガビットイーサネット、ファイバチャンネル、SONETなどに対応したSFFおよびSFP光トランシーバの開発を進めている。本報では代表的な製品の主要特性などについて紹介する。

## SFF光トランシーバ

SFF光トランシーバは従来のDuplex-SC型光トランシーバの約半分のサイズで、MT-RJやDuplex-LCなどの光コネクタインタフェースを持つ。電気インタフェースは伝送品質をモニタする機能を有する2×10ピンと、この機能

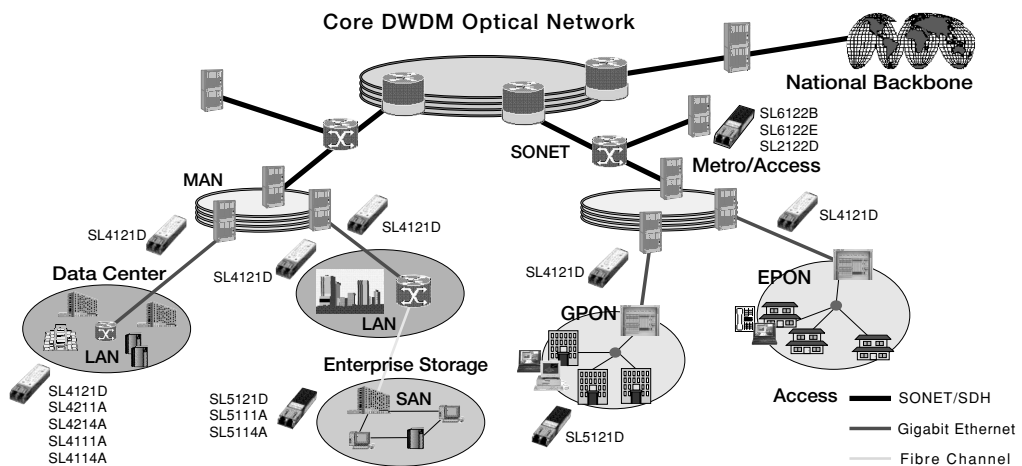


図1 ブロードバンド時代の光通信ネットワーク網

がない2×5ピンタイプがあり、この端子は装置側の基板にはんだ付けにより固定される構造となっている。

### SFF短波長光トランシーバ

表1にSFF短波長光トランシーバ製品とその諸元を示す<sup>1)</sup>。電気/光学特性はギガビットイーサネット規格（IEEE 802.3）とファイバチャネル規格（ANSI FC-PI）に準拠し、光コネクタにはMT-RJとDuplex-LCタイプに対応している。また、図2に外形図を示す。外形サイズ、ピン配置、フットプリントはMSAに準拠している。

#### (1) 送受信特性

図3にSL5111Aを2.125Gb/sで動作させた時の送受信アイパターンを示す。送信光波形のマスクマージンは30%以上と良好な特性が得られている。また受信波形についても35%という低ジッタ特性が得られている。

表1 SFF短波長光トランシーバの主要諸元

品番	SL4211A	SL4111A	SL5111A
光コネクタ	MT-RJ	Duplex-LC	
速度 (Gb/s)	1.0625/1.25	1.0625/1.25	1.0625/2.125
規格	ANSI FC-PI / IEEE802.3		ANSI FC-PI
発光電力(dBm)	-9.5 ~ -4.0		
受光電力(dBm)	0 ~ -18		0 ~ -16
端子数	2×5		
電源電圧(V)	+3.3 ±5%		
発光素子	λ = 850nm VCSEL		
適合光ファイバ	50/125, 62.5/125MMF		
伝送距離(m)	550		300

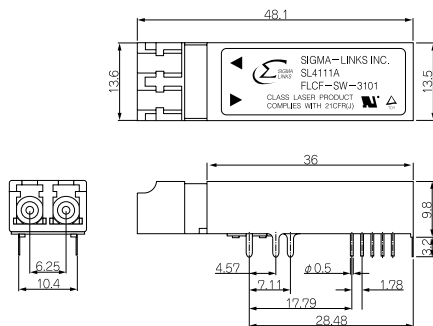
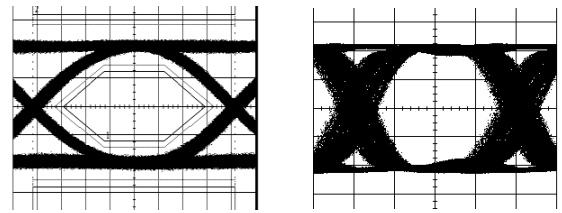


図2 SFF短波長光トランシーバ外形図



(a) 送信光波形 (b) 受信波形 (-16dBm入力時)

図3 送受信アイパターン (2.125 Gb/s, PRBS 2^7-1, マーク率1/2)

#### (2) EMI特性

光トランシーバは内部で高速スイッチング動作するため装置内外の機器に対してノイズ源となる場合が多く、機器メーカーが光トランシーバを選定する上での重要な判断基準となる。

図4にEMI試験を行うためにSL5111Aを搭載したHost Bus Adapter (HBA) をPCに取り付けた状態を示す。そして、図5に2.125 Gb/sでループバック動作を行った時のPC背面から放射されるの放射ノイズを測定した結果を示す。規格値 (0dB) に対するマージンは他社製品と比べても3dB以上優位な値を示している。



図4 SFF光トランシーバ使用例

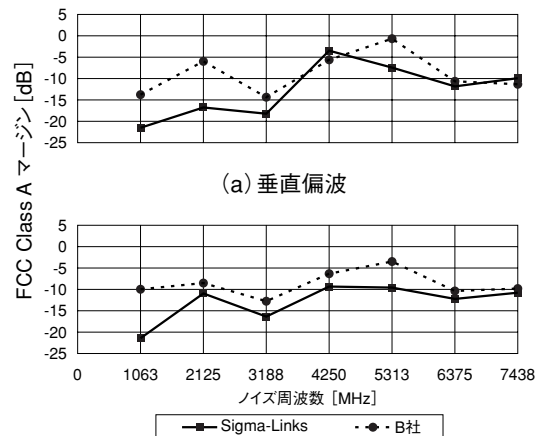


図5 HBAからの放射ノイズ (測定周波数1GHz以上)

**TiPO**  
**株式会社 シグマ・リンクス** \*1)  
 英文名称: Sigma-Links Inc.  
 SFF, SFP 等の小型光トランシーバを開発、製造、販売する会社として、沖電気とフジクラの共同出資により、2001年4月1日に設立。

\*1) Sigma-Links ロゴは、株式会社シグマリンクスの商標。

## SFF長波長光トランシーバ

表2にSFF長波長光トランシーバ製品とその諸元を示す<sup>2)</sup>。また、図6に外観写真を示す。筐体は量産に適したプラスチック成形品を用いており、先端部にEMIを防ぐためのシールドを取り付けている。

表2 SFF長波長光トランシーバ諸元

品番	SL2122E	SL4121D	SL5121D	SL6122B	SL6122E
光コネクタ	Duplex-LC				
速度(Gb/s)	0.622	1.25	2.125	2.488	2.488
準拠規格	ITU-T G.957	IEEE 802.3	ANSI FC-PI	ITU-T G.957	ITU-T G.957
発光電力(dBm)	-15~-8	-9.5~-3	-9~-3	-10~-3	-5~0
受光電力(dBm)	-28~-8	-21.25~-3	-21.25~-3	-18~-3	-18~0
端子数	2×10	2×5	2×5	2×10	2×10
電源電圧(V)	+3.3±5%				
発光素子	1310nm FP-LD			1310nm DFB-LD	
適合光ファイバ	1310nm零分散SMF				
伝送距離(Km)	15	10	10	2	15

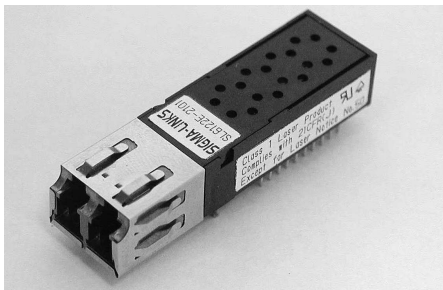
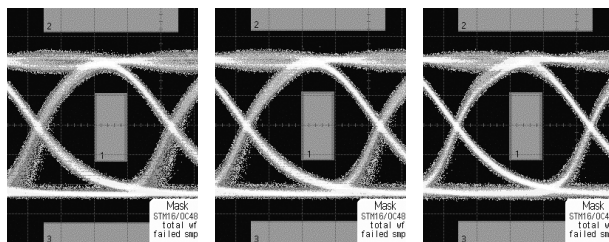


図6 SFF長波長光トランシーバ外観写真

### (1) 送信光波形

周囲温度に対し動作電流特性が変動するLDを用いる長波長製品では、広い温度範囲において安定した送信光波形を保つことが重要な課題となる。図7に2.488Gb/s動作時の送信アイパターン、図8に消光比の温度特性を示す。各温度での送信アイパターンの変化はほとんど見られず十分なマスクマージンを有している。また、消光比の変化も1.5dB程度に抑えられている。



(a) 0°C (b) 25°C (c) 70°C

図7 送信アイパターンの温度依存性  
(2.488Gb/s, PRBS 2<sup>23</sup>-1)

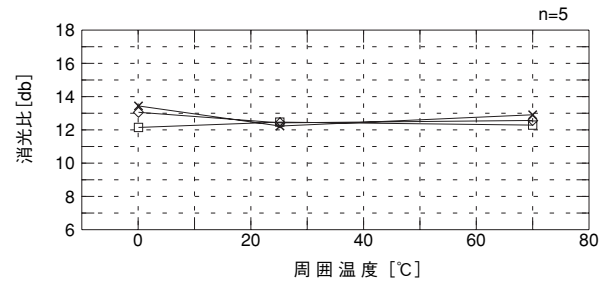


図8 消光比の温度依存性

### (2) 伝送特性

波長スペクトルが狭いDFB-LDを使用しているSL6122Eは、2.488Gb/sの信号を15km伝送することが可能である。図9に最小受光電力特性を、図10に15km伝送後の受信波形を示す。最小受信電力は規格値の-18dBmに対して十分なマージンを有している。また15kmの伝送で0.5dB、30kmの伝送においても0.8dBの伝送ペナルティに抑えられており、良好な伝送特性を実現している。

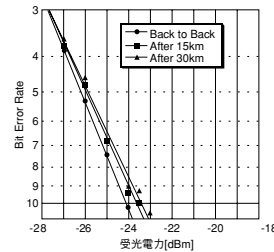


図9 最小受光電力特性

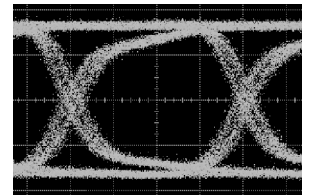


図10 受信波形

## SFP光トランシーバ

SFPは装置側に実装されたレセプタクルに挿入して使用される。このため、例えば装置間の伝送距離を延長する場合にも、トランシーバのみを交換するといった作業で済むため、装置の拡張性の面で優れた特徴を有している。また装置が通電状態であっても取付け/取外しが可能であるので、交換・保守などの作業を容易に行うことができる。またその他の特徴として、Serial ID機能(製品に書き込まれた伝送距離、伝送速度など情報を外部から識別できる機能)や、TX\_FAULT機能(LD周辺回路が故障し、LDがシャットダウンした際に故障を検知する機能)などを有している。

### SFP短波長光トランシーバ

表3にSFP短波長光トランシーバ製品とその諸元を示す<sup>3)</sup>。光コネクタにはMT-RJとDuplex-LCを採用している。

表3 SFP短波長光トランシーバの諸元

品番	SL4214A	SL4114A	SL5114A
光コネクタ	MT-RJ	Duplex-LC	
速度(Gb/s)	1.0625/1.25	1.0625/1.25	1.0625/2.125
準拠規格	ANSI FC-P1/ IEEE 802.3		ANSI FC-P1
発光電力(dBm)	-9.5~-4.0		
発光素子	$\lambda = 850\text{nm}$ VCSEL		
受光電力(dBm)	0~-18	0~-16	
電源電圧(V)	3.3±5%		
使用光ファイバ	50/125, 62.5/125 MMF		
伝送距離(m)	550	300	

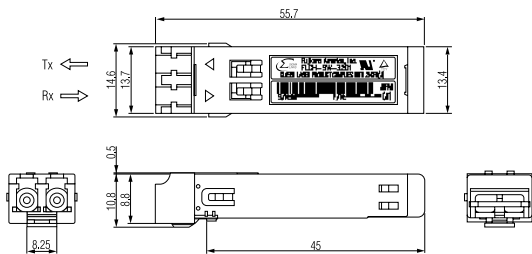


図11 SFP短波長光トランシーバ外形図 (Duplex-LC)

また、図11に外形図を示す。外形サイズ、電気配線等は、SFFトランシーバ同様にMSAに準拠している。

(1) 送受信特性

図12にSL5114Aの2.125 Gb/sにおける受信感度特性を示す。最小受光電力は-22.2dBmと規格値に対して十分なマージンを有しており、また送受信間のクロストークは0.2dBと低クロストークを実現している。

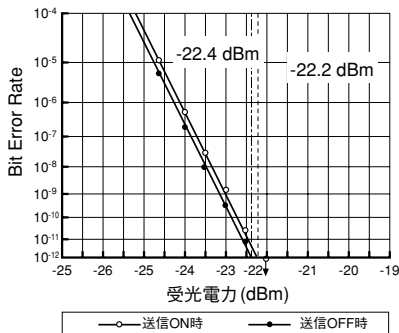


図12 最小受光電力特性

(2) 電源ノイズ耐性

図13に電源ノイズ耐性を示す。ノイズ周波数が1kHz~1MHzまでの電源ノイズ環境においても、送受信部ともに正常に動作しており、一般的な許容電源ノイズの仕様の100mVp-p以下という条件に対して十分なマージンを有していることがわかる。

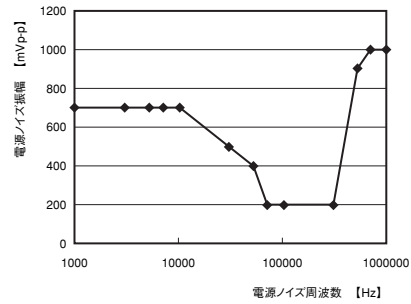


図13 電源ノイズ耐性

SFP長波長光トランシーバ

SFP長波長光トランシーバについても既にファイバチャネル、ギガビットイーサネット、SONETなどのアプリケーションに対応する製品を開発済みである。長波長製品は高信頼性が求められるシステムでの使用を考慮しており、LDバイアス電流、発光電力、受光電力などをモニタする機能を盛り込んでいる。

信頼性試験

本報で解説したすべての製品は表4に示すBellcore規格に準拠した信頼性試験を実施しており、いずれも十分な長期信頼性を有していることを確認している。◆◆

表4 信頼性試験項目および条件

項目	条件
振動試験	1500G, 0.5msec, 5回/軸
衝撃試験	ピーク加速度 20G, 周波数 20~2000Hz, 4分/サイクル, 4サイクル/軸
高温保存試験	+85℃, 2000時間, 放置
低温保存試験	-40℃, 2000時間, 放置
熱衝撃試験	$\Delta T = 100^\circ\text{C}$ 以上 15 サイクル 2分/サイクル以下
温度サイクル試験	-40℃ ~ +85℃, 1000 サイクル
湿熱試験	+85℃, 85%RH, 1000時間, 通電
高温通電試験	+85℃, 2000時間, 通電

参考文献

- 1) 阿部 他: ECTE 2001, The 51st 「Short Wave SFF Small Form Factor Transceivers」
- 2) 松本 他: 信学会 総合大会 B-10-53 「2.5Gbit/s LC-SFF光トランシーバの開発」
- 3) 飛田 他: 信学技報, OCS2001-09, 「2.125Gb/s SFP短波長光トランシーバ」, p.25

● 筆者紹介

阿部真也: Shinya Abe.株式会社シグマリックス 開発部  
 笠井弘: Hiroshi Kasai.株式会社シグマリックス 開発部  
 飛田謙洋: Kenyo Tobita.株式会社シグマリックス 開発部  
 中谷晋: Susumu Nakaya.株式会社シグマリックス 開発部