

GE-PON OLT/ONU 一芯光トランシーバの開発

田中 貴之 井上 美奈子

近年、インターネットの普及とともに、通信システムの高速化・経済性の追求が重要な課題となっており、装置のインタフェースとなる光送受信モジュールの大容量化・低価格化の達成が急務である。加入者系高速サービスとして、大容量のデータを伝送できるギガビットのPON (Passive Optical Network) が注目されており、今回 GigaEther-PON (以下GE-PON) 用OLT/ONUの光伝送モジュールを開発したので報告する。

システム概要

マルチメディアへの関心が高まる中、加入者系および基幹系通信ネットワークの高速広帯域化が求められており、光ファイバを伝送路とするシステムの需要が増大している。装置のインタフェースとなる光送受信モジュールは、光通信システムのキーデバイスであり、その要求は高い。

当社では、加入者系光伝送システムとして早くからPON用光伝送モジュールの開発に取り組んでおり、ATM-PON (以下APON) 用OLT/ONU光伝送モジュール¹⁾ は各方面から高い評価を得てきた。

一方、PONシステムは、数年前からFTTxに適用されてきた低価格光加入者用アクセス方式の一つであり、図1に示すように局側装置 (OLT) と光加入者側端末 (ONU) を光ファイバと光カプラで接続された1対Nの伝送を基本としている。これにより局側装置と光ファイバを全加入者でシェアし、全体的なインフラコストを抑えることができる。PON方式で代表的なものは標準化団体「FSAN (Full Service Access Network)」が規格化したものである²⁾。そのPON技術にEthernet技術を採用することで、数多くの機器との接続親和性を向上させ、さらにギガビット級の伝送容量を配することで、全加入者をシェアしても十分な帯域を保証できるメリットがある。このPONの物理層として1Gbit/s Ethernet伝送技術を活用することが、IEEE802.3ahで検討されている³⁾。

今回、このような市場の動向を受け、かつバースト送受信技術をギガビットという高速化まで適用し、世界に先駆けGE-PON用OLT/ONU光伝送モジュールを開発した。本稿ではそれらOLT/ONU光伝送モジュールの概要・特性について述べる。

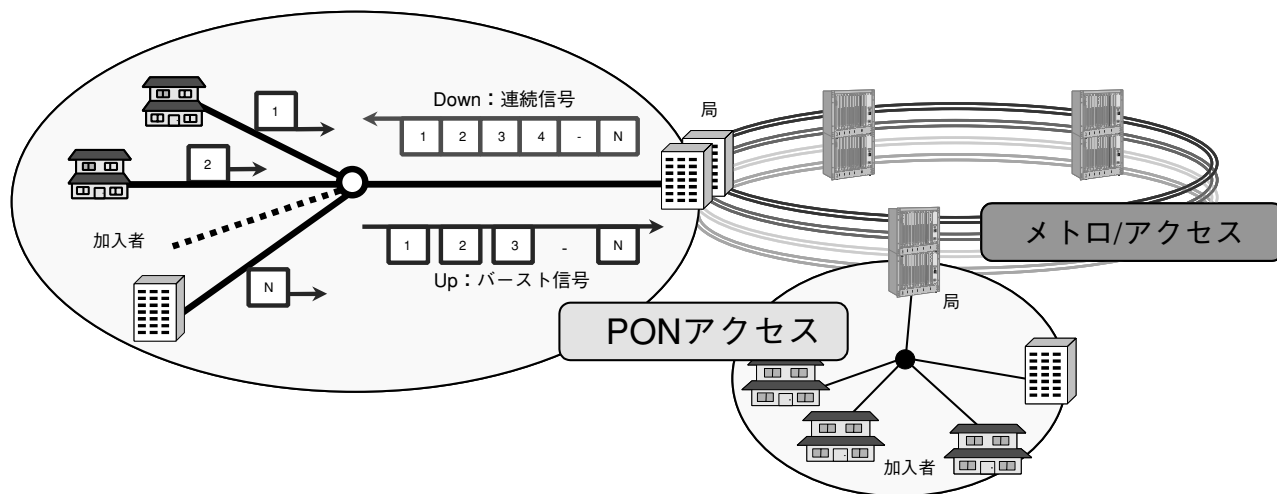


図1 GE-ONU光伝送モジュールの主要緒元

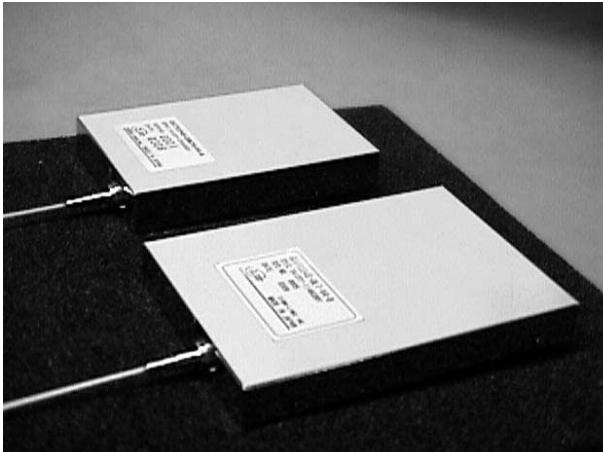


写真1 GE-ONU光伝送モジュール（上）
GE-OLT光伝送モジュール（下）

表1 GE-ONU光伝送モジュールの主要緒元

伝送速度	1.2500Gbit/s			
種別	ONU-AF	ONU-AD	ONU-BF	ONU-BD
伝送距離[km]	10	20	10	20
発光素子	FP	DFB	FP	DFB
平均送信電力[dBm]	-3.0~+1.0	-3.0~+1.0	±0.0~+4.0	±0.0~+4.0
発光波長[nm]	1280 ~ 1350			
送信モード	Burst信号			
最大受光電力[dBm]	-2.0			
最小受光電力[dBm]	-24.0			
受光波長[nm]	1480 ~ 1580			
受信モード	連続信号			
周囲温度[℃]	0 ~ 70			
電源電圧	+3.3V±5%			
外形寸法	60×40×11mm			

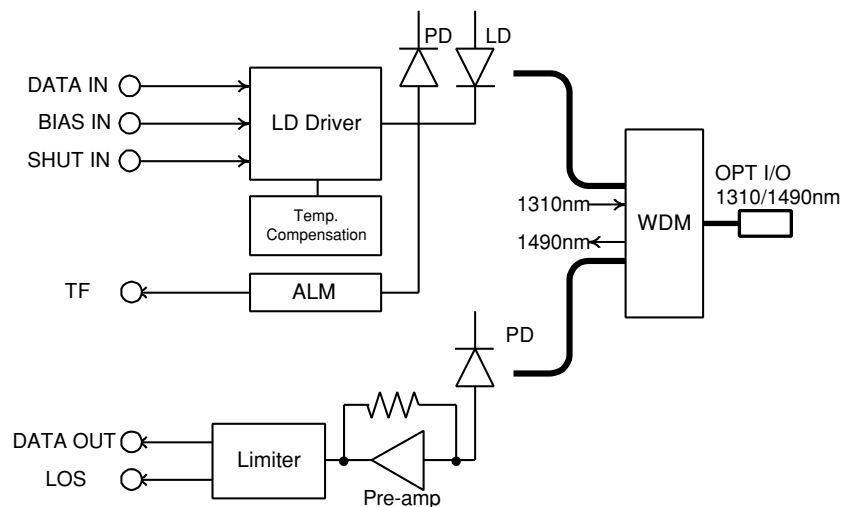


図2 GE-ONU光伝送モジュールのブロック図

ONU光伝送モジュールの概要

ONU光伝送モジュールは、光加入者端末に設置される光伝送モジュールであり、PON方式では、他のONUと衝突しないようにバースト送信が要求される。当社ではAPON用ONU光伝送モジュールで培ったバースト送信技術⁴⁾を1.25Gbit/sまで高速化に適用させ、GEPON-ONU光伝送モジュールを開発した。写真1にその外観を示す。

開発したGEPON-ONU光伝送モジュールは、その用途によって種別を設けている。各伝送距離とPONネットワークの最大損失量を考慮に入れ、適用領域を検討した。表1にその主要緒元を示す。

光ファイバの波長分散ペナルティにより10km伝送に関しては、FP（Fabry-Perot）-LDを、20km伝送に関しては、DFB（Distributed FeedBack）-LDを採用した。

ONU光伝送モジュールのブロック図を図2に示す。送信部は、LD（Laser Diode）とバースト送信用LD駆動回路IC、LD電流制御回路ICで構成している。通常のLD駆動ではフィードバック制御のため光バースト信号の先頭部が突出し、不安定となる性質がある。このため、バースト送信用LD駆動回路ICは、バースト信号の1ビット目から立ち上げるため、プリバイアス駆動回路内蔵のフィードフォワード型LD駆動方式を採用している。またLDの発光を強制的にシャットダウンするSHUTDOWN機能、LDの発光状態が劣化したときに発生するTF（Transmission Failure）警報発出回路、そして電源電圧がある一定値以下に下がると同様にLDの発出をシャットダウンする電源監視機能も有している。

受信部は前置増幅器内蔵PIN-PDアンプ、識別ICで構成しており、LOS（Loss of Signal）警報発出機能を有し

ている。

光部品はBIDI (Bi-directional) モジュールを採用し、LD、PD一体型の一芯双方向伝送を実現した。送受の光アイソレーションは、WDMフィルタにより、30dB以上を確保している。

ONU光伝送モジュールの特性

図3にONU光伝送モジュールのベッセル-トムソンフィルタ通過後の光送信波形を示す。消光比は14dBであり、IEEE802.3ahのアイマスク規定を十分満たす良好な波形が得られている。

図4に光出力のバースト信号を示す。バースト信号の1ビット目から光信号が立ち上がる良好な結果が得られている。

図5にONU光伝送モジュールの符号誤り率特性を示す。主要緒元を示す最小受光電力規格値 (1×10^{-12} 以下) に対して、十分にマージンのある良好な特性を得ている。また送受同時動作時におけるクロストークは、実装構造の

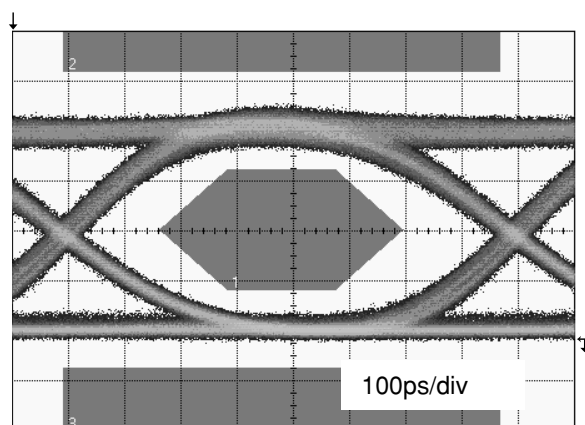


図3 GE-ONU光出力波形

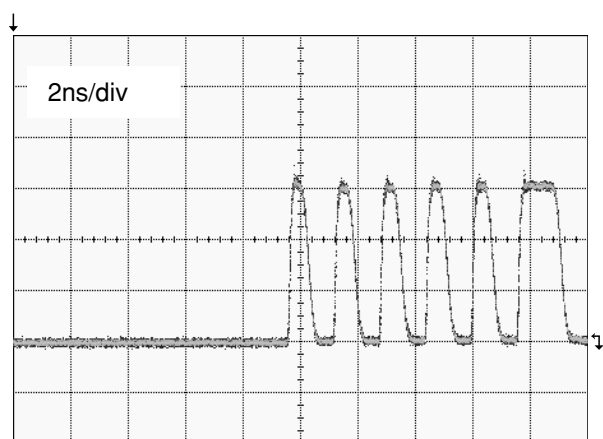


図4 GE-ONUバースト光出力

最適化により対処している。

OLT光伝送モジュールの概要

OLT光伝送モジュールは、局側装置に設置される光モジュールであり、各ONU光伝送モジュールから送出された各々光レベルの異なるバースト光信号を受信することが要求される。APON-OLT光伝送モジュールで培ったバースト受信技術⁵⁾を1.25Gbit/sまで高速化に適用し、

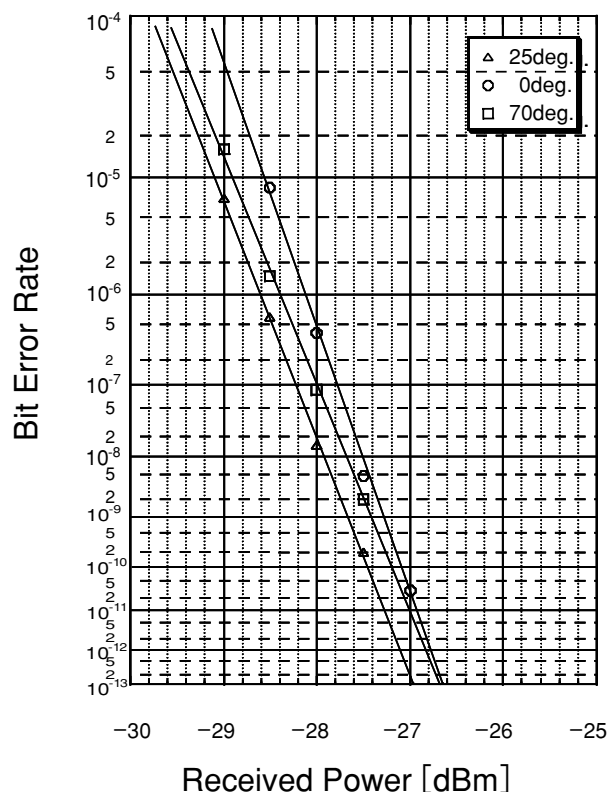


図5 GE-ONU符号誤り率特性

TiPO【基本用語解説】

PON (Passive Optical Network)

光ファイバの途中に光カプラを設けて伝送路を2～32本に分岐させたスター型ネットワーク。

ATM (Asynchronous Transfer Mode)

音声やコンピュータのデータなど、全てのデータを53バイトの小さなセルに分割して送るデータ通信方式。

BIDI (Bi-directional) モジュール

上り下りで異なる波長帯を内蔵のWDM (波長多重) フィルタで分波する一芯双方向光部品モジュール。

ギガ帯バースト受信を実現させた。写真1 (p.101) に外観を示す。

OLT光伝送モジュールはPONネットワークの最大損失量によってA-type, B-typeで種別化した。なお最大伝送距離は、ともに20kmを許容している。表2にその主要緒元を示す。A-type, B-typeは、各々ONUのAx, Bxに対向することにより、ネットワークの最大損失量をカバーするよう、光レベルを設定している。

OLTモジュールのブロック図を図6に示す。送信部は、LDとLD駆動回路ICで構成しており、LD駆動回路ICはAPC (Automatic Power Control) 回路, TD (Transmission Degrade) 警報発出機能, およびTF警報発出機能を内蔵している。また、LDの発光を強制的にシャットダウンするSHUT機能も有している。

受信部は、バースト受信用前置増幅器内蔵APDアンプ、

バースト受信用ATC (Automatic Threshold Control) 回路IC, APDバイアス電源回路で構成されている。バースト受信用ATC回路ICは、フィードフォワード型自動識別回路を採用しており、各バースト間に規定のリセット信号を入力することにより、高速に、かつ正確にバースト信号の閾値レベルを検出し、信号再生を可能としている。

光部品はONU同様、BIDIモジュールを採用しており、送受の光アイソレーションは、WDMフィルタにより、30dB以上を確保している。

OLT光伝送モジュールの特性

図7にOLT光伝送モジュールのベッセル-トムソンフィルタ通過後の光送信波形を示す。消光比は11Bであり、IEEE802.3ahのアイマスク規定を十分満たす良好な波形が得られている。

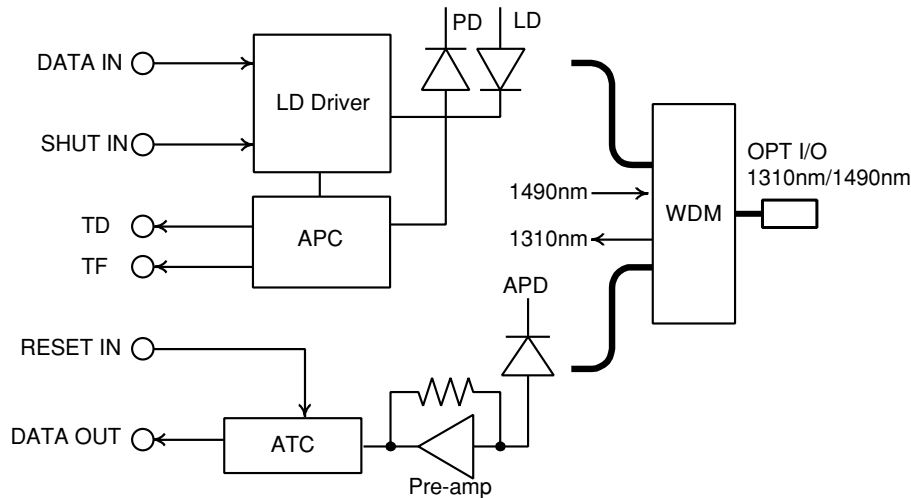


図6 GE-OLT光伝送モジュールのブロック図

表2 GE-OLT光伝送モジュールの主要緒元

伝送速度	1.2500Gbit/s	
種別	OLT-A	OLT-B
伝送距離[km]	20	20
発光素子	DFB	DFB
平均送信電力[dBm]	-3.0~+1.0	+2.0~+6.0
発光波長[nm]	1480 ~ 1500	
送信モード	連続信号	
最大受光電力[dBm]	-14.0	-16.0
最小受光電力[dBm]	-24.0	-26.0
受光波長[nm]	1260 ~ 1360	
受信モード	バースト信号	
周囲温度[℃]	0 ~ 70	
電源電圧	+3.3V±5%	
外形寸法	70×50×9.5mm	

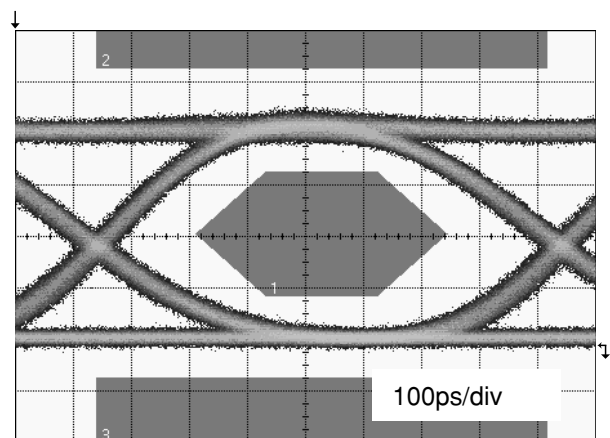


図7 GE-OLT光出力波形

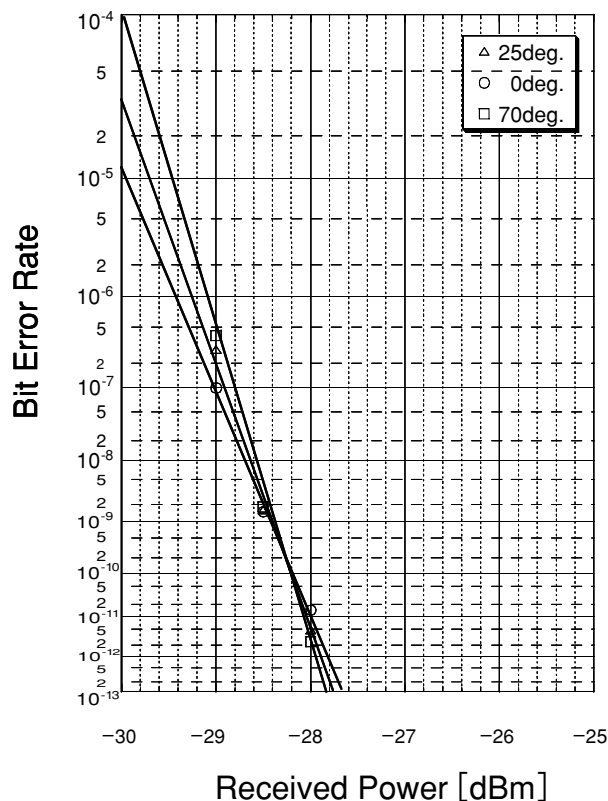


図8 GE-OLT符号誤り率特性

図8にOLT光伝送モジュールの符号誤り率特性を示す。主要緒元に示す最小受光感度（B-type, 1×10^{-12} 以下）に対して十分にマージンのある良好な特性を得ている。また送受同時動作時におけるクロストークは、ONUと同様、実装構造の最適化により対処している。

図9にバースト光入力信号、図10にそれらを再生したOLT光伝送モジュールの電気出力信号を示す。プリアンブルは30bitsで、バースト光信号を電気信号へ再生可能である。

課題と今後の展開

表3にIEEE802.3ah 1000Base-PX20 (D2.0) の代表的な光インタフェース要求スペックを示す。このスペック

表3 IEEE802.3ah 1000Base-PX20

伝送速度	1.250Gbit/s	
種別	1000Base-PX20-D (OLT)	1000Base-PX20-U (ONU)
伝送距離[km]	20	20
平均送信電力[dBm]	+2.0 ~ +7.0	-1.0 ~ +4.0
送信モード	連続信号	バースト信号
最大受光電力[dBm]	-6.0	-3.0
最小受光電力[dBm]	-27.0	-24.0
受信モード	バースト信号	連続信号

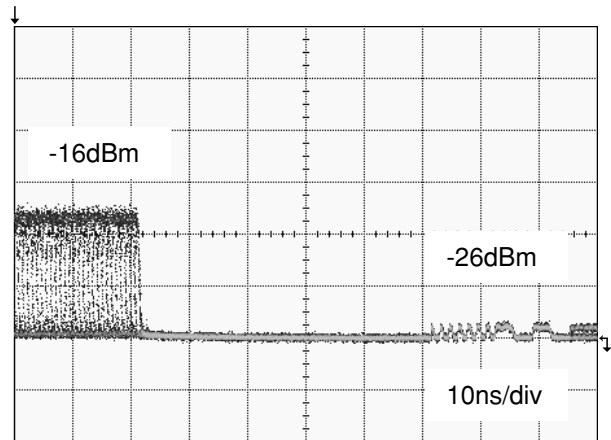


図9 GE-OLT入力光バースト信号

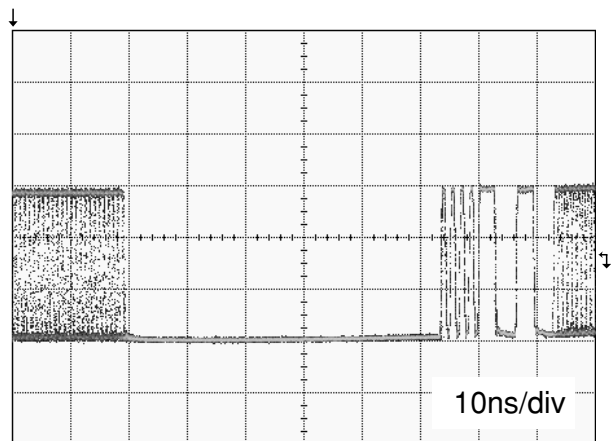


図10 GE-OLT出力電気バースト信号

に対し、本稿で述べたGE-PON用OLT/ONU光伝送モジュールのスペック（表1-p.101、表2）は、残念ながらOLT受光ダイナミックレンジ（OLT最小受光電力とOLT最大受光電力）に関して未達で、現状では当社独自スペックとなっている。

IEEE802.3ah 1000Base-PX20 (D2.0) 完全準拠を目指し、以下のようにOLT受光ダイナミックレンジ改善を行っている。従来のOLTに用いた前置増幅器では、APD (Avalanche Photo Diode) デバイスから流れる大電流で飽和してしまうことがわかった。そのため-6dBm入力時のOLT光伝送モジュールの出力波形は図11のようにアイパターンが潰れてしまい、受光不可能となっている。そこでバースト用前置増幅器を新規に設計し、本課題に対して、これらの改善を図った。その結果、図12のようにPX20-D最大受光電力の要求スペック（-6dBm）に対して、十分にマージンのある結果が得られた。しかし、パケット間レベル差による最小受光感度劣化が生じており、

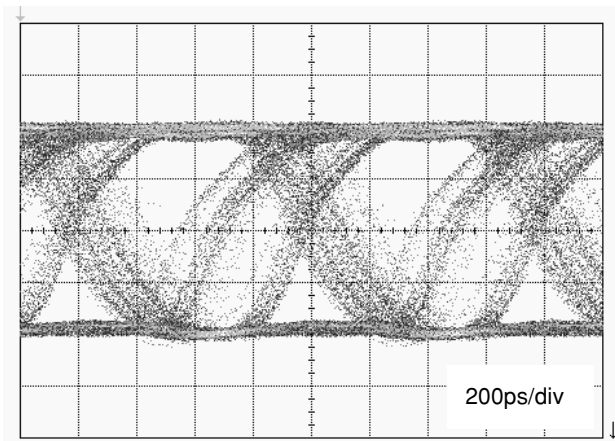


図11 現状TIAでの-6dBm受光波形

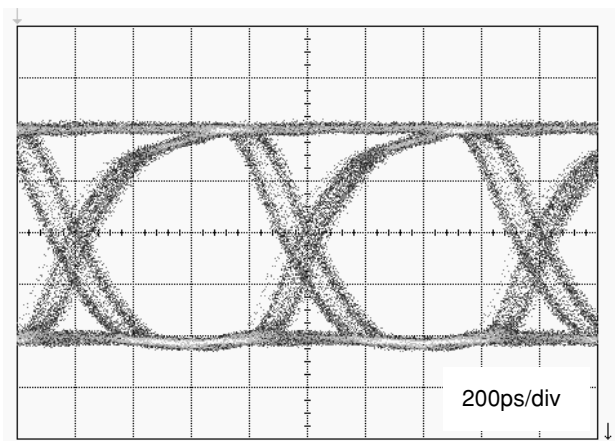


図12 改良版TIAでの-6dBm受光波形

その原因と対策をAPDデバイス、ATC回路の両面から追求している。ONU光伝送モジュールに関しては、IEEE802.3ah 1000Base-PX20 (D2.0) に完全に準拠しているため、今後は低価格化を最重要課題と定め、歩留まり改善などを目標に取り組んでいく。

あ と が き

本稿では、新規に開発した当社独自仕様のGE-PON用OLT、ONU光伝送モジュールの概要、そして課題について述べた。今後はIEEEのみならず、ITU-Tという世界標準に完全準拠させるべく、まずはバースト用ICの方式・回路設計を行い、さらにそれらを使用したより高速で、高性能なバースト用光伝送モジュールの開発に取り組んでいく。◆◆

参考文献

- 1) 石崎裕司 他：アクセス系光伝送モジュールの開発，沖テクニカルレビュー190号，Vol.69 No.2，pp.76-81，2002年4月
- 2) ITU-T G.983.1：BROADBAND OPTICAL ACCESS SYSTEMS BASED ON PASSIVE OPTICAL NETWORKS (PON)
- 3) IEEE802.3ah (D2.0)：Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for subscriber access networks.
- 4) 岡田浩 他：ATM-PON用156Mb/s ONU側光伝送モジュール，電気通信学会1999年総合大会講演論文集B-10-74
- 5) 菊池修 他：ATM-PON用156Mb/s OLT側光伝送モジュール，電気通信学会1999年総合大会講演論文集B-10-75

● 筆者紹介

田中貴之：Takayuki Tanaka,株式会社シグマ・リンクス開発部
井上美奈子：Minako Inoue,株式会社シグマ・リンクス開発部