

# μ BOSA を用いた低コストPON光トランシーバ

光電子技術研究所 増子 幸一郎<sup>1</sup>  
光電子回路開発センター 西出 研二<sup>2</sup>・中谷 晋<sup>3</sup>・小里 貞二郎<sup>3</sup>・菊池 修<sup>4</sup>  
沖電気工業株式会社 関川 亮・志村 大輔

## Low Cost Optical Transceiver for PON Using Micro-BOSA

K. Masuko, K. Nishide, S. Nakaya, T. Ori, O. Kikuchi, R. Sekikawa & D. Shimura

光送受信機能を1つのTO-CANパッケージに集積し、基板との接続も容易にしたμ BOSAを新規に開発し、このμ BOSAを用いたPON ONU用の低コスト光トランシーバを実現した。パッシブアライメント技術の活用や、構造の単純化、高集積化により、低コスト化を可能にしている。また、電気特性、光学特性ともにGE-PON ONU用光トランシーバとして良好な特性を示した。これらの構造や特性について報告する。

A novel micro-BOSA in which optical transmitting and receiving functions are incorporated in a single TO-CAN package has been developed. A new compact and costeffective PON ONU optical transceiver using the micro-BOSA has also been developed. Low cost feature is achieved with passive alignment technology and simplified integrated structure of the micro-BOSA. Both electrical and optical characteristics are enough to comply with GE-PON ONU transceiver specification. In this paper, the structure and characteristics of the transceiver are reported.

### 1. ま え が き

現在導入が進展しているFiber-to-the-Home (FTTH) システムの中で、特にPassive Optical Network (PON) システムは、より高いコストパフォーマンスが見込まれることから、広く採用されることが予想される。

PONシステムの中で加入者側装置であるOptical Network Unit (ONU) は、各ユーザ宅に設置されることから特に低コスト化の必要性が高くなっている。ONUの中でも光トランシーバはコストに占める割合が高いので、その低コスト化は重要視されている。今回、Ethernet技術により1Gbit/sの伝送を行うGigabit Ethernet-PON (GE-PON)<sup>1)</sup>用光トランシーバ、およびその基幹部品である光サブアセンブリの開発を行った。

まず、μ BOSA (マイクロボサ) と称する、新型のBi-directional Optical Sub-Assembly (一心双方向光送受信サブアセンブリ) の開発を行い<sup>2)</sup>、光サブアセンブリの小形化・経済化をはかった。さらに光トランシーバまで含めた最適化を行い、トータルとしての低コスト化を実現した。

μ BOSAの開発は、株式会社フジクラ、および沖電気工業株式会社が共同で進めているものであり、各社が保有する技術を持ち寄り、シリコンレンズ技術<sup>3)</sup>を基盤とした光学系の設計やBOSA内部の構成<sup>4)</sup>、パッケージング、光トランシーバへの組み立てを実現した。

### 2. PONシステムの概要

PONシステムの概要を図1に示す。このシステムはFTTHの一つであり、局舎から出た1本の光ファイバを途中でスプリッタにより分岐することで、多数の加入者が局舎側装置であるOptical Line Terminal (OLT) を共用する。従来型のGE-PON ONU用光トランシーバの例をブロック図として図2に示す。上に1,310nm、下りに1,490nmと異なる波長の光信号を使用することで、同一の光ファイバで双方向の通信を行う。またOLTを共用するため、必要なときのみ送信を行うバースト送信技術が用いられている。

さらに映像信号を1,550nmの波長で配信するサービスも将来想定されているため、1,550nmの波長がフォトダイオード (PD) に入射しないようにカットする機能も必要とされる。

1 応用電子技術研究部

2 μ BOSA 事業推進グループ長

3 μ BOSA 事業推進グループ

4 光モジュール開発部グループ長

### 3 . 新 開 発 の 光 ト ラ ン シ ー バ お よ び $\mu$ BOSA の 構 造

#### 3.1 従 来 型 光 ト ラ ン シ ー バ

従来型の光トランシーバは図3のように、サイコロ型の光モジュールを使用するのが一般的である。このタイプの光モジュールは、TO-CANパッケージタイプのレーザーダイオード(LD)とPDが直角配置になるようにサイコロ型の筐体に取り付け、その間に45度配置のWavelength-Division-Multiplexing(WDM)フィルタが組み込まれた構造をしている。また一般に、SCコネクタの付いたピグテールファイバが取り付けられる。このため、光モジュール自体の構造が複雑である上に、光トランシーバ基板も複雑な構造を取らざるを得ず、材料コストや加工コストがかさむこととなる。

#### 3.2 新 開 発 の 光 ト ラ ン シ ー バ

現在開発中の光トランシーバの外観を図4に示す。形状はSmall Form Factor(SFF)のMulti-source Agreement(MSA)に従い、光インターフェースはSCレzeptakクルを採用した。本製品はGE-PONのONUに使用されるように設計され、送信波長は1,310nm、受信波長は1,490nmを使用し、伝送速度は1.25Gbit/sである。

内部は図5に示す通りであり、 $\mu$ BOSA(左側の円柱部分)と制御回路を搭載した基板(右側)から構成される。 $\mu$ BOSAは単体のTO-CANパッケージ内部に光素子やフィルタを集積し、すべての入出力ピンは基板側の一端に配置される。これらのピンは基板の厚み分の距離を置いて、送信側と受信側がそれぞれ1列に配列されているため、基板を挟む形ではんだ付けされる。また、基板の表面に送信、裏面に受信の周辺回路が配されている。このため基板と

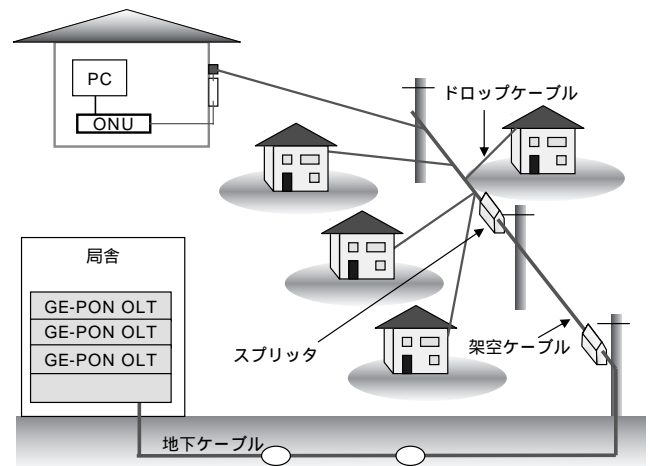


図1 PONシステム  
Fig. 1. PON system.

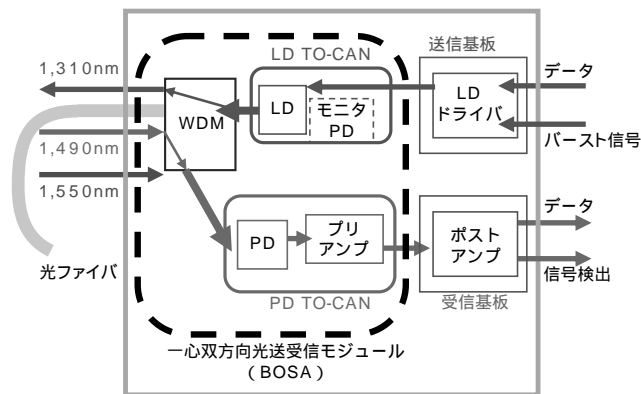


図2 ONU光トランシーバのブロック図  
Fig. 2. Block diagram of the ONU optical transceiver.

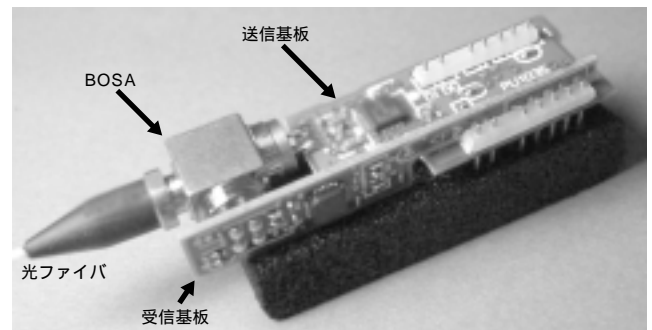


図3 従来型光トランシーバの例  
Fig. 3. Example of conventional transceiver.



図4 新開発光トランシーバ外観  
Fig. 4. Outer shape of proposed optical transceiver.



図5 新開発光トランシーバ内部構造  
Fig. 5. Internal structure of proposed optical transceiver.

の接続性が非常に優れている．基板上にはLDドライバとPDポストアンプを1チップに集積したICが実装されている．またこのICでは，LD出力をフィードフォワード制御しており，モニタPDは必要としない．

### 3.3 μ BOSAの外観および内部構造

μ BOSAの内部には，図6に示すような光素子等が搭載されたシリコンベンチが実装されており，これをμ BOSAチップと称している．μ BOSAチップにはLD，PD，シリコンレンズ，WDMフィルタ，Trans-impedance Amplifier (TIA)，コンデンサ等が画像認識によるパッシブアライメント技術で実装される．

LDからの上り光信号はLD前方のシリコンレンズでコリメート光に調整され，WDMフィルタを透過した後，ボールレンズで集光されて光ファイバに結合される．一方，光ファイバからの下り光信号は，ボールレンズでコリメート光に調整され，WDMフィルタで反射された後，シリコン

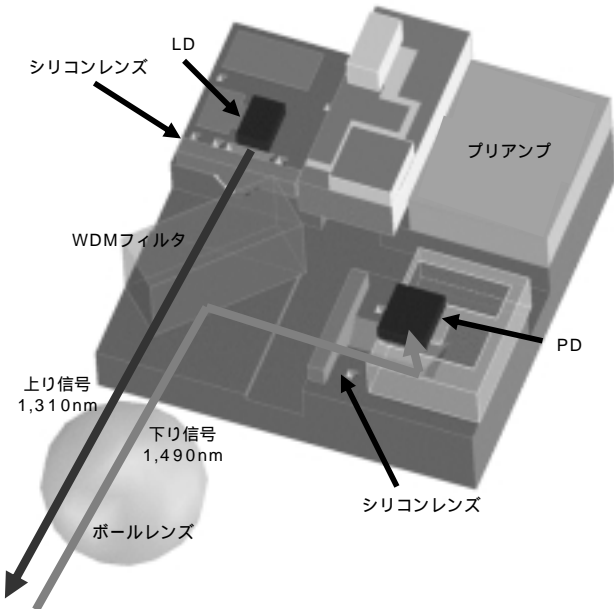


図6 μ BOSAチップ  
Fig. 6. Micro-BOSA chip.

レンズにより，若干下方に偏向，集光され，シリコンベンチ上のミラーで反射されてPDに結合される．

BOSAチップ上のシリコンレンズは図7のような形状をしている．これは沖電気工業シリコンレンズプロジェクトが開発したフレネルレンズで，シリコンLSIのプロセスを活用して製造されるため，極めて高精度の加工が可能である．今回のμ BOSAではLD側結合効率率は30%程度の設計にしているが，実際には結合効率を50%以上とすることも可能である．また，外径もMEMS技術で高精度に加工されているため，シリコンベンチ上に異方性エッチングで形成されたV溝に搭載することで，3次元で正確な位置決めが実現されている．

μ BOSAのカットモデルを図8に示す．ステム上の突起に前述のμ BOSAチップを実装し，金線でリードピンに接続している．さらにボールレンズキャップで封止し，TO-CANパッケージの形状となる．このパッケージをSCレセプタクルに対して調心を行った上でスリーブをかいしてYAG溶接すると，最終的な外観は，Transmitter OSA (TOSA) やReceiver OSA (ROSA) と同様の形となるが，この中には送信，受信の両機能が組み込まれている．

このμ BOSAでは，LDとPDが同一のTO-CANパッケージに收容されていることから，クロストーク対策が極めて重要となる．開発品では，ボールレンズキャップ内面に迷光の吸収層を設けるとともに，ステム上にもLDからの後方光を吸収するための樹脂を塗布することで，光クロストークを十分抑制することに成功した．

また，SCレセプタクルのボールレンズ側ファイバ端面に1,550nm以上の波長をカットするフィルタを貼り付けることで，映像信号が同時に配信されるシステムの中でもそのまま使用可能となっている．

### 3.4 光学設計

μ BOSAの光学系はシリコンレンズの持つ波長特性を考慮した設計がなされている．今回採用した光学系では，波長が長い程ボールレンズから焦点までの距離が短くなると

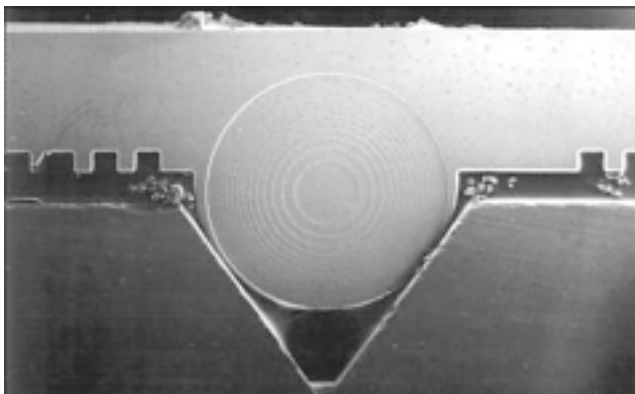


図7 シリコンレンズ  
Fig. 7. Si lens.

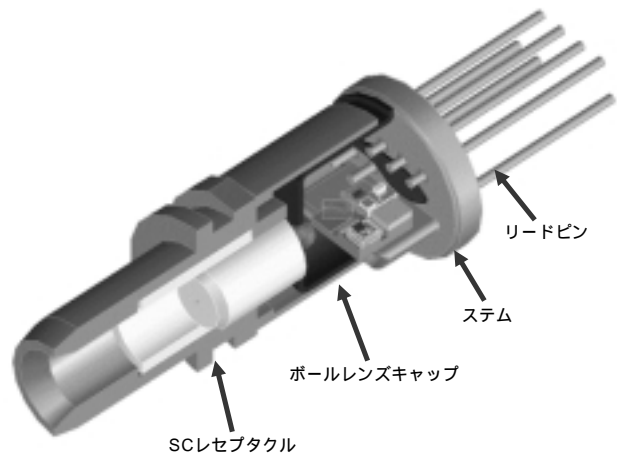


図8 μ BOSA 構造  
Fig. 8. Cut model of proposed micro BOSA.

いう特性を有している．一方で，今回採用しているファブリペローLD (FP-LD) は高温ほど発光波長が長くなるとともに，発光効率が低下するという特性を持つ．

そこで高温，すなわち波長が長い側で結合効率が最大となるように調心することで，LDの発光効率が低いときに結合効率を高め，それぞれの特性を相殺して高温での駆動電流を抑える設計とした．

LDの微分効率の温度特性の実例を図9に示す．室温で最適な調心をしたものが破線，高温で最適調心したものが実線で示されている．また，一点鎖線は波長依存が無視できる光学系で想定される特性を示す．低温側では駆動電流を大きくして所望の光パワーを得ることが容易であることから，実線のように高温での効率を優先した設計を採用している．

### 4 . 試作品の特性

#### 4.1 μ BOSA特性

試作したμ BOSAの25における電気および光学特性は表1の通りである．内部のクロストークも含めて十分な

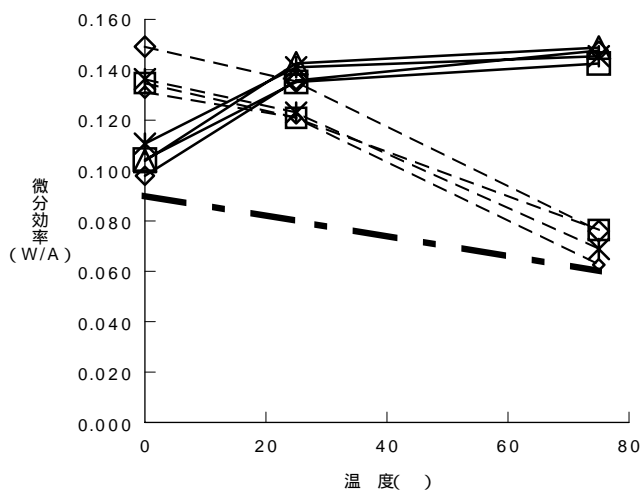


図9 微分効率の温度特性

Fig. 9. Temperature characteristics of slope efficiency.

特性を示している．

表1 μ BOSAの特性

Table 1. Characteristics of micro-BOSA.

| 項 目                          | 単 位  | 数 値 |
|------------------------------|------|-----|
| しきい値電流                       | mA   | 8.0 |
| スロープ効率                       | mW/A | 137 |
| 光反射減衰量 (1,490nm)             | dB   | >50 |
| 光反射減衰量 (1,550nm)             | dB   | 42  |
| 光反射減衰量 (1,310nm)             | dB   | 13  |
| 光カットフィルタ損失 (1,550nm to PD)   | dB   | 43  |
| 光アイソレーション (1,310nm LD to PD) | dB   | 49  |

### 4.2 光トランシーバ特性

今回開発したμ BOSAを使用した光トランシーバを組み立て，その特性評価を行った．25での受信側ビットエラーレート特性を図10に示す．測定条件はPRBS 2<sup>7</sup>-1であり，また，LD動作状態 (Tx On) の測定では1.5dBmの信号を送信しながら受信側の測定を行っている．

ビットエラーレート10<sup>-12</sup>となる最小受光感度の温度特性を表2に示す．25では送信なし (Tx Off) で -29.1dBm，送信時でも -28.3dBmの最小受光感度を示す．

また図11に送信側アイパターン，図12にバースト特性を示す．マスクマージンは50%を確保しており，また，バースト立ち上がり時間も5nsと良好な特性を示している．

## 5 . む す び

送信，受信の機能を1つのTO-CANパッケージに集積したμ BOSAを新規に開発し，このμ BOSAを使用してONU用光トランシーバを実現した．パッシブアライメント技術の活用や，構造の単純化，高集積化により，低コスト化を実現した．また，電気特性，光学特性ともにGE-

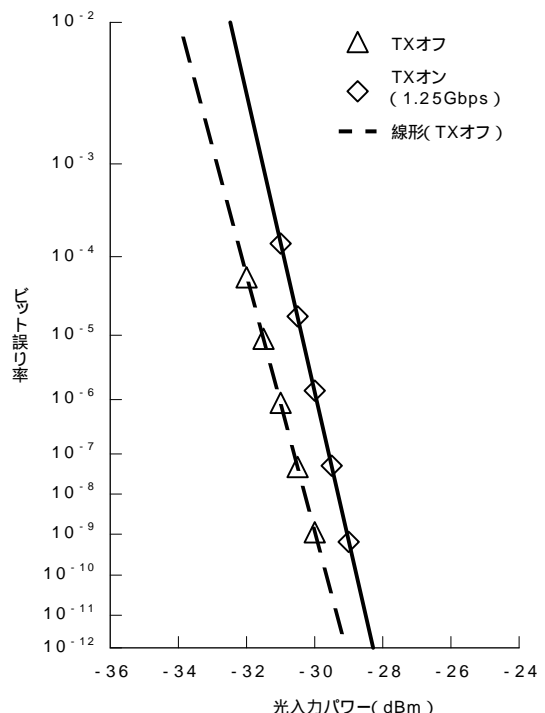


図10 25での受信特性

Fig. 10. Receiver characteristics at 25 .

表2 最小受光感度温度特性

Table 2. Temperature characteristics of minimum receiver sensitivity.

| 温 度    | 0         | 25        | 70        |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| Tx Off | - 29.3dBm | - 29.1dBm | - 28.6dBm |
| Tx On  | - 28.4dBm | - 28.3dBm | - 27.8dBm |

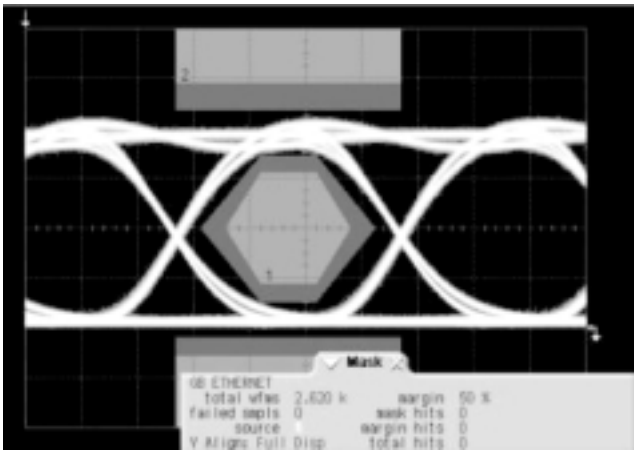


図11 1.25Gbit/sでの送信側アイパターン  
Fig. 11. Transmitter waveform at 1.25Gbit/s.

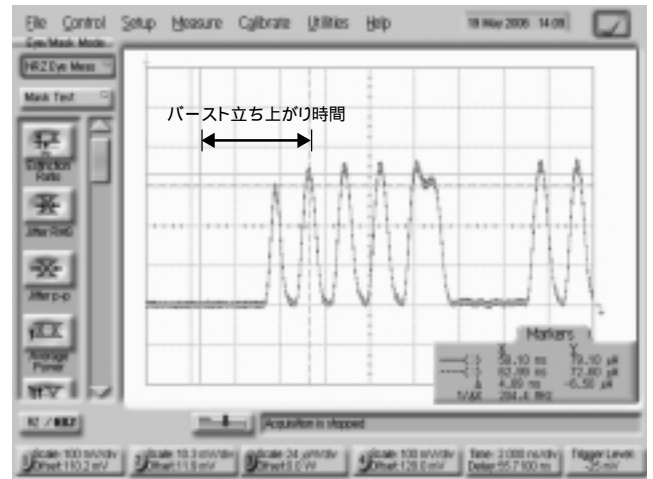


図12 1.25Gbit/sでの送信側バースト特性  
Fig. 12. Burst optical output waveform at 1.25Gbit/s.

PON ONU用光トランシーバとして十分な特性が達成されている。

### 参考文献

- 1) IEEE 802.3ah
- 2) K. Masuko, et al.: A Low Cost PON Transceiver Using Single TO-CAN Type Micro-BOSA, Proc. of Electronic Components and Technology Conference, s24p4, 2006
- 3) M. Uekawa, et al.: Surface-mountable silicon microlens

for low-cost laser modules, IEEE. Photonics Tech Lett., Vol. 15, pp. 945-947, 2003

- 4) H. Sasaki, et al.: A low-cost micro-BOSA using Si microlens integrated on Si optical bench for PON application, Proc. of Optical Fiber Conferences, OWL6, 2006