

技術紹介

5 光トランシーバ用光学モジュールの開発

Optical module for fiber-optic transceiver

| | | |
|-------|--------------------|------------------|
| 浅見 栄一 | Eiichi Asami | コネクタ事業部 技術二部 主任 |
| 早藤 悟 | Satoru Hayafuji | コネクタ事業部 技術二部 主任 |
| 甲斐 聡 | Satoshi Kai | コネクタ事業部 技術二部 |
| 濱田 義彦 | Yoshihiko Hamada | コネクタ事業部 技術開発部 主任 |
| 山内 貴義 | Takayoshi Yamauchi | コネクタ事業部 技術開発部 主任 |
| 渡邊 瑛 | Akira Watanabe | コネクタ事業部 技術開発部 |

キーワード: 光通信、光ファイバ、光学、AOC (Active Optical Cable)

Keywords: Optical Communication, Optical fiber, Optics, AOC (Active Optical Cable)

要旨

機器の高速化、画像情報の増加による伝送の高速化要求が高まり、高速化に有利な光通信の用途が拡大しています。パーソナル機器の短距離光通信では、小型・ローコストで使い易い光トランシーバが必要となり、光トランシーバと光ファイバケーブルを一体化した AOC (Active Optical Cable) が使用されています。本稿では、小型・ローコストな AOC に有用な構成要素となる光電変換素子と光ファイバを光学的に接続する光モジュールの開発について説明します。

SUMMARY

A use of the optical communication that is advantageous for high speed communication is expanded, along with increasing demand of moving picture data communication due to higher through-put equipment. The AOC (Active Optical Cable) which unified optical transceiver and fiber cable is utilized, because small shaped, low-cost and easy handled optical transceiver is necessary for short distance optical communication between equipment for personal use. In this disclosure, we refer that the development of optical module which is one of the useful component for small and low-cost AOC.

1. まえがき

インターネットの普及による通信需要の爆発的な増加は通信回線の高速大容量化を加速し、かつて長距離伝送が主体であった光通信は FTTH として各家庭まで提供されています。一方、機器間接続の様な短距離通信・接続の画像等高速大容量信号の増大により伝送要求が高くなっています。したがって短距離の高速接続・通信の方式では、機器と接続するプラグ部分に光电変換回路を内蔵し、プラグ間は光信号で通信を行う AOC (Active Optical Cable) が多く使用されるようになってきました。AOC は従来の電気コネクタ接続となっているため、光を意識することなく高速光通信を行うことが可能であることから AOC のプラグ部分は光电変換機能を有する光トランシーバになっています。光トランシーバは、接続した機器からの電気信号の増幅回路、レーザーダイオード等の発光素子駆動回路、受光素子フォトダイオードからの信号電流を増幅する回路、及び受発光素子と光ファイバを光学的に接続する光学モジュールから構成されています。今回、受発光素子と光ファイバを高効率で接続するための重要部品となる、光トランシーバの小型・ローコスト化に対応する光学モジュールを開発しました。

2. 光トランシーバの光学構造について

光トランシーバは図 1 に示すように送信側と受信側に分かれ、送信側には発光素子を駆動するための送信回路があり、通常は入力信号を発光素子駆動電流に変換する機能を持つ Driver-IC だが伝送方式によっては符号回路等を有する IC が搭載される場合もあります。発光素子からの光信号はレンズや反射機構を持つ光学構造によって光ファイバに入射されます。受信側は光ファイバの出射光を受光素子 (PD) で電流信号に変換し TIA (Trans Impedance Amplifier) で電圧信号に変換されます。伝送方式により復号化等を行い光トランシーバから出力されます。これら光トランシーバの構成要素で、受発光素子と光ファイバ間での高結合効率を得る、光学構造と光ファイバ固定構造を有する部品を光学モジュールと呼んでいます。

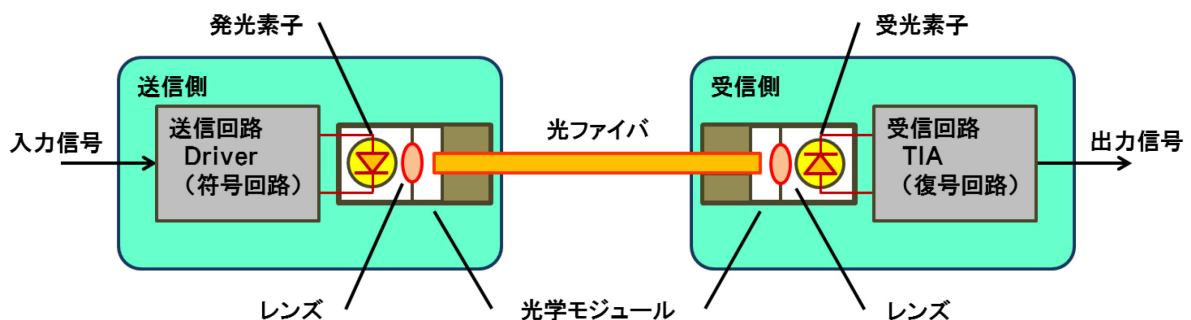


図 1. 光トランシーバ模式図

発光素子としては VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) が、受光素子は PD (Photo Diode) が使用されています。光ファイバが着脱できる光コネクタ機構を持つ光トランシーバでは、光学モジュールに受発光素子、レンズ、光コネクタ機構を複合した TOSA/ROSA (Transceiver Optical Sub-Assembly/Receiver Optical Sub-Assembly) が多く使用されています。

高解像度画像信号等の高速信号伝送のため、PC や TV モニター等の近距離接続にも光伝送を用いられるようになりつつありますが、今までの光トランシーバは、光コネクタ部分の塵埃等の影響を受けやすく家庭や一般用途では使い勝手の良いものではありませんでした。そこで光コネクタを無くして光ファイバと光トランシーバを一体化し、通常のプラグコネクタ付きケーブルと同様の形態をした AOC (Active Optical Cable) の開発/製品化が進んでいます。光トランシーバの一種である AOC は着脱可能な光コネクタ機構は不要ですが、図 1 と同じ機能と構造をプラグ内に搭載するため、小型でローコストな光学モジュールが必要となります。

AOC に搭載される一般的な光学構造/光学モジュールを図 2 に示します。送信側はプラグ内の光トランシーバ基板表面に実装された VCSEL の出射光を光学モジュールの反射面で 90 度曲げ、同基板面に平行に配置された光ファイバに入射しています。また、30 度程度の拡がりを持つ出射光を光ファイバに集光するための凸レンズを設けています。一方、受信側では光ファイバからの出射光を反射させ集光し PD 受光面に入射させています。

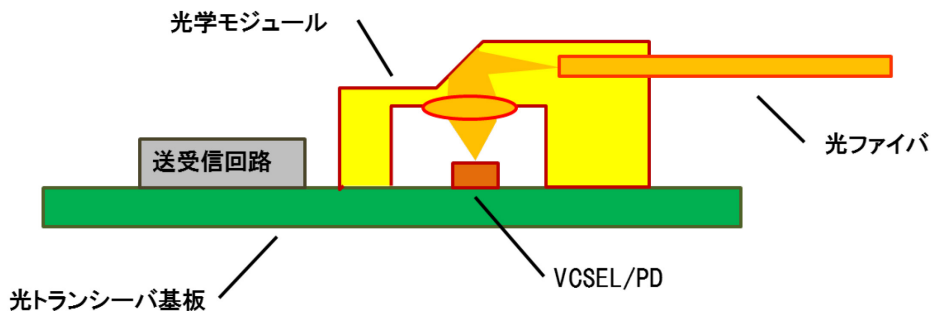


図 2. 光学構造/光学モジュール

小型ローコストの光トランシーバ/AOC とするためには、搭載する部品だけではなく、生産時の組立性にも着目する必要があります。

今回、部品点数を削減し、基板実装部分と光ファイバ取付け部分の 2 体構造の組立性を向上させた光学モジュールを開発しましたので次項で説明いたします。

3. 光学モジュール

今回開発した光学モジュールは 10 Gbps 伝送を AOC へ適用可能とするために、光ファイバは GI50/125 マルチモードファイバ、発光素子に波長 850 nm の VCSEL、受光素子は受光径 70 μm の PD を使用することを条件としています。形状及び構造を図 3、4 に示します。送信側光学系は発光素子 VCSEL から出射した光を”Optmold bottom”の第 1 レンズでほぼ平行な光とし、”Optmold top”の第 2 レンズで集光した 45 度の反射面で光を 90 度曲げて光ファイバに入射します。受信側光学系は送信側と逆の経路となりファイバ出射光が反射面で 90 度曲げられ第 2 レンズ、第 1 レンズを通過して受光素子 PD に入射します。第 1、第 2 レンズの直径は 0.48 mm、両レンズ間の光ビーム直径を 0.27 mm としています。次に、本光学モジュールの特長である部品点数削減、嵌合精度緩和、組立性向上を実現した構造と光学特性について説明します。

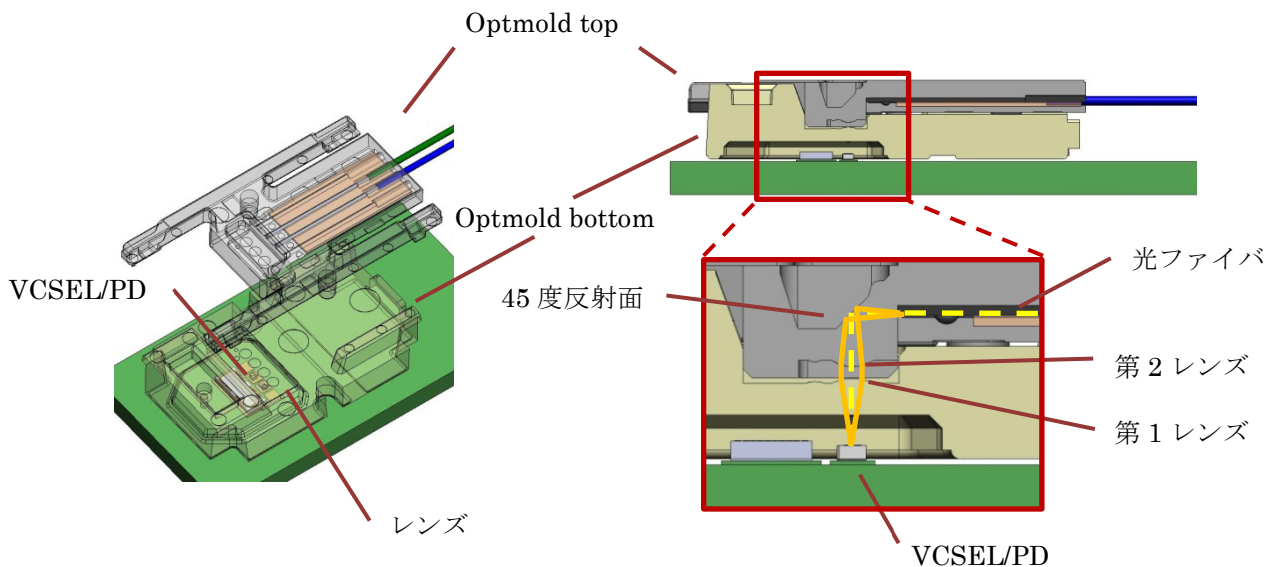


図 3. 光学モールド(左：未嵌合上面、右上：嵌合鉛直断面、右下：嵌合光線透過部断面)

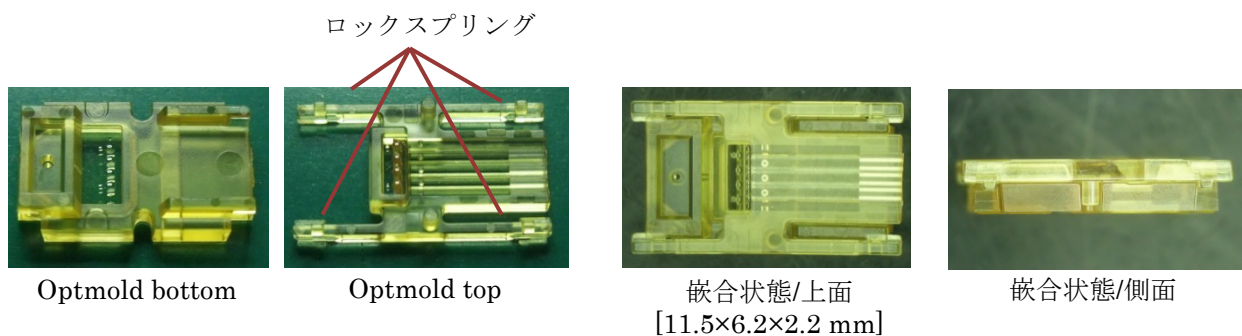


図 4. 光学モールド写真

1-1) 部品点数削減

図 3 に示すように”Optmold top”に 4 つのロックスプリングを一体モールドで形成し”Optmold bottom”に嵌合固定することで嵌合固定するための新たな部品を不要としました。

1-2) 嵌合精度緩和

対向する 2 つのレンズ間の光ビームを平行に太くすることで、レンズ間の 3 軸方向の位置ずれの許容量を増やし、”Optmold top”と”Optmold bottom”が設計上高い寸法精度でなくても低損失な伝送を可能としています。

1-3) 組立性向上

光学モジュールを組立てる場合、図 3 のように、光学モールドの内側に光ファイバを配置して塵埃が入りにくくした構造かつ 1 体構造だと数 cm 角の基板上の光学モールドに数メートルから数十メートルになる光ファイバを実装する工程は非効率的です。基板と光ファイバは個々の組立工程を経た後に基板に光ファイバを取付けた方が組立て容易となります。本光学モジュールは基板に実装する”Optmold bottom”と光ファイバに取付ける”Optmold top”の 2 体構造であり、更に”Optmold top”を”Optmold bottom”上に配置して押込んでいくことで位置決めが段階的に進み高精度嵌合ができる構造となっているので、特別な装置や治具を使用することなく簡単な取付け（嵌合）作業をすることができます。

2) 光学特性

光学シミュレーションにより光学モジュールの設計確認を行いました。VCSEL/PD と光ファイバの光学損失は表 1 の様に送信 (VCSEL⇒光ファイバ)、受信 (光ファイバ⇒PD) 共に-1.24dB となり具体的な伝送条件を考えると良好な結果と言えます。次に、光学モジュールの”Optmold bottom”の、VCSEL/PD の光軸(*)が垂直となる面内での実装位置ずれと、”Optmold bottom”と”Optmold top”の嵌合位置ずれに対する光学損失を図 5 に示します。許容限界の $\Delta 0.5$ dB となる VCSEL/PD の実装位置ずれ量はそれぞれ 12.5、22.5 μm であり、10 μm の実装位置ずれでも良好な特性を得ることができます。 $\Delta 0.5$ dB となる嵌合位置ずれ量は 42.5 μm であり、これは設計上の最大値 20 μm より大きいため、光学モールドの寸法精度で良好な特性を得ることができます。

実測結果 (表 2) もシミュレーション結果と大きく乖離しない結果が得られ、10 Gbps 伝送を AOC へ適用可能とするために必要とされる性能が実現できました。

* レンズ・鏡などから成る一つの光学系で、レンズや鏡の中心を連ねる直線。

表 1. 光学モジュールのシミュレーション光学損失(単位 : dB)

| 光学系 | 送信 | 受信 | 送信+受信 |
|----------|-------|-------|-------|
| 光学損失 | -1.24 | -1.24 | -2.48 |
| 内訳 : | | | |
| ファイバ結合損失 | 0 | 0 | 0 |
| フレネル反射損失 | -1.21 | -1.21 | -2.42 |
| 材料吸収損失 | -0.03 | -0.03 | -0.06 |

表 2. 作製した光学モジュールの実測光学損失(単位 : dB)

| 光学系 | 送信 | 受信 | 送信+受信 |
|------|-------|-------|-------|
| 光学損失 | -1.97 | -0.93 | -2.90 |

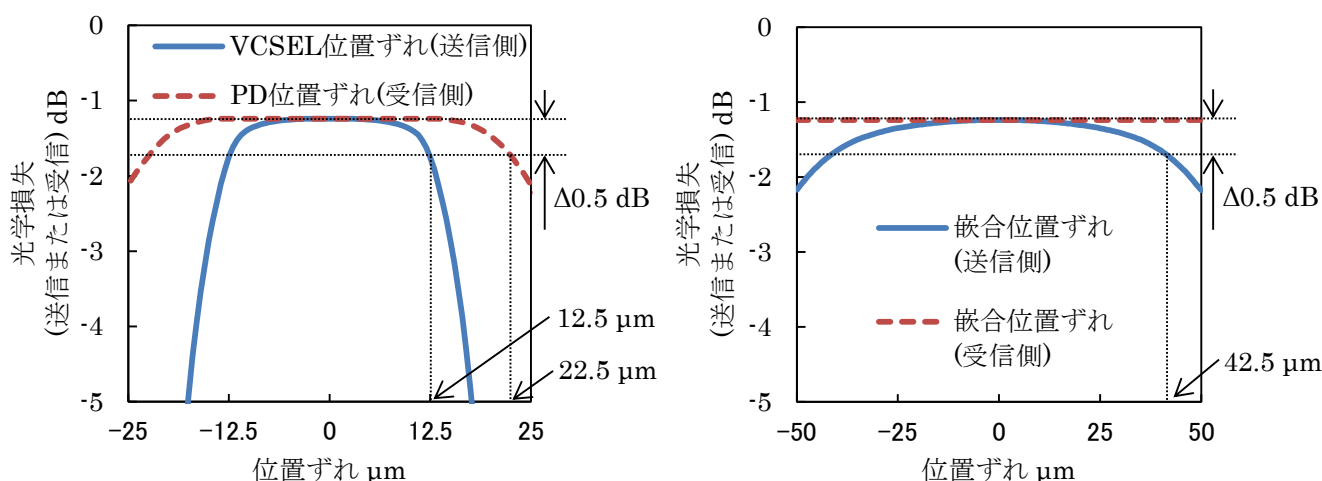


図 5. 作製ずれによる光学損失シミュレーション

4. まとめ

今回開発した光学モジュールは光学特性も良好で、かつ AOC のプラグの小型ローコスト化に寄与することができました。今後、多 ch 化、高密度化を目指した光学モジュールの開発を進めていきたいと考えております。