

# 光通信モジュールの耐環境性向上技術の開発

Development of High-Reliability Technique of Optical Communication Module

石井 頼成\*<sup>1</sup>  
Yorishige Ishii

藤田 英明\*<sup>1</sup>  
Hideaki Fujita

松尾 順向\*<sup>1</sup>  
Toshihisa Matsuo

岩木 哲男\*<sup>2</sup>  
Tetsuo Iwaki

関本 芳宏\*<sup>1</sup>  
Yoshihiro Sekimoto

溝口 隆敏\*<sup>3</sup>  
Takatoshi Mizoguchi

## 要 旨

自動車用にプラスチック光ファイバを使用した光通信リンクが実用化され始めている。車載用途では、高温、低温等過酷な条件下での動作が求められており、耐環境性が重要となってくる。本稿では、オプトデバイス用パッケージの放熱性と熱応力に関わる、シミュレーション及び実験検証を行い、広い温度範囲での使用を実現するための課題と設計指針を明らかにした。そして、得られた指針を基に車載用をターゲットとした新しいパッケージ構造を開発した。開発したパッケージは、フィラーを混入した不透明樹脂による本体部と、光路を構成する透明樹脂部より構成されており、放熱性の改善と熱応力の低減を同時に実現した。

Automobiles have started to employ optical communication systems due to its superior noise tolerance. On the other hand, this application requires high-reliability under a wide range of stored and/or operating temperature. We have clarified main design parameters of optoelectronic package against those thermal impacts by computer-simulations and experiments. This investigation have led us a new package structure of optical transceiver for automobile use. The structure distinctively features composed body of opaque resin tempered with glass filler and transparent resin piece. This combination, especially the tailored thermal expansion and thermal conductivity of the tempered resin, can reduce thermal stress and the thermal resistance of the package.

## まえがき

車内の情報化の進展に伴い、高速伝送、耐ノイズ性と軽量化を目的として、プラスチック光ファイバ(POF: Plastic Optical Fiber)を伝送媒体とした自動車用光通信システムの実用化が欧州を中心に始まっている。

車載用途では、高温、低温等過酷な条件化での安定した動作に加えて、駐車中においても、運転中と同等若しくはそれ以上の低温状態、高温状態での保存性能も要求される。

また、自動車内では様々な雑音源が存在し、伝送速度の高速化に伴い特に受信側において雑音が増加するため、光通信モジュール自身の雑音対策が課題となる。また、車載用デバイスは、バッテリーを電源とし

ているため、民生用デバイス以上に低消費電力化も重要な開発課題となる。

本論文では、車載用途に対応した光通信モジュールのパッケージ構造を中心とした要素技術と、その性能に関して報告する。

## 1. 光通信モジュール概要及び構造

従来の光通信モジュール用パッケージは、発光素子や受光素子といった光素子をリードフレーム表面に搭載し、透明樹脂により一体成型していた。一般に透明樹脂は熱伝導率が低く、線膨張係数が大きい為に、高温での使用に於いて、実装している半導体素子のジャンクション温度が許容値以上に上昇し、半導体素子の劣化や破壊が生じたり、広い温度範囲での使用におい

\*<sup>1</sup> 生産技術開発推進本部 精密技術開発センター ナノプロセス開発室

\*<sup>2</sup> 生産技術開発推進本部 設計システム開発センター 設計技術開発室

\*<sup>3</sup> 電子部品事業本部 オプトデバイス事業部 車載用デバイス事業化プロジェクトチーム

て、半導体素子及びボンディングワイヤに過大な熱応力がかかり、素子特性劣化やワイヤの破断を生じたりする問題があった。

今回開発した光通信モジュールにおいては、開口が設けられたリードフレーム裏面側に、LEDやPD等の光素子を、サブマウントを介してサーフェスマウントし、光路となる部分以外のパッケージの大半を、高熱伝導性のフィラーが添加された不透明樹脂で封止し、対流及び放射による放熱性を高めることにより、パッケージ全体の熱抵抗低減を図っている。高熱伝導性フィラー添加樹脂は、フィラー無添加の透明樹脂に比べ線膨張係数が低く、半導体素子やボンディングワイヤに生じる熱応力の低減も同時に図っている。尚、光路は、樹脂レンズを低弾性のシリコン樹脂で接着

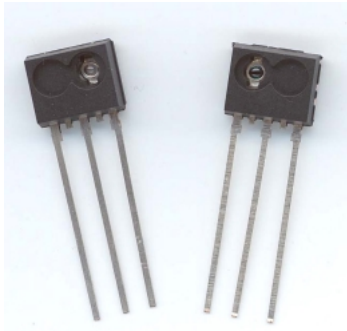


写真1 光通信モジュール概観  
Photo 1 Appearance of prototype.

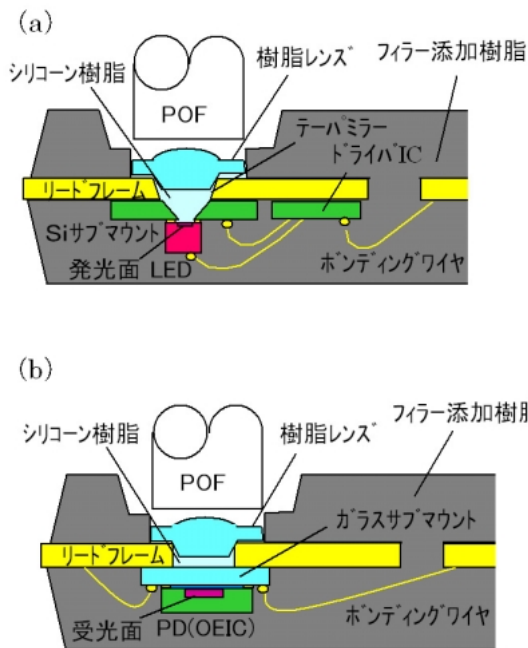


図1 光通信モジュールの断面図  
Fig. 1 Cross-section drawing of optical communication module.  
(a)Transmitter, (b)Receiver

表1 主な仕様

Table 1 Principal specifications of prototype.

項目	仕様
光波長	650nm
通信速度	50Mbps
動作温度	-40℃~105℃
保存温度	-40℃~115℃
消費電力	100mW以下

することで確保している。

開発した光通信モジュールの写真を写真1に、送信側断面構造を図1(a)、受信側断面構造を図1(b)に示す。

サブマウントは、光素子とリードフレーム間で発生する熱応力の緩和材としての働きの他に、送信側においては、Siサブマウントとリードフレーム開口に設けたテーパーミラーとの組合せで、LEDの放射光を集光することによるPOFへの光結合効率改善の効果も担っている。Siサブマウントとリードフレームのテーパーミラーは、それぞれ、Siの異方性エッチングと精密プレス加工により形成している。

受信側においては、受光素子とリードフレームを、ガラスサブマウントを介して接続しており、ガラスサブマウントと受光素子間は透明のアンダーフィル材を充填することで、不透明樹脂の流入を防止している。

今回開発した、光通信モジュールの主な仕様を表1に記載するとともに、開発した要素技術の詳細に関して2項以降に記載する。

## 2. パッケージ熱設計

### 2.1 熱抵抗解析

光通信モジュールの最大動作周囲温度は天井やボンネット内部での高温での使用を想定し105℃とした。試作に使用した高温動作対応の光素子やIC等半導体素子の許容ジャンクション温度は125℃である。光素

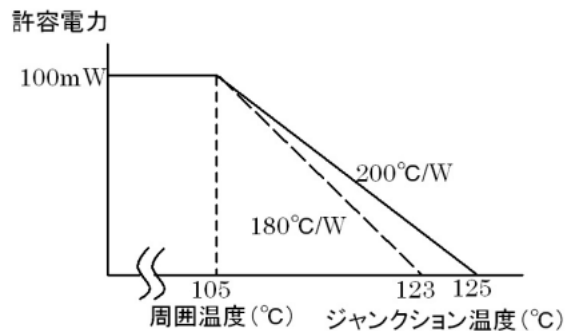


図2 光通信モジュールの熱抵抗  
Fig. 2 Explanatory diagram of thermal resistance.

子を安定して動作させるには、光素子への投入電力をPとした場合、**図2**に示すようにジャンクション-空気間に必要な熱抵抗は  $(125-105)/P$  °C/W 以下である事が要求される。光素子の消費電力を100mW、測定マージンを10%として、ジャンクション-空気間の目標熱抵抗を180°C/Wとした。

目標熱抵抗を達成する為に、高熱伝導性のフィラー入りトランスファーモールド樹脂による放熱性改善に加えて、光素子のサーフェスマウント構造により、ジャンクションで発生した熱を効率よくリードフレームに逃がす様にしている。

熱設計に関しては、輻射熱による放熱を考慮するとともに、対流係数もパッケージの表面温度毎に設定を行った。計算は有限要素法によるシミュレーションを用いた。設計時の主なシミュレーション条件を以下に列記する。

- ・周囲温度：105°C
- ・樹脂表面放射率：0.9
- ・リードフレーム表面放射率：0.3

熱抵抗値としては、素子がドライバICとLEDとで分離されて配置される送信側の熱抵抗値より、OEICを使用した際、アンプICとPDが一体化される受信側の熱抵抗値が最も厳しくなる。試作した光通信モジュールの受信側の熱抵抗値を、周囲温度105°Cに於いて実測した値と設計値を**表2**に示す。熱抵抗実測値はシミュレーションによる設計値との差が10%以内に収まっていると共に目標値を達成している事を確認した。

また、**図3**に当社従来パッケージとの温度分布の比較を示す。従来パッケージは、温度の高い部分と低い

表2 熱抵抗計算及び実測結果

Table 2 Simulation and measurement results of thermal resistance.

目標値	180°C/W以下
シミュレーション値	169°C/W
実測値	157°C/W
実測値とシミュレーション値との差	-7%

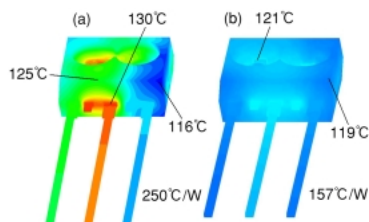


図3 温度分布比較  
Fig. 3 Temperature distribution.  
(a)Conventional type, (b)New type

部分の分布が大きく、放熱効率が良くない。開発したパッケージは均熱性を向上したため、放熱効率が改善されている。

## 2・2 熱応力解析

ボンディングワイヤは、径が25μmと細い為、透明樹脂で封止したデバイスを広い温度範囲で使用した場合、熱歪みにより1stボンディングネック部で破断が発生するという問題があった。高熱伝導性のフィラー入り樹脂は、従来オプトデバイスに使用されていた透明モールド樹脂に対して、素子及びボンディングワイヤとの線膨張係数差は約1/5に低減される為、温度変化時にボンディングワイヤに与えるダメージを小さく出来る。

今回、新規パッケージの効果と1stボンディングネック部の熱歪を解析するため、有限要素法用のパーティションを工夫して、ワイヤ径25μmのAu細線のソリッドモデル化を行ったFEMモデルを作成し、計算精度の向上を図った。

1stボンディングネック部は、Auの再結晶化が発生し、通常の箇所を半分の伸びで破断する。**図4**に応力解析による、熱歪の分布結果を示すが、熱歪は1stボンディングネック部(**図4**白丸部分)で特に大きくなっている。再結晶化で伸びに対して弱くなっているに加えて、熱応力もワイヤの他の箇所に対して高くなるため、破断する箇所が1stボンディングネック部に集中すると考えられる。

試作に使用したAuボンディングワイヤの許容伸びは2%であり、問題となる1stボンディングネック部の許容伸び即ち破断歪みは再結晶化のため約1%となる。**図4(a)**の従来の透明樹脂による構造では歪が

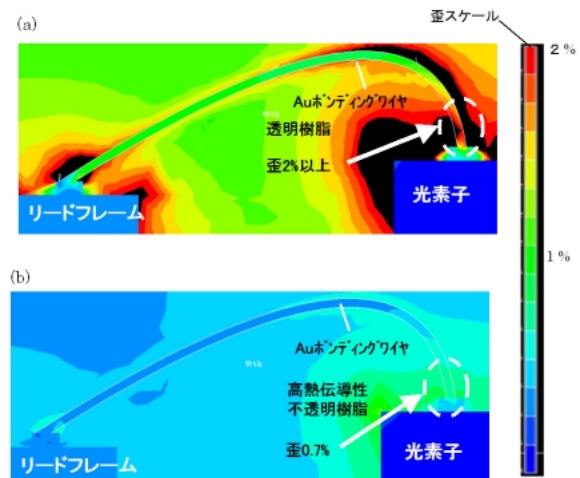


図4 ワイヤ部 熱歪分布比較  
Fig.4 Thermal strain distribution.  
(a)Conventional type, (b)New type

2%を超えているが、図4(b)に示す開発した構造では、歪が目標の1%以下となる結果が得られた。

### 3. 電気光学特性改善

#### 3.1 低消費電力化(光結合効率改善)

光通信モジュールの低消費電力化を実現するためには、電流消費型の素子即ちLEDの消費電流を低減する必要がある。LEDの放射光強度部分はランバート型であり、レンズによる集光では放射角の大きい光線は結合損失となっていた。対策として図5に示すように、LEDのサーフェスマウント構造を利用し、サブマウントとリードフレームに設けられた2段階構成のテーパミラーにより、従来の光学系では集光できなかった放射角度の広い光線を集光することで、送信効率を当社従来パッケージ比で約3dB改善した。更に、新規に開発したドライバICと組み合わせることで、100mW以下の低消費電力化を可能とした。

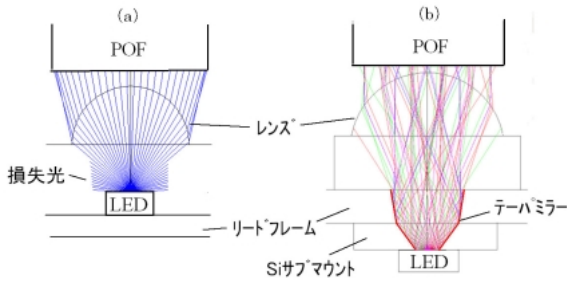


図5 光通信モジュールの光学配置  
Fig. 5 Schematic drawing of optical arrangement of optical transmitter.  
(a)Conventional type, (b)New type

#### 3.2 ノイズ耐性向上

車載用のデバイスでは外乱ノイズのシールドも重要となる。開発した構造は、フォトダイオード部及びアンプ部をIC化した光素子を、ガラスサブマウントを介してGND電位のリードフレームに表面実装している。光素子の受光面とは反対側の面もGND電位に設計されており、フォトダイオード部及びアンプ部はGND電位により挟まれた構造となっている。その結果、GND電位によるシールド効果が得られる。

-24dBm, 50Mbpsで変調した光信号を受光部に入力した場合の出力波形を図6に示す。図6(a)の従来構造では立上り・立下り部にノイズに起因するジッタが発生している。これは図6(b)の開発した構造の信号と比較して1.5dBの光信号強度分に相当する。シールド効果により耐ノイズ性が改善され、最小受信光量が1.5dB向上する事を確認した。

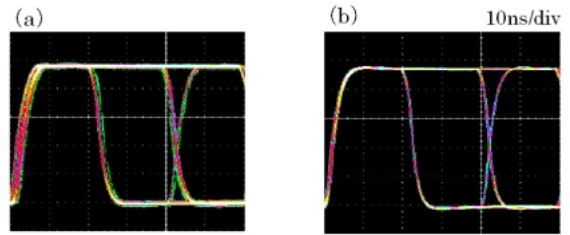


図6 50Mbps, -24dBm 受光時のアイパターン  
Fig. 6 Eye patterns of recieved optical signal of 50Mbps , -24dBm.  
(a)Conventional type, (b)New type

### 4. 信頼性試験結果

試作した光通信モジュールを表3に示す信頼性試験に投入し、試験前後で出力波形、消費電力、外観検査に変化かがないことを確認した。

表3 主な信頼性試験項目  
Table 3 Principal reliability test items.

試験項目	試験内容	試験時間
半田耐熱	260℃	10s
高温高湿バイアス	85℃/85%	1000h
高温動作	105℃	3000h
低温動作	-40℃	1000h
温度サイクル	-40/115℃	1000cy

#### むすび

車載対応の光通信モジュール用パッケージを開発した。熱応力及び熱抵抗低減に効果的な2色パッケージ構造及び受発光素子のサーフェスマウントにより、光通信モジュールの低熱応力・低熱抵抗化を実現した。又、試作品にて100mW以下の低消費電力化を実現できる良好な光結合効率と、シールド効果による耐ノイズ性の向上及び周囲温度-40～105℃の動作温度に対応出来る事を確認した。

#### 謝辞

今回の開発にあたり、ご協力頂いた電子部品事業本部、及び生産技術開発推進本部の関係各位に感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 田野倉, “光が開くクルマ市場”, 日経エレクトロニクス, 1999.4.19 No.741, P107(1999).

(2005年1月19日受理)