



温調型光デバイス用セラミックパッケージの開発

川村正信*・中島史博・黒川宗高
高木敏男・藤村康

Development of Ceramic Package for Cooled Transmitter Optical Sub-Assembly — by Masanobu Kawamura, Fumihiro Nakajima, Munetaka Kurokawa, Toshio Takagi and Yasushi Fujimura — The authors have developed a new ceramic package that features high heat dissipation for a cooled transmitter optical sub-assembly (TOSA) used for transmissions over 10 Gbit/s. This package enables a laser diode to emit light without a costly glass window.

Keywords: ceramic package, cooled TOSA, laser diode

1. 緒言

近年の情報通信トラフィックの増加に伴い、伝送装置の大容量化、高速化への要求が高まり、これに合わせ伝送レート 10Gbit/s 超のネットワークの普及が進んでいる。伝送装置に搭載される光トランシーバの光送信部は、光信号を送信する TOSA (Transmitter Optical Sub-Assembly) から構成され、その形態は伝送距離によって二つに大別される。一つは、伝送距離 10km 以下に広く用いられ、円盤形状の金属部にガラス封止されたリード端子を搭載したパッケージ (同軸パッケージ) を用いた TOSA である。一方、40km 以上の中長距離用途には、レーザの駆動温度を一定にし、光送信特性を安定化させるための TEC (Thermo-Electric Cooler) を搭載する高放熱金属版、および多層セラミック基板等で構成されるセラミックパッケージを用いた TOSA が広く用いられる。しかしながら、短距離用途の同軸パッケージに比べ、セラミックパッケージは構造が複雑となっている。

今回我々は、構造を簡略化しつつ、TEC を搭載可能でレーザの性能を引き出し易い、新しいコンセプトの光デバイス用セラミックパッケージを開発した。本稿ではセラミックパッケージ構造、およびこのパッケージを用いた TOSA の特性について報告する。

2. 温調型光デバイス用セラミックパッケージの構造

レーザの温度制御を行う TEC を搭載する、温調型光デバイス用セラミックパッケージの一般的な基本構造を図 1 (a) に示す。用途により外形サイズ等の違いはあるが、一般的には (1) シールリング、(2) 電気インターフェースを構成する多層セラミック基板、(3) 高放熱金属板、(4) 光出射用の窓、で構成されている。

パッケージ底面を構成する高放熱金属板上に TEC を搭載し、TEC 上に光源となるレーザと、レーザからの光を集光

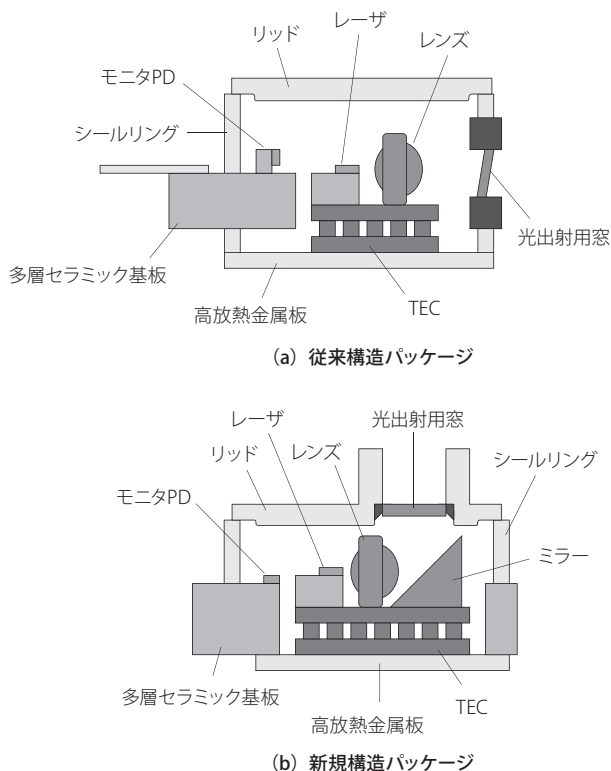


図1 温調型光デバイス用セラミックパッケージの基本構造

するためのコリメートレンズを搭載する。レーザからの光はパッケージの側面に向け出射されるため、パッケージ側面であるシールリングの一部に光出射用の窓を形成することが必要であり、これがシールリングの加工を複雑化させる一因となっている。さらに、伝送レート 10Gbit/s 用 TOSA の標準規格である XMD-MSA (10Gbit/s Miniature Device Multi Source Agreement) により、出射光軸と

パッケージサイズが定められており、放熱板の厚みが十分に確保できない等の課題がある。一方、光通信用パッケージと同様に、セラミック基板と金属部材を用いたパッケージの一つに、携帯電話や時計などに内蔵される水晶発振器で 사용되는パッケージがある。今回新たに開発したパッケージの設計にあたっては、その設計技術を応用し、従来の光通信用パッケージの構造、およびパッケージに適した光学設計の大幅な見直しを実施した。

今回開発した温調型光デバイス用セラミックパッケージの基本構造を図1(b)に示す。元々部品実装のため空いている開口部を光出射部として用いることで、パッケージ構造の簡略化を実現した。開口部は通常、気密封止を確保するために単板の金属で構成されるリッドを抵抗溶接するが、今回の新しい設計では、平窓ガラスを低融点ガラス止めた光透過部を持ったリッドを抵抗溶接する構造としている。パッケージ底面を構成する高放熱金属板上にTECを搭載し、TEC上に光源となるレーザを実装し、レーザからの光を直接ファイバへ集光するための非球面レンズと、光を折り曲げるためのミラーはUV硬化性樹脂で固定している。非球面レンズとレーザの位置精度は高い光出力を得るために重要となるため、レーザに対して非球面レンズの位置を3軸方向に調整し、UV光を照射し硬化させた後、熱硬化させて最適な位置で固定している。

図2に本構造のSMF (Single Mode Fiber) に対する結合効率特性を示す。結合効率は70%以上を超える高結合を実現している。

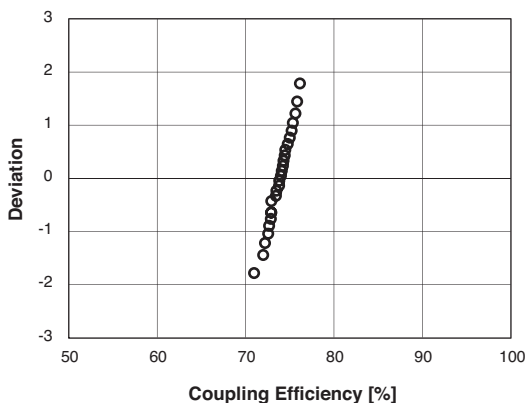


図2 結合効率

3. 高周波特性

従来の温調型光デバイス用セラミックパッケージは金属フレーム、多層セラミック基板、およびパッケージと光トランシーバ間を電氣的に接続するFPC (Flexible printed

circuits) を取り付けるためのリードピンからなっている。レーザを駆動する交流信号は、ほぼ同一平面上に並ぶFPC、リードピン、および多層セラミック基板表層に設けられた線路を伝送させる設計となっている。一方、新規構造では、従来のパッケージに備え付けられているリードピンをなくし、パッケージを構成する多層セラミック基板にFPCを直接半田付けする構造としている。さらに、外部との電気インターフェースをパッケージ底面に設けているため、多層セラミック基板の表層から最下層まで垂直方向に伝送する設計となっており、従来とは異なる高周波設計が必要である。

垂直方向への伝送ラインは、1.2mm厚のセラミック層を挟んで設けられた信号線路間を接続するビア径のインピーダンス特性を最適化し、さらに信号ビアの周囲にグラウンドを配置する設計にした。これにより従来のパッケージ構造のように表層を伝送させる方法と変わらない特性を実現させた。FPCを多層セラミック基板に直接半田付けする構造においては、FPCを半田付けする信号パッドの周囲をグラウンドパターンで取り囲む設計が特性面で優れる。パッケージの高放熱金属板がロウ付けされているパターンと信号パッド周囲のグラウンドパターンを繋ぐことで、上述の設計を実現することができるが、当社のこれまでの知見より、ケースのグラウンドと信号のグラウンドを接続することによりグラウンド電位の不安定化という弊害が発生すると考えた。そこで、パッケージサイズと信号ビア、および信号ビアの周囲のグラウンドパターン設計より、6.5mm×5.7mmのサイズで、ケースグラウンドに対し信号グラウンドを絶縁させつつ、グラウンドパターンで信号パッドを囲む設計を実現させた。

図3、および図4に、それぞれ高周波シミュレーション、および実測によって得られた電気透過特性を示す。シミュレーションと実測において、比較的良い一致が見られ、所望の特性が得られていることが分かる。さらに、20GHz以上まで-3dB領域を確保しており、10Gbit/s用途として

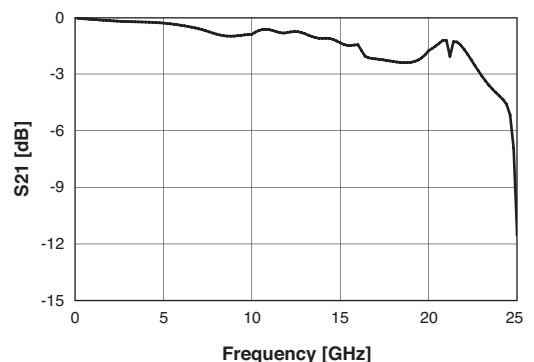


図3 高周波特性 (シミュレーション)

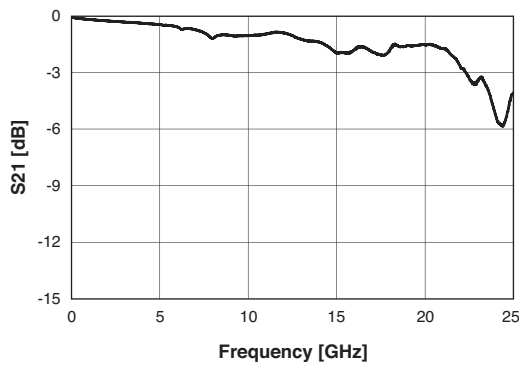


図4 高周波特性 (実測)

だけでなく 25Gbit/s 超の用途としても期待できる。

図5に従来構造と新規構造のパッケージを用いたTOSAの光出力波形を示す。伝送速度 10.3125Gbit/s、消光比 10dBにおいて、新規構造はパルスマスクマージン (PMM) 60%以上の光出力波形が得られた。

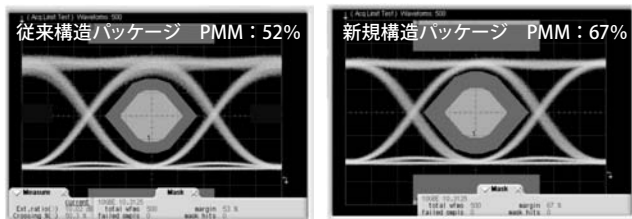


図5 光出力波形

4. 放熱特性

温調型光デバイス用セラミックパッケージには、レーザを一定温度で駆動するためにTECが組み込まれている。TECで発生する熱を、パッケージ外部に効率よく熱伝達することは、光送信特性の維持・消費電力の低減に必要である。図6(a)に、従来構造のパッケージを光トランシーバ筐体にも実装した時のモデルを示す。従来構造では、光軸に対してパッケージ底面が平行に位置しており、底面を筐体に接触させることで放熱を行っている。一方、新規構造のパッケージでは図6(b)に示すように、光軸に対してパッケージが垂直な関係にあるため、放熱性が光軸のばらつきの影響を受けない構造を実現できる。

図6(a)の従来構造は、パッケージと筐体が直接接触するため放熱パスが短く、一見放熱性に優れているように見えるが、光軸とスリーブの調芯により、スリーブとパッケージとの相対位置は±数百 μm のばらつきを生じる。その

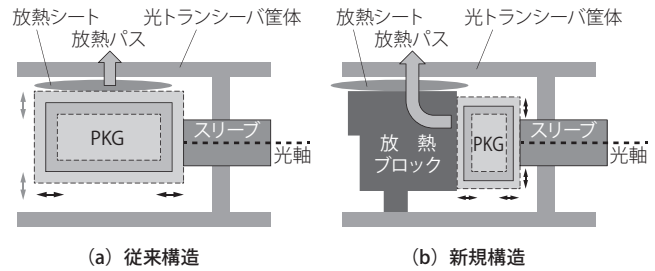


図6 放熱構造

ため、パッケージと筐体との隙間を埋めるための緩衝材と、筐体への放熱材とを兼ねる厚い放熱シートが必要となるが、その熱伝導率は数W/mK程度であり、高放熱金属板と比べ1/10~1/100と小さい。さらに、XMD-MSA規格に定められた寸法の制約上、パッケージの放熱板の厚みが十分に確保できず熱拡散が十分ではないため、放熱シートの厚みのばらつきが放熱性へ与える影響が大きくなる。一方、図6(b)の新規構造では、パッケージ放熱板に対して、AlやCuなどの熱伝導率の高い材質を用いた放熱ブロックをクリップ板金により直接接触させ、さらに放熱ブロックと筐体間に放熱シートを挟む構造としている。スリーブとパッケージとの相対位置のずれは、従来構造と同様に調芯で±数百 μm ずれるが、放熱ブロックとの接触面で相対位置のずれを吸収させることができるため、放熱性は位置ずれの影響を受けない。さらに、本構造では放熱板の厚みの制約を受けないため十分な熱拡散が可能となり、従来構造よりも安定した放熱特性を得られる。

図7に実測とシミュレーションにより得られた、従来構造と新規構造の放熱特性を示す。評価では、TECの発熱量、およびパッケージ底面と筐体の温度差を測定し、熱抵抗に換算することで比較検討を行った。図6(a)の従来構造におけるパッケージと筐体の隙間公差の見積もりを行うと、部品公差を一律に±0.05mm、パッケージ中心に対するスリーブ中心の偏心量を±0.20mmとすると、二乗和平方根は±0.21mmとなる。一方で図6(b)の新規構造では、

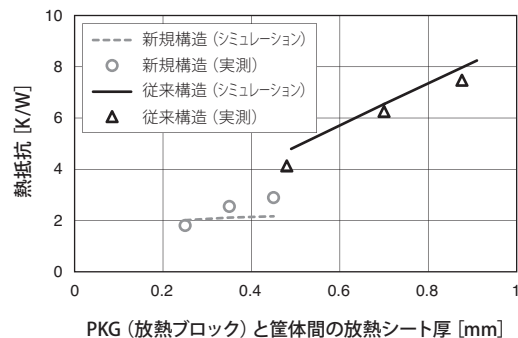


図7 放熱特性評価

パッケージ中心に対するスリーブ中心の偏心量が無視できるため、部品公差のみの二乗和平方根は $\pm 0.10\text{mm}$ となり、従来構造の約半分と見積もられる。そこで、それぞれの公差に対して適切な厚みの放熱シートを選択した。その上で、パッケージと筐体の隙間公差による放熱特性ばらつきを評価するため、放熱シートの厚みが中心値、最大値、最小値となるよう所定量を押しつぶし、風洞内（風速 0m/s ）で熱抵抗の実測を行った。図7に示すように、新規構造では隙間の公差が小さいため薄い放熱シートを選定でき、放熱シート厚は中心値で従来構造比約 $1/2$ 、熱抵抗の最大値は同 60% 程度に低減できることがわかった。また、実測評価と同様の構造について定常伝熱解析を行ったところ、実測とシミュレーションは比較的良い一致が見られた。以上の結果より、新規構造のパッケージは従来構造に対して動作温度を 6°C 高めることができ、その分TEC消費電力を抑えることが可能であるため、温調型TOSAの低消費電力化に繋がること期待される。

5. 結 言

10Gbit/s中長距離伝送用途に使用可能な、全く新しい設計コンセプトの温調型光デバイス用セラミックパッケージを開発し、温調型TOSAに実装して性能を評価した。パッケージ構造の抜本的な改良により、高周波特性、および放熱特性に優れた次世代セラミックパッケージ開発に成功した。

用語集

※1 TOSA

Transmitter Optical Sub-Assembly：光送信デバイス

※2 TEC

Thermoelectric Cooler：ペルチェ効果を用いて冷却・加熱を行う素子

※3 XMD-MSA

10Gbit/s Miniature Device Multi Source Agreement：光デバイスサプライヤ各社が、製品仕様を共通化し、市場拡大を図るための取り決め

参 考 文 献

- (1) 中島 他、「低コスト10Gbit/s温調レーザー-TOSAの開発」、電子情報通信学会 総合大会、C-3-62 (March, 2010)

執 筆 者

川村 正信*：伝送デバイス研究所 部品実装研究部
光送信デバイス・光受信デバイスの開発に従事



中島 史博：伝送デバイス研究所 部品実装研究部 工学博士

黒川 宗高：伝送デバイス研究所 部品実装研究部

高木 敏男：住友電エデバイス・イノベーション(株) 光デバイス開発部

藤村 康：伝送デバイス研究所 部品実装研究部 グループ長

*主執筆者