

光配線板のためのUV硬化樹脂光接続ロッドを持つ 光モジュールの検討

小川知訓*¹, 神田昌宏*², 児島直之*³, 三上修*⁴

Study on Optical Module with Optical Connection Rod using UV Curable Resin for Optical Wiring Board

by

Tomonori OGAWA*¹, Masahiro KANDA*², Naoyuki KOJIMA*³, and Osamu MIKAMI*⁴

(Received on Mar. 31, 2009 and accepted on May 25, 2009)

Abstract

In conventional optical interconnection, most optical devices such as VCSELS (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) and PDs (Photodiodes) have been mounted on PWBs (Printed Wiring Board) with bare chips. This may cause significantly large insertion loss in optical coupling between devices and wirings, and also difficulty of handling these devices. To solve these problems, we propose a new optical module for optical emitting and receiving devices. The new module has an optical connection rod surrounded with cladding which are formed using UV (Ultraviolet) curable resin by the mask-transfer method. High optical efficiency and large positional tolerance are expected.

Keywords: Optical waveguide, Optical rod, VCSEL, Photo mask transfer method, OE-PWB

1. はじめに

近年、情報通信の大容量化に伴い、機器間の情報伝送量はここ数年で飛躍的に増加している。そのため、これまでの電気配線ではクロストークやEMI (Electro-Magnetic Interference)などの問題が顕著化してきており、これらの問題を解決する手段の一つとして光配線を用いた光インタコネクション技術が注目されている^{1,2)}。光インタコネクションでは、光素子-光導波路間を高効率で光接続する技術が重要である。従来、面発光レーザ(VCSEL)・フォトダイオード(PD)のような光素子は、

チップの状態でプリント基板に実装されていた。そのため、ハンドリング時におけるボンディングワイヤの破損・空隙による光結合効率の悪化といった問題があった。そこで我々はこれらの問題を解決するため、光硬化性樹脂を使用したフォトマスク転写法により作製した光接続ロッドを持ち、高効率な光接続が可能かつ機械的強度の高い光モジュールを提案する。さらに、この光モジュールと光配線板との接続構造の検討結果について報告する。

2. 光接続ロッドをもつ光モジュール

我々はこれまで紫外線硬化性樹脂を用いたフォトマスク転写法により、光素子・光導波路へ光接続ロッドを作製することで高効率な接続技術提案を行ってきた^{3,4)}。フォトマスク転写法は任意の開口形状を持つフォトマスクの下に紫外線硬化樹脂を充填し、フォトマスクの上から紫外光を照射することによりフォトマスクの開口形状に沿って紫外線硬化樹脂を硬化させ光接続ロッド等を作製する方法である。このフォトマスク転写法で作製された光接続ロッドは、安価で簡易な作製が可能で、さらに高効率な光接続も可能である。しかしながら、光接続ロッドのみを光素子・光導波路へ作製した場合(Fig.1(a))、高効率な光接続が可能である一方、機械的強度が弱く、取り扱いが難しいといった問題があった。そこで、フォトマスク転写法の応用として、光素子上に屈折率の高い紫外線硬化樹脂を用いたコアに相当する光接続ロッドを

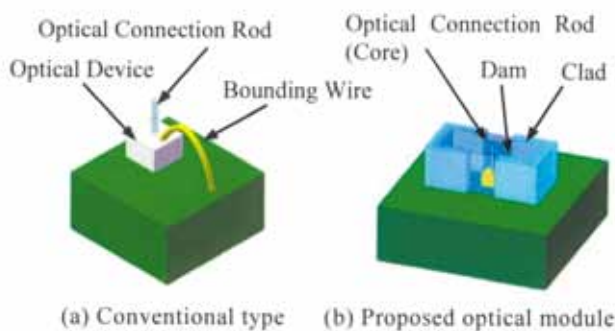


Fig. 1 Structure of the proposed optical module.

*1 工学研究科情報通信制御システム専攻
*2 総合理工学研究科総合理工学専攻
*3 古河電気工業株式会社
*4 光・画像工学科教授

作製し、その光素子、ボンディングワイヤおよび光接続ロッドを覆うように、屈折率の低い紫外線硬化樹脂を用いたクラッドを作製することにより、機械的強度が強くなり取り扱いが容易で、なおかつ高効率な光接続が可能な光モジュールを提案する。構造を Fig. 1(b)に示す。クラッドの作製に際しては、クラッド用樹脂が流れないようにするため、またコアと外形間の寸法精度を良くすることで、実装時に精密な位置合わせを行うため、コアの作製と同時にダムを作製する。

提案した光モジュールの作製方法について以下に述べる。なお使用するフォトマスク(Fig. 2)と紫外線硬化樹脂はそれぞれコア・ダム用とクラッド用の2種類を用意する。

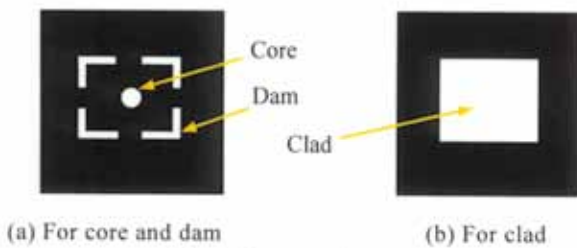


Fig. 2 Photomask patterns.

具体的な、作製手順を以下に示す。

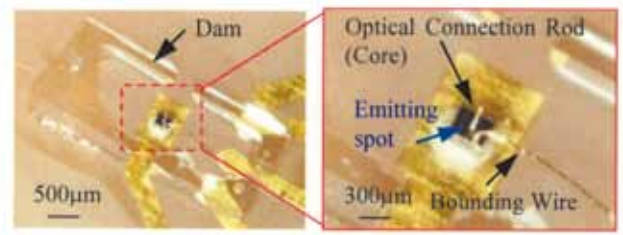
第1工程：コア・ダム作製工程

1. 光素子上に紫外線硬化樹脂を充填し、コア・ダム用フォトマスクを設置する。
2. フォトマスク上から紫外光を照射し、コア・ダムを形成する。
3. フォトマスクを取り外し、未硬化の紫外線硬化樹脂を洗浄する。

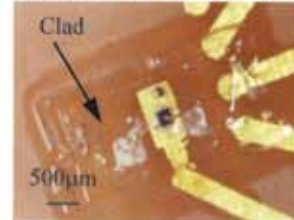
第2工程：クラッド作製工程

4. クラッド用紫外線硬化樹脂をコア・ダム間に充填し、クラッド用フォトマスクを設置する。
5. フォトマスク上から紫外光を照射し、クラッドを形成する。
6. フォトマスクを外し、未硬化の紫外線硬化樹脂を洗浄し光モジュールが完成。

Fig. 3(a) にコア・ダムを作製後のサンプル写真を示す。なお、本試作におけるコア・ダム材には屈折率 1.569、クラッド材には屈折率 1.542 のアクリル系光硬化樹脂を用いた。作製したコア径は $30\mu\text{m}$ である。Fig. 3(b)の写真はクラッドを作製した今回提案する光モジュールである。クラッドサイズは、 $1,000\mu\text{m} \times 4,000\mu\text{m} \times$ 高さ $500\mu\text{m}$ である。Fig.3(b)の写真から、VCSEL、VCSEL 発光スポット上にピンポイントで作製されたロッド、およびボンディングワイヤがクラッドで覆われていることが確認できる。これにより、機械的強度の向上が期待できる⁵⁾。



(a) After fabricating core and dam (b) VCSEL (particle)

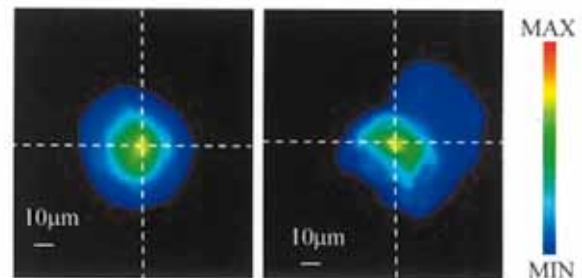


(c) Finished module

Fig. 3 Fabricated sample.

3. 光学特性の測定

Fig. 4 に試作サンプルの NFP (Near Field Pattern) 測定器による光強度分布観測結果を示す。Fig. 4(a) は光接続ロッドのみ、Fig. 4(b) はクラッド部を作製した光モジュールの結果である。光モジュールの場合、コアからクラッドに若干漏れ光が観測されているがコア部に強い光が伝搬している。



(a) Optical rod (b) Optical module

Fig. 4 Observed optical intensity distribution.

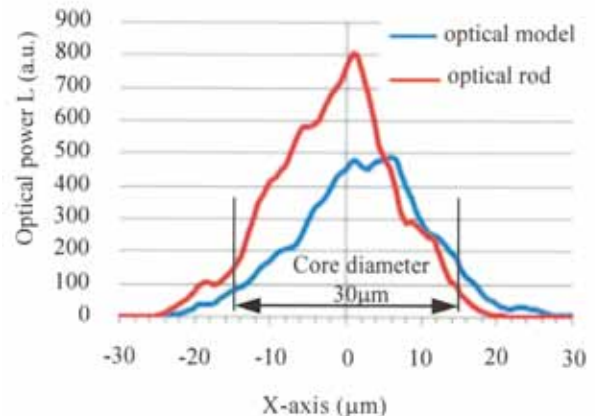


Fig. 5 Optical intensity profile along X-axis.

Fig.5 に、Fig.4 で示した光強度分布における X 軸上での光強度分布を示す。光接続ロッドと光モジュールの光出力はコア径 30 μm の中にピークがあることから、光線はコア内に局所的に閉じ込められて伝搬していることと推測される。また、コアからの漏れ光がピーク値の約 8 分の 1 程度の強度であることが確認できる。なお、Fig. 5 において、光接続ロッドと光モジュールの光強度のピークが異なるのは、作製した際、光接続ロッド(コア)がクラッド材で薄く覆われたことで、反射率が変化したことによるもの等が考えられる。しかし、提案する光モジュールはコア径 30 μm 中に光出力のピークがあるので、導波路として機能していることが確認できる。

次に作製した光モジュールに GI-MMF (core/clad=50/125 μm)を用いて I-L 特性の評価を行った。ファイバの位置を最も結合効率が高くなった場所、すなわちパワーメータで測定された光強度が最大の箇所に固定し、評価を行った。実験系を Fig.6 に示す。測定に使用したサンプルは、比較のため光接続ロッドのみのもの、クラッドで囲まれた光モジュール、および VCSEL 単体 (Air gap) の 3 種類とした。I-L 特性の測定結果を Fig.7 に示す。この結果、光モジュールと光接続ロッドを比較すると、光モジュールの場合のほうがやや低い値となったものの同程度の光出力が確認できる。光モジュールの光出力が光ロッドの光出力より低下した理由としては、前述と同様なことが考えられる。また、光モジュールの場合と VCSEL 単体の場合では、光モジュールの光出力が

大きく向上した。これは、VCSEL 発光面を空気より屈折率の高い樹脂で覆うことにより、反射の影響を低減出来たためであると考えられる。以上のことより、今回提案する光モジュールの有効性が確認できる。

次に、Fig.6 に示した実験系を用いて、GI-MMF (core/clad=50/125 μm)を X 軸方向に移動して、光結合効率の 1dB ダウントレランスの測定を行った。Fig. 8 に結果を示す。光モジュールの 1dB ダウントレランス幅は -15/+14 μm という結果が得られ、提案する光モジュールが広い位置合わせトレランス幅を有しているといえる。

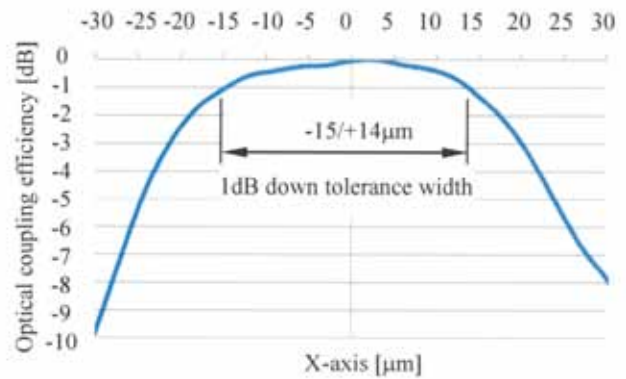


Fig. 8 Measurement result of positional tolerance.

4. 解析による光結合効率の検討

アプリケーションの一例として、Fig. 9 に提案する光モジュールと光配線板との接続構造を示す。この接続構造の利点は、クラッドがあることによる機械的強度の向上があげられる。ここでは、Fig. 9 に示す接続構造を実現する準備段階の検証として、光モジュール同士を接続した場合のトレランス幅について光線追跡法を用いて解析を行った。

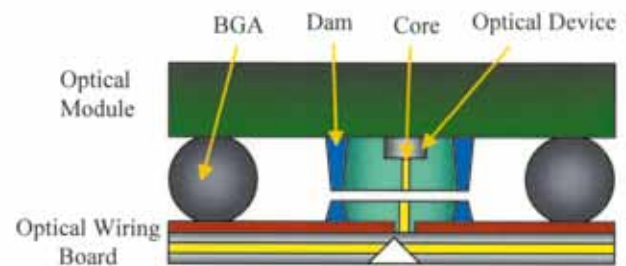


Fig. 9 Proposed connection scheme between optical module and optical wiring board.

解析モデルを Fig.10 に示す。樹脂の屈折率はコア: 1.569, クラッド: 1.542, 光源の拡がり角(全角)を 20° として解析を行った。Fig. 11 に解析結果を示す。この結果より、1dB ダウントレランス幅は+19/-19 μm と広く、光モジュールとして高いポテンシャルを有していることを確認した。

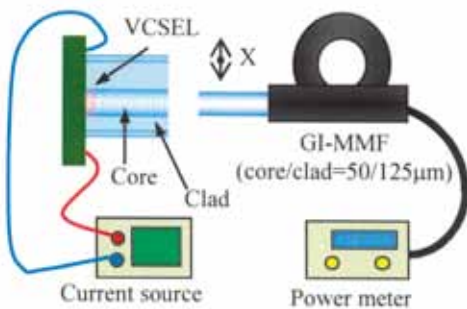


Fig. 6 Experimental setup for I-L curve.

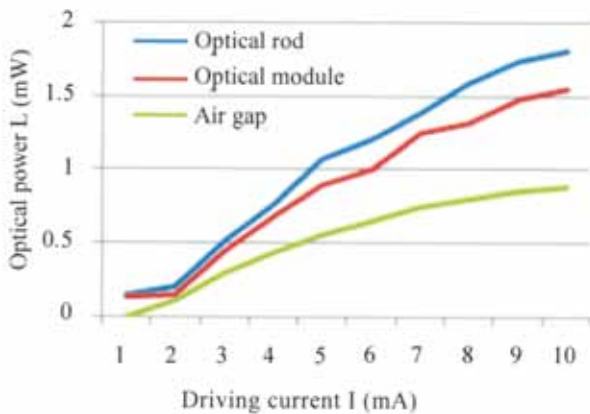


Fig. 7 Observed I-L curves.

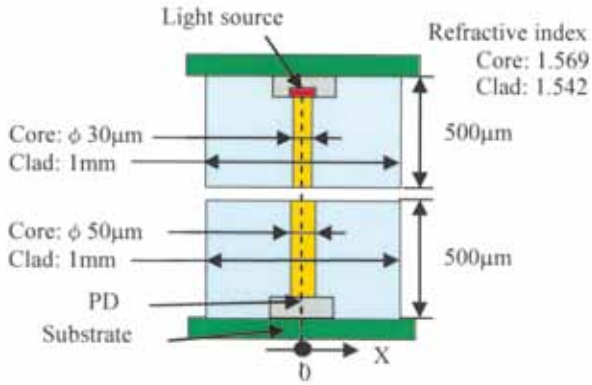


Fig. 10 Image of analysis model.

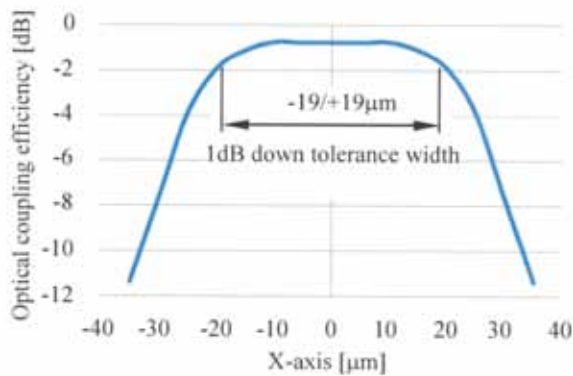


Fig. 11 Calculated result of positional tolerance.

5. まとめ

光接続ロッドおよびクラッドを有する新しい光モジュールを提案し、光硬化樹脂を用いて実際に作製した。光学特性を検討した結果、提案した光モジュールは、導波路構造として機能することを確認できた。また、この光モジュールを使用した光配線板との接続構造の検討から、広い位置合わせトレランス幅が得られることが期待できる。

参考文献

- 1) Christoph Berger, Marcel A. Kossel, Christian Menolfi, Thomas Morf, Thmas Toifl, Martin L. Schmits, "High-density optical interconnects within large-scale system," SPIE proceedings paper, pp.222-225, 2003.
- 2) O. Mikami, "The status and future of optical circuit packaging technology," Proc. IMAPS, pp.554-559, Boston(2003).
- 3) Y. Obata, M. Kanda, O. Mikami, "Self-Written Waveguide on a VCSEL-Emitting Window Using a Photomask Transfer Method", IEEE PHOTON, TECHNOL, LETT, Vol.18, No.12, JUNE 15, 2006.
- 4) O. Mikami, Y. Mimura, H. Hanajima, M. Kanda, "Optical Connection with Optical Pins and Self-Written Waveguides for Board-Level Optical Wirings" (INVITED), IEICE Trans. Electronics, Vol.E90-C, No.5, pp.1071-1080, May, 2007.
- 5) 小川知訓, 神田昌宏, 三上修, 児島直之, "自己形成ロッドをもつ光モジュールと光配線板との接続構造の検討" 第23回エレクトロニクス実装学会講演大会講演論文集, pp.97-98, Mar,2009.