

2 高精度光素子実装技術と樹脂封止技術の開発

Bonding of Optical Device and Plastic Packaging for Optical Module

石川 弘樹 Hiroki Ishikawa
西村 哲也 Tetsuya Nishimura

中央研究所 研究開発部 主任
中央研究所 研究開発部

キ - ワ - ド：接続、光通信、シリコン、パッシブアライメント

要 旨

光通信の加入者系への拡大に向けて、低コストの光モジュールの実現に必要な高精度光素子実装技術と樹脂封止技術を駆使し、プラスチックパッケージ型光モジュールを試作・評価しました。

信頼性試験として温度サイクル試験（ $-40 \sim +85$ ）、高温高湿バイアス印加試験（ 85 、 $85\%RH$ ）を行いました。試験前後での特性の変化は認められず、良好な結果が得られました。これによりWDM（Wavelength Division Multiplexing）モジュール等の各種モジュールへの展開が期待できます。

SUMMARY

We developed and evaluated prototypes of plastic packaging for a variety of optical modules employing the high-precision bonding and resin sealing technologies that are indispensable to achieve low cost optical modules for expansion of an optical access network.

To confirm reliability, we carried out temperature cycling tests (at -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$) and high-temperature high-humidity tests (at $+85^{\circ}\text{C}$ and $85\% RH$), and obtained good results without recognizing changes in characteristics before and after the tests.

This plastic packaging is extremely promising for application to a wide range of modules, including Wavelength Division Multiplexing (WDM) modules.

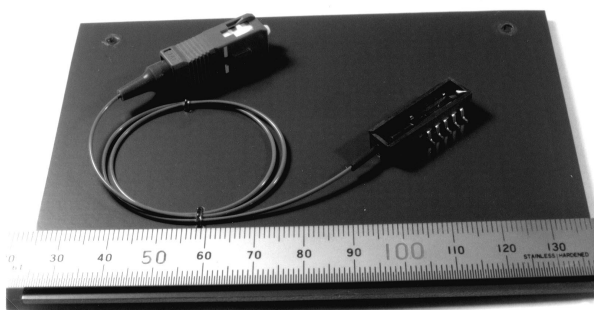


写真1 プラスチックパッケージ型光モジュール

1 はじめに

光ファイバ通信は、近年加入者系での適用が拡大していることにより、光モジュールの低コスト化が求められています。しかし、実装工数及び部品材料コスト等課題が多く今だに要求を満足していないのが現状です。

実装工数に関しては、光素子と光ファイバの実装工数が低コスト化への障壁となっています。特に波長分離、送受信機能を含んだWDM (Wavelength Division Multiplexing) モジュールの場合、LD (Laser Diode)、モニタ - PD (Photo Diode)、PDの3個を基板上に実装した後に、光素子を駆動させながら光ファイバを調芯固定するアクティブアライメントでは工数がかかり低コストの実現は難しくなります。

そこで、パッシブアライメント (無調芯固定) が注目を浴び採用され始めました。この方法は光素子を高精度に実装することにより、光ファイバを調芯する工程が省けるためアクティブアライメントに比べ実装工数が減り、低コスト化が期待できます。

また、部品材料コストの中ではパッケージが大きなウエイトを占めますが、従来は信頼性を保証するために、高価な金属やセラミックを使用してきました。しかし、光加入者系等使用用途によってはプラスチックパッケージを使用しても仕様を満足する技術が構築され始めており、量産性、低コスト化が大いに期待できます。

既にICの様な半導体の分野では樹脂を使用したパッケージが主流ですが、プラスチックパッケージを使用した場合、図1に示すとおり、光素子と光ファイバ又は光導波路の光が伝播する部分を透明な樹脂で保護する必要があり、これは光モジュール特有の開発要素が必要になります。

わたしたちは、V溝とメタルパターンを形成したSi - V溝基板¹⁾やポリマー光導波路²⁾を開発してきており、それらをインテグレートした低コストのモジュールを実現するために光素子実装及び樹脂封止技術を駆使し、良好な結果を得ましたので報告します。

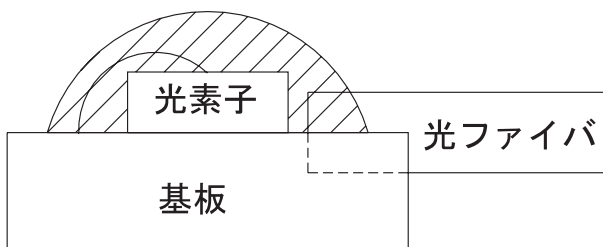


図1 透明樹脂による保護された光接合部分の断面図

2 高精度光素子実装技術

2.1 高精度実装方法

実装精度としては、実装精度を緩和するために最近使用され始めている出力端のスポット径を拡大したLDを使用しても $\pm 2 \mu\text{m}$ 程度と厳しい要求になります。このミクロンオーダーの高精度実装を実現するために、従来のダイボンダーの様な機械精度のみによる位置合わせではなく、画像処理技術を利用します。

そのために基板側及び光素子側に位置合わせ用のマーカを形成し、図2に示す通り実装直前に基板と光素子間にカメラを挿入しマーカを検出し、画像処理により位置合わせを行い実装することとしました。

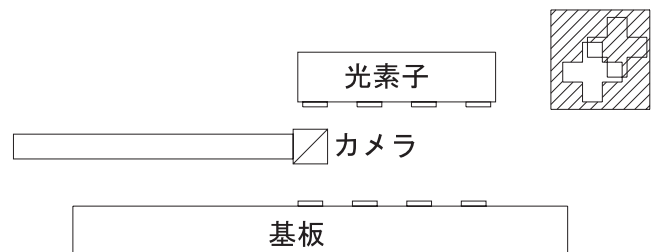


図2 位置合わせ方法

実装精度に影響を与える要因を以下に示します。

1. 実装前のアライメント処理能力
2. 装置の駆動及び保持能力
3. 基板、光素子の形態及び表面状態
4. 実装条件

画像処理装置のアライメント能力はサブミクロンの処理能力を有していますので、高精度実装には2から4の項目が重要となります。

また、低コスト化を考慮に入れると、実装時間の短縮化が必要不可欠となりますが、高精度を追求するあまり実装時間が長くなってしまったのでは目的に反しますので、高精度と実装時間の短縮を両立する必要があります。

以上の要件を考慮した上で下記の条件を選択しました。

今回基板の材料はV溝とメタルパターン形成に有利なSiを使用し、Si基板上には酸化膜、電極及びはんだが形成されています。電極の最表面はAuとし、はんだはAuSn系を使用しました。Si基板の大きさは $1.5\text{mm}(\text{L}) \times 5.0\text{mm}(\text{W}) \times 0.4\text{mm}(\text{t})$ 、光素子の大きさは $0.4\text{mm}(\text{L}) \times 0.28\text{mm}(\text{W}) \times 0.2\text{mm}(\text{t})$ です。実装中は酸化を極力防ぐため窒素を流し、基板と光素子両方から加熱しはんだを熔融させ、数十gの低荷重で基板上に連続して3個の光素子を実装しました。また加熱には耐久性と実装時間の短縮に有利なセラミックヒーターを用いました。

2.2 実装精度結果

光素子を 3 個実装した Si 基板を写真 2 に、その場合の実装精度を図 3 に示します。

3 個実装した場合でも、x、z 方向に関しては $\pm 1.5 \mu\text{m}$ 以内に実装されており、実装の順序による優位差は見られませんでした。

y 方向に関しては Si 基板上的の電極から実装した光素子の堰面までの距離を測定しましたが、 $3.5 \mu\text{m} \sim 5.5 \mu\text{m}$ と $\pm 1 \mu\text{m}$ 以内の振れ幅でした。回転方向のずれに関しても $\pm 0.2^\circ$ 以内と安定した実装が実現できました。

これらの実装精度は、スポット径を拡大した LD や LD と同様に側面から入射できる導波路型 PD のアライメント許容範囲に十分に入ります。

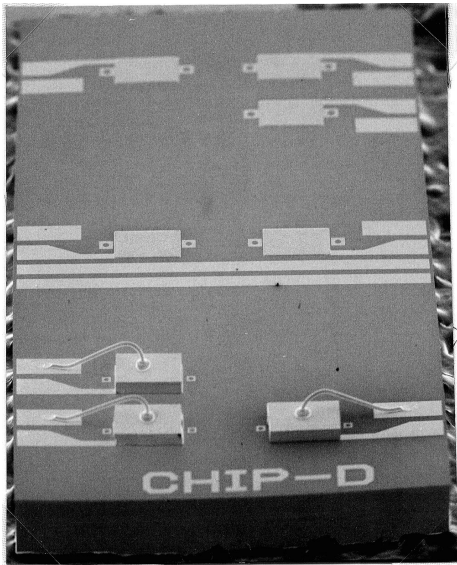


写真 2 光素子実装

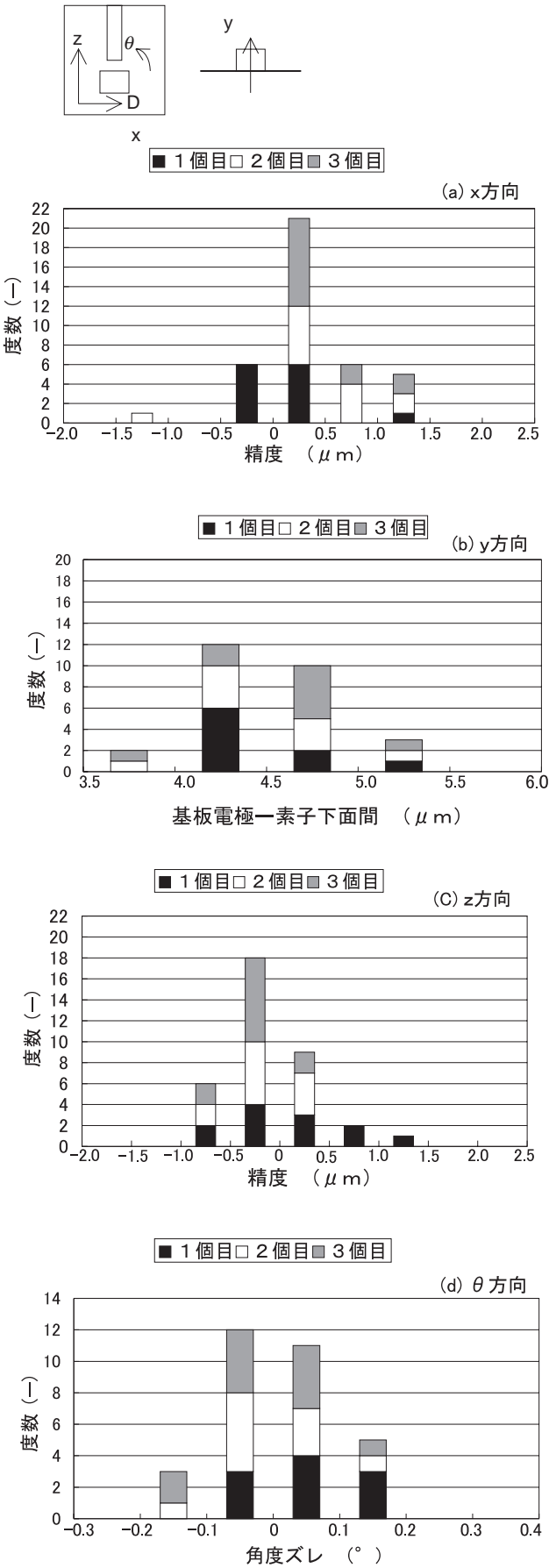


図 3 3 個の光素子実装した時の実装精度

3 樹脂封止技術

3.1 樹脂封止方法

図4にて工程を説明します。まず樹脂封止を行う前に光ファイバを実装します。あらかじめSi基板にV溝を形成しておりますのでその上に光ファイバをのせ、ガラスカバーで固定することで写真3の様にファイバー実装が完了します。今回はマルチモード光ファイバ(GI50)を使用しました。その後パッケージを行います。プラスチックパッケージの材料としては熱硬化型に比べ工数を短くすることが可能な熱可塑性の液晶ポリマーを使用しました。

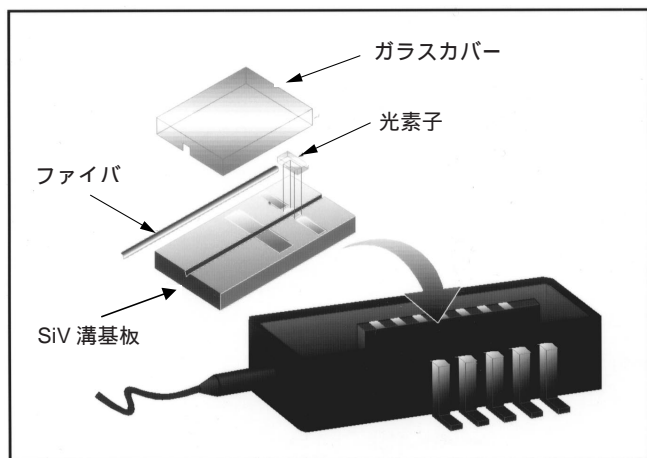


図4 樹脂封止実装

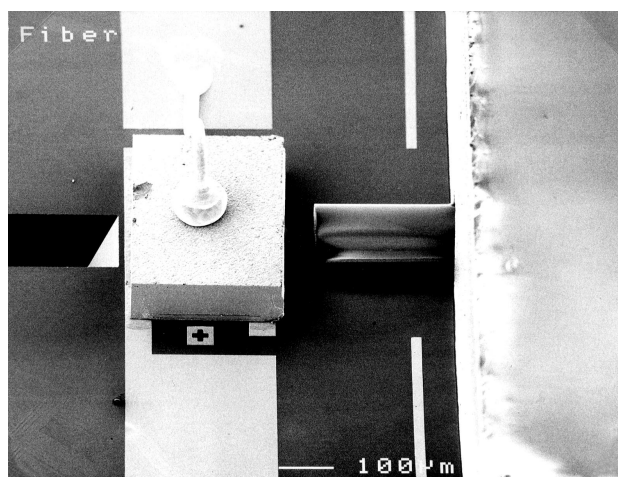


写真3 ファイバー実装

封止構造は1重封止と2重封止を比較のために両者共採用しました。1重封止型は1つの透明樹脂でパッケージ容器内を充填する構造で、2重封止型は光素子とファイバーの接合部のみ透明樹脂で覆い、その上に耐環境性のある別の樹脂で覆う構造です。1重封止及びファイバーの接合部にはシリ

コン樹脂、2重封止型の外側の樹脂としてエポキシ樹脂を使用しました。

モジュール化したサンプルは温度サイクル試験(233K(-40℃)/30min~358K(85℃)/30min)、高温高湿バイアス印加試験(358K(85℃)/85%RH)を実施し、LDのしきい値の変化を測定しました。高温高湿バイアス印加試験ではLDに順方向20mAの電流を印加した状態で試験を実施しました。

3.2 試験結果

1重封止型のプラスチックパッケージを写真1に示します。パッケージの外形寸法は7.0mm(L)×24.7(W)×5.3mm(t)です。

樹脂封止したモジュールのI-L測定の結果、図5に示しますとおり透明樹脂で保護する事により、光の結合効率が高くなりました。これは、空気に比べ樹脂の屈折率は1.5前後と高いため、LD端面の反射率が低下したこととビームの出射角が絞られたことによるものと考えています。

次に温度サイクル試験(233K/30min~358K/30min)によるLDのしきい値の変化を測定しました。温度サイクルの低温と高温の移動時間は昇温、降温共2分以内と熱衝撃に近い条件で行いました。図6に示すとおり1重封止、2重封止共サイクル数が370まで安定している事が確認できました。

同様に高温高湿バイアス印加試験(358K/85%RH、LD順方向20mA印加)によるLDのしきい値の変化を測定しました。上記と同様に図7に示すとおり1重封止型は徐々にしきい値の上昇が確認されましたが、2重封止型は1900hまで安定している事が確認できました。

プラスチックパッケージの場合ハーメチックシールができないため、水分が光素子付近に入り込む危険性は十分考えられます。特にシリコン樹脂は透湿性があるため危険性は増し1重封止型ではその影響が出たものと考えています。一方2重封止型では十分仕様に耐えうる事が確認できました。

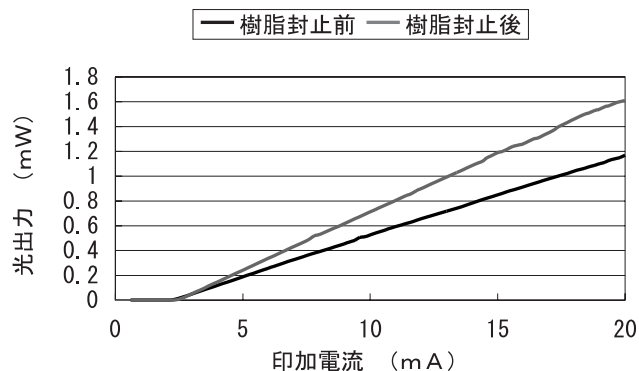


図5 樹脂封止前後のI-L特性

4 むすび

光モジュールの低コスト化実現のために実装工数及び部品材料コストを低減する事が必要です。実装工数に関しては3個の光素子をパッシブアライメントで実装した結果 x、z 方向で $\pm 1.5 \mu\text{m}$ 、y 方向で $\pm 1 \mu\text{m}$ の実装精度を実現しました。

また樹脂封止技術を使用したプラスチックパッケージに関しては、温度サイクル試験及び高温高湿バイアス印加試験においても特性の変化が見られず良好な結果が得られました。今後はシングルモードファイバを使用した光モジュール及び光素子以外に導波路チップも実装したWDMモジュールの開発を進めていきます。

[参考文献]

- 1) 加来 他：“シリコンV溝基板の開発,” 航空電子技報, No. 20,p68. (1997)
- 2) 宮下 他：“集積型光デバイス用ポリイミド導波路,” 航空電子技報, No. 22,p71.(1999)

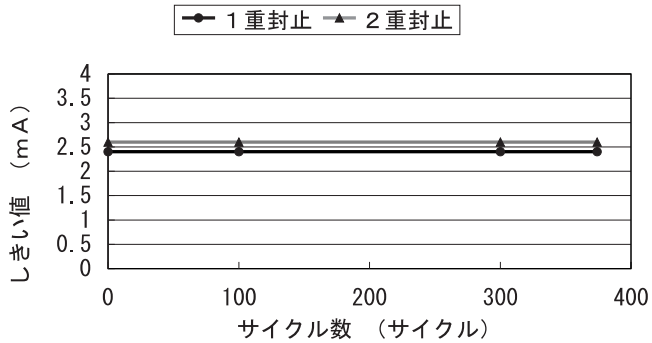


図6 温度サイクル試験結果

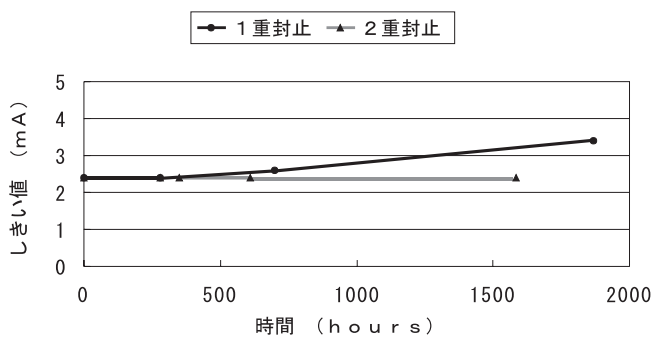


図7 高温高湿試験結果