

# 最近の技術から

## プレーナ光波回路による低損失 1×8 カプラー

山口 真史・須田 裕之

日本電信電話(株) NTT 光エレクトロニクス研究所 〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方白根 162

### 1. ま え が き

光加入系等の推進のためには、光信号の多重化や分配、結合、光路切り替え等の機能を有する各種光回路部品の開発が必要である。従来のバルク型やファイバ型光部品に対して、薄膜形成技術や LSI 加工技術を組み合わせたプレーナ光波回路(PLC)<sup>1)</sup>は、光回路素子の小型化、高機能化に適し、最近注目されている。NTT 研究所では、Si 基板上の石英系光導波路技術<sup>1)</sup>を用い、光分岐素子、光スイッチ、光波長多重用合分波器、光周波数多重用合分波器、リング共振器、などの各種回路素子を実現している<sup>2)</sup>。しかし、実用的 PLC 型光部品の開発のためには、導波路と光ファイバ間の低接続損失の接続等が重要な課題であった。

ここでは、YAG 溶接法による導波路-光ファイバの低損失接続技術を紹介すると共に、本技術を基に作製した低損失で小型な PLC 型単一モード 1×8 カプラーモジュールについて述べる。

### 2. 導波路-ファイバ接続について

表 1 に、これまでに検討されている導波路と光ファイバの接続方法の特徴を示す。直接接続法として、融着接続法が考えられるが、Si 基板の熱伝導率が良いため、導波路の溶融が難しいなどの課題がある。間接接続法と

表 1 導波路-光ファイバの接続方法の比較

接続方法	接続損失	多芯化	課題
直接接続	融着接続 ≤0.1dB/点	8~16	SiO <sub>2</sub> /Si の溶融が難しい
間接接続	YAG 溶接 ≤0.1dB/点 (V溝精度に依存)	16分岐以上 (V溝精度に依存)	部品点数削減が課題
	接着剤 同上	同上	高信頼接着技術が課題
	ガイド溝 ≤0.1dB/点 (ガイド溝に依存)	16分岐以上 (ガイド溝精度に依存)	ガイド溝へのファイバ挿入技術が課題

して、接着剤法、YAG レーザー溶接法、ガイド溝法などがある。ここでは、多芯化や自動化に有利な YAG レーザー溶接法<sup>3)</sup>を採用した。間接接続法の接続損失は、導波路と光ファイバアレイのコアの位置精度に依存する。光導波路と単一モード光ファイバ(スポット径 10 μm)の軸ずれによる結合効率の計算結果から、おのおののコア中心から 1 μm 以内の精度で光導波路と光ファイバを接続できれば、0.1 dB/点以下の接続損失の実現が可能であり、V溝等部品類の加工精度、調心が接続損失を左右する。

### 3. YAG 溶接による導波路-ファイバの接続

図 1 は、1×8 カプラーモジュールの作製工程を示す。1×8 スプリッターモジュールは、①入力ファイバ部、②石英導波回路部、③出力 8 本ファイバアレイ部、より成っている。入力ファイバ部は、入力ファイバが金属ブロックに接着固定され、出力ファイバ部は、V溝(ピッチ精度 ≤2 μm)に接着固定された 8 本ファイバアレイを金属ブロックに接着固定し、おのおの端面研磨した構造で

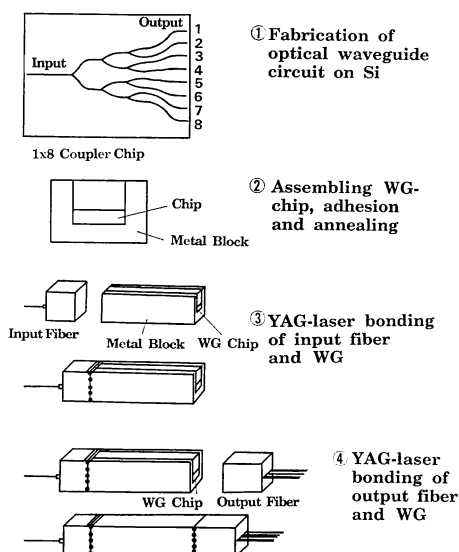


図 1 PLC 型 1×8 カプラーモジュールの作製工程

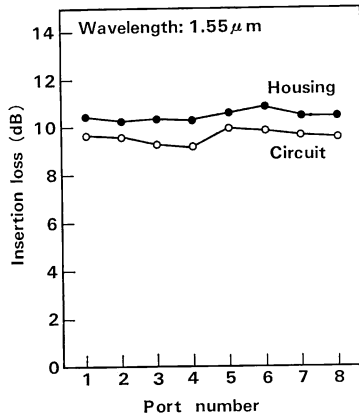


図2 代表的 PLC 型 1×8 カプラー回路およびモジュールの出力各ポートの挿入損失特性 (波長 1.55 μm)

ある。石英導波回路部は、石英導波回路チップを金属ブロックに接着固定し、両端面をおのおの研磨した構造である。PLC 型 1×8 カプラーの場合、両クラッド層厚は 20~22 μm、コア寸法は 8×8 μm で、コアとクラッドの比屈折率差は 0.25% である。分岐要素として、Y 分岐 3 段 (Y 分岐数 7) 構成を採用した。1 段の Y 分岐部の長さは 3 mm で、入力部が 2 mm、出力部が 15 mm の光導波回路で、Y 分岐部の分岐角は 1° 以下である。光導波路チップサイズは 26 mm×5 mm で、出力端の光導波路ピッチは、光ファイバアレイに合わせて 250 μm ピッチに設定した。

モジュール組立は、各々のサブモジュールを配列、調心し、横方向から YAG レーザー照射し、金属ブロック相互を溶接することによって行った。端面間には、空気との反射を防止するため、屈折率整合用マッチングゲリスを充填している。

#### 4. 1×8 カプラーモジュールの特性

図2は、代表的 1×8 カプラーモジュールの出力各ポート挿入損失特性 (波長 1.55 μm) を示す。図では、比較のため、モジュール化する前の 1×8 石英導波回路のみの挿入損失特性も示す。石英導波回路の平均挿入損失

は  $9.6 \pm 0.4$  dB (分岐損失 9 dB を含む) で、平均過剰損失は 0.6 dB である。過剰損失の要因として、光ファイバとの接続損失、伝搬損失 (約 0.1 dB/cm) を考慮すると、Y 分岐 1 段当りの散乱損失は 0.2 dB 以下と低く、鋭峻な分岐構造が実現している。また、ポート間の挿入損失のバラツキは  $\pm 0.4$  dB と小さい。実装後の 1×8 カプラーモジュールの挿入損失は、 $10.4 \pm 0.4$  dB であり、挿入損失面でファイバ型 1×8 カプラーと同等で、損失のバラツキや小型化 (体積でファイバ型の 1/100~1/1000) の点でファイバ型に比べて優れた 1×8 カプラーモジュールを作製できた。各出力ポートの偏差も 0.4 dB と良好で、実装による過剰損失は 0.3 dB/点程度で、YAG レーザー接続法により、再現性の良い導波路-ファイバの低損失接続が実現できた。今後は、V 溝の加工精度向上、調心の高精度化により、0.1 dB/点以下の低損失接続も可能である。

このほか、本カプラーは波長平坦性も良く、また、酸化セリウムによる各部品の端面研磨によりモジュールの反射減衰量 50 dB を実現している。さらに、熱サイクル試験の結果も良好であった。

#### 5. む す び

プレーナ光波回路のモジュール化を狙いとして、YAG レーザー溶接法を用いた導波路-ファイバの低損失接続を検討し (約 0.3 dB/点)、低挿入損失で小型な 1×8 カプラーモジュール (挿入損失  $10.4 \text{ dB} \pm 0.4 \text{ dB}$ ) を作製した

ファイバ型カプラーに比べて、小型で経済化が期待でき、分岐ポート数が 16、32 と増加するにつれ、PLC 型が有利である

#### 文 献

- 1) M. Kawachi, M. Yasu and T. Edahiro: Electron. Lett., **19** (1983) 583.
- 2) N. Takato, K. Jinguji, M. Yasu, H. Toba and M. Kawachi: J. Lightwave Technol., **6** (1988) 1003.
- 3) 小林壯一, 鬼頭 勤, 肥田安弘, 山口真史: NTT R&D. **39** (1990) 931.

(1990年7月30日受理)