

8 光インターコネクション用フィルム光導波路

Film-Optical Waveguides For Optical Interconnection

宮下 拓也	Takuya Miyashita	中央研究所	研究開発部
小峰 有美子	Yumiko Komine	中央研究所	研究開発部
請地 光雄	Mitsuo Ukechi	中央研究所	研究開発部 光ネットワーク技術エキスパート

キーワード：光通信，光インターコネクション，フィルム，光導波路，ポリイミド

要 旨

現在、マルチメディア社会の実現に向け光通信関連の研究開発が盛んに行われています。光ファイバ通信技術を中心に基幹系の整備が着々と進行する中でボトルネックとなりつつあるのが情報端末内の電氣的配線問題です。この問題解決の有力な候補が光インターコネクション技術であり、次世代配線部品として注目されてきているのがフレキシブルなフィルム状の光導波路です。

われわれは光インターコネクションへの適用を目的にフィルム光導波路の開発を行なっています。今回試作したフィルム光導波路(写真1)は300以上の半田耐熱性と光通信波長1.31 μm 帯での伝送損失が0.2～0.3 dB/cmの優れた特性を有することから次世代配線部品として高いポテンシャルをもつことが確認できました。今後は光インターコネクション分野への適用実現を目指します。

SUMMARY

Today, research and development related to optical telecommunications are rapidly proceeding in realizing a multimedia society. While the infrastructure for core systems using optical fiber technologies are being successfully developed, electronic wiring within information terminals is becoming an obstacle. Optical interconnection technology is a strong solution to this problem. There is much attention being part to flexible optical film waveguides for next generation wiring components.

We are targeting the development of optical film waveguides to be applied for optical interconnection. We have confirmed that the recently developed prototype of optical film waveguides (Photo 1) has excellent characteristics to thermal resistance more than 300 solder heat and transmission loss of 0.2 to 0.3dB/cm at 1.31 μm optical communication wavelengths. Therefore, the waveguide is ideal for the next generation of wiring components. We aim to realize the waveguides for optical interconnection applications.

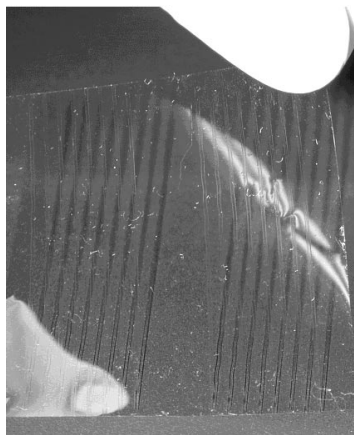


写真1 フィルム光導波路

1 はじめに

現在、光通信分野は成長の一途にあり、すでに光ファイバ網をインフラとしたデータの大容量 / 高速サービスが末端の加入者宅まで導入されてきています。

この大容量データを処理するためには各種の情報端末(コンピュータ等)が必要とされます。情報量の増大に伴い端末内のLSIは高性能化されてきていますが、ボトルネックとなりつつあるのが電氣的配線による遅延や配線密度の物理的な限界です。

これらの問題を解決する有力な候補が光インターコネクション技術であり、この分野の研究開発は国内外で盛んに行われています⁽¹⁾。光インターコネクションではOpt / Electronic-Multi Chip Module(以下O/E-MCM)を実装基板として従来の電気配線を光配線に置き換える基本構成をとることになります。この光インターコネクションで次世代配線部品として注目されているものの1つがフィルム状の光導波路であり、従来の光ファイバやリジッドな光導波路では困難だったフレキシブルかつ高密度な光配線を可能にします。本稿では光インターコネクション用として開発したフィルム光導波路について述べます。

2 フィルム光導波路を用いた光インターコネクションの構成と要素技術

図1にフィルム光導波路の基板内への適用例を示します。図1はプリント基板に直接フィルム状の光導波路を貼り合わせたもので、従来のO/E-MCM基板の課題であった基板の凹凸や反りなどに苦慮する必要がなく簡易に基板内の光配線化を可能にします。ここではフィルム光導波路の作製技術とO/E-MCM基板への高精度実装技術の開発がポイントとなります。

写真2にフィルム光導波路の基板間への適用例を示します。適用例では基板間をフィルム光導波路で配線接続して多チャンネル / 高密度な光信号を並列伝送しています。光源には動作電圧や駆動電流が低く、電子回路との集積に適している面発光型レーザーアレイが使用されています。このレーザーアレイは基板と垂直方向に光を出射するため実装上、基板外に信号を取出すには結合部で光路を直角に変換する必要があります。フィルム光導波路を基板間の光配線部品に適用するには、結合部での光路変換を効率良く行なう技術が求められています⁽²⁾。

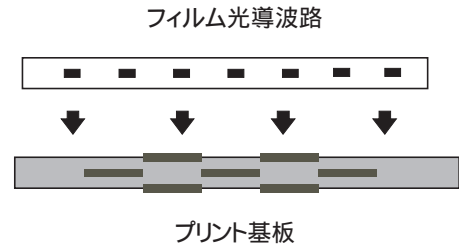


図1 フィルム光導波路を使用したO/E-MCM基板

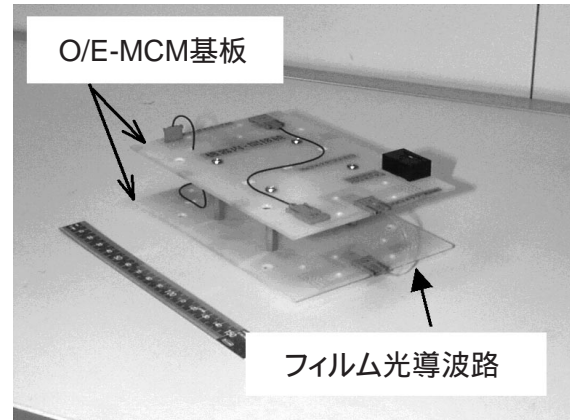


写真2 フィルム光導波路を使用した基板間光配線

3 フィルム光導波路の開発指針

フィルム光導波路の開発においてはO/E-MCM基板上での半田耐熱性(300℃以上)と光通信波長 $1.31\mu\text{m}$ / $1.55\mu\text{m}$ の両波長帯に対する透過特性が重要な要素となります。そこでわれわれは高耐熱性のポリイミドを基本材料としたフッ素化ポリイミドを採用し $1.31\mu\text{m}$ / $1.55\mu\text{m}$ の両波長帯に対して低損失なシングルモード・フィルム光導波路の開発に着手しました。このフッ素化ポリイミドを使用した光導波路は現在当社にてWDM(Wavelength Division Multiplexing)用途に開発が進行中で、高い耐熱性380℃と透明性 $0.3\text{dB}/\text{cm}@1.31\mu\text{m}$ 、 $0.5\text{dB}/\text{cm}@1.55\mu\text{m}$ が得られています⁽³⁾。このWDM用光導波路のプロセスを応用して、われわれはフィルム光導波路を試作することにしました。基本的にポリイミドを導波路にするには基板への成膜が必要で、WDM用光導波路チップは信頼性上、基板との高い密着性が要求されています。しかしフィルム光導波路においては基板上に導波路を作製した後に剥離してフィルム化する必要があります。すなわちフィルム光導波路を試作するには導波路作製時の基板との密着性とフィルム化のための剥離性を両立させなければなりません。そこでわれわれは基板とフィルム光導波路の間に犠牲層を設けて、この問題を解決することにしました。

4 フィルム光導波路の試作結果

開発したフィルム光導波路は

- ・ 60 × 60mm の外形寸法
- ・ 主に直線シングルモード (SM) 導波路を 0.25mm ピッチで並列配列
- ・ フィルム光導波路のコアと基板とのアライメント用マーカーを同時に形成し、プリント基板と容易に位置合わせができる設計にしました。

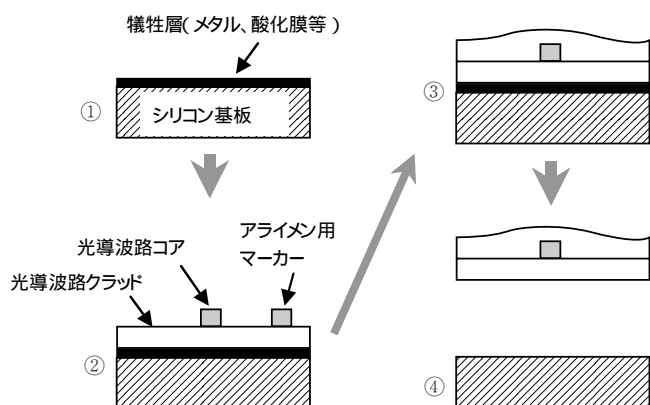


図2 フィルム光導波路の試作工程

図2にフィルム光導波路の試作工程を示します。基材としては凹凸がなく平坦でWDMにも用いているシリコン半導体基板を選択しています。

- ① 最初にシリコン基板に犠牲層(メタル、酸化膜等)を設けます。
- ② ①の基板上にスピンコート法により導波路のアンダークラッド層とコア層を成膜します。
つづいてフォトリソ/エッチング工程を経て光導波路コアを形成します(この時実装用アライメントマーカーもコア層に同時形成します)。
- ③ 形成した光導波路のコア上にオーバークラッド層を成膜すると基板上に埋め込み型の光導波路ができあがります。
- ④ ダイスングソーで所定のサイズに切断後、犠牲層をエッチング除去するとフィルム状の光導波路が完成します。

ここでフィルム化工程④が悪いとフィルムが丸まったり、折れ曲がったり、最悪の場合溶けたりすることから犠牲層の選択と除去方法が重要なノウハウとなります。今回の試作ではそうした現象は一切発生せず、良好なフィルム化工程を確立することができました。完成したフィルム光導波路はコア寸法 $7 \times 7 \mu\text{m}$ / 比屈折率差 0.3% / フィルム厚み $40 \mu\text{m}$ の設計値通りに試作することができました。

このフィルム光導波路に $1.31 \mu\text{m}$ のレーザー光線を入射

させ導波路出射端面の近視野像を評価しました。その結果、試作した導波路はシングルモードであることが確認できました。さらに $1.31 \mu\text{m}$ 帯での伝送損失を評価した結果、 $0.2 \sim 0.3 \text{ dB/cm}$ の優れた特性が得られました。

つづいて基板間光接続用のフィルム導波路についても試作検討を行いました。写真3はフィルム化直前に導波路端面をほぼ 45° に形成した試作品で、コア側面方向から観察した写真です。面発光レーザーによる光信号はこの端面で光路が直角に変換され導波路コアを伝播します。ただしこの構成で光路は直角に変換されるものの、面発光レーザーとフィルム導波路の結合効率に関しては課題が残ります(図3-1)。

フィルム光導波路

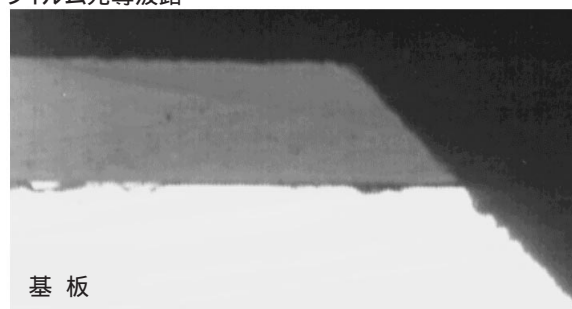


写真3 光路変換用フィルム光導波路

フィルム光導波路

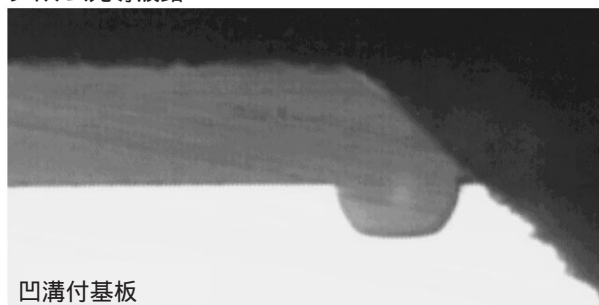


写真4 レンズ付 / 光路変換用フィルム光導波路

われわれは面発光レーザーとフィルム導波路の結合効率を上げるため図3-2のようにレンズ機能を付加することが望ましいと考え、導波路のクラッドで集光機能をもたせたレンズ付 / 光路変換用フィルム導波路を試作しました。基板にレンズ形成用の凹溝を設け、②工程時に導波路コアと凹溝の中心が一致するようにアライメントする以外は上記とまったく同一工程で簡易に凸レンズがフィルム光導波路に転写できました。写真4は写真3のサンプルにレンズ機能を付加したもので、レンズと導波路コアの中心位置が露出するように側面方向から観察した試作写真です。集光レンズの最適設計に関しては使用するレーザーのスポットサイズやフィルム導波路とレーザーの実装距離等により任意に定めることができます。

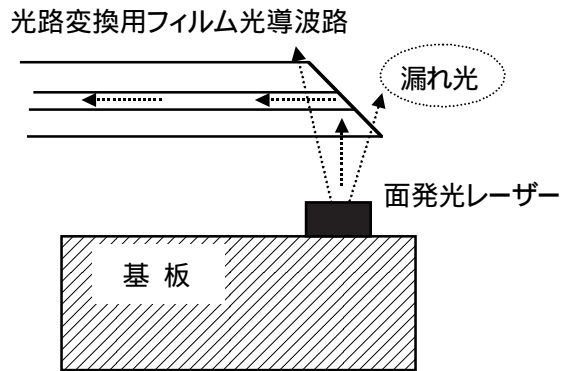


図 3-1 光結合部のイメージ 1

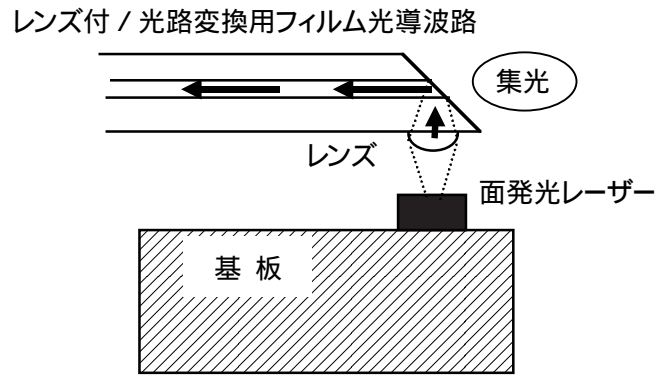


図 3-2 光結合部のイメージ 2

4 むすび

光インターコネクションへの適用を目的にフィルム光導波路を開発しました。試作したフィルム光導波路は次世代光配線部品として高いポテンシャルを持っていることが確認できました。今後は光インターコネクションへの適用実現を目指します。

[参考文献]

- (1) 情報処理 Vol.41 No.9 通巻427号 p.1001 (2000)
- (2) 碓氷 他“ 並列光インターコネクションモジュール用多チャンネル光インターフェース構成技術 ” 信学技報 EMD98-70 p.19 (1998)
- (2) M.Ukechi et al. “ Polimide Waveguides Equipped with Dielectric Multilayer Filter ” IEICE Vol.E83-C No.9 p.1458 (2000)