

マルチモードポリマー光回路作製及び評価法の研究

東北大学多元物質科学研究所有機系応用システム研究分野

杉原 興浩

はじめに

通信及び情報処理の分野で高速化・広帯域化が進展しており、FTTH に代表されるように光ネットワークがアクセス系より先まで延びている。今後も通信の大容量化に伴い、光はマンション・家庭内、さらには自動車内にも普及、利用されるようになる。末端系での光ネットワークは、幹線系でのガラスシングルモードファイバーとは異なり、大口径のプラスチック光ファイバー(POF)網が有力な候補である。その際に、末端に分岐するゲートウェイシステム、特にアクセス系→FTTH でのシングルモードファイバーと POF とのメディアコンバーター用光回路や光の合分岐・合分波等の光回路が必要となる。これらの用途で使用される光回路は、経済性が非常に重要となり、低温プロセス・加工容易性という特長を有する有機ポリマー材料を用いた光部品作製が必要不可欠である。

本研究では、上記分野に光通信ネットワークを巡らすために必要なポリマー光回路の研究開発を行うことを目的としている。POF 対応の大口径マルチモードポリマー光導波回路の簡便な作製方法の提案実証と、更なる経済化を目指したマルチモード光導波路の簡便な評価技術の提案実証を行った。

研究内容

以下の2項目について研究を行っている。いずれも次世代の FTTH やホームネットワーク、車載ネットワークに使用するための経済性に優れたポリマー光回路の研究開発要項である。

(1) 熱エンボス法を用いた POF 対応ポリマー光導波路作製

POF 対応大口径ポリマー光導波路作製方法として、量産性に優れた熱エンボス法を適用した。光導波路作製だけでなく、POF との接続（実装技術も高コストであり、実装コストの削減も重要である）も簡便に行えるよう、ファイバーガイド溝も導波路作製と同時に一括作製を行った。

(2) マルチモードポリマー光導波路簡易評価技術の開発

マルチモードポリマー光導波路について、精確かつ簡便な評価技術の開発を目指して、簡易評価手法・評価チップを提案・開発した。評価チップは光導波路基本エレメントである直線・曲線・分岐形状を迅速に測定することができ、実際の光回路の最適設計に有効である。

研究成果

(1) 熱エンボス法を用いた POF 対応ポリマー光導波路作製

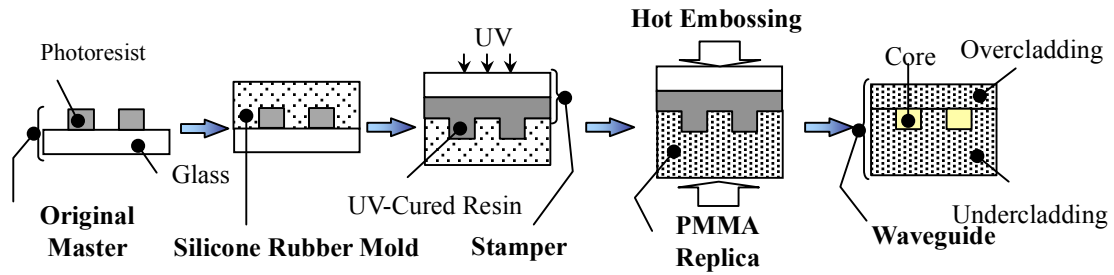


図1 熱エンボス複製技術による大口径光導波路作製プロセス

図1に熱エンボス複製プロセスを示す。ネガ型厚膜フォトリソを露光・現像することにより、500 μm あるいは1000 μm 径のリッジオリジナル型を作製した。次に、シリコンゴムおよびUV硬化エポキシ樹脂にオリジナル型パターンを2回転写することにより、スタンパーを作製した。スタンパーに使用するエポキシ樹脂は、後の熱エンボス工程に適應できるように、200 $^{\circ}\text{C}$ 以上の耐熱性と十分な機械的強度を有する樹脂を選択した。ポリメチルメタクリレート (PMMA) 基板とスタンパーを130 $^{\circ}\text{C}$ に加熱し、50kgfで基板にスタンパーを押し付けることにより、PMMAレプリカを作製し、光導波路の下部クラッドとした。次に、透明性を有する別のUV硬化エポキシ樹脂モノマーをPMMA溝内に充填し、UV照射することにより重合固化させてコアとした。さらにその上から上部クラッドを塗布して光導波路を作製した。以上の工程により、コア径500 μm 、1000 μm の大口径光導波路を作製した。

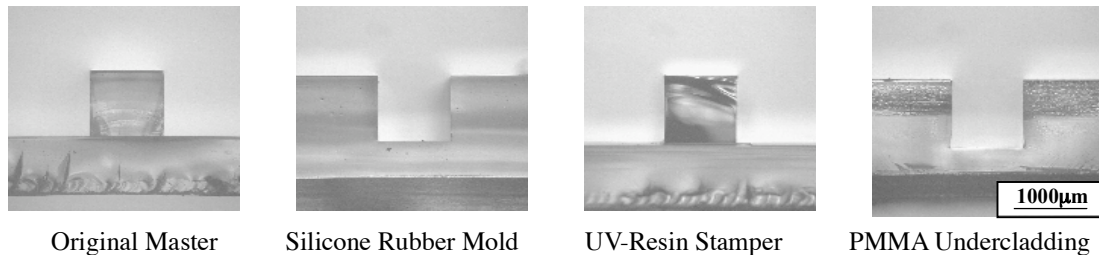


図2 各転写工程における大口径光導波路の断面顕微鏡写真

図2に各転写工程での作製パターン(1000 μm 径)断面顕微鏡写真を示す。各工程での凹凸パターン転写が精度良くできていることが分かる。作製した光導波路をカットバック法により測定した導波損失は、PMMA系POFの通信波長である650nmにおいて、0.1~0.2dB/cmと低損失であった。

また、作製した光導波路とPOFを簡便かつ低損失で結合するために、オリジナル型にPOFをパッシブアライメント(光を伝搬させないで調芯)するためのファイバーガイド構造を形成し、その一括形成を試みた。オリジナル型を作製する工程において、光導波路コア部とファイバーガイド部のパターンを同一の型基板上に持つフォトマスクを用いることで、図3(a)に示すようなフォトリソ型を作製した。この型から上述の作製工程を経て、光導波路コア部用溝とファイバーガイド部用溝を同時に備えるPMMAレプリカ(図3(b))の作製を実現した。このPMMAレプリカのファイバーガイド部用溝にPOFを設置後、コア部用溝にコア材料であるUV硬化樹脂を充填、露光することでコア形成し、さらにコアを覆うように上部クラッドを形成することで、POFを光導波路に固定し、POFを接続した高分子光導波

路を簡単に作製することが可能となった。

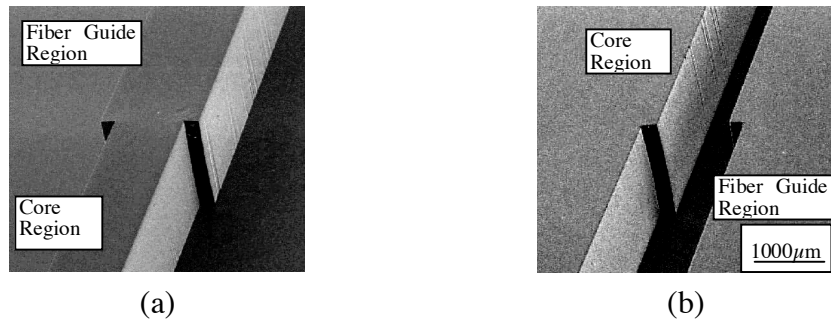


図3 (a)一括形成用オリジナル型

(b)PMMA レプリカ

(2)マルチモードポリマー光導波路簡易評価技術の開発

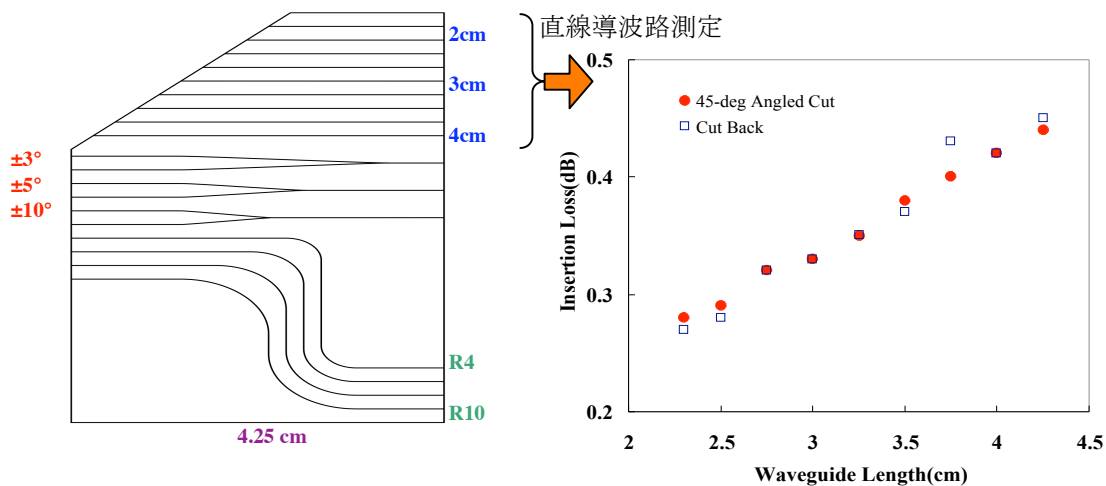


図4 提案した評価チップ形状および直線導波路の伝搬損失結果

これまで、いくつかの簡易作製法によって形成したマルチモードポリマー光回路の評価方法が一貫しておらず、各プロセスに最適な回路形状を設計・製作するのに膨大な時間・コストを費やしていた。そこで、本研究では、マルチモードポリマー光回路の簡易評価技術として、簡易評価チップを提案・開発し、簡易作製法によって形成した評価チップを測定評価することにより、最適な光回路形状を簡便に設計できる技術を開発した。評価チップの形状は図5の通りであり、光回路に必要な基本エレメントである直線、曲線、分岐回路から構成される。直線導波路については、45度でダイシングすることにより、導波路アレイの長さを徐々に変化させて伝搬損失を測定することができる。測定結果は、グラフに示す通り、通常のカットバック測定と同じ伝搬損失値（45° カット法：0.08dB/cm、カットバック法：0.09dB/cm）であった。カットバック法では数回のダイシングと調芯が必要であるが、提案した45度カット法では1回のダイシングで良いため、測定時間が1/5に短縮でき

た。また同じチップ上に様々な曲率の曲げ構造と様々な角度の分岐構造を有しており、それらを一括測定することにより、各簡易作製法に最適な曲率や分岐構造を短時間で評価することができる。よって各エレメントを組み合わせることによって、最適な光回路を短時間低コストで設計・製作できる。

また、マルチモード光導波路の測定評価は、入力モード状態に大きく依存するため、入力条件を変化させて評価チップの測定を行った。POF を用いた近視野像、遠視野像の測定から、高分子光回路を評価するために用いる光源として、LED 光源（またそれと同等のモード分布を有する光源とモードスクランブラーの組み合わせ）が最適であることを見出した。これらのマルチモード光導波路評価について、現在入力条件も含めた測定標準化作業を行っている。

まとめと展望

新技術によって経済的な光回路が開発されれば、光のメリットが発揮できる情報伝送・処理技術の爆発的普及が期待される。特に末端系光情報通信システムでは光部品の使用量が多く、これからの集合住宅の光化を含め、低価格化に対する要求が強い。このため、光回路の製造加工・評価技術の簡略化が急務である。ポリマーを用いることにより、光回路及び実装用アライメント溝等を一括で形成可能であり、また成形加工等の量産性に優れた作製法が期待できるため、経済性に優れた光回路の実用化が加速される。また、提案した簡易作製法は、ポリマー光回路の発展版である将来的な高速スイッチや光増幅機能を有する機能性ポリマー光回路にも適用できる基礎的技術である。さらに、現在マルチモードポリマー光導波路作製技術はいくつか提案されているが、その評価技術については一貫性がなく、精確かつ簡便な評価技術がないのが現状である。そこで、精確かつ簡便な評価技術の開発を目指すことは、学術的にも実用的にも重要である。以上の如く、マルチモードポリマー光導波路の簡易作製技術と簡易評価技術の開発を行うことは、情報通信産業分野の発展に寄与できる。