

# モスキート法で 円形シングルモードポリマー導波路を作製

高帯域シングルモードファイバは、シリコン (Si) フォトニクス回路のシングルモード性に適しており、データセンターではフォトニクス対応のチップ間を高速に接続する。しかし、これらのファイバと光チップとの接続は、簡単に製造できるタイプのシングルモード光導波路を用いれば容易になる。

ポリマー導波路は、フォトリソグラフィやUVインプリンティングを含め、製法が多様なため、この目的に役立つ。とはいえ、上の方法を使って名目上シングルモードポリマー導波路を造ることはできるが、円形シングルモードポリマー導波路の作製はもっと難しい。

慶応大とファーウェイ・テクノロジーズ・ジャパン社 (Huawei Technologies Japan) のエンジニアが現在、い

わゆるモスキート法を使って高品質円形シングルモード導波路をポリマーで作ろうとしている。目的は、1310nmと1550nm波長での利用である<sup>(1)</sup>。モスキート法は、当初はマルチモードポリマー導波路作製のために開発され、針で導波路を形成する方法にちなんでそのように名づけられている。

基板を濃いモノマー液で被覆することから始め、別のより高屈折率の液体モノマーを満たした注射針を被覆して挿入して動かす。これは第2のモノマーの糸を最初のモノマーの中、被覆面の下に一定の距離で堆積させるためである(図1)。その複合構造はUV光で硬化する。研究者によると、全工程は、5cm長、12チャンネルのシングルモードポリマー導波路構造の作製に15分前後かかる。

## モスキート法による シングルモード

研究チームは、コアとクラッドに2つの異なるバージョンのシリケートベース有機/無機ハイブリッドレジンを使用、2つのバージョンの屈折率差は約0.6%だった。レジンは、SUNCONNECTという、日産化学工業社が開発したもので、ハンダリフロープロセスの熱にさえ耐える熱安定性がある。

モスキート法を使って、オリジナルのマルチモード導波路ではなく、シングルモードを造るために、研究チームはコアモノマーへの吐出圧を下げ、針のスキャン速度を増し、使用する針を細くした。データから、コア径は針のスキャン速度の二乗根に反比例することがわかっていた。針のスキャン速度を

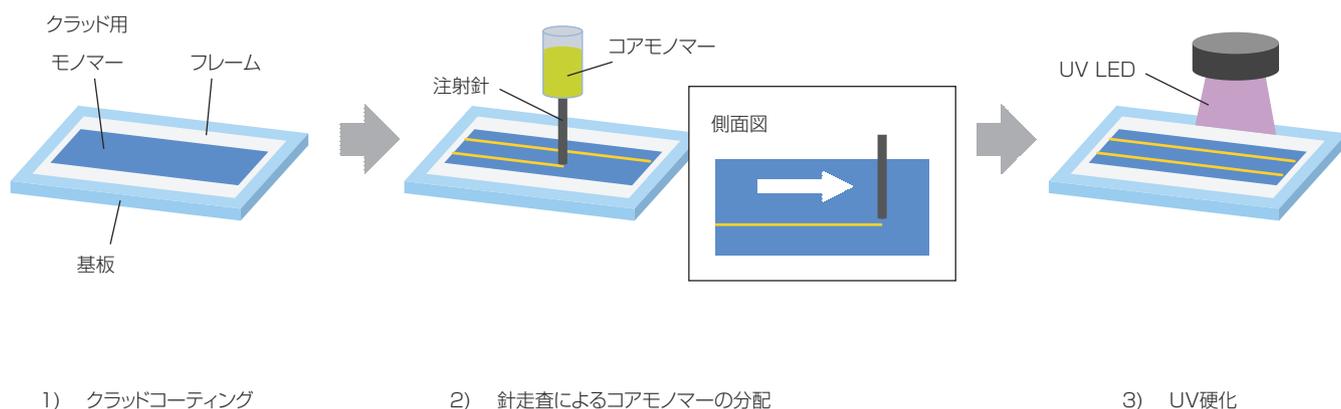


図1 モスキート法では、シングルモード導波路は相対的に高屈折率の液体モノマーを低屈折率液体モノマーに注射針を動かしながら注入することで作製される。その工程を繰り返すことで並列導波路が作製され、そのアセンブリは次にUV光で硬化される。

十分に速くすることで、 $5\mu\text{m}$ のコア径が可能になった。設定したスキャン速度は $40\text{mm/s}$ 、これにより $7.9\mu\text{m}$ のコア径となり、12波長が $254\mu\text{m}$ 間隔となった。

導波路の近視野強度プロファイルは、 $1310\text{nm}$ と $1550\text{nm}$ 波長では、それぞれモードフィールド径(MFD) $8.27\mu\text{m}$ と $9.47\mu\text{m}$ のガウシアンプロファイルに一致する。比較のために、標準シングルモードファイバのMFDも計測した。 $1310\text{nm}$ と $1550\text{nm}$ 波長それぞれで $6.41\mu\text{m}$ および $7.36\mu\text{m}$ だった。

作製した導波路の伝搬損失も、カットバック法を使って計測した。この方法では同じ導波路のさらに短尺のものを評価し、損失も計算する。伝搬損失

は、 $1310\text{nm}$ と $1550\text{nm}$ 波長でそれぞれ $0.29$ と $0.45\text{dB/cm}$ だった。いずれも非常に低損失であり、コア・クラッド境界は滑らかであり、散乱は最小化されている。

挿入損失と結合損失は、導波路に標準シングルモードファイバを結合し、屈折率整合液を使用せずに計測した。挿入損失(結合損失と導波路自体の損失を考慮している)は、 $1310\text{nm}$ と $1550\text{nm}$ でそれぞれ $2.52\text{dB}$ と $4.03\text{dB}$ 、一方、結合損失は $1310\text{nm}$ では先端で $0.5\text{dB}$ と推定、これにはフレネル反射損失が含まれる。 $0.5\text{dB}$ 損失でのファイバと導波路のミスアライメント許容度は、計測により $1310\text{nm}$ と $1550\text{nm}$ それぞれで約 $\pm 1.5\mu\text{m}$ 、 $\pm 2.0\mu\text{m}$ だった。

また、12チャンネル導波路アレイを $1\times 16$ チャンネル光スプリッタと $127\mu\text{m}$ ピッチで結合した。これは12チャンネルアレイのハーフピッチの半分であり、デバイスの形状のために、8チャンネルしか接続できなかった。接続された8チャンネルは高強度を示していた。

最後に、 $5\text{cm}$ 長ポリマー導波路アレイ狭ピッチバージョンのクロストークを評価した。 $30\mu\text{m}$ ピッチではクロストークは $-30\text{dB}$ 以下であったが、 $20\mu\text{m}$ ピッチではクロストークは $-10\text{dB}$ オーダーと高かった。原因は恐らくモード結合と考えられる。(John Wallace)

#### 参考文献

(1) K. Yasuhara et al., Opt. Express (2017); <https://doi.org/10.1364/oe.25.008524>.

LFWJ

## 光産業技術マンスリーセミナー



Optoelectronics Industry and Technology Development Association

### プログラム (8~9月)

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第411回 8月22日(火) 15:30-17:30	「近赤外分光計測の過去・現在・未来」 講師：土川 覚氏 (名古屋大学大学院)
第412回 9月19日(火) 15:30-17:30	「光学迷彩 歴史の裏の物語」 講師：雨宮 智宏氏 (東京工業大学)

- 場所 一般財団法人光産業技術振興協会
- 定員 各60名
- 参加費 光協会賛助会員：1,500円(税込み) / 一般参加：3,000円(税込み)  
※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。

- 申込方法 オンライン申込フォーム >>> [http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly\\_postmail.html](http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html)
- 申込締め 定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合にはWeb上にその旨を掲載します。

### 問い合わせ先

一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当 間瀬、潮田  
〒112-0014 東京都文京区関口1-20-10住友江戸川橋駅前ビル7F TEL:03-5225-6431 FAX:03-5225-6435  
E-mail: mly@oitda.or.jp URL: <http://www.oitda.or.jp/>