

## ノート

## 低コスト化を目指す基板上光通信路の実装技術

山口 隆志<sup>\*1)</sup> 大原 衛<sup>\*1)</sup> 武田 有志<sup>\*2)</sup>

## Development of low-cost fabrication technology of optical waveguides on a circuit board

Takashi Yamaguchi<sup>\*1)</sup>, Mamoru Ohara<sup>\*1)</sup>, Yuji Takeda<sup>\*2)</sup>

キーワード：光配線，光導波路，ディスペンサ

Keywords：Optical interconnection, Optical waveguide, Dispenser

## 1. はじめに

スマートフォンなどのモバイル端末やネットワーク機器といった近年の電子機器において、処理能力の高速化に伴う発熱や配線の高密度化によるノイズ，伝送データの大容量化による配線スペース増大が問題となっている。これらの問題を解決する手段として，光導波路を介した光信号によりチップ間またはチップ内通信を行う光配線の実用化が進められている<sup>(1)</sup>。

光導波路の実装方法には主に，ドライエッチング法や転写法，露光・現像法，フォトリソ法などが用いられている<sup>(1)</sup>。しかしいずれの方法も，高額で大規模な製造設備を必要とし作業工程も多岐に渡るため，大手企業や一部の専門メーカー以外が扱うことは困難である。これに対し，ニードル先端から空気圧によって材料を吐出させるディスペンサを利用して光導波路を低コストで実装する方法が考えられる。ディスペンサの利用には下記の利点がある。

- (1) 装置の価格が低コストであり，卓上サイズのため設置用の特別なスペースも必要としない
- (2) 薬品を使って不要な部分を除去する工程がないため，実装済み基板に対して周囲の素子に影響を与えることなく後から光導波路を形成可能である
- (3) 多目的な汎用装置であるため，光導波路の実装だけでなく基板のコーティングや金属ペーストを使った電気配線の実装にも使用できる

本研究では，ディスペンサによる光配線の実装技術を確立することで，これまで光デバイスに携わっていなかった基板メーカー等の参入を容易にし，産業界における光配線製品開発の促進を図ることを目的とする。

## 2. 実装実験

光導波路の実装は，基板に表面処理（異物除去とエタノー

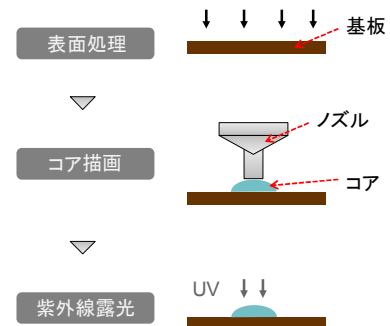


図1. ディスペンサによる実装例

ル洗浄)を施した後，光が伝搬するコアとなる紫外線硬化樹脂をディスペンサで実装し，紫外線露光するという工程で行う（図1）。

本研究で用いた実装環境は，ディスペンサ本体（武蔵エンジニアリング株式会社製，MS-1D）とノズル制御ロボット（同，SM200DS），温調ユニット（同，TB-5C），制御用コンピュータ（Dell製，Precision M2300）で構成されている。ディスペンサは，外部のエアコンプレッサーから送られてくる空気圧を調整し，ノズルから吐出する材料の量を制御する。ノズル制御ロボットがPCで設定した描画パターンに従いディスペンサと連動してノズルを動かすことにより光導波路の実装を行う。実装される導波路幅は，主に吐出圧力とノズル内径，基板の濡れ性によって決まる。

紫外線硬化樹脂は，粘度が $2 \times 10^4 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ で屈折率が1.522のものを用いた。材料はアクリル系でできており，紫外線に対する反応剤が含まれている。また，電子回路で一般的に用いられているガラスエポキシを基板材料として選んだ。

ディスペンサを光導波路実装装置として用いるためには，基板上に同じ形状を安定して形成できることが求められる。基板に吐出された材料の形状は接触角に依存する。基板上のどの場所においても接触角が等しければ，実装された光導波路は概ね同じ線幅や高さになる。材料として水

事業名 平成24年度 基盤研究

\*1) 情報技術グループ

\*2) 生活技術開発セクター

を使った場合における接触角の測定結果を表 1 に示す。測定箇所は中央と四隅の 5 点とした。液滴の体積は  $1 \mu\text{l}$  であり、滴下後 1 秒後に測定を行った。表 1 より、どの場所においても接触角は  $86 \pm 1^\circ$  以内の値を示していることが分かる。したがって、基板上のどの場所においても同じ形状の光導波路を実装可能であるといえる。

光導波路の線幅や高さとの関係を明らかにするため、試験品を作り粗さ測定機を用いて断面形状の測定を行った。図 2 は、ノズルの移動速度  $V$  を変化させた場合に断面形状の変化を表したものである。ノズル内径と吐出圧力はそれぞれ  $0.18 \text{ mm}$  と  $0.5 \text{ MPa}$  に固定した。図 2 より、試験品の線幅は約  $0.4 \text{ mm}$  から  $1.5 \text{ mm}$ 、高さは約  $0.05 \text{ mm}$  から  $0.16 \text{ mm}$  の範囲内であることが分かる。光導波路の寸法は、主にノズルの内径に依存するが、ノズルの移動速度を変化させることによって制御可能である。

### 3. 通信実験

ディスペンサにより実装した光導波路が実際に信号を伝送可能であることを検証するため通信実験を行った。図 3 に通信実験の接続図を示す。光導波路の長さは、基板上的通信における実用性を考慮し直線  $10 \text{ cm}$  とした。ファンクションジェネレータにより生成した矩形波で LED (浜松ホトニクス株式会社製, L10881) を点滅させ、光導波路内を伝搬した光をフォトダイオード (同, S7727) で光電変換し、オシロスコープで波形を観測した。光導波路への光の入出力は、光導波路の端部を研磨し、各素子と直接接触させることで行った。図 4 は、 $100 \text{ Mbps}$  の通信を想定し点滅の周波数を  $50 \text{ MHz}$  とした場合におけるオシロスコープの入出力波形である。図中の上段が入力波形であり、下段が出力波形を表している。図より、入力した矩形波と同相の出力波形を観測できていることが分かる。

本研究で行った通信実験では、伝搬損失等については明らかになっていない。また、光導波路の入出力部分における損失も考慮していない。今後は、光導波路の性能を正しく評価する方法の確立についても検討していく。

### 4. まとめ

低コストに光回路を実現する方法として、ディスペンサを利用した光導波路の実装について検討した。アクリル系の樹脂を  $10 \text{ cm}$  の長さで直線状に基板へ実装し、両端に発光素子と受光素子をそれぞれ設置することで通信が可能であることを確認した。今後は、実用性を高めるため、曲げや合流、分岐構造について研究を進める。また、光導波路の入出力部におけるエネルギー損失を減らすため、光ファイバ等を並べて実装した時に生じる結合現象の利用を検討する。

(平成 26 年 7 月 7 日受付, 平成 26 年 8 月 8 日再受付)

表 1. 基板上の接触角

表内文字	時間 [ms]	体積 [ $\mu\text{l}$ ]	接触角 [ $^\circ$ ]
中央	1,000	1	86
右下	1,000	1	86
左下	1,000	1	87
右上	1,000	1	85
左上	1,000	1	87

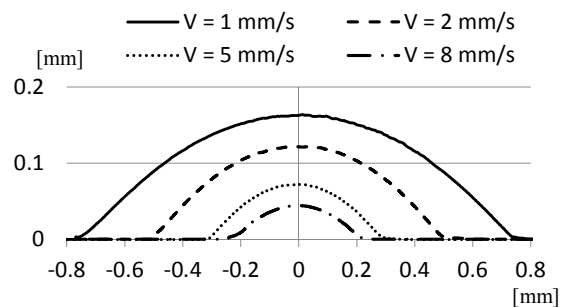


図 2. ノズル移動速度と断面形状

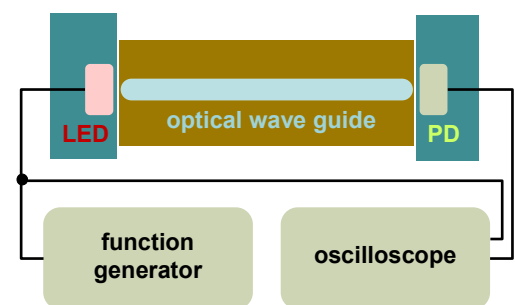


図 3. 通信実験の接続図

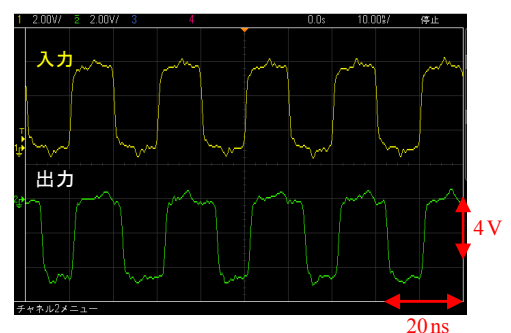


図 4. 入出力波形

## 文 献

- (1) 三上修:「光配線実装技術ハンドブック」, オプトロニクス社 (2008)
- (2) 相馬, 石樽:「ディスペンサを用いた円形 GI 型コアポリマー並列光導波路の作製」, 第 26 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会公演論文集, 9C-04, pp. 275-276 (2012)
- (3) 石田格:「光電気複合配線板とその製造方法」, 特開 2009-145647 (2009)