

## 光集積回路への配線用高密度光ファイバならびに機械学習を用いた画像認識による自動調心法に関する研究

Study of the high-density optical fiber for wiring to photonic integrated circuits and its automatic alignment method by image recognition using machine learning

喻 弘歴 (Hongli YU)

This study is mainly focused on automatic optical assembly of high-density photonic integrated circuits (PIC). We proposed a multi-core fiber with double core structure (MDCF) for high-density wiring on PIC. In this time, we report on three items as below. Firstly, we evaluated the double-core optical fiber (DCF) based on the proposed design and confirmed its fundamental performance such as the mode field conversion. Secondly, as for the automatic optical assembly system, we have demonstrated a proposed approach to predict the fiber position based on image recognition using visible light and machine learning, and showed the feasibility of this approach. Thirdly, to realize high-density optical wiring on PIC, we designed a compact grating coupler for high-density PIC layout.

### 1. 研究内容

近年、集積度が進展する光集積回路 (PIC) において、光ファイバ接続工程の簡易化・低コスト化が課題となっている。本研究の主たる目的は、高密度光集積回路への光接続工程の自動化である。この目的を実現するために、この目的を実現するために、以下の3つの観点から研究を進めてきた。第1に、高密度に PIC へ接続可能な高密度配線用光ファイバの実現である。これまで、マルチ二重コアファイバ (MDCF) を提案し、その特性の解析ならびに試作品の評価を実施してきた。第2に、上記光配線用ファイバの PIC への接続工程の自動化の実現である。これまで、従来の信号光のパワーをモニターする調心方法とは異なる、可視光の回折を画像認識と人工知能を利用することによって、光ファイバの位置を推定する調心方法を提案し、その実現可能性を検証してきた。第3に、PIC 上への高密度配線を可能とする従来と比べてコンパクトな光入出力用回折格子 (Grating Coupler, GC) の実現である。これまで、従来比で 1/5 程度に小型化した入出力用 GC を設計し、これを用いた PIC を試作した。

### 2. 進捗状況

#### 2.1 マルチ二重コアファイバ (MDCF)

前年度までは主に MDCF による高密度配線の提案と解析ツール RSoft を利用した MDCF の構造設計と最適化を行った。今年度は、その設計に基づき二重コア構造を有する光ファイバの試作を行った。図1に試作した光ファイバのテーパ部分を示す。モードフィールドの小さな高 $\Delta$ ファイバ (図1右) を用いて光結合効率の評価を行った。その結果、試作した光ファイバはテーパ構造によって所望のモードフィールドに変換されていることを確認し、結合損失と過剰損失を含めたパワーロスは約 1dB になる事が分かった。これにより、本ファイバは PIC への高密度配線に有用であることを確認した。

## 2.2 自動調心システム

前年度まではは可視光の回折光現象を利用した位置情報の可視化手法を提案と Lumerical 社の解析ツールを使用して、提案内容を解析し、回折光現象のシミュレーションを行った。次に、PIC を用いて提案方法の検証を行い、その妥当性を確認した。今年度は、前年度の結果を基に、自動化に向けた可視化した位置情報のデジタル化の検討を行った。回折光の画像認識に機械学習を取り入れ、ラフサーチ時の位置予測が出来る予測モデルの立ち上げを行った。図 2 にその結果を示す。縦軸が真のクラスで、横軸が機械が予測されたクラスである、機械予測における正解率は 87% と自動化に向けた実現可能性を示すとともに、今度の課題を整理した。

## 2.3 コンパクトグレーティングカプラ

高密度な MDCF によって光配線間ピッチを減少させることができるため、PIC 上においてもより高密度に GC を配置する必要がある。そのため、従来サイズより小型化し、GC 間ピッチも小さいコンパクトグレーティングカプラに関する検討を進めている。今年度初めに、その物理限界や妥当性検証の為コンパクトグレーティングカプラのチップ設計と試作を行った。

## 3. 今後の計画

3.1 上記 3 つの研究項目において、さらなる検証を進めるとともに、各々の結果をとりまとめて、論文化・国際会議への投稿を行う予定である。最終的には、これまで研究を進めてきた 3 つの研究項目「マルチ二重コアファイバ (MDCF)」と「コンパクトグレーティングカプラ」間を「自動調心システム」において光接続検証を実施し、研究を通じて提案した手法の実現可能性とその価値を示す予定である。

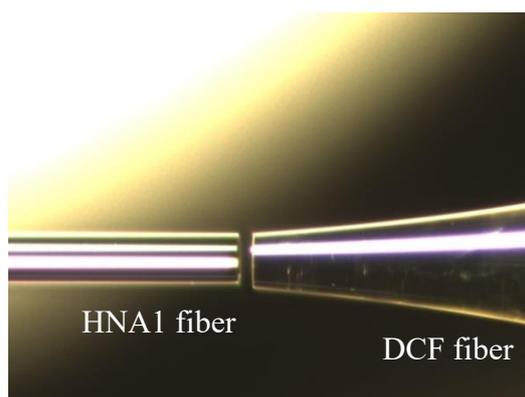


Fig.1 Coupling test of DCF taper(right) test

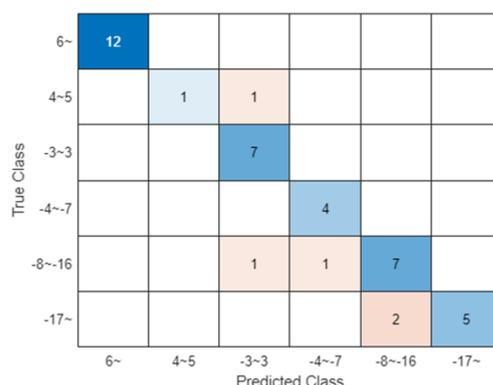


Fig.2 Confusion chart of prediction result