

光集積回路への配線用高密度光ファイバならびにその経済的光調心法に関する研究

Study of the optical fiber for high-density wiring to photonic integrated circuits and its cost-effective optical alignment method

喻 弘歴 (Hongli YU)

With the practical use of large-scale optical integrated circuits on the high-density optical transmission boards, high-density optical wiring and its alignment technology will become more challenge. For solving these problems, we have proposed a novel usage of a multiple core fiber and have designed the double core fiber with a multiple core structure that can be used for high-density wiring. We have evaluated its performance by the electro-magnetic field analysis. In order to effectively align the proposed fiber, we have proposed a simple optical axis estimation method using visible light diffraction patterns from the grating coupler on optical integrated circuits.

1. 研究の背景

近年、データセンタ内のトラヒックの急速な増加に対し、設備効率を高めるため光集積回路を用いた光伝送装置小型化とそれに対する光ファイバ配線の高密度化が求められている。しかしながら、既存の光ファイバを用いた高密度配線法では小型化のボトルネックとなる。主な原因は、光ファイバ外径やファイバの曲げ許容半径等の物理制限によって高密度化の限界が決められているからである。光ファイバの高密度化に関する先行研究として、マルチコアファイバや数モードファイバ等が検討されているが、比較的長距離伝送や装置間伝送の用途に重心が置かれており、伝送装置内といった狭小なスペースにおいて短距離配線向けの用途については検討が進んでいないといった課題があった。一方、光集積回路への光ファイバの高密度な配線は、光軸調整の複雑化により工程の長時間を招き、光集積回路導入の経済性を損ねる課題があった。

2. 研究の目的

上記課題を解決するため、本研究は光集積回路への光ファイバの高密度配線に適したボード内短距離配線向けの光ファイバの実現と、その実装工程短縮を可能とする経済的な光調心手法の創出をすることである。

3. 目的達成のための要件

はじめに本研究の最終目的の一例を図1に示す。光集積回路への高密度配線を可能とする光ファイバを実現するための要求条件として、(1) 高密度コネクタ (MT コネクタ) から光集積回路に直接配線 (光結合) が可能であること、(2) 小さな曲げ半径において、損失やクロストークの増加が抑圧可能なこと、(3) 光ファイバの外径サイズ ($125\mu\text{m}$) よりも高密度化が可能なが挙げられる。一方、経済的光調心時の要求条件として、スキルに依存せず調心時間短縮できることが重要である。そのため、(1) 光軸位置推定が可能なこと、(2) 光集積回路の製造ばらつきに対して対応可能であること、(3) 既存の光調心システム・手法を活用できることが挙げられる。

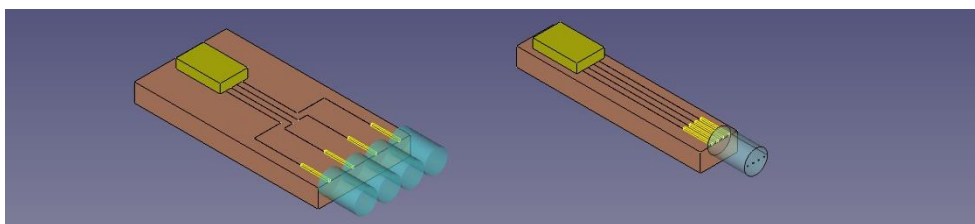


図1 既存配線方式例(左);本研究が目指す高密度配線方式例(右)

4. これまでの進捗状況

高密度配線用光ファイバについては、高 Δ 変換が可能な二重コア構造を有したマルチコアファイバを提案(図2)し、ビーム伝搬法(Rsoft社 BeamPROP)を用いてその光学特性を解析した。その結果、コアピッチ $25\mu\text{m}$ において、曲げ損失 0.5 dB 、クロストーク -30 dB 以下(曲げ半径 2.5 mm)が実現可能であることを示し、上記要求条件を満足する結果が得られた。

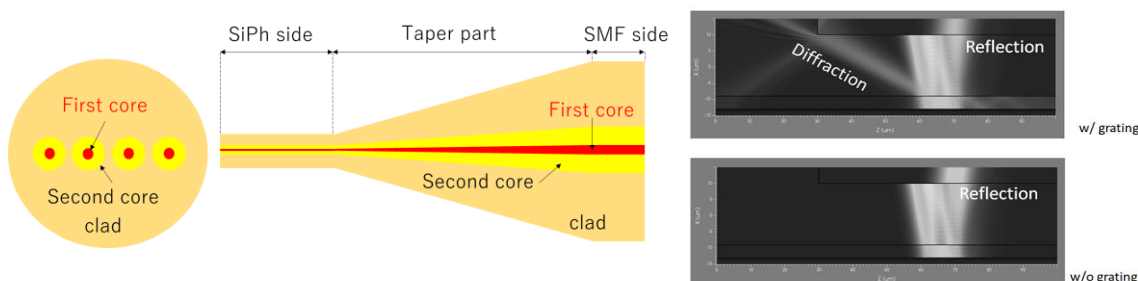


図2 二重コア構造を有したマルチコアファイバ 図3 可視光の回折・反射特性
グレーティング有り(上);無し(下)

経済的な光調心法については、調心時の光軸位置の推定方法のひとつの候補として、光集積回路の入出力ポートであるグレーティングカップラからの可視光による回折光を利用する方法を提案した。この妥当性を検証するために、有限差分時間領域法(Lumerical社製FDTD)を用いて、可視光の回折角度に対するグレーティングカップラの製造寸法のばらつきによる影響、ならびに異なる可視光波長に関する回折角度について評価を行った(図3)。その結果、可視光の波長を適切に選択することにより、その回折光は反射光と十分分離可能であり、想定される構造ばらつきの範囲に対しても影響が無いことを確認し、提案手法が利用可能であることを示した。また、光学調心系の構築を行い、提案手法の実現性を検証する環境を整えた。

5. 今後の計画

今後の計画としては、設計したマルチ二重コアファイバの製造と評価を行い、その実現性と有用性を確認する。次に、マルチポートを有する光集積回路を試作し、提案した可視光を利用した調心手法を用いて、設計したマルチ二重コアファイバと光集積回路との結合実験を行い、その実現性を検証する。さらに、機械学習を利用した調心のスキルレス化に関する検討を行う。