

MMI (Multi-Mode Interference) 型光導波路を利用したモード多重伝送用光デバイスに関する研究

茶円, 豊

<https://doi.org/10.15017/1500759>

出版情報：九州大学, 2014, 博士 (学術), 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名：茶田 豊

論文題名：MMI (Multi-Mode Interference) 型光導波路を利用したモード多重伝送用光デバイスに関する研究

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

近年、光通信の伝送容量は飛躍的に増加しており、光通信の伝送路を支える光ファイバの伝送容量拡大が求められている。しかし、現行のシングルモードシングルコアファイバでは伝送容量の限界が 100 Tbit/s であることが示唆され、この限界を打開する新しい技術が必要とされている。その中で、現在最も着目されているのは空間多重伝送方式であり、現行のファイバの代わりにマルチコアファイバやマルチモードファイバを用いることにより、伝送容量の限界の突破し大容量化の実現を目指す技術である。空間多重伝送方式の一種であるモード多重伝送方式は、マルチモードファイバもしくはマルチコアファイバ内で複数のモードの光を伝搬させ、それぞれのモードを別々のチャンネルとみなすことにより伝送容量の大容量化実現を目的としており、現在様々な研究機関で盛んにモード多重伝送用デバイスの研究が行われている。モード多重伝送用デバイスの中でも 0 次モードから高次のモードへの変換を可能にするモード変換器は非常に重要な技術であり、多くの研究結果が発表されている。しかし、その一方で実用に不可欠である単一平面高集積可能なデバイスモデルはまだ報告例が少ない。MMI(Multi Mode Interference)型光導波路構造は、単一平面で光導波路の高集積化が可能であり、さらに優れた製作トレランスを持つことが知られている。本研究では、この MMI 型光導波路を用いた MMI 型モード変換器について検討し、単一平面高集積化可能なモード多重伝送用デバイスとしての MMI 型モード変換器の実現を目指した。MMI 型モード変換器の課題として、低波長偏波依存性の下でのモード変換の実現が挙げられる。光通信で長距離伝送に使うためには波長多重技術や偏波多重技術が前提となるため、低波長偏波依存性の下でのモード変換が重要である。しかし、MMI 型光導波路中の結像位置は波長依存性を持つことが知られており、モードの変換もこれに依存する。本研究ではこの課題の解決のため、MMI 型光導波路の波長偏波依存性を理論的に解析し、低波長偏波依存性を持つ MMI 型モード変換器の設計理論について検討を行い、設計手法を確立した。得られた設計手法に従い、低波長偏波依存性の下で 0 次モードから 1 次モードへの変換が可能な MMI 型モード変換器の構造を決め、試作し、実証実験を行った。さらに、高次モードへの拡張について検討を行い、MMI 型モード変換器の実現を目指した。本論文は次の五章で構成されている。

第一章では、本研究の研究背景及び目的について記述した。

第二章では、MMI 型モード変換器の基本動作原理及び波長偏波依存性の抑制方法を理論的に解析し、デバイスの設計理論について記述した。低波長偏波依存性を持つ MMI 型モード変換器の導波路構造を与える設計理論を見出し、光通信の帯域である C-バンド内で、0 次モードと 1 次モードの変換の際に生じる過剰損失を 1.0 dB 以下に抑えることが可能である MMI 型モード変換器の設計手法を確立した。

第三章では、設計手法に従って MMI 型モード変換を試作し、低波長偏波依存性の下でのモード変換実証実験について記述した。C-バンド内で TE(Transverse Electric)偏波、TM(Transverse Magnetic)偏波の両偏波に対し過剰損失 3.0 dB 以下で 0 次モードから 1 次モードへのモード変換を実証し、その結果について述べた。

第四章では、MMI 型モード変換器のモード拡張について検討した。MMI 型モード変換器のコア層に段差を設けることにより、水平方向・垂直方向の両方で MMI 干渉を制御することが可能となることを明らかにし、この現象を利用して高次のファイバーモードである LP(Linear Polarized)21 モードへの変換可能性や変換効率について検討した。本章での検討により、コア層段差型 MMI 型モード変換器を用いることで 0 次モードから、LP21 モードと 70%以上の結合効率を持つ擬似 LP21 モードに変換が可能であることを理論的に解明した。

第五章では、これまでの研究結果をまとめ、今後の展望について述べた。

本研究では、単一平面で高集積可能な MMI 型光導波路によるモード多重伝送用光デバイスの実現を目指した。MMI 型光導波路の波長偏波依存性という課題に対し、低波長偏波依存性を持つ構造の設計理論について検討し、C-バンド内で 1.0 dB 以下の過剰損失の下で 0 次モードから 1 次モードへの変換が可能な MMI 型モード変換器の設計手法を確立した。この手法を基に、本研究では、デバイスを作成から評価までを行い、0 次モードから 1 次モードへのモード変換を C-バンド内で 3.0 dB 以下の過剰損失で実現できることを確認した。さらに、MMI 型モード変換器のコア層に段差を設けることで、より高次の LP21 モードへの変換可能性について検討し、0 次モードから LP21 モードと 70%以上の結合効率を持つ擬似 LP21 モードに変換が可能であることを理論的に明らかにした。これらの結果は、モード多重伝送用 MMI 型光デバイスの可能性を示しており、将来のモード多重伝送実現に向けて活躍できると考えられる。