

ポリマー光導波路の Co-Packaged Optics への応用 に関する研究

2024 年度

木下 遼太

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	木下 遼太
主 論 文 題 名 :					
ポリマー光導波路の Co-Packaged Optics への応用に関する研究					
(内容の要旨)					
近年のインターネットを基盤とする情報化社会の進展により、データセンタ内ネットワークの伝送容量や消費電力が急速に増大している。そのため、従来の電気配線と比較して広帯域かつ低消費電力伝送を可能とする光ファイバリンクの導入が望まれている。特に、近年では Co-Packaged Optics と呼ばれる光素子の実装形態が注目を集めているが、実現のための課題に、シリコン導波路・光ファイバ間の接続技術の確立が挙げられる。両伝送路コア内の伝搬モードプロファイルの違いに起因する接続損失を低減するため、ポリマー光導波路のスポットサイズ変換素子応用が期待を集めている。しかしながら、熱源となる電子・光部品が多数実装されるデータセンタのラック内では、このポリマー光導波路が高温環境下で安定動作することが必要となる。一般に有機ポリマー材料は耐熱性が低いとみなされ、ポリマー光導波路の導入障壁となっていた。そこで本研究では、Co-Packaged Optics への応用に向けて、ポリマー光導波路と他の光素子間で生じる接続損失、ならびにその温度依存性に着目した。導波シミュレーションにより、低接続損失となるポリマー光導波路構造を設計し、その設計に基づいて実際にポリマー光導波路を作製して光学特性評価を行った。特に、ポリマー光導波路に、分布屈折率 (Graded-index : GI) 型コアを想定した計算により、ポリマー光導波路・シリコン導波路間およびポリマー光導波路・シングルモード光ファイバ (SMF) 間接続損失低減に対する GI 型コアの優位性を提案した。 第 1 章では、本研究の背景を概説し、本研究の目的を示した。 第 2 章では、光信号伝送路となる光ファイバおよび光導波路の種類と特性をまとめた。 第 3 章では、ポリマー光導波路の作製法について説明した後、矩形階段屈折率 (Step-Index : SI) 型コアを形成可能な直接露光法、水平 GI 型コアを形成可能なフォトアドレス法を応用して、複数の異なるコア幅を有するポリマー光導波路を作製した。得られた光導波路の光学特性 (シングルモード動作、伝搬モードプロファイルなど) を測定し、シミュレーション結果と比較することで、最適ポリマー光導波路コア構造について考察した。 第 4 章では、SMF と SiO_x 光導波路との間にポリマー光導波路を挿入した光リンクを想定し、それらの接続損失を計算した。ポリマー光導波路のコアサイズおよび開口数を最適化することで、ポリマー光導波路両端の接続損失合計値が、屈折率分布によらず 1.0 dB 以下となり、ポリマー光導波路の挿入が、接続損失面で有効となることを示した。 第 5 章では、ポリマー材料の線膨張係数と屈折率温度依存性のパラメータを導入して、第 4 章で算出した接続損失の温度依存性を計算した。その結果、実環境温度より相当に高温 (150 °C) の条件であっても、最適に設計されたコアにより、ポリマー光導波路は、低接続損失を維持することを理論的に導出した。さらに、アディバティブ結合によるポリマー導波路・シリコン導波路間接続損失温度依存性について計算し、広い温度範囲で低損失を維持することを示した。 第 6 章は、ポリマー光導波路・光学素子間接続の低損失化、および高温下での低接続損失の維持方法について総括している。					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	☒ “KOU” ☐ “OTSU” No. _____ *Office use only	Name	Kinoshita, Ryota
Thesis Title Research on the Application of Polymer Optical Waveguides to Co-Packaged Optics			
Thesis Summary With the recent progress of the information society based on the Internet, transmission capacity and power consumption in data center networks are rapidly increasing. Hence, Co-Packaged Optics(CPO), an assembling technology of optical components, has been attracting attention in recent years, although one of the issues for its realization is in the connection between silicon waveguides and optical fibers. The connection loss due to the difference in the propagating mode profiles in both components is expected to be reduced by polymer optical waveguides working as a spot size converter. Here, polymer optical waveguides should operate stably even under high temperatures in data center racks, because they are equipped with multiple electronic and optical components that can become heat sources. Therefore, in this study, the author investigated the connection loss between polymer optical waveguides and other components and its temperature dependence. The author designed the polymer optical waveguide core structure for low connection loss by simulation assuming various refractive profiles, and fabricated polymer optical waveguides based on the design and investigated their optical properties under different temperatures. In Chapter 1, the background of this study is outlined, and the purpose of this study is presented. In Chapter 2, the characteristics of various optical waveguides and fibers are summarized. In Chapter 3, the author describes the fabrication methods of polymer optical waveguides and fabricates the polymer optical waveguides with multiple core widths. Then, from the simulation and measurement results, the optimal polymer optical waveguide core structure is discussed. In Chapter 4, the author assumes an optical link with a polymer optical waveguide inserted between a single-mode fiber and SiOx waveguide and calculate their connection losses. Then, by optimizing the core structure, the total connection loss at both ends of the polymer optical waveguide could be less than 1.0 dB regardless of the refractive index distribution. In Chapter 5, the author focuses on the temperature dependence of the connection loss. The calculation results reveal that the polymer optical waveguide can maintain sufficiently low connection loss even at 150 °C by optimizing the core design, which is significantly higher than their actual operating temperature. In Chapter 6, the author summarizes the methods for reducing connection loss between polymer waveguides and optical elements and for maintaining low connection loss under high temperatures.			