波面整合法設計PLC型2モード合分波器の試作結果と広帯域化理由に関する考察

田口恵梨 [1] Eri Taguchi　山下陽子 [1] Yoko Yamashita　牧野俊太郎 [1] Shuntaro Makino　藤澤剛 [1] Takeshi Fujisawa　半澤信智 [2] Nobutomo Hanzawa
坂本泰志 [2] Taiji Sakamoto　松井隆 [2] Takashi Matsui　辻川恭三 [2] Kyozo Tsujikawa　中島和秀 [2] Kazuhide Nakajima　山本文彦 [2] Fumihiko Yamamoto　齊藤晋聖 [1] Kunimasa Saitoh

[1] 北海道大学　大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

[2] 日本電信電話株式会社　NTT アクセスサービスシステム研究所
NTT Access Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation

論文概要

近年，光ファイバ一本あたりの伝送容量を拡大するため，数モードファイバを用いたモード分割多重 (Mode Division Multiplexing: MDM) 技術が注目されており，モードを励起・多重・分離するモード合分波器が必要不可欠となる．小型，低損失で量産性に優れる，非対称方向性結合器 (Asymmetric Directional Coupler: ADC) を用いた平面光波回路 (Planar Lightwave Circuit: PLC) 型モード合分波器では，中心波長から離れるに従って損失，クロストークが増大するため，我々は，導波路形状の決定に光波回路最適設計手法の一つである波面整合法 (Wavefront Matching: WFM 法) を用いることで，通常構造に比べ大幅な帯域拡大が可能であることを見出してきた．

本稿では，WFM 法により設計した ADC 型モード合分波器の試作を行い，透過スペクトルの波長依存性低減を確認し，さらに，その最適化理由について考察したので報告する．

図 1 に，PLC 型 2 モード合分波器の構造図を示す．導波路 1 の LP_{11} モードと導波路 2 の LP_{01} モードの位相整合条件を満足させることで，2 モード合分波器として動作する．ADC 型モード合分波器では，結合長が波長依存性を有するため，中心波長から離れるにしたがって特性が劣化する．そこで，帯域を拡大するために，WFM 法により光波回路の形状最適化を行い，試作を行った．図 2 中に，WFM 法によって最適化した導波路形状の上面図を示す．導波路幅が変調されていることがわかる．図 2 に，試作した通常構造 (赤線)および，最適化後の構造 (緑線)のポート 2 に LP_{01} モードを入射した場合のポート 3 における LP_{11} モードの透過スペクトル測定結果を示す．最適化後の構造の透過スペクトルが通常構造に比べ大幅に平坦化されていることがわかる．

最適化後の構造は，細かい形状変化を除くと，大まかには導波路幅がテーパ状に変化しており，広帯域化の要因のひとつがテーパ形状にあると推測できる．最適化された導波路構造から，近似的な直線テーパ構造を決定し，伝搬解析を行った．図 3 に，決定したテーパ構造 (赤線)，従来構造 (青線)，最適化構造 (緑線)の透過スペクトルを示す．図 3 より，直線テーパ構造を用いても，通常構造と比較して帯域が大幅に改善できることがわかる．テーパ構造を用いることで，波長が中心波長からずれても，伝搬する中で位相整合する点が生じるため，広帯域動作が可能になったと考えられる．また，直線テーパ構造では表せない細かい凹凸が，最適化後の構造とテーパ構造の透過率の差に起因していると思われる．

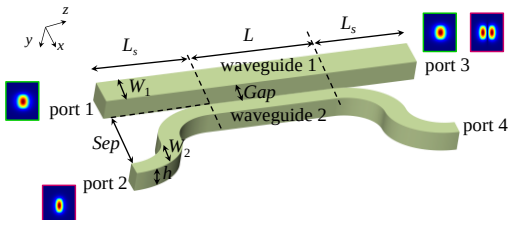

図 1　PLC 型 2 モード合分波器の構造図

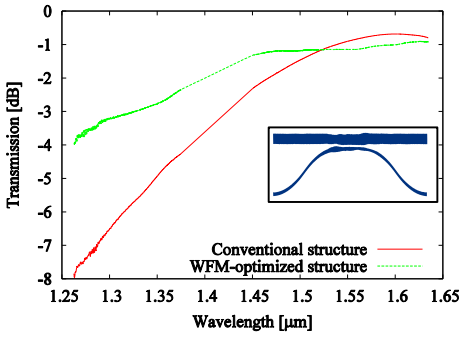

図 2　ポート 2 から LP_{01} モードを入射した場合のポート 3 おける LP_{11} モードの透過スペクトルの測定結果

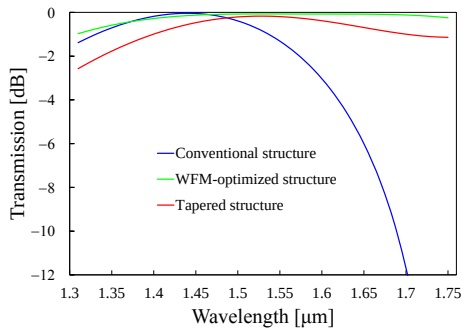

図 3　各構造の透過スペクトルの計算結果

コメント

この度は，光エレクトロニクス研究会 学生優秀研究賞を受賞させていただき，大変光栄に存じます．ご指導いただきました齊藤晋聖教授，藤澤剛准教授，山下陽子さん，試作・測定を担当していただいた半澤信智様，坂本泰志様をはじめとする NTT アクセスサービスシステム研究所のみなさま，並びに研究室の皆さんに深く感謝いたします．