

空間分割多重伝送方式を支える多モードファイバアンブ

単一の光ファイバによる伝送容量の増加を目的に、高密度波長分割多重方式(DWDM: dense wavelength division multiplexing)に代わる方式として、マルチコア光ファイバまたは多モードフ

ァイバ(FMF: few mode fiber)を使用する空間分割多重(SDM: spatial division multiplexing)と呼ばれる方式が提案されている。

ファイバの1種であるFMFは、コア

口径が大きく、複数の独立した空間モードで並列データストリームを伝送することができる。理論的には、FMFの伝送可能容量はモード数に比例する。しかし、伝送距離を拡張するにはFMFアンブが必要で、しかも自由空間における光通信や高出力レーザ応用で使用されているものとは異なり、すべてのSDMチャンネルが確実に最適化されるように、FMFアンブのモード依存性利得(MDG: mode dependent gain)が制御可能でなければならない。

米セントラルフロリダ大学のオプティクス・レーザ研究教育センター(CREOL)とNECラボラトリーズ・アメリカの研究者らは、モード分割多重光通信ネットワークの実現可能性を高めることを目的として、多モードエルビウム添加ファイバアンブ(FM-EDFA)におけるモーダルゲインを制御する方法を開発した⁽¹⁾。

MDGの制御

MDGは、活性ドーパントイオンの濃度プロファイルと、ポンプと信号の横強度プロファイルの重なり積分の関数となる。モーダルゲインは、ドーパントのプロファイルと信号の強度プロファイルを制御するファイバ設計によって調整することができる。添加ファイバを作製した後で、ポンプのモード内容を制御することによって、MDGを動的に制御することが可能である。

FM-EDFAは、口径16 μm の添加コアを持つ15mの多モードエルビウム添加ファイバで構成される。約1550nmの信号波長でのLP₀₁^(s)とLP₁₁^(s)という2つのモードグループと、約980nmのポ

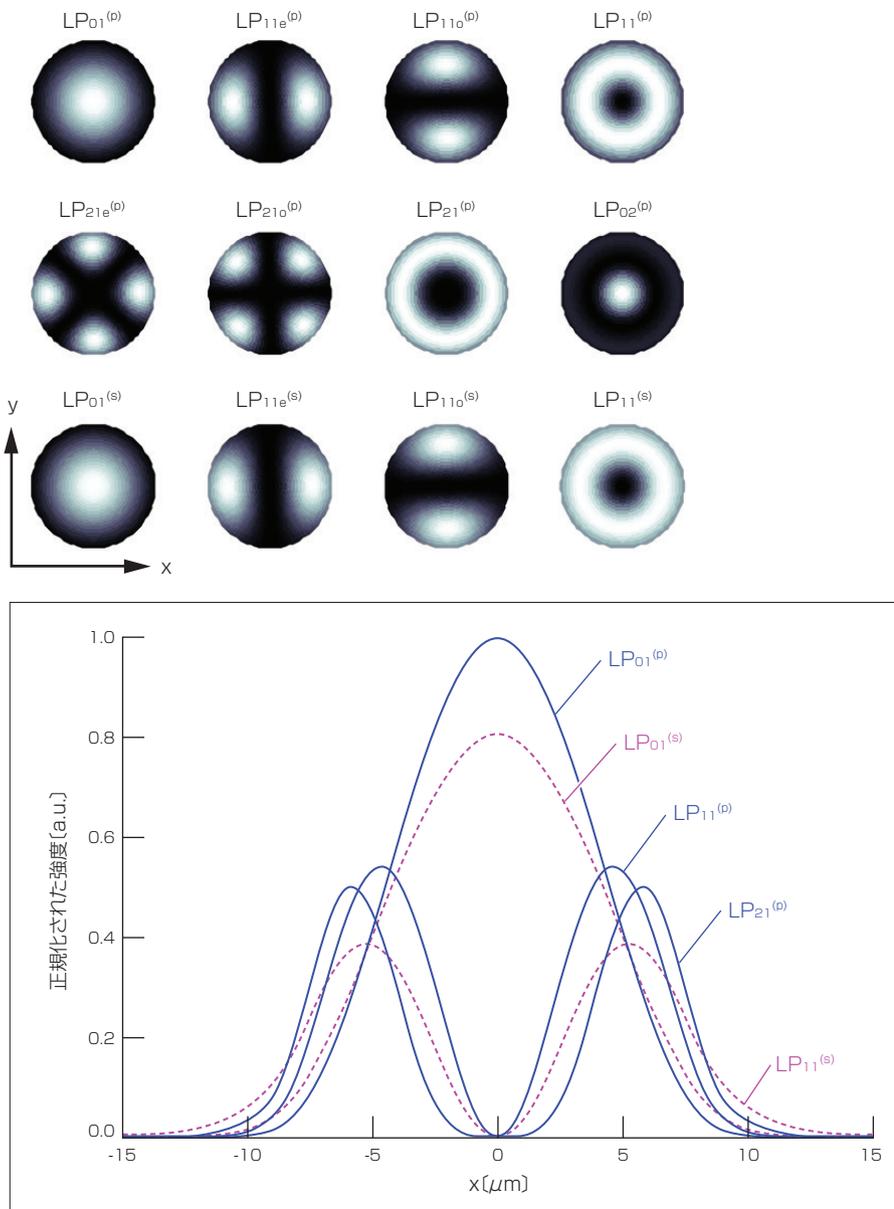


図1 多モードファイバアンブのポンプモードと信号モードの強度プロファイル(上)と、X軸上に表示したその正規化された強度プロファイル(下)。(提供: CREOL)

ンプ波長でのLP₀₁^(p)、LP₁₁^(p)、LP₂₁^(p)、LP₀₂^(p)という4つのモードグループをサポートする。LP₁₁^(s)、LP₁₁^(p)、LP₂₁^(p)などのモードグループでは、伝搬定数が同一の2種類の縮退モードを、角度依存性における偶奇性に基づいて、偶数モードおよび奇数モードとして確認することができる(図1)。

ランプを使用したMDG制御を示すために、空間フィルタ(モードコンバータ)と光可変減衰器(OVA)を使用してポンプ源をN個のパスに分割し、N個のポンプモードを生成する。N個の信号モードは、ビーム結合器によって空間結合され、ダイクロイックミラーを介して信号経路へと入力される。各OVAを調整することによって、個々のポン

プモード内容の出力を調整することができ、それによって、ポンプと信号の重なりとMDGの制御が可能となる。

研究者らはFM-EDFAを使用することにより、26.4Tbit/秒のモード分割多重DWDM信号を、受信器の前にFM-EDFAを配置した50kmの多モードファイバ上に伝送することに成功した⁽²⁾。3台の同期されたコヒーレント受信器によって受信信号を検出し、デジタルMIMO(Multiple-Input Multiple-Output)イコライザによって、モード結合、モーダルグループ遅延、波長分散を補正した。

この実験により、MDG制御を実装し、全チャネルに対して 3.8×10^{-3} 未満の符号誤り率(BER)を達成した。これは、前方誤り訂正後の誤りのない伝送向けに十分な性能である。「FM-EDFAは、将来の長距離SDM伝送システムにおける主要要素になる可能性があるかもしれない。産業界と協力して、複雑さを緩和した高効率のFM-EDFAを実現することを楽しみにしている」とCREOLで博士号取得を目指すノン・バイ氏は述べている。

(Gail Overton)

参考文献

- (1) N. Bai et al., OFC/NFOEC 2012, Special Symposium on Enabling Technologies for Fiber Capacities Beyond 100 Terabits/second, paper OW1D.3(Mar. 7, 2012).
- (2) N. Bai et al., Opt. Exp., 20, 3, 2668(2012).

LFWJ

光産業技術マンスリーセミナー



Optoelectronics Industry and Technology Development Association

プログラム(7-9月)

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第 350 回 7月17日(火) 15:30-17:30	「高効率太陽電池の研究開発動向」 講師:中野 義昭氏(東京大学 先端科学技術研究センター 所長)
第 351 回 8月21日(火) 15:30-17:30	「痛みの分かる材料・構造を実現する光ファイバ神経網技術」 講師:保立 和夫氏(東京大学大学院工学系研究科 教授)
第 352 回 9月18日(火) 15:30-17:30	「フォトリソグラフィによる発光制御とその応用」 講師:岩本 敏氏(東京大学生産技術研究所 准教授)

- 場所 一般財団法人光産業技術振興協会
- 定員 各60名
- 参加費 光協会賛助会員:1,500円(税込み) / 一般参加:3,000円(税込み)
※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。

- 申込方法 オンライン申込フォーム >>> http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html
- 申込締切 定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合には Web 上にその旨を掲載します。

問い合わせ先

一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当 綿貫
〒112-0014 東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F TEL:03-5225-6431 FAX: 03-5225-6435
E-mail: mly@oitda.or.jp URL: <http://www.oitda.or.jp/>