

ファイバYスプリッタで7コア光ファイバ対応

過去数年、実験的光ファイバシステムのデータ伝送レートは、テラビット/秒レンジのかなり先まで到達した。そのようなスピードを達成するのに役立つ構成には、起動角運動量(OAM)と波長分割多重(WDM)との組合せがあり、これによって短距離ファイバ通信で100Tb/sを達成した。差動4位相偏移変調(DQPSK)とのハイブリッド統合では、1本のファイバ160kmで14Tb/s、光高速フーリエ変換(FFT)スキームでは1本のファイバ50kmで26Tb/s、さらにマルチコアシングルモードファイバを利用すると、ファイバ長1kmで255Tb/s伝送が可能になった。

最後のアプローチは、7コア三角アレイの形態が多いが、比較的単純なファイバデザインであり、これはデータレートを大きく伸ばすことができる(コア間のクロストークが最小化される限りで)。とは言え、7コアファイバの利用が簡単でないポイントは、光の出入りをファイバに結合する、また伝送中の光を管理するコンポーネントのデザインにある。この点で役立つように、サウジアラビアのキングサウド大(King Saud University)のエハブ・アワード氏は、マルチコアの非分離を必要とするマルチコアファイバ用に2.4mm長のYスプリッタを設計した。

数値シミュレーション結果

まだ作製されてはいないが、7コアファイバ向けにこれまでに数値的にシミュレートされた設計は、多数の異なるYスプリッタ導波路層(層1つが各コアに対応)に依存している。全ての層が新

しいダブルハンプ・グレーデッドインデックス(DHGI)プロファイルを持っており、これにより光パワーを二等分する(図1)。入力と2つの出力ファイバはYスプリッタに対して、その軸周りに回転し、最終的にすべての7コアがスプリッタに対して異なる水平面に存在する。これにより、分離した導波路層が7コアのそれぞれにアクセスできるようになる。

個々のシングルYスプリッタ層は、エクスパンダ、DHGI空間分割スプリッタ(SDS)、セパレータを含む。7個の各Yスプリッタは、 $400 \times 125 \mu\text{m}$ クラッド領域によって囲まれている。数値モデルのファイバは、7つの同じステップインデックスシングルモードコアを持ち、隣接コア間は $40 \mu\text{m}$ 離れており、クラッドの屈折率は1.45、コアの屈折率は1.4551である。

各スプリッタは、高さ $9 \mu\text{m}$ の導波路を持ち、隣接導波路層から $4 \mu\text{m}$ のクラッドで分離されており、入力信号を $250 \mu\text{m}$ (マルチコアファイバの直径の2倍)離れた2つの出力に分ける。入力ファイバと出力ファイバは、その軸の周りに 19° 回転して、個々のシングルスプリッタのコア間で見通し線を形成する。

各スプリッタ層に埋め込まれた導波路レンズは、サイズが $280 \times 60 \times 9 \mu\text{m}$ で、なだらかな放物線状の屈折率プロファイルを持ち、ビームを断熱的に膨張させて高次モードの生成を最小化する。レンズからの光は、デバイスのDHGI SDS部分に入る。デバイスは、2つの放物線状のグレーデッドインデックスハンプを持ち、それぞれのサイズが $995 \times 60 \times 9 \mu\text{m}$ となっている。寸法は、入力

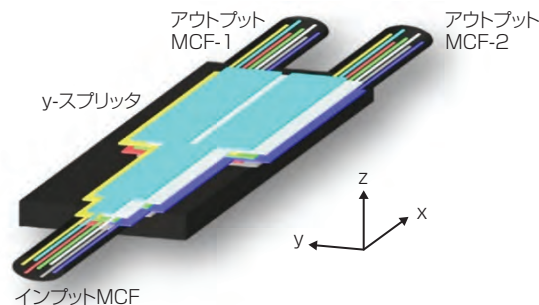


図1 入力マルチコアファイバ(MCF)の7コアからの光は、グラディエントインデックス導波路光学の7層をベースにしてYスプリッタによって個別に分離される。入力と出力両方のMCFは、切断されてYスプリッタと接触するように置かれている。

ビームを確実に50%/50%に分離するように製造されている。次に2つのビームは、2つの分離した導波路に送られ、さらに2つの出力ファイバに送られる。

Yスプリッタの設計プロセスでは、アワード氏が 1555nm と他の波長で、デバイスおよび関連の光ファイバで電磁場分布の有限差分時間領域法(FDTD)シミュレーションを実証した。また、カナダのルーメリカルソリューションズ社のソフトウェアを使って固有モード展開(EME)ソリューションも行った。このようなシミュレーションによって、導波路層またはコア間に重要な相互結合が全く存在しないことが示された。

これらのシミュレーションからわかったことは、スプリッタが $1460 \sim 1675 \text{nm}$ の広帯域で偏波無依存動作するということであり、挿入損失は全波長で 0.12dB 程度、過剰損失 0.13dB 、偏波依存損失は 0.02dB 以下、リターンロスの最悪値が 35.8dB であった。最適 3dB 分離比変動は、全波長域で 0.1dB 以下だった。トレランス解析は、低損失パフォーマンスが、 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ (損失モデルのタイプに依存)の最大ミスアライメントで達成されたことを示している。

(John Wallace)

参考文献

(1) E. Awad, Opt. Express (2015); doi: 10.1364/OE.23.025661.