マルチモード光ファイバコンポーネント

## WDM対応のマルチプレクサを実現したマルチモードシリコンフォトニクス

広帯域光通信とチップベースの集積シリコンフォトニクスアーキテクチュアは、一般に、シングルモード波長分割多重(WDM)装置に合わせて動作するシングルモードファイバを使用するが、マルチモード通信(およびマルチモード集積フォトニクス)はマルチモード光ファイバを使用し、マルチコアファイバにおける空間分割多重と数モードファイバにおけるモード分割多重を経

て進歩を続けている。

シングルモードファイバにおいて密集したWDMで情報をエラーなしで伝送するには、WDM装置は低クロストーク性能が必須になる。それゆえ、一般に、高次モード間クロストークのマルチモードWDM装置で真のマルチモード分割多重(MDM)通信が実証されることはなかった。しかし、米コロンビア大のケレン・バーグマン氏(Keren

Bergman)のグループと米コーネル大のミハエル・リプソン氏(Michal Lipson)のグループは互いに協力して、将来のマルチモードシリコンフォトニクスの可能性をドラマチックに改善し、低モードクロストークで、低損失のオンチップWDM対応のMDMを実証した。

## マルチモード多重化マイクロリング

マルチプレクサ設計では、一連のフォ

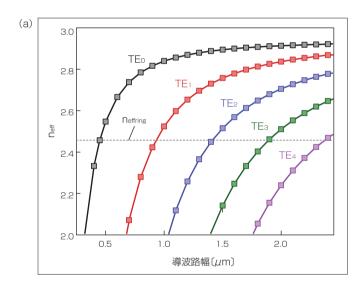
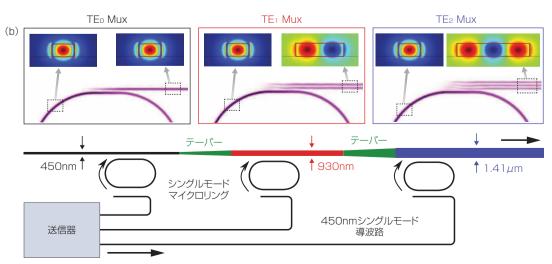


図1 シミュレーションはさまざまな幅の導波路内の1550nmにおける光学モードの有効屈折率を示す(a)。これらのマイクロリングは、断熱テーパー加工導波路によってリンクされたマルチモード導波路の各セクションを持つマルチモード導波路内の特定の空間モードに選択的に結合される(b)。挿入図は各マルチプレクサ(TEo、TE1、TE2モード)の選択的結合を示す。 (資料提供: コーネル大)



トニックマイクロリングが特定波長で 多様な空間モードへの選択的位相結合 を可能にする。マルチプレクサ設計は、 幅が450nmから、930nmへ、さらに 1.41 umへと変化し(各セクションは断 熱テーパーで接続)、高さが250nmの 導波路から開始する。この幅変動導波 路の3つのセクションは、導波路内の 特定空間モード、たとえば、1550nm信 号のTEo、TE1、またはTE2モードに選 択的に結合するように設計された3つ のリング共振器構造に近接させて設置 される(図1)。各セクションにおける マルチモード導波路の寸法とリング構 造が、位相整合条件と結合モード解析 にしたがって、どのモードをどのマイ クロリングに結合するかを決定する。

マイクロリング構造もまた最小の挿入損とモード間クロストークに向けて最適化されるように、共鳴線幅は最小の信号劣化で10Gbit/sのデータを伝送できる15GHz以下に設計された。各マイクロリング上のヒータはその共鳴をさらに微調整し、その共鳴を要求されたWDMチャネルに整列させるか、特定波長に制御または調整可能な結合を提供する。

多重化・多重分離アーキテクチュアを配置して、各入力チャネルに光を注入し、各出力チャネルで挿入損を測定した。試料チャネル1、2、および3に対する挿入損は13、19、および26dBであった。高い値ではあるが、この挿入損は、主としてファイバ・チップ結合(10dB)とリング共振器と結合導波路間のいくつかの非最適結合ギャップによるものであった。さらに最適化すれば1.5dBの挿入損値になると予測される。クロストーク(干渉チャネルのパワーの和に対する要求信号パワーの比

として定義される)はチャネル1、2、3 に対してそれぞれ-22、-18、-12dB と測定された。再度モデリングを行い、 マイクロリング・結合導波路間の組み 合わせをさらに最適化すれば、-30dB 台のクロストーク値が得られるはずだ。

3つの空間モードの伝搬を実証するための1つの伝送実験では、10Gbit/s 伝送信号を3方向に分割し、相関を解き、マルチプレクサ/デマルチプレクサチップの3つのポートへと注入した。3つの出力ポートのそれぞれにおける信号解析の結果、誤りなし伝送(10~12ビット以下の誤り率またはBER)と、モード間クロストークによる信号劣化量がわずかであることを示す開いたアイパターンが得られた。

オンチップMDMスキームのWDM 操作を実証する第二の伝送実験では、 3つの波長チャネル(それぞれ10ギガビット/sデータ)がTEoとTEiモードの両 方に注入された。多重分離された出力 信号を解析し、MDMシステムが単一波 長動作と同じように良好なWDM伝送 をサポートしたことを確認した。

「これらの結果はコンピューティング およびデータセンターの高性能相互接 続ネットワークにシリコンフォトニク スを応用する上で重要な意味を持って いる | とコロンビア大のケレン・バーグ マン教授は言う。そして、「I/Oボトル ネックの解決に向けて、現在の電気相 互接続技術を超えるフォトニクスの主 要な利点は非常に大きな帯域幅密度と 高いエネルギー効率でのデータ伝送で ある。このデモンストレーションは、 シリコンフォトニクス相互接続が WDM を超える帯域幅密度のスケーリングを 提供し続けうることを示している」と 付け加えた。 (Gail Overton)



## 参考文献