超低損失のスローライト導波路を構築する高コントラスト回折格子

米カリフォルニア大学（UC）バークレー校のコニー・チャンハスナイン教授率いる研究チームによって最初に開発された高コントラスト回折格子（HCG）、すなわち半導体材料と空気（またはシリコン）からなるサブ波長周期の交互のストライプは、反射鏡、レンズ、高Q共振器、垂直面内カプラ、チューナブル垂直共振器形面発光レーザ（VCSEL）さえも含む、多様なオプトエレクトロニクス素子を組み立てるための新しい集積フォトニクスのプラットフォームとして使われている。現在、UCバークレーチームと米国陸軍研究所（ARL）の科学者たちは、従来の光学材料から製造されたデバイスに比べて超低損失の中空スローライト導波路を開発して実験で証明することを目指して、このHCGプラットフォームのさらなる研究に取り組んでいる。

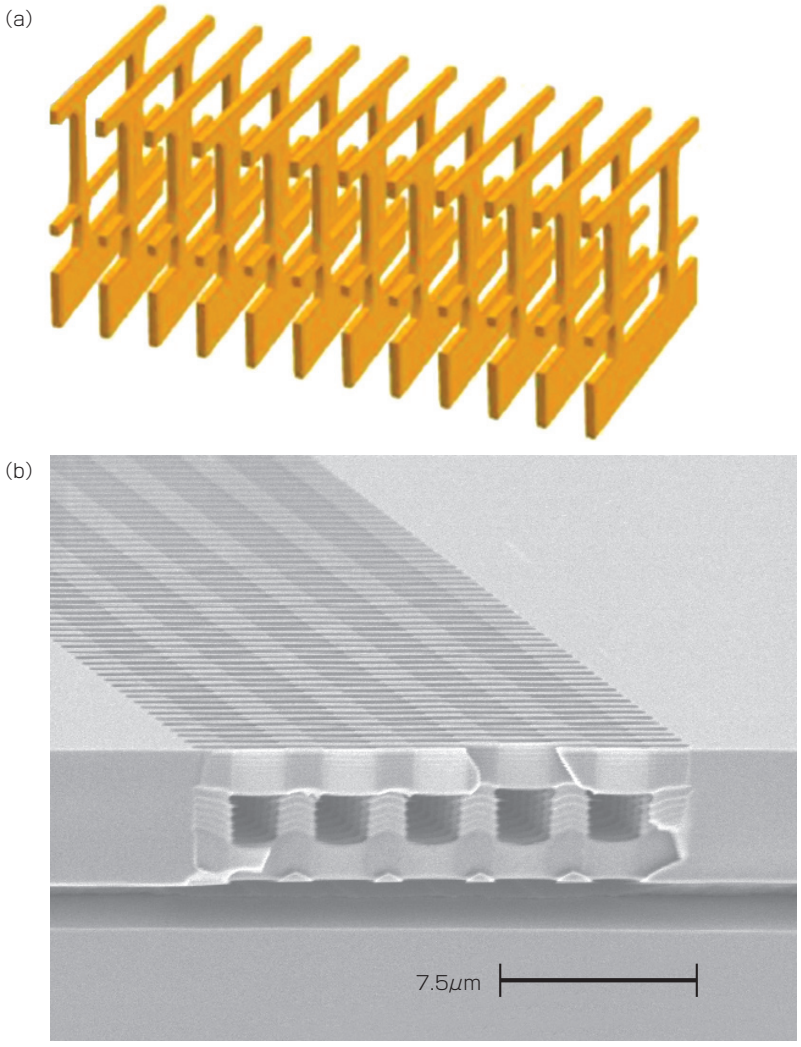

図1　スローライト中空導波路アレイがサブ波長の高コントラスト格子またはHCGから構成されている構造として模式的に表されている（a）。SEM写真に示されているこのデバイス（b）は、簡単なエッチングを使って製造され、超低損失でのスローライト導波を実証した。（資料提供:ARLとUCバークレー校）

4枚のHCG壁

均質材料から作られた中空導波路と違って、この超低損失導波路は、各HCGの交互に並ぶシリコンとエアギャップを使って正方形の開放構造を形成する4枚のHCG「壁」からなる（**図1**）。UCバークレー校で開発されたモデリングとシミュレーションソフトウェアを使用して、導波路メタ構造の外形寸法と面間隔が100%反射とゼロコア吸収に向けて最適化された。その分散曲線にゼロ傾き（高効率、ゼロ群速度）を発生させるために位相遷移を設計することで、この中空導波路は、超低損失に加えて、半導体ベースのチップスケール集積オプトエレクトロニクス素子用の長時間遅延または高Q共振器を作り出すのに役立つ高分散または「スローライト」特性も持つように加工された。

現在、2Dシミュレーションモデルは1対のHCGを使って導波路メタ構造の物理パラメータを最適化しているが、より複雑な3Dモデルが導波路パラメータの微調整目的で開発された。

絶縁体上シリコン（SOI）ウエハの2D表面から3D導波路を組み立てるために、ARLの研究者たちは、複雑な多層堆積、再成長、マルチリソグラフィーアライメント、ウエハフリップボンディングなどを必要としない、新しい自己整合、「単一」改良形ボッシュプラズマエッチング工程を開発した[1]。この単

純化された製造工程はSOIウエハ上に置かれた2Dエッチングマスク（電子ビームリソグラフィーで加工）で開始する。一連のドライとウェットのエッチング段階を通してマスクされていない領域の材料を除去し、デバイスの4枚のHCG壁からなる開放形構造を形成する。

ARLの研究者たちは、HCGシリコン構造または壁の約1.5μm幅の正方形フレームに加えて、約1μmの開放コアの高さと幅、ならびに約0.7μmのライン分離または周期をもつ最適化されたメタ構造導波路を使って、さまざまな長さの導波路を組み立てた。これは、ちなみに、SOI構造から剥離して、別の基板上に移送させることも可能である。

スローライトの伝搬

ARLで、予備的な導波路試験測定がカットバック法を使って導波路に波長可変レーザ（1530～1560 nm）を集光させることによって実行され、12mm長の導波路で−2dB/cm以下の伝送損失が実証された。約0.1c（真空中の光速度の10分の1）の群速度がこの導波路を通る1nsの短い光パルスを通過させたときに観測された[2]。

ARLのRFフォトニクスチームのリーダーであるウェイミン・チョウ氏は、「これらの予備実験は、このHCG導波路を使えばスローライトと低損失の両方が得られることを初めて証明した。われわれは、実験技術のさらなる改善によって、UCバークレーの理論モデリングからの予測通り、光速の1%以下の群速度が得られることを期待している。これは、多数のRFフォトニック、データ処理バッファ、高Qセンサなどといった用途に向けて、望ましい高Qデバイスをシリコンチップに組み込むことができるように、ファイバ状の低損失で長時間の遅延線をシリコンICへと一体化させる道を開くであろう」と語っている[3]。　（Gail Overton）

参考文献

(1) W. Zhou, U.S. Patent application #12/699,911,2010.

(2) W. Zhou et al., Photonics West 2012, San Francisco, CA, paper 8270-08（January 2012）.

(3) T. Sun et al., Photonics West 2012, San Francisco, CA, paper 8270-09（January 2012）.

LFWJ

BioOpto Japan 2012 Conference + Exhibition

出展申込を受付中！

光＋バイオ・医療の専門展

www.optojapan.jp/bio

締切 2012年6月29日(金)

＊詳細はWEBサイトにてご確認ください。

Sep.25火－27木 10:00-17:00

パシフィコ横浜 Pacifico Yokohama

主 催：株式会社ICS コンベンションデザイン
Organized by: ICS Convention Design, Inc.

［同時開催］

INTERNATIONAL OPTOELECTRONICS EXHIBITION 2012 interOpto 2012

LED JAPAN Conference & Expo Strategies in Light

LaserTech 2012

展示会についての
お問い合わせ・お申し込み

BioOpto Japan事務局：株式会社ICSコンベンションデザイン
〒101-8449 東京都千代田区猿楽町1-5-18 千代田ビル
TEL：03-3219-3643　FAX：03-3219-3628　e-mail：bioopto@ics-inc.co.jp