

Photonics 2010 ショート速報 [光デバイス]

水本哲弥 (東京工業大学)

会議名 : The 10th International Conference on Fiber Optics and Photonics (Photonics 2010)

開催期間 : 2010年12月11日-15日

開催場所 : Indian Institute of Technology Guwahati (Guwahati, インド)

*****要約*****

インド東部の都市 Guwahati で開催された国際会議 Photonics 2010 の発表論文のうち、光ファイバを含む光デバイス関連の講演内容を紹介する。光デバイスに関しては、ナノフォトニクス、プラズモニクスなどのデバイス応用、フェムト秒レーザによる埋め込み導波路形成などの報告が印象的であった。また、光ファイバ関係では、フォトニック結晶ファイバ及び希土類添加シリカファイバ、中赤外波長域への展開、さらにバイオフォトニクスへの応用などが印象に残った。

1. はじめに

この会議は2年に1回の頻度でインドで開催されており、今回は10回目を数える。会議の内容は、光ファイバ通信を主なターゲットとした光ファイバ、光デバイス及び光伝送に関する講演を中心に、光情報処理、バイオフォトニクス、光記録、ディスプレイ関連と幅広くフォトニクス分野をカバーしている。今回の会議は、5つのセッションが並列に設けられていた。

会議の主なセッションは13日~15日に設定されており、毎日、2件ずつのプレナリー講演が行われた。プレナリー講演6件のうち5件が光デバイス応用関係であり、一般セッションにおいても光ファイバ及びその応用を含む光デバイス関連の講演が多かった。本稿では、印象に残った光デバイスに関連するセッションの講演内容について記す。

2. 光デバイス及び光ファイバ関連の講演内容

一般セッションの口頭発表は招待講演を含めて全部で211件あったが、そのうち138件が光デバイスに関連しており、光ファイバ関係の17件を含めると3/4の発表が光デバイス関連の発表ということになる。全てを確認してはいないが、ポスター講演319件でも同じくらいの割合を占めていると思われる。発表内容について特徴的なキーワードをひろくと、ナノフォトニクス、プラズモニクス、バイオセンシングなどがあげられる。

2. 1 ナノフォトニクス

シリコンナノ導波路を用いて光インタコネクションを行う Silicon Nanophotonic Broadcast Interconnection の報告があった (University of Colorado)。シリコン光導波路デバイスからなる光信号処理層を CMOS 電子デバイス層と積層してハードウェアを形成する。複数の広帯域光源を光信号処理層に外部から接続し、波長多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) デバイスで多重化した信号によって電子デバイス間の信号を伝達させるというコンセプトである。任意の1チャンネルから多くの導波路へ空間伝搬によ

て光信号をブロードキャスト的に配信するアンテナアレイ、合分波用のリング及びレーストラック形WDMデバイスなどの光部品をMIEC及びLETIで実施しているePIXfabサービスで試作し、良好な特性が得られているとの報告があった。

また、量子ドットが形成されたシートをフォトニック結晶導波路の中心に配置し、フォトニックバンドギャップにおいて自然放出光放射の著しい抑制を観測したという報告があった（Technical University of Denmark）。同じ導波路で、フォトニック結晶導波路カットオフ近傍のスローライト領域において、量子ドットによる発光の局在が観測されている。

一方、会議開催国インドのIIT Delhiからは、複雑なフォトニック・キラル構造を大面積にわたって一気に形成する製作方法の提案があり、初期的な試作結果の報告があった。正確に位相調整したパターンで空間光変調器を用いて平面波を変調し、記録面に干渉パターンを形成する方法を用いている。今後、大規模なナノ構造形成に発展させるとのことである。また、電子ビーム露光による直径240 nm、周期780 nmのフォトニック結晶スラブ導波路パターン形成の報告があった（IIT Bombay / IIT Kanpur）。従来、インドの研究機関からは、計算やモデリングの報告が多く、デバイスや微細構造の試作結果はあまり報告されていなかった。しかし、今回の会議では、決して数は多くないが、このような微細構造の試作結果も報告されている。

2. 2 プラズモニクス

表面プラズモンが発生する適当な位置にスリットを形成し、プラズモン電磁界の位相を制御することで、プラズモン電磁界を集光したり、ビーム走査する方法が報告された（Seoul National University）。スリットの代わりに、グレーティングや特定のサイズ・形状をもつ粒子を配置してプラズモン電磁界の放射を制御するアンテナとして作用させることで、同様の機能が得られる。

GaAs中に銀のナノロッドを埋め込んで左手系プラズモニックナノ構造を形成すると、650 nmの可視光波長域で誘電率及び透磁率の実部が負で小さな虚部をもつ人工材料を実現することができる。この構造で表面プラズモンポラリトンを励振することにより、負の屈折率材料として機能させることができるという理論予測の発表があった（Delhi Technological University / IIT Kharagpur）。

チェコのInstitute of Photonics and Electronicsから、表面プラズモン共鳴の様々な高感度バイオセンサへの応用についてレビュー講演があった。バイオセンサの適用範囲は、医療診断、環境モニタリング、食品安全管理などへ拡大が期待される。

2. 3 導波路デバイス

ガラス導波路に短パルスレーザで埋込み導波路パターンを書込み、これをデバイスに応用する報告があった。原理的には既知の技術であるが、低損失な導波路の製作に成功している。低損失性を活かして、Er³⁺添加テルライトガラスに導波路を形成し、波長1505 nmから1610 nmの波長可変範囲をもつ薄膜レーザの動作報告があった（University of Leeds）。同様に、Ybファイバレーザ（パルス幅340 fs、繰り返し周波数500 kHz）を用いて、ホウケイ酸ガラス中に断面がほぼ矩形の光導波路を形成するという発表もあった（Heriot Watt University）。導波路を形成するときに、サンプル移動のタイミングと外部変調によるレーザビームのオンオフタイミングを巧みに同期させて、周期540 nmの導波路グレーティングを形成して1560 nmで1次のブラッグ回折を実現し、35 dBに及ぶ深いストップバンドを実現している。

さらに、このテクニックを応用して、ガラス基板にフェムト秒短パルスレーザで埋込み導波路と表面から結合用ホールパターンを書込み、書込まれた領域だけを選択的にフッ酸でエッチング除去して微細構造を形成するマイクロマシン技術（FLICE: Femtosecond Laser Irradiation and Etching）の報告があった

(Politecnico di Milano / IFN-CNR Milano)。今後さまざまな材料系に展開され、これらの技術のデバイス応用が広がる可能性が示唆された。

また、III-V族化合物半導体をベースにした光集積回路で、さまざまな光機能デバイスを形成し、光ファイバ通信用の信号処理を行うサブシステムの紹介が、Eindhoven University of Technology (COBRA)から報告があった。完成度の高い内容である。

2. 4 光ファイバ

フォトリック結晶光ファイバをカルコゲナイドガラス As_2S_3 で形成し、 $2\sim 4\mu\text{m}$ の中赤外波長域におけるスーパーコンティニューム (SC: Supercontinuum) 光の発生について、米国のNaval Research Lab / University of Maryland Baltimore Countyの共同チームから報告があった。理論計算によるSC光発生効率の結果と、試作したコア径 $2\sim 5\mu\text{m}$ の光ファイバで $5\sim 8\text{dB/m}$ の損失が得られたという結果が紹介された。

また、フォトリック結晶光ファイバにおいて、1.8オクターブ ($575\sim 1600\text{nm}$) におよぶSC光の発生を予測する理論計算結果の発表があった (Jaipur Engineering College and Research Center他)。波長 1060nm 、パルス幅 50fs 、ピークパワー 2kW のポンプ光源を仮定しており、ファイバ長は 6.8cm である。

Bi 添加 Ge:Al:SiO_2 ガラスファイバを波長 $915, 976, 1090\text{nm}$ のポンプ光源で励起し、近赤外波長域 ($1160\sim 1300\text{nm}$) における発光観測結果の報告があった (University of Southampton)。Bi 添加ファイバを活性媒質として用いたファイバレーザの特性、小信号利得 19dB (波長 1179nm) の Bi 添加ファイバ増幅器の動作特性などが、このファイバの応用デバイスとして報告された。

3. おわりに

この会議は、Optical Society of America (OSA) と IEEE Photonics Society が開催をサポートしている。両学会とも学生の優秀発表に Award を提供したり、インドの大学の大学院生を集めて学会への入会勧誘や Student Branch 設立の手続き及び利点を説明するなど、若い学会員の獲得と学会活動の活性化に非常に力を入れていた。OSA が開催した学生対象の説明会に出席する機会があり、席上、OSA の米国会員が $30\sim 40\%$ 程度なのに学会名称が Optical Society of America のままでいいのかという素朴な質問が学生から投げかけられた。これに対して、名称はどうであれ、活動は米国内にとどまらずインターナショナルに展開してきたし、これからも海外へ活動を広げていくという趣旨の説明があり、海外展開を含めた学会の活力維持の努力をあらためて強く印象づけられた。