

OECC2010 ショート速報 [ナノ・シリコンフォトニクス]

田中拓男 (理化学研究所)

会議名 : 15th OptoElectronics and Communication Conference (OECC2010)

開催期間 : 2010年7月5日-9日

開催場所 : 札幌コンベンションセンター (札幌市)

*****要 約*****

この国際会議は、アジア・オセアニア地域における光通信および光エレクトロニクスに関する会議である。15回目の今年の会議は札幌で開催され、日本はもちろん中国、韓国、台湾などを中心に500名以上の参加者が集まり活気のある会議になった。光通信関連では、コヒーレント多値信号伝送やOFDM、テラビット/秒通信などのトピックスを中心にシステムとデバイスの両面から報告された。それ以外の新しい光デバイス、光機能材料についても活発な発表と議論が行われた。

1. はじめに

15th Optoelectronics and Communications Conferenceは、2010年7月5日~9日の間、札幌コンベンションセンターで開催された。本会議は、光エレクトロニクスと光通信関係の研究成果を中心に議論を行う国際会議で、アジア・オセアニア圏で開催される本分野の会議としては最大のものになる。今年の会議では、中国・韓国・台湾からの参加者が大きく増え、全体で500名以上の参加者が集まった。

本会議ではプログラム作成段階で、3件のプレナリートークの他に、招待講演が87件、Tutorial講演が5件、一般口頭発表が202件、ポスター発表が145件計画され、それに6件のポストデッドライン講演が加わった。プログラムでは、一般講演セッションの他に3つのシンポジウムと2つのワークショップが企画された。"Optical Network Technologies Beyond the Next"と題されたワークショップの1つでは、"What are the energy-efficient optical switching and device technologies?"として環境・エネルギー関連のトピックスが議論されたが、これは最近、政治、経済を含んで広く議論される話題でもあり印象的であった。2回に分けて合計150件近い発表が行われた、ポスター会場は常に混雑していたが、これも会議の盛り上がりを象徴する光景として強く印象に残っている。

以下、本会議で発表された論文から、3つの分野の報告をピックアップして報告する。

2. ナノフォトニクスデバイス

本会議では、"State of the Art Nanophotonics"と題されたシンポジウムが開かれ、ナノスケールの極微細構造を利用した新しい光デバイスや光機能材料など、ナノフォトニクス関連の研究成果が報告された。東大の荒川は、量子ドットを用いた高効率レーザーについて特にフォトニック結晶構造を利用した共振器を利用して単一半導体量子ドットからのレーザー発振に関する報告を行った。講演では、2次元フォトニック結晶を用いたレーザーデバイスの他にWoodpile型の3次元フォトニック結晶(共振器のQ値は約38,000)にInAsSb/GaAs量子ドットを埋め込んだレーザーデバイスとその発振スペクトルと発振閾値等を報告した。理

研の田中は、プラズモニック・メタマテリアルと呼ばれる貴金属のナノ構造体を利用した新しい光機能材料に関する報告を行った。発表では、光の磁場成分と直接相互作用する人工的な磁性物質を実現するための手法について、それを実現するために最適な物質の選択とナノ構造体のデザインが報告され、さらに実際にそれを加工するために開発された3次元レーザー加工法が発表された。北大の本久からは、**metalorganic vapor phase epitaxy(MOVPE)**法で作成されたIII-V族半導体ナノワイヤーとそれを利用したLEDデバイスが報告された。特にGaAs/AlGaAsのコアシェル型ナノワイヤー構造は、III-V族半導体が持つ非放射の再結合中心に起因する発光効率の低下を解決する手段として有効であるとの指摘がなされた。オランダ Eindhoven 工科大の Hill は、表面プラズモンを利用したナノメートルサイズのレーザーデバイスを発表した。InGaAsの活性層をInPのクラッドで挟んだ後、幅約40nmのピラー構造に加工する。さらにInGaAs層の幅のみを18nm程度まで削ってクビレを作り (**Indented structure**) 縦方向に光を閉じ込める。一方横方向の光閉じ込めは、銀をピラー全体にコートすることで**Metal-Insulator-Metal (MIM)**構造とし、表面プラズモンによって光の閉じ込めを実現している。そして3次的に約20nmメートル角の領域に光を閉じ込める事に成功している。さらにピラーの幅を周期的に変化させることで**distributed feedback (DFB)**レーザーとし、発振波長を制御した**plasmonic DFB nano-laser**を提案した。物材機構の宮崎は、金属(具体的には金)の表面にナノメートル幅の微細なスリットを設け、このスリット内に励起される表面プラズモンモードを利用することで、金属の実効的な光学特性が理想的な黒体に近くなることを指摘した。そして、このナノスリットを導入した金属構造では、黒体輻射に伴う中赤外域の放射場の波長と偏光方向が、スリットの幅や深さ、方向を変えることで人工的に制御可能であることを実験で示した。また、提案した中赤外放射デバイスを中赤外分光計測用の光源として利用可能な事を示し、化学解析用の計測素子として有効であることを実証した。香港城市大のLiuは、**long-range**モードの表面プラズモンを利用した波長フィルターを提案した。金属表面に励起しうる表面プラズモンには、**short-range**モードと**long-range**モードの2つがあるが、金属薄膜の両側を誘電体で挟んだ構造等には、**long-range**モードの表面プラズモン(以下LRSP)を励起することが可能である。このLRSPは、金属表面を数mmに渡って伝搬できるという特徴がある。Liuらは、エポキシ樹脂中にアルミニウムのストライプ構造(幅2 μ m, 厚さ15nm)を埋め込み、さらにエポキシ樹脂の表面に84 μ mピットの回折構造を作製した。この導波路型フィルターは、波長1504nmにおいて19dBの減衰器として動作することが報告された。

2. シリコンフォトニクス

シリコンを用いて光集積デバイスをするとする技術は、「シリコンフォトニクス」と呼ばれ近年非常に活発に研究が行われている分野である。本会議でも、1つのワークショップと4つのセッションがシリコンフォトニクスのために企画され、合計27件の発表があった。これ以外のセッションでもシリコンフォトニクスに関連する発表は多数あったので、シリコンフォトニクスは、本会議においても大きな話題の1つであると言える。これは、シリコンフォトニクスで実現できるデバイスの性能の高さの他に、この技術がCMOSプロセスなど既存の集積回路の加工技術とマッチングが良く、それらを利用することで高集積密度なデバイスが低コストに大量生産できるというメリットがあるからである。

ワークショップでは、横国大の馬場がCMOS技術を最大に活用したフォトニック結晶デバイスの研究動向を報告した。続いて東工大の荒井はIII-V族半導体とSiとのハイブリッド光デバイスについて、電通大の一色はSi発光デバイスについて、東大の和田はSiMEMSデバイスへの展開を、中国科学院のYuは光変調

器や光スイッチデバイスへの応用, 香港科学技術大の Poon は Si マイクロ共振器などに関する講演を行った.

一般セッションでは, カリフォルニア大デービス校の Yoo が CMOS チップと互換性のある 9×9 の光クロスバースイッチを提案した. 報告では, Si が持つ温度変化に対する敏感性がシリコンフォトニクスデバイスの温度安定性に影響を与える事が指摘され, この問題に対して負の温度依存性を持つ PMMA 樹脂などをデバイス構造に導入することで補償できることが提案・報告された.

光変調器への応用としては, マッハツェンダ型干渉計(MZI)の原理を利用したデバイスがいくつか報告された. 台湾の National Chang Kung 大の Hsu らは, Silicon-On-Silicon(SOS)基板上に作製したマッハツェンダ型変調器を報告した. 一般にシリコンフォトニクスの分野では, 伝搬ロスを小さくするために Silicon-On-Insulator (SOI)基板が利用されるが, SOS 基板が持つ高い熱伝導特性と SOS 基板が SOI 基板に比べて 10 分の 1 以下の価格であるという低コスト性を考慮すると, フリーキャリア注入型のデバイスなどにおいては SOS 基板もシリコンフォトニクスデバイスの材料として重要な選択肢の 1 つになることを指摘している. 香港中文大の Lo は, マイクロリング共振器や MZI で構成されたシリコン光変調器の線型性について解析を行い, 逆バイアスをかけた p-i-p-i-n diode を用いた MZI では, 従来の MZI に比べて 4.6dB の線型性の向上を実現できる事を報告した. NTT の Park は, 全シリコンのリブ型導波路上に, 可変光減衰器と光検出器を直列に集積化したデバイスを発表した. このデバイスは, 数 GHz の帯域と 0.5cm^{-1} 以下の低い吸収係数を持ち, インラインのパワーモニターやバーストモード WDM 通信におけるイコライザーに応用可能であるとしている.

4. THz 技術

THz 波技術として 2 件の報告を取り上げる. 理研の伊藤は, 2 種類の有機結晶を利用した超広帯域 THz 波発生と検出技術を報告した. 用いた有機結晶は, 4-dimethylamino-N-methyl-4-stilbazolium tosylate (DAST)と N-benzyl-2-methyl-4-nitroaniline (BNA)である. この結晶に KTP-OPO (optical parametric oscillator)からの 2 波長の光パルスを導入し, 差周波発生 (DFG)過程を利用して THz 波を発生させている. DAST 結晶を用いた装置では, 1.5~37THz の広帯域 THz 波の発生に成功している. また BNA 結晶を用いた光学系では, 0.1~20THz の帯域を持つ THz 波を発生させている. また, THz 波の検出には, DAST 結晶を利用した up-conversion を利用して, 2~40THz の超広帯域において高感度に THz 波を検出する手法を提案した. 北大の葛西は, ゲート制御された GaAs ナノワイヤーデバイスを用いた THz 波検出器を提案した. さらに GaAs ナノワイヤー素子を並列に集積化することで, 検出感度の増強が可能である事を提案している.

5. おわりに

日本で開催される本会議は, これまで東京圏での開催であったが, 今回初めて札幌で開催された. 新千歳空港の国際線ターミナルビルが今年春に新しくオープンしたせいか, アジア各国からも多数の研究者が参加し, 会議は成功裏に閉幕した. 梅雨のない北海道ということで, さわやかな気候を期待して出かけたが, あいにく天気は雨が多く, 気温も「暑い」という言葉が適当なくらいに高かったため北海道に来たという実感が少なかったのが少々残念であった. 次回の 16 回大会は台湾で開催される予定である. アジア・オセアニア地域の光エレクトロニクス, 光通信技術が益々発展することを期待しながら, 引き続き注目していきたい.