

ナノフォトニクス 2010 ショート速報 [ナノスケール光技術]

杉坂純一郎 (宇都宮大学)

伊藤雅英 (筑波大学)

会議名 : The 4th International Conference on Nanophotonics

開催期間 : 2010年5月30日-6月3日

開催場所 : Tsukuba International Congress Center (つくば, 日本)

*****要 約*****

The 4th International Conference on Nanophotonicsは2007年より年一回開催されている国際会議で、微細加工技術、フォトニック結晶、プラズモニクス、メタマテリアル、ナノフォトニクス応用といった、ナノスケールの光技術に関する研究発表が行われている。今年も各国の研究機関から280件の独創的な研究報告が行われた。ナノスケールという困難な領域にもかかわらず多くの発表が試作・実験結果を踏まえたものであり、ナノフォトニックデバイスの実用化を視野に入れた多くの研究発表があった。また、バイオ・ヘルスケア・太陽光エネルギー・環境といった新しい応用分野を見据えた研究も活発に議論された。

1. はじめに

The 4th International Conference on Nanophotonicsは、米国光学会 (OSA)・日本光学会 (OSJ) 共催、つくば市協賛、物質・材料研究機構 (NIMS)、筑波大学、光産業技術振興協会ほか海外2大学後援のもとで、ナノスケールの光素子作製、光計測、光制御に主眼を置いた会議である。2007年に中国の杭州で開催された第一回から昨年までは中国の各都市で行われてきたが、今年は日本のつくば市で開催された。会議は31カ国から約310人(国内160人、海外150人)の参加者のもと、2名のKeynote speaker, 5名のPlenary speaker, 3名のTutorial course lecturer, 32名のInvited speaker, 60件のOral presentation, 178件のPoster presentationで構成され、計27のsessionで熱心な議論がなされた。トピックスとしては、バイオ・エネルギー・環境のためにナノ材料、情報・通信用ナノデバイス、ナノ構造作成など多岐にわたっており、それぞれの分野の最先端技術の集約といえよう。ナノスケールの光技術の中でも特にフォトニック結晶、プラズモン、メタマテリアルを用いた材料は、従来の光学材料とは大きく異なる特性を持つことから注目されており、本会議でもそれぞれに対して個別にセッションが組まれた。ここでは、多岐にわたるテーマの中から、フォトニック結晶、プラズモン関連、ナノバイオ関連という限られた分野について感想を述べる。

2. フォトニック結晶

京都大学の野田氏は2次元フォトニック結晶を用いたレーザー光源に関する発表を行った。フォトニック結晶の持つ周期構造により単一のモードが広い面積にわたって保持され、高出力のレーザーが実現できることを示した。さらに、格子点に配置する誘電体の形状を円または三角形に変え、モード分布を制御することで出力されるビームプロファイルをドーナツ型または単峰型に変えることができることや、2つの格子をずらして配置し、射出するビームの方向を制御する手法も示した。従来、このようなビームの制御は複数の機構

が必要となるが、フォトニック結晶を用いると素子単体で実現できる。フォトニック結晶の持つ能力を良く生かした研究といえる。ビームプロファイルがフォトニック結晶のモードに依存することは物質材料研究機構（日本）の Abbarchi 氏らも示した。数値計算の結果と実験結果が非常によく一致しており、計算技術と作製技術、計測技術の総合的な技術の高さが感じられた。

なお、フォトニック結晶を用いた光源についての研究発表は、フランスの研究所 Laboratoire de Photonique et de Nanostructures の Raineri 氏らからも行われた。こちらは自由空間中へ射出するのではなく、InP フォトニック結晶からの放射光を隣接する Si 細線導波路に取り出す方式である。集積化が容易で、Si ベースの電子回路とも親和性が良く、光インターコネクション技術の進展が期待できる。ポスター発表では物質・材料研究機構（日本）の渡辺氏、和歌山大学の尾崎氏からトポロジー最適化を用いたフォトニック結晶導波路の発表があった。トポロジー最適化とは所望の導波特性が得られるように最適な屈折率分布を機械的に見つけ出す手法で、曲がり導波路に適用して導波路の透過率を改善したり、Y字型の分岐導波路に適用して波長ごとに経路を変える波長フィルタの機能を加えたりする設計を行っていた。フォトニック結晶素子の設計はバンド図（分散特性）を用いて物理的な考察をもとに行うことが多いが、導波路構造が複雑になってくるとこれが難しく、そのような場合に有用な手法であるといえる。

3. プラズモン

プラズモン（表面プラズモンポラリトン）に関する発表は複数のセッションに分かれて行われた。プラズモンは金属と誘電体の境界に励起されるが、具体的な素子構造は発表によって様々であった。天津大学（中国）のZhang氏からはフォトニック結晶ファイバーの空気孔の一部に金属を充填した構造についての発表があった。プラズモンの電場増強効果により電場がファイバーの中央部に局在し、エルビウムをドーブ（添加）するとレーザー発振も可能であることを示した。北京大学（中国）のFang氏の発表はボウタイ型のアンテナ同士を銀の細線（ナノワイヤ）で接続し、励起したプラズモンを伝搬させて信号の伝達を行うというものであった。仁荷大学（韓国）のLee氏の発表では、いわゆるマイクロストリップ線路のナノスケール版ともいえる構造が報告された。微細な方向性結合器やリング共振器、MMI(multi-mode-interferometer)などの機能デバイスが比較的容易に作製でき、集積化された光回路の開発が期待される。北京大学のGu氏からは、2種類の誘電体同心円柱を金属で被覆した直径 400nm弱の構造に 2 つのモードが励起されるハイブリッド導波路の発表があった。Royal Institute of Technology（スウェーデン）のHolmström氏はInP量子ドットを銀でコートした粒子を一行に並べた構造で、平坦な分散特性を持ち、伝搬光の低群速度化を可能にしている。国立成功大學（台湾）のLee氏の構造は金属導波路の両サイドに矩形構造を対称に配置したもので、この矩形構造が波長フィルタとして機能し、特定の波長帯の光が金属導波路を伝搬できないようにすることができる。また発表の中で、導波路に突起を付けることで共振器として動作することも示された。これらを誘電体のみで実現しようとする、波長フィルタは回折格子やフォトニック結晶のような周期構造が必要となり、素子の小型化が困難となるが、プラズモンを利用すると周期構造も必要とせず、より簡単な構造で機能素子が実現できる。プラズモンの持つ能力を、改めて実感した。

4. ナノバイオ光学

ナノフォトニクスをこれまでの通信、情報デバイスではなく、バイオ・健康関連に応用する試みがなされつつある。未成熟の分野ではあるが、新しい視点で研究を展開していく意欲が感じられた。ニューヨーク州立

大のP. N. Prasad氏はナノフォトニクス新しい応用分野として、太陽エネルギーの高効率利用とヘルスケア領域について紹介し、ナノ医療や非線形光学利用のナノセラピーなどの応用を示した。ナノ粒子のセンシングにHigh-Qのウィスパーギャラリーモード¹の状態変化を用いた計測について、北京大のY-F Xiao氏が報告し、30nm～180nmの計測結果を示した。また、フランスUniversite de MediterraneeのA. V. Kabashinは表面プラズモンを用いて 1pg/mm³の体積の屈折率変化を 10⁻⁶の精度で測定したり、局在プラズモンによって 20nmの直径を計測できることを示唆した。この分野は具体的な応用がはっきりすれば、大きな進展が期待される。

5.おわりに

ナノフォトニクスは1つの分野としてまとめるには大きすぎ、様々な技術的な背景があり、また応用分野も大きな広がりがある。異なる分野であっても、ナノという共通のキーワードで結ばれているため、互いに有益な議論が活発に行われていた。当報告はその中のごく一部について述べたにすぎないが、本領域の今後の発展に大きな期待を抱かせる会議であった。

会議のデータについては、筑波大学数理物質科学研究科つくばナノエレ人材育成プログラム連携コーディネーターの浅川潔客員教授にご提供頂いた。ここの感謝の意を表す。

¹ 球の内側表面に沿って光が全反射を繰り返す共鳴モード。「囁きの回廊」とも呼ばれる。