

GFP2009 ショート速報[シリコンフォトニクス]

石川靖彦 (東大)

会議名 : 6th International Conference on Group IV Photonics

開催期間 : 2009年9月9日-11日

開催場所 : Intercontinental Mark Hopkins (San Francisco, CA, 米国)

*****要約*****

6th International Conference on Group IV Photonics(GFP2009)が、2009年9月9-11日に米国サンフランシスコで開催された。シリコンフォトニクスの中心的な国際会議であり、例年同様、この分野を先導する各国機関からの発表がなされた。各種光デバイスや集積化技術の着実な進歩、発光素子関連講演の増加が見られた。注目される成果として、Si上引っ張り歪みn型Geにおいて光ポンピングによる室温レーザー発振がMITから報告された。

1. はじめに

International Conference on Group IV Photonics(GFP)は、IEEE Photonics Society(旧 LEOS)主催で毎年開催されており、2004年香港での第1回以来、今回で6回目となる。シリコン CMOS プロセスをベースとした光デバイス・光電子集積技術であるシリコンフォトニクスを代表する国際会議である。アジア、欧州、北米の3地域を持ち回りで開催されており、本年は北米・米国サンフランシスコでの開催となった。この分野を先導する各国機関(Intel, IBM, MIT, Cornell, Ghent 大/IMEC, NTT 等)からの講演が行われた一方、Laxtera や Kotura といった米国ベンチャー企業は発表を見合わせていた。

2. 講演件数など

基調講演1件(Intel)、招待講演13件、一般口頭発表60件(うちポストデッドライン4件)、ポスター発表28件の計102件の講演があった。不況の影響からか、一般講演の投稿件数は、昨年より約20%減の116件であった。投稿件数が減少した一方で、採択率も約70%と厳しくなっている。講演数が前年の138件から30件以上減少しているが、ポスター講演数が大幅に削減されたこと(2セッションから1セッションに縮小)によるものであり、連日午前8時から午後6時すぎまでセッションが組まれる濃密さに変化はなかった。

地域別の講演件数は、開催地の北米が最も多く47件、欧州30件、アジア25件である。アジアの内訳は、日本9件(うち招待講演2件)、韓国7件、中国6件、他3件という状況であった。例年に比べ、日本からの講演が少なく、本会議に対するアクティビティの低下は残念であった。不況やインフルエンザに加え、応用物理学会との日程重複が影響したものと考えられる。

今年の特徴として、プログラム委員会が 1. Sensor, Resonator, and Filter Technologies、2. Silicon Photonic Integrated Circuit and Active Device Technologies、3. Advanced Materials Technologies の3つのサブコミッティーに再編成されたことが挙げられる。昨年までは、上記1および2に相当する分野、すなわち、Si 導波路をベースとしたパッシブデバイス、光変調器や受光器等のアクティブデバイス、これらの集

積化技術の発表が主体であったが、今年は 3. **Advanced Materials Technologies** の分野設定がなされたことで発光材料/発光素子関連の講演数が増加したように思われる。シリコン上の光源を今後のキーデバイスとして会議全体で盛り上げていく雰囲気が感じられた。成果としても、Si 上引っ張り歪み n 型 Ge において光ポンピングによるレーザー発振(MIT)が報告されるなど、特筆すべきものが得られている。昨年の雰囲気がファウンドリ利用やデバイス高性能化の一辺倒であったことを考えると、大きな変化である。

以下に、本題である主な講演内容を紹介する。

3. 主な講演内容

3. 1 基調講演

Intel 社 Vice President の J. Rather 氏より、「**Photonics and the Future Computing**」という題目で基調講演があった。シリコンフォトニクスが進むべき道は、低価格・大量生産の要求される分野であると強調されていた。USB3.0 を例に挙げ、銅配線による通信が速度と距離の面で性能限界に達しつつあることが紹介されると共に、シリコンフォトニクスによる光 I/O を USB のような低価格・大量生産が必要な分野に応用すべきであると述べられた。また、イメージング・センシング分野への応用も期待しているとのことであった。人体全身の断層画像の取得(ファイルサイズは 20GB に達する)に高速・大容量の光通信が有効であること、メタガスセンサのシステム(現状~\$10k)を 1/10-1/100 の価格に低減できるなどの例が挙げられた。なお、講演題目には **Computing** という単語があったが、今回の話題は通信応用とイメージング・センシング応用がシリコンフォトニクスの有望なアプリケーションであろうというものであった。コア間等、チップ内光配線についての紹介はなかった。

3. 2 フィルター、光共振器、フォトニック結晶など

Si 導波路や MZI/リングフィルターに関しては、偏波無依存化や動作波長の温度無依存化の検討結果が紹介された。クロックリカバリーや RF channelizer といった機能デバイスとしての利用に向けた実験結果も紹介された。通信用途だけでなく、バイオセンシング応用に向けた実験結果もいくつか報告された。表面への分子吸着による屈折率変化を共振波長変化として検出するものが主体である。センサ応用の実験は今後さらに検討が進むものと思われる。

フォトニック結晶に関しては、**slow light** を利用した遅延素子の研究に加えて、光スイッチや広波長帯域フィルターが提案された。

3. 3 受光器および集積化技術

受光器ではCVD法によるSi上Geエピタキシャル層の利用が一層進んできており、Si導波路との集積化はもとより、Si-VOA素子との集積など、さらなる集積化が報告された。Ge受光器の特性については高量子効率、高速動作の実証から、高感度化を目指した研究が重要度を増している。Ge/Siアバランシェフォトダイオードの受光特性や低温化プロセスによるGe-pinダイオードの暗電流低減が報告された。また、アモルファスSi上へのGeの低温成長(<450°C)の検討が始められている。低温成長は結晶性低下が問題であるが、CMOSプロセスとの互換性やSiO₂上のアモルファスSi導波路利用の観点からも今後の進展が期待される。

一方、貼り合わせを利用した III-V 族化合物半導体や Ge の MSM 受光器の報告もあった。Si 導波路と受光器の集積化に関しては CVD 法による Ge エピタキシャル成長の利用が大勢であるものの、貼り合わせは

III-V 光源のオンチップ集積に不可欠な技術であるため、光源まで含めたプロセス互換性が議論されると興味深い。

3. 4 発光材料、発光素子

先にも述べたように、今年の特徴として、光源技術に関連した講演数が増加した。III-V 族光源の集積に関する報告も増加しており、InP 系レーザーの貼り合わせ・共振器加工プロセスに関する報告や Si に格子整合する新材料として Ga(NAsP)のエピタキシャル成長が報告された。

Er を初めとする希土類元素の酸化物形成法や発光特性に関する報告が多数あった。これらの材料をフォトニック結晶共振器やディスク共振器、スロット共振器に導入することで発光強度増加を図る試みも見られた。

一昨年および昨年の会議で、MIT のグループから Si 上の引っ張り歪み n 型 Ge において直接遷移バンドギャップに相当する波長 1.6 ミクロン付近で光増幅の可能性があること、また実験的には PL 発光強度の増大や optical bleaching が報告されたこともあり、Ge 発光素子に関する報告が 4 機関からなされた。Si 上に成長した Ge は 0.2%程の引っ張り格子歪みを有するが、これにより伝導帯下端の L 点と直接遷移の Γ 点のエネルギー差が 0.14eV から 0.11eV に減少する。高濃度 n 型ドーピングにより Γ 点近傍の電子の存在確率を増加させ、さらに Γ 点電子の L 点への緩和が抑制されることにより、直接遷移が増大する概念である。今年と同じ MIT のグループから、高濃度 n 型 Ge がネットのゲインを示す実験結果が報告されると共に、細線状導波路に加工し、両端を鏡面研磨したファブリペロー共振器構造において、光ポンピングによる室温レーザー発振が報告された。今後の光源研究に大きな影響を与える成果であろう。

3. 5 その他

光変調器に関しては、例年同様、リングや MZI に Si-pn 接合を作り込んだ構造が主体であった。電流注入方式からキャリアの空乏方式が主体となりつつあり、動作速度とフットプリントについての議論がなされた。リングと MZI を組み合わせた構造で動作電圧を低減できる報告があったが、低消費電力化まで含めた各デバイス構造のメリット・デメリットを議論したものは見られなかった。目新しいものとしては、Ge/SiGe 歪み量子井戸構造における量子閉じ込めシュタルク効果を 1.3 ミクロン帯変調器に利用する理論検討があった。

この他、非線形効果、プラズモニクス、太陽電池といった分野の発表があった。グラフェン/ナノチューブを利用した光デバイスの招待講演やオプトメカニクス・メンブレンに関するセッションも生まれ、新しい流れと思われる。

4. おわりに

今年の GFP では、DARPA の UNIC プロジェクトで進められているコア間光配線に関する報告が見られなかった。Intel の J. Rather 氏は、低価格・大量生産が必要な通信ケーブル応用とイメージング・センシング応用が有望なアプリケーションであると強調していたが、UNIC プロジェクトで進められているチップ内光配線についても来年の GFP では何かしらの報告があるのではないだろうか。米国ベンチャー企業の動向もはっきりすると思われる。各種デバイス性能の向上が報告された一方で、キラーアプリケーションが明確でない状況に大きな変化がなかったとも思われ、シリコンフォトニクスの分野で日本がまだまだ優位に立てる可能性も十分に感じられた。

今回の GFP は 2010 年 9 月に中国・北京にて開催される。