

GFP2008 ショート速報[シリコンフォトンクス]

山田 博仁 (東北大学 大学院工学研究科)

会議名 : The 5th International Conference on Group IV Photonics

開催期間 : 2008 年 9 月 17 日 - 19 日

開催場所 : Hilton Sorrento Palace (Sorrento, Italy)

*****要 約*****

Si フォトンクスにフォーカスしたメジャーな国際会議であり、毎年開催され今回が第 5 回目。発表件数はこの 5 年間着実に伸びており、今回は 143 件。特に欧米が伸びているが、日本からの発表件数は今回少なかった。参加者は約 170 人。主な内容としては、10Gbps 超の Si 光変調器や 40G クラスの Ge on Si PD に関する発表が増えてきた。Si 発光デバイスや Si 基板上に化合物光デバイスを集積化する技術に関する発表も多かった。会議の最後には、Si フォトンクス関連のファブからの PR セッションもあり、非常に盛りだくさんの内容で密度の濃い会議であった。

1. はじめに

本会議は、シリコンフォトンクスにフォーカスしたIEEE/LEOS主催の国際会議である。2004年の香港に始まって毎年開催されており、今回が第5回目となる。総発表件数は143件、投稿件数が約150件であるので採択率は100%に近い。2回に渡りポスターセッションを設けて、なるべく多くの投稿論文を採択したいというプログラム委員会の意向が伺える。従って、内容としては玉石混濁であるが、この分野はどんな技術がいつ玉に化けるのか現時点では分からないので、そのようなプログラム委員会の方針は歓迎すべきものと言える。今回欧米からの発表件数は伸びているが、日本からの発表件数は少なかった。これまで常連であったNECからの発表が無かったものの、沖電気や東芝から今回初めて発表があり、この分野に新たなプレーヤーが参入してきたことはたいへん喜ばしい。参加者は約170名であり、毎年着実に増えてきている。今回の会議ではプレナリートークは無く、テクニカルな内容が連日朝8時半から夜8時過ぎまで続くようなハードなプログラム構成であったが、当該分野の著しい進歩に刺激され、連日最終セッションまで活発な議論が続いた。以下に、本会議の主だった発表について報告する。

2. 主な発表内容

2. 1 高速 Si 光変調器

今回の会議では、10G を超える Si 光変調器に関して多くの機関から報告があった。基板に平行な pin 接合を採用して電極間容量を下げたり、駆動する電気信号波形の立ち上がりと立下りを強調する pre-emphasis の手法を用いることにより、Si 光変調器でも 10G 以上で使用できるようになってきた。本会議では表立った発表は無かったが、40G で動作するものも既に Intel から報告されている。ただし、素子の大きさや消費電力(動作電圧)、消光比、波長帯域の全ての点で On-chip 光配線としての所望性能を満足できるものは未だ得られていない。テレコム用としては現状スペックでも使用できると思われるが、コスト面で優位性がある

かどうかは未知数である。

2. 2 高速 Ge on Si フォトダイオード

今回の会議では、40Gクラスのビットレートで使用可能なGe PDの発表が何件か出てきた。いずれも受光面を10 μm 程度に小さくすることによって低容量化を図ったものであるが、その場合、受光感度の低下や暗電流の増加に繋がらないかどうかポイントとなる。Intelからは今回導波路型のMSM Ge on SiO₂ PDが報告されたが、特性的には前回PDPで発表の31GHz pin PDを越えるものではなかった。

2. 3 IV族半導体発光素子

SiなどのIV族半導体における発光メカニズムについては、これまでも多くの報告があるが、本会議ではGeによる発光素子(特にレーザー)の実現に向けた招待講演がMITからあり、興味深かった。GeもSiと同様に間接遷移型の半導体であり、発光素子としては不向きであることが分かっているが、基板面内の引っ張り歪を導入するとバンド構造が変化して直接遷移半導体に近づくことが知られている。さらにドナーをドーピングすることにより、フェルミレベルを Γ 谷の底とほぼ等しくでき、直接遷移型likeな半導体となる。試料を作製してPLを観測した結果、直接遷移バンドギャップに相当する波長でのPL発光が得られた。また、光励起強度の増加と共に透明になっていく、optical bleachingも観測されている。

2. 4 外部光学系との光結合技術

Si光導波路に対して、単一モード光ファイバーを基板に垂直方向に結合させる方式の一つとして、Ghent大などでグレーティングカプラが実現されており、前回の会議でも偏波ダイバシティによる偏波依存性の小さな光結合が報告されていた。今回はそれに集光構造を導波路部分に導入することにより、光結合損失を6dBまで低減した。30 μm 角程度のコンパクトなサイズで偏波依存性の小さい(20nmの波長範囲に渡り1dB以下)光結合を実現している。

基板面に対して平行方向に光ファイバーと結合させる方式としては、NTTなどからテーパ型スポットサイズ変換器(SSC)がチャネル導波路構造のSi細線光導波路に対して実現されているが、今回NTTはSiリブ型導波路に対しても同様のテーパ型SSCを報告し、良好な特性を披露した。また東芝からは、Si細線導波路用にオーバーラッドを0.8 μm まで薄くしたテーパ型SSCについて報告し、さらにそれを用いた導波路の交差も実現していた。

その他、g-Packと呼ばれるSiフォトリソニックチップに対して光学および電氣的な外部接続を実現するパッケージング技術に関する報告がベルリン工科大およびGhent大-IMECからあった。Ghent大のグレーティングカプラを用いてSMF光ファイバーアレイと結合させるものである。

2. 5 化合物半導体光デバイスとの集積化技術

化合物半導体によるLDやPD、光変調器などを、SOI光導波路基板上に貼り合わせて集積化する技術が、UCSBとIntelなどから報告されている。前回の会議でもモード同期LDなどが報告されていたが、今回もこのエバネッセント光結合による貼り合わせ集積化という共通の基盤技術に基づいて、多くのデバイスが報告された。DBRレーザーやその発展形であるサンプルド・グレーティング構造DBRによる波長可変レーザー、WDM波長コム生成のための10GHz MLLD、そして化合物半導体によるMQWを用いた10G MZI光変調

器などが報告された。しかし特性はどれも従来デバイスに比べると未だ劣っている。

この貼り合わせの方法は、通常 6~8 インチ程度の大きさが用いられている SOI ウエハに対して、2~3 インチ程度の小さくて高価な InP ウエハを貼り合わせるので、ウエハ面積あたりのコストは、高価な InP ウエハで決ってしまう。従って、光回路を大規模化(大面積化)する場合には、コスト面で課題が残る。

2. 6 その他

その他注目すべき発表としては、SOI ウエハおよびそれを用いた Si 光導波路の複屈折に関する報告が、横浜国大およびハンブルク工科大からあった。横浜国大からは SOI ウエハには非常に大きな複屈折が存在すること、またそれを逆に利用すれば Si 細線導波路による AWG を偏波無依存にできることを示し、実際に偏波依存性の小さい AWG を実現している。一方ハンブルク工科大では、SOI リブ導波路に沿った方向での位相複屈折および群複屈折を、磁気ヘッドを用いて精密に測定している。

また、NTT からは Si 細線導波路を用いた量子もつれ光子対発生に関する報告があった。Si 細線導波路では高効率での光パラメトリック波長変換が可能となるので、このような量子情報分野への応用も大いに期待できる。

フォトニック結晶に関しては、本会議よりもフォトニック結晶のみにフォーカスされた PECS という会議があるが、Si フォトニック結晶に関しては、本会議でもいくつか報告があった。特にスローライトやその応用に関する報告が、St. Andrews 大、シドニー大や横浜国大からあった。また今回は、Si 太陽電池に関するセッションも設けられ、3 件の発表があった。

2. 7 Si フォトニクス関連ファブ

今回は特別に、会議の最後に Si フォトニクス関連のファブ紹介、PR のセッションが約 1 時間設けられていた。ePIXfab という IMEC と LETI が共同で運行する CMOS コンパチブル Si 光導波路プロセスのシャトルサービスである。と言っても、現状で Si 光導波路を中心としたデバイスのみによる光回路を想定しており、MOS FET などの電子デバイス/回路まで集積化することまでは準備していないようである。ファブのシャトルサービスは、1 枚の 8 インチウエハ或いはプロセスランに相乗りする形で、多くの研究機関や企業などから注文を募り、6mm×2mm を標準サイズとして、4,000~7,000 € で試作してくれる。発注から納入まで 5 カ月くらいを見ておく必要がある。知的財産の扱いについても触れており、試作するデバイスや回路パターンに関する権利は全て発注する側にあるとのこと。従って、自前で EB 露光機やステッパ、ドライエッチング装置などを持たなくても、少ない予算で試作を行うことが可能になってきた。日本でも最近 NTT-AT が同様のサービスを始めている。

3. おわりに

光変調器や光スイッチ、光合分波器、光検出器、さらに化合物光デバイスとの集積化技術など、Si 光導波路デバイスに関しては、要素デバイス/技術はほぼ出尽くした感がある。それら Si 光導波路デバイス/集積回路に関するファブも内外で立ち上がりつつあり、あとは何を作るか、如何にシステムインパクトのあるものを提案できるのかに Si フォトニクスの将来はかかっていると言えよう。その点では未だこれといったキラーアプリが出てきていない。Luxtera の光トランシーバーも総合的に見ると、従来のものに比べて優位性はない。逆に考えれば、何かいいアイデアやアプリがあれば、要素デバイスも揃いファブも整ってきた現在、少ない初期投資で事業に参入できる。今がチャンスかもしれない。