

2008 International Semiconductor Laser Conference [ショート速報]

松尾慎治 (NTTフォトニクス研究所)

会議名：2008 International Semiconductor Laser Conference

開催期間：2008年9月14日－18日

開催場所：ソレント、イタリア

*****要 約*****

今回の半導体国際会議では1.3および1.5ミクロン帯での通信応用を目指した面発光レーザや量子ドットレーザの着実な研究の進展が見られた。また、新たな波長帯としてセンサー応用等で期待される2-4ミクロン帯へ向けた研究開発も盛んである。さらに、光注入レーザによる変調帯域増大の可能性や、Siに格子マッチングした新しい発光材料の実現など将来のブレークスルーとなる可能性のある興味深い報告も数多くあった。

1. はじめに

半導体レーザ国際会議は2年に一度、日本、米国、ヨーロッパ持ち回りで開催される伝統ある会議であり、これまで、多くの優秀な論文の発表が行われてきた。近年、半導体レーザのターゲットは通信分野だけでなくGaNに代表される短波長側、量子カスケードレーザ等に代表される2ミクロン超の長波長側、さらにはSiとのハイブリッド集積によるシリコンフォトニクスへのシフトと多様化してきた。本来であればこれらすべての半導体レーザに関するホットなトピックスが議論される場として期待したいのではあるが残念ながら、通信におけるホットなトピックスであると思われるAl系のDFBレーザあるいはEA-DFBレーザに関してはECOC、シリコンフォトニクスに関してはグループIVフォトニクスの方で発表されたようである。そのため、本報告で現在の半導体レーザのトピックスのすべてをカバーしきれていないことは御了解頂きたい。

2. レビュートーク

今回のInvited review talkは以下の3つのテーマが選ばれた。

- 1、長波長VCSEL (EFPL・Kapon 教授)
- 2、量子ドットレーザ (東大・荒川教授)
- 3、InP系光集積回路 (Infinera・Nagarajan 氏)

長波長VCSELは通信およびコンパクトなセンシングシステムとしての応用がメインのターゲットである。素子構造としては、短波長側で多く用いられる酸化狭窄型ではなく埋め込みトンネル接合を用いることが今のトレンドである。Kapon教授のグループではこの埋め込みトンネル接合、InP/InAlGaAs MQWを用いて直接接合法により作製したVCSELでは85度で2.2 mW以上の出力を得ており、100 GbE用の光源として使用可能なVCSELも現実的になってきていると感じた。

量子ドットレーザに関してはタイトルの中にもFrom Science to Practical Implementationと書かれているようにフォトニック結晶と量子ドットを組み合わせた単一フォトンエミッターから1.3ミクロン帯の

Uncooled レーザの製品まで量子ドットの特長を生かした幅広い可能性を紹介していた。

最後の InP 系光集積回路の最近の動向に関しては、残念ながら技術的な内容についてのインフォメーションは少なかったが、着実に進展しており、またビジネスとして成り立っているということを報告していた。余談であるが学会会場の掲示板には Infinara の PLC セクション(旧 Little Optics)で多くの求人者を募集していた。Infinara が PLC セクションを買収してどのような展開を見せるのかも気になるところである。

3. 一般講演と PD セッション

ここでは、注目すべき講演を数件紹介する。

まず MB7 で富士通研究所・大坪氏よりアルミ系 1.3 ミクロン帯の SI 埋め込み直接変調 DFB レーザが報告された。50 度までの動作環境において明瞭な 40Gb/s のアイパターンを示している。素子長は 150 ミクロン、導波路幅は 1.5 ミクロンである。85 度では出力強度が落ちてきてはいるものの、アルミ系レーザの高いポテンシャルを示す結果である。同じ 1.3 ミクロン帯において面発光レーザでは低消費電力の 10GBASE-LR (10 km) 用素子の発表があった(MB3:ミュンヘン工科大)。InP ベースで埋め込みトンネル接合を採用しジャンクションダウンで金電極を通して放熱を良くする実装方法を行っている。TOSA においては 80°C で 0.6 mW の出力、10 Gb/s、10 km SMF 伝送で 75°C までのエラーフリー動作を確認している。シングルモードで高出力化という面発光レーザの課題をどうクリアするか今後の取り組みに注目したい。また、住友電工・大西氏らは GaAs 基板上 GaInNAs MQW 活性層による 1.274 ミクロンの面発光レーザを報告した(TuB2)。6 ミクロンの埋め込みトンネル接合を用いて 25 度で 4.2 mW、85 度で 2.2 mW の出力を得ている。変調は 85°C で 10Gb/s を実現し、消光比は 5dB であった。

波長可変レーザに関して、NTT・石井氏らは動作安定性に優れる DFB レーザアレイの狭線幅化に関する報告を行った(WB5)。DFB レーザ部を長共振器化した TLA を試作し、L 帯 40nm の可変幅を有し、すべてのグリッド周波数においてファイバ出力 20mW、SMSR50dB 以上、線幅 580kHz 以下の動作が得られている。DFB レーザ部の長共振器化は、SOA 端面反射からの戻り光による耐性が向上し、線幅に与える影響が少なくなるため、チャンネル間の線幅のばらつきを減少させることにも有効であることを示した。また、ブックハムから以前より開発を行っている DS-DBR-LD の波長帯域拡大に関する検討の報告があった(WB3)。目的は C+L 帯をカバーする波長可変レーザの実現である。後側 SSG の反射ピーク本数を増やすことにより、61nm の範囲をカバーする。但し、これぐらいの波長範囲になると、利得帯域幅の制限が効いてくるので、選択成長による利得帯域の拡大や、SSG の反射ピークの強度を利得形状に合わせて変化させる試みを行っているようであるが、結果は出ていないようである。UC サンタバーバラ校からは SG-DBR-LD を用いた 40Gb/s の波長可変素子の報告があった(WB1)。波長変換器としては SOA の XGM あるいは XPM を用いるものではなく、EA 変調器と受光器を直列接続した光電変換型を用いているのが特長である。SOA 型と比較すると入力光と波長変換光の分離が容易なことと動作マージンが大きくなるのが特長だと思われる。受光素子で EA 変調器を直接駆動するには大きな光電流が必要であるが、このために二段構成の SOA、うち一つは Flared SOA 構造を用いている。NRZ および RZ 信号両方で 40Gb/s のエラーフリー動作を実現しており本方式の優位性を示した。UC バークレーのハスナイン教授のグループからは VCSEL の上部に可動式のミラーを設けたタイプの波長可変レーザの報告があった(ThA2)。通常、可動ミラーは DBR ミラーが用いられるが、本報告では高コントラストグレーティングを用いることにより、大幅にミラーの厚さを低減した。これに伴い重量が大幅に減少することにより変調速度が大幅に向上している。波長可変範囲は 850nm 帯で 2nm 程度では

あるが 60ns の切り替え時間を得ている。波長可変範囲を大きくすると動作は遅くなると思われるがそれでも、MEMS でナノ秒オーダーの切り替え時間が得られることは驚きである。

2 ミクロンを越える波長域でのセンサー応用を目指した面発光レーザの報告があった。面発光レーザを用いることでコンパクトな構成を実現することを目指している。GaSb 基板上に GaInAsSb/AlGaAsSb 活性層を用いたもの (TuA1, ミュンヘン工科大)、InP 基板上に InAs/InGaAs のグレーデッド量子井戸を用いたもの (TuA5, VERTILAS とミュンヘン工科大) が報告された。TuA5 では発振波長 2.36 ミクロンで、しきい値電流 3.8 mA、最大出力 0.5 mW、サイドモード抑圧比 30dB を実現している。実際に一酸化炭素の吸収測定を行い、HITRAN データベースとの良い一致を示していた。

ポストデッドラインセッションでは2つの注目すべき発表があった。PD1.1 は古河電工からの報告で酸化型 VCSEL を用いた高い PCE (Power Conversion Efficiency) の実現である。VCSEL における PCE (Power Conversion Efficiency) はこれまで、1997 年に Ulm 大が報告した 57% が最高であった。しかし、この値は Edge emitting での最高値 : 73% と比較するとまだ小さく、本報告で、その差を縮め PCE62% を酸化狭帯型 1060nm InGaAs 面発光レーザで実現した。高効率化した構造のポイントは、double intra-cavity structure を用い、電気と光のパスのクロス部を最小限にすることにより光ロスを低減したことである。7 ミクロン径の試料で、0.7mA, 1.0W/A@25°C の I-L 特性、50Ω の低抵抗および熱抵抗 1.8K/mW を実現した。2次元のハイパワーレーザ等への適用が目的である。また、PD1.2 では Philipps-University Marburg から Si 基板に格子整合する発光素子の開発に関する報告があった。Si 基板を用いた発光デバイスの開発は、Si 基板上に III/V 化合物を貼り付けるものが多い。その場合、格子不整合に起因するすべり転移などの発生が避けにくく、信頼性上大きな問題と考えられてきたが、本発表は、Si 基板にあくまでも、格子整合する材料を用いようとする試みである。発表グループは、かねてから Ga(NAsP)/GaP 材料に注目しており GaP 基板では室温での電流注入発振を実現してきた。本発表では、(BGa)P を SCH 層とし、Ga(NAsP) で構成される MQW を (001)Si 基板上に成長し光励起によるレーザ発振@10K(発振は 1.41 eV 付近) を実現した。励起光強度 vs 光出力曲線からも、光スペクトルからも、明確な発振を確認している。やはり、格子整合によるデバイス作成は魅力的であると感じた。質問では Si に透明な波長領域 (長波長化) の可能性が聞かれていたが、個人的には導波路を SiON 等で作製して、Si を受光素子として用いる方向もあり発振波長は問題ないのではないかと思う。

4. おわりに

ISLC2008 において、半導体レーザに関する最新の技術報告がなされた。大学を中心に面発光レーザ、量子ドットレーザに関して精力的に研究が行われており、出力強度を含め着実な進展が見られた。また、センサー応用が期待される長波長側への波長域の拡大も盛んに行われている。次回は2年後の2010年に京都で開かれる。次回からはこれまでレビューにとどめられていた招待講演を、一般講演の中にも加えることにより半導体レーザに関連する分野を広くカバーできるようにするとのことである。半導体レーザ国際会議という伝統のある会議の中で純粋に半導体レーザの将来や技術の議論を深めることができれば良いと参加者の一人として期待している。