

CLEO2006 ショート速報[半導体レーザ]

天野 建 (産業技術総合研究所)

会議名: Conference on Lasers and Electro-Optics 06

開催期間: 2006年5月21日 - 26日

開催場所: Long Beach Convention Center (Los Angeles, CA, 米国)

*****要 約*****

2006年5月21日から26日にアメリカのロングビーチで開催されたレーザ・光エレクトロニクス関係では世界最大規模の国際会議「CLEO'06」の主に半導体レーザのセッションに関して報告する。レーザ分野での報告では近年話題となっているフォトニック結晶分野とシリコンフォトニクス分野の発表が目立った。また、ターゲットとしてはチップ間、チップ内のインターコネクションを狙ったものと量子暗号用の単一光子発生光源を狙ったものがあった。フォトニック結晶では10万を越えるQ値を持つ二次元フォトニック結晶キャビティを用いたレーザ素子の実現されるなど、光励起による発振が比較的容易に実現されていた。

また、高出力光源も盛んに議論されていた。外部反射鏡をもつ面発光レーザであるVECSELが印象的であった。微小光源からどれくらいの高出力が得られるのかは今後も興味をもたれるであろう。さらに面発光レーザのセッションが2つ組まれていたが、信号処理用途の報告が多かった。

近年、短距離用のGaAs基板上での光源が注目されているが、1.5 μm帯でGaInNAs系材料、1.3 μm帯では量子ドットの報告が目をつけた。1.5 μm帯でのGaInNAsレーザでは約300A/cm²の低しきい値電流密度の素子の報告があった。

1. はじめに

「CLEO'06」はレーザ・光エレクトロニクス関係では世界最大規模の国際会議である。今年は5月21日から26日にアメリカ西海岸のロサンゼルス・ロングビーチで開催された。例年通りQELSと共催という事もあり、13個の平行セッションと例年通り非常に大規模なものとなっている。会議時間も朝8時から遅い日だと夜10時までと長時間となっており、非常にタフな学会である。

ここでは個人的にカバーできた半導体レーザのセッションと半導体レーザ構造を用いた光信号処理デバイスに関して報告する。

2. 新材料を用いた半導体レーザ

近年、近距離用通信光源として1.3 μm帯で発光する半導体レーザ光源が注目されている。現在、InP系材料を用いた素子での実用化が行われているが、より特性向上が期待できるGaAs系材料での実現も期待されている。本会議ではGaAs材料系で1.3 μm帯や1.55 μm帯といった通信波長帯が可能となるSbやNといった新材料や量子ドット構造の報告が数多くされていた。

新材料による新しいバンド構造を用いたもの(CMBB6)や1.3 μm帯での高温動作特性のもの(CTuX2)

などの報告もあるが、特に目に付いたものは1.55 μm 帯レーザの報告である (CTuX5)。GaInNAsSbという材料を用いれば、GaAs材料系でも1.55 μm 帯の発光が得られることは以前から報告があるが、しきい値電流密度が約300 A/cm²と低い値を得ていた。1.55 μm 帯では従来からあるInP材料系レーザに取って代わる事は難しいが、高品質な1.3 μm 帯レーザ製作の見地を得るとい意味では重要だと思われる。

量子ドットに関しても物性から通信用半導体レーザまで幅広い報告があった。量子ドットを用いた通信用半導体レーザでは量子ドット付近にP型ドーピング材料を添加することで、温度特性が向上するとの報告が出ているが、今回は他の特性への影響が数多く議論されていた。利得の向上 (CThX5) や変調特性の低下 (CThX4) などが報告されていた。Pドーブがすべての特性向上に寄与しているわけではなく、まだまだ効果の実証には時間がかかると思われる。その中で、低電流駆動 (25mA_{p-p}) かつ高温特性 (20-90) での10GHz動作の報告 (CThGG5) が完成度の点で目を引いた。

3. フォトニック結晶レーザ

フォトニック結晶を用いた発光素子は高い光閉じ込めが実現できることから、自然放出光を完全に制御可能な半導体レーザなどが実現できる。しかし、製作の困難さから多くの機能はまだ実現されていない。本会議ではシリコンフォトニクスにも応用可能な高Q値のフォトニッククリスタルの報告 (QWA1) があった。発光素子では外部微分量子効率 20%のフォトニック結晶レーザの報告 (QTuL6) があった。これまでで一番大きな値だと思われる。一般的な半導体レーザに比べて高い値とは言えないが、効率の議論ができるようになった点で進歩が窺える。フォトニック結晶による自然放出光制御では量子井戸と量子ドットを持つフォトニック結晶での非発光サイトを検証することで、その効果を確かめている報告 (QTuL2) も興味深かった。また、レーザ側面にフォトニック結晶を作り込んだ量子カスケードレーザの報告 (QTuL5) も目を引いた。カスケードレーザでは TM モードを励起しなければならない。デバイス表面に作る通常のフォトニック結晶では TE モードしか励起できないといった問題を解決している。また、フォトニック結晶を用いた面出射レーザの報告 (CMKK1) では 50 mW 近い出力が得られており、実用化も視野に入ってきていると思われる。

フォトニック結晶の発光分野では色々なアイデアが提案されており、活気があると感じた。また、徐々にではあるが、実用的なデバイス評価がなされており、これから益々その傾向は強くなるのではないかと感じた。

4. 面発光レーザ

面発光レーザでは信号処理などの応用の報告が目立っていた。面発光レーザの利点である低消費電力駆動を生かして、主に非線形効果を低電力で行おうというものである。代表的なものとして、1mW 以下の制御光を用いて位相変化や群速度変化の報告 (CWK3) がある。1.55 μm の波長域で動作しており、理論上は 40GHz 以上の動作も可能とのことであった。メモリー応用を目指した報告 (CWG7) や Q スイッチ応用の報告 (CWG2) などもあった。メモリーではまだ 1 ビット信号のみではあるが今後の進展に期待したい。実用を睨んだ 1.55 μm 帯での信号処理用 VCSEL の報告 (CWP1) も目を引いた。これまでも報告されてきたが、出射面にグレーティング構造を製作してモードを制御する報告があった。その中でも宙に浮かせたグレーティング構造による偏波制御は初めての報告 (CWP6) であると記憶している。予稿では発振に至っていないが、レーザ発振も得られているとのこと。

5. おわりに

半導体レーザの報告では近年に引き続き GaAs 上の GaInNAs などの新材料や量子ドットの報告が目立った。特に量子ドットは通信用レーザから単一光子発生素子など幅広い分野から報告があり、注目の度合いが見て取れた。同じくフォトニック結晶も色々な分野から報告があり、勢いを感じた。大体は基礎物性であるが、デバイス評価も徐々に報告されてきた。面発光レーザも発光素子としてだけでなく、信号処理応用へ幅を広げている。この分野は超小型集積化の特徴を利用した 2 次元の周期構造を持つフォトニック結晶が原理実証研究で先行していたが、もちろん高い Q 値を持つ 1 次元周期構造である面発光レーザでも同様の事が実現できるはずなので、当然の流れと言える。むしろデバイスの完成度という点からみれば、面発光レーザを使用した信号処理デバイスの方が実用化に近いかもしれない。シリコンフォトニクスでは変調器や導波路の報告は多いものの発光素子はややトーンダウンしているように感じた。

最後になるが、CLEO は光物性からデバイス分野まで非常に広い範囲の報告がなされているが、今回は半導体レーザ分野について報告した。