

IPRM 2006 ショート速報[光デバイス関連]

佐藤健二 (NEC システムデバイス研究所)

会議名：2006 International Conference on Indium Phosphide & Related Materials (IPRM 2006)

開催期間：2006年5月7日 - 11日

開催場所：Princeton University(Princeton, NJ, USA)

*****要約*****

IPRM は、InP とその関連材料の結晶成長、プロセス、および光デバイスや電子デバイスへの応用技術に関する国際会議である。今年の第18回会議では、光デバイス分野で約80件、電子デバイス分野で約40件の報告があった。新しい応用のためのデバイス開発が見られ、例えば、波長可変レーザの高速波長切り換えの試み、ガスセンサ応用を目指した超長波長帯を実現する量子カスケードレーザの進展があった。また、まだ件数としては少ないが、シリコンフォトリソグラフィが IPRM においても報告され始めた。

1. はじめに

IPRM は、InP とその関連材料の結晶成長、プロセス、および光デバイスや電子デバイスへの応用技術に関する国際会議である。本会議は、欧、米、日の持ち回りで毎年開催されている。第18回目にあたる今年は、米国の担当年で、ニュージャージー州にあるプリンストン大学にて行われた。本会議は、それぞれ100人規模の2つのセッションが並行して進められ、プレナリトーク3件、招待講演23件、口頭講演63件、ポスター発表30件、ポストデッドライン講演1件の計120件の論文が報告された。うち光デバイス分野で約80件、電子デバイス分野で約40件の報告があった。参加者人数は約200人であり、発表件数、参加者人数共に例年よりも少なめであった。報告者の専門が光デバイス分野であるため、以下、光デバイス分野を中心に報告する。

2. プレナリセッション

プレナリ講演の第1件目(PLE1)はInP集積光デバイス分野で著名なUCSBのColdren教授によるもので、教授のこれまでの能動・受動集積化技術、広帯域波長可変レーザへの変調器集積技術の研究紹介であった。次にPLE2では、CrystaCommのAntypas氏から、これまでのInP結晶成長に関する開発の歴史の紹介があった。プレナリ最後のPLE3では、Intense PhotonicsのMarsh氏から、Quantum Well Intermixingを使った能動・受動集積技術や、光スイッチ応用の紹介がなされた。

3. 量子カスケード(QC)レーザ

通常のバンド間遷移型の半導体レーザでは実現しえない程の超長波帯(2 μ m以上)でレーザ発振させるため、伝導帯内のサブバンド間遷移を利用したものである。ガスセンサといった応用が期待できる分野で、技術的にはいかに効率良くサブバンド間遷移を起こすかが鍵であり、各研究機関で工夫されている。ミュン

ヘン工科大は、多重 LO フォノン共振を利用し、 $6.7\ \mu\text{m}$ パルス発振、最高動作温度 380K に成功(MA1.3)。また、QC レーザを波長可変化する技術の模索も見られ、ビュルブルグ大学が 2segment DFB 構造による波長スイッチ動作を報告した(MA1.4)。segment を増やすことにより QC レーザとして波長可変動作を目指すものである。また、プリンストン大学から、 $8.2\ \mu\text{m}$ と $9.3\ \mu\text{m}$ の 2 波長同時発振が報告された(MA1.5)。

4 . 半導体レーザ

半導体レーザは 1 日目、2 日目、およびポスターセッションに分かれていた。1 日目は、波長可変レーザがホットなトピックであった。波長可変範囲として、C 帯と言われる波長帯をフルカバーする CW 光源の報告がある一方で、波長可変範囲は狭いが高速に波長を切り換える試みの報告が増加している。

NEC からは、液晶の屈折率変化を利用した外部共振器型の広帯域波長可変レーザの報告があり、C 帯全域の波長可変幅(45nm)、ファイバ結合光出力 50mW 以上が報告され(MA2.1)、さらに可変光減衰器(VOA)を集積化した報告(TuA1.8)があった。同じく液晶の屈折率変化を用いているが、面発光型の波長可変レーザの報告が CNRS からあり(MA2.4)、10nm の波長可変範囲で、波長切り換え速度 $40\ \mu\text{秒}$ を実現した。Univ. College London から、QCSE 効果による屈折率変化を利用した DBR 型波長可変レーザの報告があり、波長可変範囲は 7nm であった(MA2.6)。この構造は、ポストデッドライン報告(PDP1)において、波長の高速切り換えに成功している (FM 変調応答 10GHz)。

これら以外にも、レーザの高温動作に関しては、NEC から Ru ドープ $1.3\ \mu\text{m}$ 帯 InGaAlAs レーザの 120 における 10Gb/s 直接変調動作の報告(MA2.7)、日鉱マテリアルからは MOVPE 多数枚炉の面内均一性改善の改善および InGaAlAs Uncooled Laser の高温動作特性($T_0=95\text{K}$)の報告(WP5)があった。また、Bookham からは DS-DBR 波長可変レーザと Mach-Zehnder 変調器をハイブリッド集積させた報告があったが、今回は特に集積パワーモニタ PD の構造を改善し、PD 低電圧動作を可能にした報告であった(WP23)。

量子ドット・ダッシュ・細線レーザの技術は近年進展しており、今回は、層構造を改善してレーザ特性を向上させたものや、利得の広帯域化に関して発表があった。まず、New Mexico 大学から、InAs/GaAs 量子ドットレーザに関する報告(TuA1.1)があり、GaP 歪み補償層を導入し、室温で発振波長 $1.265\ \mu\text{m}$ 、閾値電流密度 $108\text{A}/\text{cm}^2$ を実現した。また、ビュルツブルグ大学から、量子ダッシュの準位を少しずつずらすことによる利得バンド幅の広帯域化 (300nm) を実現した(TuA1.4)。これにより DFB レーザを作製し、1509 から 1613nm にわたりレーザ発振に成功した。また、NICT からは InP(311)B 基板上的 InAs 量子ドット成長において InGaAlAs 歪み補償層を挿入し、高密度量子ドットを実現した(WA1.1)。ATR は GaAs 基板上的 InAs 量子ドットのバッファを GaAs から GaAsSb として、PL 強度を改善した(WP30)。

5 . 光変調器

波長多重通信向けには波長に対して特性が変化しない光変調器が望まれる。Alcatel から、SOA とモノリシックに集積した電界吸収型の変調器(EAM)が報告された(TuA2.3)。これは、EAM に SOA の特性をうまく組み合わせて、全体で波長依存性を小さくする構造である。これにより 50nm の範囲でほぼ均一な 10Gb/s 変調動作、良好な EYE 開口が得られている。さらに高速な光変調器として、HHI から Mach-Zehnder 型の報告もあり(TuA2.4)、40Gb/s NRZ 変調動作が 2.8V バイアス、 $V_{\pi}=2.6\text{V}$ で得られている。素子長を短くすることによって 80Gb/s といった高速化が期待できることが示された。

6. シリコンフォトニクス

IPRM は、InP に特化した学会ではあるが、ついにシリコンとの融合技術の報告がなされ始めたことは、象徴的であった。この分野の狙いは、Intel が唱えているようにチップ間・チップ内のインターコネクションである。また、既存のシリコンプロセスラインを用いることができることも特徴である。シリコンは $1.3\mu\text{m}$ や $1.55\mu\text{m}$ の光に対して透明であるので、導波路そのものの研究は最近盛んである。特に、SOI 基板上のシリコン細線は、極端に閉じこめを強くできるため、曲率半径の非常に小さい曲がり導波路が実現でき、光回路の小型化が期待できる。しかしながら、シリコンそのものの発光が困難であることから、シリコンの外部から化合物半導体の発光源を用いて光を導入する必要があり、結合損が問題となる。まず UCSB から、シリコン導波路への光導入方法として、あらかじめ SOI 基板の上にシリコン導波路を形成しておいて、その上部に、化合物半導体の活性層を貼り付ける提案があった(WB1.1)。現状は光励起である。また MIT から、半導体レーザをシリコン回路にフリップチップ実装する際の位置のばらつきを低減するため、半導体レーザの厚さを $5\mu\text{m}$ まで薄くしてから素子長を $300\pm 2\mu\text{m}$ で劈開する技術を提案(WP29)。また、IBM からは、シリコン細線を deep UV で形成、 3.5dB/cm の導波損失を実現し、MMI カプラを用いた 4 チャンネル Add/Drop filter の結果を示していた(ThB2.1)。InP ベースに比べて数 100 分の 1 の大きさで実現。ファイバ結合損 1dB、 $R=2\mu\text{m}$ 径の曲がり導波路の損失は 0.015dB と超低損失を実現した。

7. フォトニック結晶

京都大学から、photonic double heterostructure によって閉じこめを強化し、100 万近い Q 値が得られることが示された(ThB1.1)。また、KAIST から、フォトニック結晶レーザと光ファイバの結合を改善、980nm ポンプ光によって 1550nm でレーザ発振が報告された(ThB1.2)。

8. 受光デバイス

受光デバイスでは、いくつかの新構造の提案がなされた。Northwestern 大学から、人間の網膜の構造からヒントを得て、過剰雑音を抑制しつつ数 1000 倍の利得が得られる単一フォトンディテクタの報告があった(TuA2.1)。また、Lucent からは、従来のダイオード構造ではなく、高速化のためにトランジスタ構造の受光デバイスの報告があり(WA2.4)、光 Cut Off 周波数= 447GHz を実現した。また、プリンストン大学から、Asymmetric Twin Guide 技術により再成長することなくパッシブ導波路と SOA・導波路型 PD を集積化した発表があった(TuA2.2)。SOA 長 1mm、PD 長は $170\mu\text{m}$ で、 11GHz の帯域が得られている。

9. おわりに

今年筆者が注目したのは、波長可変レーザ高速波長切り換えの試み、ガスセンサ用途の量子カスケードレーザ、シリコンフォトニクスの進展である。IPRM は、元々は InP を用いる光・電子デバイスを材料・プロセスの視点から応用デバイスまで捉える独自の学会であるが、以上のような新しい応用の動きが感じられた。今後も材料・プロセスの視点から新しい応用が提案されることを期待したい。来年は日本の担当年で、松江で開催される。