

ECOC2010 ショート速報 [光材料・デバイス]

秋本 良一 (産業技術総合研究所)

会議名 : The 36th European Conference and Exhibition on Optical Communication

開催期間 : 2010年9月19日-23日

開催場所 : Centro Congressi Lingotto (Torino, イタリア)

*****要 約*****
光デバイス分野の発表では、多値変調方式や ODFM 方式といったスペクトル利用効率を重視した次世代コヒーレント光通信技術に関連する変調・復調デバイスの研究報告が数多くなされ、ここ数年来の研究動向を反映したものであった。40GbE/100GbE 向けデバイスでは、日本の研究機関から直近のマーケットを見据えた完成度の高い送受信デバイスの報告が多く見られた。シリコンフォトニクス関連では、Ge 材料のレーザ発振が報告され注目を集めていた。

1. はじめに

今回の ECOC は、レギュラー論文の投稿件数は 739 件であり、採択件数 376 件、採択率 50%、採択内訳は口頭発表 245 件、ポスター発表 131 件であった。ポストデットライン論文の投稿件数は 66 件、採択件数 18 件、採択率 27%であった。会議の全体的な動向としては、多値変調方式や ODFM 方式といったスペクトル利用効率に焦点を当てた次世代コヒーレント光通信技術の関連する伝送システムや変復調デバイスに関する研究報告の多さが際立っており、近年の研究動向を反映したものであった。関連するワークショップ、レギュラーセッション、シンポジウムが多く組まれていた。さらにポストデットラインセッションでは、全 18 件のうち 11 件が関連する発表であった。上記のコヒーレント光通信技術関連以外にも、40GbE/100GbE 向けのデバイスに関しては、日本の研究機関から完成度の高いデバイスの報告が目立っていた。またシリコンフォトニクス分野で注目される発表として、Ge 材料におけるレーザ発振が注目された。以下筆者が主として聴講した光デバイス分野についての報告を行う。

2. 変調器・復調器デバイス

最近の研究動向を反映して、多値変調方式の変調器・復調器デバイスの発表が数多く見られた。Devices for Advanced Modulation I,II やそれ以外にも関連セッションや組まれ、会場も比較的盛況であった。NTT から、112Gb/s RZ-DP-QPSK 用の InP 多値位相変調器の報告があった。QPSK 信号を生成するため、シングル MZM をデュアルドライブ方式で駆動させる方式を採用していた。シングル MZM 方式をとることにより、周辺電気部品数の削減、デバイスの小型化、光ロスの低減が期待できるとのことである。InP 変調器と DFB 波長可変半導体レーザをハイブリッド集積化した TLA-MZM モジュールをパルスカーバーとして動作させ、InP 多値位相変調器モジュールにより 56Gb/s-QPSK 信号を生成し、さらに偏波多重化により 112Gb/s-DP-QPSK 信号を生成していた。将来的にこれらのモジュールを集積化したデバイスの開発も視野に入れているとのことである。NICT より新構造の 16QAM 用の LN ベースの多値変調デバイスの報告があ

った。従来 16QAM および 64QAM 用の LN ベースの多値変調デバイスでは、4 および 6 個の MZI を平行に配置して、石英系の PLC と接続したハイブリッド集積が必須であった。今回の発表では、2 個の MZI をカスケード接続したものを（前段が IM、後段が BPSK として動作）、それぞれ I および Q 変調器に配置する構成にすることにより、LN 基板上にモノリシック集積した 16QAM 用 LN 変調デバイスが実現されていた。このような配置をとることにより、IQ 信号間の位相バイアス用の電極数の低減、多値用の RF 駆動回路を簡便な二値回路に変更できるなどのメリットがある。40Gb/s 16QAM の動作が確認された。

最終日には、Towards 1000 Gbps と題したシンポジウムが開催され、次世代大容量光通信に向けたシステムからデバイスまでを含めた包括的な討論がなされた。光デバイスの研究開発方針としては、QAM などの多値変調方式とデジタルコヒーレント検出に対応した狭帯域光源、変調・復調器、受光器等の大規模集積化が、今後も基本路線として続くと思われる。

3. 半導体レーザ

小型化や高機能の要求に対応した完成度の高い 40GbE/100GbE 向けの集積化デバイスの報告が多くみられた。NTT から電界吸収型変調器付 DFB レーザを 4 チャンネル集積化した 100GbE 向けの光源デバイスの報告があった。DFB と EA 部の量子井戸材料として、InGaAsP よりも ΔE_c が大きく、セミ冷却条件（40～50°C）や高周波動作での高特性が期待できる InGaAlAs が用いられていた。EA 変調部では量子井戸に引っ張り歪を与えて荷電子帯状態密度増大させ、消光比の改善が図られていた。集積化面では、EA-DFB 光源部を shallow リッジ導波路で作製し、MUX 用の MMI 部はデバイスを小型するため deep リッジ導波路で作製するなどの工夫がなされている。25Gb/s、4 チャンネル同時動作の条件において、SMF、10km の良好な伝送特性が報告された。日立より 100GbE 向けの 4 チャンネル集積型・直接変調 DFB レーザの報告があった。DFB レーザストライプ、45 度全反射ミラー、非球面レンズをモノリシック集積化することにより、表面射出型レーザが実現されていた。25Gb/s、50°C の動作条件で、4 チャンネルすべて良好なアイ開口特性が報告された。

4. 半導体光増幅器 (SOA)

SOA デバイス単体の報告はあまり多くはなかったが、従来の量子井戸型の SOA において基本性能の向上に関して着実な進歩が見られた。またインターコネク用途の大規模マトリックススイッチ光集積回路への応用が注目された。富士通からは、AlGaInAs MQW を用いた SOA が報告された。井戸層には -0.55% の引っ張り歪を与えることにより特性の改善は図られている。1290～1310nm の波長範囲で、利得 20.3dB 以上、偏波依存利得 0.2dB 以下と良好な特性が得られている。また、モジュール温度 0～75°C の範囲、動作電流 150mA の動作条件において全消費電力は 0.84W 以下であり、サブワット級の低消費電力の偏波無依存 SOA が世界初で実現できたと報告された。Eindhoven 工科大学より、SOA ゲートを多段接続したモノリシック集積型のマトリックススイッチの報告があった。2x2 クロスバースイッチを 6 個配置し、4x4 のマトリックススイッチが構成されている。ノンブロッキングでルートの再構成が可能であり、4x4 を基本要素としてさらに大規模なスイッチを構成できるアーキテクチャとなっている。320Gb/s の OTDM 光信号をルーティングするシステム実験を行い、ルーティング後の信号は良好なアイ開口特性を示していた。

5. 受光器・受信器

40GbE/100GbE 向けの完成度の高いデバイスが、日本の各社を中心として発表されていた。一方、シリアル 100GbE 用のロジック電子回路を集積化した OEIC 受信器も報告され、次世代 400GbE への一つの選択肢として注目された。日立から光インターコネクション向けの 100Gb/s(25Gb/s×4 チャンネル)レーザの報告があった。pin-PD アレイとイコライゼーション機能を持つ CMOS-TIA アレイが多層配線セラミックパッケージにフリップチップボンディングされており、チャンネル間の低クロストーク (-17dB 以下) が実現されていた。Pin-PD は背面にモノリシック形成されたレンズにより、多芯光ファイバーと接続され 16x16mm の小サイズが実現されていた。消費電力は、3.0mW/Gb/s、295mW と低い値であることが報告された。HHI/Alcatel-Tales III-V Lab より、100Gb/s RZ-OOK ETDM 信号用の受信器の報告があった。モジュール内に pinTWA (Travelling Wave Amplifier) OEIC レーザと DEMUX IC がパッケージ化されている。107Gb/s RZ-OOK 光信号を受信し、53.5Gb/s へ DEMUX するシステム実験が報告された。3.5dBm の受信光パワーによりビットエラーレートが 10^{-9} になり、良好な特性が報告された。

6. 導波路・光制御デバイス

III-V 族化合物半導体、Si、LN、石英系などさまざまな材料およびタイプのデバイスの発表が多数あった。主なものだけピックアップして紹介する。東京大から InP ベースの大規模なモノリシック集積技術により実現された 100 ポートスイッチの報告があった。1x10 フェーズアレイスイッチを 2 段カスケード接続し、最終段の 100 個の出力ポートのそれぞれに SOA が集積化されたデバイスが、6mmx6.5mm の小チップサイズで実現されていた。10Gb/s の信号のスイッチングに対してパワーペナルティは 1dB 以下であり、スイッチの消光比は 50dB 以上の良好な特性が報告された。NTT から InGaAsP 活性層を埋め込んだ InP フォトニック結晶レーザの報告があった。1310nm レーザ光の光励起による室温 CW レーザ発振が実証された。フォトニック結晶共振器中の活性層体積は $5.0 \times 0.3 \times 0.16 \mu\text{m}^3$ と微小であるため、 $6.8 \mu\text{W}$ のという極めて低いしきい値が報告された。さらに光励起光として 20Gb/s の NRZ 信号を入射することにより、8.76fJ/bit という低い制御光エネルギーで直接変調が可能であることが確認された。LN 材料をベースとした導波路デバイスの報告が数件あった。NTT より 8peak-multiple-QPM LN 導波路による波長バンドの一括波長変換の報告があった。50GHz 間隔 12 チャンネルの光信号を C バンド全域の任意の波長バンドへ変換効率-17 dB で変換できることが確認された。43Gb/s RZ-DQPSK 波長バンド信号の一括変換を行い、多値変調信号にも対応できることが示された。

7. シリコンフォトニクス

シリコンフォトニクス関連では、ワークショップ、UCSB Bower 教授によるプレナリトーク、MIT Kimerling 教授によるチュートリアル、および二つのセッションが生まれ、この分野の研究の活発さがうかがえた。Luxtera から、CMOS フォトニクス技術の応用として、2020 年まで最も需要が見込まれる次世代送受信器に焦点を当てて、同社の取り組みが紹介された。帯域、チャンネル容量、伝送距離、消費電力、サイズ、コスト、リンクパフォーマンス、信頼性などのデバイス・システムレベルの観点から既存技術である 25Gbps VCSEL と比較してその優位性について同社の考え方が紹介された。MIT より Si 基板上に UHV-CVD 法により成長した Ge において、光励起による室温レーザ発振に関する報告があった。堆積した Ge 膜に 0.25% の引っ張り歪をもたせると同時に、高濃度に電子ドーピングすることにより、伝導帯の Γ 谷が L 谷よりもエネルギーレベルが低くなり、元来間接ギャップの Ge が直接ギャップ化したと説明されていた。

1064nm のナノ秒パルスレーザーで光励起した時の光利得のピークは 1605nm、利得 $56 \pm 25 \text{cm}^{-1}$ 、レーザー発振のしきい値は 30kW/cm^2 であることが報告された。また、電流注入型の素子による EL 発光も報告された。電流注入型 Ge レーザが実現されれば、光源まで含めてすべての光部品が CMOS 互換プロセスで実現できることになるため、今後の進展が注目される。UCSB より DFB レーザ、EA 変調器、モード変換用パッシブ導波路をシリコン導波路に貼り合わせて集積化した送信器デバイスの報告があった。イオン注入とラピッドサーマルアニールにより、それぞれのデバイス部に対応したバンドギャップを持つ構造が作製されている。この方式では再成長法と異なり、マルチバンドギャップ化した後のウエハの平坦性が良いため、シリコン導波路との直接接合による集積化が容易になるという利点が強調された。DFB レーザ部はデバイス温度 20°C で最大出力 4mW 以上、しきい値は 30mA である。EA 部の DC 消光比-5V で 17dB であり、EO 帯域は 2GHz であることが報告された。

8. おわりに

主催者の発表によると会議参加者数は昨年と同程度か若干の増加であった。展示会は全体的に盛況であった。最後に本報告では、紙面の都合上、光デバイス・材料分野をすべて網羅できていないことをお詫びしたい。来年の ECOC は、9月18日～9月22日にかけてスイス・ジュネーブにおいて開催される予定であり、再来年はオランダ・アムステルダムで開催される予定である。