

## ECOC 2006 速報 [光デバイス]

大坪 孝二、森戸 健、田中 有、高田 幹 (富士通研究所)

会議名 : 32<sup>nd</sup> European Conference on Optical Communication 2006 (ECOC 2006)

開催期間 : 2006 年 9 月 24 日 - 28 日

開催場所 : Palais des Festivals et des Congrès (Cannes, フランス)

\*\*\*\*\*要 約\*\*\*\*\*

今回の ECOC の光デバイス関連の発表を見ると、まず半導体レーザの発表では、波長可変レーザは本格的なシステム適用を目前に控えているのが感じられるのに対し、直接変調レーザは 40Gb/s への展開や EML との比較も念頭に置いた上で、どの材料系のどの構造が最も有望なのか検討が継続されている。SOA や、SOA を用いた集積素子では 40Gb/s、あるいは 40Gb/s 超伝送に向けての素子の最適構造化、高集積化への動きを感じる。その他、シリコンフォトニクスに関するセッションは相変わらず盛況であった。今年の特徴として、基礎研究に焦点を当てた独立セッション CLEO Focus Meeting が初めて開催された。

\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

今年の ECOC の光デバイス関連の発表では、近年同様低コスト化、高歩留まり化を課題としたものから、40Gb/s、もしくは 40Gb/s 超伝送へ向けての光半導体素子の応用に関するものまでが多く見られた。直接変調レーザ、変調器に関する発表ではアンクルド化への取り組みが盛んで、様々な材料、構造に関して検討がなされていた。どの方式においても量産性まで含めたトータルの性能特性を提示し、他の方式と比較することが今後求められるであろう。一方、それに対して波長可変レーザは既発表の素子の特性改善や、集積による小型化・高機能化に関する報告が中心で、波長可変レーザが本格的なシステム適用を目前にして、「いかに安価に安定して製造できるか」が最重要の課題となっている現在の状況に対応しているものと感じた。マッハ・ツェンダ干渉計型を含む SOA は、光信号処理用のゲートスイッチや、その非線形効果を用いた波長変換や信号再生ばかりでなく、PON(10)G-PON、WDM-PON への応用例も報告されている。今話題のシリコンフォトニクスに関して、チュートリアルと SOI フォトニクスのセッションが開催された。Intel の Dr. Jones によるチュートリアル講演は大変盛況であった。また今年の ECOC の特徴の1つに、新たに CLEO Focus Meeting と題した独立セッションが開催され、非線形光学、slow light、量子通信、カオス光を用いたシステムに関する発表が行われていたことがある。暗号通信への応用に向けた単一光子素子、カオス光キャリアの利用が興味深かったが、聴講者は少なく ECOC という会議の中では浮いた存在のセッションであった。

以下、各デバイスについて報告する。

### 2. 半導体レーザ

#### 2. 1 直接変調レーザ

昨年と同様、光モジュールの低コスト化に向けた直接変調半導体レーザの発表が多く、1.3 $\mu$ m 帯と 1.55

$\mu\text{m}$  帯の直接変調レーザに関してそれぞれ 2 件ずつ発表があった。モジュール化までされた完成度の高い発表はなかったが、どの材料系のどの構造が最も有望なのか、各研究機関で引き続き検討が進められている状況である。

富士通研究所の高田らは  $1.3\mu\text{m}$  帯の AlGaInAs 系アンクルド直接変調レーザに関する発表を行った(Mo3.4.4)。単一モード性の優れた両端面 AR コーティングの  $\lambda/4$  シフト DFB レーザにおいて、均一回折格子・AR/HR コートの DFB レーザと同程度の低電流条件で 10Gb/s 変調動作が実現した。埋め込み構造が低電流化に有効であることを示し、3000 時間まで安定動作を確認している。日立中央研究所の中原らは、 $1.3\mu\text{m}$  帯 40Gb/s 直変用の GaAs 基板上 GaInNAs 直接変調レーザを発表した(Mo3.4.6)。Al フリーの MBE で 3 層の量子井戸活性層を成長し、共振器長  $200\mu\text{m}$ 、両端面 HR コートの FP レーザにて、 $25^\circ\text{C}$ での  $I_{th}$  が  $4.3\text{mA}$ 、 $fr$  の電流効率が  $2.3\text{GHz}/\text{mA}^{1/2}$  と良好な特性を示した。GaInNAs は AlGaInAs 系の量子井戸構造よりもさらに  $\Delta E_c$  を大きくとることができるため、アンクルド光デバイス用の材料として今後のさらなる進展が期待される。Alcatel Thales III-V Lab の B. Dagens らは DWELL(Dashes-in-a-WELL)を活性層に適用した  $1.55\mu\text{m}$  帯リッジ DFB レーザを初めて試作し、10Gb/s 直変動作を発表した(Mo3.4.2)。素子長  $205\mu\text{m}$  の AR-HR 構造で、 $25^\circ\text{C}$ での  $I_{th}$  は  $5\text{mA}$  とまずまずの値であった。近年、 $1.55\mu\text{m}$  帯での quantum dot (または dash) の成長技術が大きく進展しているが、これらを用いた DFB レーザはほとんど発表されていなかった点で意義深い。しかし、その他の  $1.55\mu\text{m}$  帯直変レーザと比較した際の優位性はまだ明確ではなく、今後の改良に注目したい。Sweden Royal Institute of Technology の M.N.Akram らは、井戸層に InGaAsP、バリア層に InGaAlAs を適用することにより  $\Delta E_v$  を浅くし、ホールの伝導を改善した  $1.55\mu\text{m}$  帯レーザを発表した(Mo3.4.4)。井戸層を 20 層と大きく設定することにより、共振器長  $180\mu\text{m}$  の FP レーザにおいて、3dB 帯域が 19GHz と高い値を得ていた。完成度はまだ高くない印象だが、今後 DBR または DFB 化によってどこまで特性が伸びるかが注目される。その他、Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut の L.Morl らは、彼らのグループが 2005 年の ECOC にて発表した活性層が湾曲した構造を持つ  $1.55\mu\text{m}$  帯の DFB レーザにおいて、通常の DFB レーザと比較して戻り光耐性が大幅に改善することを示した(Mo3.4.3)。アイソレータ削減による低コスト化に有効との主張だが、信頼性を含めてどれだけ将来性があるか、議論が必要のように感じた。ポストデッドライン講演では、まずミュンヘン工科大学 WSI の W.Hofmann らは 3dB 帯域が 11.6GHz と広い  $1.55\mu\text{m}$  帯 10Gb/s 直変用 VCSEL を発表した(Th4.5.4)。バイアス電流  $5.2\text{mA}$ 、変調電圧  $0.5\text{V}_{pp}$  という超低電流条件で、良好な変調特性を示していた。量産性に優れ、低電流動作が可能な VCSEL のポテンシャルの高さを感じる発表であった。HHI の U.Troppenz らは DFB にパッシブフィードバック領域を集積した  $1.55\mu\text{m}$  帯 40Gb/s 直変レーザを発表した(Th4.5.5)。このレーザでは変調帯域は緩和振動周波数で制限されず、フォトンとフォトンとの共鳴周波数により決まる。フィードバック領域の電流を制御して、ある位相条件において 3dB 帯域が 30GHz まで拡大することを実証した。40Gb/s 直変レーザを実現するためには、このような変調帯域を拡大する工夫も引き続き検討していく必要があるであろう。Alcatel Thales III-V Lab の B.Dagens らは、 $1.3\mu\text{m}$  帯 10Gb/s 直接変調用 QD-DFB レーザを発表した(Th4.5.7)。nanoplus のメタル回折格子と NL のドット基板を組み合わせることで QD-DFB を実現。  $25^\circ\text{C}$  から  $85^\circ\text{C}$  まで、駆動条件一定の 10Gb/s 変調動作を示していた。QD レーザは温度に関係なく駆動条件を一定に保てるというメリットが再確認されたが、今後は信頼性などのデータも合わせて量産性などの議論が必要であろう。

低コスト化に向けた高速変調用波長光源に関しては、AlGaInAs 系、GaInNAs 系の端面出射型、量子ドットレーザ、長波長帯 VCSEL、パッシブフィードバック領域の集積や injection locking による変調帯域拡大

の工夫との組み合わせ、あるいは変調器集積レーザなど、今後しばらくは様々な方式の発表が続くものと思われるが、どの方式においても量産性まで含めたトータルの性能特性を提示し、他の方式と比較することが今後求められると感じた。

## 2. 2 波長可変レーザ

波長可変レーザは WDM システムの普及に伴い 2000 年前後から様々な方式が発表されてきたが、今回の ECOC では新方式の提案は無く、既発表の素子の特性改善や、集積による小型化・高機能化に関する報告が中心であった。波長可変レーザが本格的なシステム適用を目前にして、「いかに安価に安定して製造できるか」が最重要の課題となっている現在の状況に対応しているものと感じた。ここでは、通信用光源レベルにある日本からの 3 件の発表、および、完成度は通信用光源のレベルには達していないものユニークな内容のヨーロッパからの 2 件の発表について紹介する。

NEC より PLC による 3 連リングフィルタと反射型 SOA を組み合わせた外部共振器型波長可変レーザの高出力化について発表があった(Tu3.4.6)。今回、PLC に比屈折率差 6% のコアを適用し、PLC と SOA にスポットサイズ変換器を集積してスポットサイズを約  $3 \mu\text{m}$  に合わせ、さらにパッシブアライメントにより SOA と PLC の距離を近づけることで、両者の結合損失を 0.41 dB まで低減した。その結果、SOA 電流 300 mA において、波長 1570-1610 nm の範囲で光出力 +13 dBm を得た。他のレーザ特性も含め、完成度が高い印象を受けた。NTT より温度可変 DFB-LD アレイ型波長可変レーザと n-i-n 構造の半導体マッハツェンダー変調器を同一のパッケージに組み込んだモジュールについて発表があった(Tu3.4.3)。モジュールのサイズは、長さ 41 mm、幅 13 mm、高さ 9 mm で、波長可変レーザとマッハツェンダー変調器の間にアイソレータを入れ、また、波長ロッカーを有する。波長可変レーザは波長可変範囲 32 nm (50 GHz x 81ch) をカバーする。マッハツェンダー変調器はバイアス固定のまま駆動電圧 3 V のプッシュプル駆動し、波長 1530-1560 nm の範囲で動的消光比 10 dB 以上、シングルモードファイバー 100 km 伝送においてパワーペナルティ -3 dB 以下を得た。WDM 送受信器の小型化に有効な技術である。NEC より液晶ミラー、エタロンと反射型 SOA を組み合わせた外部共振器型波長可変レーザについて、SOA を外部変調器として用い、C 帯において 2.5 Gbps、360 km 伝送実験を行ったとの発表があった(Tu3.4.1)。エッチングによるミラー形成技術により SOA 変調器はゲインブロックとして用いる SOA とモノリシック集積している。狙いはメトロ・アクセスシステム用の小型 WDM 光源とのことである。ダルムシュタット工科大学とミュンヘン工科大学の共同で VCSEL と MEMS ミラーを組み合わせた波長可変レーザの発表があった(Tu3.4.4)。VCSEL は埋め込みトンネル接合型で、MEMS ミラーは比屈折率差 0.39 の GaAs/AlGaAs-DBR ミラーから成り、波長 1535-1589 nm の範囲で発振し、光出力 0.2 mW 以上、SMSR 30 dB 以上を得た。電流注入型の VCSEL-MEMS ミラー型波長可変レーザとしてはベストな特性であるが、広く応用するには光出力の改善が望まれる。ヴュルツブルグ大学とフラウンホーファー HHI とアルカテルタレス III V ラボの共同で波長可変レーザへの波長モニター集積の発表(Tu3.4.2)があった。この波長可変レーザはフォトニック結晶で構成した結合共振器型であり、波長 1535-1589 nm の範囲で発振し、光出力 10 mW 以上、SMSR 35 dB 以上を得ている。この後端にフォトニック結晶光導波路を形成し、そのミニストップバンドの片側のスロープがレーザの発振波長範囲に合うように設計することで、波長モニターとする。今回の結果は動作原理確認程度のものであった。波長を ITU のグリッドに精密に合わせる目的には適用困難だが、これからの進展によりどの波長チャンネルで発振しているかを示すチャンネルモニターとして使えるかもしれない。

### 3. 半導体光増幅器(SOA)

SOA は従来から光信号処理用のゲートスイッチや非線形エレメントとして、主に次世代フォトニックシステム用の実験に使われてきたが、最近では PON 用の実験にも使われている。今回の ECOC でも、PON(10)G-PON 用の  $1.3 \mu\text{m}$  帯や  $1.49 \mu\text{m}$  帯の線形増幅器への SOA 適用についての報告がイギリス、アイルランドから、WDM-PON 用の受信機能と変調機能を備えた反射型増幅器として SOA を使った発表がフランス、韓国、オーストラリア等から多数あった。ここではデバイスの発表について下記 4 件を紹介する。

富士通からは InP 基板上の GaInNAs を活性層に用いた高出力偏波無依存型 SOA の発表があった(Mo3.4.1)。伸張歪とバンドフィリングで短波化した利得ピーク波長を GaInNAs により  $1540 \text{ nm}$  に合わせ、C 帯内の利得チルトを  $4 \text{ dB}$  から  $1.5 \text{ dB}$  に低減した。多段接続した SOA で WDM 信号を増幅する用途に有効な技術である。ルーセントベル研からは p 型変調ドープ MQW 活性層による SOA の利得回復の高速化について発表があった(Tu4.4.5)。バリア層に Zn をドープすることで、ポンププローブ法で測定した  $1/e$  回復時間は  $38 \text{ ps}$  から  $15 \text{ ps}$  に低減した。アシスト光無しで波長変換器を  $40 \text{ Gbps}$  動作するのに有効な技術であるが、雑音指数の増大や飽和光出力の変化について注意する必要がある。また、イギリスの CIP によると「特に変調ドープをしなくても、 $10\text{-}20 \text{ ps}$  の  $1/e$  回復時間を実現できる。」とのことであった。ベルリン工大、NL ナノセミコンダクター、フラウンホーファー HHI、U2 フォトニクスからは GaAs 上の InGaAs 量子ドットを用いた SOA による高繰り返し短パルス増幅の発表があった(We4.6.5)。未飽和領域（線形領域）において、繰り返し  $80 \text{ GHz}$  で  $1.5 \text{ ps}$  幅のパルスを増幅し良好なパルス波形を得た。また浅い飽和領域において、NRZ フォーマットの  $40 \text{ Gbps}$  変調光を増幅し、BER 測定でエラーフリー動作が確認された。但し、ペナルティフリーではなく、アイパターンのオンレベルがやや広がり、パターン効果が出ているようにも見える。ケンブリッジ大学と NL ナノセミコンダクターからは GaAs 上の InGaAs 量子ドットを用いた  $2 \times 2$  の SOA スイッチの発表があった(PD Th4.5.6)。 $2.5 \text{ mm} \times 0.85 \text{ mm}$  のチップ内に、4 つの  $45^\circ$  ミラーからなるスプリッタと、4 つのスプリッタ用 SOA と、4 つのゲートスイッチ用 SOA が集積された構造であり、波長  $1.3 \mu\text{m}$  の  $10 \text{ Gbps}$  変調信号に対する低ペナルティスイッチング動作を示した。但し、飽和領域でのパターン効果フリー動作など量子ドット SOA に特有な性能は示していない。また、ベルリン工大の量子ドット SOA、ケンブリッジ大学の量子ドット SOA 共に依然として偏波間利得差が大きく、偏波無依存化が課題となっている。

### 4. 変調器

$10 \text{ Gb/s}$  から  $40 \text{ Gb/s}$  までの変調器を中心とした光デバイスが発表された。取り上げられた変調器が様々であったせいか質疑応答が低調な場面もあったが、後半のアンクルド EML に関しては多くの質問が発表者に寄せられ、ここでも低コスト化に向けた各機関の取り組みに対する注目の高さが伺われた。以下に注目される 3 件の発表を紹介する。

NGK の青木らは、折り返し導波路構造を有する LN 変調器を発表した(We1.6.4)。サイズは  $1.78 \times 29 \text{ mm}$  と小さく、将来的には  $40 \text{ Gb/s}$  変調にも対応可能とのことであった。富士通が ECOC 2005 において発表した構造とともに、LN 変調器の低サイズ化に向けた取り組みとして注目される。Alcatel Thales III-V Lab の M.C.Cuisin らは  $1.55 \mu\text{m}$  帯のアンクルド EML を発表した(We1.6.6)。レーザ部と変調器部は同一の AlGaInAs 系多重量子井戸構造を適用しており、 $20^\circ\text{C}$  から  $70^\circ\text{C}$  にわたって、 $10 \text{ Gb/s}$  変調動作を示していた。

60°C以上の高温側では伝送後のパワーペナルティーが急激に悪化しており、ブラッグ波長と EA 吸収端とのデチューニングがまだ最適されていない様子であった。また、低バイアス動作のための素子構造の最適化ももう少し必要なレベルであった。Avago の C.Coriasso らは AlGaInAs の選択成長を利用した 1.3  $\mu\text{m}$  帯のアンクルド EML を発表した(We1.6.7)。レーザ部と変調器部の活性層は AlGaInAs 系の MQW で、選択成長を利用して離調をとっている。EML は DML と比較して集積化に伴う製造コストは大きい、変調特性が優れているため RF 試験を簡易化できる効果が大きく、正味のコストとしてはアンクルド EML の方が有利だと主張していた。確かに EML の方がマスクマージンを容易に確保できる良好なアイパターンを得やすいが、実際にどちらが有利かは量産時の歩留まりも含めて今後もう少し議論が必要であろう。

## 5. 全光信号処理デバイス

SOA、垂直共振器型可飽和吸収素子、集積化デバイスの全光信号処理への応用が数多く報告されている。本章では主に半導体を用いた集積化デバイスについて報告するが、単体素子を用いた例ではタンデムに接続した SOA による、相互偏波変調を用いた 40Gb/s 信号の波長変換(We3.P.63)や四光波混合による DPSK 信号のノイズ低減(We3.P.72)などが、また micro cavity による可飽和吸収を用いて光信号再生や非線形効果の補償を行った例が 4 件報告されている。半導体デバイス以外では Er 添加ビスマス導波路型光増幅器を光バーストスイッチノードの損失補償に用いた例 (Th1.2.4) などが報告されていた。

集積化デバイスでは主にマッハ・ツェンダ干渉計型 SOA (以下 MZI-SOA) を用いた全光パケットスイッチング、2R/3R 再生、波長変換が各機関より報告されている。MZI-SOA のような集積化デバイスにはモノリシック集積したものと PLC 等を使用してハイブリッド集積したものに分けられ、各機関の得意とする技術による競争が続いている印象がある。SOA アレイと PLC のハイブリッド集積デバイスでは、英国の CIP が単独もしくは外部研究機関と共同で 40Gb/s 全光 3R におけるジッタ低減(Tu1.3.4)、40Gb/s 可変パケット長データに対する全光ラベル/ペイロード分離(Th1.4.1)、全光フリップ・フロップ・メモリー(Th1.4.5)、WDM 波長コンバイナを搭載した 40Gb/s 用波長変換素子(Th3.4.6)を報告しており、その技術力をアピールしている様子が伺えた。モノリシック集積素子では、UCSB が DBR レーザ、SOA、EA 変調器、PD を集積し、ワンチップ素子で 2R/3R 動作を実現している(Th3.4.1)他、東大の中野教授のグループがアクティブ MMI と DBR 導波路を集積した双安定レーザによる全光フリップ・フロップ動作(Th1.4.4)や、その素子と MZI-SOA を用いた 320Gb/s 全光パケットスイッチング(PD; Th4.5.2)を、オランダの Eindhoven 工科大が SOA アレイと AWG との集積素子で 80Gb/s 超における全光波長変換(Th3.4.3)と、その素子を用いた全光パケットスイッチング(Tu4.6.1)を報告している。モノリシック MZI-SOA では、2 波長励起四光波混合で OOK、DPSK 信号をそのレプリカへ波長変換した例(Th3.4.5)の他、三菱電機が利得回復の高速化のために構造や動作条件を最適化し、フル C バンドで 40Gb/s 波長変換を実現した例(Th3.4.2)と、その MZI-SOA と PLC 上に形成された PLZT 光偏向器による 5×5 マトリックススイッチ等を使用して 40Gb/s や 10Gb/s のバースト信号についての波長衝突回避動作を含むビットレート無依存のクロスコネクタ動作を行った発表(PD; Th4.1.6、NEDO プロジェクト)などが報告されている。なお、このクロスコネクタ動作に関して、展示会場では、NEDO のフォトニックネットワークプロジェクトの成果として 19 インチラックに組み込まれたサブシステム実証用試作装置の動展示 (消費電力 900W) が行われ、期間中安定に動作したとのことであった。

本テーマに関して聴講した物では、集積デバイスを複数個用いて全光パケットスイッチング、2R/3R 再生、波長変換等の全光信号処理を行った例が見受けられ、今後は素子の小型化や大規模集積化、素子の歩留まり

向上や低コスト化に向けて研究が進展することが予想される。モノリシック集積とハイブリッド集積の優劣、集積の規模、目指すべき性能等、議論すべき点は多数あると思われる。また近年のシリコンフォトニクスの台頭も研究開発の方向づけに影響してくるであろう。

## 6. フォトニック結晶デバイス

9月27日の水曜日午前中に行われた「Photonic Crystal Devices」のセッションでは6件（招待講演：1件）の発表があった。

まず筑波大学が招待講演を行い、GaAs系フォトニック結晶（以下PhCと呼ぶ）線欠陥導波路（エアクラッド型）とInAs量子ドットを融合したマッハツェンダー型全光スイッチ動作の報告（応答時間：数ps、動作エネルギー：100fJ）をした。このスイッチを二個組み合わせたフリップフロップ型論理演算子の提案が合わせて示された。Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique（フランス）からは、InP系材料を深掘りエッチングしたPhC導波路を用いた多様な光デバイスの提案があった。斜めエッチングによる非対称導波路のモード変換を利用したサイズ2 $\mu\text{m}$ 程度の偏光変換器や光増幅器の提案が行われ、最後にW3型導波路のミニストップバンドを利用した波長多重の報告があり、消光比15-18dBのフラットトップなドロップ光が得られた。シドニー大学（オーストラリア）からは単一光子光源の材料として量子ドットとPhC微小共振器の融合についての発表があり、テーパファイバを利用した光子取り出し効率向上の報告があった。フォトニック結晶デバイスと外部光と結合は重要な研究課題であり、今回、最高で98%の結合効率が得られたとの報告は驚くべき成果である。デンマーク工科大学（デンマーク）はトポロジー最適化法により設計されたSOI型PhC-Y分岐導波路を安価で高スループットなナノインプリント法により作製し、透過特性を報告した。走査型電子線顕微鏡写真から見る導波路構造は電子線露光法と比べても遜色ない出来で、透過特性も三次元有限差分時間領域法による計算結果とほぼ一致している。トポロジー最適化法による複雑な構造が安価なナノインプリント法により作製できるのは、PhC導波路の応用展開に向けて朗報であると言える。同様に筑波大学（日本）からもトポロジー最適化法を用いたPhC交差導波路作製の報告があった。通常の参照用交差導波路と比較して透過全帯域にわたり、クロス方向のみに透過し、消光比8dBの特性報告があった。従来のPhC導波路設計が試行錯誤的に行われている一方、上記二件の報告はいずれも逆問題解法によるものであり、PhC導波路研究がより実践的な段階に来ている証左といえる。最後にUniversidad Politécnica de Valencia（スペイン）からは孤立系の点光源から負の屈折率を利用することによる、高指向性のビーム発生の報告があった。メタマテリアル系の研究は今後、更に進んでいくと思われる。

## 7. SOI フォトニクス

9月28日の木曜日午後には「Silicon-on-insulator integrated photonics」のセッションがあり、5件の講演（招待講演：2件）があった。

最初にNTT（日本）から招待講演としてシリコン細線導波路研究の先端報告があった。SiOxNyを利用したモードサイズ変換器は0.4dB（外部光径4.3 $\mu\text{m}$ ）及び3dB（同9 $\mu\text{m}$ ）の結合損失特性を示した。また細線導波路の伝播損失は2.6dB/cmとの報告があった。これらの値はいずれも非常に優れた数字である。受動素子としてはMMI分岐の報告があった。大きさは2.6x1.8 $\mu\text{m}^2$ であり、100nm(1500-1600nm)のバンド幅に渡り3dB分岐している。他にMZ型熱光学スイッチやラティスフィルターの報告も行われた。Laboratoire de Physique de la Martiere（フランス）からはSOIを用いた結合欠陥型PhC導波路の報告があった。結合

共振器の空気孔を徐々に変化した断熱テーパ構造となっており、透過率向上を図っている。透過の様子を SNOM で評価している。トゥエンテ大学（オランダ）からは SOI 導波路での波長変換の動的ダイナミクスの観察に関する報告があった。SOI 導波路に高入力パワー光を入射した場合、カー効果による変換波長のレッドシフトと、二光子吸収から誘起された自由キャリア吸収によるブルーシフトが観察され、その際、各々の変換離調は 10nm 程度である。この原理を用いた 10nm 程度の FSR を持つリング共振器を利用した超高速スイッチを提案している。Université Paris-Sud（フランス）からは Si フォトニクスを利用した変調器、検出器、集積化技術に関する報告が行われた。SiGe/Si MQW 構造による変調器は 16GHz 程度で動作する一方、Ge/Si 検出器は 10-35GHz で動作可能とのこと。また SOI 導波路と Ge/Si 検出器の集積化の報告があった。IBM（米国）より 1.8V バイアスで動作する 19GHz の Ge/Si 検出器の報告があり、現状で世界最小のバイアス電圧であるとのことであった。

## 8. おわりに

ECOC の投稿件数は 2004 年より増加傾向にあり、学会参加者も 2000 年以降始めて前年度を上回った。今年、EU 諸国やアジア諸国の研究プロジェクト関連、FTTH に関するシンポジウムも開催されており、本分野の成長に対する展望が見えてきている感がある。今後このような分野ばかりでなく、シリコンフォトニクス、暗号通信等の新しい分野の動向にも注目してゆきたい所である。