

解禁時間 (テレビ、ラジオ、インターネット) : 平成23年9月13日 (火) 午前0時
(新聞) : 平成23年9月13日 (火) 付朝刊

平成23年 9月 1日

報道関係者各位

国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学

動作電流が1ミリアンペア以下、世界最少消費電力の 全光型メモリーを実現 ～大幅な省エネを実現、グリーンICTを大きく前進～

【概要】

データを光信号に載せることで、高速、大容量で送信できる光通信は、次世代型として、光信号を通信の途中で電気信号に変換することなく、すべて光信号で行い情報処理を高速化する「全光型」の研究が進んでいる。その仕組みのカギとなる素子で、光信号のまま記憶する半導体レーザー（スイッチング・メモリー素子）の動作電流を大幅に削減し、省エネ化することに、国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学（学長 磯貝彰）超高速フォトンクス研究室の河口仁司教授と片山健夫助教らの研究グループが成功した。動作電流が1ミリアンペア以下で、現在、もっとも省エネ性能が優れている素子の4分の1と格段のレベルで世界最高性能を実現した。

これまでに研究されてきた全光型スイッチング・メモリー素子は消費電流が大きく、大規模システムを構成した場合、全光型通信システムのメリットである電気＝光変換回路の削減による低消費電力効果を相殺してしまう恐れがあった。

河口教授が研究してきた光メモリーは、通信回路を伝わってきた光信号を直接、半導体レーザーが受け、一定の方向に振動する偏光の形で情報を入出力するタイプ。半導体レーザー内の電流の通り道を絞り込む酸化狭窄構造によって低電流化に成功した。社会の持続的な成長のためにICT（情報通信技術）を従来よりも一層活用することが重要であるが、本技術によりICT自体のグリーン化(Green of ICT)を進展することが出来る。この研究成果の詳細は、2011年9月13日から北海道大学(北海道札幌市)で開催される「2011年電子情報通信学会ソサイエティ大会」で発表する。

また、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成23年度先導的産業技術創出事業（若手研究 Grant）に片山助教が提案した「光通信波長帯面発光半導体レーザーの偏光双安定特性を用いる全光シフトレジスタ型メモリーの集積構造モジュールの実現」という研究課題が採択され、平成23年10月よりこの素子を基盤要素技術として用い、高速・低消費電力な光メモリーモジュールを実用化するための研究を開始する。

記

<日 時> 平成23年9月8日 (木) 15時00分～ (1時間程度)

<場 所> 奈良先端科学技術大学院大学 附属図書館3階 マルチメディアホール
奈良県生駒市高山町8916-5 (けいはんな学研都市)
※アクセスについては、<http://www.naist.jp/>をご覧ください。

<説明者>

奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 超高速フォトンクス研究室 教授 河口仁司

<ご連絡事項>

本件及び配付資料については、掲載誌のプレス解禁日時（日本時間）が平成23年9月13日（火）午前0時となっておりますので、取扱いにはご注意願います。

- (1) また、本件につきましては、奈良県文化教育記者クラブをメインとし、学研都市記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会及び科学記者会に同時にご連絡しております。
- (2) 取材希望がございましたら、恐れ入りますが下記までご連絡願います。
- (3) 記者発表に関する問合せ先

奈良先端科学技術大学院大学 企画総務課 広報渉外係 瀬戸 克昭 (せと かつあき)

TEL : 0743-72-5026 FAX : 0743-72-5011 E-mail : s-kikaku@ad.naist.jp

動作電流が1ミリアンペア以下、世界最少消費電力の 全光型メモリーを実現 ～大幅な省エネを実現、グリーンICTを大きく前進～

【概要】

データを光信号に載せることで、高速、大容量で送信できる光通信は、次世代型として、光信号を通信の途中で電気信号に変換することなく、すべて光信号で行い情報処理を高速化する「全光型」の研究が進んでいる。その仕組みのカギとなる素子で、光信号のまま記憶する半導体レーザー（スイッチング・メモリー素子）の動作電流を大幅に削減し、省エネ化することに、国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学（学長 磯貝彰）超高速フォトニクス研究室の河口仁司教授と片山健夫助教らの研究グループが成功した。動作電流が1ミリアンペア以下で、現在、もっとも省エネ性能が優れている素子の4分の1と格段のレベルで世界最高性能を実現した。

これまでに研究されてきた全光型スイッチング・メモリー素子は消費電流が大きく、大規模システムを構成した場合、全光型通信システムのメリットである電気＝光変換回路の削減による低消費電力効果を相殺してしまう恐れがあった。

河口教授が研究してきた光メモリーは、通信回路を伝わってきた光信号を直接、半導体レーザーが受け、一定の方向に振動する偏光の形で情報を入出力するタイプ。半導体レーザー内の電流の通り道を絞り込む酸化狭窄構造によって低電流化に成功した。社会の持続的な成長のためにICT（情報通信技術）を従来よりも一層活用することが重要であるが、本技術によりICT自体のグリーン化(Green of ICT)を進展することが出来る。この研究成果の詳細は、2011年9月13日から北海道大学(北海道札幌市)で開催される「2011年電子情報通信学会ソサイエティ大会」で発表する。

また、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成23年度先導的産業技術創出事業（若手研究 Grant）に片山助教が提案した「光通信波長帯面発光半導体レーザーの偏光双安定特性を用いる全光シフトレジスタ型メモリの集積構造モジュールの実現」という研究課題が採択され、平成23年10月よりこの素子を基盤要素技術として用い、高速・低消費電力な光メモリーモジュールを実用化するための研究を開始する。**（プレス解禁日時：平成23年9月13日(火)午前0時）**

【ポイント】

- 動作電流が0.85ミリアンペア（世界最少）の全光型スイッチング・メモリー素子を半導体レーザーで実現。
- 半導体レーザー内の電流の流れを絞り込み、低電流化を実現。
- 全光型通信システムの大規模集積の際、消費電力が増加する問題の解決に寄与。
- ICT自体のグリーン化(Green of ICT)に寄与。

【本プレスリリースに関するお問い合わせ先】

奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 超高速フォトニクス研究室
河口仁司（かわぐちひとし） 教授

TEL: 0743-72-6187 FAX: 0743-72-6188

E-mail: ksecret@ms.naist.jp

【内容】

インターネット通信量は毎年 25% ずつ増加し続けており、通信の経路を切りかえるルータ（交換機）の高速化が必要になっている。現在のルータでは光ファイバを通して伝送されてきた光信号を一度電気信号に換え、電子的に処理した後、再び光信号に換え、光ファイバに送り出している。この技術の延長では信号処理速度が近い将来限界に達する。また、通信のために消費される電力も、通信量に比例して増加しており、2030 年頃には現在の日本の総発電量に相当する電力が通信のためのみに必要となると言われている。

次世代の光通信システムに必要な毎秒ペタビットクラス（10 の 15 乗ビット）の処理速度をもつ光ルータ（光交換機）では、電気的な処理を行わない全光型の信号処理が必須と言われており、その実現のためのデバイス・システム開発が活発に行われている。しかし、光信号を処理する全光型デバイスを駆動する電流が、数ミリアンペアから数十ミリアンペアと通常の電子デバイスと比較して大きいという問題がある。

河口教授らの研究グループでは、そのシステムのキーデバイスとなる光メモリーの実現のために、面発光半導体レーザー（VCSEL: Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser）から出力される光の偏光（光の振動の向き）を切り替えることで実現する偏光双安定スイッチングと呼ばれる独自の手法を研究している（図 1）。この技術は 1 つの半導体レーザーで、受信、メモリー、送信の 3 つの機能を有しており、高速・低エネルギーで動作し、集積化が可能という特徴を有している。平成 19 年 10 月 25 日に同研究グループは、「光通信の速度限界を突破」として 1 ビットの光メモリー動作を発表し、平成 21 年 3 月 9 日に「次世代光通信のための高速光メモリーを初めて実現」としてその光メモリーを直列と並列に接続することにより拡張可能な方式を提案し、世界最大容量の 4 ビットメモリーを実現したことを発表した。

今回、VCSEL の低消費電力化に有効な手段として電気の通り道を狭めて、効率を上げるために酸化電流狭窄構造を、この全光型スイッチング・メモリー素子へ導入し、低駆動電流化と偏光双安定性の実現を両立させることに成功した。図 2 に示す様に、VCSEL は種類の異なる半導体薄膜を積層し、活性層（電子を光に変換し、増幅する領域）や発生した光を共振させる反射鏡により形成されている。活性層の近くに、酸化狭窄層という

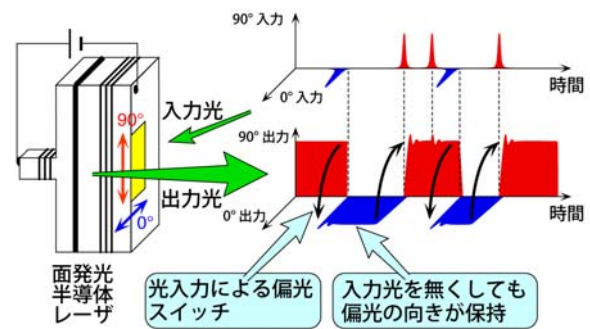


図 1: VCSEL の全光型偏光双安定動作

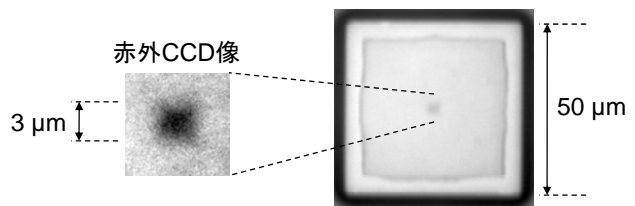
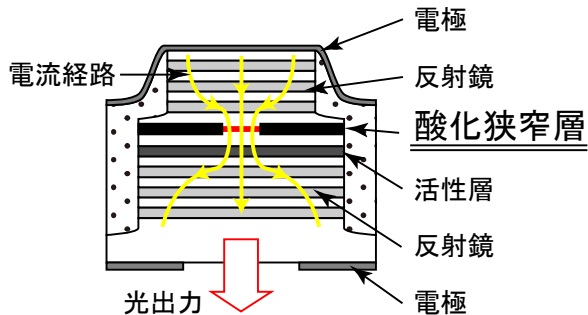


図 2: 酸化狭窄偏光双安定 VCSEL と赤外線カメラによる酸化電流狭窄構造の透過像（3 μm 角の黒い部分を除き 50 μm 角の白い部分が酸化により抵抗が高くなっている。電流は 3 μm 角の中心部分にのみ流、電子を光に変換する活性層の一部に集中し、少ない電流でも効率的にレーザー発振するようになる。）

酸化されやすい半導体の層を配置し、高温で水蒸気をあてると周辺部より酸化が進む。酸化された領域は電気抵抗が高くなり、酸化されていない中心部に電流が集中して流れるようになり、少ない電流でも効率的にレーザー発振が起こるようになる。この構造を $0.98\ \mu\text{m}$ 帯の波長の光を出力する VCSEL へ導入したところ、 0.85 ミリアンペアの駆動電流（消費電力 1.7 ミリワット）で、光パルス入力により発振偏光を切り替える全光フリップ・フロップ動作を実現した（図 3）。この結果は、これまで世界最少であった Gent 大（ベルギー）によるリングレーザーを用いた全光型フリップ・フロップの駆動電流の 3.5 ミリアンペア（消費電力 5.3 ミリワット）（Nature Photonics, 4, p.182, 2010）を大きく下回るものである。

単一の全光型機能素子の研究は活発になされており、今後はその集積化が重要な課題となってくる。VCSEL は表面側で発光するのが特徴なため、2 次元集積化されているうえ、河口教授らの研究グループで実現されたシフトレジスタ機能を有する全光型バッファメモリーは、VCSEL とマイクロレンズやマイクロミラーなどの光学素子を組み合わせた 3 次元集積化が可能である。今回、集積化する際の問題の一つであった消費電流の増大が解決されたことにより、実用を目指した高速光ルータの実現が期待できる。社会の持続的な成長のために ICT を従来よりも一層活用することが重要となっているが、本技術により ICT 自体のグリーン化 (Green of ICT) を進展することが出来る。

【用語解説】

●面発光半導体レーザー (VCSEL: Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) とは

板状の半導体ウエハの側面から光を出力する通常の半導体レーザーとは異なり、ウエハの表面から光を出力する、日本で発明、実用化が行われた半導体レーザー。半導体ウエハ上に 2 次元的に並べて作製できるため、大量生産が容易で、さらに低消費電力で動作するため、光通信の光源としてだけでなく、近年光学式マウスや CD プレーヤーの光源としても多く用いられている。

●VCSEL の偏光双安定性とは

光は電磁波の一種であり、進行方向に垂直な向きに振動している。半導体レーザーから出力される光は、一般にこの振動の向きが固定された直線偏光となる。VCSEL では光を出力する部分の形状を自由に設計でき、矩形にすることによりその辺の向きに沿った直線偏光を出力できる。さらに、VCSEL を駆動している電流を変えたり、外部から光を入力したりすることで偏光の向きを 90 度回転して、別の辺に沿った偏光にスイッチすることができ、また、一度スイッチするとその偏光状態を安定に保つ。このように 2 つの状態（この場合は偏光の向き）で安定になることを双安定性といい、メモリーに必須の特性である。

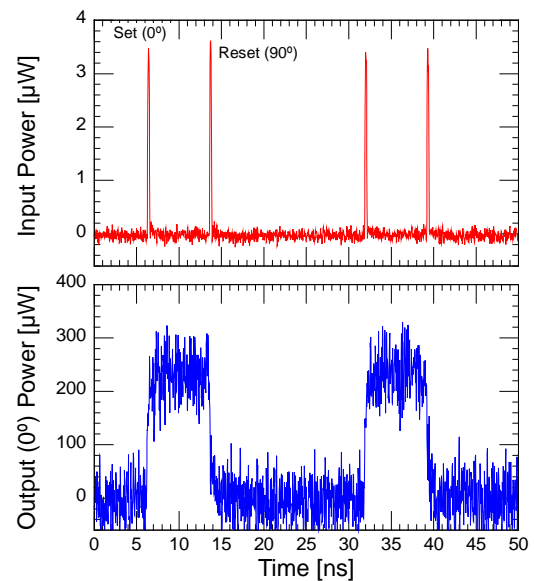


図 3: VCSEL の全光型フリップ・フロップ動作（ 0° 偏光の光パルスを入力すると発振偏光が 0° となり、次に 90° 偏光の光パルスを入力すると 0° 発振が止まり 90° 偏光の発振となっている。光パルスの入力が無い間は、偏光の状態が保持されている。）

- 全光型通信とは

現代の光通信は、端末や交換機において、光信号を受信した後、電気信号に変換し、電気信号をメモリーしたり処理した後、改めて光信号に変換し、送信している。この電気＝光変換が伝送速度の高速化を阻害し、消費電力の増大を招いている。そこで電気信号へ変換せず、伝送されている光信号をそのまま処理する全光型通信が活発に研究開発されている。光信号の入力によって直接光信号の出力を制御する全光型スイッチや、光信号を直接記録し、任意の時間保持した後、記録した信号を出力する全光型バッファメモリーなどの、高速化、小型化、低消費電力化が全光型通信の実用化のカギになっている。

- シフトレジスタ動作とは

1つのビットメモリーの出力を別のメモリーの入力へ接続し、記録されている情報が直列につながった複数のメモリーをバケツリレーの様に移動（シフト）していく動作。ビットメモリーを並列に並べて、信号を記録するタイミングをわずかにずらして、異なったタイミングの信号を記録することで光バッファメモリー全体の容量を増やす手法が多く提案されているが、この手法では入出力回路が複雑になる。そこで、シフトレジスタ機能を併用する。バッファメモリーの入力と出力以外のシフトレジスタとして用いる偏光双安定 VCSEL は、低速、低出力で十分なため、バッファメモリーの省エネルギー化にも効果がある。