

【基盤研究(S)】

理工系(工学I)

研究課題名 高次機能半導体ナノフォトニックデバイスと その光 RAM への応用



奈良先端科学技術大学院大学・物質創成科学研究科・教授

かわぐち ひとし
河口 仁司

研究分野: 工学

キーワード: 光デバイス・光回路、光制御、レーザー、スピントロニクス

【研究の背景・目的】

急速な情報量の増大に応えるため、より一層高速の光ファイバ通信システムの開発が望まれている。現状のネットワークではIPパケットのルーティング等の信号処理は、電気的に行われており、中継のたびに電気光信号変換が必要になるため消費電力が大きい。最終的には、光信号のままIPパケット毎にルーティング処理を行うルータの実現が期待され、パケット単位でのスイッチ機能とパケットの衝突防止のためのメモリ機能が不可欠であり、これらをフォトニック技術によって実現することが課題である。

研究代表者らは、偏光双安定面発光半導体レーザー(VCSEL)を実現し、これを1ビットの光メモリとして使い、光バッファメモリを実現した。40 Gbps NRZ 信号のメモリ動作や、VCSEL を4個用いた4ビット動作を実現した。本研究では、プラズモンやスピン注入を半導体レーザーへ導入し、高次機能化・省電力化をはかる。又、偏光双安定 VCSEL の省電力化・高速化の極限を追求する。さらにこれまで複数の個別の VCSEL で実現してきた多ビットメモリ動作を、二次元アレイにより実現する。

【研究の方法】

省電力光 RAM の実現をめざし、高次機能半導体ナノフォトニックデバイス、および偏光双安定 VCSEL 二次元アレイの実現技術を研究し、光 RAM の有力な候補となり得るデバイスを完成する。具体的には、

(1) 極微小領域に光とキャリアの閉じ込めが可能で、極めて小さなしきい値電流が期待できる半導体マイクロレーザーを作製し、双安定性を実現する。又、(110)GaAs 量子井戸構造を持つ VCSEL に強磁性電極からスピン偏極電子を注入することにより円偏光レーザー発振を実現する。

(2) 偏光双安定 VCSEL の低消費電力化と高速化の極限を追求する。低消費電力化では、消費電力 0.2 mW で1ビットのメモリ動作を可能とする。低 Q 共振器 VCSEL などにより高速メモリ動作をめざす。

(3) 全光型バッファメモリの実用化に向け大きな課題である多ビット光メモリの実現をめざし、メモリ動作特性の均一化の新しい手法および、2次元アレイ化について研究する。

【期待される成果と意義】

半導体レーザーの低しきい値電流化の研究は、半導体レーザー研究の初期からずっと続いてきた。本研究では金属による光閉じ込めを用いて、微小電流で動

作する半導体レーザーを作製する。ナノ構造半導体レーザーの発振特性を明らかにするとともに、発振モード間の双安定性の実現をめざす。将来的には、光 RAM の基本素子になることを期待している。又、スピン偏極電子を VCSEL の活性層に注入することにより、レーザー発振しきい値の低減・および発振円偏光の高速スイッチを実現する。その過程で、強磁性体/半導体接合によるスピン偏極電子の注入やスピン偏極電子のトランスポートについて新しい知見が得られる。これまでフォトニックネットワーク技術で是非必要と言われながらも実現されてこなかった、全光型パケットメモリ実現の目途が立てば、その意義は大きい。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

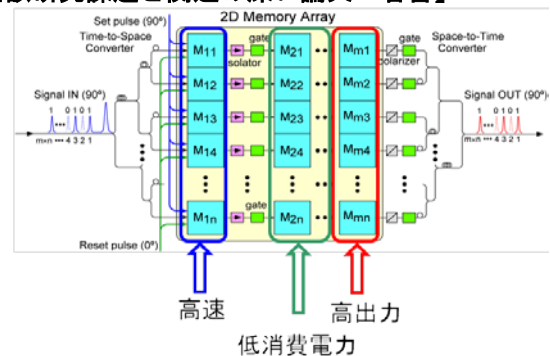


図1 動作実証をめざす光 RAM の概念図

- H. Kawaguchi, T. Mori, Y. Sato and Y. Yamayoshi, "Optical buffer memory using polarization-bistable vertical-cavity surface-emitting lasers," Japanese J. Appl. Phys., Vol. 45, pp. L894-L897 (2006).
- H. Kawaguchi, "Polarization-bistable vertical-cavity surface-emitting lasers: application for optical bit memory," Opto-electronics Review, Vol. 17, pp. 265-274 (2009).

【研究期間と研究経費】

平成 24 年度 - 26 年度
99,100 千円

【ホームページ等】

<http://mswebs.naist.jp/LABs/kawaguchi/index;.html>
khitoshi@ms.naist.jp