

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトニクスの中盤技術
平成 27 年度採択研究代表者

H29 年度 実績報告書

水本 哲弥

国立大学法人東京工業大学工学院電気電子系
教授

磁性-金属-半導体異種材料集積による待機電力ゼロ型フォトニックルータの開発

§ 1. 研究実施体制

(1)「東工大」グループ

- ① 研究代表者:水本 哲弥 (東京工業大学工学院電気電子系、教授)
- ② 研究項目
 - ・不揮発光スイッチの開発
 - ・磁性光メモリの開発
 - ・メタマテリアル可変遅延光バッファの開発
 - ・スローライト受光器の開発
 - ・部分的異種材料集積技術の開発
 - ・InP/Si 光利得・非線形素子の開発

(2)「産総研」グループ

- ① 主たる共同研究者:池田 和浩 (産業技術総合研究所電子光技術研究部門、グループ長)
- ② 研究項目
 - ・Si プラットフォーム光回路の製作
 - ・電極実装技術の開発
 - ・制御システムの構築

§ 2. 研究実施の概要

本研究課題では、様々なデータサイズの情報飛び交う IoT 時代を見据えた次世代光ネットワークを実現する革新的技術のひとつとして「待機電力ゼロ型フォトニックルータ」の開発を目指している。フォトニックルータは、図 1 に示すように①不揮発光スイッチ、②磁性光メモリ、③メタマテリアル光バッファ、④スローライト受光器の新機能光デバイスから構成され、それら異種材料からなる光デバイスをシリコン上のワンチップに一体集積することで実現される。それぞれの要素デバイスと要素技術の開発について、以下の研究を実施した。

不揮発光スイッチは、無電力で光スイッチ状態を保持する新しい光素子で、磁気光学効果と磁性体の不揮発性を利用して実現する。今年度、磁気光学材料上に作製した光スイッチにおいて、薄膜磁石の残留磁化による自己保持スイッチング動作の実証に成功した。この成果は *Photonics Technology Letters* (vol.30, p.371) で発表した。

磁性光メモリは光導波路を伝搬する光信号に対して光磁気記録によりデータを記憶・再生する素子である。今年度、光信号を熱に変換する光回路構造の製作を行い、200°C程度の温度上昇を達成した。

メタマテリアル光バッファは、メタマテリアルと呼ばれる微小共振器構造によって伝搬する光信号のトラップ/リリースを行う新しい光デバイスである。今年度は、メタマテリアルを配置したシリコン導波路マツハツェンダ (MZ) 干渉計の自由スペクトル領域から、スローライト効果による群屈折率の上昇 (~40) を実験的に確認した。

スローライト受光器は、フォトニック結晶構造による光の回折限界を超える超集光によって、高速性と微細性を兼ね備える導波路型ナノスケールフォトディテクタである。今年度は、スローライト受光器の前段階である Si 上集積型 GaInAs バルク吸収層薄膜 p-i-n フォトダイオード (PD) の高速特性の評価を行い、20 Gbps までの良好な特性を得た (20 Gbps 伝送時に明瞭なアイ開口、received power -10 dBm で BER は 10^{-9} 以下)。この成果は *Journal of Optical Society of America B*. (vol.35, p.797) で発表した。

異種材料からなる光デバイスを一体集積する技術として、SOI 基板を利用するために発生する高い熱抵抗の問題を解決するための構造を提案し、ハイブリッドレーザの特性を向上することに成功した。また、部分集積のための接合条件がウェハ接合に比べて異なる傾向にあることを見出し、その方向性を明確化した。

Si プラットフォーム光回路の製作では、これまでに開発した設計ライブラリを活用して光スイッチやパラレル-シリアル変換回路などの比較的規模の大きい光回路の試作・評価に注力した。低損失・広帯域・低消費電力な 8x8 光スイッチ、および光カプラを用いた 8 bit、10 Gbps/40 Gbps パラレル-シリアル変換回路を実現した。この成果は *Optics Express* (vol.25, p.10885) で発表した。

最終目標となるワンチップ集積したフォトニックルータを評価するために、各要素デバイスと類似

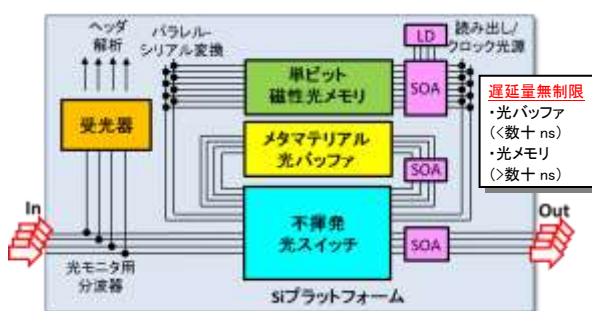


図 1: フォトニックルータの構成図

の機能を提供する既存デバイスをディスクリートに組み合わせ、光信号のバースト的な回線交換やバッファ・メモリ動作などのフォトニックルータ機能を模式的に再現する伝送実験系を構築した。