

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

2018 年度 実績報告書

水本 哲弥

東京工業大学
理事・副学長

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. 研究成果の概要

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、導波路および電極設計の改善による光スイッチの性能向上を実施した。

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、光入力で300°C以上の温度上昇を達成した。この成果は Journal of Lightwave Technology (vol.37, p.2223) で発表した。

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、シリコン導波路に装荷するメタマテリアルの形状を変化させることで、スローライト効果による群屈折率にも変化が現れることを実験的に確認した。また、上記導波路に信号光と逆方向から制御光を入射することで、群屈折率の制御が可能であることを理論解析から明らかにした。この成果は Optics Express (vol.27, p.15007) で発表した。

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(PD)である。今年度は、Siプラットフォーム上におけるGaInAs薄膜PDにおいて、寄生容量の低減を目的として吸収層後部に分布反射器を導入することで、戻り光反射率 < -30 dBを維持しつつ、素子長を57%程度短縮できることを理論解析から明らかにした。また、実際に上記素子にフォトニック結晶構造を導入した場合の検討も併せて行った。この成果は Journal of Optical Society of America B. (vol.36, p.1054) 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、熱膨張係数の違いによるダメージの緩和とプロセス時間の短縮を実現可能な常温表面活性化接合において、Xeによる照射での低ダメージ化が可能であることを見出し、加工上必要な接合強度をもつInP/Si接合を実現した。また、小片接合においては、ウェハ残留歪の制御による接合強度への影響について検討し、実際に引っ張り歪を与えることにより接合強度が向上することを明らかにした。

Siプラットフォーム光回路の製作では、大規模化技術を向上するために世界最大規模の光集積

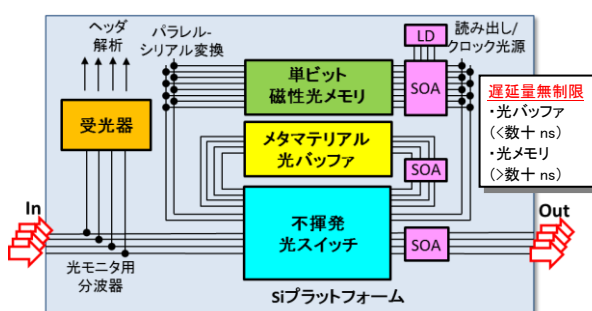


図1: フォトニックルータの構成図

回路(7000 個以上の光素子を 1 チップに集積)となる偏波ダイバーシティ 32x32 光スイッチを試作し、その動作を実証した。この成果は、OFC 2019 国際会議にて Top scored paper として採択され、発表した。

【代表的な原著論文】

1. Toshiya Murai, Yuya Shoji, and Tetsuya Mizumoto, “Efficient light-to-heat conversion by optical absorption of a metal on an Si microring resonator,” *J. Lightw. Technol.*, vol. 37, Issue 10, pp. 2223–2231, 2019
2. Xu Zheng, Tomohiro Amemiya, Zhichen Gu, Kouichi Saito, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai, “Design of GaInAs/InP membrane p-i-n photodiodes with back-end distributed Bragg reflector,” *Journal of Optical Society of America B*, vol. 36, no.4, pp. 1054-1061, 2019
3. 谷澤 健, 鈴木 恵治郎, 池田 和浩, 並木 周, 河島 整, “偏波ダイバーシティ Si 細線 PILOSS 光スイッチ”, *電子情報通信学会論文誌 C エレクトロニクス*, J102-C-1, pp.1-8, 2018

§ 2. 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 理事・副学長)
- 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