

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
2015年度採択研究代表者

2019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。

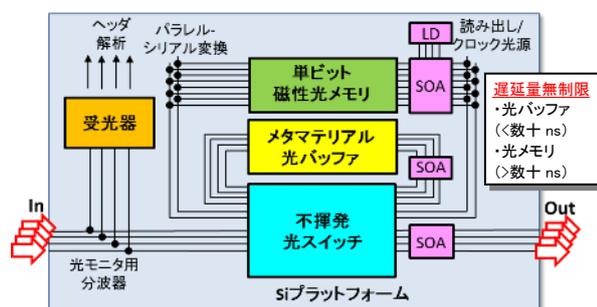


図1: フォトニックルータの構成図

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、薄膜磁石および電極設計の改善による光スイッチの性能向上を達成した。この成果は Japanese Journal of Applied Physics (vol. 58, p. 072006) で発表し、国際会議 OECC2019 では Best Student Paper Award を受賞した。

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、磁性体に記録された磁化情報を光信号として高い消光比で読み出す再生動作に成功した。また、それと異なる構造であるが、光入力の有無によって磁性体の磁化反転を制御する記録動作にも成功した。

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、メタマテリアルを装荷したシリコン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) [2]で発表した。また、実験的な検証を行うために光バッファリング系を提案し、その作製に取り掛かった。

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、逆バイアス電圧と負荷抵抗をそれぞれ 1 V および 10 k Ω にした場合で、光電流 94 μ A においても 3dB 帯域 10 GHz 以上を維持する検出器のストライプ幅を設計した。本設計構造を用いて、統合チップへの集積プロセスの検討を進めている。

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、常温表面活性化接合において、実レーザ構造での光学特性、接合特性を確認したのち、実際にハイブリッドレーザを作製し、常温表面活性化接合を利用したデバイスでは、世界で初めてとなる室温連続発振を実現した。また、Direct Transfer Bonding を利用し、8 インチ Si 基板上への小片接合を実現した。

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、これまでの 4 倍の動作帯域を有する広帯域化 32x32 光スイッチを試作し、その動作を実証した。この成果は、国際会議 OECC 2019 にて発表し Best Paper Award を受賞した。

【代表的な原著論文】

- [1] K. Suzuki, R. Konoike, N. Yokoyama, M. Seki, M. Ohtsuka, S. Saitoh, S. Suda, H. Matsuura, K. Yamada, S. Namiki, H. Kawashima, and K. Ikeda, “Nonduplicate Polarization-Diversity 32 x 32 Silicon Photonics Switch Based on a SiN/Si Double-Layer Platform ,” J. Lightwave Technol. 38, 226-232 (2020).
- [2] Tomohiro Amemiya, Satoshi Yamasaki, Makoto Tanaka, Hibiki Kagami, Keisuke Masuda, Nobuhiko Nishiyama, Shigehisa Arai, “Demonstration of slow-light effect in a silicon-wire waveguide with a metamaterial,” Optics Express, Vol. 27, No. 10, pp. 15007-15017 (May 2019).
- [3] T. Murai, Y. Shoji, N. Nishiyama, T. Mizumoto, “Wavelength-tunable operation of magneto-optical switch consisting of amorphous silicon microring resonator on garnet,” Jpn. J. Appl. Phys., vol. 58, No. 7, p. 072006 (July 2019).

§ 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