

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

竹中 充

東京大学 大学院工学系研究科
教授

ハイブリッド光位相シフタによるプログラマブル光回路を用いた光演算

主たる共同研究者:

岡野 誠 (産業技術総合研究所 プラットフォームフォトンクス研究センター
研究チーム長)

松田 信幸 (東北大学 大学院工学研究科 准教授)

研究成果の概要

東京大学グループは、既存の $\text{Ge}_2\text{Sb}_3\text{Te}_5$ に S を添加した新しい相変化材料である $\text{Ge}_2\text{Sb}_3\text{Te}_3\text{S}_2$ を新たに開発した。波長 $2.34 \mu\text{m}$ において低損失化できることを明らかにするとともに、既存の相変化材料よりワイドギャップ化することで、相変化位相シフタとして実証されたものとして、最も低い低損失化 ($0.29 \text{ dB}/\pi$) を実現した。相変化材料を化合物半導体薄膜を貼り合わせたハイブリッド光位相シフタに積層することで、初期位相ずれを相変化材料でトリミング可能な新たな光位相シフタ構造を提唱した。これまでに実証した導波路型フォトランジスタ²⁾に加えて、光演算結果を低エネルギーで電気信号に変換するレーザレス受光器に応用可能な、極薄 InGaAs を Si 導波路上に貼り合わせたハイブリッド受光器の実証に成功した。これにより高速かつ高効率に光電変換を可能とする素子を実証した。また、SiN リング共振器を使った光コム光源の試作を行い、実証したリング共振器クロスバーアレイ³⁾に応用可能な 250 GHz 間隔での光コム発生に成功した。

産総研グループは、 300 mm シリコン試作ラインを用いたシリコン光回路の試作を完了し、ワイヤーボンディング実装、光ファイバーアレイ実装、制御用プリント基板の作製等を行い、 8×8 行列演算回路を構築した。超伝導光子数検出器アレイに関しては、検出効率を室温で簡便に評価するセットアップの立ち上げを行い、検出器の場所毎に検出効率評価が可能であることを実証した。また、既存検出器のジッターに関する解析を行った。

東北大学グループは、ガウシアンボゾンサンプリングに用いる量子光源である真空スクイーズド光源の構築を行った。プログラマブル光波長フィルタ等を用いて得た低ノイズかつ相対位相揺らぎの無い 2 波長励起光パルスを低損失シリコン光導波路に入力した。結果、きわめて高い非古典的性を示す高輝度 1 モード真空スクイーズド光の発生に成功した。また量子回路について、回路面積を従来の約半分に削減可能な新しいユニタリ変換光回路アーキテクチャの動作を初めて実証した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Miyatake *et al.*, “Non-volatile Compact Optical Phase Shifter based on $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ operating at $2.3 \mu\text{m}$,” *Opt. Mater. Express*, vol. 12, no. 12, pp. 4582–4593, Oct. 2022.
- 2) T. Ochiai *et al.*, “Ultra-high-responsivity waveguide-coupled optical power monitor for Si photonic circuits operating at near-infrared wavelengths,” *Nat. Commun.*, vol. 13, no. 1, p. 7443, Dec. 2022.
- 3) S. Ohno, R. Tang, K. Toprasertpong, S. Takagi, and M. Takenaka, “Si Microring Resonator Crossbar Array for On-Chip Inference and Training of the Optical Neural Network,” *ACS Photonics*, vol. 9, no. 8, pp. 2614–2622, Aug. 2022.