

2024 年度年次報告書

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

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ニクス研究センター 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、ハイブリッド光位相シフタを集積したマッハ・ツェンダー干渉計の出力ポートの光強度をシリコン導波路の抵抗変化を用いてモニターできることを実証した¹⁾。また、進化戦略を用いて低損失・小型・広波長帯域で動作する2x2カプラを設計・実証することに成功した²⁾。強誘電体 HfZrO₂ を用いた非線形光学効果についても研究を進めた。窒化シリコン導波路上に HfZrO₂ を堆積した素子を作製した。外部電界を印加することで、HfZrO₂ 中の自発分極変化により不揮発的に光位相を変調可能であることを明らかにした³⁾。リング共振器をクロスバーアレイ状に配置した行列演算用光回路についても、すべての計算経路において光路長が等しい対称クロスバーアレイ構成を提案した⁴⁾。

産総研グループは、第2次シリコン光回路試作を行い、ハイブリッド光位相シフタ用および量子計算用シリコン光回路の作製を完了した。超伝導光子数検出器アレイに関しては、4チャンネル同時読み出しを可能とする超伝導転移端センサー (TES) アレイシステムのデータを解析し、625 kHz の繰り返し周波数においても光源の状態を正しく測定できることを確認した。また、チャンネル数を大幅に増加させる試みとして、マイクロ波超伝導量子干渉計 (SQUID) を用いたアレイ読み出しの開発を行い、複数チャンネルの TES の信号を同時取得することに成功した。

東北大学グループは、AlGaAsOI 光導波路を用いたスクイズド真空場発生に成功した。二光子吸収を大幅に抑制しつつ、シリコン導波路と同等の非線形性を有することを見出した。超電導ナノワイヤ単一光子検出を用いた疑似的光子数識別検出システムを構築した。光子数分布復元手法を工夫することで、一般に検出器台数程度とされる識別光子数上限を大幅に向上した。また、2モード間の光子数相関の復元にも成功した。ガウシアンボゾンサンプリングの量子化学計算応用について検討を行った他、機械学習等新たな応用の検討を行った。

【代表的な原著論文情報】

- 1) T. Akazawa, S. Monfray, F. Boeuf, K. Toprasertpong, S. Takagi, and M. Takenaka, *Optics Letters*, vol. 49, no. 20, pp. 5882–5885, Oct. 2024.
- 2) Y. Miyatake, K. Toprasertpong, S. Takagi, and M. Takenaka, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 63, 12SP16, Dec. 2024.
- 3) K. Taki, N. Sekine, K. Watanabe, Y. Miyatake, T. Akazawa, H. Sakumoto, K. Toprasertpong, S. Takagi, and M. Takenaka, *Nature Communications*, vol. 15, 3549, May 2024.
- 4) R. Tang, S. Ohno, K. Tanizawa, K. Ikeda, M. Okano, K. Toprasertpong, S. Takagi, and M. Takenaka, *Photonics Research*, vol. 12, no. 8, pp. 1681–1688, August 2024.