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

2020 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

§1. 研究成果の概要

東京大学グループは、産総研、東北大学と共同で深層学習および量子計算用プログラマブル光回路の設計を進めた。リング共振器クロスバーアレイを用いた光回路については、新たな回路構成を考案し設計を行った。また、強誘電体 HfZrO2 をハイブリッド光位相シフタに集積するための、強誘電化プロセスの研究を進めた。プログラマブル光回路に集積可能な受光器においては、新たな導波路型フォトトランジスタを提唱した。トランジスタの増幅作用によって受光感度は 100 万 A/W 以上となり、導波路型として報告されたフォトトランジスタの中で最も高感度な性能を得ることに成功した。

産総研グループは、プログラマブル光回路設計を効率良く進めるため、保有する 300 mm シリコン試作ライン向け PDK(プロセスデザインキット)を策定し、プログラマブル光回路設計の最適化を行った。さらに、超伝導光子数検出器アレイの冷却に必要となる断熱消磁冷凍機の仕様を決定すると共に、検出効率のばらつき低減に向けた超伝導光子数検出器の新規素子設計を開始した。

東北大学グループでは、4 入力 4 出力の量子計算用プログラマブル光回路や、光回路の特性抽出に向けた種々のテスト用回路を設計した。また、低損失固定行列演算器の特性について検討を行った。シリコン量子光源の集積化・並列化および回路規模向上について、ポンプ光パルスの分岐回路の短尺化、光源やオンチップ波長フィルタの設計を行った。さらに先行して 4 入力 4 出力のガウス型ボゾンサンプリング回路を設計した。チップ外の 2 波長ポンプ光パルスの生成方法について検討し、相対位相揺らぎのない 2 波長パルス発生方法を考案した。新回路・アルゴリズム探索では、新奇光源として変位真空スクイーズド光を発生するための光回路を設計した。また、光回路の電場変換行列を実験的に推定する方法を立ち上げ、動作検証に成功した。

§2. 研究実施体制

(1)東京大学グループ

① 研究代表者:竹中　充 (東京大学 大学院工学系研究科、教授)

② 研究項目

- ・プログラマブル光回路設計
- ・ハイブリッド光位相シフタ集積
- ・メモリ機能内蔵光位相シフタ
- ・多波長コヒーレント光源
- ・光電子集積活性化関数受光器
- ・新回路・アルゴリズム探索

(2)産総研グループ

① 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)

② 研究項目

・プログラマブル光回路設計

・ハイブリッド光位相シフタ集積

・量子計算用超伝導光子数検出器アレイ

・新回路・アルゴリズム探索

(3) 東北大学グループ

① 主たる共同研究者：松田 信幸 （東北大学 大学院工学研究科、准教授）

② 研究項目

・プログラマブル光回路設計

・シリコン量子光源の集積化・並列化および回路規模向上

・新回路・アルゴリズム探索