

量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出
2017年度採択研究代表者

2021年度
年次報告書

神成 文彦

慶應義塾大学 理工学部
教授

波長分割多重プログラマブル大規模量子シミュレータ

§ 1. 研究成果の概要

波長分割多重量子シミュレータ構築のため、波長多重スクイーズドパルス光の制御性、および和周波発生を用いた多重周波数モード混合の性能向上に取り組んだ。自発光パラメトリック下降変換(Spontaneous Parametric Down Conversion (SPDC))を用いて広帯域励起光パルスの帯域内で発生される周波数多重スクイーズドモードを、独立に制御することは、本スキームにおける必須条件である。しかし、周波数モードが近接した場合には固有モード関数で展開して取り扱う必要があるためモードの直交性が脆弱化し、独立制御性は自明にはならない。本研究で用いる波長 800 nm 帯のスペクトル幅 1.2 nm のガウス関数型周波数モードの場合、その中心波長間隔が 4 nm 以上であれば励起レーザーパルスのスペクトル強度変調で独立にスクイージングレベルを制御可能であることを明らかにした。一方、分極反転周期 3.6 nm の Type-II PPLN 導波路を用いた和周波発生による古典論的多次周波数モード混合の実験を行い、和周波干渉によるモード間の任意混合を確認し、周波数域のビームスプリッタとしての動作を実現する方法を明らかにした。。また、量子シミュレータの光回路内でスクイーズドパルスの純粋度が劣化した際の影響について理論的に解析した。

量子通信への応用に関する研究では、GHz 周波数コム制御技術を活用し、超伝導単一光子検出器(SSPD)の時間分解能に合わせて繰り返し周波数を最適化することで、超高速量子もつれ光源を実現し、世界最高速の繰り返し周波数となる 3.2 GHz での二光子干渉実験に成功した。一方、測定側の技術として、波長多重量子もつれ光の量子トモグラフィを効率的に行うための新手法(Hong-Ou-Mandel interferometric quantum state tomography (HOM-QST))を考案し、その原理実証に向けた基本技術を確立した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 神成グループ

- ① 研究代表者: 神成 文彦 (慶應義塾大学理工学部 教授)
- ② 研究項目
 - ・波長分割多重光量子シミュレータの構築

(2) 武岡グループ

- ① 主たる共同研究者: 武岡 正裕 (慶應義塾大学理工学部 教授)
- ② 研究項目
 - ・波長分割多重光量子シミュレータの理論解析
 - ・波長分割多重量子制御技術の量子通信への応用

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Tsujimoto, K. Wakui, M. Fujiwara, M. Sasaki, and M. Takeoka, “Ultra-fast Hong-Ou-Mandel interferometry via temporal filtering,” Opt. Express vol.29, pp. 37150–37160 (2021).