

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

金田 文寛

東北大学 学際科学フロンティア研究所
助教

光子の時間的量子もつれ連鎖と高分解能光量子計測

§ 1. 研究成果の概要

研究開始年度である本年度は、量子もつれ連鎖技術の基礎となる高不可識別伝令付き単一光子発生技術の開発、伝令付き単一光子発生に利用する光子のペア状態の分光の高速化、光子の任意偏光状態の保持のための偏光無依存光スイッチ開発を実施した。

まず、独立に発生する光子が量子ゲートを通して量子もつれ状態に変換されるよう、自発パラメトリック下方変換 (SPDC) によって発生する伝令付き単一光子の不可識別性の改良を実施した。この改良により、これまで古典光学的な波長変換や SPDC の位相整合条件 (光子の発生条件) の制御に利用されてきた周期分極反転技術で結晶内部の有効線形性を局所的に制御するとともに、それに伴う SPDC 光子の不可識別性の制御が可能であることを実証した。また、開発した結晶から発生する SPDC 光子の周波数特性および付加識別性は、独自に開発した和周波分光法および発生光子の2次の相関関数測定によって評価した。その結果、不可識別性 96%が観測され、従来の結晶で得られる 80-90%を上回ることが判明し、適切な周波数フィルターを挿入することで、不可識別性が 99%以上となることも明らかとなった。したがって、本手法は量子もつれ発生で要求される不可識別性を十分に満たしていることが明らかとなった。さらに、和周波発生分光法の古典光学素子のみを実装し、測定時間の短縮を実現した。

次に、リング型量子メモリの要素技術となる、偏光無依存な電気光学スイッチの提案とその原理検証実験を実施した。新たに設計、開発したスイッチをマッハ・ツェンダー干渉系に組み込み、入力偏光に対するスイッチング特性を検証した結果、水平、垂直、そしてその重ね合わせ状態である斜め 45 度偏光において出力光路のスイッチングを観測した。観測されたスイッチングの消光比は全ての偏光状態で約 40:1 であり、今後詳細な検証と改良を実施する必要があるものの、本手法が原理的に有効であることが明らかとなった。