

【基盤研究(S)】

理工系（数物系科学）



研究課題名 光量子回路を用いた大規模量子もつれ状態の実現と応用

京都大学・大学院工学研究科・教授 たけうち しげき
竹内 繁樹

研究課題番号：26220712 研究者番号：80321959

研究分野：量子光学、量子情報科学

キーワード：量子コンピュータ、ナノフォトニクス、光導波路、光子

【研究の背景・目的】

量子情報技術とは、量子力学の基本的な性質を、情報通信や情報処理に応用する試みである。特に光子は、光ファイバ等で長距離伝送が可能であるなど、有力な情報担体である。本研究では、10光子程度の、多数の光子をもつれ合わせることの可能な光量子回路の実現を目指す。そして、現在のスーパーコンピュータの計算能力を凌駕する、大規模な多光子量子干渉「ボソンサンプリング」の実証や、得られた多光子量子もつれ状態の、超高感度光量子計測への応用を試みる。

【研究の方法】

光子の大規模量子もつれ状態の実現に向けて、まず、余剰光子を抑制した単一光子源を、既存光学部品を組み合わせる光学定盤上（デスクトップ）で実現する。さらにその小型化に向け、窒化シリコン光導波路によるオンチップ光子源やナノ光ファイバ単一光子源の研究を進める。京大竹内グループ（光量子回路）、九大横山グループ（光導波路）、広大ホフマングループ（理論）が連携して実施する。具体的には、次の項目に関して研究を行う。

（1）デスクトップ光量子回路

余剰光子発生の抑制された、パラメトリック下方変換を用いた伝令付き単一光子源を、光学定盤上で構築する。そして、その単一光子源からの光子列を利用した多光子量子干渉を実施、ボソンサンプリングや、得られた多光子量子もつれ合い状態の計測への応用について研究を行う。

（2）オンチップ光量子回路

小型・高集積化された光量子回路の実現を目標に、窒化シリコン光導波路と有機光非線形材料を組み合わせたハイブリッド素子によるオンチップ単一光子源の研究を進める。

（3）ナノ光ファイバ光子源

ナノ光ファイバとは、単一モード光ファイバの一部を、直径が数百ナノメートルになるまで引き延ばしたデバイスである。これまでに我々は、半導体量子ドットやダイヤモンドナノ結晶と、ナノ光ファイバを組み合わせた単一光子源を実現している（図1）。本研究では、その高効率化について研究を進める。

（4）理論・解析

実験データ解析などを通じ、多光子量子もつれ状態の、物理学的な理解をより深化させるとともに、得られた多光子量子もつれ状態を用いた新しい情報処理や計測について研究を行う。

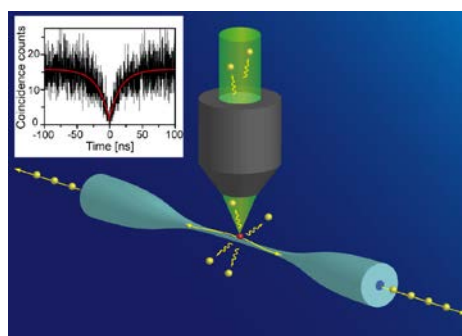


図1 ナノ光ファブを用いた単一光子源

【期待される成果と意義】

多数光子による大規模量子もつれ状態の実現は、制御された量子システムが、初めて古典的な計算限界に到達することを意味し、量子情報科学・計算機科学に重大な意義を与えうる。応用面でも、オンチップ量子もつれ光源と計測への応用は、光計測、ライフサイエンス、材料科学などへも波及・貢献が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- T. Ono, R. Okamoto and S. Takeuchi, “An Entanglement-enhanced Microscope”, **Nature Communications**, Vol. 4, 3426 (2013).
- M. Fujiwara, K. Toubaru, T. Noda, H. Q. Zhao and S. Takeuchi, “Highly Efficient Coupling of Photons from Nanoemitters into Single-Mode Optical Fibers”, **Nano Letters**, Vol. 11, 4362-4365 (2011).
- R. Okamoto, J. L. O'Brien, H. F. Hofmann, T. Nagata, K. Sasaki and S. Takeuchi, “An Entanglement Filter”, **Science**, Vol. 323, 483-485 (2009).

【研究期間と研究経費】

平成26年度－30年度
146,300千円

【ホームページ等】

<http://plasma1.kuee.kyoto-u.ac.jp/>