

【基盤研究(S)】

理工系 (総合理工)



研究課題名 **ダイヤモンドナノ量子システムにおける量子メディア変換技術の研究**

横浜国立大学・大学院工学研究院・教授

こさか ひでお
小坂 英男

研究課題番号：16H06326 研究者番号：20361199

研究分野：ナノ構造物理

キーワード：量子情報物理・スピントロニクス

【研究の背景・目的】

モノのインターネット (IoT) によるビッグデータ社会の到来に向け、情報通信は飛躍的な量的進化を要求される一方で、マイナンバー制度による個人情報や医療情報、スマートグリッドなどのエネルギー情報を安全に配信するための量子通信ネットワークの実現が不可欠である。

本研究課題では、固体中のナノ量子システムにおいて、スピン縮退した量子系の幾何学的量子操作により、長距離伝送光子の量子状態を多数の核子で構成された集積量子メモリーに選択的に書き込み、長時間保持し、誤り訂正し、メモリー間の量子もつれを読み出す技術を確立する。本研究では、ダイヤモンド窒素空孔中心に備わる量子システムを中核とし、それを量子情報処理システムとして実用化するために不可欠な、誤り耐性のある集積固体量子メモリーの開発を目指す。

【研究の方法】

量子メモリーとして圧倒的性能を示すダイヤモンド中の窒素空孔中心 (NV 中心) の電子とその周辺にある多数の同位体炭素原子の核子を量子メモリーとし (図1)、以下の項目を目標として研究を行う。

1. 量子テレポーテーションを原理とし、光子から単一窒素核子へ量子状態を完全に維持して転写する量子メディア変換技術を確立する
2. NV 周辺に点在する多数の同位体炭素核子を集積メモリーとし、光子からの選択的な量子メモリー書き込みを行う
3. 任意の集積メモリー核子間の完全ベル測定による電子と光子の決定論的な量子もつれ検出を行う
4. 多数の核子を論理量子とした量子誤り訂正を行う
5. 光通信波長帯からダイヤモンド吸収帯の光子への量子波長変換を可能とする

これらの目標を達成するにあたり、光子と電子、電子と核子などの物質に内在する相互作用を量子もつれの原動力として利用し、光子と同様に電子も縮退した論理キュービットを用いた幾何学的量子操作する独自の手法を確立する。さらに、光波からラジオ波の超広帯域電磁波によるデジタルコヒーレント量子制御を行う。超広帯域電磁場の偏光、位相、強度、周波数の実時間制御を行うデジタルコヒーレント技術と FPGA による高速演算フィードバック技術

を組み合わせ、物質に内在する電子軌道、電子スピン、核スピンの量子もつれを解きほぐすデジタル量子制御技術を開発する。

【期待される成果と意義】

電磁波の資源を余すところなく利用して物質を量子制御し、デバイス・システム応用に供するためのフロンティアとして、光科学・量子科学の革新的な展開に先導的な役割を果たす。本研究を基礎とした量子通信ネットワークの実現より、量子通信の距離制限が解消されるとともに、古典的な通信容量限界を超えた量子光通信などの新たな活用法が期待され、

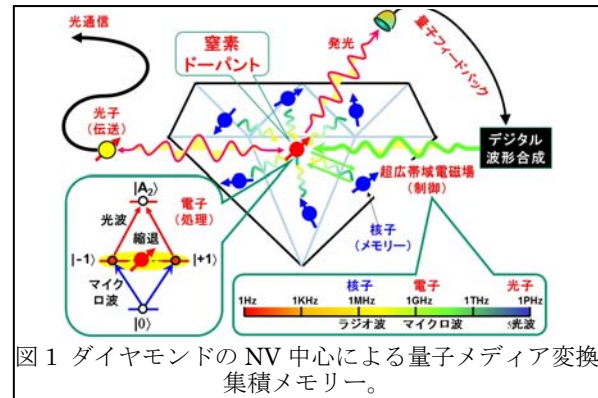


図1 ダイヤモンドのNV中心による量子メディア変換集積メモリー。

破壊的イノベーションにつながる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Sen Yang, Hideo Kosaka, Jorg Wrachtrup, et.al., "High fidelity transfer and storage of photon states in a single nuclear spin", *Nature Photonics*, nphoton.2016.103 (2016).
- Yuhei Sekiguchi, Hideo Kosaka, et.al., "Geometric spin echo under zero field", *Nature Communications*, 7, 11668 (2016).
- Hideo Kosaka, et.al., "Entangled Absorption of a Single Photon with a Single Spin in Diamond", *Phys. Rev. Lett.*, 114, 053603 (2015).

【研究期間と研究経費】

平成 28 年度 - 32 年度 138,900 千円

【ホームページ等】

<http://kosaka-lab.ynu.ac.jp/>