課題番号：GR084
助成額：161百万円

グリーン・イノベーション

理工系

平成23年2月10日
～平成26年3月31日

単一光子―半導体量子ドット電子スピン集団励起間の革新的量子インターフェースの実現

早瀬 潤子（伊師潤子）　慶應義塾大学理工学部　准教授
Junko Ishi-Hayase

専門分野
量子光エレクトロニクス

キーワード
ナノ構造科学／マイクロ・ナノデバイス／量子エレクトロニクス／物性I／応用光学・量子光工学／量子ドット／量子情報

WEBページ
http://www.appi.keio.ac.jp/?page_id=36

研究背景

次世代の革新的情報技術として、量子力学の原理を積極的に活用した量子情報技術が注目されている。量子情報技術の実現には、光と物質の間で量子情報をやり取りする「量子インターフェース」の実現が必要不可欠であるが、要求される全ての性能を満たす「量子インターフェース」は実現されていない。

研究目的／研究の特色

本研究では、デバイス化・小型化に有利な半導体量子ドットを用いて「量子インターフェース」の実現に挑戦する。フォトンエコー法を活用することで、従来にない性能を持つ革新的「量子インターフェース」の実現を目指す。またダイヤモンド中窒素ー空孔中心を用いて超高感度・高空間分解能量子センシング技術を開発する。

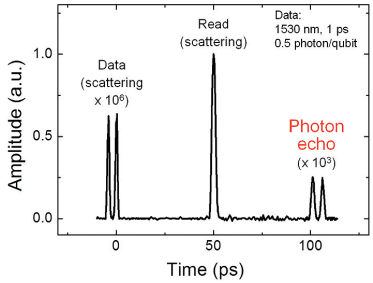
実績

代表論文：Nano Lett. 13, 4733-4738, (2013)
特許出願：2013-40653「ダイヤモンドNV光学中心を有するダイヤモンド単結晶」、出願 (2013年)
受賞：NEXT グリーン・イノベーション・ポスターセッション金賞（2014年3月）、第34回（2013年春季）応用物理学会講演奨励賞・応用物理学会（2013年9月）（研究協力者）
一般雑誌：someone 2014春号 27、12-13「～研究者に会いに行こう～ 極小の世界から生まれる未来のセンサー」

研究成果

量子ドット集合体を用いたフォトンエコー量子インターフェースの実証

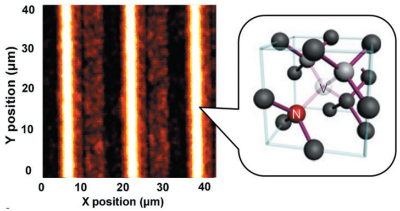
歪補償超積層InAs量子ドット集合体と、超高感度ヘテロダイン検出フォトンエコー法を組み合わせることで、広帯域（>THz）、高時間帯域幅積（>10^3）、時間モードの保存可、通信波長帯光子の直接転写可といった、従来にない性能を有する量子インターフェースの実現が可能であることを示した。



THz帯域を有するピコ秒単一光子パルスの転写・再生実験。単一光子の重ね合わせ状態（パルス対）をフォトンエコーパルスとして高忠実度で再生することに成功した。

ダイヤモンド中窒素ー空孔中心を用いた量子センシング技術の開発

窒素ドープ同位体制御化学気相成長法を独自に開発し、窒素ー空孔中心の生成位置・密度・配向軸・コヒーレンス時間を制御することに初めて成功した。また窒素ー空孔中心を用いた少数プロトンの核磁気共鳴測定に成功した。



窒素ー空孔中心の発光マッピング像。生成位置・密度・配向軸が制御された窒素ー空孔中心の生成に成功した。

2030年の応用展開

量子ドット量子インターフェースは小型化や集積化が可能であり、近年目覚ましく発展しているシリコンフォトニクスや超伝導光子検出器と組み合わせることで、オンチップ量子情報デバイスの実現が期待される。また窒素ー空孔中心を用いた量子センシング技術は、小型・高性能NMR装置の実現など様々な分野へ応用可能である。