

2024 年度年次報告書
物質と情報の量子協奏
2022 年度採択研究代表者

高島 秀聰

公立千歳科学技術大学 理工学部
准教授

多光子量子もつれジェネレーターの開発

研究成果の概要

非常に多くの光子がもつれた状態である多光子量子もつれは、光子を用いた光量子コンピューター、量子通信路を介したネットワークである量子ネットワーク、従来よりも高感度計測が可能となる量子計測などの光量子技術を実現するために開発が期待されている。

この多光子量子もつれの実現に向け、2024 年度には単一の IV 族不純物欠陥中心を含むナノダイヤモンドの開発と評価に取り組んだ。それらの成果については以下の通りである。

1. 単一スズ欠陥中心内包ナノダイヤモンド

高圧高温法で合成された市販のナノダイヤモンドを基板上に分散させ、量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所においてスズイオンを注入した。イオン注入後は、電気炉で 1200 度の温度で 20 時間、真空アニールした。その後、大気中でアニールすることで表面のグラファイト層を除去し、共焦点光学顕微鏡で測定した。その結果、粒径が 10 nm 以下の小さいナノダイヤモンド中に単一スズ欠陥中心を形成することに成功した。

2. 単一シリコン欠陥中心内包ナノダイヤモンドの低温評価

同様の手法を用いて、単一シリコン欠陥中心内包ナノダイヤモンドを開発した。そして、このナノダイヤモンドをイリジウムコートのサファイア基板上に分散、極低温(4.2K)に冷却し、発光特性を評価した。その結果、4.2K で鋭い発光線幅のピークを観測することに成功、ピークの分裂幅から、従来バルクダイヤモンドで報告されていたものよりも、広い分裂幅を持つことがわかった。

これらの成果に加え、関連する研究として、六方晶窒化ホウ素(hBN)中の欠陥中心に関する研究も行った。hBN 中の欠陥中心は単色性が高く可視光域で明るく光ることが知られていたが、複数の欠陥中心が含まれるとそれらの欠陥中心からの発光が重なる課題があった。これに対し、アンチストークス励起という発光波長よりも長波長の光を用いた励起に取り組んだ。その結果、532nm 励起では複数の欠陥中心が発光していたが、アンチストークス励起により単一の欠陥中心だけを選択的に励起することに成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Konosuke Shimazaki, Kazuki Suzuki, Kengo Sakamoto, Yudai Okashiro, Hiroshi Abe, Takeshi Ohshima, Hideaki Takashima, Shigeki Takeuchi, “Evaluation of single silicon vacancy centers in nanodiamonds created by ion implantation at cryogenic temperatures,” New Journal of Physics 26(9) 093034-093034 (2024).
- 2) Yudai Okashiro, Hideaki Takashima, Konosuke Shimazaki, Kazuki Suzuki, Yu Mukai, Igor Aharonovich, Shigeki Takeuchi, “Selective Anti-Stokes Excitation of a Single Defect Center in Hexagonal Boron Nitride,” ACS Photonics 11(9) 3602-3609 (2024).