

炭化ケイ素中のシリコン空孔量子光源

Silicon Vacancy Quantum Light Source in Silicon Carbide

京大化研, 京大 CSRN °森岡 直也

Kyoto Univ., CSRN Kyoto Univ., °Naoya Morioka

E-mail: morioka.naoya.8j@kyoto-u.ac.jp

ワイドギャップ半導体中のスピンを有する色中心は、固体中に局在した量子ビットとその状態に対応する単一光子の放出源として機能し、その特性を活かして量子コンピュータ、量子通信、量子センシング等への応用が期待されている。代表例はダイヤモンド中の窒素-空孔中心だが、近年、炭化ケイ素 (SiC) 中にシリコン空孔[1]、複空孔[2]、窒素-空孔中心[3]など様々なスピンを有する単一色中心が分離され、それらの光学およびスピン特性の研究が活発に行われている。SiC は色中心の優れた特性に加え、大型ウェハの入手可能であり、微細加工技術も高いことから、SiC 中の色中心の活用によりスケーラブルな量子技術の実現の可能性を秘める。

SiC 中の負に帯電したシリコン空孔 V_{Si} は波長 900 nm 付近に発光を示すスピン量子数 $S=3/2$ の欠陥であり、そのスピンコヒーレンス時間は室温でも数百 μs と長い[1]。固体中点欠陥の光学遷移は、周囲の欠陥や電荷の影響を受けて遷移エネルギーが時間的に揺らぐことがあり[4]、応用上の課題となっている。一方、4H-SiC 中の V_{Si} はゼロフォノン線の光学遷移が非常に安定しており、バルク中[5]のみならずナノ構造中[6]においても光学遷移線幅がフーリエ限界に近く長時間安定である。加えて、 V_{Si} から放出された単一光子の量子干渉や、スピンによる発光波長操作が実現できている[7]。これらの V_{Si} の特徴は離れた距離間の量子もつれ生成のための量子光源として適しており、例えばセキュア量子通信への応用が期待される。また、SiC は電子デバイスに適した半導体であり、スピン情報を電氣的に検出する技術は集積化に重要である。また、光学的検出と比較して検出感度向上も期待できる。近年、SiC 中スピンの光電流検出磁気共鳴法の開発が行われており[8]、 V_{Si} 近傍の核スピン信号の電氣的検出も可能となってきた[9]。本講演では、SiC 中の V_{Si} 量子光源の光・スピン・電氣的な特性の基礎および近年の研究の進展について紹介する。

【謝辞】本講演で紹介する研究の一部は Stuttgart 大学、Linköping 大学、量子科学技術研究開発機構、株式会社デンソー等の協力のもと実施された。また、紹介する研究の一部は MEXT Q-LEAP (No. JPMXS0118067395)、科研費 (No. JP21K20502, JP22H01526)、京大ナノハブ拠点の支援を得た。

- [1] M. Widmann, S.-Y. Lee, T. Rendler, et al., *Natur Mater.* **14**, 164 (2015).
- [2] D. J. Christle, A. L. Falk, A. P. Klimov, et al., *Natur Mater.* **14**, 160 (2015).
- [3] J.-F. Wang et al., *Phys. Rev. Lett.* **124**, 223601 (2020); *ACS Photonics* **7**, 1611 (2020).
- [4] S. Chakravarthi, C. Pederson, Z. Kazi et al., *Phys. Rev. B* **104**, 085425 (2021).
- [5] R. Nagy, M. Niethammer, M. Widmann et al., *Natur Commun.* **10**, 1954 (2019).
- [6] C. Babin, R. Stöhr, N. Morioka, et al., *Natur Mater.* **21**, 67 (2022).
- [7] N. Morioka, C. Babin, R. Nagy, et al., *Natur Commun.* **11**, 2516 (2020).
- [8] M. Niethammer, M. Widmann, T. Rendler, et al., *Natur Commun.* **10**, 5569 (2019).
- [9] T. Nishikawa, N. Morioka, H. Abe, et al., *Appl. Phys. Lett.* **121**, 184005 (2022).