

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

小林 拓真

大阪大学 大学院工学研究科
助教

集積可能な炭化珪素光量子プロセッサの基盤技術構築

研究成果の概要

本研究では、計算科学と実験の両アプローチに基づき、結晶成長・ドーピング制御・デバイス技術の発展した炭化珪素(SiC)半導体において単一光子源を開拓する。さらに単一光子源の電氣的駆動・制御を通じて電子デバイス動作とのカップリングを実証することで、SiC 光量子プロセッサの基盤技術を構築することを目的としている。

当年度はまず、SiC の理論計算環境の構築に取り組んだ。具体的には第一原理計算プログラム Vienna Ab initio Simulation Package (VASP) を大阪大学サイバーメディアセンターの大規模計算機システム SQUID および OCTOPUS 上でコンパイルし、SiC バルクおよび欠陥を含んだ系を対象とする種々の計算を実施した。その結果、欠陥の緩和構造や形成エネルギー、電子準位(熱力学的遷移準位)、および光学物性(ゼロフォノン線等)の計算を実施する上での条件を確立した。この際、計算精度を求めるだけでなく、現実的な時間で一連の計算を処理できる並列条件等も決定した。本計算条件をもとに次年度以降は有望なバルク単一光子源の探索を進める。さらに、実験としては、SiO₂/SiC 界面発光中心の特性制御に取り組んだ。SiO₂/SiC 界面発光中心は室温でも極めて強い発光を示す一方、発光中心密度や光学特性の制御が課題となっている。本研究では、典型的温度(1200°C)の熱酸化で形成した SiO₂/SiC 界面では発光中心の密度が高く、これらは必ずしも単一光子源として機能しないことを指摘した。一方、酸化後に電氣的欠陥のパッシベーションに有効と知られる CO₂ 熱処理を追加で実施することで、発光中心密度を約 150 分の 1 に低減可能であることを見出した。さらに、このように発光中心密度を低減した試料においては、調査した発光中心全てが明確な単一光子性を示した。以上のように、よく孤立した SiO₂/SiC 界面単一光子源を安定に形成する技術を確立した。