

2024 年度年次報告書

ナノ物質を用いた半導体デバイス構造の活用基盤技術

2024 年度採択研究代表者

大岩 顕

大阪大学 産業科学研究所
教授

Semiconductor quantum technology based on industrial-grade Ge quantum materials

主たる共同研究者:

木山 治樹 (九州大学 大学院システム情報科学研究所 准教授)

小寺 哲夫 (東京科学大学 工学院 准教授)

研究成果の概要

今年度は、まず 5 年間の日仏共同研究を支える連携体制を構築することに重点を置いた。特に 2025 年 3 月末に大岩と小寺先生がグルノーブルを訪問し、今後の全体的な研究の方向性、定期ワークショップ開催など当面の CREST 研究の共同研究の方針について大変有意義な議論を行った。これが契機となり情報共有の強化策として、今年度末からデバイス作製と測定結果に関する毎月、実務者レベルのオンラインミーティングを開始するなど、連携体制の整備が想定以上に進んだ。一方で、各グループは独自にゲルマニウム(Ge)量子デバイスの作製に取り組み、ホールバーや量子ドットデバイスの作製を達成している。これらのデバイスにおいて正孔の電界誘起や 2 次元正孔系の特性評価が進みつつあるが、プロセスなどの課題も明らかになりつつある。こうした情報を定期的に全グループで共有し議論できる体制を初年度に構築できたことは今後の共同研究推進にとって大変重要な進展である。300mm の産業規格 Ge 基板の導入の第一歩として、今年度末に、Mortemousque グループから 200mm 歪 Ge 量子井戸基板の日本チームへの提供が開始された。今後は、この同じ Ge 基板を使ってプロジェクト研究を遂行する。

小寺グループは量子ビット迅速評価システムのための低温スイッチの低温動作の確認を完了した。またモデルベース強化学習を導入し、量子ドットの電圧自動調整の確認を行った[代表的論文 2]。Bäuerle グループでは、温度の昇降が短時間で可能で 100 本近い配線を有する冷凍機を導入し、複数の Ge デバイスの直流・高周波特性を迅速に評価する冷凍機を構築した。小寺グループは、シリコンではあるが、2 重量子ドット中の多数正孔スピン状態の緩和時間を測定した。その結果、先行研究よりも長い単一スピン緩和時間を有することがわかり、多正孔系の未解明の物理の可能性を示唆する結果を得た[代表的論文 1]。また Lefloch グループは超伝導体として MoGe を Ge 上に成膜し、その超伝導特性を調べた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) C. Kondo, R. Mizokuchi, G. Sakamoto, R. Tsuchiya, T. Mine, D. Hisamoto, H. Mizuno, J. Yoneda, and T. Kodera, “Spin-blockade and state lifetimes of many-hole spin states in silicon quantum dots,” Jpn. J. Appl. Phys. 64, 01SP09 (2025).
- 2) C. Kondo, R. Mizokuchi, J. Yoneda, and T. Kodera, “Environment model construction toward auto-tuning of quantum dot devices based on model-based reinforcement learning,” APL Mach. Learn. 3, 016114 (2025).