

2024年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】極低温における量子ビット高速読み出しを目指したマイクロ波素子材料の開発

【整理番号】TK24-06

【代表機関】NIMS

【調査研究代表者（氏名）】

小塚 裕介

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

東北大学：大塚朋廣

【TIA 外連携機関】

なし

【報告書作成者】

小塚 裕介

【報告書作成年月日】

2025 年 4 月 28 日

【連携推進（具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等）】

本研究では物質・材料研究機構において作製した誘電体試料を東北大学において回路に組み込み計測を行った。また、学生を派遣して互いの手法を学び、今後の連携に生かす試みを行った。

【調査研究内容（研究背景・課題解決の内容と結果）】

超伝導共振器(超伝導量子ビット)や半導体中の量子ドット中の電子スピン(スピン量子ビット)を量子情報媒体とする固体量子系の研究が昨今広がりを見せている。量子ドットは超伝導共振器より集積性に優れ、その操作忠実度は両者とも 99%以上と同等のレベルに達している。

本研究では、半導体量子ドットを用いた量子情報素子に用いる計測用の素子開発を目的とし、物質・材料研究機構のグループが持つ素子の材料作製の技術と東北大学のグループが持つ低温計測技術を合わせ、半導体量子ドットの計測を高速・高度化することを狙いとしている。

量子計測で用いられる誘電体を物質・材料研究機構において作製し、東北大学において回路に組み込みその特性評価を行った。その結果、市販の誘電体より柔軟性の高い計測が可能であることが判明した。また、その特性を有限要素法によるシミュレーションによって確認した。

論文成果

1. K. Noro, Y. Kozuka, K. Matsumura, T. Kumasaka, Y. Fujiwara, A. Tsukazaki, M. Kawasaki, T. Otsuka, "Parity-independent Kondo effect of correlated electrons in electrostatically defined ZnO quantum dots" Nature Communications **15**, 9556 (2024).

2. K. Noro, M. Shinozaki, Y. Kozuka, K. Matsumura, Y. Fujiwara, T. Kumasaka, A. Tsukazaki, M. Kawasaki, T. Otsuka, "Charge sensing of few-electron ZnO double quantum dots probed by radio-frequency reflectometry", arXiv:2501.04949.
3. K. Baba, K. Noro, Y. Kozuka, T. Kumasaka, M. Shinozaki, M. Kawasaki, T. Otsuka "Formation of multiple quantum dots in ZnO heterostructures", arXiv:2504.03049.

学会発表

1. K. Noro, Y. Kozuka, K. Matsumura, T. Kumasaka, Y. Fujiwara, Tsukazaki, M. Kawasaki, T. Otsuka, "Formation of Quantum Dots in ZnO Heterostructures and Observation of Kondo Effect ", 36th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS) 2024.
2. 白地昭豊鏡, 篠崎基矢, 小塚裕介, 佐藤 彰一, 熊坂 武志, 大塚朋廣, 「低温可変共振回路に向けた SrTiO₃可変容量コンデンサ特性の面方位・ドーピング依存性」日本物理学会 第 79 回年次大会

【今後の活動予定】

今回開発した量子ドット計測用の誘電体の問題点も明らかとなっており、その改善に向けた材料構成の改善と計測による評価を進めていく予定である。また、この調査研究をもとに科研費等外部予算の獲得に努める。