

2024 年度
創発的研究支援事業 年次報告書【公開版】

研究担当者	三浦正志
研究機関名	成蹊大学
所属部署名	理工学部
役職名	教授
研究課題名	新材料設計指針により対破壊電流密度に挑む
研究実施期間	2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

研究成果の概要

超伝導技術は、SDGs や Society5.0 社会への貢献が期待されている。しかし、超伝導の応用上重要な臨界電流密度は、量子化磁束の運動の影響を受け理論限界である対破壊電流密度の 5～10%程度である。本研究では、新しい材料設計指針である磁束ピン止め点導入技術とキャリア・ひずみ制御技術を融合し『特異点と対破壊電流密度および臨界電流密度の関係』を解明し、ゲームチェンジャーとなる普遍的な革新的高臨界電流密度を得ることを目指す。

2024 年度は、鉄系超伝導材料 $LrFeAsO$ の臨界電流密度を対破壊電流密度に近づける新材料設計指針を確立するため、O サイトの H 置換による高キャリア技術や磁束ピン止め点導入技術を融合し $LrFeAsO$ 薄膜を行った。その結果、特異点が存在すると考えられるキャリア密度で最も高い対破壊電流密度および臨界電流密度を示した。この高キャリア注入 $LrFeAsO$ 薄膜にプロトン照射による欠陥導入した結果、4.2K において銅酸化物 $REBa_2Cu_3O_y$ 薄膜に匹敵する鉄系超伝導として世界最高の磁場中臨界電流密度を達成した(M. Miura et al., Nature Materials 2024)。また、銅酸化物系超伝導材料 $REBa_2Cu_3O_y$ 薄膜においても、酸素アニール条件を検討し広範囲におけるキャリア密度制御技術を確立し、特異点が存在するキャリア密度において高い対破壊電流密度および臨界電流密度を示すことを明らかにした。特に量子臨界点近傍のキャリア密度付近においてコヒーレンス長と磁場侵入長が興味深い振舞いを示すことが分かってきた。さらに本研究で対象としたもう一つの銅酸化物系超伝導材料 $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ においても、特異点が存在すると考えられるキャリア濃度においてコヒーレンス長と磁場侵入長が $REBa_2Cu_3O_y$ 同様に興味深い振舞いを示すことが分かった。