

理論的アプローチによる超伝導磁束渦の制御

SATテクノロジー・ショーケース2020

■ はじめに

産業技術総合研究所(産総研)の研究者は、基礎から応用さらに企業と協力し実装を目指す様々な超伝導研究を行っています。私は超伝導現象論を専門としており、実験は行いませんが、研究者の大半が実験を行う研究グループに所属しています。実験結果の解釈や実験の方向性を示すことは理論の価値だと考えています。また、様々な現象のメカニズムにまで踏み込んで、新たな応用に結びつく基本原理を提案することも理論研究者の重要な役目の一つだと考えています。

超伝導現象の優位性は、既存技術では到底実現し得ない性能を実現できる点にあります。超伝導体を用いたMRIマグネットは既に実装されており、高温超伝導送電ケーブルの長期間の実地試験も行われています。超伝導体を用いた量子コンピュータや高感度光センサなどの研究開発も盛んです。高温超伝導体は発見から30年が経ち、コート線材の作成技術は着実に進歩してきています。高温超伝導ケーブル技術、超伝導体の量子デバイスへの実装やインフォマティクスによる超伝導材料科学は、ますます進むと予想でき、今後も目が離せません。

■ 活動内容

1. 高温超伝導MRIマグネット用の線材構造の最適化

次世代医療用MRIマグネットへの線材応用を目指し、MRI装置の運転条件に対して、高温超伝導テープ線の最適な構造、テープ線の構造最適化によるパワー損失低減の理論限界値、MRIマグネット設計に有用な線材パラメータの決定を解析計算と数値シミュレーションにより行っています[1,2,3]。

2. 微視的現象論による超伝導量子渦の研究

●準粒子状態の計算を通して、将来的な超伝導現象のデバイスへの応用に向けた基礎的知見を蓄積してきました。現在は、多層型超伝導物質の磁束渦内部の準粒子状態[4,5]、半導体基板上の原子層超伝導の臨界磁場と不均一超伝導[6]を調べています。

●第一原理計算による物質の電子構造を取り入れた超伝導現象論構築に取り組んでいます。

●超伝導薄膜加速共振空洞の高性能化へ向け、非平衡準粒子の高周波電磁場に対する非線形応答の起源を探る研究を行っています[7]。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

[1] Yoichi Higashi, Huiming Zhang, and Yasunori Mawatari: "Analysis of Magnetization Loss on a Twisted Superconducting Strip in a Constantly Ramped Magnetic Field", IEEE Trans. Appl. Supercond. **29**, 8200207 (2019).

[2] Yoichi Higashi and Yasunori Mawatari: "Electromagnetic coupling of twisted multi-filament superconducting tapes in a ramped magnetic field", Supercond. Sci. Technol. **32**, 055010 (2019).

[3] Yoichi Higashi and Yasunori Mawatari: "Efficient Numerical Modeling of the Magnetization Loss on a Helically Wound Superconducting Tape in a Ramped Magnetic Field", IEEE Trans. Appl. Supercond. **30**, 8200207 (2020).

[4] Takashi Yanagisawa, Yoichi Higashi, and Izumi Hase: "Fractional Skyrmion and Absence of Low-lying Andreev Bound States in a Micro Fractional-flux Quantum Vortex", J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 104704 (2019).

[5] Yoichi Higashi, Yuki Nagai, Tomohiro Yoshida, Yusuke Masaki, and Youichi Yanase: "Robust zero-energy bound states around a pair-density-wave vortex core in locally noncentrosymmetric superconductors", Phys. Rev. B **93**, 104529 (2016).

[6] 東 陽一, 吉澤 俊介, 内橋 隆: 「空間反転対称性のない原子層超伝導に対する乱れの効果の微視理論」, つくば-柏-本郷 超伝導かけはしプロジェクト ワークショップ (2), 物質・材料研究機構, 2019年1月16日。

[7] Yoichi Higashi, Akira Miyazaki, and Yasunori Mawatari: "Dissipative conductivity in moderately clean superconductors", The 14th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2019), Glasgow (United Kingdom), 2 September 2019.

代表発表者 東 陽一 (ひがし よういち)
所 属 国立研究開発法人産業技術総合研究所
エレクトロニクス・製造領域 電子光技術研究部門
超伝導エレクトロニクスグループ
問合せ先 〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2
TEL: 029-861-2033
y.higashi@aist.go.jp

■キーワード: (1) 超伝導
(2) 量子磁束渦
(3) 理論的アプローチ