

課題番号 : F-14-NM-0076
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名 (日本語) : 電子ビーム描画装置を用いた微小 SQUID 局所磁化測定システムの作製
 Program Title (English) : Fabrication of Local Magnetization Measurement System of Micro-SQUIDs using EB Lithography
 利用者名 (日本語) : 永合 祐輔
 Username (English) : Y. Nago
 所属名 (日本語) : 東京理科大学理学部応用物理学科
 Affiliation (English) : Department of Applied Physics, Faculty of Science, Tokyo University of Science

1. 概要 (Summary)

スピン 3 重項カイラル p 波超伝導体と考えられている Sr_2RuO_4 に特異な磁気的性質である半整数磁束渦やカイラルエッジ流、s 波 p 波超伝導位相競合に伴う自発電流および渦核生成などの検出に向けて、微小 SQUID を用いた磁化測定を進めている。

これら微小な磁気特性を解明するためには、より高精度な実験を要する。そこで局所的な微小磁場を高感度に検出するため、マイクロサイズの Al トンネル接合型 SQUID に Sr_2RuO_4 微小片を直接積載した局所磁化測定システムの開発を行い、 Sr_2RuO_4 微小片の磁化測定を行った。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

多目的ドライエッチング装置、100kV 電子ビーム描画装置、レーザー露光装置、12 連電子銃型蒸着装置、全自動スパッタ装置、マスクアライナー

【実験方法】

Si 基板上に 2 層フォトレジスト (LOR 5A、AZ5214E) を塗布し、マスクアライナー、12 連電子銃型蒸着装置を用いて Ti/Au 電極を作製した。次に 2 層 EB レジスト (PMGI SF7, gL2000 D.R.2.5) を塗布し、電子ビーム描画装置を用いてドーズ量 $0.15\mu\text{sec/dot}$ ($240\mu\text{C}/\text{cm}^2$) で SQUID パターンを描画し、Al/AlOx/Al トンネル接合型 SQUID を作製した。その後、全自動スパッタ装置を用いて RF300W で厚さ 100nm の SiO_2 保護膜を作製した。電極部上の SiO_2 はフォトレジスト (AZ5214E) 塗布の上レーザー露光装置を用いてドーズ量 $140\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、多目的ドライエッチング装置を用いて CHF_3 ガス流量 50sccm、圧力 3.0Pa のもと RF100W で 5 分エッチングを行うことで取り除いた。この基板上的 SQUID に FIB-SEM ダブルビーム装置を用いて加工した Sr_2RuO_4 微小片を直接積載した (Fig.1)。

作製した磁化測定システムを、希釈冷凍機を用いて 17mK まで冷却し、磁束渦トラップ検出測定を行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

中心に渦トラップ穴を開けた Sr_2RuO_4 微小片を積載した微小 SQUID (Fig.1) の、17mK におけるジョセフソン臨界電流 I_c の印加磁場依存性を Fig.2 に示す。ある印加磁場で通常の SQUID 変調の中に位相のとびが見られる。このような信号は微小片が積載されていない参照 SQUID サンプルでは観測されなかった。つまり、微小片にトラップされた磁束量子渦が作る微小磁場を SQUID が検出したことを示している。 Sr_2RuO_4 が持つ微小な磁気特性の高感度な検出が可能な微小 SQUID 磁化測定システムの開発に成功した。

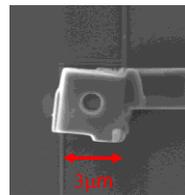


Fig.1. Annular Sr_2RuO_4 on micro SQUID

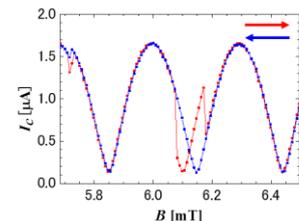


Fig.2. Field dependence of Josephson critical current

4. その他・特記事項 (Others)

現在、論文 5.(3) の結果をもとに、Ru- Sr_2RuO_4 共晶試料の Ru が抽出された部分を用いて本実験と同様な磁化測定試料を作製し、半整数渦や s 波-p 波競合効果など特異な磁気現象を調べる目的で実験を進めている。(FIB-SEM ダブルビーム装置利用施設：理化学研究所ナノサイエンス実験棟)

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) Y. Nago, *et al.*, 27th International Conference on Low Temperature Physics, 平成 26 年 8 月 7 日.
- (2) Y. Nago, *et al.*, International Conference of Topological Quantum Phenomena (TQP 2014), 平成 26 年 12 月 18 日.
- (3) Y. Nago, *et al.*, Journal of Physics: Conference Series, Vol.568 (2014) p.p.022031-1~5

6. 関連特許 (Patent)

なし