

非対称ナノブリッジ SQUID におけるラチェット効果

The Ratchet Effect of SQUIDs Based on Asymmetrical Nanobridges

名大院工¹, 名城大理工² °伊藤雄記¹, 山本宗範¹, 井上真澄², 藤巻朗¹Nagoya Univ.¹, Meijo Univ.², °Y. Ito¹, M. Yamamoto¹, M. Inoue², A. Fujimaki¹

E-mail: ito_y@super.nuqe.nagoya-u.ac.jp

研究背景 我々は立ち上がり電圧 0V の整流用超伝導ダイオードの実現を目標とし, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) 非対称ナノブリッジを作製してきた。非対称ナノブリッジは, ボルテックスのラチェット効果により, 外部磁場下において非対称な電流-電圧 (I - V) 特性を示すことが分かっている[1]。現在, より大きな非対称性を得るために, 非対称ナノブリッジによる SQUID を作製している。そこでは, 外部磁場に対する周期的な臨界電流の変調と, ラチェット効果による変調が重畳する事が期待される。今回は, SQUID におけるラチェット効果について焦点を当て, 研究を進めた。その結果について報告する。

実験 ナノブリッジは, 膜厚 70nm の YBCO 薄膜を用いて, 電子ビームリソグラフィ, Ar イオンビームエッチングにより形成した。また, より効率的な SQUID の変調を得るためには, 小さな LI_C 積が有効であると考え, 様々なループ面積の SQUID を作製した。今回の実験では, ループ面積は $0.2000 \mu\text{m}^2 \sim 0.0056 \mu\text{m}^2$ である。Fig. 1 は, 試作した非対称ナノブリッジの例である。左右の SEM 写真では, ループ面積が異なっている。測定は 4.2 K の液体 He 中で行い, 作製した非対称 SQUID に対して垂直方向の磁場を印加し, 外部磁場に対する臨界電流の依存性を得た。

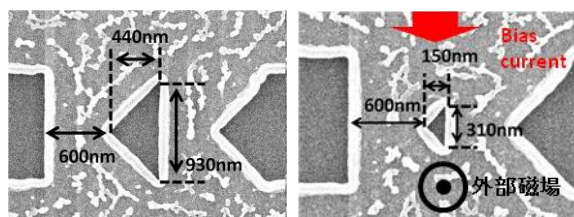
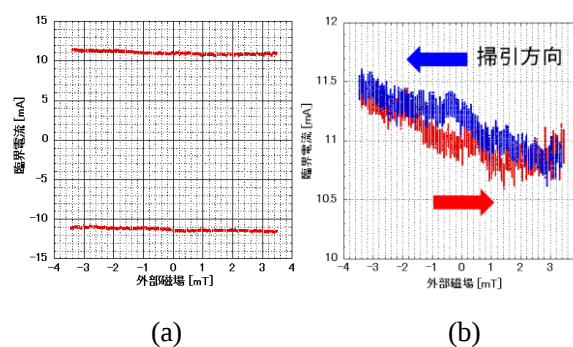


Fig.1 SEM images of SQUIDs with different loop areas.

結果 Fig. 2 に臨界電流の外部磁場 (I_C - B) 特性を示す。バイアス電流と外部磁場の向きは

Fig. 1 中の向きを正とする。ナノブリッジの線幅はどちらも 300 nm である。Fig. 2(a) が示すように, 外部磁場の印加に伴い, 正負の I_C が非対称に変化しており, 非対称ナノブリッジ SQUID においてもラチェット効果が確認できたが, ここのナノブリッジがラチェット効果を持つとすると, 外部磁場を正方向から負方向へ掃引した場合と, 逆に負方向から正方向へ掃引した場合でヒステリシスが発現することが想定される。Fig 2(b) は, 正側の I_C の変調をより詳細に観測した結果である。予想通り, ヒステリシスが発現している。一方, SQUID 特有の周期的な I_C の変調は確認できなかった。これは, 周期的な変調が見られた素子に比べ [2], ループ面積を小さくした素子であっても, その LI_C 積が 1 桁大きかったためと考えている。今後は LI_C の低減とともに, 数値解析を含めた定量的な議論を進めていく予定である。

Fig.2 I_C - B characteristics of a SQUID

謝辞

本研究は, JST-ALCA, 科研費挑戦的萌芽研究 (課題番号 23656238) および基盤研究(B) (課題番号 23360152)によって支援されている。

参考文献

- [1] K.Kajino, et al.: 2012 Applied Superconductivity Conference 2EPC-07, (2012)
- [2] 山本 他: 第 60 回応用物理学関係連合講演会 16p-C10-6, (2013)