

穴のあいた超伝導ナノストリップにおける量子化磁束の運動

Dynamics of Vortices in Superconducting Nanostrips with Holes

中野 侑^{1,2}, 馬渡 康德², 西尾 太郎¹ (1. 東理大, 2. 産総研)

Tasuku Nakano^{1,2}, Yasunori Mawatari², and Taichiro Nishio¹ (1. Tokyo Univ. of Science, 2. AIST)

E-mail: y.mawatari@aist.go.jp

厚さ d が磁場侵入長 λ より薄く、幅 w が Pearl length λ^2/d より狭い超伝導ナノストリップに電流を流す場合、電流が臨界電流を超えると量子化磁束あるいは位相すべりが生じて電圧を生じる。その臨界電流密度 J_c は、理論的には対破壊電流密度 J_d に迫ることが示されているが[1]、実際には試料の不均一性や欠陥等の影響により $J_c < J_d$ となる。また、最近 Vodolazov et al. [2] は、欠陥の影響を調べるため Fig. 1 のように穴をあけた超伝導ナノストリップにおける臨界電流密度について実験的・理論的に考察した。

本研究では、Fig. 1 のように穴のあいた超伝導ナノストリップに直流の輸送電流を流す場合について、時間依存 Ginzburg-Landau (TDGL) 方程式をもとに数値シミュレーションを行い、量子化磁束の運動と、それにとまらぬ磁気モーメントの振動について理論的考察を行った。輸送電流 I_0 が臨界電流 I_c を超えると、電流集中の効果により穴の縁部で量子化磁束あるいは反磁束が発生し、輸送電流による駆動力を受けてストリップ幅方向に運動する。穴の位置が非対称の(穴の中心とストリップ中心軸がずれている)場合、量子化磁束と反磁束が発生するタイミングがずれて一時的に穴に量子化磁束が捕捉される。そして、直流の輸送電流のもとで量子化磁束が出入りする運動を繰り返し、Fig. 2 のように穴の周囲の環状電流による磁気モーメントが周波数 \sim THz で自励発振することがわかった。輸送電流 ($> I_c$) を増加させると発振周波数が高くなるが、あまり電流が大きすぎると発振振幅が小さくなってしまう。穴の配置や数の変化に応じた自励発振の周波数や振幅の変化の詳細について報告する。

[1] G. M. Maksimova, Phys. Solid State **40**, 1607 (1998).

[2] D. Yu Vodolazov, K. Ilin, M. Merker, and M. Siegel, Supercond. Sci. Technol. **29**, 025002 (2016).

[3] J. R. Clem and K. K. Berggren, Phys. Rev. B **84**, 174510 (2011).

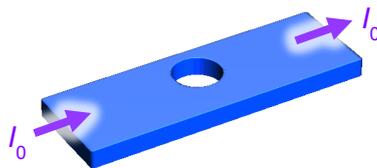


Fig. 1: A superconducting nanostrip with a hole carrying a dc transport current.

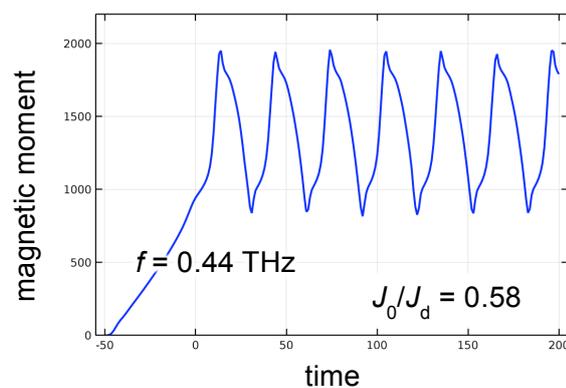


Fig. 2: Time dependence of the magnetic moment due to the circular current around the hole.