

斜め磁場中のジョセフソン接合における臨界電流の特異な干渉パターン

Anomalous Diffraction Patterns of the Critical Currents of Josephson Junctions in Oblique Magnetic Fields

産総研 ○馬渡 康徳

AIST, Yasunori Mawatari

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

ジョセフソン接合における直流臨界電流の磁場依存性に関して、磁場が接合面に平行な場合、フラウンホーファー型の干渉パターンが現れることが知られている[1]。一方、垂直あるいは斜め磁場の場合の研究は少なく[2–6]、斜め磁場に対する臨界電流の系統的な振る舞いは明らかではない。

本研究では、バリア層(厚さ d_j)を挟んで2枚の超伝導ナノストリップ(厚さ d_s および幅 w)を十字形に重ねて構成した、小さいジョセフソン接合(xy 面内にある接合面 $w \times w$)の直流臨界電流 I_c について理論的に考察し、 I_c は斜め磁場に対して特異な依存性を示すことを明らかにした。

超伝導ストリップおよび接合の磁気遮蔽効果は十分小さいと仮定すると、接合におけるゲージ不変位相差 $\theta(x, y)$ の静的二次元分布は、平行磁場 B_x および垂直磁場 B_z のそれぞれの寄与の和で与えられる。ジョセフソン電流密度 $J_c \sin \theta$ を接合面で積分した電流の最大値として直流臨界電流 $I_c(\Phi_x, \Phi_z)$ を求め、その平行方向の磁束 $\Phi_x = B_x w(d_j + d_s)$ および垂直方向の磁束 $\Phi_z = B_z w^2$ に対する依存性の解析結果を Fig. 1 に示す。縦軸はゼロ磁場中の臨界電流 $I_{c0} = J_c w^2$ で規格化した臨界電流(対数)であり、横軸は磁束量子 ϕ_0 で規格化した磁束である。 I_c の Φ_x 依存性 [Fig. 1(a)] において、 Φ_z/ϕ_0 がゼロまたは奇数の場合(実線)と偶数の場合(破線)とで大きな相違が見られる。また、 I_c の Φ_z 依存性 [Fig. 1(b)] において、 Φ_x/ϕ_0 が整数の場合(実線)と半整数の場合(破線)とで大きな相違が見られる。さらに、垂直磁場の効果が大きい($|\Phi_z| > 2|\Phi_x|$)場合は干渉パターンが消失する。

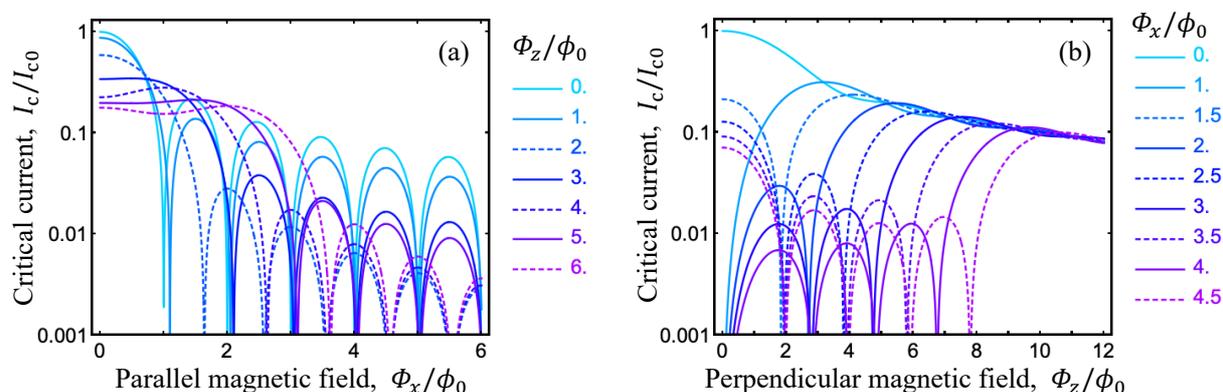


Fig. 1. Magnetic field dependence of the dc critical currents I_c of cross-type Josephson junctions: (a) I_c vs parallel magnetic field Φ_x , and (b) I_c vs perpendicular magnetic field Φ_z .

本研究は、JSPS 科研費 20K05314 の助成を受けて行われた。

- [1] A. Barone and Paterno, *Physics and Applications of the Josephson Effect* (Wiley, New York, 1982).
 [2] I. Rosenstein and J.T. Chen, *Phys. Rev. Lett.* **35**, 303 (1975). [3] A. F. Hebard and T. A. Fulton, *Phys. Rev. Lett.* **35**, 1310 (1975). [4] S. L. Miller, K. R. Biagi, J. R. Clem, and D. K. Finnemore, *Phys. Rev. B* **31**, 2684 (1985). [5] N. Watanabe, A. Nakayama, S. Abe, and K. Aizawa, *J. Appl. Phys.* **97**, 10B116 (2005).
 [6] R. Monaco, M. Aaroe, J. Mygind, and V. P. Koshelets, *J. Appl. Phys.* **104**, 023906 (2008).