

斜め磁場下での十字形ジョセフソン接合における電流分布

Current distribution in cross-type Josephson junction under applying oblique magnetic field

九工大情報工¹, 産総研² ○(M1)上田 天馬¹, 小田部 荘司¹, 馬渡 康德²

Kyushu Inst. of Tech.¹, AIST², °Tenma Ueda¹, Edmund Soji Otabe¹, Yasunori Mawatari²

E-mail: ueda.tenma378@mail.kyutech.jp

1. はじめに

薄い絶縁膜を挟んだ二つの超伝導体間に、それらの位相差に応じて直流の超伝導トンネル電流が流れる。この直流 Josephson 効果において、ゲージ不変な位相差が磁場の影響を受けて、臨界電流はフラウンホーファー回折の干渉パターンに似た磁場依存性を示す。前回の講演会では、磁場の向きに応じて磁気干渉パターンが大きく変わることを報告した。[1]

十字型ジョセフソン接合(Fig.1)について、二次元の磁場 H_x および H_z の関数として臨界電流を導出し、様々な角度の磁場をかけたときのジョセフソン電流密度の分布について考察した。なお、磁気遮蔽自己磁場の影響は無視できるものと仮定した。

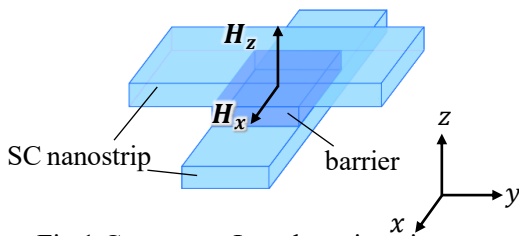


Fig.1 Cross-type Josephson junction

2. 計算結果と考察

斜め磁場下($\phi_y = 0$)での臨界電流 I_c の対数を、 x 方向の磁束 $\Phi_x (\propto H_x)$ および z 方向の磁束 $\Phi_z (\propto H_z)$ の関数として等高線プロットすると、Fig.2のようなパターンを示す。 I_{c0} は、ゼロ磁場での臨界電流である。

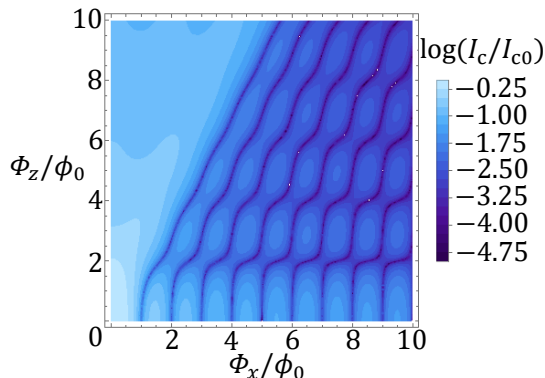


Fig.2. Interference pattern of critical current in two-dimensional oblique fields

接合面内でのジョセフソン電流分布を Fig.3 に示す。

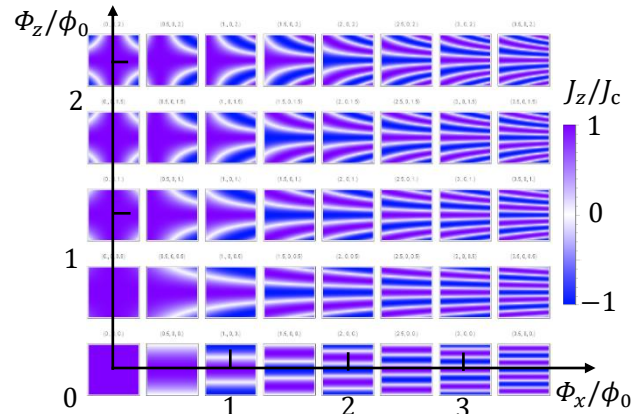


Fig.3 Josephson current in junction under various magnetic field

Fig.3 は平行磁場 Φ_x と垂直磁場 Φ_z を変化させたときの接合面の電流分布を示している。それぞれの枠に、 (Φ_x, Φ_z) の値に応じた接合面の電流分布を示した。電流値は一定のジョセフソン臨界電流密度 J_c で規格化されており、1に振れているほど紫色を濃く、-1に振れているほど青色を濃く表示している。

平行磁場 Φ_x が大きいほど x 軸に平行な縞状分布となる。電流の正負が相殺すると I_c が小さくなり、Fig.2 の暗いパターンが表れる。

垂直磁場 Φ_z が大きいと電流分布の左右対称性が損なわれ、電流の打ち消し合いが起こりにくくなり、Fig.2 の左上部分のように干渉パターンのない領域が表れる。

3. まとめ

十字形ジョセフソン接合について、接合面内の電流分布と臨界電流の磁気干渉パターンの関連性を論じた。斜め磁場中の特異な磁気干渉の機構解明や、他の接合形状の場合などが今後の課題である。

本研究は、JSPS 科研費 20K05314 の助成を受けて行われた。

参考文献

[1]馬渡, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 17a-Z20-8(2021).