

平板状ジョセフソン接合の臨界電流における接合形状の効果

Effect of junction geometry on the critical current of planer Josephson junctions

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 康徳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

ジョセフソン接合における直流臨界電流の磁場依存性は、ゲージ不変な位相差が磁場により変調されるため、フラウンホーファー型の干渉パターンを示すことが知られている[1]。垂直磁場下では、オーバーラップ型接合では磁気干渉を示す一方で[2, 3]、十字型接合では磁気干渉が現れないことが報告されている[4]。

本研究では、平板状ジョセフソン接合の幾何学的形状が、斜め磁場中の臨界電流にどのような影響を与えるか、理論的に考察した。

2. 形状・理論

十字型接合[Fig. 1(a)]およびオーバーラップ型接合[Fig. 1(b)]について、接合面に対して平行な磁場 H_x および垂直磁場 H_z の関数として臨界電流 I_c を導出した。なお、オーバーラップ型接合では、上下ストリップの重なり方向の長さがストリップ幅より十分小さいものとし、また接合や超伝導ストリップの磁気遮蔽および自己磁場の影響は十分小さいものとした。

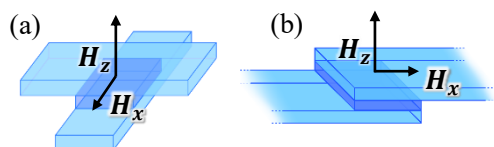


Fig. 1: Two types of planer Josephson junctions: (a) cross-type junction and (b) overlap-type junction.

3. 計算結果と考察

斜め磁場下での臨界電流 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した結果を、Fig. 2(十字型接合)および Fig. 3(オーバーラップ型接合)に示す。 I_{c0} は、ゼロ磁場での臨界電流である。

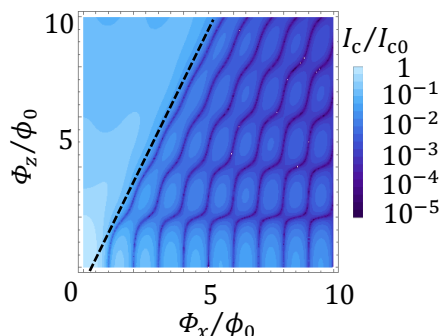


Fig. 2: Critical current of cross-type junctions in oblique magnetic fields.

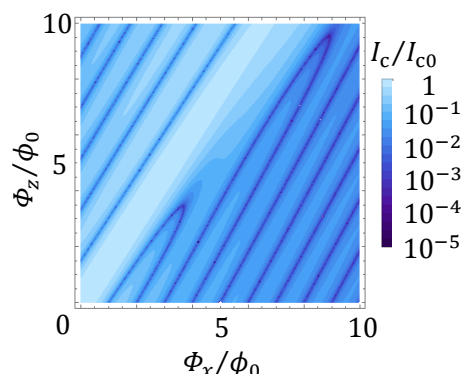


Fig. 3: Critical currents of overlap-type junctions in oblique magnetic fields.

平行磁場のみを印加した場合、十字型接合およびオーバーラップ型接合ともにフラウンホーファー型の磁気干渉が現れる。垂直磁場の効果について、十字型接合では、垂直磁場を増加させると干渉パターンが大きく変調され、Fig. 2 破線の左上領域のように干渉パターンが消失する領域が現れる。一方、オーバーラップ型接合では、垂直磁場を増加させると干渉パターンが平行移動していくような振る舞いが得られた。

オーバーラップ型接合では、垂直磁場を印加すると遮蔽電流により x 軸負方向への有効な平行磁場がかかる。 x 軸正方向の平行磁場を印加することで垂直磁場の効果を一部相殺できるため、 I_c の等高線プロットに傾いた線形のパターンが現れる。

4. まとめ

斜め磁場中のジョセフソン接合における臨界電流について理論解析を行い、2つの接合形状の場合の磁気干渉について考察した。

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] A. Barone and G. 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. Miller et al., Phys. Rev. B 31 2684 (1985).