

学生番号	15232074	氏名	濱田 雄成
論文題目	時間依存Ginzburg-Landau方程式を用いた様々な条件下における超伝導体の量子化磁束線の運動解析		

1. はじめに

3次元の時間依存Ginzburg-Landau (TDGL)方程式を数値的に解くことで、超伝導体内の量子化磁束線の動きを可視化した。また、超伝導体の条件による臨界電流密度 J_c への影響を調査した。本研究では特に、これまで前提とされてきた等方的なものだけでなく、異方的な超伝導体にも着目する。

異方性とは、超伝導体におけるコヒーレンス長が、特定の空間軸で他と異なるという性質のことをいう。異方性は銅酸化物超伝導体において特に顕著であり、実用される多くの超伝導体は異方性を持っている。そのため、超伝導体の異方性を取り入れたシミュレーションは、より実用的なものとして期待できる。

2. 計算条件

コヒーレンス長 ξ で規格化されたサイズにおいて一辺の長さが10の立方体の形状を持った、真空中の超伝導細線を仮定する。結晶構造上の a, b, c 軸を、シミュレーション上の x, y, z 軸とする。ピン中では超伝導電子密度が強制的に0となるようにする。なお流す電流密度の大きさは、TDGL方程式の簡易化に伴って $(2/3)^{3/2}/(\sqrt{2}J_d)$ で規格化されている。ただし J_d は対破壊電流密度である。

計算する超伝導体の条件をFig. 1に示す。電流を y 軸と平行に流し、磁界と柱状ピンの向きをFig. 1の(a), (b), あるいは(c)が示すように様々に配置する。ただし、柱状ピンは図中の白い円柱で表されている。また、 z 軸方向にかける異方性の強さを異方性パラメータ γ_z とする。 γ_z は1以上の値をとり、1のとき等方的であることを表す。

磁界や柱状ピンの条件毎の、異方性の違いによる J_c の変化を調べる。

3. 結果と考察

まずはFig. 1(a)と1(b)の条件下で得られた J_c の γ_z 依存性を、Fig. 2に示す。 γ_z の大きさに関わらず、Fig. 1(b)のようにピンが y 軸と平行に入っている場合の方が J_c が小さい。このことは先行研究[1]で示された通りである。それに加えて、Fig. 1(b)の条件の方が γ_z による影響を強く受け、 γ_z が大きくなるほど J_c が小さくなるということも確認できた。

次にFig. 1(c)の条件下で得られた J_c の γ_z 依存性を、Fig. 3に示す。 θ_B は外部磁場と z 軸のなす角であるが、 $\theta_B = 20^\circ$ であれば、 γ_z につれて J_c も大きくなる。一方で $\theta_B = 50^\circ$ であれば、逆に γ_z が大きくなるほど J_c は小さくなるという結果になった。

z 軸に異方性がある状態で z 軸と平行に磁束線が貫く場合、磁束線の z 軸方向の繋がりは弱くなる。この状態になると、数点でしかピンと鎖交していない磁束線を支えるのは難しい。これが、ピンと磁束線の向きの違いが大きい場合に γ_z が大きくなるほど J_c が小さくなることの原因である。

また、 z 軸方向の繋がりが弱くなった結果、 z 軸と平行に伸びる磁束線がまっすぐでなく、多少折れ曲がるようすも観察された。 γ_z が大きくなるほど J_c が大きくなるという状況は、この磁束線の変形によって説明できる。

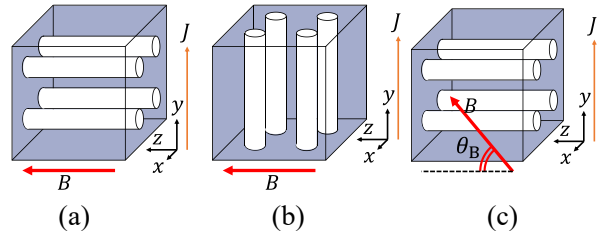


Fig. 1: Small superconducting cubes under various conditions

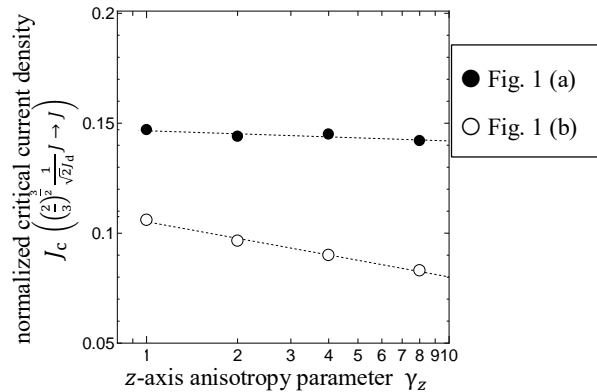


Fig. 2: Anisotropy parameter dependence of J_c at conditions of Fig.1 (a) and (b)

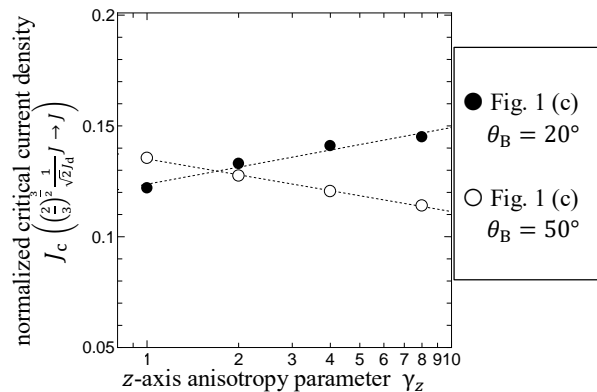


Fig. 3: Anisotropy parameter dependence of J_c at conditions of Fig.1 (c)

参考文献

[1] 米塚 ほか (2018) 平成30年度秋季低温工学・超電導学会 1P-p11

発表業績

濱田 ほか (2018) 平成30年度応用物理学会九州支部学術講演 9Cp-4