

時間依存 Ginzburg-Landau 方程式を用いたシミュレーションによる 臨界電流密度 J_c のピンの角度依存性解析

Angle dependence of pin of critical current density J_c simulated by using TDGL

九工大¹, 産総研², 有明高専³ ○米塚 里奈¹, 濱田 雄成¹, 谷村 賢太¹, 吉原 敬貴¹,
小田部 荘司¹, 木内 勝¹, 馬渡 康德², 松野 哲也³

Kyushu Inst. of Tech.¹, AIST², Natl. Inst. of Tech. Ariake Coll.³,

○Rina Yonezuka¹, Yusei Hamada¹, Kenta Tanimura¹, Takaki Yoshihara¹,

Edmund Soji Otake¹, Masaru Kiuchi¹, Yasunori Mawatari², Tetsuya Matsuno³

E-mail: yonezuka@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

1. はじめに

横磁界下での超伝導体内の磁束線を留めるピンについての様々な条件の違いによって臨界電流密度 J_c が変化することが知られている。たとえば酸化物超伝導体の c 軸に沿って重イオン照射をし、柱状ピンを導入した際に、 J_c のピンの角度依存性があることが実験で確認されている[1]。しかし、理論的に確認したケースが少ない。そこで、本研究では3次元の TDGL 方程式を数値的に解くことで、横磁界下での超伝導体内の量子化磁束線の動きを可視化し、これを用いて柱状ピンにおける J_c のピンの角度依存性の調査を行った。

2. 計算手法

本研究では、3次元の TDGL 方程式について計算を行った[2]。真空中の超伝導細線はコヒーレンス長 ξ で規格化したサイズにおいて、一辺の長さが 10 の立方体を仮定し、電流と磁界は Fig. 1(a)に示す方向にそれぞれかけるものとした。また、ピンの領域では強制的に超伝導電子密度が 0 となるようにする。ここで、柱状ピンを 4 本配置し、外部磁界 $B = 0.4$ 、電流密度 $J = 0.01, 0.02, \dots, 0.30$ 、角度 $\theta = 0, 10, \dots, 90^\circ$ で計算を行った。磁界を回転させることも考えられるが、超伝導領域が狭いために表面の影響を受けやすくなるため、本研究ではピンを回転させた。なお、ピンと磁界が平行になっている状態を $\theta = 0^\circ$ とする。したがって、Fig. 1(b)が $\theta = 0^\circ$ 、(c)が $\theta = 45^\circ$ 、(d)が $\theta = 90^\circ$ である。

3. 結果

以前の研究[2]より、 $B = 0.4$ においてピークが確認されたので、柱状ピンにおける J_c の角度依存性の調査は $B = 0.4$ で行った。

Fig. 2 に柱状ピンの $B = 0.4$ における J_c の角度依存性を示す。角度が大きくなるにつれて J_c が減少していることがわかる。特に θ が 20° から 30° の間で J_c が急激に減少している。 $\theta = 0 - 20^\circ$ では、磁束線を捕捉できたが、それより角度が大きくなると磁束線が捕捉されず、すり抜けてしまう。このように、シミュレーションを用いて J_c のピンの角度依存性が確認できた。

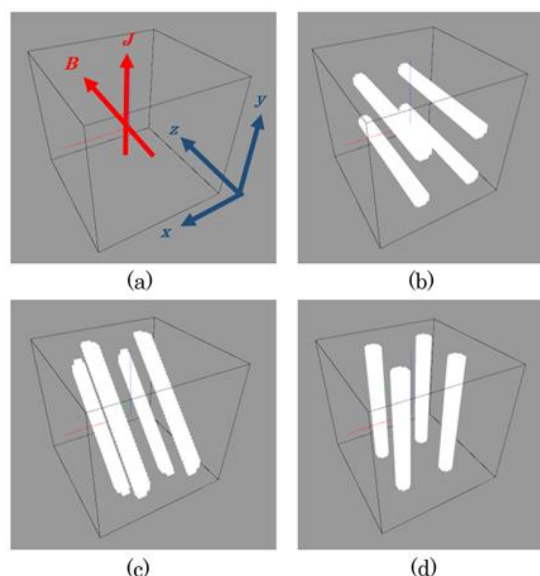


Fig. 1: The thin superconducting wire with different angle in vacuum

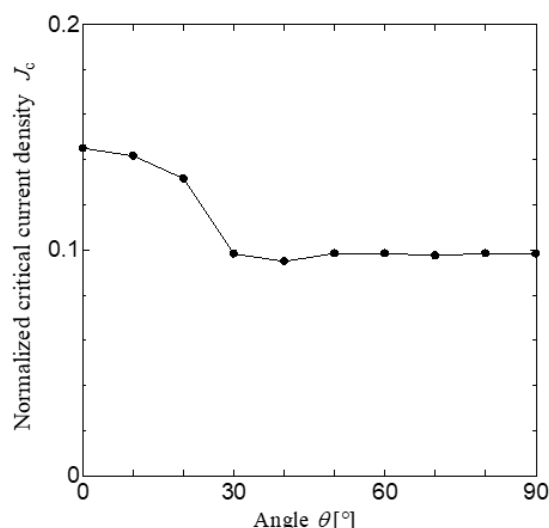


Fig. 2: Angular dependence of J_c at $B = 0.4$

参考文献

- [1] T. Sueyoshi, IEEE Trans. Appl. Super. 27 (2017) 8001305
- [2] 吉原 他, H30 春季応用物理学会 17p-B401-8