

時間依存 Ginzburg-Landau 方程式を用いた 様々な形状を持つピンにおける超伝導体内の磁束線運動の解析 TDGL simulation on the motion of flux lines with different kinds of pins for a thin superconducting wire in a transverse magnetic field

九工大¹, 産総研², 有明高専³

○谷村 賢太¹, 吉原 敬貴¹, 小田部 莊司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.

○Kenta Tanimura¹, Hirotaka Yoshihara¹, Edmund Soji Otabe¹, Masaru Kiuchi¹,

Yasunori Mawatari², Tetsuya Matsuno³

E-mail: tanimura@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。一方、Time-Dependent Ginzburg-Landau 方程式(TDGL 方程式)は非定常状態の超伝導を記述することができる現象論的モデルとして使われており、TDGL 方程式を元にした量子化磁束線の動きに関する研究が多く存在する。そこで、本研究では細い線における近似を用いた 3 次元の TDGL 方程式を、数値的に解くことによって、横磁界下での超伝導体内の量子化磁束線の動きを視覚的に表現し、様々な形状を持つピンにおける臨界電流密度の磁界依存性(J_c - B)の調査を行う。

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[1]。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の立方体を仮定した(Fig. 1(a))。その後、ピンの形状と配置において異なる条件を定義し、それぞれの場合において計算を行った。参考として Fig. 1(b)~(d)に3つの例を示す。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。

境界条件は側面からの電流の流出はなく、電流と磁場は Fig. 1 に示す方向にそれぞれかけるものとした。また、時間ごとの電流と磁場は通常通り規格化した値において一定とし、電流密度 $J = 0.01, 0.02, \dots, 0.30$ 、外部磁界 $B = 0.1, 0.2, \dots, 0.6$ のそれぞれ全ての組み合わせにおいて計算した。

3.結果

Fig. 2 に、Fig. 1(b)~(d)の場合における J_c - B 特性を示す。ここで、 J_c は抵抗基準によって定義した。Fig. 2 を確認すると、面状ピン(Fig. 1(d))が最も大きな J_c を示していることが確認できる。またその特性は、 B の増加とともに J_c が単調に減少していることが確認できる。3 つの J_c - B 特性を比較すると、球状ピン(Fig. 1(b))の J_c が最も小さいことが確認できる。このことから、面状ピンや柱状ピン(Fig.1(c))と比較して球状ピンの磁束線を止める力が弱いことが示唆される。面状ピンと比較すると、球状ピンと柱状ピンの J_c - B 特性は面状ピンの場合と異なる特徴が現れていることが分かる。球状ピンと柱状ピンでは B の増加に対して J_c の単調な減少ではなく、ピークのようなものが現れていることが確認できる。当日はピーク効果についての議論を中心に、ピンの条件を変えた

例について議論を行う。

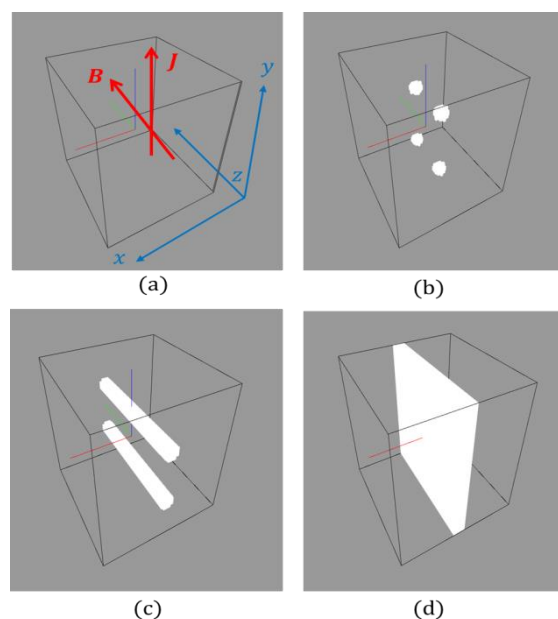


Fig. 1: The thin superconducting wire with different pins in vacuum

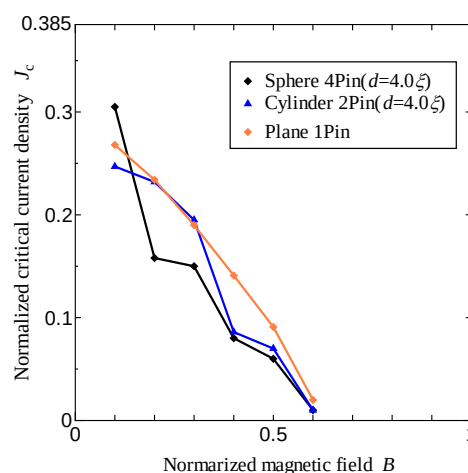


Fig. 2: Magnetic field dependence of critical current density (J_c - B property)

参考文献

[1] 谷村 他, H29 春季応用物理学会 16a-318-1