

時間依存 Ginzburg-Landau 方程式を用いた 横磁界下における超伝導体内の磁束線についての研究

TDGL simulation on the motion of flux lines in 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, 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, 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、 E - J 特性と J_c - B 特性の調査を行う。

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]。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。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。Fig. 1 のように、直径1の球状ピンを8個、間隔4で配置した場合と、円の直径が1の円柱状のピンを4個、間隔4及び3で配置した。ピンの領域では強制的に $\Psi = 0$ 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、球状ピンの場合における E - J 特性を示す。Fig. 2 を確認すると、 B のそれぞれの値において電界 E の立ち上がりが確認できる。 J_c は Fig.2 に赤線で示されるような抵抗基準を用いて定義し、この J_c と B の関係を Fig. 3 に示す。Fig. 3 を確認すると、球状のピンと柱状のピンでは、その J_c - B 特性に異なる特徴が現れていることが分かる。柱状ピンの間隔3 では $B = 0.5$ で、間隔4では $B = 0.4$ でピークが現れていることが示唆される。ここで、 B の値に対応する磁束線格子間隔 a_f を見積もるために、新たに Fig. 1 のようなモデルで、ピンを導入していない場合について計算した。適当な J を与え、Fig. 3 においてピークを確認できる $B = 0.4$ 及び $B = 0.5$ について同様に計算したところ、 $B = 0.4$ において a_f がおおよそ 3.9ξ であることを確認した。一方、 $B = 0.5$ において a_f はおおよそ 3.6ξ であった。この結果から、円柱状のピンを導入した計算について、配置したピン同士の間隔が a_f に近

づくときの、対応する B の値において、Fig. 3 のようなピークが現れたと考えられる。

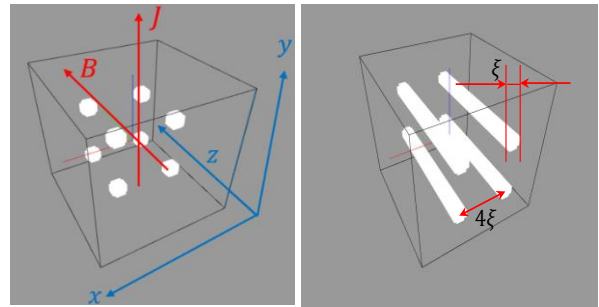


Fig. 1:Geometry of the superconducting wire, current, and magnetic field

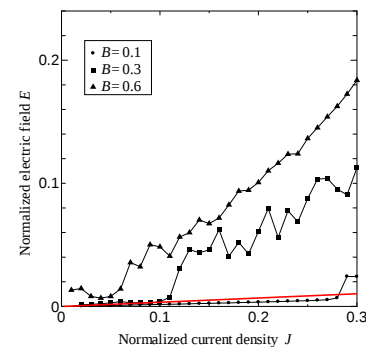


Fig. 2: E - J property

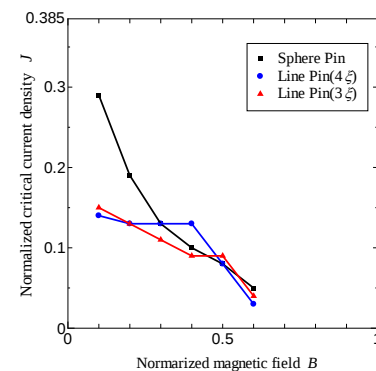


Fig. 3: J_c - B property

参考文献

[1] 谷村 他, H29 春季応用物理学会 16a-318-1