

学生番号	15232022	氏名	上地 和典
論文題目	時間依存 Ginzburg-Landau 方程式を用いた 様々なピン形状における超伝導体の臨界電流密度解析		

1. はじめに

超伝導体には、超伝導状態で流すことの出来る最大の電流密度(臨界電流密度) $J_c$ が存在する。この $J_c$ を増加させることが工学的応用において重要であり、これまでの研究から超伝導体内の磁束線を留める作用をする種々の欠陥(ピン)の条件によって、 $J_c$ が変化することが知られている。そこで、本研究ではピンの形状が超伝導体の臨界電流密度に与える影響を解析した。解析には、時間依存 Ginzburg-Landau(TDGL)方程式を数値的に解くことによって実現する超伝導体シミュレーションを用いる。これにより横磁界下の超伝導体内の量子化磁束線の動きを視覚的に表現すると共に、様々な形状を持つピンにおける臨界電流密度の外部磁界依存性( $J_c$ - $B$ 特性)の解析を行った。

2. 計算手法

本研究では、TDGL 方程式をオーダパラメータ  $\Psi$  とスカラーポテンシャル  $V$  について解くことでシミュレーションを行う。

シミュレーションモデルは一辺の長さが  $10\xi$  ( $\xi$ : コヒーレンス長)の立方体として仮定した超伝導体(Fig. 1(a))を基本モデルとし、ピンの形状と配置において異なる条件のモデルを定義した。参考として Fig. 1(b) - (d)に 3 つの例を示す。それぞれ面状ピン、円柱状ピン、球状ピンである。これらのモデルに以下の条件を与えた。ピン領域の条件は、ピン内部で  $\Psi = 0$  とした。境界条件は、側面からの電流の流出はないものとして Fig. 1(a)に示す横磁界環境を実現するように定義した。時間ごとの電流と磁界は、規格化した値において一定とした。

これらの条件下でそれぞれのピン形状の場合について、規格化された電流密度  $J = 0.01 - 0.30$ 、規格化された外部磁界の磁束密度  $B = 0.1 - 0.6$  の範囲において  $B$  ごとの  $J_c$  を計算した。

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。面状ピンに着目すると、 $J_c$  が  $B$  の増加に伴って非常に直線的に減少している。これは他 2 つのピンには見られない特徴であるから、面状ピンの体積が比較的大きいことが寄与していると考察される。円柱状ピンの  $J_c$ - $B$  特性は、 $B = 0.125 - 0.300$  の範囲で  $J_c$  の減少が緩和していることが分かる。この特徴は球状ピンの  $J_c$ - $B$  特性にも見受けられる。これはマッチング機構によるピーク効果であると考察される。ここで、界面もピンとして働くことを考えると、界面とピンとの間隔は 5.0 であり、磁束線格子間隔が一致するのは  $B \cong 0.25$  である。そして、その近傍で  $J_c$  の減少が緩やかになっていることが分かる。最後に球状ピンの  $J_c$ - $B$  特性は、円柱状ピンと似た特徴を持つ。これは前述のピー

ク効果によるものと考えられる。また、 $B = 0.1$  で特に高い  $J_c$  を有する以外は全体的に他 2 つのピンより  $J_c$  が低い。これはピンの体積が他 2 つのピンに比べて非常に小さいことが寄与していると考えられる。

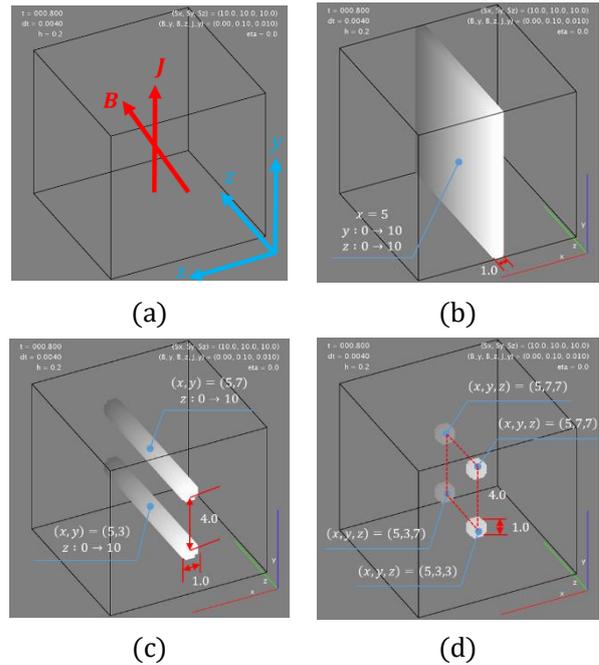


Fig. 1 シミュレーションモデル

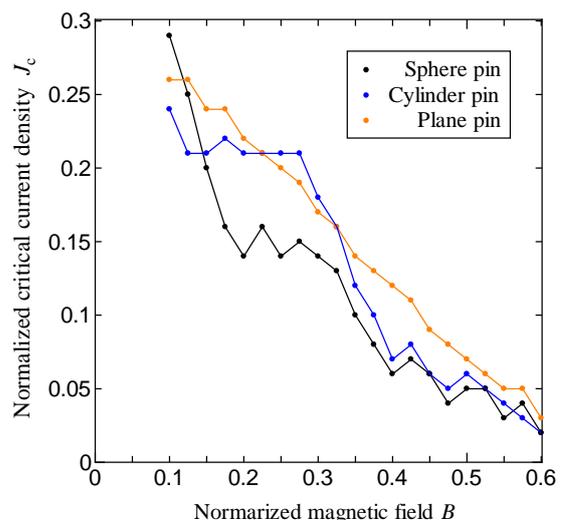


Fig. 2 異なる 3 つのピンにおける  $J_c$ - $B$  特性

研究業績

上地和典 他, 2018 年度応用物理学会九州支部学術講演会, 9Cp-3