

TDGL 方程式の数値計算による縦磁場下 磁束量子ダイナミクスに及ぼす磁束ピン止め点の影響

Investigation of Effect of Flux Pinning Centers on Flux Dynamics in Longitudinal Magnetic Field by Means of TDGL Numerical Simulation

○一野 祐亮, 足立 健人, 土屋 雄司, 吉田 隆 (名大院工)

°Y. Ichino, K. Adachi, Y. Tsuchiya, Y. Yoshida (Nagoya Univ.)

E-mail: ichino@nuee.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

超伝導線材に対して磁場と電流を平行に印加する縦磁場ケーブルは、従来の横磁場ケーブルと比較して大きな電流を輸送できる可能性がある[1]。我々はこれまで、SmBCO 薄膜の積層構造が縦磁場下で臨界電流密度(J_c)に影響を与えることを報告してきた[2]。しかし、縦磁場環境下において最適なピン止め点の形状や分布については不明な点が多い。

本研究では、Time-Dependent Ginzburg-Landau (TDGL) 方程式を数値計算で解くことによって、縦磁場下での磁束量子ダイナミクスにピン止め点が及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

2. シミュレーション方法

本研究では、ベクトルポテンシャルの発散を防ぐためにリンク変数を導入し、3次元 TDGL 方程式の無次元化・離散化を行った[3]。計算領域サイズは x 方向 $60\xi_0$ 、 y 、 z 方向に $23\xi_0$ とし、中心軸が x 方向に沿った半径 $10\xi_0$ の円柱状超伝導領域を設けた。ここで、 ξ_0 は 0 K におけるコヒーレンス長である。磁場と電流は x の正方向へ印加して縦磁場状態とし、電流は円柱の中心軸に沿って流した。系の温度は $0.5T_c$ とし、全ての境界は真空と接する境界条件とした。ピン止め点としては直径 $3\xi_0$ のパーティクルをランダムに導入し、添加量依存性を検討した。

3. 結果及び考察

図1に、 $0.2H_{c20}$ の磁場を印加した際のシミュレーション結果を示す。なお、 H_{c20} は0 Kにおける上部

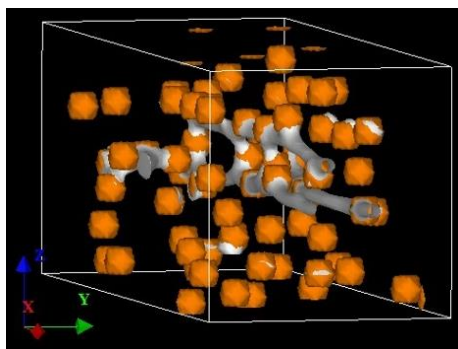


Fig. 1 Snapshot of flux lines in a superconductor with random particle pinning centers of 3 vol.%.

臨界磁場であり、図中では磁束量子を白、ピン止め点を橙色で表示している。図から、磁束量子がピン止め点にトラップされている様子が見られた。電流を増加させると、この磁束量子がピン止め点から外れ、運動を始めた。本研究では、この運動を始める電流を臨界電流(I_c)と定義した。

図2に、ピン止め点の添加量に対する I_c をプロットした。図から、6 vol.%の時に I_c が最大値を示した。しかし、6 vol.%よりも多い添加量ではピン止め点間の距離が近いために磁束量子が運動しやすく、 I_c が低下する結果が得られた。 $2\xi(0.5T_c) = 5.7\xi_0$ に対して、ピン止め点間距離は7 vol.%以上で短くなるため、添加量が多い場合にはピン止め点間を磁束量子がチャネリングしやすくなると考えられる。

当日は、他のピン止め点形状や分布に対する結果についても報告する予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23226014、25289358、15H04252、15K14301、15K14302 及び 16H04512 の助成を受けたものである。

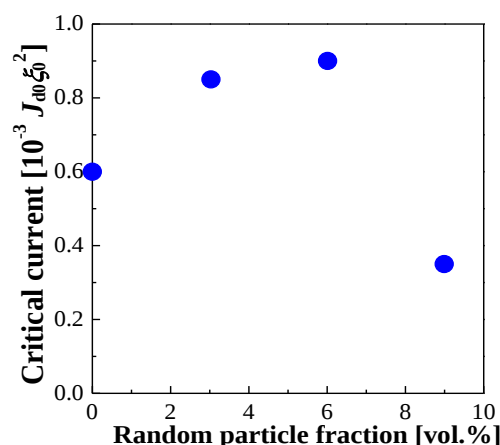


Fig. 2 Critical current in a longitudinal magnetic field as a function of volume fraction of random particle pinning centers.

参考文献

- [1] 松下照男 他, 低温工学 48 (2013) 569.
- [2] K. Sugihara *et al.*, Supercond. Sci. Technol. 28 (2015) 104004.
- [3] R. Kato *et al.*, Phys. Rev. B, 47(1993)8016.