

MgB2 薄膜モデルを用いた磁束運動の数値解析：Jc の粒径、磁場依存性

Effect of the grain and vortex density on the critical current of MgB2 film: Monte Carlo study

○ 菅野 量子¹、山本浩之¹、楠敏明²、児玉一宗²、一木洋太²、田中秀樹²、山本明保³、下山淳一³ (1. 日立中研、2. 日立日研、3. 東大工)

°R. Sugano¹, H. Yamamoto¹, T. Kusunoki², M. Kodama², Y. Ichiki², H. Tanaka², A. Yamamoto³, J. Shimoyama³ (1. Hitachi Central Research Lab., 2. Hitachi Research Lab., 3. Tokyo Univ.)

E-mail: ryoko.sugano.qq@hitachi.com

転移温度が 39K と高い MgB₂ [1] は、線材応用において、伝導冷却による 20K で十分運転可能となるうえ、良好な粒間結合が比較的簡単な線材作製法を可能にし、低コスト化が期待できる。特に、磁気共鳴映像法 (Magnetic Resonance Imaging) 装置等の医療機器に使用される超伝導マグネットでは、医療診断精度を上げるためにより高い磁場中でのデータ収集が望まれ、磁場中での高い臨界電流密度 (J_c) 及び、高い電流容量 (I_c) が求められる。しかしながら、J_c は磁場下では著しく低下する。このため、磁場中での J_c の改善が重要課題となる。充填率やコネクティビティが主としてゼロ磁場における J_c の改善に寄与するのに対し、磁場中での J_c の低下は、超伝導体中に侵入した磁束量子の運動が寄与する。一般に、MgB₂ 線材は、サブミクロンオーダーの超伝導粒の集合であり、その粒界によるピン止めが磁束の運動を抑止することがわかっている。

粒界密度の増加は磁束のピン止め確率の増加に繋がり、粒界密度は高いほど J_c は高くなると考えられている。線材においては、粒界は超伝導粒間の界面に相当し、粒界密度は平均粒径の逆数に対応する。平均粒径の異なる MgB₂ 多結晶を用いて、J_c が平均粒径に反比例することが報告されている [2]。しかし、平均粒径が小さくなると、粒界近傍でピンポテンシャルが重なるため、粒界密度と有効的な要素ピン止め力の競合を考慮する必要がある。

本報告では、ロンドンモデルをもとに磁束量子の運動を、磁束間相互作用とローレンツ力および粒界のピン止め力の競合とみなし、粒界間隔 a_{GB} と磁場 B をパラメータとして、モンテカルロ法を用いた数値計算を行った (図 1)。磁束系の平均ドリフト距離をもとに、J_c を概算した。その結果、 $B = 2\text{T}$ において J_c を改善する有効な平均粒径には下限が存在することがわかった (図 2)。

[1] J. Nagamatsu, et. al., Nature **410** 63 (2001).

[2] Y. Katsura, et. al., Journal of Physics: Conference Series **43** 119 (2006); E. Martínez, et. al., Phys. Rev. B **75**, 134515 (2007)

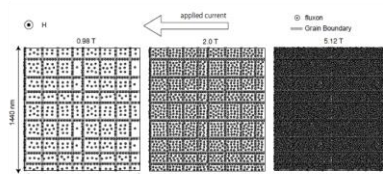
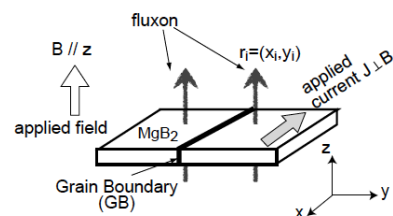


図 1 : MgB₂ 超伝導体の混合状態モデル。

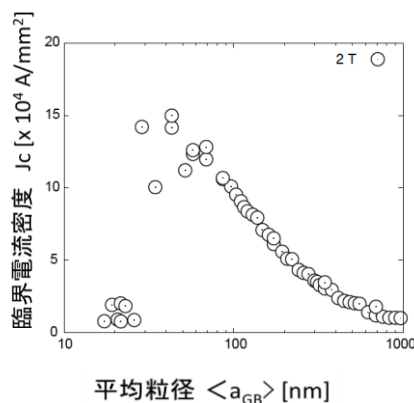


図 2 : 2 T での J_c の粒径依存性。