

高温超伝導薄膜中の不連続柱状欠陥のピン止め特性

Flux Pinning Properties of Discontinuous Columnar Defects

in High- T_c Superconducting Thin Films

九産大理工¹, 関学大工², 東北大³, 住重アテックス(株)⁴, 原子力機構⁵

○末吉哲郎¹, 尾崎壽紀², 千星聡³, 坂根仁⁴, 西崙照和¹, 石川法人⁵

Kyushu Sangyo Univ.¹, Kwansai Gakuin Univ.², Tohoku Univ.³, SHI-ATEX Co., Ltd.⁴, JAEA⁵

○Tetsuro Sueyoshi¹, Toshinori Ozaki², Satoshi Semboshi³, Hitoshi Sakane⁴, Terukazu Nishizaki¹,

Norito Ishikawa⁵

E-mail: s.teturo@ip.kyusan-u.ac.jp

1. はじめに

高温超伝導体の臨界電流密度(J_c)特性の改善に対し、不連続な柱状欠陥は (i) 柱状欠陥の強いピン止めと、分断化による等方的なピン止めを示すハイブリッドな磁束ピン止め、かつ (ii) 柱状欠陥に特有のダブルキック励起を抑えることができ、さらに(iii) 柱状欠陥を間引いた体積分率の小さなピン止め点のために J_c の絶対値の増加も期待できる[1]. これらの期待される効果が、柱状欠陥の長さやギャップ、そして密度のどのファクターとより大きく関与するかを明らかにすることは、柱状の形状だけにとどまらない最適なピン形状・密度への道標になると考えられる。

本研究では、NdBa₂Cu₃O_y 薄膜に対して不連続柱状欠陥を導入可能な 80 MeV Xe イオンビームを用いて様々な照射量で照射を行い、 J_c 特性と磁化緩和特性について調べた。

2. 実験および結果

照射試料には、Ceraco 社の NdBa₂Cu₃O_y 薄膜 (仕様: 膜厚 400 nm, 超伝導転移温度 $T_c \sim 93.5$ K, J_{c0} (77 K) ~ 4.5 MA/cm²) を用いた. 80 MeV Xe イオンの照射は、原子力機構のタンデム加速器において行った. 照射方向は、膜面に垂直すなわち試料の c 軸方向に平行である. 照射量は、 $7.26 \times 10^{10} \sim 1.94 \times 10^{11}$ ions/cm² (マッチング磁場 $B_\phi = 1.5$ T ~ 4 T) である. J_c の磁場依存性と磁化緩和特性は、SQUID 磁束計を用いて c 軸方向の磁場での磁化特性から評価した。

Fig.1(a)に、77 K における J_c の磁場依存性を示す. 2 T 以上の磁場において、未照射試料と比べて照射試料の J_c が増加していることを確認できる. 特に、照射量の増加にともなって J_c が増加している. 一方、2 T 以下の低磁場では、照射によって、特に照射量の増加とともに J_c が減少する傾向を示している。

Fig.1(b)に、 $B_\phi = 4$ T の照射試料での磁化緩和

特性から評価した磁化緩和率 $S = -d \ln M / d \ln t$ の温度依存性を示す. 柱状欠陥に特有の S のピーク[2]が 25 K 付近で見られるが、10 K から 70 K の広い温度範囲で 0.02 \sim 0.03 の値を維持している. この値は、短いナノロッドを含む YBCO 薄膜での値[3]とほぼ同じであり、特に 70 K ではより低い 0.03 に近い値を示している. これは、不連続柱状欠陥が高温においても磁束クリープの抑制に有効に作用していることを示唆している。

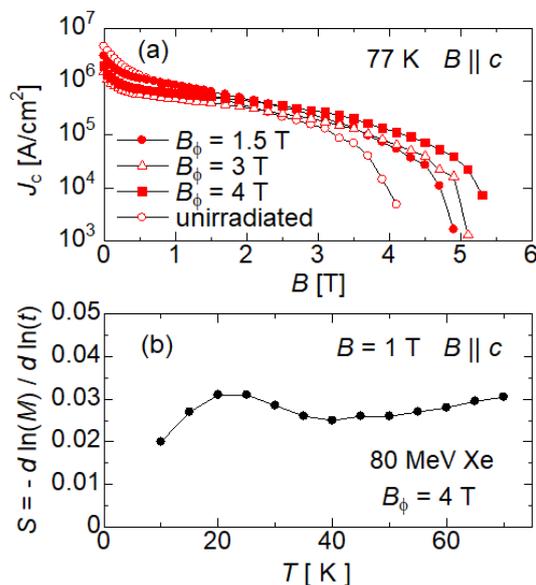


Fig.1 (a) Magnetic field dependence of J_c in NdBa₂Cu₃O_y thin films irradiated with 80 MeV Xe ions. (b) Magnetization relaxation rate S for $B_\phi = 4$ T.

謝辞

本研究の一部は、原研タンデム加速器施設供用利用制度および科研費 (19K04474) の助成を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] Sueyoshi *et al.* JJAP **59** (2020) 023001.
- [2] Civale *et al.* PRB **50** (1994) 4102.
- [3] Maiorov *et al.* Nature Mater. **8** (2009) 398.