

重イオン照射した人工ピン入り高温超伝導線材の 磁束クリープ特性

Flux Creep Properties in Heavy-ion Irradiated High- T_c Superconducting Tapes with Artificial Pinning Centers

九産大理工¹, 関学大工², 島根大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, Kwansei Gakuin Univ.², Shimane 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

高温超伝導体の磁場中の臨界電流密度 J_c を改善する方法の一つに、強いピン止め力をもつ柱状欠陥と補助ピン止め点となる球状欠陥を組み合わせたハイブリッド磁束ピン止めがある。この機能の一つとして、柱状欠陥間に生じる量子化磁束のダブルキंक励起による磁束クリープを球状欠陥が抑制し、より高い J_c 値を得られることが期待されている。これまで、我々は Y_2O_3 ナノ粒子を人工ピンとして含む高温超伝導線材 (Faraday Factory Japan (FFJ)) に対して重イオン照射により柱状欠陥を導入し、磁化緩和率への影響について報告している[1]。

今回の報告では、柱状欠陥を導入した FFJ 製の人工ピン入り/無しの高温超伝導線材の磁化緩和特性から磁束クリープの活性化エネルギー U^* の電流依存性を評価することで、ハイブリッド磁束ピン止め構造における磁束クリープ機構について系統的に議論を行う。

2. 実験および結果

本研究で用いた試料は、FFJ 製のピン無しの GdBCO 高温超伝導線材 (2019 年 5 月購入) と Y_2O_3 がドーピングされた Y 系高温超伝導線材 (2021 年 8 月購入) である。これらの線材から約 2 mm 角に試料を切り出し、照射や測定に用いた。200 MeV Xe 照射は、原子力機構のタンデム加速器で行った。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、 5.81×10^{11} ions/cm² (マッチング磁場 $B_\phi = 12$ T) である。 U^* の電流密度依存性は、磁化緩和特性から評価した。SQUID 磁束計を用いて c 軸方向の磁場での磁化の時間依存性の測定から、各温度 T での磁化緩和率 $S = -d \ln M / d \ln t$ を求めて $U^* = T / S$ を評価する。また、その温度での電流密度 J は測定開始の磁化から臨界

状態モデルを用いて求めた[2]。

Fig.1 に、1 T における重イオン照射した人工ピン入り/無し超伝導線材の U^* の電流密度依存性を示す。磁束クリープ機構は、 U^* の電流依存性を表す $U^* = U_0((J_c/J)^\mu - 1)$ における指数 μ を評価することで議論することができる (U_0 : 特性活性化エネルギー) [3]。ピン無しの線材においては、ハーフループ励起の磁束クリープ ($\mu = 0.85$) からダブルキंक励起 ($\mu < 0$) への遷移がみられる。一方、ピン入り線材においては $\mu = 0.85$ から可変領域ホッピング型の磁束クリープ ($\mu = 0.25$) へ遷移しており、 Y_2O_3 ナノ粒子がダブルキंक励起を妨げている影響が現れていると考えられる。

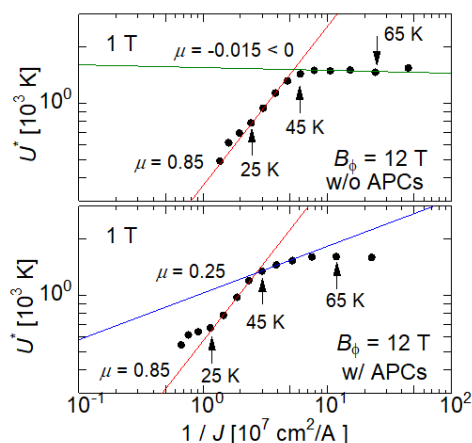


Fig.1 Normalized flux creep activation energy vs $1/J$ in double-logarithmic scales at 1 T.

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 (22K04207) の助成を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] 末吉ら, R6 春季応用物理学会 23a-12N-3
- [2] Miu, Phys. Rev. B **85** (2012) 104519.
- [3] Blatter, et al. Rev. Mod. Phys. **66** (1994) 1125.