

人工ピンを導入した TFA-MOD 法 YGdBCO 線材の臨界電流密度の印加磁界角度依存性

07232055 小田部研究室 永水 隼人

1. はじめに

超伝導体 REBCO($\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$) 線材 (RE: 希土類、 δ : 酸素欠乏) は、高温、高磁界で高い臨界電流密度 J_c が得られることから超伝導マグネットへの利用をはじめとした磁界下での応用が有望視されている。しかしながら、REBCO 線材の J_c は、磁界の印加角度に対する異方性を持つため、様々な角度からの磁界印加が予想される超伝導マグネット等への応用には異方性の小さな線材が求められている。これまでの研究で、線材に人工ピンを導入することで磁界下での J_c 値が向上し^[1]、異方性が改善することが分かっているが^[2]、人工ピンが臨界電流密度特性に与える影響、特に高磁界下での影響はまだはっきりと分かっていない。本研究では、人工ピンとしてナノ粒子が入った線材の臨界電流密度の印加磁界角度依存性を測定し、高磁界下での臨界電流密度特性について詳細に調べた。

2. 実験

測定した試料は、TFA-MOD 法により人工ピンとして BaZrO_3 ナノ粒子が導入された YGdBCO($\text{Y}_{0.77}\text{Gd}_{0.23}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$) コート線材である。線材の超伝導層厚 d は $0.76 \mu\text{m}$ である。SQUID 磁力計を用いて測定した臨界温度 T_c は 89.5 K であった。線材は幅 $w = 100 \mu\text{m}$ 、長さ $l = 1.0 \text{ mm}$ のマイクロブリッジ形状に加工した。直流四端子法を用いて E - J 特性を評価し、 $E_c = 1.0 \times 10^{-4} \text{ V/m}$ の電界基準で J_c を決定した。測定した温度は 77.3 K 、 70 K 、 65 K である。測定は東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センターの 20 T 級マグネットを用いて行い、 c 軸からの磁界角度を θ とした。

3. 結果及び考察

温度 77.3 K 、印加磁界 1 T における $\theta = 0^\circ$ 、 90° での J_c の測定値はそれぞれ $J_c(0^\circ) = 4.56 \times 10^9 \text{ A/m}^2$ 、 $J_c(90^\circ) = 5.80 \times 10^9 \text{ A/m}^2$ であり、 J_c の異方性 $J_c(90^\circ)/J_c(0^\circ)$ は 1.27 であった。以前の研究で測定した人工ピンが入っていない TFA-MOD 法 YGdBCO 線材 ($d=0.65 \mu\text{m}$) の 77.3 K 、 1 T での $J_c(90^\circ)/J_c(0^\circ)$ が 6.48 であったことから^[2]、人工ピンを導入した本試料の異方性は非常に小さいことが分かる。

図 1 に 77.3 K における J_c - θ 特性の測定結果を示

す。 $\theta = 0^\circ$ 近傍に着目すると、高磁界下において緩やかなピークが見られる。これは高磁界下で c 軸方向に有効に作用するピンが存在することを示している。また、 $\theta = 90^\circ$ 近傍では全ての磁界下でピークが見られ、特に高磁界下において鋭いピークとなっている。これは ab 面方向で強力に作用する積層欠陥等のピンによるものであると考えられる。 $\theta = 20 \sim 80^\circ$ の領域では、 θ の増加と共に、低磁界下では非常に緩やかに J_c が増加しており、高磁界下では $\theta = 80^\circ$ で飽和するような形で急激に J_c が増加している。これは超伝導体の結晶構造に起因した異方性によるものである。この実験結果に対して、磁束クリープ・フローモデルを用いて解析を行った。解析結果に対する詳細な議論は当日行う。

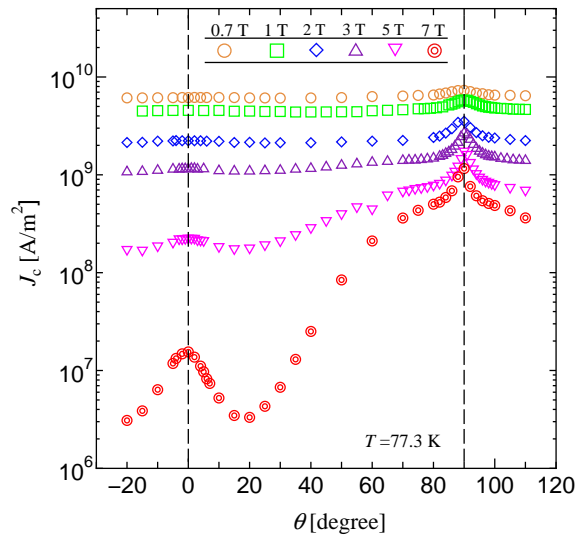


図 1： 77.3 K における J_c の印加磁界角度依存性

謝辞

本研究は、イットリウム系超伝導電力機器技術開発の一環として、ISTEC を通じて NEDO からの委託を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] M. Miura, *et al.*: Applied Physics Express, Volume 2, Issue 2, (2009) 023002
 [2] 松谷 文也: TFA-MOD 法 YGdBCO 線材の臨界電流特性に及ぼすナノ粒子の影響 [九州工業大学修士論文 2010]