

異なる成膜速度で作製した $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 薄膜中 BaHfO_3 ナノロッド形状の変化

Changes in Shape of BaHfO_3 Nanorods in $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Thin Films Fabricated at Different Deposition Rates

名大工¹, 電中研², °西山 淳一¹, 一野 祐亮¹, 土屋 雄司¹, 一瀬 中², 吉田 隆¹

Nagoya Univ.¹, CRIEPI², °Junichi Nishiyama¹, Yusuke Ichino¹, Yuji Tsuchiya¹,

Ataru Ichinose², Yutaka Yoshida¹

E-mail: nishiyama-junichi16@ees.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

$\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (REBCO, RE = Rare Earth) 高温超伝導線材に BaMO_3 (BMO, M = Zr, Hf, Sn etc.) を添加することで、磁束のピン止めによる磁場中 J_c の向上が報告されている[1]。BMO ナノロッド形状は基板温度 T_s 等の成膜条件に依存して変化し、応用する温度・磁場領域に応じた最適な直径・数密度が存在する。また、BMO ナノロッドが REBCO 内で傾斜して成長することで、等方的なピンニングが期待される[2]。

PLD 法を用いた場合、REBCO 線材の作製コストを抑制するため、高い成膜レートで作製する必要がある。高成膜レート化に際してレーザー繰返し周波数を上昇させる方法があるが、繰返し周波数の変化が BMO ナノロッド形状に与える影響を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、 BaHfO_3 を添加した SmBCO 線材を 10 -100 Hz の範囲で周波数を変化させて作製し、微細構造観察や磁場中超伝導特性の測定を行った。

2. 実験方法

BHO 添加 SmBCO 線材は、IBAD-MgO 基板上に KrF エキシマレーザーを用いた PLD 法により作製した。基板温度は $T_s = 850^\circ\text{C}$ 、酸素分圧は $P_{\text{O}_2} = 53 \text{ Pa}$ で作製した。BHO 添加量は 3.0 vol.% であり、混合ターゲットを用いて添加した。レーザーのエネルギー密度は 1.4 J/cm^2 、繰返し周波数は 10 -100 Hz の範囲で変化させて成膜した。成膜レートは 10 Hz では約 1.2 nm/min 、100 Hz では約 12 nm/min である。作製した線材の超伝導特性は、直流四端子法を用いて測定した。

3. 実験結果及び考察

Fig. 1(a), (b) にそれぞれ 50 Hz, 100 Hz で作製した BHO 添加 SmBCO 線材の断面 STEM 像を示す。50 Hz で作製した試料の BHO は、直径が約 6.0 nm であり、 c 軸方向に対して比較的平行に成長している。一方で 100 Hz で作製した試料の BHO は直径が約 4.5 nm であり、 $\pm 25^\circ$ の範囲で傾斜して高数密度に成長している。

Fig. 2 に繰返し周波数を 10 -100 Hz の範囲で変化させて作製した試料の 77 K, 1 T における J_c の磁場印加角度依存性を示す。縦軸は $J_c(B//c)$ で規格化している。繰返し周波数の増大に伴って $B//c$ 方向の J_c ピークが緩やかになる傾向を示した。10 Hz, 50 Hz, 100 Hz の $B//c$ ピークの半値幅はそれぞれ $51^\circ, 62^\circ, 80^\circ$ である。この変化は、繰返し周

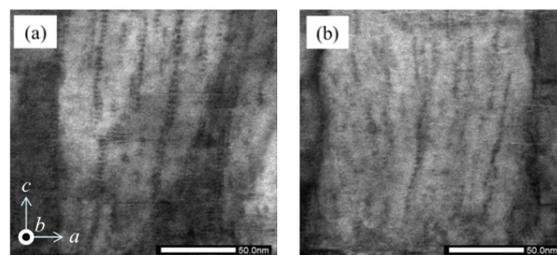


Fig. 1 Cross-sectional STEM images of BHO-doped SmBCO coated conductors deposited at laser repetition rate of (a) 50 Hz and (b) 100 Hz.

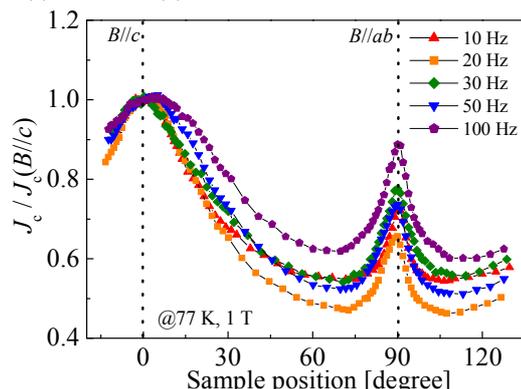


Fig. 2 Magnetic field angular dependence of J_c normalized by $J_c(B//c)$ for BHO-doped SmBCO coated conductors at 77 K, 1 T.

波数の増大に伴って BHO ナノロッドが傾斜して成長することが寄与している。

以上の結果から、繰返し周波数が大きいほど BHO ナノロッドは細く高数密度に傾斜して成長することが示された。傾斜したナノロッドは低温高磁場領域での等方的ピンニングが期待される。当日は J_c, F_p の磁場依存性についての考察も行う。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 (15H04252、15K14301、15K14302、16H04512 及び 16K20898) と先端的低炭素化技術開発 (JST-ALCA) 及び名大産総研アライアンス事業からの助成を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] J. L. Macmanus-Driscoll, *et al.*: Nature Materials, **3** (2004) 439
[2] S. Miura, *et al.*: Supercond. Sci. Technol., in press