

BaHfO₃ナノロッドがPLD法EuBa₂Cu₃O_y線材の磁場中 J_c 特性に及ぼす影響Influence of BaHfO₃ nanorods on in-field J_c in PLD-EuBa₂Cu₃O_y coated conductors成蹊大¹, AIST²°安野秀治¹, 宮田健司¹, 三浦正志¹, 衣斐顕², 和泉輝郎²Seikei University¹, AIST²°Shuji Anno¹, Kenji Miyata¹, Masashi Miura¹,Akira Ibi², and Teruo Izumi²

E-mail: dm186301@cc.seikei.ac.jp

1. 目的

Pulsed Laser Deposition(PLD)法 REBa₂Cu₃O_y(RE = Rare Earth: REBCO)超伝導線材は、液体窒素温度下において高い臨界電流密度(J_c)を示すため、電力機器への応用が期待されている[1]。中でも PLD 法で作製された EuBa₂Cu₃O_y(EuBCO)線材は、特に高い臨界温度(T_c)及び磁場中 J_c を示す材料として注目されている[2]。しかし、磁気共鳴画像(MRI)装置や超伝導電力貯蔵装置(SMES)などの磁場応用には、更なる磁場中 J_c の向上が必要不可欠である。磁場中 J_c 特性を向上させるためには、量子化磁束の運動抑制する BMO(M = Zr, Sn, Hf)ナノロッド[1]やナノ粒子[3]のような磁束ピンニング点の導入が有効である。特に BaHfO₃ ナノロッド(BHO NRs)を有する PLD 法で作製された REBCO 線材は、BaZrO₃ ナノロッドを有する線材と比較して、より高い磁場中 J_c を示すことが報告されている[4]。しかし、これら PLD 法により REBCO 薄膜内部に導入された BMO NRs は c 軸方向に成長するため、磁場が c 軸に平行に印加された場合には強い磁束ピンニング力を示すが、実際の機器応用ではあらゆる角度に対する磁場中 J_c の最小値($J_{c,min}$)を向上させる必要がある。このためには、PLD 法 REBCO 線材における BHO NRs のサイズ、密度、分布および形状が磁場中特性に及ぼす影響を理解することが非常に重要である。

そこで本研究では、Reel-to-Reel PLD 法により作製された EuBCO 線材と BHO NRs 導入 EuBCO(+BHO)線材を用いて、BHO NR の導入が EuBCO の磁場中超伝導特性に及ぼす影響について検討する。

2. 実験方法

本研究では、CeO₂バッファ層を蒸着した金属基板上にPLD法によって作製されたEuBCO線材および1.9 vol%BHOを導入したEuBCO(+BHO)線材の超伝導特性の比較を行った。EuBCOおよび+BHO線材の膜厚はいずれも700 nmである。線材の結晶性をX線回折法、微細構造観察は透過型電子顕微鏡により評価した。また、磁場中超伝導特性は四端子法により評価した。

3. 実験結果及び考察

Table.1にEuBCO及び+BHO線材の結晶性と超伝導諸特性を示す。BHOの導入は結晶配向性に大きな影響を及ぼさないが、 T_c や自己磁場 $J_c(J_c^{sf})$ を低下させていることが分かる。これは、EuBCO相に対しBHO NRがコヒーレントに導入され、その歪みによる影響であると考えられる[3]。Fig.1に+BHO線材の断面TEM像を示す。図より、直径約6 nmのBHO NRがナノ間隔に存在していることが分かる。Fig.2に77 K, 3 TにおけるEuBCO及び+BHO線材の J_c^{sf} で規格化した J_c の磁場印加角度依存性を示す。図より+BHO線材は、BHO NR導入により幅広い角度で高い J_c 特性を示すことが分かった。

当日は、より詳しい微細構造観察結果と超伝導特性をもとにBHO NRsが磁場中 J_c 特性に及ぼす影響について報告する。

Table1 Superconducting properties of EuBCO and +BHO CCs.

Sample	$\Delta\omega$ [deg.]	$\Delta\phi$ [deg.]	T_c [K]	J_c^{sf} (77 K) [MA/cm ²]
EuBCO	0.93	2.58	93.69	4.84
+BHO	0.94	2.60	93.08	3.90

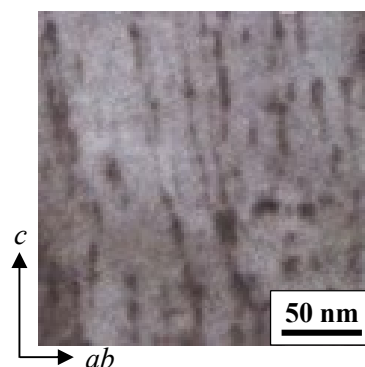
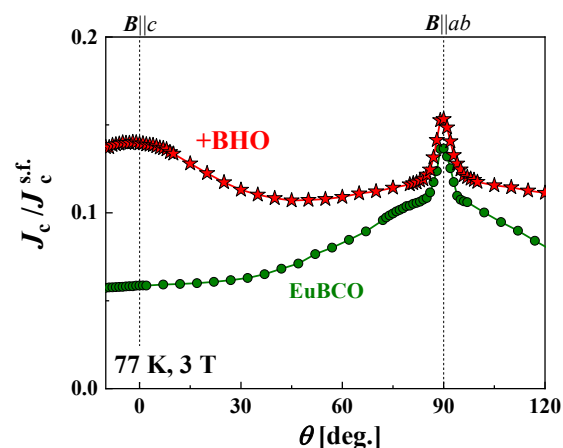


Fig.1 Cross-sectional TEM image of +BHO CCs.

Fig.2 The angular dependence of normalized J_c at 77 K, 3 T for EuBCO and +BHO CCs.

謝辞

本研究は、フジクラ財団及び科研費(17H03239, 17K18888)の助成を受け実施したものである。また、本研究の一部は(公財)加藤科学振興会研究助成の情勢を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] B. Maiorov *et al.*, Nature Materials **8** (2009) 398.
- [2] T. Yoshida *et al.*, Physica C **504** (2014) 42.
- [3] M. Miura *et al.*, NPG Asia Materials **9** (2017) e447.
- [4] H. Tobita, *et al.*, Supercond. Sci. Technol., **25** (2012) 062002.