

異なる形状の BaHfO₃ 導入が縦磁場下における SmBa₂Cu₃O_y 薄膜の磁場中超伝導特性に与える影響

Effect of doping different shapes of BaHfO₃ on superconducting properties of SmBa₂Cu₃O_y films in the force-free state

名大工¹, 電中研², [○]杉原 和樹¹, 鶴田 彰宏¹, 一野 祐亮¹, 吉田 隆¹, 一瀬 中²
Nagoya Univ.¹, CRIEPI², [○]Kazuki Sugihara¹, Akihiro Tsuruta¹, Yusuke Ichino¹, Yutaka Yoshida¹, Ataru Ichinose²
E-mail: sugihara-kazuki14@ees.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

縦磁場効果は、電流と磁場が平行である状態(フォース・フリー)において観察される様々な電磁現象を示す。松下らによって磁場中臨界電流密度(J_c)が自己磁場下における $J_c(J_c^{\text{self}})$ と比較して向上する現象を利用した超伝導ケーブルが、提案されている[1]。金属系超伝導体では広く知られている縦磁場効果であるが、高温超伝導体における報告はあまりなかった。しかし最近我々は、人工ピンニングセンターとして短い BaHfO₃ (BHO)ナノロッドを導入した SmBa₂Cu₃O_y (SmBCO)積層膜において縦磁場効果が観察されたことを報告した[2, 3]。高温超伝導体における J_c ピーク位置や大きさの決定要因は不明である。そこで本研究では、BHO 添加 SmBCO 積層膜における縦磁場効果決定要因の解明を目的として、異なる BHO 形状を有する SmBCO 積層膜のフォース・フリー下における臨界電流特性を比較検討した。積層数や各層の厚みを制御することで、BHO をナノロッドまたはパーティクルとして導入し、その形状を制御した。

2. 実験方法

無添加 SmBCO 薄膜と BHO 添加 SmBCO 積層膜は単結晶 LaAlO₃ (LAO)基板上に、パルスレーザー蒸着(PLD)法により作製した。BHO はターゲット交換法により SmBCO に添加した。無添加 SmBCO と BHO 添加 SmBCO をそれぞれ 16 層、計 32 層積層した。BHO はレーザーパルス数を制御することで、Fig. 1 に示すようなナノロッド及びナノパーティクルとして導入した。作製した薄膜の結晶構造評価は X 線回折(XRD)測定、超伝導特性は直流四端子法、薄膜断面の微細構造観察は TEM によりそれぞれ測定した。

3. 実験結果及び考察

XRD 測定結果より、いずれの薄膜も良好な二軸配向であることを確認した。また、32 層 BHO 添加 SmBCO 積層膜は断面 TEM 観察より、無添加 SmBCO 層と BHO 添加 SmBCO が計 32 層積層されており、BHO ナノロッドが膜厚方向に 10 nm 程度で導入されていることを確認した。

無添加 SmBCO 薄膜、BHO ナノロッド添加 SmBCO 積層膜及び BHO ナノパーティクル添加 SmBCO 積層膜の J_c^{self} は、それぞれ 2.77 MA/cm²、2.95 MA/cm²、2.1 MA/cm² であった。また、臨界温度(T_c)は、それぞれ 92.8 K、92.2 K、91.7 K であった。

Fig. 2 に、各薄膜の 77 K、 $B//I$ における J_c^{self} で規格化した J_c の磁場依存性を示す。BHO ナノロッド添

加 SmBCO 積層膜では、0.3 T 付近において、 J_c が J_c^{self} より 10% 向上しており、縦磁場効果が観察された。一方、BHO ナノパーティクル添加 SmBCO では無添加 SmBCO 薄膜と比較して、全磁場において J_c が低下した。添加したパーティクルが大きすぎることによって、フォース・フリー状態が弱められていると推察される。ナノパーティクルの大きさを変化させることで、縦磁場効果が現れる最適な人工ピン形状を制御できると期待できる。

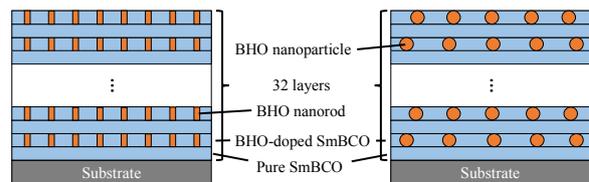


Fig. 1 Cross-sectional pattern diagrams of the BHO nanorod-doped and nanoparticle-doped multilayered SmBCO film.

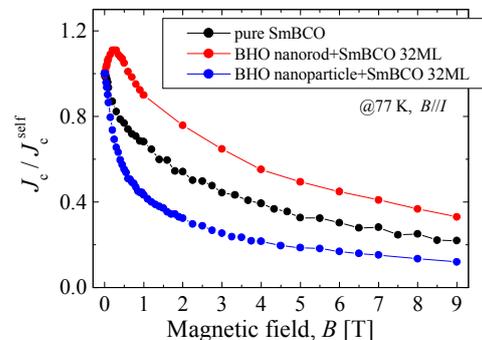


Fig. 2 Magnetic field dependence of J_c/J_c^{self} at 77 K under $B//I$ of the pure SmBCO, BHO nanorod-doped multilayered SmBCO (BHO nanorod+SmBCO ML) and BHO nanoparticle-doped multilayered SmBCO (BHO nanoparticle+SmBCO ML) films.

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(20686065, 19676005, 25289358)の助成を受けて実施したものである。本研究を実施する上で、九州工業大学名誉教授 松下照男先生には有意義な議論及びご指導を頂きました。

参考文献

- [1] T. Matsushita et al.: Supercond. Sci. Technol. **25** (2012) 125009.
- [2] A. Tsuruta, Y. Yoshida et al.: Abstracts of CSJ Conference, May (2014)
- [3] A. Tsuruta et al.: Jpn. J. Appl. Phys. In press