

低温成膜法により作製した BaHfO₃ 添加 REBCO 超伝導薄膜の

磁束ピンニング特性及び微細構造観察

Flux pinning properties and microstructures of BaHfO₃-doped REBCO superconducting films prepared by low-temperature growth technique

名大工¹, 電中研², °三浦 峻¹, 一野 祐亮¹, 吉田 隆¹, 一瀬 中²

Nagoya Univ.¹, CRIEPI², °Shun Miura¹, Yutaka Yoshida¹, Yusuke Ichino¹, Ataru Ichinose²

E-mail: miura-syun12@ees.nagoya-u.ac.jp

研究背景> これまで我々の研究グループでは、独自に開発した低温成膜(LTG: Low Temperature Growth)法を用いて BaMO₃(BMO; M=Zr, Sn)ナノロッドを細く高密度に SmBa₂Cu₃O_y(SmBCO)薄膜に導入できることを報告してきた^[1]。また最近、BaHfO₃(BHO)ナノロッドを導入した SmBCO 薄膜が高臨界電流特性を示すことを報告してきた^[2]。そこで本研究では、LTG法を用いて BHO ナノロッドを細く高密度に SmBCO 薄膜中に導入し、超伝導特性の評価及び微細構造観察を検討した。

実験方法> BHO 添加 SmBCO 薄膜は SmBCO と BHO の2つのターゲットを使用し、KrF エキシマレーザーを用いた PLD 法により LaAlO₃(LAO)基板上に作製した。作製方法として基板温度(T_s)850°Cで SmBCO seed layer を膜厚約 70 nm 作製し、その上に $T_s = 750^\circ\text{C}$ で 4 vol.%BHO 添加 SmBCO upper layer を膜厚約 400 nm で作製した。BHO の導入方法としてはターゲット交換法を用いた。作製した薄膜の超伝導特性は直流四端子法で測定し、微細構造は透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて評価した。

特色と独創的な点> 成膜方法として、我々の研究室で独自に開発された LTG 法を用いている点、また人工ピンニングセンターとして新材料である BHO を用いている点。また REBa₂Cu₃O_y(REBCO)薄膜線材の世界記録に匹敵する特性($F_p^{\text{MAX}} = 23.8 \text{ GN/m}^3$, @ 77 K)を示す薄膜の作製に成功している点^[3]。

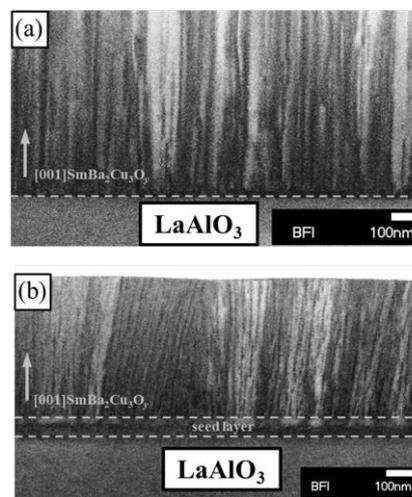


Fig. 1 Low magnification cross-sectional TEM images of (a) LTG and (b) PLD-film.

研究成果> Fig. 1 (a)に通常の PLD 法で作製した 3.7 vol.% BHO 添加 SmBCO(PLD)薄膜と(b)同量の BHO を添加した LTG 薄膜の断面 TEM 画像を示す。Fig. 1 (a), (b)の比較から LTG 薄膜内に導入されている BHO ナノロッドは比較的細く、高密度であることがわかる。LTG 薄膜の BHO ナノロッドの数密度($2830/\mu\text{m}^2$)は PLD 薄膜の数密度($708/\mu\text{m}^2$)と比較して約 4 倍高密度に成長していることが分かった。LTG 薄膜(2.0 MA/cm^2)のゼロ磁場における臨界電流密度(J_c)の値は PLD 薄膜(6.2 MA/cm^2)と比較して約 3 分の 1 程度であった。また弱磁場領域では PLD 薄膜の J_c 値が大きく上回っていることを確認している。一方、強磁場領域(4 T-)においては LTG 薄膜の J_c は PLD 薄膜を上回る値を示した。これは強磁場領域において LTG 薄膜内に導入されている高密度な BHO ナノロッドが磁束を有効にピン止めしているためであると考えられる。

謝辞> 本研究の一部は、科学研究費補助金(23226014 及び 25289358)からの助成を受けて実施したものである。

参考文献> [1] T. Ozaki *et al.* : Physica C. 469 (2009) 1388. [2] A. Tsuruta *et al.* : ASC2012 2MPR-05. [3] S. Miura *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014) 090304.

キーワード> 酸化物薄膜、磁束ピンニング、超伝導、SmBa₂Cu₃O_y