

金属基板上 BaHfO₃ 添加 SmBa₂Cu₃O_y 多層薄膜の縦磁場効果と発現条件探索 The longitudinal magnetic field effect and its appearing conditions of BaHfO₃-doped-multilayered SmBa₂Cu₃O_y films on metal substrates

名大工¹, 電中研², [○]杉原 和樹¹, 一野 祐亮¹, 土屋 雄司¹, 一瀬 中², 吉田 隆¹
Nagoya Univ.¹, CRIEPI², [○]Kazuki Sugihara¹, Yusuke Ichino¹, Yuji Tsuchiya¹, Ataru Ichinose², Yutaka Yoshida¹
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 ($B//I$) において観察される様々な超伝導磁現象である。なかでも、磁場中臨界電流密度 (J_c) が自己磁場下 J_c (J_c^{self}) と比較して向上する現象 (J_c gain) がある。我々はこれまでに、BaHfO₃ (BHO) ナノロッド導入 SmBa₂Cu₃O_y (Sm123) 層と無添加 Sm123 層の多層薄膜 (multilayer, ML) において J_c gain を報告してきた [1]。しかし、これらの報告は単結晶基板上薄膜における結果であり、縦磁場効果のケーブル応用を見据えれば金属基板上での J_c gain の再現が必要である。これまでも金属基板上薄膜の縦磁場中 J_c 特性を報告したが、明確な J_c gain は観察されていなかった。本報告では、 J_c gain 発現のために、金属基板上薄膜作製条件の最適化及び単結晶基板上薄膜との比較を行う。

2. 実験方法

パルスレーザー蒸着 (PLD) 法により、LaAlO₃ 単結晶または IBAD-MgO 金属基板上に BHO 添加 Sm123 多層膜を作製した。BHO 添加は 5 vol% 混合ターゲットを使用し、ターゲット交換法により多層構造を実現した。基板直上は無添加 Sm123 層とし、無添加 Sm123 層と BHO 添加 Sm123 層を交互に積層した。各層厚はレーザーパルス数により制御した。作製した薄膜の超伝導特性は直流四端子法により測定した。

3. 実験結果及び考察

いずれの多層薄膜も臨界温度は 92 K 程度を示し、77 K における J_c^{self} は 0.5-2.2 MA/cm² であった。Fig. 1 に、77 K、 $B//I$ における、それぞれの J_c^{self} で規格化した J_c の磁場依存性を示す。凡例は [サンプル 積層数 総膜厚] を示している。特に 48 層、400 nm 薄膜において、明確な J_c gain を観察できた。我々のこれまでの単結晶基板上薄膜の報告では、膜厚と積層数の関係 (積層界面密度、Interface density, ID [layers/ μm]) がおよそ 80 以上であり、かつ、ある程度の膜厚を有することが J_c gain の発現に寄与していることを示してきた [2]。それらとの比較として、Fig. 2 に評価した (a) 単結晶基板上、(b) 金属基板上薄膜の積層数と膜厚の関係を示す。黒色実線は ID = 80、青色実線は J_c gain が観察できる下限、赤色破線はその上限を示す。 J_c gain を観察できたサンプルは黒塗りのプロットでしめしている。(a) より、単結晶基板上では J_c gain の得られる薄膜構造条件は十分に広い。一方で、(b) より、金属基板上では J_c gain の得られる上限が見られ、構造条件が狭いことが確認できた。この結果に対して、基板による薄膜成長条件が異なることが要因として考えられる。一般に、最適成膜条件において、単結晶基板上でより高配向な薄膜が成長しやすく、多層構造も乱れが少なく実現で

きる。これは基板の表面平均粗さに起因することが考えられ、単結晶基板では 10⁻¹ nm、金属基板では 10⁰ nm オーダーである。これより、金属基板上では多層構造の各層厚制御や乱れの抑制が J_c gain の発現には重要であるといえる。今後、さらに詳細な膜厚測定等を行い、応用を見据えた薄膜構造条件を示す

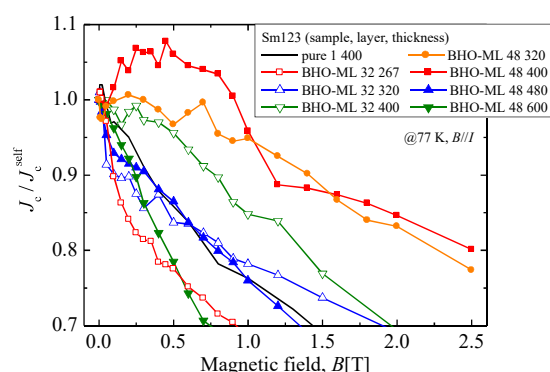


Fig. 1 Normalized J_c -B curves of several Sm123 films at 77 K, $B//I$.

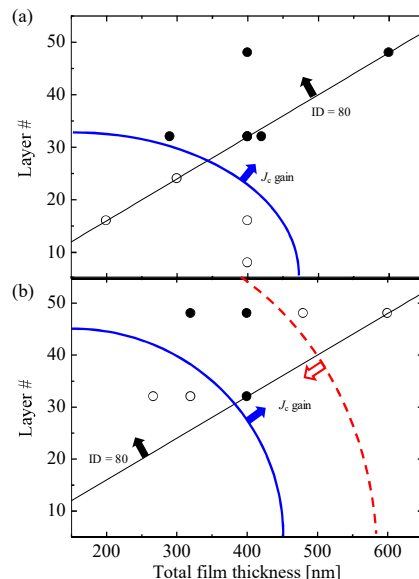


Fig. 2 Film structure conditions such as layer number and total film thickness in Sm123 samples on (a) LaAlO₃ single crystal and (b) IBAD-MgO substrates.

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(16K20898, 17J11158)及び JST-ALCA からの助成を受けて実施した。IBAD-MgO テープに関して、産総研和泉輝郎氏、衣斐頭氏及び町敬人氏のご協力を得た。

参考文献

- [1] A. Tsuruta et al.: *Jpn. J. Appl. Phys.* **53** (2014) 078003.
- [2] K. Sugihara et al.: *Supercond. Sci. Technol.* **28** (2015) 104004.