高濃度 BaHfO₃ 添加 LTG-SmBa₂Cu₃O_y 薄膜の広範囲温度領域における 磁場中超伝導特性

Superconducting properties under magnetic fields in LTG-SmBa₂Cu₃O_y films with high doping level of BaHfO₃

名大工¹,九工大²,電中研³,東北大金研⁴,°三浦 峻¹,吉田 隆¹,

一野 祐亮¹, 松本 要², 一瀬 中³, 淡路 智⁴

Nagoya Univ.¹, Kyushu Inst. Tech.², CRIEPI³, IMR, Tohoku Univ.⁴, ^oShun Miura¹, Yutaka Yoshida¹,

Yusuke Ichino¹, Kaname Matsumoto², Ataru Ichinose³, Satoshi Awaji⁴

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

1. はじめに

近年、REBa₂Cu₃O₃(REBCO)超伝導線材は広範囲な温 度領域及び磁場領域における応用が考えられている。 そのため、報告の多い液体窒素温度だけでなく、低温 領域における磁束ピンニング特性の検討が必要である。 これまでに我々は、低温成膜(LTG)手法を用いて作製 したBaHfO₃(BHO)添加SmBa₂Cu₃O₃(SmBCO)薄膜に は通常のPLD法で作製した薄膜と比較して、細く、高 密度にナノロッドが導入されることを報告してきた。 更に、最近では低温領域における磁束ピンニング力向 上にはこれらのナノロッドが有効であることを報告し た^[1]。本研究では、異なる数密度のナノロッドを有す るBHO添加LTG-SmBCO薄膜の高温及び低温領域にお ける磁束ピンニング特性を明らかにすることを目的と した。

1. 実験方法

SmBCOとBaHfO₃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 pulsed laser deposition(PLD) 法により LaAlO₃(LAO)単結晶基板上に BHO 添加 SmBCO 薄膜を作製した。また成膜手法として LTG 手 法を用いた。まず基板温度(T_s)870°C で SmBCO のみの シード層を膜厚約 50 nm 作製し、その上に $T_s = 750°C$ で 1.6、5.6、及び 12.1 vol.%BHO 添加 SmBCO アッパ 一層を膜厚約 300 nm 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。

2. 実験結果及び考察

作製した5.6 vol.%BHO添加LTG-SmBCO薄膜のTEM 観察像から見積もったBHOナノロッドの直径は5.4 nm、 数密度は4775 / μ m²であり、成長方向としてはSmBCO のc軸に対して概ね平行に成長していることを確認し た。また、数密度から計算したマッチング磁場は約10 T を示した。

Fig. 1に1.6、5.6、及び12.1 vol.% BHO添加薄膜の不可逆磁場曲線を示す。5.6 vol.% BHO添加薄膜の77 Kにおける不可逆磁場は15.1 Tであり、これまでに報告されている高不可逆磁場試料(14.8 T,@77 K)と比べ向上が確認された^[2]。

Fig. 2 に 5.6 vol.% BHO 添加薄膜の 20 K から 86 K に おける臨界電流密度(*J*_c)の磁場依存性を示す。20 K に おける自己磁場近傍の *J*_c は 20 MA/cm²(@ 0.1 T)であっ た。ここで、各温度における *J*_c-B 曲線の形状に注目す る。84 K 以下の *J*_c-B 曲線には *J*_cの低下が少ないプラ トーな領域が観察できる。しかし、そのプラトーの終



Fig. 1 Irreversibility field lines for 1.6, 5.6, and 12.1 vol.% BHO-doped SmBCO films fabricated by LTG technique.



Fig. 2 Magnetic fields dependence of critical current density in the SmBCO film with 5.6 vol.% BHO deposited by LTG technique.

端磁場は温度の低下に伴い強磁場にシフトしており、 84 Kでは約5 Tであったが、77 Kでは約8 Tであった。 これは、おそらく温度の低下に伴い薄膜内に侵入する 量子化磁束の直径が細くなり、c 軸相関ピンとして有 効に働くナノロッドが増大した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(19676005, 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] 三浦峻ら:第89回低温工学・超電導学会講演概要集, 2B-a02

[2] A. Xu et al.: Appl. Phys. Lett. Mater. 2 (2014) 046111