

LTG 法により成膜した BHO 添加 SmBCO 薄膜の seed 層が磁場中超伝導特性に与える影響

Effect of Seed Layer on Superconducting Properties in BHO-doped SmBa₂Cu₃O_y

Thin Films Grown by LTG Technique

○渡邊 優太郎、一野 祐亮、吉田 隆(名大工)

○Yutaro Watanabe, Yusuke Ichino, Yutaka Yoshida (Nagoya Univ.)

watanabe-yuutaro14@ees.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】

BaMO₃ (BMO: M= Zr, Sn, Hf etc.) 材料は REBa₂Cu₃O_y (REBCO: RE = Rare Earth) 薄膜中で自己組織化し、ナノサイズの柱状欠陥 (ナノロッド) として薄膜の *c* 軸方向に印加された磁場に対して強いピンニング力を持つことが報告されている^[1]。我々は、ナノロッドが成膜温度に依存することに着目し、独自の低温成膜 (LTG: Low Temperature Growth) 法を用いて BaHfO₃ (BHO) ナノロッドを細く高密度に導入した SmBa₂Cu₃O_y (SmBCO) 薄膜を作製した。LTG 法は、REBCO が良好な *c* 軸配向性を示す比較的高い基板温度 (T_s^{seed}) で薄い REBCO 層 (seed 層) を成膜し、その上に seed 層より低い温度 (T_s^{upper}) で比較的重い REBCO 層 (upper 層) を成膜する技術である。これにより、PLD 法では *c* 軸配向が困難な低温領域まで成膜基板温度を拡大させることができる。S. Miura らは、LaAlO₃ (LAO) 基板上に LTG 法を用いて成膜した薄膜が 5 T 付近まで平坦な J_c を示すことを報告している^[2]。しかし、1 T 以下の低磁場領域では PLD 法で作製した薄膜では見られないような急激な J_c の低下が確認された。そこで本研究では LTG 法を用いる際に導入した SmBCO seed 層が低磁場での J_c 低下の原因であると考へ、(LaAlO₃)_{0.3}(Sr₂AlTaO₆)_{0.7} (LSAT) 基板上に seed 層の厚さを変えた BHO 添加 SmBCO 薄膜を作製し磁場中超伝導特性の評価を行った。

【実験方法】

KrF エキシマレーザーを用いたパルスレーザー蒸着法により LSAT 基板上に SmBCO-seed 層を成膜し、その上に BHO を 3.0 vol.% 添加した SmBCO 薄膜を作製した。seed 層の基板温度は $T_s^{\text{seed}}=850^\circ\text{C}$ 、upper 層は $T_s^{\text{upper}}=830^\circ\text{C}$ で作製した。全ての試料において膜厚は 400 nm で一定とし、seed 層の厚さを全体の膜厚に対して 10% から 50% の範囲で作製した。Pure と seed 0% の試料はそれぞれ、通常の PLD 法と同様の作成手順で成膜した SmBCO と BHO 添加 SmBCO を示している。酸素分圧は 53 Pa、繰り返し周波数 10 Hz で成膜した。BHO の添加には SmBCO と BHO 焼結体を混合したターゲットを用いた。作製した薄膜は成膜後、酸素気流中 350°C で 1.5 時間のポストアニールを行った。

薄膜の評価は、結晶構造を X 線回折 (XRD) 法で、超伝導特性は直流四端子法を用いた。

【実験結果及び考察】

Fig. 1 に seed 層の膜厚を変えた 3.0 vol.% BHO 添加 SmBCO 薄膜における J_c/J_c^{self} 磁場依存性を示す。こ

で、 J_c^{self} は磁場を印加していない状態の臨界電流密度である。Fig. 1 の挿入図に 0-3 T の低磁場付近における拡大図を示した。 J_c^{self} は Pure 試料で 4.0 MA/cm² であった。一方、seed 層の厚みが 50% から 0% に減少するに伴って、 J_c^{self} は 2.5 MA/cm² から 1.3 MA/cm² に低下した。Fig. 1 から seed 層が厚くなるほど低磁場 J_c の低下率が大きくなることが分かった。これは、薄膜中に侵入した量子化磁束がローレンツ力を受けて seed 層内に磁束キंकを形成し、キंकが upper 層内まで伝搬することでデピンニングを起こしたことが原因と推察される。今回の検討では seed 層が磁場中 J_c に与える影響を評価することを目的としているため、成膜温度を PLD 法で作製した seed 0% の最適条件に統一し、比較的高温である $T_s^{\text{upper}}=830^\circ\text{C}$ で作製した。そのため LTG 法よりも PLD 法で作製した試料が高い J_c/J_c^{self} を示している。今後は J_c 磁場印加角度依存性、不可逆磁場曲線などから seed 層が磁場中超伝導特性に与える影響の評価を進める。

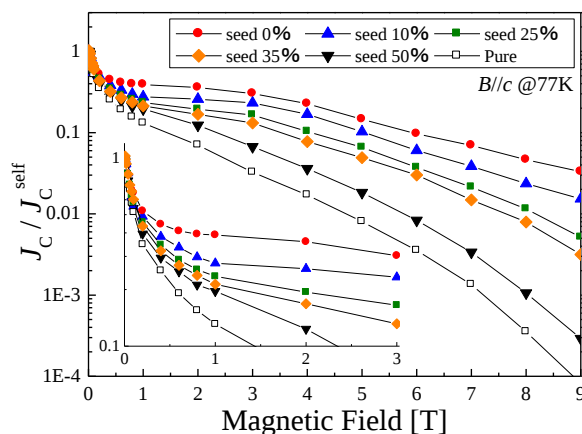


Fig. 1 Magnetic field dependences of normalized J_c at 77K in B//c for the 3.0 vol.% BHO-doped SmBCO deposited on seed layers with various thicknesses. Inserted figure shows enlarged view from 0 T to 3 T.

【謝辞】

本研究の一部は、科学研究費補助金 (23226014, 25289358, 15H04252, 15K14301 及び 15K14302) からの助成を受けて実施したものである。

【参考文献】

- [1] J.L. Macmanus-Driscoll, *et al.*: Nature Materials 3 (2004) 439
- [2] S. Miura, *et al.*: Japanese Journal of Applied Physics 53, 090304 (2014)