

# PLD 法の成膜条件が SmBCO 薄膜の拡散係数や過飽和度に与える影響

## Effect of Deposition Parameters of PLD Method on Surface Diffusion Constant and Supersaturation of SmBCO Thin Films

○一野 祐亮, 島崎 直人, 土屋雄司, 吉田 隆 (名大院工)

°Y. Ichino, N. Shimazaki, Y. Tsuchiya, Y. Yoshida (Nagoya Univ.)

E-mail: ichino@nuee.nagoya-u.ac.jp

### 1. はじめに

パルスレーザー蒸着(PLD)法などの気相法で成膜した  $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  (REBCO, RE=Y, Sm, Gd など)膜の配向性や  $\text{BaMO}_3$  (BMO, M=Zr, Sn, Hf など)の自己組織化には、拡散距離などの結晶成長パラメータが影響を与える[1, 2]。これらの結晶成長パラメータは、基板温度( $T_s$ )やレーザー繰り返し周波数( $f_L$ )などの PLD 法の諸条件によって大きく変化する。また、過剰な過飽和条件下では臨界電流密度の阻害要因となる  $a$  軸配向粒が成長する問題点がある。

本研究では、PLD 法において成膜パラメータが REBCO 薄膜の結晶成長パラメータに与える影響を明らかにするため、様々な条件下で作製した SmBCO 薄膜の表面形態を詳細に観察し、結晶成長パラメータの評価を行った。

### 2. 実験方法

SmBCO 薄膜は PLD 法を用いて  $\text{LaAlO}_3(100)$ 基板上に作製した。 $T_s = 760\sim 880^\circ\text{C}$ 、 $f_L = 1\sim 100$  Hz、酸素分圧 400 mTorr、レーザーエネルギー密度  $1.0\sim 1.7$  J/cm<sup>2</sup> の条件を用いた。作製した薄膜の表面形状をダイナミックフォース顕微鏡(DFM)、超伝導特性を直流四端子法で評価した。

### 3. 結果及び考察

DFM 観察の結果、多くの成膜条件下において、二次元島とスパイラル成長しているグレインが見られた。二次元島の最上部の半径  $A_0$  は、SmBCO の拡散距離と同程度になることから、 $A_0 = \pi\{D_s(T_s)/f_L\}^{1/2}$  の関係がある[2]。ここで  $D_s(T_s)$  は SmBCO の表面拡散係数である。この式を用いて DFM 像から  $D_s(T_s)$  を求めた結果を図 1(a)に示す。図から、 $f_L = 5$  Hz において低い  $T_s$  試料のいくつかが傾向から外れたものの、概して  $D_s(T_s)$  はアレニウスプロットに乗る熱活性型の傾向が得られた。傾きから求めた表面拡散の活性化エネルギーは 2.2 eV 程度であった。

スパイラル成長の場合、ステップのテラス幅  $\lambda_0$  と過飽和度  $\Delta\mu$  には  $\Delta\mu = 19\nu\sigma\lambda_0$  の関係がある[3]。ここで、 $\nu$  は SmBCO の単位胞体積、 $\sigma$  はステップ側面の表面自由エネルギーである。図 1(b)に、 $f_L = 1\sim 10$  Hz で作製した SmBCO 薄膜における  $T_s$  に対する  $\Delta\mu$  を示す。図から、 $T_s$  が低くなると  $\Delta\mu$  が大きくなる傾向が

見られた。また、あるしきい値  $\Delta\mu^*$  以上では  $a$  軸配向粒が生成することが確認された。

当日は、 $f_L > 10$  Hz における  $\Delta\mu$  などについても報告する。

### 謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 15H04252、15K14301、15K14302、16H04513 及び 16K20898 と先端的低炭素化技術開発(JST-ALCA)の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] Y. Ichino et al., JJAP 56 (2017) 015601, IEEE Trans. Appl. Supercond. 27 (2017) 7500304.
- [2] B. Dam et al., Physica C 305 (1998) 1
- [3] T. Nishinaga et al., Adv. Supercond. 8 (1996) 33

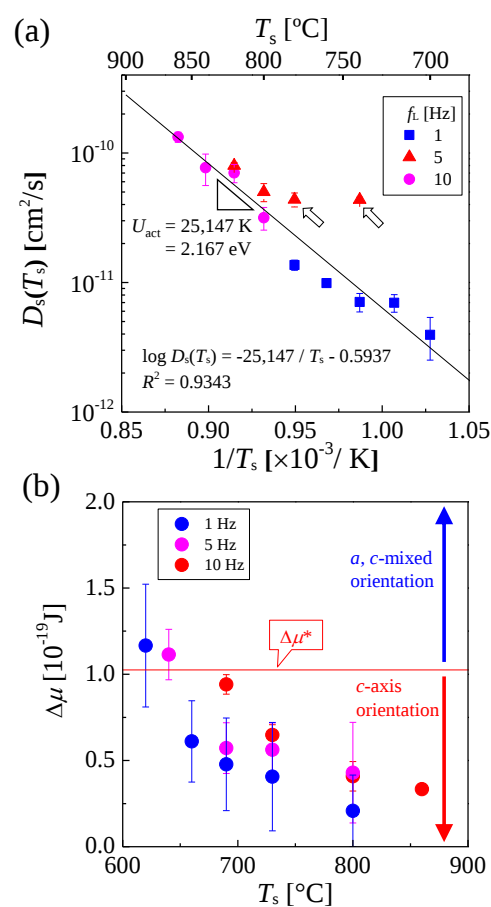


Fig. 1 Substrate temperature dependence of (a) surface diffusion constant,  $D_s$  and (b) supersaturation,  $\Delta\mu$  of SmBCO films.