# シード層が SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O,薄膜中の BaHfO<sub>3</sub>ナノロッド形状に与える影響

Influence of seed layers on BaHfO3 nanorods formation in SmBa2Cu3Oy films

名大工<sup>1</sup>, ISTEC-SRL<sup>2</sup>, JFCC<sup>3</sup> °渡邊 俊哉<sup>1</sup>, 吉田 隆<sup>1</sup>, 一野 祐亮<sup>1</sup>,

吉積 正晃<sup>2</sup>, 和泉 輝郎<sup>2</sup>, 加藤 丈晴<sup>3</sup>

Nagoya Univ.<sup>1</sup>, ISTEC-SRL.<sup>2</sup>, JFCC<sup>3</sup> °S. Watanabe<sup>1</sup>, Y. Yoshida<sup>1</sup>, Y. Ichino<sup>1</sup>,

M. Yoshizumi<sup>2</sup>, T. Izumi<sup>2</sup>, T.Kato<sup>3</sup>

## E-mail: watanabe-syunya13@ees.nagoya-u.ac.jp

### 1. はじめに

近年、超伝導コイルや超伝導ケーブルの普及に向け て長尺コート線材の開発が盛んに行われている。超伝 導コート線材を様々な機器に応用するためには、磁場 中での高い臨界電流密度(J\_)が必要不可欠である。シー ド層上に REBCO 薄膜を成膜する低温成膜法(LTG 法) は、成膜温度範囲を広げることができるため、BMO ナノロッドの数密度や太さを広範囲で制御することが 可能である。これまで、我々は LTG 法を用いて BaHfO<sub>3</sub>(BHO)を添加した SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>v</sub>(SmBCO)薄膜を 成膜し、その超伝導特性の向上について報告してきた [1]。LTG 法を用いて製膜した SmBCO 薄膜中の BHO ナノロッドは、Fireworks 構造となり傾いて成長するこ とが報告されている[2]。しかし、その形成機構は不明 である。そこで本研究では、ナノロッドの形成におい てシード層が与える影響を明らかにするために、長尺 化が可能な IBAD-MgO テープ上に種々のシード層を 製膜し、ナノロッドの形態および超伝導特性を評価し た。

#### 2. 実験方法

KrFエキシマレーザー(波長 248 nm)を用いた PLD 法 によって、IBAD-MgO テープ上に SmBCO+BHO 薄膜 を成膜した。SmBCO+BHO 薄膜の作製に用いた成膜条 件を以下に示す。SmBCO 薄膜がエピタキシャル成長 し、かつ 2 軸配向する基板温度  $T_s^{\text{seed}}$  でシード層の製膜 を行った。その後、基板温度  $T_s^{\text{upper}}$  においてアッパー 層の製膜を行った。今回は、 $T_s^{\text{seed}}$  と  $T_s^{\text{upper}}$  は共に、810℃ とし、レーザーエネルギー密度は 1.7 J/cm<sup>2</sup>、繰り返し 周波数は 10 Hz、成膜酸素分圧は 400 mTorr とした。作 製した薄膜の表面形状は原子間顕微鏡(AFM)、配向性 は X 線回折法、磁場中の超伝導特性は直流四端子法を 用いて評価した。

#### 実験結果と考察

シード層には pure-SmBCO と SmBCO+BHO(1.4 vol.%) 薄膜を用いた。また、アッパー層は SmBCO+BHO(1.4 vol.%)薄膜とした。以下では、PLD 法により作製した SmBCO+BHO 薄膜を(a) w/o seed、シ ード層に pure-SmBCO を用いた薄膜を(b) pure-seed、 SmBCO+BHO を用いた薄膜を(c) Sm+BHO-seed とする。 図 1 に SmBCO+BHO 薄膜の断面 TEM 像を示す。図 1 より、w/o seed では c 軸方向に平行な BHO ナノロッド が成長していることが確認された。一方、pure-seed で は、BHO ナノロッドが傾いて成長していることが分か る。w/o seed と pure-seed の両方とも  $T_s^{upper}$ は統一して いるため、BHO ナノロッドが傾いた理由は基板温度に よる影響とは考えにくく、pure-SmBCO シード層を設 けたことで BHO ナノロッドが傾いたと推察できる。 図 2 に各サンプルにおける J<sub>c</sub>の磁場印加角度依存性を 示す。図 2 から、w/o seed と Sm+BHO-seed に比べて pure-seed は、BHO が傾いて成長しているため、ほぼす べての磁場印加角度において高い J<sub>c</sub>を得た。この結果 から、Sm+BHO-seed は w/o seed と同様に c 軸方向に平 行な BHO ナノロッドが形成されていると考えられる。 以上より、BHO ナノロッドの形成はシード層の表面形 状や配向性などの影響を受けている可能性があると考 えられる。



Figure 1 Cross sectional TEM images of the films



#### 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(19676005, 20686065,23226014 及び 25289358)からの助成及び、 高温超電導コイル基盤技術開発プロジェクトの一環と して、経済 産業 省の委託及びイットリウム系超電導 電力機器技術研究開発の一環として NEDO の委託に より実施したものである

参考文献

- [1] 渡邊 他, 第 88 回 2013 年度秋季 低温工学·超伝導
  学会, 2P-p09(2013)
- [2] 三浦他,第88回2013年度秋季低温工学・超伝導
  学会,2A-a04(2013)