

# 表面処理を施した REBCO 薄膜における非対称臨界電流特性の向上

## Enhanced Asymmetric Critical Current Properties in Surface-Treated REBCO Films

名大工<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, <sup>○</sup>土屋 雄司<sup>1</sup>, 鈴木 啓介<sup>1</sup>, 鶴田 彰宏<sup>2</sup>, 申 ウソク<sup>2</sup>, 一野 祐亮<sup>1</sup>, 吉田 隆<sup>1</sup>

Nagoya Univ.<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Yuji Tsuchiya<sup>1</sup>, Keisuke Suzuki<sup>1</sup>, Akihiro Tsuruta<sup>2</sup>, Woosuck Shin<sup>2</sup>,

Yusuke Ichino<sup>1</sup>, and Yutaka Yoshida<sup>1</sup>

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

### 1. はじめに

超伝導体の新規機能性として、電流方向によって異なる  $J_c$  特性を示す超伝導ダイオードが提案されている[1]。例えば、低温超伝導薄膜や、微細加工を施した  $REBa_2Cu_3O_y$  ( $RE$  は希土類元素、REBCO) 高温超伝導薄膜において非対称  $J_c$  特性が報告されている[2, 3]。我々はこれまで、 $BaHfO_3$  (BHO) を導入した  $SmBa_2Cu_3O_y$  (SmBCO) 薄膜において面内磁場下で非対称  $J_c$  が現れ、その非対称性は薄膜表面が平坦なほど向上することを報告してきた。

本研究では、REBCO 薄膜の表面平坦性を制御する手法として反応性イオンエッチング(Reactive ion etching, RIE)に着目し、REBCO 薄膜に対し RIE を行うことで、表面処理が  $J_c$  非対称性に与える影響について調べた。

### 2. 実験方法

パルスレーザー蒸着法を用いて、BHO を 0-5vol.% 添加した膜厚 600-900 nm の SmBCO 薄膜を  $LaAlO_3$  基板上に作製した。つぎに、RIE 装置を用いて  $CF_4$ ,  $O_2$  雰囲気中で 100-300 W、30-120 分間表面処理を行った。試料を幅 100  $\mu m$ 、長さ 1 mm のブリッジ形状に加工し、直流四端子法によって電圧基準 1  $\mu V/cm$  に対する  $J_c$  非対称性の磁場依存性を測定した。測定には、カンタムデザイン社製 PPMS およびカスタムサンプルパックを用いて、-9 から 9 T の面内磁場下、77 K での  $J_c$  非対称性を測定した。ここで、得られた  $J_c$  のうち磁束へのローレンツ力が薄膜-基板界面から表面方向にはたらく場合を  $J_c^{up}$ 、逆方向を  $J_c^{down}$  とし、非対称性  $Asym.$  を  $Asym. = \Delta J_c / \text{avg}(J_c^{up}, J_c^{down})$  と定義した。

### 3. 実験結果

Fig. 1(a), (b)に、150 W、30 分間の RIE 前後の 5vol.%BHO 添加 SmBCO 薄膜の AFM 像を示す。RIE によって表面の粒子が除去され、直径数十 nm、深さ 2-5 nm の穴が生じた。この際、二乗平均面粗さは、24 nm から 16 nm へ減少した。この結果から、RIE によって REBCO 薄膜の表面平坦性が向上することが示された。

Fig. 2 に、0, 3, 5vol.%BHO 添加 SmBCO 薄膜における非対称性  $Asym.$  の最大値  $Asym.^{max}$  の RIE 強度依存性を示す。全ての添加量に対し、RIE 強度が 150 W のとき非対称性の向上がみられた。この結果は、磁束

量子は薄膜表面の表面バリアが増強されたことを示している。一方、300 W 以上の強度の RIE を施した REBCO 薄膜における  $T_c$  は 77 K 以下に低下した。以上の結果から、RIE による表面処理は、REBCO 薄膜の表面平坦性および  $J_c$  非対称性を向上し、RIE には最適条件があることが示された。

当日は、RIE の最適条件および表面平坦性が表面バリアに与える影響について報告する。

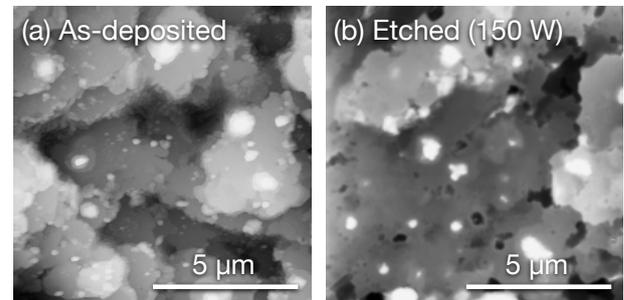


Fig. 1 AFM images of 5vol.%  $BaHfO_3$ -doped  $SmBa_2Cu_3O_y$  films (a) before and (b) after RIE.

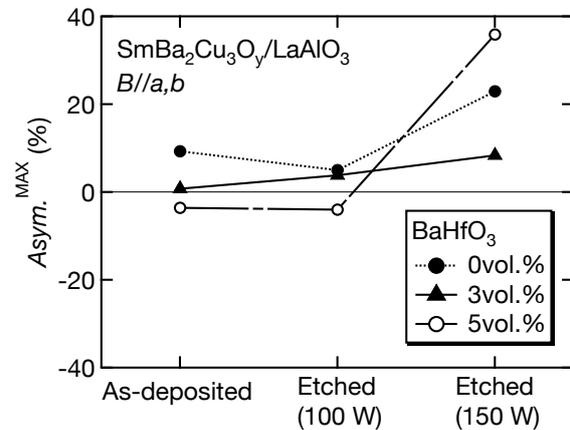


Fig. 2 Etching power dependence of  $Asym.$  in 0, 3, and 5vol.%  $BaHfO_3$ -doped  $SmBa_2Cu_3O_y$  films.

### 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(16K20898)、JST-ALCA、(公)中部電気利用基礎研究振興財団からの助成を受けて実施した。

### 参考文献

- [1] X. G. Jiang *et al.*, Phys. Rev. B **49**, 9244 (1994).
- [2] A. Palau *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 012502 (2012).
- [3] J. Lustikova *et al.*, Nat. Commun. **9**, 8 (2018).