

BaHfO<sub>3</sub>添加SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>薄膜における面内磁場下の臨界電流非対称性の磁場温度依存性Field and Temperature dependences of Asymmetric Critical Current Properties in BaHfO<sub>3</sub>-doped SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> Films under In-plane Magnetic Fields名大工<sup>1</sup>, 愛工大<sup>2</sup>, 〇土屋 雄司<sup>1</sup>, 一野 祐亮<sup>2</sup>, 吉田 隆<sup>1</sup>Nagoya Univ.<sup>1</sup>, Aichi Inst. of Technol.<sup>2</sup>, 〇Yuji Tsuchiya<sup>1</sup>, Yusuke Ichino<sup>2</sup>, and Yutaka Yoshida<sup>1</sup>

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

## 1. はじめに

超伝導体において電流方向によって臨界電流密度  $J_c$  が異なる性質を利用した超伝導ダイオードが提案されている[1]。超伝導ダイオードは、超伝導マグネットへの無線給電や環境電磁波によるエネルギーハーベスティングなど新規分野への応用が期待される。超伝導ダイオードに関する先行研究としては、低温超伝導薄膜の接合系や、微細加工を施した REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> (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、SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> (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 BaHfO<sub>3</sub> (BHO) の導入により向上することを報告してきた。これらの非対称  $J_c$  特性については表面及び基板界面での表面バリアの非対称性が重要であるという考察を行ってきた。しかし、測定温度領域は 77 K 以上の高温が主であり、低温・強磁場中で特性は報告されておらず、薄膜内のバルク磁束ピンニングに関する考察が不十分であった。

そこで本研究では、REBCO 薄膜における非対称  $J_c$  のバルクピンニングの効果を明らかにするため、広い温度磁場範囲で REBCO 薄膜における  $J_c$  非対称性を測定した。

## 2. 実験方法

パルスレーザー蒸着法を用いて、BHO を 3vol.% 添加した膜厚 125-1000 nm の SmBCO 薄膜を LaAlO<sub>3</sub>(001) 基板上に作製した。試料を幅 100 μm、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場基準 1 μV/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 および改造したサンプルパックを用いて、-9 から 9 T の面内磁場下、40-90 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  $J_c^{\text{up}}$ 、逆方向を  $J_c^{\text{down}}$  とし、非対称性  $Asym.$  を  $Asym. = \Delta J_c / \text{avg}(J_c^{\text{up}}, J_c^{\text{down}})$  と定義した。

## 3. 実験結果

Fig. 1 に、3vol.% BHO 添加 SmBCO 薄膜における非対称  $J_c$  の非対称性  $Asym.$  の温度磁場依存性を示す。磁場を反転させると正負反対向きの非対称性が観測された。また、全ての温度磁場領域において、薄膜-基板界面からの量子化磁束が侵入する  $J_c$  の値が相対的

に小さく、薄膜-基板界面における表面バリアが、薄膜表面におけるバリアに比べて小さいことが示唆された。次に 60 K において  $Asym.$  の最大値として 28% を示した。また同温度において、最も広い範囲の磁場(-8 T から 8 T) で有限の非対称性を示した。60 K 以下では非対称性を示す磁場範囲は減少し、かつ最大値も減少した。

非対称  $J_c$  が表面バリアによる磁束ピンニングのみに依存する場合、磁場温度依存性は  $H_{c1}$  に比例するはずである。一方、磁場温度依存性から 60 K 以下の低温において  $J_c$  非対称性が減少した。以上の結果から、 $J_c$  非対称性は表面バリアの差のみでなく、バルクピンニングにより抑制されることが明らかになった。

当日は、BHO 添加効果や、固有ピンニングセンターの磁束ピン力の温度依存性が非対称  $J_c$  に与える影響について報告する。

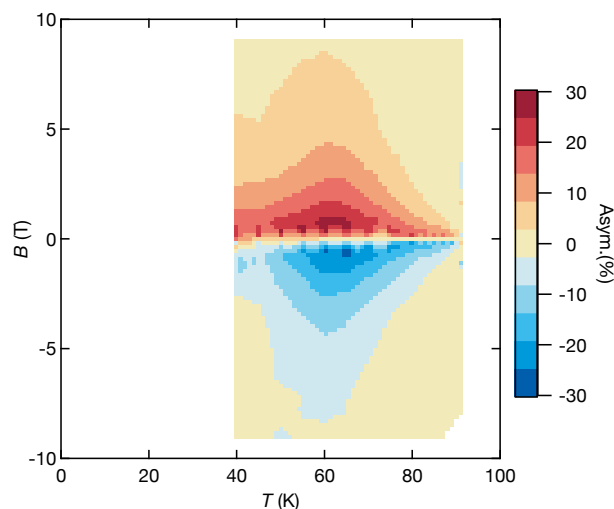


Fig. 1 Field and temperature dependences of asymmetric  $J_c$  in 3vol.% BaHfO<sub>3</sub>-doped SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> films under in-plane magnetic field.

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(16K20898, 20K15217)、JST-ALCA、JST-A-STEP、(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).