異なる $BaHfO_3$ 添加量の $SmBa_2Cu_3O_y$ 超伝導薄膜の面内磁場下における臨界電流の非対称特性

Asymmetric Critical Current Properties in $SmBa_2Cu_3O_y$ Films with Various $BaHfO_3$ Content under In-plane Magnetic Fields

名大工[1]，○鈴木 啓介[1]，土屋 雄司[1]，一野 祐亮[1]，吉田 隆[1]

Nagoya Univ.[1], ○K. Suzuki[1], Y. Tsuchiya[1], Y. Ichino[1], and Y. Yoshida[1]

E-mail: suzuki.keisuke@b.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

$REBa_2Cu_3O_y$(REBCO)高温超伝導線材は、高い臨界温度 T_c と、高い臨界電流密度 J_c を持ち、その応用が期待されている。また、低温環境で用いることができる整流デバイスとして、超伝導ダイオードの研究が行われており、$YBa_2Cu_3O_y$ 薄膜を用いて 25%の整流率が報告されている[1, 2]。超伝導ダイオードの課題として、整流特性及び電流容量の向上が挙げられる。高い整流特性を実現するためには臨界電流 I_c の高い非対称性が必要である。そこで、I_c の決定要因である超伝導体表面からの磁束侵入と内部の磁束運動に着目した。高い非対称性を得るためには、磁束侵入について、超伝導薄膜表面と底面とでの非対称な表面バリアが必要である。また、薄膜内部の磁束運動を制御する構造として、ナノロッドが挙げられる。

本研究では、薄膜表面及び内部構造を制御することで、I_c 非対称性の実現を試みた。表面バリアの非対称性を制御するため、底面の粗さを固定し、薄膜表面について様々な表面粗さ δR の $SmBa_2Cu_3O_y$(SmBCO)薄膜を作製した。また、ナノロッドが I_c 非対称性に与える影響を調べるため、様々な数密度の $BaHfO_3$(BHO)ナノロッドを導入した薄膜の I_c 非対称性評価を行った。

2. 実験方法

パルスレーザー蒸着法を用いて、膜厚を 100 nm から 900 nm の範囲で変化させることで、$LaAlO_3$(100)基板上に様々な δR の薄膜を作製した。膜厚を厚くするのに従って δR が大きくなった。また、3vol.%及び 5vol.%BHO 添加 SmBCO ターゲットを用いた混合ターゲット法によりナノロッド導入試料の作製を行った。薄膜を 100 μm 幅のブリッジ形状に加工し、直流四端子法によって 0 から 9 T の面内磁場下における I_c の磁場依存性を測定した。Fig. 1 に、本実験で得た I-V 特性の典型例を示す。また、内挿図に、試料に対する磁場及び電流方向を示す。磁束にローレンツ力が薄膜底面(基板界面)から表面方向にはたらく場合の I_c を I_c^{up}、これと逆方向の I_c を I_c^{down} とし、I_c 非対称性 $Asy.$ を下記の式で定義した。また、$Asy.$の磁場依存性におけるピーク値を $Asy.^{MAX}$ とした。

$$Asy. = \frac{I_c^{down} - I_c^{up}}{(I_c^{down} + I_c^{up})/2} \times 100 \quad [\%]$$

3. 実験結果、考察

Fig. 2 に、3vol.%及び 5vol.%BHO 添加した SmBCO 薄膜の 77.3 K における $Asy.^{MAX}$ の δR 依存性を示す。3vol.% 及び 5vol.%試料の $Asy.^{MAX}$ はともに、δR の増加に対して減少する傾向が見られた。3vol.%試料については正に最大 39%、5vol.%試料については負に最大-14%の $Asy.^{MAX}$ を得た。このことから、BHO 添加量が I_c 非対称性に寄与することが示唆される。当日は、温度依存性および非対称性向上に有効な薄膜構造について議論する。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(15K14301、16K20898、15K14302)、先端的低炭素化技術開発(JST-ALCA)の助成を受けて行った。

参考文献

[1] F. Ichikawa *et al.,* Physica C **235** (1994) 3095.
[2] S. A. Harrington *et al.,* Appl. Phys. Lett. **95** (2009) 022518.

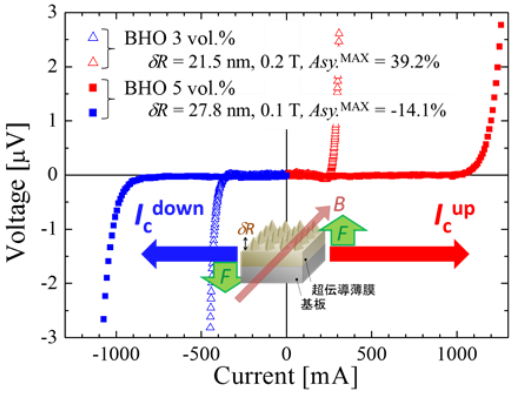

Fig. 1 Asymmetric I-V charactelistics in BHO-doped SmBCO films at 77.3 K, B//ab.

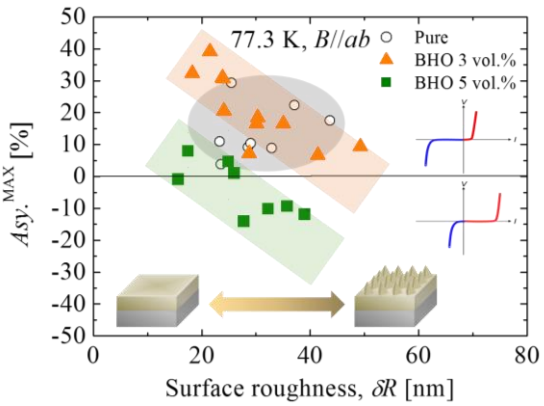

Fig. 2 δR dependences of I_c asymmetricity in SmBCO films with various amount of BHO.