

IBAD-MgO 基板上に作製した BaHfO₃ 添加 GdBa₂Cu₃O_y 薄膜の磁場中 J_c 向上 Improvement of J_c in magnetic fields of BaHfO₃ doped GdBa₂Cu₃O_y thin films on IBAD-MgO substrates

名大工¹, ISTECSRL², JFCC³ 樋川 一好¹, 吉田 隆¹, 一野 祐亮¹,
吉積 正晃², 和泉 輝郎², 塩原 融², 加藤 丈晴³

Nagoya Univ.¹, Superconductivity Research Lab.², JFCC³, Kazuyoshi Hikawa¹, Yutaka Yoshida¹,
Yusuke Ichino¹, Masateru Yoshizumi², Teruo Izumi², Yuh Shiohara², Takeharu Kato³,
E-mail: hikawa-kazuyosi12@ees.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】

GdBa₂Cu₃O_y (GdBCO) 薄膜は内部に積層欠陥などが多く存在し、これらがピンニングセンターとして働くことで磁場中において YBa₂Cu₃O_y (YBCO) より高い J_c を示すことが報告されている^[1]。また、GdBCO 薄膜に BaHfO₃ (BHO) を添加した試料において、膜厚に対する磁場中 J_c の低下が少ないことが報告されており^[2]、これらの理由から応用に向けて研究が盛んに行われている。このように高い J_c が報告されている GdBCO+BHO の特性をさらに向上させることを目的として、Gd/Ba 置換量、成膜温度、BHO 添加量の最適化について検討した。本研究では IBAD-MgO 基板上に BHO を導入した GdBCO 薄膜を作製することで、磁場中超伝導特性の評価及び BHO の微細構造観察を行った。

【実験方法】

BHO を導入した GdBCO 薄膜は IBAD-MgO 基板上に KrF エキシマレーザーを用いたパルスレーザー蒸着法により、基板温度 780 °C、酸素分圧 53 Pa、ターゲット - 基板間距離 60 mm、繰り返し周波数 10 Hz の条件の下で作製した。また、BHO の導入方法は GdBCO 焼結体上に扇状に加工した薄い BHO 焼結体を乗せて成膜を行う修飾ターゲット法を用いた。本研究では、扇状の BHO の角度及び乗せる個数を変化させることで、BHO の添加量を 0.5 - 3.3 vol.% の間で制御を行った。膜厚は約 210 nm とした。

作製した薄膜は結晶構造を X 線回折(XRD)法で、超伝導特性は直流四端子法を用いて評価を行った。また薄膜の微細構造観察に透過電子顕微鏡(TEM)を用いた。

【実験結果及び考察】

Fig. 1 に 77 K における $B//c$ 方向に対する J_c の磁場依存性を示す。挿入図は BHO 添加量に対する T_c 及び自己磁場における J_c (J_c^{self}) である。BHO 添加量の増加とともに T_c は 92.6 から 87.3 K へ、 J_c^{self} は 4.7 から 0.9 MA/cm² へと低下する傾向を示した。また J_c の磁場依存性は、BHO を添加したすべての薄膜において J_c の低下が少ない平坦な部分を確認できる。これは BHO が薄膜中で c 軸相関ピンとして働いているためと考えられる。また、平坦な部分は BHO の添加量を増加させるにしたがって広くなり、2.9 vol.% を添加した薄膜においては 7 T 付近まで広がった。YBCO+BaSnO₃ 薄膜ではこの広がりが 3 T 付近までであることから^[3]、本研究の試料は高磁場で高いピンニング力を有しているために広い平坦領域が得られたと推察される。

Fig. 2 に 1.5 vol.% を導入した薄膜の TEM 観察像を

示す。BHO がナノロッドとして成長していることが確認され、そのナノロッドは基板から膜表面まで切れずに直線状に成長していた。ナノロッドの半径は約 4.4 nm、数密度は約 9.5×10^{10} /cm²、間隔は約 32 nm である。

以上、各種条件の最適化によって高磁場において高い J_c が得られた。今後このような特性が出た理由を不可逆磁場などから考察する。

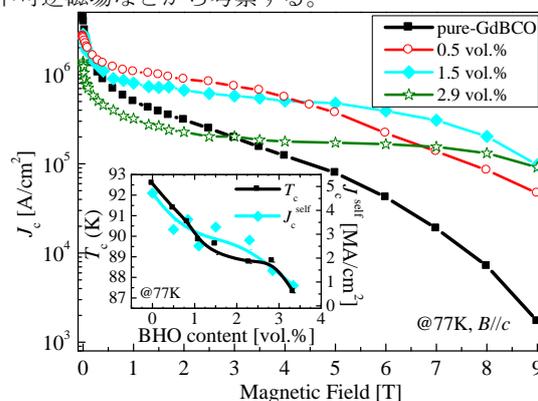


Fig. 1 Magnetic field dependence of J_c for the BHO-doped - GdBCO thin films. Inset shows BHO content dependence of T_c and J_c^{self} .

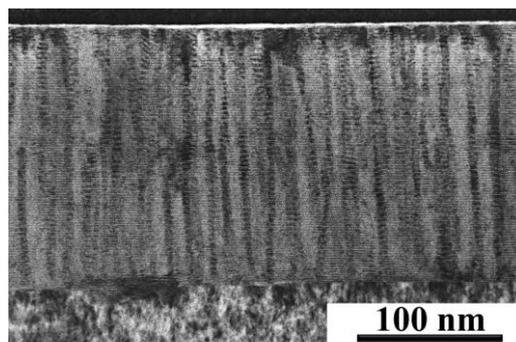


Fig. 2 Cross-sectional TEM image of the 1.5 vol.% - BHO - doped - GdBCO thin films.

【謝辞】

本研究の一部は、科学研究費補助金(23226014, 19676005)からの助成及び、ISTEC を通じて NEDO から委託を受けて実施したものである。

【参考文献】

- [1] K. Takahashi, *et al.*: Supercond. Sci. Technol. vol. 18 1118 (2005)
- [2] H. Tobita, *et al.*: Supercond. Sci. Technol. vol. 25 062002 (2012)
- [3] P. Mele, *et al.*: Supercond. Sci. Technol. vol. 21 125017 (2008)