

# 基板自己加熱方式による PLD 法を用いた $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 線材の厚膜化

## Thickening of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ coated conductors by PLD method with self-heating technique of metal substrate

名大工<sup>1</sup>, °佐藤 航<sup>1</sup>, 土屋 雄司<sup>1</sup>, 一野 祐亮<sup>1</sup>, 吉田 隆<sup>1</sup>

Nagoya Univ.<sup>1</sup>, °Wataru Sato<sup>1</sup>, Yuji Tsuchiya<sup>1</sup>, Yusuke Ichino<sup>1</sup>, Yutaka Yoshida<sup>1</sup>

E-mail: sato.wataru@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

### 1. はじめに

$\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  (REBCO) 線材の実用化に向けて、より高い臨界電流  $I_c$  が求められている。 $I_c$  を向上させるためには、臨界電流密度  $J_c$  を維持した膜厚増加が必要不可欠である。しかし、膜厚増加に伴い、 $a$  軸配向粒が発生し、 $J_c$  は低下する<sup>[1]</sup>。 $a$  軸配向粒の発生は成膜時における膜表面温度の低下に起因するため、基板の加熱方法が見直され、様々な方法が提案されている。基板の加熱方法の1つとして基板自己加熱 (Self-Heating : S-H) 方式がある<sup>[2]</sup>。S-H 方式とは金属基板に直接通電することにより、基板が自己加熱する方式である。S-H 方式は、ヒーターで基板を加熱する従来の加熱方式に対して、高速な熱応答をし、高い熱効率を持つことが報告されている<sup>[2]</sup>。

本研究では、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  (YBCO) 線材の厚膜化にともなう  $I_c$  増加を研究目的として、自己加熱方式によって基板温度をフィードバック制御し、表面温度低下の抑制を試みた。

### 2. 実験方法

自己加熱方式で加熱した IBAD-MgO 基板の上に Pulsed Laser Deposition (PLD)法を用いて YBCO 厚膜を作製した。熱電対を基板に取り付け、成膜時の熱電対温度  $T_{TC}$  が一定となるように PID 制御をおこなった。比較のために PID 制御なしでも成膜を行った。 $T_{TC} = 758$  及び  $783^\circ\text{C}$ 、酸素分圧  $P_{O_2} = 200$  mTorr、ターゲット表面のレーザーエネルギー密度  $E = 1.5$  J/cm<sup>2</sup> の条件下で、膜厚が  $0.9 - 8.6$   $\mu\text{m}$  の線材を作製した。電気特性を測定する前に、 $400^\circ\text{C}$  で酸素アニールを行った。薄膜の結晶配向性評価には X 線回折 (X-ray diffraction: XRD) 法、膜厚の算出には高周波誘導結合プラズマ (Inductively Coupled Plasma : ICP) 発光分光分析法を用いた。 $I_c$  及び  $J_c$  は直流四端子法を用いて測定した。

### 3. 実験結果及び考察

Fig. 1 に  $a$  軸配向粒混在率の膜厚依存性を示す。 $a$  軸配向粒混在率は YBCO(005) 面に対する YBCO(200)面の XRD 強度比から算出した。PID 制御を行うことにより、 $a$  軸配向粒の発生が抑制されていることが分かる。Fig. 2 に  $I_c$  の膜厚依存性を示す。PID 制御により、厚膜化における  $I_c$  の増加が確認できた。 $T_{TC} = 758^\circ\text{C}$  における膜厚が  $4.9$   $\mu\text{m}$  の YBCO 線材の  $I_c$  及び  $J_c$  は  $1085$  A/cm-width、 $2.2$  MA/cm<sup>2</sup> (77K, Self-field) であった。

一方で、 $4.9$   $\mu\text{m}$  以上の膜厚で  $I_c$  が飽和した。これは、厚膜化に伴い発生した  $a$  軸配向粒による dead layer が生成されたためであると考えられる。

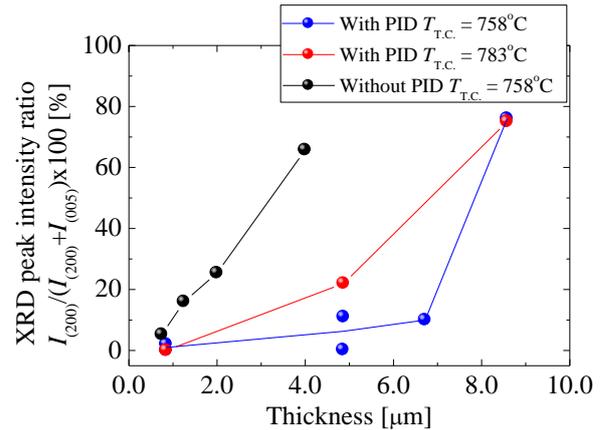


Fig. 1 Thickness dependence of XRD intensity ratio of  $I_{(200)} / (I_{(200)} + I_{(005)})$  depending on  $T_{TC}$ . Constant sample is not used by PID control.

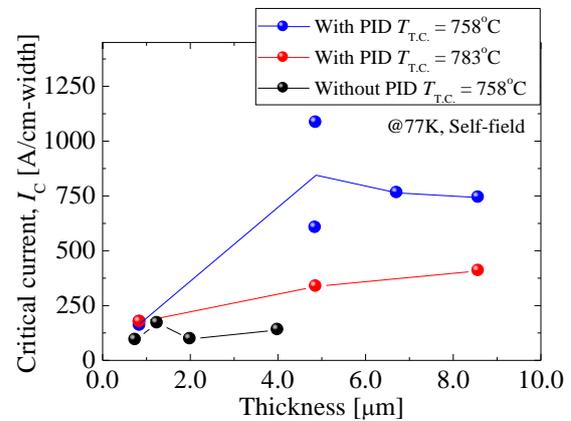


Fig. 2 Thickness dependence of  $I_c$  depending on  $T_{TC}$ .

当日、無添加 YBCO 厚膜についての微細組織と、磁場中特性向上を目的とした  $\text{BaHfO}_3$  添加 YBCO 厚膜における磁場中  $J_c$  特性についても報告する。

### 謝辞

本研究の一部は、JST-ALCA からの助成を受けて実施したものである。IBAD-MgO テープに関して、産総研 和泉輝郎氏、衣斐頭氏および町敬人氏の御協力を得た。

### 参考文献

- [1] L. Zeng *et al.*, J. Appl. Phys. **112** (2012) 053953
- [2] G. Majkic *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. **25** (2015) 3
- [3] A. Ibi *et al.*, Physica C, **445** (2006) 525