

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

Deposition 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¹, °佐藤 航¹, 土屋 雄司¹, 一野 祐亮¹, 吉田 隆¹

Nagoya Univ.¹, °Wataru Sato¹, Yuji Tsuchiya¹, Yusuke Ichino¹, Yutaka Yoshida¹

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

1. はじめに

近年では $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (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。線材の I_c を向上させるためには、高い臨界電流密度 J_c を維持しながら膜厚を増加させていくことが必要不可欠である。しかし、膜厚が増加するにしたがって、 a 軸配向粒が発生し、 J_c は低下することが報告されている^[1]。 a 軸配向粒の発生は成膜時における薄膜の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、様々な方法が検討されている。基板の加熱方法の1つとして自己加熱方式が挙げられる^[2]。自己加熱方式とは金属基板に通電し、基板の持つ抵抗によってジュール熱を発生させることで、基板を加熱する方式である (Fig.1)。自己加熱方式は、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知られている^[2]。

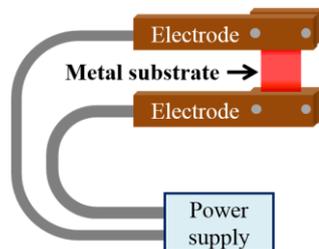


Fig. 1 Schematic drawing of self-heating system of a metal substrate by using Joule heat due to the electric resistance of the metal substrate.

本研究では、REBCO の厚膜化にともなう a 軸配向粒の発生を抑制することを研究目的として、自己加熱方式によって基板を加熱し、Pulsed laser deposition (PLD) 法を用いて、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 線材を作製し、 a 軸配向粒混在率の評価をおこなった。

2. 実験方法

自己加熱方式で加熱した IBAD-MgO 基板上に PLD 法を用いて $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 薄膜を作製した。基板温度は放射温度計を用いて成膜直前に測定した。 $T_s = 850^\circ\text{C}$ 、酸素分圧 $P_{\text{O}_2} = 200 - 400$ mTorr、ターゲット表面のレーザーエネルギー密度 $E = 1.0 - 2.0$ J/cm² の条件下で、膜厚が約 400 nm の薄膜を作製した。また、 $P_{\text{O}_2} = 400$ mTorr、 $E = 1.5$ J/cm² において、IBAD-MgO 基板に流す電流を 5 分ごとに増加させ、その増加量 $\Delta I = 0.0 - 0.6$ A/5 min の条件下で、膜厚 1 μm 程度の厚膜を作製した。

3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に膜厚が約 400 nm の薄膜における P_{O_2} と E を変化させた際の a 軸配向粒混在率を示す。

Fig. 2 より、 P_{O_2} と E を最適化することによって、 a 軸配向粒混在率が抑制されることを確認できた。また、 a 軸配向粒混在率が最も少なかった $P_{\text{O}_2} = 400$ mTorr、 $E = 1.5$ J/cm² の条件下で作成した線材は、 $J_c = 4.0$ MA/cm² (77K, 0T) であった。

また、Fig. 3 に $P_{\text{O}_2} = 400$ mTorr、 $E = 1.5$ J/cm² の条件下で、膜厚約 1 μm の厚膜を成膜したときの ΔI と a 軸配向粒混在率の関係を示す。Fig. 3 より、 ΔI を増加させることで、厚膜においても a 軸配向粒混在率が抑制されることを確認できた。

以上の結果より、自己加熱方式を用いることによって、厚膜における a 軸配向粒の発生が抑制が可能であると考えられる。

当日は、異なる膜厚や ΔI の a 軸配向粒混在率及び J_c についての考察を行う。

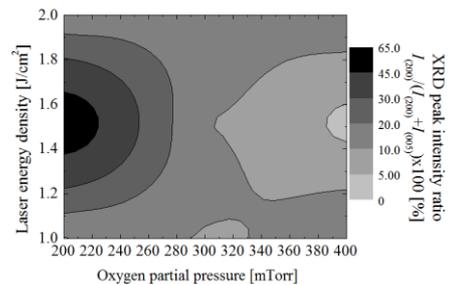


Fig. 2 Contour plot of XRD peak intensity ratio of $I_{(200)} / (I_{(200)} + I_{(005)})$ depending on oxygen partial pressure and laser energy density at $T_s = 850^\circ\text{C}$.

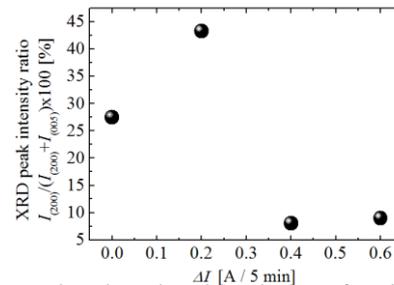


Fig. 3 a -axis oriented grain ratio as a function of ΔI which means increment in heating current flowing to an IBAD tape every five minutes.

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金(16K20898)、JST-ALCA 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、衣斐顕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)