

Reel-to-Reel システムを用いた Vapor-Liquid-Solid 成長法による YBa₂Cu₃O_y 線材の作製

Fabrication of YBa₂Cu₃O_y coated conductor
by Vapor-Liquid-Solid growth technique using Reel-to-Reel system

○安田 健人 伊東 智寛, 土屋 雄司, 一野 祐亮, 吉田 隆(名大)
○Yasuda Kento, Ito Tomohiro, Tsuchiya Yuji, Ichino Yusuke, Yoshida Yutaka(Nagoya Univ.)
E-mail: yasuda.kento@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

REBa₂Cu₃O_y(REBCO, RE=Y, Sm etc.)超伝導線材の低コスト化のためには、作製速度の高速化が必要とされる。しかし、パルスレーザ蒸着(Pulsed Laser Deposition:PLD)法を用いた場合、成膜速度の増加に伴い *a* 軸相が成長する。そこで、我々は PLD 法を用いた液相成長法である Vapor-Liquid-Solid (VLS)成長法を用いることにより、結晶配向性を良好に保ち、かつ高速成膜が可能であることを確認した[1][2]。しかし、これまでの報告は静止系での報告であり、産業応用のためには基板を動かしながら成膜する移動系による長尺化が必要不可欠である。VLS 成長法では、Solid、Liquid と Vapor の三層積層が必要であるが、移動系においては liquid layer は一旦成膜温度以下に下がるため、Vapor からの原料供給時にその liquid layer を融解させる必要がある。

本研究では、移動系における VLS 成長法を用いた YBCO 線材の作製を目的とし、Liquid layer の融解評価及び、各層膜厚に対する臨界電流密度(*J_c*)を評価した。

2. 実験方法

VLS-YBCO 線材は、IBAD-MgO 基板上に PLD 法を用いて作製した。まず、CeO₂ 中間層上に Solid layer として、YBCO 薄膜を基板温度 *T_s* = 880°C、酸素分圧 *P_{O2}* = 53 Pa、レーザーエネルギー密度 *E* = 2.6 J/cm² 線材移動速度 *v_s* = 1.8, 2.7 m/h で作製し、その際の膜厚はそれぞれ約 300, 400 nm であった。その後、Solid layer 上に Liquid layer として Ag₂O を 10wt.% 添加した Ba₃Cu₇O₁₀ ターゲットを用いて *P_{O2}* = 200 Pa、*T_s* = 880°C、*E* = 3.3 J/cm²、膜厚 50-100 nm で作製した。最後に、Liquid Layer に YBCO ターゲットを用いて Vapor phase を介した原料供給を行った。Vapor phase の作製条件は、*P_{O2}* = 200 Pa、*T_s* = 950°C、*E* = 3.3 J/cm²、*v_s* = 1.8 m/h、膜厚 1.5 μm である。VLS-YBCO 線材の Liquid layer の融解評価は、以下の方法で行った。Liquid layer の蒸着後、基板をヒータから待避させた後、*v_s* = 1.8, 3.6 m/h の速度でヒータに近づけた。その状態で基板を急冷し、X 線回折(X-ray diffraction : XRD)法を用いて評価した。液相が融解しない場合、BaCuO₂ (600) 面のピークが現れるのに対し、液相が融解した場合、一度液相になった後急冷され固化することでアモルファスとなりピークが現れないことを利用した。

3. 実験結果及び考察

Fig. 1 に *v_s* = 1.8 及び 3.6 m/h でヒータに近づけた VLS-YBCO 線材の XRD パターンを示す。*v_s* = 3.6 m/h の場合、BaCuO₂ (600) 面のピークが現れている

ことが分かる。これは、*v_s* が大きいことで基板温度がヒータ温度に追従しなくなり、液相が融解しなかったためと考えられる。一方で、*v_s* = 1.8 m/h の場合、BaCuO₂ (600) 面のピークが見られないことから、融解し Liquid layer が生成していると考えられる。

Fig. 2 に VLS-YBCO 移動系線材の各層膜厚に対する *J_c* を示す。Solid layer の膜厚を薄くすることで *a* 軸や析出物が少ない種結晶からの成長が促進されたと考えられる。また、液相を最適膜厚にすることによって seed layer のメルトバックや気相成長が抑制され、結晶配向性の良好な薄膜が作製されたことで高い *J_c* を示したと考えられる。

当日は、BHO 添加した VLS-YBCO 移動系線材の磁場中特性についても発表を行う予定である。

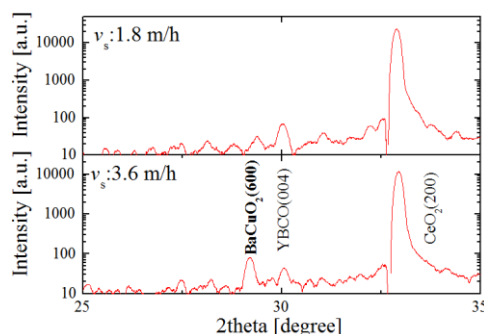


Fig. 1 X-ray diffraction patterns of VLS-YBCO thin films approaching the heater at a speed of 1.8 and 3.6 m/h.

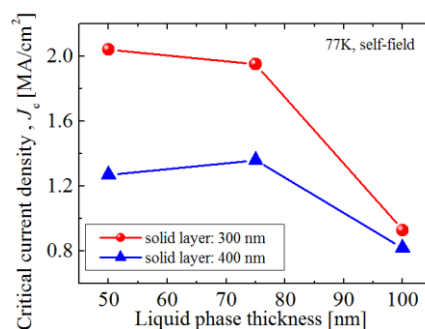


Fig. 2 Liquid layer thickness dependence of *J_c* at each solid layer thickness.

謝辞

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。研究の一部は、科学研究費補助金(16H04512,16K20898)及びJST-ALCAからの助成を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] Y. Ichino *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. **45** (2006) 758-760
- [2] T. Ito *et al.*: The 96th CSJ Spring Meeting 2018