Vapor-Liquid-Solid 成長法を用いて高速作製した $BaHfO_3$ 添加 $YBa_2Cu_3O_y$ 線材の結晶配向性と超伝導特性

Crystallinities and Superconducting Properties of thickened $BaHfO_3$-doped $YBa_2Cu_3O_y$ Coated Conductors in High Deposition Rate prepared by Vapor-Liquid-Solid Growth technique

名大工[1]，電中研[2] 東北大金研[3] ○伊東 智寛[1]，安田 健人[1]，土屋 雄司[1]，一野 祐亮[1]，一瀬 中[2]，淡路 智[3]，吉田 隆[1]
Nagoya Univ.[1], CRIEPI[2], Tohoku Univ.[3]
○Tomohiro Ito[1], Kento Yasuda[1], Yuji Tsuchiya[1], Yusuke Ichino[1], Ataru Ichinose[2]
Satoshi Awaji[3], Yutaka Yoshida[1]
E-mail: ito.tomohiro@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

$REBa_2Cu_3O_y$(REBCO, RE = Rare Earth)高温超伝導線材の幅広い応用には、線材作製の高速化及び磁場中特性向上が必要不可欠である。高速化を達成するため、気相法であるパルスレーザー堆積(Pulsed Laser Deposition：PLD)法と液相エピタキシーを組み合わせた Vapor-Liquid-Solid(VLS)成長法と呼ばれる手法が考案され[1]、我々はこの VLS 成長法を用いた REBCO 線材の高速成膜及び高結晶配向性に関する様々な報告を行ってきた[2][3]。また、磁場中特性向上のためには、人工ピンニングセンター(artificial pinning center : APC)導入が必要不可欠であるが、VLS 成長法における APC 導入の報告例は少ない。我々は、成膜速度 26.0 nm/sec の高速成膜において膜厚 1.4 μm の $BaHfO_3$(BHO)添加 $YBa_2Cu_3O_y$(YBCO)の作製を行い、BHO 無添加と比較して磁場中特性が向上することを報告した[4]。

本研究では、磁場中において高い臨界電流 I_c を持つ REBCO 線材を高速に成膜することを目的とした。その手法として、VLS 成長法を用いて BHO 添加 YBCO 線材を 1.4 μm から 4.2 μm へ厚膜化を行い、結晶配向性及び磁場中超伝導特性の評価を行った。

2. 実験方法

BHO 添加 YBCO 線材は、IBAD-MgO 基板上に PLD 法を用いて作製した。まず、 CeO_2 中間層上に Solid 層として、YBCO に BHO を 3 vol.%添加した焼結体をターゲットとして使用し、BHO 添加 YBCO 薄膜を基板温度 T_s = 850ºC、酸素分圧 P_{O2} = 53 Pa、 膜厚 200 nm で作製した。その後、Liquid 層として、ターゲットに Ag_2O を 10 wt.%添加した $Ba_3Cu_7O_{10}$ (BCO)焼結体を使用し、BCO 薄膜を T_s = 850ºC、P_{O2} = 200 Pa、膜厚 50 nm で作製した。最後に vapor 層として solid 層と同様のターゲットを用い T_s = 930ºC、P_{O2} = 200 Pa、膜厚 1.4 – 4.2 μm で作製した。

結晶配向性の評価は、X 線回折(X-ray diffraction : XRD)法を用い *a* 軸配向粒混在率及び YBCO(006)面の半値全幅(Full Width at Half Maximum : FWHM)を評価した。また超伝導特性は、PPMS(Physical Property Measurement System)を用いて四端子法により測定を行い、I_c 算出における電界基準は 1 μV/cm とした。

3. 実験結果と考察

Fig. 1 に 1.4, 2.8 及び 4.2 μm と膜厚を変化させた時の *a* 軸配向粒混在率及び YBCO(006)面の FWHM の変化を示す。成膜速度は 26.0 nm/sec と一定にした。。Fig. 1 より膜厚を 4.2 μm まで増加させても *a* 軸配向粒生成が抑制され、FWHM 値は膜厚増加と共に減少することを確認した。次に Fig. 2 に 77 K において、印可磁場に対する I_c[A/cm-w]を示す。膜厚増加に伴って I_c が向上し、1 T において 4.2 μm は I_c が 175 A/cm-w へ、3 T において 63 A/cm-w へそれぞれ向上した。また厚膜化に従い、3 T 以下の低磁場においてプラトーな領域が拡大することを確認した。これらの結果から、VLS 成長法を用いることで 26.0 nm/sec の高速成膜かつ厚膜を行っても高結晶配向性・高超伝導特性が維持されることを確認した。

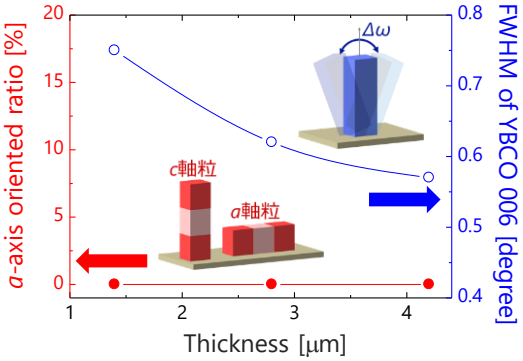

Fig. 1 Thickness dependence of *a*-axis oriented ratio and FWHM of YBCO 006.

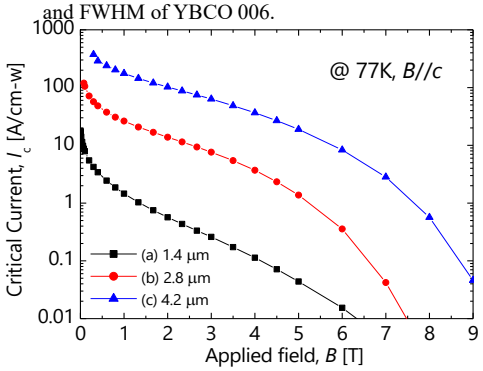

Fig. 2 Applied Magnetic Field dependence of I_c of (a) 1.4 μm (b) 2.8 μm and (c) 4.2 μm thickened films.

当日は 9T 以上の高磁場超伝導特性また断面 TEM 像により厚膜化 YBCO 内に導入された BHO の形状評価について発表を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金（16H04512, 16K20898）、JST-ALCA 及びパワーアカデミーの助成を受けて実施したものである。また、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] Y. Yoshida *et al.*: Appl. Phys. Lett., **69** (1996) 845 – 847.
[2] Y. Ichino *et al.*: Jpn. Appl. Phys., **45** (2006) 758 – 760.
[3] S. Funaki *et al.*: Physica C, **469** (2009) 1414 - 1417.
[4] T. Ito *et al.*: The 66th JSAP Spring Meeting 2019.

© 2019年 応用物理学会