

Vapor-Liquid-Solid 成長法を用いて作製された YBa₂Cu₃O_y 線材における臨界電流の BaHfO₃ 添加量依存性

BaHfO₃ contents dependence of Critical Current of YBa₂Cu₃O_y, 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, CRIEPI², Tohoku Univ.³

○Tomohiro Ito¹, Kento Yasuda¹, Yuji Tsuchiya¹, Yusuke Ichino¹, Ataru Ichinose²
Satoshi Awaji³, Yutaka Yoshida¹

E-mail: ito.tomohiro@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

REBa₂Cu₃O_y(REBCO, RE = Rare Earth)高温超伝導線材の低コスト化実現において、線材作製の高速化が必要である。我々は、気相法と液相エピタキシー(Liquid Phase Epitaxy : LPE)法両方の特徴を持つ Vapor-Liquid-Solid(VLS)成長が有機金属気相成長(Metalorganic Chemical Vapor Deposition : MOCVD)法を用いて作製した YBa₂Cu₃O_y(YBCO)薄膜で生じていることを明らかにした[1]。また、線材作製高速化のために、この VLS 成長を利用した高速成膜の検討も行ってきた[2][3]。一方、REBCO 線材の機器応用には線材作製高速化の他に磁場中特性向上が不可欠である。磁場中特性向上には人工ピンニングセンター(artificial pinning center : APC)導入が必要であるが、VLS 成長法における APC 導入例は少ない。これまでに我々は、成膜速度 26.0 nm/sec の高速成膜において膜厚 1.4 μm の BaHfO₃(BHO)添加 YBa₂Cu₃O_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。しかし機器応用のためには更なる臨界電流 I_c の向上が必要である。

以上を踏まえ本研究では、磁場中における高 I_c 化を目的として、VLS 成長法を用いて BHO 添加 YBCO 線材を既報の 1.4 μm から 4.2 μm へ厚膜化を行い、微細構造観察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、CeO₂ 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 $T_s = 850^\circ\text{C}$ 、酸素分圧 $P_{\text{O}_2} = 53 \text{ Pa}$ 、膜厚 200 nm で作製した。その後、Liquid 層として、ターゲットに Ag₂O を 10 wt.% 添加した Ba₃Cu₇O₁₀ (BCO)焼結体を使用し、BCO 薄膜を $T_s = 850^\circ\text{C}$ 、 $P_{\text{O}_2} = 200 \text{ Pa}$ 、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 $T_s = 930^\circ\text{C}$ 、 $P_{\text{O}_2} = 200 \text{ Pa}$ 、膜厚 1.4 – 4.2 μm で作製した。

作製した線材の微細組織は、透過型電子顕微鏡(Transmission Electron Microscope : TEM)及びエネルギー分散型 X 線分析(Energy dispersive X-ray spectrometry : EDX)を用いて観察を行った。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 において、BHO 添加の 4.2 μm 線材における断面 TEM 像及び EDX マッピング図を示す。断面 TEM 像より VLS 成長法を用いた BHO ナノロッドの成長が確認されたが、BHO ナノロッド成長層と非成長層が交互に積層した構造が見られ、ナノロッドが断続的に成長していることを確認した。また EDX マッピング図により、BHO 非成長層の直下において Hf 偏析を確認しているが、Hf 偏析及び偏析層上における BHO 非導

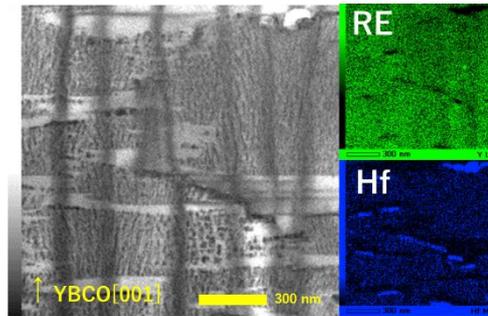


Fig. 1 TEM image and EDX image of VLS-YBCO CCs with 4.2 μm

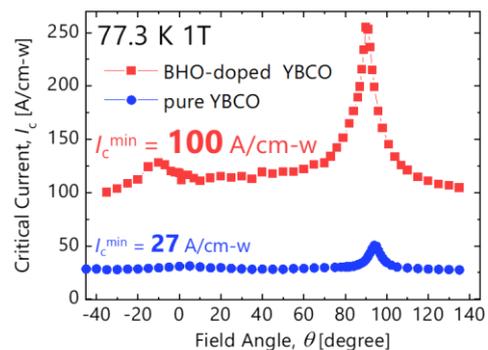


Fig. 2 Field angle dependence of I_c of BHO-doped YBCO and pure YBCO films with 4.2 μm.

入層生成の原因については調査中である。

Fig. 2 において、4.2 μm 線材の 77.3 K, 1 T における I_c の磁場印加角度依存性を示す。BHO 添加線材は無添加線材と比較し、 I_c が等方的に向上することを確認し、 I_c の最小値は 27 A/cm-w から 100 A/cm-w へ向上することを確認した。 I_c 向上の理由として、酸素アニール時、転位や欠陥が少ない VLS 成長した薄膜は酸素拡散が遅いが、薄膜内に欠陥(BHO)を導入することにより、酸素拡散が促進され I_c が向上したと考えられる。当日は、様々な BHO 添加量における YBCO 線材の微細構造組織及び磁場中特性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 (19K22154)、JST-ALCA、JST-A-STEM、NEDO 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、産業技術総合研究所の和泉輝郎氏、衣斐顕氏及び町敬人氏から御協力を得た。

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.