

生体材料鋳型による $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ マイクロ/ナノワイヤの合成と評価

Synthesis and characterization of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ micro- and nano-wire using bio templates

○松本裕介¹, 的場正憲¹, 海住英生², 西井準治², Simon R. Hall³, 神原陽一¹

(1. 慶大理工, 2. 北大電子研, 3. Univ. of Bristol)

○Yusuke Matsumoto¹, Masanori Matoba¹, Hideo Kaiju², Junji Nishii², Simon R. Hall³, Yoichi Kamihara¹

(1. Keio Univ., 2. Hokkaido Univ., 3. Univ. of Bristol)

E-mail: yusukematsumoto@keio.jp

1. 背景

銅酸化物超伝導体は結晶構造中にペロブスカイト関連構造を有し、ランタノイド等からなるキャリアブロック層と CuO_2 面からなる電気伝導層の2種類の層が交互に積み重なって構成される層状構造を取る[1]. 高温超伝導体多結晶の臨界電流密度(J_c)は多結晶を構成する微結晶の粒界接合の形状により J_c が大きく変化する. そのため単結晶であることが望ましい.

我々は多糖類の構造を鋳型 (バイオテンプレート) として用いた $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO) マイクロ/ナノワイヤの合成を行い、その構造を評価した.

2. 方法

$\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Strem Chemicals), $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (Sigma Aldrich), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ (Sigma Aldrich) を化学量論比で秤量し、純水と混合した. 混合した溶液中に、マイクロワイヤ[2]の場合は Dextran: $\text{H}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x\text{OH}$ (Sigma Aldrich), ナノワイヤ[3]の場合は Chitosan: $(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_4)_n$ (Sigma Aldrich) をそれぞれ分散させた溶液を作製し、熱処理を施すことで試料を得た.

X 線回折装置 (XRD: Rigaku, RINT-2500V) を用いて結晶相の同定を行った. 走査型電子顕微鏡 (SEM: Hitachi, TM3030Plus Miniscope), 透過型電子顕微鏡 (TEM: FEI, Tecnai F20) により構造を観察した. エネルギー分散型 X 線分析 (EDX: Bruker nano GmbH, Quantax 70, Oxford Instruments, X-Max 80T) により化学組成を評価した. 輸送現象測定を目的として収束イオンビーム (FIB: JEOL, JIB-4600F/HKD) による加工を施した.

3. 結果と考察

SEM と TEM で得た電子線像を Fig. 1 に示す. Dextran による試料はワイヤ状の構造が確認された. Chitosan による試料はマイクロワイヤより伸びる突起状の長尺方向 150 nm 程度のナノ構造が確認された. ナノワイヤはマイクロワイヤ状の YBCO から Vapor-Liquid-Solid (VLS) 成長[3]を経て得られた.

XRD パターンを Fig. 2 に示す. いずれの試料も主相は $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ である. Fig. 2 の Inset よりナノワイヤは正方晶, マイクロワイヤは斜方晶である. $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ は酸素欠損により結晶構造が変化し $\delta < 0.5$ で斜方晶, $\delta > 0.5$ で正方晶となる[4, 5]. 即ち, ナノワイヤの酸素量は, マイクロワイヤに比べ少ない. ナノワイヤの長さは, 熱処理時間と相関があると考えられる.

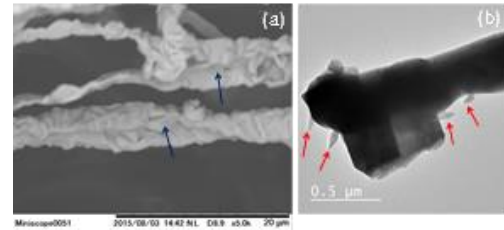


Fig. 1 Images of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (a) micro-wire and (b) nano-wire. Blue arrows denote the micro-wire and red arrows denote the nano-wire.

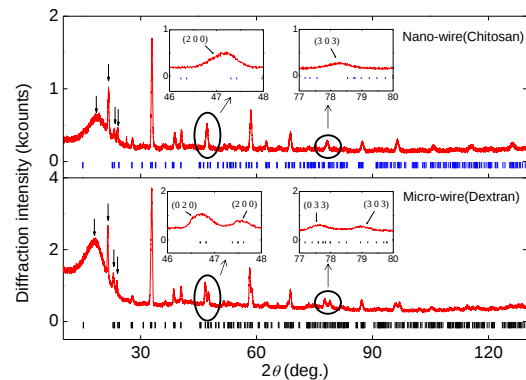


Fig. 2 XRD patterns for $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ nano-wire and micro-wire. Vertical bars denote the calculated positions of Bragg diffractions for tetragonal (Blue) and orthorhombic (Black). Black arrow denote the peak of Vaseline.

4. まとめ

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ マイクロ/ナノワイヤを合成し、走査型電子顕微鏡及び透過型電子顕微鏡を用いて観察した. ナノワイヤはマイクロワイヤと比べ酸素欠損量が増加し、斜方晶から正方晶に変化した. マイクロワイヤはワイヤ状の構造が確認できた. ナノワイヤの長さや熱処理時間の相関は、今後検討する.

学会では輸送現象測定のための試行を紹介する.

参考文献

- [1] P. Benzi, *et al.*, J. Cryst. Growth **269**, 625 (2004).
- [2] D. Walsh, *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **22**, 015026 (2009).
- [3] S. R. Hall, Adv. Mater. **18**, 487 (2006)
- [4] H. Shimada, *et al.*, Japan Ceramics Academy **96**, 401 (1988) (In Japanese).
- [5] P. Burlet, *et al.*, Physica C **153**, 1115 (1988).