

## 酸素量を制御した $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ の二軸磁場配向と双晶組織 II Biaxial magnetic alignment and twin microstructures of $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ with various oxygen contents II

京都先端科学大<sup>1</sup>, 電中研<sup>2</sup>, 青学大<sup>3</sup>, 足立 伸太郎<sup>1</sup>, 一瀬 中<sup>2</sup>, 木村 史子<sup>1</sup>, 下山 淳一<sup>3</sup>, 堀井 滋<sup>1</sup>  
Kyoto Univ. Adv. Sci (KUAS)<sup>1</sup>, CRIEPI<sup>2</sup>, Aoyama Gakuin Univ.<sup>3</sup>,

S. Adachi<sup>1</sup> (adachi.shintaro@kuas.ac.jp), A. Ichinose<sup>2</sup>, F. Kimura<sup>1</sup>, J. Shimoyama<sup>3</sup>, and S. Horii<sup>1</sup>

銅酸化物高温超伝導体の臨界電流特性を強化するために、結晶組織の緻密化と並んで三軸結晶配向が重要である。我々のグループでは結晶組織を三軸配向させた高温超伝導材料を作製するための方法として、間欠回転磁場を用いた  $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  (RE123)の磁場配向に着目している。結晶配向に磁場を用いるメリットとしては、遠隔力故に試料と非接触であることや室温プロセス[1]である点等が挙げられる。

三軸配向エネルギーの決定因子の中で、物質側の重要なパラメータが結晶粒レベルの磁気異方性である。これまでに5つのRE種(RE=Y, Nd, Sm, Dy, Er)において、双晶組織を含んだRE123が2軸磁場配向することが示された[2]が、結晶粒レベルでの磁気異方性の起源までは分かっていなかった。RE123の双晶組織では2つのドメイン間で  $a(b)$ 軸と  $b(c)$ 軸が(110)面を境に直交する[3]ため、ドメインの存在比率が結晶粒レベルの面内磁気異方性を決定すると考えられる。最近我々は間欠回転磁場(10T-MRF)により  $\text{DyBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  ( $y \sim 7$ )粉末を2軸配向させ、透過型電子顕微鏡により  $ab$  面内のドメイン構造を直接観察し、不均一なドメイン比が結晶粒レベルの面内磁気異方性の起源である可能性を見出した[4, 5]。

本研究では、面内のドメイン比を増強することによる結晶粒レベルの面内磁気異方性の向上を目的とし、より低い磁場でRE123高温超伝導材料の2軸配向を目指す。Dy123はRE123の中で最も大きな結晶磁気異方性を示す物質であり、永久磁石の磁場領域でも2軸配向できることが示されている[2]。さらに、最近開発されたリニア駆動型回転変調磁場用配列磁石[6]を用いれば連続プロセスにも対応できる。

これまでに2軸磁場配向を確認した酸素量  $y \sim 7$  近傍のDy123多結晶[2, 4-5]は、空气中  $950^\circ\text{C}$ で焼結し、炉内で自然冷却した後に熱処理を行った。この場合、空气中  $950^\circ\text{C}$ から冷却する課程で双晶組織が形成されると考えられる。今回の実験では酸素量  $y \sim 6.5$  のDy123配向体を作製するために、まずDy123多結晶を空气中  $950^\circ\text{C}$ で焼結後に炉冷し、次に  $P_{\text{O}_2} = 10^{-3}$  atmのガス気流中  $800^\circ\text{C}$ で十分保持した。その後、 $10^\circ\text{C}/\text{h}$ で正方晶-斜方晶転移点近傍( $\sim 650^\circ\text{C}$ [7])を通過させ、続けて  $550^\circ\text{C}$ で十分保持した後に急冷することで  $y \sim 6.5$  のDy123を作製した。図1(a)は作製した  $y \sim 6.5$  のDy123配向体(10T-MRF下、粉末:エポキシ樹脂 = 1:10)における  $ab$  面の(103)極点図である。4回対称スポットは双晶を含んだDy123が2軸配向したことを示している。図1(b)は図1(a)で使用した配向体、図1(c)は以前に2軸配向の確認で使用した  $y \sim 7$  のDy123配向体における  $ca$  面のXRD結果である。どちらの試料も020と200ピークの強度比( $I_{020}/I_{200}$ )は2以上であり、これまでの研究[2, 4-5]との比較から、今回作製した  $y \sim 6.5$  の試料も磁場配向に必要な結晶粒レベルでの面内磁気異方性が存在することが示唆される。図1(d)の相図にこれまで得た試料のXRD強度比( $I_{020}/I_{200}$ )をプロットした。当日は、この他の熱処理条件で作製したDy123の磁場配向挙動についてもついても報告する。

【謝辞】本研究の一部は、科学研究費助成事業(17H03235)の助成によって行われた。

- [1] 堀井滋, 応用物理 Vol.89, 715 (2020). [2] S. Horii *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **29**,124007 (2016). [3] T. Roy and T. E. Mitchell, Philos. Mag. A **63**(2), 225 (1991). [4] 足立伸太郎他, 2021年秋応物学会, 12p-N401-7 (2021). [5] S. Adachi *et al.*, IEEE-TAS (2021), doi:10.1109/TASC.2021.3138368. [6] 堀井滋他, “リニア駆動型回転変調磁場用配列磁石とその磁場配向”, 本学会. [7] 木村史子他, “磁場印加 in situ X線回折法によるDy123粉末の結晶系の決定”, 本学会.

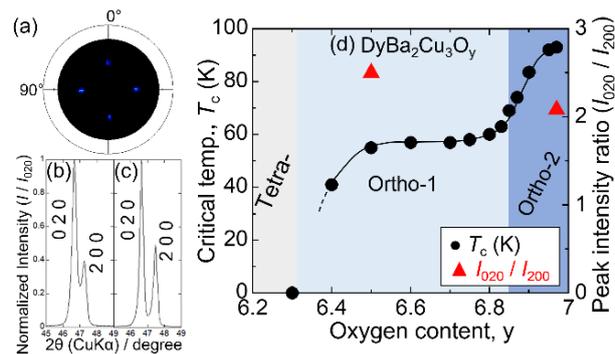


FIG 1. (a) (103) pole figure of  $y \sim 6.5$ . XRD patterns, for (b)  $y \sim 6.5$  and (c)  $y \sim 7$ . (d) Oxygen contents  $y$  dependence of  $T_c$  and the peak intensity ratio ( $I_{020}/I_{200}$ ).