

リニア駆動型変調回転磁場下で配向した DyBa₂Cu₃O_y 厚膜の配向度

The degrees of biaxial orientation of DyBa₂Cu₃O_y thick films aligned under linear-drive type modulated rotating magnetic fields

京大院エネ科¹, 京都先端科学大², 青学大³

柏木勇人¹, 堀井滋^{1,2}, 木村史子^{1,2}, 土井俊哉¹, 下山淳一³

Kyoto Univ.¹, Kyoto Univ. Adv. Sci.², Aoyama Gakuin Univ.³

H. Kashiwagi¹, S. Horii^{1,2}, F. Kimura^{1,2}, T. Doi¹, J. Shimoyama³

Email: kashiwagi.hayato.36v@st.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

REBa₂Cu₃O_y (RE123, RE:希土類元素)は90 K級の臨界温度(T_c)と磁場中での高い臨界電流密度(J_c)を有する。しかし、粒界弱結合により、実用化には2軸結晶配向制御が必要となる。我々は物質の結晶磁化率異方性を利用した変調回転磁場(MRF)^[1]による2軸結晶配向法に着目している。Fig. 1(a)にMRFのうち間欠回転磁場の概念図を示す。我々は、分散媒あるいはエポキシ樹脂中にRE123粉末を分散させたのち、磁場を印加しながら乾燥・硬化させて、二軸配向体を作製している。

これまで、MRFは水平静磁場中で試料を回転させることで発生させていた。しかし、配列した永久磁石(配列磁石)の直線往復運動によるMRF発生^[2]が可能となり、試料を動かすことなくDy123粉末の2軸磁場配向を実現した。そこで、本研究では、配列磁石の磁場分布とRE123配向体の配向度の関係を理解するため、異なる配列構造を持つ配列磁石を3種類製作し、エポキシ樹脂中でのDy123粉末を配向させ配向を評価した。最も高い配向度が認められた配列磁石を用い、ポリビニルブチラール(PVB)エタノール溶液を分散媒としてDy123厚膜を作製した。焼結した配向厚膜の J_c を残留磁化法により決定した。

2. 実験方法

3種類の配列磁石(A, B, C)の直線運動によるMRF(磁束密度: 0.5~0.9 T)下で、Dy123粉末(TEP社製)とエポキシ樹脂を1:10の重量比で混合したものを室温にてそれぞれ硬化させ、配向体を得た。一例として、Fig. 1(b)に、配列磁石Bの断面模式図を示す。ここで直方体試料の互いに直交する各側面を α , β , γ 面とする。得られた配向体について、 α , β , γ 各面のXRDパターンから磁化軸(第1磁化容易軸 $\chi_1 \perp \alpha$, 第2磁化容易軸 $\chi_2 \perp \beta$, 磁化困難軸 $\chi_3 \perp \gamma$)を決定し、 α 面について(103)極点図測定を行った。

現状、配列磁石Bで最も高い配向度が得られたことから、配列磁石Bを用いてDy123粉末を30vol%懸濁させたPVB5wt%エタノール溶液を室温にて乾燥させ、Dy123配向厚膜を得た。比較のため、無磁場下でも同様の実験をおこなった。これらをそれぞれ500℃で脱媒し、中間1軸プレスを施した後さらに960℃で焼結した。得られた試料の(103)極点図測定を行った後、残留磁化法により J_c をそれぞれ測定した。

3. 結果と考察

回転変調磁場では、Dy123粒子は原理的に $\chi_1 = \chi_c$ が α 面、 $\chi_2 = \chi_a$ が β 面、 $\chi_3 = \chi_b$ が γ 面の垂直方向に向く(a , b , c は結晶軸を表す)。配向体のXRDパターンより磁化軸を決定したところ、Fig. 1(b)中の上下方向に χ_c 、左右方向に χ_a 、紙面に垂直な方向に χ_b が目論見通りに配向していた。得られたDy123粉末のエポキシ樹脂配向体中では、配列磁石Bを用いて作製したものが最も配向度が高かった。Fig. 2に、配列磁石Bで作製したDy123配向体の(103)極点図を示す。エポキシ樹脂配向体の結果が(a)、厚膜配向体の結果が(b)である。どちらも二軸配向による4回対称性のピークが得られたが、エポキシ樹脂中のDy123粉末配向体が高い配向度を示した。当日は磁化法により測定した厚膜配向体の J_c も併せて示す。

謝辞 本研究は、JST・研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP, ステージI)および科学研究費助成事業(17H03235)の助成を受けて実施された。

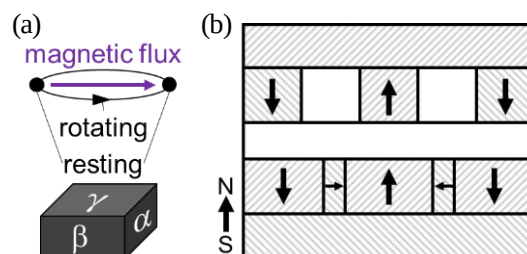


Fig. 1. (a) Experimental configuration in a modulated rotating magnetic field. (b) The schematic section view of the arrayed magnet unit B.

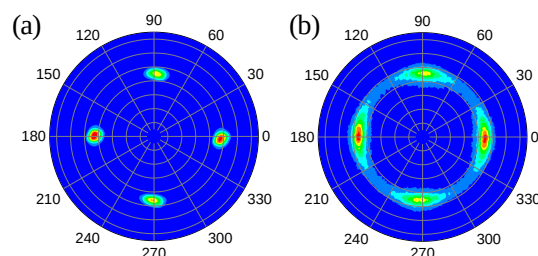


Fig. 2. (103) pole figures of Dy123 samples aligned by the arrayed magnet unit B using (a) epoxy resin and (b) a slurry.

参考文献

- [1] Fukushima et al., *Appl. Phys. Express*, **1**, 111701 (2008).
- [2] Horii et al., *J. Cer. Soc. Jpn.* **126**, 885 (2018).