

低い3軸磁気異方性をもつ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ の永久磁石を用いた2軸磁場配向 Biaxial alignment of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ with lower magnetic anisotropy by using permanent magnets

京都先端科学大¹, 京大院エネ科²

堀井滋¹, 柏木勇人², 足立伸太郎¹, 木村史子¹, 土井俊哉²

Kyoto Univ. Adv. Sci.¹, Kyoto Univ.²: S. Horii¹, H. Kashiwagi², S. Adachi¹, F. Kimura¹, T. Doi¹

Email: horii.shieru@kuas.ac.jp

1. はじめに

$\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (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の中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。これまでに、我々は、Fig. 1(b)のような配列した永久磁石(配列磁石)の直線往復運動(リニア駆動)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。また、RE種による系の結晶磁気異方性や磁化軸の制御についても明らかにし、4f電子を含まないY123はエポキシ樹脂中、1テスラのMRFではc軸の一軸配向は実現するが2軸配向が困難であることを示した。そこで、本研究では、粘性に着目し、磁気異方性が低いY123の3次元結晶配向を永久磁石レベルの回転変調磁場で実現する検討を行った。

2. 実験方法

超伝導磁石(1T, 試料回転方式)および永久磁石を利用したリニア駆動型の2種類のMRFを用いた。リニア駆動型のMRFの磁束密度は静磁場成分および回転磁場成分ともに0.8 T程度である。Y123粉末とエポキシ樹脂を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。ここで、Fig. 1(a)の直方体試料の互いに直交する各側面を α 、 β 、 γ 面とする。得られた配向体の α 面について(103)極点図測定を行った。

3. 結果と考察

双晶を有するY123の結晶磁気異方性を推定するため、双晶を形成しない類縁物質の $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-y}$ の磁気異方性[3]および走査透過型電子顕微鏡を用いたDy123粒子の双晶構造観察結果[4]を用いた。その結果、Y123はDy123と同程度のドメイン比をもつ双晶組織をもつと仮定すると、配向エネルギー計算上では1テスラの回転変調磁場で2軸配向を実現できることがわかった。しかし、動的振る舞いに注目すると、エポキシ樹脂の初期粘性(約40 Pas, 回転磁場)での配向時間 τ は100 sオーダーとなり、さらに時間の経過とともに粘性がさらに増加するので、Y123の回転磁場配

向が達成する前に粘性が増加し配向が不十分なままエポキシ樹脂中で固定されている可能性が示唆された。つまり、Y123粒子で回転磁場配向を実現する鍵は粘性であり、低粘性の媒体を用いることで解決できる可能性がある。

そこで、ポリビニルブチラール(PVB)エタノール溶液を低粘性媒体として選択し、また、試料の回転が不要なリニア駆動型MRFを用いてY123粒子の配向を試みた。得られたY123配向体の(103)極点図をFig. 2に示す。エポキシ樹脂中の結果と異なり、ブロードながらも4回対称性のスポットが現れ2軸配向していることがわかった。

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。

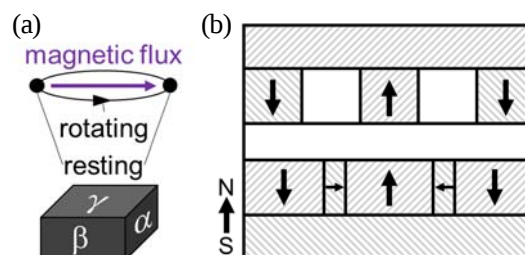


Fig. 1. (a) Experimental configuration in a modulated rotating magnetic field. (b) The schematic section view of the arrayed magnet unit.

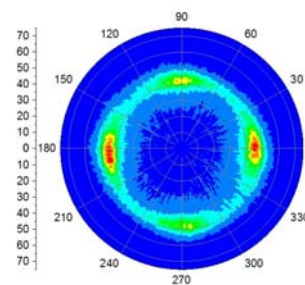


Fig. 2. (103) pole figures of Y123 sample aligned by using the arrayed magnet unit in a slurry.

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).
- [3] Horii et al., *J. Appl. Phys.* **115**, 113908 (2014).
- [4] 堀井ら、2020 年秋季応用物理学会 8a-Z10-3.