

分散媒粘性を考慮した RE-Ba-Cu-O 粒子の 2 軸磁場配向条件(2) Relationship between magnetic field conditions and viscosity of dispersed medium for bi-axial alignment of RE-Ba-Cu-O powders (2)

京大院エネ科¹: [○]堀井滋¹, 柏木勇人¹, 野津乃祐¹, 木村史子¹, 土井俊哉¹

Grad. Schl. Energy Sci., Kyoto Univ.¹

[○]S. Horii¹, H. Kashiwagi¹, D. Notsu¹, F. Kimura¹, T. Doi¹

E-mail: horii.shigeru.7e@kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

REBa₂Cu₃O_y (RE123)は、その実用化にクーパー対の対称性や粒間弱結合を考慮した二軸結晶配向組織の形成を必要とする機能物質である。

我々は、二軸結晶配向法として、回転変調磁場を利用した磁場配向法に着目している。磁場印加側に着目すると、これまでに静止磁場と回転磁場を交互に繰り返す間欠回転磁場を用いて、主にエポキシ樹脂中での粉末配向を行ってきた。ここで、間欠回転磁場の場合、原理的には、静磁場によって磁場が印加された方向に第 1 磁化容易軸が配向し、回転磁場によって磁場印加面に対して垂直の方向に磁化困難軸が配向することで、2 軸配向を実現する。また、最近、リニア駆動型回転変調磁場[1]を開発し、連続プロセスにも対応できる磁場印加法も開発した。

一方で、回転磁場による磁化困難軸配向を実現するには、磁場印加側だけでなく、試料側である分散媒の粘性を考慮する必要がある。一般に、分散媒粘性が低いほど磁化容易軸の追従の問題から高い回転速度[2]が必要となる。このため、分散媒粘性として、10Pas オーダーのエポキシ樹脂と 0.001~0.1 Pas 程度のスラリーでは、回転磁場による磁化困難軸の追従と磁化困難軸配向の境界条件が異なってくると予想できる。ただし、実際の系には、エポキシ樹脂の硬化や分散媒の蒸発による粘性の時間変化も考慮しなければならない。

一方、物質側に着目すると、RE123 超伝導物質の場合、多様な RE イオンが受容でき、RE 種によって磁化軸および磁気異方性が制御できる(変化する)。一方で、RE123 相の酸素不定比から誘起される構造相転移により、結晶粒内に双晶構造が導入され、(面内)磁気異方性の低下してしまう。このため、同一の粒径でも物質(RE 種)や粒内組織(あるいは粒径)に依存した配向条件が存在すると予想できる。したがって、磁場印加側および分散媒を含む物質側の両方で決定される特有の回転変調磁場条件が存在する。

本研究では、結晶粒内に双晶を含まず、分子の磁気異方性がそのまま結晶粒の磁気異方性となっている RE123 の類縁物質である RE₂Ba₄Cu₇O_{15-y} (RE247, RE=Y, Dy, Er)に着目し、これらの磁気異方性を用いて静磁場配向条件、粘性を考慮した回転磁場配向条件を計算した。

2. 結果と考察

(RE'RE'')₂₄₇ 粉末のエポキシ樹脂中配向実験から決定した $\Delta\chi$ をもとに[3]、RE247 (RE=Y, Dy, Er)における回転磁場での磁化困難軸配向条件を検討した。Fig. 1 に、粒径 2 ミクロン、回転速度 $\omega=60$ rpm の一定条件

で、配向エネルギーが $1000k_B T$ となる条件および様々な粘性 η における磁化困難軸が配向する条件 ($\omega \tau = 5 \sim 10$, τ : 配向時間)を、磁場- $\Delta\chi$ 図として示す。

定性的には、粘性が低いほど、また磁気異方性が高いほど、低い磁場で磁化容易軸の追従効果が起こりやすくなる。粒径 2 ミクロンの Dy247 ($\Delta\chi=10^{-4} \sim 10^{-3}$) では、10 Pas 程度の硬化前のエポキシ樹脂の場合、配向エネルギーからは 0.15 テスラ以上印加すれば十分であるが、追従条件から 0.6 テスラを超えないことを求められる。したがって、磁気異方性の値が正しいと仮定すると、10 Pas の粘性一定の環境で粒径 8 ミクロンの Dy247 粒子を配向させる場合、回転磁場 (60 rpm) の適切な印加磁場はだまかには 0.02~0.6 テスラと決定された。なお、同一粒径で磁場回転速度をリニア駆動型回転変調磁場装置の最高値並み (520rpm) にすると、磁場領域はおおよそ 0.15~2 テスラに広がる。当日は、他の RE 種、様々な粒径、粘性条件における静磁場・回転磁場条件を示し、スラリーで 3 次元結晶配向させるための条件について議論する。

謝辞

本研究の一部は、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)の助成によって行われたものである。

参考文献

- [1] 柏木ら, H30 秋季応用物理学会
- [2] Kimura *et al.*, *Langmuir* 20 (2004) 5669.
- [3] Horii *et al.*, *J. Appl. Phys.* 115 (2014) 113908.

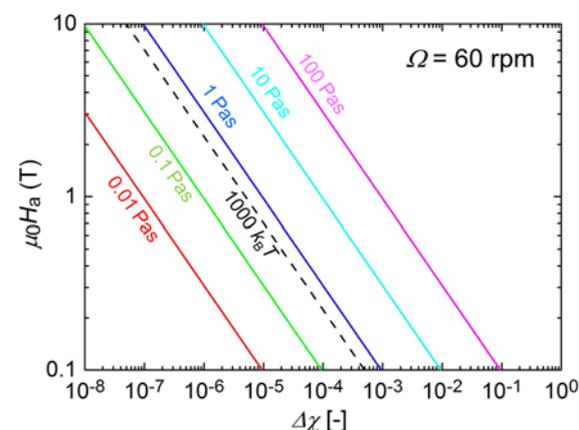


Fig. 1 Relationship between magnetic anisotropy and B for magnetic alignment by rotating magnetic fields.