

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

Relationship between magnetic field conditions and viscosity of dispersed medium for bi-axial alignment of RE-Ba-Cu-O powders

京大院エネ科¹, 京大院農²: [○]堀井滋¹, 有本樹¹, 野津乃祐¹, 土井俊哉¹, 木村史子², 木村恒久²

Grad. Schl. Energy Sci., Kyoto Univ.¹, Dept. Agri., Kyoto Univ.²

[○]S. Horii¹, I. Arimoto¹, D. Notsu¹, T. Doi¹, F. Kimura², T. Kimura²

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

1. はじめに

REBa₂Cu₃O_y (RE123)は 90 K 級の高い臨界温度を有する優れた高温超伝導物質である。しかし、RE123 の実用化には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が必要である。

二軸結晶配向法として、我々は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。

ところが、回転磁場による磁化困難軸配向を実現するには、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[1]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 イオンが受容でき磁化軸および磁気異方性が制御できる(変化する)ことに加えて、結晶粒内に磁気異方性の低下要因となる双晶構造が導入される。このため、同一の粒径でも物質 (RE 種) および粒内組織に依存した配向条件が存在することになる。したがって、磁場印加側および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はずである。

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[2]、静磁場での磁化容易軸配向条件および回転磁場での磁化困難軸配向条件を検討した。図1に、粒径 2, 8, 20 ミクロン粒子が静磁場で磁化容易軸配向させるための配向磁場と $\Delta\chi$ の関係を示す。なお、この曲線は配向エネルギーが $1000k_B T$ となる条件に相当する。例えば、粒径 8 ミクロンの Y247 粒

子の場合、0.1 テスラ以上の静磁場で配向できることを示している。

同様に、粒径8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 ($\omega \tau = 5$ [3]、 τ :配向時間)を決定した。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 8 ミクロンの Y247 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 0.2 テスラ以上印加すれば十分であるが、追従条件から 2 テスラを超えないことを求められる。したがって、10 Pas の粘性一定の環境で粒径 8 ミクロンの Y247 粒子を配向させる場合、間欠回転磁場 (60 rpm) での適切な印加磁場はだまかには 0.2~2 テスラと決定された。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、スラリーで三軸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] Kimura et al., Langmuir 20 (2004) 5669.
- [2] Horii et al., J. Appl. Phys. 115 (2014) 113908.
- [3] T. Kimura, private communication.

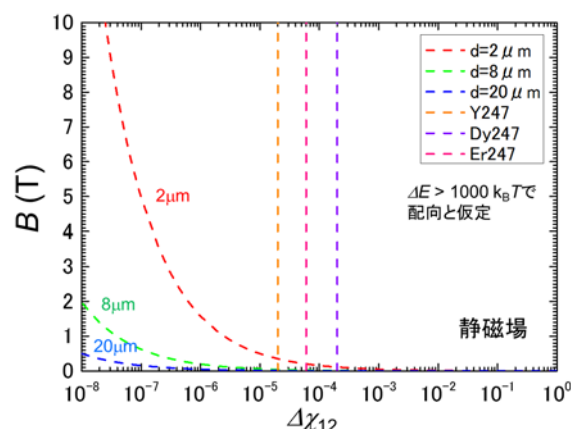


Fig. 1 Relationship between magnetic anisotropy and B for magnetic alignment by static fields.