

双晶を含む REBa₂Cu₃O_y 粉末の磁場配向挙動に与える 粒度分布の影響

Relationship between particle size distribution and bi-axial orientation degrees in magnetically aligned REBa₂Cu₃O_y powders with twin microstructure

京大院エネ科: °西岡寛広, 堀井滋, 有本樹, 土井俊哉

Grad. Schl. Energy Sci., Kyoto Univ.: °T. Nishioka, S. Horii, I. Arimoto, T. Doi

E-mail: nishioka.tomohiro.67m@st.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

REBa₂Cu₃O_y (RE123)は 90 K 級の臨界温度および磁場中での優れた臨界電流特性を有するが、RE123 の実用化には粒間弱結合を考慮した二軸結晶配向制御が不可欠である。

我々は物質の結晶磁気異方性を利用した回転変調磁場(MRF)による二軸結晶配向法に着目した。磁場配向は同一の磁場印加条件でも各配向軸間の磁化率(χ)の差($\Delta\chi$)が大きい程有利となる。しかし、RE123 粒子は斜方晶への構造相転移に伴いグレイン内に(110)双晶界面を形成するため、結晶粒レベルでの面内磁気異方性が低下する可能性がある。本研究では、粒度分布の違いが双晶組織を通じた結晶粒レベルでの面内磁気異方性に与える影響を明らかにするため、三種類の異なる平均粒径をもつ Dy123 粉末の磁場配向挙動を調べた。

2. 実験方法

通常の固相反応法を用いて作製した DyBa₂Cu₃O_y 焼結体をメノウ乳鉢で粉砕し、Dy123 粉末を得た。なお、Dy123 の本焼成条件は大気中、920°Cである。

その後、得られた粉末を2種類のふるい(目開き $a=20\ \mu\text{m}$, $32\ \mu\text{m}$)を用いて分級した。この操作を通じて、粒径(R)分布の異なる三種類の粉末[①: $R<20\ \mu\text{m}$, ②: $20<R<32\ \mu\text{m}$, ③: $R>32\ \mu\text{m}$]を得た。

次に、得られた3種類のDy123粉末をそれぞれ、エポキシ樹脂と1:10の重量比で混合し、試料回転方式の間欠回転磁場下で室温にて硬化させ、粉末配向体とした。Fig. 1にMRFの一つである間欠回転磁場の発生方法の概念図を示す。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。間欠回転磁場の発生には、水平磁場($\mu_0 H_a = 0.5 \sim 10\ \text{T}$)のもと、回転速度 $\Omega = 60\ \text{rpm}$ での回転工程に、水平磁場が α 面に垂直となる際に2秒間停止させる工程を含めた。得られたDy123粉末配向体について、XRDパターンから磁化軸(第一磁化容易軸 $\perp\alpha$ 、第二磁化容易軸 $\perp\beta$ 、困難軸 $\perp\gamma$)を、極点図とロッキングカーブから配向度を決定した。

3. 結果と考察

得られたDy123粉末配向体の α , β , γ 面に対してXRD測定を行った。その結果、粒度分布によらず二軸配向が実現し、Dy123の磁化率の大小関係は $\chi_c > \chi_a > \chi_b$ であった。また、 β , γ 面のXRDパターン中に($h00$), ($0k0$)ピークが共存し、これは双晶組織をもつ

RE123粒子特有の配向状態を反映したものと考えられる。

Fig. 2(a)および2(b)にそれぞれ粉末①($R<20\ \mu\text{m}$)および粉末③($R>32\ \mu\text{m}$)を配向させた試料(MRF, 3 T)の(103)極点図を示す。いずれも二軸配向が実現していることがわかるが、粉末③に比べ粉末①の配向体の回折ピークがよりシャープであり、高い配向度を示した。配向エネルギーの観点では粒径が大きいほど有利であるにも関わらず、相反する結果が得られたことから、二次粒子の形成など、粒子の詳細を明らかにする必要がある。

高臨界電流密度をもつRE123材料の実現にはコロイドプロセスを用いた粒間結合に加えて、二軸配向や緻密化(焼結)も重要となる。緻密化を考慮すると、粒径がサブ μm ~数 μm 程度の粒子を用いる必要があり、今後はこのようなRE123粒子の磁場配向挙動の理解が不可欠となる。当日は、これらのDy123粉末の配向度(MRF, $\mu_0 H_a = 0.5 \sim 10\ \text{T}$)に加え、ボールミルで粒度分布を制御したRE123粉末の磁場配向挙動についても報告する。

謝辞

本研究の一部は、村田学術振興財団からの助成によって行われたものである。

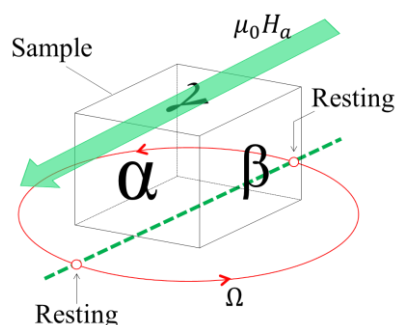


Fig. 1 Experimental configuration in a modulated rotating magnetic field (MRF).

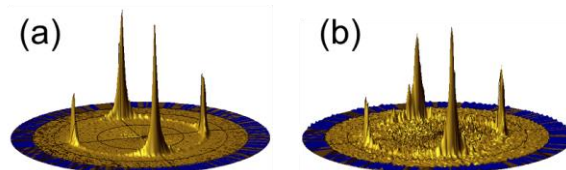


Fig. 2 (103) pole figures at α plane for Dy123 powder samples aligned in MRF of 3 T. [(a) powder ① and (b) powder ③]