

磁場配向法による斜方晶系超伝導セラミックスの三次元結晶配向

Three-dimensional crystal alignment of orthorhombic superconducting ceramics by magnetic alignment

京大院エネ科: °堀井滋

Grad. Schl. Energy Sci., Kyoto Univ.: °S. Horii¹

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

1. 磁気科学における磁場配向

材料作製プロセスにおける磁場の利用法の一つとして結晶配向による材料の高機能化が挙げられる。現在では、超伝導・低温技術を使った伝導冷却式超伝導磁石での室温・強磁場環境が比較的容易に利用できることで、対象物質が弱磁性まで広がっていること、さらに、回転変調磁場の印加により三軸磁気異方性をもつ物質の三次元結晶配向が可能となっている。また、磁場配向法には、単結晶作製技術として主流となっているエピタキシャル成長技術にない技術的優位性(室温プロセス、高配向性テンプレート不要)や非真空プロセスといった特長も持ち合わせている。これらの特長から、材料作製プロセスとしてエピタキシャル成長技術と並ぶ異方的機能性物質の(擬似)単結晶の製造が実現できると期待できる。

一方で、この三次元結晶配向技術である磁場配向法を適用する上での現時点における課題として、対象物質の室温での三軸結晶磁気異方性が不明であることが多いことや試料回転方式での回転磁場印加による配向度の流体的影響などに起因して磁場配向条件がよくわかっていないことが挙げられる。

我々は回転変調磁場を利用した三次元結晶配向を適用する場として希土類系高温超伝導物質に着目した。この系に着目した第1の理由は、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が、実用化には粒間弱結合を考慮した三次元結晶配向組織の形成が不可欠な機能性物質であるからである。また、第2の理由は、斜方晶構造で磁化軸が結晶軸と一致することや、受容可能な希土類イオンが10種類以上存在し、4f 電子由来の磁性を示す希土類イオンの選択により系の磁気異方性を系統的に制御できる可能性があるからである。

現在、上記に対する取り組みは、セラミックスの製造プロセス革新を実現する新規プロセスの一つとして JST/A-STEP プロジェクトに採択されている。本発表では、当該プロジェクトでの取り組みの一部について紹介する。

2. RE 系高温超伝導物質の磁場配向

さまざまな RE イオンを含む $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (RE123), $\text{REBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ (RE124), $\text{RE}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_y$ (RE247)相を作製し、これらの粉末に対してエポキシ樹脂硬化中もしくはスラリーの乾燥中に試料回転方式による回転変調磁場(間欠回転あるいは首振り回転、 $\mu_0 H_a = 0.5 \sim 10$ T)を印加した。

結果の一例として、3T の間欠回転磁場下で作製したエポキシ樹脂中の(Y,Er)123 粉末配向体および(Y,Er)123 シート成形試料の(103)極点図を Fig. 1 に示す。いずれも4回対称性のピークが得られ双晶組織を含む(Y,Er)123 粒子でも2軸配向した。しかし、シート成形試料のピークは明らかにブロードであり、配向時の粘性(あるいは粘性の時間変化)や低粘性流体を間欠回転させたことによる配向度の低下が起こっている。すなわち、材料作製プロセスとして磁場配向法を最大限に利用するには、回転磁場効果に対する分散媒粘性の影響について理解する必要があることを意味する。

謝辞

本研究は木村恒久氏(京大)、下山淳一氏(青学大)、安藤努氏(日大)、土井俊哉氏(京大)との共同研究で進められている。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)の助成によって行われたものである。

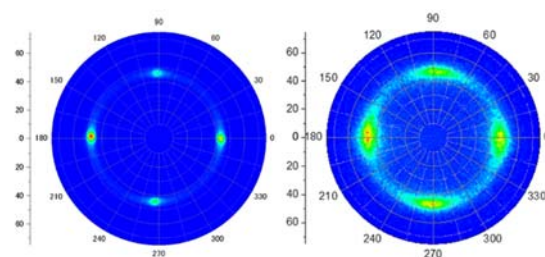


Fig. 1 (013) pole figures for (Y,Er)123 samples aligned under 3 T in epoxy resin (left) and by sheet-casting (right).