

読者の広場

Q&A

Q:「Y系超電導体の結晶粒を磁場で高配向させる技術が開発されたと聞きましたが、その方法について教えてください。」

A: 高知工科大学 堀井研究室では、「回転変調磁場」を使った希土類系高温超電導体の三軸結晶配向技術の開発を進めています。この磁場配向法は、通常高配向結晶を達成させるために用いられるエピタキシャル成長とは全く異質なものであり、①磁場の印加方法、②物質の磁気異方性の両面の上に成り立つ新しい配向法です。

まず、磁場印加方法について説明します。三軸結晶配向には上記の「回転変調磁場」を用いますが、これは静磁場による磁化容易軸配向と回転磁場による磁化困難軸配向を同時に達成できる磁場です。「回転変調磁場」は、磁化困難軸を整列するための回転磁場における一部の角度領域に低速回転もしくは静止の効果を取り入れることで実現できます。この回転変調磁場内に置かれた結晶粒は、原理的には、回転効果によって磁場回転面に垂直方向に磁化困難軸が、静止（低速回転）効果によって静止角度領域に磁化容易軸が向くこととなります。現実的問題として、堀井研所有の10テスラ級伝導冷却式超電導磁石の重量は300kgにも及び磁石を回転させることができないため、水平磁場中における試料の回転制御で回転変調磁場を生み出しています。

一方、この三軸磁場配向を実現するためには、磁場印加方法だけでなく物質的条件も課されます。高温超電導体に適用する場合、①三つの結晶軸方向の磁化率に差があること（三軸磁気異方性を有すること）、②その磁化率差が配向させる磁場で配向できる程度に大きいこと、が最低条件です。三軸磁気異方性を結晶磁気異方性で生み出すには、斜方晶性などの構造的に低対称性をもつ物質を利用することになり、Y系高温超電導体も候補物質の一つです。

一例として、図1に、代表的Y系超電導体である $YBa_2Cu_3O_{7-y}$ ではなく（理由は後で述べます）、類縁超電導物質である $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-y}$ 粉末を10テスラの回転変調磁場中・エポキシ樹脂中・室温で配向させた配向体の面内配向面を測定面とした極図形を示しました。Y247では、斜方晶性を反映した2回対称性を示し、また回折スポットも非常にシャープで面内配向度を表す半値幅として2度未満を実現しました。これはエポキシ樹脂中での原理証明レベルの結果ですが、磁場配向法も高配向性を実現できる高いポテンシャルをもつ三軸結晶配向法であると言えます。

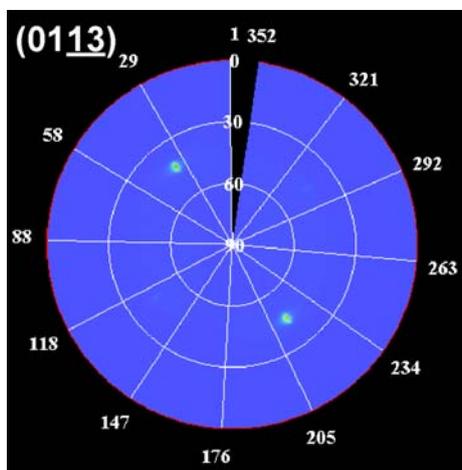


図1 三軸磁場配向したY247粉末配向体の(0113)面の極図形

今後、①コロイドプロセスを利用した三軸配向セラミックス化、②双晶構造を形成する Y123 系では、斜方晶といえども結晶粒レベルでの面内磁気異方性が消失し磁場配向に不利であること、③配向軸制御・配向磁場低減に向けた磁化軸・磁気異方性決定の物質科学の構築、など解決すべき課題は山積です。しかし、磁場配向法は、遠隔力を利用したテンプレート不要のプロセスであり、また室温プロセスであることなど、エピタキシー技術にない利点がありますので、高製造速度・製造コスト低減に貢献できる高温超電導材料の製造技術となるかもしれません。

回答者：公立大学法人高知工科大学環境理工学群 准教授 堀井 滋 様

[超電導 Web21 トップページ](#)