

EuBCO 単結晶における含水蒸気酸素雰囲気下熱処理による酸素拡散の高速化

Accelerated oxygen diffusion in EuBCO single crystals through heat treatment under oxygen atmosphere including water vapor

青学大理工¹ TEP² 元木 貴則¹, 中村 新一², 下山 淳一¹Aoyama Gakuin Univ.¹ TEP² Takanori Motoki¹, Shin-ichi Nakamura², Jun-ichi Shimoyama¹

E-mail: motoki@phys.aoyama.ac.jp

1. はじめに

REBa₂Cu₃O_y (REBCO, RE:希土類元素)は、2軸配向薄膜線材や大型擬似単結晶とみなせる溶融凝固バルクといった配向材料として様々な応用が進められている。REBCOは酸素量に大きな不定比性を有し、通常の生成条件下ではアンダードープ状態であるため、酸素雰囲気下での後熱処理によって酸素量を適切に制御することが不可欠である。しかし、配向材料においては酸素拡散が遅く、特に大型溶融凝固バルクでは数百時間という長い酸素アニールが必要となる。

これまで、我々はREBCO溶融凝固バルクに対する含水蒸気酸素雰囲気中アニールによって、REBCO結晶内部に多数の積層欠陥が生成し、酸素拡散に要するアニール時間が大きく短縮されることを報告してきた^[1]。溶融凝固バルクにおいては、バルクサイズが小さくなるほど見かけの拡散係数が遅くなる。すなわち、酸素拡散はバルク内を均一に進行するのではなく、ボイドやクラック、不純物界面などを通る高速酸素拡散と欠陥の存在しない結晶粒内への拡散が並行して進行するため、酸素の化学拡散係数等の定量的な議論が困難であった。そこで、本研究では水蒸気が酸素拡散挙動に及ぼす本質的な効果の理解を目指し、EuBCO単結晶を用いて異なる雰囲気下でアニール時間を変えながら超伝導特性の変化を調べた。

2. 実験方法

BaZrO₃坩堝を用いてフラックス法により4-6 mm³程度の直方体状のEuBCO単結晶を育成した。得られた単結晶を酸素気流中、700°Cでアニールすることで初期酸素量分布のばらつきをなくした後、乾燥酸素もしくは含水蒸気酸素($P_{\text{H}_2\text{O}} \sim 2$ kPa)雰囲気下、400°Cでのアニールと、SQUID磁束計を用いた磁化特性の評価を繰り返し、アニール時間と超伝導特性の変化を調べた。

3. 結果と考察

Fig. 1に乾燥酸素もしくは含水蒸気酸素雰囲気下でアニールしたEuBCO単結晶の規格化した磁化率 χ がそれぞれ-0.05, -0.50, -0.95となる温度で定義した T_c のアニール時間による変化を示す。乾燥酸素雰囲気下では150 h以上のアニールでも内部まで酸素拡散が完全には進行していないと考えられるのに対し、含水蒸気酸素雰囲気下では ~ 20 hのアニールで鋭い超伝導転移を示した。単結晶についても含水蒸気雰囲気下において酸素拡散が高速化することを実証した。当日は、 T_c の変化から見積もった拡散係数の比較や臨界電流特性、微細組織の変化についても報告する予定である。

[1] T Motoki *et. al.*, *Supercond. Sci. Technol.* **33** (2020) 034008.

謝辞 本研究は、科研費(19K05006)の助成を受けたものである。

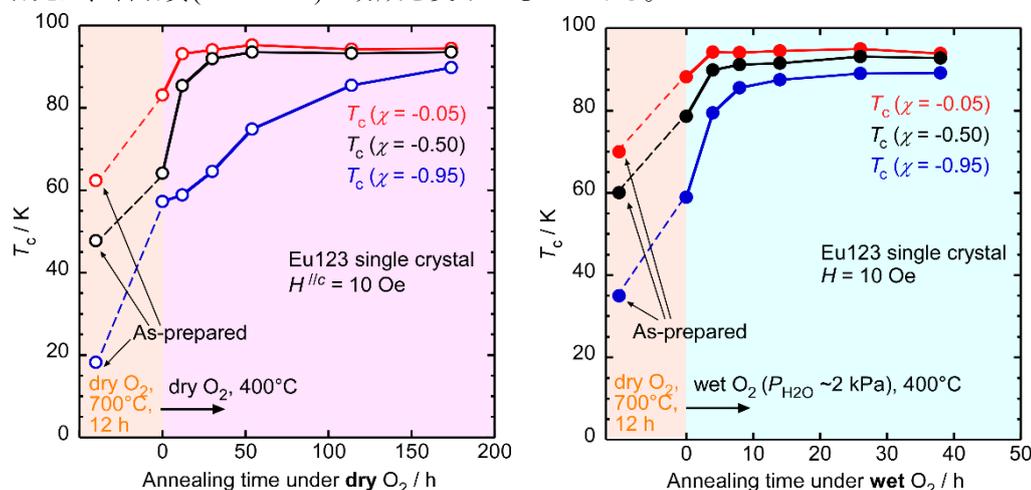


Fig. 1. Annealing time dependences of T_c for EuBCO single crystals heat-treated at 400°C under flowing dry oxygen or wet oxygen ($P_{\text{H}_2\text{O}} \sim 2$ kPa) atmosphere.