

18a-D1-1

RE123 焼結体、溶融凝固バルクへの Ca ドープ効果

Doping effects of Ca for sintered and melt-solidified bulks of RE123

東大院工¹ ○下山 淳一¹, 栗山 陽介¹, 廣田 哲也¹, 山本 明保¹, 荻野 拓¹, 岸尾 光二¹
 Univ. of Tokyo¹ ○Jun-ichi Shimoyama¹, Yosuke Kuriyama¹, Tetsuya Hirota¹, Akiyasu Yamamoto¹,
 Hiraku Ogino¹, Kohji Kishio¹

E-mail: shimo@sogo.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】我々は RE123[REBa₂Cu₃O_y]焼結体バルクにおいて、平衡酸素量 y を 6.97 程度に増やしてキャリアのオーバードープ状態にすること、さらにその前に 800°C 付近で弱い還元アニール過程を加えることによって、結晶粒間の J_c や不可逆磁場が大幅に改善することを報告してきた[1]。一般に、RE123 において平衡酸素量の増大は異方性の低下と同時に CuO 鎖面の酸素欠損量の減少による結晶粒内のピンニング力の低下を引き起こす。一方、RE サイトへの Ca ドープはキャリアのオーバードープを伴いやすく、多結晶体では粒間の J_c を高める効果があることは良く知られている。Ca ドープによるオーバードープの機構は 3 価の RE を 2 価の Ca でドープした際の平衡酸素量の減少が Ca ドープ量に対応する分より少ないことに由来する。つまり、Ca ドープ RE123 では強いキャリアのオーバードープ状態でも CuO 鎖面に適当な濃度の酸素欠損が残ることから、結晶粒内のピンニング力が低下しないことが考えられる。しかしながら Ca ドープは本質的に T_c の低下も伴うことから、RE123 材料における臨界電流特性の最適化には Ca ドープ量と平衡酸素量の 2 つのパラメーターを適切に制御する必要がある。以上の背景のもと、本研究ではまず RE123 焼結体に対して Ca ドープを行い、上記の還元アニール過程を加えることによりさらなる粒間 J_c の改善を目指した。さらに種結晶から成長するシングルドメインで粒界が無い Y123 溶融凝固においても Ca ドープを試み、 c 軸方向の J_c の改善に基づく実質的な電流パスの増加による臨界電流特性の向上を図った。

【実験方法】Ca ドープ RE123 焼結体は RE₂O₃, BaO₂, CaCO₃, CuO を出発原料とし固相反応法により作製し、焼結後 800°C, $P_{O_2}=1$ kPa 下で還元アニールを行った。また、Ca ドープ Y123 溶融凝固バルクは Nd123 単結晶を種結晶とし部分溶融－徐冷を行うことによって育成した。これら試料について、酸素気流中でのアニールにより酸素量を調節した後、磁化測定により J_c を調べた。

【結果と考察】空気中 900°C で 24 h 焼結、還元アニール経て酸素気流中 300°C でアニールした Y123 焼結体の T_c と残留磁化法で評価した 20 K における粒間 J_c の Ca ドープ量依存性を Fig. 1 に示す。狙い通り Ca ドープによる粒間 J_c の向上が確認できた。 T_c の低下を抑制するために空気中 400°C でアニール、急冷した試料では J_c がやや低下し、粒間 J_c の向上にはキャリアのオーバードープを優先すべきであることが示唆された。一方、Y123 溶融凝固バルクでは仕込組成の Y に対して 2%までの Ca ドープにおいて良好なシングルドメインの成長に成功した。2%Ca ドープ試料では Ca をドープしないバルクと比べて T_c が約 2 K 低下したが、種結晶下方 3 mm の位置から切り出した試料片は 40 K, 25 kOe ($\parallel c$)において 3.8×10^5 A cm⁻² の高い J_c を記録した。今後、溶融凝固バルク内の Y123 相における実際の Ca ドープ量の定量とその分布を調べるとともに、酸素アニール条件と臨界電流特性の関係を系統的に調べる予定である。

[1] 下山淳一ほか、2013 年春季応用物理学会 29a-G3-7.

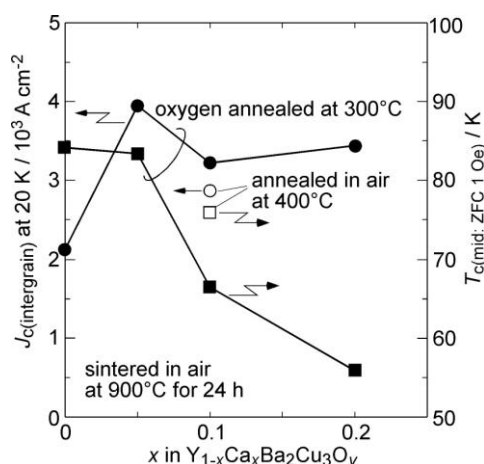


Fig. 1 Effects of Ca-doping on intergrain J_c at 20 K and $T_{c(mid)}$ of Y123 sintered bulks.