

Caドーピング YBa₂Cu₄O₈ 単結晶の育成および三軸磁場配向Tri-axial magnetic alignment and crystal growth in Ca-doped YBa₂Cu₄O₈ superconductors京大院エネ科¹, 高知工大環境理工², 東大院工³○堀井滋¹, 山木桃子², 西川尚志², 下山淳一³, 岸尾光二³, 土井俊哉¹Kyoto Univ.¹, Kochi Univ. Tech.², Univ. Tokyo³○S. Horii¹, M. Yamaki², T. Nishikawa², J. Shimoyama³, K. Kishio³, and T. Doi¹

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

1. はじめに

Y系高温超伝導体は77 Kを超える臨界温度(T_c)と磁場下で優れた臨界電流特性を有し、液体窒素で動作する超伝導線材や強磁場発生装置への応用が期待されている。しかし、実用化には層状構造および粒界弱結合の問題から三軸結晶配向組織の形成が必要となる。磁場配向はエピタキシー技術を使わない新しい三軸結晶配向法[1]であるが、実用超伝導物質 YBa₂Cu₃O_yの場合、結晶粒内の双晶組織による面内磁気異方性の低下は三軸磁場配向の実現に困難をもたらす。一方、類縁物質である YBa₂Cu₄O₈ (Y124)の場合、双晶を含まず常圧下での合成が容易[2]であるが、問題点として $T_c \sim 80$ K であり 77 K からの温度マージンはわずか 3K しか存在しないことである。本研究では、90K 級の T_c を有する Y124 相の合成およびその三軸磁場配向の原理証明を目的とし、常圧下フラックス法で育成される Y124 相への Caドーピング [(Y_{1-x}Ca_x)124]を試み、これらの微粉末について 10 テスラの間欠回転磁場で磁場配向を室温で行った。

2. 実験方法

KOH を用いた常圧下フラックス法を用い、保持温度(T_k)を 650°C ~ 750°C として (Y_{1-x}Ca_x)Ba₂Cu₄O₈ ($x = 0, 0.025, 0.05, 0.075, 0.1$) 単結晶の合成を行った。数百マイクロメートルの単結晶を洗浄したのち、ボールミル法で微細化した。これらの微粉末をエポキシ樹脂と混練したのち、室温・10 テスラの間欠回転磁場下で配向・硬化させた。Fig. 1 に間欠回転磁場(MRF)の模式図を示す。本研究では、水平磁場 ($\mu_0 H_a$) のもとで、試料を回転速度 $\omega = 60$ rpm で回転させる工程の中に、 α 面の垂直軸が水平磁場と平行となるとき 2 秒間停止させる工程を含めることで MRF を発生させた。得られた粉末配向体の α , β , γ 各面の XRD パターンからそれぞれ、第一および第二磁化容易軸、磁化困難軸を決定した。 T_c の決定には磁化法と四端子法を用いた。

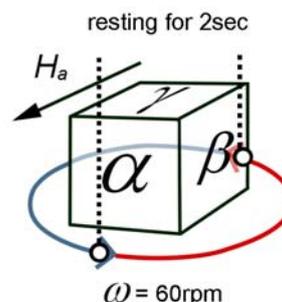


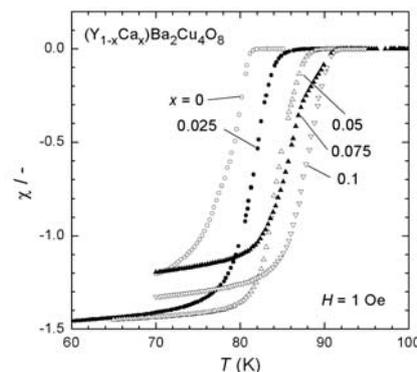
Fig.1 Experimental configuration in a modulated rotation magnetic field.

3. 結果および考察

$T_k = 650^\circ\text{C} \sim 750^\circ\text{C}$ のいずれの保持温度条件において、 ab 面方向の一辺が数百 μm 程度の (Y_{1-x}Ca_x)124 [$x=0 \sim 0.1$] 単結晶が得られた。磁化法から決定した単結晶粉末の T_c から Y サイトに固溶する Ca ドープ量を推定できる。Fig.2 に仕込み組成 $x=0 \sim 1$ をもつ (Y_{1-x}Ca_x)124 単結晶粉末の磁化率の温度依存性を示す。 x の増加とともに T_c は上昇する傾向が見て取れる。 $x=0.075$ で $T_c^{\text{onset}} = 90.5\text{K}$ であり、 $x=0.1$ で 90.5K 近傍での超伝導転移が鋭くなっている。つまり、 x の組成揺らぎが存在するものの、124 構造への Ca ドープが確実に行われていることがわかる。

これらの単結晶を微細化した単結晶微粉末を原料として、間欠回転磁場下で配向させた粉末配向体から磁化軸を決定した。

10 T での配向実験から、Ca-free Y124 では $\chi_c > \chi_a > \chi_b$ であるが、Ca ドープ量に依存せずこの磁化率の関係は変わらないことがわかった。これらの結果は、双晶を含まないため三軸磁場配向が容易な 124 相においても 123 相とほぼ同等の T_c が実現できることを意味する。当日は、(Y_{1-x}Ca_x)124 粉末配向体の配向度の Ca ドープ量依存性についても報告する。

Fig. 2 Temperature dependence of magnetization for (Y_{1-x}Ca_x)124 powders.

【謝辞】本研究の一部は、科学研究費助成事業(24550236)、日本板硝子工学助成会、岩谷科学技術研究助成の援助によって行われた。

【参考文献】[1]Fukushima, Horii *et al.*, APEX 1 (2008) 111701. [2]Yamaki, Horii *et al.* JJAP 51 (2012) 010107.