

学生番号	12232089	氏名	行本 孝
論文題目	Y ₂ O ₃ 人工ピンを導入したYBaCu ₂ O _{7-δ} 超伝導薄膜の縦磁界下での臨界電流密度特性		

1. はじめに

酸化物超伝導体は、安価な液体窒素冷却を用いた応用機器への利用が期待されている。しかし、電気抵抗なしで流せる最大の電流密度である臨界電流密度 J_c がまだ低く、更なる特性の向上が求められている。この特性は、ナノ技術を用いて、材料の最適化を行うことにより大きく増加させることができる。電流 I の通電方向と平行に磁界 B を印加する縦磁界下では、一般的な電流と磁界が垂直である横磁界下と比べて J_c が増加する[1]。ただし、先行研究により、この電流と磁界の平行度により、 J_c の増加が大きく変化することが明らかにされている。更に、超伝導体に微細な不純物や欠陥であるピンを追加することによって、その特性は増加することも報告されている[2]。したがって、今回の研究では電流経路の高い直線性が期待できる単結晶基板上に人工ピンを導入した超伝導層を成膜した試料を準備し、超伝導体の人工ピンの添加が J_c 増加にどのように影響を与えるかを調べた。

2. 実験方法

今回の実験に用いた試料はSrTiO₃単結晶基板上にY₂O₃ピンの焼結体を YBCO 上に配置したターゲットを用いて PLD 法で作製したYBCO 超伝導薄膜である。本試料は九州工業大学工学府エネルギー環境材料科学研究室の松本要教授に提供していただいた。各試料の厚さおよび自己磁界における J_c をTable 1に示す。導入されたピンの形状は粒状で、粒径は5-10 nm程度である。臨界電流密度 J_c は直流四端子法を用いて電流-電圧特性から算出した。測定の際に発生する試料端子部のジュール発熱の抑制と、試料にかかる磁界を均一にするために長さ1 mmのマイクロブリッジに加工した。電界基準は 1.0×10^{-4} V/mを用いた。試料に加える磁界の方向は、すべての測定で磁界は ab 平面に平行、通電電流に対して平行の場合が縦磁界($B//I$)で、垂直が横磁界($B \perp I$)とした。また、全ての測定は液体窒素中(77.3 K)で行った。

3. 結果と考察

Fig. 1 に各試料の $J_c - B$ 特性を示す。厚さが162 nmと158 nmの試料では縦磁界下での外部磁界の増加に伴う J_c の増加は観測されなかった。しかし、横磁界の特性に比べると、縦磁界下の J_c はすべての試料で増加していることがわかる。厚さが242 nmと211 nmの試料では縦磁界下において、自己磁界下を超える J_c が得られた。それに対し、縦磁界下での $J_c - B$ 特性が良くない158 nmの試料では、横磁界下での J_c の磁界依存性は一番良くなっている。したがって、縦磁界と横磁界では J_c の決定機構が異なっていることを示している。

次に、人工ピンの添加量と縦磁界下の J_c の関係を調べるために、先行研究で得られた結果[3]と比較を行う。Fig. 2 に自己磁界で規格化した縦磁界の $J_c(B = 0.2 \text{ T})/J_c(\text{s.f.})$ とY₂O₃添加量依存性を示す。今回測定を行った、5.5%は4%に比べて、増加量が少なくなっている。これは、過剰な人工ピンは、電流路の妨げになり、結果的に電流磁界の平行度を低下させる原因になるためである。したがって、Y₂O₃添加に関しての最適添加量は4%近傍であると考えられる。

Table 1 : Specification of Superconductor

Specimen	Thickness [nm]	$J_c^{\text{s.f.}}$ @77.3 K [GA/m ²]
YBaCu ₂ O _{7-δ} +5.5areal.%Y ₂ O ₃	242	18.0
YBaCu ₂ O _{7-δ} +5.5areal.%Y ₂ O ₃	211	23.4
YBaCu ₂ O _{7-δ} +5.5areal.%Y ₂ O ₃	162	12.3
YBaCu ₂ O _{7-δ} +5.5areal.%Y ₂ O ₃	158	21.2

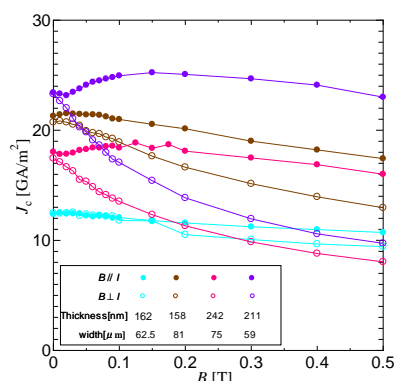


Fig. 1: $J_c - B$ properties at 77.3 K

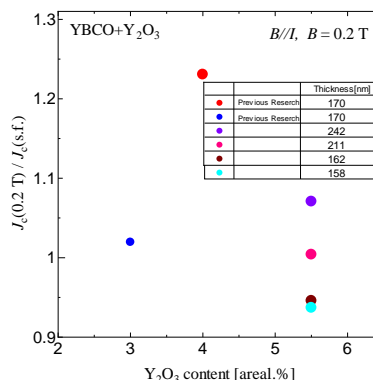


Fig. 2: $J_c(0.2\text{T})/J_c(\text{s.f.}) - \text{Y}_2\text{O}_3$ content at 77.3K

参考文献

- [1] A. Tsuruta, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 078003(2014)
- [2] M. Kiuchi, et al.: 秋季低温工学・超伝導学会, 1A-a01 (2011)
- [3] R. Kido, et al.: 応用物理学学会春季学術講演会, 12a-P9-12(2015)