

学生番号	11232026	氏名	木戸 竜馬
論文題目	単結晶基板を用いた Y 系超伝導体の縦磁界下における臨界電流特性に関する研究		

1. はじめに

超伝導体の電流 I の通電方向と平行に外部磁界 B を印加する縦磁界下においては、一般的な電流と外部磁界が垂直である横磁界下に比べて臨界電流密度 J_c が増加することが報告されている [1]。この縦磁界効果による臨界電流密度 J_c の増加は電流と磁界の平行具合に大きく依存する。さらに超伝導体内に微小な欠陥や不純物である人工ピンを導入することで縦磁界下での J_c が大きく増加することが報告されている [1]。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、人工ピンが縦磁界効果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 SrTiO_3 単結晶基板上に Y_2O_3 または Y211 の 2 種類のピンを表面修飾したターゲットを用い、PLD 法を用いて YBCO 超伝導層を成膜した試料である。各試料の厚さおよび導入した人工ピンの種類と導入量、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 2 つの試料とも粒状で、粒径は Y_2O_3 は 5 – 10 nm, Y211 は 10 – 20 nm 程度で、 Y_2O_3 の方がサイズが小さい。臨界電流密度 J_c は直流四端子法を用いて電流-電圧特性から求めた。試料の端子部のジュール発熱を抑え、均一の磁界を加えるために、幅が 80 μm 、長さが 1 mm のマイクロブリッジに加工した。 J_c の決定には電界基準 1.0×10^{-4} V/m を用いた。試料に加える磁界の方向は Fig. 1 に示すように、全ての測定で磁界は 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で行った。

3. 結果と考察

Fig. 2 に各試料の縦磁界 ($B//I$)、横磁界 ($B \perp I$) における $J_c - B$ 特性を示す。人工ピンとして Y_2O_3 を導入した試料において、外部磁界の増加に伴う J_c の増加が観測された。また、添加量の違いを比較すると、人工ピンの導入量が多い試料が縦磁界下において J_c が大きく増加しており、ピンの添加が縦磁界下の J_c 特性向上に有効であることがわかる。一方で、Y211 を添加した試料においては、自己磁界 J_c を超えるような J_c の増加は得られなかった。ただし、ピンの導入量が多い試料の方が、 J_c 増加が大きいのは Y_2O_3 と同様である。また、 J_c の磁界依存性の変化は Y_2O_3 と異なり、 $B = 0.03$ T 付近から J_c が上昇し始める。このような特性の違いは添加したピンの大きさによるものと考えられる。Y211 ピンは Y_2O_3 ピンと最大 4 倍の粒径差があり、大きなピンの場合はピンを

避けるように電流が流れるために、この部分で縦磁界が弱められる。また、Y211 の方が超伝導層も厚く、電流の直線性が低下したものと考えられる。従って縦磁界下における J_c 特性の向上には人工ピンの導入が有効であるが、電流路の直線性を妨げないようなピンの導入が必要である。

Table 1 : Specification of Superconductor

Specimen	Thickness [nm]	$J_c^{s.f.}$ @ 77.3 K [GA/m ²]
YBCO+4areal.% Y_2O_3	170	49
YBCO+3areal.% Y_2O_3	170	40.1
YBCO+4areal.%Y211	300	19.9
YBCO+2areal.%Y211	300	16.2

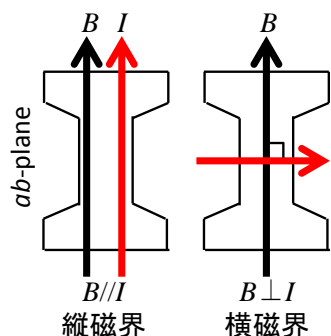


Fig. 1: Arrangement of current I and magnetic field B for the measurement of J_c .

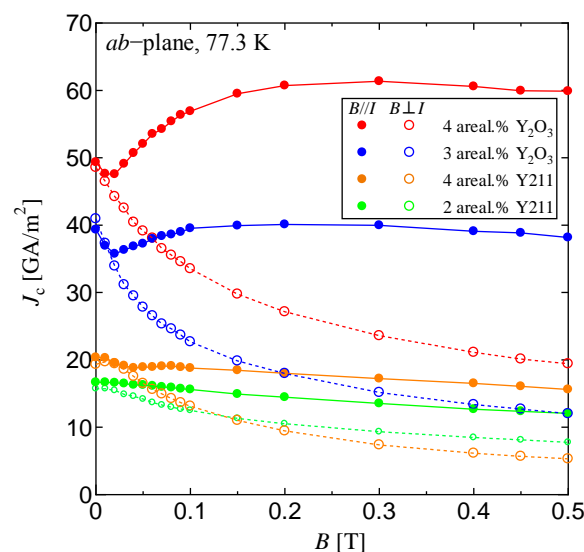


Fig. 2: $J_c - B$ properties at 77.3 K.

参考文献

[1] A. Tsuruta, S. Watanabe, Y. Ichino, and Y. Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. 53, 078003 (2014)