

学生番号	13674005	氏名	大橋 愛一郎
論文題目	Gd系超伝導コート線材の縦磁界下における 臨界電流密度特性と柱状ピン導入による影響		

1. はじめに

超伝導線材に電流を通電する場合、自己磁界を含めて電流に対し垂直磁界下の環境での使用となる。この状態での臨界電流密度 J_c は、超伝導体内に侵入した磁束線がローレンツ力を受けて動こうとするのをピン止め点(欠陥や不純物)で動きを止める、磁束ピンニング機構によりもたらされる。一方で、超伝導線材の電流通電方向に平行に磁界を加える縦磁界下では、垂直磁界下比べて J_c が増加することが知られている。この縦磁界下はローレンツ力が磁束線に作用しないフォースフリーの状態となるが、ピン止め点の導入により J_c が増加することが報告されている[1]。しかし、酸化物超伝導体の縦磁界下で有効なピンが具体的にわかっていない。

本研究では、高い J_c を持つ RE 系超伝導コート線材に酸化物超伝導体で有効なピンとして知られる、重イオン照射欠陥と超伝導作製時に添加できるナノサイズの欠陥を導入した試料を準備し、縦磁界下での J_c 特性を測定し、その影響について調べた。

2. 実験

試料の諸元を表 1 に示す。RE 系超伝導コート線材である市販の GdBa₂Cu₃O_x (#1) に対し、日本原子力機構で重イオン照射を行ったものが、#2 と #3 である。照射方向は c 軸方向である。また、重イオン照射欠陥と異なるピン導入試料として、超伝導工学研究所で作製された GdBa₂Cu₃O_x を用いた。比較のための無添加試料が #4 で、成膜時に BaZrO₃ (BZO) を添加したものが #5、BaHfO₃ (BHO) を添加したものが #6 である。添加によるピンは、ナノサイズの円柱状欠陥で、BZO は BHO に比べて径が太く、 c 軸に対して斜めに成長し、BHO は c 軸方向に直線的に成長する。電流量を抑えるために試料をマイクロブリッジ加工後、液体窒素温度 77.3 K で直流四端子法を用いて $E-J$ 特性を測定し、 $E_c = 1.0 \times 10^{-4}$ [V/m] で J_c を決定した。試料に加える磁界 B は、線材の広い面、すなわち ab 平面に加え、通電電流と磁界が平行の状態を縦磁界 ($B // I$)、向きが垂直な状態を横磁界 ($B \perp I$) とし、0~0.5 T の範囲で加えた。

表 1 試料諸元

	導入したピン	自己磁界 J_c [GA/m ²]
#1	-	37.1
#2	Au ⁺ ($B_0=0.5$ T)	34.7
#3	Au ⁺ ($B_0=1.0$ T)	29.7
#4	-	31.3
#5	BZO (3.5mol%)	24.9
#6	BHO (3.5mol%)	27.2

3. 結果及び考察

#2、#3 について、重イオン照射後の自己磁界の J_c は、照射量が多いほど減少が大きい。これは照射により超伝導層が損傷を受けたためである。磁界依存性の変化を見るために自己磁界 J_c (s.f.)で規格化を行った#1、#2、#3の J_c-B 特性を図 1 に示す。縦磁界下の J_c は、#1 に比べ#2、#3 は照射量の増加と共に小さくなっていることがわかる。これは照射欠陥はピンとなる非超伝導領域を導入することが出来るが、同時に ab 平面内に損傷が大きく、電流路の妨げとなるために電流が迂回し、縦磁界状態が低下したと考えられる。

図 2 に自己磁界 J_c (s.f.)で規格化を行った#4、#5、#6の J_c-B 特性を示す。縦磁界下の J_c は、#4は0.2 T以降ほとんど磁界に依存していない。一方で、#5、#6も#2、#3と同様にピンを導入することにより、 J_c は低下するが、その比率は小さい。これは、重イオン照射によるダメージの影響がないためである。但し、ナノロッド状ピンも ab 平面に導入された非超伝導相領域であるために、電流路の妨げになる。特に BZO は太く ab 平面に対して斜めな欠陥であるために、非超伝導相領域が増加し、縦磁界状態が低下したと考えられる。したがって、横磁界で有効に働く人工ピンであっても縦磁界下では有効に作用せず、電流の流れを阻害しないピンの導入が望まれる。

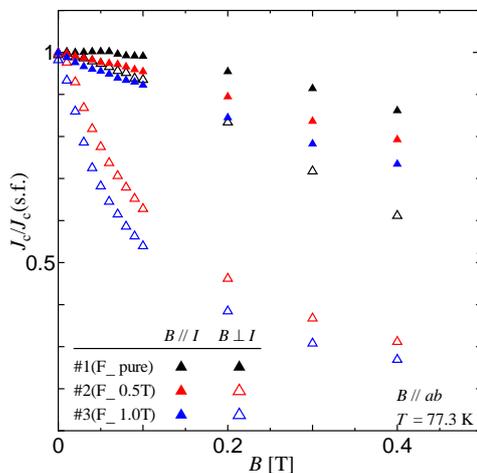


図 1 規格化を行った#1、#2、#3の J_c-B 特性

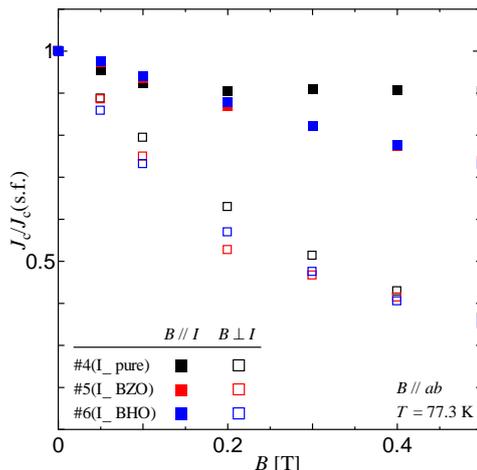


図 2 規格化を行った#4、#5、#6の J_c-B 特性

参考文献

1) Akihiro Tsuruta, et al., Journal of Applied Physics 53, 078003 (2014)

研究業績

第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 (2013) 同志社大学京田辺キャンパス 他 1 件