BHO 人工ピンを導入した SmBCO 超伝導薄膜の見かけ上のピン・ポテンシャル

Apparent pinning potential of SmBCO superconducting thin film with BHO artificial pin introduced

九工大 [1], 名古屋大 [2], 九産大 [3] ○(M2)柏木 啓 [1], 木内 勝 [1], 松下照男 [1], 土屋 雄司 [2], 吉田 隆 [2], 阿久根 忠博 [3], 西嵜 照和 [3]

Kyushu Inst. of Tech.[1], Nagoya Univ. [2], Kyushu Sangyo Univ. [3], ○Kei Kashiwagi[1], Masaru Kiuchi[1], Teruo Matsushita[1], Yuji Tsuchiya[2], Yutaka Yoshida[2], Tadahiro Akune[3], Terukazu Nishizaki[3]

E-mail: kashiwagi@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

1. はじめに

酸化物超伝導体の臨界電流密度J_cの高磁界特性向上のためには BZO($BaZrO_3$)などの人工ピンの導入が有効である[1]。中でも BHO($BaHfO_3$)を添加した場合、優れたJ_c特性が得られる。一方で、この超伝導体を用いた応用としては超伝導マグネット等があるが、高磁界で高安定な磁界を得るためには臨界電流密度の時間緩和特性を把握する必要がある。特にこの特性は磁束ピンニング特性ばかりでなく、超伝導層の厚さの影響も受けることから、超伝導マグネット設計においてはこの特性をきちんと把握する必要がある。本研究では、BHO を高濃度に添加した$SmBa_2Cu_3O_y$ の磁束ピンニング特性を調べるために、臨界電流特性及び磁化の緩和特性を測定し、人工ピンの添加効果を調べた。

2. 実験

本研究に用いた超伝導試料は、IBAD-MgO 基板上に PLD 法を用いて超伝導層を作製した SmBCO 薄膜である。人工ピンは BHO で 3.0 vol%添加した。また、添加効果を調べるために無添加の 0vol%も準備した。超伝導体の厚さdは 2 つの試料とも$d = 250$ nm である。

実験は SQUID 磁力計を用いて、磁界を変化させた場合の磁気モーメントの大きさからJ_cを、磁化の時間対数緩和率から見かけ上のピン・ポテンシャルU_0^*及び電界-電流密度特性を評価した。磁界は薄膜に対して垂直、すなわち c 軸方向に加えた。

3. 結果および考察

Fig 1 に 10 K~77 K の温度領域におけるJ_cの磁界依存性特性を示す。無添加の場合、低温度領域のJ_c特性は、自己磁界から 2 T 近傍まで緩やかに低下するが、3.0vol%試料は添加によるJ_c値の劣化がほとんどなく、測定磁界範囲で一定値となった。

Fig 2 に磁化の対数緩和率から求めたU_0^*の温度依存性を示す。無添加試料のU_0^*は温度の上昇と共に増加し、中温度領域でピークを示した。このピークは磁界の増加と共に低温度側に移動していく。一方で3vol%試料のU_0^*も温度上昇と共に増加し、50 K でピークを持つが、そのピークは磁界にほとんど依存しない。さらに、U_0^*値はJ_cが小さい無添加試料の方が大きくなった。一般に 3 次元ピンニングの場合、U_0^*は真のピン・ポテンシャルU_0と$U_0^* \propto {U_0}^{2/3}$の関係がある。更にピン力の強さを表す磁束クリープの影響がない理想的な臨界電流密度J_{c0}とは、$U_0^* \propto {J_{c0}}^{1/3}$の関係がある。したがって、$J_{c0}$の増加と共に$U_0^*$が増加する傾向となるが、今回はそのような特性になっていない。

一方で、超伝導層が薄く、ピンニング相関距離Lが厚さd以下の場合、磁束バンドルサイズがdの制限を受ける。この L は J_{c0} を用いて

$$L = \left(\frac{Ba_f}{4\mu_0 J_{c0}}\right)^{1/2}$$

と表せ、a_f は磁束格子間隔である。ここでは緩和率から求めた電界-電流密度特性を磁束クリー・フローモデルで解析を行い、ピンニング・パラメータを求め、Lの温度依存性を求めた。得られた結果は、J_cが小さい無添加試料は 40 K 近傍で、$L \cong d$となる。一方で 3.0vol%試料のLは 60 K 近傍まで dに達しない。この違いがU_0^*を小さくした原因の一つと考えられる。詳細は発表当日行う。

4. 参考文献

[1]吉田隆ら:「Vapor Liquid Solid 成長を用いて作製した 人工ピン導入 $REBa_2Cu_3O_{7-y}$ 膜の微細組織」日本金属学会誌 **74** (2010) 416—421

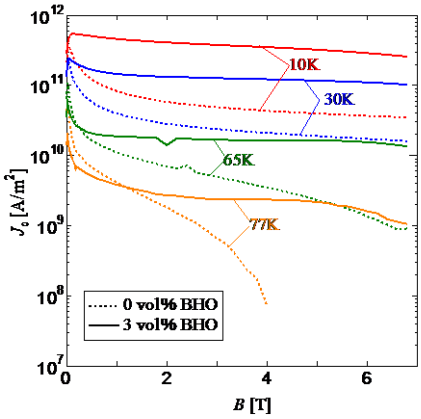

Fig 1. J_c - B characteristic of 0vol% and 3vol%

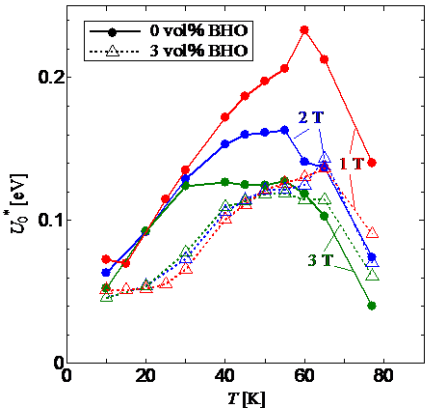

Fig 2. U_0^* - T characteristic of 0vol% and 3vol%

© 2017年 応用物理学会