超伝導接合機構解明にむけた Bi2223 多結晶バルク間の接合

Joint between Bi2223 polycrystalline bulks for clarification of the superconducting joint principle

東大院工 [1], 青学大理工 [2], TEP[3], 住友電工 [4]
○武田 泰明 [1], 元木 貴則 [2], 中村 新一 [3], 中島 隆芳 [4], 小林 慎一 [4], 加藤 武志 [4], 下山 淳一 [2]
The Univ. of Tokyo[1], Aoyama Gakuin Univ. [2], TEP, Ltd.[3], Sumitomo Electric Industries, Ltd.[4]
○Yasuaki Takeda[1], Takanori Motoki[2], Shin-ichi Nakamura[3],
Takayoshi Nakashima[4], Shin-ichi Kobayashi[4], Takeshi Kato[4], Jun-ichi Shimoyama[2]
E-mail: ytakeda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

我々は最近、実用$(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ [Bi2223] 銀シース多芯線材(DI-BSCCO) [1] の超伝導接合技術の開発に取り組んでおり、接合部に Bi2223 多結晶中間層を形成させることで高い接合 I_c (4.2 K, s.f.) > 400 A (10^{-9} Ω基準)を達成している[2]。一方で、本手法における超伝導接合機構は明らかでなく、またこれまで我々が提案してきた Bi2223 多結晶材料に対する J_c 特性改善指針[3, 4]が、線材の超伝導フィラメントと多結晶中間層の界面を有する接合の I_c 特性の改善につながるかどうかも確かめる必要がある。そこで本研究では、超伝導接合機構の解明およびそれを踏まえた接合 I_c 向上指針の確立を目指し、微細組織観察や電磁気的特性の評価が容易である Bi2223 多結晶バルク体について、多結晶中間層の形成による接合を試みた。

2. 実験方法

接合試料は、仕込組成 Bi: Pb: Sr: Ca: Cu ~ 1.7: 0.35: 1.9: 2.0: 3.0 の前駆体粉末から作製した。接合する Bi2223 多結晶バルク体は、前駆体粉末のペレット成型、820°C, P_{O2} = 3 kPa (3% O_2/Ar 気流中)の条件での焼成および粉砕を繰り返し行うことで得た。接合中間層には、Bi2223 を~20 mol%、$(Bi,Pb)_2Sr_2CaCu_2O_y$ [Bi2212] や Ca_2PbO_4 などの Bi2223 反応前駆体を~80 mol%含んだ粉末を分散させたスラリーを PET フィルム(~70 mm^2)上に~30 μL 滴下し、乾燥後~200 MPa で一軸プレスして PET フィルムを除去したものを用いた。2 つのバルク体の間に中間層を挟んで SUS 製の冶具で数 MPa 程度の一軸加圧をかけて固定した状態で 810°C, 6 – 24 h, P_{O2} = 3 kPa の熱処理を行うことで接合試料とした。一部試料に対しては不定比化学組成制御を目的とした還元雰囲気(P_{O2} = 1 kPa)下、もしくは酸素気流中でのアニールを施した。これらの接合試料について、微細組織は SEM・TEM により観察し、超伝導特性は交流四端子法による電気抵抗測定および SQUID 磁束計による磁化測定から評価した。

3. 結果と考察

一軸加圧下の熱処理により Bi2223 多結晶バルク間の接合試料が得られ、接合中間層は~100 μm[t] でほぼ Bi2223 単相であった。接合部分の微細組織観察から、クラックがなく、かつ空隙も少ない良好な接合界面が形成できていることがわかった。Fig. 1 に接合試料の 120 K で規格化した電気抵抗の温度依存性を示す。~105 K 以下の温度で接合中間層に由来する超伝導転移が観測され、< 100 K で測定限界以下の低い電気抵抗となった。このことより、Bi2223 バルク間においても超伝導接合の達成が示唆された。さらに、Bi2223 多結晶材料の J_c 特性を大きく改善する還元雰囲気下でのポストアニールを施すことで、接合部由来のものを含めた超伝導転移がシャープになった。これは、我々がこれまで提案してきた高機能化指針が接合技術にも適用できることを指摘する結果である。講演では、接合界面の詳細な組織評価に加え、磁場中を含めたバルク間の接合 J_c 特性も示し、Bi2223 多結晶材料における超伝導接合機構を議論する。

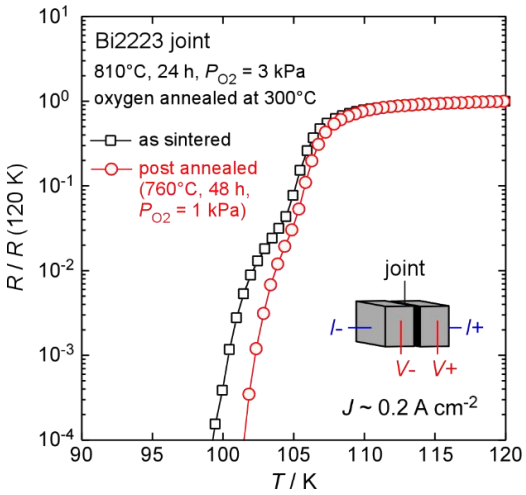

Fig. 1 Temperature dependence of normalized electrical resistance for Bi2223 bulk joint samples.

謝辞

本研究は、JST、未来社会創造事業、JPMJMI17A2 の支援を受けたものである。

参考文献

[1] T. Nakashima *et al.*, *Cryogenics* **52** (2012) 713 – 718.
[2] Y. Takeda *et al.*, *APEX* (to be published)
[3] Y. Takeda *et al.*, *SuST* **31** (2018) 074002.
[4] 武田ら、H30 秋季応用物理学会 19p-212B-8.

© 2019年 応用物理学会