磁気顕微法による異なる組成のはんだを用いた NbTi-Bi2223 超伝導接合の局所臨界電流密度分布評価 Characterization of Local Critical Current Density Distribution in NbTi-Bi2223 Superconducting Joints with Different Solders Based on Magnetic Microscopy

 九大¹,物材機構²
び呉 澤宇¹,東川 甲平¹,松本 凌²,高野 義彦²,木須 隆楊¹
Kyushu Univ.¹, NIMS²
°Zeyu Wu¹, Kohei Higashikawa¹, Ryo Matsumoto², Yoshihiko Takano², Takanobu Kiss¹ E-mail: z.wu@super.ees.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

NMR などの高磁界マグネット応用では、従来の金属系超 伝導(LTS)線材を用いたコイルに加え、酸化物系高温超伝 導(HTS)線材を用いたコイルとの組み合わせによる高磁界 化が検討されている。同応用には永久電流モード運転が期 待されるが、コイル保護などの観点からは両コイルは直列に 接続されることが望ましく、LTS 線材とHTS 線材の超伝導接 合が不可欠となる。一例として、NbTi 線材と Bi2223 線材を 超伝導はんだによって接合する in-situ シース溶融法が提唱 されており、四端子法よる臨界電流値の評価結果が報告さ れており、超伝導はんだの組成の影響が調べられている[1]。 一方、上記で評価される臨界電流値は、接合部の全体の性 能に相当するものであり、超伝導はんだ部の寄与を正確に 把握することは困難となっている。また、永久電流モード運 転に対応する超低電界領域における性能の評価も困難で ある。そこで本研究では、磁気顕微法によって接合試料の 超低電界領域における臨界電流密度分布を評価することに より、異なる組成の超伝導はんだの影響を評価した。

2. 実験方法

評価対象は、NbTi 線材とBi2223 線材を超伝導はんだに よって接合したものであり、その概略を Fig. 1 右側に示す。 超伝導はんだとしては、Pbo.7Sno.3と(Pbo.7Sno.3)Bio.4の二種類 が用いられている。円錐状の試料を樹脂含浸し、走査型ホ ール素子顕微鏡の冷却ステージに Fig. 1 左側に示すように 設置した。試料を5Kにまで冷却し、磁化させた際の残留磁 界分布を計測し、その際の磁化電流密度を評価した。

3. 結果·考察

計測した残留磁界分布から Biot-Savart 則の逆問題を解く ことにより磁化電流密度分布を評価した結果を Fig. 2 に示す。 NbTi 線材の位置を円、Bi2223 線材の位置を長方形で示し ている。Fig. 2(a)に示す PborSno.3 を用いた試料では、超伝 導はんだ部における磁化電流密度が小さくなっており、また Bi2223線材の領域においては磁化電流がほとんど観測され ていない様子がわかる。一方、Fig.2(b)に示す (PborSno.3)Bio.4 を用いた試料では、超伝導はんだ部の磁化 電流密度も大きく、Bi2223線材の両端の位置にまで磁化電 流が観測されている。このように、本手法による評価によれ ば、永久電流モードに対応するような低電界領域における 磁化電流密度分布を可視化することが可能であり、両試料 の性能の相違が、超伝導はんだの性能によるものと、Bi2223 線材との結合状態によるものであることが明らかとなった。

謝辞

本研究は、JST 未来社会創造事業 JPMJMI17A2 の支援を 受けて実施したものである。

参考文献

[1] R. Matsumoto et al., Appl. Phys. Express, 10, 093102 (2017).



Fig. 1. Samples for NbTi-Bi2223 joints with different solders: (a) $Pb_{0.7}Sn_{0.3}$ and (b) $(Pb_{0.7}Sn_{0.3})Bi_{0.4}$.



Fig. 2. Magnetization current density distributions in the NbTi-Bi2223 joint samples with different solders: (a) $Pb_{0.7}Sn_{0.3}$ and (b) $Pb_{0.7}Sn_{0.3}Bi_{0.4}$. The positions of the NbTi wire and the Bi2223 tape are indicated by the circles and the rectangles, respectively.