

希土類系高温超伝導テープ線材における 磁化緩和特性の磁気顕微測定と形状効果に関する考察 Magnetic Microscopy of Magnetization Relaxation Characteristics in RE-Based HTS Coated Conductors and Their Shape Effect

九大
Kyushu Univ.

〇呉 澤宇, 東川 甲平, 木須 隆暢
〇Zeyu Wu, Kohei Higashikawa, Takanobu Kiss
E-mail: z.wu@super.ees.kyushu-u.ac.jp

1. 背景

高温超伝導コート線材は、応用先に応じて 1 mm 幅の細線加工や 30 mm 幅広い線材など線幅の大きく異なる条件下での利用が検討される[1] [2]。テープ形状に起因して、テープ面に垂直な磁界を遮蔽する大きな線材磁化が誘起されることから、線材磁化やその緩和特性の正確な理解が求められる。通常、磁化特性の評価は、試料全体の磁気モーメントを計測し、空間均一性を仮定した上で、試料内の平均的な臨界電流密度や電界が導出される[3]。しかしながら、磁化電流に起因する磁場分布を直接計測する事で、磁化電流の大きさや分布、さらに試料内の電界とその分布を直接計測する事が可能となる。本研究では、ホール素子磁気顕微法(SHPM: Scanning Hall Probe Microscopy)を用いて、磁化したコート線材の磁界分布とその時間変化を測定することで、試料内の磁化電流密度と電界を直接評価すると共に、形状効果について考察した。

2. 実験方法

線材幅依存性は長さ 25 mm 一定で、12 mm, 6 mm, 2 mm 線材幅の線材を用いた。試料を液体窒素中で線材に外部磁場を印加して磁化させた。ホール素子を走査することで、磁化した試料直上の磁場分布と時間依存性を計測した。磁気像より Biot-Savart 則の逆問題の解析を行い磁化電流の大きさと空間分布を求めた。同様に、Faraday 則を用いて、磁気像の時間変化より、電界の大きさと空間分布を導出した。

3. 結果・考察

長さ 25 mm × 幅 12 mm の試料における残留磁束の磁気像を SHPM によって測定した結果を Fig. 1 に示す。次に、線材中央付近の試料幅方向の磁場分布の時間依存性を測定した。その際に、着磁後の時刻を 0 s とした。得られた局所磁場分布より J_c 分布および E 分布を計算し、その時間依存性を求めた。同様の測定を線幅 6 mm ならびに 2 mm の線材についても実施した。Fig. 2 に導出した電界 E 分布の幅依存性と時間依存性を示す。また J と E の時間依存性より E - J 特性を導出した結果を Fig. 3 に示す。緩和特性は本質的に E - J 特性に支配され、異なる線材幅で誘導される E に対応する磁化電流が誘導される事が分かる。誘導電界の大きさは線幅にほぼ比例し、細い線幅ほど電界は小さくなる。磁化測定による J_c 導出の導出は広く行われているが、電界基準の試料形状依存性に留意すべきである。また誘導電界の大きさは、四端子法により J_c を定義する際の典型的な基準に比べ 3 桁から 5 桁以上低電界である事にも注意が必要である。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP19H05617 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 町 敬人 et al., 低温工学, 2015, 50 巻, 10 号, p. 476-482.
- [2] Teruo Izumi, ASC2020, Wk2MOr2A-06.
- [3] Edmund S Otabe et al., 2005 *Supercond. Sci. Technol.* 18 S219

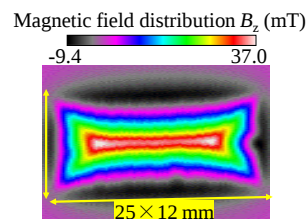


Fig. 1. Remanent magnetic field, B_z distributions at 77 K measured by the SHPM.

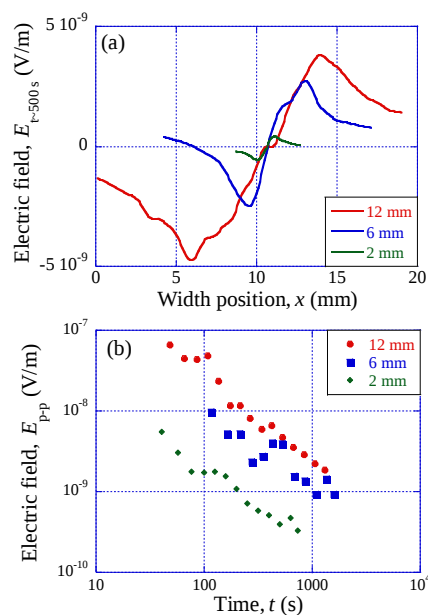


Fig. 2. (a) Relaxation properties of electric field, E distribution and (b) half of peak-peak value evaluated from distribution as a function of time.

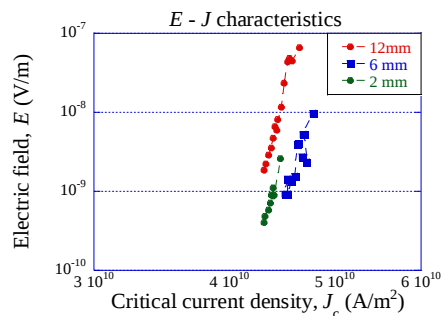


Fig. 3. E - J characteristics of samples with different width.