

銅酸化物高温超伝導テープ線材の 磁化緩和に伴う誘導電界のスケール特性に関する検討

Scaling Behavior of Induced Electric Field in Cuprate Superconducting Tapes During Magnetization Relaxation

九大院シス情
Kyushu Univ.

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

1. 背景

超伝導線材の臨界電流密度 J_c 特性は試料全体の磁気モーメント計測から、空間均一性を仮定することで比較的簡便に求まる。一方、磁化緩和は測定時の環境（温度、印加磁場、時刻または試料サイズなど）に大きく依存することから E も測定条件に伴って変化する。高温超伝導 HTS 線材はなだらかな E - J 特性を持ち、磁化測定の際の E の正確な評価が必要となる。本研究では、ホール素子磁気顕微法(SHPM: Scanning Hall Probe Microscopy)を用いて、異なる環境下における HTS 試料内の磁化電流と電界分布を直接評価すると共に、その磁化電流、試料形状、 E - J 特性の n 値と電界についての関係を考察した。

2. 実験方法

試料は銅酸化物超伝導線材の RE-123 と Bi-2223 を用いた。試料を測定温度まで冷却後に外部磁場を印加して磁化し、ホール素子を走査して磁化した試料直上の磁場分布と時間依存性を計測した。磁場分布より Biot-Savart 則の逆問題と Faraday 則を用いて、それぞれ磁化電流と電界の空間分布を求めた[1]。

3. 結果・考察

例として 77 K 自己磁場下、長さ 100 mm×幅 12 mm の RE-123 試料中央付近における幅方向磁場分布の時間依存性を測定し、得られた E 分布を Fig. 1 に示す。ピーク電界の時間依存性を調べたところ、同図 inset に示す様に、磁束クリープに起因する時刻 t に反比例する E の時間依存性が見られた。同じく Bi-2223 にも適用し、異なる温度・磁場における $E(t)$ を Fig. 2 (a) にまとめた。測定環境によって E の値は大きく変化することが分かる。しかし、いずれも E の時間依存性は t に反比例しており、磁化の減衰が対数的、すなわち磁束クリープに起因すると考えられる。したがって、磁化緩和に伴う電界は、電磁気的には磁化の大きさとその時間緩和の特性のみに依存すると考えられることから、Faraday の法則と Anderson-Kim による磁束クリープに伴う磁化の緩和特性より、次式によって電界を規格化すると、緩和のごく初期を除いて電界の時間依存性はすべてスケールすると予測できる。

$$E^{nor}(t) = \frac{1}{\mu_0} \cdot E(t) \cdot \left[\frac{n}{M(t)} \right] \cdot \left[\frac{2(l+w)}{wlG} \right] = \frac{1}{t} \quad (1)$$

$M(t)$, w , l , d , G はそれぞれ試料磁化の時間変化、幅、長さ、超伝導層厚み、形状補正係数[2]である。Fig. 2 (b) にその結果を示す。実測結果はすべて予測通りスケールする事が分かる。本結果より、磁化緩和の際の電界の支配因子が明らかになると共に、磁化測定の際の電界の大きさを簡便に得ることができる。

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] K. Shiohara, et al., Physica C, 484, p. 139 (2013).
[2] Edmund S Otabe et al., 2005 Supercond. Sci. Technol. 18 S219.

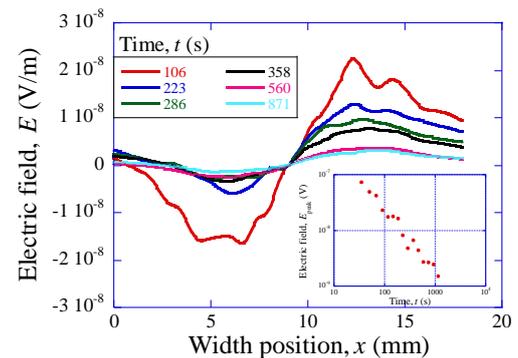


Fig. 1. Electric field, E distributions by measured magnetic field, B_z distributions at 77 K and self-field based on SHPM. Inset is the peak value of E distribution as a function of time, $E(t)$.

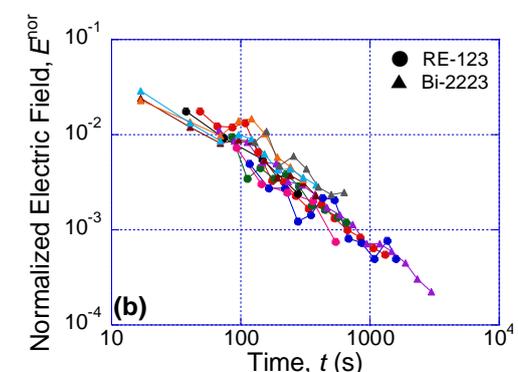
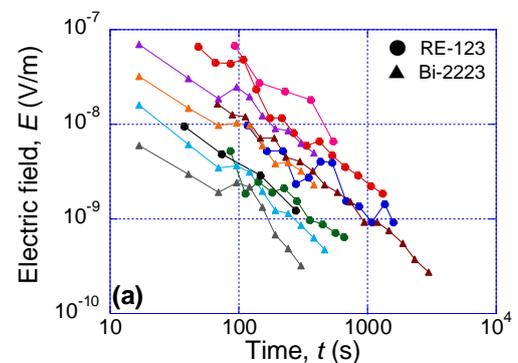


Fig. 2. Time dependent E induced by the magnetization relaxations of RE-123 and Bi-2223 tapes at different conditions and (b) their scaling behavior expressed by eq. (1).