

超電導 Bi-2223 銀シーステープ線材の E - J 特性の理論解析

Theoretical Estimation of E - J Characteristics in a Bi-2223 Silver-Sheathed Tape

九工大・情報工^A, 九大院・シス情^B, 物質・材料研究機構^C。児玉武士^A, 福田光洋^A, 白石和男^B, 西村昭一^B, 小田部荘司^A, 木内勝^B, 松下照男^A, 木須隆暢^B, 伊藤喜久男^C
 〇 T. Kodama^A, M. Fukuda^A, K. Shiraishi^B, S. Nishimura^B,
 E. S. Otabe^A, M. Kiuchi^B, T. Matsushita^{A,B}, T. Kiss^B, K. Itoh^C
 Kyushu Inst. of Tech.^A, Kyushu Univ.^B, NIMS,^C
 kodama@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

はじめに 四端子法による測定領域での E - J 特性は、磁束ピンニングの立場から磁束クリープ・フローモデルとパーコレーション・フローモデルによってよく説明されている。前者では、 E - J 特性は熱活性運動による不連続的な磁束線の運動である磁束クリープとローレンツ力による連続的な運動である磁束フローによって決定されると考え、広いピンニング力の分布の影響を取り扱ってきている。後者のモデルでは、著しい熱揺動のもとでの磁束線の動きはピンポテンシャルを浅くした等価的な磁束フローによって近似されており、 E - J 特性は磁束ピンニング力の分布に強く影響をうけるパーコレーション特性で決定される。したがって、二つのモデルは本質的に同じメカニズムに基づいている。ただし、超低電界領域における完全な磁束クリープは従来の後者のモデルでは取り扱われていない。

本研究では、超電導 Bi-2223 銀シーステープ線材について、磁束クリープと磁束フローが電界に占める割合について明らかにし、パーコレーションモデルのパラメータと磁束クリープフローモデルの物理パラメータとの関係について検討する。

結果および検討 Fig. 1 にピン力の分布を考慮した磁束クリープ・フローモデルによる E - J 特性の磁界依存性を示す。これは臨界温度 $T_c = 110$ K、59 芯の超電導 Bi-2223 銀シーステープ線材における四端子法による実験値との fitting によって得られたものである。また Fig. 2 は、磁束フロー電界が全体の電界に占める割合を示し、それぞれの曲線は Fig. 1 に対応している。これにより、本計算が四端子法による測定領域においてそのほとんどが磁束クリープ電界であることを示している。一般にはこの領域はパーコレーション・フローモデルによってよく記述されることから磁束フロー領域であり、磁束クリープのみが大きく作用するとは考えにくいように見える。しかしながら、不可逆磁界をはじめとして多くの現象がほぼ磁束クリープのみで説明されることに注意すべきである。

電界に関係する重要な量である磁束バンドルの振動周波数 ν_0 は次式で与えられる。

$$\nu_0 = \frac{\rho_f J_{c0}}{a_f B}$$

ここで、 ρ_f はフロー比抵抗、 a_f は磁束線格子間距離を表す。 $B = 0.05$ T、 $\rho_f = 10^{-4}$ Ωm として、ピンパラメータ $A_m = 9.0 \times 10^8$ A/m²、 $\gamma = 0.51$ 、 $m = 2.0$ を用いると ν_0 は約 10^{10} Hz に見積もられる。Fig. 3 は $\nu_0 = 10^7$ Hz で一定として仮定した場合であり、磁束フロー電界の割合が大きくなる。

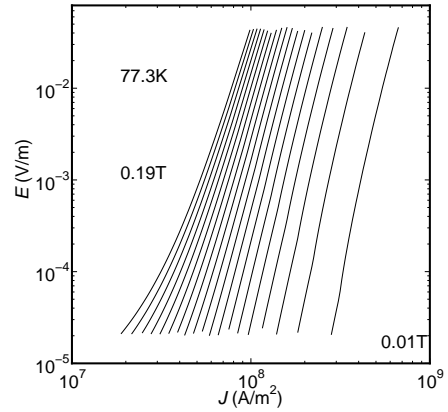


Fig. 1 E - J characteristics estimated at 77.3 K.

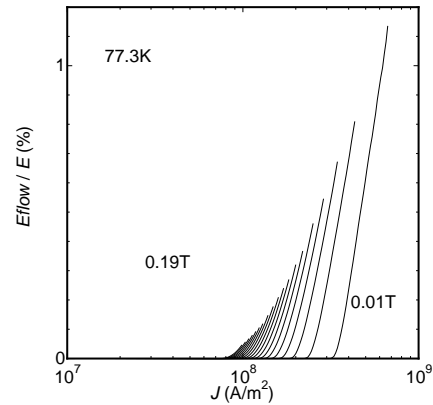


Fig. 2 Ratio of contribution of flux flow to the total electric field at 77.3 K.

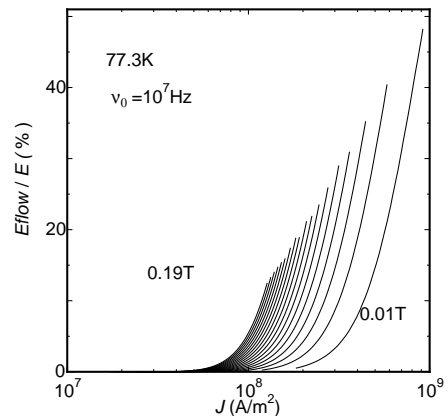


Fig. 3 Ratio of contribution of flux flow to the total electric field in the case of $\nu_0 = 10^7$ Hz at 77.3 K.