

学生番号	10232025	氏名	熊谷 昂将
論文題目	超伝導体の磁束クリープ・フローモデルを用いた電界-電流密度特性における磁束バンドル数の検討		

1. はじめに

高温超伝導体の実用化において、超伝導体の電界 - 電流密度特性(E - J 特性)を把握することは重要であり、磁束クリープ・フローモデルが解析に有効であると知られている[1]。

その解析法において現在までの研究により、パラメータの1つである磁束バンドル数が高温・高磁界で E - J 特性に与える影響が大きいことが知られている。本研究では、磁束バンドル数の計算方法の見直しを行い、 E - J 特性によるパラメータ推定の精度向上を目標とする。

2. 計算方法

E - J 特性により求めるパラメータは、ピン力の強さの最頻値 A_m 、ピン力の分散を表す σ^2 、磁束クリープがないと仮定した仮想的な臨界電流密度の磁界依存性 γ 、及び温度依存性 m 、磁束バンドル数 g^2 の5つである。磁束クリープ・フローモデルより、磁束バンドル数 g^2 は

$$g_1^2 = g_e^2 \left[\frac{5k_B T}{2U_e} \log \left(\frac{B a_f v_0}{E_c} \right) \right]^4 \quad (1)$$

で表わされる。 g_e^2 は磁束バンドル数の最大値、 k_B をボルツマン定数、 U_e を磁束バンドル数が最大となる時のピンニング・ポテンシャル、 a_f を磁束線の格子間隔距離、 v_0 を熱振動周波数、 E_c を電界基準とする。また、見直し後の磁束バンドル数を

$$g_2^2 = g_k(g_e^2 - 1) + 1 \quad (2)$$

とする。磁束バンドルの単位は本数であるため g^2 は1以上である。 g_k は磁束バンドル数の最大値に対する割合で0から1までの値をとる。

式(1)と式(2)により算出した E - J 特性(以下、モデルデータとする)と SQUID の磁化緩和測定から算出した E - J 特性(以下、実験データとする)を解析の対象としてパラメータを求める。評価は平均距離 d_i を用いて、

$$d_i = \frac{1}{N} \sum \left(\log(E_{cal}) - \log(E_{exp}) \right)^2 \quad (3)$$

とする。但し、実験値は E_{exp} 、解析値は E_{cal} 、データ数を N 、とする。 i は(1)式と(2)式のどちらにより求められたのかを示す。

3. 結果と考察

図1に(1)式による E - J 特性、図2に(2)式による E - J 特性を示す。 $g_k=0.30$ である。それぞれの平均距離は $d_1=6.25$ 、 $d_2=4.80 \times 10^{-1}$ であった。平均距離を比較すると明らかに式(2)を用いた手法が高い精度でパラメータの推定が行えることが分かる。これは図2で高磁界における実験値の説明ができていくことから分かる。次に、磁束バンドル数と磁束バンドル数の最大値の計算結果についてであ

るが、 g_1^2 は77.3 Kのデータにおいて1を下回っており、磁束バンドル数は1に近いことが分かる。 g_2^2 は77.3 Kのデータ全てで1を上回っている。実験値のパラメータと比較した結果、 g_2^2 を用いた E - J 特性によるパラメータ推定のほうが高温で精度が高いことが分かる。今後、(2)式に手を加え新しい理論を確立することで、今後も発見されていくであろう高温超伝導体の E - J 特性をより把握しやすくなる可能性がある。

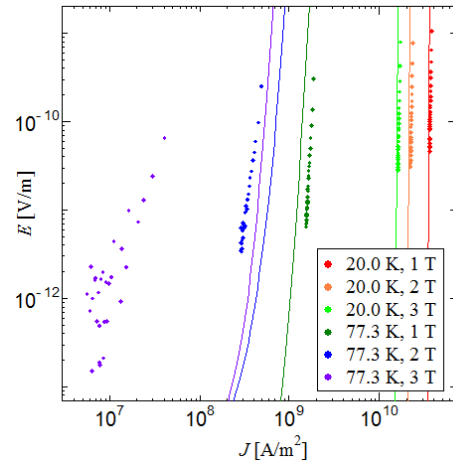


図1: g_1^2 による E - J 特性

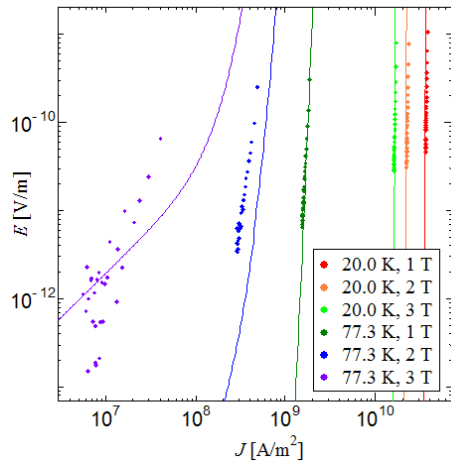


図2: g_2^2 による E - J 特性

4. 参考文献

[1] T. Matsushita, Flux Pinning in Superconductors, (2nd Ed), Springer (2014)

5. 研究業績

熊谷昂将ほか, “磁束クリープ・フローモデルのパラメータ解析における評価方法の検討”, 平成 26 年度応用物理学会九州支部学術講演 (2014), 6Da-9