

Bi-2223 銀シース線材の電流輸送特性の評価

松下研究室 B4 林 雄二郎

序論 高温超伝導体を使用した機器の電磁特性は、その超伝導体の E - J 特性に強く影響される。それゆえに、広い電界領域にわたる E - J 特性の評価が必要となる。しかしながら、高温超伝導体の E - J 特性はまだ十分には明らかにされておらず、電界発生機構、及びピン力の分布による影響の詳細な知見が得られていない。本研究では、四端子法(抵抗法)と SQUID 磁力計による磁化法を用いて、Bi-2223 銀シーステープ線材の広い電界領域の E - J 特性の評価を行なう。得られた結果を、ピン力の分布を考慮した磁束クリープ・フロー・モデルに基づく解析結果と比較し、考察する。

実験 試料はパウダー・イン・チューブ法により作製した Bi-2223 銀シース多芯テープ線材である。臨界温度 T_c は 110 K である。 E - J 特性を評価するために、四端子法(抵抗法)及び SQUID 磁力計による磁化法を用いた。前者では高電界領域 ($10^{-5} \sim 10^{-2}$ V/m) の評価を、また後者では超低電界領域 ($10^{-11} \sim 10^{-9}$ V/m) の評価を行うことができる。抵抗法では試料に電流端子と電圧端子をそれぞれ取り付け、 c 軸に平行な一定磁界、一定温度の下でパルス電流を通電し、電圧端子間距離に生じる電圧を測定した。磁化法では試料の c 軸方向に直流磁界をかけて試料に磁束を侵入させ、様々な一定磁界まで減少させて臨界状態とした後の磁化の緩和を測定した。

結果及び検討 $T = 70$ K において抵抗法と磁化法で測定した結果を図 1 にプロットで示す。同図によると抵抗法による測定結果から得られる E - J 特性は、磁化法による測定結果から得られる E - J 特性より低 J 側に寄っているが、これはフィラメントのソーセージングの影響によるものである。さらに、ピン力の分布を考慮した磁束クリープ・フロー・モデルに基づく E - J 特性の解析結果を同図に実線で示す。同図によれば実験結果と理論に基づいた解析結果に違いが見られる点は 2 つある。1 つ目は、抵抗法による測定の範囲における高電界 ($E \geq 10^{-3}$ V/m) かつ中・高磁界領域において、実験結果の特性が解析結果よりねている点である。この原因は、上述の銀シースへの分流の影響にある。この影響を取り除くことができれば、 E - J 特性の立ち上がりは急になり、 n 値は大きくなって解析結果に近くなると予測される。ここで、 n 値とは電流-電圧特性を $E \propto J^n$ と表したときの指数である。2 つ目は、磁化法による測定において、高磁界領域では、同じ E

で比べたときに解析結果の n 値が実験結果より小さく、電流が低くなるにしたがってその傾向が大きくなる点である。このずれの原因は、低電流領域における g^2 (磁束バンドル内の磁束数) の振る舞いにあると考えられる。一般に g^2 は電界に依存すると思われるが、本論文ではそれを無視している。これが、低電流領域におけるずれを引き起こす 1 つの原因であろう。加えて、これまでの g^2 の理論式は熱活性化による磁束線のフロー (TAFF) 状態から離れた状態を仮定して導かれたものであるが、理論による予測では典型的な TAFF 状態の振る舞いを示している。したがって、 g^2 は理論的に矛盾のない方法で得られる必要がある。

特に g^2 の電界に対する依存性を考慮すると、電界が小さくなるにつれて g^2 は大きくなり、磁束クリープの影響は弱くなる傾向となる。したがって n 値はより大きくなって実験との一致がよりよくなると予測される。

このように、低電流領域を除いて、ピン力の分布を考慮した磁束クリープ・フロー・モデルは広い電界、磁界及び温度にわたって E - J 特性をおおよそ記述することができる。これは、磁束線のデピンングが超伝導体の E - J 特性を決定づける基本的な機構であることを示している。

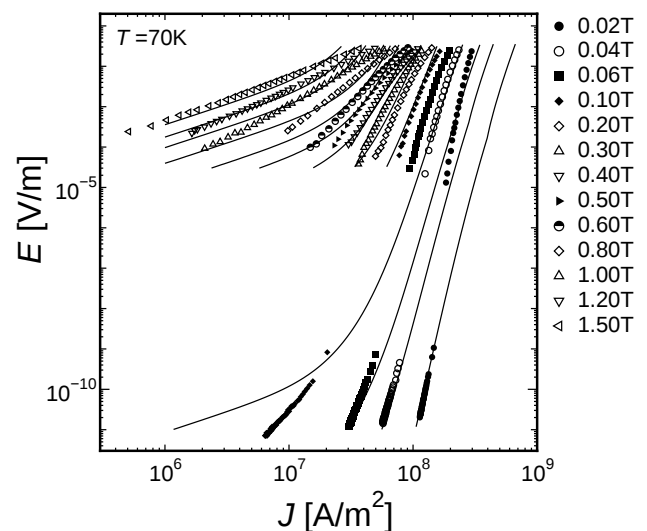


図 1 $T = 70$ K での実験結果と理論の比較 (プロットが実験値で、実線が理論値)。高電界領域 ($10^{-5} \sim 10^{-2}$ V/m) は抵抗法により測定した結果で、超低電界領域 ($10^{-11} \sim 10^{-9}$ V/m) は磁化法により測定した結果。