Bi-2212 超伝導体の不可逆磁界の厚み依存性に関する研究

山崎 映人 (94232086) / 松下研究室

1. はじめに　臨界電流密度 J_c がゼロとなる不可逆磁界 B_i はピンニングの強さと超伝導体の次元性に依存することが一般的に知られている。また Bi-2223 超伝導体の薄膜の不可逆磁界はテープ線材と比べて低いが、これは不可逆磁界が超伝導体の大きさにも依存していることを示している。そして Bi-2223 のような 2 次元的な超伝導体中でさえ、磁束線が長さ方向に沿って強くカップリングしているということを示唆しており、磁界を c 軸に平行に印加した場合、縦方向の磁束バンドルサイズが膜厚によって制限されることによってピン・ポテンシャルも制限され、結果的に不可逆磁界が小さくなったと考えることができる。本研究ではこの予測がより 2 次元的な Bi-2212 超伝導体でも成り立つかどうかを議論するために、厚みの異なる 2 種類の Bi-2212 超伝導体の不可逆磁界を測定し、この実験結果と磁束クリープ理論による予想とを比較し、議論する。

2. 実験　本実験で用いた試料は膜厚が 5.0 μm(試料 #1) と 10.0 μm(試料 #2) の多層の銀シース Bi-2212 テープ線材である。実験方法は四端子法 (抵抗法) を用いて、c 軸に平行な一定磁界 B、一定温度 T の下で 1 秒のパルス電流を通電し、1cm の電圧端子間に生じる電圧を測定することにより電流 - 電圧特性を評価した。温度は 8 ~ 62 K の範囲で変化させ、磁界は 0.3 ~ 3.0 T の範囲で変化させた。通電による温度の揺らぎは低電流密度の場合で ±0.1 K、高電流密度の場合でも ±0.6 K 以下程度だった。また電流 - 電圧特性で 1×10^{-4}V/m を基準としてオフセット法を用いて臨界電流密度 J_c 求め、また各温度で臨界電流密度が $J_c = 1.0 \times 10^5$ A/m^2 となる磁界で不可逆磁界 B_i を定義した。

3. 結果及び検討　試料 #1 と試料 #2 の不可逆磁界の実験値を図 1 に示す。この結果より超伝導層の厚さが薄く、J_c が高い試料 #1 の方が不可逆磁界が高くなっていることがわかる。また試料 #2 の不可逆磁界の実験値と様々な超伝導層の厚さを仮定したときの理論値を図 2 に示す。これより試料 #2 の不可逆磁界は 10 μm 程度までは変化しないがそれより厚さが薄くなるほど不可逆磁界が低くなっていることがわかる。試料 #2 の不可逆磁界上 (B=1.0) における縦方向の磁束バンドルサイズ L はおよそ 6 μm 程度であり、上記の値と多少異なる。これはピンニングの弱い部分が主として特性を決定し、不可逆磁界を低くしているためではないかと考えられる。

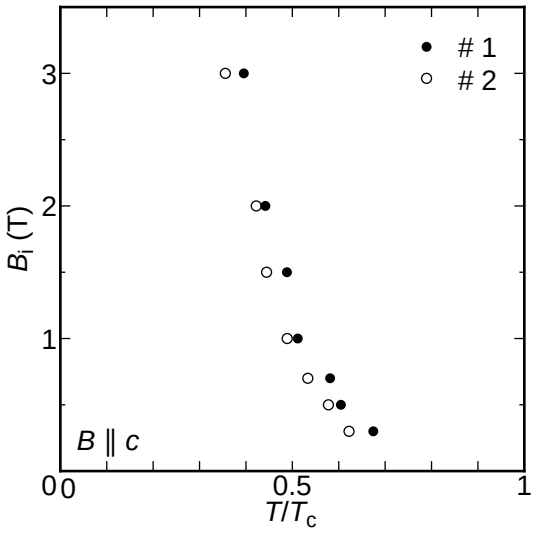

図 1.　試料 #1、#2 の不可逆磁界の実験値。

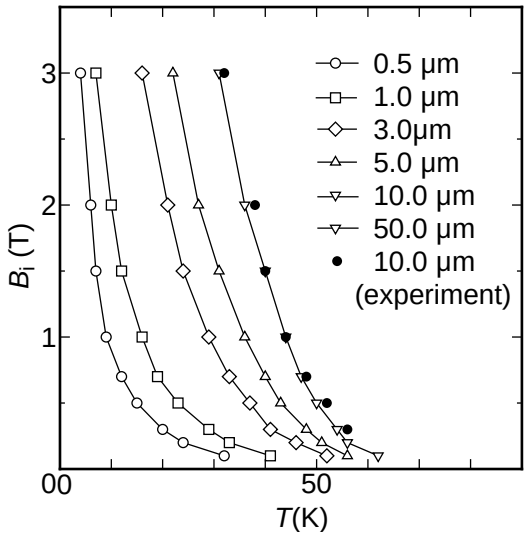

図 2.　試料 #2 の不可逆磁界の厚さ依存性。