

Y-123 超伝導体のピンニング特性に及ぼす次元性の影響に関する研究

吉満 香弥 (94232092) / 松下研究室

1. はじめに 酸化物超伝導体は結晶構造が層状になっており、その中で CuO_2 面のみが超伝導に寄与している。このような結晶構造に関連して、試料の c 軸方向に磁界を印加したときの臨界電流特性の劣化が著しいということが知られている。特に最も2次元的なBi-2212超伝導体はこの影響を顕著に受ける。こうした結晶構造に起因する異方的な特性を説明するためにブロック層を挟んだ CuO_2 面間で磁束線の相関がなくなるというパンケーキ磁束モデル¹⁾が提案された。このモデルによると縦方向の磁束バンドルサイズは CuO_2 面間の距離 (数 nm 程度) で与えられることになる。しかしBi-2212超伝導体についてCampbell法による測定から磁束線は CuO_2 面間でも強く結合していることが報告されている²⁾。一方、最も3次元的なY-123超伝導体の磁束線の振る舞いについてはまだ報告されていない。そこで本研究ではY-123バルク試料を用いて、磁束線の長さ方向の弾性相関距離 l_{44} をCampbell法を用いて直接測定する。更に磁化の緩和測定から見掛けのピン・ポテンシャル U_0^* を求め、横方向の磁束バンドルサイズを評価する。そして、これらの結果を2次元的なBi系超伝導体の結果と比較し、超伝導体内の磁束線の振る舞いに対する超伝導体の次元性の影響について検討を行なう。

2. 実験 試料は熔融法 (QMG 法) で作製されたY-123超伝導体である。試料のサイズは $5.08 \text{ mm} \times 1.58 \text{ mm} \times 0.065 \text{ mm}$ で c 軸は試料の広い面に対して垂直に配向している。臨界温度 T_c は 90.6 K であった。磁束線の縦方向弾性相関距離 l_{44} と臨界電流密度 J_c はCampbell法を用いて測定した。測定では試料の c 軸と平行に直流磁界 B を、それに垂直に交流磁界 b_0 を印加し、交流磁束が試料内部へ侵入する距離 λ' を b_0 の関数として得た。この $\lambda'-b_0$ 曲線において、 $b_0 \rightarrow 0$ においても λ' はある一定の値をもち、これが l_{44} となる。 J_c は $\lambda'-b_0$ 曲線の線形な部分の傾きから求めた。またSQUID磁力計を用いて低温領域における J_c を求め、スケール則を用いて磁束クリープのない仮想的な臨界電流密度 J_{c0} を評価した。磁化の緩和を測定し、見掛けのピン・ポテンシャル U_0^* を求め、磁束バンドル内の磁束線の数 g^2 の評価を行った。

3. 結果及び検討 図1に $85 \sim 89 \text{ K}$ の各温度における l_{44} の磁界依存性を示す。この図から、 l_{44} の実験結果は数～数十 μm のオーダーで、温度及び磁界に依存していることがわかる。一方、ピンニングの機構から表される理論的な縦方向弾性相関距離も同様に数十 μm のオーダーで温度及び磁界に依存し、実験結果と理論結果とを比較すると定性的および定量的に良く一致した。次に、図2に各温度における磁束バンドル内の磁束線の数 g^2 の磁界依存性を示す。 g^2 の実験値はおおよそ3～20程度の値をとり、磁界及び温度の増加に伴って減少することがわかる。 J_{c0} から理論的に求めた g^2 と比較したところ大きな差はなく、この評価は妥当だと考えられる。最も2次元的なBi-2212超伝導体の g^2 の値が1である²⁾のに対しY-123の g^2 はかなり大きいものであった。このことから、磁束バンドルは次元性が増加するにしたがって太くなると考えられる。

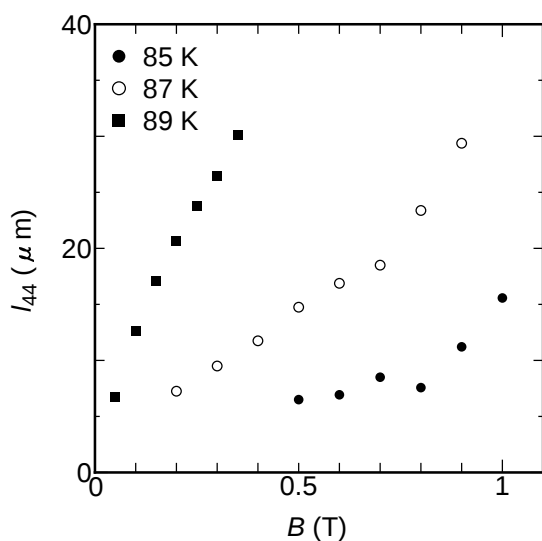


図1. 85-89 Kにおける縦方向弾性相関距離 l_{44} の磁界依存性

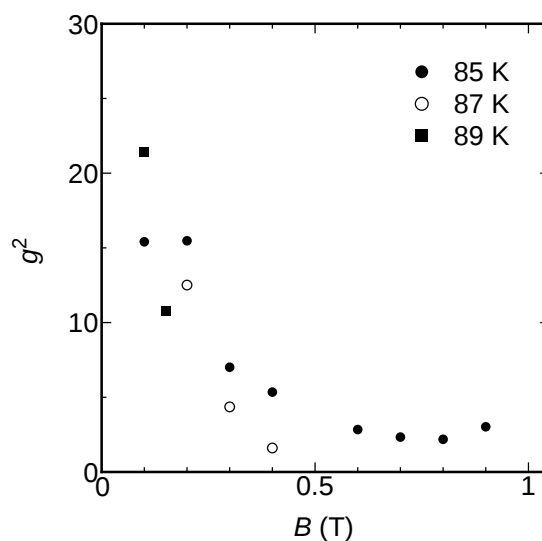


図2. 磁束バンドル内の磁束線の数 g^2 の磁界依存性。

【参考文献】

- 1) John R. Clem: Phys. Rev. B **43** (1991) 7837.
- 2) M. Kiuchi, H. Yamato, T. Matsushita: Physica C **269** (1996) 242.