

## 超伝導 Bi-2212 薄膜の不可逆磁界に関する研究

松下研究室 M2 山浦俊介

**序論** 臨界電流密度  $J_c$  がゼロの領域とゼロでない領域の境界の磁界である不可逆磁界は磁束ピンニング力と超伝導体の次元性に依存することが知られている。しかし、Bi-2223 超伝導体において薄膜の磁束ピンニング力がテープ線材のものよりも大きいにも関わらず薄膜の不可逆磁界はテープ線材より低いということが報告されている。これは磁束バンドルサイズの違いという観点から磁束クリープ理論により説明される。すなわち、薄膜では磁束バンドルサイズが膜厚によって制限されるためである。この場合、磁束線の縦方向の弾性相関距離は  $\text{CuO}_2$  層間の距離よりはるかに大きいことが知られている。これは2次元的な超伝導体においても磁束線が長さ方向に強く結合していることを示しており、この推測はパンケーキ磁束モデルによる予想とかなり異なる。

以上の推論を確かめるために最も2次元的な Bi-2212 超伝導体において不可逆磁界の厚さ依存性を直接調べる必要がある。本研究では、厚さの異なる2つの Bi-2212 薄膜の不可逆磁界を測定した。また、この結果を銀シース Bi-2212 超伝導テープにおける測定結果と比較する。

**実験** 試料はレーザーアブレーション法を用いて作製した Bi-2212 薄膜である。400 mTorr の酸素ガス圧中で MgO 基板上に作製している。今回の実験では厚さの異なる2つの薄膜を用いた。厚さはそれぞれ約 200 nm (Sample1) と約 100 nm (Sample2) である。また、臨界温度  $T_c$  はそれぞれ 72 K、60 K で、 $c$  軸は試料の広い面に垂直に配向している。 $c$  軸方向に直流磁界を印加し、SQUID 磁力計を用いて観測した磁気モーメントから臨界電流密度  $J_c$  を求めた。また、 $J_c$  が  $1.0 \times 10^6 \text{ A/m}^2$  に減少する磁界で不可逆磁界を決定した。

**結果及び検討** 図1に Sample1 と Sample2 における不可逆磁界の規格化温度依存性を示す。Sample2 の不可逆磁界は温度の減少とともに減少し、Sample1 より低くなった。この結果を超伝導層の平均の厚さが約  $5 \mu\text{m}$  (Tape1) と約  $10 \mu\text{m}$  (Tape2) の銀シース多層 Bi-2212 テープ線材の不可逆磁界と比較する。臨界温度はそれぞれ 86.0 K、90.0 K である。この結果も図1に示す。不可逆磁界は Tape1 が最も高く、その他のものは超伝導体の厚さが減少するにつれ不可逆磁界も単調に減少している。これは磁束クリープモデルによる予想に一致する。

図2に  $T/T_c = 0.42$  におけるそれぞれの試料の不可逆磁界の厚さ依存性を示す。点は実験値である。不可逆磁界の厚さ依存性の数値解析では、各試料についてそのピンニングパラメータを不変として厚みのみを変化させて磁束クリープ・フローモデルを用いて解析を行った。その数値解析の結果は図2

に各々の線で示す。不可逆磁界は、通常超伝導体の厚さ  $d$  の増加とともに増加し、 $d$  が縦方向磁束バンドルサイズ  $L$  より大きくなると飽和する。実験結果はこの予想に従っていると判断され、不可逆磁界は  $d$  が  $L$  より小さい場合には厚み依存性をもつことがわかる。

以上の結果はパンケーキ磁束モデルの予想と矛盾する。すなわち、磁束線は最も2次元的な Bi-2212 超伝導体においてでさえも長さ方向に強く結合していると結論される。

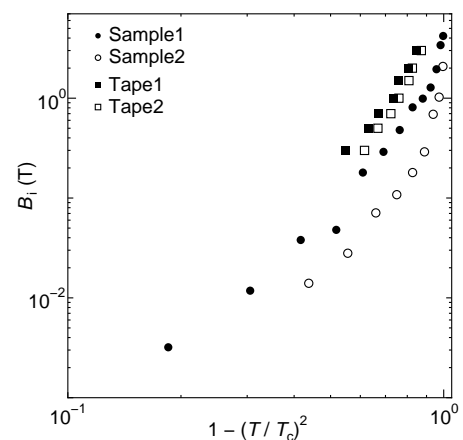
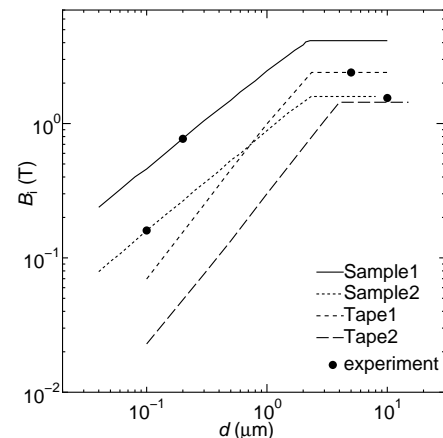


図1 不可逆磁界の磁界依存性

図2  $T/T_c = 0.42$  における不可逆磁界の厚さ依存性

## 研究業績

- (1) 電気関係学会九州支部会, 1998年10月
- (2) International Symposium on Superconductivity, 1999年10月
- (3) 秋季低温工学・超伝導学会, 1999年11月
- (4) 応用物理学会九州支部会, 1999年12月
- (5) International Workshop on Critical Currents and Applications of HTS, 2000年10月
- (6) 秋季低温工学・超伝導学会, 2000年10月
- (7) 応用物理学会九州支部会, 2000年12月