

## 超伝導 Bi-2212 不可逆磁界の厚さ依存性

松下研究室 B4 岡村 和憲

**はじめに** 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、ピンニングの強さ、超伝導体の次元性だけでなく、Y-123などの三次元的超伝導体では、超伝導試料の厚さにも依存することが報告されている。これは磁束バンドルサイズの大きさの違いから、磁束クリープ理論によって説明できる。すなわち超伝導試料の厚さがある値以下になって、縦方向の磁束バンドルサイズが制限される場合、厚さが減少するにつれて不可逆磁界は減少する。

本研究ではそうした超伝導試料の厚さと不可逆磁界の関係を最も二次元性の強い Bi-2212 について調べ、厚さ依存性に及ぼす次元性の影響を明らかにする。その目的のため、厚さの異なる4つの Bi-2212 薄膜、2つの Bi-2212 単結晶の不可逆磁界を測定した。

**実験** 今回の実験では厚さの異なる4つの薄膜と2つの単結晶を用いた。薄膜試料はレーザーアブレーション法を用いて MgO 基板上に作製した。単結晶試料は KCl フラックス法で作成した。厚さはそれぞれ薄膜が Sample1 から順に、0.10  $\mu\text{m}$ 、0.20  $\mu\text{m}$ 、0.50  $\mu\text{m}$ 、1.0  $\mu\text{m}$ 、単結晶試料が Sample5 から順に 5.0  $\mu\text{m}$ 、10  $\mu\text{m}$  である。また、臨界温度  $T_c$  は Sample1 から順に 60 K、72 K、82 K、79 K、86 K、88 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に厚みの違う試料の臨界電流密度を示した。1.0  $\mu\text{m}$  以上の厚さになるとピーク効果が現れているのが分かる。一般にこのピーク効果が生じるのは、次元クロスオーバーによって、磁束線の中の常伝導核の常伝導核が長さ方向に曲げ変形が生じて、ピンに常伝導核が捕らわれやすくなるからであると考えられている。

今回、ある厚みからピーク効果が消失したのは試料の厚みが常伝導核の特性長より短くなって常伝導核がピンに適応した形をとることができなくなるからである。したがってこの特性長が 1.0  $\mu\text{m}$  以下であると考えられる。この特性長は  $c$  軸方向の結晶パラメータよりも何桁も大きく、いわゆる二次元状態であってもパンケーキ磁束モデルの予想とは大きく異なっている。

常伝導核が二次元状態である低温領域の 20 K の不可逆磁界  $B_i$  の厚み依存性を図2に示す。不可逆磁界  $B_i$  は試料の厚さに比例して大きくなっており、上述の常伝導核についての次元性とは異なることが分かる。これから二次元状態においては外側の「磁束」と内側の「常伝導核」の格子の二重性があることが明らかになった。

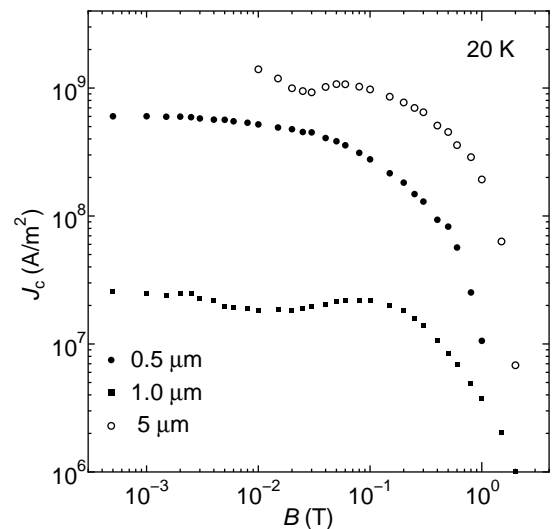
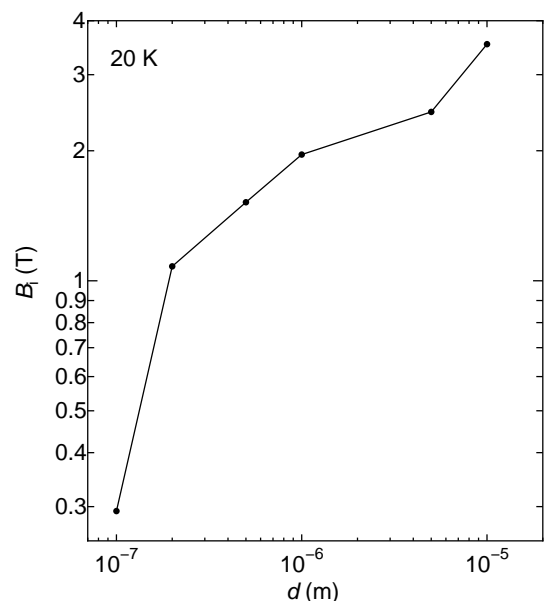


図1 ピーク効果

図2 厚みと不可逆磁界  $B_i$  の関係。