

Y-123 超伝導体のピーク効果と磁束ピンニング機構

松下研究室 M2 吉見 太佑

背景と目的 溶融法などにより作製されたY-123 超伝導体で観測される中磁界でのピーク効果は酸素欠損などの低 T_c 相により起こることが明らかにされてきたが、そのメカニズムについては、(1)磁界誘起型の引力的なピンニングと、(2)磁束線系のdisorder転移が提案されており、(2)の転移の場合のピンニングの機構そのものには近接効果の下での運動エネルギー相互作用による反発的なピンニングが提案されている。このピーク効果の原因となるピンニング機構を明らかにするために製作条件の異なる4つの試料について磁化測定を行い臨界電流密度を評価した。

ここではまずピーク効果の原因となるピンニング機構が運動エネルギー相互作用であるかどうかを確かめるために、引力的相互作用をする211粒子を添加して、そのピンニング特性の変化を調べた。次にピーク効果に関係したdisorder転移はピンニングの強さと磁束線の弾性力に依存するが、これらは共に超伝導体の次元性の低下により小さくなる。前者はdisorder転移が起きにくい方向に、後者はdisorder転移が起きやすい方向に作用する。したがって、次元性の影響を調べれば、disorder転移を決定する主な機構がピンニングの強さか磁束線の弾性特性かを明らかにすることができる。

実験 試料は溶融法Y-123超伝導体であり、試料の製作条件は211相も白金も添加しないもの(試料00)、211相のみ25 wt%添加したもの(試料01)、白金のみ添加したもの(試料10)、および211相を25 wt%と白金の両方を添加したもの(試料11)である。211相は磁界誘起型と同じ凝縮エネルギー相互作用をするので、低 T_c 相のピンニングを調べる目的で添加するものであり、白金添加は211相を微細分散させて、211相によるピンニングを強くするためである。サイズは4つとも $3.14 \times 2.09 \times 0.82 \text{ mm}^3$ 程度であり、 c 軸は試料の長手方向に配向している。臨界温度 T_c はすべて89~92 K程度であった。SQUID磁力計を用いて c 軸方向の磁化を測定し、臨界電流密度を評価した。

この後さらに試料内の酸素が抜けるように追加熱処理を行った。臨界温度 T_c は89~91 K程度であり、酸素処理前に比べて試料00、01、11は1.6 Kほど低くなり、試料10は1.4 K高くなった。この酸素状態で再び臨界電流密度の評価を行った。

結果及び検討 図1は追加熱処理前の試料の77.3 Kでの臨界電流密度 J_c の磁界依存性を示す。試料00、01を比較すると、211相の添加により、低、高磁界では J_c は大きくなるが、中磁界ではピーク効果が消滅し、 J_c が小さくなっていることがわかる。このピーク効果の消滅より、低 T_c 相のピンニング機構は運動エネルギー相互作用による反発的なピンニングであり、中磁界領域での J_c の低下は反発的なピンニングと引力的なピンニングの間の干渉によるものと考えられる。

なお、低・高磁界では211の添加により J_c が増加しているが、低磁界ではdisorder転移が起きていないため、反発的なピンニングが弱すぎて干渉は起こらない。一方、高磁界では運動エネルギーの大幅な増加のため、低 T_c 相の周囲の超伝導性が劣化してそのピン力が弱まり、再び干渉が起こらなくなって、211相によるピンニングのみが有効となる。このように低、高磁界領域では211相が主にピンニ

ングとして効いていると考えられる。なお、運動エネルギー相互作用の要素的ピン力は磁界の増加とともに単調に減少することから、ピーク効果はdisorder転移が関連していると考えられる。

図2に50 K、77.3 Kにおける追加熱処理前後の J_c の磁界依存性の比較を示す。酸素処理により試料00の J_c は大幅に減少し、ピーク効果が起こる温度領域が40~87 Kから20~60 Kに移った。図1から、酸素処理により高磁界領域において J_c の減少に伴い不可逆磁界が低下していることがわかる。これは550°Cで熱処理したためにアンダードープ状となってブロック層のオーダーパラメータ $|\Psi|$ が減少し、凝縮エネルギーが小さくなったからだと考えられる。

また、ピンニングが弱くなったにも拘わらずピーク磁界 B_p と J_c が極小となるディップ磁界 B_d は低下し、disorder転移が起こりやすくなっていることから、磁束線の弾性特性がdisorder転移を主に決定すると考えられる。

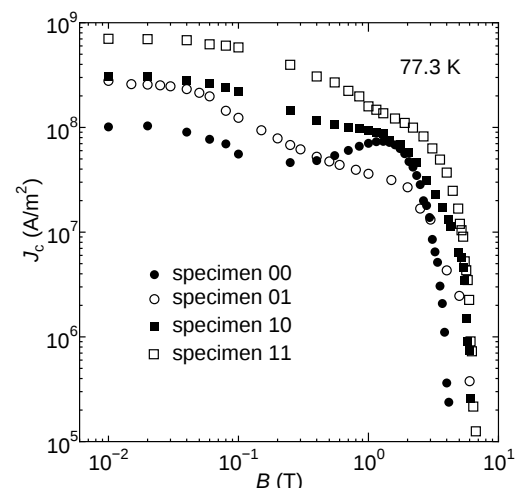


図1 77.3 Kにおける各試料の臨界電流密度の磁界依存性。

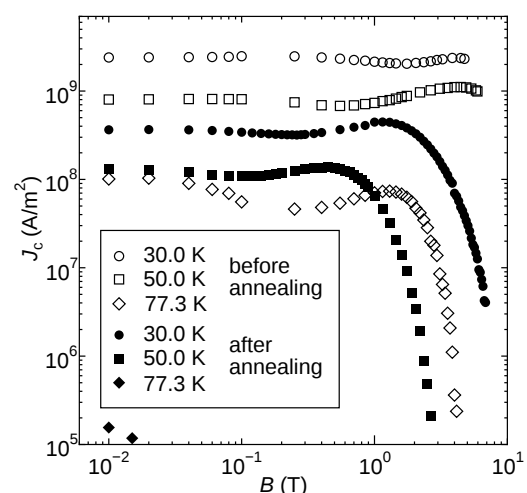


図2 試料00における追加熱処理前後の臨界電流密度の磁界依存性。

研究業績

- (1) 第61回応用物理学学会学術講演会, 2000年9月
- (2) International Symposium on Superconductivity, September 2001