

Bi-2212 超伝導体の c 軸方向の磁束の縦弾性相関距離

平野 達也 (93232069) / 松下研究室

1. はじめに Bi-2212 超伝導体の磁束線の特徴は結晶構造に起因する 2 次元的な電気的特性の影響を強く受けており、臨界電流密度 J_c がゼロとなる不可逆磁界 B_i がひじょうに低い。最近この Bi-2212 超伝導体において磁化のピーク効果が低温度、低磁界領域で観測された。これは磁束線格子の中性子回折像が消失する磁界近傍で起こることから、磁束系の 2 次元-3 次元転移に関係があると考えられている。すなわち磁束線はこの磁界より下では 3 次元的な格子状態であるが、上では 2 次元的なパンケーキ状態であると予想されている。しかし、その解釈に問題を投げかける報告がいくつかある。このように、Bi 系超伝導体における磁束線の挙動がまだ明確になっておらず、応用上これを明らかにする必要がある。

2. 実験 試料は TSFZ 法により作製された Bi-2212 単結晶超伝導体である。試料のサイズはおよそ $5\text{mm} \times 1.6\text{mm} \times 0.11\text{mm}$ で c 軸は試料の広い面に垂直に配向している。臨界温度 T_c は 91.0 K であった。縦方向弾性相関距離 l_{44} はピーク効果が観測された磁界近傍で AC 法を用いて測定を行った。この時試料には直流磁界を c 軸と平行に加え、交流磁界を c 軸と垂直にに加えた。磁束線の侵入深さは b_0 がゼロの極限でもゼロでない一定の値をもち、この一定の侵入深さが 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られる。直流磁化とその時間的緩和の測定には SQUID 磁力計を用いた。

3. 結果及び検討 直流磁化曲線でピーク効果は 23 K 、 25 K において 50 から 70 mT 程度の磁界で観測された。また AC 法で得られた $\lambda'-b_0$ 曲線の傾きから評価した J_c は磁化がピークを示す磁界近傍でピークを示した。図?? はピーク効果が観測された温度と磁界近傍での l_{44} の磁界依存性を示す。この結果から l_{44} は $1\text{ }\mu\text{m}$ より大きく、ピークより高磁界においてもパンケーキ磁束モデルで与えられる CuO_2 面間距離より 3 桁以上大きいことがわかる。また上で評価した J_c から求めた l_{44} の理論結果を図?? に示す。これらの図をを比較すると、理論値が実験値よりわずかに小さいものの実験結果とよく一致している。すなわち、測定された l_{44} は磁束ピンニング機構によって決定される弾性相関距離であると結論される。また磁化緩和の対数緩和率から見かけのピンポテンシャル U_0^* が求まり、得られた U_0^* の実験結果を図 ?? に黒丸で示す。また集成的磁束クリープ理論と Welch の理論結果に実測した J_c と l_{44} を代入して求めた U_0^* を図 ?? に白丸で示す。ただし熱力学的な考察により各磁束線は独立にふるまうと仮定した。これから高磁界側では実験値が理論値より多少大きいものの、両者はほぼ定量的に一致しているといえる。

このことから磁束線は各々独立に振る舞い、長さ方向に長く結合していることがわかる。すなわち、磁束線は 2 次元のよりはむしろ 1 次元的であるといえる。これは一般的に考えられている Bi 系超伝導体における磁束線の形態とはかなり異なるものである。

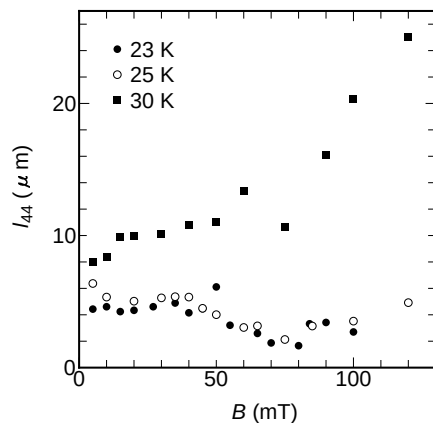


図 1: 各温度における l_{44} の磁界依存性の実験結果。

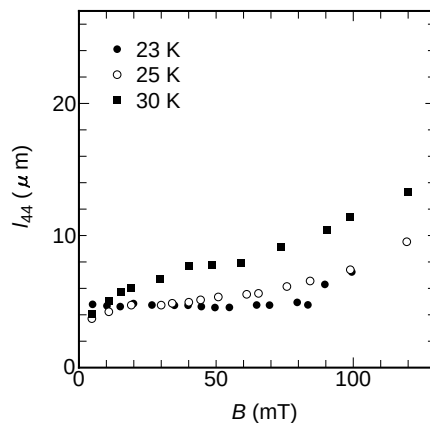


図 1: 各温度における l_{44} の磁界依存性の理論結果。

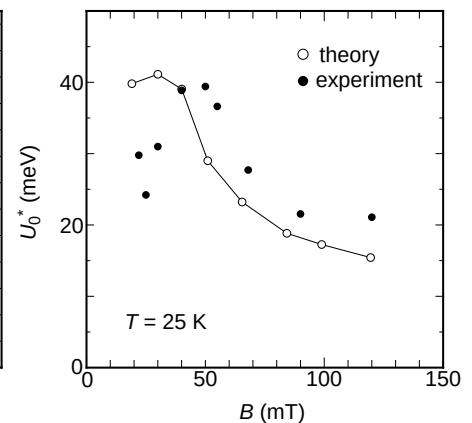


図 3: 25 K における見掛けの見掛けのピンポテンシャルの磁界依存性