

アンダードープした Bi-2212 超伝導単結晶試料内の遮蔽電流分布

吉見 太佑 (95232095) / 松下研究室

1. はじめに 超伝導体の次元性の変化による1次の融解転移の変化は2次のGL(Glass Liquid)転移の変化よりも著しく、極度に2次元的な超伝導体では融解転移曲線が温度-磁界平面上でGL転移曲線の下に観測されると予想される。実際、アンダードープしたBi-2212超伝導単結晶では磁束線系の1次相転移磁界よりも高い不可逆磁界が報告されているが(Kishio 他、1996)、この不可逆性が試料の表面ピンニングによる可能性が指摘されている。その場合、得られた相図がバルクな磁束線系の特性を表したものとは言えず、より厳密な測定が必要となる。ここではそのようなアンダードープしたBi-2212単結晶についてCampbell法を用いて試料内の遮蔽電流分布を測定し、この不可逆性の原因がバルクピンニングと表面ピンニングのいずれなのかを明らかにする。また、測定された磁束プロファイルは不可逆磁界近傍において磁束線の可逆運動により大きな影響を受けるので、その効果を考慮したCampbellモデルを用いて理論解析を行い、測定結果と比較してその不可逆性の原因に対して考察を行う。

2. 実験 試料はFZ法により作製したBi-2212単結晶で、低圧酸素下で熱処理しアンダードープ状態にしている。臨界温度 T_c は85.0 Kである。試料のサイズは $4.83 \times 1.65 \times 0.062 \text{ mm}^3$ で、 c 軸は試料の広い面に垂直に配向している。測定にはCampbell法を用いた。まず試料の c 軸方向に直流磁界を加え、これに垂直に35.0 Hzの微小交流磁界を重畳した。十分大きな交流磁界を加え、直流磁界が一様に侵入してから交流磁界に対する磁束の出入りのみを観測した。この交流磁束と交流磁界振幅 b_0 の関係から交流磁界の侵入深さ λ' を評価し、磁束プロファイル($b_0 - \lambda'$ 曲線)を得た。またCampbell法による測定では、通常の解析から求まる臨界電流密度 J_c が過大評価され、正しい遮蔽電流分布が求まらない可能性があるため、Campbellモデルを用いた解析に必要な正確な J_c を求めるためにSQUID磁力計を用いて直流磁化測定を行った。

3. 結果及び検討 図1にこの試料の不可逆磁界を示す。不可逆磁界は $J_c = 1.0 \times 10^6 \text{ A/m}^2$ となる磁界で定義した。図1より、不可逆磁界は25 K付近で温度の上昇とともに急激に減少しているのがわかる。25 K, 20 mTにおける磁束プロファイルの実験結果と理論結果を図2に示す。この図において、もし表面不可逆性があれば直線部分を λ' がゼロになるまで外挿したときに正の b_0 の切片が残るはずであるが、そのような結果は見られない。また、SQUID磁力計から得られた J_c とCampbellモデルの解析で用いた J_c の値が一致しなかったが、定性的に一致し、おおよそ説明されるため、表面ピンニングは存在しないと考えられる。この傾向はさらに高温の不可逆曲線の近傍でも続き、今回の試料では測定した範囲内で表面不可逆性は観測されなかった。よって、アンダードープしたBi-2212超伝導体では不可逆性がバルクピンニングによってもたらされていると考えられるので、極度に2次元的な超伝導体ではGL転移曲線より下に融解転移曲線が観測される可能性が明らかになった。

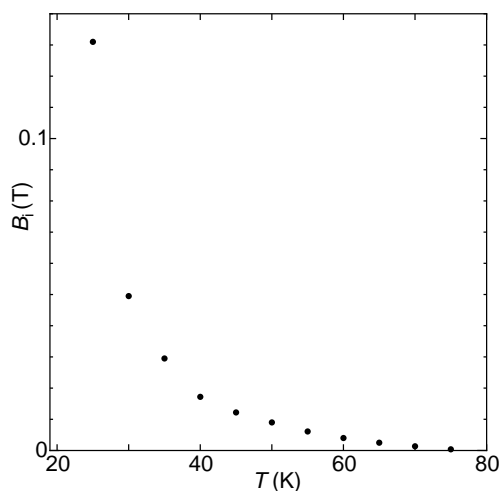


図1. 不可逆磁界

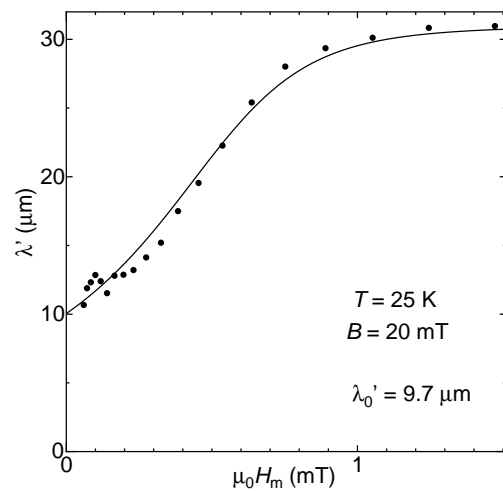


図2. 25 K, 20 mTにおける磁束プロファイルの実験結果(黒丸)及び理論結果(実線)。