

Bi系 2212 超伝導体の弾性相関距離の評価

大和秀好 (94232209)/ 松下研究室

はじめに Bi系超伝導体は高温・高磁界におけるピンニング力が弱く、酸化物の特徴である結晶構造による二次元性の影響が大きいことが知られている。これが実用上での大きな問題点になっており、この原因の解明と改善が望まれる。こうした二次元性の影響は臨界電流密度 J_c がゼロの領域とゼロでない領域の境で定義される不可逆磁界 B_i が磁界を試料の c 軸方向に加えた場合に特に低くなることに反映している。この c 軸方向の不可逆磁界を定性的に説明するために、磁束線が CuO_2 面間で切れるという、パンケーキ磁束モデルが提案されている。しかし、このモデルから予想されるピンニング・ポテンシャルは極めて小さく、したがって磁束線が CuO_2 間で切れているとは考えられない。一方、松下らはパンケーキ磁束モデルとは異なり、磁束線が長さ方向に強く連結していると考え、磁束クリープ理論を用いて c 軸方向の不可逆磁界を定性的および定量的に説明した¹⁾。このように c 軸方向の磁束線の結合に関して二つの異なる仮定があり、実際にどちらが本当かを確かめる必要がある。そこで本研究では Bi-2212 系超伝導体における磁束線の c 軸方向の弾性相関距離を直接測定し、二つの異なる仮定について検討を行った。

測定 試料は $5 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm}$ 程度の Bi-2212 単結晶超伝導体で、 c 軸は広い面に垂直に配向し、その臨界温度 T_c は 91.0 K であった。弾性相関距離の測定は AC 法で行なった。今回の実験では試料の c 軸方向に直流磁界を印加し、これに垂直に微小な交流磁界を加えて、試料表面における磁束線を振って、その応答をピックアップ・コイルを用いて測定した。この方法では振幅 b_0 の微小交流磁界に対する磁束線の長さ方向の弾性相関距離 l_{44} が交流磁界の侵入深さ λ' として直接測定される。また、この $b_0 - \lambda'$ 曲線の傾きが $1/\mu_0 J_c$ を与え、これより J_c の評価も行なった。

結果及び検討 図1に 18 K における弾性相関距離の磁界依存性を示す。●は実験結果、○は AC 法から得られた臨界電流密度 J_c をパラメータとして弾性理論の結果 $l_{44} = (Ba_f/2\pi\mu_0 J_c)^{1/2}$ から求めた理論結果である。ここで a_f は磁束線格子間隔である。図1から磁束線の長さ方向の弾性相関距離は数〜数十 μm のオーダーであり、 CuO_2 面間距離が数 nm であるのに比べて4桁も大きくなった。このことから磁束線は長さ方向に強く結合しており、 CuO_2 面で切れ切れになった、パンケーキ状態にあるとは考えられない。また、磁界の増加に伴って弾性相関距離 l_{44} は増加しており、理論結果と定性的に一致していると言える。さらに、この結果を用いてピンニング・ポテンシャルを予想した値は、 c 軸方向の磁界の下で測定された磁化の緩和から得られるピンニング・ポテンシャルの値と同じく、数十 meV のオーダーであった。これらの結果も上で述べた推測を支持している。

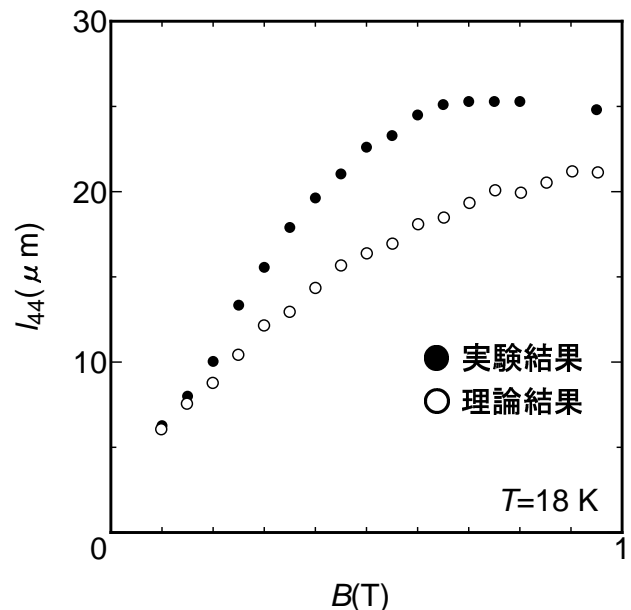


図1. $T=18 \text{ K}$ における弾性相関距離の磁界依存性

【参考文献】

- 1) 松下照男; 「磁束ピンニングと電磁現象」, 産業図書 (1994).