Bi-2212 超電導体の不可逆磁界に及ぼすキャリア・ドーピングの影響

九工大・情報工　　田籠美貴, 木内勝, 松下照男
三菱電機・先端総研　若田光延

はじめに　Bi-2212 超電導体は異方的な結晶構造のため臨界電流特性が悪く、特に磁界を c 軸に平行に加えた場合の不可逆磁界が低い。したがってその応用を可能にするために不可逆磁界を改善することが望まれる。最近の研究では Bi-2212 超電導体にキャリヤをオーバードープすることにより 2 次元的な特性から 3 次元的な特性へ改質され、不可逆磁界が向上することが知られている。しかし不可逆磁界はピン力密度にも依存するため、ドーピングによる次元性の影響のみを正しく評価することはなされていない。そこで本研究では熱処理の際の酸素分圧を変化させることによりドープ量を変えて Bi-2212 超電導体の不可逆磁界と臨界電流密度を測定し、ピン力の強さと次元性の不可逆磁界に及ぼす影響を定量的に分離する。

測定　試料はスクリーン印刷後大気中で半熔融熱処理をし、c 軸配向化した Bi-2212 超電導体で、酸素分圧 1100ppm、100ppm の酸素分圧下で後熱処理したものと後熱処理をしていないものを用いた。これら酸素ドープ量の異なる試料に c 軸に垂直に磁場を印加し、SQUID を用いて一定温度下 (4.5 ~ 70K) で磁化を測定し、その履歴より臨界電流密度を評価した。また、一定磁界下 (7 ~ 0.01T) で磁場中冷却とゼロ磁場中冷却の磁化率が一致する温度から不可逆温度 $T_{\rm i}$ を求め、これから不可逆磁界を評価した。表 1 に試料の臨界温度 $T_{\rm c}$ と 4.2K、1T の臨界電流密度 $J_{\rm c}$ を示す。

表 1：各試料の諸元

熱処理条件	$T_{\rm c}$[K]	$J_{\rm c}$[A/m^2]
in−air	80.6	5.99×10^8
1100ppm	92.5	5.34×10^8
100ppm	91.2	1.10×10^8

検討　図 1 に酸素ドープ量を変化させた時の c 軸に垂直な不可逆磁界を示す。ドープ量の増加とともに不可逆磁界が大きくなっていることが分かる。また図 2 は $T/T_{\rm c}$=0.45 のときの不可逆磁界と 4.2K,1T での臨界電流密度 $J_{\rm c0}$ との関係である。図中の直線は理論の予想の $B_{\rm i}\propto J_{c0}^{1/3}$ の関係を示す。ドープ量の増加とともに $B_{\rm i}$ が増加する割合がこの直線よりも大きいことから、得られた $B_{\rm i}$ の増加が次元性の改善とピンニングの強化の 2 つの効果によるものであることがわかる。

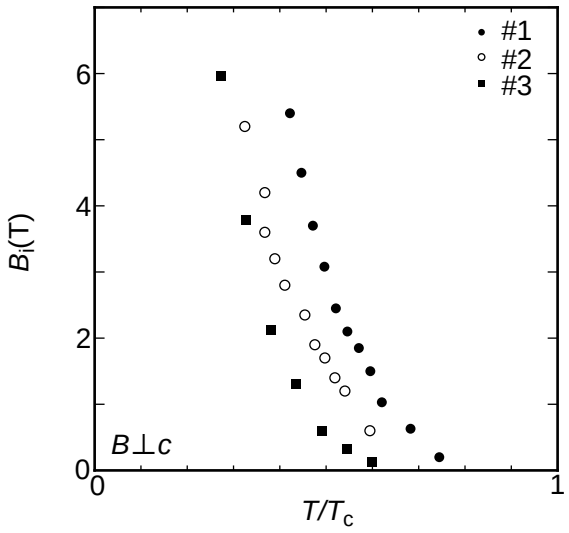

図 1　酸素ドープ量の変化による Bi−2212 超電導体の不可逆磁界の変化。

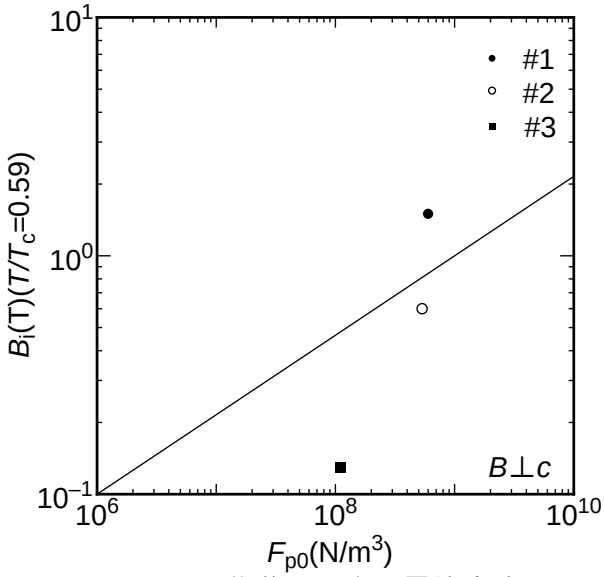

図 2　不可逆磁界と臨界電流密度の関係。