Bi-2212 超伝導体の不可逆磁界に及ぼすキャリアドーピングの影響

Effect of Carrier Doping on Irreversibility Field of Bi-2212 Superconductors

田籠美貴, 木内 勝, 金川武則, 松下照男　　若田光延
(九工大・情報工)　　(三菱電機・先端総研)
Kyushu Inst. Tech.; M.Tagomori, M. Kiuchi, T.Kinkawa,T. Matsushita
Advanced Technology R & D Center, Mitsubishi Electric Corp.; M.Wakata

1. はじめに　Bi-2212 超伝導体は異方的な結晶構造に起因した 2 次元的な特性のため臨界伝流特性が悪く、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 超伝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。[1] しかし不可逆磁界はピン力密度にも依存し、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酸素ドープ量を変えて Bi-2212 超伝導体の不可逆磁界と臨界伝流密度を測定し、ピン力の強さと次元性が不可逆磁界に及ぼす影響を定量的に分離する。

2. 実験　試料は銀テープにスクリーン印刷後 N_2–O_2 混合ガス中で半溶融熱処理をし、c 軸配向化し、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 Bi-2212 超伝導体に c 軸に垂直及び平行に磁場を印加し、SQUID を用いて、一定温度下 (4.5 ~ 70K) での磁化曲線の履歴より臨界電流密度を評価した。また、各温度で臨界電流密度が $10^5 \mathrm{A/m^2}$ になる磁界によって不可逆磁界を評価した。表 1 に試料の臨界温度 T_c と 4.2K、1T の臨界電流密度 J_c を示す。

表 1 : 各試料の諸元

熱処理条件	T_c[K]	J_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

3. 結果及び検討　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、図 2 に c 軸に平行な不可逆磁界を示す。図 1、図 2 で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。

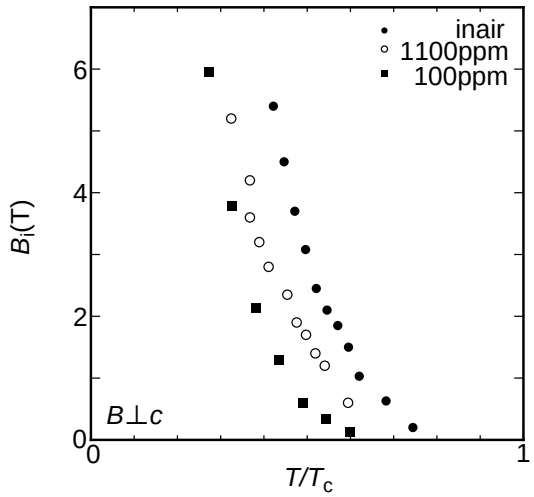

図 1　酸素ドープ量の変化による Bi–2212 超伝導体の不可逆磁界の変化。

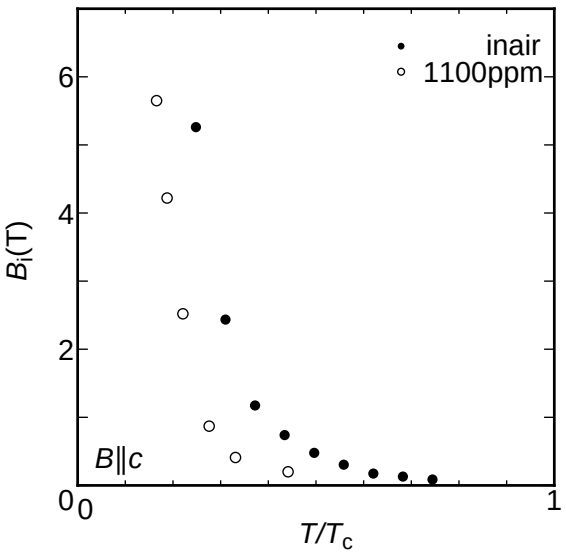

図 2　酸素ドープ量の変化による Bi–2212 超伝導体の不可逆磁界の変化。

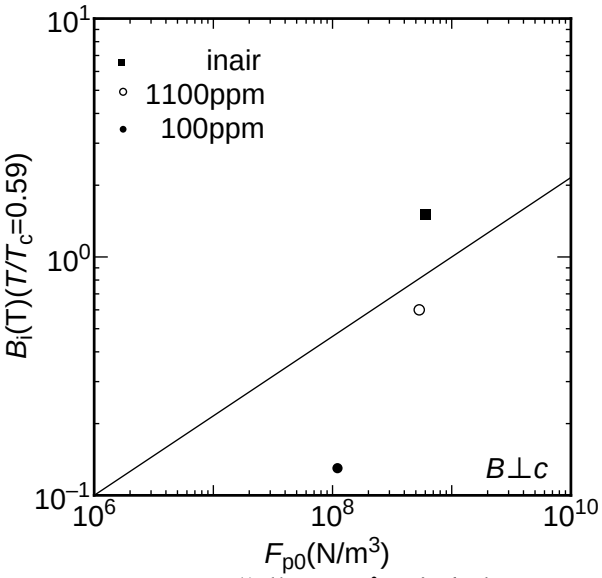

図 3　不可逆磁界とピン力密度の関係。

ドーピングによるピン力の向上と次元性の改質の影響を分離するため、不可逆磁界とピンニングの強さの関係を調べる。図 3、4 はそれぞれ T/T_c=0.59 のときの c 軸に垂直な不可逆磁界、T/T_c=0.44 のときの c 軸に平行な不可逆磁界と 4．2K、1 T でのピン力密度 F_{p0} との関係である。図中の直線は理論の予想の $B_i \propto F_{p0}^{1/3}$ の関係を示す。[2] ドープ量の増加とともに B_i が増加する割合がこの直線に沿った増加よりも大きいことから、得られた B_i の増加がピンニングの強化と次元性の改質の 2 つの効果によるものであることがわかる。また、今回のドーピングではピン力は大きく変化していないことから、次元性の改質による影響の方が大きいことがわかる。

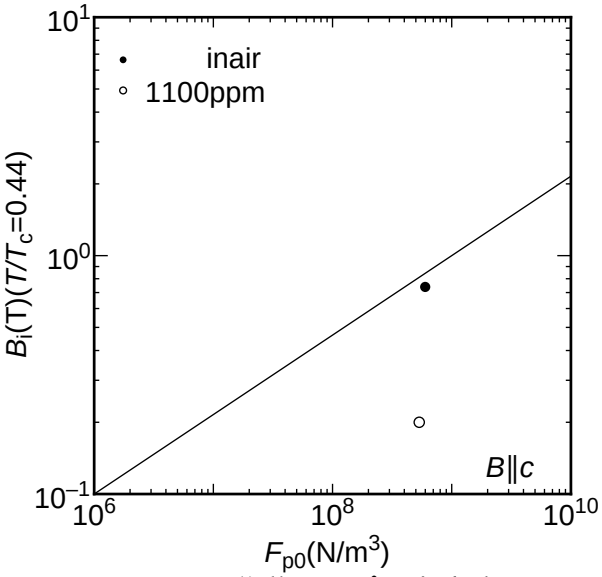

図 4　不可逆磁界とピン力密度の関係。

【参考文献】

1) K.Kishio,J.Shimoyama,K.Kitazawa and K.Yamafuji:Proceedings of 1994 Topical International Cryogenic Materials Conference 32.

2) N.Ihara and T.Matsushita:Physica C 257 (1996) 223.