

酸素量を制御した(Bi, Pb)-2223 相単結晶の超伝導特性の評価

Superconductivity characteristics of oxygen-content controlled (Bi, Pb)-2223 single crystals

河合 真司, 小田部 荘司, 木内 勝, 松下 照男(九工大);野村 朋哉, 山内 尚雄(東工大)
本橋 輝樹(北大);岡安 悟(原研)

KAWAI Shinji, OTABE Edmund Soji, KIUCHI Masaru, MATSUSHITA Teruo (Kyushu Inst. of Tech);
NOMURA Tomoya, YAMAUCHI Hisao (Tokyo Inst. of Tech);
MOTOHASHI Teruki (Hokkaido Univ); OKAYASU Satoru (JAEA)
E-mail: kawai@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

1. はじめに

Bi-2223は広く線材として開発されている超伝導体であるが、これまでは単結晶の作製が難しいことから、その基礎特性についての知見が得られていない。しかし近年、単結晶試料が作製できるようになり、基礎特性の評価が可能となってきた。そこで(Bi, Pb)-2223相単結晶を用いて凝縮エネルギー密度 $B_c^2/2\mu_0$ (B_c は熱力学的臨界磁界)を定量的に評価して、そのポテンシャルを明らかにすることを目的とする。

特に酸素アニール処理が超伝導特性に及ぼす影響を調べるため、作製条件を変えた試料の凝縮エネルギー密度などを調べた。

2. 実験

試料はKClフラックス法で作製しており、Biサイトの15%がPbにより置換されている。試料はas-grown(AS)の#1, #2, #3の3種類を用意し、それらの単結晶を様々な条件でアニールした試料を更に用意した。#1には1気圧酸素アニール(350°C, 48時間)を行った試料、#2には1, 10気圧酸素アニール(350°C, 48時間)を加えた試料、#3には1, 10気圧酸素アニール(350°C, 48時間)を行った試料と、酸素量を減らす目的で1気圧窒素アニール(350°Cと450°C, 48時間)を行った試料を更に用意した。各バッチの違いは作製時期の違いを表しており、これは再現性を確認するために行ったものである。また、各試料の T_c は高い気圧で酸素をアニールするに従い低下していった。

個々の単結晶のサイズは一辺100~150 μm 、厚さ2.2 μm 程度であり、 c 軸は広い面に対して垂直に配向している。試料は全て200 MeVのエネルギーのAuイオンをマッチング磁界 B_0 を1 Tとして c 軸と平行に照射して柱状欠陥を導入した。この重イオン照射により、各試料の T_c は3~4 K程度低下している。

全試料についてSQUID磁力計を用いて磁気モーメントのヒステリシスを測定して各磁場における臨界電流密度 J_c を求めた。この J_c をもとに、磁束クリープ理論とピンニングの加算理論から凝縮エネルギー密度を定量的に評価した。

3. 実験結果および考察

Fig.1に試料#3と、Y-123単結晶の凝縮エネルギー密度の規格化温度依存性を示す。(Bi, Pb)-2223において最も高い値を持つのが1気圧酸素アニールをしたものであることが分かったが、低温においてもY-123の値には届かなかった。

Fig.2に試料#1から#3までの5 Kと50 Kにおける凝縮エネルギー密度をまとめたものを示す。全てのバッチにおいて、低中温ともに、最も凝縮エネルギー密度が高いのは1気圧の酸素アニールを行った試料であった。そして、それ以上の加圧アニールを行った試料は特性が悪くなる結果となった。この図は T_c で規格化していないため、中温では値のばらつきがみられるが、低温では同じ気圧で酸素アニールを行った試料では同程度の凝縮エネルギー密度をとることも分かり、再現性が確認できた。また試料#3において窒素アニールした試料の凝縮エネルギー密度は、熱処理を行っていない試料よりも若干高い値を取っている。(Bi, Pb)-2223に窒素アニールをしても

試料のCuO₂面におけるホール濃度は変化しないことが報告されており[1]、現段階では原因は特定できないが、熱処理によりCuO₂面の平坦性が良くなった可能性は考えられる。

これらの試料の他に、#4の試料も用意しており、それらの結果を含めて詳細は当日議論する。

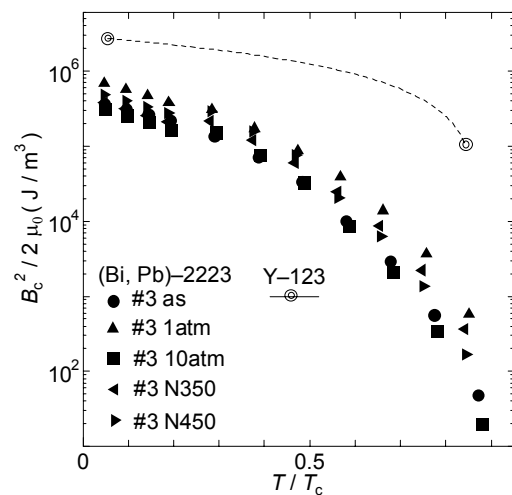


Fig.1 Temperature dependence of condensation energy density.

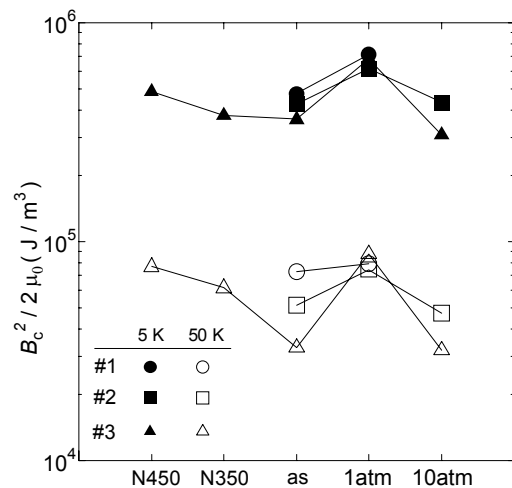


Fig.2 Condensation energy density of each specimens at 5 K and 50 K.

参考文献

1. 野村ら:層状銅酸化物(Bi, Pb)₂Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+d}の超伝導特性に及ぼす酸素含有量の影響[東京工業大学博士論文平成20年].