

## 定比組成に近い Bi-2212 超伝導体の凝縮エネルギー密度

01232045 松下研究室 高山 伸一

**1. はじめに** Bi-2212 超伝導体は機械的に容易に  $c$  軸を配向させることが可能であり、製造コストが安価で加工が容易なため、発電機やエネルギー貯蔵への応用が期待されている。しかし、Bi-2212 は絶縁的なブロック層が厚いため、異方性が大きく、電気抵抗ゼロで流せる電流密度の最大値である臨界電流密度  $J_c$  が高温、高磁界で Y-123 超伝導体よりも小さいという問題がある。しかし、低温では特性が向上し Y-123 超伝導体と同等の特性を持つことが知られている。よって Bi-2212 の特性が改善されれば、低温においては Y-123 を越える可能性が期待されている。Bi-2212 の特性を向上させる有効な手法として、異方性の改善や強いピンの導入などが挙げられる。

また近年、異方性の改善以外に Bi-2212 超伝導体の組成比を化学量論値（定比）に近づけることで特性が向上するということが明らかになった。従来の組成は単結晶試料を作る困難さのために定比からはずれていた。これを定比に近づけることによって更なる特性改善が期待され、どの程度、またどのように特性が改善されるのかを調べることは非常に有意義であると考えられる。

**2. 実験** 本実験で用いられた試料 NS1、NS2、S1、S2 は東京大学の下山淳一助教授からの提供によるドーピング状態の異なる Bi-2212 単結晶である。NS1、NS2、S1、S2 は FZ 法で作成されている。また、重イオンを照射し、柱状欠陥を導入した。表 1 に試料の緒元を示す。

試料の  $c$  軸方向に磁界をかけて SQUID 磁力計により直流磁化測定を行い、観測された磁気モーメントのヒステリシスの幅から  $J_c$  を求めた。また、 $J_c$  が  $1.0 \times 10^7$  A/m<sup>2</sup> に減少する磁界で不可逆磁界  $B_i$  を決定した。層状超伝導体において磁束線間隔  $a_f$  が層間結合長  $(\gamma_a s a_f)^{1/2}$  以下になれば磁束線は 2次元状態に移行し、ピーク効果を生じる。したがって、異方性パラメータ  $\gamma_a^2$  はピーク磁界を  $B_p$  として  $\gamma_a^2 = \phi_0 / B_p s^2$  の関係式<sup>1)</sup> から評価できる。ただし、 $\phi_0$  は磁束量子、 $s$  は超伝導層間距離 (1.5nm) である。 $\gamma_a^2$  が小さいほど 3次元的な超伝導体であることを意味する。ここでは、 $\gamma_a^2$  はすべての試料でピーク効果を観測できる  $T/T_c = 0.25$  において評価した。

**3. 結果および検討** 図 1 に  $\gamma_a^2$  の値に近い試料 S2 と NS2 の 3T における重イオン照射後の臨界電流密度の温度依存性を示す。高温において定比に近い試料 S2 が NS2 と比べて 1000 倍近く  $J_c$  の差があることが分かる。S1 と NS1 での比較でも同様の結果が得られた。このことから、試料を定比に近づけることで高温、高磁界における特性が向上したと考えられる。図 2 に凝縮エネルギー密度の温度依存性を示す。S1、S2 の方が NS1、NS2 と比べて凝縮エネルギー密度が小さくなっていることが分かる。これは、重イオン照射が不十分であったか、試料そのものの特性が不十分であったためであると考えられる。

**4. まとめ** 試料の組成が定比でない試料に比べ、定比に近い試料の方が高温・高磁界で特性が優れていることが分かった。また今後、酸素ドーピング量や柱状欠陥のサイズを最適条件に近づけることによってさらなる特性改善が期待できると考えられる。

表 1 試料の緒元

試料	酸素ドーピング状態	$T_c$ (K)		$\gamma_a^2$
		照射前	照射後	
NS1	弱いオーバードープ	87	84	16000
NS2	強いオーバードープ	79	78	8600
S1	最適ドーピング	93	91	14300
S2	強いオーバードープ	86	84	8700

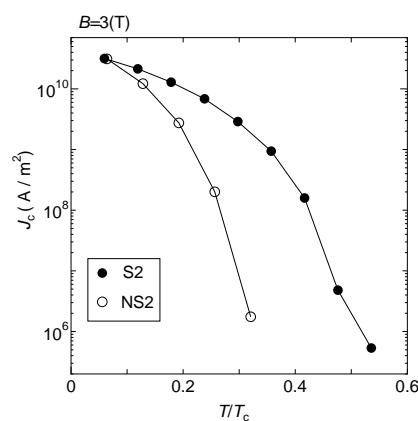


図 1. 3 T における照射後の試料 S2 と NS2 の臨界電流密度の温度依存性

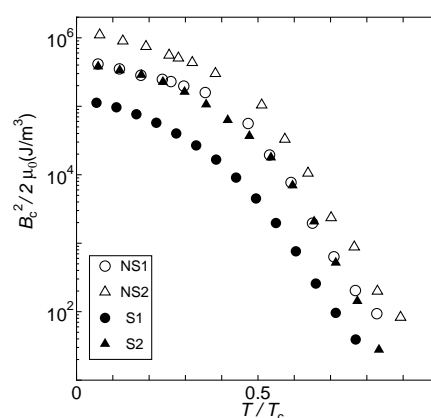


図 2 凝縮エネルギー密度の温度依存性

## 【参考文献】

1) V. M. Vinokur *et al.*; Physica C 168 (1990) 29–39.

## 【研究業績】

• 応用物理学会九州支部学術講演会 (2005)