

Bi-2212 単結晶における臨界電流密度の異方性の評価

1 はじめに

銅酸化物超伝導体は層構造となっており、超伝導電流を流せる層である超伝導層と、電気的に絶縁であるブロック層で構成されている。Bi 系ではブロック層が厚いため、 c 軸方向に流れる電流が小さくなる。そのため、Bi 系では電氣的異方性が大きい。電氣的異方性を ab 平面方向の臨界電流密度と c 軸方向の臨界電流密度の割合である J_c^{ab}/J_c^c より求める。また、従来 Bi-2212 単結晶は、組成比 $\text{Bi}_{2.0}\text{Sr}_{2.0}\text{Ca}_{1.0}\text{Cu}_{2.0}\text{O}_y$ で構成されているとされていたが、実際では定比からずれていることが分かった[1]。近年では、その組成比を定比にする事が可能となっている。本研究ではこうした電氣的異方性に大きく関与する組成比による影響の評価も行う。

2 実験

本研究で用いた不定比組成の試料の組成比は $\text{Bi}_{2.1}\text{Sr}_{1.8}\text{Ca}_{1.0}\text{Cu}_{2.0}\text{O}_y$ である。表 1 に試料の諸元を示す。ここで l, w, t はそれぞれ、試料の長さ、幅、厚さであり、 T_c は臨界温度である。

表 1. 試料の諸元

	試料	l [mm]	w [mm]	t [μm]	T_c [K]
不定比	#11	2.3	1.6	24	88
	#21-1	1.0	0.2	26	
定比	#21-2	1.5	0.26	26	89
	#22	2.6	1.8	31	

これらの試料を用い、SQUID 磁力計で磁気モーメントを測定し、得られた磁気モーメントから臨界電流密度 J_c を算出する。

c 軸方向に外部磁界を印加したときの J_c と ab 平面方向に外部磁界を印加したときの分離した J_c を導出する。区別のため分離した J_c のうち ab 平面方向を電流路とする J_c を J_c^{ab} とし、 c 軸方向を電流路とする J_c を J_c^c とし、 c 軸方向に外部磁界を印加した場合に ab 平面方向に流れる臨界電流密度を J_c とする。 J_c と J_c^{ab} は同じ方向に流れる臨界電流密度なので、十分低磁界では一致する。従ってこの測定によって、分離した結果の正当性を確かめることが出来る。分離が成功したら、電氣的異方性 J_c^{ab}/J_c^c を求める。

3 結果及び検討

まず、定比と不定比の J_c の比較を行う。図 1 より、定比組成の方が不定比試料より J_c が大きい。これは、本研究で使用した不定比組成では凝縮エネルギー密度が減少し、定比に比べて J_c が小さくなっている。また、組成比を問わず低温では J_c が向上している。これは、低温でブロック層の超伝導特性が向上しているためである。また、定比は 30 K を境とし、不定比は 25 K を境として温度依存性が大きく変化している。この温度変化は磁束線系の転移によるものである。

次に、電氣的異方性についての結果を示す。図 2 より、定比組成では約 20 K 付近で電氣的異方性が急激に変化している。それに対し不定比組成では大きな変化は見られないが、温度が高くなるにつれて電氣的異方性は大きくなっている。これは、 J_c^{ab} も然ることながら、 J_c^c が

温度に依存して温度が小さくなるにつれて劇的に大きくなっているためである。

4 まとめ

組成比を定比に近づけることにより超伝導特性は向上する。低温ではブロック層の超伝導特性の向上により超伝導特性が向上する。

電氣的異方性は J_c^c に依存している。定比組成では電氣的異方性の温度依存性が顕著に見られるが、不定比組成では低温での電氣的異方性の劇的な向上は見られなかった。

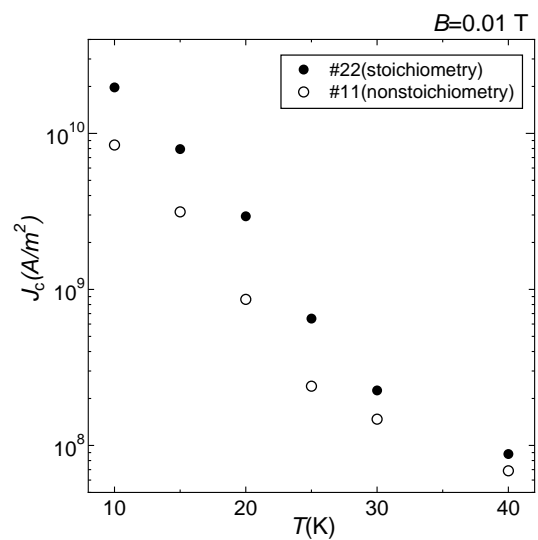


図 1 $B=0.01$ T での $J_c - T$ 特性

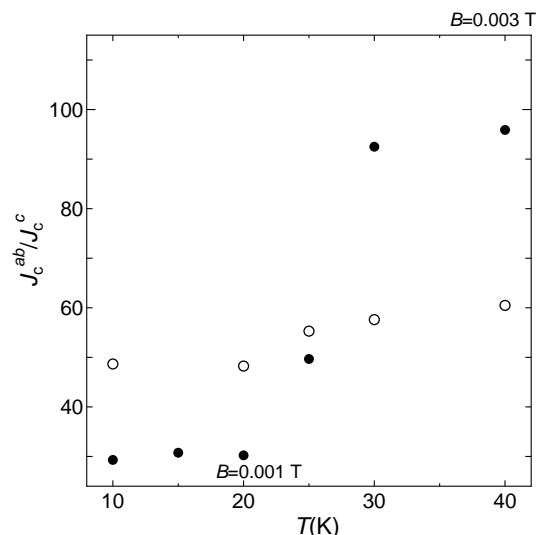


図 2 電氣的異方性 J_c^{ab}/J_c^c

参考文献

- [1] 小菅皓二著：不定比化合物の化学