

# TlBaCaCuO 超导体的临界电流

崔长庚 李山林 张进龙 解思深 张玉苓 车广灿 成向荣

(中国科学院物理研究所, 北京)

**关键词** 超导电性、Tl BaCaCu 氧化物、高  $T_c$  超导体、临界电流

## 一、引言

最近的研究结果表明, TlBaCaCu 氧化物在更高的温度具有超导电性, 其零电阻温度可达 110K 以上<sup>[1]</sup>, 比 YBaCuO 超导体高 20 多度。临界电流密度是超导体实用的重要参数, 因此测量 TlBaCaCuO 超导体的临界电流密度、研究其特点是非常必要的。我们测量了 TlBaCaCuO 超导体液氮温度下的临界电流密度, 较深入研究了在磁场中临界电流密度及其自身的一些特点。本文报道这方面的研究结果。

## 二、实验

样品的成份是  $\text{TlBaCaCu}_3\text{O}_{6.5+x}$ , 将化学纯原料  $\text{Tl}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{CaO}$  和  $\text{CuO}$  按所需比例充分混研后压成圆片, 在空气中 780℃ 烧结 8h, 然后随炉冷却至室温(B、C 和 D 三个样品经过了二次研磨和烧结), 从圆片上切下长条, 把中间磨细作为临界电流测量用。

电阻测量采用四引线直流测量方法, 电极用银胶粘接, 使用标定的 Cu 电阻温度计, 在缓慢的降温过程中测量样品的  $R-T$  关系, 分辨率为  $2 \times 10^{-2}\text{V}$ 。磁化率的测量采用低频交流互感法, 使用 124AP<sub>AK</sub> 锁相放大器, 参考频率为 220 周,  $Q$  值为 100, 时间常数为 1s。

临界电流测量与电阻测量引线接法相同。样品直接浸在液氮里, 记录样品的  $I-V$  曲线; 临界电流的判据为  $1\mu\text{V}/\text{cm}$ 。测量磁场对临界电流的影响使用 NbTi 超导磁体, 磁体中心插入一根细的液氮容器, 样品直接放入此容器中的液氮内, 其位置处于磁体中心, 通电流的方向与磁场方向垂直, 在不同的磁场下测量样品的临界电流。

## 三、结果与讨论

图 1 是样品 C 的电阻和交流磁化率与温度的关系曲线, 在 116.5K 出现抗磁性, 其零电阻温度为 120.3K, 起始转变温度为 131K, 转变宽度为 6.5K (系剩余电阻转变 10% 和 90% 所对应的温度差)。表 1 是四个样品的有关参数, 其中  $T_0$  是零电阻温度,  $T_m$  是出现抗磁性的温度,  $S$  是样品中间的横截面积。从表中可见, 所有样品的零电阻温度都在 110K 以上, 最高的电流密度达到  $1630\text{A}/\text{cm}^2$ , 从制备工艺上看该样品烧结前研混得最为充分, 继续改进工艺过程可望使临界电流提高更多。样品 B 和 C 不同横截面的测量结果表明, 面积小时临界电流密度高, 这意味着电流线接点发烧的影响越小, 越有利于测量, 也可能反映了材料性能不均

本文 1988 年 3 月 23 日收到。

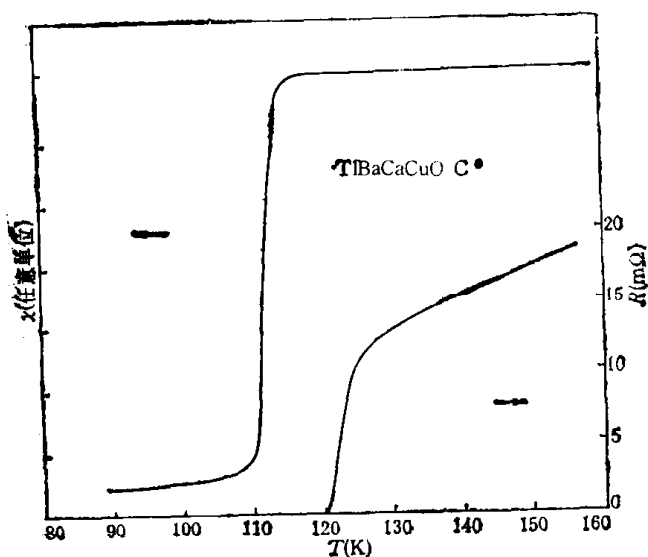


图 1 电阻和交流磁化率与温度的关系

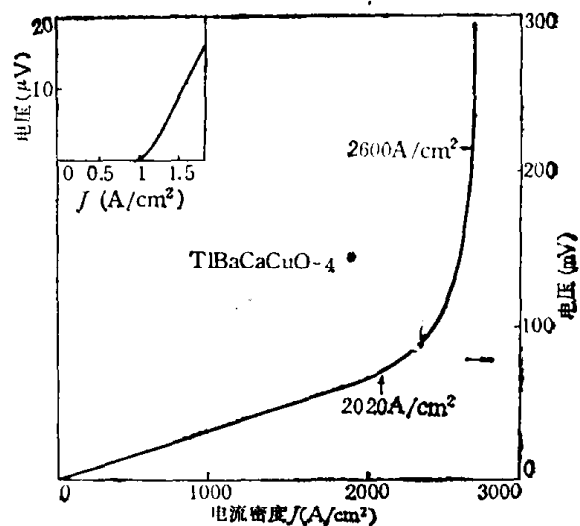


图 2 一个样品的  $I-V$  特性曲线

表 1 不同样品的临界温度和临界电流密度

| 样 品 | $T_{c0}(K)$ | $T_{cm}(K)$ | $S(mm)^2$    | $j_c(A/cm^2)$ |
|-----|-------------|-------------|--------------|---------------|
| A   | 114         | 117         | 1.1          | 500           |
| B   | 114         | 116.5       | 0.54<br>0.27 | 1050<br>1400  |
| C   | 120.3       | 116.5       | 0.45<br>0.25 | 1300<br>1630  |
| D   | 114         | 112         | 0.16         | 970           |

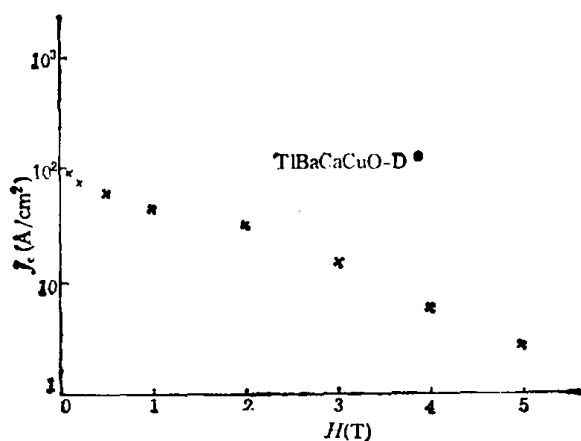


图 3 临界电流密度随磁场的变化关系

匀的因素和自场的影响。

图 2 是另外一个样品的  $I-V$  曲线,加工此样品是把中间大部分磨掉仅留表面一层 ( $\sim 0.2$  mm),从图中可以看出,临界电流密度只有  $1 A/cm^2$ ,在  $1 A/cm^2$  到  $2000 A/cm^2$  之间曲线呈现欧姆态特性;在  $2020 A/cm^2$  时又出现第二个转变,与预料结果吻合。其原因可能是样品中超导颗粒间存在比较多的超导弱连接,因而临界电流很低,第二个转变则代表了颗粒本身的超导

特性。YBaCuO 超导体的性能对氧很敏感,由于烧结过程中样品内部容易缺氧,一般来说表面一层的性能比内部好。而 TlBaCaCuO 却不象 YBaCuO 材料对氧那么敏感,但由于 Tl 的熔点低,烧结过程中容易挥发,造成表面一层缺 Tl,因而样品表面一层比内部性能差,这与 EDAX 分析结果<sup>[2]</sup>一致。

图 3 是临界电流密度和磁场的关系。由图可见在很低的磁场下临界电流密度就大幅度地下降,在 50mT 的磁场下临界电流密度比零磁场下的值大约小 10 倍,但在 0.2T 以后,临界电流随磁场的增加而缓慢地下降,其变化规律类似于 Nb<sub>3</sub>Sn 超导材料。低场下电流密度的大幅度降低表明样品中超导颗粒之间存在超导弱连接,较高磁场下的结果表明超导颗粒的性能与磁场的关系。

#### 四、结 论

制备出的 TlBaCaCuO 超导体,零电阻温度达 120K,液氮温度下的临界电流密度达 1630A/cm<sup>2</sup>,*I-V* 曲线和磁场下临界电流密度的测量结果表明,样品的超导颗粒间存在超导弱连接区。

#### 参 考 文 献

- [1] Zhang Yu-ling et al., Submitted to *Supercond. Sci. Tech.*
- [2] Mai Zhen-hong et al., Submitted to *Supercond. Sci. Tech.*