

· 研究简报 ·

Te对高温超导陶瓷 $YBa_4Cu_6O_y$ 超导电性的影响

曾文光

林长净

冯骥云*

(中山大学物理学系)(香港城市理工学院应用科学系)(香港大学物理学系)

摘 要

对 $YBa_4Cu_6O_y$ 陶瓷的研究表明,它具有与 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 相近的超导电性。以 $CuTeO_3$ 方式加入适量的Te使它的临界电流密度 J_c 增加近一个量级而 T_c 仍保持在90K附近。

关键词 高温超导陶瓷, 碲

$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (简称Y123)是已被广泛研究的高 T_c 超导陶瓷^[1],它的临界电流密度 J_c 比Bi系高温超导体大。氧含量显著地影响Y123的性能,在空气中特别在水汽中存放使它的超导电性下降。

Te在VIB族中其金属性比较强,负电性值(Pauling's)较Y、Ba、Cu大;原子半径较Y、Ba、Cu小;具有-2, 4, 6的可变价。Te的这些特性,特别是负电性和可变价特性,有可能影响Y、Ba、Cu和氧的结合从而改变由这些元素所组成的氧化物性质。

迄今没有发现有关 $YBa_4Cu_6O_y$ (简称Y146)高温超导陶瓷的报导以及Te对它的性能影响的报告。本文通过大量实验寻找到超导电性与Y123相近的Y146陶瓷,发现以 $CuTeO_3$ 形式加入Y146,使其电流密度 J_c 增加并提高它在空气中的稳定性。

1 试样与测量

选用分析纯 Y_2O_3 , $BaCO_3$, CuO , TeO_2 和自制的 $CuTeO_3$ 为原料,用固态反应法制备样品,处理工艺参数为:930℃预烧4h,950℃空气中烧结16h炉冷,压片压力200MPa。试样分3组,成份配比如下:①按 $YTe_xBa_4Cu_6O_y$ 配料,其中 $x=0, 0.1, 0.3, 0.4$ 和 0.6 ,以 TeO_2 方式加入Te;②按 $YTe_xBa_4Cu_6O_y$ 配料,其中 x 分别为 $0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.72, 0.8$ 和 1.0 ,以自制的 $CuTeO_3$ 形式加入Te;③按 $YTe_xBa_2Cu_3O_y$ 配料,其中 $x=0, 0.1$ 和 0.2 ,以 TeO_2 方式加入Te。

所有试样在77K下作了抗磁性试验,所有零电阻温度高于77K的试样都具有肉眼可见的抗磁悬浮。用四端电位法测量了电阻(R)—温度(T)曲线,测量电流1mA,电压分辨率 $0.1\mu V$ 。部分试样测量了交流磁化率温度曲线。结果如图1, 2所示。所有 T_c 高于77K试样都在77K零磁场下测量了临界电流密度 J_c ,测量用试样厚度为0.5mm左右。

本文1990年12月28日收到

●冯骥云为中山大学客座教授,邓树端、唐劲松、罗愈业参加了部份实验

T_c , J_c 与Te含量关系在图3中给出。

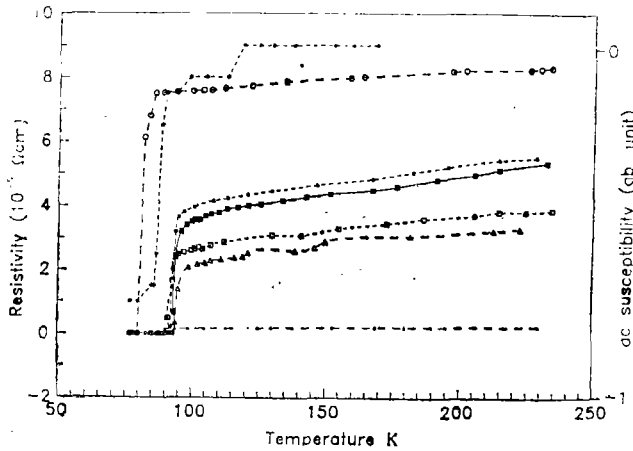


图1 用方法①制备 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 试样 ($x = 0, 0.1, 0.3, 0.4$)、用方法③制备的 $YTe_{0.1}Ba_2Cu_3Oy$ 试样和用方法②制备的 $YTe_{0.72}Ba_4Cu_6Oy$ 试样的电阻率-温度曲线。图中还给出了 $YTe_{0.72}Ba_4Cu_6Oy$ 的交流磁化率曲线

Fig.1 Resistivity-temperature curves for $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ samples of category ①, $X = 0$ (■), $X = 0.1$ (●), $X = 0.3$ (□), $X = 0.4$ (△). Resistivity-T curve for the sample $YTe_{0.1}Ba_2Cu_3Oy$ (○), the ac susceptibility curve (●) and resistivity temperature curve (▲) for the sample $YTe_{0.72}Ba_4Cu_6Oy$ are also shown

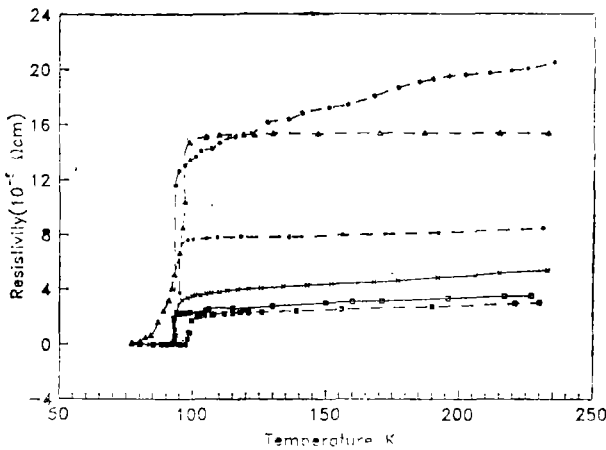


图2 用方法②制备 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 试样 ($x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$) 的电阻率-温度曲线

Fig.2 Resistivity-temperature curves for the $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ samples prepared in category ② (using $CuTeO_3$ as one ingredient, the data for $x = 1$ are contracted 256 times): $x = 0$ (×), $x = 0.2$ (●), $x = 0.4$ (●), $x = 0.6$ (□), $x = 0.8$ (■), $x = 1$ (△)

对 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 的所有试样的 X-射线衍射分析表明, Y146 及加了 Te 的 Y146 与 Y123 结构不同, 表 1 是典型试样的主要衍射线。由表 1 和图 1 的磁化率-温度关系曲线可见, 这是非单相正交结构。结构参数及其变化将另文给出。部分典型样品的 SEM 观察及 Te 分布图分析表明, Te 均匀分布于试样中。

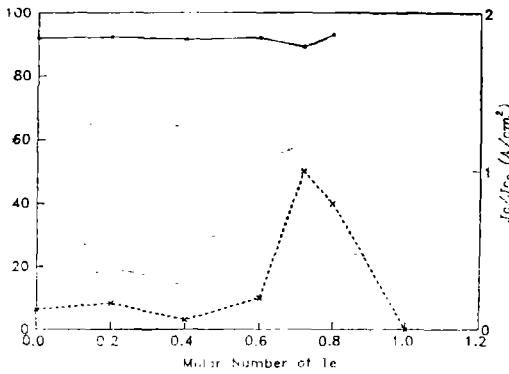


图 3 用方法②制备 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 试样的 J_c 、 T_c 与 x 的关系曲线

Fig.3 The critical current density J_c and T_c are plotted against the molar ratio x of Te for samples in the category ② J_c and T_c data are indicated by (x) and (*) respectively

表 1 典型试样 X-射线衍射线

Tab.1 The data of interplanar spacings and relative intensities for several X-ray diffraction lines (Using Cu-K α radiation)

YBa_4Cu_6Oy d(A°)	rel.I	$YTe_{0.3}Ba_4Cu_6Oy$ d(A°)	rel.I	$YTe_{0.72}Ba_4Cu_6Oy$ d(A°)	rel.I	$YTe_{0.8}Ba_4Cu_6Oy$ d(A°)	rel.I
1.948	100	2.964	100	3.004	100	2.720	100
2.739	74	1.722	37	2.733	43	1.939	99
2.340	72	2.104	32	1.733	41	2.324	80
1.585	43	2.696	21	3.358	39	3.867	61
3.910	39	1.494	16	2.123	35	2.977	48
1.365	23	2.304	15	2.323	27	1.579	33
1.118	14	1.337	13	1.500	24	5.769	18

2 结果与结论

由图 1 ~ 3 及表 1 可见:

(1) Y146 是一种零电阻温度为 92K 的高温超导陶瓷, 77K 零磁场下的 J_c 为 $200A/cm^2$ 。

(2) 用 TeO_2 作添加剂的 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 当 $x \geq 0.2$ 时超导性能下降, 文献[2、3]有相似报导。

(3) 用 TeO_2 作添加剂的 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 当 $x \leq 0.4$ 时对 T_c 、 J_c 影响不大, 当 $x = 0.6$ 时试样呈半导体特性。

(4) 用 $CuTeO_3$ 作添加剂的 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 当 $x < 0.6$ 时, Te 对 T_c 、 J_c 影响不大, 当 $x = 0.6 \sim 0.8$ 时, T_c 变化不大, J_c 似有最佳值, 当 $x = 0.72$ 时 J_c 提高 7 倍以上 (图 2, 3)。

(5) Y146 及 $YTe_xBa_4Cu_6Oy$ 的结构与 Y123 不同 (表 1), 没有发现 TeO_2 或 $CuTeO_3$ 的衍射线条。

由于 Te 均匀分布于试样内, 考虑到上述 Te 的特性, 在氧环境变化时 (通常是氧缺位), Te 有可能变价, 例如变为 -2 价, 使超导电性不易失去。我们重测了曾经置于水汽环境 2 天及 3 个月空气中的试样, 其 T_c 、 J_c 均未发生变化。

参 考 文 献

- [1] Ginsberg D M, *Introduction, history and overview of high temperature superconductivity, Physical properties of high temperature superconductors, I*, Editor Ginsberg D M, World Sci. Pub. 1989, 1~37
- [2] Kambe S et al., *Jpn. J. Appl. Phys. 2, Lett.*, 27 (1988), L 2342
- [3] Suzuki T et al., *J. Mater. Sci. Lett.*, 7 (1988), 926

The Addition of Tellurium in High-Tc Superconductors of $\text{YBa}_4\text{Cu}_6\text{O}_y$

Zeng Wenguang* Lam C.C. Fung P.C.W

Abstract

The additions of Te in high-Tc superconductors of $\text{YBa}_4\text{Cu}_6\text{O}_y$ which we recently found, are investigated experimentally. The results of our investigation indicate that the addition of Te does not affect the transition point so much, but it apparently increases J_c , when the addition of Te is about $x \sim 0.7$, where x stands for the number of moles in the formular, $\text{YTe}_x\text{Ba}_4\text{Cu}_6\text{O}_y$.

Keywords high-Tc superconductor, tellurium

*Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou, China