

Ag₂O 添加的 YBa₂Cu₃O_{7-δ} 超导材料的超导性能*

梁林梅 程湘爱 胡永明

(国防科技大学应用物理系 长沙 410073)

摘要 用固态反应法按分子式 YBa₂Cu_{2.7}Ag_{0.3}O_{7-δ} (简称 YBCAO) 制备了样品, 利用 X 射线衍射, R-T 曲线及扫描电镜 SEM 研究了 Ag 对于 YBCO 超导性能的影响。实验结果表明: 晶粒得以细化, YBCO 超导性能的稳定性有所增强。本文对结果进行了讨论。

关键词 YBCO, YBCAO, 临界电流密度 J_c, 正交结构, 四方结构

分类号 O511

On Superconducting Performance of YBa₂Cu₃O_{7-δ} in Addition with Ag₂O

Liang Linmei Cheng Xiangai Hu Yongming

(Department of Applied Physics, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract According to molecular formula YBa₂Cu_{2.7}Ag_{0.3}O_{7-δ} (YBCAO), we have prepared bulk superconducting samples by solid state reaction method. In order to investigate the effect of Ag₂O addition on the property of YBCO, the measurement of the temperature dependance of resistance, XRD and SEM have been used respectively. The results show that the grains become smaller and the superconducting stability is strengthened. In this paper, the results are discussed.

Key words YBCO, YBCAO, the critical current density J_c, orthogonal structure, tetragonal structure

高温超导材料 YBa₂Cu₃O_{7-δ} (简称为 YBCO 或123相) 要走向应用, 需克服两大障碍: 一是临界电流密度 J_c 低, 二是稳定性较差, 易发生失超现象。Ag₂O 的添加可使临界电流密度 J_c 提高, 国内有过报导^[1, 2], 本文从 Ag 可使晶粒细化这一方面来说明 Ag 的添加有利于提高 J_c。并且首次探讨 Ag₂O 的加入对 YBCO 超导稳定性的改善。

1 实验

本实验用制备 YBCO 的同种工艺制备了 YBCAO 样品。采用分析纯的粉末原料 Y₂O₃ (99.999%)、CuO (99%)、BaCO₃ (99%)、Ag₂O (99.7%), 按原子比 Y:Ba:Cu:Ag = 1:2:3:0.3 均匀混合。第一次作 4~5h 的仔细研磨, 在 920 °C 下预烧 24h 随炉冷却, 第二次研磨 4~5h 后压片, 在 930 °C 下烧结 24h, 最后在 500 °C 下退火 10h。

样品电阻测量采用标准的四引线法, 输出电压进入计算机终端。采用柱状 X 光衍射 (XRD) 分析结构, 并利用扫描电子显微镜 (SEM) 对样品表面形貌作了分析。为研究其稳定性, 本实验对 YBCO 和 YBCAO 分别进行了激光、静电场处理。使用 CW-YAG 连续激光器 (λ = 1.06 μm, 光斑约 3mm, 与样品长条的宽度基本一致) 对 YBCO 及 YBCAO 分别连续扫描 4s, 激光功率约为 27.5W。

YBCO 和 YBCAO 在氧气氛围中 500 °C 下退火 2h。退火过程中, 在放样品的长条坩锅上加上场强为 7 × 10⁵ N/m 的强场。待样品恢复到室温, 撤去强场, 这一过程称为高温加场退火。

* 国防科技大学应用物理系青年基金项目资助
1997年7月10日收稿
第一作者: 梁林梅, 女, 1975年生, 硕士生

2 结果与讨论

(1) 临界电流密度 J_c 的提高

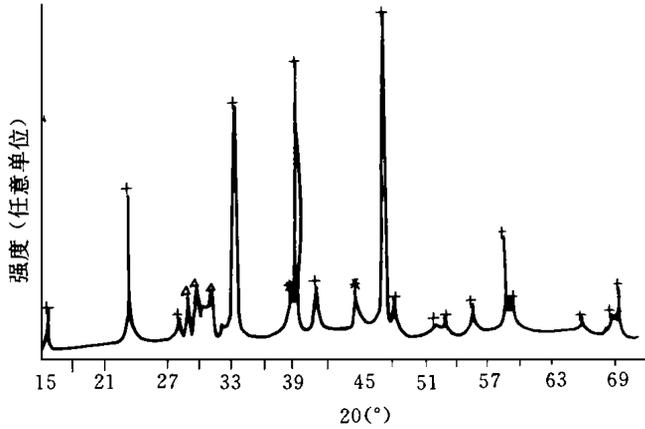


图1 YBCAO 的 XRD 谱

图1为 YBCAO 样品的 XRD 谱, + 表示 123 相衍射峰, * 表示 Ag 的衍射峰, 代表杂峰。由图可见, 样品仍以 123 相为主, Ag 的衍射峰明显存在, 表明 Ag 基本上没进入 123 相晶格, 而只是以分散的单质形式存在^[1]。

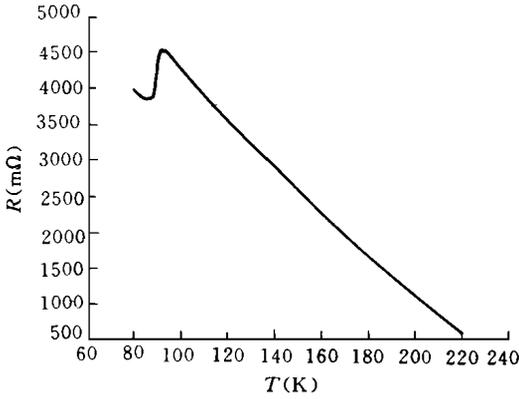
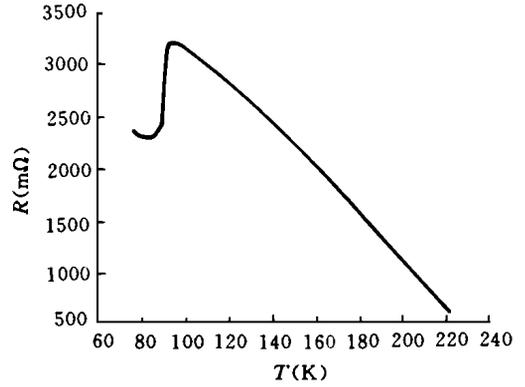
通过四引线法测得 Ag_2O 的添加并没有削弱 YBCO 较好的零电阻特性, 它的临界温度 T_c 仍约为 90K, 但比较 YBCO 及 YBCAO 断面的扫描电镜 SEM 图(图2, 图3)可以看出 Ag_2O 添加的 YBCO 的晶粒很明显小于 YBCO 的晶粒, 这说明 Ag 可阻碍晶粒的生长, 使得晶粒细化。而表面、杂质都是起钉扎作用的, 钉扎作用的增强可提高临界电流密度 J_c ^[3]。因此, Ag_2O 的添加不仅在样品中引入了可作为钉扎中心的杂质, 而且使得晶粒细化, 增大了表面积, 这都有利于提高块状样品的 J_c 。

图2 YBCO 的 SEM 断口照片

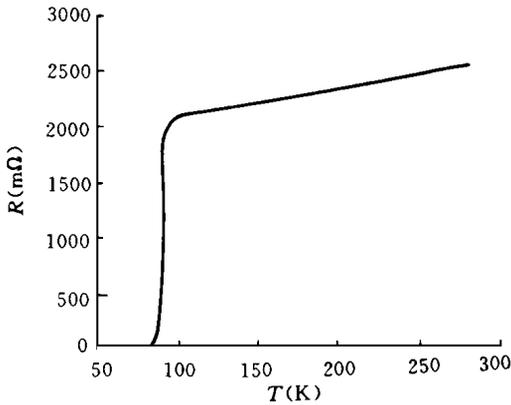
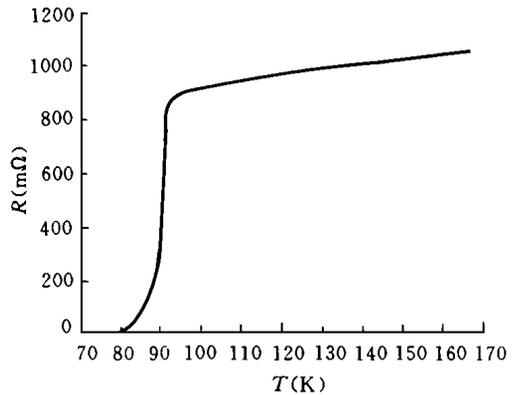
图3 YBCAO 的 SEM 断口照片

(2) 超导样品稳定性的提高

比较超导材料 YBCO 经激光辐射处理后的 $R-T$ 曲线(图4)及高温加场退火处理后的 $R-T$ 曲线(图5)可知它们的电阻随温度升高而降低, 这是典型的半导体行为。查其 XRD 谱, 发现它们仍以 123 相为主, 也就是说化学式没变, 仍为 YBCO, 那么只有结构发生了变化。我们知道, YBCO 具有两种对称结构^[4]: 一种为具超导电性的正交结构, 一种为具半导体性质的四方结构。正交结构的 YBCO 具有零电阻特性, 即在临界温度下电阻突降为零, 而四方结构的 YBCO 的电阻随温度降低而升高。因此可以推断: YBCO 经激光或高温加场退火处理后, 具超导电性的大部分正交结构向呈半导体行为的四方结构转变。样品温度达到液氮温度时仍未降为零, 同样说明样品具有正交结构的超导相成份减少, 在样品中难以形成一条电阻为零的通路, 导致了超导电性的消失。

图4 激光处理的YBCO的 $R-T$ 曲线图5 高温加场退火处理的YBCO的 $R-T$ 曲线

YBCAO 样品经激光辐射和高温加场退火处理后,仍具有较好的零电阻特性(图6,图7),只不过高温加场退火处理后样品的超导转变宽度 T 加宽,表明在外界干扰下尽管四方结构的超导相成分有所增加,但是具正交结构的超导相成分仍然占多数。磁悬浮验证发现它们仍具有迈斯纳(Meissner)效应。因此有理由认为 Ag_2O 的添加使得 YBCO 的正交结构趋于稳定,即对超导相成分有积极的保护作用。

图6 激光处理的YBCAO的 $R-T$ 曲线图7 高温加场退火处理的YBCAO的 $R-T$ 曲线

作者在高温状态下对样品的超导稳定性做了一点工作,但是在超导状态下, Ag_2O 的加入是否能有效防止失超现象,这是一个值得进一步探讨的课题。

3 结 论

(1) Ag_2O 的添加能使得超导材料 YBCO 的晶粒细化,并且自身引入杂质,从而在超导体中引入有效钉扎中心,为 J_c 的提高创造了条件。

(2) Ag 保护了123相的具有超导电性的正交结构,从而提高了超导材料的稳定性。

参考文献

- 1 易敏瑜等. Ag_2O 对 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 超导性能的影响. 低温与超导, 1991, 19: 23~27
- 2 程国生等. Ca 替代和 Ag_2O 添加的 $YBa_2Cu_3O_{\delta}$ 超导材料的制备与超导电性. 低温与超导, 1994, 22: 31~35
- 3 太刀川恭治等. 超导高技术的突破口. 北京: 化学工业出版社, 1992
- 4 张其瑞等. 高温超导电性. 杭州: 浙江大学出版社, 1992