

文章编号: 1001-2486 (2000) 03-0073-03

富 BaCO₃ 对 YBCO 超导样品的超导性能的影响*

程湘爱, 余般梅, 邓青华, 艾杰, 钟辉煌, 胡心

(国防科技大学理学院, 湖南长沙 410073)

摘要: 为提高 123 相高温超导材料的临界电流密度 J_c , 本文从改变样品的用料配方、革新制备工艺等方面做了一些尝试和研究。在生成约 10g 123 相超导样品正常配比的基础上, 分别多加了 5mg 到 100mg 不等的 BaCO₃, 采用固相反应法制备了超导体块材。通过比较各样品的超导转变温度 T_c 、超导转变宽度 ΔT 、临界电流密度 J_c 、扫描电镜照片和 X-Ray 衍射谱图, 可以得出: 富 BaCO₃ 123 相超导体的超导转变温度 T_c 均大于 90K; $\Delta T = 1 \sim 3K$; 20mg 的富 BaCO₃ 有利于 123 相的形成; 一定量富 BaCO₃ 的加入对提高 123 相超导材料的临界电流密度 J_c 很有利。

关键词: 富 BaCO₃ 123 相超导体; 超导转变温度; 临界电流密度; XRD; SEM

中图分类号: O511 文献标识码: B

Influence of Abundant BaCO₃ on Properties of YBCO Superconductor

CHENG Xiang-ai, YU Ban-mei, DENG Qing-hua, AI Jie, ZHONG Hui-huang, HU xin

(College of Science, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: In this paper, we try to change the material composition and renovate preparation techniques in order to improve critical electric current density (J_c) of high temperature superconductor. Based on 10g 123 phase normal proportion, BaCO₃ from 5mg to 10mg are added respectively. All samples are prepared by solid state reaction method. From the superconductor transit temperature (T_c), transit width ΔT , critical electric current density J_c , SEM and XRD chart, we can draw the conclusion that T_c of abundant 123 phase samples is above 90K ($\Delta T = 1 \sim 3K$); 20mg BaCO₃ is propitious to growth of 123 phase; some abundant BaCO₃ help to improve J_c .

Key words: Abundant BaCO₃ 123 phase superconductor; superconductor transit temperature; critical electric current density; XRD; SEM

高温超导块材临界电流密度 (J_c) 低是阻碍高 T_c 材料走向应用的主要障碍之一。国内外许多科学工作者通过熔融织构法^[1]、中子辐照^[2]、冲击波等手段以达到提高 J_c 的目的。本文从改变样品的用料配方、革新制备工艺等方面做了一些尝试和研究。可以得出: 富 BaCO₃ 123 相超导体的超导转变温度 T_c 均大于 90K; 20mg 的富 BaCO₃ 有利于 123 相的形成; $\Delta T = 1 \sim 3K$; 一定量富 BaCO₃ 的加入对提高 123 相超导材料的临界电流密度 J_c 很有利。

1 富 BaCO₃ 123 相超导体的制备

利用 BaCO₃ (纯度为 99%)、Y₂O₃ (纯度为 99.999%)、CuO (纯度为 99%) 粉末在高温下进行固相反应来制备 YBCO 块材。所谓富 BaCO₃ 123 相超导体, 就是适量地称取以上三种样品使 Y³⁺、Ba²⁺ 和 Cu²⁺ 按 1:2:3 的比例 (摩尔比) 分配, 在此基础上再加一些 BaCO₃ 从而使碳酸钡过量。

本实验制备 10 组样品, 其中 $M_{BaCO_3} = 6.0570g$, $M_{Y_2O_3} = 1.7156g$, $M_{CuO} = 3.6624g$, 在此基础上, 再加 BaCO₃ 的质量分别为 5mg、8mg、10mg、12mg、16mg、20mg、40mg、60mg、80mg、100mg, 并且按 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 编号。

* 收稿日期: 1999-08-30
基金项目: 国防科技大学试验技术资助项目 (KD-98-X-083)
作者简介: 程湘爱 (1966-), 女, 副教授。

2 富碳酸钡 123 相超导样品的性质

2.1 样品的超导转变温度 T_c 和超导转变宽度 ΔT

为了比较不同富碳酸钡含量对样品的超导转变温度 T_c 及转变宽度 ΔT 的影响, 测量了各号中压力为 $980\text{N}/\text{cm}^2$ 样品的 T_c 和 ΔT 。实验结果如表 1 所示。

表 1 0 至 9 号压力为 $980\text{N}/\text{cm}^2$ 样品的 T_c 和 ΔT

Tab. 1 T_c and ΔT of samples from NO.1 to NO.9 (pressure is $980\text{N}/\text{cm}^2$)

| 序号 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T_c (K) | 91.83 | 92.40 | 92.41 | 90.12 | 92.40 | 92.48 | 92.97 | 92.97 | 92.97 | 91.83 |
| ΔT (K) | 1.14 | 1.54 | 2.29 | 0.71 | 1.14 | 1.78 | 1.14 | 2.85 | 1.14 | 1.14 |

由以上数据可以看出: 以上各样品的超导转变温度均大于 90K , 多余的碳酸钡量并不显著地影响样品的超导转变温度 T_c , ΔT 在 $1\sim 3\text{K}$ 之间。

2.2 超导样品的临界电流密度 J_c 的测量

要测量超导体的临界电流密度 J_c , 可以先测得超导体的临界电流 I_c , 再测量出超导体的横截面积, 即可算得超导体的临界电流密度 J_c 。样品通过四引线与一铜块相连, 直接放在装有液氮的杜瓦瓶中, 然后分别通过双引线与电流源及电压表相连, 利用计算机采集数据。图 1 为压力为 $980\text{N}/\text{cm}^2$ 的各样品临界电流密度。

由图 1 可以看出: BaCO_3 富余量较少时 (如 5mg 至 8mg) 和较多时 (如 60mg 至 100mg), 样品的临界电流密度 J_c 相对大些, 但在富余量为 20mg 附近的样品的 J_c 相对小些, 特别是富余量为 20mg 时, 达到了最小值。

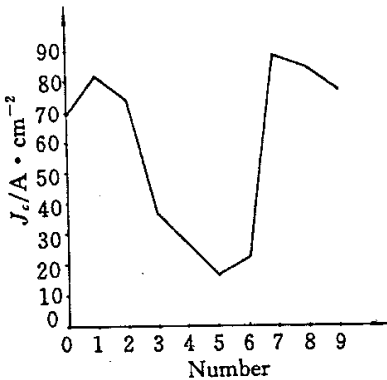


图 1 临界电流密度

Fig.1 Critical electric current density J_c of samples

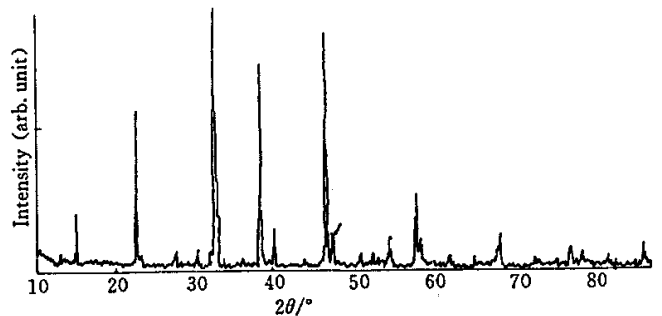


图 2 5 号样品的 X-ray 衍射谱图

Fig.2 X-ray diffraction pattern of NO.5 sample

下面从 X-ray 衍射图来解释这种现象。图 2、图 3 和图 4 分别为 0 号、5 号和 9 号样品的 X-Ray 衍射图。图中带 o 的表示 BaCO_3 晶体, 带 \cdot 的表示 BaCuO_2 晶体。

由图 2、图 3 及图 4 可见, 0 号样品中除了主要的 123 相外, 还有 BaCO_3 杂相, 5 号样品中除了 123 相外, 几乎没有其它杂相, 而 9 号样品中除了 123 相外, 还有较多的 BaCuO_2 杂相。这样, 由于 5 号样品中除了 YBCO123 相外, 几乎没有其它杂相, 所以磁悬浮实验显示 5 号样品的抗磁性最好, 同时 5 号样品中缺少其它杂质作为磁钉扎中心, 所以 5 号样品的临界电流密度最小。由于 0 号和 9 号样品中存在杂相 BaCO_3 或 BaCuO_2 , 这些杂相会成为磁钉扎中心, 样品的磁钉扎力增大, 它的临界电流密度 J_c 自然会提高。

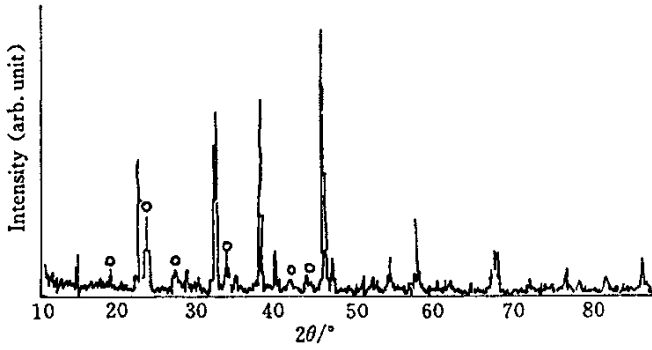


图3 0号样品的 X-ray 衍射谱图

Fig.3 X-ray diffraction pattern of NO.0 sample

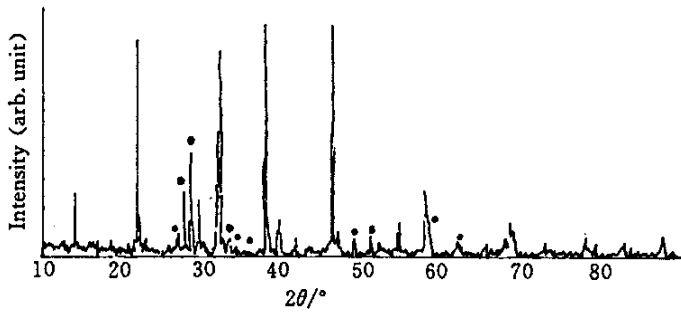


图4 9号样品的 X-ray 衍射图

Fig.4 X-ray diffraction pattern of NO.9 sample

3 结论

在 10g123 相超导样品正常配比中多加 5mg 至 100mgBaCO₃ 所制成的超导样品仍然超导，各样品的 T_c 大于 90K，ΔT 为 1~3K。10g 样品中多加 20mg BaCO₃ 的样品的抗磁性能最好。富余 20mgBaCO₃ 的加入有利于 123 相的生成，少于 20mg 的，样品中会产生 BaCO₃ 杂质，而多于 20mg 的，会形成 BaCuO₂ 杂质，这些杂质的存在均有利于提高样品的临界电流密度，因而可得出结论：一定量富 BaCO₃ 的加入有利于 J_c 的提高。

参考文献：

- [1] 王葛亚等. 熔融织构生长的 YBa₂Cu₃O_{7-x} 的微结构 [J]. 低温物理学报, 1998, 14: 351-354.
 [2] 任洪涛等. 中子辐照对熔融织构 YBa₂Cu₃O_{7-x} 超导体磁学性能及微观组织的影响 [J]. 低温物理学报, 1998, 14: 108-110.

