

文章编号: 1001-2486 (2000) 01-0098-02

高功率微波对 YBCO 超导材料临界电流密度 J_c 的影响*

余般梅, 程湘爱, 胡 心, 薛晓东, 钟辉煌

(国防科技大学理学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 用固相反应法制备了三组 123 相 YBCO 超导块材, 利用高功率微波对三组样品进行辐照处理, 分别测量其临界电流密度 J_c , 实验结果表明, 适当的微波辐照有利于提高超导样品的临界电流密度 J_c , 一次照射与未照射的样品相比较, J_c 提高了近一个数量级。

关键词: YBCO; 高功率微波; 临界电流密度

中图分类号: O511 **文献标识码:** B

The Influence of High Power Microwave on the Critical Current Density J_c of High T_c YBCO Superconductor

YU Ban-mei, CHENG Xiang-ai, HU Xin, XUE Xiao-dong, ZHONG Hu-huang

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

Abstract: Three kinds of samples YBCO (123 phase) have been prepared by solid state reaction method. The samples were radiated by high power microwave, then the critical current density J_c was measured. The experimental results show that proper microwave radiation can improve the critical current density J_c of samples, samples radiated once in comparison with non-radiated samples, the value of J_c increases one order.

Key words: YBCO; high power microwave; critical current density

高温超导块材走向应用的关键因素是如何提高其临界电流密度 J_c , 由于晶粒之间的弱连接和晶内的磁通蠕动阻碍了通道上较大超导电流通过, 通过退火可改善其弱连接能适当提高 J_c ; 为了抑制磁通蠕动, 可在晶内引入有效的钉扎中心如掺杂^[1,2]、利用慢中子、冲击波^[3,4] 对高 T_c 超导块材进行处理。本实验组利用高功率微波对 YBCO 高 T_c 块材的超导电性进行了研究^[5], 进一步的研究表明适当的高功率微波辐照能显著地提高临界电流密度 J_c 。

1 实验方法

将 BaCO_3 (分析纯 99%)、 Y_2O_3 (分析纯 99.99%) 和 CuO 粉末按 $\text{Y} \square \text{Ba} \square \text{Cu} = 1 \square 2 \square 3$ (mol 比) 称量。充分研磨后, 在 920°C 下预烧 24 h, 再次研磨后压成 $14 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 条状。在 930°C 下烧结 24 h 后降温至 500°C , 恒温退火 10 h, 随炉冷却, 分别制成三组样品, 经 X 射线衍射分析均为 123 相。

样品 A: 掺 Ag 的 YBCO; 样品 B: 标准配方的 YBCO; 样品 C: 过量 BaCO_3 的 YBCO。

扫描电镜工作电压 20 kV, 1000X。

微波脉冲半宽约为 20 ns, 频率为 10 GHz, 辐射到样品上的功率约 12 kW。

采用直接测量法测量样品的临界电流 I_c , 通过计算得 J_c 。

2 实验结果及讨论

样品的 $R-T$ 曲线用标准的四引线法测量, T_c 约为 90 K。

* 收稿日期: 1999-04-11

基金项目: 国防科技大学预研基金资助项目 (KD-98-X-083)

作者简介: 余般梅 (1963), 女, 讲师, 硕士。

表 1 照射与未照射样品的 J_c 对照表

Tab. 1 The measured values J_c of radiated samples in comparison with non-radiated ones

样品序号	样品性质	$J_c(77\text{ K 下, 零场中})$
A	(YBCO) _{1mol} + Ag _{0.3mol} 未处理	不超导
	(YBCO) _{1mol} + Ag _{0.3mol} 一次微波处理	$0.41 \times 10^2 \text{ A/cm}^2$
	(YBCO) _{1mol} + Ag _{0.3mol} 二次微波处理	$0.052 \times 10^2 \text{ A/cm}^2$
B	YBCO 未处理	$0.05 \times 10^2 \text{ A/cm}^2$
	YBCO 一次微波处理	$0.48 \times 10^2 \text{ A/cm}^2$
	YBCO 二次微波处理	不超导
C	(YBCO) _{10g} + (BaCO ₃) _{10mg} 未处理	$0.12 \times 10^2 \text{ A/cm}^2$
	(YBCO) _{10g} + (BaCO ₃) _{10mg} 一次微波处理	$70.80 \times 10^2 \text{ A/cm}^2$
	(YBCO) _{10g} + (BaCO ₃) _{10mg} 二次微波处理	不超导

由表 1 可以看出 A、B、C 三组样品中经一次微波处理的样品, 其 J_c 显著提高, 其最大值增加近一个数量级 (B_1 与 B_0 的 J_c 之比为 $0.48/0.05$), 经二次微波处理后 J_c 迅速下降, 甚至失超。可见, 适当的高功率微波辐照, 有利于 J_c 的提高。

图 1、图 2、图 3 分别为未经微波处理、一次处理和二次处理掺 Ag 和 YBCO 的样品的 SEM 照片, 由照片可以看出, 经微波处理后晶粒明显细化, 我们认为其作用机理是“电磁波一声子”作用, 微波电磁场引起超导晶格的振动, 电磁场能量转化为声子能量, 剧烈振荡使晶粒破碎, 晶粒的总表面积增加, 而晶粒表面能钉扎磁通, 有利于提高 J_c , 而另一方面高功率微波的瞬时加载导致超导材料的结构改变^[5], 二次微波处理后, 晶粒间的弱连接减少, 空隙增加, 样品的 J_c 显著下降, 甚至失去超导电性。

3 结论

(1) 高功率微波一方面对提高 YBCO 块材的 J_c 有明显的作, 另一方面也对材料产生破坏作用, 二次微波处理引起失超现象。

(2) 富钡样品显示出更好的超导电性, 我们正在进一步研究其作用机理。

参考文献:

- [1] 易敏瑜等. Ag_2O 对 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 超导性能的影响 [J]. 低温与超导, 1991, 19: 23-27.
- [2] 程国生等. Ca 替代和 Ag_2O 添加的 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ 超导材料的制备与超导电性 [J]. 低温与超导, 1994, 22: 31-35
- [3] Sakaguchi Y, et al. Shock-loading effects on flux pinning of the high T_c superconductor $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ [J]. Physica C, 1992, 201: 183-188
- [4] 刘柯钊等. 冲击波对高 T_c YBCO 超导材料的改进 [J]. 低温与超导, 1995, 23: 52-58.
- [5] 程湘爱等. 高功率微波对 YBCO 超导材料的改性 [J]. 国防科技大学学报, 1998, 20: 100-102.



图 1 未处理 YBCO+ Ag 样品
Fig. 1 The sample YBCO+ Ag of non-radiated

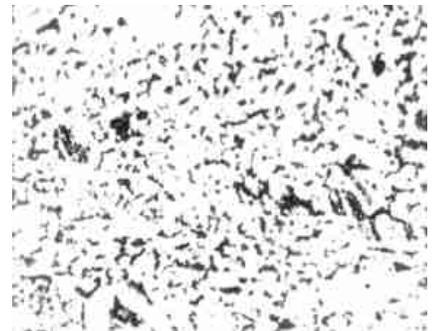


图 2 高功率微波一次处理 YBCO+ Ag
Fig. 2 The sample YBCO+ Ag of radiated once with high power microwave

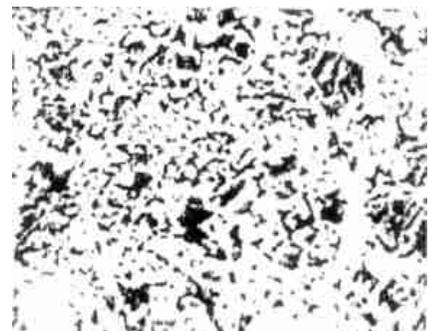


图 3 高功率微波二次处理 YBCO+ Ag
Fig. 3 The sample YBOC+ Ag of radiated double with high power microwave