

Ba-Y-Cu 氧化物液氮温区的超导电性

赵忠贤 陈立泉 杨乾声 黄玉珍 陈赓华 唐汝明 刘贵荣

崔长庚 陈 烈 王连忠 郭树权 李山林 毕建清

(中国科学院物理研究所, 北京)

一、引 言

Bednorz 和 Müller 发现在 Ba-La-Cu 氧化物系统中可能存在 35 K 的超导电性^[1], Uchida 和 Takagi 等人观察到 Meissner 效应^[2,3], 从而确定了该系统的超导电性的存在. 国内外几个小组在短时间内报道了他们有成效的结果^[4-9]. Chu 等人^[5]报道了在流体静压下获得起始超导转变温度为 52 K 的结果. Cava 等人^[6]获得了接近于单相的超导相, 其转变温度为 36.2 K, 转变宽度为 1.4 K. 作者在 Sr-La-Cu-O 及 Ba-La-Cu-O 体系中得到了起始转变温度分别为 48.6 K 及 46.3 K, 而转变宽度不大于 10 K 的结果. 同时发现了在 70 K 附近存在超导电性的迹象^[4]. 本文将给出在液氮温区存在超导电性的实验结果. 突破了 Mcmillan 关于超导转变温度上限为 40 K 的理论性推断.

基于对 Ba_{1-x}Pb_xO₃ 体系的了解, Rice 和 Sneddon^[10] 给出了带有局域 CDW 不稳定性的强电-声子相互作用的模型, 该模型对电-声子相互作用常数 λ 的要求近似为 1. 与此不同, Chakraverty 和 Schlanker^[11] 提出的双极化子模型, 则要求 λ 近似为 100. Ba-La-Cu-O 体系是层状的钙钛矿结构, 这使该体系具有准二维特征. 最近 Anderson^[12] 提出了准二维系统的共振价键态的理论. 其他理论学家也提出一些模型^[13] 和工作^[14,15], 对该体系超导电性机制的了解还需要进一步的工作.

Uchida 等人^[2]和 Takagi 等人^[3]已确定了 K₂NiF₄ 晶体结构的超导电性. [La_{1-x}Ba(Sr)_x]₂CuO₄ 体系被国内外很多研究组所接受, 并得到了 30—40 K 的超导转变温度, 该组份确实有利于生成超导单相的好样品. 本文作者认为, 组份为 Ba(Sr)_xLa_{1-x}Cu₂O_{5(3-y)}, 虽然是多相成分, 但有利于形成高 T_c 相^[4]. 为使层状钙钛矿结构更接近于二维体系, 在成分为 Ba_xLa_{1-x}Cu₂O_{5(3-y)} 的体系中, 用 Y 取代 La, 从而导致更高的超导转变温度. 本文给出的实验结果表明, 超导转变中点温度为 92.8 K (电阻转变 50%), 转变宽度为 4 K (正常态电阻变化 10% 和 90% 所对应温度之差), 超导起始转变温度高于 100 K (电阻从线性过渡到非线性的明显变化在 110 K 附近).

二、实 验

样品是用光谱纯的 Y, Ba 和 Cu 的氧化物进行固态反应制备的. 所有的原料都在 130°C

本文 1987 年 2 月 21 日收到.

做过干燥处理。充分研磨均匀的粉末混合物被置于管式电炉内，在空气中分段加热合成和热处理。在 400℃ 时烘烤 2 h，800℃ 时煅烧 4 h，1000℃ 烧结 6 h，煅烧后充分研磨是重要的。初步的 X 射线衍射分析表明，样品是多相的。

电阻测量采用标准的四引线技术，用压钢方法将金丝压在矩形样品上，该样品是从块状的烧结样品切下的，样品的正常态电阻率(在温度 110 K 时)近似为 $0.4 \Omega \text{ cm}$ 。测量电流密度为 0.04 A/cm^2 ，电位测量的分辨率为 $2 \times 10^{-8} \text{ V}$ 。

交流磁化率测量采用交流互感法，频率为 314 Hz，PAR 锁相放大器的分辨率为 $2 \times 10^{-8} \text{ V}$ ，时间常数为 1 s，最大信号为 $8.2 \mu\text{V}$ 。

采用 Pt 电阻温度计测温，用中国计量科学院所分度的 Pt 电阻标准温度计标定，并与美国 Lake Shore 公司标定的碳玻璃温度计作了比对。

三、结果及讨论

电阻测量表明，对 $x = 0.5$ 的样品从室温开始，电阻随温度的下降而下降，没有出现作者^[4]以前在 $\text{Sr}(\text{Ba})\text{-La-Cu-O}$ 体系中所看到的负温度系数的情况。图中的数据表明，从 140 K 到 115 K，电阻随温度线性下降，从 110 K 起电阻下降明显偏离了线性。从实验曲线可以明显地看出超导起始转变温度高于 100 K。在磁场下的电阻测量将有助于确定超导的起始转变温度，该工作正在进行。取温度为 100 K 时，电阻的 10—90% 为超导转变宽度，实验结果给出超导转变中点温度为 92.8 K，超导转变宽度为 4 K。在仪器的分辨范围内，出现零电阻的温度为 78.5 K。整个超导转变过程，电阻下降了五个数量级。

交流磁化率的测量表明，超导起始转变温度为 93 K，相当于电阻转变的中点。与标准的同体积 Pb 的电平信号相比较，如果不存在复连通体的情况下，在温度为 77 K 时，其超导相所占的比例为 13%，如图 1 所示。

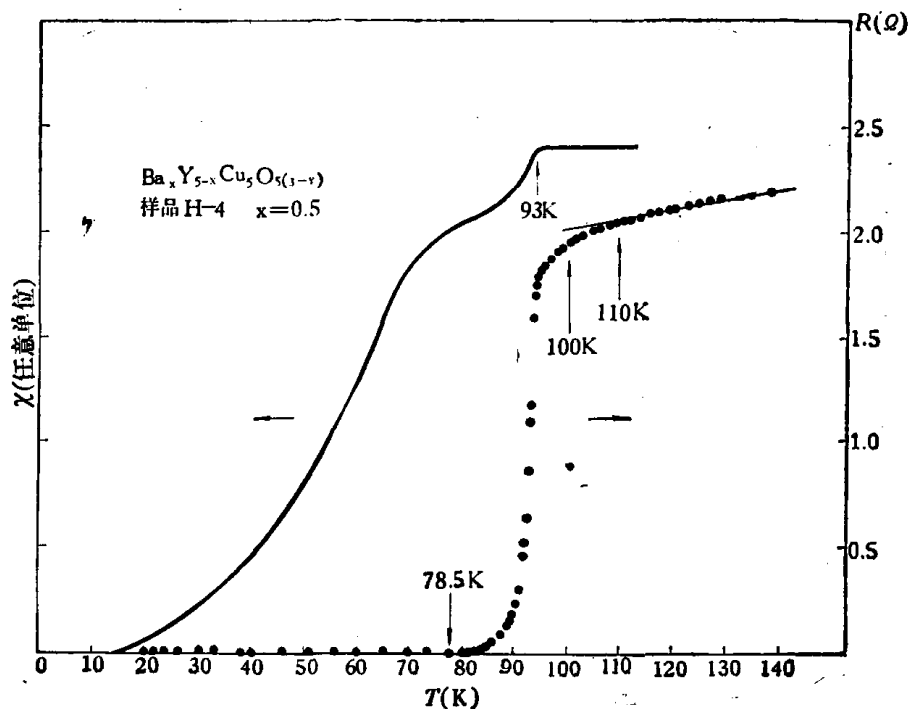


图 1

对几个起始转变温度为 40 K 的 Sr-La-Cu-O 体系样品, 作者曾用流体静压的方法在室温下处理, 这些样品的磁转变宽度很宽, 几乎从 40 K 到 4.2 K, 电阻转变宽度约 10 K (从起始转变到零电阻的温度)。在 25 K bar 之下, 相应于 30—40 K 的超导相明显增加, 而 15 K 以下的超导相减少, 后者相应立方的钙钛矿结构所呈现的超导性, 而压力高于 60 K bar, 则立方相的超导电性消失, 这些结果将另文发表。尽管室温下, 压力处理并没有出现起始转变温度的明显增加, 但高 T_c 相的成分增加, 使我们想到用高压方法, 使 90 K 以上的超导相增加。如上所述, 电阻测量表明在 110 K 时, 电阻明显偏离线性, 可能是超导电性出现的表征, 高压处理可能有助于增加温度较高的超导相的成分。

致谢: 感谢金铎、任士元、王昌庆、胡伯清、陈景然、黄锡成、程建邦、马文漪等同志在实验工作中给予的帮助。

参 考 文 献

- [1] Bednorz, J. G. and Müller, K. A., *Z. Phys. B Condensed Matter*, **64**(1986), 189—193.
- [2] Uchida, S., Takagi, H., Kitazawa, K. and Tanaka, S., *Japan J. Appl. Phys. Lett.* (submitted).
- [3] Takagi, H., Uchida, S., Kitazawa, K. and Tanaka, S., *Japan J. Appl. Phys. Lett.* (submitted).
- [4] 赵忠贤、陈立泉、崔长庚、黄玉珍、刘锦湘、陈赓华、李山林、郭树权、何业治, 科学通报, **32** (1987), 3: 177—179; Zhao Zhongxian, Chen Liquan, Cui Changgeng, Huang Yuzhen, Liu Jinxiang, Chen Genhua, Li Shanling, Guo Shuquan, He Yeye, *Kexue Tongbao* (Science Bulletin), **32**(1987), 8: 522—525.
- [5] Chu, C. W., Hor, P. H., Meng, R., Guo, L., Huang, Z. H. and Wang, Y. Q., *Phys. Rev. Lett.*, **58**(1987), 405—407.
- [6] Cava, R. J., Van Dover, R. B., Batlogg, B. and Rietman, E. A., *Phys. Rev. Lett.*, **58**(1978), 408—410.
- [7] Kwok, W. K., Crabtree, G. W., Hinks, D. G., Capone, D. W., Jorgenson, J. D. and Zhang, K. (Submitted); Capone II, D. W., Hinks, D. G., Jorgensen, J. D. and Zhang, K. (Submitted). Jorgensen, J. D., Hinks, D. G., Capone II, D. W., Zhang, K., Schuttler, H. B. and Broadsky, M. B. (Submitted).
- [8] Finnemore, D. K., Shelton, R. N., Clem, J. R., McCallum, R. W., Ku, H. C., Mearley, R. E., Chen, S. C., Klavins, P. and Kogan, V. (Submitted).
- [9] Politis, C., Geerk, J., Dietrech, M., Obst, B., *Z. Phys. B Condensed Matter*, **66**(1978).
- [10] Rice, T. M. and Sneddon, L., *Phys. Rev. Lett.*, **47**(1981), 689; Rice, T. M., in *Superconductivity in Magnetic and Exotic Materials* (Ed. Matsubara, T. and Kotani, A.), Springer-Verlag, 1983, 178—188.
- [11] Chakraverty, B. K. and Schlenker, C., *J. Phys. (Paris) Collog.*, **37**(1976), 14—353. Chakraverty, B. K., *J. Phys. Lett.*, **40**(1979), L99; *J. Phys.*, **42**(1981), 1351.
- [12] Anderson, P. W. (preprint).
- [13] Schuttler, H. B., Jorgensen, J. D., Hinke, D. G., Capone II, D. W. and Scalapino, D. J. (Submitted).
- [14] Ting, C. S., Xing, D. Y. and Lai, W. Y. (preprint).
- [15] Yu Jaejun, Freeman, A. J. and Xu, J. H., Submitted to PRL.