

高临界温度超导体研究进展介绍

崔长庚

(中国科学院物理研究所)

1987年2月20日,中国科学院物理研究所赵忠贤、陈立泉等获得新的Ba基氧化物超导体,经过多次反复实验,表明该超导体的起始转变温度高达100K以上,从而在高临界温度超导体研究方面又一次获得重大突破。

新的超导体的主要成分包括钡、钇、铜、氧四种元素 [$Ba_xY_{5-x}Cu_5O_{5(y)}$]. 样品的制备采用了新的工艺和新技术^[1]. 超导转变温度的测量采用标准四引线电阻法和低频交流互感法. 图1是采用这两种方法得到的超导转变曲线. 由图1可以看出,样品的电阻起始转变温度在100K以上(电阻由线性变化过渡到非线性变化时的温度在110K附近),中点转变温度为92.8K(即电阻转变50%时所对应的温度),转变宽度为4K(即电阻转变10%和90%时所对应的温度之差). 在仪器可分辨的精度范围

内($2 \times 10^{-6}V$),出现零电阻的温度为78.5K. 由图1中的交流磁化率和温度的关系曲线可以明显看出,此样品在93K时开始出现抗磁性.

自1911年荷兰科学家Onnes发现水银在4K时具有超导电性以来,很多科学家都致力于寻找新的超导体和提高超导临界温度. 现在已发现27种元素和上千种合金和化合物具有超导电性,但它们的超导临界温度都不高. 表1列出了1911年发现超导电性以来到1986年4月人类在提高超导转变温度 T_c 方面创造的记录.

1973年,美国科学家发现 Nb_3Ge 薄膜超导起始转变温度达到23.2K,引起了人们广泛注意,进行了大量的研究工作,但未能使超导转变温度获得明显提高. 1975年,发现了金属氧化物 $BaPb_{1-x}Bi_xO_3$ 的超导转变温度为13K. 虽然它的转变温度不算高,但却给人们以新的启

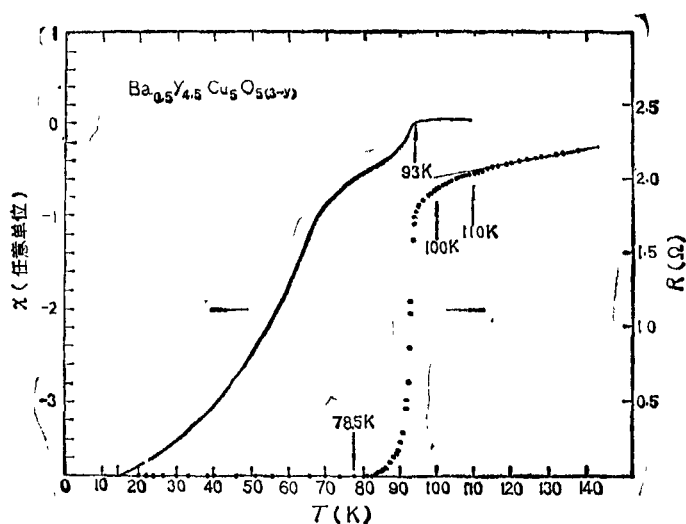


图1 样品的电阻和交流磁化率与温度的关系曲线

表 1

物 质	T_c (K)	发现年代
水银 (Hg)	4.2	1911
铅 (Pb)	7.2	1913
铌 (Nb)	9.2	1930
钒三硅 (V_3Si)	17.1	1953
铌三锡 (Nb_3Sn)	18.1	1954
铌铝锗 ($Nb_3Al_{0.75}Ge_{0.25}$)	20.5	1967
铌三锗 (Nb_3Ge)	23.2	1973

发:如果能合成载流子浓度更高的金属氧化物材料,就有可能进一步提高超导转变温度。人们开始把注意力转向这种具有混合价态的金属氧化物。1986年4月,IBM苏黎世研究实验室的Bednorz和Müller^[2]在对Ba-La-Cu-O氧化物的电阻和温度关系的测量中,发现此种氧化物可能是一种超导体,其起始转变温度为35K(超导体最基本的特性有两个:一是零电阻现象,即 $R=0$;二是完全抗磁性,即 $B=0$)。他们的文章发表后,立即引起人们极大的重视。日本东京大学Uchida和Takag^[3]等人重复了IBM的实验结果,并观察到排磁通特性,从而确定了该系统的超导电性的存在。美国休斯顿大学朱经武等人^[4]报道了此类材料在流体静压下获得起始超导转变温度为52K的结果。1987年2月16日,美联社报道了美国物理学家朱经武、吴茂昆等获得转变温度为98K的超导体的消息。美国贝尔实验室Cava等人^[5]获得了接近单相的同类超导体,其转变温度为36.2K,转变宽度为1.4K。中国科学院物理研究所赵忠贤、陈立泉等^[6]在1986年12月底、1987年1月初,在此体系的Sr-La-Cu-O材料中,得到起始转变温度为48.6K,转变宽度不大于10K的结果,并在Ba-La-Cu-O材料的电阻和温度关系的测量中发现了在70K附近存在超导电性的现象(最近低频交流磁化率的测量已证实了这一发现)。对此类材料的其他方面的研究工作,中国科学院物理研究所也在紧张地进行,并已取得一些有意义的结果,将陆续在有关的学术刊物上发表。

高临界温度超导体的发现和惊人的研究进

展,也引起了国内外理论物理学家的极大兴趣。最近Anderson^[7]提出了准二维系统的共振价键态的理论,其他理论物理学家也提出了一些模型。可以相信,对该体系超导电性机制的了解将会逐步深入。

超导电的应用是一项正在发展中的新技术。它主要包括两个方面:超导强磁(强电)技术和超导弱磁(弱电)技术。二者对于国民经济、军事技术、科学实验和医学卫生的发展都有独特的、不可取代的作用。液氦温区的超导材料在强磁场、高能加速器、高频核磁共振谱仪、人体核磁共振成像技术和弱电磁的测量与探测技术等方面都已得到了重要应用,在受控核聚变、电工、磁选、交通等方面的应用研究也已取得重要进展。新发现的液氮温区的超导体肯定会有极为重大的应用前景,可能首先在弱电磁方面得到应用,那将会对电子和仪器工业产生重大影响;如果高临界温度超导体能在强磁(强电)方面得到应用,则会使能源、电子、机电、交通等有关的工业发生重大变革。目前尚有很多基础研究工作要做,有不少的工艺技术问题需要解决,离实际应用还有相当距离。但是我们应当看到,这类超导体的研究已得到各方面的极大重视,国际上已有200多个实验室正从事这方面的研究,在不太长的时间内应用方面可能会有突破。

(本文于1987年2月28日收到)

参 考 文 献

- [1] 赵忠贤、陈立泉、杨乾声、黄玉珍、陈震华、唐汝明、刘贵荣、崔长庚、陈烈、王连忠、郭树权、李山林、毕建清,科学通报, 32-6(1987)。
- [2] J. G. Bednorz and K. A. Müller, *Z. Phys. B*, 64 (1986), 189.
- [3] S. Uchida et al., *Japan J. Appl. Phys. Lett.*, (Submitted).
- [4] C. W. Chu et al., *Phys. Rev. Lett.*, 58 (1987), 405.
- [5] R. J. Cava et al., *Phys. Rev. Lett.*, 58 (1987), 408.
- [6] 赵忠贤、陈立泉、崔长庚、黄玉珍、刘德湘、陈震华、李山林、郭树权、何业治,科学通报, 32-3(1987), 177.
- [7] P. W. Anderson, Preprint.