

渗碳玻璃低温温度计在液氮温度下磁致电阻的研究*

季允松 江德华 黄熙怀

(中国科学院上海硅酸盐研究所)

姚全发

(上海工业自动化研究所)

渗碳玻璃低温电阻温度计具有碳膜电阻低温温度计灵敏度高、制作简单、电阻与温度呈单调变化的关系等优点,而没有碳膜电阻低温温度计重复性差,不能经受热循环的缺点,是一种比较优良的低温测温器件。国外已有商品出售。

我们研制了这种低温温度计^[1],虽然结构还不够完善,经过多次测试,在液氮沸点温度测温的重复性在 ± 5 毫度以内。为了考查这种温度计在强磁场下的使用情况,我们进行了磁阻实验。

一、实验过程

在本实验中所采用的渗碳玻璃温度计是 No 520, 605, 905, 904。其中 No 520 是标定过、并进行过 He⁴ 沸点复现性实验的^[1]。它们是按下面叙述的方法制造的^[1]。

将 B₄ 多孔高硅氧玻璃(SiO₂ 达 95% 以上,孔径约为 80 埃,比表面约为 100 米²/克,孔隙度约为 30%) 浸入苯乙酮和浓硫酸溶液,使其微孔被溶液充满,经干燥后,进行真空烧结。在烧结过程中,苯乙酮和浓硫酸热解,气体被排除,碳沉积在玻璃内部,多孔玻璃不断收缩,最后成为黑色、致密、导电的材料。接着进行切割、抛光,加工成 4 × 2 × 1.2 毫米³的矩形元件。经清洁处理后,用真空镀膜法在两个大面上镀上铬-金电极,在两个镀金表面分别焊上一根直径为 0.3 毫米的铜丝,作测量引线。然后

把此组件放入外径 4.5 毫米、长 8 毫米的铝壳中,里面充灌 2 号真空脂,最后用 JW-1 树脂封口,就制成了渗碳玻璃低温温度计。

图 1 为磁阻实验装置示意图。超导磁体由铌钛丝绕成螺旋形,中心孔径为 15 毫米。渗碳玻璃温度计样品固定在超导磁体中心磁场最强处。样品和超导磁体一起安放在 50 立升容量的杜瓦瓶中。

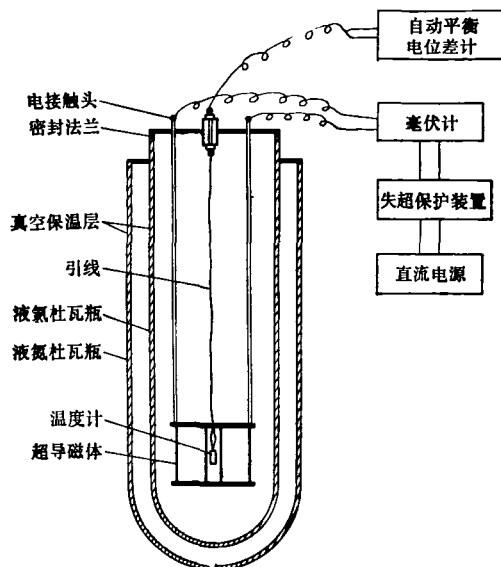


图 1 磁阻实验装置示意图

测试时,样品和超导磁体浸泡在液氮中,温度用 No 520 温度计监视。在液氮沸点时的温度波动忽略不计。测试电流方向与磁场方向垂

* 1979 年 12 月 10 收到。

直。温度计电阻采用自动平衡电位差计测量。测试从零磁场开始,不断加大磁场,一直到名义上的最高磁场,然后降到零磁场,再不断加大磁场,直到磁体失超为止(失超采用自动保护装置)。每增加 5000 高斯左右,测量一次。磁场稳定度 $\leq \pm 30$ 高斯。为减少温度场和液氦机组的影响,测试装置远离玻璃杜瓦瓶,同时在机组抽气时不进行测量。

二、结果

图 2 为温度计 No 605 在液氦温度下 $\frac{\Delta R}{R_0} \%$ 与磁场强度的关系曲线,图 3 为温度计 No 605 在液氦温度时 ΔT 与磁场强度的关系曲线。其中 R_0 为无磁场时的电阻值, ΔR 为加磁场后电阻的增加, $\frac{\Delta R}{R_0} \%$ 为增长的百分率, ΔT 为在外磁场下温度计的测温误差。 ΔT 的计算方法是,先利用 Anderson (安德森)^[2]归纳的一个公式:

$$\log R = aT + bT \log R + cT(\log R)^2,$$

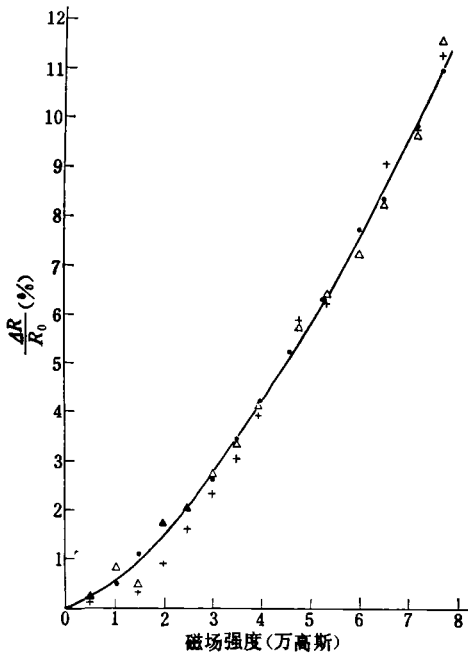


图 2 温度计 No 605 在液氦温度时, $\frac{\Delta R}{R_0} \%$ 与磁场强度的关系曲线

● 为 No 605; △ 为 No 905; + 为 No 904

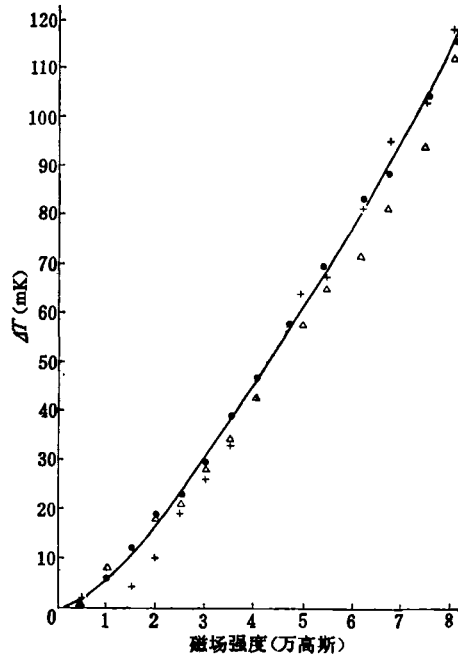


图 3 温度计 No 605 在液氦温度时, ΔT 与磁场强度的关系曲线

● 为 No 605; △ 为 No 905; + 为 No 904

式中 R ——温度计在温度为 T (K) 时的电阻值(欧姆), T ——温度(K), a, b, c ——常数。

求出温度计在液氦沸点时的 dR/dT , 然后根据测得的 ΔR 求出 ΔT 。为了比较,在图 2 和图 3 中还给出了温度计 No 905 和 No 904 的实验结果。

三、讨论

表 1 列举了我们研制的渗碳玻璃低温温度计,美国渗碳玻璃低温温度计(CGR-1 型)和 Ge 电阻温度计在液氦温度下的磁致误差数据。

(1) 从表 1 可以看到,我们研制的渗碳玻璃低温温度计的磁致误差在磁场强度达到 7.7 万高斯时与美国 Lake Shore Cryotronics 公司生产的 CGR-1 型温度计是一致的,同 1975 年美国 J. M. Swartz (斯沃茨)^[3]等发表的渗碳玻璃低温温度计磁阻数据和磁致温度误差数据是极为吻合的。同时还可以看到,渗碳玻璃低温温度计在强磁场下的测温误差大大低于 Ge

表1 渗碳玻璃低温温度计, CGR-1 型及 Ge 电阻温度计在液氮温度(4.2 K)下的磁致误差

样品	2.5 万高斯		7.7 万高斯	
	$\frac{\Delta T}{T_0}\%$	$\Delta T(\text{mK})$	$\frac{\Delta T}{T_0}\%$	$\Delta T(\text{mK})$
814	0.44	19		
	(2.88万高斯)	(2.88万高斯)		
605	0.50	23	2.8	117
905	0.50	21	2.7	113
904	0.40	19	2.8	119
CGR-1*	0.50	21	3.0	126
			(8 万高斯)	(8 万高斯)
Ge	5—20	200—850	30—50	1250—2300
			(8 万高斯)	(8 万高斯)

* 中国科学院物理研究所进口的 CGR-1 型温度计数据。

电阻温度计。

(2) 表 1 中列出的 814 样品的数据是测试电流方向与磁场强度方向不垂直, 磁场强度加到 2.88 万高斯下取得的数据。其结果与其它三

个样品基本上一致, 表明这种温度计的磁阻没有明显的方向性, 与 Swartz 等人的结果是一致的。

(3) 渗碳玻璃低温温度计由于具有灵敏度高、制作简单、复现性好、单调变化的电阻与温度关系曲线、强磁场下磁致电阻和磁致温度误差小等显著特点, 它完全可以作为在强磁场下的实用温度计。

测试工作系在中国科学院电工研究所进行的, 得到该所陈浩树、张小庆同志的大力协助。

参 考 文 献

- [1] 江德华, 季允松, 唐步龙, 黄熙怀, 邓大任, 姚全发, 马洪其, 物理, 7(1978), 51.
- [2] A. C. Anderson, in Temperature, its Measurement and Control in Science and Industry, 4(1972), Part 2, 774. (Instrument Society of America, Pittsburg.)
- [3] J. M. Swartz, J. R. Gaines, L. G. Rubin, Rev. Sci. Instru., 46(1975), 1177.

铜离子空心阴极紫外激光器*

伍长征 莫应安 杨寅 郑思定

(复旦大学物理系)

G. J. Collins^[1] 等人于 1976 年首先研制成功铜离子空心阴极紫外(2500 Å 区)激光器。它比起惰性气体紫外激光器具有较高的激发效率, 而工作效率约大一个数量级, 近来已获得较大的输出功率^[2], 并已在泵浦染料激光等方面投入实际的应用。它在激光化学、生物、医学以及激发荧光的科学研究方面有着重要的应用价值; 在成分分析、精密测量、激光全息、喇曼光谱等有着广泛的用途。我们在研制成功氦-铜空心阴极 7808 Å 激光器^[3]的基础上, 最近又研制成功了氖-铜空心阴极紫外激光器。

铜离子能级简图见图 1。从图中可见, 这些紫外谱线的上能级都很接近 Ne 离子的电离电位, 它们之间的能量差小于 0.5 eV。这些紫外谱线的激发方法和 He-Cu⁺7808 Å 一样^[3], 主

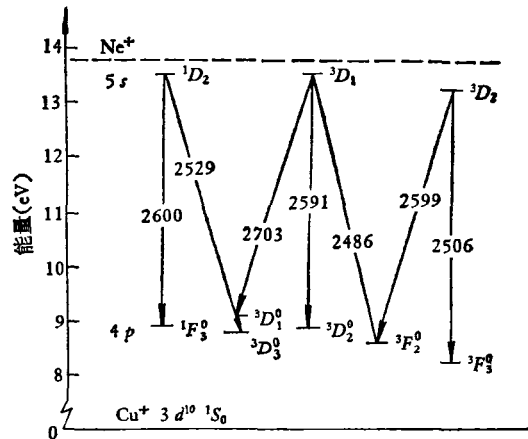


图 1 铜离子能级简图

要也是依靠能量的电荷转移过程^[1],

* 1979 年 11 月 24 日收到。