



实验二十三

高温超导材料特性测试和低温温度计

赵启渊 2000011153

1. 什么是零电阻效应? 零电阻常规导体遵从欧姆定律, 它的磁性有什么特点? 超导体的磁性又有什么特点? 它是否是独立于零电阻性质的超导体的基本特性?

解: 材料在常温时是导体或半导体, 甚至是绝缘体, 当温度下降到某一特定值 T_c 时, 它的直流电阻突然下降为零的效应, 称为零电阻效应。

零电阻常规导体, 只要 $T < T_c$, 在超导体内部的磁感应强度 B_i 总是等于零, 说明具有完全抗磁性。

它是独立于零电阻性质的超导体的另一个基本特性。

2. 实验中用到三种低温温度计, 分别是什么工作原理?

解: 铂电极温度计: 在绝对零度下的纯金属中, 理想的完全排列的离子实周期场中的电子处于确定状态, 电阻为 0. 温度升高后, 由于电子运动状态的改变, 会出现电阻。研究表明, 当金属纯度很高, 且温度在液氮温度以上时, 铂电阻温度计的电阻温度关系可以近似表示为

$$R(T) = AT + B$$

而且 A, B 是不随温度变化的常量。用给出的铂电阻温度计在液氮正常沸点和冰点的电阻值, 就可以确定 A, B, 并由此可以测量温度。

通过半导体电阻以及 pn 结的正向电压测温度: 电子 (e^-) 和空穴 (e^+) 是半导体导电的粒子, 常统称为载流子。在纯半导体中, 本征激发产生载流子; 在掺杂半导体中, 除了本征激发, 还有杂质激发。一般来说, 在较大温度范围内, 半导体具有负的电阻温度系数, 适合测量低温。在恒小电流 ($100\mu\text{A}$) 下, 近似有

$$U_+ = KT + U_{g0}$$

$$K = -2.3\text{mV/K}$$

qU_{g0} 是 0 K 时半导体材料的禁带宽度。

温差电偶温度计: 将两种金属材料制成的导线连成回路, 使两个接触点维持在不同的温度, 则在该闭合回路中就有温差电动势存在。将一个接触点固定一个已知的温度, 则可以由所测量得到的温差电动势确定回路的另一接触点的温度。



3. 测量电路的工作原理是什么? 在四引线测量法中, 电流引线和电压引线能否互换? 为什么?

解: 测量电路中电流由恒流源提供, 它的大小可以通过标准电阻上的电压测量值得出

$$I = \frac{U_n}{R_n}$$

测得待测样品上的电压, 则待测样品上的电阻为

$$R_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U_x * R_n}{U_n}$$

不能互换, 因为如果互换, 电流引线样品的接触点将在电压引线的接触点之间, 所测得电压除了待测电阻的, 还有电流引线和样品间的接触电阻的, 使得测量结果不准。

4. 如何判断低温恒温器的下挡板或紫铜圆筒底部碰到了液氮面?

解: 当下挡板碰到液氮面时, 除了液面计指示值急剧减小外, 还会发出像烧热的铁块碰到水时的响声, 同时用手可感到有冷气从有机玻璃板上的小孔喷出。

5. 确定超导样品的零电阻时, 测量电流为何必须反向? 这种方法所判定的“零电阻”与实验仪器的灵敏度和精度有何关系?

解: 超导体电压引线两端的电压值 U 有

$$U(+) = U_0 + U_1$$

U_0 是乱真电动势引起的, U_1 是由恒流电流引起的。使电流反向后, U_1 方向改变, U_0 没有改变。因此有

$$U(-) = U_0 - U_1$$

$$U_1 = \frac{U(+) - U(-)}{2}$$

因此当 $U(+) = U(-)$ 时, $U_1 = 0$, 超导电阻为 0。

此时的“零电阻”实际上并不绝对 0Ω , 而是实验检测到的电阻小于当前的仪器灵敏度。

6. 利用硅二极管 pn 结正向电压随温度变化的线性关系, 可以得到那些物理信息?

解: 随温度升高, 正向电压降低, 说明温度越高, 硅的禁带宽度越小。