

6.2 高温超导基本特性的测量

➤ <实验前的思考>

1. 超导材料的特性是什么？
2. 所谓高温超导中的“高温”指的是什么温区？
3. 如何解释超导现象？

➤ <实验原理>

根据固体物理理论，由于金属总是存在一定的杂质或缺陷，从而导致即使温度降低至绝对零度时，理论上总是存在与杂质和缺陷有关的剩余电阻率 ρ_r ，也就是电阻总是存在的。但是1911年科学家发现Hg在液氮温度4.2K下时，其电阻率为0，也就是零电阻现象，随后科学家们也在一些金属元素晶体或化合物晶体中发现这种零电阻现象，不过这些现象需要在液氮温区才能发生。

随后，1986年科学家们发现一些铜氧化合物、钙氧化合物等**金属氧化物**，其零电阻现象可以发生在液氮温度（77.4K）以上，这类超导体就称为高温超导体。

• 零电阻现象

当温度降低到临界温度 T_C 时，材料的电阻率由有限值变为零电阻的现象称为零电阻现象，或完全导电性，其中临界温度 T_C 由材料本身的特性决定。

如果**样品很纯**，则样品将从常态急剧进入到超导态，如图中**曲线I**。如果**样品不纯**，则超导转变跨越的温区将会比较宽，如图中**曲线II**表示。

为了表征材料的超导特性，定义三个物理量：

1. 临界温度 T_C ：

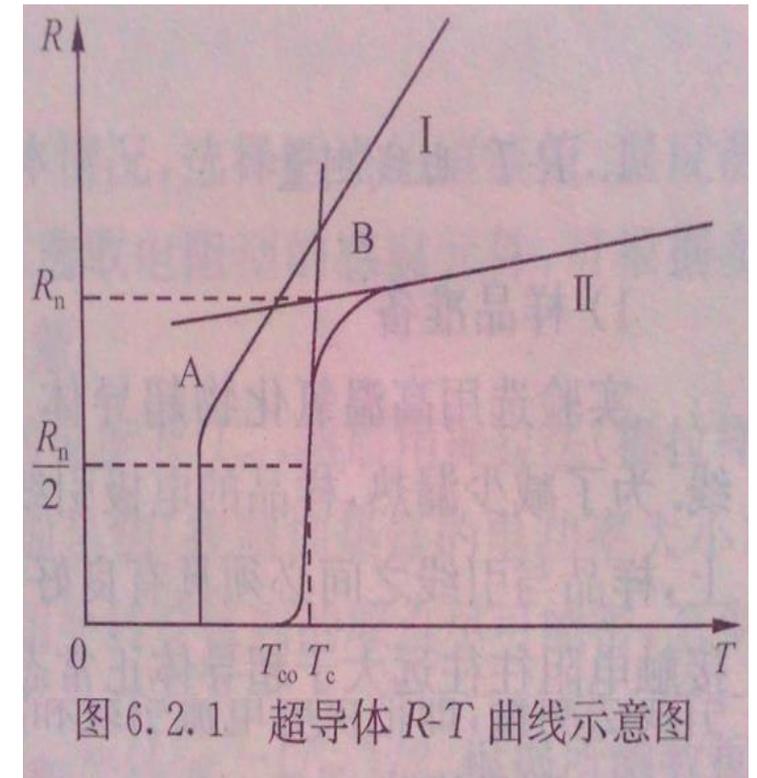
两条切线交点对应电阻 R_n 的1/2所对应的温度。

2. 零电阻温度 T_{C0} ：

超导体电阻为零时所对应的**最高温度值**。

3. 温度转变宽度 ΔT_C ：

10% R_n ——90% R_n 所对应的温度范围。其大小反映超导品质的好坏



• 迈斯纳效应

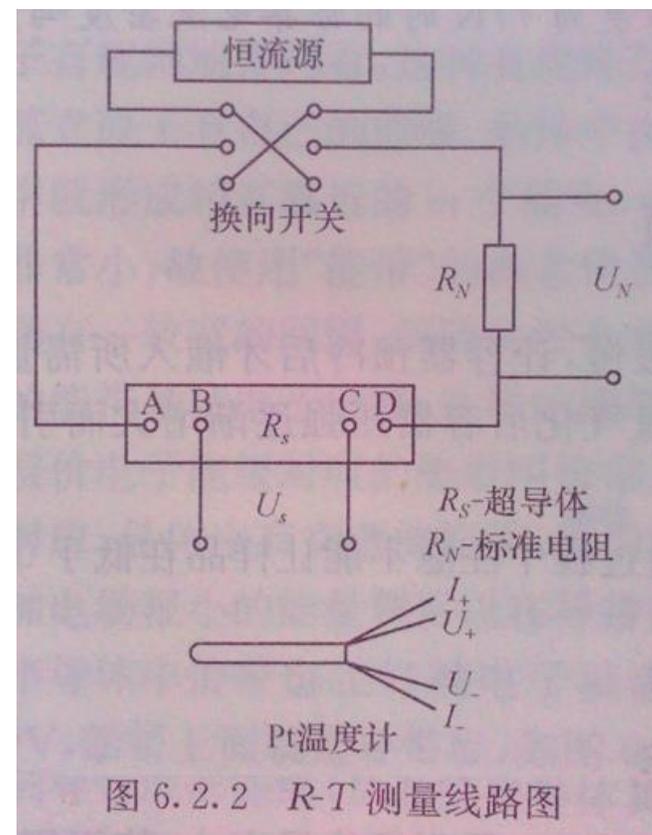
即完全抗磁性，是超导体的第二个基本特性。表现为当超导材料从常态进入超导态后，其内部的磁感应强度总为零，即不管超导体在常态时的磁通如何，进入超导态后，磁通不能穿过超导体，表现出完全的抗磁性。

• 超导临界参数

临界温度 T_c 、临界电流密度 J_c 、临界磁场 H_c 是超导体的三个临界参数，如果这三个参数中的任一个被破坏，则超导现象将消失。

➤ <实验内容>

1. 测量高温超导体铜氧化合物 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 的电阻—温度曲线（R-T曲线），通过升、降温的R-T曲线，确定超导样品的 T_C 、 T_{C0} 、 ΔT_C
2. 变温范围： $-100^\circ\text{C} \sim -195^\circ\text{C}$ ，
样品恒流： $10 \sim 100\text{mA}$
2. 降温方法： 沉降法
升温方法： 提拉法
4. 接线方法： 四引线法
测量方法： 每个温度点电流正向、反向分别测量样品电压 U_s' 和 U_s'' 。
5. 观察迈斯纳效应



➤ <数据处理>

在同一坐标纸上画YBCO超导样品的升温、降温R-T曲线，分别求出升温、降温曲线对应的 T_C 、 T_{C0} 、 ΔT_C ，取平均值作为样品的最终数值。

➤ <思考题>

1. 为什么要采用四引线法？
2. 为什么要用换向开关来实现电流换向测量？
3. 如何判断材料进入超导态？
4. 为什么升温、降温的R-T曲线不重合？

