

超导体的电阻测量

概述

在极低的温度下，某些金属和合金失去其对电流的电阻变成超导体。超导体的转变温度和临界电流密度是两个经常要测量的参数。超导体的转变温度是材料的电阻从有限数值变为零的温度。临界电流密度则是在特定的温度和磁场条件下，材料变成电阻性之前所能载荷的最大电流密度。这两个参数越高，超导体就越好。确定这两个参数需要测量很小的电阻，所以纳伏表和可编程的电流源对于进行精密的测量工作是非常重要的。

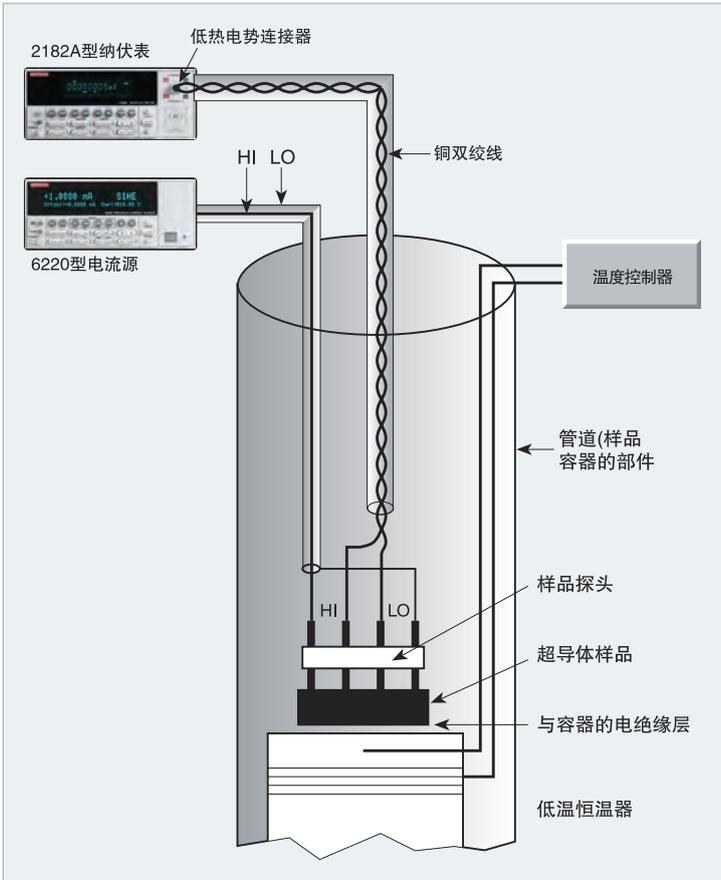
测试介绍

图 1 示出一个基本的测量超导体电阻的测试系统。该系统使用 2182A 型纳伏表和 6220 型电流源来测量电阻。电压引线应当用塞贝克 (Seebeck) 系数很低的材料制成。2182A 型纳伏表的灵敏度对于获得精密的测量结果是很关键的，因为这种测量工作需要测量极低电压的能力。如果测量工作需要更低 ($\mu\text{V} = 10^{-12}\text{V}$) 的分辨率，可以使用 1801 型纳伏前置放大器与 2001/2002 型高性能数字多用表的组合，以获得更高的灵敏度。

测量转变温度时，应当使电流源的电流低于样品的临界电流。如果电流变得过高，其损耗的功率可能会损坏样品和低温容器。然而，在测量临界电流时，电流源的输出必须能够超过样品的临界电流。如果为此需要输出超过 100mA（这是 6220 型电流源能够给出的电流）电流的话，2440 型 5A 电流源可能是合适的解决办法。电流源应当具有极性可编程的能力，这样就可以使用电流反向法来进行测试。

可以使用第 3.2 和 3.3 节所介绍的低电压和低电阻测量工作中使用的技术来测量电阻。采用四线测量技术是其要点。这种技术强制电流通过一对引线流过样品，而用另一对引线测量其电压降从而消除引线电阻的影响。此外，Delta 法对于消除变化热电动势的影响也是很重要的，这种热电动势会影响测量的准确度。

图 1. 超导体电阻测试系统



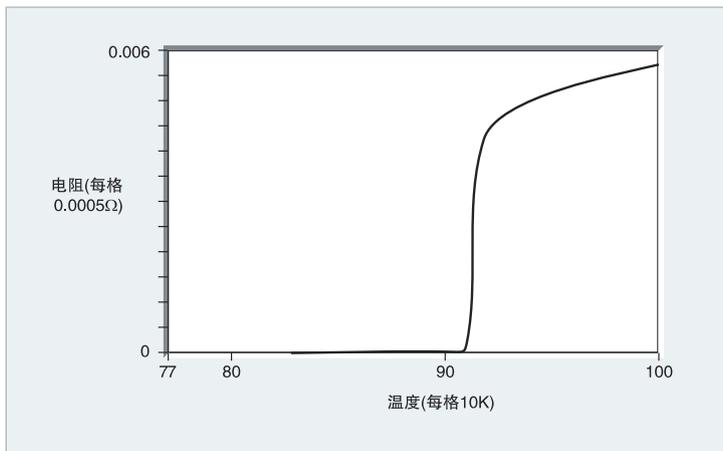
Delta 法的具体做法是在电流为一个方向时测量材料上的电压降，然后改变电流源的极性再进行第二次电压测量，接着再改变电流方向测量第三次，用三次电压测量来计算每个电阻值。第 3.3.2 节对 Delta 法作更详细的讨论。在出现明显的滞后、非线性和不对称的情况下，还可以在同一极性之下，将电流从一个数值改变到另一个数值。这样就能得出这两个电流之间的平均电阻值。

2182A 型纳伏表和 6220 型电流源一起使用，可以自动实现 Delta 法。在这种情况下，6220 自动改变极性，然后触发纳伏表在每种极性之下

获得一个读数。接着，6220 显示出“经过补偿的”电阻值。

如图 2 所示，可以画出样品温度变化时，其电阻和温度的关系曲线。

图 2. 超导体电阻和温度的关系



为了确定临界电流，可以将 2182A 和 6220 电流源一起使用，在一个电流范围内获得精确的 I-V 曲线。