

# 超导转变温度及低温电阻测量的微机采集和分析

殷岫君 陈桂玉 张云 沈中毅

(中国科学院物理研究所)

李晓琳

(北京市物资局计算站)

超导转变温度  $T_c$  和低温电阻是表征材料低温特性的两个重要指标, 对于线材或带状样品, 一般应用四探针电阻法来测量<sup>[1]</sup>. 本方法由于原理简单, 可使用较简便的仪器设备及测量条件, 故得到广泛的应用.

过去采用的电位差计的测量方式, 由于受到操作条件及设备的限制, 一直限于手工测量. 此种方法只能测量较少的样品, 记录的数据量较大, 数据处理及图形分析也较烦琐, 特别在很窄的超导转变范围内电阻陡降部分, 难于测到足够数量的点. 我们建立应用 APPLE-II 微处理机的低温电阻测量的数据采集分析系统, 较好地解决了上述问题. 该系统能自动完成低温下升降温过程中十三个样品的电阻及温度的采集和分析工作, 并绘制成图.

## 一、微机采集和处理系统

为了实现微机采集, 需要使样品温度连续地变化, 因此必须在整个测量过程中, 保持铂电阻温度计的温度和样品温度一致<sup>[2]</sup>. 我们用 0.02K/min 速率降温, 测量值与 4.2K 以下恒温定点方法的测试结果相比表明: 温度以足够缓慢的速度改变时, 样品和温度计能够达到一致的温度, 测得的超导转变温度偏差在 0.01K 以下, 在实用上已具有足够的精度. 实验中铂电阻和样品中的电流由于电池供给, 电流测量值通过由 0.01 级标准电阻上的压降得到, 用数字电压表 (192 型) 测得 24 小时内电流偏差小于 0.1%.

由于采集系统应用了 Keithley-192 型数字电压表及 IEEE-488 通用并行接口, 因而数据采集速率主要受以下因素的限制: 数字电压表的采集速率、微机在控制每点采样时需要完成的判断和运算以及切换过程中电路的稳定时间的长短等. 本系统智能数据采集的速率约为 0.8 次/s. 按十三个样品计算, 若样品超导转变宽度为 0.02K, 以 0.01K/min 速率降温, 在电阻变化的陡降部分, 仍可测得七个以上点. 这对于了解超导转变过程的细节已经足够了.

系统的结构见图 1. 测量工作是在微机控制下按设定要求自动完成的. 由于采用了十六道切换开关, 除铂电阻温度计的电压、电流以及样品的工作电流外, 可以对十三个样品上的电压降进行巡回检测. 数字电压表读数分辨率为  $1\mu\text{V}$ , 采集分辨率为  $0.1\mu\text{V}$ , 接口电路将数据

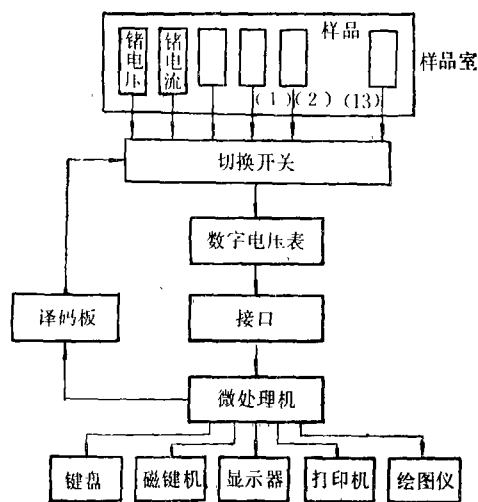


图 1. 系统方框图

送入微机。内存为 64K 的微机能贮存总数约 10K 的实验数据(每个数占二个内存单元),足以容纳极大多数低温测量的数据。我们设置的智能采集程序能合理地利用内存。测量初始阶段电阻变化平缓,以慢速采集;到达超导转变开始阶段自动进入快采,以保证陡降部分有足够的实验点。采集和分析程序具有识别功能,以消除明显的干扰数据。

采集完毕,即可根据设定要求由微机操纵显示器、磁盘驱动器、打印机或绘图仪等外部设备完成数据的分析、显示、打印及绘图。

## 二、系统的软件结构

系统软件是采用自顶向下由完成不同功能的模块组成的多层次结构。各模块之间的联系尽量采用数据连结,尽可能少用控制连结方式,模块间相对独立。这样的结构层次分明,便于修改和调试。

为便于操作,以人机对话方式控制程序的执行。操作人员无需了解程序内部结构,只要在键盘上输入要求回答的问题,系统就自动进行工作,使软件具有很高的实用价值。

系统的每一模块分别完成如下各自特定的功能:

1. 初始化: 开机后系统自动进入初始化状态,供输入实验初始数据。
2. 控制: 是整个程序的控制核心。首先显示系统的功能“菜单”,按键输入代号,转入执行所要求的功能。
3. 采集: 数据的采集应用巡回检测方式,按所输入的采集方式进行,边采边存,并执行所规定的智能采集程序。
4. 存取: 以机器语言文件形式将数据存入磁盘或由磁盘取回主机。
5. 光滑化: 可对测量数据进行不同次数的五点或七点光滑化,以消除测量值的随机起伏偏差。
6. 数据处理: 对采得的数据进行分析处理,其中包括求温度值,计算各个样品在不同温

度下的电阻,对经过判断电阻降到零的样品,逐一计算超导转变温度  $T_c$  和转变宽度  $\Delta T_c$ 。

7. 显示与绘图: 可分别用高分辨率制图方式进行显示与绘图,或用六笔绘图仪绘制电阻-温度曲线,并在图上标有测量参数及计算结果。

8. 打印: 可输出实验的数据结果。

## 三、实验结果

我们应用微机系统,测量了铜锆非晶合金的超导转变曲线。对同一淬火态样品分别以 0.016K/min 及 0.009K/min 速率降温,得到的两条超导转变曲线只是在局部有微小差别,大部分基本重合。实验结果表明,降温速率低于 0.02K/min 时,系统的重复性误差小于 0.01K。

为了验证微机采集系统的测量结果,我们分别用函数记录仪和微机系统测量了经 240°C 保温一小时处理后的  $Zr_{70}Cu_{30}$  非晶合金的超导转变曲线,得到  $T_c^1$  (微机采集) = 2.64K,  $T_c^2$  (记录仪) = 2.63K, 两条曲线间的最大偏离小于 0.02K。实验中使用的记录仪分辨率为 2.5  $\mu$ V, 微机采集分辨率为 1  $\mu$ V, 适当提高记录仪的灵敏度能有利于减小两种方法间的误差。

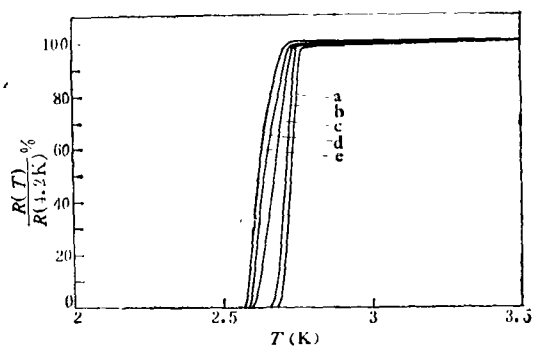


图 2  $Zr_{70}Cu_{30}$  非晶合金超导转变曲线

- a 151°C, 0.5h 处理,  $T_c = 2.73K$ ,  $\Delta T_c = 0.05K$ ;
- b 151°C, 1h 处理,  $T_c = 2.71K$ ,  $\Delta T_c = 0.05K$ ;
- c 151°C, 6h 处理,  $T_c = 2.67K$ ,  $\Delta T_c = 0.1K$ ;
- d 151°C, 10h 处理,  $T_c = 2.65K$ ,  $\Delta T_c = 0.1K$ ;
- e 151°C, 20h 处理,  $T_c = 2.64K$ ,  $\Delta T_c = 0.1K$

图 2 为不同热处理条件下的  $Zr_{70}Cu_{30}$  非晶合金的超导转变曲线。可以看到,随着低温时效时间的延长,合金超导转变温度以对数方式 (下转第 174 页)