

233-236

热释电系数自动测量系统研制*

何苏友¹⁾ 王秀金²⁾ 刘坤³⁾ 杨亚文¹⁾

¹⁾上海师范大学实验中心, 上海, 200234; ²⁾上海师范大学物理系, 上海, 200234;

³⁾中国科学院上海技术物理研究所红外物理国家重点实验室, 上海, 200083)

TN213

A **摘要** 采用计算机控制和数据采集及处理技术, 建立了一套热释电系数自动测量系统. 实验结果表明, 该系统不仅测试精度高, 而且使用方便.

关键词 热释电, 热释电系数, 测量.

红外辐射探测器

TN215

引言

热释电材料

基于热释电材料的红外辐射探测器已广泛用于热成像、气体分析等仪器中. 这种热释电材料的热释电系数是衡量器件工作特性的重要参数之一, 因此热释电系数的测量对于优化材料生长以及器件制备及应用都极为重要. 测量热释电系数的方法很多^[1-6], 如静态法、等速加热法、电荷积分法、热动态法以及介质加热法等. 本文用计算机控制及数据处理技术建立了一套热释电系数测量系统, 实现了高精度的热释电系数测量.

1 测量系统的研究

1.1 测量原理

热释电材料的固有极化 p , 随温度 T 而变化, 表现出热释电特性, 其热释电系数 ρ 可由下式求得:

$$\rho = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_{E, X}, \quad (1)$$

式(1)中 X 是应力, E 是电场强度. 考虑到极化强度 p , 与电位移矢量 D 的关系:

$$D = \epsilon_0 \epsilon E + p, \quad (2)$$

有:

$$\rho = \left(\frac{\partial D}{\partial T} \right)_{E, X} - \epsilon_0 \epsilon \frac{\partial E}{\partial T}. \quad (3)$$

若将待测样品制成平板电容(平板为金属电极, 介质为待测材料), 金属平面电极和极化轴方向垂直, 只考虑极化轴方向时, 式(3)直接写成标量形式:

$$\rho = \left(\frac{\partial D}{\partial T} \right)_{E, X} - \epsilon_0 \epsilon \frac{\partial E}{\partial T}, \quad (4)$$

若将样品两平面电极短路, 则 $E=0$, 有:

* 上海市自然科学基金资助项目

本文 1995 年 6 月 13 日收到, 修改稿 1996 年 1 月 16 日收到

$$p = \left(\frac{\partial P_i}{\partial T} \right)_{E,X} = \left(\frac{\partial D}{\partial T} \right)_{E,X} = \left(\frac{\partial Q/A}{\partial T} \right)_{E,X} \approx \frac{1}{A} \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_{E,X}, \quad (5)$$

式(5)中 Q 是热释电电荷, A 是电极面积. 式(5)最终可写成:

$$p = \frac{1}{A} \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_{E,X} = \frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial \alpha} \frac{\partial \alpha}{\partial T} = \frac{1}{A} I \frac{dT}{dt}, \quad (6)$$

式(6)中 I 为热释电电流. 所以, 只要测得热释电电流 I 和温度时变率 dT/dt , 即可确定热释电系数. 本文利用计算机控制电流放大器和温度变送器实时采集热释电电流和温度值, 并计算温度时变率 dT/dt . 根据式(6)即可高精度地自动测量热释电系数.

1.2 测量系统硬件

测量系统硬件由可控加热装置、电流放大器、温度变送器及计算机接口等 4 部分组成 (见图 1).

1.2.1 可控加热装置

样品置于屏蔽的金属盒中, 其电极引线采用同轴电缆引出, 金属盒采用双层结构, 内外均注入传热介质变压器油, 外层的变压器油在加热过程中通过磁力搅拌使其热量均匀传给内层变压器油, 以确保样品温度均匀性, 通过计算机设置采样温度范围, 由 D/A 转换成控制信号, 通过电炉控制器控制升温过程.

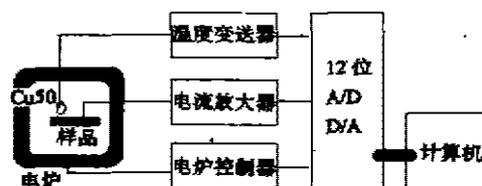


图 1 测量系统框图
Fig. 1 Block diagram of the measuring system

1.2.2 热释电电流测量

热释电电流实时测量的要求较高, 一方面测量精度高, 热释电电流大小通常为 $10^{-9} \sim 10^{-12}$ A; 另一方面, 测量响应快, 通常响应时间应在 1ms 以下. 本系统采用反馈式电流放大器, 以确保高速高精度地测量热释电电流. 因为在电压测量 (见图 2(a)) 中的噪声限为:

$$\bar{e}_v^2 = 4kTR\Delta f, \quad (7)$$

式(7)中 k 为玻尔兹曼常数, T 是源电阻 R 的绝对温度, Δf 是噪声带宽. 如果采用图 2(a) 所示电路测量电流, 那么电流噪声限为:

$$i_n^2 = \frac{4kT\Delta f}{R}, \quad (8)$$

响应截止频率为:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC}, \quad (9)$$

由以上两式可见, 高源阻抗 R 可以提高电流测量精度, 但导致 F_0 减小, 即响应速度变慢. 采用图 2(b) 电路, 一方面提高 R 可提高测量精度, 另一方面提高放大增益可拓宽 F_0 至 $A_0 F_0$.

本文采用图 2(b) 电路, 与频率补偿电路和带通滤波器一起构成本系统热释电电流测量电路.

1.2.3 温度测量

温度测量采用 Cu50 热电阻, 经相应温度变送器将测量的温度转换成电压, 由计算机通过模数转换 A/D 采集温度数据.

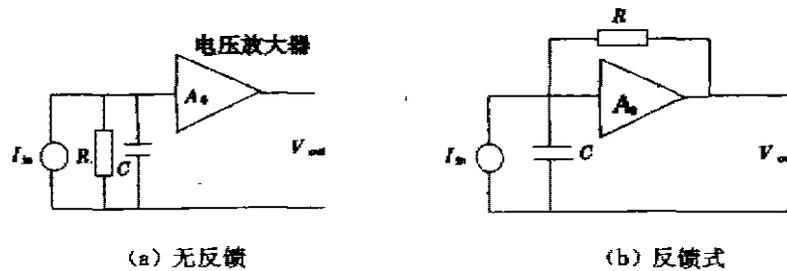


图 2 两种电流测量方法
Fig. 2 Two methods for measuring current
(a) no feedback (b) feedback

1.3 测量系统软件

1.3.1 数据采集和处理

热释电电流 I 和温度 T 都是通过 A/D 采集, 由于每次采集数据时 I 和 T 是在极短时间内采集到的, 可以认为温度与电流关系是对应的. 对采集到的数据, 首先计算温度时变率 dT/dt , 各个温度点的温度时变率通过插值方法计算. 剔除外界干扰的测量点, 再利用式(6)就可得出不同温度点的热释电系数.

1.3.2 测量流程

本系统测量流程如图 3 所示.

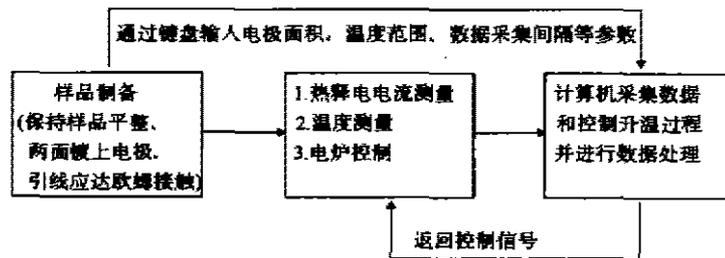


图 3 测量流程
Fig. 3 Flow-chart of measurement

2 实验结果及讨论

利用本系统测量了氧化掺 L- α 丙氨酸的硫酸三甘肽 (DLATGS) 晶体热释电材料的热释电系数. 热释电电流和温度随时间变化曲线如图 4 所示, 电极面积 $A=49\text{mm}^2$. 图 5 是利用式(6)计算的热释电系数与温度的关系, 从图 5 中可以看出该样品的居里温度为 57.9°C , 25°C 热释电系数为 $2.52 \times 10^{-8}\text{C}/\text{cm}^2\text{K}$. 该样品由中科院上海技术物理研究所提供, 采用电荷积分法, 居里温度为 58°C , 25°C 热释电系数为 $2.47 \times 10^{-8}\text{C}/\text{cm}^2\text{K}$. 本文提出的计算机控制直接加热法, 不要求样品升温速率均匀, 利用记录升温曲线计算升温速率, 可提高测量精度. 对于系统零点漂移可采用软件方法进行扣除, 其原理是热释电样品只有在温度时变率 dT/dt 不等于 0 的条件下才能产生热释电电流. 温度测量误差和热释电电流测量误差均小于 1%, 样品上温度不均匀造成的误差可忽略不计. 因此, 测量热释电系数误差不大于 2%.

可见利用本系统测量热释电系数不仅精度高,而且使用方便.

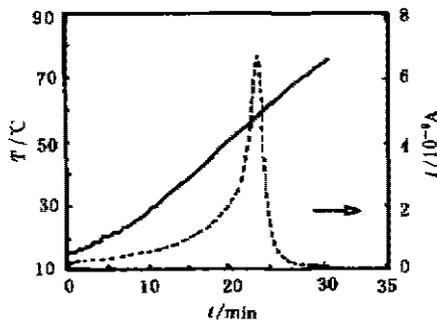


图4 DLATGS 晶体热释电流和温度随时间的变化曲线

Fig. 4 Pyroelectric current and temperature of DLATGS vs. time

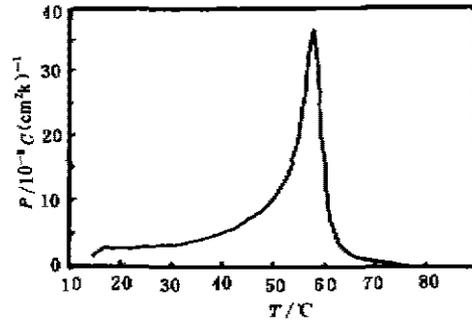


图5 DLATGS 晶体热释电系数与温度的关系

Fig. 5 Pyroelectric coefficient of DLATGS at different temperature

致谢 感谢中科院上海技术物理研究所苏锦文同志在实验中给予的帮助和支持.

参考文献

- 1 Byer R L, Roundy C. *IEEE Trans. Sonics and Ultrasonics*, 1972, **SU-19**, 333
- 2 Garn L E, Sharp E J. *J. Appl. Phys.*, 1984, **53**, 8974
- 3 Garn L E, Sharp E J. *J. Appl. Phys.*, 1984, **53**, 8980
- 4 Simhony M, Shaulov A. *J. Appl. Phys.*, 1971, **72**, 3741
- 5 Sussner H, Horne D E, Yoon D Y. *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **37**, 137
- 6 孙 德, 张福学. *压电学(上册)*. 北京: 国防工业出版社, 1984

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATIC MEASURING SYSTEM FOR PYROELECTRIC COEFFICIENT*

He Suyou¹⁾ Wang Xiujin²⁾ Liu Kun³⁾ Yang Yawen¹⁾

¹⁾Laboratory Center, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China

²⁾Department of Physics, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China

³⁾National Laboratory for Infrared Physics, Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China

Abstract The system of automatic measurement for pyroelectric coefficient based on the techniques of computer sampling and controlling was reported. The experiments show that this measuring system can not only measure the pyroelectric coefficient quickly, but also present quite precise results.

Key words pyroelectricity, pyroelectric coefficient, measurement.

* The project supported by the Shanghai Natural Science Fund