

热释光发光谱的三维测量系统^{*}

唐 强, 张纯祥, 罗达玲, 陈立新

(中山大学物理学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 研制了一种热释光三维光谱的测量系统, 该系统兼有获取热释光二维发光曲线和升温过程控制功能. 此系统对热释光加热速率的控制精度高、功能完备, 已用于热释光剂量学和热释光材料研究中所要求的高精度测量, 得到了较好的结果.

关键词: 热释光; 发光曲线; 发光光谱

中图分类号: O483; TL818.4 **文献标识码:** A

热释光剂量学主要用于放射性工作人员的个人剂量监测、地质年代测定、剂量学研究等领域, 并获得了广泛的应用. 而作为热释光的剂量测量的主要仪器热释光剂量仪, 只能测量热释光与温度相关的二维发光曲线, 不能测量同时包含热释光强度、温度、波长的三维光谱, 而且提供给用户使用的指令仍然是非常有限的, 大大限制了热释光剂量仪在许多研究领域的应用. 随着核医学、核工业的发展和热释光剂量学的深入研究, 个人剂量监测、环境监测、热释光用于地质年代的测定日益受到人们的重视, 这就要求我们必须提高热释光剂量仪测量精度和研制新的热释光材料. 实际的热释光材料常常包含有多种类型的发光中心, 它们的发光波长有所不同. 通常测到的热释光二维发光曲线, 只能给出各种不同波长的热释光累加的发光峰. 若能测得热释光发光光谱, 即温度和波长与发光强度的三维图谱, 则有助于识别发光中心的类型和了解相关的缺陷结构, 为热释光机制研究提供新的参数. 因此, 热释光发光谱的三维测量系统成为热释光研究的重要手段^[1].

我们曾建立了 FJ-377 型热释光剂量仪与 IBM-PC 的联机接口系统、FJ-427A 型热释光剂量仪和 RDG3 型热释光剂量仪与 PC-386 的联机接口系统, 可以获得的二维发光曲线^[2,3]. 在此基础上, 我们研制成了一套新的热释光测量控制系统, 增加了升温过程的控制功能, 集成了二维、三维光谱的测量, 以微机为系统的主体, 充分发挥其速度快、功能强、有丰富软件支持的优势, 不仅能够实时显示精度较高的升温曲线和发光曲线, 而且能够预先设定测量过程中的各种参数, 而使得整个测量过程非常直观并易于控制. 该测控系统可适合各类热释光剂量仪, 在 Windows95/98 环境下运行, 人机界面好, 清晰实用. 系统成本低, 功能强, 它的研制成功将进一步拓展热释光技术的应用范围.

1 系统设计

1.1 系统硬件设计

本系统加热电路部分由 FJ-377 型热释光剂量仪和与微机的接口电路构成. 待测样品

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (19975071); 广东省自然科学基金资助项目

收稿日期: 2000-02-01; 作者简介: 唐强 (1973~), 男, 讲师.

置于加热盘中，由于在升温过程中加热盘被供给数十安培的电流，其温度将随之上升。加热盘背面接有测温热电偶，其信号经补偿放大后与加热盘温度呈线性关系。系统则根据需要来决定在下一个时间周期内是否给加热变压器通电，以使样品的温度与预置的升温程序一致。由于采用了 12 位高精度的 A/D 转换器来测量温度，使得温度控制的精度高、线性好。系统能实现的升温速率的范围很宽，能实现 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 以下的线性升温，可用于研究升温速率对热释光的影响，为用不同升温速率方法测定热释光材料的激发能和频率因子提供更精确的手段。

在测量热释光二维发光曲线时，样品产生的光信号通过光电倍增管变为电流信号，再经过 I/F 变换器转换为脉冲进入计数器。同时将发光量计数和温度实时地记录下来，就获得了热释光二维发光曲线。系统设计了 32 位的计数器，使得在对发光强度很高的材料进行测量时也不会溢出。

为了获取包含波长信息的热释光三维光谱，系统选用了内置平面衍射光栅的多色仪对热释光进行分光而得到连续光谱，通过高灵敏的面阵 CCD 探测器形成黑白视频信号，再采用高精度高速黑白图象卡对视频信号进行连续的数据采集，经计算机处理后得到热释光三维光谱（图 1）。系统主机采用 Pentium II（内频 450 MHz），有较快的数据处理能力，使用本系统软件和 MVPCI-V2A 型图象卡可达 20 帧/s，每帧图象大小为 768×576 。

在获取的热释光三维光谱中，包含了温度和波长的信息，温度的控制范围是室温至 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，波长的测量范围是 $300\sim 800\text{ nm}$ 。系统利用已知的汞灯谱线的波长值对整个波长范围进行线性刻度，可以获得较高的精度。

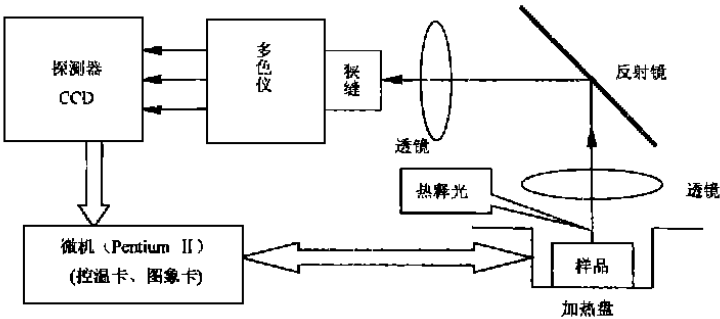


图 1 热释光三维光谱测量示意图

Fig 1 Diagram of measuring 3D TL emission spectrum

1.2 系统软件设计

本系统软件是采用 Visual C++ 6.0 语言编写，代码简练、运行速度快，可在 Windows95/98 等操作系统下运行，采用中文显示，界面美观，功能强大。主要功能简单介绍如下：

- (1) 具有二维发光曲线与三维光谱切换功能，可以方便地修改设置各种测量和控制参数。在测量二维发光曲线时，系统可根据需要设置道数、升温速率、测量时间，是否实时减本底等，还可方便地设置感兴趣区并计算感兴趣区的总发光强度；在测量三维光谱时，系统也可根据需要设置温度和波长的道数、升温速率、测量时间等，还可设置图象的通道、格式、大小、亮度、对比度，用户可以实时观察波长与发光强度的关系曲线，也可直接观察黑白图象。

- (2) 具有多种文件格式存储、曲线比较、热释光数据计算处理、数据打印等功能。
- (3) 具有同步互锁和自诊断功能。当系统处于测量的过程中，如果发生下列情形之一，系统将自动中止测量过程，并告知用户非正常中止的原因：人为地拉出加热盘、温度信号通道断路、仪器工作状态被切换或不稳定、联机线脱落等。如果系统的某一部分没有处于正常的工作状态，软件将不能进入测量过程。
- (4) 线性刻度波长、温度。波长刻度可以采用汞灯，改变测量道宽，波长的坐标可以自动更换。

2 结果与讨论

利用本系统可以获得比较满意的结果。图 2 为系统测得的热释光二维发光曲线，图 3 为系统测得的 $MgSO_4:Dy$ 和 $MgSO_4:Tm$ 热释光三维光谱。

从图 2 二维发光曲线可以看出， $MgSO_4:Dy$ 、 $MgSO_4:Tm$ 存在 4 个发光峰，其峰温大致为 135、196、262、365 $^{\circ}C$ 左右。对比 $MgSO_4:Dy$ 和 $MgSO_4:Tm$ 三维发光谱便可看出，对温度来说，它们同样都有 4 个发光峰，这同所测量的二维发光曲线是一致的。但对应波长来看，这两种样品发光光谱是截然不同的， $MgSO_4:Dy$ 的发光带的波长大约在 480、580 和 660 nm 处， $MgSO_4:Tm$ 发光带的波长却在 365、460 和 660 nm 附近。发光波长与热释光的发光机制密切相关，如果单从二维的发光曲线就不能从本质上区别上述热释光材料，而从我们从测量得到的三维光谱中，发现 $MgSO_4$ 在掺入稀土元素 Dy 和 Tm 之后，热释光峰温由基质材料即 $MgSO_4$ 的特性决定，因此，这 2 种热释光材料的发光峰温基本相同。而发光谱的波长却由掺入的稀土元素的激发态能级跃迁所决定的，由于 Dy 和 Tm 的激发态能级不同，所以发光谱的波长不同^[3]。

建立一套完整的、高灵敏度的热释光三维发光谱测量系统，对于热释光材料的研究将带来更多、更全面的信息。在本工作中，采用了较为简单的系统硬件组成和较为完善的软

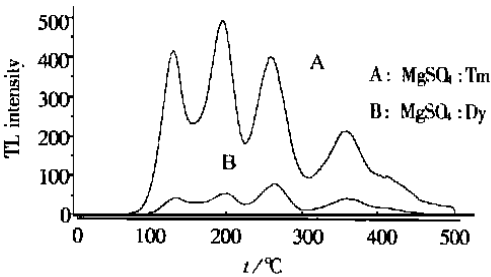


图 2 $MgSO_4$ 分别掺入 Tm 和 Dy 的 TL 发光曲线

Fig.2 Thermoluminescence glow curves of $MgSO_4:Tm$ and $MgSO_4:Dy$

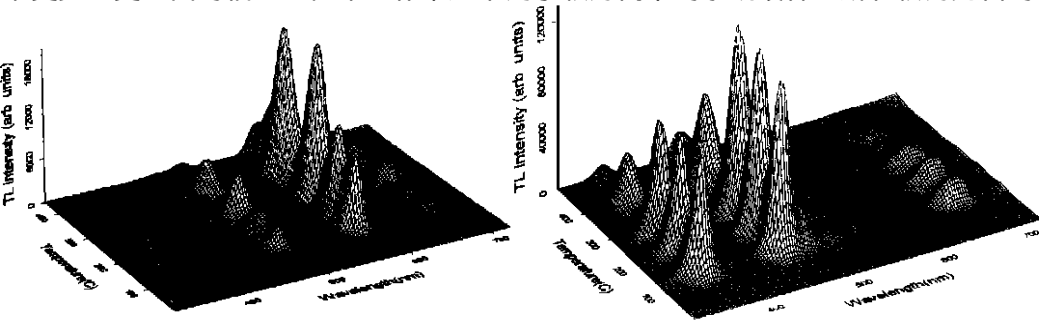


图 3 $MgSO_4$ 掺入 Dy 和 Tm 的 TL 三维光谱

Fig.3 Thermoluminescence emission spectrum of $MgSO_4:Dy$ and $MgSO_4:Tm$

件构成了一套完整的热释光三维发光谱测量系统. 不论是系统的简单性、高效率、系统的易操作等都取得了较好的成果. 用于实验, 得到了较好的测量结果.

本系统成本低廉, 使用方便, 各项技术指标均好于改进前的热释光剂量仪, 且功能有很大的增强. 由于实现了计算机的联锁控制, 使得系统在整个升温、测量过程的人工操作更加简洁、直观, 从而避免了不必要的失误. 整个系统的智能化程度较高, 所有参数的输入操作均在计算机的对话框中完成, 因此本系统对于那些智能化程度较低、结构和操作复杂的热释光剂量仪的改进有特别的实用价值, 有着广泛的应用前景.

参考文献:

- [1] ZHANG C X, CHEN L X, TANG Q, et al. Emission spectra of $\text{MgSO}_4\text{:Dy}$, $\text{MgSO}_4\text{:Tm}$ and $\text{MgSO}_4\text{:Dy, Mn}$ phosphors[J]. *Radiat Meas* 2000, 32: 123~128.
- [2] 陈立新, 刘小伟, 唐强. 等. 一种简便的热释光剂量仪接口[J]. *核电子学与探测技术*, 1999, 19(6): 470~472.
- [3] 唐强, 刘小伟, 张纯祥. 热释光剂量仪测控系统[J]. *核技术*, 2000, 23(1): 17~21.

The 3-Dimension Measurement System of Thermoluminescence Emission Spectra

TANG Qiang^{*}, ZHANG Chun-xiang, LUO Da-ling, CHEN Li-xin

Abstract: The measurement system based on a microcomputer is designed to control the thermoluminescence heating process and measure 2-dimension glow curves or 3-dimension emission spectra. The system has a good performance and a high control precision; it is successfully used in thermoluminescence dosimetry and material science study.

Keywords: thermoluminescence; glow curve; emission spectrum

^{*} Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China.