

如图 3 所示,  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  为已知的两条汞灯谱线, 间距为  $d$ , 所以, 单位长度的波长为  $(\lambda_2 - \lambda_1)/d$ ,  $\lambda_x$  为它们之间的待测的未知谱线的波长, 显见

$$\lambda_x = \lambda_1 + \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)}{d} dx$$

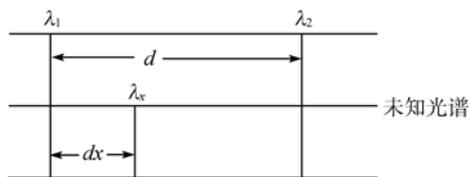


图 3

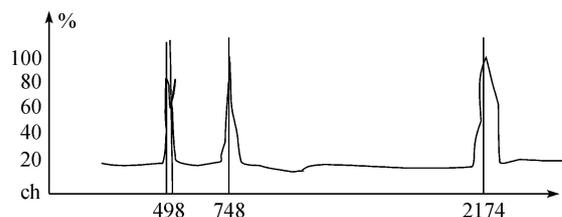
(2) 图像传感器 CCD 及其驱动电路、高速一维图像采集卡

图像传感器 CCD 的作用是将棱镜摄谱仪摄取的光谱图样转换成电信号, 在整个电路中起关键作用。如图 2 所示,  $P$  是棱镜, 它将入射光按波长大小从长波向短波散开(短波长偏向角较大), 并被 CCD 接收。CCD 配上特有的时钟脉冲才能工作, 这就需要设计 CCD 驱动电路, 其作用是要产生 CCD 所需要的时钟脉冲。高速一维图像采集卡是将线阵 CCD 输出的模拟电压信号转换成数据信号, 并存储在外部 RAM 中, 该卡主要由高速 A/D 芯片、外部 RAM、自动寻址形成电路和控制电路构成。

本实验使用杭州光学仪器厂生产的小型棱镜摄谱仪, 并将原来的摄谱暗盒换为南京浪博仪器厂生产的 CCD 摄谱配件并连接微机(含处理软件)。具体方法如下: ①打开汞灯, 让光线入射摄谱仪狭缝窗口, 可先置一毛玻璃于底片处, 进行观察并不断进行仪器的调节, 直到可以观察到明亮、细小的黄绿紫三道条纹为止; ②设定采样点长度(2500)及增益值(1.0), 图像模式置于“二维平面”, 曲线显示模式置于“逐点显示”, 点击“开始采集”; ③翻页搜索所要定标的谱线区间, 确定后点击“停止采集”以利于稳定测量; ④点击“检峰/定标”, 依次标定需要定标的谱线。完成后点击“停止检峰定标”, 并保存文件(如下图); ⑤将一已发光的钠光灯(待测光源)移至狭缝前, 点击“开始采集”, 可以看到一个波峰, 即单色光。点击“计算待测波长”, 会出现一表格, 点击“由列表选定定标谱线 1”, 选中一个双击(如序号 1), 再点击“由列表选定定标谱线”, 然后再选中另一个双击(如序号 3), 点击“计算待测波长”就有结果了, 其显示为 584.874nm, 多次测量后得:

584.550 nm、585.045nm 和 583.746nm, 其平均值为 584.554nm, 相对误差为

$$r = \frac{\text{绝对误差}}{\text{标准值}} \times 100\% = (589.3 - 584.554)/589.3 = 0.81\%$$



序号	1	2	3
检峰波值/nm	579.07	546.07	435.84
对应 ch 值	498	748	2174

通过多次测量证明, 利用 CCD 元件作探测元件进行光谱分析的方法是可行的, 具有快速、准确的优点。由此可见, 采用 CCD 微机系统进行光谱分析实验比使用传统的照相干版摄谱方法具有明显的优越性, 利用线阵 CCD 微机光谱分析系统是光谱分析技术的一项革新。在实验中使用线阵 CCD 微机光谱分析系统可实现光谱的同时快速采集, 还可实现光谱的快速动态测试, 并可获得光谱强度随时间变化的三维光谱图。计算机和 CCD 技术结合在一起, 不仅能满足其在物理实验教学方面的应用, 还可有助于学生掌握新的实验手段, 节约大量的实验时间。近年来, 随着计算机和 CCD 的不断降价, 采用 CCD 技术改进光谱实验教学已逐渐成为一种趋势。

## 二、计算机-光电系统在光电效应实验中的应用

用光电效应测普朗克常数是当前高校普遍开设的实验项目, 对于加深学生对光量子性的理解, 学习物理实验方法、训练实验技能、培养科学研究能力都有很好的作用。但是, 该实验要测量的数据量大, 测量仪器工作状态的变化使测得的数据离散性较大, 难以准确判断光电流的遏止电压, 影响了教学效果。因此, 我们采用计算机数据采集装置, 配合光电效应普朗克常数测定仪进行实验数据的自动采集和处理。利用它

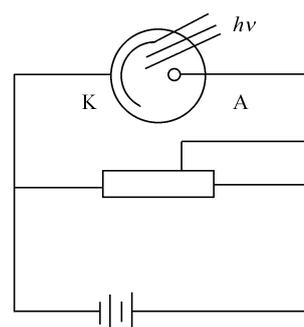


图 4 光电效应原理图

可以对单色光自动采集光电流随反向电压变化的实验数据, 计算普朗克常数, 并打印实验数据和结果。由于计算机采集速度快, 大大减小了实验数据的离散性, 准确地计算了遏止电压, 避免了人为因素造成的随意性, 改善了实验效果。

### 1. 实验原理

光电效应实验原理如图 4 所示, 当物体被可见或不可见光照射时, 光的能量有一部分以热的形式被物体吸收而使物体变热, 还有一部分转换为该物体中某些电子的能量, 从而使这些电子获得逸出功逸出物体表面(如阴极)形成光电子流, 这种现象就叫光电效应。光电效应表明: 光能可直接转换为电能。在光电效应实验中, 用来变换光能为电能的器件是光电管。

根据爱因斯坦光电效应方程:

$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + w \quad (1)$$

这里  $h$  是普朗克常量,  $\nu$  为光的频率,  $\frac{1}{2}mv^2$  为光电子逸出的初动能,  $w$  为逸出功, 即一个电子从金属内部克服金属表面势垒逸出表面所需要的最低能量。

显然, 当  $h\nu < w$  时将没有光电流, 即存在一截止频率  $\nu_0 (w/h)$ , 只有入射光的频率  $\nu > \nu_0$  时才能产生电流, 不同的金属逸出功的数值不同, 所以截止频率也不同。当光子  $h\nu$  射到阴极 K 上打出光电子时, 若 A 加正电位, K 加负电位, 光电子就被加速; 若 K 加正电位, A 加负电位时, 光电子就被减速; 若所加负电压  $V = V_g$  且  $eV_g = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$  时, 光电流为零, 则由(1)得:

$$h\nu = eV_{\text{截}} + w$$

$$V_{\text{截}} = \frac{h}{e}\nu - \frac{w}{e} \quad (2)$$

所以, 改变入射光的频率, 可以测得不同的截止电压  $V_g$ 。作  $V_g \sim \nu$  图, 可得一条直线, 其斜率为

$$a = \Delta V_g / \Delta \nu = h/e \quad (3)$$

式中,  $e = 1.602 \times 10^{-19}$  库仑, 为电子电荷。由式(3)便可算得  $h$ 。

### 2. 计算机数据采集与处理

实验装置如图 5 所示。

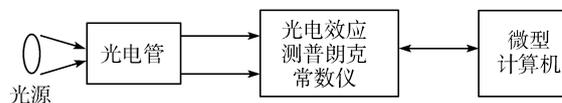


图 5 实验装置图

利用上述装置, 通过计算机可以控制测试仪的工作状态, 监视测试过程和显示测试曲线, 计算截止电压并综合多个波长的测量结果画出拟合曲线, 给出最终结果。实验中采用 5 种不同波长的滤光片获得 5 种不同的波长。但需注意光源与光电管的距离要在 30~50 厘米之间, 因为两者距离越近, 光电管越易疲劳, 距离越远则光电管电流越小, 检流计的灵敏度降低, 所以两者之间有一最佳距离。只有满足最佳距离时, 测得的普朗克常数与公认值的误差才最小。

#### (1) 数据采集

计算机可以对测量的数据进行直接连续的采集, 实验人员可以控制所测量的波长或频率所扫描的电压范围、步长、每个扫描电压所重复的次数、对该频率的光波重复测量的次数等一系列参数。在实验人员设置完并确定或采用默认设置后, 计算机将自动采集数据。

#### (2) 数据处理

计算机在采集完一组测量数据后, 首先对其中测量误差较大的数据进行剔除, 并将这组数据平均后存入到存储单元中, 当系统对一个波长的数据测量全部完成后将对所测量的数据进行平滑和波长的修正等操作, 在所有的数据都测量完后, 实验者可以对所测量的数据进行自动处理或人工填入数据, 然后计算机将自动计算结果并将计算结果和自动绘制的曲线打印出来。

通过上述两个实验可以看出: 计算机-光电系统在光学实验中具有能高速采集数据、自动处理数据和实验精度高等特点。将计算机应用到光学实验中, 既可节约实验时间、提高实验精度, 又可增强学生对实验的兴趣, 提高实验技能、技巧和使用仪器的能力, 并能培养学生将计算机应用到实际工作的能力。相信随着计算机软硬件的发展, 计算机定会更广泛地应用于光学实验中, 为光学实验带来更为崭新的面貌。

(南京晓庄学院物理与电子工程学院 210017)