

## 康普顿散射谱仪的自动控制

张良平, 孔 伟, 叶邦角, 翁惠民, 杨保忠, 程明福, 韩荣典, 官竹芳

(中国科学技术大学近代物理系, 安徽合肥 230026)

**摘要:**介绍了利用计算机对由高纯锗探测器、放大器和多道分析器组成的康普顿散射谱仪系统进行自动控制的结构和原理。通过对氧化物、金属、纳米材料等样品的测量, 结果显示该系统的长期漂移小于 0.05%, 不仅提高了测量精度, 也节省了测量时间, 并且其原理同样也适用于类似的长时间、高精度的放射性测量系统中。

**关键词:**康普顿轮廓; 自动控制; 标定

**中图分类号:** TL817 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-0934(2005)06-0828-03

康普顿散射和康普顿轮廓是研究物质中电子微观结构的重要手段之一<sup>[1,2]</sup>, 其原理就是利用物质中运动电子引起的康普顿散射光子的多普勒展宽, 研究物质中电子的动量概率密度分布。实验室在国内建立了第一台高纯锗精密康普顿散射谱仪, 采用的放射源是<sup>241</sup>Am, 并对合金材料、高温超导材料、纳米材料等电子动量密度分布进行了系统研究<sup>[3-6]</sup>。在实验过程中, 由于<sup>241</sup>Am 产生的人射光子能量较低, 因而测量一个样品的康普顿散射谱需要较长时间, 又因为不同电子动量引起的散射谱展宽很小, 如果考虑一些气温变化等引起的电子学漂移, 在几十 h 甚至更长时间的测量过程中, 系统会产生漂移, 使散射峰展宽。为确保实验精度和可靠性, 我们要求散射峰的漂移不大于 0.05%。如此高精度的长时间测量, 不可能用电子学方法来标定。为了解决这一问题, 我们设计了分段测量康普顿散射谱的方法, 即在每两次测量之间, 用一个标准<sup>241</sup>Am 放射源直接测量能量为 59.537 和 26.345keV 的  $\gamma$  射线的全能谱作为两个

标定谱, 根据测量一个康普顿散射谱的开始和结束时测量的标定谱, 可以将那些峰位漂移大于 0.5 道(约 0.05%)的谱滤除。同时也可以将略有漂移的散射谱经修正后对齐叠加。

以前, 我们实验室的康普顿散射实验测量谱采用手工的方法标定和叠加, 每隔一两小时就要测量标定谱并作记录, 然后再叠加。对于一个样品至少要测几百个谱, 测量就成为一项艰苦而繁重的工作, 而且对一些重元素来说, 康普顿散射截面非常小, 测量时间过长变得几乎不太可能。为了提高工作效率和试验精度, 我们对康普顿谱仪进行了自动化改造, 并取得了满意的效果。

### 1 原理

探测仪器的结构示意图如图 1 所示。<sup>241</sup>Am 源发射的 59.537keV 的  $\gamma$  射线经  $\phi 8\text{mm}$  的准直孔后, 打到样品上, 经  $165^\circ$  角散射的  $\gamma$  射线经  $\phi 8\text{mm}$  准直孔进入高纯锗 (HPGe) 探头, 由探头输出的信号经放大后被多道脉冲幅度分析器记录, 系统原理如图 2 所示。 $\gamma$  射线能谱的最终记录和标定的自动控制都是由一台计算机来完成。

计算机利用时钟信号, 每隔 30min 测量一次标定谱, 也就是我们设定的测量一个谱的时

收稿日期: 2004-10-10

作者简介: 张良平(1970—), 男, 安徽人, 中国科学技术大学近代物理系硕士生

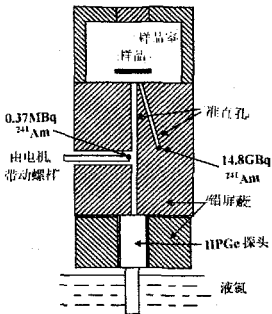


图1 探测器结构示意图

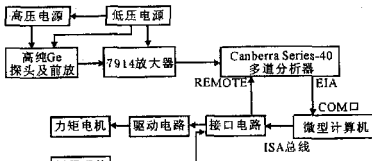


图2 康普顿散射谱自动测量系统原理框图

间是30min,标定谱时间为5min,其时间的多少是根据计数率来设定的。此时微机发出指令,电平信号控制驱动电路,使电动机正转或反转,电动机通过连杆将标定用的放射源放在探测器上方,当到达指定位置后,行程开关上的光电二极管的受光状态发生变化,这一变化转变为电平信号再送往计算机,计算机接收到这一信号

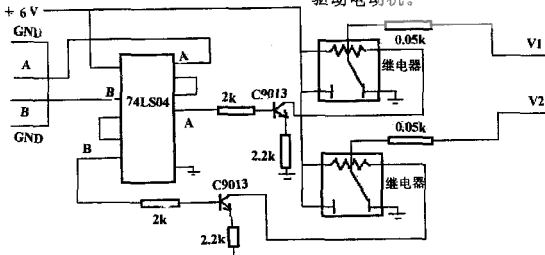


图3 力矩电机驱动电路原理图

行程开关使用一个光电二极管-发光二极管组件,螺杆上带有一个带孔的铝片从两者之间穿过,当螺杆前后运动时光电二极管就有受光和不受光的状态。这个开关状态通过电路变成高低电平,再由放大器放大后送入接口电路。

软件由两部分构成:一个在线的测量程序和一个离线的处理程序。它们用VC++写成,可

后,就会发出指令信号停止电动机的运转,然后计算机通过多道的REMOTE端口,让多道脉冲幅度分析器开始计数,当多道分析器计数时间达到指定的标定时间后,计算机再通过REMOTE端口,让多道停止计数,并开始通过COM口从多道的EIA口读出数据,读出的数据由计算机记录在磁盘上,再清除多道中的数据。当测量散射 $\gamma$ 能谱时,和上面的过程基本相同,只不过电动机的转动方向相反,从而取出标定用的源,另外测量的时间也不同。这样,即可实现微机自动控制的“标定→测量→标定→测量”循环过程。图2中的接口电路做在一块PCB上,插在计算机的EISA槽中。地址译码电路使用一块比较器,将计算机地址总线中的电平和比较电平比较,比较电平由一组开关控制,当一台计算机要使用两片以上的这种电路时,可以手工调节地址,同时也防止了和其他硬件冲突。

输入输出:通过一块8255芯片连接计算机的信号总线和外设,用以驱动和缓冲。由于外设电路的电源由NIM机箱供给,并且没有较高的电压,所以没有做强隔离。

驱动电路:使用电平触发驱动继电器,当两个继电器反转时可以得到不同极性的驱动电压,也可以得到0电平。由于电动机的功率较小,该谱仪利用NIM机箱电源通过射极跟随器驱动电动机。

运行于Window9x、Window2000和WindowXP操作系统。该操作系统可以利用局域网访问数据,因为每个样品至少有几百个数据文件,使用网络访问数据文件是非常方便的。程序是事件驱动、面对对象的,右下给出了在线测量程序一个可以比较的流程示意图(图4)。

当测量和电机转动发生错误时,程序先尝

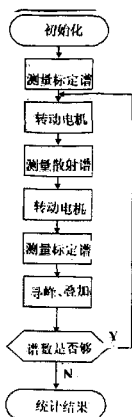


图4 程序流程示意图

试解决问题,例如初始化后重新操作一次或向相反的方向转动电机,如果不能解决问题,程序就自动报警,如果报警后长时间没有得到处理就会终止程序,恢复系统正常状态。如果测量没有完成,测量的原始数据将会保留,待离线处理程序处理。如果散射谱和标定谱被弄反了,程序可以进行自动纠正。为了防止误关程序,设定在点击程序关闭按钮后,程序仍在后台运行,真正退出程序需要再一次的确定操作。为了以后使用的兼容性,很多系统参数是可以调节的,如测量时应忽略的最大漂移,可以忍受的最大半高宽、接口电路的地址等等。

离线处理程序用于对在线处理程序中获得的谱数据进行一定的数学运算,可以使谱形很直观的显示出来,还可以兼容一些其他多道的谱数据,是个很方便的工具。

寻峰:算法是这样的,先比较大小定出散射峰的大致范围。将散射谱看成是一个高斯函数和一个斜的直线的本底叠加,如下式:

$$f(x) = a + bx + y_0 \exp(-2(x-x_0)^2/w^2)$$

可以根据实验数据得到方差的解析表达式,再求出方差对系数偏微分为零时偏微分方程组的系数矩阵。用迭代法解此方程就可以求出使方差最小的参数,此方法的收敛比较快。另外,考虑到 $\sqrt{N}$ 原理,方差的表达式中是有关重的,计算表明用此方法求峰位及半高宽对峰的选取范围不是很敏感,比较客观。如果峰在寻峰区域以外,就可能寻峰失败,程序有相应的处

理。

对齐峰叠加:使用两个峰标定位置,将谱线性拉宽或压窄,再平移到指定的位置之后叠加。由于程序最后只能处理整数,所以全部叠加以后结果还要做一次取整。由于峰位漂移中的大部分情况是线性漂移,所以这样做是有效的。

## 2 运行情况

谱仪经改造后一年多来,先后测量了金属氧化物、纳米材料、聚合物、重金属等材料的康普顿轮廓,一直运行良好,谱峰漂移小于0.05%,满足了实验要求,提高了实验精度,大量节省了人力,增加了工作效率。

图5为Fe3O4的自动寻峰叠加的和直接叠加的康普顿散射谱,测量时间为 $5.3 \times 10^6$ s,由图可知谱的半高宽由32道减小到27道。

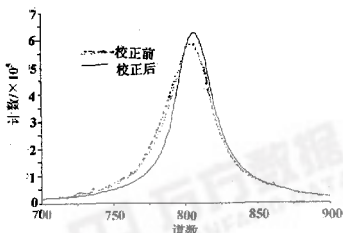


图5 校正前后的散射峰的比较

### 参考文献:

- [1] Malcolm J. Cooper Radia Phys Chem, 1997, 50 (1); 63.
- [2] Rao DV, et al. J of Phys and Chem Rre Data, 2002, 31 (3); 769.
- [3] Mo Haiding, et al. Chin Phys Lett, 1996, 13(1); 5.
- [4] Varghese T, et al. Indian journal of physics and proceedings of the indian association for the cultivation of science; Part B, 2003, 77B (6): 631.
- [5] M. Samsel-Czekala, G. Kontrym-Sznajd. Appl. phys. A, 2003, 76: 87.
- [6] Hiraoka N, et al. Phys Rev B, 2003, 67 : 094511.

(下转第 834 页, Continued on page 834)

能达到峰值的问题。

参考文献:

[1]程光,等.大规模高速网络流量测量研究[J].计算

机工程与应用,2002,(5);

[2]杨策,等.网络流量监测技术及性能分析[J].空军  
工程大学学报(自然科学版),2003,(2);

## Network throughput measurement and study based on NetPIPE

XUE Lin<sup>1</sup>, ZHU Ke-jun<sup>2</sup>, LIU Zhi-xu<sup>1</sup>

(1. College of Physical Science and Technology, Huazhong Normal University, Wuhan of  
Hubei Prov. 430079, China; 2. Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100039, China)

**Abstract** This paper introduced a new network throughput evaluator - NetPIPE. By using NetPIPE, the performances of the existent network equipments used at the lab were carefully measured and evaluated. A device driver problem of Intel network adaptor was also found and solved under Linux.

**Key words:** NetPIPE; network throughput; Linux; network adaptor

(上接第 830 页,Continued from page 830)

## Automation in Compton scattering spectrometer

ZHANG Liang-ping, KONG Wei, YE Bang-jiao, WENG Hui-min, YANG Bao-zhong,  
CHENG Ming-fu, HAN Rong-dian, GONG Zhu-fang

(Department of Modern Physics, USTC, Hefei of Anhui Prov. 230026, China)

**Abstract** This article introduced an auto-controlled structure and theory of hardware and software on calibration and data-collection system of Compton scattering spectrometer (HPGe detector, magnifier and multichannel analyzer) with PC. By measuring the sample of oxide, metal and nanometric material etc. which has a shift less than 0.05% of the position of peak in long-time measurement. It improves the precision of the measurement, and saves much labor and time as well. These methods can also be used in similar radiation measurement system that needs high precision and long measurement time.

**Key words:** Compton scattering; automation; calibration

(上接第 837 页,Continued from page 837)

## Application of CPLD in CSR power supply control module

LIU Cai-hong<sup>1,2</sup>, JING Lan<sup>1</sup>, QIAO Wei-min<sup>1</sup>, GUO Yu-hui<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China  
2. Graduate School of The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;)

**Abstract** A realization of Single Chip Microcomputer peripheral interface in HIRFL-CSR power supply control module based on CPLD is presented in the paper. It intergrates flip-latch, coding unit, data bus, frequency division unit, logical compare unit, counter and logic circuit into a single CPLD chip, and dramatically decreases the area of PCB and increase system reliability, at the same time the whole system's flexibility has been evidently improved because of the CPLD's in-system programmable characteristic.

**Key words:** CPLD; hardware description language; Single Chip Microcomputer; DAC