

# 在加速器质谱仪上测量 $^{14}\text{C}$ 的 虚拟双参数多道分析器系统设计

陈川<sup>1</sup>, 刘松秋<sup>1</sup>, 刘克新<sup>2</sup>

(1. 北京大学 技术物理系, 北京 100871; 2. 北京大学 重离子物理研究所, 北京 100871)

**摘要:**介绍了基于LabVIEW平台与多功能数据采集卡设计的虚拟双参数多道分析器系统,及其在加速器质谱仪上测量 $^{14}\text{C}$ 双参数谱的应用。

**关键词:**虚拟双参数多道分析器;加速器质谱仪; $^{14}\text{C}$

中图分类号:TL822.4 文献标识码:A 文章编号:1000-6931(2002)02-0189-04

## Design of Virtual Double-parameter multichannel Analyzer to Measure $^{14}\text{C}$ on the Accelerator Mass Spectrometer

CHEN Chuan<sup>1</sup>, LIU Song-qiu<sup>1</sup>, LIU Ke-xin<sup>2</sup>

(1. Department of Technical Physics, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Institute of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** The paper introduces the design of the virtual double-parameter multichannel analyzer based on PC DAQ board and LabVIEW, the graphical development platform, and the use of it to measure the double-parameter  $E-E_r$  spectrum of  $^{14}\text{C}$  on the accelerator mass spectrometer.

**Key words:** virtual double-parameter multichannel analyzer; accelerator mass spectrometer;  $^{14}\text{C}$

核物理测量中往往按照多个参数来分类统计核事件。例如,在中子能谱的测量中,常伴有极强的射线本底,仅分析探测器输出脉冲的幅度并不能区分该脉冲是由中子还是由射线产生的。测量和分析中已发现,无论是用有机闪烁体还是充氢正比计数器,中子产生的脉冲上升时间与产生的脉冲上升时间是不同的。如果同时测出探测器输出脉冲的幅度和上

升时间两个参数,就可对中子和射线予以区别,并获得它们的能谱。

仍以n、测量为例,传统的做法是:探测器输出信号 $V_1$ (反映能量)直接送到Y-ADC,上升时间-幅度变换器输出的信号 $V_2$ (反映上升时间)送到X-ADC。由同一个中子或射线所产生的 $V_1$ 和 $V_2$ 有一定的时间关系,合适地选择双参数控制器的符合延迟时间,使其只对同

收稿日期:2001-04-12;修回日期:2001-09-12

作者简介:陈川(1975—),男,上海人,硕士,核电子学和核仪器专业

一粒子所产生的  $V_1$  和  $V_2$  信号进行符合,则当  $X$ -ADC 和  $Y$ -ADC 分别接收到同一粒子所产生的信号  $V_1$  和  $V_2$ 、并由它们分别给出  $X$  和  $Y$  响应信号送到双参数控制器时,双参数控制器将产生  $X$ 、 $Y$ (延迟)符合信号同时去启动两个 ADC 进行模数变换。如果  $X$ -ADC 和  $Y$ -ADC 接收到的  $V_1$  和  $V_2$  信号在时间上不满足所要求的时间关系,则不进行变换。双参数分析时的存储地址和由  $X$ -ADC 给出的  $X$  道址和由  $Y$ -ADC 给出的  $Y$  道址共同决定。

本工作拟设计的虚拟双参数多道系统基于 LabVIEW 平台和硬件接口获取来自加速器质谱仪上  $^{14}\text{C}$  的  $E$  与  $E_r$  双参数核信息,再通过数据分析与处理,实现符合、寻峰以及双参数谱的显示等功能。

## 1 虚拟双参数多道分析器的设计

### 1.1 系统结构

虚拟双参数多道分析器设计上基于原有的单参数多道分析器,其原理是:将两路脉冲信号同时输入数据采集卡中,通过软件符合判别有效事件,将有效事件的两路脉冲幅度转换为道数计入多道存储单元并加以显示。其软件流程图示于图 1。

### 1.2 软件符合的实现

实现软件符合的程序流程示于图 2。

由于采样的实时性,图中  $a(n)$  和  $b(n)$  表示同一时刻两路输入的采样值, $n$  为其在数据缓冲区中的位置; $Y$  代表幅度的阈值。如果第一路信号超过阈值的这段时间里第二路信号也超过阈值,即认为两个脉冲符合。该软件符合模块中包含着寻峰的过程,其方法是:设  $x(n)$  为第  $n$  个采样值,当  $x(n)$  大于阈值  $Y$  且  $x(n-1) < x(n)$ ,  $x(n) > x(n+1)$  时,则认为  $x(n)$  为峰值。从寻到峰值到采样值落到阈值以下的这段时间里将不再寻峰,这可通过设置一个开关变量来实现。由于此软件符合的模块对  $10^6$  个采样点的处理时间约为 130 ms,所以,虚拟双参数多道系统可连续工作在 3 MHz 的高采样率下。

### 1.3 感兴趣区功能的实现

感兴趣区设为矩形框方式,其实现方法如

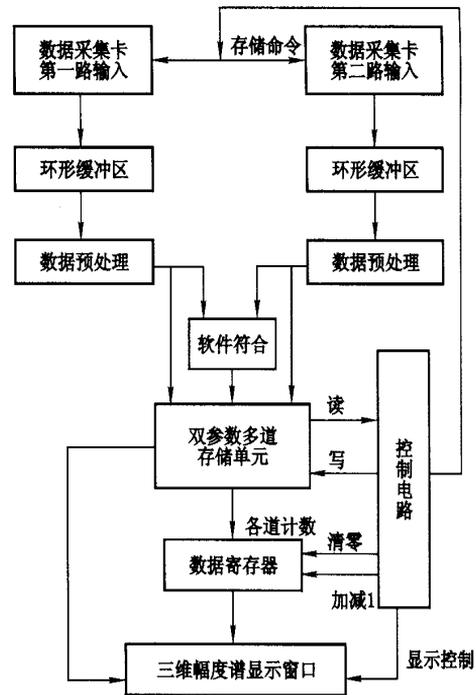


图 1 虚拟双参数多道分析器系统结构框图

Fig. 1 Block diagram of virtual double-parameter multichannel analyzer

下:由谱形显示窗口的属性结点读出用户设置的感兴趣区边界,再由此边界从二维能谱数组中截取出感兴趣区的子数组,最后由求和操作对子数组求和。子数组截取模块和二维数组求和模块均由 LabVIEW 提供。计算程序示于图 3。用户可用鼠标在谱线窗口拖动,以选定感兴趣区的矩形区域,感兴趣区的谱形被放大到全窗口显示,同时输出横轴的左右和纵轴的上下道址以及该区域内的总计数。

### 1.4 主要性能与指标

该虚拟双参数多道分析器的主要性能和指标如下。

1) 数据采集和处理采用实时方式,使用主频为 650 MHz、内存为 128 MB 的微机,在采样率低于 3 MHz 时,可达到死时间为 0。

2) 采样率和采样时间可以预置,也可采用不定时采样。缓冲区为环形缓冲区,其大小也可设置,为配合 3 MHz 的高采样率,可将其设置为 20 MB。

3) 双参数测量范围最大为 2 048 道  $\times$  2 048 道,每个参数的道数可以从 2 048、1 024、

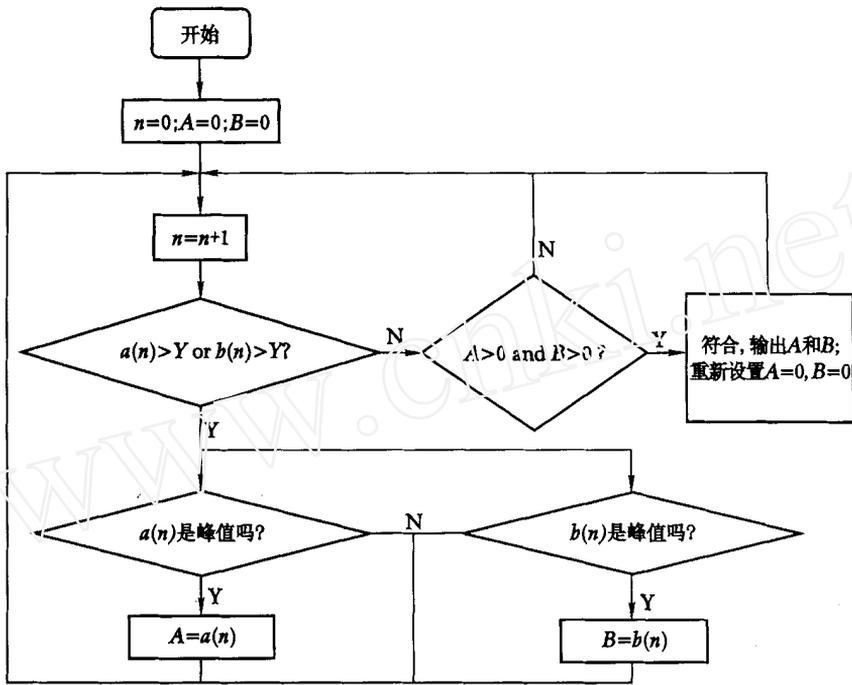


图 2 虚拟双参数多道分析器中软件符合程序流程图

Fig. 2 Soft coincidence block diagram in the virtual double-parameter multichannel analyzer

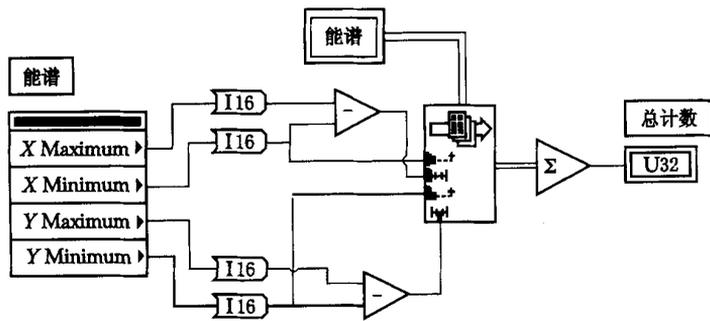


图 3 虚拟双参数能谱感兴趣区计数的计算程序

Fig. 3 The diagram of counting the interesting area in the virtual double-parameter height spectrum

512、256 和128 中任意选择,共有 25 种组合。

4) 每个计数的长度为 4 个字节,计数容量为 0~4 294 967 295 ( $2^{32} - 1$ )。

5) 谱文件的大小与选择的道数有关,计算公式为:文件长度(字节数) = 横轴道数 × 纵轴道数 × 4。

6) 双参数谱形的显示采用密度图方式,可实时刷新谱形。LabVIEW 直接提供此控件,并且封装了颜色图的设置、坐标轴的变换等功能。

7) 可在前面板上调节第二路信号的延时,即将第二路信号延时若干微秒后再与第一路信号进行符合。

8) 采集后的数据可存盘,以备日后调用。

## 2 加速器质谱仪上<sup>14</sup>C 双参数谱的获取

### 2.1 实验原理

北京大学重离子物理研究所使用  $E_{E_r}$  气体探测器对样品的<sup>14</sup>C 含量进行测量以确定样品

的年代,在国家“863”子项目“夏商周断代工程研究”中发挥了重要作用。其原理是:利用入射离子穿过气体介质时可引发路径上的气体分子电离,所产生的电子-离子对数目正比于入射离子的能损;电离电荷被电极板收集产生电脉冲,借助于电场的合理设计与运行条件的适当选择,可使所测量的电脉冲幅度正比于入射离子在相应电极板所围区域中的能损。若探测器的阳极被分割成前后两块,且入射离子被阻止在探测器内,则前一阳极取出的为  $E$  信号,后一阳极为  $E_r$  (剩余能量) 信号。由于能损率取决于离子的原子序数,故不同元素离子的  $E$  值将有所不同,在双参数谱中,不同元素离子的谱将被分开,从而得到 $^{14}\text{C}$ 在样品中的含量。

## 2.2 测量结果与分析

将  $E$  与  $E_r$  两路信号直接输入数据采集卡中。数据采集卡采用了NI公司的E系列多功能PCI总线微机插卡PCFMIO-6111E。该卡具有两个差分模拟输入通道,单通道采样频率最高达5 MHz,ADC精度为12 bit。该卡具有支持DAQ功能的Bus-Master能力,可将采集卡上的数据直接传送至计算机内存,而与CPU并行工作,保持了数据采集的连续性。

在实际测量中,将虚拟双参数多道分析器的道数设为512道 $\times$ 512道,采样率设为3 MHz,采集时间为40 s,阈值设为0.8 V。测得的双参数谱示于图4。图中左边的一团代表 $^{14}\text{C}$ ,右边的一团代表 $^{13}\text{C}$ 。 $^{14}\text{C}$ 与 $^{13}\text{C}$ 被明显地分开了,对 $^{14}\text{C}$ 感兴趣区的计数为916。图5为使用原有的DDAPS型开放式双参数核谱数据获取与处理系统测得的双参数谱, $^{14}\text{C}$ 计数为805。虚拟双参数多道的采集和处理是同时进行的,不存在死时间;原有的双参数系统每次获取有效事件均有死时间。因此,二者的计数有所差别。由于虚拟双参数多道与DDAPS双参数多道的道宽并不一致,所以,两个能谱的感兴趣区的位置有所不同。该实验结果证明虚拟双参数多道分析器有很好的可靠性。

该虚拟双参数多道分析器可工作在3 MHz的采样率下,采样率更高时将出现溢出现象,这也许是由于计算机处理数据的速度跟不上采样速度以及Windows操作系统的非实时性造成的。可能的解决办法是采用更高速的计算机以

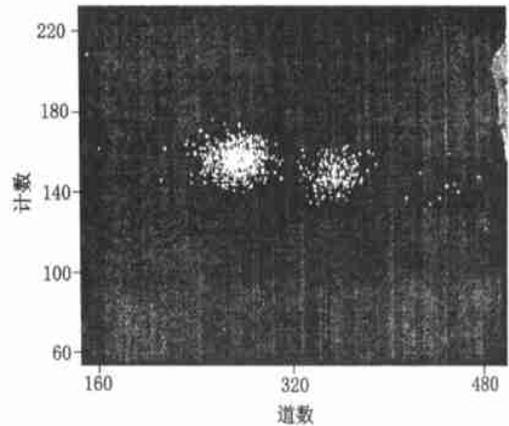


图4 虚拟双参数多道测得的 $^{14}\text{C}$ 能谱  
Fig. 4 The height spectrum of  $^{14}\text{C}$  in the virtual double-parameter multichannel analyzer

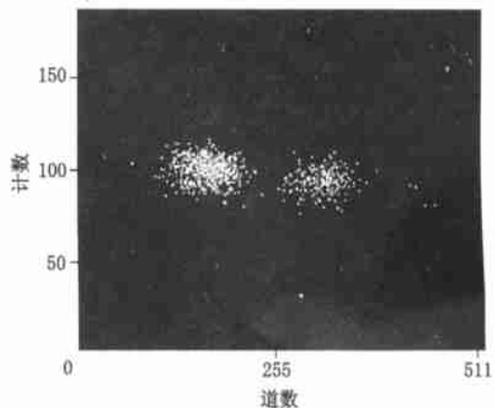


图5 DDAPS型开放式双参数核谱数据获取与处理系统测得的 $^{14}\text{C}$ 能谱  
Fig. 5 The height spectrum of  $^{14}\text{C}$  in the DDAPS (dual data acquisition processing system)

及进一步简化数据处理模块。

## 3 结束语

虚拟仪器技术可使用户方便、快捷地设计其所需的测量仪器。根据测试功能的需要,将具有一种或多种功能的通用硬件模块相组合,并且调用不同功能的软件模块,就能组成不同的仪器功能。虚拟双参数多道分析器可以根据不同的测量需要继续扩展为三参数、四参数以至于更多的参数。随着各项技术指标的完善,它将可以取代原有的多参数核谱获取与处理系统而在实际中得到广泛应用。