



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111413725 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 29

(21) 申请号 202010229698.X

审查员 郭健

(22) 申请日 2020.03.27

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111413725 A

(43) 申请公布日 2020.07.14

(73) 专利权人 南华大学

地址 421001 湖南省衡阳市常胜西路28号

(72) 发明人 赵修良 贺三军 秦慧超 赵健为

周超 刘丽艳

(74) 专利代理机构 长沙正奇专利事务所有限责

任公司 43113

代理人 张珉瑞 李美丽

(51) Int. Cl.

G01T 1/178 (2006.01)

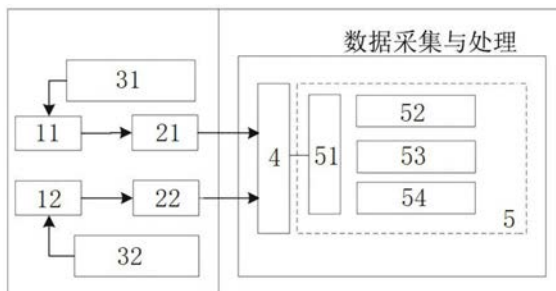
权利要求书2页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种利用虚拟仪器技术实现  $\gamma$ - $\gamma$  数字符合测量的系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用虚拟仪器技术实现  $\gamma$ - $\gamma$  数字符合测量的系统及方法,包括第一探头、第一放大器、第二探头、第二放大器,第一探头与第一放大器的输入端连接,第二探头与第二放大器的输入端连接;还包括高速数据采集卡和虚拟仪器,虚拟仪器包括数据采集VI模块、能谱测量VI模块、相对时延分析VI模块、符合时间甄别VI模块,第一放大器和第二放大器的输出端均与高速数据采集卡电连接,高速数据采集卡与虚拟仪器相连。本发明利用虚拟仪器技术,以通用的计算机硬件与操作系统为依托,通过集成工具开发平台编程软件,提供结构紧凑、扩展功能强、投入成本低、开发周期短、复用性强,具有多种测量和分析功能的  $\gamma$ - $\gamma$  数字符合测量系统及方法。



1. 一种利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统, 包括第一探头(11)、第一放大器(21)、第二探头(12)、第二放大器(22), 第一探头(11)的输出端与第一放大器(21)的输入端电连接, 第二探头(12)的输出端与第二放大器(22)的输入端电连接; 其特征在于, 还包括高速数据采集卡(4)和虚拟仪器(5), 所述虚拟仪器(5)包括数据采集VI模块(51)、能谱测量VI模块(52)、相对时延分析VI模块(53)、符合时间甄别VI模块(54), 第一放大器(21)和第二放大器(22)的输出端均与高速数据采集卡(4)电连接, 高速数据采集卡(4)与数据采集卡相连, 其中:

高速数据采集卡(4): 用于将第一放大器(21)和第二放大器(22)输出的模拟信号转换为数字信号;

数据采集VI模块(51): 用于控制高速数据采集卡(4)的工作参数, 并采集高速数据采集卡(4)输出的数字信号、进行滤波及定时后提供给虚拟仪器(5)中的VI模块;

能谱测量VI模块(52): 用于调节  $\gamma$  窗的大小和位置, 并记录  $\gamma$  窗内的脉冲数;

相对时延分析VI模块(53): 用于消除符合支路的相对平均时延, 使符合分辨时间调整为最佳, 所述相对平均时延是相对时延分析谱的谱峰值示数, 时间窗为谱峰展宽的一半, 所述相对时延分析谱是记录1000ns以内一定时间内的符合事件、并以CH1支路与CH2支路脉冲信号的定时时间之差为横坐标而形成的;

符合时间甄别VI模块(54): 用于记录总符合事件。

2. 如权利要求1所述的利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统, 其特征在于, 采用S-G滤波器进行滤波。

3. 如权利要求1所述的利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统, 其特征在于, 采用恒比定时方式对脉冲信号进行定时。

4. 如权利要求1所述的利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统, 其特征在于, 符合时间甄别VI模块(54)还用于符合测量活度计算, 通过CH1道、CH2道和符合道计数计算所测样品或源的活度。

5. 一种利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的方法, 其特征在于, 利用如权利要求1~4任一项所述的利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统, 包括以下步骤:

步骤A, 第一放大器(21)将第一探头(11)采集的模拟信号进行放大和成形后输出, 第二放大器(22)将第二探头(12)采集的模拟信号进行放大和成形后输出;

步骤B, 利用数据采集VI模块(51)控制高速数据采集卡(4)的工作参数, 高速数据采集卡(4)将步骤A中第一放大器(21)和第二放大器(22)输出的模拟信号转换为数字信号;

步骤C, 数据采集VI模块(51)采集高速数据采集卡(4)输出的数字信号、进行滤波及定时后提供给虚拟仪器(5)中的VI模块;

步骤D, 能谱测量VI模块(52)调节  $\gamma$  窗的大小和位置, 并记录  $\gamma$  窗内的脉冲数;

步骤E, 相对时延分析VI模块(53)消除符合支路的相对平均时延, 使符合分辨时间调整为最佳;

步骤F, 符合时间甄别VI模块(54)记录总符合事件。

6. 如权利要求5所述的利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的方法, 其特征在于, 采用S-G滤波器进行滤波。

7. 如权利要求5所述的利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的方法, 其特征在

于,采用恒比定时方式对脉冲信号进行定时。

8.如权利要求5所述的利用虚拟仪器技术实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量的方法,其特征在于,所述步骤F中,符合时间甄别VI模块(54)还进行符合测量活度计算,通过CH1道、CH2道和符合道计数计算所测样品或源的活度。

## 一种利用虚拟仪器技术实现 $\gamma - \gamma$ 数字符合测量的系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于放射性测量技术领域,特别涉及一种利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统及方法。

### 背景技术

[0002] 符合法是放射性活度测量最准确的方法之一,在放射性测量、中子物理、核反应研究等领域具有广泛的应用。随着高性能ADC和大规模可编程数字器件的出现和发展,可使用高速A/D转换装置将模拟信号转换为数字信号,并能够通过多种不同的方式进行数字处理。相对于传统的模拟符合而言,数字符合能够实现数据回访,以及任意的设置阈值窗口的数量、大小和位置,也能够任意调节延迟时间,以及符合分辨时间的大小,这是放射性核素计量领域的突破。但是,在一般的  $\gamma - \gamma$  数字符合测量系统中,系统修复以及更新日益困难的问题非常明显,用户也难以根据自身需求对仪器的功能做出相应的调整和优化,而且具有独立功能的电子仪器价格昂贵。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于,针对上述现有技术的不足,提供一种利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统及方法,利用虚拟仪器技术,以通用的计算机硬件与操作系统为依托,通过集成工具开发平台编程软件,提供结构紧凑、扩展功能强、投入成本低、开发周期短、复用性强,具有多种测量和分析功能的  $\gamma - \gamma$  数字符合测量系统及方法;用户只需要掌握简单的编程知识,就可以根据实际需求,对整个系统功能进行调整和优化。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0005] 一种利用虚拟仪器技术实现  $\gamma - \gamma$  数字符合测量的系统,包括第一探头、第一放大器、第二探头、第二放大器,第一探头的输出端与第一放大器的输入端电连接,第二探头的输出端与第二放大器的输入端电连接;其特定是还包括高速数据采集卡和虚拟仪器,所述虚拟仪器包括数据采集VI模块、能谱测量VI模块、相对时延分析VI模块、符合时间甄别VI模块,第一放大器和第二放大器的输出端均与高速数据采集卡电连接,高速数据采集卡与数据采集卡相连,其中:

[0006] 高速数据采集卡:用于将第一放大器和第二放大器输出的模拟信号转换为数字信号;

[0007] 数据采集VI模块:用于控制高速数据采集卡的工作参数,并采集高速数据采集卡输出的数字信号、进行滤波及定时后提供给虚拟仪器中的VI模块;

[0008] 能谱测量VI模块:用于调节  $\gamma$  窗的大小和位置,并记录  $\gamma$  窗内的脉冲数;

[0009] 相对时延分析VI模块:用于消除符合支路的相对平均时延,使符合分辨时间调整为最佳;

[0010] 符合时间甄别VI模块:用于记录总符合事件。

- [0011] 作为一种优选方式,采用S-G滤波器进行滤波。
- [0012] 作为一种优选方式,采用恒比定时方式对脉冲信号进行定时。
- [0013] 进一步地,符合时间甄别VI模块还用于符合测量活度计算,通过CH1道、CH2道和符合道计数计算所测样品或源的活度。
- [0014] 基于同一个发明构思,本发明还提供了一种利用虚拟仪器技术实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量的方法,其特定是利用所述的利用虚拟仪器技术实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量的系统,包括以下步骤:
- [0015] 步骤A,第一放大器将第一探头采集的模拟信号进行放大和成形后输出,第二放大器将第二探头采集的模拟信号进行放大和成形后输出;
- [0016] 步骤B,利用数据采集VI模块控制高速数据采集卡的工作参数,高速数据采集卡将步骤A中第一放大器和第二放大器输出的模拟信号转换为数字信号;
- [0017] 步骤C,数据采集VI模块采集高速数据采集卡输出的数字信号、进行滤波及定时后提供给虚拟仪器中的VI模块;
- [0018] 步骤D,能谱测量VI模块调节 $\gamma$ 窗的大小和位置,并记录 $\gamma$ 窗内的脉冲数;
- [0019] 步骤E,相对时延分析VI模块消除符合支路的相对平均时延,使符合分辨时间调整为最佳;
- [0020] 步骤F,符合时间甄别VI模块记录总符合事件。
- [0021] 作为一种优选方式,采用S-G滤波器进行滤波。
- [0022] 作为一种优选方式,采用恒比定时方式对脉冲信号进行定时。
- [0023] 进一步地,所述步骤F中,符合时间甄别VI模块还进行符合测量活度计算,通过CH1道、CH2道和符合道计数计算所测样品或源的活度。
- [0024] 与现有技术相比,本发明利用虚拟仪器技术,以通用的计算机硬件与操作系统为依托,通过集成工具开发平台编程软件,提供结构紧凑、扩展功能强、投入成本低、开发周期短、复用性强,具有多种测量和分析功能的 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量系统及方法;用户只需要掌握简单的编程知识,就可以根据实际需求,对整个系统功能进行调整和优化。

## 附图说明

- [0025] 图1为本发明 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量系统结构原理图。
- [0026] 图2为数据采集VI模块一实施例示意图。
- [0027] 图3为能谱测量VI模块一实施例示意图。
- [0028] 图4为相对时延分析VI模块和符合时间甄别VI模块一实施例示意图。
- [0029] 图5为 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合虚拟仪器软件界面图。
- [0030] 图6为本发明 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量方法原理图。
- [0031] 图7为输入到数据采集卡的模拟脉冲信号。
- [0032] 图8为S-G滤波和触发比0.2时的恒比定时示例。
- [0033] 图9为相对时延分析谱。
- [0034] 其中,11为第一探头,12为第二探头,21为第一放大器,22为第二放大器,31为第一高压电源,32为第二高压电源,4为高速数据采集卡,5为虚拟仪器,51为数据采集VI模块,52为能谱测量VI模块,53为相对时延分析VI模块,54为符合时间甄别VI模块。

## 具体实施方式

[0035] 本发明的技术原理为:根据 $\gamma$ - $\gamma$ 符合测量原理,搭建 $\gamma$ 级联射线的测量装置,该装置保留了前端电子模块,将模拟信号进行放大和成形,在保证符合支路之间的相对时间信息不丢失的情况下,降低对后端高速数据采集卡4性能的需求;同时利用虚拟仪器技术,使用LabVIEW图形化语言编程虚拟仪器处理软件,将虚拟仪器处理软件、高速数据采集卡4和 $\gamma$ 级联射线装置结合在一起,组成 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量系统。

[0036] 如图1所示,本发明利用虚拟仪器技术实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量的系统包括第一探头11、第一放大器21、第二探头12、第二放大器22,第一探头11的输出端与第一放大器21的输入端电连接,第二探头12的输出端与第二放大器22的输入端电连接;还包括高速数据采集卡4和虚拟仪器5(本实施例中,选用LabVIEW作为虚拟仪器5的开发平台),所述虚拟仪器5包括数据采集VI模块51、能谱测量VI模块52、相对时延分析VI模块53、符合时间甄别VI模块54,第一放大器21和第二放大器22的输出端均与高速数据采集卡4电连接,高速数据采集卡4与数据采集卡相连,其中:

[0037] 高速数据采集卡4:用于将第一放大器21和第二放大器22输出的模拟信号转换为数字信号;

[0038] 数据采集VI模块51:用于控制高速数据采集卡4的工作参数,并采集高速数据采集卡4输出的数字信号、进行滤波及定时后提供给虚拟仪器5中的VI模块;

[0039] 能谱测量VI模块52:用于任意调节 $\gamma$ 窗的大小和位置,并记录 $\gamma$ 窗内的脉冲数;

[0040] 相对时延分析VI模块53:用于消除符合支路的相对平均时延,使符合分辨时间调整为最佳;

[0041] 符合时间甄别VI模块54:用于记录总符合事件;还用于符合测量活度计算,通过CH1道、CH2道和符合道计数计算所测样品或源的活度。

[0042] 利用虚拟仪器技术实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量的系统还包括第一高压电源31和第二高压电源32,用于分别为第一探头11和第二探头12供电。

[0043] 本实施例中,采用S-G滤波器进行滤波。采用恒比定时方式对脉冲信号进行定时。

[0044]  $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量系统前端电子模块优选选择,保持符合支路的相对时间信息不变的基础上,调整模拟信号的时间特性和成形宽度,降低对A/D转换设备采样频率的需求。

[0045] 数据采集VI模块51一实施例如图2所示,能谱测量VI模块52一实施例如图3所示,相对时延分析VI模块53和符合时间甄别VI模块54一实施例如图4所示,根据设计好的数据处理方案,将编程好的VI模块相互结合,组成具有多种测量和分析功能的虚拟仪器测量系统,与高速数据采集卡4和 $\gamma$ 级联射线测量装置组合,实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量, $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合虚拟仪器软件界面图如图5所示。

[0046] 本发明的目的是这样实现的:首先对第一探头11和第二探头12(NaI(Tl)探头)、第一放大器21和第二放大器22进行选型,调整好信号的时间特性和成形宽度后,使用高速数据采集卡4将模拟信号转换为数字信号,并在LabVIEW上编程 $\gamma$ - $\gamma$ 处理软件所需的VI模块,实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量:

[0047] 如图6所示,本发明所述利用虚拟仪器技术实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量的方法,利用所述利用虚拟仪器技术实现 $\gamma$ - $\gamma$ 数字符合测量的系统,包括以下步骤:

[0048] 步骤A,第一放大器21将第一探头11采集的模拟信号进行放大和成形后输出,第二放大器22将第二探头12采集的模拟信号进行放大和成形后输出。

[0049] 步骤B,利用数据采集VI模块51控制高速数据采集卡4的工作参数,高速数据采集卡4将步骤A中第一放大器21和第二放大器22输出的模拟信号转换为数字信号。

[0050] 步骤C,数据采集VI模块51采集高速数据采集卡4输出的数字信号、进行滤波及定时后提供给虚拟仪器5中的VI模块。

[0051] 本实施例中,采用S-G滤波器进行滤波。

[0052] 频域滤波方法会产生群时移效应,丢失脉冲信号原来的时间信息,一般的时域滤波方法会使信号变宽和变矮,而S-G时域滤波方法可以避免频率滤波方法的弊端,又能克服时域滤波方法的不足。在LabVIEW背面板调用S-G滤波器VI模块,设置合适的阶数和窗宽,使信号滤波前后形状和宽度不变,达到有效保留原信号时间和幅度信息的目的。

[0053] 本实施例中,采用恒比定时方式对脉冲信号进行定时。

[0054] 恒比定时不仅是一种简单且准确的定时方法,还能够有效减少时间抖动带来的影响,因此使用恒比定时方式定时脉冲信号。为了使寻峰和定时结果更为精确,使用最小二乘法拟合数字信号,降低采样频率的不足带来的影响。调用peak detectionVI模块确定滤波后数字信号的幅度值和峰值位置,并根据设置好的触发比确定定时位置。

[0055] 步骤D,能谱测量VI模块52调节 $\gamma$ 窗的大小和位置,并记录 $\gamma$ 窗内的脉冲数。具体地,根据多道能谱测量的原理,将获取的脉冲信号峰值形成能谱,并调用能谱显示控件的游标属性节点,实时获取游标位置。游标的位置可以自由调节,两游标道数之差即为 $\gamma$ 窗的大小,并记录 $\gamma$ 窗内的脉冲数。

[0056] 步骤E,相对时延分析VI模块53消除符合支路的相对平均时延,使符合分辨时间调整为最佳。具体地,使用相对时延分析确定符合支路的相对时延,即记录1000ns以内的符合事件,并以CH1支路与CH2支路脉冲信号的定时时间之差为横坐标,形成相对时延分析谱。相对平均时延为该谱峰值示数,时间窗应为谱峰展宽的一半。扣除相对平均时延,使符合分辨时间为最佳,可以减少偶然符合发生的概率,也能够降低探测限。

[0057] 步骤F,符合时间甄别VI模块54根据确定的最佳符合分辨时间甄别符合事件,并记录总符合事件;根据符合测量活度计算公式,通过CH1道、CH2道和符合道计数计算所测样品或源的活度。

[0058] 本实施例的部分数据示例如图7~图9所示。

[0059] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是局限性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护范围之内。

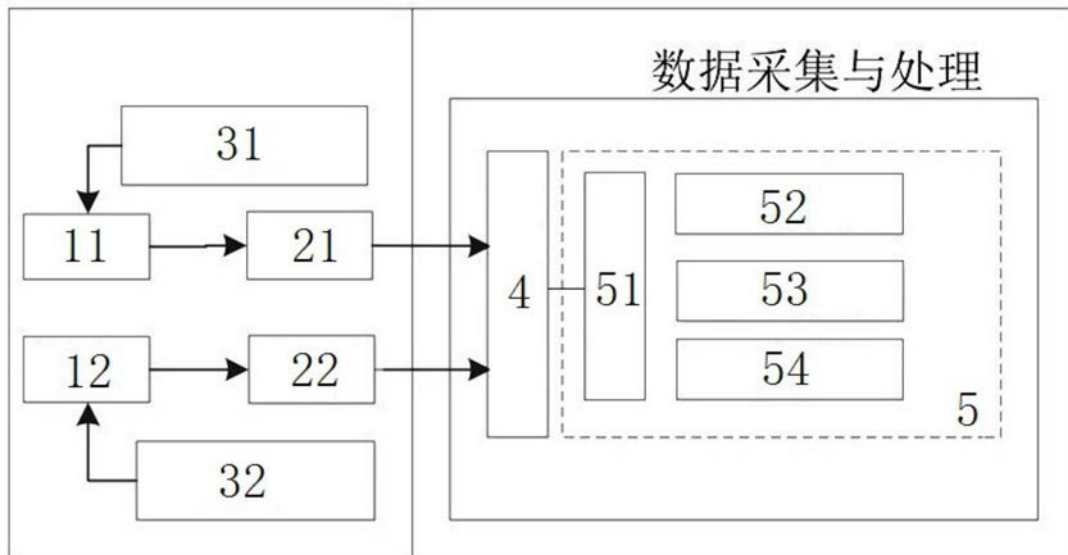


图1

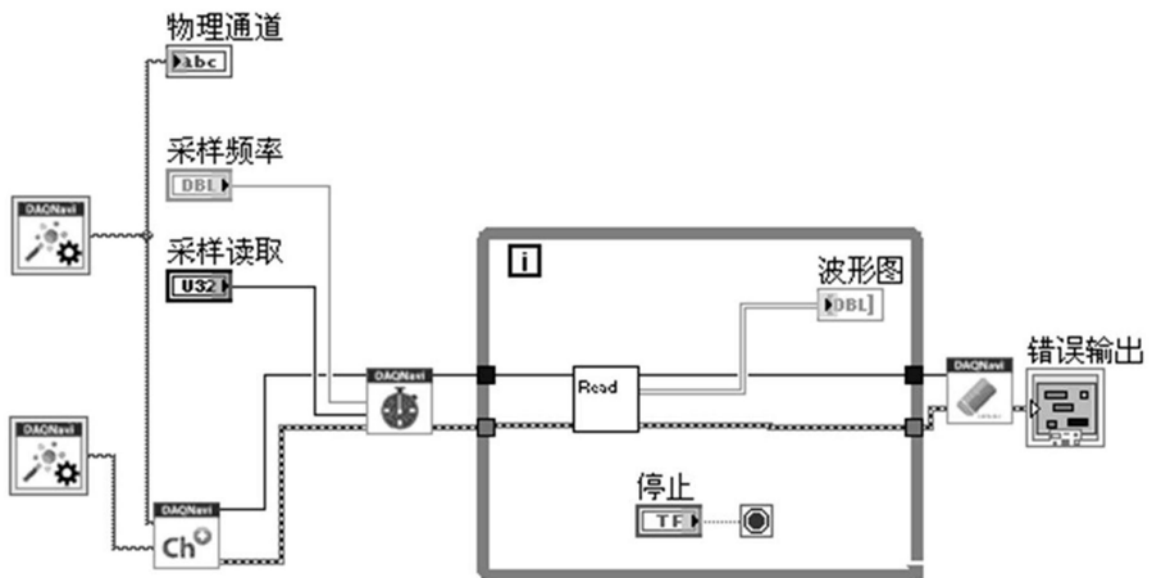


图2

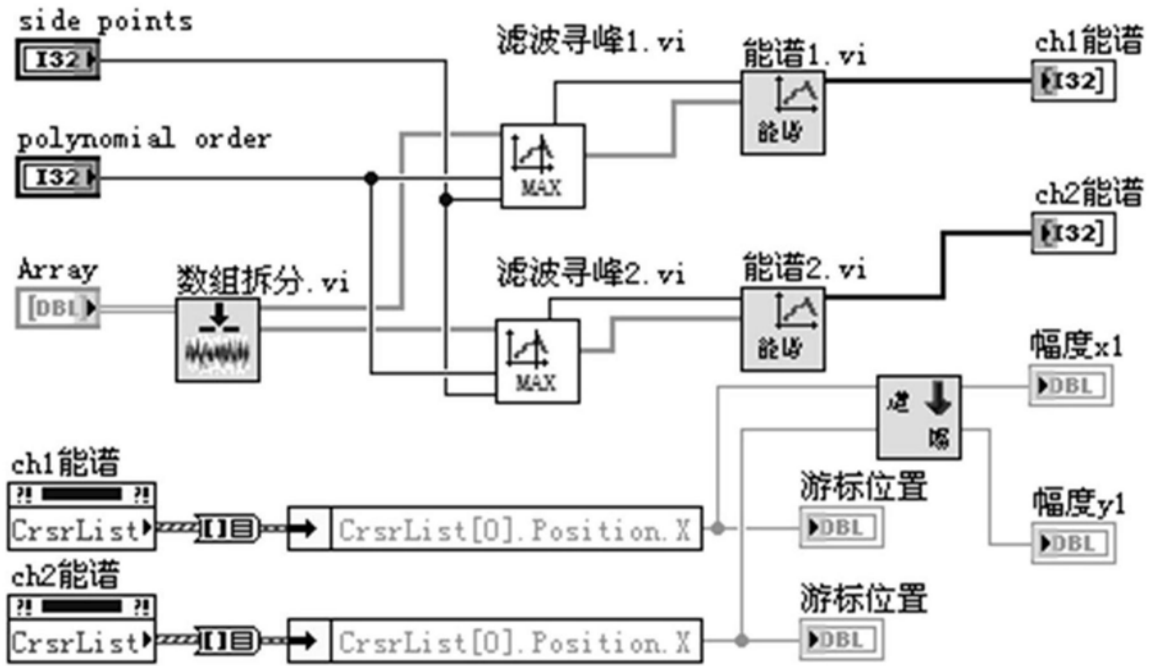


图3

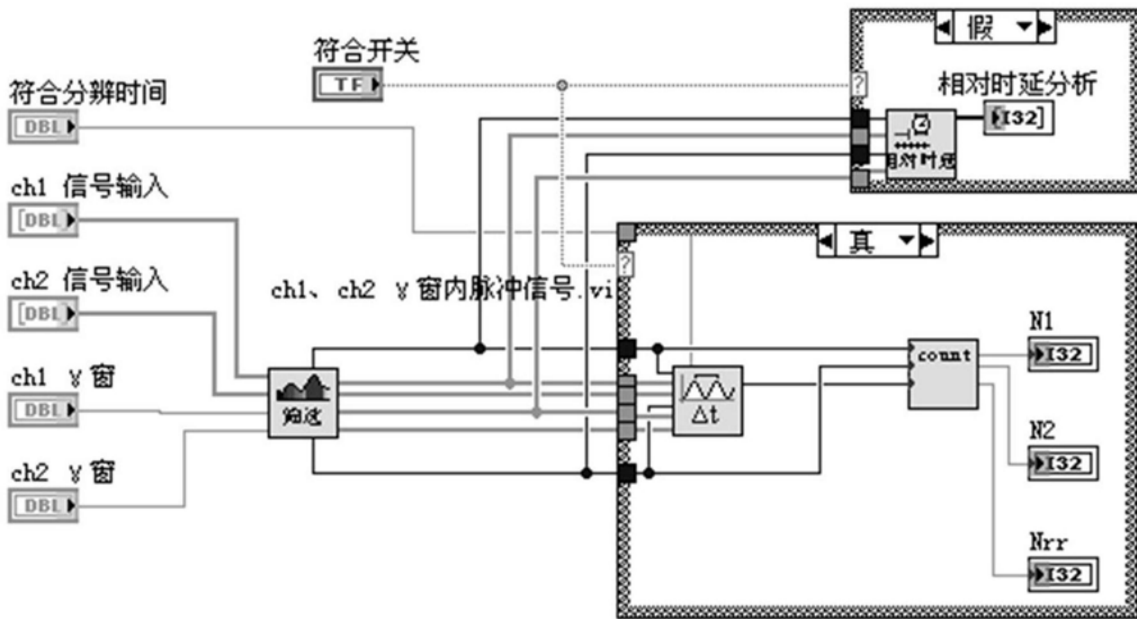


图4

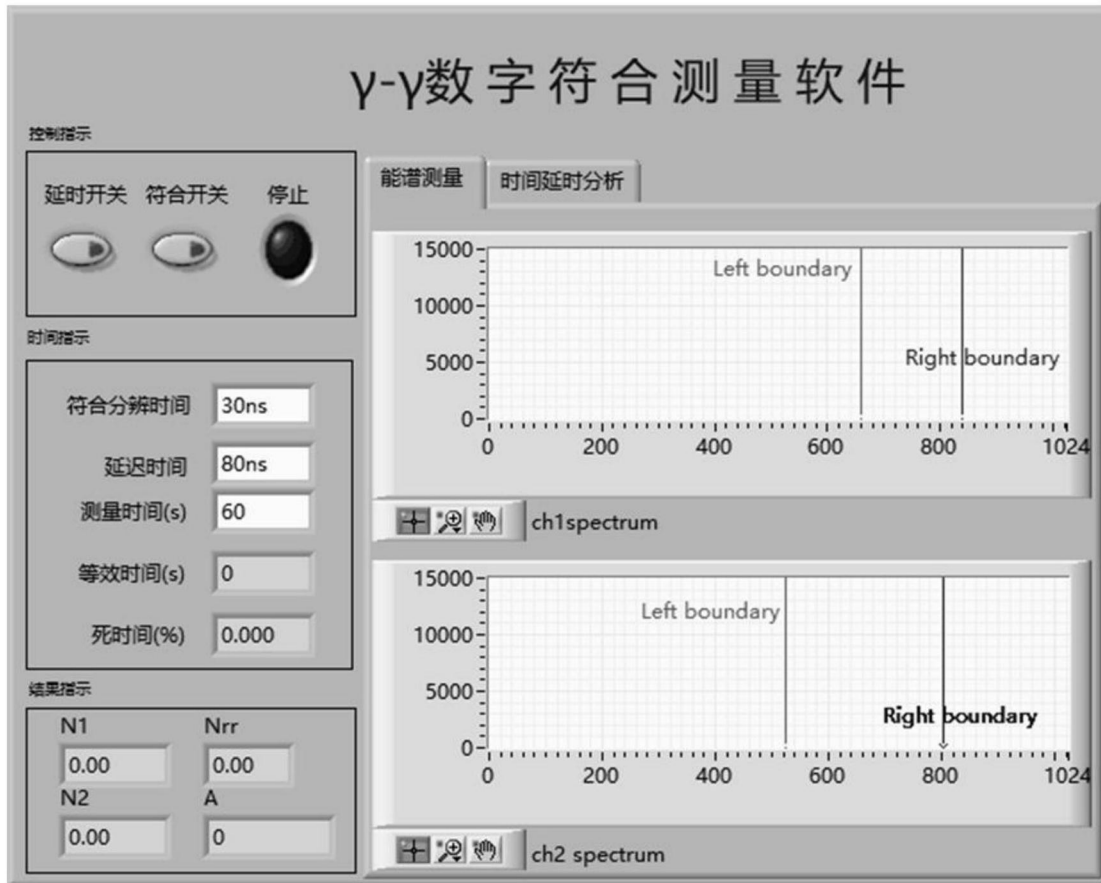


图5



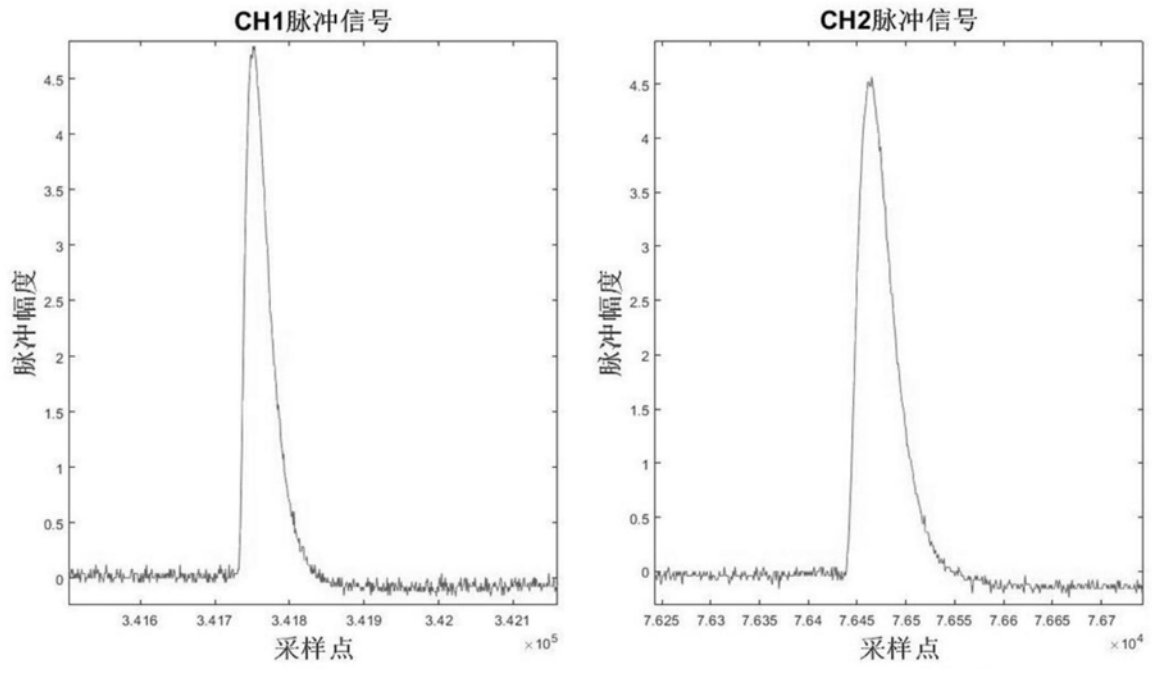


图7

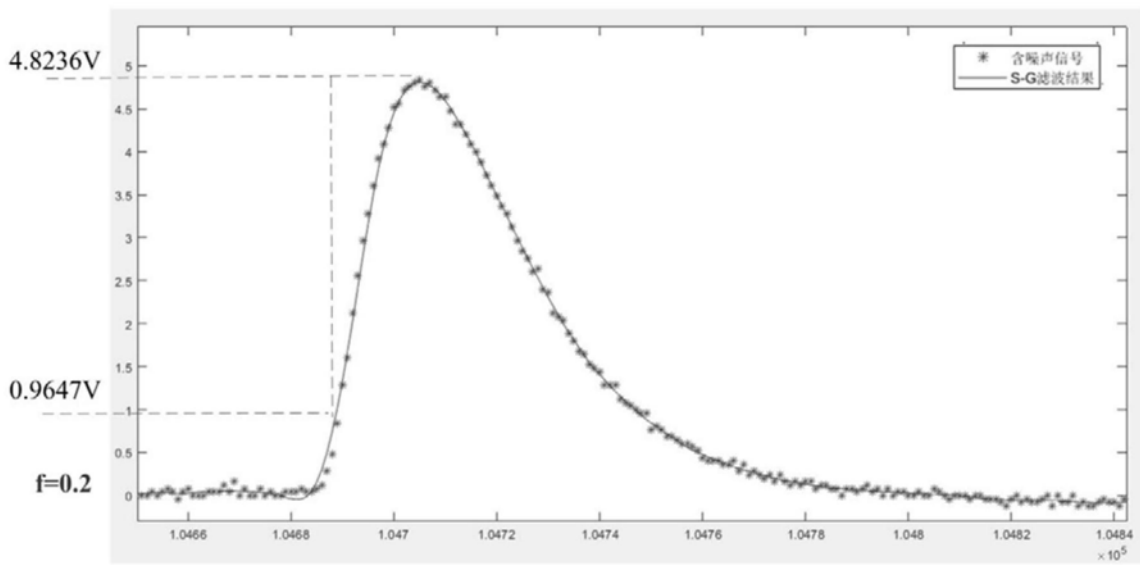


图8

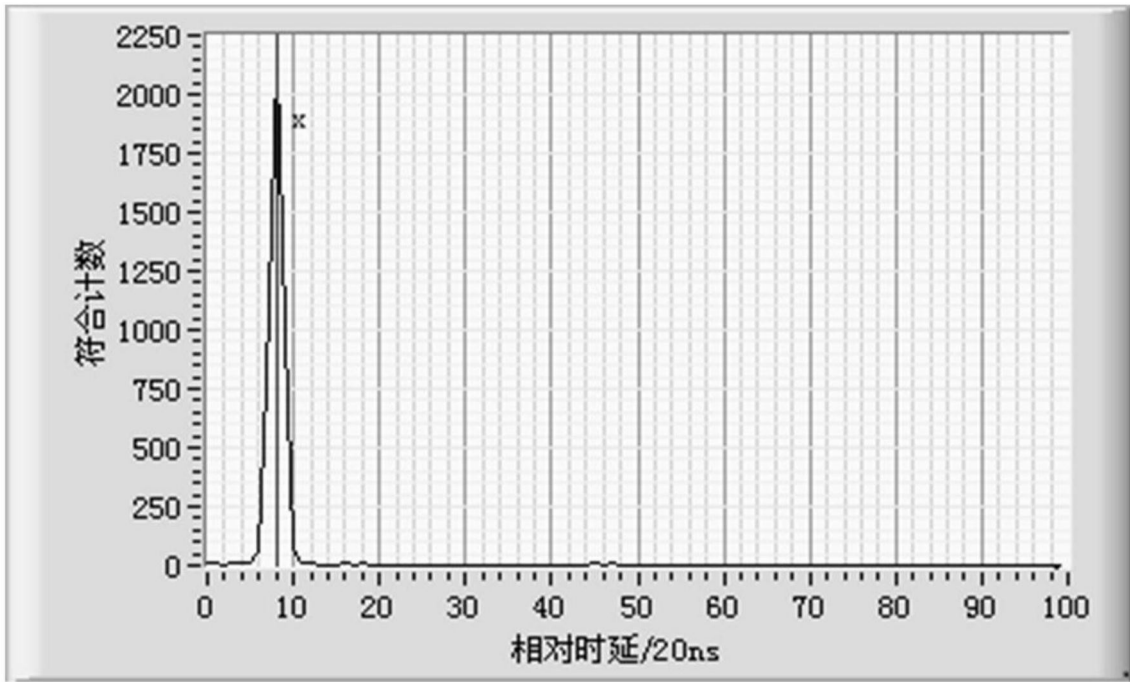


图9