

# 高重复频率激光共振电离脉冲同步门控计数法的实现

翟利华, 邓 虎, 韦冠一, 李雪松, 李志明

(西北核技术研究所, 陕西 西安 710024)

## Realization of Synchronous Gate-selected Count of Pulses from High Repetitive Laser Resonance Ionization

ZHAI Li-hua, DENG Hu, WEI Guan-yi, LI Xue-song, LI Zhi-ming

(Northwest Institute of Nuclear Technology, Xi'an 710024, China)

**Abstract:** The laser ions always synchronous to the high repetitive laser pulse and appear in fixed period of time in experiments of laser resonance ionization. A high efficiency synchronous gate-selected counter was accomplished by using of modularized preamplifier/discriminator, universal counter, self-designed analog switch and synchronous circuit. The pulses come from electro magnetic interference of the lasers, which are not in the select gate, which are excluded. The count of random pulse arise from the ion-source, SEM (Second Electron Multiplier) and preamplifier are reduced in proportion to the duty cycle of the select gate.

**Key words:** laser resonance ionization (LRI); synchronous count; gate select

中图分类号: O 657.63 文献标识码: A 文章编号: 1004-2997 (2008) 增刊-229-02

在采用铜蒸气-染料激光器的激光共振电离系统中, 激光脉冲的重复频率高(约10 kHz), 持续时间短(约25 ns), 共振电离的离子几乎是瞬间产生的。考虑空间色散和离子飞行时间, 倍增器输出信号相对激光脉冲有一定的延迟和时间展宽。对于这种周期性的离子信号, 采用同步的门控计数、门控积分(如boxcar 门积分器)、瞬时V-F变换等方法是比较理想的<sup>[1-2]</sup>。本工作旨在利用通用仪器搭建一套同步门控计数器, 以快速实现从离子信号到计算机的数据获取。

### 1 系统结构

系统框图示于图1, 由前置放大/甄别器、脉冲延迟器、模拟开关、脉冲累加器、通用计数器及计算机组成。来自倍增器的离子信号(Signal)被放大、甄别后, 经模拟开关到通用计数器; 脉冲延迟器和脉冲累加器为通用计数器提供外触发信号; 通用计数器将累加计数结果实时传送到计算机。

#### 1.1 主要仪器与试剂前置放大/甄别器

采用美国 Advanced Research Instruments 公司的 F-100TD 前置放大/甄别器, 其输入阻抗 50  $\Omega$ , 增益 50 dB, 甄别阈调节范围为 0~14 mV, 最小输出脉冲宽度 10 ns, 最大脉冲重复率 50 MHz, 输出阻抗 50  $\Omega$ 。

#### 1.2 通用计数器

采用安捷伦公司的 53131A 通用计数器。该计数器的最高计数率 225 MHz, 有 GPIB 数字接口。通过 GPIB-USB 转换器可将通用计数器连接到计算机, 由计算机设计其工作模式并实时记录数据。

为实现同步测量, 53131A 的测量模式设定为外触发累加方式。不过, 如果直接用单个激光同步脉冲的选择门启动和停止外触发, 则计数器每次只能对一个激光脉冲电离的离子脉冲进行累加测量。由于该计数器的数据传输占用时间长, 每秒只能进行十几测量, 相对于 10 kHz 的电离次数, 效率极低。为提高测量的效率, 设计了脉冲累加器和模拟开关电路。

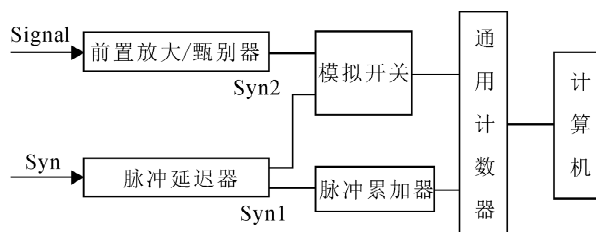


图 1 同步门控计数系统框图

Fig.1 Structure of synchronous gate-selected counter

### 1.3 延迟器、模拟开关与脉冲累加器

延迟器的输入为激光器的同步脉冲 Syn, 输出 Syn1 和 Syn2。其中 Syn2 相对于同步脉冲的延迟时间和脉冲宽度根据激光离子脉冲的延迟和持续时间调节, 作为激光离子选择门给模拟开关; Syn1 的上升沿比 Syn2 提前约 0.5  $\mu\text{s}$ , 下降沿比 Syn2 推迟约 0.5  $\mu\text{s}$ 。这为通用计数器的触发和结束预留了时间, 以使得所有激光离子脉冲在通用计数器的同步脉冲时间内。

模拟开关采用 Analog Device 公司的 ADG419, 其导通电阻约 25  $\Omega$ , 导通时间最大 200 ns。尽管模拟开关的导通电阻会降低信号电压, 但是信号频率不变。这就使得计数系统的时间分辨不变, 死时间较小。

Syn1 的上升沿触发脉冲累加器的输出为高电平, 下降沿触发 2 进制分频器, 分频器 Bit8 (Bit9/Bit10) 的下降沿触发一个单稳态触发器, 将累加器的输出和计数器清零, 并维持一定时间 (约 32 ms) 作为计数器的数据传输时间。

## 2 结果与讨论

该同步门控计数系统获得的每个数据是 512 (1024/2048) 次电离的激光脉冲的累加之和, 将其除以 512 就可得到每个激光脉冲的平均电离离子数 (假定不考虑传输损失等因素), 即 cpp (counts per pulse)。计数器每秒约 12 个数据, 考虑通用计数器的传输时间, 计数效率约 61%。如果采用每个数据 2048 次电离的设置, 则计数效率约为 86%, 但此时每秒 4 个数据, 不利于实验系统的实时调节。

该计数系统的死时间取决于最小的脉冲宽度, 与选择门的宽度和激光离子在选择门内的分布有关, 当计数小于  $100 \text{ s}^{-1}$  时, 其死时间校正量不大。

尽管该计数器动态范围较小, 但是具有灵敏度高的优点, 同时由于可排除激光脉冲的电磁干扰, 有效降低热离子、倍增器本底的贡献, 从而有效改善系统的元素选择性。

## 3 结论

该同步门控计数系统借助于商业化的仪器或模块, 以较高的计数效率实现了激光离子脉冲的同步门控测试。为在激光共振电离质谱系统中进一步实现多通道、集成化同步门控计数/积分测量提供了有益的借鉴。

### 参考文献:

- [1] 钱东斌, 马新文, 赵之正, 等. 改进的激光多步共振电离实验技术[J]. 核电子学与探测技术, 2006, 26(3): 320-324.
- [2] 史桂珍, 杜海, 王岚, 等. 铀原子多色三光子共振电离质谱研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2000, 20(1): 5-8.