



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201946564 U

(45) 授权公告日 2011. 08. 24

(21) 申请号 201020634520. 5

(22) 申请日 2010. 11. 30

(73) 专利权人 中国科学院大连化学物理研究所  
地址 116023 辽宁省大连市中山路 457 号

(72) 发明人 李海洋 花磊 侯可勇 陈平  
李杭 渠团帅

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 马驰

(51) Int. Cl.

H01J 49/40 (2006. 01)

H01J 49/02 (2006. 01)

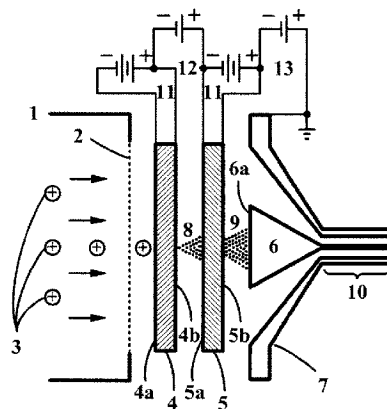
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种基于微通道板的飞行时间质谱仪检测器

(57) 摘要

本实用新型涉及质谱分析仪器, 具体的说是一种基于微通道板的飞行时间质谱仪检测器, 包括第一级微通道板、第二级微通道板、锥体法拉第盘、法拉第盘屏蔽筒; 第一级微通道板、第二级微通道板、锥体法拉第盘依次相互间隔、同轴、平行设置, 锥体法拉第盘的锥体底面靠近第二级微通道板; 法拉第盘屏蔽筒环绕于锥体法拉第盘外部, 并与锥体法拉第盘间同轴设置、它们之间设有空隙; 锥体法拉第盘与法拉第盘屏蔽筒之间形成的输出阻抗为 50 Ω, 与锥体法拉第盘后连接的 50 Ω 同轴信号线之间实现阻抗匹配。本实用新型结构紧凑、使用方便, 可有效提高飞行时间质谱仪的质量分辨能力, 减小质谱图中的背景噪声。



1. 一种基于微通道板的飞行时间质谱仪检测器,包括第一级微通道板(4)、第二级微通道板(5)、锥体法拉第盘(6)、法拉第盘屏蔽筒(7),其特征在于:

第一级微通道板(4)、第二级微通道板(5)、锥体法拉第盘(6)依次相互间隔、同轴、平行设置,锥体法拉第盘(6)的锥体底面靠近第二级微通道板(5);法拉第盘屏蔽筒(7)环绕于锥体法拉第盘(6)外部,并与锥体法拉第盘(6)间同轴设置、它们之间设有空隙;

第一级微通道板(4)、第二级微通道板(5)和法拉第盘屏蔽筒(7)分别与直流电源相连,且电势逐渐增加,于第一级微通道板(4)的出射面(4b)和第二级微通道板(5)的入射面(5a)之间以及第二级微通道板(5)的出射面(5b)和法拉第盘屏蔽筒(7)之间形成有MCP片间加速电压(12)和后加速电压(13);

锥体法拉第盘(6)的锥体顶端与同轴信号线(10)的线芯相连,法拉第盘屏蔽筒(7)远离第二级微通道板(5)的一端与同轴信号线(10)的外部屏蔽层相连。

2. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

锥体法拉第盘(6)与法拉第盘屏蔽筒(7)之间形成的输出阻抗为 $50\Omega$ ,与锥体法拉第盘后连接的 $50\Omega$ 同轴信号线(10)之间实现阻抗匹配。

3. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

第一级微通道板(4)的入射面(4a)设置于飞行时间质谱仪的无场飞行区(1)外侧,平行于出口栅网(2)放置。

4. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

分别于第一级微通道板(4)和第二级微通道板(5)各自的两个端面之间设置有MCP工作电压(11),电压大小为 $-500\sim-1500\text{V}$ 。

5. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

第一级微通道板(4)和第二级微通道板(5)上的微通道均倾斜于微通道板的板面设置,第一级微通道板(4)和第二级微通道板(5)按其上的微通道倾斜方向呈非平行的方式排列。

6. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

第一级微通道板(4)的出射面(4b)和第二级微通道板(5)的入射面(5a)间距 $0.1\sim 20\text{mm}$ ,MCP片间加速电压(12)的大小为 $-20\sim-1500\text{V}$ 。

7. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

第二级微通道板(5)的出射面(5b)和法拉第盘接收面(6a)间距 $0.1\sim 20\text{mm}$ ,后加速电压(13)的大小为 $-20\sim-1000\text{V}$ 。

8. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

法拉第盘接收面(6a)的面积为第二级微通道板(5)的出射面(5b)面积的 $10\%\sim 100\%$ 。

9. 根据权利要求1所述的飞行时间质谱仪检测器,其特征在于:

法拉第盘屏蔽筒(7)为锥体中空结构,其锥体底面的开口方向朝向第二级微通道板(5)的出射面(5b),整个屏蔽筒接地。

## 一种基于微通道板的飞行时间质谱仪检测器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及质谱分析仪器,具体的说是一种基于微通道板的飞行时间质谱仪检测器。

### 背景技术

[0002] 微通道板 (Microchannel Plate, MCP) 是一种由众多微米级电子倍增管平行排列组成的大面阵的电子倍增探测器,具有非常高的时间分辨率,其结构简单、增益高、时间响应快,常被用作飞行时间质谱仪的检测器。微通道板利用二次电子发射的特性,使高速撞击在其微通道内壁上的离子或者电子产生二次电子,这些二次电子在电场的加速下再次撞击微通道内壁形成电子倍增效应,经过微通道板放大后输出的电流信号由高速数据采集卡采集得到飞行时间质谱图。单片微通道板的增益能够达到  $10^5$ ,为了能够检测无场飞行区中微弱的离子信号,飞行时间质谱仪中通常使用两片或者更多的微通道板在其轴向方向装配形成串联工作的方式获得更高的增益。在传统的微通道板检测器中,一方面,串联的微通道板之间直接使用导体连接,没有电子加速电场,从上一级微通道板出射的电子在两片微通道板之间的区域不受电场力约束,容易发散,电子到达下一级微通道板入射面时在时间上有延迟,从而造成质谱峰的展宽;另一方面,法拉第盘作为微通道板输出电子的收集电极,常被制成平板式的结构,其输出阻抗与信号传输线之间并不满足阻抗匹配条件,在高频信号传输过程中产生振铃噪声,对数据采集卡的信号采集产生干扰,使质谱图中的背景噪声增大。

### 实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的在于提供一种基于微通道板的飞行时间质谱仪检测器。

[0004] 为实现上述目的,本实用新型采用的技术方案为:

[0005] 一种基于微通道板的飞行时间质谱仪检测器,包括第一级微通道板、第二级微通道板、锥体法拉第盘、法拉第盘屏蔽筒;

[0006] 第一级微通道板、第二级微通道板、锥体法拉第盘依次相互间隔、同轴、平行设置,锥体法拉第盘的锥体底面靠近第二级微通道板;法拉第盘屏蔽筒环绕于锥体法拉第盘外部,并与锥体法拉第盘间同轴设置、它们之间设有空隙;

[0007] 第一级微通道板、第二级微通道板和法拉第盘屏蔽筒分别与直流电源相连,且电势逐渐增加,于第一级微通道板的出射面和第二级微通道板的入射面之间以及第二级微通道板的出射面和法拉第盘屏蔽筒之间形成有 MCP 片间加速电压和后加速电压;

[0008] 锥体法拉第盘的锥体顶端与同轴信号线的线芯相连,法拉第盘屏蔽筒远离第二级微通道板的一端与同轴信号线的外部屏蔽层相连。

[0009] 锥体法拉第盘与法拉第盘屏蔽筒之间形成的输出阻抗为  $50\ \Omega$ ,与锥体法拉第盘后连接的  $50\ \Omega$  同轴信号线之间实现阻抗匹配。

[0010] 第一级微通道板的入射面设置于飞行时间质谱仪的无场飞行区外侧,平行于出口

栅网放置。

[0011] 分别于第一级微通道板和第二级微通道板各自的两个端面之间设置有 MCP 工作电压,电压大小为  $-500 \sim -1500\text{V}$ 。

[0012] 第一级微通道板和第二级微通道板上的微通道均倾斜于微通道板的板面设置,第一级微通道板和第二级微通道板按其上的微通道倾斜方向呈非平行的方式排列。

[0013] 第一级微通道板的出射面和第二级微通道板的入射面间距  $0.1\text{--}20\text{mm}$ ,MCP 片间加速电压的大小为  $-20 \sim -1500\text{V}$ 。

[0014] 第二级微通道板的出射面和法拉第盘接收面间距  $0.1\text{--}20\text{mm}$ ,后加速电压的大小为  $-20 \sim -1000\text{V}$ 。

[0015] 法拉第盘接收面的面积为第二级微通道板的出射面面积的  $10\% \sim 100\%$ 。

[0016] 法拉第盘屏蔽筒为锥体中空结构,其锥体底面的开口方向朝向第二级微通道板的出射面,整个屏蔽筒接地。

[0017] 本实用新型提供的飞行时间质谱仪检测器,采用两片微通道板串联的模式和锥体法拉第盘结构,一方面,在两片微通道板之间以及微通道板与离子接收电极之间设置电子加速电压,将上一级微通道板出射的电子加速至下一级微通道板的入射面或者法拉第盘的接收面,从而抑制了电子的发散,减少电子在空间传输的时间延迟,有效减小质谱峰的展宽;另一方面,锥体法拉第盘和屏蔽筒的尺寸通过计算,设计的输出阻抗为  $50\ \Omega$ ,与法拉第盘后连接的  $50\ \Omega$  同轴信号传输线之间实现阻抗匹配,大大减少了振铃噪声的产生。整套检测器装置结构紧凑、使用方便,可有效提高飞行时间质谱仪的质量分辨能力,减小质谱图中的背景噪声。

#### 附图说明

[0018] 图 1 为本实用新型的飞行时间质谱仪检测器结构示意图。

[0019] 图 2 为本实用新型中不同 MCP 片间电压下质谱峰宽的对比图。

[0020] 图 3 为本实用新型中法拉第盘阻抗匹配与阻抗不匹配时得到的质谱峰信号。

#### 具体实施方式

[0021] 请参阅图 1,为本实用新型的结构示意图,图中 3 为入射离子,8 为第一级微通道板出射电子,9 为第二级法拉第盘出射电子。本实用新型的飞行时间质谱仪检测器,由第一级微通道板 4 和第二级微通道板 5、锥体法拉第盘 6、法拉第盘屏蔽筒 7 构成。

[0022] 第一级微通道板 4、第二级微通道板 5、锥体法拉第盘 6 依次相互间隔、同轴、平行设置,锥体法拉第盘 6 的锥体底面靠近第二级微通道板 5;法拉第盘屏蔽筒 7 环绕于锥体法拉第盘 6 外部,并与锥体法拉第盘 6 间同轴设置、它们之间设有空隙;

[0023] 第一级微通道板 4、第二级微通道板 5 和法拉第盘屏蔽筒 7 分别与直流电源相连,且电势逐渐增加,于第一级微通道板 4 的出射面 4b 和第二级微通道板 5 的入射面 5a 之间以及第二级微通道板 5 的出射面 5b 和法拉第盘屏蔽筒 7 之间形成有 MCP 片间加速电压 12 和后加速电压 13;

[0024] 锥体法拉第盘 6 的锥体顶端与同轴信号线 10 的线芯相连,法拉第盘屏蔽筒 7 远离第二级微通道板 5 的一端与同轴信号线 10 的外部屏蔽层相连。

[0025] 锥体法拉第盘 6 与法拉第盘屏蔽筒 7 之间形成的输出阻抗为  $50\ \Omega$ ，与锥体法拉第盘后连接的  $50\ \Omega$  同轴信号线 10 之间实现阻抗匹配。

[0026] 第一级微通道板 4 的入射面 4a 设置于飞行时间质谱仪的无场飞行区 1 外侧，平行于出口栅网 2 放置。

[0027] 第一级微通道板 4 和第二级微通道板 5 上的微通道均倾斜于微通道板的板面设置，第一级微通道板 4 和第二级微通道板 5 按其上的微通道倾斜方向呈非平行的方式排列。

[0028] 法拉第盘屏蔽筒 7 为锥体中空结构，其锥体底面的开口方向朝向第二级微通道板 5 的出射面 5b，整个屏蔽筒接地。

[0029] 本实用新型将第一级微通道板 4 的入射面 4a 用做来自无场飞行区 1 中的高能入射离子 3 的接收面，入射离子 3 在撞击在第一级微通道板 4 的微通道内壁上激发出二次电子，产生的二次电子在 MCP 工作电压 11 的加速下再次撞击微通道内壁形成电子倍增，多次撞击之后，倍增的二次电子从第一级微通道板 4 的出射面 4b 飞出。第一级微通道板出射电子 8 在大小为  $-800\text{V}$  的 MCP 片间加速电压 12 的加速下打在与第一级微通道板相距  $10\text{mm}$  的第二级微通道板 5 的入射面 5a 上。第一级微通道板出射电子 8 在 MCP 工作电压 11 的加速下同样会在第二级微通道板 5 的微通道内壁上产生电子倍增，形成数量更多的第二级微通道板出射电子 9。第二级微通道板出射电子 9 在大小为  $-500\text{V}$  的 MCP 片间加速电压 13 的加速下打在与第二级微通道板相距  $10\text{mm}$  的锥体法拉第盘接收面 6a 上，产生电流信号通过  $50\ \Omega$  同轴信号线 10 传输至高速数据采集卡采集。法拉第盘接收面 6a 的面积设置为第二级微通道板 5 的出射面 5b 面积的  $60\%$ 。

[0030] 法拉第盘 6 和法拉第盘屏蔽筒 7 均为锥体结构，其尺寸大小通过公式①计算，得到的输出阻抗为  $50\ \Omega$ ，与锥体法拉第盘后连接的  $50\ \Omega$  同轴信号线 10 之间实现阻抗匹配：

$$[0031] \quad Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{b}{a} \text{①}$$

[0032] 其中， $Z_0$  为输出阻抗， $\epsilon_r$  为法拉第盘和屏蔽筒之间填充绝缘介质的介电常数， $a$  为法拉第盘锥体外径， $b$  为屏蔽筒锥体内径。

[0033] 本实用新型通过在两片微通道板之间以及微通道板与离子接收电极之间设置电子加速电压的方法，将上一级微通道板出射的电子加速至下一级微通道板的入射面或者法拉第盘的接收面，从而抑制了电子的发散，减少电子在空间传输的时间延迟，有效减小质谱峰的展宽。图 2 所示为 MCP 片间加速电压对质谱峰宽的影响，实验中使用  $100\text{ppm}$  的苯样品气体在单光子电离模式下产生苯的分子离子的飞行时间质谱信号。可见，在 MCP 片间加上  $-365\text{V}$  的电子加速电压得到的质谱峰（红色）比不加电压时（黑色）半峰宽要窄  $40\%$  以上，从而有效提高飞行时间质谱的质量分辨能力。

[0034] 法拉第盘阻抗匹配与阻抗不匹配时得到的质谱信号如图 3 所示。实验中同样使用  $100\text{ppm}$  的苯样品气体在单光子电离模式下产生苯的分子离子的飞行时间质谱信号。从图中可以看出，法拉第盘阻抗不匹配时（黑色），质谱峰后产生很多振铃噪声，会干扰信号的采集，使质谱图中的背景噪声增大，苯的同位素峰  $m/z79$  被振铃噪声掩盖；法拉第盘阻抗匹配时（红色），振铃噪声基本消失，苯的同位素峰  $m/z79$  清晰可见。

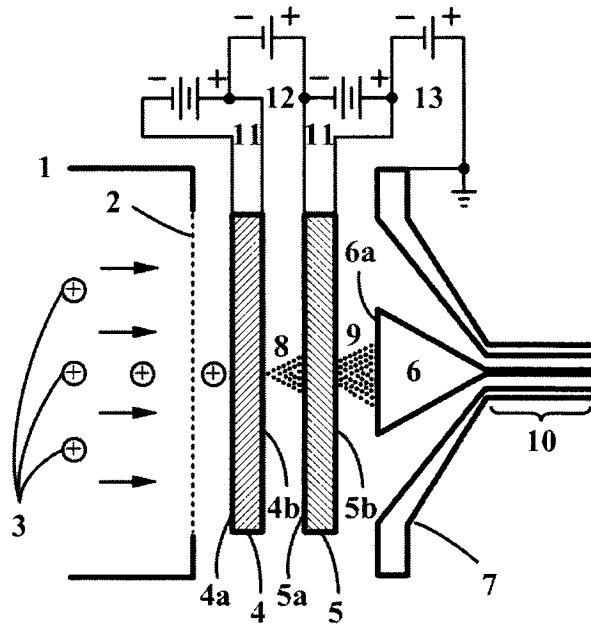


图 1

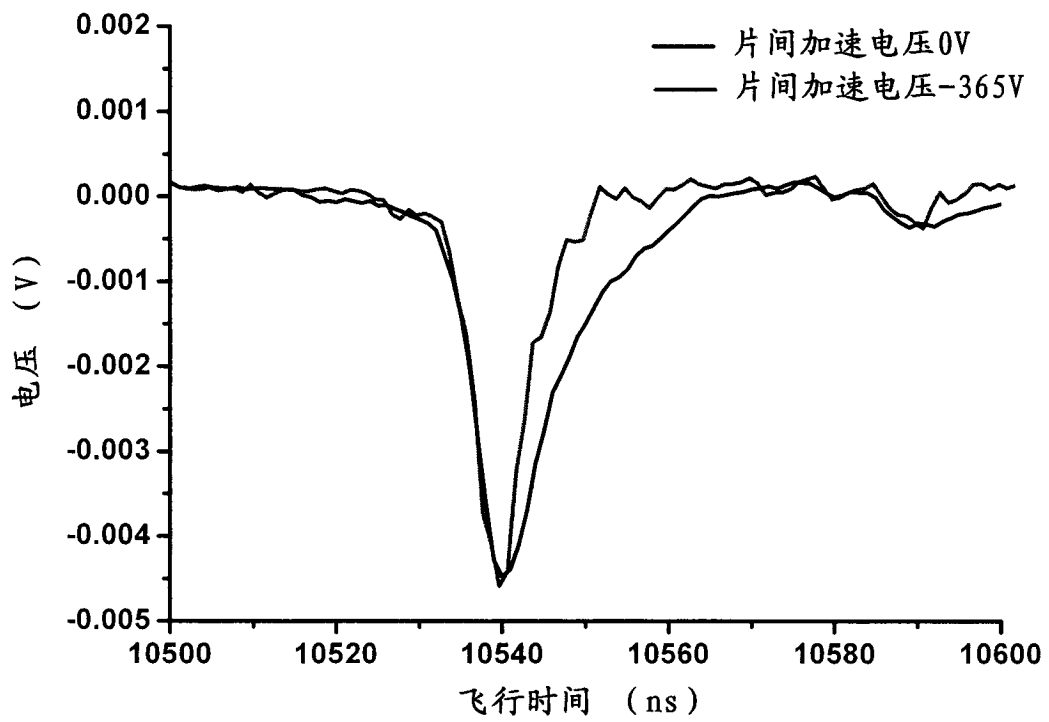


图 2

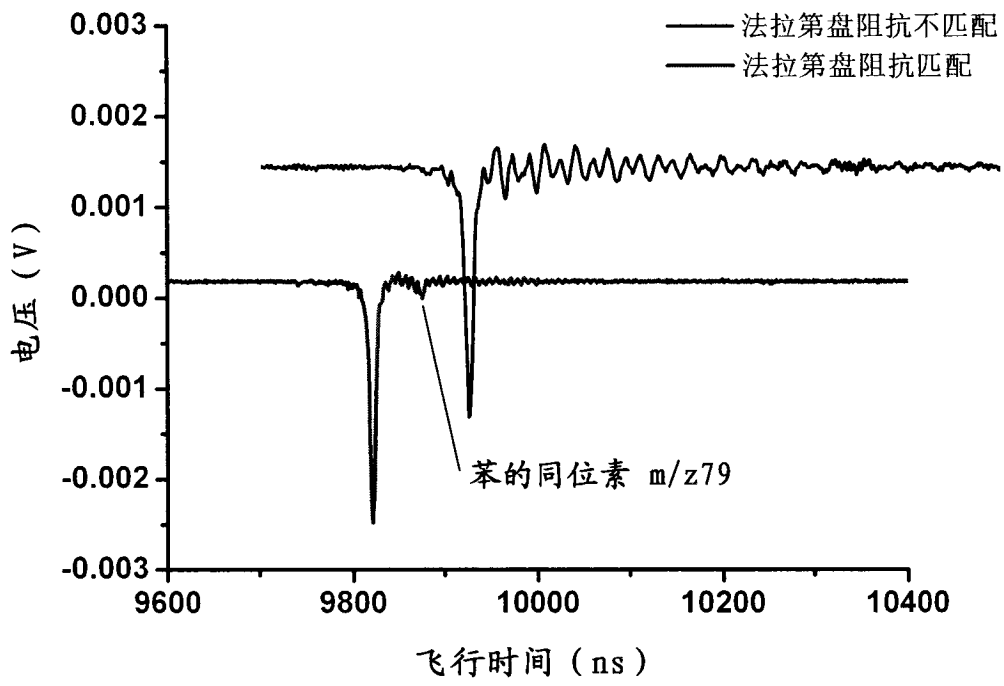


图 3