

## 高增益型气体电子倍增微网结构探测器的性能研究\*

范胜男<sup>1)2)3)</sup> 王波<sup>2)</sup> 祁辉荣<sup>1)2)†</sup> 刘梅<sup>1)2)3)</sup> 张余炼<sup>4)</sup> 张建<sup>1)2)</sup>  
刘荣光<sup>1)2)</sup> 伊福廷<sup>2)</sup> 欧阳群<sup>1)2)</sup> 陈元柏<sup>1)2)</sup>

1) (核探测与核电子学国家重点实验室, 中国科学院高能物理研究所, 北京 100049)

2) (中国科学院高能物理研究所, 北京 100049)

3) (中国科学院大学, 北京 100049)

4) (兰州大学, 兰州 730000)

(2012年11月23日收到; 2013年1月24日收到修改稿)

随着微结构气体探测器的不断发展, 不同的探测需求相继提出. 为了实现气体探测器在高增益和低打火率的条件下长时间稳定工作, 结合气体电子倍增器 (GEM) 与微网结构气体探测器 (MicroMegas) 的探测优势, 成功研制出一种基于 GEM 作为预放大的 MicroMegas 探测器, 详细介绍了探测器结构和工作原理, 并利用  $^{55}\text{Fe}$  放射源对探测器增益、打火率、能量分辨和工作稳定性等性能进行了实验测量. 分析结果显示 GEM-MicroMegas 探测器可以连续工作 30 h 以上, 探测器增益可以超过  $10^6$ , 相对于无 GEM 膜的 MicroMegas 探测器, 相同增益下打火率可以降低近 100 倍.

**关键词:** 微网结构气体探测器, 能量分辨率, 增益, 打火率

**PACS:** 29.40.Cs

**DOI:** 10.7498/aps.62.122901

## 1 引言

微网结构气体探测器 (micro-mesh gaseous structure, MicroMegas) 是 1996 年由 Saclay 实验室发明的一种新型气体探测器<sup>[1]</sup>. 它主要由漂移极、读出极和金属丝网组成, 其中漂移区的大小一般在几毫米, 漂移电场强度约 100 V/cm; 雪崩区由金属丝网与读出极 100  $\mu\text{m}$  左右的间距构成, 雪崩区的电场强度约 30 kV/cm. 当带电粒子在漂移区发生电离, 电离电子沿着电力线穿过金属丝网, 在雪崩区的强电场中发生电子雪崩, 最后雪崩电子被读出极收集. MicroMegas 探测器本身的结构优势使得其具有高计数率、位置分辨、时间分辨、耐辐照和价格低廉等优点, 在近几年已被成功应用于高能物理探测领域<sup>[2-4]</sup>. 但是, 由于 MicroMegas 探测器的雪崩区间距非常小, 当入射粒子通量很高, 探测器又需要承受较高增益时, 在雪崩区非常容易造成局部

空间电子数目过大 ( $> 10^7$ )<sup>[5]</sup>, 容易发生流光放电, 损坏探测器和前端电子学系统, 并且引起很大的死时间<sup>[6]</sup>. 气体电子倍增器 (gas electron multiplier, GEM) 是由欧洲核子中心在 1997 年发展起来的一种气体电子倍增器件, 主要利用微电子加工与刻蚀工艺, 在 70  $\mu\text{m}$  厚的双面覆铜 Kaptan 薄膜上, 刻蚀出孔径为 70  $\mu\text{m}$ , 间距为 140  $\mu\text{m}$  的阵列小孔. 工作时当电子进入到小孔, 在强电场的中实现电子倍增, 单层 GEM 的增益可以达到 30 倍以上. 成熟的工艺可以实现大面积 GEM 的制作, 薄膜孔结构使得 GEM 具有高位置分辨、能量分辨、易于组装和高计数率等优点. 但是, 实际测量中为了达到较高的增益, 需要三层到四层的 GEM 膜级联倍增形成探测器<sup>[7]</sup>, 这种探测器结构造成最下层的 GEM 膜承受非常高的电子倍增压力, 使得下层 GEM 膜很容易局部放电, 损坏探测器<sup>[8]</sup>.

本文介绍一种 GEM-MicroMegas 级联探测器

\* 国家自然科学基金 (批准号: 11275224) 资助的课题.

† 通讯作者. E-mail: qjhr@ihep.ac.cn

(简称“GEM-MM 探测器”)的研制. 该探测器既结合 GEM 膜和 MicroMegas 探测器的探测优势, 又避开各自的不足, 在保证了两者优先前提下, 使探测器获得更高的增益, 在同等增益下又降低了探测器的打火率, 从整体上提高了探测器的性能. 本文最后给出了 GEM-MM 探测器的增益、能量分辨、打火率和长时间工作等性能研究结果, 并与无 GEM 膜的 MicroMegas (MM 探测器) 做了比较.

## 2 GEM-MM 探测器

### 2.1 探测器结构

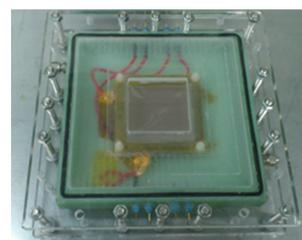
GEM-MM 探测器结构如图 1(a) 所示, 自上而下主要由漂移极、一层标准 GEM 膜、带有阵列支撑微柱的金属微网和读出阳极组成, 相对于标准 MicroMegas 探测器多了 GEM 膜部分. 其中所用的 GEM 膜为从 CERN 购买的 GEM 膜<sup>[9]</sup>, GEM 膜的有效探测面积为  $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ . MicroMegas 探测器为自行研制的基于 Bulk 工艺<sup>[10]</sup> MicroMegas 探测器. 漂移极与 GEM 膜上表面之间通过高度均匀的  $4\text{ mm}$  标准绝缘柱支撑, 形成电子漂移区, 漂移区电场为  $625\text{ V/cm}$ . GEM 膜下表面与金属微网之间通过高度为  $1.4\text{ mm}$  的标准绝缘柱支撑, 形成电子传输区, 传输区电场为  $270\text{ V/cm}$ . 金属微网与阳极间形成雪崩区, 由 Bulk 工艺形成  $128\text{ }\mu\text{m}$  高度均匀的阵列绝缘柱支撑, 雪崩区电场为  $30\text{ kV/cm}$ . 其中金属微网为国产的不锈钢编织网, 丝径为  $22\text{ }\mu\text{m}$ , 丝间距为  $40\text{ }\mu\text{m}$ . Bulk 工艺采用的光刻膜是杜邦公司<sup>[11]</sup>生产的 PC1025 光刻膜, 形成的阵列绝缘柱直径为  $200\text{ }\mu\text{m}$ , 间距为  $2\text{ mm}$ . 下层的 MicroMegas 探测器有效探测面积为  $30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ , 因此整个 GEM-MM 探测器的有效探测面积为  $30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ . 读出电极采用单 Pad 读出, Pad 的尺寸为  $30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ .

整个探测气室为有机玻璃组装而成, 图 1(b) 给出了 GEM-MM 气体探测器的实物照片. 工作时的金属丝网电压  $200\text{--}400\text{ V}$  可调, GEM 膜上下表面工作压差  $250\text{--}320\text{ V}$  可调, 漂移极采用  $900\text{ V}$  高压, 高压系统采用 CAEN 的 SY127 高压系统多路独立供电方式, 同时检测每个通道的高压反馈电流. 工作气体为 Ar/Iso(95/5) 配比的混合气体, 采用流气式工作模式, 气流量为  $30\text{ mL/min}$ . 在室温和常压下进行探测器性能指标测量, 采用放射源为活度为  $5\text{ mCi}$  的  $^{55}\text{Fe}$  X 射线源, 在放射源与探测器入射窗

之间通过  $1\text{ mm}$  孔径的铅准直孔进行准直. 入射窗材料为一层聚酯薄膜 (Mayer) 膜, 厚度为  $50\text{ }\mu\text{m}$ .



(a)



(b)

图 1 GEM-MM 探测器 (a) 结构示意图; (b) 实物图

图 2 为 GEM-MM 探测器测量结构示意图, 主要由探测器、高压系统、前置放大器、主放大器、多道分析器和数据采集计算机组成. 与读出阳极同等大小的感应电荷信号经金属丝网输入到 ORTEC 的 142IH 电荷灵敏前置放大器进行放大. 放大信号分为两路, 一路输入示波器, 通过 Labview 程序对波形进行采集和保存, 进行波形信息分析; 另外一路输入 ORTEC 的 572A 主放大器进行信号的放大和成形, 信号的幅度信息最后由 ORTEC 的 ASPEC-927 多道分析器采集, 获得相应的能谱信息进行分析.

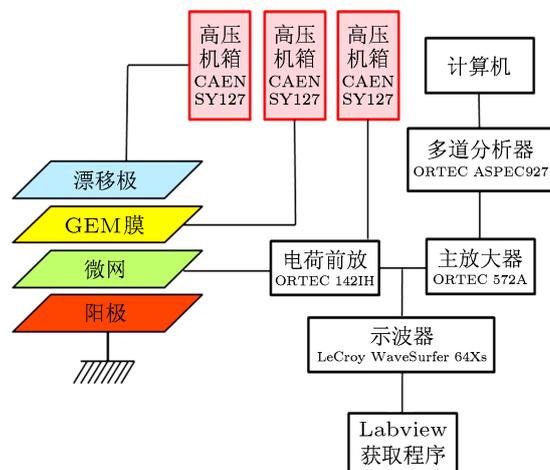


图 2 探测器测量示意图

## 2.2 工作原理

放射源产生的 X 射线经直径 1 mm, 高度 2 mm 的铅准直孔入射至探测窗, 进入探测器, 与工作气体发生相互作用<sup>[12]</sup>. 部分 X 射线在漂移区与工作介质发生光电效应, 光电子与气体分子反应电离出原初电子, 原初电子经电场输运到 GEM 的微孔电场中倍增放大, 放大后的电子再次经电场输运, 经过传输区进入到 MicroMegas 的微网电场中倍增放大, 信号由阳极上的电极板感应读出, 这时产生的放大信号所对应的放大倍数即是 GEM-MM 探测器的总增益  $G_{\text{GEM-MM}}$ . 未在漂移区发生光电效应的 X 射线进入传输区, 与气体发生反应, 产生的原初电子经电场输运, 进入到 MicroMegas 的微网电场中倍增放大, 信号同样由阳极上的电极板感应读出, 产生的放大信号所对应的放大倍数即是 MicroMegas 的增益  $G_{\text{MM}}$ ; 由此可以计算得到 GEM 的预放大增益  $G_{\text{GEM}}$ :

$$G_{\text{GEM}} = \frac{G_{\text{GEM-MM}}}{G_{\text{MM}}}. \quad (1)$$

GEM-MM 的工作原理主要是采用了 GEM 的预放大, 使得 GEM-MM 探测器获得与 MicroMegas 同样的增益或者更高的增益, 避免了因提高 MicroMegas 工作高压引起的雪崩区电场升高, 造成 MicroMegas 的打火和放电概率的升高, 可以在相对较低的工作高压下使用 MicroMegas; 同时避免了为提高增益采用级联 GEM 的结构, 使得最下层 GEM 膜承受高的电子放大而造成 GEM 膜的损坏, 可以在单层 GEM 膜的放大下安全使用.

## 2.3 测量原理

数据的分析主要通过测量 GEM-MM 和标准 MicroMegas 探测器在不同工作高压下的有效增益, 测量中使用  $^{55}\text{Fe}$  放射源, 该放射源能够提供连续的、固定能量为 5.9 keV 的 X 射线. 通过理论计算可以得出该能量 X 射线与工作气体 (Ar) 电离产生的原初电子数目  $N_p$ , 原初电子数目与获得的电荷信息成正比且与 X 射线的能量相关, 最终分析获得的电荷谱 (刻度为能量谱) 信息, 可以得到探测器对于原初电子的放大增益、能量分辨和打火率等性能指标. 采用氩气作为主要探测介质的 GEM-MM 气体探测器, 可以测得  $^{55}\text{Fe}$  源的两个特征 X 射线能量峰, 分别为能量 5.33 keV 的全能峰和 2.7 keV 的电子逃逸峰<sup>[12]</sup>, 两者的能量比值约为 1.97. 当工作

气体为氩气/异丁烷 (95/5) 时, 5.33 keV 的特征 X 射线所产生的原初电子数约为

$$N_p = \frac{5.33 \times 10^3 \times 95\%}{26} + \frac{5.33 \times 10^3 \times 5\%}{23} = 206, \quad (2)$$

其中 26 eV 和 23 eV 分别是氩气和异丁烷气体产生一对电子 - 离子所需的平均能量<sup>[12]</sup>. GEM-MM 探测器的输出电荷信号通过的多道分析器获取, 通过原初电子数目、电荷值和能量三者的正比关系, 可以得到 5.33 keV 全能峰在探测器不同工作电压下, 信号对应多道分析器获取的道数. 如果多道分析器的道值对应的电子数为  $N_e$ ,  $N_e$  可以通过已知方波信号和标准电容来标定. 这样探测器的主要性能指标有效增益  $G$  通过下式<sup>[12]</sup> 计算得到:

$$G = \frac{N_e}{N_p}. \quad (3)$$

## 3 探测器性能研究

### 3.1 电子学标定

电子学标定的主要目的是在已有的电子学获取系统下, 通过测量得到输入电荷量与数据采集系统获取信息的定量关系. 由脉冲发生器产生幅度为  $U$ , 宽度 15 ms, 上升时间 5 ns, 下降时间 5 ns 的方波信号, 经过 2 pF 的标准电容  $C$ , 输入到 ORTEC 142IH 前置放大器的输入端, 前放的输出信号再经过主放大器, 成形放大后由多道分析器采集. 通过改变脉冲发生器输入的方波信号幅度  $U$ , 线性改变输入电容的电荷量  $Q$ , 测量得到  $Q$  与多道分析器通道数 ( $CH$ ) 的关系如图 3 所示. 线性拟合得到  $Q$  与  $CH$  的关系如下:

$$Q = 2.48 \times 10^{-16} CH - 5.88 \times 10^{-15}, \quad (4)$$

根据  $Q$  与  $e$  的关系

$$Q = N_e \cdot e, \quad (5)$$

可以求得电子数  $N_e$  (其中  $e$  为元电荷,  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

通过电子学标定, 得到数据采集电子学系统的放大线性关系、多道分析器  $CH$  与  $Q$  的线性关系. 从图 3 可以看出, 已有的电子学采集系统信号放大线性良好, 通过电荷量  $Q$  与能量的正比关系, 可以将道值对应的  $Q$  值刻度为对应能量值 (keV), 即能量谱. 测量 GEM-MM 探测一定电荷量  $Q$  对应的多

道分析器道值, 可以计算得到该能量下原初电离电子数目, 利用 (3) 式得到探测器的增益结果.

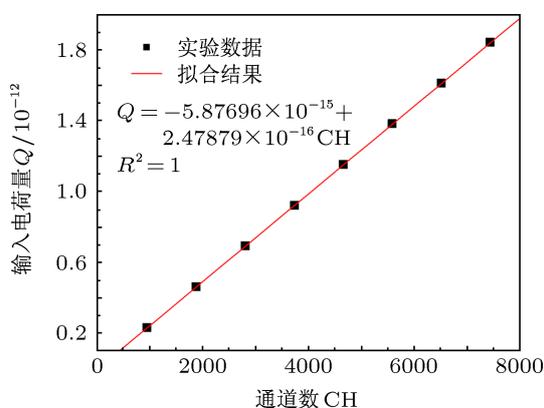


图3 电子学标定曲线

### 3.2 增益结果分析

标准的 MM 探测器, 由于其结构的特殊性, 实际使用中为实现较高的增益 ( $> 10^4$ ), 需要不断提升微网电压, 使得雪崩区的电场值迅速提升, 但是与此同时, 也容易发生流光放电现象, 从而损坏探测

器本身和后续采集电路<sup>[13]</sup>. 这一效应限制了标准 MM 探测器的增益上限和实际的应用需求. 而这种采用预放大的 GEM-MM 探测器中, 原初电子束团通过 GEM 膜的预放大, 缓解了 MM 探测器雪崩区的放大压力, 在实现与标准 MM 探测器相同的增益状态下, 可以适当降低 MM 探测器的微网电压, 既保证了探测器高的增益特性, 又降低了探测器的打火率<sup>[14]</sup>, 实现了探测器更加稳定的工作. 并且可以在实现稳定的工作状态下, 适当调高 MM 探测器的微网工作高压, 使探测器有更高的增益. 相对于标准 MM 探测器, 性能上有显著提升.

GEM-MM 探测器的有效增益, 主要由 GEM 膜电压和 MM 微网电压工作影响得到, 微网电压和 GEM 膜电压的提高都会使探测器的总增益增加. GEM-MM 探测器的增益测量结果如图 4 所示, 给出了 GEM 膜电压为 250—370 V, MM 探测器微网电压为 210—420 V 不同对应点的增益结果. 结果显示 GEM-MM 探测器可以实现明显高于标准 MM 探测器的增益, 并且在实现相同增益下微网电压明显低于标准 MM 探测器.

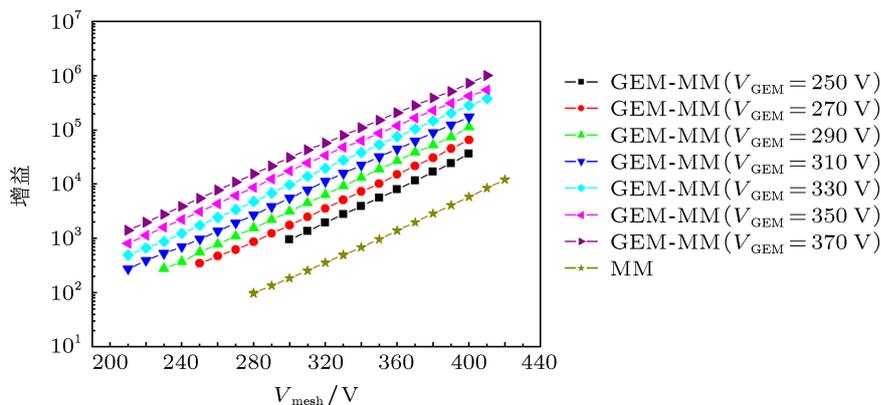


图4 GEM-MM 探测器与 MM 探测器增益的比较

当 GEM 膜两端电压一定时, 探测器的总增益随微网电压的增加呈指数关系; 当微网电压一定时, GEM 两端电压每增加 20 V, 探测器的总增益呈 60% 左右线性增加. 实际测量中总增益能达到  $10^6$  时, 相比于标准 MM 探测器, GEM-MM 探测器可以实现更高的增益结果, 并且探测器能够保持极低的打火率和稳定的工作状态.

### 3.3 能谱测量分析

通过分析 GEM-MM 探测器对  $^{55}\text{Fe}$  X 放射源的能谱响应, 可以得到探测器的能量分辨率. 图 5

为 GEM-MM 探测器的能谱测量结果, 可以清楚地看到两组特征 X 射线的全能峰和逃逸峰, 这主要是因为 5.9 keV X 射线在氩气中的光电转换效率并不是 100%. 当 Ar 气层厚度为 4 mm 时, 转换效率大约为 13%<sup>[12]</sup>. 在漂移区, 部分 X 射线发生光电效应, 该区域工作气体中, 原初电离电子经过经 GEM 和 MM 两级放大, 形成高道数的能谱峰; 余下的 X 射线部分在传输区发生光电效应, 该区域工作气体中, 原初电离电子经过经 MM 放大, 形成低道数的能谱峰. 能谱结果很好地验证了 GEM-MM 探测器的测量原理.

两组全能峰中心位与逃逸峰中心位的比值分别为 1.96 和 1.95, 根据两个全能峰位之比, 可以得到 GEM 膜的自身放大倍数 (增益), 结果如图 6 所示.

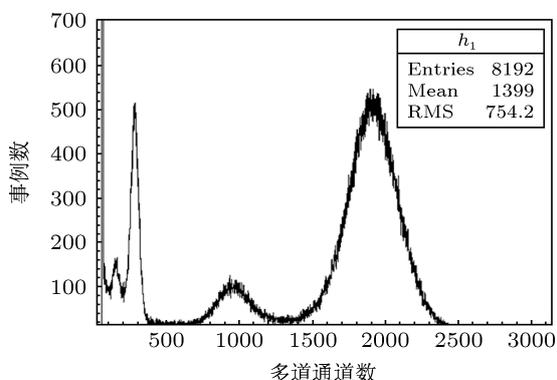


图 5 <sup>55</sup>Fe 能谱图

能量分辨通过对高道数的全能峰进行高斯拟合, 得到拟合结果, 根据公式得到探测器的能量分辨率  $\eta$ <sup>[12]</sup>:

$$\eta = \frac{\omega}{\rho} = \frac{2.35\sigma}{\rho}, \quad (6)$$

其中,  $\omega$  为全能峰分布的半高度处的全宽度

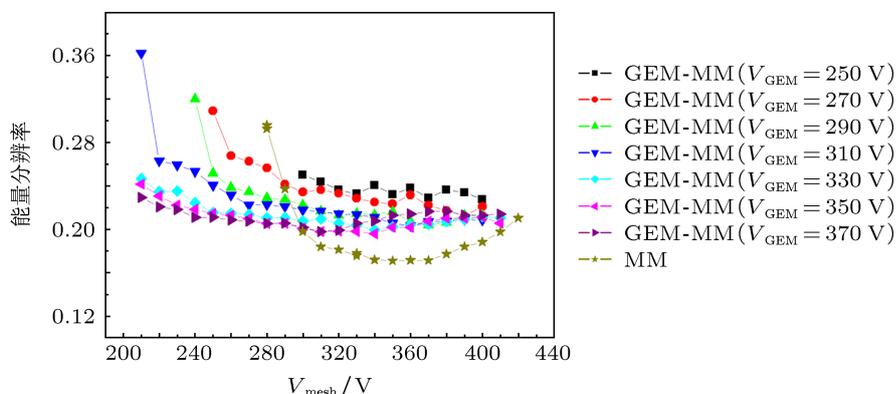


图 7 能量分辨率结果

### 3.4 打火率分析

MM 探测器的一个主要优势在于拥有很窄的雪崩区, 这样阳离子可以被很快收集, 从而减少空间电荷效应的影响, 得以提高探测器的计数率. 但是由于狭窄的雪崩区, 非常容易在高场强的雪崩区产生金属网与读出电极间的打火, 损坏探测器和后续电子学. 当入射粒子为高能带电粒子时, 这种情况更容易发生. 为了避免和减小这种现象的产生, 在 MM 的微网电极上方加一个预放大器, 则能显著

降低探测器的打火率<sup>[14]</sup>, 且预放大器的存在, 能缓解雪崩区的倍增压力, 降低雪崩区的电场大小, 从而避免满足放电发生的 Raether 条件<sup>[5]</sup>. 在这个实验测量中, 即在金属网和漂移极之间加一层 GEM 膜, 起到预放大的功能.

根据 GEM-MM 增益为 15000 时, 信号电荷量为 0.57 pC, 定义电荷量超过 2 pC (约四倍关系) 为打火事例, 打火率根据以下公式求得:

$$\text{打火率} = \frac{\text{放电事例数}}{\text{总事例数}}. \quad (7)$$

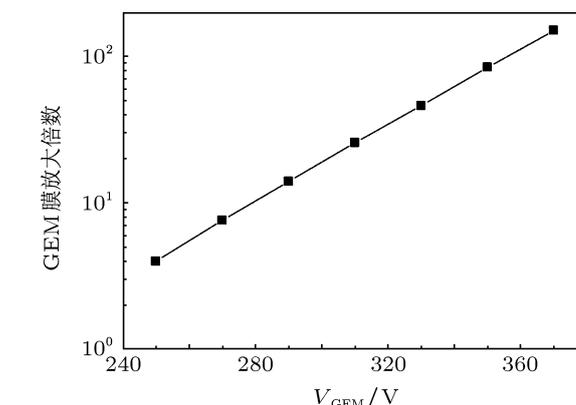


图 6 GEM 膜放大倍数

实验中, 为了提高统计量, 每次的获取数据时间为 5 h. GEM-MM 探测器和 MM 探测器的打火率测量结果如图 8 所示. 结果表明, 在相同增益下, GEM-MM 探测器相对于标准 MM 探测器能降低 10—100 倍的打火率; 随着增益的不断提高, GEM-MM 探测器相对于标准 MM, 具有良好的抑制打火

功能. 这种降低表明与 GEM-MM 打火有关的参数不是总的电子数, 而是 MM 探测器雪崩区电场值的局部电荷密度; 当雪崩区电场值升高, 电力线集中性增强, 使得雪崩区雪崩电子集中于局部区域的密度变高, 特别是支撑微网电极柱体部分, 因此适当降低微网电压, 可以显著降低 GEM-MM 打火率.

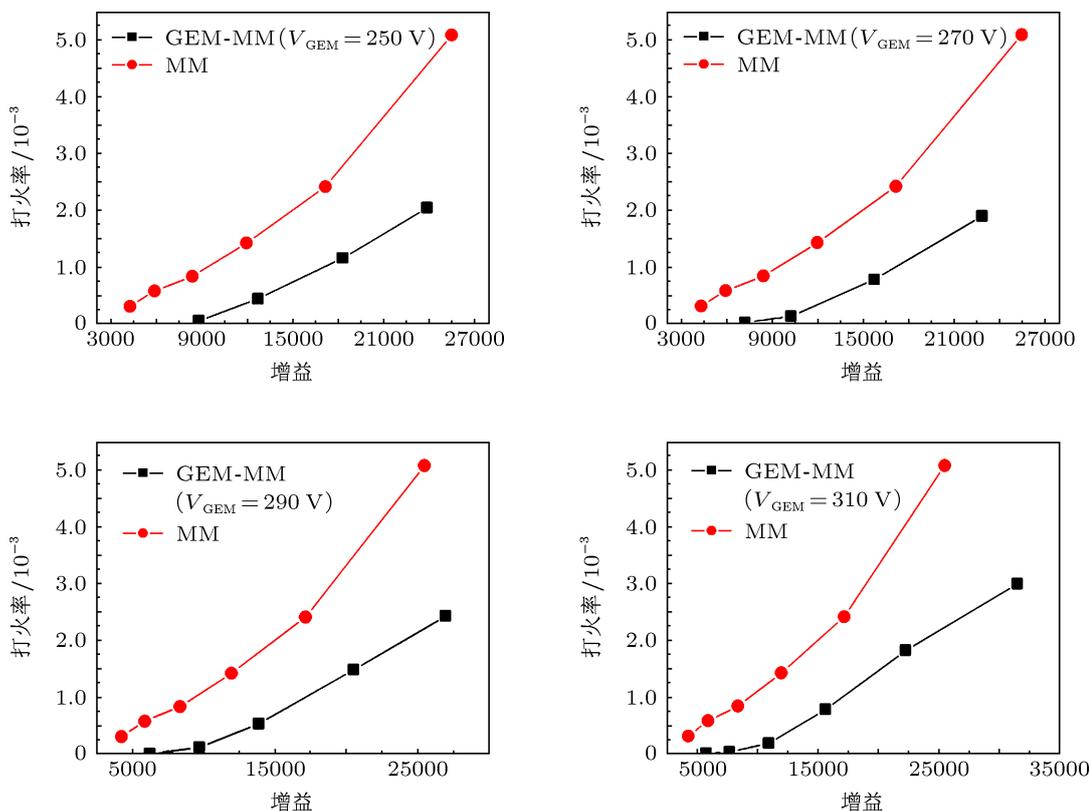


图 8 GEM-MM 探测器与 MM 探测器打火率对比

### 3.5 探测器稳定性分析

长时间工作稳定性是 GEM-MM 探测器的一个重要参数, 表明 GEM-MM 探测在实际工作中可以正常工作的时间指标. 在测量中使用的放射源是 <sup>55</sup>Fe 源, 放射性活度为 5 mCi, 在没有准直器的情况下放置在探测器入射窗上方. GEM 膜两端电压选取为 310 V, 从 300 V 到 350 V 改变 6 次微网电压, 每次数据采集时长为 5 h, 探测器连续工作 30 h, 测量探测器在该电压设置下的有效增益和打火率, 测量结果如图 9 所示. 结果表明 GEM-MM 探测器在 GEM 电压固定不变的情况下, 总增益随微网电压呈指数变化; 在相对于标准 MM 探测器的更高增益下, GEM-MM 的打火率随增益的增加呈指数上升趋势, 并且总体上保持相对较低的打火率; 在总的测量 30 h 内, GEM-MM 探测器都是稳定工作状

态, 因此在大于 24 h 连续工作的探测需求实验中, GEM-MM 探测器可以完全满足实验需求.

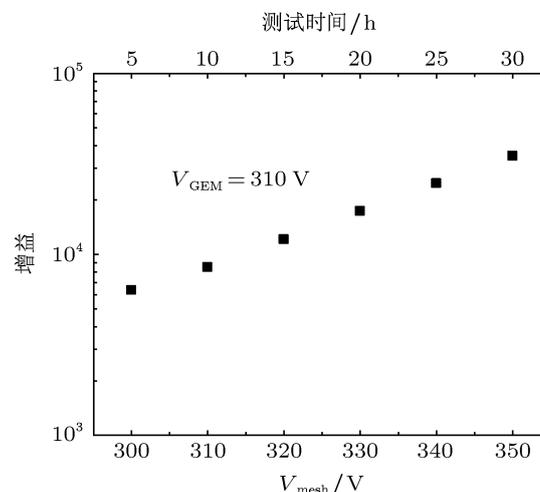


图 9 探测器稳定性测量

## 4 结论

本文结合标准 MM 和 GEM 探测器的各自探测结构优势, 设计制作出一种新的“GEM-MM 探测器”. 这种探测器可以在实现相对高的增益和稳定工作的前提下, 既克服了级联 GEM 探测器最下层 GEM 膜承受较高的电子倍增压力, 容易造成打火损伤 GEM 膜自身的问题, 又解决了标准 MM 探测器为提高增益电压升高, 引起雪崩区局部打火造成后续电子损坏的问题. 实验分析结果显示, GEM-MM 探测器能够在相同的增益下, 较标准 MM 探测器具有更加稳定的工作状态和更长的稳

定工作时间, 打火率能降低近 100 倍; 并且能够获得更高的增益, 已经测得 GEM-MM 探测器增益可达到  $10^6$ ; 在获得探测性能提高的同时, 对于能量为 5.9 keV 的 X 射线, GEM-MM 探测器依然可以获得最佳能量分辨率约 19.6% 的结果. GEM-MM 探测器相对于标准 MM 探测器和级联 GEM 探测器具有更好的性能指标, 将成为微型气体探测器的未来应用发展方向之一.

感谢中国科学院大学谢一冈教授和刘倩博士以及中国科学院高能物理研究所修青磊博士的讨论.

- 
- [1] Giomataris Y, Rebourgeard P, Robert J P, Charpak G 1996 *Nucl. Instr. Meth. A* **376** 29
- [2] Bernet C, Abbon P, Ball J, Bedfer Y, Delagnes E, Giganon A, Kunne F, Le Goff J M, Magnon A, Marchand C, Neyret D, Panebianco S, Pereira H, Platchkov S, Procureur S, Rebourgeard P, Tarte G, Thers D 2005 *Nucl. Instr. Meth. A* **536** 61
- [3] Alexopoulos T, Attié D, Boyer M, Colas P, Derré J, Diblen F, Fanourakis G, Ferrer-Ribas E, Gazis E, Gerialis T, Giganon A, Giomataris I, Herlant S, Jeanneau F, Kirch S, Ntomari E, Papaevangelou Th, Titov M, Tomás A, Tsipolitis G 2010 *JINST* **5** 02003
- [4] Delbart A 2010 *Nucl. Instr. Meth. A* **623** 105
- [5] Raether H Z 1939 *Physica A* **112** 464
- [6] Fonte P, Peskov V, Ramsey B D 1997 *SLAC J.* **97** 1
- [7] Zheng X C, Li Y L, Lai Y F, Li J 2007 *Nucl. Electron. Detect. Technol.* **27** 89 (in Chinese) [郑晓翠, 李玉兰, 来永芳, 李金 2007 核电子学与探测技术 **27** 89]
- [8] Fonte P, Martinengo P, Nappi E, Oliveira R, Peskov V 2008 *Nucl. Instr. Meth. A* **602** 850
- [9] Oliveira de R Gas Electron Multiplier (GEM) <http://ts-dep-dem.web.cern.ch/ts-dep-dem/products/gem/> [2012-09-18]
- [10] Fan R R, Hou F J, Ouyang Q, Chen Y B, Yi F T, Xie Y G, Dong J 2010 *Chin. Phys. C* **34** 1636
- [11] Dupont E I du Pont de Nemours and Company <http://www2.dupont.com/home/en-us/index.html>[2012-09-18]
- [12] Xie Y G, Chen C, Wang M, Lü J G, Meng X C, Wang F, Gu S D, Guo Y N 2003 *Nuclear Detector and Data Acquisition* (Beijing: Science Press) pp33-39,628 (in Chinese) [谢一冈, 陈昌, 王曼, 吕军光, 孟祥承, 王峰, 顾树棣, 过雅南 2003 粒子探测器与数据获取 (北京: 科学出版社) 第 33—39, 第 628 页]
- [13] Alexopoulos T, Burnens J, de Oliveira R, Glonti G, Pizzirusso O, Polychronakos V, Sekhniaidze G, Tsipolitis G, Wotschack J 2011 *Nucl. Instr. Meth. A* **640** 110
- [14] Charpak G, Derré J, Giomataris Y, Rebourgeard P 2002 *Nucl. Instr. Meth. A* **478** 26

# Study on the performance of a high-gain gas electron multiplier-MicroMegas chamber\*

Fan Sheng-Nan<sup>1)2)3)</sup> Wang Bo<sup>2)</sup> Qi Hui-Rong<sup>1)2)†</sup> Liu Mei<sup>1)2)3)</sup>  
Zhang Yu-Lian<sup>4)</sup> Zhang Jian<sup>1)2)</sup> Liu Rong-Guang<sup>1)2)</sup> Yi Fu-Ting<sup>2)</sup>  
Ouyang Qun<sup>1)2)</sup> Chen Yuan-Bo<sup>1)2)</sup>

1) (State Key Laboratory of Particle Detection and Electronics, Beijing 100049, China)

2) (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

3) (University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

4) (Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

(Received 23 November 2012; revised manuscript received 24 January 2013)

## Abstract

With the continuous development of the micro-structure of gas detectors, many different new detection requirements have been proposed. For more stable working time, lower discharge rate with long term and high effective gain, a new structure detector has been designed. Combined with the detection's advantages of MicroMegas and gas electron multiplier (GEM), it is composed of a MicroMagas chamber with one GEM foil as preamplifier. In this paper, the structure of the detector and detection principle are presented in detail. Using a <sup>55</sup>Fe X-ray radioactive source in the operation mixtures gas of argon and isobutene (Ar/Iso = 95/5), the performances of the detector gain, discharge rate, energy resolution and stable working time are investigated. Compared with standard MicroMegas detectors with no GEM foil, our detector show that a stable working time could reach more than 30 h of continuous work, the gain of the detector could exceed 10<sup>6</sup> and the discharge rate could be reduced by nearly 100 times at the same gain.

**Keywords:** micro-mesh gas structure, energy resolution, gain, discharge rate

**PACS:** 29.40.Cs

**DOI:** 10.7498/aps.62.122901

\* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 11275224).

† Corresponding author. E-mail: qih@ihep.ac.cn