

文章编号: 1007-4627(2009)04-0319-03

RETGEM 探测器的初步测试*

刘 达^{1,2}, 鲁辰桂^{1,2}, 段利敏^{1, #}, 胡荣江¹, 鲁彦霞¹, 李祖玉¹, 张金霞¹, 胡正国¹,
孙友梅¹, 徐治国^{1,2}, 马 朋^{1,2}, 耿 朋^{1,2}, 唐述文^{1,2}, 杨贺润^{1,2}, 王文昕³, 周建荣³

(1 中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000;

2 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3 兰州大学核科学与技术学院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 研制了一种新型的带有阻抗性电极的 TGEM——RETGEM(Thick GEM with Resistive Electrodes)探测器, 阻抗性电极可以有效地保护探测器和前端电子学免于偶尔放电的损伤。对 RETGEM 探测器进行了初步测试, 其中包括计数率、能量分辨、增益以及打火率。结果表明, 探测器达到了设计的基本要求。

关键词: RETGEM 探测器; 计数率; 能量分辨; 增益; 打火率

中图分类号: TL811+.1 **文献标识码:** A

1 引言

在过去的 20 年里, 人们研制了一系列微型气体探测器(MPGD)^[1]: MSGC, CAT, GEM^[2] 和 MICROMEAS等; 由于其突出的性能, 尤其具有良好的位置分辨, MPGD 很快应用于大型实验中, 而其中气体电子倍增器 GEM 发展尤其迅速。

对于微米厚(50—140 μm)的 GEM 探测器, 由于制备工艺很难掌握, 同时在高增益的情况下, GEM 探测器很容易被打火损伤, 所以我们着重发展稳定的毫米厚(0.4—3 mm)的孔状探测器: TGEM^[3](Thick GEM), 这种探测器可以用标准的工业 PCB 技术进行生产。为了能更好地抑制打火, 在 TGEM 的基础上, 欧洲核子中心(CERN)和意大利国家核物理研究院(INFN)首先提出, 用阻抗性电极代替 TGEM 上下的导体电极; 这样在高增益的情况下, 放电电流将会减弱上千倍, 就不会损害探测器和前端电子学, 我们称这种探测器为: RETGEM^[4](Thick GEM with Resistive Electrodes)。

本文对 RETGEM 的相关性能进行初步的测试。

2 探测器结构

我们所测试的 RETGEM 探测器的厚度为 1 mm, 孔直径为 0.5 mm, 孔间距为 0.8 mm, 上下电极为阻抗性材料, 厚度为 30 μm 。实验测试 RETGEM 探测器的结构示意图见图 1, 漂移间距为 8 mm, 漂移电场为 20 V/cm—2 kV/cm; 电子通过漂移区进入 RETGEM 时, RETGEM 两极间的电场强度需要达到 10 kV/cm 以上, 以实现雪崩放大。

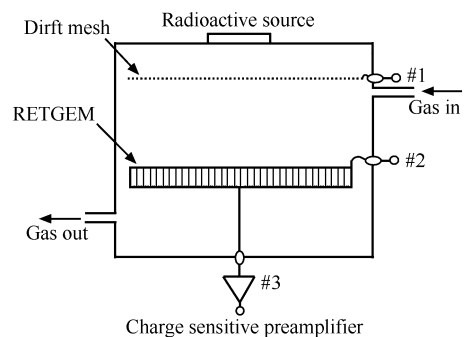


图 1 RETGEM 探测器测试的结构示意图

* 收稿日期: 2009-03-10; 修改日期: 2008-03-31

* 基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KJXC1-YW-004, YFKJXC3-SYW-No5); 国家重点基础研究发展计划项目(2008CB817702)

作者简介: 刘达(1982—), 男(汉族), 安徽太和人, 硕士研究生, 从事气体探测器研究。

通讯联系人: 段利敏, E-mail: lmduan@impcas.ac.cn

在实验中, 利用 Ortec 公司的 142AH 电荷灵敏前置放大器和 572 型主放大器对信号进行放大和成形。数据采集利用 KSC 公司的 CAMMAC 机箱控制器和 PHILLIPS 公司的 7164 ADC, 以及 Wiener PCICC32 采集卡。数据分析系统主要采用 CERN 的物理分析平台 PAW。工作气体为流气模式, 气体组分为 Ar 和 CO₂, 探测器测试温度为室温, 内部气压为 850 mb。实验过程中的放射源均为 ⁵⁵Fe (5.9 keV)。

3 结果与讨论

3.1 计数率曲线

为了确定 RETGEM 探测器的工作状态, 我们测量了探测器的计数率坪曲线, 结果见图 2。在 Ar + 20%CO₂ 的混合气体下, 电压在 1960 V 以上时, 计数率基本稳定在 400 Hz, 表明探测器具有较好的坪特性。

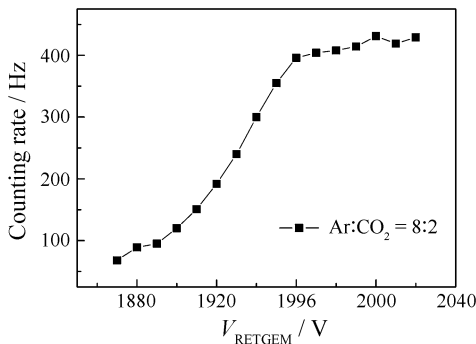


图 2 Ar + 20%CO₂ 混合气体条件下的探测器计数率曲线随两极之间电压的变化

3.2 能量分辨率

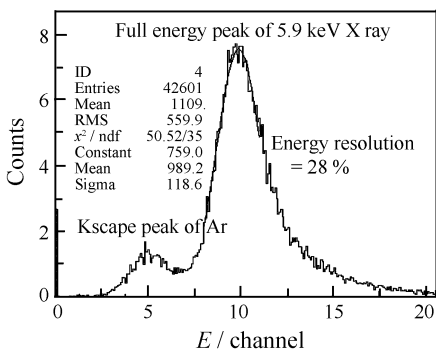


图 3 RETGEM 探测器测得的 ⁵⁵Fe 放射源的 X 射线能谱

图 3 给出了 RETGEM 探测器采用 Ar : CO₂ = 9 : 1 的混合气体、上下极板电压差为 1700 V 条件

下测得的能谱。可以看出, ⁵⁵Fe 的 5.9 keV 全能峰和 Ar 的逃逸峰清晰地分开。此时探测器的能量分辨为 28%, 对应增益为 2.1×10^3 。

漂移电场的改变, 也对能量分辨产生影响(见图 4)。图 5 给出了在不同漂移电压下的能谱图, 电场越强, 双峰结构越容易出现。所以, 漂移电压的选择将对能量分辨产生影响。

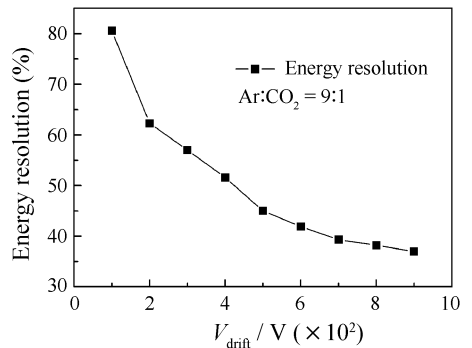


图 4 能量分辨随漂移电压的变化曲线

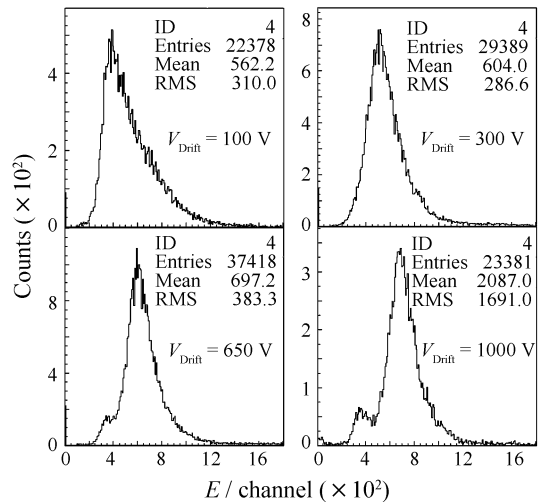


图 5 RETGEM 探测器两极电压为 1660 V 时能谱随漂移电压的变化

3.3 有效增益和打火率

气体的有效增益 M 是收集到的电荷数 n 与最初电离的电荷数 n_0 之比, 即是:

$$M = \frac{n}{n_0} = e^{\int \alpha dz}$$

式中 α 为第一 Townsend 系数, 由于不同组分的工作气体中的 α 不同, 这样气体增益将随 CO₂ 的比例的变化而发生变化。在图 6 中, 在漂移电场为 1 kV/cm 时, 我们测试了 Ar 和 CO₂ 不同比例的混合

气体下, RETGEM 探测器的增益与所加电压的关系。可以看出, CO_2 的比例越少, 探测器的工作电压越低。同时, 图中还给出了不同比例混合气体下, 打火率与所加电压的关系, 可以看到打火率可以控制在 5% 以下。

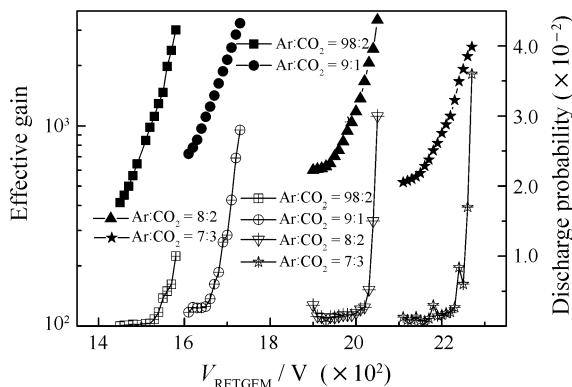


图 6 不同比例混合气体下 RETGEM 探测器的增益和打火率与所加电压的关系变化曲线

4 结论

对 RETGEM 探测器的初步测试表明, 该探测器具有 30% 左右的能量分辨, 而增益可达 10^3 , 基本满足了设计要求。更重要的是 RETGEM 探测器可工作在淬灭性气体很低的环境中, 同时可将打火率控制在 5% 以下, 在试验中持续放电并没有对 RETGEM 探测器造成损坏, 表明阻抗性电极可有效地抑制打火, 对探测器起到保护作用。

参考文献 (References):

- [1] Oed A. Nucl Instr & Meth, 2001, **A471**: 109.
- [2] Sauli F. Nucl Instr & Meth, 1997, **A386**: 531.
- [3] Chechik R, Breskin A, Shalem C, *et al.* Nucl Instr & Meth, 2004, **A535**: 303.
- [4] Oliveira R, Peskova V, Pietropaolo F, *et al.* Nucl Instr & Meth, 2007, **A576**: 362.

Preliminary Test of Thick GEM with Resistive Electrodes^{*}

LIU Da^{1,2}, LU Chen-gui^{1,2}, DUAN Li-min^{1, #}, HU Rong-jiang¹, LU Yan-xia¹, LI Zu-yu¹, ZHANG Jin-xia¹, HU Zheng-guo¹, SUN You-mei¹, XU Zhi-guo^{1,2}, MA Peng^{1,2}, GENG Peng^{1,2}, TANG Shu-wen^{1,2}, YANG He-run^{1,2}, WANG Wen-xin^{1,2}, ZHOU Jian-rong^{1,2}

(1 *Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China*;

2 *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*;

3 *School of Nuclear Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China*)

Abstract: In this study we present preliminary results from a new detector: a thick gaseous electron multiplier (GEM) with resistive electrodes. The resistive electrodes protect the detector and the front-end electronics from damage by occasional discharges. In different gas mixtures, we test Thick GEM with Resistive Electrodes (RETGEM) detector for the first time, including counting rate, energy resolution, effective gain, and discharge probability. The results can satisfy the basic demand of RETGEM detector design.

Key words: Thick GEM with Resistive Electrode; counting rate; energy resolution; effective gain; discharge probability

* Received date: 10 Mar. 2009; Revised date: 31 Mar. 2009

* Foundation item: Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (KJJCX1-YW-004, YFKJCX3-SYW-No5); Major State Basic Research Development Program of China (2008CB817702)

Corresponding author: Duan Li-min, E-mail: lmduan@impcas.ac.cn