文章编号：1007－4627(2009)01－0037－04

薄壁快脉冲^{252}Cf裂变电离室的研制及性能测试*

顾先宝[1]，黎光武[1,#]，张文慧[1,2]，张 刚[1,2]，陈 宇[1]

（1 中国原子能科学研究院，北京 102413；
2 兰州大学核科学与技术学院，甘肃 兰州 730000）

摘 要：介绍了用于中子探测器效率刻度的薄壁快脉冲^{252}Cf裂变电离室。在用飞行时间法测量中子能谱时，该裂变电离室能够给出^{252}Cf裂变中子发射时刻信号，输出脉冲上升时间约为5.5 ns，电离室由厚度为0.15 mm的不锈钢构成。测试结果表明，对裂变碎片的探测效率为99.2%，α粒子脉冲幅度和碎片脉冲幅度可清晰分开。

关 键 词：效率刻度；^{252}Cf裂变电离室；飞行时间法

中图分类号：TL811^{+}.1 **文献标识码**：A

1 引言

^{252}Cf是具有标准中子谱的中子源，通常将Mannhart[1]评价的中子能谱作为^{252}Cf标准中子能谱，因此人们常使用^{252}Cf标准中子源对中子探测器的探测效率进行刻度[2—4]，这就需要使用能给出核裂变时间信息的^{252}Cf快脉冲裂变电离室。

国内从20世纪80年代起研制这种电离室[5,6]，其中输出脉冲中最快的上升时间可达到6—7 ns。国外对这种电离室的研制较早，如俄罗斯Blinov等人研制的快电离室其输出的脉冲经放大后上升时间可达6 ns[7]（实际测试表明，其大部分输出脉冲的上升时间超过6 ns），且电离室的壁较厚；1979年 Chalupka[8]研制的^{252}Cf裂变电离室其不锈钢室壁厚度为0.1 mm，其输出脉冲上升时间为8 ns。这些电离室均采用Ortec 142B作为前置放大器，输出信号上升时间较慢，而且大部分结构材料较多，中子散射作用较大。而对于中子探测器效率刻度而言，研制脉冲上升时间更快、中子散射影响更小的^{252}Cf快脉冲裂变电离室是非常必要的。

2 电离室的设计

用于测量中飞行时间谱的薄壁快脉冲^{252}Cf裂变电离室的设计要求：(1) 结构材料尽可能少，减小对中子的散射作用；(2) 输出脉冲的上升时间短，能够准确给出中子起飞时刻信号；(3) α粒子和裂变碎片的脉冲幅度可清晰分开；(4) 对裂变碎片的探测效率高。

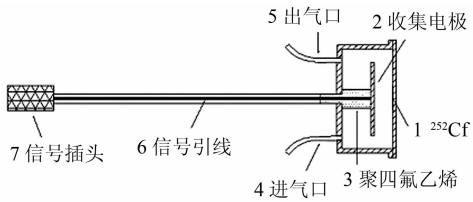

图1 ^{252}Cf裂变电离室结构图

图1给出了^{252}Cf快脉冲裂变电离室的设计结构图。该电离室是由不锈钢制成，室壁厚度为0.15 mm，电离室气室的直径为14 mm，气室的高度为7 mm，收集电极为直径10 mm和厚度0.1 mm的不锈钢片，^{252}Cf源衬底为直径18 mm和厚度0.1 mm的不锈钢片，电离室的质量约为1 g。收集电极与源片之间的距离不仅影响α粒子与裂变碎片脉冲之间的分辨，而且影响电离室输出脉冲的上升时间。经测试比较，两极间距为2 mm时电离室性能最优。使用自转移方法制得厚度均匀的^{252}Cf薄膜源，^{252}Cf源的活度约为1.5×10^{3} Bq，源斑直径为6 mm。以流气方

* **收稿日期**：2008－05－05；**修改日期**：2008－07－02
* **基金项目**：国家自然科学基金资助项目(10475068，10476018)
作者简介：顾先宝(1982—)，男(汉族)，安徽寿县人，硕士研究生，从事裂变物理研究；E-mail：guxb0564@sohu.com
通讯联系人：黎光武，E-mail：gwli@ciae.ac.cn

式为电离室提供纯度为99.9%的甲烷气体，电离室内为一个标准大气压。

3 性能测试

3.1 放大器的选择

为了获得更快的脉冲上升时间，除了要考虑电离室的两极板之间间距、工作电压和工作气体等因素以外，信号放大器的选择至关重要。在以前的工作中人们通常选择Ortec 142B 和Ortec 474分别作为快脉冲裂变电离室的前置放大器和主放大器，通过实验测试发现，对于快脉冲裂变电离室Ortec 142B和Ortec 474并不是理想的放大器。在200—400 V的工作电压下，电离室输出脉冲经放大后上升时间平均约为10 ns，脉冲波形如图2(a)所示。

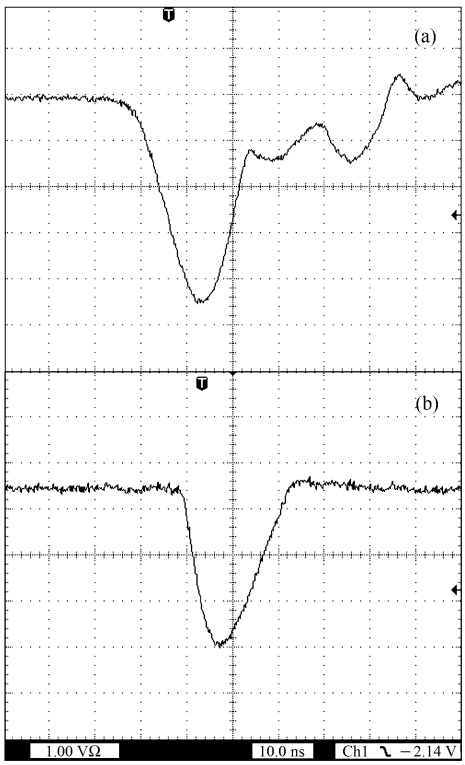

图2 电离室输出波形

(a)为使用Ortec 142B和Ortec 474电离室脉冲波形，(b)为使用特制前放和Ortec FTA820电离室脉冲波形。

实验中我们选择了俄罗斯Blinov提供的特制前置放大器通过8 cm的信号引线与电离室连接，Ortec FTA820作为主放大器，在200 V的工作电压下，放大后的脉冲上升时间约为5.5 ns，信号的宽度约为10 ns，且脉冲前沿光滑，脉冲幅度1—4 V，脉冲波形如图2(b)所示。

3.2 时间特性

对电离室输出1 000个脉冲信号的上升时间进行了统计计算，得到了输出脉冲的上升时间与电离室工作电压的关系，如图3所示。由图可以看出，当电离室的工作电压为200 V时，脉冲信号的上升时间约为5.5 ns，并且随着工作电压的增加，脉冲信号的上升时间略有上升，波形见图2。

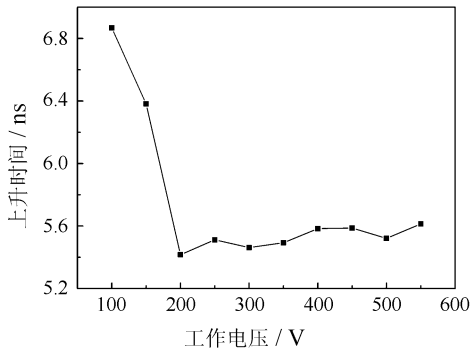

图3 电离室工作电压与输出脉冲上升时间的关系

3.3 坪曲线

实验记录了电离室在不同工作电压和不同阈值情况下的计数，利用单道计数器记录电离室的脉

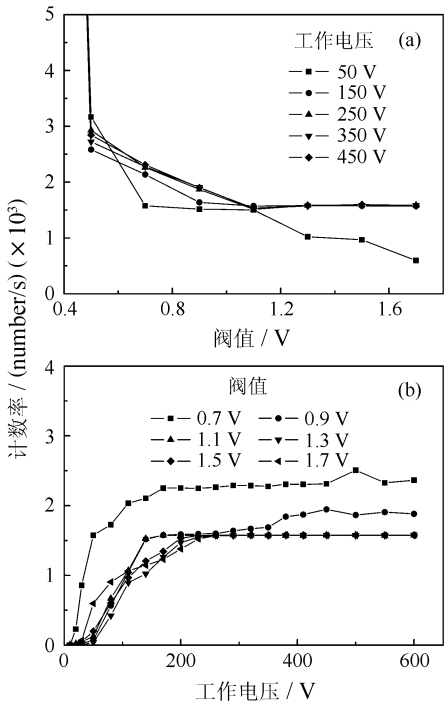

图4 电离室的坪曲线

冲信号，得到电离室计数随阈值的变化(a)和计数随工作电压的变化(b)，如图4所示。可以看出，当阈值大于0.9 V和电离室工作电压大于150 V时，电离室的计数率为1 500 number/s，且在很大的一个阈值范围内，电离室的计数率保持不变。因此，在实验中为了提高电离室对裂变碎片的探测效率，而且又能比较好地甄别α粒子与裂变碎片脉冲，电离室的工作电压应大于150 V，且甄别阈的设置应大于0.9 V。

3.4　脉冲幅度谱

利用多道分析器分别记录了电离室工作电压在100，200，300和400 V下的输出脉冲幅度谱，谱形如图5(a)所示。由图可以看出，α粒子的脉冲幅度与裂变碎片的脉冲幅度明显分开，并且随着电离室工作电压的增加，幅度间距变大。为了提高电离室对裂变碎片的探测效率，并且不丢失小幅度的碎片脉冲计数，用于甄别α粒子的甄别阈值应该设置得尽量小，实验中将甄别阈设置在如图所示的位置。

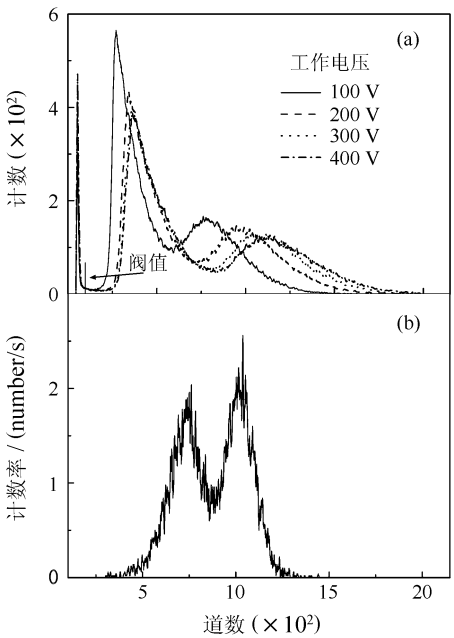

图5　^{252}Cf源脉冲幅度谱

(a) 为电离室测得的^{252}Cf源的脉冲幅度谱，(b)为金硅面垒探测器测得的^{252}Cf受硅片的脉冲幅度谱。

3.5　探测效率

根据电离室测得的脉冲幅度谱，得到电离室对裂变碎片的计数率为1 570.29 number/s。在真空条件下使用金硅面垒探测器对源片的活度进行了测量，得到^{252}Cf的裂变碎片计数率为1 582.95 number/s，裂变碎片脉冲幅度谱如图5(b)所示。金硅面垒探测器有效探测面积的直径为19.5 mm，距离源片的距离为100 mm，记录时间为1 000 s。由此可以得到电离室相对于金硅面垒探测器对裂变碎片的探测效率达到99.2%。

4　总结

为了准确测得^{252}Cf中子能谱，我们对^{252}Cf快脉冲裂变电离室的结构做了精心设计，对其性能做了仔细测试。经实验观测、对比，发现影响电离室输出脉冲上升时间的因素，除了其自身结构外，前置放大器及放大器的性能也是一个重要因素。实验中，我们使用特制的前置放大器和Ortec FTA820，它们的时间响应快，电离室输出脉冲的上升时间约为5.5 ns；电离室的结构材料少，室壁厚度为0.15 mm，^{252}Cf衬底钢片厚度为0.1 mm；α粒子的脉冲幅度与碎片的脉冲幅度可以清楚地分开；对裂变碎片的探测效率达99%。这些方面都已满足了使用^{252}Cf标准中子源对中子探测器探测效率进行刻度的要求。

致谢　本工作得到了中国工程物理研究院核物理与化学研究所李建胜研究员、周浩军助理研究员的帮助，在此表示感谢。

参考文献(References)：

[1]　Mannhart W. IAEN-INDC(NDS)-220, 1989, 305—336.

[2]　Chen Jinxiang, Shi Zhaomin, Tang Guoyou. Nuclear Electronics and Detection Technology, 1993, 13(6): 323(in Chinese).
(陈金象，施兆明，唐国有. 核电子学与探测技术，1993，13(6)：323.)

[3]　Cub J, Finckh E, Gebhardt K, *et al*. Nucl Instr and Meth 1989, A274: 217.

[4]　Li Anli, Wang Xiaozhong, Bai Xixiang, *et al*. Atomic Energy Science and Technology, 1994, 28(2): 132(in Chinese).
(李安利，王效忠，白希祥等. 原子能科学技术，1994，28(2)：132.)

[5]　Li Jiansheng, Zhang Yi, Jin Yu, *et al*. Nuclear Electronics and Detection Technology, 2001, 21(4): 264(in Chinese).
(李建胜，张 翼，金 宇等. 核电子学与探测技术，2001，21(4)：264.)

[6]　Meng Jiangchen, Huang Shengnian. Nuclear Electronics and

Detection Technology, 1989, 9(1): 1(in Chinese).
(孟江辰，黄胜年. 核电子学与探测技术，1989，9(1)：1.)
[7] Bao Shanglian, Liu Wenlong, Fan Tieshuan, *el at*. Atomic Energy Science and Technology, 2001, 35(5): 41(in Chinese).
(包尚联，刘文龙，樊铁栓等. 原子能科学技术，2001，35(5)：41.)
[8] Chalupka A. Nucl Instr and Meth, 1979, 164: 105.

Design and Test of a Thin Wall and Fast Pulse ^{252}Cf Ionization Chamber*

GU Xian-bao[1], LI Guang-wu[1,#], ZHANG Wen-hui[1,2], ZHANG Gang[1,2], CHEN Yu[1]
(1 *China Institute of Atomic Energy*, *Beijing* 102413, *China*;
2 *School of Nuclear Science and Technology*, *Lanzhou University*, *Lanzhou* 730000, *China*)

Abstract: A thin wall, fast pulse ^{252}Cf ionization chamber, which was designed for calibrating efficiency of neutron detectors, was described. The ionization chamber can be used as the start detector in time-of-flight measurements of the ^{252}Cf fission neutron spectrum. The chamber is composed of 0.15 mm thick stainless steel, the rise time of pulse signals is about 5.5 ns. As the test result shows, the detection efficiency of fission fragments is 99.2%, and pulse signals caused by fissions are distinguished clearly from those caused by α decays.

Key words: efficiency calibration; ^{252}Cf ionization chamber; time-of-flight

* **Received date**: 5 May 2008; **Revised date**: 2 Jul. 2008
* **Foundation item**: National Natural Science Foundation of China(10475068, 10476018)
# **Corresponding author**: Li Guang-wu, E-mail: gwli@ciae.ac.cn