

文章编号: 1007-4627(2007)03-0204-04

# 屏栅电离室+ $\Delta E-E$ 望远镜探测器系统\*

王涛峰<sup>1</sup>, 朱丽萍<sup>1</sup>, 孟庆华<sup>1,2</sup>, 王黎明<sup>1</sup>, 韩洪银<sup>1</sup>,

夏海鸿<sup>1</sup>, 黎光武<sup>1</sup>, 屈从会<sup>1,3</sup>, 顾先宝<sup>1</sup>

(1 中国原子能科学研究院, 北京 102413;

2 兰州大学现代物理系, 甘肃 兰州 730000;

3 四川大学物理科学与技术学院, 四川 成都 610064)

**摘要:** 研制了屏栅电离室+ $\Delta E-E$  望远镜探测器系统, 系统的屏栅电离室用来测定<sup>252</sup>Cf 自发裂变碎片的能量和相对于探测器系统轴线的发射角, 与屏栅电离室耦合安装的  $\Delta E-E$  望远镜探测器由一个薄的屏栅电离室(气体  $\Delta E$ )和一个金硅面垒探测器( $E$ )组成, 用来确定互补碎片的电荷。用本系统对<sup>252</sup>Cf 自发裂变碎片电荷分布进行了 4 个参数的关联测量, 结果表明, 这个探测器系统的电荷分辨能力  $Z/\Delta Z$  好于 40:1。

**关键词:** 屏栅电离室;  $\Delta E-E$  望远镜; 电荷分辨能力

**中图分类号:** O571.43

**文献标识码:** A

## 1 引言

屏栅电离室探测器技术在近 20 多年来得到快速发展的重要原因: 除了在探测低能重离子时它有好的能量分辨外, 粒子的电离特性和电离径迹位置可以方便地确定。此外, 流气式电离室探测器技术的重要实际应用价值还在于: 易于建造、有良好的抗重离子辐射特性和它的几何探测立体角可接近  $2\pi$ <sup>[1-3]</sup>。在发展屏栅电离室探测器技术上跨出重要一步的是比利时的 Budtz-Jorgensen 等<sup>[4]</sup>, 他们建立了一个既能测量裂变碎片能量, 又能同时确定碎片发射角的孪生屏栅电离室。

研究<sup>252</sup>Cf 自发二分裂变反应碎片的电荷分布以及研究<sup>252</sup>Cf 自发三分裂变反应和<sup>235</sup>U( $n_{th}$ , f)三分裂变反应的轻带电粒子发射实验测量<sup>[5, 6]</sup>表明, 屏栅电离室可作为粒子望远镜的气体  $\Delta E$  探测器来使用。流气式气体型  $\Delta E$  探测器优点是, 除了其良好的能量分辨特性不会因为裂变碎片辐射而变化外, 它还具有良好的均匀性, 且灵敏体积的厚度可以根据实验的需要进行确定的优点。为了研究<sup>252</sup>Cf 自发裂变碎片的电荷分布, 我们根据屏栅电离室能

确定裂变碎片的能量和发射角以及  $\Delta E-E$  粒子望远镜能确定互补碎片的电荷特性建立了一个屏栅电离室+ $\Delta E-E$  粒子望远镜探测器系统。粒子望远镜的  $\Delta E$  探测器是一个薄的流气式屏栅电离室, 而  $E$  探测器则是一个低电阻率半导体探测器。

## 2 探测器装置

用  $\Delta E-E$  技术测定裂变碎片电荷数的基本思想是, 在固定碎片核的质量数  $M$  和动能  $E$  的条件下, 碎片在  $\Delta E$  探测器中的沉积能量  $dE$  是碎片电荷数  $Z$  的直接量度。为了实现既能确定裂变碎片的能量和质量, 又能同时确定碎片电荷分布这样一个双重目的, 我们建立了一个圆柱形流气式屏栅电离室+ $\Delta E-E$  粒子望远镜探测器系统。图 1 给出了探测器系统的内部结构。

屏栅电离室(A1-G1-C)和具有屏栅电离室结构的气体  $\Delta E$  探测器(A2-G2-C)耦合安装, C 为共同阴极。收集极(A1 和 A2)为经过表面抛光处理的、直径 238 mm 和厚 1 mm 的不锈钢圆片, 但 A2 的中央有一个直径为 16 mm 的圆孔。该圆孔的作用

\* 收稿日期: 2007-01-22; 修改日期: 2007-05-14

\* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10175091)

作者简介: 王涛峰(1978-), 男(汉族), 甘肃正宁人, 博士研究生, 从事裂变物理与中子物理研究;

E-mail: wangtftf@yahoo.com

是:它一方面为裂变碎片进入粒子望远镜的  $E$  探测器提供了通道;另一方面,它限制了  $E$  探测器( $\phi 20$  mm)的有效面积,从而消除其边缘效应。两面分别

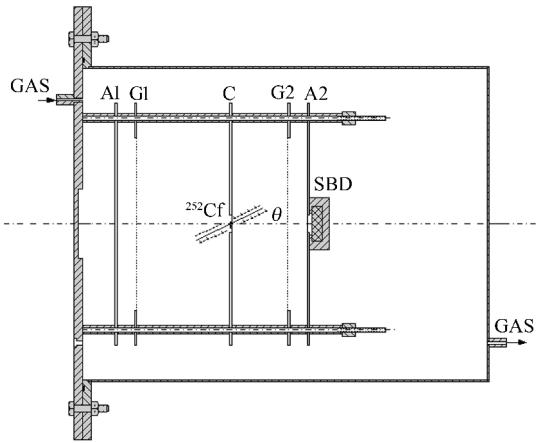


图1 屏栅电离室+ $\Delta E$ - $E$  粒子望远镜探测器系统结构图

喷有  $24.5$  和  $16.6 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  金层的 VYNS 薄膜( $45.7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ )覆盖在这个圆孔上,这个薄膜构成了收集极(A2)的一部分并作为  $\Delta E$  探测器的出射窗。安装在 A2 中央圆孔后聚四氟乙烯小盒中的金硅面垒探测器构成了粒子望远镜的  $E$  探测器。屏栅极(G1 和 G2)均为外直径为  $232$  mm 和内直径为  $208$  mm 的覆铜板圆环,环的覆铜板上均匀分布着直径为  $100 \mu\text{m}$  和间距为  $1$  mm 的镀金钨丝。 $^{252}\text{Cf}$  薄膜源被粘贴在共同阴极(C)的中心孔( $\phi 12$  mm)上,源的底衬为两面镀金( $17.0$  和  $19.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ )的 VYNS 薄膜( $39 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ),该底衬由内、外直径分别为  $16$  和  $28$  mm,厚度为  $0.25$  mm 的铜环支撑。探测器系统的所有电极均安装在具有良好绝缘性能的聚四氟乙烯杆上,电极之间的距离可以根据需要进行调节,从而确保探测器系统有最佳的能量和电荷分辨。本探测器系统的外壳由不锈钢材料构成,呈圆桶形,壁厚  $3$  mm。

从屏栅电离室收集极(A1)和栅极(G1)输出的信号分别用于确定裂变碎片对一个碎片的能量和这个碎片相对于电离室轴线的发射角度。屏栅电离室 A2-G2-C 构成探测器系统的  $\Delta E$  探测器,而安装在 A2 中央圆孔后聚四氟乙烯小盒中的穿透型结构半导体探测器(SD)构成了粒子望远镜的  $E$  探测器。这个粒子望远镜提供的信号用于确定被它探测到的那个碎片的能量和核电荷数。粒子望远镜探测到的裂变碎片几何立体角  $\sim 250$  msr。为了保证  $\Delta E$ (气

体)探测器有稳定的工作特性,还为探测器系统配置了一个从瑞士引进的 VCC500 型流气式稳压系统。该装置的功能是,它对探测器内的气体压力不断地进行监测,并将探测到的气压变化量转变成电压信号来控制进气端电磁阀门的开关程度,从而控制了流入探测器的气体量,并确保探测器内的气体压强  $P$  维持在  $\Delta P/P < 1\%$  的动态范围内。

### 3 实验测量

利用此探测器系统对  $^{252}\text{Cf}$  自发裂变碎片电荷分布的实验测量是在中国原子能科学研究院(CIAE)裂变物理实验室的 KODAQ 多参量数据获取系统上完成的。 $^{252}\text{Cf}$  裂变源是用自转移技术制备的<sup>[7]</sup>,裂变源斑点的直径为  $6$  mm,裂变放射性约  $3000$  fissions/s。探测器的工作气体分别选用了气压为  $2.6 \times 10^4$  Pa 的  $90\% \text{Ar} + 10\% \text{CH}_4$  和气压为  $2.3 \times 10^4$  Pa 的  $70\% \text{Ar} + 30\% \text{CH}_4$  混合气体,气体的流速约  $3$  bubbles/s。在这样的气体压力下, $^{252}\text{Cf}$  自发二分裂变最可几质量劈裂的轻碎片在  $\Delta E$ (气体)探测器中的能量损失约为它们动能值的  $40\%$ 。

每个裂变事件的信息通过屏栅电离室和  $\Delta E$ - $E$  望远镜共  $4$  个参量进行符合记录,图 2 给出了实验测量的电子学线路示意图。测量中各电极所加高压: $V_C = -1635$  V,  $V_{G1} = -235$  V, A1 经负载电阻接地;而  $V_{G2} = -1260$  V,  $V_{A2} = -1026$  V。A1, G1, A2 和  $E$  输出的信号经过前放(ORTEC 142B)后输入主放(ORTEC 671)进行放大和成型,然后通过延迟放大器(ORTEC 427A)后输入 ADC(ORTEC AD413A)。 $E$  探测器的前放输出的时间信号经过快放大器(ORTEC 579)后由恒比定时(ORTEC 583)产生快 NIM 信号,然后分为两路经过门延迟产生器(ORTEC 416A)分别作为数据获取系统的门信号和中断寄存器的输入信号,中断信号比门信号延迟约  $60 \mu\text{s}$ 。从屏栅电离室收集极(A1)和栅极(G1)输出的信号与粒子望远镜提供的  $\Delta E$  信号及  $E$  探测器提供的碎片穿过  $\Delta E$  探测器后的残存能量信号按逐个事件记录方式存储在计算机硬盘上,供离线数据分析用。通过对这些数据的分析可以得到裂变碎片的性质(质量和电荷)和裂变碎片总动能以及它们之间的关联等。图 3 给出了  $\Delta E$  探测器和  $E$  探测器的脉冲幅度谱。

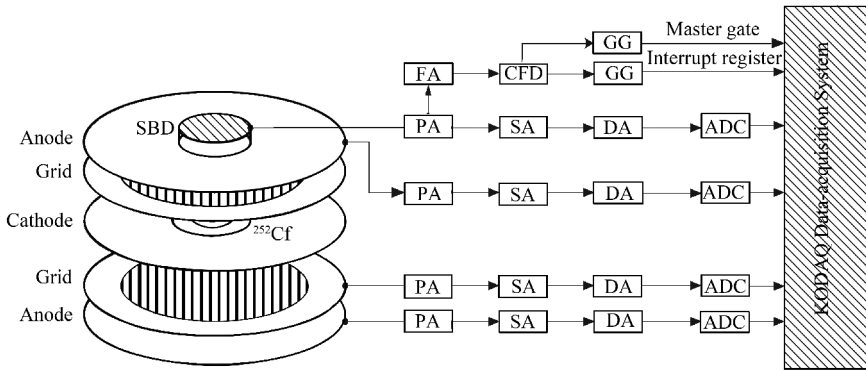


图 2 实验测量电子学线路示意图

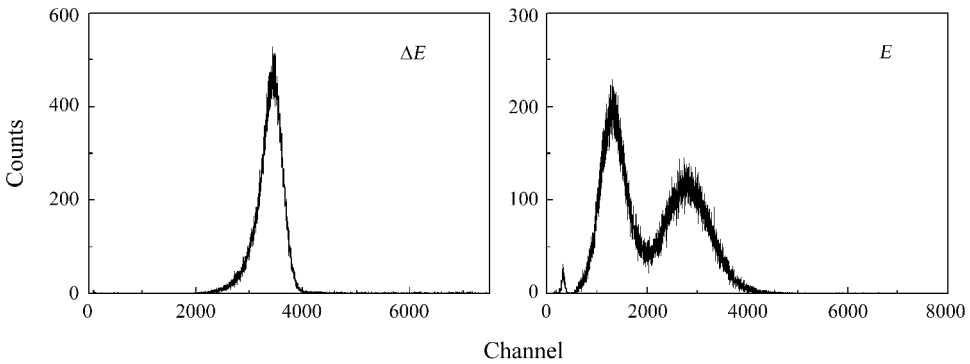


图 3  $\Delta E$  探测器和  $E$  探测器的脉冲幅度谱

### 4 结果和讨论

测试表明,当阴极-屏栅极之间约化场强  $E/P \approx 9 \text{ mV}/(\text{cm} \cdot \text{Pa})$ 和屏栅极-收集极间约化场强  $E/P \approx 15 \text{ mV}/(\text{cm} \cdot \text{Pa})$ 时,屏栅电离室和  $\Delta E$ - $E$  粒子望远镜构成的探测器系统有良好的工作特性<sup>[8]</sup>。通过比较文中所述这两种气体条件下测量的裂变碎片脉冲幅度谱的峰谷比,发现以 90%Ar+10%CH<sub>4</sub>混合气体作为探测器工作气体时的分辨稍微好些。

由于使用了薄的裂变源底衬和薄的  $\Delta E$  探测器出射窗,用经验公式<sup>[9]</sup>进行的估算表明,中子发射后的最可几质量劈裂重碎片( $A \approx 142 \text{ amu}$ (原子质量单位),  $Z \approx 55$ )和最可几质量劈裂轻碎片( $A \approx 108 \text{ amu}$ ,  $Z \approx 43$ )在源底衬中的能损分别约为 0.26 和 0.21 MeV;而在  $\Delta E$  探测器出射窗内的能损则约为 0.38 和 0.35 MeV。预期的估算误差应小于 10%。

对使用此探测器系统进行<sup>252</sup>Cf自发裂变碎片的电荷分布的实验测量数据的分析表明<sup>[10]</sup>,对于低激

发能轻碎片的电荷分辨能力  $Z/\Delta Z > 40 : 1$ 。这个探测器可用于研究核裂变碎片的电荷分布和确定重离子反应产物核的电荷值。

### 参考文献 (References):

- [1] Ogawa I, Doke T, Tsukuda M. Nucl Instr and Meth, 1961, **13**: 169.
- [2] Kapoor S S, Ramanna R, Rama P N. Rao Phys Rev, 1963, (3): 283.
- [3] Choudhury R K, Kapoor S S, Nadkarni D M. Nucl Instr and Meth, 1979, **164**: 323.
- [4] Budtz-Jorgensen C, Knitter H H, Straede Ch, et al. Nucl Instr and Meth, 1989, **A258**: 209.
- [5] Mariolopoulos G, Bocquet J P, Brissot R, et al. Nucl Instr and Meth, 1981, **180**: 141.
- [6] Pommé S, Wagemans C, Verhaegen F, et al. Nucl Instr and Meth, 1995, **A359**: 587.
- [7] Bao Zongyu, Meng Jiangchen, Han Hongyin, et al. Atomic Energy Science and Technology, 1982, **16**(1): 12 (in Chinese).

- (包宗渝, 孟江辰, 韩洪银等. 原子能科学技术, 1982, **16** (1): 12.)
- [8] Han Hongyin, Bao Zongyu, Chen Jinhua, *et al.* Atomic Energy Science and Technology, 1992, **26**(4): 29(in Chinese). (韩洪银, 包宗渝, 陈锦华等. 原子能科学技术, 1992, **26** (4): 29.)
- [9] Forster I S, Ward D, Andrews H R, *et al.* Nucl Instr and Meth, 1976, **136**: 349.
- [10] Wang Taofeng, Meng Qinghua, Wang Liming, *et al.* Atomic Energy Science and Technology, 2007, **41**, in press(in Chinese). (王涛峰, 孟庆华, 王黎明等. 原子能科学技术, 2007, **41**, 即将发表.)

## A Grid-ionization Chamber and a $\Delta E$ - $E$ Particle Telescope Detection Set-up<sup>\*</sup>

WANG Tao-feng<sup>1, 1)</sup>, ZHU Li-ping<sup>1</sup>, MENG Qing-hua<sup>1, 2</sup>, WANG Li-ming<sup>1</sup>, HAN Hong-yin<sup>1</sup>,

XIA Hai-hong<sup>1</sup>, LI Guang-wu<sup>1</sup>, QU Cong-hui<sup>1, 3</sup>, GU Xian-bao<sup>1</sup>

(1 *China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China;*

2 *Department of Modern Physics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;*)

3 *School of Physics Science and Technology, Sichuan University, Chengdu 610064, China* )

**Abstract:** A detection set-up, composed of a typical grid-ionization chamber and a  $\Delta E$ - $E$  particle telescope, was constructed to study the charge distributions of fragments in spontaneous fission of  $^{252}\text{Cf}$ . The fission fragment energy and the emission angle corresponding to the symmetrical axis were measured by the grid-ionization chamber, the  $\Delta E$ - $E$  particle telescope in which a thin grid-ionization chamber was served as the  $\Delta E$ -section and a surface barrier detector as the  $E$ -section was employed to determined the charge of the complementary fragment. Four parameter measurements of  $^{252}\text{Cf}$  spontaneous fission were performed by this set-up, the results show that the charge resolution of  $Z/\Delta Z > 40 : 1$  can be obtained by this detector system.

**Key words:** grid-ionization chamber;  $\Delta E$ - $E$  particle telescope; charge resolution

\* Received date: 22 Jan. 2007; Revised date: 14 May. 2007

\* Foundation item: National Natural Science Foundation of China(10175091)

1) E-mail: wangtftf@yahoo.com