

用带栅双电离室测量快中子引起²³⁵U裂变碎片动能分布

叶宗垣 刘宝星 陈进贵 许谨诚 韩洪银

实 验

背对背带栅双电离室的构造如图 1 所示。中心是一带小准直器的铂金片，在它的一面附有 ²³⁵U 样品作为公共阴极。与阴极相连接的是一个保护环，其作用是使阴极、栅极间的电场均匀和保证游离电子的全部收集。屏蔽栅极距离阴极 34 mm，它的作用是使阳极收集电子时不受正离子的影响，保证收集到的电子脉冲高度正比于裂变碎片动能。收集极距离栅极 10 mm。所有电极的大小均为 70 × 70 mm²。阴极上使用的铂金片厚度为 0.6 mm，在中心 25 × 25 mm² 面积上钻有 φ 0.4 mm 的准直孔，共有一千多个。栅极是按 Frish^[1]设计的，用 φ 0.1 mm 的镍铬丝作成平行线，间距 1.5 mm，屏蔽效率计算为 96%。铀样品中的 ²³⁵U 含量为 90%，它是用电喷法把硝酸铀酰酒精溶液沉积在有机塑料膜上。如图 2 所示，在盛有少量的铀溶液的玻璃毛细管中加一细铂金丝，接正高压作为正电极。在毛细管下面约 3 cm 处放一有机玻璃槽，底部放一铜片作为负电极。槽内盛食盐水溶液，水面漂浮苛罗汀薄膜。当加电压时，毛细管中的铀溶液就慢慢往下喷射，选择适当电流，多次喷射，直到得到所要求的厚度和均匀度为止。电离室内充以 1.5 大气压的氩气加上 3—5% CO₂ 气体。阳-栅极间的电场强度为栅-阴极间电场强度的 2 倍。

从两个电离室来的裂变脉冲，经过放大符合以后成形，分别送到示波器的 X 和 Y 偏转板上，用照相底片记录下来进行分析。

对得到的碎片的动能，进行了游离亏损校正和通过准直器以及样品底衬的能量丢失校正。脉冲幅度的能量刻度，采用热中子引起 ²³⁵U 裂变轻碎片的平均动能为 99.8 ± 1.0 MeV，重碎片的平均动能为 68.4 ± 0.7 MeV^[2]。

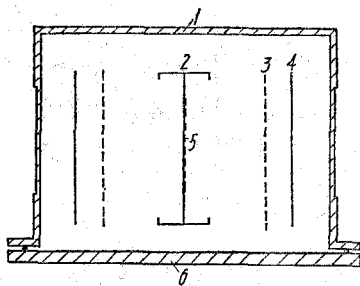


图 1 游离室构造简图

- 1——铝壳；2——保护电极；3——栅极；
- 4——收集电极；5——²³⁵U 样品；6——铜底板。

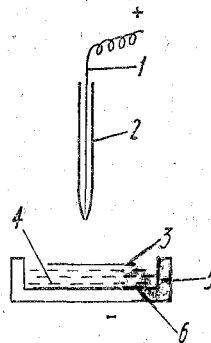


图 2 喷制样品示意图

- 1——白金丝；2——玻璃毛细管；3——苛罗汀膜；
- 4——NaCl 水溶液；5——有机玻璃槽；6——铜板。

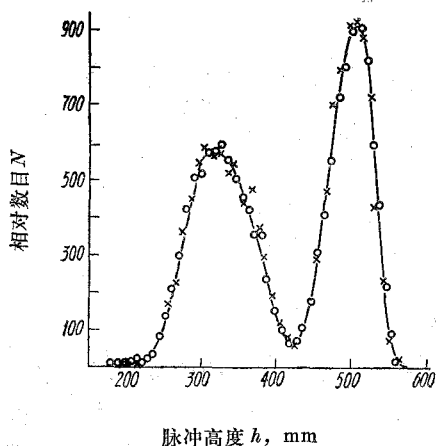


图 3 单边碎片脉冲高度分布
x——未通过准直器；o——通过准直器
(校正后值)。

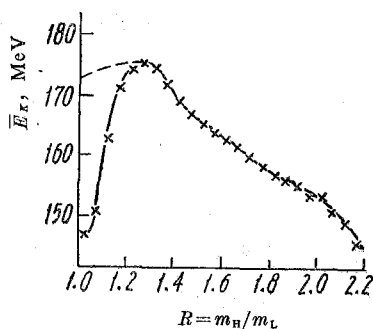
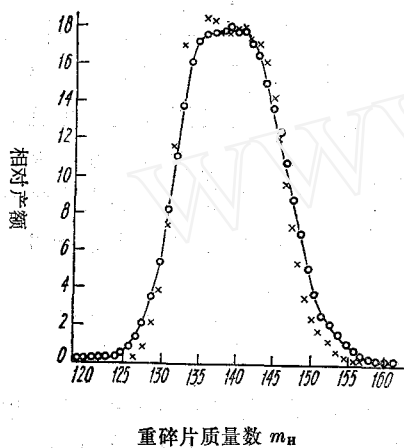


图 4 热中子裂变平均总动能随质量比的变化
---按液滴模型计算值。



重碎片质量数 m_H
图 5 热中子裂变重碎片质量分布与放射测量值比较
o——本实验值；x——放射分离值。

用反应堆热中子引起 ^{235}U 裂变所得到的碎片脉冲高度分布和平均总动能随质量比的变化, 见图 3 和 4。质量分布与放射分离结果的比较见图 5。

用快中子测量时, 电离室放在锂靶的正前方, 铀样品表面与入射中子束成近似 5° 的夹角, 以减小中子动量对能量测量的影响, 样品中心与靶头距离约 6cm, 铝质电离室室壁在中子通道上的厚度为 0.5mm。照射时, 电离室周围包以 0.3 mm 的铜片, 以减少热中子效应。从回旋加速器产生的 6.5 MeV 质子束, 穿过 $160\ \mu$ 的铝吸收箔减低能量后, 打在厚 $200\ \mu$ 的金属锂靶上, 通过 $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$ 反应, 获得能量为 $4.5 \pm 0.3\ \text{MeV}$ 和 $2.4 \pm 0.4\ \text{MeV}$ 的快中子。对中子能谱用核乳胶进行检验测量, 得到与计算一致的能量峰值和半宽度, 只是低能尾巴稍为丰富一些。

用改变距离和用 ^{238}U 电离室测量估计本底中子引起裂变和非 ^{235}U 裂变占总裂变数的 10~15%。

对于中子能量为 4.5 MeV, 2.4 MeV 所得到的产额按质量比分布与热中子所得结果比较见图 6。对热中子和快中子引起裂变所得到的平均总动能随质量比变化见图 7, 图上的曲线是按实验点的趋势随手描绘的。

结 果 讨 论

图 3 给出的单边裂变碎片脉冲的高度分布, 是直接得到的能谱和通过准直器一边经过损失校正以后的分布。由图可见, 两个分布的结果是一致的。在图 4 热中子裂变平均总动能随质量比变化的曲线上, 最大值处在质量比为 1.26 的地方, 在其它对称裂变和极不对称的地方, 总动能都减小, 质量比 1.26 正相当于重碎片为接近球形的双幻数核 132, 因而

在断点时两个碎片的距离小, 结果平均动能最大。随着非对称裂变的加大, 总动能的下降为液滴模型所预言。在对称裂变处总动能下降的实验事实, 是与液滴模型理论预言不一致的。从图 5 中热中子裂变的质量分布比较可以看到, 现在用电离室测量得到的结果, 虽然没有对碎片放出中子进行校正, 所得的结果与放化分析所得结果一致, 只是在对称裂变处的产额偏高。

从图 6 不同中子能量下裂变产额分布图中可以看到, 对称裂变处的产额随着中子能量的增加而增加。这一趋势是与 Von. Gunten^[3] 用放射化学所得结果一致。

图 7 是不同能量中子引起裂变事件的平均总动能随中子能量的变化, 图中可以看到: (1) 平均总动能的最大值随中子能量的增加, 即激发能的增加而下降; (2) 在对称裂变和非常不对称裂变处平均动能值随中子能量增加而增加; (3) 在质量比为 1.12 和 1.45 附近则平均总动能随激发能的变化很小。在 $A=132$ 附近当激发能增加时, 壳结构逐渐被打破, 结果断颈时的变形加大, 导致平均总动能随激发能增加而下降; 在远离壳层的地方, 即对称裂变和非常不对称的核, 平均动能随激发能的增加而下降的原因可能是由于核的张力强度与激发能有关, 随着激发能的增加, 核的张力强度下降, 导致核在断颈瞬间的形变减小, 因而平均总动能增大。

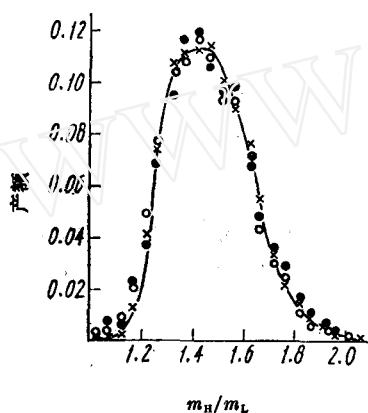


图 6 裂变产额按质量比分布
 ×——热中子; ○——2.4 MeV;
 ●——4.5 MeV.

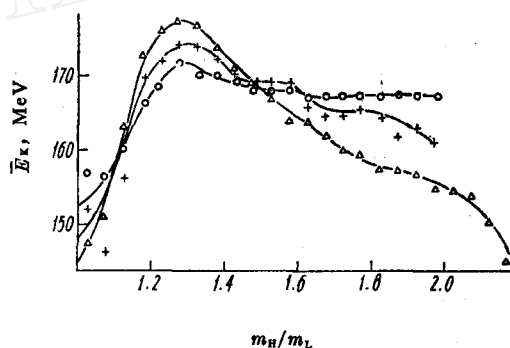


图 7 不同中子能量时平均总动能随质量比变化
 △——热中子; +——2.4 MeV;
 o——4.5 MeV.

参 考 文 献

[1] O. Buneman & J. E. Cranshaw, *Can. J. Phys.*, 27A, 191 (1949).
 [2] W. H. Schmitt, *Phys. Rev.*, 102, 183 (1956).
 [3] H. R. Von. Gunter, *Actinides Rev.*, 1, 275 (1969).

(编辑部收到日期: 1980 年 10 月 28 日)