

简报

24.4 keV中子诱发 ^{235}U 裂变的产额测量

王冬梅 张春华 唐培家

刘大鸣 郭景儒 王方定

(中国原子能科学研究院,北京)

关键词 过滤束中子, 聚碳酸酯, 裂变产额.

一、前言

对 ^{235}U 热中子裂变已经作了充分的研究, 裂变产物的产额作了广泛的测量, 并对实验数据进行了多次编评。但是对于其它单能中子诱发 ^{235}U 裂变研究还远远不够, 尤其是keV能区的中子更是如此。J. G. Cunnigham等^[1]测量了130—1700keV中子诱发 ^{235}U 裂变中一些核素的产额。但是低于130keV中子诱发的裂变研究, 文献中未见过报道。为了研究产额随中子能量的变化, 开展这方面的工作是有意义的。

因此, 我们利用铁过滤器产生的24.4keV中子诱发 ^{235}U 裂变, 用放射法测量了 ^{99}Mo , ^{132}Te , ^{140}Ba 的裂变产额。裂变数是用浸于铀溶液标准靶中的聚碳酸酯作为裂变径迹探测器测量的。

二、实验

1. 铀靶的制备

取大约0.5g的金属铀刨屑(^{235}U 丰度为90.1%), 用2mol/l HNO_3 煮沸除去氧化层。准确称重后, 封入 $\phi 4 \times 25\text{mm}$ 聚乙烯管中, 制成样品靶。

在一端封死的 $\phi 4 \times 25\text{mm}$ 聚乙烯管中, 放入一片50 μm 厚, $3 \times 20\text{mm}$ 的聚碳酸酯膜, 然后注入浓度为137.5mg/ml的 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 溶液(^{235}U 丰度和样品靶相同)。将另一端热封后做为标准靶。

1989年7月11日收到, 1989年11月20日收到修改稿。

2. 24.4keV中子源及照射安排

在中国原子能科学研究院游泳池反应堆5号水平孔道,中子经过Fe-Al-S过滤层产生24.4keV单能中子^[2]。中子注量率约为 $3 \times 10^5 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ 。

取一根 $\phi 2.8 \text{ cm}$,长80cm的木棍,一端钉有1mm的镅片。将两只标准靶夹一个样品靶放在镅片上,外边用1mm厚镅片包住,用胶布固定。待反应堆功率稳定在3600kW后,迅速将木棍塞入过滤器孔道中,紧贴过滤器。辐照一定时间后取出。进出样品费时不超过10s。整个照射安排示意图示于图1。

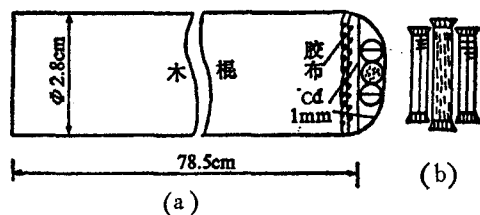


图1 24.4keV中子辐照安排

(a) 总的照射安排; (b) 靶子的安置。

3. 裂变数的测量

辐照后从标准靶中取出聚碳酸酯片,经去污、蚀刻后,在显微镜下读取裂变径迹。详细步骤见文献[3]。根据裂变径迹密度、标准靶铀浓度、样品靶铀质量及聚碳酸酯记录裂片径迹的效率因子,计算出样品靶中的裂变数。

4. 裂变产物的测量

停照后半小时剪开样品靶,将金属铀屑倒入锥形瓶中,瓶中已加入 HNO_3 , HCl 及钼、钡、碲的载体溶液。将溶液煮沸30min,以使同位素交换完全。系统地分出钼、钡和碲。然后用标准放化分析方法进行纯化、制源和测定化学产额^[4]。分出的样品应用低本底 2π 流气式正比计数器和 2π 闪烁计数器测量 β 放射性,仪器探测效率已仔细刻度过^[5]。

5. 裂变产额的计算

裂变产额, Y_i , 按下式计算:

$$Y_i = \frac{K_{w.e.t} A_0 C t}{Y_{c.e} W T_d (1 - e^{-\lambda t})} \quad (1)$$

$K_{w.e.t}$ 为聚碳酸酯在溶液中记录裂变碎片的效率因子(cm);已准确刻度为 $8.52 \times 10^{-4} \text{ cm}^{[3]}$; A_0 为放化分析某核素的测量源在停照时刻的放射性计数率(min^{-1}); e 为核素放射性测量的探测效率; Y_c 为化学产额; t 为照射时间(min); C 为标准靶中铀的浓度(g/cm^3); W 为样品靶中铀的质量(g); T_d 为裂变径迹密度(cm^{-2}); λ 为衰变常数(min^{-1})。

三、结果和讨论

为了检查照射处的中子注量率的均匀性,我们用三支塑料管各放一片聚碳酸酯片,封入 10.15 mg/ml 的铀溶液。模拟标准靶和样品靶的安排方式,照射4280min。得到三片的裂变径迹密度分别为7911, 7813, 8082/ cm^2 , 平均 $7935 \pm 136/\text{cm}^2$, 说明照射处的中子注量率是相同的, 不均匀性 $<1.8\%$ 。也就是说, 可以用两个浸有聚碳酸酯片的标准靶来指示样品靶的裂变数。

我们共照射了6个铀靶,测量了 ^{99}Mo , ^{132}Te , ^{140}Ba 的裂变产额。这些核素是重要的裂变产物,处于质量分布曲线的峰区,常作为裂变产额和燃耗测量的标准核,结果列入表1。这些产额值的总的不确定度估计为4—5%。

应用24.4keV过滤中子束研究裂变产额,尚未见文献报道。由于我们测得的这些数据是首家测量,所以只能和相近中子能量的产额数据进行比较。J.G.Cunningham^[1]测量了130—1700keV中子诱发 ^{235}U 裂变5个核素的产额,其中包括 ^{99}Mo 和 ^{140}Ba 。在表2中我们将其最低能量点130keV的产额数据,以及文献中的热中子(0.025keV)产额数据列出,和我们的24.4keV产额进行比较。

表1 ^{99}Mo , ^{132}Te , ^{140}Ba 的裂变产额

靶 编号	铀靶质 量, g	照射时 间, min	径迹密 度, cm^{-1}	裂变产额, %		
				^{99}Mo	^{132}Te	^{140}Ba
1	0.2982	1450.0	6.321×10^4	4.78	3.29	
2	0.4958	2429.0	1.068×10^5	4.45		
3	0.4906	1879.0	8.155×10^4	4.49	3.02	
4	0.5011	1481.0	5.938×10^4	4.63		7.60
5	0.5034	2528.0	6.585×10^4	4.76		7.96
6	0.4499	2532.0	6.835×10^4	4.67		7.99
平 均				4.63	3.16	7.85

表2 裂变产额数据的比较

核素	不同能量中子下的裂变产额, %		
	热中子 ^[6]	本工作, 24.4keV	130keV ^[1]
^{99}Mo	6.114	4.63	5.70
^{132}Te	4.285	3.16	
^{140}Ba	6.296	7.35	6.10

从表2可以看出,这三个核素的产额情况比较复杂。它们处于质量分布的峰区,一般说来,随着中子能量的增高,峰区核素产额下降。 ^{132}Te 在中子能量为24.4keV的产额小于热中子的产额,符合这一规律。 ^{99}Mo 在中子能量为24.4keV的产额小于热中子的产额,也小于130keV中子的数据。 ^{140}Ba 在中子能量为24.4keV的产额值比热中子时的产额还高。

在表中所列的热中子产额是编评值,其不确定度约1%;本工作的不确定度约4—5%,130keV中子的产额的不确定度约7%。因此我们认为这些数据的反常情况不能用误差来解释。要想澄清这些问题,必须测量更多核素的产额,相互进行比较,以寻找其规律性。但是24.4keV中子注量率太低也加重了测量更多核素产额的困难。

尽管如此,我们测量的24.4keV中子裂变的产额数据,对于积累单能(keV)中子裂变产额数据,更好地研究产额随中子能量的变化规律仍是很有意义的。

本工作得到了崔安智、李学良、张淑兰、齐占顺等同志的热情关心和帮助,作者深表感谢。

参 考 文 献

- [1] Cunningham, J.G. et al., *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **36**, 1453 (1974).
- [2] 马鸿昌等, 原子能研究所年报, 1981年, 第49页。
- [3] 王冬梅等, 核化学与放射化学, **12** (3), 129 (1990).
- [4] 郭景儒、黄浩新主编, 裂变产物分析, 北京, 原子能出版社, 1985年。
- [5] 张春华等, 核技术, **10**, 33 (1986).
- [6] Ihara, H. et al., JAERI-M9715 (1981).

MEASUREMENT OF FISSION YIELDS FROM ^{235}U FISSION INDUCED BY 24.4 keV NEUTRONS

WANG DUNGMEI ZHANG CHUNHUA TANG PEIJIA LIU DAMING
GUO JINGRU WANG FANGDING

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)

ABSTRACT

The fission yields of ^{99}Mo , ^{132}Te and ^{140}Ba from ^{235}U fission induced by 24.4 keV neutrons are measured radiochemically. The neutron source is an iron filter neutron beam from a swimming pool reactor. The fission number is recorded by polycarbonate film as a fission track recorder, which is immersed in liquid uranium standard targets.

Key words Filter neutron beam, Polycarbonate, Fission yield.

(上接第236页, Continued from p.236)

STUDIES ON BONE TUMOR THERAPEUTIC RADIOPHARMACEUTICALS

I. PREPARATION OF ^{153}Sm AND ^{153}Sm -EDTMP
LUO SHUNZHONG PU MANFEI LI YUQIAN LIU ZHONGLIN
ZHANG CHANGYING ZHAO PENGJI FU YIBEI

(Southwest Institute of Nuclear Physics and Chemistry, Chengdu)

DONG HOUFU

(Department of Nuclear Medicine, The First Affiliated Hospital of Huaxi Medical College)

ABSTRACT

In this paper, ^{153}Sm with high radionuclear purity and specific activity (5.18GBq (140mCi) /mg Sm_2O_3) is prepared by irradiating natural Sm_2O_3 (^{152}Sm , 26.7%) sample, replacing costly enriched Sm_2O_3 target, at a flux of $4 \times 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for a period up to 110h. The yield of ^{153}Sm complexes with EDTMP is up to 99% at pH 8—10, in boiling water bath for 30min. The formation of $\text{Sm}(^{153}\text{Sm})$ -EDTMP is measured by ^{153}Sm tracer technique. The results show that the ratio of $\text{Sm}(^{153}\text{Sm})$ to EDTMP is 1:1.

Key words Bone tumor, Therapeutic radiopharmaceutical, ^{153}Sm , ^{153}Sm -EDTMP.