

^{238}Pu 衰变的 α 粒子辐射几率

杨吉纯 倪建忠

(西北核技术研究所, 西安, 710024)

用金硅面垒探测器和电沉积源测量了 ^{238}Pu 的 α 谱, 再用多重峰 α 谱分析程序 MULT 对所测谱进行准确的分析, 获得了 ^{238}Pu 衰变的 α 粒子辐射几率, 其结果是: $P_{\alpha_1} = 0.7114(10)$, $P_{\alpha_2} = 0.2874(10)$, $P_{\alpha_3} = 0.00114(10)$ 。

关键词 α 粒子辐射几率 不确定度 金硅面垒探测器 电沉积源

在用 α 能谱同位素稀释法测定钚样品中的 ^{239}Pu 含量时, ^{238}Pu 是常用的最好稀释剂。因此, ^{238}Pu 衰变的 α 粒子辐射几率的测定受到人们的普遍重视。

核素 ^{238}Pu 主要通过发射 3 种能量的 α 粒子衰变成 ^{234}U , 其能量分别为 $E_{\alpha_1} = 5499.2\text{keV}$, $E_{\alpha_2} = 5456.5\text{keV}$, $E_{\alpha_3} = 5357.7\text{keV}^{[1]}$ 。

我们采用与众不同的电沉积法制源, 测量了 ^{238}Pu 的 α 粒子辐射几率, 其 P_{α_i} 值的精度与国际原子能机构 (IAEA) 要求的 0.1% 相接近。

1 α 谱的测量

在 $\phi 25\text{mm}$ 的不锈钢片底衬上, 用电沉积法制备 10 个活性区 ϕ 为 5mm 、活度在 1×10^2 — $1 \times 10^4\text{Bq}$ 之间的 ^{238}Pu 源。用金硅面垒探测器逐一测量这 10 个源的 α 谱, 其分辨率 FWHM 在 16 — 20keV 范围内。测量条件是: 测量室的真空度为 5Pa , 环境温度在 15 — 25°C 范围内, 测量的立体角为 $0.6\% 4\pi\text{sr}$ 。为了消除内转换电子脉冲与 α_2 峰符合相加对 α_1 峰的干扰, 除了采用小立体角测量外, 尚在源与探测器间加了一个小磁场, 以将内转换电子偏转到探测器之外。测量结果与国外的比较列于表 1。

2 α 谱的分析

用我们建立的多重峰 α 谱分析程序 MULT^[5] 分析 α 谱数据, 用二重峰 α 谱求出所用峰模型的峰形参数, 然后求出各个峰的峰位 X_{α_i} 、峰高 H_i 及峰面积 N_i , 则 α_i 峰的辐射几率为: $P_{\alpha_i} = N_i / \sum N_i$, 绘制的一条 ^{238}Pu α 谱的分析结果示于图 1。

收稿日期: 1994-08-02 收到修改稿日期: 1994-09-20

表1 已发表的²³⁸Pu α粒子辐射几率
Table 1 Published alpha-particle probabilities of ²³⁸Pu

制源法	探测器	$P_{\alpha 1}$	$P_{\alpha 2}$	$P_{\alpha 3}$	FWHM /keV	文献
真空升华法	α磁谱仪	0.722	0.278	0.00068	6	[2]
电磁分离器	金硅面垒	0.7090(10)	0.2900(10)	0.00106(3)	13	[3]
真空升华法	金硅面垒	0.7091(10)	0.2898(10)	0.00105(5)	13	[4]
电沉积法	金硅面垒	0.7114(10)	0.2874(10)	0.00114(10)	16-20	本工作

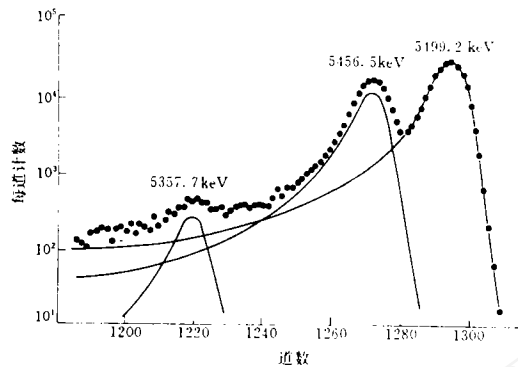


图1 ²³⁸Pu α谱的拟合结果

Fig. 1 Fitting results of a ²³⁸Pu spectrum

·····—测量谱；——分支谱

3 结果及讨论

由10个α谱的分析结果,得到²³⁸Pu的3种主要α粒子辐射几率及其总不确定度如下:

$$P_{\alpha 1} = 0.7114 \pm 0.0010$$

$$P_{\alpha 2} = 0.2874 \pm 0.0010$$

$$P_{\alpha 3} = 0.00114 \pm 0.00010$$

结果的总不确定度由偶然成分 S_r 和系统 S_s 组成。其中,偶然成分取平均值的标准偏差,系统成分是根据MULT程序对²³⁸Pu标准谱的 $P_{\alpha 1}$ 、 $P_{\alpha 2}$ 和 $P_{\alpha 3}$ 分析的相对偏差分别为0.04%、0.11%和1.7%确定的。合成不确定度 S 取两者的均方,总不确定度 S_t 取2倍的合成不确定度,详见表2。我们的处理方法和文献[4]不同,后者是将偶然成分和系统成分直接相加得到的。

为了能看出内转换电子脉冲与 α_2 峰符合相相对测量结果的影响,我们在源与探测器之间不加小磁场时测量了4个α谱,所得α粒子辐射几率为: $P_{\alpha 1} = 0.7154$, $P_{\alpha 2} = 0.2833$,这使 $P_{\alpha 1}$ 值提高了0.56%。

表2 ^{238}Pu α 粒子辐射几率的不确定度Table 2 Uncertainty of alpha-particle probabilities of ^{238}Pu

α 粒子 能量 E_α /keV	辐射几率	不确定度/ 10^{-2}			
		S_r	S_s	S	S_o
5499.2	0.7114(10)	0.04	0.03	0.05	0.10
5456.5	0.2874(10)	0.04	0.03	0.05	0.10
5357.7	0.00114(10)	0.004	0.003	0.005	0.010

如果我们的制源技术和实验室设备水平有所提高,可望对核结构更为复杂核素的 α 粒子辐射几率的测量取得满意的结果。

所用放射源由蔡峰和李光制备,在此致谢。

参 考 文 献

- 1 刘运祚主编.常用放射性核素衰变纲图.北京:原子能出版社,1982.
- 2 Baranov SA, Kulakov VM, Shatinskii VM, et al. Energy Levels of ^{234}U Arising at Decay of ^{238}Pu . Sov J Nucl Phys, 1971, 12:604.
- 3 Ahmad I. Relative Alpha Intensities of Several Actinide Nuclides. Nucl Instrum Methods, 1984, 223(2):319.
- 4 Bortels G, Denecke B, Vaninbroux R. Alpha-Particle and Photon Emission Probabilities in the ^{238}Pu : ^{234}U Decay. Nucl Instrum Methods, 1984, 223(2):329.
- 5 杨吉纯,倪建忠. α 能谱的分析方法及应用.原子能科学技术,1993,27(6):519.

ALPHA-PARTICLE EMISSION PROBABILITIES IN THE DECAY OF ^{238}Pu

YANG JICHUN NI JIANZHONG

(Northwest Institute of Nuclear Technology, Xian, 710024)

ABSTRACT

Ten alpha-spectra are measured using the sources produced by electro-deposition method and a silicon surface barrier detector. The multiple alpha spectra analysis program MULT are used in the analysis of the alpha spectra. The alpha-particle probabilities of ^{238}Pu are obtained. The results are:

$$P_{\alpha 1} = 0.7114(10), P_{\alpha 2} = 0.2874(10), P_{\alpha 3} = 0.00114(10).$$

Key words Alpha-particle emission probability Uncertainty Silicon surface barrier detector Electro-deposition source