

9243 — 245

^{137}Eu 衰变的在线测量*

甘再国 秦芝 范红梅 郭俊盛 王同庆 郭斌 雷相国 徐岩冰
刘洪业 杨永峰 陈展图 刘军辉 何建军 熊兵 胡青元
古中道 董成富 郭应祥 袁双贵 靳根明
(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

0571-302

摘要 使用在线同位素分离器及快带传输系统研究了缺中子稀土核 ^{137}Eu 的衰变性质. 测量了 $A=137$ 核的 γ , X 单谱及 γ - X , γ - γ 符合谱, 得到了 ^{137}Eu 核的半衰期为9.8 s, 并观测到了 ^{137}Eu 的一条能量为209.0 keV的衰变 γ 线.

关键词 ^{137}Eu 衰变 在线同位素分离器 半衰期
分类号 O571.31

在线测量

衰变

1 引言

对于 $50 < Z$ 和 $N < 82$ 区域的缺中子核, 通过研究已得到了许多重要的核结构信息 (如集体运动和单粒子激发的共存等)^[1-5]. 由于它们处在两个典型的幻数之间, 因此为各种模型的检验提供了很好的机会. 但是到目前为止, 对这一区域的绝大部分核只进行了在束谱学的研究, 而对其低位能级的细致研究还较少, 这些信息可以借助研究 β 跃迁后的伴随衰变得到.

对处在这一核区的 ^{137}Eu 核, Alkhazov 等^[4]曾经报告了它的衰变半衰期以及测得的三条 γ 线, 但是这一结果至今未见到在正式刊物上发表, 有关这一核素的更多的衰变特性也未见到有任何报道. 本工作选取 ^{36}Ar , $p\alpha n$ ^{137}Eu 反应, 借助在线同位素分离器及快带传输系统对产物进行了质量分离, 测量了 ^{137}Eu 核的 γ 衰变, 并从实验上给出了这个核的衰变寿命.

2 装置与实验

实验是用兰州重离子加速器的在线同位素分离器 (ISOL) 终端完成的, 由 SFC 提供

的 190 MeV 的 ^{36}Ar 束流直接进入 ISOL 的靶-离子源系统, 轰击厚度为 2 mg/cm^2 的自支撑天然 Pd 靶膜, 平均束流强度为 $0.4 \sim 0.8\ \mu\text{A}$. 从靶中反冲出来的反应产物被阻止在 FEBIAD 离子源的俘获膜中, 然后加热俘获膜使产物扩散出来, 继而进入 FEBIAD 离子源的电离室被电离. FEBIAD 离子源是一种低气压高温源, 特别适用于束流流强情况很小而电离效率高的, 而且一般不需要对俘获膜进行额外的加热, 产物就可以扩散出来. 电离后的离子被分离器吸极引出, 吸极电压为 -40 kV , 引出的离子流经透镜及分析磁铁, 在焦平面得到分离的同质异位素, 然后再经过四极透镜到达收集位置, 被收集在带传输系统的敷铝尼龙带表面. 经过一定时间的收集后, 带传输系统自动快速将收集活性传输到约 1 m 处的 3 个高纯锗探测器和 ΔE - E 望远镜, 两个高纯锗探测器以水平方向对面地安装在尼龙带的两侧, 另一个高纯锗探测器则处在带的下方, ΔE - E 望远镜安装在测量活性的正对面. 所有探测器都用标准系列源进行刻度. 因此选用 Xe 气对在在线同位

收稿日期: 1999-02-08.

* 国家自然科学基金(项目号 19775053)和中国科学院共同资助.

素分离器的质量进行了刻度, 且用 Kr 气进行了验证. 在实验中, 还随时用 Xe 气对质量位置进行了监测. 带传输系统的收集和测量时间都为 40 s, 每一次的收集样品都在探测位置进行了 X、 γ 单谱及 γ - γ (X) 符合测量, 单谱以序列谱的方式记录, 符合测量以事件的方式记录.

3 结果分析与讨论

当收集的目标核质量数 $A = 137$ 时, 实验测得的产物衰变 γ 和 X 射线单谱示于图 1.

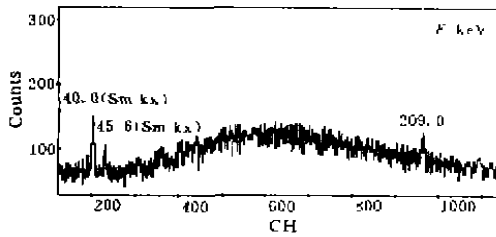


图1 由³⁸Ar+⁶⁴Pd 反应产生的¹³⁷Eu 的 γ 单谱

能量为 40.0 keV 的峰为 Sm 的 K_{α} 特征 X 射线, 它是由 Eu 同位素的电子俘获(EC)产生的. 这表明 Eu 同位素已经产生并被传输出来, 又由于在线同位素分离器所分离出来的质量链为 137. 所以 40.0 keV 的 X 射线只能从 ¹³⁷Eu 核产生, 从而从原子序数及质量数上得到了指定. 另外, 在实验中发现所测谱中的一条 209.0 keV 的 γ 射线与 40.0 keV 的 X 射线的半衰期在误差范围内一致, 因此这条 γ 射线可以指定为 ¹³⁷Eu 的衰变 γ 射线, 该结果与文献[5]给出的 ¹³⁷Sm 的在束能级纲图是一致的. 因为从 ¹³⁷Eu 的 $11/2^-$ 的基态经 β 衰变布居到 ¹³⁷Sm 的 $\nu h_{11/2}$ 的单粒子能带的 $11/2^-$ 能级上, 再从这一能级退激到该能带的 $9/2^-$ 基态, 则有 209 keV 的 γ 射线放出.

经过对 40.0 keV X 射线的分析, 得到了

它的衰变曲线(见图 2), 用最小二乘法加以拟合, 由该衰变曲线提取出的半衰期为 (9.8 ± 2) s, 该实验值与文献[4]给出的 9 s 值能较好符合; 与文献[6]给出的 (11 ± 2) s 在误差范围内是一致的. 实验得到的半衰期 (9.8 ± 2) s 与 Gross 理论预言的 10 s 的值^[7]也是非常一致的.

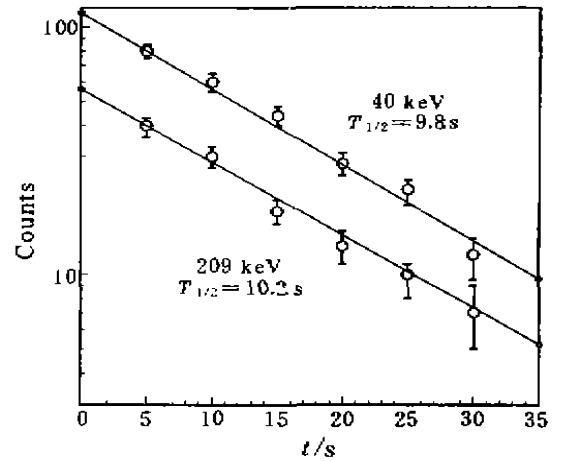


图2 测得的 Sm KX 射线及 209 keV γ 线的半衰期

本实验是国内首次使用在线同位素分离器完成的, 实验结果表明, 这台分离器的整体运行状态良好, 能够投入核物理在线实验. 由于本实验中的目标核是稀土元素 Eu, 分离器对这些核的总体效率较低, 国外一些实验室则是通过设计一种特殊的氧化离子源来提高稀土核的电离效率. 在本实验中也曾向离子源掺进了少量氧气, 并且在 $A = 153$ (¹⁶O + ¹³⁷Eu) 处进行了收集和测量, 结果未发现 ¹³⁷Eu 的输出量有明显增加, 表明所使用的 FEBIAD 离子源即使在加氧的情况下也不能明显提高稀土核的提取效率. 为使今后的同类实验获得进一步改善, 设计和开发一种高温表面氧化离子源是需要的.

参 考 文 献

1 Nowicki G P, Buschmann J, Hauser A *et al.* The Level

Scheme of ¹³⁷Nd from (α, n) Reactions and from

- Beta-decay of the $11/2^-$ Isomer of ^{137}Pm . Nucl Phys, 1975, A249, 76~92
- 2 Klinken J Van, Feenstra S J. Shape Implications of Unhindered $11/2^- \rightarrow 11/2^-$ Beta Decays in the Region with $N < 82$ and $Z > 50$. Phys Rev, 1975, C12(6): 2 111
- 3 Redon N, Ollivier T, Beraud B *et al.* New Exotic Neutron-deficient Nuclei near $N=82$. Z Phys, 1986, A325, 127~138
- 4 Alkhazov G D, Ganbaatar N, Gromov K Ya *et al.* Proc New Isotope ^{137}Eu , Decay of ^{137}Sm . 33rd Ann Conf Nucl Spectrosc Struct At Nuclei, Moscow, 1983, 97
- 5 Firestone R B, Shirley V S. Table of Isotopes, Eighth edition, New York, 1996, 1, 1 242~1 260
- 6 Nowicki M, Bogdanov D D, Demyanov A A *et al.* Very Neutron-deficient Isotopes of Samarium and Europium. Acta Phys Pol, 1982, B13, 879
- 7 Takahashi K, Yamada M, Kondoh T *et al.* Atom Data and Nucl Data Tables, 1973, 12; 101~142

On-line Measurement of ^{137}Eu Decay

Gan Zaiguo Qin Zhi Fan Hongmei Guo Junsheng Wang Tongqing Guo Bin
 Lei Xiangguo Xu Yanbin Liu Hongye Yang Yongfeng Cheng Zhangtu
 Liu Junhei He Jianjun Xiong Bin Hu Qingyuan Gu Zhongdao
 Dong Chengfu Guo Yingxiang Yuan Shuanggui Jin Genming

(*Institute of Modern Physics, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000*)

Abstract The decay properties of neutron-deficient rare earth nucleus ^{137}Eu have been studied by means of on-line isotope separator combined with rapid tape transport system. The products were produced by 190 MeV ^{36}Ar bombarding on Pd target via $^{104}\text{Pd}(^{36}\text{Ar}, p\alpha n)^{137}\text{Eu}$ reactions. γ , X singles and γ -X, γ - γ coincidence spectra of the nuclei with $A=137$ were measured. The half-life of ^{137}Eu is obtained to be 9.8 s. A γ -ray with energy of 209.0 keV for ^{137}Eu was observed.

Key words decay of ^{137}Eu isotope separator on-line half-life

Classifying number O571.31