

^{186m}Ta 的鉴别*

徐岩冰^{1,2;1)} 袁双贵¹ 杨维凡¹ 牛雁宁¹ 丁华杰¹

1 (中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

2 (中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 通过 14 MeV 中子引起的 $^{186}\text{W}(n,p)$ 反应, 生成了 ^{186m}Ta 和 ^{186}Ta . 借助于对已知 ^{186}Ta 的 γ 射线的观测, 鉴别了未知的 ^{186m}Ta , 并测定其半衰期为 1.5 ± 0.1 min.

关键词 (n, p) 反应 同质异能态 鉴别 半衰期

有关 ^{186}Ta 半衰期的报道最早发表于 1955 年, Poe 等人^[1] 利用快中子照射钨酸得到了钨通过对 β 粒子的测量得到 ^{186}Ta 的半衰期为 10.5min. 1970 年,

Pathak 等人^[2] 利用 14.8MeV 中子照射 ^{186}W 同位素及光谱纯的钨粉末, 通过 (n, p) 反应产生 ^{186}Ta . 同样, 经过 β 射线活性的观测获得 ^{186}Ta 的半衰期也是 10.5min.

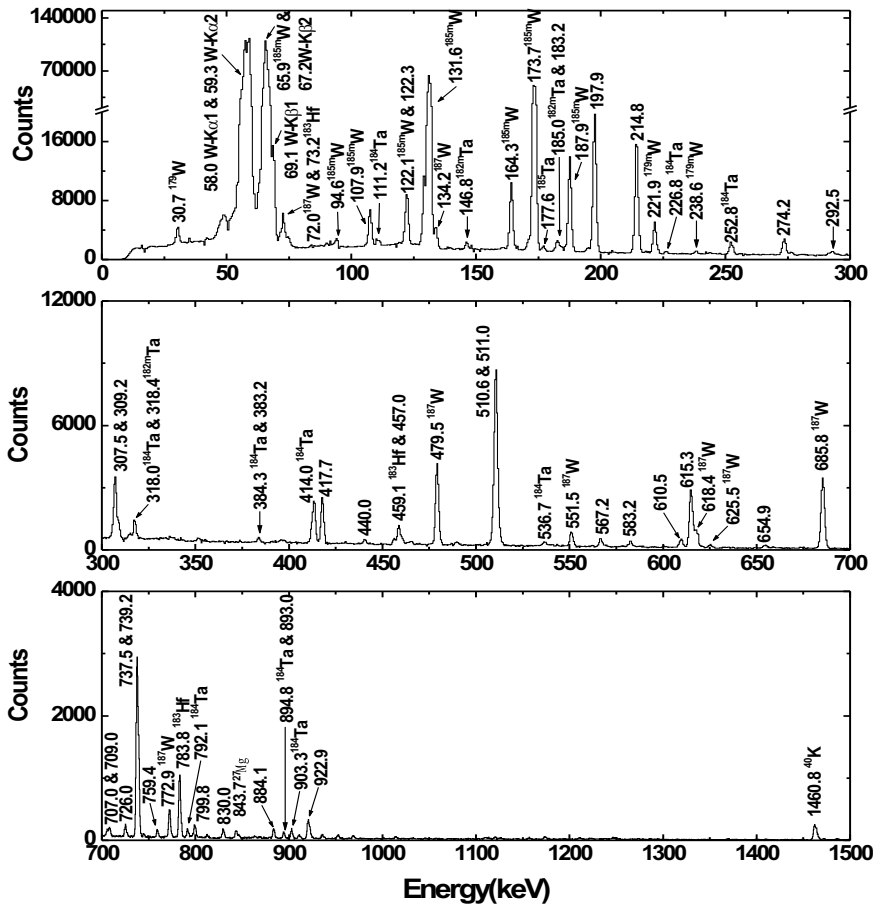


图 1 测得的 γ 射线单谱

* 国家自然科学基金和国家重点基础研究发展规划项目资助

1) E-mail: ybx@impcas.ac.cn

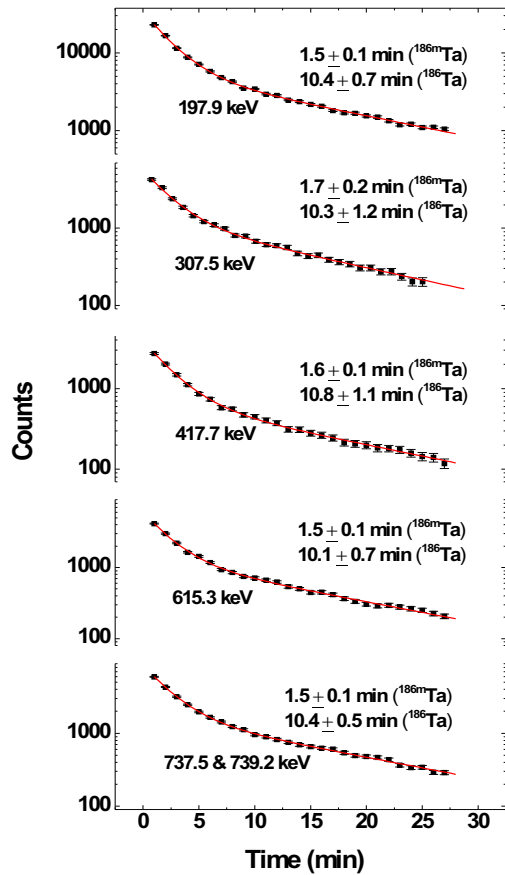


图2 测得的197.9, 307.5, 417.7, 615.3, 737.5和739.2keV γ 射线的衰变曲线

迄今为止, 还未见到关于它的同质异能态 ^{186m}Ta 的报道. 因此, 我们试图通过 γ (X) 谱学方法搜索可能的短寿命的 ^{186m}Ta . 对于Ta所在的重丰中子核区, 研究丰中子核常用的裂变反应已无法达到如此重质量的区域, 而快中子引起的(n, p)反应则是产生它们很有效的反应机制^[1-5]. 本实验中利用14MeV中子照射钨通过(n, p)反应产生了 ^{186}Ta 及其同质异能态 ^{186m}Ta .

实验是在中国科学院近代物理研究所的600kV高压倍加器上进行的, 使用氘轰击TiT靶通过T(d,n) ^4He 反应产生了14MeV中子. 实验所用的靶子是 $\sim 100\text{mg}/\text{cm}^2$ 厚的天然钨粉. 由14MeV中子照射钨靶产生了钽的放射性同位素. 为了有效地降低长寿命活性的累积, 每块钨靶只照射一次. 照射4min后, 用改进的靶辐照传输系统将它们传送到铅室中. 照射结束20s后使用以下探测器开始进行测量: 1) 一个小平面高纯锗X射线和低能 γ 射线探测器, 它对 ^{57}Co 的122keV射线的能量分辨为580eV, 有效直径和灵敏层深度分别是32mm和10mm; 2) 一个由4个同轴N型锗探测器组成的CLOVER探测器, 其中, 各探测器都具有25%的探测效率和2.1keV的能量分辨(对 ^{60}Co 的1332keV线). 这两个探测器被面对面地放在铅室中源的两边. 考虑到 ^{186}Ta 的半衰期^[6], 每次测量持续了27min. 使用多参数数据获取系统(MPA3)记录了 γ (X)射线单谱事件和三参数 γ (X)- γ - t 符合事件. 其中, t 是每个事件距测量开始时刻的时间. 为了增加统计, 上述过程重复进行了多次.

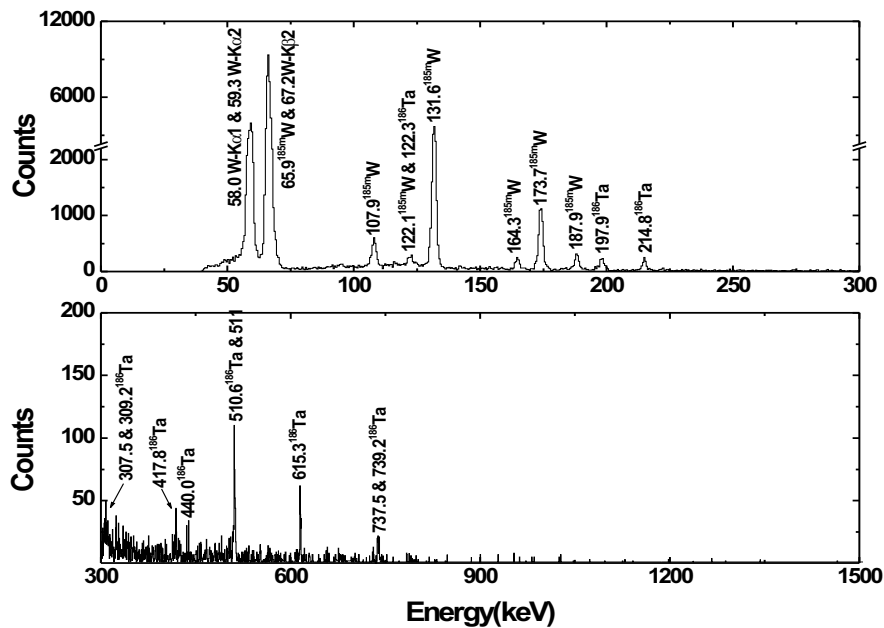


图3 测得的W的K α 和K β_2 X射线开门的 γ 射线谱

在照射过程中, 分别通过(n,2n), (n, γ), (n,p)和(n, α)等反应产生了W, Ta, 和Hf的一些放射性源. 图1给出在实验中测得的 γ 射线单谱. 通过分析图1的 γ 谱可知, 谱中除包括一些放射性杂质如 ^{179}W , ^{179m}W , ^{185m}W , ^{187}W , ^{182m}Ta , ^{184}Ta , ^{185}Ta 和 ^{183}Hf 等的 γ 射线外, ^{186}Ta 的 γ 射线清晰可见^[6]. 在图1中, 6条较强的 ^{186}Ta 的 γ 射线较为干净, 能量分别为197.9, 307.5, 417.7, 615.3, 737.5和739.2keV. 通过仔细地跟踪这6条 γ 射线, 得到它们的衰变曲线(见图2). 从图中可以看出, 衰变曲线包含两个组分. 利用分析双组分放射性衰变的计算机程序对其进行拟合, 提取出两个组分的加权半衰期分别为 $1.5 \pm 0.1\text{min}$ 和 $10.4 \pm 0.4\text{min}$. 其中长寿命组分应来自 ^{186}Ta 的 β^- 衰变, 提取出的 ^{186}Ta 的半衰期与文献值符合得很好^[1,2,6]. 而短寿命组分只可能来源于 ^{186m}Ta 的 β^- 衰变或 ^{186m}W 的同核异能态跃迁. 经过拟合可得, 测量初始时刻短寿命组分的强度是 ^{186m}Ta β^- 衰变强度的3倍. 如果短寿命组分来源于未见报道的 $1.5 \pm 0.1\text{min}$ 的 ^{186m}W 的同核异能态跃

迁, 那么应存在很强的新的退激 γ 射线. 通过对 γ 射线单谱的仔细分析, 并未发现这样的 γ 射线(图1). 另外, 在使用W的 $\text{K}\alpha$ 和 $\text{K}\beta_2\text{X}$ 射线开门的 γ 符合谱中(图3), 也未发现新的 γ 射线. 所以可以排除短寿命组分来源于 ^{186m}W 的同核异能态跃迁的可能性. 因而本实验确认了 ^{186m}Ta 的存在, 并得到其半衰期为 $1.5 \pm 0.1\text{min}$.

至于文献[1]和文献[2]的实验中并没有报道发现 ^{186m}Ta 的原因, 推测应是由于在文献[1]的实验中, 较长的(10min)照射时间与较长的放射化学过程, 使得对短寿命的 ^{186m}Ta 的测量十分困难; 而在文献[2]的工作中, 由于未进行放射化学分离, 且 ^{186}Ta 半衰期的测定是靠 β 射线活性的观测来完成的, 从而通过 $^{186}\text{W}(n, 2n)$ 产生的极强的1.67min的 ^{185m}W ^[7]的 β 射线活性会淹没 ^{186m}Ta , 因此, ^{186m}Ta 也未被探测到.

对中国科学院近代物理研究所中子发生器全体工作人员的支持与合作表示感谢.

参考文献(References)

- 1 Poe A J. Phil. Mag., 1955, **46**: 1165
- 2 Pathak B P, Murty K S N, Mukherjee S K et al. Phys. Rev., 1970, **C1**: 1477
- 3 Caplar R, Udovicic I, Holub E et al. Z. Phys., 1983, **A313**: 227
- 4 Ryves T B, Kolkowski P, Hooley A C. Ann. Nucl. Energy., 1990, 17107
- 5 Gopych M P, Gopych P M, Zalyubovsky I I et al. Rus. Acad. Sci. Phys., 1997, **61**: 323
- 6 Baglin C M. Nucl. Data Sheets, 1997, **82**: 1
- 7 Browne E. Nucl. Data Sheets, 1995, **74**: 165

Identification of $^{186m}\text{Ta}^*$

XU Yan-Bing^{1,2,1)} YUAN Shuang-Gui¹ YANG Wei-Fan¹ NIU Yan-Ning¹ DING Hua-Jie¹

1 (Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

2 (Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract ^{186m}Ta and ^{186}Ta have been produced by irradiation of ^{nat}W with 14MeV neutrons. The unreported tantalum isomer ^{186m}Ta has been identified by means of measuring known γ rays from ^{186}Ta β^- -decay. The half-life of ^{186m}Ta has been determined to be $1.5 \pm 0.1\text{min}$.

Key words ^{186m}Ta , identification, β^- -decay, half-life

* Supported by National Nature Science Foundation of China and Major State Basic Research Development Program

1) E-mail: ybx@impcas.ac.cn