

新丰中子核素 ^{185}Hf 的研究

I. 合成、分离和鉴别*

张天梅 袁双贵 张学谦 潘强岩
徐树威 陈景仁¹⁾ 李伟生 殷锡金
杜一飞 郝文魁 孙儒林 王以好

(中国科学院近代物理研究所, 兰州, 730000)

1) (兰州大学现代物理系, 730000)

用 $(n, 2p)$ 反应和快化分离法首次合成和鉴别了新丰中子同位素 ^{185}Hf 。其半衰期为 $3.5 \pm 0.6\text{min}$ 。另外, 还观察到一条能量为 $164.5 \pm 0.5\text{keV}$ 、半衰期为 $4.3 \pm 0.9\text{min}$ 的属于 ^{185}Hf 衰变的 γ 射线。

关键词 新核素 ^{185}Hf 合成 分离 鉴别

远离 β 稳定线新核素的合成可以拓宽核素的研究领域, 更加深入地认识原子核, 也是对现有新核素理论的一种检验。因此, 它是原子核物理和核化学研究中一个重要的前沿领域。随着研究对象越来越远离稳定线, 其合成、分离和鉴别手段越来越困难。

由于在新丰中子区的一些核存在着理论计算的反常半衰期以及预言的新衰变模式和大形变等新现象, 因此近年来我们开展了该区内新核素的合成及研究工作。本文报道新丰中子同位素 ^{185}Hf 的合成、分离和鉴别。

1 实验原理

对于产生重丰中子区新同位素, 传统的方法(如自发或诱发裂变、高能质子散裂或转移反应和低能重离子转移反应等)不太有效, 而用快中子引起的 $(n, 2p)$ 奇异反应是最好的方法之一。本工作用 14MeV 中子通过 $^{186}\text{W}(n, 2p)^{185}\text{Hf}$ 反应产生 ^{185}Hf 。

由于这一核区的核多属于高温难熔金属元素(Hf 的熔点为 2227°C), 加上目标核具有小的反冲动能, 很不容易从靶(特别是厚靶)中冲出。因此采用国外惯用的电磁方法很不适宜, 而采用放化方法却很有效。另外, 在该区内有不少未知核(包括 ^{185}Hf)的半衰期预言值相对较长,

* 由中国科学院八五重大项目资助

收稿日期: 1993-07-13 收到修改稿日期: 1993-11-21

这使得采用放化分离方法成为可能。放化分离后,可以指定目标核的 Z 值,然后根据母子体衰变关系,通过已知子体放射性随时间的变化,便可指定其母体(新核素)的存在,即指定 A 值,从而确定新核素。

2 实验方法

实验先后在兰州大学 300kV 和本所 600kV 高压倍加器上利用 14MeV 中子进行。中子由 $^3\text{H}(\text{d}, \text{n})^4\text{He}$ 反应产生,平均注量率为 $1 \times 10^{12} \text{s}^{-1}$ 。靶子物是 20g 分析纯钨粉(99.85%),每个靶子照射 15min。

照射结束后,立即将靶子溶于浓氢氟酸与浓硝酸的混合液中,加 Hf 载体于溶解液中,然后加饱和硝酸钡溶液生成 BaHfF_6 沉淀,从而使 Hf 从钽、钨和其他反应产物中分离出来。离心分离后,得白色结晶状沉淀,用于测量。

放化分离约 6—7min,从第 8 分钟开始测量。测量是以单参数单谱方式进行,为兼顾效率和能量分辨,挑选一台探测效率为 18%、能量分辨为 1.9keV(对 ^{60}Co)的 HPGe 探测器,待测源和探测器都置于大铅室中,为了观察预期的 ^{185}Hf 的子体 ^{185}Ta 可能的增长及其后的衰变,根据 ^{185}Ta 的 $T_{1/2} = 49 \pm 2 \text{min}^{[1]}$,测量持续了 100min。以本所研制的 PC-CAMAC 多参数数据获取系统^[2]获取了数据并将时间序列谱记录在磁盘上,为有足够的计数,将四次测量结果进行叠加。所测得的部分 γ 谱示于图 1。

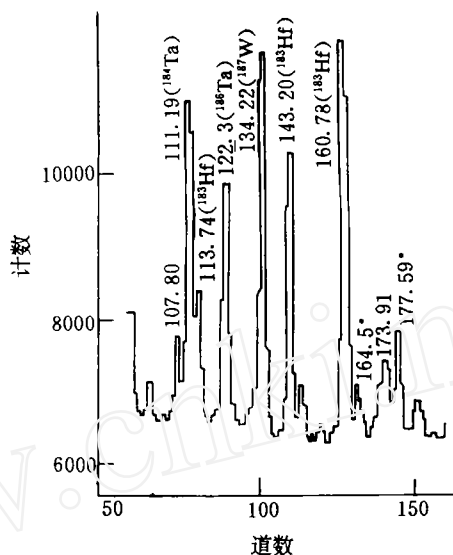


图 1 测得的部分 γ 谱图

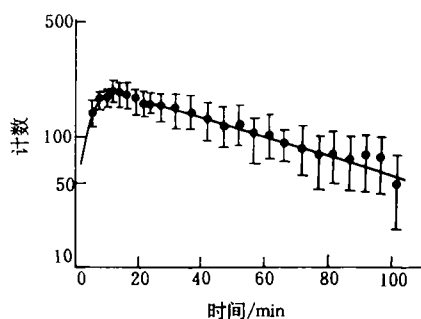
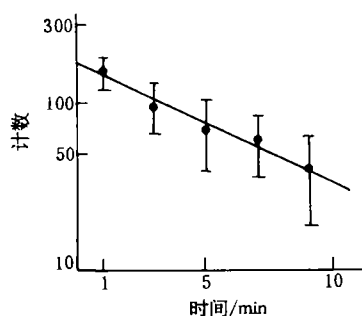
* 此峰用作寿命测量

3 数据处理及结果

γ 谱的处理是在本所 Vax-8350 计算机上利用 LEONE 程序进行的。分析结果

表明,由于靶子物质量较大(20g),而且化学分离时间较短,故去污不可能太好。所以在化学分离后仍有一些钨和钽的同位素留在源中,使得 γ 谱仍然比较复杂。谱中除了包含来自于 Hf 的放射性同位素以及 ^{185}Ta 的 γ 射线外,还包括来自于 W 和 Ta 的放射性同位素的 γ 射线,但是,通过半衰期、跃迁能量和相对强度^[1,3]之间的关系,我们观察到并指定为 ^{185}Ta 的三条强 γ 射线是 177.59、173.91 和 107.80keV。

鉴于 ^{185}Hf 的指定主要是根据其子体 ^{185}Ta 特征 γ 放射性计数随时间的变化,跟踪了 ^{185}Ta 最强的一条 γ 射线(177.59keV),其放射性计数随时间的变化曲线示于图 2。由图 2 可见,177.59keV γ 射线的放射性计数随时间变化具有明显的增长和其后的衰变现象。这说明, ^{185}Ta 的放射性来源于它的母体 ^{185}Hf 的衰变。利用递次衰变分析程序对此 177.59keV γ 射线的增长和衰变曲线进行拟合,得到 ^{185}Ta 和 ^{185}Hf 的半衰期分别为 $48.6 \pm 5.6 \text{min}$ 和 $3.5 \pm 0.6 \text{min}$ (图 2)。前者与列出文献符合得很好;后者与利用具有 GAMAV-Teller 剩余相互作用的质子-中子

图2 177.59keV γ 射线的增长和衰变曲线图3 164.5keV γ 射线的衰变曲线

准粒子随机相近似(QRPA)^[4]的计算值相符。另外,我们发现了一条能量为164.5keV,半衰期为 $4.3 \pm 0.9\text{min}$ 的 γ 射线(图1、3),它与上述 ^{185}Hf 的半衰期在误差范围内一致。其跃迁能量与在 $^{186}\text{W}(\text{t}, \alpha)^{185}\text{Ta}$ 反应研究^[1]中所观察到的 ^{185}Ta 的一个激发态相符合。基于能量和半衰期的测量,该 $164.5 \pm 0.5\text{keV}$ γ 射线被指定为 ^{185}Hf 的 γ 衰变。

致谢:感谢本所加速器组的同志们在实验中的有效合作。

参 考 文 献

- 1 Browne E. Nuclear Data Sheets for $A = 185$. Nucl Data Sheets, 1989, 58: 441.
- 2 Du yifei. PC-CAMAC-Multiparameter Data Acquisition System. IMP Annual Report, 1990: 123.
- 3 Reus V, Westmeier W. Catalog of Gamma Rays From Radioactive Decay. At Data Nucl Data Tables, 1983, 29: 1.
- 4 Staudt A, Bender E, Muto K, et al. Second-Generation Microscopic Prediction of Beta-Decay Half-Lives of Neutron-Rich Nuclei. At Data Nucl Data Tables, 1990, 44: 79.

THE STUDY OF NEW NEUTRON-RICH NUCLIDE ^{185}Hf

I. THE SYNTHESIS, SEPARATION AND IDENTIFICATION

ZHANG TIANMEI YUAN SHUANGGUI ZHANG XUEQIAN PAN QIANGYAN
XU SHUWEI CHEN JINGREN¹⁾ LI WEISHENG YIN XIJIN DU YIFEI
QI WENKUI SUN RULIN WANG YIHAO

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou, 730000)

1) (Department of Modern Physics, Lanzhou University, 730000)

ABSTRACT

An unreported Hafnium isotope ^{185}Hf has been identified for the first time. Sources of ^{185}Hf prepared by 14 MeV neutron irradiation of tungsten followed by radiochemical separation have been studied. The new activity is identified by following the time variation of the γ -rays. The half-life of ^{185}Hf has been determined to be $3.5 \pm 0.6\text{min}$. In addition, a new $164.5 \pm 0.5\text{keV}$ γ -ray is found and assigned to ^{185}Hf based on the measurements of transition energy and half-life.

Key words New nuclide ^{185}Hf Synthesis Separation Identification