

^{183}W 5.2秒同质异能态的一条新跃迁分支

归寿造 刘静怡 肖根来 田家棋

(中国科学院上海原子核研究所)

摘 要

在用 14.8 MeV 中子轰击天然钨样品时, 观察到了一条 γ 射线, 其能量为 291.7 keV, 以 5.17 ± 0.03 秒的半衰期衰变。根据实验事实, 我们假设 ^{183}W 的 5.2 秒同质异能态衰变中除了已知的两条跃迁分支外, 还存在 $11/2^+ \rightarrow 11/2^- [615] \rightarrow 5/2^- \rightarrow 3/2^- [512]$ 态的另一条同质异能 ($E3$) 跃迁。计算了这条新跃迁分支的受阻因子, 它与 K^- 禁戒同质异能跃迁的一般经验规则很好相符。

最近, 在我所中子发生器实验室建立了跑兔装置和 γ 射线多谱分析方法相结合的实验技术^[1], 用以研究快中子核反应产生的短寿命 γ 放射性。

在用 14.8 MeV 中子轰击高纯的天然钨样品时, 观察到了一条明显的 γ 射线, 能量为 291.7 keV, 以 5.17 秒的半衰期衰变。在快中子活化天然钨产生的短寿命放射性中, 只有 ^{183}W 的 $11/2^+ \rightarrow 11/2^- [615]$ 同质异能态^[2]具有 5.15 秒的半衰期。但目前报道的该同质异能态衰变中没有包括 291.7 keV 的 γ 跃迁。然而, 从 $^{183}\text{Ta} \rightarrow ^{183}\text{W}$ 或 $^{183}\text{Re} \rightarrow ^{183}\text{W}$ 的衰变纲图^[3]中, 都有从 ^{183}W 的 $5/2^- \rightarrow 3/2^- [512] \rightarrow 1/2^- [510]$ 的 291.7 keV 基态跃迁。如果 291.7 keV 的 $5/2^- \rightarrow 3/2^- [512]$ 能级也能被 ^{183m}W 的衰变布居, 则还应有 245.4, 192.8, 85.0 和 82.9 keV 等 γ 射线。对实验能谱的仔细观察表明, 所有这 4 条弱的 γ 射线都能清楚地看到, 且也具有约 5 秒的半衰期。经定量测量, 它们对 291.7 keV 的 γ 射线相对强度和以上纲图中的数据相一致。

实验测到的 γ 射线能谱见图 1。靶子辐照 8 秒, 等待 1.5 秒, 测量 8 秒。其中减去了等待 9.5 秒, 测量 8 秒的长寿命 γ 放射性本底。

图 2 表示 ^{183m}W 的 3 条 γ 射线的衰变曲线, γ 射线能量分别为 107.8, 210.1 和 291.7 keV。前两条 γ 射线是已知的, 291.7 keV 的一条是我们观察到的。它们的半衰期在实验误差范围内相符, 取平均值后, 得半衰期 $T_{1/2} = 5.17 \pm 0.03$ 秒。它和文献[2]中给出的 $T_{1/2} = 5.15 \pm 0.03$ 秒很好一致。

实验测得的 γ 射线能量和相对强度见表 1。为作比较, 表中列出了文献[2]中给出的 γ 射线相对强度。其中各条 γ 射线的内转换系数数值根据文献[2][3][4][5]经我们整理计算得到。

曾对有关 γ 射线作了 $\gamma\gamma$ 符合测量。由于可望存在级联关系的新分支中的 γ 射线相

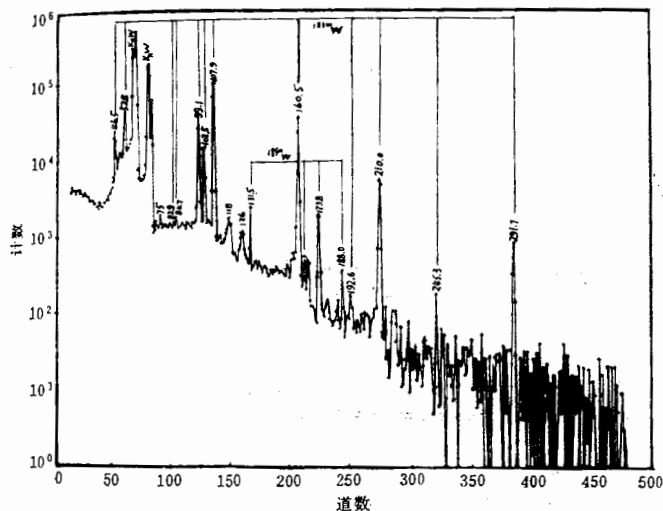


图 1 γ 射线能谱.

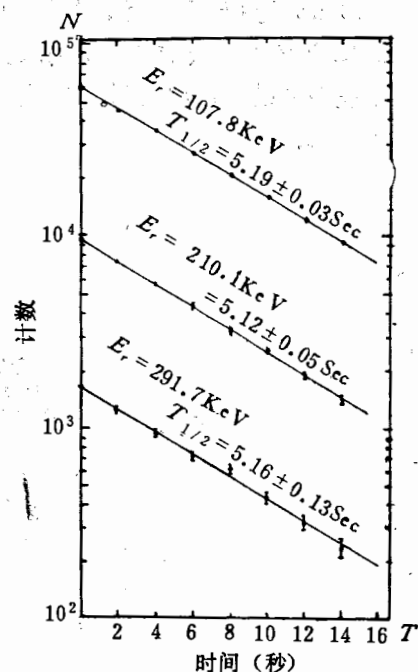


图 2 ^{183m}W 的 3 条 γ 射线衰变曲线.

对强度太弱,符合测量未能得出新的肯定结论.

表 1 ^{183m}W 衰变 γ 射线的能量和相对强度

能量(keV)	相对强度([2])	相对强度(本工作)	内转换系数(α)
46.3 ± 0.2	120	130 ± 4	9.3
52.6 ± 0.2	137	139 ± 5	6.0
82.9 ± 0.2		0.49 ± 0.18	6.9
85.0 ± 0.3		1.4 ± 0.3	7.6
98.9 ± 0.2	176	153 ± 5	3.8
102.3 ± 0.2	48.0	49 ± 1	29
107.8 ± 0.2	371	348 ± 8	3.1
160.4 ± 0.2	100	100	0.35
192.8 ± 0.2		0.28 ± 0.04	0.44
210.1 ± 0.2	18.4	18.2 ± 0.2	1.9
245.4 ± 0.2		0.34 ± 0.03	0.33
291.7 ± 0.2		2.58 ± 0.08	0.11

图 3 是我们更新了 ^{183m}W 的衰变纲图. 其中 γ 射线能量值前的数值表示对能级归一为 100 的 γ 相对强度. 原纲图中 $11/2^+11/2^- [615]$ 态只通过 210.1 和 102.3 keV 两条 γ 跃迁布居到基态转动带上的 $5/2^-$ 和 $7/2^-$ 态. 我们的实验观察表明, 可能还存在一条

实
为
有
能
纲
果
和
看
上
了
.7
实
的
的
计
相

17.3 keV 的 ($E3$) 跃迁, 布居到已知的以 $3/2^-3/2[512]$ 为带头的 $5/2^-$ 态上。由此引起 291.7 keV 和其余的 7 条 γ 射线。由于 17.3keV 的 γ 跃迁内转换系数极高 ($\alpha = 2.1 \times 10^6$), 不能在 γ 谱中被观察到。新跃迁分支的存在, 给原纲图增加了两条已知能级和总共 9 条 γ 射线。

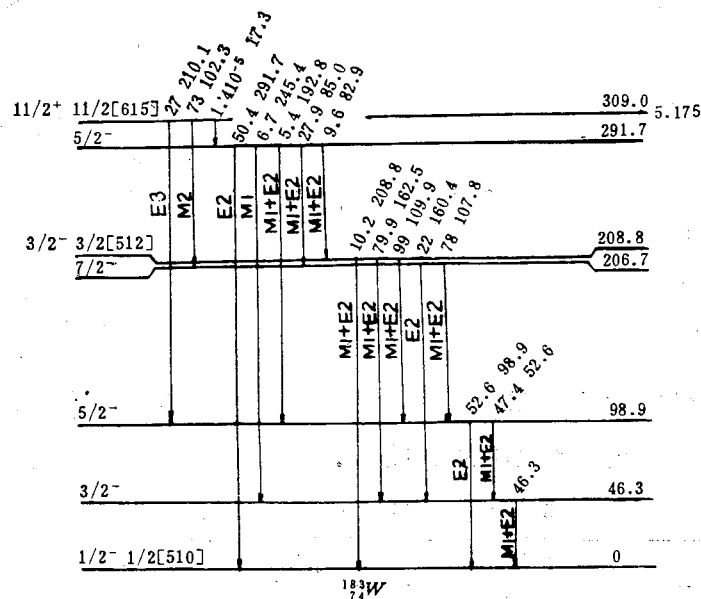


图 3 ^{183}W 的衰变纲图。

^{183}W 的 5.2 秒 $11/2^+$ 同质异能态 γ 跃迁研究的已有的主要工作是文献[6][7][8]。迄今所有工作还停留在 60 年代初, 用 NaI(Tl) 探测器或正比计数器探测。我们用 Ge(Li) 探测器测量, 观察到了这群约占总衰变强度 1% 的以 291.7 keV 为首的 γ 射线。

^{183}W 是形变区中的奇 A 核, 它的能级特性可以在以 Nilsson 模型为基础的综合模型中讨论。根据这种模型, ^{183}W 的 $11/2^+11/2[615]$ 态属于 K^- 禁戒的同质异能态^[9,10]。常用受阻程度 ν 对 K^- 禁戒跃迁分类, 并对单粒子跃迁几率计算跃迁的受阻因子。由我们的实验数据计算得到 $11/2^+$ 态的 3 条 γ 跃迁分支的特性, 见表 2。按 K^- 禁戒同质异能态跃迁的经验规则^[11], 一般地每次禁戒相当于有约 10^2 的受阻因子。这里, 3 条 γ 跃迁分别为一、二和三次禁戒, 相应地得到受阻因子分别为 10^2 , 10^4 和 10^6 数量级。说明我们推断出的 17.3keV 的 ($E3$) 跃迁分支, 和 K^- 禁戒同质异能态跃迁的一般经验规则很好相符。

近代稀土形变区奇 A 核的核结构理论^[12]和 ^{183}W 的能级特性的实验结果分析^[13]表明, ^{183}W 的 $11/2^+$ 态跃迁所涉及的能级有很强的 Coriolis 组态混杂。即在基态转动带中有 $3/2[512]$ 带以及 $11/2^+11/2[615]$ 态中有 $11/2^+9/2[624]$ 态的很强混杂。新分支的存在也表明这种强的阻态混杂导致的低的阻禁。

引起
0⁶),
9 条表 2 $11/2^+11/2(615)$ 态 3 条 γ 跃迁分支的特性

初态	末态	能量(keV)	多极性	受阻程度(ν)	受阻因子(F_W)
$11/2^+11/2[615]$	$5/2^-3/2[512]$	17.3	(E3)	1	$6.6 \cdot 10^2$
$11/2^+11/2[615]$	$5/2^-1/2[510]$	210.1	E3	2	$1.4 \cdot 10^4$
$11/2^+11/2[615]$	$7/2^-1/2[510]$	102.3	M2	3	$1.9 \cdot 10^6$

作者感谢中子发生器实验室的张步发、邹志宜、林习风和多道计算机室的曾寄萍等同志在实验中的热情帮助。

参 考 文 献

- [1] 肖根来等, γ 射线的多谱分析方法, 3(1985)42.
- [2] Agda Artna-Chohen, *Nucl. Data Sheets*, 16(1975), 267.
- [3] C. M. Lederer etc. *Table of Isotopes*, (1978), p. 1154.
- [4] 刘运祚主编, 常用放射性核素衰变纲图, p. 242.
- [5] R. S. Hager and E. C. Seltzer CALT-63-60, (1967).
- [6] A. J. Poë *Phil. Mag.*, 46(1955), 611.
- [7] W. D. Schmidt-Ott etc. *Z. Phys.*, 162(1961), 329.
- [8] C. J. Gallagher etc. *Nucl. Phys.*, 24(1961), 422.
- [9] W. Andrejtscheff etc. *Atom. Data and Nucl. Data Table*, 16(1975), 515.
- [10] Kai Siegbahn, *Alpha-Beta and Gamma-Ray Spectroscopy*, Vol. 2(1965), p. 931.
- [11] O. Бор, Б. Мотгельсон, *Атомная Энергия*, 4(1963), 41.
- [12] M. E. Bunker etc., *Rev. Mod. Phys.*, 43(1971), 348.
- [13] R. F. Casten etc., *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.*, 38(1972), No. 13.

A NEW TRANSITION BRANCH OF THE 5.2 SEC ISOMER IN ^{183}W

GUI SHOU-ZAO LIU JING-YI XIAO GEN-LAI TIAN JIA-QI

(Institute of Nuclear Research, Academia Sinica)

ABSTRACT

During the bombardment of 14.8 MeV neutron on natural wolfram samples a γ -ray with energy 291.7 keV and half-life 5.17 ± 0.03 sec is observed. From the experimental facts it is assumed that in addition to the two well known transition branches from the decay of 5.2 sec isomer in ^{183}W there exists another $11/2^+ 11/2[615] \rightarrow 5/2^- 3/2[512]$ isomeric (E3) transition. The hindrance factor of this new transition is calculated. It is well consistent with the general empirical rule of k^- forbidden isomeric transition.

1. 迄
(Li)型中
用受
实验
迁的
为一、
出的表明,
中存在