

首次测定短寿命缺中子同位素 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 的 EC/β^+ 衰变纲图*

徐树威 谢元祥 潘强岩 张菊萍 张学谦 王以好 葛元秀
殷锡金 王春芳 张天梅 刘忠 郭斌 罗亦孝

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

邢正 陈星莱

(兰州大学现代物理系 兰州 730000)

1994-11-22 收稿

摘 要

利用 ^{16}O 重离子束轰击 ^{142}Nd 和 ^{147}Sm 同位素靶分别生成 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 。借助氦喷嘴带传输系统和 X- γ 、 γ - γ 符合测量方法分离鉴别核素并测量其衰变性质。首次建立了 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 的 EC/β^+ 衰变纲图。从中指认出 ^{153}Ho 的一个新三(准)粒子态和两个新单粒子态, 指认出 ^{157}Tm 的一个新的同质异能态和一条新转动带。低位能级系统分析表明: 在 Ho 和 Tm 这两条奇 A 核的同位素链中基态形状的转变区都在中子数 86 和 88 之间。

关键词 EC/β^+ 衰变纲图, 三(准)粒子态, 单粒子态, 同质异能态, 转动带, 核基态形状。

1 引 言

有关 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 的 α 衰变曾被前人研究过^[1,2]。其分支比分别为 53% 和 0.5%, 其半衰期分别为 $37.1 \pm 0.2\text{s}$ 和 $38.6 \pm 1.0\text{s}$ 。 ^{153}Er 的基态自旋和宇称已被初步指定为 $f_{7/2}$ ^[3]。 ^{153}Ho 的基态及其同质异能态的自旋和宇称分别为 $11/2^-$ 和 $1/2^+$ ^[4], 此同质异能态的激发能为 68.7keV ^[5]。 ^{157}Yb 和 ^{157}Tm 的基态自旋被分别指定为 $7/2^-$ 和 $1/2^+$ ^[6,7]。 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 衰变的 Q_{EC} 值被实验测定为 $4564 \pm 11\text{keV}$ 和 $5530 \pm 150\text{keV}$ ^[8]。 ^{157}Tm 的能级纲图也被人们用在束 γ 谱学方法研究过^[9,10]。但是, 迄今为止有关 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 的 EC/β^+ 衰变纲图却一直未见公开报道。

^{153}Ho 和 ^{157}Tm 处于其对应同位素链中核基态形状急剧变化的部位。尽管相邻同位素的基态形状是已知的, 如若不知道 ^{153}Ho 和 ^{157}Tm 的基态形状, 仍然无法准确知道在整个同位素链中基态形状的转变区。分析低位能级是研究核基态形状的方法之一。因此, 测定其母核 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 的 EC/β^+ 衰变纲图, 由此得知 ^{153}Ho 和 ^{157}Tm 的低位能

* 中科院八五重大项目资助课题。

级和基态形状是一个十分有兴趣的物理课题,长期以来为大家所关注.二十多年来,与 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 邻近核素的衰变纲图已先后被发表,但建立它们本身的 EC/β^+ 衰变纲图的努力却一直未获成功.1974年美国橡树岭国家实验室 K. S. Toth 小组曾报道过测量 ^{153}Er 衰变的结果^[11].他们给出了 ^{153}Er α 衰变分支比,但声称没有观察到属于 ^{153}Er EC/β^+ 衰变的强的 γ 射线.1982年前苏联杜布纳联合核子研究所 L. Kh. Batist 小组用在线同位素分离器把反应产物按质量数分离,再测定核素的衰变性质^[12].虽然他们测定了某些邻近核的 EC/β^+ 衰变纲图,但仅指定出能量为397keV和187keV的两条 γ 射线属于 ^{153}Er 的 EC/β^+ 衰变.我们分析认为:因为在生成 ^{153}Er 的核反应中同时生成的,与 ^{153}Er 质量数相同的干扰核(如子核 ^{153}Ho 等)是强而复杂的 γ 发射体,其反应产额比 ^{153}Er 的产额要大得多,用在线同位素分离器按质量数分离反应产物无法去除这类本底.测量 ^{153}Er 发射的 γ 就变得十分困难,这就是症结所在.但反应同时生成的 ^{153}Er 的相邻同位素(如 ^{152}Er , ^{154}Er)只发射单一的 γ 射线.如果采用 $\text{X}-\gamma$ 符合方法,把反应产物发射的 γ 射线与不同元素的特征 X 射线符合而进行分类,那么测量 ^{153}Er 的,与 X 射线符合的 γ 谱时,本底则大为减少,问题就可以迎刃而解. ^{157}Yb 的情况也完全与此类似.其子核 ^{157}Tm 产额大,又是强而复杂的 γ 发射体,但其相邻同位素 ^{156}Yb 和 ^{158}Yb 则是单一 γ 发射体和基本上是单一 γ 发射体.不仅如此,我们所用的 X 探测器测量稀土元素 X 射线的效率接近10%,比常规在线同位素分离器对稀土元素的分离率大几倍.

2 实验步骤

本实验是在兰州重离子加速器国家实验室进行的.由SFC加速器引出的138MeV $^{16}\text{O}^{6+}$ 重离子束,流强为 $0.5\mu\text{A}$,穿过 $1.94\text{mg}/\text{cm}^2$ 的Havax膜入射窗,轰击厚度为 $1.7\text{mg}/\text{cm}^2$ 的丰度为92.4%的 ^{147}Sm 同位素靶.束流到靶中部的能量约为127MeV.通过 6n 复合核蒸发反应产生了缺中子同位素 ^{157}Yb .然后用我们自己建立的氦喷嘴带传输系统和 $\text{X}-\gamma$ 符合测量方法^[13,14]对反应产物进行分离鉴别(图1).反应产物从薄靶中反冲出来,被阻止在充有1.3大气压氦气的慢化室中,粘附在 NaCl 添加剂的分子上形成大分子集团.加热 NaCl 的炉温为 620°C .粘附有反应产物的集团,随着氦气穿过长13m的,内径为2mm的毛细管,喷射到放置在真空室内收集带上.然后经自动控制的带传输系统周期性地把放射性反应产物传送到探测器面前来进行 $\text{X}-\gamma$, $\gamma-\gamma$ 符合测量或 γ 单谱测量.探测器放置在屏蔽好的低本底区.为了抑制具有长、短半衰期的干扰活性,收集时间约为待测活性半衰期的2.2倍,85s.等待和测量时间分别为5s和80s.活性的收集和测量是同时进行的.在产生缺中子同位素 ^{153}Er 时,使用的是厚 $1.9\text{mg}/\text{cm}^2$,丰度为93.4%的 ^{142}Nd 同位素靶.我们还在入射窗与靶之间放置了一块 $4.9\text{mg}/\text{cm}^2$ 的 Al 降能片,这样到达靶中部的束流能量约为110MeV.于是经过 5n 蒸发反应产生了 ^{153}Er .至于其它实验条件, ^{153}Er 和 ^{157}Yb 的情况完全相同.测量 γ 射线的是两合同轴型GMX高纯锗探测器.它们的相对效率分别为15%和18%.测量 X 射线的是一台 $\phi 32 \times 10$ (mm)³的平面型GLP高纯锗探测器.它对于 ^{57}Co 发射的122keV γ 射线的能量分辨约为600eV.改进的JUHU数据获取系统被用来把 $\text{X}-\gamma-t$, $\gamma-\gamma-t$ 等事件谱记录在

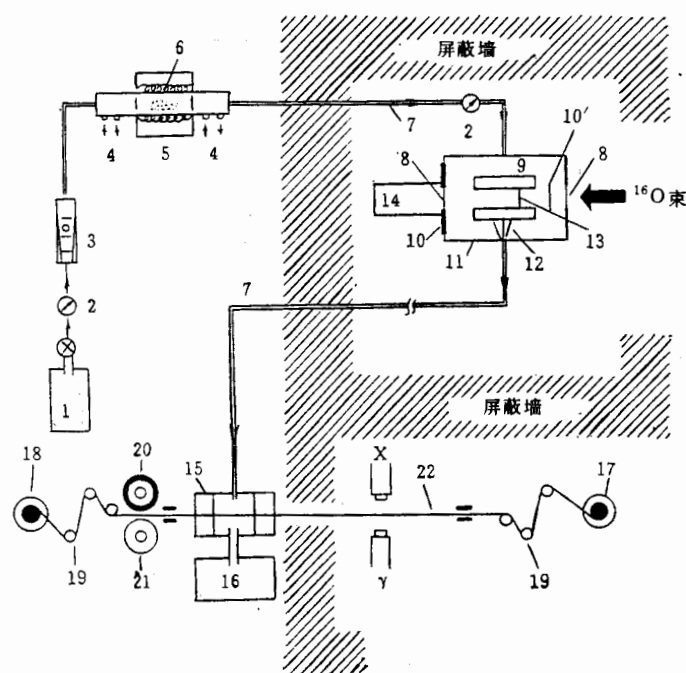


图 1 氦喷嘴快速带传输系统及 X- γ 符合装置在线工作布局图

1. He 气, 2. 压力计, 3. 流量计, 4. 冷却水, 5. 炉子, 6. NaCl, 7. 毛细管, 8. 薄窗, 9. 靶框, 10. 绝缘体, 10'. 降能片, 11. 反应室, 12. 多路毛细管, 13. 靶子, 14. 法拉第筒, 15. 真空收集室, 16. 真空泵, 17. 收带轮, 18. 送带轮, 19. 滑轮, 20. 压带轮, 21. 步进马达, 22. 传输带。

数据磁带上。实验完毕后再用该系统进行初步数据分析, 得到各种开窗条件下的原始结果谱。该系统的死时间小于 $220\mu\text{s}$ 。对于每一个目标核所获取的数据中, 共有 75×10 个符合事件。

3 实验结果与讨论

在前两篇文章中我们曾报道过主要的实验结果^[15,16], 但物理讨论不够。此处将针对其物理意义加以深入地讨论, 几幅实验中间结果的图就不重复介绍了。

在测得的 X 射线谱中, 反应产物的不同元素所对应的特征 X 射线是清楚分开的。现在分析由不同元素对应的特征 X 射线来开窗的符合 γ 谱。注意, 核素经电子俘获 (EC) 后将发射出子核的特征 X 射线。图 2 显示在测量 ^{153}Er 时, 用子核 Ho 的特征 X 射线开窗的和未开窗的符合 γ 谱。对比可见, 来自相邻同位素 ^{152}Er 和 ^{154}Er 的干扰 γ 是单一的, 强度也较弱。来自元素 Ho 的干扰 γ 很强且复杂, 其中以子核 ^{153}Ho 为最。经特征 X 射线开窗选择后, Er 同位素的衰变 γ 比 Ho 同位素的衰变 γ 其强度相对增加了 50—100 倍。因此, 针对这种具体情况, 用特征 X 射线符合方法把反应产物的衰变 γ 按元素分开, 比之用在在线同位素分离器把反应产物按质量数分离有效得多。关于 ^{157}Yb 的情况也是这样的。然后分析 X- γ 符合谱中强 γ 射线的时序谱, 并确定其半衰期。指定其半衰期在误差范围内与已知的 ^{153}Er (或 ^{157}Yb) 的半衰期相同的 γ 射线属于 ^{153}Er (或 ^{157}Yb) 的衰

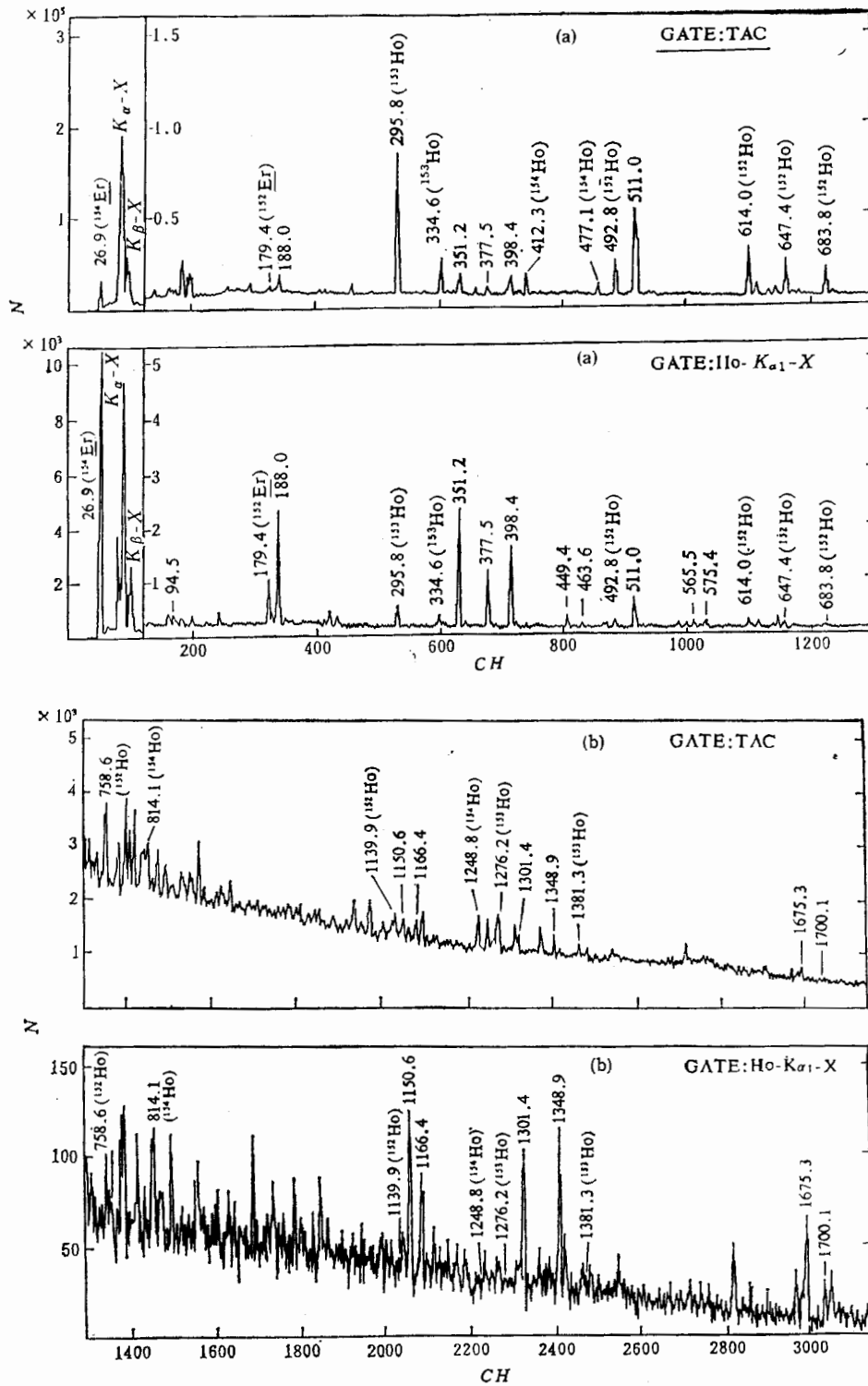


图2 用子核 Ho 的特征 X 射线开窗的和未用它开窗的符合 γ 谱比较图
图中未标记同位素符号的 γ 峰均属于 ^{153}Er 的衰变 γ

表 1 ^{153}Er 衰变中的 γ 跃迁及其相对强度和符合关系

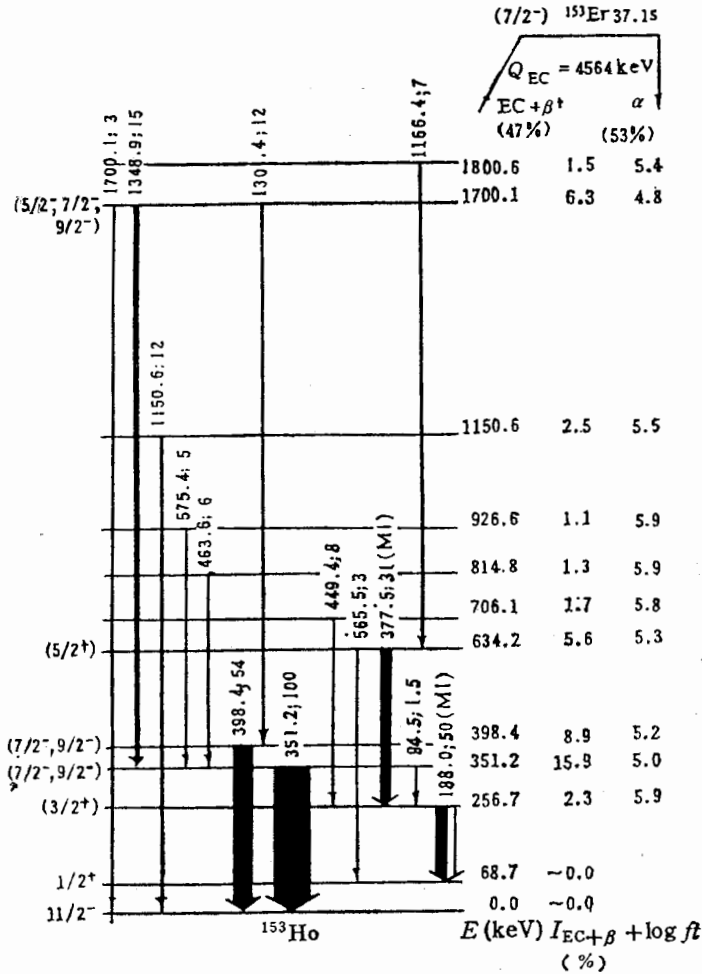
$E_\gamma(\text{keV})$	I_γ	符合关系
94.5(3)	1.5(10)	188.0
188.0(2)	34(2)	94.5, 377.5, 449.4
351.2(2)	100(1)	463.6, 575.4, 1348.4
377.5(2)	29(2)	188.0, 1166.4
398.4(2)	54(8)	1301.4
449.4(2)	8(2)	188.0
463.6(2)	6(1)	351.2
565.5(2)	3(1)	
575.4(2)	5(1)	351.2
1150.6(2)	12(2)	
1166.4(3)	7(3)	377.5
1301.4(3)	12(2)	398.4
1348.9(3)	15(2)	351.2
1675.3(3)	12(3)	
1700.1(3)	3(1)	

表 2 ^{157}Yb 衰变中的 γ 跃迁及其相对强度和符合关系

$E_\gamma(\text{keV})^{(1)}$	I_γ	符合关系	$E_\gamma(\text{keV})^{(1)}$	I_γ	符合关系
35.2	6(2)		242.1	91(20)	105.7
69.6	31(2)	360.9	286.0	12(1)	(129.5), 164.7, 189.2
101.0	16(3)	105.7			353.9
105.7	41(2)	101.0, 242.1, 474.5	339.9	65(2)	447.7
115.2	50(20)	202.3	347.8	21(5)	
116.7	5(3)	231.1	353.9	39(2)	286.0
129.5	29(2)	189.2, (286.0), 475.4	360.9	40(2)	69.6
		492.3, 670.2	430.5	8(4)	
164.7	63(2)	189.2, 286.0, 475.4	447.7	13(5)	339.9
		492.3, 670.2	458.3	10(2)	
189.2	23(4)	129.5, 164.7, 286.0	474.5 ⁽²⁾	26(5)	105.7, 129.5, 164.7
202.3	23(5)	115.2	+475.4	10(2)	
227.3	20(10)	231.1	492.3	17(2)	129.5, 164.7
231.1	100(2)	116.7, 227.3	670.2	21(2)	129.5, 164.7

(1) 能量误差为 $\pm 0.2\text{keV}$.(2) 474.5keV + 475.4keV γ 线是双峰, 其中每一种成份的强度是由 γ - γ 符合分析来确定的.

变 γ . 再分析 γ - γ 符合谱. 利用与特征 X 射线符合并与已经指定的强 γ 射线符合的双重条件以及“能量和”等关系进一步指定属于 ^{153}Er (或 ^{157}Yb) 衰变的弱 γ 射线. 被指定的 γ 射线的相对强度是由测得的 γ 单谱来确定的, 个别情况下是根据 γ - γ 符合谱定出来的. 观察到的 γ 射线的相对强度以及它们之间的符合关系汇总在表 1 和表 2 之中. 根据表 1 和表 2 以及能量和关系我们最终建立了分别属于 ^{153}Er 和 ^{157}Yb 的 EC/β^+ 衰变纲图 (见图 3 和图 4). 因为 ^{153}Er 的基态自旋为 $7/2^-$, 其子核 ^{153}Ho 的基态和同质异能态的自旋为 $11/2^-$ 和 $1/2^+$. 根据 β 衰变的选择规则, 它们之间是不可能发生允许或一级禁戒

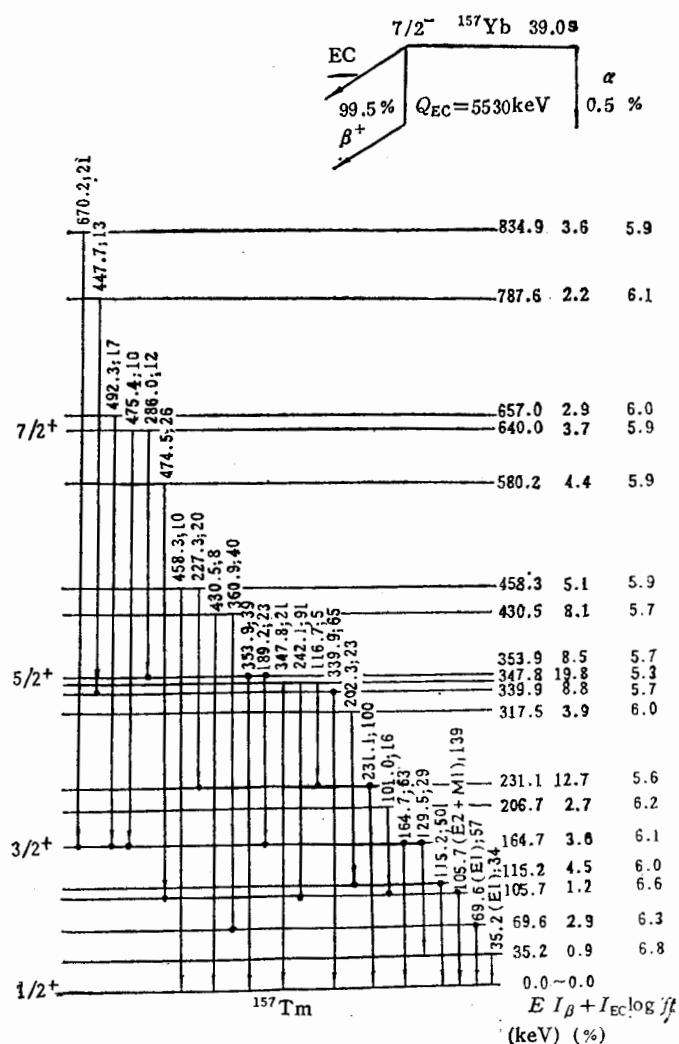
图3 测定的 ^{153}Er 的 EC/β^+ 衰变纲图

跃迁的。所以,可以忽略它们之间的 EC/β^+ 衰变分支比。同样的理由,我们认为从 ^{157}Yb 基态到 ^{157}Tm 基态的 EC/β^+ 衰变分支比近似为零。经过归一化,我们确定了由 ^{153}Er (或 ^{157}Yb) 基态到子核每一条能级上的 EC/β^+ 衰变分支比,即图中的 $I_{\text{EC}+\beta^+}$ 值。纲图中最右面一行的 $\log ft$ 值是借助 Gove 和 Martin 的数表^[17]给出的。应当指出:与文献[15]中发表的 ^{153}Er 的纲图相比,图3中增补了两条 1166.4keV 和 1301.4keV 的 γ 射线。

在 ^{153}Er 的衰变纲图中包括新观察到的十四条 γ 射线和十条新的低位能级。根据现有的认识可从中获得下列核结构信息:(1)根据 ^{149}Ho , ^{151}Ho ^[18,19] 和 ^{153}Ho 低位能级的类似性,我们指认 256.7keV 和 634.2keV 能级分别为 $d_{3/2}$ 和 $d_{5/2}$ 的单质子态。(2)我们指认 1700.1keV 能级为三(准)粒子态,其理由如下:已知 ^{153}Er 的基态自旋为 $7/2^-$, 组态是 $(\pi h_{11/2})_0^+ \nu f_{7/2}$ 。它极易发生自旋翻转型允许跃迁布居到 ^{153}Ho 的组态为

$$[(\pi h_{11/2}, \nu h_{9/2})_1^+ \nu f_{7/2}] 5/2^-, 7/2^-, 9/2^-$$

的激发态上。允许跃迁的 $\log ft$ 经验值应小于 5.2。在 ^{151}Er ^[20] 和 ^{149}Dy ^[21] 的 EC/β^+ 衰

图 4 测定的 ^{157}Yb 的 EC/β^+ 衰变纲图

变中,曾产生相同类型的三粒子态,其激发能的估计值在 1.7—2.0MeV 附近。观察到的 1700.1keV 的能级,其 EC/β^+ 衰变的 $\log ft$ 值为 4.8。根据允许跃迁的选择定则可知其自旋和宇称应为 $5/2^-$, $7/2^-$, $9/2^-$ 。所以我们指认它就是组态为 $[(\pi h_{11/2}, \nu h_{9/2})_1 + \nu f_{7/2}]$ $5/2^-$, $7/2^-$, $9/2^-$ 的三粒子态。迄今为止,此类三(准)粒子态在轻稀土区仅报道过五例^[21,22]。(3) 鉴于 $d_{3/2}$, $d_{5/2}$ 单粒子态出现于基态附近是球形核的特征^[23],使我们认识到 ^{153}Ho 的基态形状是球形。

在 ^{157}Yb 的衰变纲图中包括新观察到的二十五条 γ 射线和十八条新能级。根据现有的认识可从中获得下列核结构信息:(1) 我们指认能级 35.2keV 是 ^{157}Tm 的同质异能态,其理由如下: 164.7keV 和 129.5keV 两条 γ 射线分别与相同的,强度比它们弱的五条其它 γ 射线符合,而它们两彼此不符合,所以它们放置在纲图上的位置是正确的;又观察到一条 35.2keV 的 γ 射线,能量正好是 164.7keV 与 129.5keV 之差。在测量系统 TAC

谱的两倍半宽度(40ns)之内没有观测 129.5keV 与 35.2keV 两条 γ 之间的任何时间符合事件;低能级 35.2keV 一般会通过强的内变换电子跃迁到基态。内变换电子又导致 X 射线。我们观察到 129.5keV 和 164.7keV 两条 γ 射线在 γ 单谱中的相对强度比 $29(2)/63(2)$ 与它们在 X-符合开窗谱中的强度比 $70(10)/170(14)$ 在误差范围内是一致的。这就排除了 129.5keV γ 射线与 35.2keV 能级内变换电子时间符合的可能性。所以我们指定 35.2keV 能级是一个寿命长于 40ns 的同质异能态。(2)借用共振电离谱学方法 Alkhasov 等人^[24]研究了 Tm 同位素的超精细结构和同位素移指认 ^{157}Tm 基态的组态是 $1/2^+[411]$ 。我们指认能级 164.7keV, 353.9keV 和 640.0keV 是建立在这个 $1/2^+[411]$ 带头上的基态转动带成员,自旋宇称分别为 $3/2^+, 5/2^+$ 和 $7/2^+$ 。因为上述三条能级向基态的 γ 跃迁的退激方式是典型的带内跃迁方式。此外,利用绝热近似的两参数转动公式,如果取惯性参数 $A = 43\text{keV}$, 去耦合参数为零,这样计算的能级与实验能级很好符合。(3)由于观测到基态转动带,说明 ^{157}Tm 的基态是变形的。惯性参数 $A = 43\text{keV}$ 说明其形变不大。但也有人认为 $1/2^+[411]$ 组态出现于基态可能是三轴形变造成的^[24]。

我们采用可变转动惯量(VMI)三轴粒子转子模型对能谱进行了计算,计算中考虑了费米面附近 14 条单粒子轨道的混合。由于三轴形变, K 不再是一个好量子数,Nilsson 参数 κ, μ 和对力强度采用标准值,费米能 λ 和能隙参数 Δ 自洽给出,VMI 参数选取使核心 2^+ 态的能量等于 ^{156}Er 的实验值。在选取 $\epsilon_2 = 0.23, \epsilon_4 = 0.01, \gamma = 35^\circ$ 后,我们得到对应于基带自旋值为 $1/2^+, 3/2^+, 5/2^+, 7/2^+$ 的能量分别为 0, 165.6, 430.5, 640.8keV, 同实验值基本一致。

最后应当着重指出:八十年代两个实验组用在束 γ 谱学方法均未发现上述有关 ^{157}Tm 低位能级的信息^[9,10]。因此,这些信息更加有意义。

A. K. Jain 等人^[25]曾对稀土区奇 A 变形核低位能级数据进行过系统的编评。[他们提供了 $^{155}\text{Ho}—^{169}\text{Ho}$ (中子数 88 到 102) 这些奇 A 核同位素的基态变形的实验数据。此外文献[18,19]指出了 ^{149}Ho 和 ^{151}Ho (中子数为 82 和 84) 的基态是球形。再加上本文的实验结果,我们可以得出结论:依据低位能级数据的系统分析说明, $\text{Ho}(Z = 67)$ 奇 A 核同位素链中基态形状由球形转变为变形的转变区在中子数 86 和 88 之间。

A. K. Jain 等人^[25]也汇集了 $^{159}\text{Tm}—^{175}\text{Tm}$ (中子数从 90 到 106) 这些奇 A 核同位素具有变形基态的实验证据。此外,文献[26,27]指出 ^{151}Tm 和 ^{153}Tm , (中子数为 82 和 84) 的基态是球形。文献[28]对 ^{155}Tm (中子数 86) 提供了其基态球形的初步实验证据。再加上本文的结果,我们可以得出结论: Tm ($Z = 69$) 奇 A 核同位素链中基态形状由球形转变为变形的转变区也在中子数 86 和 88 之间。

感谢兰州重离子加速器国家实验室提供了高品质的 ^{16}O 束流。感谢近物所数据获取室全体人员的密切配合与良好合作。感谢近物所钟纪泉副研究员给予的有益讨论。

参 考 文 献

- [1] J. D. Bowman, R. E. Eppley, E. K. Hyde, *Phys. Rev.*, **C25**(1982) 941.
- [2] E. Hagberg, P. G. Hansen, J. C. Hardy et al., *Nucl. Phys.*, **A293**(1977) 1.
- [3] M. A. Lee, *Nucl. Data, Sheess*, **60**(1990) 513.

- [4] R. Neugart et al., 5th Int. Conf. on Nuclei far from Stability, Rosseau Lake, Canada, p. 126 (1988).
- [5] M. A. Lee, *Nucl. Data Sheets*, **60**(1990) 509.
- [6] M. H. Rafailovich, O. C. Kistner, A. W. Sunyar et al., *Phys. Rev.*, **C30**(1984) 169.
- [7] C. Ekstrom, L. Robertsson et al., *Z. Phys.*, **A316**(1984) 239.
- [8] G. Andi, A. H. Wapstra, *Nucl. Phys.*, **A565**(1993) 1.
- [9] R. Kossakowski, J. Jastzebski, P. Rymuza et al., *Phys. Rev.*, **C32**(1985) 1612.
- [10] M. A. RILEY, C. Baktash, Y. A. Ellis-Akovali et al., Argonne National Laboratory. Report, ANL-PHY-88-2, 1988.
- [11] K. S. Toth, C. R. Bingham, W. D. Schmidt-ott, *Phys. Rev.*, **C10**(1974) 1550.
- [12] L. Kh. Batist et al., *Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Fiz.*, **46**(1982) 2200.
- [13] 袁双贵、徐树威、张学谦等,核技术,**16**(8)(1993)475.
- [14] 徐树威、王以好、罗亦孝等, He-jet 带传输及 X- γ (τ)符合测量装置和 ^{153}Er ($\text{EC} + \beta^+$)衰变新 γ 的测定,核技术,(1995)待发表.
- [15] Xu Shuwei, Xie Yuanxiang, Pan Qiangyan et al., The ($\text{EC} + \beta^+$) decay of ^{153}Er , *Z. Phys.*, **A** 350(1994) 187.
- [16] Xu Shuwei, Xie Yuanxiang, Pan Qiangyan et al., ($\text{EC} + \beta^+$)decay of ^{157}Yb , *Phys. Rev.*, **C50**, No6 (1994).
- [17] N. B. Gove, M. J. Martin, *Nucl. Data Tables*, **10**(1971) 206.
- [18] R. B. Firestone, J. M. Nitchke, P. A. Wilmarth et al., *Phys. Rev.*, **C39**(1989) 219.
- [19] K. S. Toth et al., *Phys. Rev.*, **C44**(1991) 1868.
- [20] R. Barden, A. Plochocki, D. Schardt et al., *Z. Phys.*, **A329**(1988) 11.
- [21] W. Meczynski, K. Zuber, R. Broda et al., Programme and Abstracts of 6th Int. Conf. on Nucl. far from Stability, PE34(1992)
- [22] P. C. Sood and R. K. Sheline, *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, **43**(1989) 259.
- [23] K. S. Toth et al., *Phys. Rev.*, **C32**(1985) 342.
- [24] G. D. Alkhazov, A. E. Barzakh, I. Ya. Chubukov et al., *Nucl. Phys.*, **A477**(1988) 37.
- [25] A. K. Jain, R. K. Sheline, P. C. Sood et al., *Rev. Mod. Phys.*, **62**(1990) 393.
- [26] P. Kleiheinze, B. Rubio, M. Ogawa et al., *Z. Phys.*, **A322**(1985) 705.
- [27] M. O. Kortelahtic, K. S. Toth, K. S. Vierinen et al., *Phys. Rev.*, **C39**(1989) 636.
- [28] A. V. Potempa et al., *Izv. Akad. Nauk. SSSR Ser. Fiz.*, **54**(1990) 852.

First Study of EC/ β^+ Decay Schemes for Neutron-Deficient Isotopes ^{153}Er and ^{157}Yb

Xu Shuwei Xie Yuanxiang Pan Qiangyan Zhang Juping Zhang Xueqian
Wang Yihao Ge Yuanxiu Yin Xijin Wang Chunfang Zhang Tianmei
Liu Zhong Guo Bing Luo Yixiao

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

Xing Zheng Chen Xingqu

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

Received 22 November 1994

Abstract

^{153}Er and ^{157}Yb were produced via xn fusion-evaporation reaction by irradiation of ^{142}Nd and ^{147}Sm with ^{16}O , respectively. A He-jet recoil tape transport system, X- γ and γ - γ coincidence measurements were employed to separate and identify the reaction products and to study the EC/ β^+ decay of ^{153}Er and ^{157}Yb . The EC/ β^+ decay schemes of ^{153}Er and ^{157}Yb have been proposed for the first time, from which a new three qussi-particle state and two new single proton states have been assigned to ^{153}Ho , and a new isomer and a new rotational band have been assigned to ^{157}Tm . According to systematic behaviour of the low-laying energy levels for odd holmium and odd thulium isotopes with $N = 82$ —102, it can be seen that the change from spherical to deformed shapes of nuclear ground states in the two isotope chains appears between $N = 86$ and 88.

Key words EC/ β^+ decay scheme, three qussi-particle state, single particle state, isomer, rotational band, shape of nuclear ground state.