

文章编号: 1007-4627(2004)04-0331-03

## $^{125}\text{Cs}$ 的能级结构\*

马英君<sup>1</sup>, 小松原哲郎<sup>2</sup>, 王守宇<sup>1</sup>, Cederwall B<sup>3</sup>, Nyberg J<sup>4</sup>, 张玉虎<sup>5</sup>, 古野兴平<sup>2</sup>,  
李容俊<sup>1</sup>, Sletten G<sup>4</sup>, Hagemann G<sup>4</sup>, Jensen H<sup>4</sup>, Gjorup N<sup>4</sup>, 刘运祚<sup>1</sup>

(1 吉林大学物理学院, 吉林 长春 130023;

2 日本筑波大学串行加速器中心, Ibaraki 305;

3 瑞典皇家技术研究所, S-10405 斯德哥尔摩;

4 丹麦玻尔研究所串行加速器实验室, Risø DK-400, Roskilde;

5 中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 通过 $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N } 5\text{n})$ ,  $E_{\text{beam}}=65\text{ MeV}$  的核反应布居了 $^{125}\text{Cs}$  的高自旋态. 利用在束 $\gamma$  谱学实验方法, 进行了 $\gamma$ - $\gamma$  符合测量, 使已知的 $^{125}\text{Cs}$  核能级纲图得到了扩展, 并且修正了某些组态的带头激发能.

**关键词:** 高自旋态; 能级纲图; 转动带; Nilsson 单粒子组态

**中图分类号:** O571.21 **文献标识码:** A

### 1 引言

$A\approx 120-130$  的稀土区过渡性原子核, 具有 $\gamma$  较软的形变, 展现出了丰富的高自旋态现象. 处在这一核区的原子核, 其质子费米面位于 $h_{11/2}$  子壳层的下部, 而中子费米面位于 $h_{11/2}$  子壳层的中上部. 占据高 $j$  值的 $\pi h_{11/2}$  和 $\nu h_{11/2}$  单粒子轨道的价核子对核芯的 $\gamma$  自由度有明显的极化效应, 从而形成了十分复杂的集体带结构. 为了能够更好地理解单个价核子对核芯的极化作用, 对奇 $A$  核进行高自旋态核结构研究显然是必要的. 与此同时, 在这一核区的奇 $A$  核中寻找手征孪生带也是当前高自旋态核结构研究的重要课题之一. 在本次工作中, 我们把奇质子核 $^{125}\text{Cs}$  作为目标核, 通过在束 $\gamma$  谱学的方法对其进行了实验研究.

### 2 实验结果和讨论

本次工作的实验数据是由日本筑波大学的小松原哲郎博士提供的, 该实验是在丹麦玻尔所完成的. 利用 $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N}, 5\text{n})$ ,  $E_{\text{beam}}=65\text{ MeV}$  反应布居了 $^{125}\text{Cs}$  的高自旋态.  $^{116}\text{Cd}$  靶的厚度约为 $820\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , 靶后蒸有 $1\text{ mg}/\text{cm}^2$  的金衬. 实验的探测阵列

是由 19 台带有 BGO 反康抑制的高纯锗探测器和一台小平面探测器组成.  $\gamma$ - $\gamma$  符合数据以事件带方式记录在磁盘上, 共收集了大约 $8\times 10^8$  个 $\gamma$ - $\gamma$  符合事件. 为了确定 $\gamma$  射线的跃迁多极性, 实验还做了符合模式下的 $\gamma$  射线各向异性度的测量, 即 ADO (Angular Distribution of rays Deexciting the Oriented States) 系数, 并建立了相应的矩阵. 文献[1] 对实验过程和设备进行了详细的说明, 本文不做过多赘述.

在本工作之前, 文献[2] 报道了 $^{125}\text{Cs}$  的能级纲图. 本工作利用 $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N}, 5\text{n})$  反应, 结合 $\gamma$  跃迁的符合关系、强度平衡和各向异性度等信息, 建立了一个更加完整的高自旋态能级纲图(如图 1 所示), 其中大约 20 多条高自旋态能级和 30 多条 $\gamma$  跃迁是本工作首次指定. 为了便于讨论, 图中的转动带都有字母做了相应的标记, 其中带 B, E, I 和 J 是原来已知的能级结构, 它们分别建立在 $\pi g_{9/2}[404]9/2^+$ ,  $\pi g_{7/2}[422]3/2^+$ ,  $\pi g_{7/2}[422]3/2^+ \otimes \nu g_{7/2}[404]7/2^+ \otimes \nu h_{11/2}[523]7/2^-$  和 $\pi h_{11/2}[550]1/2^-$  组态上, 而其它各转动带为本工作所获得的新实验结

收稿日期: 2004 - 08 - 16

\* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10205006, 10275028); 国家重大基础研究发展规划资助项目(G2000077400)

作者简介: 马英君(1967-), 男(汉族), 吉林长春人, 博士生导师, 教授, 从事核结构研究; E-mail: yjma@public.cc.jl.cn

果,同时,本工作还修正了带 B 的退激方式、带 B 和带 J 的带头激发能. 所建立的新带均与原来已知能级连接起来. 通过对 ADO 系数的分析,确定了各新带能级的自旋和宇称. 在所建立的新带中,带 A 和带 D 的其中之一应为带 E 的旋称伙伴带,在  $^{125}\text{Cs}$  的同位素  $^{127}\text{Cs}$ <sup>[3]</sup> 和  $^{129}\text{Cs}$ <sup>[4]</sup> 中都观测了基于  $\pi g_{7/2}[422]3/2^+$  组态的耦合带. 考虑到带 D 的激发能位置符合  $\pi g_{7/2}[422]3/2^+$  组态带非优态能级序列的系统学规律,因此我们指定带 D 和带 E 共同基于  $\pi g_{7/2}[422]3/2^+$  组态,分别对应于非优态和优态带. 带 A 则指定为  $\pi d_{5/2}[420]1/2^+$  组态. 带 C 和带 F 分别对应于带 D 和带 E 经历第一回弯后的延伸,而该第一回弯来自于一对  $h_{11/2}$  中子的转动顺排. 带 H 由 6 条  $\Delta I=1$  的 M1/E2 跃迁组成,它的自旋、

宇称和激发能位置都被准确地确定下来. 该带可能的组态是  $\pi d_{5/2}[420]1/2^+ \otimes \nu g_{7/2}[404]7/2^+ \otimes \nu h_{11/2}[523]7/2^-$ . 然而,考虑到这样的实验事实: 第一,在这个核区的原子核都具有一定程度的三轴形变,手征孪生带现象在这个核区的奇奇核<sup>[5]</sup>中被广泛地观测到,最近在奇 A 核<sup>[6]</sup>中也发现了这个奇特的现象; 第二,带 I 基于  $\pi g_{7/2}[422]3/2^+ \otimes \nu g_{7/2}[404]7/2^+ \otimes \nu h_{11/2}[523]7/2^-$  组态,  $\pi g_{7/2}[422]3/2^+$  轨道位于  $\pi g_{7/2}$  子壳层的底部,  $\nu g_{7/2}[404]7/2^+$  和  $\nu h_{11/2}[523]7/2^-$  轨道分别位于所属子壳层的顶部和中上部,满足手征孪生带的生成条件; 第三,带 H 和带 I 之间存在多条  $\Delta I=1$  的 M1/E2 连接跃迁,预示着它们可能是基于共同的内禀组态. 因此,带 H 与带 I 构成手征孪生带的可能性也不能排除.

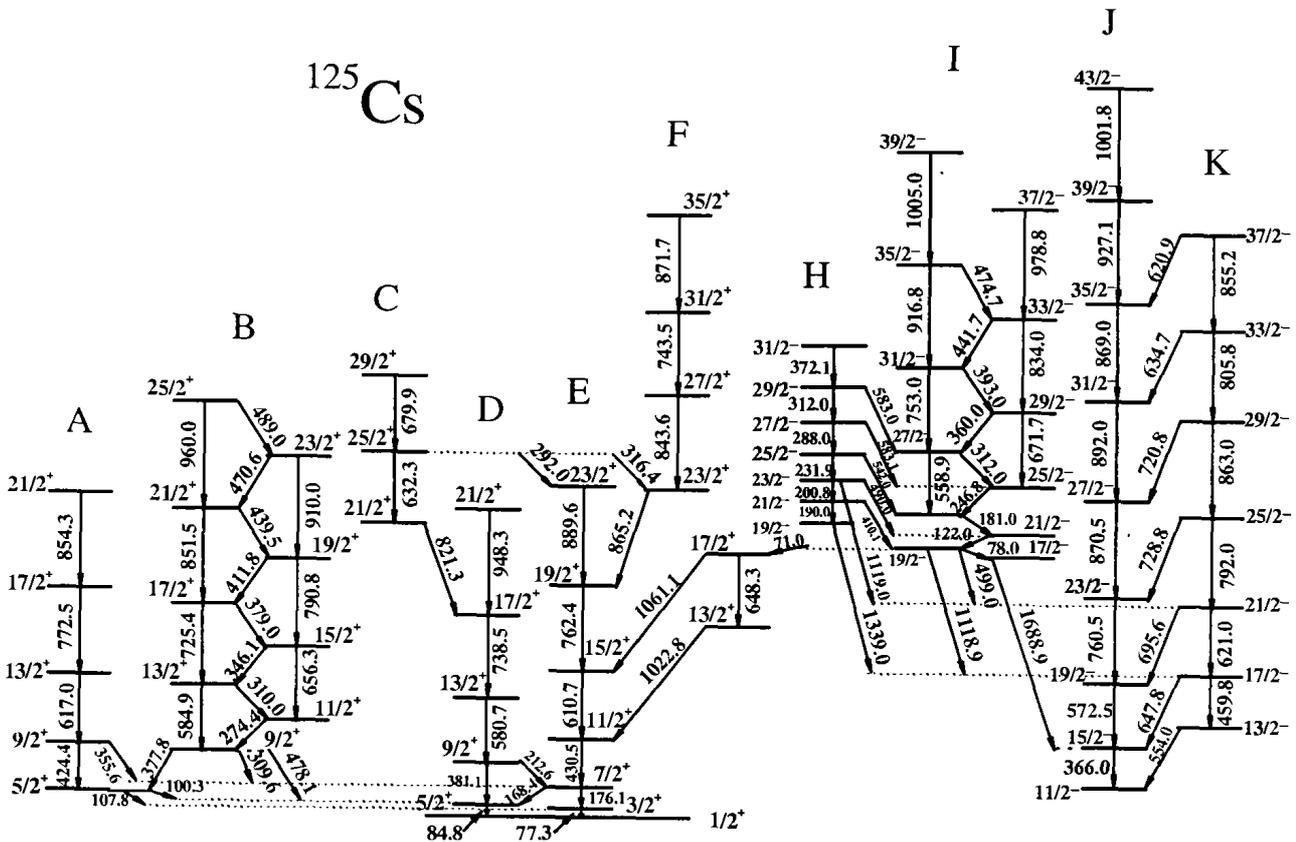


图 1  $^{125}\text{Cs}$  的能级结构

### 3 结论

本工作利用  $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N}, 5n)$  反应对  $^{125}\text{Cs}$  的高自旋态进行了实验研究,建立了新的能级纲图. 基于对  $\gamma$  跃迁 ADO 系数的分析,指定了  $^{125}\text{Cs}$  的  $\gamma$  跃迁

多极性和相应能级的自旋和宇称. 根据该核区转动带结构研究中所获得的系统学信息,以及本工作提取出的实验结果,我们指定了  $^{125}\text{Cs}$  各转动带的准粒子组态.

## 参 考 文 献:

- [1] Komatsubara T, Furuno K, Hesoda T, *et al.* Nucl Phys, 1993, A557: 419c.
- [2] Hughes J R, Fossan D B, Lafosse D R, *et al.* Phys Rev, 1991, C44: 2 390.
- [3] Liang Y, Ma R, Paul E S, *et al.* Phys Rev, 1990, C42: 890.
- [4] Hildingsson L, Klamra W, Lindblad Th, *et al.* Z Phys, 1991, A340: 29.
- [5] Koike T, Starosta K, Chiara C J, *et al.* Phys Rev, 2003, C67: 044319.
- [6] Zhu S, Garg U, Nayak B K, *et al.* Phys Rev Lett, 2003, 91: 13.

Band Structure in  $^{125}\text{Cs}^*$ 

MA Ying-jun<sup>1</sup>, T. Komatsubara<sup>2</sup>, WANG Shou-yu<sup>1</sup>, Cederwall B<sup>3</sup>, Nyberg J<sup>4</sup>, ZHANG Yu-hu<sup>5</sup>, Furuno K<sup>2</sup>,

LI Rong-jun<sup>1</sup>, Sletten G<sup>4</sup>, Hagemann G<sup>4</sup>, Jensen H<sup>4</sup>, Gjorup N<sup>4</sup>, LIU Yun-zuo<sup>1</sup>

(1 Department of Physics, Jilin University, Changchun 130023, China;

2 Institute of Physics and Tandem Accelerator Center, University of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan;

3 Manne Siegbahn Institute of Physics, S-10405 Stockholm, Sweden;

4 Niels Bohr Institute, Tandem Accelerator Laboratory, Risø DK-4000, Roskilde, Denmark;

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

**Abstract:** High-spin states in odd- $A$  nucleus  $^{125}\text{Cs}$  have been studied via the  $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N}, 5n)$  reaction at 65 MeV bombarding energy.  $\gamma$ - $\gamma$  coincidences were recorded with the NORDBALL detector array at Niels Bohr Institute in Denmark. After careful data analysis, most of the previously-known bands have been confirmed and 5 new rotational sequences have been identified. Spin/parity and configuration assignments are tentatively proposed for all of the observed bands. In addition, the bandheads of the  $9/2^+$  [404] and  $1/2^-$  [550] configurations have been re-located at different excitation energies in comparison with previous studies.

**Key words:** high spin state; level scheme; rotational band; configuration assignment

\* Foundation item: National Natural Science Foundation of China(10205006, 10275028); Major State Basic Research Development Program(G200077400)