

文章编号: 1007-4627(2004)04-0331-03

^{125}Cs 的能级结构*

马英君¹, 小松原哲郎², 王守宇¹, Cederwall B³, Nyberg J⁴, 张玉虎⁵, 古野兴平²,
李容俊¹, Sletten G⁴, Hagemann G⁴, Jensen H⁴, Gjorup N⁴, 刘运祚¹

(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}Cs 的高自旋态. 利用在束 γ 谱学实验方法, 进行了 γ - γ 符合测量, 使已知的 ^{125}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 γ 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 γ 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}Cs 作为目标核, 通过在束 γ 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}Cs 的高自旋态. ^{116}Cd 靶的厚度约为 $820\ \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 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. γ - γ 符合数据以事件带方式记录在磁盘上, 共收集了大约 8×10^8 个 γ - γ 符合事件. 为了确定 γ 射线的跃迁多极性, 实验还做了符合模式下的 γ 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}Cs 的能级纲图. 本工作利用 $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N}, 5\text{n})$ 反应, 结合 γ 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 γ 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}Cs 的同位素 ^{127}Cs ^[3] 和 ^{129}Cs ^[4] 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^[5]中被广泛地观测到,最近在奇 A 核^[6]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.

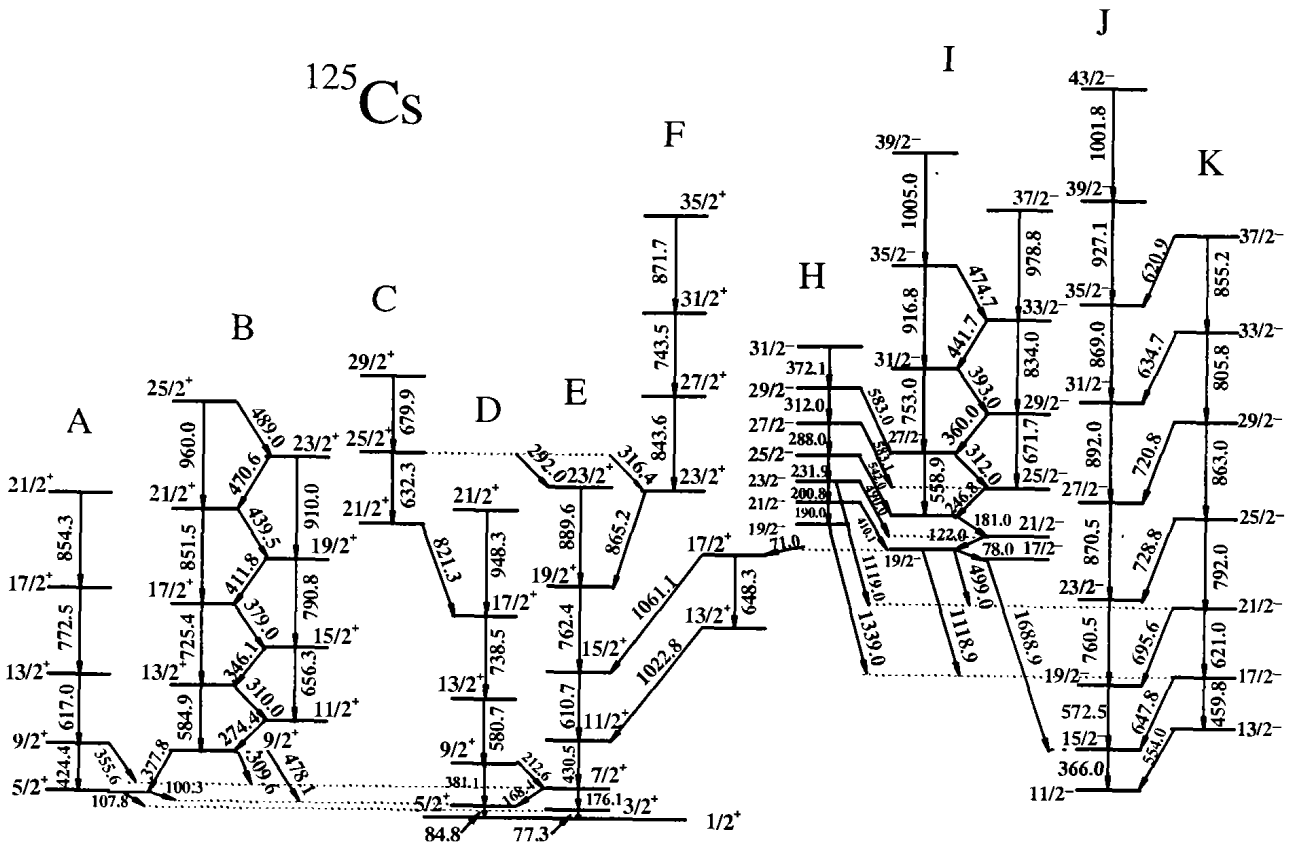


图 1 ^{125}Cs 的能级结构

3 结论

本工作利用 $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N}, 5n)$ 反应对 ^{125}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 γ 跃迁 ADO 系数的分析,指定了 ^{125}Cs 的 γ 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}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-jun¹, T. Komatsubara², WANG Shou-yu¹, Cederwall B³, Nyberg J⁴, ZHANG Yu-hu⁵, Furuno K²,
LI Rong-jun¹, Sletten G⁴, Hagemann G⁴, Jensen H⁴, Gjorup N⁴, LIU Yun-zuo¹

(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}Cs have been studied via the $^{116}\text{Cd}(^{14}\text{N}, 5n)$ reaction at 65 MeV bombarding energy. γ - γ 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)