

快报

双奇核 ^{170}Ta 的转动带结构*

张玉虎 赵庆中 周小红 徐珊珊 郭应祥 雷祥国 卢俊
朱少飞 苟全卜 金寒娟 刘忠 罗亦孝 孙相富 诸永泰

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

1996-08-09 收稿

摘 要

用能量为 105MeV 的 ^{16}O 束流, 通过 $^{159}\text{Tb} (^{16}\text{O}, 5n\gamma)^{170}\text{Ta}$ 反应研究了 ^{170}Ta 的高自旋态, 观察到 ^{170}Ta 的 3 个转动带, 其中一个耦合带和一个半退耦带中的非优先 $\Delta I=2$ 转动系列是由本工作发现的. 文中还讨论了这些转动带可能的准粒子组态.

关键词 双奇核转动带, 耦合模式, 符号因子劈裂, 半退耦带.

最近, 形变双奇核转动带的结构特性研究逐渐引起了人们的兴趣. 对于稀土区较重的原子核, 晕带一般基于 $\pi[h_{11/2}] + \nu[i_{13/2}]$ 准粒子组态, 而且在第一回弯前的低频处系统地发现了符号因子反转现象^[1], 而对于稀土区上部的形变双奇核, 由于奇质子与奇中子不同的耦合模式, 会出现各种各样不同结构特征的转动带^[2,3]. 用重离子熔合蒸发反应, 可以同时布居到这些处于晕线附近的转动带, 并通过标准的在束 γ 技术来研究其带结构特性. Bacelar 等人研究 $^{171}, ^{173}\text{Ta}$ 的高自旋态时观察到 ^{170}Ta 的 3 个转动带^[4], 他们认为布居最强的转动带的组态可能是 $\pi[h_{11/2}] + \nu[i_{13/2}]$, 另两个转动带被指定为在 $\pi 1/2^- [541] + \nu[i_{13/2}, \alpha = \pm 1/2]$ 组态下, 具有不同 Signature 量子数的伙伴态. 这些结果已被收录到最近的核数据表中^[5]. 然而, 我们仔细分析了他们的结果, 发现文献[4]中对带 3 的指定有误, 这个带很可能是 ^{170}Hf 的晕带. 如果这种分析正确的话, 对于 ^{170}Ta 也应该像 ^{172}Ta 的情况一样, 当准粒子组态为 $\pi 1/2^- [541] + \nu[i_{13/2}]$ 时, 应该存在两个 $\Delta I = 2$ 的转动系列, 并且被一组 $M1/E2$ γ 跃迁联系起来^[6]. 另外, ^{169}Hf 核组态为 $\nu 5/2^- [523]$ 的基带^[7] 和 ^{169}Ta 组态为 $\pi 1/2^- [541]$ 的退耦带^[8] 在重离子熔合蒸发反应中布居都很强, 因而预计将有一个由 $\pi 1/2^- [541]$ 准质子和 $\nu 5/2^- [523]$ 准中子耦合而成的转动带出现.

实验是在中国科学院近代物理研究所的在束 γ 终端上完成的. 反应道为 $^{159}\text{Tb} (^{16}\text{O}, 5n\gamma)^{170}\text{Ta}$, 采用了 4 套带 BGO 反康的高纯锗 γ 谱仪. 105 MeV 的 ^{16}O 束流由 SFC 回旋

* 国家教委和国家自然科学基金资助.

加速器产生, 靶为 2 mg/cm^2 厚的 ^{159}Tb 加 3 mg/cm^2 厚的铅衬. 总共获取了 80×10^6 个 γ - γ 符合事件. 探测器用 ^{152}Eu 和 ^{133}Ba 标准 γ 源刻度并由已知的 ^{169}Ta 和 ^{170}Hf 的在束 γ 来检验. 对 ^{60}Co 源 1332.5 keV γ 峰能量分辨为 $2.0 - 2.4 \text{ keV}$. 分析拉门谱, 得到 ^{170}Ta 的 3 个转动带, 如图 1 所示, 其 γ 射线的能量单位为 keV , 误差小于 0.3 keV .

图中转动带 A 与 Bacelar 等人的结果一致, 但上部的几条 γ 射线 (323 、 324 、 646.5 、 655.5 keV) 在本实验中没有观察到. 能级的自旋值由 166 、 $^{168}\text{Ta}^{[9]}$ 和 ^{170}Ta 的相似转动带的系统性分析得出. 带 A 的准粒子组态很可能是 $\pi[h_{11/2}] + \nu[i_{13/2}]$, 因为它出现轻稀土区双奇核常见的符号因子反转.

转动带 B 由一组 $E2\gamma$ 跃迁系列组成并由 7 条 $M1/E2\gamma$ 跃迁连接. 此转动带表现出明显的能级交错 (energy staggering), 表明有 $\nu[i_{13/2}]$ 准中子的参与. 另一方面, 分析顺排角动量, 发现它的第一回弯频率要大于 0.34 MeV (见表 1). 所以, 该转动带最可能

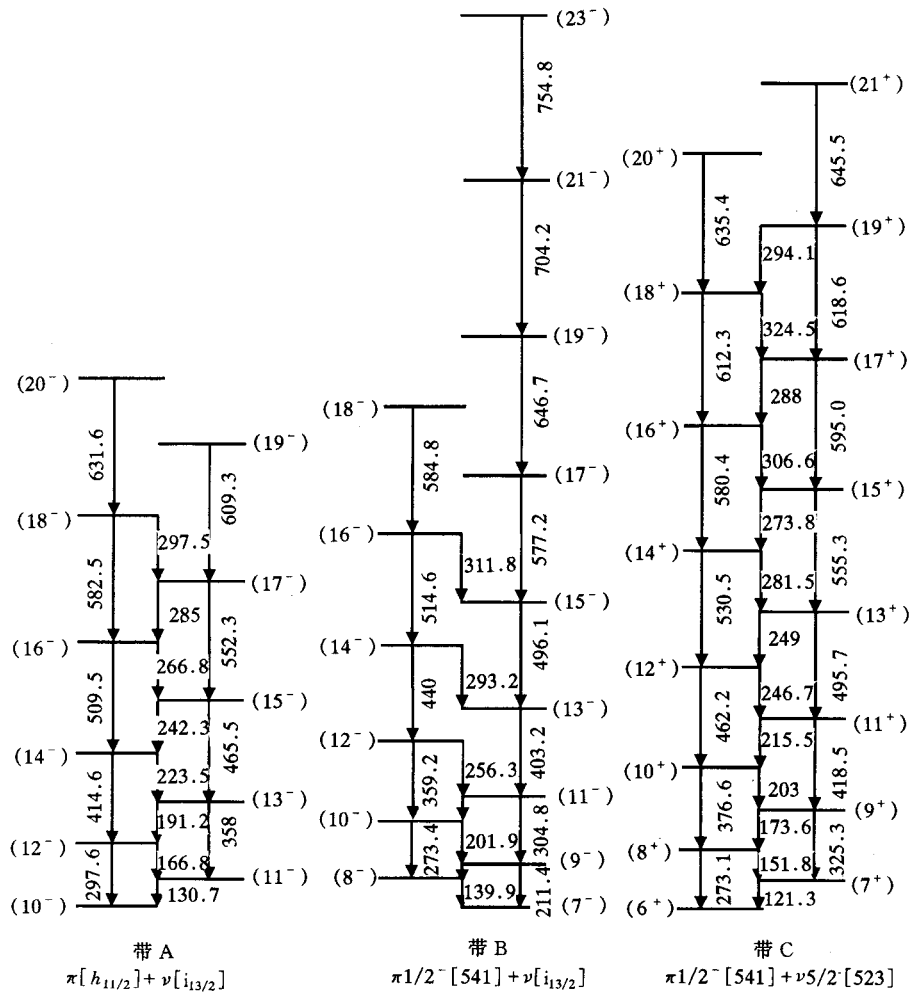


图 1 本工作建议的 ^{170}Ta 的能级纲图

的组态应为 $\pi 1/2^- [541] + \nu [i_{13/2}]$, 属于半退耦带^[2]. 同样, 带B的自旋是通过比较 ^{170}Ta 、 ^{172}Ta ^[6] 的半退耦带和 $^{169}, ^{171}\text{Hf}$ ^[7, 10] 相应的 $\nu [i_{13/2}]$ 转动带定出的. 在 Bacelar^[4] 等人给出的能级纲图上, 一组能量为 221 — 321 — 400……的 γ 跃迁系列被指定为优先带. 由于我们同时发现了优先带和非优先带, 很明显他们的指定是错误的. 事实上, 文献[4]中带3的 γ 跃迁能量几乎和 ^{170}Hf 晕带相同, 所以可得到一个相同的带交叉频率 $0.265(5)\text{MeV}$ ^[3, 6], 这个数值比此核区半退耦带的带交叉频率^[3]小很多. 因此文献[4]中的带3很可能是 ^{170}Hf 的晕带而不属于 ^{170}Ta , 当然也不排除是某个核的一个等同带.

表1 ^{170}Ta 及相关核素相应转动带的第一带交叉频率

核素	带	$h\omega_c$ (MeV)
^{168}Hf	晕带	0.265 (5)
^{170}Hf	晕带	0.265 (5)
^{169}Hf	$\nu \frac{5}{2}^+ [642]$	0.315 (5)
^{169}Hf	$\nu \frac{5}{2}^- [523]$	0.240 (5)
^{169}Ta	$\pi \frac{1}{2}^- [541]$	0.305
^{169}Ta	$\pi \frac{9}{2}^- [514]$	0.24
^{169}Ta	$\pi \frac{5}{2}^+ [402]$	0.24
^{170}Ta	$\pi \frac{9}{2}^- [514] + \nu [i_{13/2}]$	>0.29
^{170}Ta	$\pi \frac{1}{2}^- [541] + \nu [i_{13/2}]$	>0.34
^{170}Ta	$\pi \frac{1}{2}^- [541] + \nu \frac{5}{2}^- [523]$	0.285 (5)

转动带C是一个新发现的基于 $\pi 1/2^- [541] + \nu 5/2^- [523]$ 组态上的转动带. 组态指定是通过分析交叉频率^[3]和符号因子劈裂程度定出的, 自旋值可从此带的能级间隔与 $^{169}\text{Hf} \nu 5/2^- [523]$ 带能级间隔的相似性得出. 另外, 分析其顺排角动量 (i_x) 表明, 此带满足顺排角动量相加性规则: 在 $\hbar\omega = 0.1 - 0.22\text{MeV}$ 之间, i_x (带C) $\approx 3\hbar$, 与 $i_x(^{169}\text{Ta} \pi 1/2^- [541]) + i_x(^{169}\text{Hf} \nu 5/2^- [523]) \approx 0.8\hbar + 2.0\hbar = 2.8\hbar$ 非常接近. 表1给出了 ^{170}Ta 的3个转动带以及相关核素中相应转动带的第一带交叉频率. 从交叉频率的分析中, 可以得出 $\pi 5/2^+ [402] + \nu [i_{13/2}]$ 和 $\pi 1/2^- [541] + \nu 5/2^- [523]$ 是两种最可能的准粒子组态. 然而, 带C的符号因子劈裂幅度与 ^{169}Hf 组态为 $\nu 5/2^- [523]$ 的基带^[6]相似, 而比 $^{169}\text{Ta} \pi 5/2^+ [402]$ 带的劈裂幅度小很多. 这表明带C的符号因子劈裂来源于 $\nu 5/2^- [523]$ 准中子的参与, 所以其组态为 $\pi 1/2^- [541] + \nu 5/2^- [523]$. Kreiner 等人在对双奇核耦合模式以及相应转动带类型进行分类时曾定性地指出^[2]: 当奇Z核出现退耦合带而奇N核出现一个具有确定K值的正常转动带时, 其相邻双奇核中会存在一个 $\Delta I = 1\hbar$ 的非变形

转动带(nondistorted band). 本实验首次观测到这一新耦合模式的转动带, 对研究双奇核的带结构及耦合图象具有重要意义.

作者衷心感谢近代物理研究所 SFC 运行组的大力支持, 感谢王秀英同志为本实验制作了¹⁵⁹Tb 靶.

参 考 文 献

- [1] S. Drissi *et al.*, *Nucl. Phys.*, **A451** (1986) 313.
- [2] A. J. Kreiner *et al.*, *Phys. Rev.*, **C36** (1987) 2309.
- [3] A. J. Kreiner, *Nucl. Phys.*, **A520** (1990) 225c.
- [4] J. C. Bacelar-*et al.*, *Nucl. Phys.*, **A442** (1985) 547.
- [5] Coral M. Baglin, *Nucl. Data. Sheets*, **77** (1996) 125.
- [6] A. J. Kreiner *et al.*, *Phys. Lett.*, **B215** (1992) 629.
- [7] W. B. Gao *et al.*, *Phys. Rev.*, **C44** (1991) 1380.
- [8] G. S. Li *et al.*, *Nucl. Phys.*, **A555** (1993) 435.
- [9] Y. Z. Liu *et al.*, Book of Abstracts in the International Nuclear Physics Conference, Aug. 21 — 26, 1995, Beijing, China, 6.2 — 21, and to be published in *Phys. Rev. C*.
- [10] G. D. Dracoulis *et al.*, *Nucl. Phys.*, **A330** (1979) 186.

Band Structure in Doubly Odd ^{170}Ta

Zhang Yuhu Zhao Qingzhong Zhou Xiaohong Xu Hushan Guo Yingxiang
Lei Xiangguo Lu Jun Zhu Shaofei Gou Quanbu Jin Hanjuan Liu Zhong
Luo Yixiao Sun Xiangfu Zhu Yongtai

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

Received 9 August 1996

Abstract

High spin states in ^{170}Ta have been studied via $^{159}\text{Tb} (^{16}\text{O}, 5n\gamma)^{170}\text{Ta}$ reaction at 105 MeV. Three rotational bands are observed, among which one coupled band and an unfavored $\Delta I=2 E2$ sequence are newly found in this work. The possible quasiparticle configurations of these bands are discussed.

Key words band structure, coupling schemes, signature splitting, semidecoupled band.