

$^{128}\text{Ce}16^+$ 转晕态的寿命测量*

李广生 戴征宇 温书贤 李生岗
翁培焜 张兰宽 袁观俊 杨春祥

(中国原子能科学研究院 北京 102413)

1994-12-21 收稿

摘 要

通过入射能量为 141MeV 的 $^{100}\text{Ru}(^{32}\text{S}, 2\text{p}2\text{n})^{128}\text{Ce}$ 反应布居 ^{128}Ce 的高自旋态, 利用多普勒移动衰减法测量了 16^+ 态的寿命. 相应的 $B(E2)$ 值与理论计算的转动值相当.

关键词 高自旋态, 多普勒移动衰减法, 能级寿命, $B(E2)$ 值.

1 引 言

Wells 等人^[1] 对 ^{128}Ce 的转晕带进行了直到 14^+ 态的寿命测量. 他们的结果表明, 在实验误差范围内这些跃迁的 $B(E2)$ 值可与刚体转子值相比拟. 比较 ^{128}Ce 和 ^{130}Ce 的约化跃迁几率可以看出, 它们具有相似的转动特征. 然而, $^{130}\text{Ce}16^+$ 态的寿命测量显示出集体性的降低^[2]. 为了探讨 ^{128}Ce 核是否也有这种行为, 我们采用 γ - γ 符合结合 γ 射线多重性选择的技术, 用多普勒移动衰减法测量了 $^{128}\text{Ce}16^+$ 转晕态的寿命.

2 实验方法

实验是在中国原子能科学研究院的 HI-13 串列加速器上进行的. 利用 141MeV 的 ^{32}S 束轰击同位素靶 ^{100}Ru , 通过 $^{100}\text{Ru}(^{32}\text{S}, 2\text{p}2\text{n})^{128}\text{Ce}$ 反应布居 ^{128}Ce 的高自旋激发态. 靶的厚度是 $950\mu\text{g}/\text{cm}^2$. 反冲核被慢化和阻停在 $18\text{mg}/\text{cm}^2$ 厚的金衬中. 用 6 台带有锗酸铋 (BGO) 康普顿抑制装置的高纯锗 (HP Ge) 探测器探测 γ 射线. 与此同时, γ 射线多重性被 1 台紧靠靶室、由 14 个独立的 BGO 闪烁探测单元组成的过滤器记录, 以消除与库伦激发和放射性衰变相关的低多重性本底. 这些探测器的相对效率为 15% — 30%, 能量分辨率是 1.9 — 2.1keV. 它们距靶 17cm, 分别放在与束流方向成 $\pm 28^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 和 $\pm 143^\circ$ 的位置. 用 ^{60}Co 和 ^{152}Eu 标准源进行能量刻度. 只有当至少 2 个 Ge 探测器和过滤器的 1 个 BGO 单元被同时触发的符合事件才被记录, 并以列表方式存在磁带中. 本实验共积累了大约 30×10^6 的符合事件.

* 国家自然科学基金资助.

3 结 果

为了进行多普勒移动衰减分析, 将符合事件分类建成一个角度相关的 2 维矩阵. 这一矩阵由 28^- 事件和与其相关联的所有其它角度的事件组成. 对该矩阵投影得到 28^- 谱并作 γ 峰的形状分析. 图 1 给出 ^{128}Ce 转晕带的能级纲图. 为了得到尽可能好的计数统计, 将直到 16^+ 态的所有转晕跃迁开门得到的符合谱进行谱相加, 得到的和谱如图 2 所示.

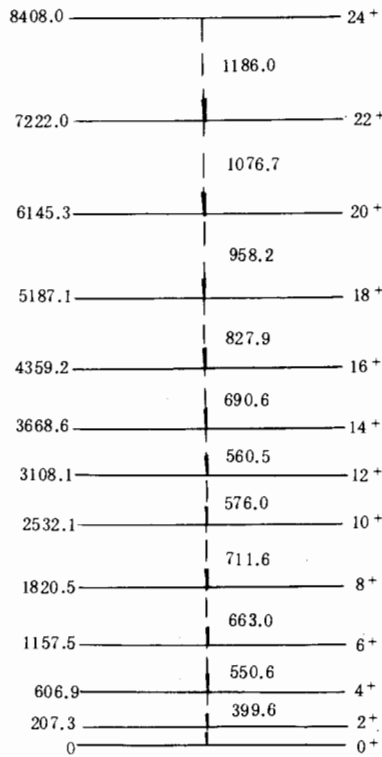


图1 ^{128}Ce 转晕带的能级纲图

多普勒加宽峰的形状分析是用计算机程序 GNOMON^[3] 进行的. 反冲核在 Ru — Au 靶中的慢化过程对于电子和核的阻止本领分别采用由 Ziegler, Biersack 和 Littmark^[4] 以及由 Kalbitzer 和 Oetzmann^[5] 所给出的半经验表达式. 慢化过程中由于核碰撞所引起的反冲核的角度离散是按照 Blaugrund^[6] 近似法处理的. 对于由粒子蒸发所引起的反冲核初始反冲速度分布用高斯分布函数来描述. 束流和反冲核在靶中的能量损耗是这样考虑的, 将靶分成 8 片等厚度的薄层, 对于每一层来说, 假定束流被阻停在前一片薄层中, 而反冲核则阻停在剩余的薄层和衬底中. 在峰形分析中, 对探测器的有限立体角和能量分辨率作了修正, 并且对于来自较高能级的级联馈入和到每个能级的边馈入的影响作了必要的考虑. 边馈入强度是根据跃迁的相对强度确定的. 对于一个给定的能级, 它的边馈入强度取

自比前一能级所增加的强度, 这就是说, 强度的任何增加都被假定为未观察到的边馈入所贡献. 采用一组假设的边馈入时间计算能级寿命直到给出峰形的最佳拟合为止. 在本工作中发现单级边馈入成份已足以描述峰形, 也无需要求较长寿命的组分. 图 3 给出 691keV $16^+ \rightarrow 14^+$ 跃迁的实验峰形和拟合的峰形状. 根据本测量得到的结果列在表 1 中.

表 1 本工作测得的能级寿命和 $B(E2)$ 值

E_x (keV)	I^π	E_γ (keV)	τ (ps)	$B(E2)$ (e^2b^2)	$B(E2)/B(E2)_{rot}$
4359.2	16^+	690.6	0.53 ± 0.03	0.98 ± 0.06	1.2 ± 0.1
5187.1	18^+	827.9	< 0.93	> 0.23	> 0.3

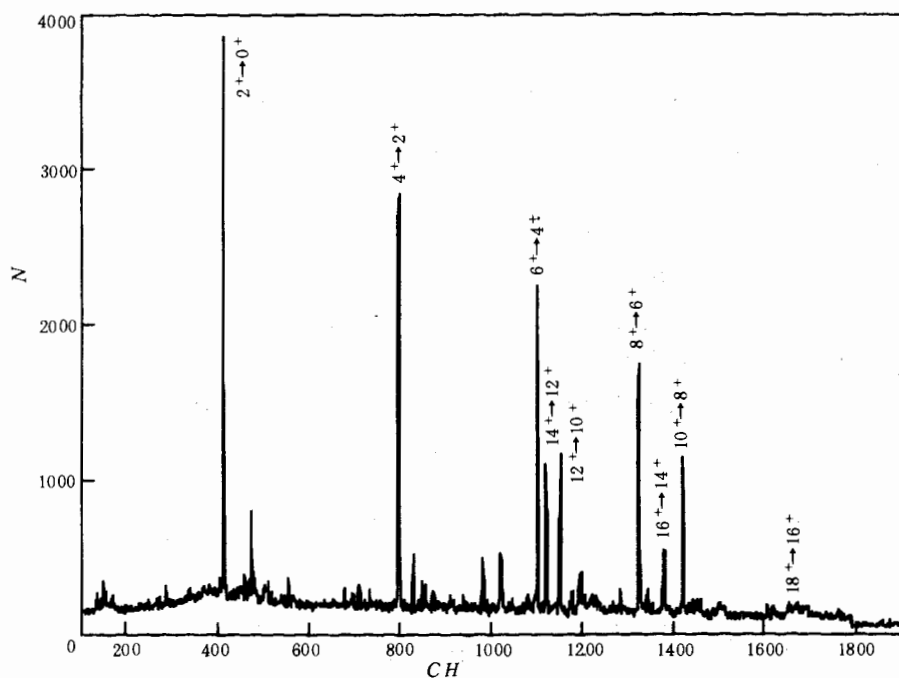


图 2 用 $2^+ \rightarrow 0^+$ 直到 $16^+ \rightarrow 14^+$ 转晕跃迁开门相加得到的符合谱

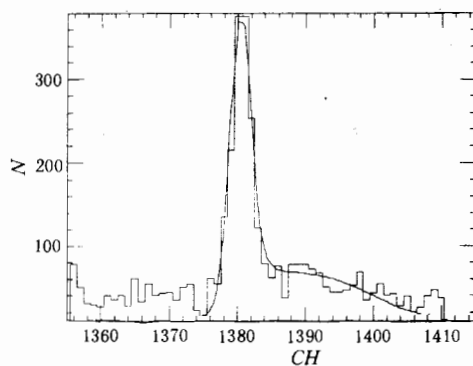


图 3 690.6keV ($16^+ \rightarrow 14^+$) 跃迁的多普勒加宽峰
光滑曲线是用计算机程序 GNOMON 拟合的峰形。

4 讨 论

在 $^{100}\text{Ru} (^{32}\text{S}, 2p2n) ^{128}\text{Ce}$ 反应中, 蒸发中子入射到 Ge 探测器中, 通过 ^{72}Ge 的 691keV 0^+ 激发态的 (n, n') 激发而发射 691keV γ 射线。这对于单谱记录的 ^{128}Ce 691keV $16^+ \rightarrow 14^+$ 跃迁的多普勒加宽峰的形状分析产生严重干扰。由于我们采用了 γ - γ 符合技术, 利用开门谱进行多普勒移动衰减分析, 克服了这个本底峰的影响, 从而提高了测量的准确度。

为了便于评估集体性随角动量的变化, 将由寿命测量所推得的实验 $B(E2)$ 值归一于对称转子的 $B(E2)_{\text{rot}}$ 值, 而这个转动值是基于 $2^+ \rightarrow 0^+$ 转晕跃迁的跃迁几率, 也表示成比值 $B(E2)/B(E2)_{\text{rot}}$. 转动值 $B(E2)_{\text{rot}}$ 可以从关系式

$$B(E2)_{\text{rot}} = \frac{\langle I020 | I-20 \rangle^2}{\langle 2020 | 00 \rangle^2} B(E2, 2 \rightarrow 0)_{\text{exp}}$$

推导出来. 其中 $B(E2, 2 \rightarrow 0)_{\text{exp}}$ 是 $2 \rightarrow 0$ 跃迁的实验 $B(E2)$ 值. 表 1 给出 ^{128}Ce 16^+ 态的 $B(E2)$ 值为 1.2. 这与理论计算的转动值 1.0 相当.

我们还给出了 18^+ 态的寿命上限. 由于没有 828keV 跃迁以上的馈入信息, 因此只能通过对该跃迁的峰形的最佳拟合得到未作馈入修正的有效寿命. 我们也试图获得更高自旋态的寿命信息, 但由于计数统计和峰康比太差而不能进行有价值的多普勒移动衰减分析.

5 小 结

利用束流能量为 141MeV 的熔合蒸发反应 $^{100}\text{Ru} (^{32}\text{S}, 2\text{p}2\text{n}) ^{128}\text{Ce}$ 产生 ^{128}Ce 的高角动量态. 利用多普勒移动衰减法测量了 16^+ 态的寿命. 相应的 $B(E2)$ 值显示出对称转子特征. 此外, 还给出了 18^+ 态的寿命限.

感谢中国原子能科学研究院 HI-13 串列加速器运行组人员为我们提供了良好的束流条件. 对于许国基同志在制靶方面所给予的热情帮助深表感谢.

参 考 文 献

- [1] J. C. Wells, N. R. Johnson, J. Hattula et al., *Phys. Rev.*, **C30** (1984) 1532.
- [2] D. M. Todd, R. Aryaeinejad, D. J. G. Love et al., *J. Phys.*, **G10** (1984) 1407.
- [3] H. P. Hellmeister, thesis, Universität zu Köln, 1980; L. Lühmann, thesis, Universität Göttingen, 1984.
- [4] J. F. Ziegler, J. P. Biersack, U. Littmark, in *The stopping and range of ions in solids* (Pergamon, New York, 1985).
- [5] S. Kalbitzer, H. Oetzmann, Proc. Int. Conf. on ion beam modifications of materials, Budapest, 1978.
- [6] A. E. Blaugrund, *Nucl. Phys.*, **88** (1966) 501.

Lifetime Measurement of the 16^+ Yrast State in ^{128}Ce

Li Guangsheng Dai Zhengyu Wen Shuxian
Li Shenggang Weng Peikun Zhang Lankuan
Yuan Guanjun Yang Chunxiang

(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413)

Received 21 December 1994

Abstract

The high spin states in ^{128}Ce were populated with the reaction $^{100}\text{Ru}(^{32}\text{S}, 2p2n)^{128}\text{Ce}$ at an incident energy of 141 MeV. The lifetime of the 16^+ state was measured by using the Doppler shift attenuation method. The corresponding $B(E2)$ value is compatible with the rotational value of theoretical calculation.

Key words high spin state, Doppler shift attenuation method, level lifetime, $B(E2)$ value.