

# $^{136}\text{Ba}$ 的 $10^+$ 同质异能态

甘再国 刘忠 张玉虎 潘强岩

(中国科学院近代物理研究所 730000 兰州)

M. Oshima T. Hayakawa

T. Ishii M. Sugawara

**摘要** 利用 450MeV 的  $^{82}\text{Se}$  束流轰击  $^{139}\text{La}$  靶, 通过核子转移反应产生了  $^{136}\text{Ba}$ , 用在束  $\gamma$  谱学方法测量了其激发态的  $\gamma$  衰变, 观测到了它的  $10^+$  态同质异能态并得到该同质异能态的寿命为 94ns.

**关键词** 同质异能态 能级寿命 延迟符合 超前符合

## 1 引言

对  $Z > 50, N < 82$  附近的偶-偶核素的同质异能态的性质已经有许多相关的研究报告. $^{136}\text{Ba}$  的同中子异位素由于其中子  $N = 80$ , 只差两个中子就达到了  $N = 82$  中子满壳的特殊位置, 因此对这些核的核特性的研究就显得更加重要. 从 70 年代开始, 对  $^{132}\text{Te}^{[1]}$ ,  $^{138}\text{Ce}^{[2]}$ ,  $^{140}\text{Nd}^{[2]}$  和  $^{142}\text{Sm}^{[3]}$  这些同中子异位素的结构进行了较好的研究, 并在这些核的能级结构中都观测到了  $7^-$  和  $10^+$  的同质异能态, 在  $^{134}\text{Xe}$  核的能级中也观测到了  $7^-$  的同质异能态, 最近又报道了它的  $10^+$  态同质异能态 $^{[4]}$ . 1969 年 Meyer 等人曾经通过  $^{136}\text{La}$  的衰变对  $^{136}\text{Ba}$  的能级结构进行了研究 $^{[5]}$ , 1987 年 Dragulescu 等人观测到了该核的  $7^-$  同质异能态 $^{[6]}$ , 但它是否存在  $10^+$  态的同质异能态, 至今仍然未见有报道. 在本研究工作中观测到了  $^{136}\text{Ba}$  的  $10^+$  态的同质异能态, 并测量了这一同质异能态的寿命.

## 2 实验

本工作利用日本原子力研究所(JAERI)东海分部的加速器提供的  $^{82}\text{Se}$  束流轰击  $^{139}\text{La}$  靶, 通过多核子转移反应产生了  $^{136}\text{Ba}$ , 束流能量为 450MeV. 实验使用了 JAERI 的 GIMNI 探测器阵列测量装置, 该装置包括 12 个 HPGe 探测器, 在每个探测器外都有 BGO 反康屏蔽, 这些探测器被分别安装在与束流入射方向成  $32^\circ, 58^\circ, 90^\circ, 122^\circ$  和  $148^\circ$  的角度上. 探测器

2001-09-11 收稿

\* 国家自然科学基金(19905012, 19705011)和中日 STA 交流项目资助

对  $^{60}\text{Co}$  的 1.33MeV  $\gamma$  射线的能量分辨在 2.0—2.3keV 之间,探测器的效率大约为 40% . 装置的详细情况可参考文献[7]. 测量到的  $\gamma$  射线能量以及符合时间以事件的形式记录在磁带上,在这个实验中总共记录了  $3 \times 10^7$  个符合事件.

### 3 实验结果及讨论

在  $^{136}\text{Ba}$  已知的能级纲图中,  $6^+ \rightarrow 4^+ \rightarrow 2^+ \rightarrow 0^+$  的跃迁都已经观测到了,图 1 是在本实验中用  $4^+ \rightarrow 2^+$  的 1048.0keV 跃迁  $\gamma$  射线开门得到的谱线,在该谱图中,可以很清楚地观测到能量为 349.2,362.7,508.9,787.0keV 的新  $\gamma$  射线和  $^{136}\text{Ba}$  的一些已知  $\gamma$  跃迁,在该图中没有看到来自束流  $^{82}\text{Se}$  的第一激发态的 654.7keV 的  $\gamma$  射线,在后面的一些符合谱会观测到该线.

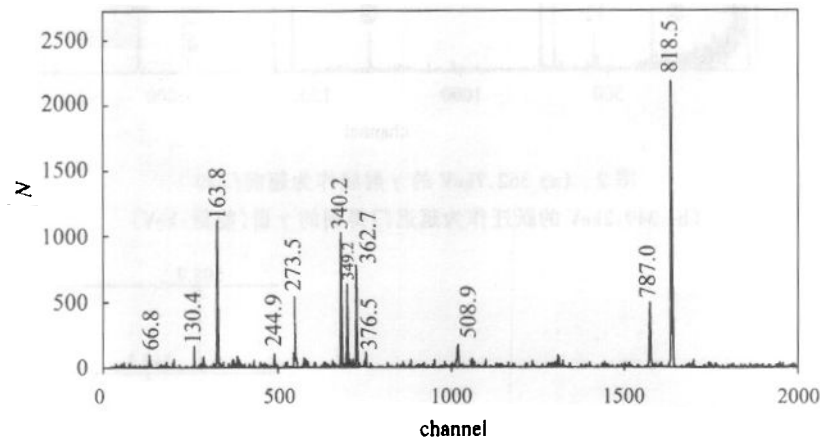


图 1 1048.0keV 开门得到的  $\gamma$  谱(能量:keV)

图 2(a)是用 362.7keV 的  $\gamma$  射线跃迁提前 90ns 作为超前门得到的图谱. 用该超前门得到的跃迁是处于同质异能态之上的跃迁,在这样的谱中不能观测到同质异能态之下的跃迁. 图中清楚地观测到 349.2,508.9 以及 848.1keV 的跃迁,而 787.0 和 362.7keV 的  $\gamma$  射线没有出现在图中. 用 153.2,176.6,273.6,340.5,787.0,818.5,1048.1 以及 1235.4keV 的  $\gamma$  射线作为超前门也得到同样的结果,由此说明在该核中存在一个同质异能态,并且这个同质异能态在 349.2,508.9 以及 848.1keV 的下方. 延迟门与超前门正好相反,在延迟门得到的图谱中只能观测到位于同质异能态之下的跃迁. 图 2(b)是用 349.2keV 的跃迁作为延迟门得到的结果,图谱中观测到了  $^{136}\text{Ba}$  的跃迁和 362.7,787.0keV 的  $\gamma$  射线,并且同时观测到了一条 963.6keV 的新  $\gamma$  射线,这说明这个同质异能态在该图中出现在该开门  $\gamma$  射线的上方. 图中 654.7keV 的  $\gamma$  线来自束流  $^{82}\text{Se}$  的第一激发态. 由图 2 可以看到在  $^{136}\text{Ba}$  中存在一个同质异能态,该同质异能态在 349.2,508.9 以及 848.1keV 跃迁的下方,位于 153.2,176.6,273.6,340.5,362.7,787.0,818.5,963.6,1048.0 以及 1235.4keV 的  $\gamma$  射线的上方.

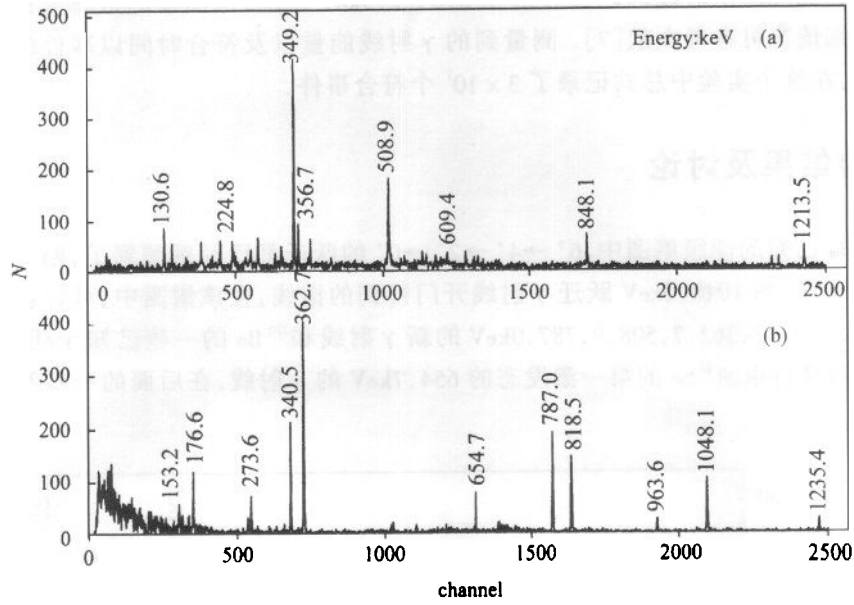


图 2 (a) 362.7keV 的  $\gamma$  射线作为超前门和  
(b) 349.2keV 的跃迁作为延迟门得到的  $\gamma$  谱(能量:keV)

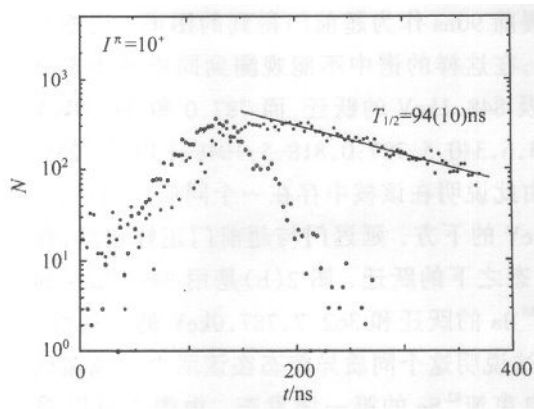


图 3 观测到的同质异能态的寿命

- 同质异能态之下跃迁的衰变,
- 同质异能态之上跃迁的衰变.

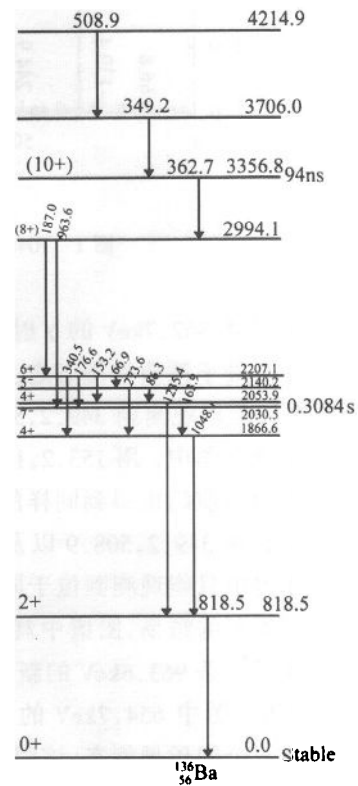


图 4 建议的  $^{136}\text{Ba}$  衰变纲图

根据以上的分析, 实验中观测到了  $^{136}\text{Ba}$  的一个同质异能态, 在该同质异能态之上的跃迁为 349.2keV 的  $\gamma$  射线, 其下为 362.7keV 的  $\gamma$  射线. 在  $^{136}\text{Ba}$  的纲图中  $7^-$  是一个已知的同质异能态, 而在本实验中观测到的同质异能态的符合关系与已知的  $7^-$  同质异能态是不同的, 因此确认是一个新的同质异能态. 图 3 是它的寿命曲线, 并由此得到该同质异能态的寿命是 94ns.

根据  $6^+ \rightarrow 4^+ \rightarrow 2^+ \rightarrow 0^+$  的跃迁强度和 787.0, 362.7keV 的  $\gamma$  射线强度及测量的角分布表明 787.0keV 的  $\gamma$  射线是  $8^+$  到  $6^+$  的跃迁, 而 362.7keV 的  $\gamma$  射线是  $10^+$  到  $8^+$  的跃迁. 在图 2 中观测到的能量为 963.6keV 的  $\gamma$  射线是  $8^+$  到  $7^-$  的跃迁, 根据各  $\gamma$ - $\gamma$  间符合关系及跃迁强度建立了如图 4 的衰变纲图.

在  $\text{Ba}$  的同位素  $^{132}\text{Ba}$ <sup>[8]</sup>,  $^{134}\text{Ba}$ <sup>[9]</sup> 和  $^{138}\text{Ba}$ <sup>[10]</sup> 中  $10^+$  态同质异能态已观测到, 本实验中又观测到了  $^{136}\text{Ba}$  的  $10^+$  同质异能态, 这一结果为系统性地研究这些核的能级结构提供了可能.

作者对日本原子力研究所的直线加速器的工作人员提供高质量的束流表示感谢.

### 参考文献 (References)

- 1 Sistemich K, Lauppe W D, Lawin H et al. Z. Phys., 1979, **A292**:145
- 2 Merdinger J C, Beck F A, Bozek E et al. Nucl. Phys., 1980, **A346**:281
- 3 Beuscher H, Haenni D R, Bochev B et al. Proc. 6th European Phys. Soc. Nucl. Div. Conf. on Structure of Medium-Heavy Nuclei, Rhodes, Greece, 1979, 290(1980)
- 4 Genevey J, Pinston J A, Foin C et al. Phys. Rev., 2001, **C63**:054315
- 5 Meyer R A, Griffioen R D. Phys. Rev., 1968, **186**:1220
- 6 Dragulescu E, Ionescu M, Popescu D et al. Rev. Roum. Phys., 1987, **32**:743
- 7 Furuno K, Oshima M, Komatsubara T et al. Nucl. Inst. & Method in Phys. Res., 1999, **A421**:211
- 8 Harissopulos S, Gelberg A, Dewald A et al. Phys. Rev., 1995, **C52**:1796
- 9 Sergeenkov Yu V. Nucl. Data Sheets, 1994, **71**:557
- 10 Tuli J K. Nucl. Data Sheets, 1993, **69**:69

### A New Isomer State in $^{136}\text{Ba}^*$

GAN Zai-Guo LIU Zhong ZHANG Yu-Hu PAN Qiang-Yan

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

M. Oshima T. Hayakawa Y. Toh T. Shizima Y. Hatsukawa T. Ishii M. Sugawara

(Japan Atomic Energy Research Institute, Japan)

**Abstract** The reaction of  $^{139}\text{La}(^{82}\text{Se}, x)^{136}\text{Ba}$  was used in this experiment. The nuclide  $^{136}\text{Ba}$  was produced via the transfer reaction channel. Some new  $\gamma$  rays of  $^{136}\text{Ba}$  were measured and a new isomer state at  $10^+$  was observed. The half-life of this isomer is 94ns based on its time spectrum. According to the intensities of gamma transition and gamma-gamma coincidence relationship, the scheme of  $^{136}\text{Ba}$  is suggested.

**Key words** isomer, life time, delayed coincidence, early coincidence

Received 11 September 2001

\* Supported by NSFC(1990512, 19705011) and the Exchange Program between China and Japan