

# $^{81}\text{Rb}$ 高自旋超形变的实验证据

潘强岩 罗亦孝

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

M. De Poli G. de Angelis C. Fahlander D. Bazzacco E. Farnea A. Gadea  
D. R. Napoli P. Spolaore

(意大利国家核物理研究院 LEGNARO 国家实验室)

**摘要** 利用  $^{55}\text{Mn}(^{30}\text{Si}, 2\text{p}2\text{n})$  反应布居了  $^{81}\text{Rb}$  的高自旋态, GASP 阵列配以由 40 个  $\Delta E - E$  Si(Au) 望远镜单元所组成的  $4\pi$  带电粒子球进行  $\gamma\gamma\gamma$  带电粒子(质子和  $\alpha$ ) 的符合测量. 实验发现了由 7 条级联  $\gamma$  跃迁所组成的  $^{81}\text{Rb}$  高自旋超形变转动带. 其动力学惯量为  $J^{(2)} = 4 / \Delta E_\gamma = 26.7(\hbar^2 / \text{MeV})$ , 该带被解释为具有四极形变参数  $\beta_2 = 0.51$  以及高  $N$  侵入组态为  $\pi 5^1\nu 5^2$ .

**关键词**  $\gamma\gamma\gamma$  带电粒子符合 超形变 侵入组态

十年前,  $^{152}\text{Dy}^{[1]}$  的高自旋超形变的发现, 揭开了高自旋超形变谱学研究的序幕. 迄今为止, 在质量数  $A \approx 130, 150, 190$  的核区, 实验已积累了相当丰富的超形变谱学数据<sup>[2,3]</sup>. 理论上早已预言了关于原子核在高自旋条件下存在着超形变的质子和中子幻数  $Z, N \approx 44, 64, 86, 116^{[4-6]}$ . 然而, 在质量数  $A \approx 80$  缺中子核区, 去年才发现了  $^{83}\text{Sr}$  的首条分立的超形变转动带<sup>[7]</sup>. 两年来, 美国和西欧等各有关实验室利用 EUROGAM, Gammasphere 和 GASP 等大型反康 Ge 阵列, 在此新核区中实验观测到 $^{80-83}\text{Sr}$ ,  $^{82,83}\text{Y}$ ,  $^{83,84}\text{Zr}$  和  $^{87}\text{Nb}$  等原子核中近 20 条超形变转动带. 文献 [8] 通过对跃迁四极距的测定, 给出了  $^{84}\text{Zr}$  超形变的直接实验证据. 所有这些结果, 证实了理论的预言, 即质量数  $A \approx 80$  核区存在着又一个高自旋超形变岛.

本文报道  $^{81}\text{Rb}$  超形变的实验证据, 实验是在意大利 LEGNARO 国家实验室(LNL)完成的, 利用 GASP 阵列配以由 40 个 Si(Au)  $\Delta E - E$  望远镜组成的  $4\pi$  带电粒子球 (ISIS 球) 进行对  $\gamma$  和蒸发的带电粒子(质子和  $\alpha$ ) 符合测量. 能量为 130 MeV, 强度为 3—4 pA 的  $^{30}\text{Si}^{8+}$  束流是由 LNL 的 XTU 串列加速器提供的, 靶子由两片自支撑  $^{55}\text{Mn}$  所组成, 厚度均为  $400\mu\text{g} / \text{cm}^2$ . 至少有 3 个反康 Ge, 4 个 BGO 单元和 1 个 Si(Au)  $\Delta E - E$  望远镜同时点火的事件被记录到磁带上, 共收集到约  $1.4 \times 10^9$  个事件.

由于布居  $^{81}\text{Rb}$  的高自旋态是通过  $^{55}\text{Mn}(^{30}\text{Si}, 2\text{p}2\text{n})$  反应道实现的, 所以在建立  $\gamma\gamma\gamma$  三维矩阵时在 ISIS 球上设了 2p 门, 即挑选出两个质子的事件. 同时根据被点火的各个  $\Delta E - E$

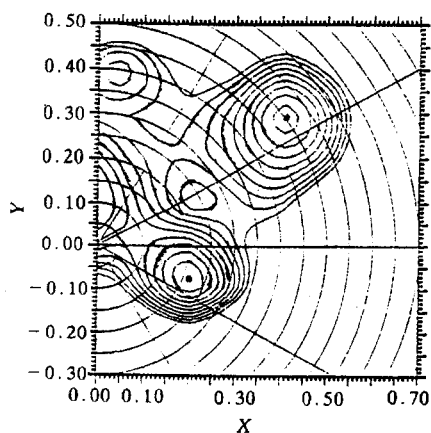


图 1 组态  $(\pi, \alpha) = \left(-, +\frac{1}{2}\right)$  和转动频率  $\hbar\omega = 1.15 \text{ MeV}$  时的  $^{81}\text{Rb}$  总位能  $(\beta_2, \gamma)$  平面图  
 $X = \beta_2 \cos(\gamma + 30^\circ)$ ,  $Y = \beta_2 \sin(\gamma + 30^\circ)$ .

理论计算. TRS 的计算显示, 当转动频率  $\hbar\omega \geq 0.85 \text{ MeV}$  时, 位于  $(\beta_2, \beta_4, \gamma) = (0.51, 0.016, 6.2^\circ)$  的超形变的极小值开始形成并随着转动频率  $\hbar\omega$  的增加, 该形变将变得稳定, 图 1 给出 TRS 的一个范例. 另外, 根据推转壳模型得到的在该形变参数下  $^{81}\text{Rb}$  的单粒子 Routhians (如图 2 所示) 不难看出, 当转动频率  $\hbar\omega \geq 0.5 \text{ MeV}$  时, 两条  $N = 5$  的  $h_{11/2}$  中子侵入轨道被占据,  $^{81}\text{Rb}$  的超形变具有的中子侵入组态应是  $\nu 5^2$ . 根据计算所得到的质子 Routhians, 发现当  $\hbar\omega \geq 0.95 \text{ MeV}$  时, 一条  $N = 5$  的  $h_{11/2}$  质子侵入轨道被占据. 因此, 本工作所观测到的  $^{81}\text{Rb}$  超形变转动带的高  $N$  侵入组态应为  $\pi 5^1 \nu 5^2$ .

总之, 从观测到的 7 条级联  $\gamma$  跃迁同已知的  $^{81}\text{Rb}$  正常带上的  $\gamma$  跃迁符合关系和它们之间的常数能量差 ( $\Delta E_\gamma \approx 150 \text{ keV}$ ), 我们确信这是属于  $^{81}\text{Rb}$  的超形变转动带. 该带的动力学惯量为  $J^{(2)} = 4 / \Delta E_\gamma = 26.7 (\hbar^2 / \text{MeV})$ , 这与理论预言具有四极形变参数  $\beta_2 = 0.51$  的超形变转动带相吻合. 从推转壳模型的计算结果可以看出,

的位置和所探测到的带电粒子能量, 对  $E_\gamma$  进行了 Doppler 移动的校正, 提高了分辨.

在分析上述 2p 门的  $\gamma\gamma\gamma$  三维矩阵时, 观测到 7 条级联的  $\gamma$  跃迁同已知的  $^{81}\text{Rb}$  正常带上的  $\gamma$  跃迁相符合, 它们的能量分别为 1669, 1842, 2000, 2151, 2300, 2450 和 (2600) keV, 误差约为 1.5 keV. 我们指定该 7 条  $\gamma$  跃迁是属于  $^{81}\text{Rb}$  超形变转动带基于下述实验事实: 首先是符合关系, 它们与  $^{81}\text{Rb}$  的正常 (正、负宇称) 带上的  $\gamma$  跃迁相符合; 其次是相邻  $\gamma$  跃迁之间的能量差几乎是常数, 即  $\Delta E_\gamma \approx 150 \text{ keV}$ . 这说明该转动带的动力学惯量  $J^{(2)} = 4 / \Delta E_\gamma = 26.7 (\hbar^2 / \text{MeV})$ . 在如此高的转动频率条件下,  $J^{(2)}$  几乎是常数, 其值同具有四极形变参数  $\beta_2 = 0.51$  的超形变刚体转动相一致.

本文对  $^{81}\text{Rb}$  的高自旋超形变微观结构作了

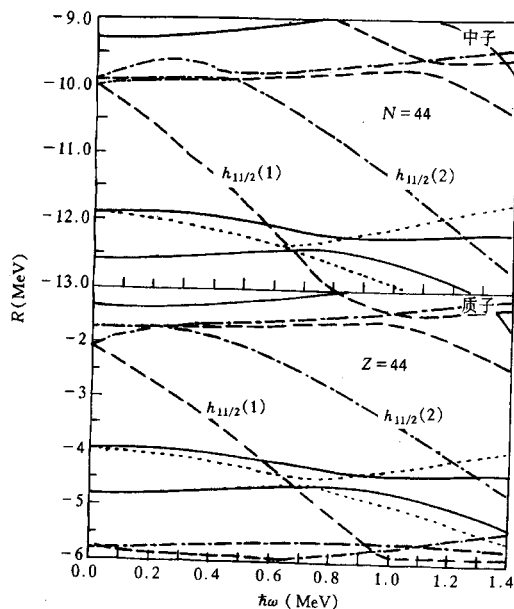


图 2 利用 Woods-Saxon 势得到的  $^{81}\text{Rb}$  单粒子 Routhians ( $R$ ) 随频率 ( $\hbar\omega$ ) 的变化关系  
 其中形变参数为  $\beta_2 = 0.51, \beta_4 = 0.0161, \gamma = 6.2^\circ$ . 粒子轨道  $(\pi, \alpha)$  表示为: 实线:  $(+, +1/2)$ ; 点线:  $(+, -1/2)$ , 点虚线:  $(-, +1/2)$ , 虚线:  $(-, -1/2)$ .

$^{81}\text{Rb}$ 的超形变转动带的高  $N$  侵入组态应为  $\pi 5^1\nu 5^2$ .

### 参 考 文 献

- [1] P.J.Twin et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1986, **57**:811
- [2] P.J. Nolan, P.J.Twin et al. *Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.*, 1988, **38**:553
- [3] R.V.F. Janssens, T.L.Khoo. *Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.*, 1991, **41**:321
- [4] I.Ragnarsson et al. *Phys. Rep.*, 1978, **45**:1
- [5] W.Nazarewicz et al. *Nucl. Phys.*, 1985, **A435**:397
- [6] J.Dudek et al. *Phys. Rev.*, 1987, **C35**:1489
- [7] C.Baktash et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1995, **74**:1946
- [8] H.Q.Jin et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1995, **75**:1471

## Experimental Evidence for the Superdeformation in $^{81}\text{Rb}$

Pan Qiangyan Luo Yixiao

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

M.De Poli G.de Angelis C.Fahlander D.Bazzacco E.Farnea A.Gadea

D.R.Napoli P.Spolaore

(*Laboratori Nazionali di Legnaro, INFN, 35020 Legnaro(PD), Italy*)

**Abstract** High – spin states in  $^{81}\text{Rb}$  were populated in the  $^{55}\text{Mn}(^{30}\text{Si}, 2p2n)$  reaction at 130 MeV. Prompt  $\gamma\gamma\gamma$  – charged particle coincidences were observed using the GASP spectrometer in conjunction with the  $\Delta E - E$  silicon ball (ISIS). A superdeformed band consisting of seven  $\gamma$  – ray transitions has been identified. The dynamic moment of inertia for the band is constant with a value of approximately  $26.7 \hbar^2 / \text{MeV}$  throughout the whole observed rotational frequency. This band is interpreted to have a  $\pi 5^1\nu 5^2$  intrinsic intruder configuration with a quadruple deformation  $\beta_2$  of 0.51.

**Key words**  $\gamma\gamma\gamma$ -charged particle coincidence, superdeformation, intruder configuration