

⁹⁸Sr 两准粒子带研究*

李明亮^{1,1)} 朱胜江¹ J. H. Hamilton² A. V. Ramayya² J. K. Hwang²
车兴来¹ 禹英男¹ I. Y. Lee³ J. O. Rasmussen³ Y. X. Luo^{2,3}

1 (清华大学物理系 北京 100084))

2 (Department of Physics, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee 37235, USA))

3 (Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720, USA)

摘要 通过对²⁵²Cf的自发裂变产生的瞬发 γ 谱的分析,对丰中子核⁹⁸Sr的集体转动带进行了研究.扩展了建立在1838keV能级上的 $K=3$ 的转动带.新发现了一个建立在2535keV能级上的 $K=6$ 的转动带.通过分析,这两个带的带头组态都是 $\nu_{9/2}[404] \otimes \nu_{3/2}[411]$,分别满足关系 $\Omega = |\Omega_1 - \Omega_2|$ 和 $\Omega = |\Omega_1 + \Omega_2|$.用延迟符合方法测量,我们得到 $K=3$ 和 $K=6$ 的两个带的半衰期分别是 13 ± 3 ns和 4.5 ± 1.0 ns.

关键词 自发裂变 准粒子带 半衰期 延迟符合

核⁹⁸Sr ($Z = 38, N = 60$)位于 $A=100$ 的丰中子区.该区核有重要特性,如 $Z=40$ 的满壳效应, $N=56$ 的亚球壳层和 $N \geq 60$ 核的基态大形变.随着 γ 探测器阵列的发展,该区核的研究工作也取得了很大的进展.一个重要的方面是偶偶核的两准粒子转动带,如^{100,102}Zr^[1,2],^{104,106}Mo^[3,4]和¹¹⁰Ru^[5],以及奇 A 核的单准粒子转动带,如⁹⁷Sr^[6]和⁹⁹Zr^[7].在前人的工作中,通过分析自发裂变的瞬发 γ 谱,⁹⁸Sr的晕带已经被观测到 10^+ 能级^[1,8].最近,通过 β 衰变的方法,在⁹⁸Sr中建立了一个 $K=3$ 两准粒子带.本文报道⁹⁸Sr新的高自旋态,两准粒子转动带和带头能级的寿命.

⁹⁸Sr核的高自旋态是通过测量²⁵²Cf的自发裂变产生的瞬发 γ 谱而进行研究的.实验是众多研究组联合在美国洛伦兹伯克利国家实验室(LBNL)的Gammasphere上进行的.用105个反康探测器组成的阵列测量由²⁵²Cf的自发裂变产生的瞬发 γ 谱,记录三重以上符合事件,实验详细描述见文献[9—12].数据分析在清华大学进行.重核自发裂变的两中等质量的核,通常称它们互为互补核,且一般它们的衰变谱有符合关系.这也为我们分析 γ 谱的归属

提供了重要的依据.

本工作建立的能级纲图如图1所示.晕带带(1),已在文献[1,8]报道过的能级被确认,并新加了一个2928.9keV的 10^+ 态能级.分别建立在1838.2keV和2534.6keV上的带(2)和带(3),也在我们的工作中明确地建立.在带(2)中,只有两个能级1838.2keV,1978.8keV和一个连接跃迁140.6keV在文献[13]中有过报道.我们把带(2)自旋态扩展到 $10\hbar$.带(2)的 $\Delta I = 1$ 的跃迁比 $\Delta I = 2$ 的跃迁强.在新指定的带(3)中,我们只观察到 $\Delta I = 1$ 的跃迁.另外我们观察到三个带之间的许多连接跃迁.

带(2)的带头1838.2keV已经被指定为一个同质异能态,半寿命 $T_{1/2} = 7.1$ ns,并将其组态指定为 $\nu_{9/2}[404]\nu_{3/2}[411]$ ($K^\pi = 3^+$).我们接受该指定,并指定了其他能级的自旋和宇称,如图1所示.

带(3)包括几条低能级跃迁,带头是两准粒子组态.相似的带结构也在相邻同中子核¹⁰⁰Zr^[2]中观察到,在¹⁰⁰Zr中建议其带头的组态是 $\nu_{9/2}[404]\nu_{3/2}[411]$.基于和邻近核的系统学比较,我们指定带(3)的带头能级2534.6keV的组态也为 $\nu_{9/2}[404]\nu_{3/2}[411]$ ($K^\pi = 6^+$).这个组态和带(2)一样,但带头的 K^π 不一样.

* 国家重点基础研究发展规划项目(G2000077405),国家自然科学基金(10375032),教育部博士点基金(20030003090)项目和美国能源部(DE-FG05-88ER4047)资助

1) E-mail: liml03@mails.tsinghua.edu.cn

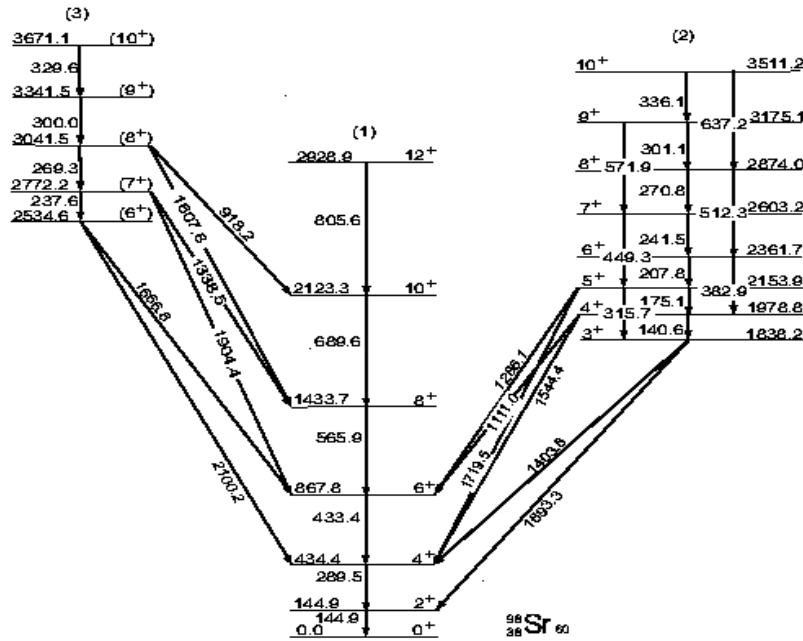


图 1 ^{98}Sr 的部分能级纲图

正如在文献[14]指出, $K^\pi = 3^+$ 的带(2)和 $K^\pi = 6^+$ 的带(3)有相同的组态. 这是由于Gallagher-Moskowsky相互作用的结果^[15,16], $K^\pi = 3^+$ 的态对应 $|\Omega_1 - \Omega_2|$, 而 $K^\pi = 6^+$ 的态对应 $|\Omega_1 + \Omega_2|$. 在相邻的奇Z核 ^{99}Y 中, 也发现了这种结构^[15]. 为了进一步理解这种组态结构, 我们进行了基于Woods-Saxon势的Nilsson能级计算, 所得的单粒子能级图如图2所示. 靠近费米面的中子轨道是 $\nu_{9/2} [404]$, $\nu_{3/2} [411]$ 和 $\nu_{3/2} [541]$, 它们应该与 ^{98}Sr 的较低准粒子激发有关. 因而, 我们指定带(2)和带(3)的组态为 $\nu_{9/2} [404] \nu_{3/2} [411]$. 在相邻的奇A核 ^{97}Sr 中基于 $\nu_{9/2} [404]$ 和 $\nu_{3/2} [411]$ 单粒子轨道的形变带^[6,17]的存在, 也为我们的指定提供了新的依据.

图3是转动惯量 $J^{(1)}$ 随转动频率 ω 的变化图. 图中包括带(2),带(3)和 ^{100}Zr 的 $\nu_{9/2} [404] \nu_{3/2} [411]$ 带的转动惯量. 它们有相似的性质, 三条带的 $J^{(1)}$ 的值都几乎是常数. 这有力地支持了我们的指定.

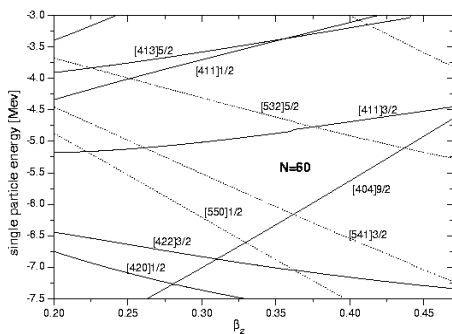


图 2 $N = 60$ 区的中子Nilsson能级图

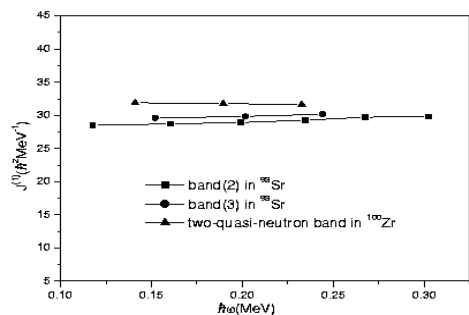


图 3 转动惯量 $J^{(1)}$ 随转动频率 ω 的变化图

用延迟符合方法, 我们从实验数据中进行了纳秒量级的半衰期分析. 详细分析方法将另文发表. 对 ^{98}Sr 的带(2)和带(3)两带的带头能级寿命分析如图4所示, 1838.2keV能级半寿命为 13 ± 3 ns, 2534.6keV能级的半寿命是 4.5 ± 1.0 ns. 值得注意的是, 文献[13]分析1838.2能级半寿命为7.1ns.

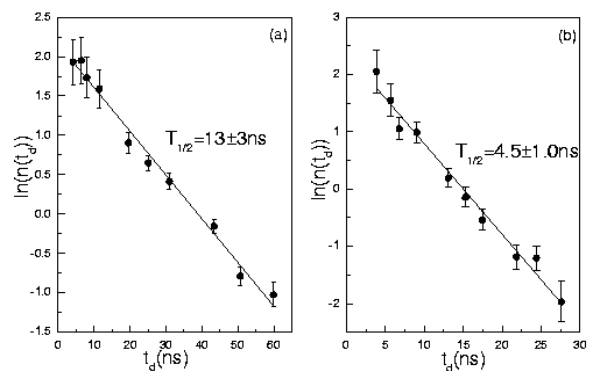


图 4 ^{98}Sr 的1838.2keV能级(a)和2534.6keV能级(b)退激的延迟符合曲线

参考文献(References)

- 1 Hamilton J H et al. Prog. Part. Nucl. Phys., 1995, **35**: 635
- 2 Durell J L et al. Phys. Rev., 1995, **C52**: R2306
- 3 YANG L M et al. Chin. Phys. Lett., 2001, **18**: 24
- 4 XU R Q et al. Chin. Phys. Lett., 2002, **19**: 180
- 5 JIANG Z et al. Chin. Phys. Lett., 2003, **20**: 350
- 6 Hwang J K et al. Phys. Rev., 2003, **C67**: 054304
- 7 Urban W et al. Eur. Phys. J., 2003, **A16**: 11
- 8 Hotchkis M A C et al. Nucl. Phys., 1991, **A530**: 111
- 9 ZHU S J et al. Phys. Rev., 1999, **C59**: 1316
- 10 ZHU S J et al. Phys. Rev., 1999, **C60**: 051304
- 11 ZHU S J et al. Phys. Rev., 2001, **C65**: 014307
- 12 ZHANG Zheng et al. HEP & NP, 2003, **27**(8): 688—691(in Chinese)
(任敬儒等. 高能物理与核物理, 2003, **27**(8): 688—691)
- 13 Lhersonneau G et al. Phys. Rev., 2002, **C65**: 024318
- 14 Durell J L et al. Acta Phys. Polonica, 2003, **B34**: 2277
- 15 Meyer et al. Nucl. Phys., 1985, **A439**: 510
- 16 Gallagher C J. Phys. Rev., 1962, **126**: 1525
- 17 Lhersonneau G et al. Phys. Rev., 1990, **C41**: 1115

Research on Two-Quasiparticle Bands in ^{98}Sr *

LI Ming-Liang ^{1;1)} ZHU Sheng-Jiang ¹ J. H. Hamilton ² A. V. Ramayya ² J. K. Hwang ²
CHE Xing-Lai ¹ YU Ying-Nan ¹ I. Y. Lee ³ J. O. Rasmussen ³ Y. X. Luo ^{2,3}

¹ (Department of Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

² (Department of Physics, Vanderbilt University, Nashville, Tennessee 37235, USA)

³ (Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720, USA)

Abstract Through measuring high-fold prompt γ -ray coincidence events of the spontaneous fission of ^{252}Cf with the Gammasphere detector array, rotational bands in neutron-rich ^{98}Sr nucleus have been investigated. A deformed $K=3$ band built on 1838 keV level has been confirmed and extended. Another deformed $K=6$ band based on 2535 keV level has been established. Both bands originate most probably from the $\nu_{9/2} [404] \otimes \nu_{3/2} [411]$ two-quasiparticle configuration with $\Omega = |\Omega_1 - \Omega_2|$ and $\Omega = |\Omega_1 + \Omega_2|$, respectively. Based on the delay-coincidence measurements, the half-lives for the $K=3$ and $K=6$ band head levels has been obtained to be 13 ± 3 ns and 4.5 ± 1.0 ns, respectively.

Key words spontaneous fission, quasiparticle band, half-life, delay coincidence

* Supported by Major State Basic Research Development Program (G2000077405), National Natural Science Foundation of China(10375032), Doctoral Fund of Ministry of Education of China(20030003090) and U.S. Department of Energy (DE-FG05-88ER40407)

1) E-mail: liml03@mails.tsinghua.edu.cn