

双奇核 ^{142}Pm 高自旋态能级纲图*

柳敏良 张玉虎 周小红 何建军 郭应祥 雷相国 黄文学
刘忠 罗亦孝 冯希臣 张双全 徐啸 郑勇 罗万居

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

温书贤 吴晓光 袁观俊

(中国原子能科学研究院 北京 102413)

摘要 利用能量为 75—95 MeV ^{19}F 束流, 通过反应 $^{128}\text{Te}(^{19}\text{F}, 5n\gamma)^{142}\text{Pm}$ 研究了双奇核 ^{142}Pm 的高自旋态能级结构. 实验中进行了 γ 射线的激发函数、 γ 射线单谱和 γ - γ 符合测量. 建立了激发能达 7030.0 keV 的 ^{142}Pm 的能级纲图, 其中包括新发现的 25 条 γ 射线和 13 个新能级. 基于实验测量的 γ 跃迁各向异性度, 建议了 ^{142}Pm 能级的自旋值.

关键词 高自旋态 γ - γ 符合测量 能级纲图

1 引言

双奇核 ^{142}Pm 与双满闭壳 ^{146}Gd 核相比, 缺少 3 个质子和一个中子. 它的高自旋态应是价核子顺排形成的, 其能谱应呈现典型的单粒子激发特征. 在本工作之前, L. Funke 等人用 $^{142}\text{Nd}(d, 2n\gamma)^{142}\text{Pm}$ 反应研究过 ^{142}Pm 的低位能级结构, 测量了 ^{142}Pm 核的 $J^\pi = 8^-$ 的同质异能态寿命, 指出低位能级为价质子激发形成^[1]. 本工作采用重离子诱发的融合蒸发反应 $^{128}\text{Te}(^{19}\text{F}, 5n)$ 布局了 ^{142}Pm 的非常高自旋的激发态, 建立了 ^{142}Pm 复杂的高自旋态能级纲图. 在本工作进行的过程中, S. Bhattacharya 等人报道了 ^{142}Pm 的研究结果^[2]. 文献[2]中报道的 ^{142}Pm 的能级纲图与本工作的结果有很大的不一致. 本文将着重讨论 ^{142}Pm 能级纲图的建立.

2 实验测量

实验是在中国原子能科学院 HI-13 串列加速器上完成的. 用 ^{19}F 束流轰击丰度为 98% 的同位素 ^{128}Te 靶布局了 ^{142}Pm 的高自旋态. 靶子的厚度为 $2.2\text{mg}/\text{cm}^2$, 并附有 $2.3\text{mg}/\text{cm}^2$ 的

2001-06-26 收稿

* 国家杰出青年科学基金(10025525), 国家自然科学基金(10005012, 10075062), 中国科学院“百人计划”和国家重大基础研究发展规划(G2000077400)资助

Au 衬. 为了确定布局 ^{142}Pm 高自旋态的最佳束流能量和指定观测到的 γ 射线,首先在75—95MeV束流能量范围内,以5MeV为步长进行了 γ 射线的激发函数测量. 结果发现,束流能量为90MeV时 ^{142}Pm 的产额达到最大. 在此束流能量下,用10个带BGO反康的高纯锗(HPGe)探测器进行了 γ - γ - t 符合测量,这里 t 是符合的两个 γ 射线到达探测器的相对时间差,符合时间窗为400ns. 在符合测量时,把4套HPGe探测器放在相对于束流方向约 90° 的方向上,其余6个探测器则置于相对于束流方向约 40° 和 140° 方向上,以便从 γ - γ

实验中共获取了75个百万的 γ - γ 符合事件.

在离线数据处理时,对每个HPGe探测器做了能量增益归一,建立了一个 4096×4096 对称化矩阵,用于分析 γ - γ 符合. 用 ^{60}Co , ^{133}Ba 和 ^{152}Eu 标准放射源进行了能量和效率刻度,对 ^{60}Co 的1.33MeV γ 射线,探测器的能量分辨(FWHM)在2.0—2.5keV之间. 为了指定 γ 跃迁多极性,给出能级自旋的建议值,本工作建立了两个 4096×4096 非对称化矩阵:一个矩阵的 x 轴和 y 轴分别存放所有探测器和4个大角度探测器的 γ - γ 符合数据,另一个矩阵的 x 轴和 y 轴分别存放所有探测器和4个小角度探测器的 γ - γ 符合数据.

两个矩阵 x 轴拉门,给出 γ_1 的级联跃迁 γ_2 (未知)在小角度和大

未知极性的 γ 射线的极性,给出能级自旋的建议值.

3 结果和讨论

由 γ - γ 符合关系、强度平衡、交叉跃迁和 γ 射线相对激发函数的信息,本工作建立了 ^{142}Pm 的能级纲图如图1所示. 在分析两个非对称化矩阵和同 $^{144}\text{Eu}^{[3]}$ 能级比较的基础上,对新建立的几条晕态能级的自旋和宇称进行了尝试性指定.

在数据分析的同时,S. Bhattacharya等人报道了 ^{142}Pm 的高自旋态能级纲图^[2]. 他们直接把991.6,142.9keV γ 射线放在了2ms的同质异能态上,认为882.2,380.8,638.6keV来自于 $^{141}\text{Pm}^{[4,5]}$. 而本工作除把882.2,380.8,638.6keV γ 射线放在了2ms的同质异能态上之外,把991.6,142.9keV放在了能级2828.5keV上.

在束 γ 测量中,往往通过 γ 射线与X射线的符合确定退激 γ 射线的核的质子数,由激发函数确定了退激 γ 射线的核的质量数,由此给出 γ 射线的归属. 本工作的激发函数如图2所示,其中 γ 射线1391.4,388.9,376.7keV为 $^{143}\text{Pm}^{[6]}$ 所有,882.2,380.8,638.6,991.6,142.9keV来自于 $^{128}\text{Te} + ^{19}\text{F}$ 蒸发5个粒子反应道,再结合882.2,380.8,638.6,991.6,142.9keV γ 射线与Pm的38keV的X射线符合,清楚地表明了882.2,380.8,638.6,991.6,142.9keV γ 射线是 ^{142}Pm 的退激辐射. 在文献[5]中由于有 γ 射线882.0keV,曾把380.8,638.6keV归属为 ^{141}Pm ,由激发函数我们认为在束流能量90MeV时, $^{128}\text{Te}(^{19}\text{F},6n\gamma)^{141}\text{Pm}$ 反应退激 γ 射线的强度不会如此大,变化趋势不会和 ^{142}Pm 中 γ 射线991.6,142.9keV的变化趋势一致.

在束 γ 测量中,束流能量越大越容易布局高位能级. 本工作的相对激发函数见图3,可以看出 γ 射线380.8,638.6,991.6,142.9,1381.4keV在能级纲图中的位置应该依次为由下而上. 因此,我们把新发现的 γ 射线放在了2ms的同质异能态上,而把S. Bhattacharya等人所给出的一系列能级放在我们新建议的2828.5keV能级之上.

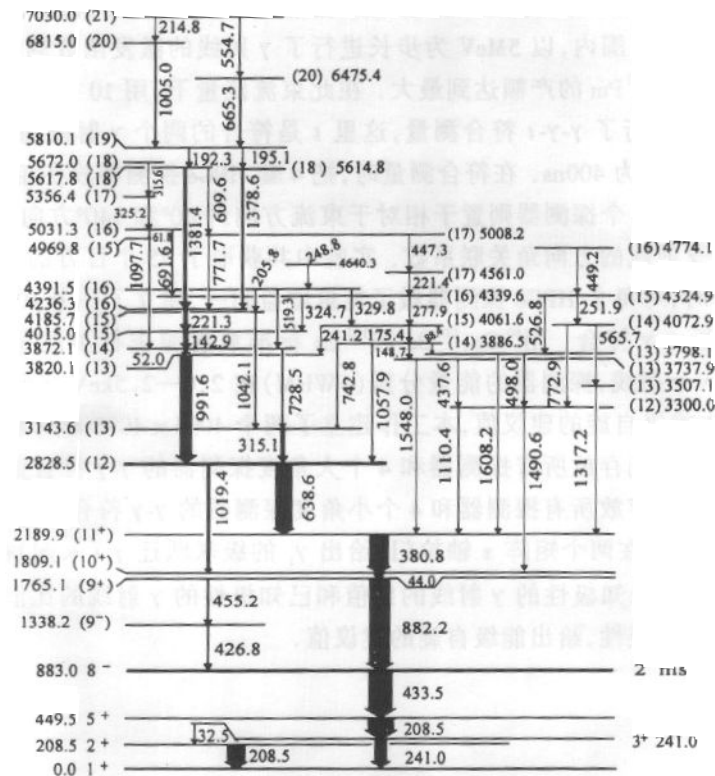


图 1 本工作建立的 ^{142}Pm 的能级纲图

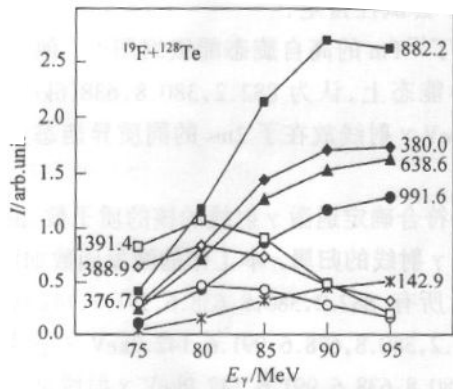


图 2 ^{142}Pm 和 ^{143}Pm 激发函数

详细说明见正文。

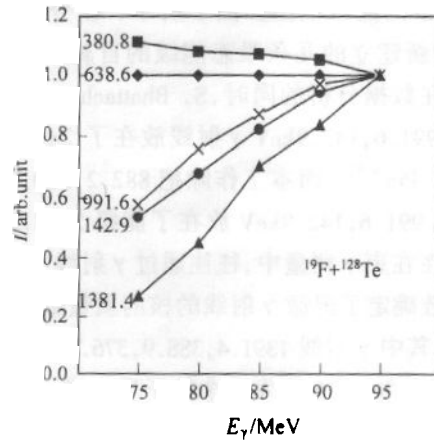


图 3 ^{142}Pm 的相对激发函数

通过 1548.0, 148.7keV 的拉门谱 (如图 4), 可以看出 1548.0, 148.7, 175.4, 277.9, 329.8keV γ 射线可以把本工作的建立能级纲图和 S. Bhattacharya 等人所建立的能级纲图连接起来, 二者在能级 2828.5 和 3886.5keV 处开始重合. 这为我们建立能级纲图提供了有力的证据.

Pm 的 X 射线 $\text{K}\alpha_1$ 的能量为 38.7keV, $\text{K}\beta_1$ 的能量为 43.8keV, $\text{K}\alpha_1$ 的强度应当强于 $\text{K}\beta_1$.

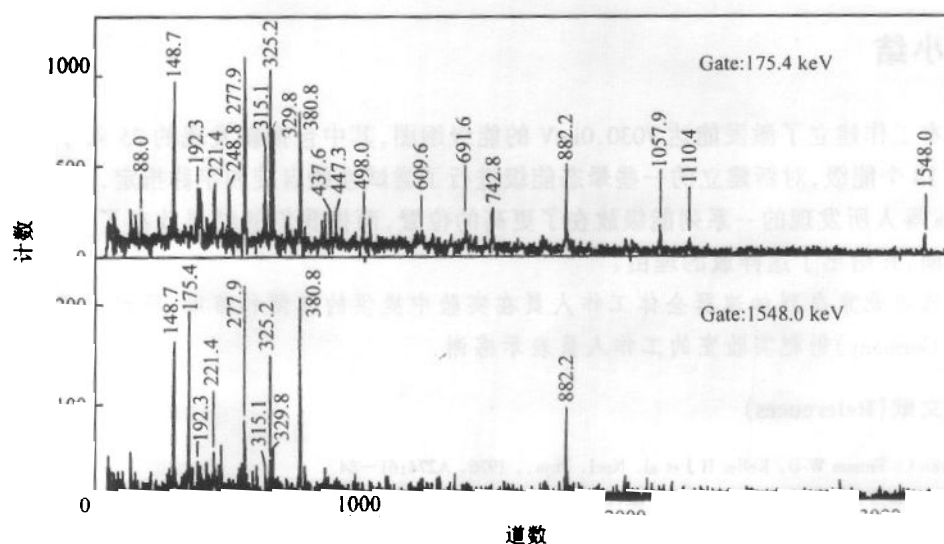


图 4 γ 射线 175.4 和 1548.0keV 的拉门谱

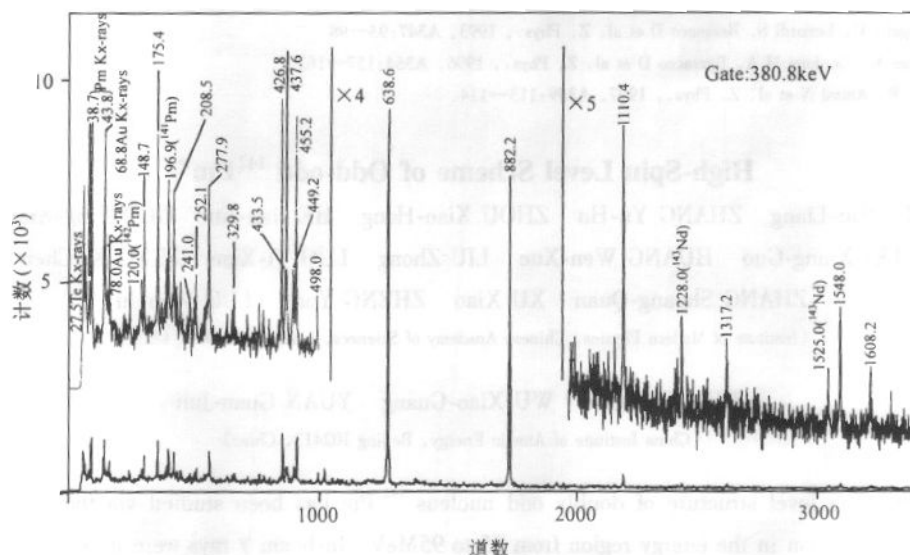


图 5 γ 射线 380.8keV 的拉门谱

通过 380.8keV γ 射线的拉门谱可以看到一条 44.0keV 射线,380.8keV γ 射线的拉门谱如图 5 所示,可以看到 43.8keV 射线的强度明显强于 38.7keV 的,因此本工作认为 44.0keV 处的峰是由一条 44.0keV γ 射线和 Pm 的 43.8keV 的 X 射线叠加而成. 根据符合关系和周围本奇核¹⁴²Eu^[3],¹⁴⁴Eu^[3],¹⁴⁰Pm^[7],¹⁴⁴Tb^[8],¹⁴⁶Tb^[9]的系统性,我们将 44.0keV γ 射线放在了能级 1765.1 和 1809.1keV 之间.

但是,在 380.8keV 射线的拉门谱中不能看到 991.6keV,才实验开始的时间为 400ns,因此,2828.5keV 处的能级很可能是一个长寿命的

4 小结

本工作建立了激发能达 7030.0keV 的能级纲图,其中包括新发现的 25 条 γ 射线和建议的 13 个能级,对新建立的一些晕态能级进行了尝试性的自旋和宇称指定. 把 S. Bhattacharya 等人所发现的一系列能级放在了更高的位置,而把我们的结果放在了 8^- 同质异能态上面,并给出了这样放的理由.

感谢北京串列加速器全体工作人员在实验中提供的方便和帮助,同时对 GSI(Darmstadt, Germany)制靶实验室的工作人员表示感谢.

参考文献 (References)

- 1 Funke L, Fromm W D, Keller H J et al. Nucl. Phys., 1976, **A274**:61—84
- 2 Bhattacharya S, Chanda S et al. Phys. Rev., 1998, **C58**:2998—3001
- 3 Piiparinen M, Atac A, Blomqvist J et al. Nucl. Phys., 1996, **A605**:191—268
- 4 Gulmez E, Drigert M W et al. Phys. Rev., 1989, **C39**:1809—1817
- 5 Aryaeinejad R, Walker P M et al. Phys. Rev., 1985, **C32**:1855—1868
- 6 HE J J, ZHANG Y H, ZHOU X H et al. Eur. Phys. J., 2000, **A9**:157—160
- 7 De Angelis G, Lunardi S, Bazzacco D et al. Z. Phys., 1993, **A347**:93—98
- 8 Sferrazza M, Cardona M A, Bazzacco D et al. Z. Phys., 1996, **A354**:157—162
- 9 Collatz R, Amzal N et al. Z. Phys., 1997, **A359**:113—114

High-Spin Level Scheme of Odd-odd $^{142}\text{Pm}^*$

LIU Min-Liang ZHANG Yu-Hu ZHOU Xiao-Hong HE Jian-Jun GUO Ying-Xiang

LEI Xiang-Guo HUANG Wen-Xue LIU Zhong LUO Yi-Xiao FENG Xi-Chen

ZHANG Shuang-Quan XU Xiao ZHENG Yong LUO Wan-Ju

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

WEN Shu-Xian WU Xiao-Guang YUAN Guan-Jun

(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China)

Abstract The level structure of doubly odd nucleus ^{142}Pm has been studied via the $^{128}\text{Te}(^{19}\text{F}, 5n\gamma)^{142}\text{Pm}$ reaction in the energy region from 75 to 95MeV. In-beam γ rays were measured including the excited function, γ -ray singles and γ - γ coincidences in experiment. The level scheme of ^{142}Pm has been extended up to excitation energy of 7030.0keV including 25 new γ rays and 13 new levels. Based on the measured γ -ray anisotropies, the level spins in ^{142}Pm have been suggested.

Key words high-spin state, γ - γ coincidence measurement, level scheme

Received 26 June 2001

* Supported by National Science Fund for Distinguished Young Scholar(10025525), NSFC(10005012, 10075062), One Hundred Talents Project of CAS and Major State Basic Research Development Program (G2000077400)