

^{76}Se 的低自旋新能级及其晕带 能级结构的讨论^{*}

沈水法^{1,2;1)} 李燕¹ 顾嘉辉¹

1(中国科学院上海应用物理研究所 上海 201800)

2(中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 分别用反康谱仪和两个高纯锗探测器进行了单谱和符合谱测量,研究了 ^{76}Br 的衰变. 用 ^{75}As ($\alpha, 3n$) ^{76}Br 和 $^{76}\text{Se}(p, n)^{76}\text{Br}$ 二种核反应生成了 ^{76}Br 核. 实验结果证实了以前报道的属于 ^{76}Se 的能级和 γ 射线. 首次发现了 39 条新 γ 射线和 15 个新能级. 基于 $\log ft$ 的计算值、所观测到的能态的退激发方式和一些核反应的实验结果,提出了新能级的自旋和宇称. 建议了一个新的 ^{76}Br 衰变纲图. 用在束 γ 谱学方法所观测到的高自旋态,对正宇称晕带和在角动量投影壳模型框架下的计算结果进行了比较.

关键词 衰变 符合 投影壳模型 正宇称晕态

1 引言

硒($Z = 34$)偶-偶核的同位素处于 $N = 40$ 的半满壳层和幻数 $N = 50$ 两者之间的质量区域内,它们的低位态不能用已有唯象的或微观的模型加以描述. 由于这些同位素是近乎球形的,我们预期它们的能级应具有振动的特征. 有关 ^{76}Se 的实验工作已经持续了数十年. 为建立由 ^{76}As ($T_{1/2} = 26.32\text{h}$)的 β^- 衰变和 ^{76}Br ($T_{1/2} = 16.2\text{h}$)的 β^+/EC 衰变布居的 ^{76}Se 衰变纲图,我们进行了多种尝试. Lecomte 等提出^[1],作为对硒同位素独特特性的一种可能的解释,这些核存在着显著的三轴形变,在 γ 方向上表现得特别软. 以前,人们并不期望在 $A = 70$ 区域的基态会出现强形变,直到 Hamilton 等^[2-4]第一次在 ^{72}Se 上发现核共存态. 随着 ^{72}Se 研究工作的展开,发现了 $Z = 38$ 的新强形变区域. 实验数据表明,在 $^{72}, ^{74}\text{Se}$ 中共存着近球形的基态、低位正常形变 0^+ 态和形变带. 迄今为止,用 $\text{Ge}(\text{Li})$ 探测器^[5-7]研究了 ^{76}Br 衰

变的能级结构,更为特别的是,自 20 世纪 70 年代关于这个核衰变的报道以来^[8-10],近 30 年中没有关于这个同位素衰变纲图的实验信息. 为了进一步发展核模型,目前需要提供关于这一质量区域的偶-偶核能级结构详尽特性的系统知识. 本工作是用高纯锗反康谱仪和 HPGe-HPGe-T 符合谱仪研究 ^{76}Br 衰变,其初步结果已另有报道^[11].

2 实验

用两种方法产生 ^{76}Br . 第一种是在上海原子核研究所(现改名为上海应用物理研究所)的回旋加速器上通过 $^{75}\text{As}(\alpha, 3n)^{76}\text{Br}$ 反应. α 束的能量是 32MeV. GaAs 单晶靶被焊接在铜衬底上,被轰击后的靶片放入一个高温干馏器中,由高频电炉加热干馏,干馏出的放射性 Br_2 被溶解在 0.005mol 的 NaOH 溶液中,再将该溶液滴在透明合成树脂薄膜上. 干燥后,这个源再用另一个透明合成树脂薄膜覆盖,制

2004-05-18 收稿

* 国家重点基础研究发展规划项目(TG2000077404)和国家自然科学基金(10405031, 10475026)资助

1) E-mail: ssh@simr.ac.cn

成点状源. 第二种是通过 $^{76}\text{Se}(p, n)^{76}\text{Br}$ 反应. 其质子束能量是 16MeV, 它来自同一个回旋加速器, 硒粉的纯度为 99.99%. 上述的任何一种源在测量前均搁置约 23h, 以便让一些短寿命的放射性物质衰变掉.

实验用第一种方法生产的源测量 ^{76}Br 的 γ 单谱. 测量 γ 单谱的仪器是反康谱仪, 它由 130cm³的高纯锗探测器和 6 个 NaI 探测器(堪培拉公司制造)组成. 这个系统对 1332.5keV ^{60}Co γ 射线的分辨率为 1.9keV. 无反康测量同时进行. 在能量从 30 到 2500keV 范围内, 本底总计数是 0.7/s(反康)和 1.3/s

(无反康). 实验用几天时间测量单谱, 以确保被观测到的 γ 峰是 ^{76}Br 的半衰期衰变. 在源和 HPGe 探测器之间加或不加铅吸收片两种情况下测 γ 单谱. 这块铅片是用来吸收 β 射线. 加了之后, 能够更精确测定 γ 射线的能量和相对强度. γ 射线的能量和相对强度是由 ^{152}Eu , ^{56}Co 标准源测定的能量和相对效率曲线来确定的. 表 1 仅列出了本工作观测到的属于 ^{76}Br 衰变新的和未放入纲图中的 γ 射线能量和相对强度. 这些 γ 射线的相对强度是以 559.00keV γ 跃迁强度为 $I_\gamma = 100$ 归一的.

表 1 观测到的 ^{76}Br 衰变产生新的和未放入纲图 γ 射线的能量和相对强度

E_γ/keV^c	$I_\gamma(\%)^c$	E_γ/keV^c	$I_\gamma(\%)^c$	E_γ/keV^c	$I_\gamma(\%)^c$						
575.0 ⁿ	1	3.6 [*]	2	1776.3 ^b	5	0.08	3	2984.8 ⁿ	10	0.08	2
599.0 ⁿ	2	0.56	2	1817.2 ^b	2	0.20	2	3356.0 ⁿ	10	0.10	2
604.5 ⁿ	5	0.30	10	1827.9 ⁿ	2	0.15	9	3407.3 ⁿ	11	0.03	1
834.1 ^{nb}	10	0.10	2	1833.7 ⁿ	8	0.26	13	3527.0 ⁿ	10	0.03	
1068.6 ⁿ	6	0.12	4	1981.5 ⁿ	4	0.05	2	3637.0 ⁿ	8	0.10	2
1089.1 ⁿ	1	0.08 [*]	3	2253.3 ⁿ	6	0.08	3	3639.7 ^b	8	0.10	2
1127 ⁿ	1	1.0 [*]	7	2258.6 ⁿ	6	0.08	3	3645.9 ⁿ	10	0.03	1
1152.0 ⁿ	5	0.12	2	2311.7 ⁿ	8	0.14	4	3671.2 ^{nb}	15	0.03	1
1158.2 ⁿ	5	0.20	2	2329.3 ^{nb}	8	0.08	2	3965.0 ⁿ	11	0.03	1
1432.7 ⁿ	4	0.05	2	2411.1 ^{nb}	2	0.08	4	4084.9 ^b	15	0.02	1
1461 ^b	2	0.18	4	2515.1 ⁿ	6	0.007	2	4237 ^b	2	0.007	2
1480.5 ⁿ	6	0.06	3	2545.2 ^b	8	0.008	3	4488 ⁿ	2	0.007	2
1518.6 ⁿ	5	0.12	2	2655.6 ⁿ	4	0.12	4	4534 ^{nb}	3	0.007	2
1595.6 ⁿ	5	0.15	4	2661.2 ⁿ	4	0.10	3	4577 ^{nb}	3	0.007	2
1600.5 ⁿ	2	0.13 [*]	4	2808.2 ^{nb}	9	0.20	3				
1741.4 ⁿ	5	0.16	4	2862.4 ^{nb}	6	0.10	3				

c 所标误差是指最后的那些有效数字. n 本工作观测到的新 γ 射线. b 该 γ 射线未放入纲图. * 该 γ 射线相对强度由符合谱得出.

在测量符合事件时, 用的是第二种方法生产的源. 在实验中, 两台互成 90°的 HPGe 探测器和三参数 γ - γ -t 数据采集系统相连接. 当置门于 ^{60}Co 全能峰时, 符合电路的时间分辨为 20ns. 对于低能跃迁, 它可以更大. 上述二台探测器中, 其中一台是带有 0.5mm 铍吸收层的 115cm³ HPGe 同轴探测器(对于 ^{60}Co 1332.5keV γ 线的半高宽为 1.9keV, 效率为 20%); 另一台是 232cm³ HPGe 同轴探测器(50%, 2.0keV 分辨率). 以逐个事件序列形式共记录了 2.1×10^7 个符合事件. 表 2 列出了被观测到的与新 γ 射线有关的部分符合关系.

3 衰变纲图

图 1 是当前实验结果构建的衰变纲图. 总共被测量到的属于 ^{76}Br 衰变的 γ 跃迁是 142 条, 其中 39 条是首次观测到. 128 条 γ 射线放入由 43 个激发态组成的纲图中, 其中包括 15 条新能级. 这些新的激发态的能量分别是 1791.31, 2812.0, 2817.02, 3220.3, 3269.29, 3312.8, 3527.6, 3637.4, 3915.0, 3965.7, 4205.0, 4411.7, 4453.5, 4489.3 和 4778.5keV. 一些新 γ 射线只能从符合谱中看到. 能

表 2 ^{76}Br 衰变中所观测到的与新 γ 射线有关的部分 γ - γ 符合关系

Gate/keV	Coincident γ -rays/keV
559	358, 400, 438, 457, 473, 490, 505, 511, 563, 575, 599, 605, 657, 665, 680, 695, 727, 731, 790, 804, 834, 868, 882, 886, 901, 943, 981, 1033, 1130, 1213, 1224, 1229, 1342, 1372, 1381, 1429, 1439, 1454, 1471, 1560, 1568, 1596, 1601, 1611, 1769, 1854, 1879, 1944, 1956, 2097, 2111, 2136, 2281, 2391, 2511, 2601, 2793, 2900, 2997, 3412, 3525, 3640
563	511, 559, 665, 695, 727, 772, 868, 882, 1033, 1040, 1069, 1372, 1471, 1769, 1828, 1854, 2482, 2511, 2515, 2808
575	511, 559, 657, 1158, 1216, 1660
599	559, 657, 882, 981, 1454, 1471, 2111
657	438, 473, 511, 559, 571, 575, 599, 680, 695, 731, 790, 804, 834, 1030, 1069, 1127, 1158, 1213, 1315, 1342, 1381, 1439, 1454, 1471, 1560, 1596, 1854, 1944, 2136, 2411
772	358, 457, 511, 559, 605, 1315, 1381, 1471, 1481
1069	511, 559, 657, 1130, 2391
1089	511, 559, 657, 727, 772
1152	511, 559, 657, 1127, 1216, 1601, 2259
1158	511, 559, 575, 657, 1216
1216	473, 511, 571, 575, 680, 695, 731, 901, 1030, 1213, 1342, 1381, 1439, 1454, 1471, 1560, 1854, 1944, 2136
1433	559, 1216
1454	400, 511, 559, 599, 657, 680, 727, 790, 886, 1216
1481	511, 559, 657, 1216
1519	511, 559, 605, 657, 1216, 2097
1560	511, 559, 575, 1216, 1229
1596	657, 1216
1601	511, 559, 657, 1216
1741	511, 559, 1454, 1216, 2111
1834	511, 559, 657, 1216, 1229, 1439, 2097
1956	511, 559, 837, 1089
1982	511, 559
2111	400, 490, 511, 559, 599, 680, 790, 886, 1301, 1741
2259	511, 559
2661	559
3356	559
3646	559

级的能量由 γ 跃迁的能量总和关系而获得. γ 跃迁的多极性由文献[6]给出. 从 γ 射线和内转换电子强度(仅考虑 K 层转换电子)出发^[6], 由 $I_{\gamma+ce}$ 强度平衡计算了激发态能级的 β^+ (EC)分支比. 最后, 基于衰变到 ^{76}Se 基态的 β^+ (EC)分支比(6 ± 1)%^[12] 和 β^+ (EC)衰变的 Q 值(4963 ± 9)keV^[13], 我们利用由 Brookhaven 国家实验室 NNDC(国家核数据中心)提供的分析校验程序 ENSDF 计算了 ^{76}Se 各能级的 $\log ft$ 值、 β^+ 强度和轨道电子俘获分支比. ^{76}Br 的基态自旋、宇称是 1^{-6} . 衰变纲图图 1 的建立是基于在一些选定的 γ 射线上开门所得的符合谱以及以前

的工作. 能量总和关系只是用于少数几种情形下, 把跃迁放入纲图, 而且认为这样的放置是尝试性的, 图中用带虚线的箭头表示. 图 1 中 β^+ (EC) 分支比和 $I_{\gamma+ce}$ 是绝对的.

下面我们将按照大小顺序讨论新的能级. 自旋和宇称的确认根据 β 衰变的选择定则($\log ft$ 值)、所观测到的能态的退激发方式和一些核反应实验结果来确定的.

1791.31keV 能级: 它由符合结果确定. 在单谱中观测到 ^{76}Se 核的能量为 575.0, 1158.2 和 1559.8keV 的新 γ 射线. 在 575, 657, 1158 和

1560keV γ 射线上开门所得的符合关系支持了这个能级的存在(见表 2). $\log ft$ 值表明 β^+ (EC) 衰变到这个能级是允许跃迁或者一级禁戒跃迁. 所以可能的自旋指定是 0—3.

2812.0keV 能级: 这个能级的确定有下述理由. 在 $^{75}\text{Se}(n, \gamma)^{76}\text{Se}$ 和 $^{76}\text{Se}(p, p'\gamma)^{76}\text{Se}$ 核反应中, 已报道有 2812.5keV 能级^[5, 6]. 本实验在单谱中发现在 2253.3keV 处有一新 γ 射线, 根据能量总和关系, 新能级是 2812.0keV. 另一个证据是, 从这个能级退激

的另二条能量为 1480.5 和 1595.6keV 的 γ 射线分别在能量为 559 和 657keV γ 射线开门的符合谱中被观测到. $\log ft$ 值表明, 这个态的可能自旋是 0—3.

2817.02keV 能级: 这个能级的确定是基于与 657.17keV γ 射线相符合的二条能量为 1127 和 1600.5keV 的新 γ 射线以及和 559.00keV γ 射线相符合的能量为 2258.6keV 的新 γ 射线. 另外, 在 $^{75}\text{Se}(n, \gamma)^{76}\text{Se}$, $^{76}\text{Se}(n, n'\gamma)^{76}\text{Se}$, $^{76}\text{Se}(p, p'\gamma)^{76}\text{Se}$ 和 $^{78}\text{Se}(n, \gamma)^{76}\text{Se}$ 反应中也发现了该能级, 它的自旋和宇

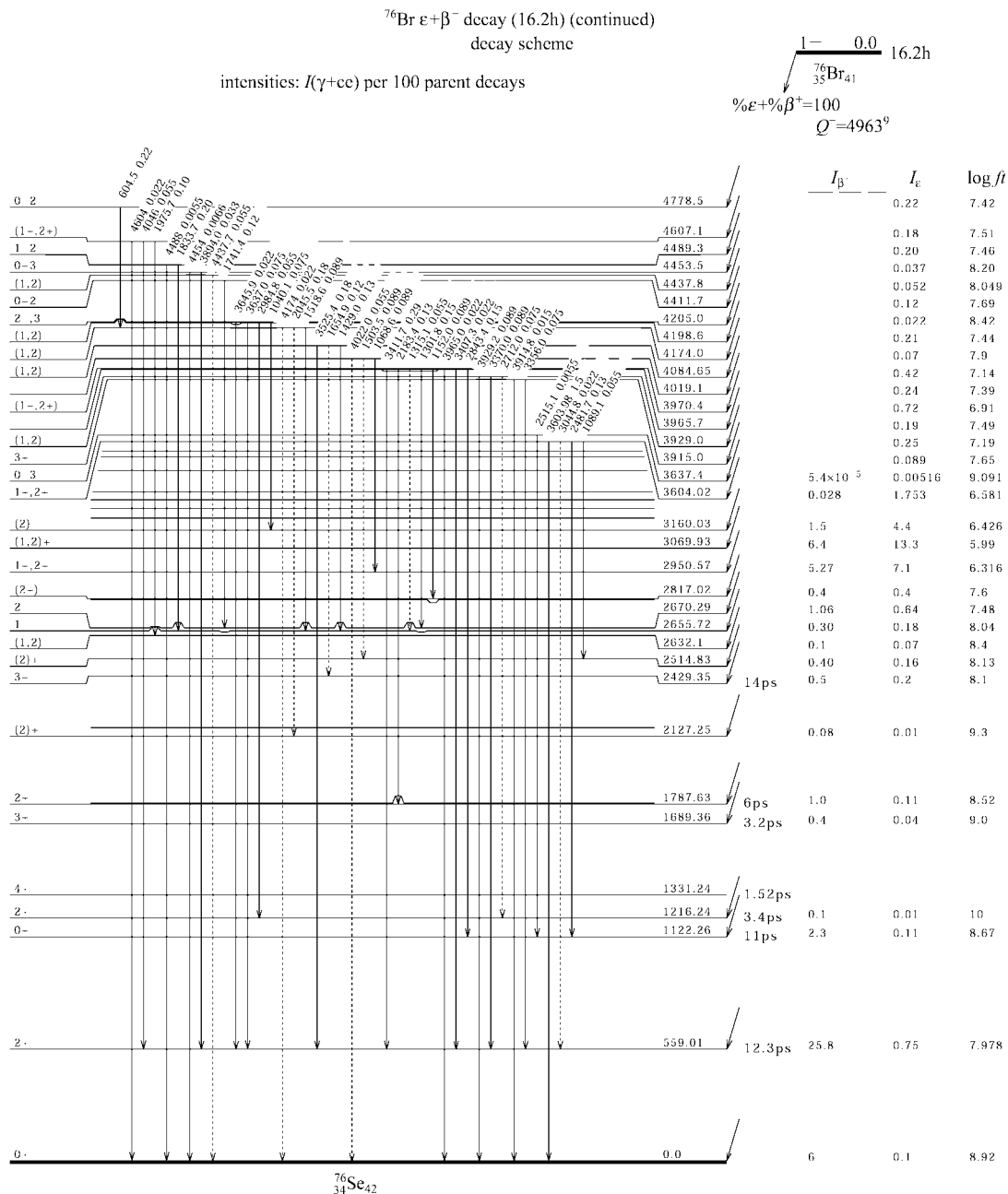


图 1 本工作建议的 ^{76}Br 衰变纲图

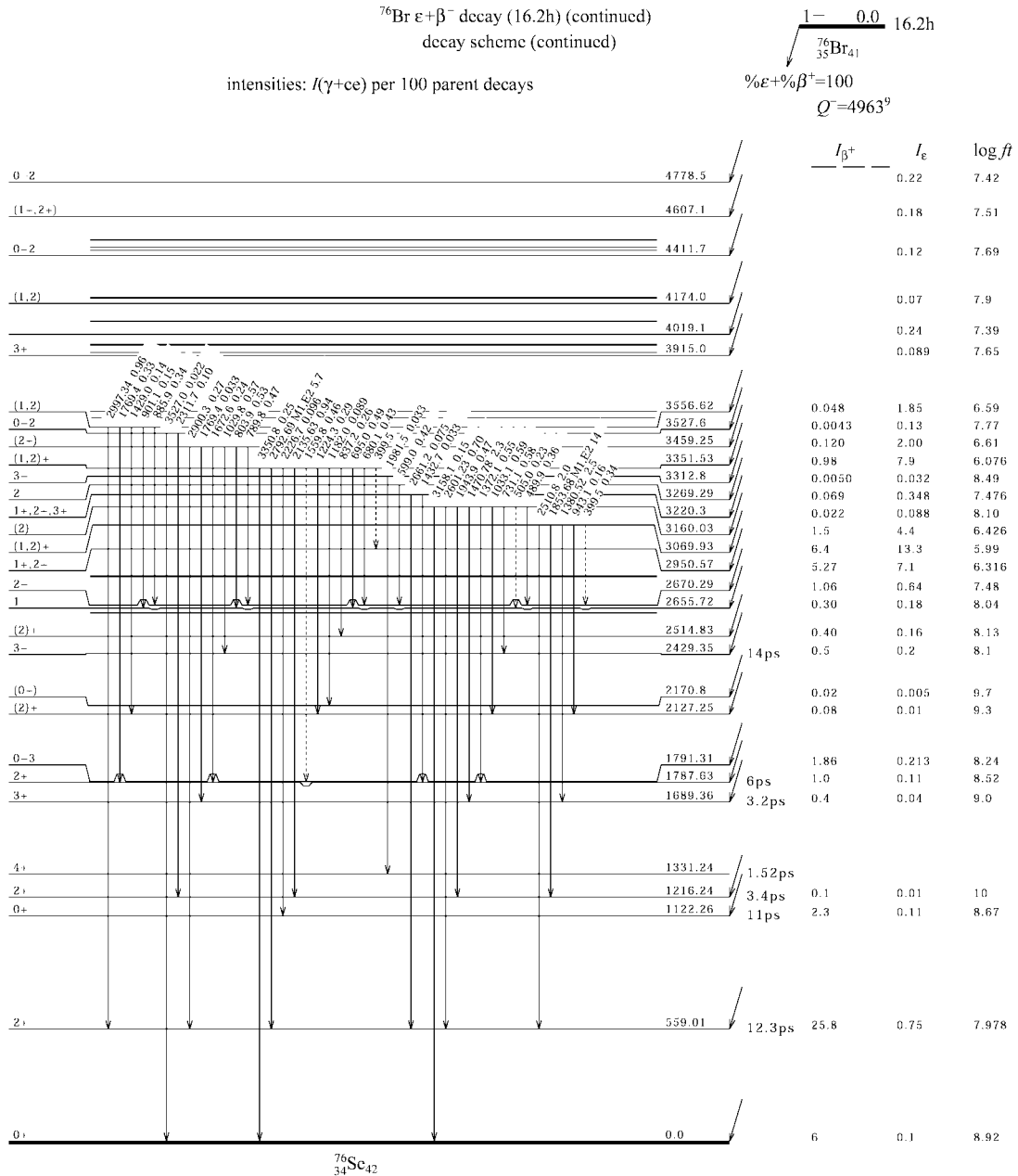


图 1(续 1)

称是 $2^{+ [5, 6]}$. $\log ft$ 值支持了这个结果.

3220.3keV 能级: 这个能级的确认是基于在单谱中观测到 1432.7 和 2661.2keV γ 线及 559.00—2661.2 keV 级联. 在 $^{75}\text{As}(^3\text{He}, d)^{76}\text{Se}$ 和 $^{75}\text{Se}(n, \gamma)^{76}\text{Se}$ 反应中也发现了该能级, 自旋和宇称指定为 1^+ , 2^+ , 或 $3^{+ [5, 6]}$. 这和现在得到的 $\log ft$ 值是相符的.

3269.29keV 能级: 这个能级指定是基于在单谱中发现 599.0keV γ 射线并分别和 559.00, 657.17, 1453.9 和 2111.7keV γ 射线相符合. 这些结果支持

该能级的存在. $\log ft$ 值限制自旋为 0—2. 在 $^{75}\text{As}(^3\text{He}, d)^{76}\text{Se}$, $^{75}\text{Se}(n, \gamma)^{76}\text{Se}$ 和 $^{76}\text{Se}(p, p')^{76}\text{Se}$ 反应中也发现了该能级, 并指出该能级的自旋及宇称是 2^- , 3^- , 或 $4^{- [5, 6]}$. 所以, 这个态的自旋和宇称指定是 2^- .

3312.8keV 能级: 这个能级(其自旋宇称为 3^- , 4^- 或 5^-)已有报道^[6]. 由于这个理由, 3312.7keV 能级被置于衰变纲图中. $\log ft$ 值限制该能态的自旋为 0—3, 而从此能级退激的 1981.5 keV 新 γ 射线跃迁

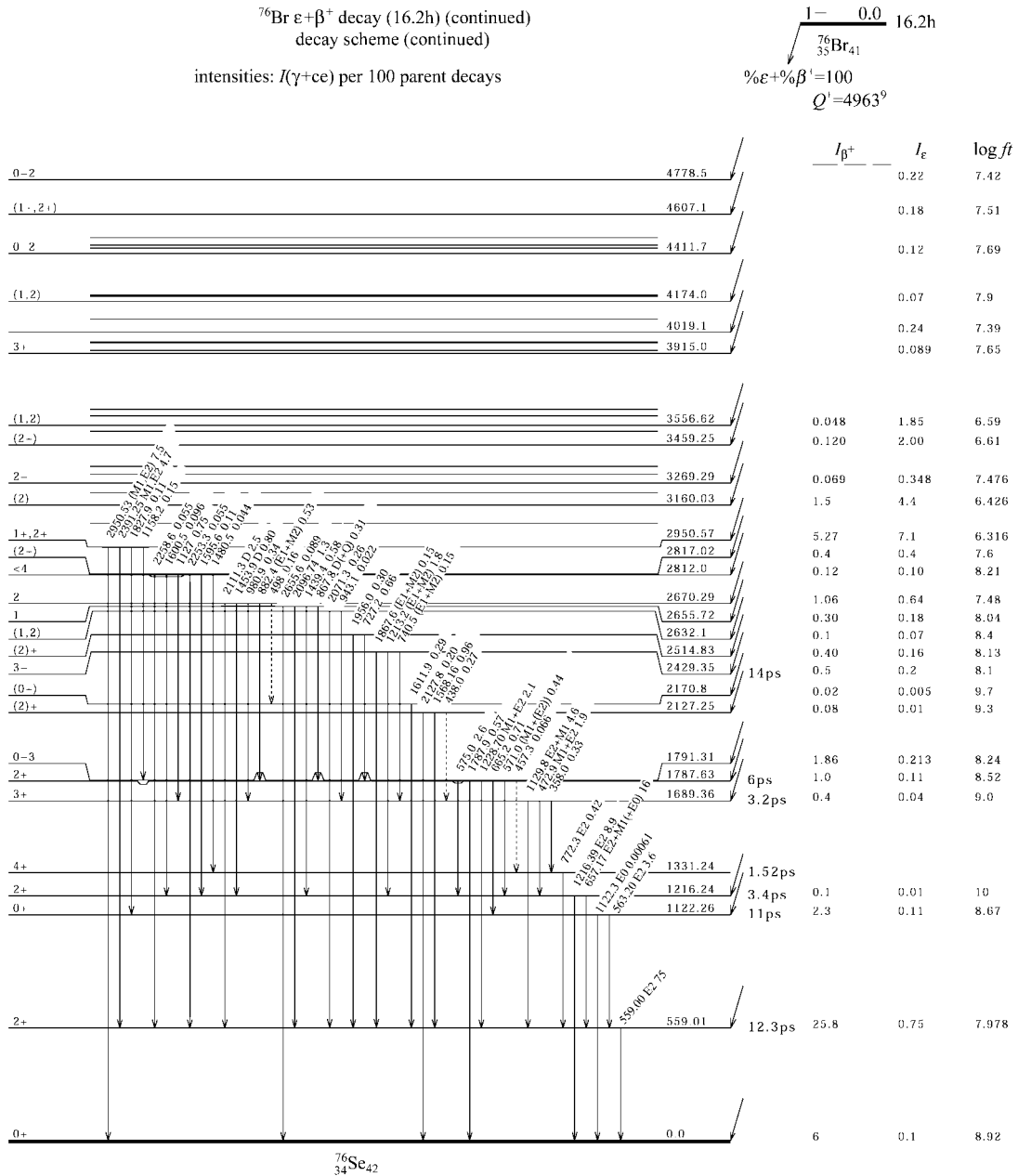


图 1(续 2)

至 4⁺ 能级排除了自旋为 0 和 1 的可能性. 这样, 可能的自旋宇称指定是 3⁻.

3527. 6keV 能级: 这个能级的确定基于 3527.0keV 基态跃迁及 2311.7 和 1216.24 keV 两 γ 跃迁的能量总和. $\log ft$ 值指定该能态的自旋是 0—2.

3637. 4keV 能级: 这个能级的提出是基于 2515.1 和 563.20keV γ 射线之间的符合. 但并没有像其他能级那样有别的证据, 如从这条能级退激的其他 γ 射线. 由这个态的 β⁺ (EC) 跃迁 $\log ft$ 值表明

自旋是 0—3.

3915.0keV 能级: 在 ⁷⁵Se (n, γ) ⁷⁶Se 和 ⁷⁶Se (p, p'γ) ⁷⁶Se 反应中发现了它, 并给出这个能级的自旋宇称为 3⁺, 4⁺, 或 5⁺[6]. 在现今的工作中, 这个能级被建议是基于 3356.0—559keV 级联. $\log ft$ 值限制自旋为 0—3 且宇称为正. 所以, 本工作指定为 3⁺.

3965.7keV 能级: 能量为 3965keV 左右的能级在非弹性散射实验中已报道, 而二条 2843.4 和 3965.0 keV 的 γ 射线并未放入能级图中[6]. 现今的实验发

现 3407.3—559.00keV 级联. 按上述理由, 这个能级被确定下来. $\log ft$ 值意味着 β^+ (EC) 衰变至该能级是容许或一级禁戒跃迁, 即自旋为 2 是合理的^[6].

4205.0keV 能级: 在 ⁷⁵Se(n, γ)⁷⁶Se 和 ⁷⁶Se(p, p' γ)⁷⁶Se 反应中发现了该能级, 自旋和宇称指定是 $2^-, 3^-,$ 或 4^- ^[6]. 本工作发现了和 559.00keV γ 射线相符合的新 3645.9keV γ 射线. 所以, 4205.0 keV 能级被放入能级图中. $\log ft$ 值限制自旋 0—3. 因此 $2^-, 3^-$ 是可能的指定.

4411.7keV 能级: 这个能级的存在是简单地基于 1740.75keV 和 2111keV γ 射线的符合. $\log ft$ 值为 7.69, 表明 β^+ (EC) 衰变至该能级是容许或者一级禁戒跃迁. 所以, 可能的自旋是 0—2.

4453.5keV 能级: 在以前的工作中, 没有把 3892(2)和 4455(3)keV γ 射线放入能级图中^[6]. 在现在的工作中, 能量为 3894.0 和 4454keV 的二条新 γ 射线基于它们的半衰期而被认定为是 ⁷⁶Br 衰变. 这样, 这个能级被试验性的确定下来. $\log ft$ 值限制自旋为 0—3.

4489.3keV 能级: 建议这个能级是基于在 1833.7 和 4488 keV 处新 γ 射线的出现及 1834—2096.7keV 级联. 另一方面, 在 ⁷⁵Se(n, γ)⁷⁶Se 实验中观测到了 4488.9(4)keV 能级, 定出自旋的范围是 1—4^[6]. β^+ (EC) 衰变至该能级的 $\log ft$ 值为 7.46, 表明为容许或者一级禁戒跃迁. 这排除了自旋是 3, 4 的可能.

4778.5keV 能级: 确定这个能级的理由是在以 559.00, 772.3 和 1518.6keV γ 射线分别开门的符合谱中存在着新的能量为 604.5 keV 的 γ 射线. $\log ft$ 值限制自旋为 0—2.

另外, 由于没有发现任何与 4215.6keV 能级相关的 γ 射线^[5, 6], 故取消了这条能级; 通过符合事件的分析, 发现 1769.4keV γ 跃迁的新位置是在 3556.62keV 和 1787.63keV 能级之间.

4 在投影壳模型框架下的计算

用下列 4 点公式计算能隙参数 Δ_p 和 Δ_n ^[14]:

$$\Delta_p = \frac{1}{4} \{ B(N, Z-2) - 3B(N, Z-1) + 3B(N, Z) - B(N, Z+1) \}, \quad (1)$$

$$\Delta_n = \frac{1}{4} \{ B(N-2, Z) - 3B(N-1, Z) + 3B(N, Z) - B(N+1, Z) \}, \quad (2)$$

核的总结合能 B 取自文献[15], 并且如果有实验值的话尽量采用实验值. 计算结果为 $\Delta_p = 1.71\text{MeV}$ 和 $\Delta_n = 1.7125\text{MeV}$. 在 Nilsson 势中出现的自旋-轨道力参数 κ 和 μ 自取 Zhang 等人的工作^[16], 它是在 Bengtsson 和 Ragnarsson 所提参数基础上的一个改版^[17]. 最近, 在质子数和中子数为 28—40 的丰质子区, Sun 等人基于新的实验数据提出一组新的 Nilsson 参数^[18]. 考虑到现今研究的核其中子数是 42, 我们认为这组新的参数不一定很适合于 ⁷⁶Se 核, 尽管 Zhang 等所建议的参数是从 $A \approx 120—140$ 区域推断出来的^[16]. 在 Subber 等人的工作中^[19], 用动力学形变模型 (DDM) 计算了基态和第一激发态的形变值, 它既符合于来自 p, p' 实验的实验值^[20], 又和从电磁跃迁几率推出值相一致^[21]. 因此, 在下面的计算中, 我们将在形变 $\epsilon_2 = 0.30$ 处建立壳模型基. 此后, 真空态 $|0(\epsilon_2 = 0.30)\rangle$ 写为 $|0\rangle$. 十六极形变参数 $\epsilon_4 = 0.053$ 取自 Möller 等人的文献[15]. 在计算中, 组态空间由取 $N = 4(N = 4)$ 主壳中接近费米面的中子(质子)准粒子态并由它们形成多准粒子态架构. ⁷⁶Se 正宇称晕态的实验观测值和投影壳模型 (PSM) 预言的比较如图 2 所示. 实验能级取自 Wells 等人的 ⁷⁶Se 核在束研究的结果^[22], 可以发现, 对 2^+ 能级的数据还可以粗略地加以描述. 但对 $I \geq 4$ 的能级就和实验结果不同, 即 PSM 对 4^+ 以上能级符合得并不好. 很明显理论计算值偏高. 在这里, 我们要强调的是所有的这些态都是经过一次性的对角

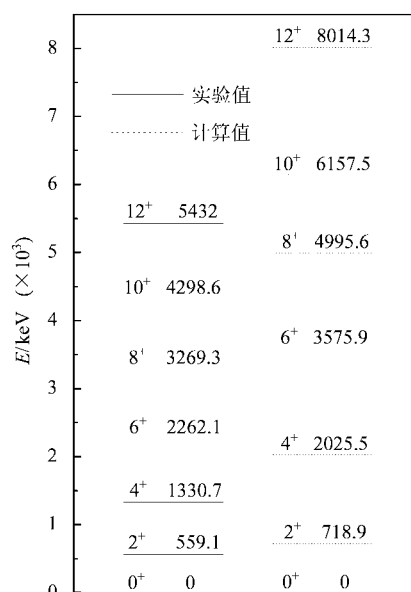


图2 实验所得⁷⁶Se正宇称晕带与投影壳模型(PSM)计算结果的比较

化而获得,而没有对个别态进行任何的调整.

应当指出 PSM 对具有转动行为的形变系统是一个有效的壳模型,当进入过渡区,它变得越来越失去它的效力,并最终对球形核失效. 而且,它不能有效地描述 β 和 γ 振动. 虽然这样的集体模式原则上可采用大量的准粒子组态混杂得到,实际上它类似于传统壳模型中碰到的维数问题. 这些缺点主要归咎于用了简单的 BCS 真空,该真空只包含了基态转动带的性质,而并没有包含集体振动^[23].

5 结束语

利用 γ 单谱和 γ - γ - t 符合测量研究了 ^{76}Br 衰变,确认属于 ^{76}Br 衰变的 γ 跃迁从 103 条^[9]增加到 142 条,在纲图上增加了 15 条新能级. 得到了新的跃迁分支比、 $\log ft$ 值和自旋-宇称指定. 此外,在投影壳模型框架下讨论了 ^{76}Se 的受激正宇称晕态的结构,还讨论了该模型的有效性.

参考文献 (References)

- 1 Lecomte R, Paradis P, Barrette J et al. Nucl. Phys., 1977, **A284**:123
- 2 Allan Bromley D. Treatise on Heavy-Ion Physics. Vol. 8. New York, London: Plenum Press, 1989
- 3 Hamilton J H et al. Phys. Rev. Lett., 1974, **32**:239
- 4 Hamilton J H et al. Phys. Rev. Lett., 1976, **36**:340
- 5 Singh B, Viggars D A. Nucl. Data Sheets, 1984, **42**:233
- 6 Singh B. Nucl. Data Sheets, 1995, **74**:63
- 7 Ladenbauer-Bellis I M et al. Can. J. Phys., 1971, **49**:54
- 8 Vylou Ts, Dzhelepov B S, Dmitriev A G et al. Proc. 25th Ann. Conf. Nucl. Spectrosc. Struct. At. Nuclei. Leningrad:1975. 66
- 9 Nagahara T et al. J. Phys. Soc. Jap., 1974, **37**:1
- 10 Dzhelepov B S et al. Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz. 1969, **33**:14; Bull. Acad. Sci. USSR, Phys. Ser. 1970, **33**:14
- 11 LI Yan et al. Nuclear Science and Techniques, 1998, **9**:199
- 12 Dzhelepov B S, Dmitriev A G, Zhukovskii N N. Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz. 1971, **35**:2249; Bull. Acad. Sci. USSR, Phys. Ser. 1972, **35**:2043
- 13 Audi G, Wapstra A H. Nucl. Phys., 1993, **A565**:1
- 14 Aage Bohr, Ben R. Mottelson. Nuclear Structure. New York, Amsterdam: Benjamin, 1969. 169
- 15 Möller P et al. Atom. Data and Nucl. Data Tables, 1995, **59**:185
- 16 ZHANG Jing-Ye et al. Phys. Rev., 1989, **C39**:714
- 17 Bengtsson T, Ragnarsson I. Nucl. Phys., 1985, **A436**:14
- 18 SUN Yang et al. Phys. Rev., 2000, **C62**:021601
- 19 Subber A R H et al. J. Phys., 1987, **G13**:807
- 20 Matoba M, Hyakutake M, Koori N et al. Nucl. Phys., 1979, **A325**:389
- 21 Matoba M. Phys. Lett., 1979, **B88**:249
- 22 Wells J C Jr et al. Phys. Rev., 1980, **C22**:1126
- 23 SUN Yang, WU Cheng-Li. Phys. Rev., 2003, **C68**:024315

New Low-Spin Levels in ^{76}Se and Discussion of Its Yrast Band Structure *

SHEN Shui-Fa^{1,2;1)} LI Yan¹ GU Jia-Hui¹

1(Shanghai Institute of Applied Physics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

2(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract The decay of bromine-76 was studied using Compton-suppressed spectrometer and High-purity Ge detectors in singles and coincidence mode, respectively. Bromine-76 was produced via two reactions, i. e., $^{75}\text{As}(\alpha, 3n)^{76}\text{Br}$ and $^{76}\text{Se}(p, n)^{76}\text{Br}$. The results of these experiments verified the previously reported levels and gammas of ^{76}Se . In addition to the previously described transitions and levels, 39 new γ -rays and 15 new energy levels were found for the first time. Spins and parities for new levels are proposed based on the calculated $\log ft$ values, de-excitation modes of the observed states, and some nuclear reaction experiment results. A new decay scheme of ^{76}Br is proposed in the present work. Combining with the high-spin states observed by the in-beam γ -ray spectroscopy of a previous decay work, the positive-parity yrast states were compared with the results from calculations in the framework of the projected shell model.

Key words decay, coincidence, projected shell model, positive-parity yrast state

Received 18 May 2004

* Supported by the Major State Basic Research Development Program (TG2000077404) and NSFC (10405031, 10475026)

1) E-mail: ssh@sinr.ac.cn