

文章编号: 1007-4627(2005)01-0036-04

新同位素 $^{265}\text{Bh}(Z=107)$ 的合成证据*

甘再国, 郭俊盛, 吴晓蕾, 范红梅, 秦 芝, 雷祥国, 董成富, 徐华根, 陈若富,
张福明, 郭 斌, 刘洪业, 王华磊, 谢成营, 冯兆庆, 郑 勇,
宋立涛, 骆 鹏, 徐珊珊, 周小红, 靳根明
(中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000)

任中洲

(南京大学物理系, 江苏 南京 210008)

摘 要: 利用兰州重离子加速器提供的 ^{26}Mg 离子束轰击 ^{243}Am 靶, 产生了新同位素 ^{265}Bh . 实验中用氦喷技术对产物进行传输, 并用一套具有数对探测器组的转轮收集探测系统对产物进行收集和测量. 通过观测 ^{265}Bh 与它的衰变子核 ^{261}Db 及 ^{257}Lr 之间的 α 衰变的关联, 实现了对新核素的鉴别. 实验测得 ^{265}Bh 的 α 衰变能量为 $(9.24 \pm 0.05) \text{ MeV}$, 半衰期为 $0.94^{+0.70}_{-0.31} \text{ s}$.

关键词: 新核素; α - α 关联; 母子核模式; 衰变特性

中图分类号: O571.6 **文献标识码:** A

1 引言

1981 年, 107 号元素的第一个同位素 ^{262}Bh 首次被 Münzenberg 等^[1] 观测到, 在此后直到现在的 20 多年的时间里又观测到 107 号元素的 5 个同位素. 1989 年 Münzenberg 等^[2] 确定了 ^{261}Bh 的衰变性质, 1995 年 Hofmann 等^[3] 从合成 $^{272}111$ 的衰变中观测到 ^{264}Bh , 2000 年 Wilk 等^[4] 合成了 $^{266,267}\text{Bh}$, 2004 年 Oganessian 等^[5] 在合成重元素 115 号元素衰变中观测到 ^{272}Bh . 尽管如此, 处于这些核素之间的 ^{265}Bh 仍未被合成和研究. 为了进一步研究该元素衰变性质的系统性变化, 对 ^{265}Bh 等同位素进行合成和研究是有必要的.

本工作的目的是利用中科院近代物理研究所的实验条件尝试合成和研究新同位素 ^{265}Bh . 根据理论预言, ^{265}Bh 以 α 衰变占优势, 且其半衰期在 1—15 s 的范围. 另外, ^{265}Bh 的 α 衰变子核 ^{261}Db 及孙子核 ^{247}Lr 的半衰期、 α 衰变能量及分支比皆为已知, 这些数据对利用关联衰变来鉴别 ^{265}Bh 提供了便利的条件.

2 实验装置

实验装置如 1 所示. 该装置主要包括靶室、供气系统和收集测量系统等几部分, 其中靶室及供气系统与文献[6]中的装置相似, 收集和测量部分与德国 GSI 实验室的 ROMA 系统^[7] 及美国 LBL 实验

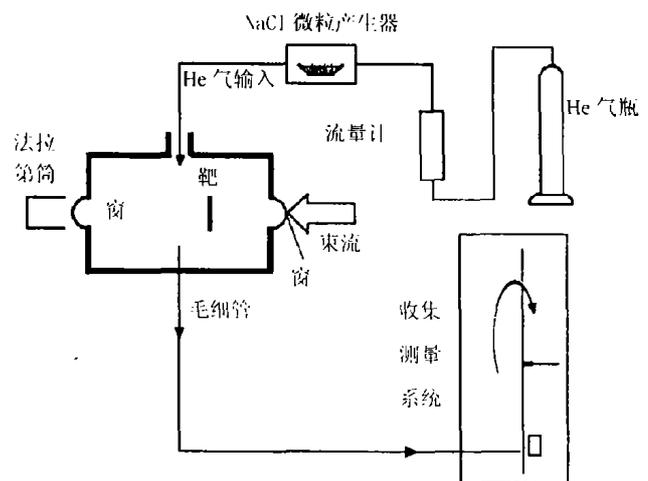


图 1 实验装置示意图

收稿日期: 2004 - 06 - 10

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10275082, 10105010, 10125521, 10235020, 10221003); 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000077400); 中国科学院百人计划资助项目; 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KJ CXZ-SW-No4); 国家科技部重大前期研究专项基金资助项目(2001CCGO1200)

作者简介: 甘再国(1967—), 男(汉族), 重庆市酉阳县人, 研究员, 从事核物理实验研究; E-mail: zggan@impcas.ac.cn

室的 MG 系统^[8]相似. 该收集系统中收集轮直径为 50 cm, 沿其外沿开有大小间隔的两类孔, 大孔的直径与探测器的尺寸接近, 在小孔上安装了收集膜, 用来收集实验中的反应产物.

在探测系统中装有几个探测器组, 所用的探测器都是同一种类型的硅探测器. 每组探测器包括两个探测器, 分别安装在收集盘的两边, 实验中这些探测器用于对样品的衰变进行测量. 同时, 安装在收集盘上方的探测器还用来收集反冲的子核, 而下方的探测器用来给出改变系统工作模式的信号.

该实验装置能够通过母核模式和子核模式对反应产物及其衰变子核的衰变分别进行测量, 其工作原理可参考文献^[9]. 收集膜收集样品后, 随步进电机带动的收集盘一起转动到探测器组的面前, 进入母核工作模式, 由探测器测量收集样品的 α 衰变. 当产物的 α 粒子向下发射时, 下面的探测器就能测量到产物的 α 衰变, 同时由于产物 α 衰变后的剩余核会向上反冲, 此时上面的探测器就可能会在其表面收集到该次衰变的反冲体(子核). 在该工作模式下, 探测器组既能测量到母核的 α 衰变, 同时又能够收集到衰变的子核. 如果到该次测量结束时, 下方的探测器没有测量到所期望的能量信号, 步进电机就将该样品送到下一组探测器的前面, 而同时一个新的收集样品又被传输到该探测器组的前面进行测量.

在母核模式时, 当安装在收集膜下面的探测器测量到位于希望的 α 衰变能量范围的 α 粒子时, 系统立即给出一个改变工作模式的信号, 进入子核工作模式. 步进电机带动收集轮转动, 使得转轮上的大孔面对探测器组, 这样每对探测器组的两个探测器之间没有收集的样品, 这时探测器组只能够测量到收集在其表面的子核的衰变 α 粒子, 从而实现了母子核衰变的分别测量. 该模式的测量时间由子核的半衰期决定, 到该次测量结束, 工作模式将改为母核模式分析下一个收集样品.

3 实验及结果讨论

本实验所用反应为 $^{243}\text{Am}(^{26}\text{Mg}, 4n)^{265}\text{Bh}$. HIRFL 引出的 168 MeV 的 ^{26}Mg 束流通过 2.1 mg/cm² 的 Havar 入射窗进入靶室, 然后穿过氦气及 3.0 mg/cm² 的 Be 靶衬, 最后轰击到 1.27 mg/cm² 的氧化镧靶上. 反应产物从靶中反冲出来, 并在热化室

中被 1.0 atm 的氦气热化, 然后随氦气流经由一根内径为 1.4 mm、长 1.2 m 的毛细管进入收集测量系统, 进行分析和测量. 在该过程中氦喷嘴毛细管传输系统的传输时间约为 0.2 s, 传输效率为(70±10)%. 实验中以逐个事件的方式对观测到的反应产物的 α 衰变事件进行了记录, 同时记录测量到该衰变的探测器编号及衰变的时间. 在束流强度约 1.0 μA 的条件下, 实验总共进行了约 250 h.

在实验数据的离线分析中, 对可能的 Bh 事件 $[8.8 < E_{\alpha}(\text{MeV}) < 9.6]$ 和可能的子核事件 $[8.6 < E_{\alpha}(\text{MeV}) < 9.1]$ 之间的 α - α 关联进行了搜索和挑选. 表 1 给出了每一个关联链的母核和子核的 α 能量和测量到该衰变的时间间隔. 在该次实验中共观测到 8 个 ^{265}Bh 的 α 衰变关联事件, 其中 6 个事件是 ^{265}Bh 与其子核 ^{261}Db 间的 α 衰变关联, 另外两个事件是 ^{265}Bh 与其子核 ^{261}Db 及其孙子核 ^{257}Lr 间的三 α 关联事件. 采用 Maximum likelihood 方法^[8]对观测到的母核和子核事件的时间进行处理, 得到了它们的半衰期. 与 8 个母核关联的子核的半衰期是 $1.7^{+0.79}_{-0.49}$ s, 它的平均 α 能量为 (8.93 ± 0.04) MeV, 该子核的特性显然与已知的 ^{261}Db 核一致^[10], 由此可以指定其母核为 ^{265}Bh . 用相同方法得到了 ^{265}Bh 的半衰期为 $0.94^{+0.70}_{-0.31}$ s, 它的平均能量为 (9.24 ± 0.05) MeV; 由于三关联事件太少, 因此没有对其半衰期进行分析, 但其 α 衰变能量与 ^{257}Lr 相符. 图 2 给出了实验中观测到的 ^{265}Bh 部分衰变链, 其中

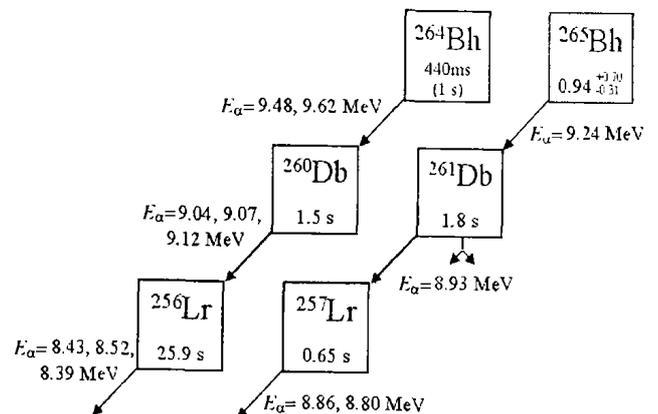


图 2 实验中观测到的 ^{265}Bh 的部分衰变链

^{265}Bh 是在该此实验中首次被观测到. 此外, 在表 1 中也列出了本实验中同时观测到的 4 个已知的 5n 蒸发反应的产物 ^{264}Bh 的关联事件. 用同样方法进行处理, 得到 ^{264}Bh 的半衰期为 $1.17^{+0.88}_{-0.44}$ s, α 能量

为 (9.49 ± 0.04) MeV, 以及 ^{260}Db 的半衰期为 $0.89^{+0.79}_{-0.35}$ s、 α 能量为 (9.04 ± 0.06) MeV, 都与文献[10]值一致, 其中 ^{264}Bh 的 $1.17^{+0.88}_{-0.44}$ s 与 Hof-

mann 等^[11] 的最新结果符合较好. 同样图 2 也表示出了实验中观测到的 ^{264}Bh 的衰变链.

表 1 实验中观测到的与 ^{265}Bh 和 ^{264}Bh 关联的事件

Parent	E_{α_1}/keV	t_1/ms	Isotope	E_{α_2}/keV	t_2/ms	Isotope	E_{α_3}/keV	t_1/ms
^{265}Bh	9 268	1 736	^{261}Db	9 006	4 860			
^{265}Bh	9 300	1 015	^{261}Db	8 924	244	^{257}Lr	8 905	4 639
^{265}Bh	9 219	574	^{261}Db	8 921	1 898	^{257}Lr	8 887	1 405
^{265}Bh	9 274	193	^{261}Db	8 918	5 834			
^{265}Bh	9 222	1 140	^{261}Db	8 942	436			
^{265}Bh	9 179	1 933	^{261}Db	8 902	1 523			
^{265}Bh	9 245	2 547	^{261}Db	8 869	1 608			
^{265}Bh	9 199	1 334	^{261}Db	8 927	3 480			
^{264}Bh	9 440	555	^{260}Db	8 988	2 686			
^{264}Bh	9 501	2 770	^{260}Db	9 085	1 378			
^{264}Bh	9 524	1 203	^{260}Db	9 003	259			
^{264}Bh	9 481	2 321	^{260}Db	9 098	975			

理论预言 ^{265}Bh 的半衰期为 1—15 s, α 衰变能量在 9.15—9.8 MeV 之间^[12,13], 由测量得到的 α 能量导出 ^{265}Bh 的 Q_{α} 值为 9.38 MeV, 它与理论的预言值是相符的, 特别是与 Ren^[14] 的计算值符合较好. 同时期半衰期也在理论预言值的附近.

致谢 感谢兰州重离子加速器的工作人员给实验提供了 ^{26}Mg 束流, 感谢张焕乔院士、沈文庆院士等对本工作的关注和有益的建议及讨论, 同时对 Gregorich 无私地提供 Maximum likelihood 修改版的程序也表示感谢.

参 考 文 献:

[1] Münzenberg G, Hofmann S, Heßberger F P, *et al.* Z Phys, 1981, **A300**: 107.
 [2] Munzenberg G, Armbruster P, Hofmann S, *et al.* Z Phys, 1989, **A333**: 163.
 [3] Hofmann S, Ninov V, Hessberger F P, *et al.* Z Phys, 1995, **A350**: 281.
 [4] Wilk P A, Gregorich K E, Tüler A, *et al.* Phys Rev Lett, 2000, **85**: 2 697.
 [5] Oganessian Yu Ts, Utyonkov V K, Lobanov Yu V, *et al.* Phys Rev, 2004, **C69**: 021601.
 [6] 甘再国, 郭俊盛, 秦 芝. 核技术, 2002, **25**(3): 198.
 [7] Sümmerer K, Brügger M, Brütchle W, *et al.* GSI Annual Report, 1983, 1984—1, 246.
 [8] Gregorich K E. Nucl Instr and Meth in Phys Res, 1991, **A302**: 135.
 [9] 甘再国, 郭俊盛, 秦 芝等. 原子核物理评论, 2003, **20**(2): 99.
 [10] Firestone R B, Shirley V S, Baglin C M, *et al.* Table of Isotopes, Eeighth Edition. New York: LBL, 1996.
 [11] Hoffmann S, Heßberger F P, Ackermann D A, *et al.* Eur Phys J, 2002, **A14**: 147.
 [12] Wapstra A H, Audi G. Nucl Phys, 1985, **A432**: 55.
 [13] Möller P, Nix J R, Kratz K L. Atom Data Nucl Data Tables, 1995, **66**: 315.
 [14] Ren Zhong zhou, Chen Dinghan, Tai Fei, *et al.* Phys Rev, 2003, **C67**: 064302.

(下转第 75 页)

参 考 文 献:

- [1] 庞巨丰等. 原子核物理评论, 2005, 22(6): 67. [3] 庞巨丰等. 测井技术, 1996, 20(6): 397.
 [2] 庞巨丰等. 测井技术, 1993, 17(5): 349.

A New Analyzing Theory and Method of C/O Spectrometry Logging*

PANG Ju-feng

(Xi'an Shiyou University, Xi'an, 710065, China)

Abstract: A new analyzing theory and method of C/O spectrometry logging is reported. Fast neutron enelastic scattering γ -ray spectra (256 channels) were acquired in borehole by NaI(Tl) detector. The enelastic scattering γ -ray from major elements C, O, Si, Ca, Fe, etc. have the fractions of mixed enelastic spectrum in formation respectively. Because F factor is the same for identical formation, then the ratio of yield of C to O, the ratio of weight percent of C to O, and the ratio of atoms C to O could be found, and the corresponding ratio of Ca to Si was found.

Key words: carbon/oxygen log; enelastic γ -ray spectra; new analyzing theory; new analyzing method

(上接第 38 页)

Evidence for Isotope $^{265}\text{Bh}(Z=107)^{**}$

GAN Zai-guo, GUO Jun-sheng, WU Xiao-lei, FAN Hong-mei, QIN Zhi, LEI Xiang-guo, DONG Cheng-fu, XU Hua-geng, CHEN Ruo-fu, ZHANG Fu-ming, GUO Bin, LIU Hong-ye, WANG Hua-lei, XIE Cheng-ying, FENG Zhao-qing, ZHEN Yong, SONG Li-tao, LUO Peng, XU Hu-shan, ZHUO Xiao-hong, JIN Gen-min
 (Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

REN Zhong-zhou

(Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210008, China)

Abstract: New isotope $^{265}\text{Bh}(Z=107)$ was produced in bombardment of an ^{243}Am target with 135 MeV ^{26}Mg ions at HIRFL. Identification was made by observation of correlated α -particle decays between the new isotope ^{265}Bh and its ^{261}Db and ^{257}Lr daughters with four pairs of detectors. The experimental results show that the half-life of ^{265}Bh is $0.94^{+0.70}_{-0.31}$ s and its α energy is (9.24 ± 0.05) MeV.

Key words: new isotope; α - α correlation; parent-daughter mode; decay property

* Foundation item: China National Petroleum Corporation Directive Item (9612103)

** Foundation item: National Natural Science Foundation of China(10275082, 10105010, 10125521, 10235020, 10221003); Major State Basic Research Development Program (G2000077400); One Hundred Person Project of Chinese Academy of Sciences; Knowledge Inovation Project of Chinese Academy of Sciences (KJ CXZ-SW-No4); National Key Program for Basic Research of the Ministry of Science and Technology(2001CCG01200)