

$^{265}\text{Bh}(Z=107)$ 同位素的首次观测*

甘再国¹⁾ 范红梅 秦芝 吴晓蕾 郭俊盛 雷相国 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 兰州 730000)

任中洲

(南京大学物理系 南京 210008)

摘要 在兰州的重离子加速器上用 ^{26}Mg 离子束轰击 ^{243}Am 靶, 产生了新同位素 ^{265}Bh . 通过观测新同位素 ^{265}Bh 和它的已知子核 ^{261}Db 和 ^{257}Lr 之间的 α 衰变的关联, 实现了对新核素的鉴别. 实验中使用了一套新建立的具有数个探测器对的转轮收集探测系统. 将该系统用于特殊的母-子核搜索模式, 从而大大减少了本底. 共测得了 8 个 ^{265}Bh 的 α 衰变关联事件; 同时 4 个已知核 ^{264}Bh 的衰变关联事件也被鉴别出来. 实验测得 ^{265}Bh 的 α 衰变能量为 $(9.24 \pm 0.05)\text{MeV}$, 半衰期为 $0.94_{-0.31}^{+0.70}\text{s}$.

关键词 新核素 α - α 关联 母子核模式 衰变特性

自 1981 年 Münzenberg 等人首次合成 107 号元素的第 1 个同位素 ^{262}Bh ^[1] 之后, 近期 Wilk 等人又合成了该元素的丰中子同位素 ^{266}Bh 和 ^{267}Bh ^[2]. 加之更重元素的衰变中观测到的 ^{264}Bh , ^{272}Bh , 该元素的 6 个同位素即 ^{261}Bh , ^{262}Bh , ^{264}Bh , ^{266}Bh , ^{267}Bh 和 ^{272}Bh 的衰变特性都已已知, 尽管如此, ^{265}Bh 等的衰变性质仍然是空白. 为了进一步了解该元素衰变性质的系统性变化, 有必要对 ^{265}Bh 等同位素进行合成和研究.

理论预言 ^{265}Bh 应是 α 衰变占优势, 其半衰期估计在 1—15s 的范围, α 衰变能量在 9.15—9.8MeV 之间^[3,4]; 另外, ^{265}Bh 的 α 衰变子核 ^{261}Db 及孙子核 ^{247}Lr 的衰变特性皆为已知, 这些数据对 ^{265}Bh 的鉴别提供了便利的条件. 本工作的目的是尝试通过 $^{243}\text{Am} (^{26}\text{Mg}, 4n)$ 反应合成并鉴别新同位素 ^{265}Bh . 理论计算表明该反应的最大产生截面为 80—120pb, 相应的入射能为 135MeV. 利用兰州重离子加速器引出的 168MeV 的束流通过 $2.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 的 Havar 入射窗、 $0.35\text{mg}/\text{cm}^2$ 的氦气和 $3.0\text{mg}/\text{cm}^2$ 的 Be 靶衬, 轰击到

$1.27\text{mg}/\text{cm}^2$ 的氧化镧靶, 其能量约为 135MeV, 束流强度约 1.0—1.2 μA . 实验共进行了约 250h.

由靶子反冲出来的反应产物在靶室中被 1.0atm 的氦气热化后, 随氦气经由一个长 1.2m, 内径为 1.4mm 的毛细管进入收集测量系统. 该系统是由一个转动轮和数对 PIPS 探测器组成, 其结构和工作原理同德国 GSI 的 ROMA 系统^[5] 及美国 LBL 实验室的 MG 系统^[6] 相似. 转轮的边沿开了 60 个圆孔, 每隔一个圆孔覆盖着一层极薄的有机膜, 用于收集反应产物及 NaCl 载体. He-jet 毛细管系统的传输时间约为 0.2s, 传输效率为 $(70 \pm 10)\%$.

在本实验中, 采用了一种特殊的母-子核步进模式来测量产物的 α - α 关联, 其工作原理详见参考文献[7].

实验中以逐个事件的方式记录了 $^{243}\text{Am} (^{26}\text{Mg}, xn)$ 反应产物的 α 衰变事件. 在离线状态下对 Bh 事件 $[8.8 < E_{\alpha} (\text{MeV}) < 9.6]$ 和子核事件 $[8.6 < E_{\alpha} (\text{MeV}) < 9.1]$ 之间的 α - α 关联进行了搜索和挑选,

2004-01-14 收稿

* 国家自然科学基金(10275082, 10105010, 10125521, 10235020, 10221003), 国家“973”(G2000077400), 中国科学院百人计划基金(KJCXZ-SW-NO4)和国家重点项目(2001CCG01200)资助

1) E-mail: zggan@impcas.ac.cn

表 1 给出了每一个关联链的母核和子核的 α 能量和寿命. 总共观测到 8 个 ^{265}Bh 的 α 衰变关联事件. 采用 Maximum likelihood 方法^[8]对观测到的母核和子核事件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 $1.7_{-0.49}^{+0.79}\text{s}$, 它的平均 α 能量为 $(8.93 \pm 0.04)\text{MeV}$, 该子核的特性显然与已知的 ^{261}Db 核一致^[9], 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 $0.94_{-0.31}^{+0.70}\text{s}$, 它的平均能

量为 $(9.24 \pm 0.05)\text{MeV}$. 由该能量导出 ^{265}Bh 的 Q_α 值为 9.38MeV , 它与几种理论的预言值是符合的, 其中特别是与 Ren^[10] 的计算值符合较好. 此外, 在本实验中同时也观测到了 4 个已知核 ^{264}Bh 的关联事件, 用同样方法得到的半衰期和 α 衰变能量都与文献值一致, 其中 ^{264}Bh 的 $1.17_{-0.44}^{+0.88}\text{s}$ 与 Hofmann 等人的最新结果符合较好^[11]. ^{264}Bh 是来自本实验同一弹靶组合中的 $5n$ 蒸发反应的产物.

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

Parent	α_1/keV	t_1/ms	Isotope	α_2/keV	t_2/ms	Isotope	α_3/keV	t_3/ms
^{265}Bh	9268	1736	^{261}Db	9006	4860			
^{265}Bh	9300	1015	^{261}Db	8924	224	^{257}Lr	8905	4639
^{265}Bh	9219	574	^{261}Db	8921	1898	^{257}Lr	8887	1405
^{265}Bh	9274	193	^{261}Db	8918	5834			
^{265}Bh	9222	1140	^{261}Db	8942	436			
^{265}Bh	9179	1933	^{261}Db	8902	1523			
^{265}Bh	9245	2547	^{261}Db	8869	1608			
^{265}Bh	9199	1334	^{261}Db	8927	3480			
^{264}Bh	9440	555	^{260}Db	8988	2686			
^{264}Bh	9501	2770	^{260}Db	9085	1378			
^{264}Bh	9524	1203	^{260}Db	9003	259			
^{264}Bh	9481	2321	^{260}Db	9098	975			

本文作者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, 以及 Gregorich 无私地提供了他的 Maximum likelihood 技术的修改版的程序. 作者

再次感谢张焕乔院士、沈文庆院士以及任中洲教授等对本工作的关注和有益的建议及讨论.

参考文献 (References)

- Münzenberg G, Hofmann S, Heßberger F P et al. Z. Phys., 1981, **A300**:107
- Wilk P A, Gregorich K E, Tüler A et al. Phys. Rev. Lett., 2000, **85**:2697
- Wapstra A H, Audi G. Nucl. Phys., 1985, **A432**:55
- Möller P, Nix J R, Kratz K L. Atom. Data Nucl. Data Tables, 1995, **66**:315
- Stümmerer K, Brügger M, Bröchle W et al. GSI Annual Report, 1983, **84**—1:246
- Gregorich K E, Lane M R, Mahar M F, Lee D M et al. Phys. Rev. Lett., 1994, **72**:1423
- WU Xiao-Lei, GAN Zai-Guo, GUO Jun-Sheng et al. Nuclear Techniques, in press (in Chinese) (吴晓蕾,甘再国,郭俊盛等. 核技术, (待发表))
- Gregorich K E. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., 1991, **A302**:135
- Firestone R B, Shirley V S, Baglin C M et al. Table of Isotopes (eighth edition) LBL, New York: 1996
- REN Zhong-Zhou, CHEN Ding-Han, TAI Fei et al. Phys. Rev., 2003, **C67**:064302
- Hoffmann S, Heßberger F P, Ackermann D A et al. Eur. Phys. J., 2002, **A14**:147

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

GAN Zai-Guo¹⁾ FAN Hong-Mei QIN Zhi WU Xiao-Lei GUO Jun-Sheng LEI Xiang-Guo
DONG Cheng-Fu XU Hua-Gen CHEN Ruo-Fu ZHANG Fu-Ming GUO Bin LIU Hong-Ye
WANG Hua-Lei XIE Cheng-Ying FENG Zhao-Qing ZHENG Yong SONG Li-Tao LUO Peng
XU Hu-Shan ZHUO Xiao-Hong JIN Gen-Ming

(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 135MeV ^{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. A total of 8 correlated decay events of ^{265}Bh and 4 decay events of ^{264}Bh were identified. ^{265}Bh decays with a $0.94^{+0.70}_{-0.31}$ s half-life by emission of α particle with an average energy of $(9.24 \pm 0.05)\text{MeV}$.

Key words new isotope, α - α correlation, parent-daughter mode, decay properties

Received 14 January 2004

* Supported by NSFC(10275082, 10105010, 10125521, 10235020, 10221003), Major State Basic Research Development Program (G2000077400), Chinese Academy of Sciences One Hundred Person Project (KJ CXZ-SW-NO4), National Key Program for Basic Research of the Ministry of Science and Technology (2001CCG01200)

1)E-mail: zggan@impcas.ac.cn