

文章编号: 1007-4627(2003)02-0099-03

## MG 转轮收集探测系统的检验实验\*

甘再国, 郭俊盛, 秦芝, 范红梅, 吴晓蕾, 雷祥国, 郭斌, 刘洪业,  
李文飞, 李剑锋, 徐瑚珊, 靳根明  
(中国科学院近代物理研究所, 甘肃兰州 730000)

**摘要:** 利用 SFC 提供的束流对新建的转轮系统进行了检验实验, 得到了相关的实验结果. 实验证明了该装置的可靠性, 为进一步开展超重核的研究完成了预实验.

**关键词:** MG 转轮; 衰变链; 母子核

**中图分类号:** O571.6 **文献标识码:** A

### 1 引言

在超重核合成中, 随着合成核素原子序数的增加, 其产生截面却越来越小, 通常是几天或更多的时间才能产生一个原子, 而此时只能测量到该核素的寿命, 很难直接测量到其衰变半衰期, 因此通过探测目标核的衰变特性实现对核素的鉴别变得极为困难. 在合成产生截面极小的核素时, 特别是在对超重核进行合成和研究时, 人们通过母核与子核间的衰变链来鉴别核素. 这种鉴别方法广泛地应用到现在对超重核的合成研究中. 在已经合成的超重元素中, 从 106 号元素开始一直到现在合成的最重元素 116 号, 实验中均采用这种衰变链的鉴别方法来鉴别.

利用衰变链进行鉴别的装置有很多, 有的结构非常复杂, 包括了电磁分离和探测鉴别系统, 也有一些简单的装置, 如像文献[1,2]等中的装置. 该类简单装置利用机械移动的方法来实现对反应中产生的母核及其衰变后子核的分别测量, 然后根据衰变链对产物进行鉴别. 在该装置的每组探测器中只有一个探测器能够测量子核的  $\alpha$  衰变, 如果子核的  $\alpha$  衰变背离该探测器发射, 此时探测器将探测不到子核的  $\alpha$  衰变, 也就是说, 这个事件的衰变链没有被完全测量到, 从而造成该事件丢失. 对于产额较大的反应产物, 这种丢失的事件不会对产物的鉴别产生较大的影响, 只会对结果的统计产生影响. 但对

超重区的核素, 由于其产额极低, 很长时间才可能观测到一个事件, 此时如果由于子核没有被测量到, 这将对产物的鉴别产生直接的影响, 因此需要增加对子核的探测效率. 文献[3,4]对这样的装置进行了改造, 提高了它对子核的探测效率, 这样的装置被称为 MG(Magic)或 ROMA(Rotating wheel multidetector apparatus). 在中国科学院近代物理研究所也改建了一套这样的装置, 本文介绍了对该装置的一次检验实验.

### 2 装置及工作原理

#### 2.1 装置

实验装置如图 1 所示. 该装置主要包括靶室、供气系统和收集测量系统, 其中靶室及供气系统与文献[1,2]中的装置相似, 主要区别在于收集及测量系统. 该收集和测量系统中, 在收集轮正面的同一半径处开有一系列孔, 这些孔分大小两类, 大孔的直径与探测器的尺寸接近, 小孔的直径要小得多, 并且大孔和小孔交替排列, 在小孔上安装了收集膜. 反应产物在靶室中被氦气慢化并被载带出靶室, 然后沿着毛细管被传输到远离靶室的低本底的测量区, 产物被带到收集室后, 反应产物就被收集在这些收集膜上.

探测器被安装在转轮的两侧, 所用的探测器都

收稿日期: 2003-01-30; 修改日期: 2003-04-02

\* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(19905012, 10275082, 10105010); 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; 科技部重大项目前期研究专项基金资助项目(2001CCB01200)

作者简介: 甘再国(1967-), 男(土家族), 重庆市酉阳县人, 副研究员, 从事核物理实验研究.

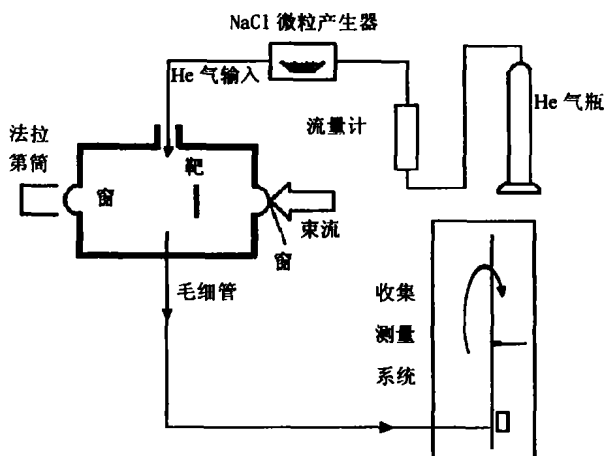


图 1 实验装置示意图

是同一种硅探测器，但它们在测量中有不同作用。为方便起见将它们分为两类，一类在收集膜的下方称为 A 类，另一类称为 B 类，处于收集膜的上面。

### 2.2 工作原理

该实验装置能够对反应产物及其衰变子核的衰变分别进行测量，因此其工作原理也分为两种工作模式，即子核模式和母核模式(图 2)。该装置工作在母核模式时，收集膜在收集位置收集反应中直接产生的产物，收集设定的一段时间后，步进电机带动装有收集膜的圆盘转动，从而使载有收集样品的收集膜转动到探测器的面前，同时探测器开始测量收集样品的衰变。当产物的 $\alpha$ 衰变向下发射时，即 A

反冲体(子核)。在该工作模式下，探测器组既能测量到母核衰变的 $\alpha$ ，同时又能够收集到衰变的子体。当对收集的样品测量到预定的测量时间后，随着步进电机的转动将该样品送到下一组探测器的前面，而一个新的收集样品又被传输到该探测器组的面前，这样的测量一直进行，直到改变工作模式。

转轮工作在母核模式时，如果 A 类探测器测量到预先设定的能量范围内的 $\alpha$ 衰变，同时 B 类探测器表面收集到了衰变的反冲体，步进电机立即带动收集轮转动，使得转轮上的大孔面对探测器组，此时收集膜被转离探测器组，这样在面对面的两个探测器之间没有收集的样品，因此 A 类和 B 类探测器就能够测量到 B 类探测器收集到的子核的 $\alpha$ 衰变。在此条件下子核就在接近 $4\pi$ 立体角的条件下被测量，从而大大提高了探测器组对子核的测量效率。

### 3 实验及结果

利用中国科学院近代物理研究所的 SFC 加速器提供的束流，对该装置进行了一次检验实验。实验使用 $^{24}\text{Mg}$  作为束流轰击 $^{232}\text{Th}$  靶，束流的强度在 $1\ \mu\text{A}$  左右，靶厚约为 $1\ \text{mg}/\text{cm}^2$ ，收集膜收集反应产物的时间为 $10\ \text{s}$ ，在子核工作模式下的测量时间为 $70\ \text{s}$ ，实验总共用的束流时间大约为 $30\ \text{h}$ 。探测器测量到的事件的能量及相应的时间、工作模式、起止信号等都被记录在计算机硬盘上。

图 3 是在 $^{24}\text{Mg} + ^{232}\text{Th}$  的反应中，在母核工作模式下观测到了 $\alpha$  衰变谱。从图中可以清楚地观测到能量为 $8.37\ \text{MeV}$  及 $8.01\ \text{MeV}$  的 $\alpha$  峰，这些能量与 $^{253}\text{No}^{[5]}$  及 $^{252}\text{No}^{[5]}$  的能量一致，它们分别是熔合蒸发反应中蒸发 $3n$  及 $4n$  的产物。

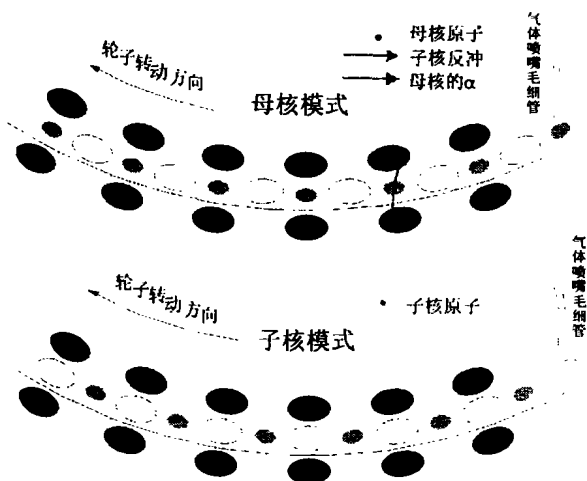


图 2 MG 转轮的步进模式

上部分是母核探索模式，下部分是子核探索模式。

类探测器测量到产物的衰变 $\alpha$ ，此时上面的探测器即 B 类探测器就能够在其表面收集到该次衰变的

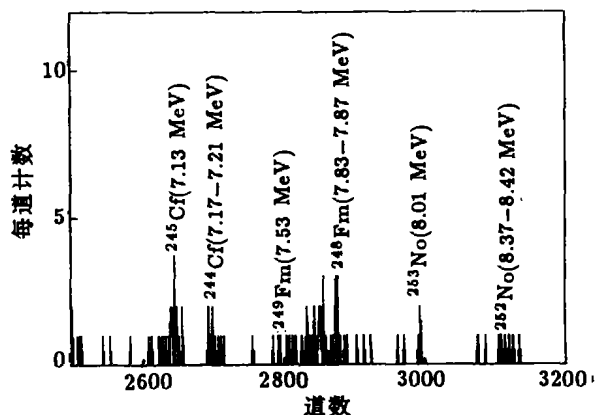


图 3 实验观测到的谱

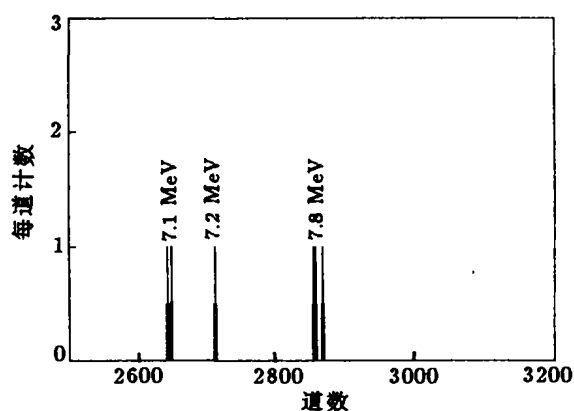


图 4 观测到与 8.4 MeV 关联的  $\alpha$  衰变

观测到的  $^{252}\text{No}$  的  $\alpha$  衰变产生的子核  $^{248}\text{Fm}$  也被观测到, 同时在子核工作模式下探测器也测量到了  $^{248}\text{Fm}$  的  $\alpha$  衰变谱, 也就是说确定母子核之间的相关  $\alpha$  衰变. 图 4 是在实验中观测到的与  $^{252}\text{No}$  的 8.4

MeV 关联的  $\alpha$  衰变, 其中 7.87 MeV 的  $\alpha$  衰变来自  $^{252}\text{No}$  的子核  $^{248}\text{Fm}$ , 能量为 7.2 及 7.1 MeV 的  $\alpha$  衰变来自其孙子核  $^{244}\text{Cf}$ . 这些结果表明在实验中采用该装置观测到了  $^{252}\text{No} \rightarrow ^{248}\text{Fm} \rightarrow ^{244}\text{Cf}$  的  $\alpha$  衰变链.

对于  $^{253}\text{No}$  的能量为 8.01 MeV 的  $\alpha$  衰变, 经过同样的分析, 可以看到与其相关的衰变为其衰变的子核  $^{249}\text{Fm}$  的 7.53 MeV 的  $\alpha$  衰变, 及其孙子核  $^{245}\text{Cf}$  的能量为 7.14 的  $\alpha$  衰变, 也就是说, 同样在实验中观测到了  $^{253}\text{No} \rightarrow ^{249}\text{Fm} \rightarrow ^{245}\text{Cf}$  的  $\alpha$  衰变链.

#### 4 小结

通过检验实验观测到了  $^{252}\text{No}$  及  $^{253}\text{No}$  的衰变链, 从而验证了该装置工作的可靠性, 同时表明该装置可以应用到今后的实验中, 为下一步合成超重核的研究奠定了技术基础.

#### 参 考 文 献:

- [1] 甘再国, 郭俊盛, 刘洪业等. 母子核  $\alpha$  衰变的测量装置[J]. 核技术, 1995, 18(4): 209.
- [2] 甘再国, 郭俊盛, 秦芝. 母子核衰变测量的一种简单方法[J]. 核技术, 2002, 25(3): 198.
- [3] Lane M R, Gregorich K E, Lee D M, *et al.* Production Cross Sections of  $^{261}\text{Ha}$  from the  $^{250}\text{Cf}(^{15}\text{N}, 4n)$  and  $^{243}\text{Am}(^{22}\text{Ne}, 4n)$  Reactions[J]. Phys Rev, 1998, C58(6): 3 413.
- [4] Türler A, Dressler R, Eichler B, *et al.* Decay Properties of  $^{265}\text{Sg}(Z=106)$  and  $^{266}\text{Sg}(Z=106)$  [J]. Phys Rev, 1998, C57(4): 1 648.
- [5] Artna-Cohen. Nuclear Data Sheets for  $A=249-265$  (odd) [J]. Nucl Data Sheets, 1999, 115(88): 1.

## A Test Experiment for the MG Wheel\*

GAN Zai-guo, GUO Jun-sheng, QIN Zhi, FAN Hong-mei, WU Xiao-lei, LEI Xiang-guo, GUO Bin,

LIU Hong-ye, LI Wen-fei, LI Jian-feng, XU Fu-shan, JIN Gen-ming

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

**Abstract:** A new set-up was built in IMP. The reaction  $^{24}\text{Mg} + ^{232}\text{Th}$  was performed as a test experiment for this set-up. The decay-chains of  $^{252}\text{No}$  and  $^{253}\text{No}$  have been observed in this reaction. The results show that this set-up is efficient for the rear events and it is possible to use this set-up in the future experiment.

**Key words:** MG wheel; decay chain; mother-daughter nuclei

\* **Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (19905012, 10275082, 10105010); National Major State Basic Research Development Program (G2000077400); One Hundr Talents Projects of Chinese Academy of Sciences; National Key Program for Basic Research, Ministry of Science and Technology(2001CCB01200)