

一台高分辨重离子核反应产物 鉴别与测量装置

吴钟立 王琦 诸永泰 李松林 殷旭

(中国科学院近代物理研究所)

摘 要

我们制造了一台重离子反应产物鉴别与测量装置,由飞行时间测量系统和 $\Delta E-E$ 计数器望远镜组成.对 $^{14}\text{N} + \text{Ni}$ 反应的弹性散射粒子测得此装置的时间分辨为250微微秒(FWHM).

自从七十年代以来,由飞行时间方法与 $\Delta E-E$ 粒子计数器望远镜相结合组成的重离子核反应产物鉴别与测量装置已被广泛地应用于重离子核物理学实验,用来鉴别重离子核反应产物的核素类型和测量每种核素的能谱.此类装置所根据的物理原理是熟知的,毋庸赘述^[1,2].制作一台性能良好的此类装置,关键在于提高粒子飞行时间测量和粒子能

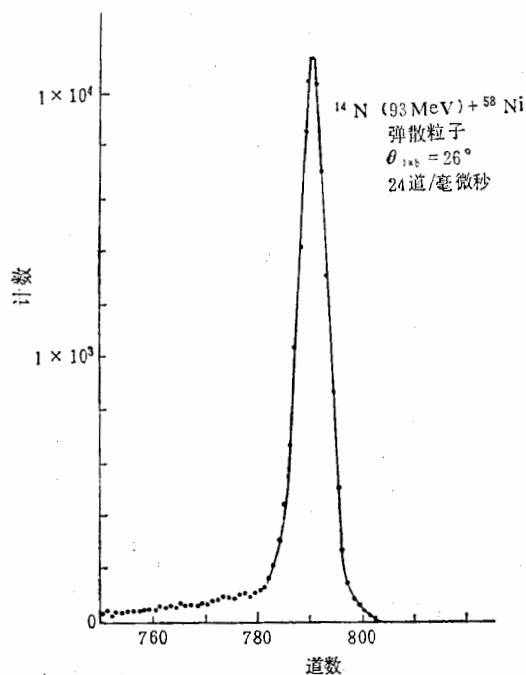


图1 飞行时间系统的时间分辨

量测量的精确度。我们采用平行板雪崩探测器作为起始时间信号探测器,用阻止型金-硅面垒探测器作为终止时间信号探测器及剩余能量探测器,用透射型电离室作为 ΔE 探测器,结合飞行靶室,研制了一台高分辨重离子核反应产物鉴别与测量装置。

平行板雪崩探测器^[3] 主体为两面开窗的小室,中间嵌一对蒸金薄膜电极,电极间距为1.5毫米。工作电压为550—600伏。工作气体为异丁烯,压强10毛,工作方式为流气式。输出信号经高放大倍数的快前置放大器输出,脉冲全宽度约4毫微秒,上升时间小于2毫微秒。噪声幅度不超过10毫伏,而信号幅度通常为几百毫伏,可以直接输入恒分甄别器,从而确保起始时间信号的上升时间足够小。

终止时间信号与粒子剩余能量测量用同一块金-硅面垒探测器获得,通过快前置放大器分时间信号和能量信号两路输出。时间信号的宽度约10毫微秒,上升时间小于4毫微秒。对于 $\text{Thc}'\text{-}\alpha$ 源,测得这块金-硅面垒探测器的能量分辨为0.7%。在金-硅面垒探测器的前面,为一个透射型电离室,两者组成一台 $\Delta E\text{-}E$ 望远镜。电离室工作气体为氩气(90%)与甲烷(10%)的混合气体,工作气压通常保持在150毛,工作方式为准流气式。对 $\text{Thc}'\text{-}\alpha$ 源,测得 ΔE 能量分辨好于6%。

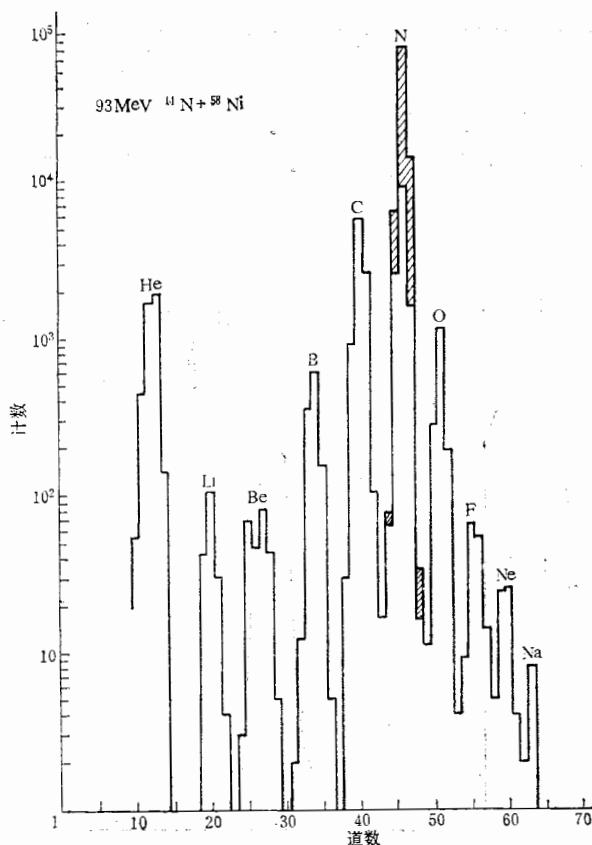


图2 用 $\Delta E\text{-}E$ 方法鉴别粒子得到的电荷分布

将雪崩探测器输出的时间信号与金-硅面垒探测器输出的时间信号经恒分甄别后送入时间-幅度转换器构成粒子飞行时间测量。再将时间-幅度转换器输出的信号与金-硅

面垒探测器输出的粒子能量信号符合作为脉冲幅度多道分析器的开门信号。然后将每个事件的飞行时间 T 、能损 ΔE 、剩余能量 $(E - \Delta E)$ 值分别按事件记录在磁带上，离线用电子计算机处理。

这台重离子核反应产物鉴别与测量装置已用于物理实验。结合重离子在核上引起的准弹性和深部非弹性散射实验研究，对装置的性能作了测试。由我所重离子迴旋加速器提供的 ^{14}N 离子束，轰击厚度为 1 毫克/平方厘米左右的 ^{58}Ni 及 ^{64}Ni 靶， ^{14}N 束流有效能量约为 93 兆电子伏。用这台装置测量核反应产物，飞行距离为 128 厘米，在 $\theta_L = 20^\circ - 40^\circ$ 之间的若干角度得到一系列 $\Delta E - E - T$ 三维谱。从 T 路的单谱，我们可以得到对弹性散射粒子测出的飞行时间系统的时间分辨。最佳时间分辨达到 250 微微秒。图 1 是其中的一个典型例子。这是对 ^{14}N (93 兆电子伏) + ^{58}Ni 的弹性散射粒子测得的。 ^{58}Ni 靶厚 1.04 毫克/平方厘米。实验室角度 $\theta_{\text{Lab}} = 26^\circ$ 。此时，用精密脉冲发生器测得电子学线路本征时间分辨为 90 微微秒，加速器束流能量展宽和靶厚对时间分辨的贡献约为 110 微微秒。

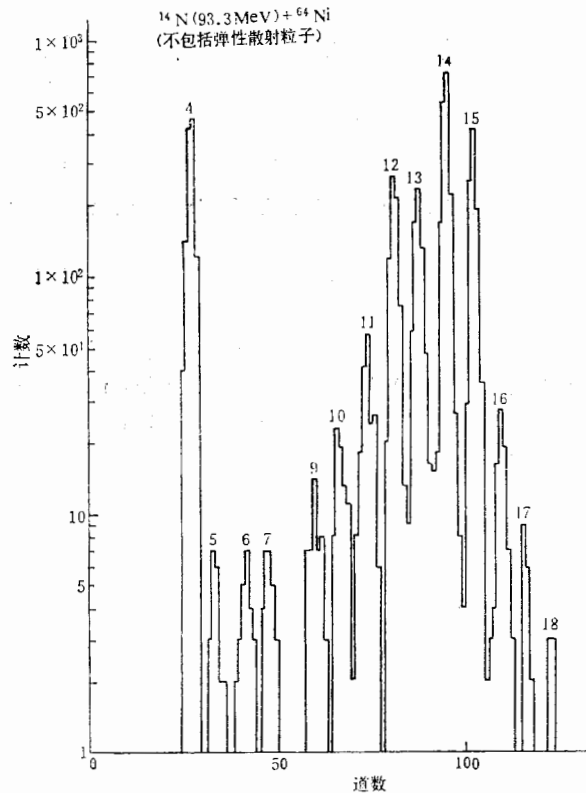


图 3 用飞行时间方法鉴别粒子得到的质量分布

我们对获取的三参数数据进行初步处理后，同时得到了反应轻产物的电荷分布和质量分布。产物电荷鉴别的一例见图 2，实验条件同图 1。图 2 中氮元素的阴影部分为弹性散射粒子的贡献。由图可见：从氮到钠的各种元素都被清晰地鉴别出来。图 3 给出产物质量鉴别的一例。这是对 ^{14}N (93.3 兆电子伏) + ^{64}Ni 反应测得的。 ^{14}N 弹性散射粒子

未计入。 ^{64}Ni 靶厚 0.585 毫克/平方厘米。实验室角度 $\theta_{\text{Lab}} = 22^\circ$ 。为了更好地反映我们的装置鉴别粒子质量的能力,这里给出了对不同产物元素求和的质量分布图。由图可见:每种质量的粒子计数的半极大值处的全宽度(FWHM)小于或等于两道,而相邻两种质量的粒子计数的极大值之间的间距为 7—7.5 道。这说明,即使不增加飞行距离,我们的装置所能鉴别的粒子质量数也比此图所测量的质量范围高得多。

范国英、苗合宾、王晓明、才景祥等同志参加了此装置性能的测试工作。感谢我所重离子回旋加速器运行组和公用实验室诸同志的协助和支持。

参 考 文 献

- [1] F. S. Goulding and B. G. Harvey, *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, **25**(1975), 167.
- [2] R. R. Betts, *Nucl. Instr. Meth.*, **162**(1979), 531.
- [3] 吴钟立等,《核技术》待发表。

A HIGH RESOLUTION SETUP FOR IDENTIFICATION OF HEAVY ION REACTION PRODUCTS

WU ZHONG-LI WANG QI ZHU YONG-TAI
(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou*)

ABSTRACT

A heavy ion reaction products identification setup, which consists of a time-of-flight measurement system and a $\Delta E-E$ telescope, has been constructed. The time resolution of the setup was found to be 250 ps (FWHM) for the elastic scattered particles of ($^{14}\text{N}+\text{Ni}$) reaction.