

$^{17}\text{F} + \text{p}$ 共振态弹性散射实验中 PPAC 性能测试

马 朋^{1,2}, 鲁辰桂^{1,2}, 王建松¹, 段利敏¹, 耿 朋^{1,2}, 唐述文^{1,2},
鲁 皖^{1,2}, 梅 波^{1,2}, 严鑫帅^{1,2}, 胡正国¹, 张雪荧¹, 杨彦云¹, 李祖玉¹, 张金霞¹

(1. 中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 在兰州放射性次级束流线(RIBLL)上进行的 $^{17}\text{F} + \text{p}$ 共振态弹性散射实验中, 用到的位置灵敏平行板雪崩探测器(PPAC)使用延迟线读出法, 使得 PPAC 有着很干净的本底噪声和较好的信噪比。对实验所用的 PPAC 进行了性能测试, 经分析, 位置分辨好于 1 mm、时间分辨为 0.29 ns、探测效率为 97% 以上, 达到了实验要求。

关键词: 位置灵敏平行板雪崩探测器; 延迟线读出法; 位置分辨; 时间分辨; 探测效率

中图分类号: TL503.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-6931(2011)03-0356-04

Capability of PPAC in Investigation of Resonant Properties in ^{18}Ne via $^{17}\text{F} + \text{p}$

MA Peng^{1,2}, LU Chen-gui^{1,2}, WANG Jian-song¹, DUAN Li-min¹, GENG Peng^{1,2},
TANG Shu-wen^{1,2}, LU Wan^{1,2}, MEI Bo^{1,2}, YAN Xin-shuai^{1,2}, HU Zheng-guo¹,
ZHANG Xue-ying¹, YANG Yan-yun¹, LI Zu-yu¹, ZHANG Jin-xia¹

(1. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: A parallel plate avalanche counter (PPAC) with delay-line readout was designed to be used in the experiment of investigation of resonant properties in ^{18}Ne via $^{17}\text{F} + \text{p}$. The position resolution, time resolution, and detection efficiencies of PPAC were researched in detail. The results of analysis show that 1 mm position resolution, 0.29 ns time resolution, and 97% detection efficiencies are achieved.

Key words: parallel plate avalanche counter; delay-line readout; position resolution; time resolution; detection efficiency

兰州放射性次级束流线(RIBLL)是我国中能重离子放射性束流研究装置^[1]。从加速器引

出的初级束粒子通过固定靶可产生很多核, 通过放射性束流线上磁刚度(B_ρ)和降能器

(dE/dx)选择,得到所需的目标核。

$^{17}\text{F} + \text{p}$ 共振态弹性散射实验中, 使用 69.39 AMeV 的 ^{20}Ne 初级束, 经过 4.919 mm 厚的 Be 靶, 通过磁刚度和降能器选择, 得到实验所需的次级束 ^{17}F 。实验要求位置灵敏平行板雪崩探测器(PPAC)的位置分辨好, 探测效率高。由于 RIBLL 上磁铁众多、电场复杂, 以往的 PPAC 是使用电荷分除法读出位置信号, 这种 PPAC 工作时最主要的问题是信噪比不好, 每次实验中的噪声很大, 甚至能把信号完全淹没。本工作研究使用延迟线读出法读出 PPAC 位置信号, 以期提高 PACC 的位置分辨、时间分辨和探测效率。

1 PPAC 结构

实验中所用的 PPAC 采用 3 层结构, 中间阴极面为 2 μm 的镀金 Mylar 膜, 两侧阳极面由间距 1 mm、 $\phi 20\ \mu\text{m}$ 的镀金钨丝组成, 阳极与阴极的间距为 3 mm。使用过程中, 阴极膜加 -600 V 负高压, 用电容引出 1 个信号作为时间信号; 阳极丝保持在地电位, 每根丝与线性延迟块的 1 个管脚相连。每个延迟块的延迟时间为 40 ns, 包括 10 个引出管脚, 延迟块的匹配电阻为 50 Ω 。每个丝面包括 80 根丝, 总延迟为 320 ns, 两个阳极面相互正交, 分别读出 x_1 、 x_2 、 y_1 、 y_2 共 4 个位置信号。5 路信号使用 FTA810 作为时间前放, 之后送到 CF8000 中甄别, 其中, 甄别后的 1 路时间信号参与整个实验中的触发门信号, 其他 5 路信号经 GG8000 延迟送到 TDC 中进行数据获取。

PPAC 灵敏面积为 80 mm \times 80 mm, 放置在 1 个密闭铝壳内, 信号屏蔽好, 噪声小。入射窗使用厚 2 μm 的 Mylar 膜。使用异丁烷作为工作气体, 工作气压为 600 Pa, 用流气式供气系统供气。

2 实验装置

初级束 ^{20}Ne 通过 Be 靶后产生次级束 ^{17}F , 通过磁刚度和降能器的选择, 得到较纯净的次级束 ^{17}F 。次级束 ^{17}F 通过 T1 靶室处的 TOF1, 给出 T1 信号, 然后经 D3 和 D4 偏转磁铁传输到 T2 靶室, 先通过 PPAC1, 再通过 TOF2, 给出 T2 信号, 通过 T2Si 探测器, 给出粒子能量

E , 进行粒子鉴别, 之后再通过 PPAC2, 使用 2 个 PPAC 进行粒子径迹测量(图 1)。

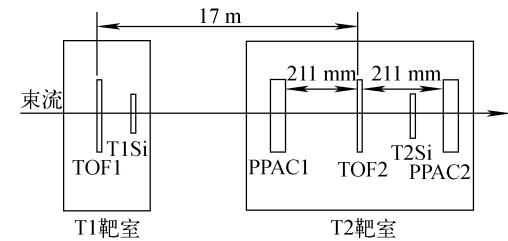


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Sketch map of experimental setup

3 测试结果

3.1 位置分辨

位置分辨是 PPAC 性能的 1 个重要参数, PPAC 在实验中最重要的作用是在线监视束流, 给出入射粒子位置, 对位置分辨的要求较高。

PPAC 根据观测哪根阳极丝上有输出脉冲来确定入射粒子位置。实验中所用 PPAC 阳极丝丝距为 1 mm, 对于在丝上 ± 0.5 mm 距离内入射的 2 个粒子, 无法精确判断它们的空间位置是否相同。但被某 1 根固定的阳极丝探测到的入射粒子, 实际上在丝周围空间中应有一统计分布^[3]。实验中, 从 PPAC 获取的数据(图 2)中可看出单维谱上峰谷比约为 2:1, 即每根丝均能分辨出来, 由于阳极丝的丝距为 1 mm, 因此, PPAC 的位置分辨要好于 1 mm。经计算, PPAC 的位置分辨为 0.29 mm。图 3 为使用 ^{239}Pu α 放射源测试 PPAC 的双维位置分辨。

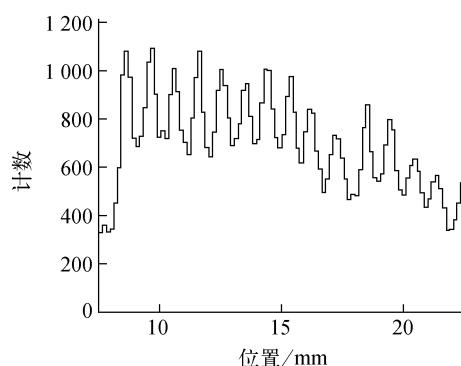
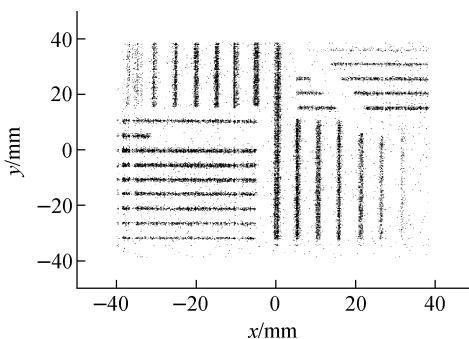


图 2 ^{17}F 束流测试的 x 方向单维谱

Fig. 2 Spectrum of x -direction with ^{17}F beam

图 3 PPAC 测量 α 粒子的二维位置分辨Fig. 3 x - y scatter of α source measured by PPAC

3.2 时间分辨

初级束 ^{20}Ne 通过 Be 靶后产生次级束 ^{17}F , 但次级束 ^{17}F 不是绝对纯净的, 所以需通过放射性束流线上磁刚度 (B_ρ) 和降能器 (dE/dx) 选择, 得到所需的目标核。目标核所占比例经选择后大为提高, 但其中还有少量其他粒子。

用两个 PPAC 相互刻度其时间分辨(图 4)。其中, 两个 PPAC 的间距为 422 mm。从图 4 可看到, 时间分辨谱上出现了两个峰。经过粒子鉴别, 只选取 ^{17}F 时, 仅剩下 1 个大峰, 说明这两个峰是两种不同粒子, 小峰是 ^{14}C 。拟合大峰的时间分辨, 测试得到 PPAC 的时间分辨为 0.29 ns(考虑到有两个 PPAC, 每个 PPAC 对时间分辨均有影响, 所以除以 $\sqrt{2}$)。

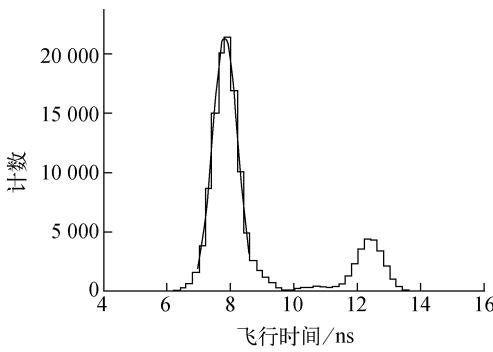


图 4 PPAC 的时间分辨

Fig. 4 Time resolution of PPAC

3.3 效率分析

假定入射事例率为 N , TOF1、TOF2 的探测效率分别为 ϵ_1 、 ϵ_2 , PPAC 的探测效率为 ϵ 。

TOF1 与 TOF2 的二重符合计数率 N_2 为:

$$N_2 = N\epsilon_1\epsilon_2$$

TOF1、TOF2 和 PPAC 的三重符合计数率 N_3 为:

$$N_3 = N\epsilon_1\epsilon_2\epsilon$$

由此可计算出 PPAC 的效率为:

$$\epsilon = N_3 / N_2$$

实验中, 从 TDC 记录的数据得知, TOF1 和 TOF2 在 4 000 道上有堆积, 说明 CAMAC 的记录有丢失, 这是由 CAMAC 获取系统具有死时间造成的。但总体而言, 丢失事件的比例是一定的, 只选取 TDC 能记录到的有效事件来分析 PPAC 的探测效率。

PPAC 使用延迟块进行延迟, 通过计算位置信号 x_1 、 x_2 、 y_1 、 y_2 和阳极 T 信号之间的时间差确定粒子的入射位置。由于延迟块对位置信号有衰减, 定义 1 个好的事件是有 T 信号的同时, 至少有 1 个 X 信号 (x_1 或 x_2), 同时也至少有 1 个 Y 信号 (y_1 或 y_2)。

工作电压一定时, 随着入射粒子流强的增加, PPAC 的探测效率下降, 这是因为随入射流强的加大, 空间电荷的积累将减弱外电场的作用, 使信号幅度变小。这称为空间电荷效应^[3]。

测试中, 由于次级束 ^{17}F 的产额小, 使用初级束 ^{20}Ne 来测试 PPAC 的工作效率与入射粒子强度之间的关系(图 5)。实验过程中的入射粒子强度约为 7000 s^{-1} 。

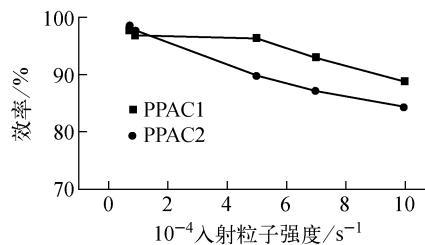


图 5 探测效率与入射粒子强度之间的关系

Fig. 5 Relation between detection efficiency and particle number per second

从图 5 可看出, 整个实验过程中的探测效率为 97% 以上, 当入射粒子强度小于 10^5 s^{-1} 时, PPAC 有着很高的探测效率, 探测效率为 85% 以上。当入射粒子强度大于 10^5 s^{-1} 时, PPAC 效率降低, 不适合太高计数率下的工作。在太高计数率下应考虑使用其他探测器。

4 小结

使用延迟线读出法的 PPAC 信号幅度大, 位置信号经 FTA 810 前放后约为 150 mV, 噪声小, 有着很好的信噪比, 与电荷分除法读出信号方式相比, 探测效率较高, 信号的成型时间快。在整个实验过程中, 两个 PPAC 的位置分辨好于 1 mm、时间分辨为 0.29 ns、探测效率为 97% 以上, 各项参数符合实验要求。

感谢中国科学院近代物理研究所高能少体组在 RIBLL 实验中提供的大力支持和帮助。

参考文献:

- [1] ZHAN Wenlong, GUO Zhongyan, LIU Guanhua, et al. Radiocative ion beam line in Lanzhou [J]. *Science in China A*, 1999, 4(5): 529-536.
- [2] GUO Zhongyan, ZHAN Wenlong, LIU Guanhua, et al. The separation techniques for secondary beam at RIBLL [J]. *Acta Physica Sinica (Overseas Edition)*, 1999, 8(1): 21-26.
- [3] 谢一冈, 陈昌, 王曼, 等. 粒子探测器与数据获取 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 64-86.

- [4] 郭忠言, 詹文龙, 肖国青, 等. 两种位置灵敏平行板雪崩探测器 [J]. 原子能科学技术, 2004, 38(2): 169-173.
GUO Zhongyan, ZHAN Wenlong, XIAO Guoqing, et al. Parallel plate avalanche counter and multi-step parallel plate avalanche counter [J]. *Atomic Energy Science and Technology*, 2004, 38(2): 169-173(in Chinese).
- [5] 毛瑞士, 郭忠言, 肖国青, 等. 一种多极平行板雪崩探测器 [J]. 核电子学与探测技术, 2004, 24(2): 151-154.
MAO Ruishi, GUO Zhongyan, XIAO Guoqing, et al. Two dimension position sensitive multi-plate PPAC [J]. *Nuclear Electronics & Detection Technology*, 2004, 24(2): 151-154(in Chinese).
- [6] 王猛, 郭忠言, 詹文龙, 等. 一种高性能双维位置灵敏平行板雪崩探测器 [J]. 核技术, 2003, 26(3): 245-248.
WANG Meng, GUO Zhongyan, ZHAN Wenlong, et al. A two dimension position sensitive PPAC [J]. *Nuclear Techniques*, 2003, 26(3): 245-248(in Chinese).