

$^{17}\text{F} + \text{p}$ 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,位置分辨率好于 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($B\rho$)和降能器

收稿日期:2009-12-25;修回日期:2010-03-26

基金项目:中国科学院知识创新工程资助项目(KJCX1-YW-004, YFKJCX3. SYW. N5);国家重点基础研究发展计划资助项目(2008CB817702);国家自然科学基金联合资助基金资助项目(10979064)

作者简介:马 朋(1985—),男,山东东营人,硕士研究生,粒子物理与原子核专业

(dE/dx)选择,得到所需的目标核。

¹⁷F+p共振态弹性散射实验中,使用69.39 AMeV的²⁰Ne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¹⁷F。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,甚至能把信号完全湮没。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、φ20 μm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×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²⁰Ne通过Be靶后产生次级束¹⁷F,通过磁刚度和降能器的选择,得到较纯净的次级束¹⁷F。次级束¹⁷F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)。

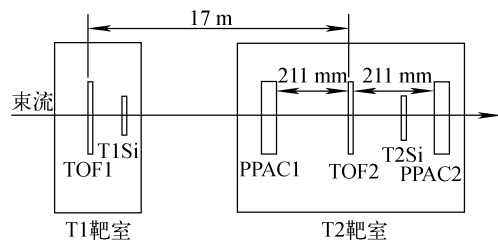


图1 实验装置示意图
Fig.1 Sketch map of experimental setup

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²³⁹Pu α放射源测试PPAC的双维位置分辨。

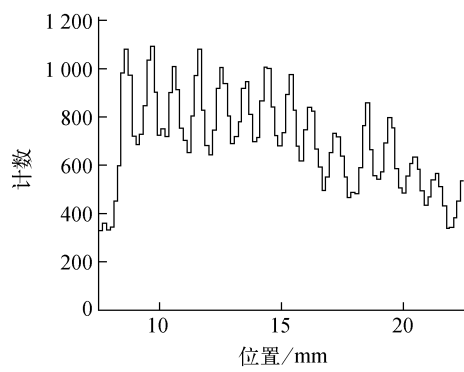


图2 ¹⁷F束流测试的 x 方向单维谱
Fig.2 Spectrum of x -direction with ¹⁷F beam

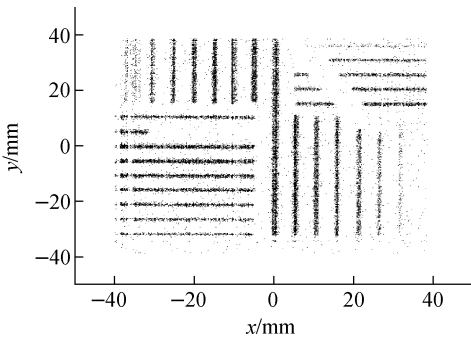


图3 PPAC 测量 α 粒子的二维位置分辨
Fig.3 x - y scatter of α source measured by PPAC

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($B\rho$)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 $\sqrt{2}$)。

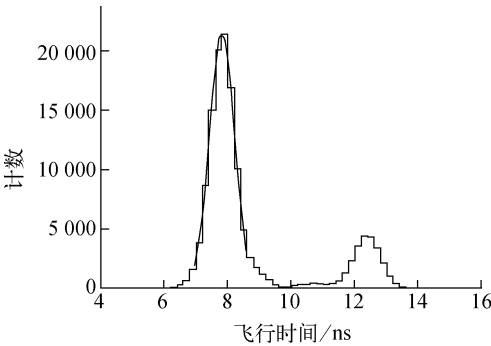


图4 PPAC 的时间分辨
Fig.4 Time resolution of PPAC

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 $7\,000\text{ s}^{-1}$ 。

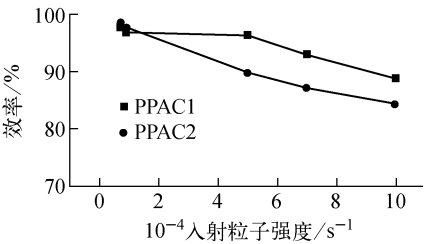


图5 探测效率与入射粒子强度之间的关系
Fig.5 Relation between detection efficiency and particle number per second

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FTA810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 muli-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).