

低压多丝正比室的位置分辨研究

王全进, 郑涛, 叶沿林, 吴翠娥, 李智焕, 华辉, 陈志强, 张高龙

(北京大学 物理学院 教育部重离子物理重点实验室, 北京 100871)

摘要: 低压多丝正比室为放射性束核反应的靶前粒子提供位置和时间信号。本工作用 ^{241}Am α 源研究电压、工作气体压强等因素对低压多丝正比室位置分辨的影响。实验结果表明:在不同的气体压强条件下,低压多丝正比室的位置分辨均可达到1 mm,但考虑到时间、效率等因素,实验中需尽可能提高气压。

关键词: 低压多丝正比室;放射性束;位置分辨

中图分类号:TL816.5 文献标识码:A 文章编号:1000-6931(2006)03-0338-04

Study on Position Resolution of Low Pressure Multi-wire Proportional Chambers

WANG Quan-jin, ZHENG Tao, YE Yan-lin, Wu Cui-e, LI Zhi-huan,
HUA Hui, CHEN Zhi-qiang, ZHANG Gao-long

(School of Physics, Key Laboratory of Heavy Ion Physics of Ministry of Education,
Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Low pressure multi-wire proportional chamber(LPMWPC) provides excellent position and time signals for the radioactive beam induced reactions. By using the ^{241}Am α source, the influencing conditions on the position resolution, including the voltage and the working gas pressure(800-1 330 Pa), were studied. The best position resolutions at different gas pressures are less than 1 mm. Considered the time resolution and detection efficiency, it is necessary to make the gas pressure as high as possible.

Key words: low pressure multi-wire proportional chambers; radioactive beam; position resolution

放射性核束物理的发展拓宽了原子核的同位旋自由度,为核物理发展带来新的机遇。由于发射度大,在用放射性束进行核反应测量时,需对粒子在靶前的位置和粒子的时间信息进行测量。在计数率不很高($<10^4\text{ s}^{-1}$)的情况下,低压多丝正比室(LPMWPC)的发

展解决了这个问题,并能够提供可靠的时间信息^[1-5]。

本工作在北大核物理实验组与中国科学院近代物理研究所合作研制的LPMWPC基础上,用 ^{241}Am α 源测量影响LPMWPC位置分辨的因素。

1 实验方法

LPMWPC 的尺寸及几何结构详情参见文献[5]。图 1 示出了测量 LPMWPC 位置性能的电子学框图。LPMWPC 的时间路信号幅度随施加电压和气压剧烈变化, 为使在较低电压下所有信号均被记录, 将主放 572 的双极性信号经 Fan In/Out(扇进扇出)倒相后再经 CFD 甄别得到的 4 路时间信号进行“或”运算后的信号作为 CAMAC 获取系统的 Trigger 信号。合理设置恒分的阈值, 可得到全部的粒子位置信号。

LPMWPC 位置测量的原理基于电荷分除法^[2,3,5], 其 x 和 y 位置分别由下式给出:

$$x = \frac{x_1 - x_2}{x_1 + x_2}, \quad y = \frac{y_1 - y_2}{y_1 + y_2} \quad (1)$$

其中: x_1 、 x_2 、 y_1 、 y_2 分别是经统一刻度后的 LPMWPC 4 路位置的电荷积分信号。

从式(1)可看出, 位置信息与入射离子在探测器中的损失能量无关。

测量位置分辨时, 为便于进行尺寸刻度, 在 LPMWPC 前面加 1 个对称性破坏的 5 mm 厚铜板网格, 网格上的小孔直径为 0.5 mm, 孔间距为 10 mm 和 5 mm。

位置分辨的定义为:

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \Gamma_{x,i}, \quad \Delta y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \Gamma_{y,i} \quad (2)$$

其中: $\Gamma_{x,i}$ 和 $\Gamma_{y,i}$ 分别为投影单维 x 和 y 方向位置图的各峰的半高宽。

实际的位置分辨比本工作用这种方法定义的好。这种方法定义位置分辨的前提是 LPMWPC 物理的 x 、 y 方向与网格的 x 、 y 方向重合。

2 结果和讨论

研究中, 采用 C_3F_8 作为 LPMWPC 的工作气体, 测量了位置分辨(FHWM)与气体压强(800~1 330 Pa)以及电压(680~1 000 V)间的关系。电压范围涵盖有信号时的电压直至打火电压, 气压范围的选择则考虑气体室密封膜的承受极限。

图 2 示出一定条件(气压 800 Pa 和电压 680 V)下经过 10 h 测量得到的 LPMWPC x 和 y 向的单维谱(测量时间为 24 h)。从图 2 可看到, LPMWPC 中心的位置分辨比边缘处的好。这种情况的可能原因: 1) 边缘的电场畸变; 2) α 源是一点源而非面源。

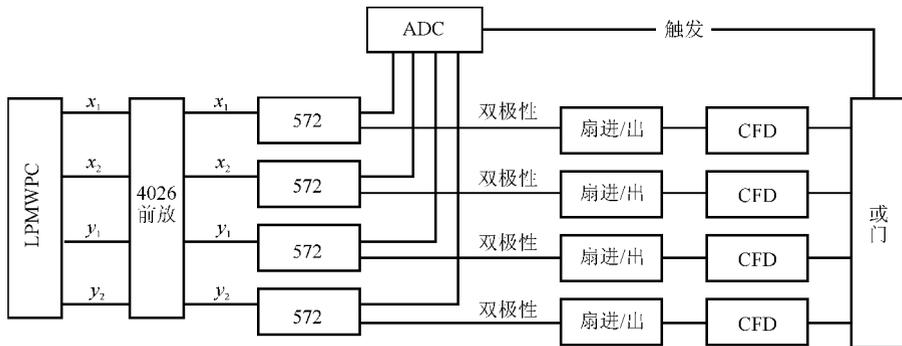


图 1 电子学框图

Fig. 1 Block diagram of electronics circuit

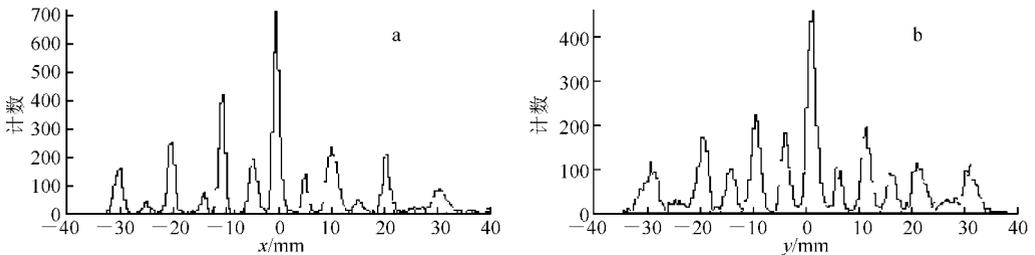


图 2 实验测得的 x 向(a)、 y 向(b)位置信号的一维谱

Fig. 2 1-dimensional x (a) and y (b) positional spectra

工作气压, 800 Pa; 电压, 680 V

图3分别示出全部灵敏面积LPMWPC的位置分辨(FHWM)与气体约化场强的关系。

测量结果表明:在相同气体压强下,施加在探测器上的电压越高,位置分辨越好;在相同电压下,气体位置分辨随气压的升高而降低。造成这种情况的原因在于:在一定气压条件下,信号幅度随电压升高而增大,噪声基本不变,信噪比因此而增加,位置分辨变好。测量结果还表明:在相同的气压和电压条件下, x 方向的位置分辨均好于 y 方向的位置分辨,这与 x 、 y 方向位置读出的多丝结构有关。

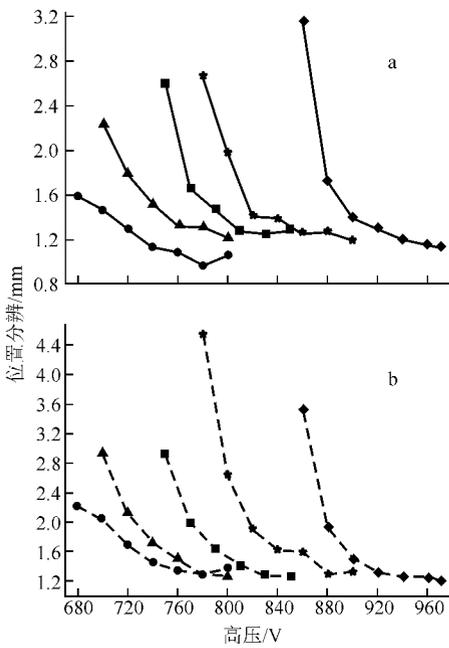


图3 LPMWPC的 x 及 y 方向位置分辨随气体压强以及所加高压的变化

Fig. 3 Variations of position resolutions in x and y directions with high voltage and gas pressure

a— x 方向;b— y 方向
●—800 Pa;▲—930 Pa;■—1 060 Pa;
★—1 200 Pa;◆—1 330 Pa

为进一步了解位置分辨与电压和气压间的关系,定义约化场强 E' 为:

$$E' = \frac{E}{p} \quad (3)$$

式中: E 为电场强度; p 为气体压强。

约化场强反映气体室内部的电场分布状况,它是影响电子、离子在向两极漂移过程中倍

增的主要因素,是反映气体室性能的一重要物理量。图4示出了位置分辨与约化电压(约化场强为约化电压除以气体室的厚度常数)的关系。

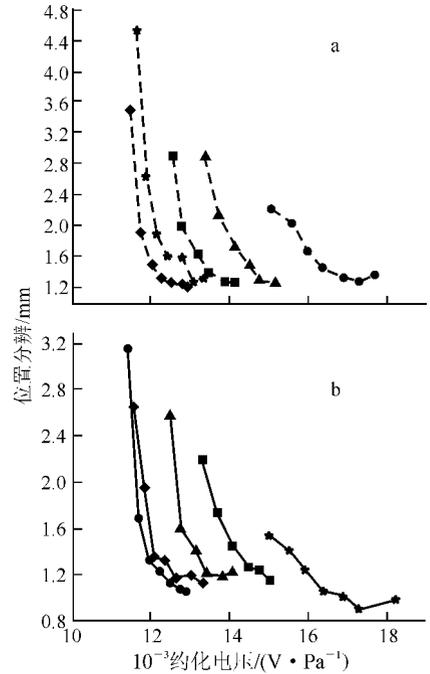


图4 位置分辨与约化电压 $V'(V/p)$ 的关系

Fig. 4 Variations of position resolutions in x and y directions with reduced voltage at different gas pressures

a— x 方向;b— y 方向

●—800 Pa;▲—930 Pa;■—1 060 Pa;
★—1 200 Pa;◆—1 330 Pa

通过对图4的分析可以看到:在同样的约化场强下,气压越高,位置分辨越好,这是因为,在相同约化场强条件(即单个电子离子放大倍数相同)下,气压越高,原始电离越多,信号幅度增大,导致位置分辨变好;在较低气压下可得到很大的约化场强。

若仅从位置分辨的因素考虑,LPMWPC应尽可能在较低气压下使用,但实际使用过程中,除位置分辨之外,还需考虑探测效率、时间分辨以及探测器的使用效率等因素。

总之,LPMWPC在800~1 300 Pa气压条件下均可获得好的位置分辨(约1 mm),能满足对靶前束流的定位需求。在实际使用中,需

综合考虑其它各种因素,尽可能提高工作气体压强。

作者感谢日本理化学研究所的 I. Tanihata 教授和 A. Ozawa 博士在研究过程中给予的帮助。

参考文献:

- [1] 谭继廉,张金霞,吴博冰,等. 用于中能重离子的组合式充气探测器[J]. 核电子学与探测技术, 1996, 16(1):1-5.
TAN Jilian, ZHANG Jinxia, WU Bobing, et al. A combination type gas-filled detector for heavy ions with intermediate energies[J]. Nuclear Electronics & Detection Technology, 1996, 16(1):1-5(in Chinese).
- [2] OTTINI-HUSTACHE S, MAZUR S, AUGER C, et al. CATS, a low pressure multiwire proportional chamber for secondary beam tracking at GANIL[J]. Nucl Instrum Methods, 1999,

A431:476-478.

- [3] ASSAMAGAN K, BARKER K, BAYATYAN G, et al. Time-zero fission-fragment detector based on low-pressure multiwire proportional chambers[J]. Nucl Instrum Methods, 1999, A426:405-419.
- [4] YE Y L, DI Z Y, LI Z H, et al. Study and application of low pressure multi-wire proportional chambers[J]. Nucl Instrum Methods, 2003, A515: 718-824.
- [5] 李智焕,陈陶,叶沿林,等. 低压多丝正比室及其在放射性束流实验中的应用[J]. 高能物理与核物理, 2002, 26(9):964-970.
LI Zhihuan, CHEN Tao, YE Yanlin, et al. Low pressure multiwire proportional chamber and its application to radioactive ion beam experiment [J]. High Energy Physics and Nuclear Physics, 2002, 26(9):964-970(in Chinese).