

一种多阳极横向场电离室*

胡正国¹⁾ 郭忠言 詹文龙 肖国青 徐珊珊 孙志宇 王猛
毛瑞士 陈志强 陈立新 李琛 白洁 张金霞 李存藩

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘要 描述了一种将用于兰州放射性束流线较重离子鉴别的多阳极横向场电离室,对其性能进行了初步测试,得到该电离室有较长的坪区和较好的能量分辨.在 10^4 Pa 的 P10 工作气体(10% CH_4 + 90% Ar)下,坪区长度为 700V.对 ^{244}Cm α 放射源,在第 4 片阳极对应的灵敏区域能量损失为 1.30MeV,能量分辨 41.1keV,相对能量分辨约 3.16%.

关键词 多阳极横向场电离室 RIBLL 粒子鉴别 坪曲线

1 引言

自 1985 年 I. Tanihata 等^[1]在劳伦斯伯克利实验室(LBL)使用放射性次级束流实验以来,放射性核物理已成为核科学最具活力的前沿研究领域.目前,世界上许多主要的核物理实验室先后都建立各具特色的放射性束流装置,如 LISE/GANIL^[2], A1200/MSU^[3], RIPS/RIKEN^[4], FRS/GSI^[5], RIBLL/IMP^[6]等.放射性核束装置是产生和鉴别远离 β 稳定线新核素的十分成功和有效的工具,也为放射性核束反应机制研究,远离 β 稳定线核性质、结构、衰变特性研究,核天体物理等相关科学研究开辟了广阔空间.

为了更好地开展放射性束(RIB)物理实验研究,我们为兰州重离子加速器放射性次级束流线(RIBLL)设计并研制了一批诊断和探测装置^[7].多阳极横向场气体电离室(MAIC)是新近研制的一种鉴别较重离子的探测器.

气体电离室是核物理实验使用最早也是最常用的探测器之一.它具有明显的无可替代的优点,如厚度均匀、可调,有效面积和体积可按需要随意设计,成本低廉等特点.在相对低的能量范围,气体电

离室具有能量分辨适中、低探测阈、大的有效面积和低成本等优点.目前比较常见的气体电离室的结构有以下 3 种:纵向场电离室、横向场电离室和极板带有倾角的电离室.纵向场电离室就是粒子入射方向和电离室极间的电场方向平行.横向场电离室就是粒子入射方向和电离室极间的电场方向垂直.极板带有倾角的电离室也即入射粒子的方向和极间电场的方向有一定的倾角.3 种电离室的计数率比较,横向场电离室最高,极板带有倾角的电离室次之,纵向场电离室最低.横向场电离室和纵向场电离室的能量分辨相近,而极板带有倾角的电离室的能量分辨相对较差.

MAIC 是用于 RIB 实验中粒子尤其是较重粒子鉴别的阳极分块、共用阴极的横向场屏栅气体电离室.阳极分为大小面积不等的 4 块可以进行多次取样,从而可以对不同的反应产物进行收集.

2 电离室的结构

MAIC 采用大入射窗、阳极分块、共用阴极、加屏蔽栅极和均压环的结构,图 1 为此电离室芯体的实物照片.入射窗和出射窗为单面镀金 Mylar 膜, Mylar

2002-12-17 收稿

* 国家自然科学基金(19975059, 19825115, 19735051), 国家重点基础研究发展规划项目(G2000077400, G2000077401, G2000077404)资助

1) E-mail: zhgxiaojuan@impcas.ac.cn

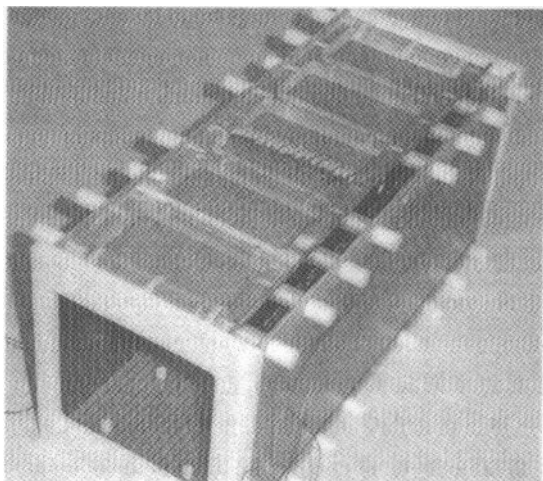


图 1 电离室芯体照片

膜厚 $6\mu\text{m}$, 有效面积为 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$. 窗框架上用 $\phi 0.1\text{mm}$ 的不锈钢丝绷成 5×5 单元的网格支撑窗膜. 阳极板由 $299\text{mm} \times 116\text{mm}$ 的单面 PC 板制成, 分为 6 块, 长度分别为 9, 20, 40, 80, 136, 9mm. 每块接一个 $10\text{M}\Omega$ 的高精度分压电阻. 9mm 的 2 块与其余 4 块加相同电压, 但不取信号, 保证中间 4 阳极区域电场均匀. Frisch 栅由 288 根直径 $25\mu\text{m}$ 镀金钨丝布成, 丝的间距为 1mm, Frisch 栅与阳极相距 15.5mm. 阴极由一块 $299\text{mm} \times 116\text{mm}$ 单面 PC 板制成, 阴极与 Frisch grid 间距为 100mm. 电离室芯两侧的均压环由 1.5mm 厚双面 PC 板刻条制成, 条宽 1mm, 中心间隔 5mm. 均压环的出射窗与入射窗部分由 $\phi 100\mu\text{m}$ 镀金钨丝构成. 各环之间通过 $10\text{M}\Omega$ 的高精度电阻串在一起, 环一端与 Frisch 栅连接, 另一端通过 $10\text{M}\Omega$ 电阻与阴极相连, 这样可以保证电离室工作体积内的电场均匀. 电离室芯体放在 $320\text{mm} \times 158.6\text{mm} \times 167.6\text{mm}$ 的不锈钢腔体内.

3 电离室性能简单测试

MAIC 被放入真空室中, 采用流气式工作方式. 工作气体为 P10, 工作气压 100mb. 气体稳压系统如参考文献[8]中所示. 阳极加正高压, 阴极上加负高压, Frisch 栅接地. 电离室工作电压通过高压插座馈送, 输出信号通过 BNC 电缆连接. 当入射带电粒子进入探测器灵敏体积内时, 将工作气体电离, 电子和正离子在电场作用下分别向阳极和阴极漂移. 约化场强 (E/P) 的选取应保证电离室工作在坪区中间且电子应有较大的迁移率, 这样电子-离子对复合率低, 阳极输出脉冲幅度稳定, 能量线性和能量分辨

好, 上升时间也较快.

图 2 为电离室测试的电子学框图. 我们将阴极信号通过电荷灵敏前置放大器和主放大器放大, 主放大器输出的双极性信号进入时间单道 ORTEC552 过零甄别, 然后进入 ORTEC CO4010 成形, 作为 CAMAC ADC 的门信号. 4 块阳极信号分别通过电荷灵敏前置放大器和主放大器放大, 进入展宽器延迟, 再进入 CAMAC ADC 进行数据采集. 阴极由主放引出的单极性信号经过延迟后也进入 CAMAC ADC. RIBLL 的数据获取系统将数据以事件列表方式记录到计算机硬盘, 以便离线分析处理.

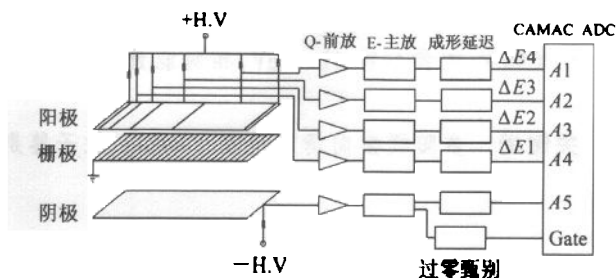


图 2 MAIC 性能测试电子学框图

Q-前置 ORTEC142A 成形延迟 ORTEC542
 E-主放 ORTEC572 过零甄别 ORTEC552
 CAMAC ADC Phillips7186.

3.1 工作坪区

电离室利用 P10(90% Ar + 10% CH₄) 工作气体, 工作在流气状态下, 工作气压 10^4Pa , 在自动稳压系统的控制下, 气压的绝对变化在 50Pa 以内. 3 组分 α 放射源 (5.155MeV ²³⁹Pu, 5.486MeV ²⁴¹Am, 5.806MeV ²⁴⁴Cm), 放置在长 12cm 的准直光阑前面, 两光阑孔径 5mm, 相距 12cm, 距电离室入射窗 2cm.

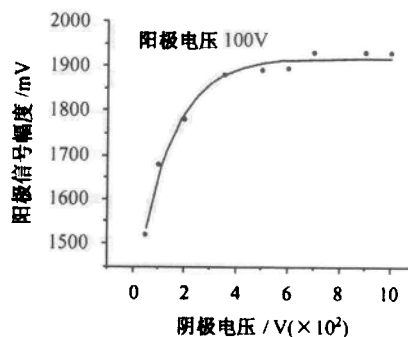


图 3 电离室的阴极信号随阳极电压变化的曲线

经过预先测试, 我们将阳极电压固定在 +100V, 然后改变阴极电压, 得到了阳极的输出幅度随阴极

电压变化的曲线,如图 3 所示.从图中我们可以看出,电离室的工作坪区从 -300 到 -1000V ,即整个坪区长度为 700V ,这对我们以后使用此种电离室给出了很有价值的的数据.

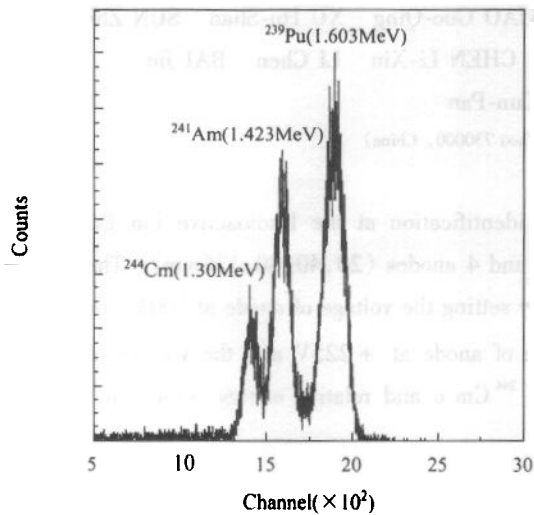


图 4 MAIC 第 4 块阳极测量的 3 组分 α 粒子能量损失谱

3.2 能量分辨

由于 3 组分 α 放射源的能量偏低,考虑到同时在 4 个阳极上都能探测到信号,电离室的工作气压不能很高,确定工作气压 10^4Pa ,能保证 α 粒子到达第 4 阳极对应区域.因此,前 3 个阳极的信号噪声比较差,能量分辨也较差,只有面积大的第 4 块可以将 3 组分 α 放射源较好地分辨开来.3 组分 α 放射源经过一层窗和前面 3 块阳极之后,进入第 4 块阳极前能量分别变为 ^{239}Pu : 3.083MeV , ^{241}Am : 3.522MeV , ^{244}Cm : 3.936MeV ,在第 4 块阳极区域内的能量损失 ΔE 对应分别为: 1.603MeV , 1.423MeV ,

1.30MeV .图 4 所示为阳极 $+225\text{V}$,阴极 -700V 时的对于 3 组分 α 源在上述条件下第 4 块阳极测量的 α 能谱图.我们用 ΔE 的值将能谱进行刻度,得出每道对应的能量值,然后将 ^{244}Cm 1.30MeV α 粒子能量损失的能谱进行高斯拟合,得到的半宽高度 ($FWHM$)即能量分辨为 41.1keV ,相对能量分辨 $\eta = \frac{FWHM}{\Delta E}$ 为 3.16% .如果考虑 α 粒子在入射窗和电离室灵敏体积和电离室死区中的能量分散、窗的厚度不均匀性、进入第 4 块阳极对应区域之前的路径分散的修正,能量分辨会更好.

4 结论和讨论

坪曲线是气体探测器性能的一项重要指标,通常一个性能良好的气体探测器坪区较长,坪斜较小.坪长太短,探测器将无法稳定工作.从所测的坪曲线看,该电离室坪区较长,坪斜很小.

能量分辨对于该电离室也极为重要,它决定了 RIBLL 鉴别粒子的能力.该电离室对于 1.30MeV ^{244}Cm 粒子能量分辨为 3.16% ,对于较重的离子将会有更好的分辨能力.

目前为止,HIRFL 提供的较轻重离子束流能量较高,如 ^{20}Ne ,可以达到 80MeV/u ,对于较重的离子,如 $A > 50$,能量偏低,因而,RIBLL 分离出的 RIB 能量也偏低,不能用 Si 半导体探测器进行粒子鉴别,该 MAIC 就是为鉴别这样的 RIB 研制的,它探测阈值低,能损小,很适合鉴别较重离子.从简单测试结果初步看出,它有较大灵敏面积,较长的坪,较好的能量分辨.电离室的更多的性能测试,如粒子鉴别能力 (Z 分辨),能量分辨,线性,探测效率,计数率能力等,将在 RIBLL 上在束进行.

参考文献 (References)

- 1 Tanihata I, Hamagaki H, Hashimoto O et al. Phys. Rev. Lett., 1985, **55**:2676—2679
- 2 Anne R, Bazin D, Mueller A C et al. N.I.M., 1987, **A257**:215—232
- 3 Sherrill B M et al. N.I.M., 1991, **B56/57**:1106—1110
- 4 Kubo T, Ishihara M, Inabe N et al. N.I.M., 1992, **B70**:309—319
- 5 Geissel H, Armbruster P, Behr K H et al. N.I.M., 1992, **B70**:286—297
- 6 ZHAN Wen-Long, GUO Zhong-Yan, LIU Guan-Hua et al. Science in China, 1999, **A42**(5):528—536
- 7 GUO Zhong-Yan, ZHAN Wen-Long, SUN Zhi-Yu et al. Nuclear Electronics and Detection Technology, 1999, **19**(5):321—325 (in Chinese) (郭忠言,詹文龙,孙志宇等.核电子学与探测技术,1999,19(5):321—325)
- 8 WANG Meng, GUO Zhong-Yan, ZHAN Wen-Long et al. Nuclear Techniques, 2003, **26**(3):245—248 (in Chinese) (王猛,郭忠言,詹文龙等.核技术,2003,26(3):245—248)

A Multi-Anode Transverse Field Gas Ionization Chamber*

HU Zheng-Guo¹⁾ GUO Zhong-Yan ZHAN Wen-Long XIAO Guo-Qing XU Hu-Shan SUN Zhi-Yu
WANG Meng MAO Rui-Shi CHEN Zhi-Qiang CHEN Li-Xin LI Chen BAI Jie
ZHANG Jin-Xia LI Cun-Pan

(Institute of Modern Physics, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract A transverse field gas ionization chamber for particle identification at the Radioactive Ion Beam Line in Lanzhou (RIBLL) is described. It consists of cathode, Frisch grid and 4 anodes (20, 40, 80, 136mm). The MAIC was measured at 10^4 Pa of operating gas P10 (10% CH_4 + 90% Ar). By setting the voltage of anode at 100V, the plateau of the MAIC is 700V varying from -300V to -1000V. With voltage of anode at +225V and the voltage of cathode at -700V, the energy resolution of MAIC is 41.1keV for 1.30 MeV ^{244}Cm α and relative energy resolution ($\Delta E/E$) is 3.16% at the fourth anode.

Key words multi-anode transverse field gas ionization chamber, particle identification, plateau

Received 17 December 2002

* Supported by National Natural Science Foundation of China (19975059, 19825115, 19735051) and Major State Basic Research Development Program (G2000077400, G2000077401, G2000077404)

1) E-mail: zhgxiaojuan@impcas.ac.cn