

一个新型的电离室望远镜

李松林 胡晓庆 诸永泰 王晓明
王高昇 谢元祥 沈文庆
(中国科学院兰州近代物理研究所, 兰州)

摘 要

本文介绍了一个具有纵向电场的电离室望远镜, 它由两个串接的直射式气体电离室和一个位置灵敏半导体探测器组成。入射粒子的轨迹平行于探测器的电场方向, 它的主要优点是: (1) 可以兼顾轻、重粒子的分辨要求, (2) 好的位置分辨, 可以在较小的体积内保证较大的立体角(张角约 14°)。

一、原理与结构

确定核反应产物的核电荷 Z 在许多重离子核反应研究中是必须的。为了鉴别核反应产物, 按物理上的特定要求, 我们研制了一个具有纵向电场的电离室望远镜, 它的简单工作原理如图 1 所示。入射粒子在距离阳极 x 处产生一个电荷 q , 那么在电离室阳极上感应的电流为:

$$I = \frac{dq}{dt} q v_{dr} / a$$

其中 v_{dr} 是电子在电离室中的漂移速度, a 为阴极到阳极间的距离, 则相应的电压讯号为:

$$U(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t I(t) dt = \frac{qx}{Ca}$$

在这里 C 是电离室的电容。如果假设粒子在电离室中损失的能量相对于它所具有的总能量比较小的话, 那么可以认为粒子穿越整个电离室时所产生的电离是均匀的, 则在电离室阳极上感应的电压为:

$$U_M = \frac{N_c}{2C}$$

其中 N_c 是粒子穿越电离室时产生的总电荷数。由此可见, 这种电离室的输出脉冲幅度是与粒子在电离室中的总能损成正比。

根据上述原理所设计的电离室阳极一般为几百 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 的金属膜, 粒子穿过金属膜时的能损对电离室的输出脉冲无贡献, 因此对比较低的能量或比较重的粒子, 这部份能损

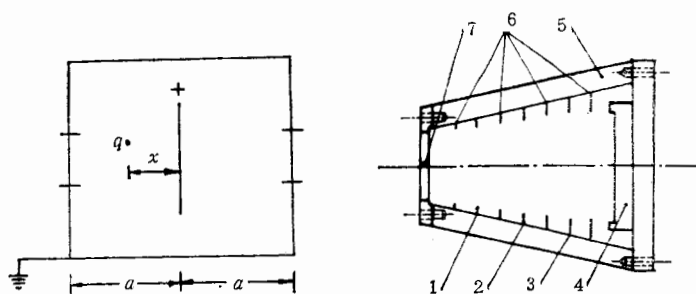


图1 纵向电场电离室的简单工作原理图

图2 双 ΔE 纵向电场电离室结构图

1. ΔE_1 阳极 2. 地 3. ΔE_2 阳极 4. E 探测器 5. 电离室外壳 6. 等压环 7. 入射窗

是不可忽略的,它将影响粒子的分辨和能量分辨。为了克服这个缺点,我们设计了一个新的电离室^[2],其结构如图2所示。电离室的外壳是有机玻璃,呈梯形结构,入射窗为 $2\mu\text{m}$ 的Mylar膜蒸上 $30\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 铝接地作为电离室 ΔE_1 的一个阴极,电离室后部装有一块 $500\mu\text{m}$ 厚,有效面积为 $8 \times 47\text{mm}^2$ 的位置灵敏半导体金硅面垒探测器。这个电离室分为两个串接的 ΔE (也可作为一个 ΔE),有效灵敏区长度为 80mm , ΔE_1 与 ΔE_2 各为 40mm , ΔE_1 与 ΔE_2 的中心阳极各为一个矩形孔的金属框,为了有效地收集入射粒子在电离室中的电离电荷,在阳极的两侧装有两个等压框以形成向阳极框聚焦的电场。为得到可靠的依据,我们对这个电离室进行了电场计算,结果在图3中表示。

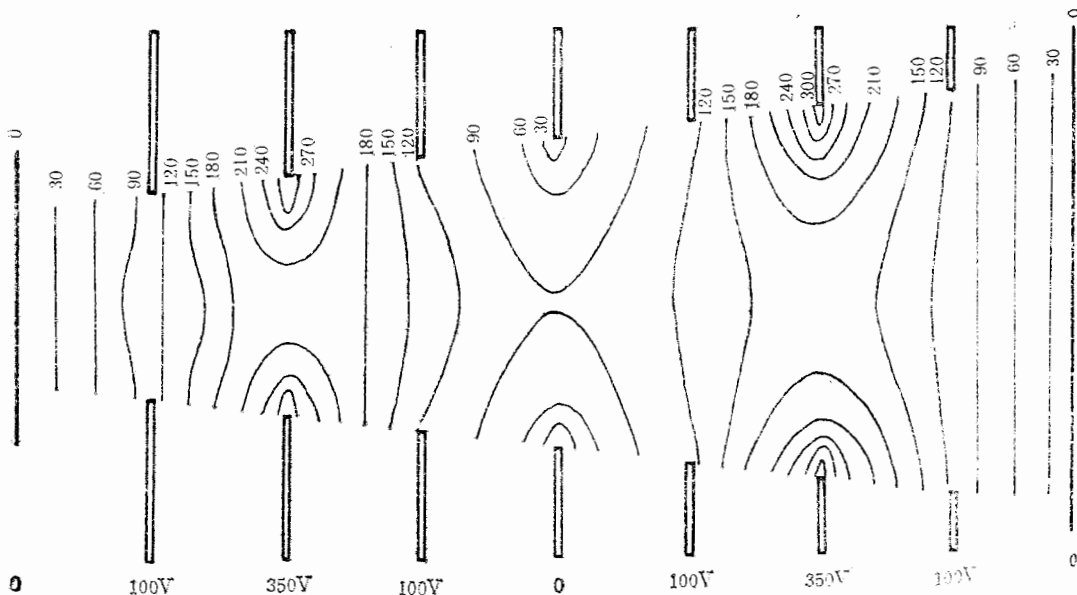


图3 电离室灵敏区电场分布图

二、测试结果

我们用 Th-Th'c, α 源对电离室望远镜进行了初步测试^[2]。工作气体为 90% Ar + 10% CH₄, 压力为 300mb, 流气式工作。我们按所测得的坪曲线选定了各电极的电压: ΔE_1 与 ΔE_2 阳极电压为 600V, 等压极均为 200V。半导体位置灵敏探测器前放置了一个条栅, 条栅共有 16 个等间距的缝隙, 两缝中心距为 3mm, 缝宽为 0.5mm, 利用半导体致冷器对半导体探测器进行了致冷。我们用 Multi-20 进行了四参数关联测量, 测试的结果在图 4 中表示。

在荷兰 KVI 加速器上利用 10.8MeV/A ²⁰Ne + ¹⁹⁷Au 靶上的弹性散射测定了这个电离室望远镜的能量和位置分辨^[3]。图 5a 表示反应产物的能量与位置的关联谱, 曲线上方的浓线对应于弹散, 弹散峰的能量分辨约为 1%。接近座标零点左侧的切断是由于电荷分除的简化造成的, 它可以通过离线数据分析的软件加以改善, 图 5b 表示的是用弹散能量开窗的位置谱, 这个数据用卢瑟福散射截面拟合, 沿着实验数据的曲线是计算的卢瑟福散射截面。在 9.6°—22.4° 角区内实验数据与计算值很好地符合。10.8MeV/A ²⁰Ne + ¹⁹⁷Au 的擦边角为 33°。根据位置谱边缘的锐截止可以估计的位置分辨好于 0.5mm (全谱相当于 47mm)。

在 216MeV ²⁰Ne + ²⁷Al 的实验中, 电离室充有 70mb 力的 90% Ar + 10% CH₄, ΔE_1

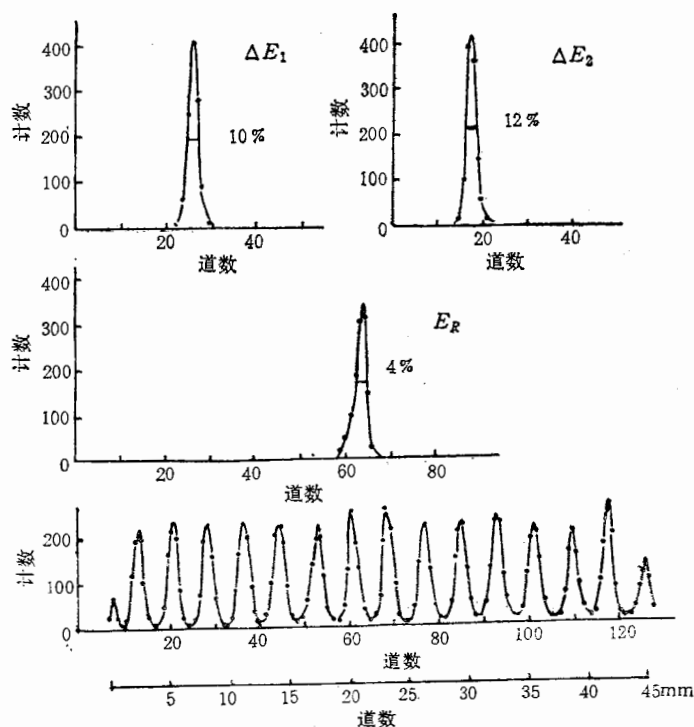
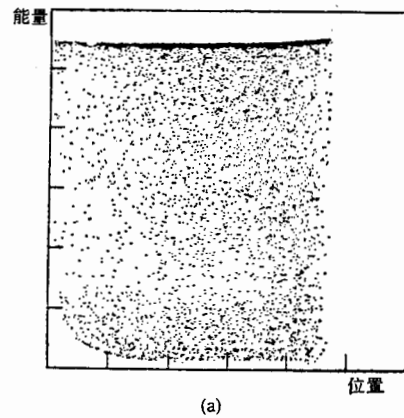
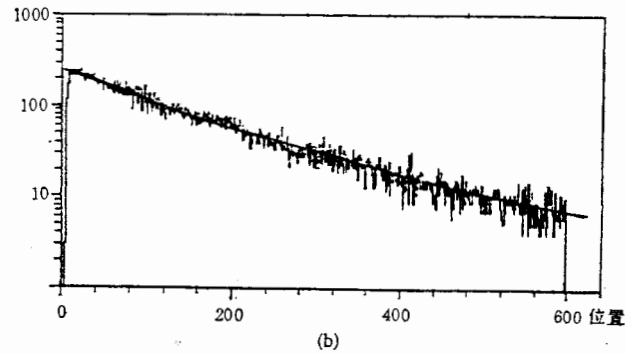


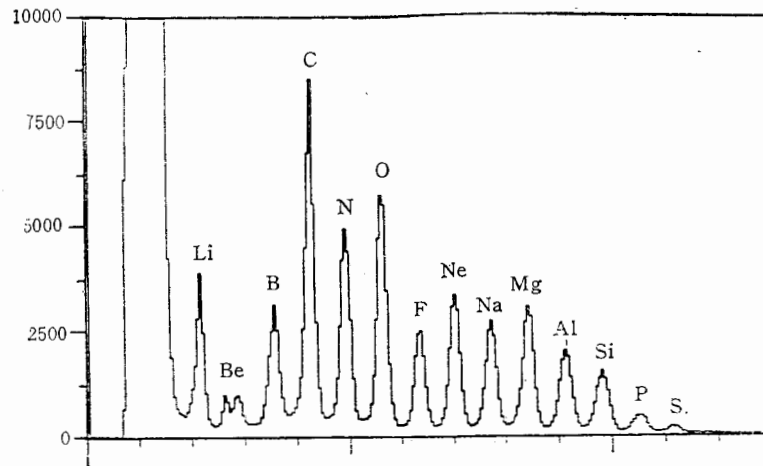
图 4 利用 6.05MeV α 粒子对电离室望远镜的测试结果



(a)



(b)

图 5 利用 ^{20}Ne 在 ^{197}Au 靶上的弹性散射粒子测试的结果图 6 用 $(\Delta E_1 + \Delta E_2) - E$ 方法鉴别粒子得到的电荷分布
$$^{20}\text{Ne} + ^{27}\text{Al} \ 216\text{MeV} \ \theta_{LHI} \ 21.6^\circ - 34.4^\circ$$

与 ΔE_2 阳极电压各为 300V, 等压环均为 100V, 电离室望远镜放置的中心角为 28° , 复盖角为 $\pm 6.4^\circ$, 我们在电离室入射窗前放置带有负偏压的 $1\mu\text{m}$ 厚的 Al 膜以抑制来自靶上的次级电子。测得的类弹碎片 $(\Delta E_1 + \Delta E_2) - E$ 二维谱按元素带积分后得到的元素

Z
分必
影
窗

R.

[1
[2
[3tior
tory
cha
ical
pos
lati

Z 的分布图表示在图 6。由图中可见, 不仅可把 He 至 S 的各种元素清晰地分开, 而且可分开 ^{7}Be 和 ^{9}Be 两种同位素。

三、讨 论

从图 3 的该电离室静电场分布来看, 电离室的中心附近存在一个电场较弱的区, 这势必会造成电离电子在该区漂移速度的减慢, 在脉冲上升时间上有一个较大的离散, 这将会影响电离室的时间分辨。可以预期, 如果改善这个电离室的电场分布并且在电离室入射窗用磁场来偏转干扰的次级电子, 还可进一步改善现有的粒子分辨。

作者们感谢 Volkswagen Stiftung (西德大众汽车公司基金会) 对本工作的资助及 R. Bock 教授和 R. H. Siemssen 教授对本工作的关心。

参 考 文 献

- [1] 范国英等, 中国科学院近物所年报, 1982 年。
- [2] 李松林等, 中国科学院近物所年报, 1986 年。
- [3] 胡晓庆等, 中国科学院近物所年报, 1986 年。

A NEW TYPE OF IONIZATION CHAMBER TELESCOPE

LI SONGLIN HU XIAOQING ZHU YONGTAI WANG XIAOMING
WANG GAOSHENG XIE YUANXIANG SHEN WENQING

(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou*)

ABSTRACT

A new type of ionization chamber telescope is introduced which consists of two ionization chambers in series followed by a position sensitive semiconductor Si detector. The trajectory of the incident particles is parallel to the direction of the electric field in the ionization chamber. The advantages of this type of the detector are as follows: (1) its wide dynamical range allows the resolution for light particles as well as the heavy elements; (2) its good position resolution, makes it possible to cover a large solid (subtended about 14°) with a relatively smaller detector size.