

112 - 222  
Препринт ЕФИ-1226(12)-90

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



А.С.АЛЕКСАНЯН, А.В.ВОСКАНЯН, А.В.ГРИГОРЯН,  
Г.К.МЕГРАБЯН, К.А.МОВСИСЯН

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ПРОЕКЦИОННАЯ КАМЕРА  
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ  
СОЛЬНОИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

ЦНИИатоминформ  
ЕРЕВАН-1990



УДК 539.1.074

А.С.АЛЕКСАНЯН, А.В.ВОСКАНЯН, А.В.ГРИГОРЯН,  
Г.К.МЕГРАБЯН, К.А.МОВСИСЯН

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ПРОЕКЦИОННАЯ КАМЕРА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ  
И ИДЕНТИФИКАЦИИ СИЛЬНОИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

В работе приведены характеристики и описана процедура восстановления пространственной картины пробега частиц в проекционной камере с автоматизированным съемом информации. Показано, что если использовать размеры профиля пучка, то с помощью двух взаимно перпендикулярных МПК и дрейфового промежутка можно восстановить пространственную картину и определить кинематические параметры вылетающей сильноионизирующей частицы: энергию, пробег, полярный и азимутальный углы, а также точку взаимодействия первичного пучка с ядром мишени. С помощью двух параметров-энергии и пробега-исследована методика идентификации частиц при низких значениях энергии  $T < 5$  МэВ для изотопов  $He$  и  $T < 15$  МэВ для  $Li$

Ереванский физический институт

Ереван 1990

A.S.ALEKSANIAN, A.V.GRIGORIAN, G.K.MEHRABIAN,  
K.A.MOVSISIAN, A.V.VOSKANIAN

A SPATIAL PROJECTION CHAMBER FOR DETECTION AND INVESTIGATION  
OF HIGHLY IONIZING PARTICLES

The procedure of restoration of the spatial picture of particles path in the projection chamber with an automated data extraction is described and its characteristics are presented. It is shown that when using the beam profile size, then by means of two mutually parallel MWPC and the drift gap it is possible to restore the spatial picture and determine the kinetic parameters of an escaping highly ionizing particle: energy, path, polar and azimuth angles, and the point of interaction of the incident beam with the target nuclei. By means of two parameters, the energy and the path, the technique of particle identification at low energies,  $T < 5$  MeV for He isotopes and  $T < 15$  MeV for Li, is investigated.

Yerevan Physics Institute  
Yerevan 1990

Пропорциональные камеры с дрейфовым промежутком впервые использовались для ионизационных измерений в работах [1,2].

Детекторы такого типа при современных условиях развития электроники можно успешно применять для регистрации и идентификации осколков деления и ядер отдачи, останавливающихся в газовом объеме дрейфового промежутка. Энергетическое разрешение таких детекторов равно  $\approx 3\%$  для  $\alpha$ -частиц [3].

В работе [4] исследованы характеристики проекционной камеры и показано, что при съеме информации одновременно с отклоненных нитей сигнальных и катодных осколков можно получить более полную информацию о ядре отдачи: молярном и азимутальном углах влета частицы, длине проекции, энергии, массе.

В настоящей работе приводятся описание и основные характеристики трехкоординатной проекционной камеры с автоматизированным съемом информации с двух взаимно перпендикулярных ПЗС. В работе приводится также метод восстановления трехмерной картины и идентификации частиц, останавливающихся в дрейфовом промежутке.

Детектор позволяет

-измерить полный заряд от МПК и найти энергию частицы

учетом поправки угловой зависимости величины сигнала;

-измерить длительность сигнала от МПК и определять проекцию остаточного пробега частицы вдоль направления электрического поля дрейфового промежутка;

-по числу и номеру срабатываемых проволочек определить две другие проекции остаточного пробега на плоскости МПК.

Измеренные величины позволяют восстановить полную информацию параметров частиц, останавливающихся в дрейфовом промежутке: энергию, пробег, полярный и азимутальный углы, точку взаимодействия первичной частицы с ядром мишени.

#### Экспериментальная установка

Конструктивно детектор состоит из двух взаимно перпендикулярных МПК и дрейфового промежутка (рис.1). Сигнальные электроды МПК с рабочими площадями  $50 \times 50 \text{ мм}^2$  выполнены из позолоченной вольфрамовой проволоки диаметром 25 мкм. Шаг намотки сигнальных проволочек 2 мм. Высоковольтные электроды из бериллиевой бронзы диаметром 100 мм с шагом намотки 1 мм располагались на расстоянии 6 мм от сигнального электрода. Ширина дрейфового зазора составляла 5,5 см.

При исследовании характеристик проекционной камеры использовалась смесь  $\text{Ne} + 5\% \text{CH}_4$ . Малое количество добавки метана связано с одновременным использованием рабочего газа камеры как мишени для исследования процессов фрагментации при взаимодействии с первичными пучками, а также для увеличения скорости дрейфа электронов. В качестве рабочих газов предусмотрено ис-

пользование также газов He , Ar , Xe с незначительными добавками  $\text{CH}_4$ . Кроме газообразных мишеней возможно также использование разных твердых пленок в виде кассет [5].

Камера экспонировалась пучком  $\alpha$ -частиц от источника  $\text{Ra}^{226}$  с энергетическими линиями 4782, 5490, 6002 и 7887 кэВ, помещенного в коллиматор. На рис.2 показана блок-схема электронной системы установки. Электронная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК со связью с ЭВМ "Электроника-60".  $\alpha$ -частицы, прошедшие через оба МПК, останавливались в дрейфовом промежутке. Сигналы МПК через предусилители и формирователи после схемы совпадений поступали на вход "старт"-время цифрового преобразователя. Одновременно от II МПК сигнал поступал на вход "заряд" цифрового преобразователя. Длительность "строб" импульса на ЗЦП формировалась в блоке "таймер" и соответствовала длительности импульса от II МПК. На рис.3 приведены энергетические спектры  $\alpha$ -частиц при трех значениях остаточного пробега. Четвертый спектр соответствует линии 7687 КэВ, которая в дрейфовом промежутке не останавливается. На рис.4 представлена зависимость длительности импульса с II МПК от остаточного пробега в дрейфовом промежутке. Энергетическое разрешение детектора, определенное по этим спектрам, составляет 150-200 КэВ, а проекцию пробега частицы можно определить с точностью  $\Delta R \pm 1,5$  мм без вычета вкладов, связанных с энергетическим разбросом источника и с угловым разбросом из-за коллимации.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧАСТИЦ

Для восстановления пространственной картины в дрейфовом промежутке при выполнении геометрических параметров частицы детектор располагается тогда образом, чтобы первичный пучок электронов параллельно силовым проволокам I-ой камеры (рис. 3). В этом, как видно из рисунка, можно определить следующие координаты частицы:

$$R_x = x_2 - x_1; \quad R_y = y_1; \quad R_z = z_1$$

где  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  — координаты проекции проволоки I-ой камеры относительно силовых проволок. Если обозначить  $z_1$  и  $x_1$  расстояния силовых проволок I-ой и II-ой камер от оси пучка, соответственно

$$R_x = x_2 - x_1; \quad R_y = y_1 / 20(R_z + z_1) - y_1, \quad R_z = z_1$$

где  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  — проекции пролета в дрейфовом промежутке,  $z_1$  — длительность импульса во II-ой камере. С учетом расположения первичного пучка относительно двух МПК можно вычислить

$$L_x = \frac{(R_z + z_1)(x_2 - x_1)}{R_x}; \quad L_y = \frac{y_1}{z_0} (R_z + z_1); \quad L_z = R_z + z_1;$$

и соответственно

$$L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2}; \quad \chi = x_2 - R_x; \quad \alpha = \arccos \frac{L_x}{L}; \quad \beta = \arctg \frac{y_1}{z_0};$$

где  $L$  — полный пробег сильноионизирующей частицы,  $\chi$  — точка взаимодействия пучка,  $\alpha$  и  $\beta$  — полярный и азимутальный углы.

Алгоритм идентификации легких заряженных фрагментов ( $Z = 1, 2$ ) с помощью проекционной камеры основан по аналогии с полупроводниковыми детекторами на справедливости следующего соотношения пробег-энергии [6] :

$$R(T) \approx \alpha T^{\beta},$$

где  $\alpha \approx 1/MZ^2$  - константа, зависящая от сорта регистрируемой частицы  $\beta \approx 1,75$ ,  $T$  - кинетическая энергия фрагментов.

Таким образом, выражение

$$ID = \frac{T^{\beta}}{R(T)}$$

характеризует тип регистрируемой частицы.

На рис.5 приведена зависимость функции ID от энергии частицы для P, He, Li, и Be. Как видно из рисунка, при энергиях  $< 5$  МэВ для He и  $< 15$  МэВ для Li функция ID зависит от энергий и данный алгоритм идентификации становится непригодным для разделения изотопов. Зависимость ID от энергии при низких энергиях фрагментов обусловлена рекомбинацией ионов в рабочем газе, что изменяет характер ионизационных потерь. Проведенный анализ зависимости ID от энергии показывает, что полученные кривые можно с большой точностью аппроксимировать функцией

$$F = \frac{T^{1.75}}{R(T)} (1 - e^{-\beta R^{-0.75}})$$

где константа  $\beta$  зависит только от рабочей смеси. При этом, как видно из рис.5 (пунктирные линии), если применять функцию

$$ID = \frac{T^{1.75}}{R(T)} (1 - e^{-\beta RT^{-0.75}})^{-1},$$

зависимость ID от энергии уменьшается и алгоритм можно применять при  $T \gg 1$  МэВ.

С учетом реальных ошибок измерения R и T проведено моделирование распределения функции идентификации для изотопов водорода и гелия. Результаты этих расчетов приведены на рис. 6. Как видно из полученных данных, гистограммы для функции ID указывают на удовлетворительное разделение частиц по массе и заряду.

В заключение отметим, что результаты данной работы явились основой для создания пространственной проекционной камеры большого размера с автоматизированным съемом информации, которую предполагается применять в экспериментах по исследованию взаимодействия фотонов с атомными ядрами с образованием легких фрагментов.

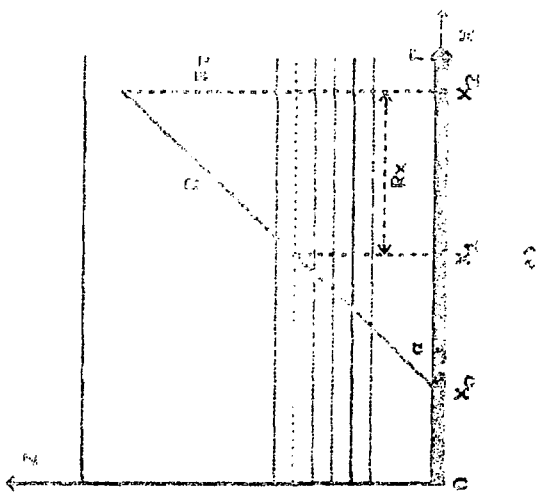
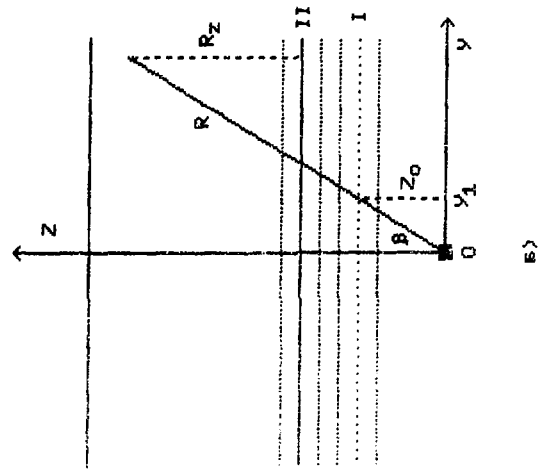


Fig. 1

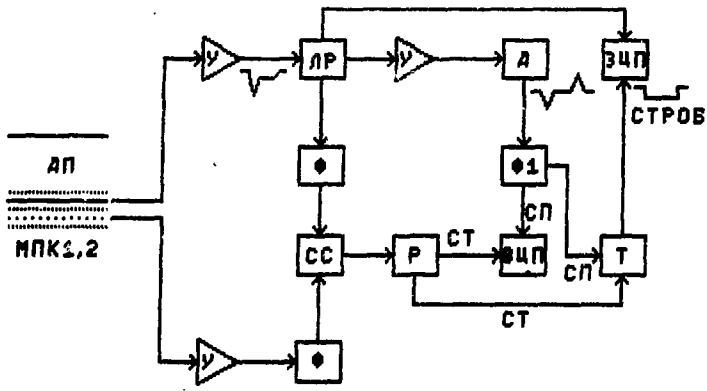


Рис. 2

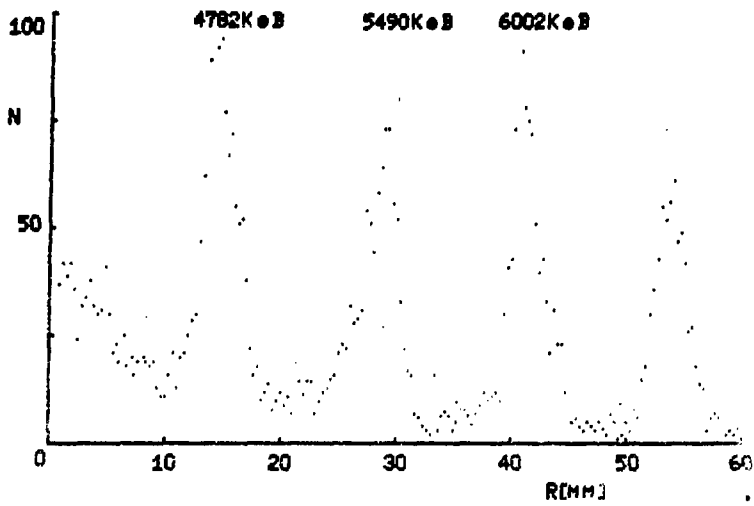


Рис. 3

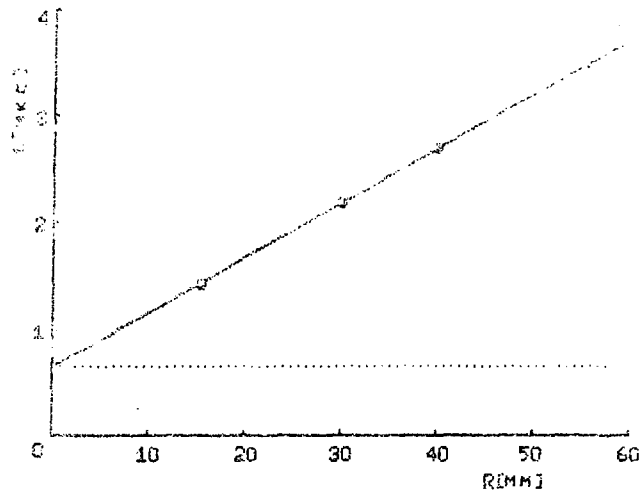


Рис. 4

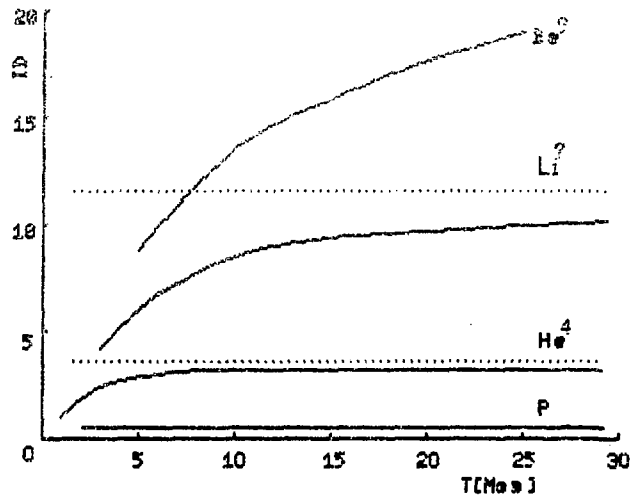


Рис. 5

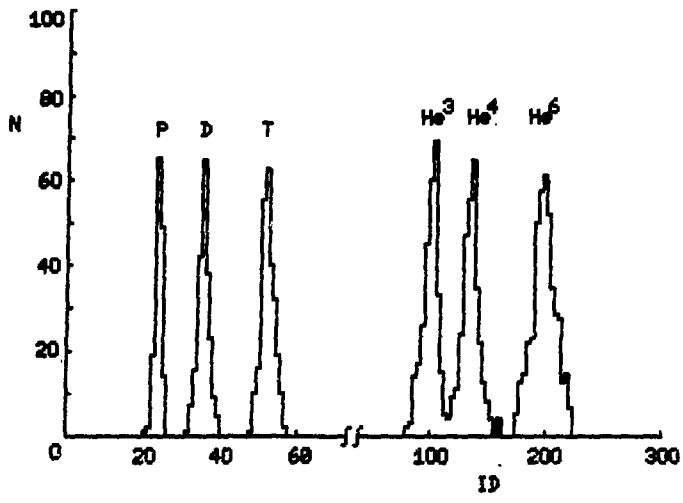


Рис.6

### ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схема расположения проекционной камеры на лучке гамма-квантов.

Рис.2 Блок-схема электроной аппаратуры проекционной камеры: У-усилители, ЛР-линейный разветвитель, Ф-формирователь, Ф1-формирователь положительного заднего фронта импульса, СС-схема совпадений, Р-разветвитель, Д-блок дифференцирования, Т-таймер, ВЦП-время-цифровой преобразователь, ЗЦП-заряд-цифровой преобразователь.

Рис.3 Энергетические спектры  $\alpha$ -частиц при разных значениях остаточного пробега.

Рис.4 Зависимость длительности импульса с П МРК от величины остаточного пробега в дрейфовом промежутке.

Рис.5 Зависимость функции идентификации от энергии частицы для Р, He, Li и Be. Сплошная кривая-результат расчета

$$\text{при } ID = \frac{T}{R}, \text{ пунктирная } ID = \frac{T}{R} (1 - e^{-\beta RT^{-0.75}})^{-1}.$$

Рис.6 Результаты моделирования значений функций идентификации для изотопов водорода и гелия с учетом ошибок измерения R и T. Для T  $2\sigma = 3\%$  ошибка R  $-\Delta R = \pm 1,5$  мм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- I. Материалы совещания по бесфильмовым искровым и стримерным камерам. Препринт ОИЯИ I3-4527, Дубна, 1969.  
Amato G., Bouclier R., Charpak G. et al. Some Research on the time, Space and Energy Resolution with Multiwire Proportional Chambers.  
Bressani T., Charpak G. et al. Track Lokalization by Means of a Drift Chamber.
2. Sikkema C. A Parallel Plate Ionization Chamber with Gas Multiplication NIM, 1970, vol.81, p.189.
3. Golovatyuk V.M., Peshekhonov V.D., Zanevsky Yu.V. A Proportional Chamber with a Drift Gas for Ionization Measurements. NIM, 1977, vol.140, p.259.
4. Мкртчян Г.Г., Пихтелев Р.Н. и др. Амплитудно-временной анализ для ядер отдачи в проекционной камере. Препринт ЕФИ-133(75), Ереван, 1975.
5. Алексанян А.С., Меграбян Г.К. и др. О возможности идентификации частиц с различными зарядами в фотоядерных реакциях. Журнал ПТЭ 1978, № 3, с.55.
6. Курашов А.А. Идентификация ионизирующих излучений средних и низких энергий. М.: Атомиздат, 1979.

Рукопись поступила 22 декабря 1969 г.

The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Alikhanian Brothers 2,  
Yerevan, 375036  
Armenia, USSR

А.С.АЛЕКСАНИАН, А.В.ВОСКАНИАН, А.В. ГРИГОРЯН, Г.К.МЕГРАБЯН,  
К.А.МОВСИСЯН

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ПРОЕКЦИОННАЯ КАМЕРА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И  
ИДЕНТИФИКАЦИИ СИЛЬНОИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

---

Подписано в печать 12/VI-90г. ВФ-01349      Формат 60x84/16  
Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,7      Тираж 299 экз. Ц. 10 к.  
Зак. тип. № 183      Индекс 3649

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, ул. Братьев Аликханян, 2

**ИНДЕКС 3649**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**