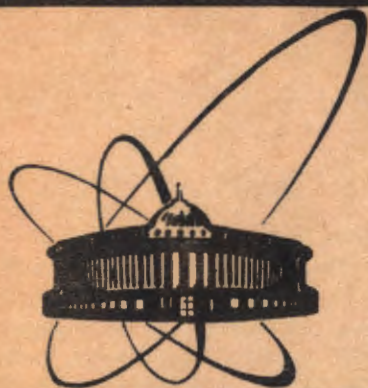


88-489



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3 276

13-88-489 e

Ю.В.Заневский, В.Д.Пешехонов, Б.Ситар*,
И.А.Тяпкин

ДЕТЕКТОР ОСТАНОВКИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
НА ОСНОВЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР

* Университет им. Коменского, Братислава, ЧССР

1988

ВВЕДЕНИЕ

Детектор остановки заряженных частиц представляет собой прибор, измеряющий пробег частиц в определенном веществе. Такие детекторы используют в различных областях физики и прикладных исследованиях, например, при измерении пробега /энергии/ ядер отдачи, протонной или ионной радиографии ^{1,2/}.

Разработанный нами детектор остановки /ДО/ применялся в эксперименте по радиографии на пучке ионов гелия с энергией 200 МэВ/нуклон ^{3/}. Оказывается, что медицинские диагностические методы на основе ионной радиографии обеспечивают качественное изображение объектов при поглощенных дозах, меньших на порядок, чем при использовании широко применяемых в медицинской практике ЕМІ-сканеров ^{4/}.

Детекторы остановки бывают различных типов, например, в работе ^{4/} применили 13 сцинтилляционных счетчиков толщиной 1,2 мм. Изготовление и применение в эксперименте тонких сцинтилляторов с размерами 300x300x1,2 мм³ приводит к ряду трудностей, связанных с тем, что:

- 1/ число фотонов в тонком сцинтилляторе небольшое,
- 2/ поглощение фотонов ошутимое,
- 3/ сбор света с тонкого сцинтиллятора оказывается непрос-
тым,
- 4/ возникают проблемы с креплением тонкого сцинтиллятора,
- 5/ изготовление таких сцинтилляторов с отклонениями по
толщине меньше 0,1 мм весьма не просто.

В разработанном нами детекторе остановки используются пропорциональные камеры /ПК/, обеспечивающие большие сигналы на выходе. В качестве катодов применяются алюминиевые фольги с небольшими отклонениями по толщине. Создание и эксплуатация детектора остановки на основе ПК не представляют особых трудностей.

КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРА

Детектор остановки представляет собой 12 независимых пропорциональных камер, размещенных в общем газовом контейнере /рис. 1/. Чувствительная площадь детектора 280x280 мм². Дюралевый кожух имеет с передней и задней стороны окна, закрытые майларовой пленкой.



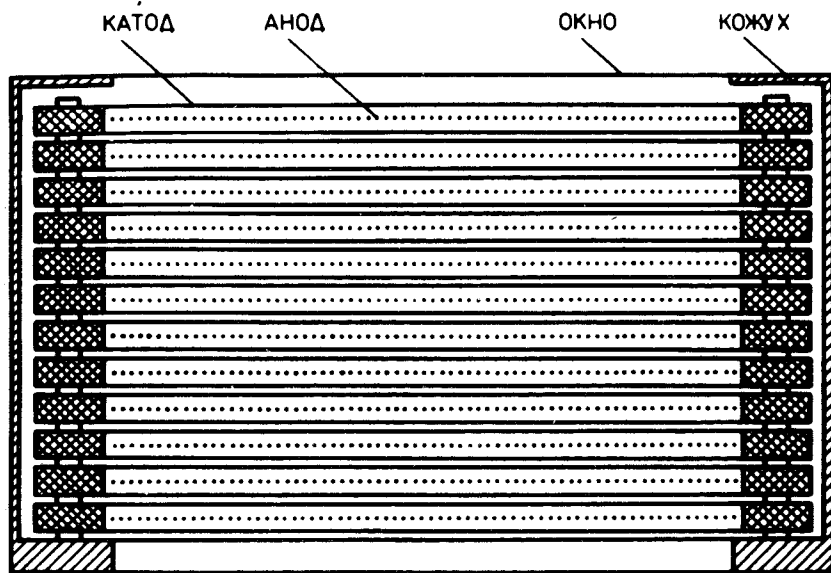


Рис. 1. Схема детектора остановки заряженных частиц.

Катоды каждой ПК изготовлены из алюминиевой фольги толщиной 175 мкм, расстояние между ними 12 мм. В середине между ними намотана плоскость анодных проволочек из позолоченного вольфрама диаметром 20 мкм. Шаг намотки 4 мм. Расстояние между катодами соседних ПК - 4 мм. Частицы при прохождении из одной ПК в другую пересекают две алюминиевые фольги общей толщиной 350 мкм, т.е. 0,095 г/см². Детектор продувается газовой смесью 82% Ar + 15% CO₂ + 3% C₂H₅OH.

В каждой ПК все анодные проволочки объединены, так как не было необходимости снимать координатную информацию. Сигналы с каждой анодной плоскости поступают через усилитель на годоскопический регистр типа R-206. Электронная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК. Информация обрабатывается на ЭВМ HP-2116B. Измерения характеристик ДО проводились в помощь β-источника, а затем на пучке ионов гелия синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДО

Характеристики ДО измерялись на пучке альфа-частиц с энергией 200 МэВ/нуклон. Схема установки для ионной радиографии показана на рис. 2. Пучок альфа-частиц проходит через поглотитель из оргстекла, прямоугольный сосуд с водой, в который по-

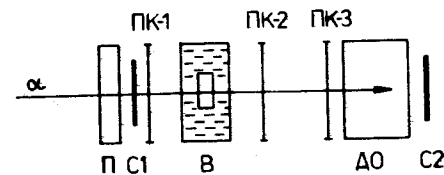


Рис. 2. Схема установки для ионной радиографии. П - поглотитель, С - сцинтилляционный счетчик, ПК - пропорциональная камера, ДО - детектор остановки.

мещаются измеряемые образцы /фантомы/, и останавливается в ДО, для чего подбирается соответствующая толщина поглотителя. Координаты траекторий α-частиц измеряются с помощью пропорциональных камер ПК1-3. Установка запускается сигналами сцинтилляционных счетчиков S₁ и S₂, ПК1-ПК3 и ДО, причем отбираются события с признаком /S₁·A₁·A₂·A₃·C₁·C₁₂·S₂/, где A₁-A₃ - сигналы с ПК; C₁, C₁₂ - сигналы с первого и последнего каналов ДО.

Эффективность каждой камеры ДО была не хуже 97% при напряжении на анодах 2,35 кВ /см. рис. 3/.

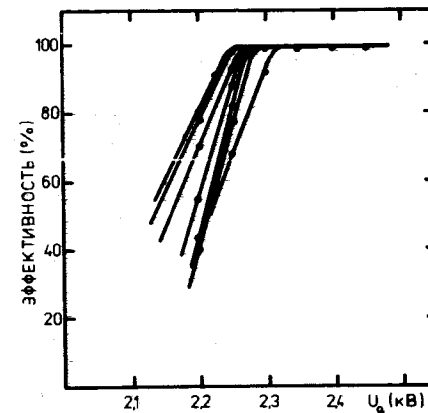
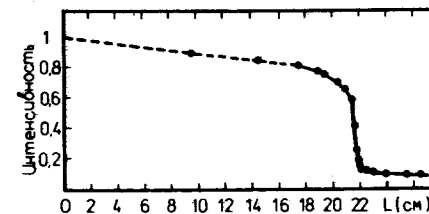


Рис. 3. Счетные характеристики камер ДО.



Зависимость ослабления интенсивности потока α-частиц от толщины поглотителя приведена на рис. 4. Поглотителем служили пластины из оргстекла с точно определенной толщиной. Интенсивность пучка измерялась при помощи первого счетчика ДО по формуле N_α = C₁ / (A₁·A₂·A₃). Зависимость, показанная на рис. 4, характерна резким спадом в области конца пробега α-частиц. Наклон этого спада определяет чувствительность установки к изменению толщины поглотителя или плотности вещества. Эта чувствительность является основной характеристикой ДО - ее мерой является среднеквадратическая ошибка /с.к.о./ распределения точек остановки α-частиц:

Рис. 4. Зависимость интенсивности потока α-частиц от толщины поглотителя.

$$\sigma_0^2 = \sigma_p^2 + \sigma_s^2 + \sigma_a^2 + \sigma_m^2, \quad /1/$$

где σ_p - импульсный разброс пучка, σ_s - с.к.о., соответствующая стрегглингу, σ_a - аппаратная с.к.о., σ_m - с.к.о. многократного рассеяния α -частиц. Оказывается, что σ_a и σ_m пренебрежимо малы. Стрегглинг $s = \sigma_s/R$, где R - пробег альфа-частицы в измеряемом веществе. В нашем случае $s = 0,5\%^{1/5}$.

Результаты измерения кривой поглощения α -частиц в области их остановки приведены на рис. 5. В каждой камере ДО снималась собственная кривая поглощения. Распределение точек остановки α -частиц в ДО показано на рис. 6. Ширина распределения на половине высоты составляет 4,5 канала, что соответствует $\sigma_0 = 1,9$ канала.

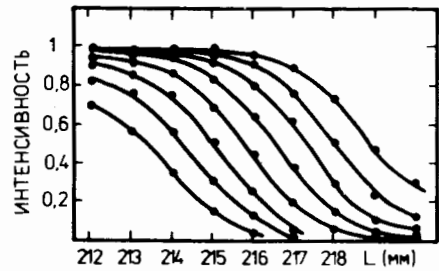


Рис. 5. Кривые поглощения α -частиц в области конца их пробега в зависимости от толщины поглотителя из оргстекла. Номерами обозначены каналы ДО.

Калибровка ДО проводилась с помощью набора гомогенных поглотителей из оргстекла различной толщины. Результаты калибровки приведены на рис. 7.

Один канал ДО соответствует толщине оргстекла $0,082 \text{ г/см}^2$, следовательно, с.к.о. распределения точек остановки α -частиц $\sigma_0 = 0,155 \text{ г/см}^2$.

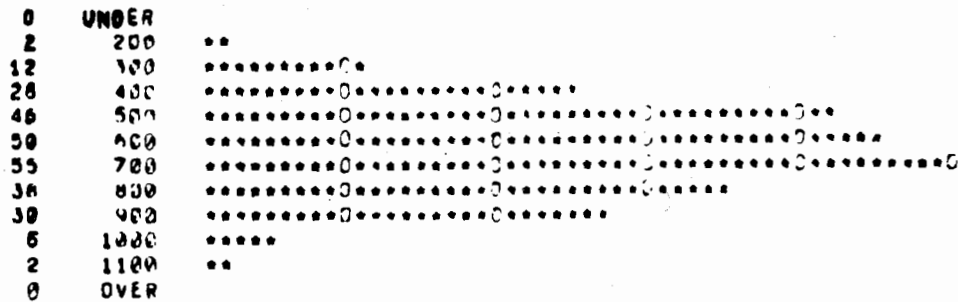


Рис. 6. Распределение точек остановки α -частиц по каналам ДО при использовании гомогенного поглотителя из оргстекла толщиной $25,54 \text{ г/см}^2$.

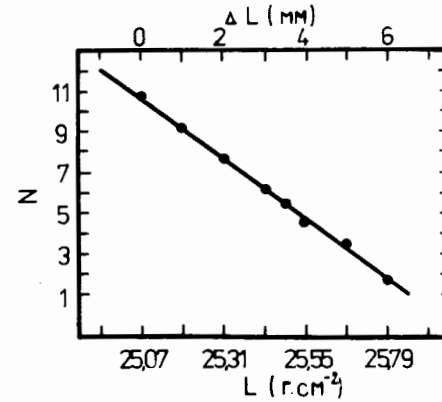


Рис. 7. Зависимость среднего пробега α -частиц /числа канала ДО/ от толщины поглотителя.

Чувствительность к изменению плотности вещества $\eta = \sigma_0 N_a^{1/2}$ зависит от числа α -частиц N_a , попавших в элементарную ячейку изображения. Элементарная ячейка на нашей установке задается пространственным разрешением ПК и составляет $2 \times 2 \text{ мм}^2$. Для получения чувствительности $\eta \leq 0,1\%$,

соответствующей изменению толщины поглотителя из оргстекла на $0,2 \text{ мм}$, необходимо, чтобы на элементарную ячейку попало больше, чем 42 частицы.

Для проверки чувствительности метода ионной радиографии проводились измерения объектов - фантомов с небольшими ступенчатыми изменениями толщины. Фантомы изготовлены из оргстекла, плотность которого мало отличается от плотности ткани организма. Фантомы помещались в сосуд с водой или на воздухе вблизи сосуда.

Проводилась радиография фантома со ступенчатым изменением толщины $0,2 \text{ мм}$, помещенного непосредственно перед сосудом с водой. Изменение толщины оргстекла на $0,2 \text{ мм}$ соответствует изменению плотности $\eta = 0,024 \text{ г/см}^2$, что представляет примерно $0,1\%$ толщины поглотителя. На полученных с помощью ДО радиограммах отчетливо видны ступеньки высотой $0,2 \text{ мм}$, причем элементарная ячейка размером $2,5 \times 2,5 \text{ мм}$ была засвечена 100 α -частицами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детектор остановки на основе пропорциональных камер работал эффективно и надежно в эксперименте по радиографии на пучке ионов гелия. С его помощью достигнута высокая чувствительность по плотности поглотителя $\eta \leq 0,1\%$. Поглощенная доза при получении радиограмм с такой чувствительностью составляет 10^{-5} Гр . Оценки показывают, что поглощенная доза при медицинском обследовании на пучке ионов гелия более чем на порядок ниже по сравнению со случаем применения ЕМ1-сканера.

Авторы благодарны А.Б.Иванову за разработку электронной аппаратуры, использованной в экспериментах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заневский Ю.В., Пешехонов В.Д. - ПТЭ, 1978, №2, с.7.
2. Moffett D.R. et al. IEEE Trans.Nucl.Sci., 1975, v.NS-22, p.1749.
3. Анисимов Ю.С. и др. В сб.: "Доклады III Совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач", Дубна, 1978, с.327.
4. Crowe K.M. et al. IEEE Trans.Nucl.Sci., 1975, v.NS-22, p.1752.
5. Sternheimer R.M. - Phys.Rev., 1960, v.117, No.2, p.485.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 июля 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д11.2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
-	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д11.2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Заневский Ю.В. и др.

13-88-489

Детектор остановки заряженных частиц
на основе пропорциональных камер

Описывается детектор остановки /ДО/ заряженных частиц на основе пропорциональных камер. Детектор исследовался на пучке альфа-частиц с энергией 200 МэВ/нуклон. С помощью ДО достигнуто высокое разрешение по плотности вещества 0,1%.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод авторов

Zanevsky Yu.V. et al.

13-88-489

Charged Particle Range Detector Based
on Proportional Chambers

A detector of charge particle range, based on proportional chambers is described. Detector was tested in alpha-particle beam with 200 MeV/nucleon energy. The detector provides measurements of material density with 0.1% resolution.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988