



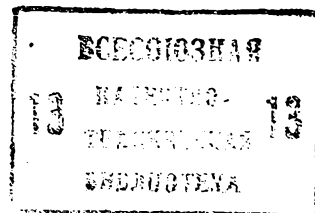
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1140586** **A**

(51) 4 G 01 T 1/22

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3640000/24-25

(22) 08.09.83

(46) 30.08.85. Бюл. № 32

(72) И.А.Голутвин, В.А.Никитин
и В.А.Свиридов

(71) Объединенный институт ядерных
исследований

(53) 621.387.424 (088.8)

(56) 1. Friendlander E.M., Gimpal R.W.,
Heckman H.U., Karant Y.I., Jidek J.,
Ganssange E., Phys Rev Lett, 1980, 45,
p. 1084-1087. Evidence for Anomalous
Nuclei among Relativistic Projectile
Fragments from Heavy-Ion Collisions
at 2 GeV/Nucleon.

2. Агакишев Г.Н., Ахабаниян Н.,
Баатар Ц., Балдин А.М., Бертке Е.,
Богданович Е., Вартанян В.А.,
Гаспарян А.П. Сечения взаимодействий
вторичных многозарядовых фрагментов
релятивистского ядра углерода с
протоном. Сообщение ОИЯИ, Р1-81-79,
Дубна, 1982.

3. Heinrich W., Drechsel H.,
Trakowski W., Beer J.,
Brechtmann G., Dreune C., Rudat R.,
Sonntag S., Benton S.V., Casson R.M.
and Henke R.P. Anomalous: Current
Status and First Evidence from Plas-
tic Track Detectors Preprint of
University of Siegen, W. Germany.
SI-82-15, 1982 (прототип).

(54) (57) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОГО
ПРОБЕГА ФРАГМЕНТОВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ
ЯДЕР, заключающийся в пропускании
пучка исследуемого излучения
через мишень-детектор, выполнен-
ную в виде стопки слоев, толщина каж-
дого из которых намного меньше длины
пробега фрагментов в материале мишени,
регистрации с помощью детекторов вто-
ричных процессов, установлении по ре-
зультатам измерений координат начала и
конца траектории каждого фрагмента
в мишени и определении по ним пробега
соответствующего фрагмента, отли-
чающийся тем, что, с целью
повышения чувствительности и точности
измерений, в качестве вторичных про-
цессов регистрируют черенковское из-
лучение, возникающее в мишени вдоль
оси пучка, а координаты взаимодейст-
вия устанавливают по скачку изменения
интенсивности черенковского излу-
чения.

(19) **SU** (11) **1140586** **A**

Изобретение относится к технике эксперимента в релятивистской ядерной физике; преимущественной областью использования изобретения являются опыты по измерению среднего пробега ядерного поглощения в веществе мишени фрагментов с выделенным зарядом, образующихся при взаимодействии пучка релятивистских ядер с ядрами мишени.

Известны способы измерения пробегов фрагментов, заключающийся в том, что после экспозиции пучком релятивистских ядер на ускорителе мишеней-детекторов и их последующей химической обработки с помощью просмотровых и измерительных оптических систем производят поиск событий взаимодействия частиц пучка с веществом мишени-детектора, прослеживание треков фрагментов из первичного взаимодействия до вторичного и оценку по ионизационным потерям энергии фрагментов его заряда. Для реализации данных способов используются фотоэмульсионные детекторы [1], жидкостные пузырьковые камеры [2] и трековые твердотельные детекторы [3].

Основным недостатком этих способов является высокая трудоемкость обработки материалов экспозиции и, соответственно, низкая скорость набора экспериментальной информации, что определяет низкую точность измерения средней величины ядерного пробега.

Ближайшим к предлагаемому способу является способ определения пробега фрагментов релятивистских ядер, заключающийся в том, что пропускают пучок исследуемого излучения через мишень-детектор, выполненную в виде стопки слоев, толщина каждого из которых намного меньше длины пробега фрагментов в материале мишени, регистрируют излучение с помощью детекторов вторичных процессов, установлении по результатам измерений координат начала и конца траектории каждого фрагмента в мишени и определении по ним пробега соответствующего фрагмента. Осуществляют измерение заряда фрагментов по диаметру образованного им трека в большом числе плоских слоев мишени-детектора, а координаты начала и конца траектории фрагмента определяют по изменению диаметра трека, при этом вычисляют длину пробега фрагмента как разность координат

начала и конца трека. Для реализации этого способа используются диэлектрические детекторы в виде стопки тонких пленок из трекочувствительного пластического материала.

Недостатком и этого способа, который среди известных является самым быстрым, остается низкая скорость получения экспериментальной информации (меньше 10 зарегистрированных событий ядерного взаимодействия фрагментов в час), что не позволяет проводить систематическое исследование зависимости пробега фрагментов от их заряда, типа и энергии ядер и др.

Цель изобретения - повышение чувствительности и точности измерений.

Цель достигается тем, что в способе, заключающемся в том, что пучок исследуемого излучения пропускают через мишень-детектор, выполненную в виде стопки слоев, толщина каждого из которых намного меньше длины пробега фрагментов в материале мишени, регистрируют с помощью детекторов вторичные процессы, устанавливают по результатам измерений координаты начала и конца траектории каждого фрагмента в мишени и определяют по ним пробег фрагмента, в качестве вторичных процессов регистрируют черенковское излучение, возникающее в мишени вдоль оси первичного пучка, а координаты взаимодействия устанавливают по скачку изменения интенсивности черенковского излучения.

Использование в качестве вторичных процессов черенковского излучения обеспечивает существенное повышение чувствительности и точности измерений, так как угловая направленность черенковского излучения позволяет реализовать условие его полного сбора на регистраторы черенковского излучения и благодаря этому существенно улучшить зарядовое разрешение измерений и, соответственно, поднять их чувствительность; пороговая зависимость интенсивности черенковского излучения от скорости частиц полностью исключает фон медленных сильноионизирующих заряженных частиц, образующихся при взаимодействии пучковых ядер и ядерных фрагментов с веществом мишени, обеспечивая этому методу более высокую избирательность по сравнению с теми, где для измерения фрагментов

используются их ионизационные потери энергии (в этом же направлении действует и угловая направленность черенковского излучения, позволяя снизить чувствительность к фоновым частицам, отличающимся по углу от пучковых ядер и ядерных фрагментов); регистрация в качестве вторичных процессов черенковского излучения позволяет реализовать высокий уровень автоматизации процесса сбора и обработки экспериментальной информации, что определяет большую скорость набора данных и обеспечивает вместе с названными выше факторами высокую точность измерения ядерного пробега фрагментов релятивистских ядер.

На фиг. 1 представлена схема регистрации с помощью черенковских радиаторов ($\check{C}_1, \check{C}_i, \check{C}_k, \check{C}_n$); на фиг. 2 — амплитуды сигналов с черенковских счетчиков мишени детектора; на фиг. 3 — амплитудный спектр сигналов устройства.

Пример реализации способа.

Для определения ядерного пробега фрагментов релятивистских ядер выполняются следующие операции: пучковые ядра, ускоренные до релятивистских энергий, направляют на мишень-детектор, выполненную в виде стопки слоев, каждый из которых является радиатором черенковского излучения (схематически это представлено на фиг. 1); фрагмент релятивистского ядра (исследуемое излучение), образующийся при взаимодействии с мишенью пучковых ядер, генерирует (как и родительское ядро) вдоль оси пучка черенковское излучение (вторичный процесс), которое собирают на детекторах вторичных процессов (ФЭУ), преобразуют в электрический ток, пропорциональный интенсивности черенковского излучения, и измеряют с помощью зарядо-цифровых преобразователей; по изменению в точке образования ядерного фрагмента и в точке его взаимодействия с мишенью интенсивности черенковского излучения (соответственно, по скачкам связанного с черенковским излучением тока детектора), устанавливают координаты начала и конца траектории каждого фрагмента и определяют по ним ядерный пробег фрагмента.

В радиаторе счетчика $\check{C}_i$ (фиг. 1) первичное (пучковое) ядро Z взаимо-

действует с одним из ядер радиатора, в радиаторе счетчика $\check{C}_k$ происходит ядерное поглощение образованного в первичном взаимодействии фрагмента. На фиг. 2 представлены амплитуды сигналов с черенковских счетчиков мишени-детектора; скачки амплитуд в точках i и k связаны с ядерными взаимодействиями пучкового ядра и фрагмента с веществом мишени. Номер счетчика, на котором происходит скачкообразное изменение амплитуды сигнала падающего ядра, соответствует концу пробега ядра и образованию фрагмента (i); второе скачкообразное изменение амплитуды сигнала черенковского счетчика (k) соответствует концу пробега фрагмента. Толщина пластины радиатора и количество счетчиков $m = k - i$, сигналы которых расположены между двумя соседними скачками амплитуд, определяют свободный пробег фрагмента

$$\lambda(z) = (k - i) \cdot h,$$

где h — толщина радиатора.

Средний ядерный пробег фрагмента $\langle \lambda(z) \rangle$ определяется по методу наименьших квадратов при описании экспериментальных данных функцией

$$N(z, x) = C(z) \exp(-x / \langle \lambda(z) \rangle),$$

где $N(z, x)$ — число фрагментов с зарядом z , находящихся на расстоянии x от точки образования фрагмента, $C(z) = \text{const}$.

Точность измерения заряда фрагмента определяется, в основном, числом попавших на фотокатод ФЭУ фотонов черенковского излучения N_ϕ . Для слоя с толщиной h с коэффициентом преломления n число фотонов

$$N_\phi \approx 500 h z^2 \sin^2 \theta,$$

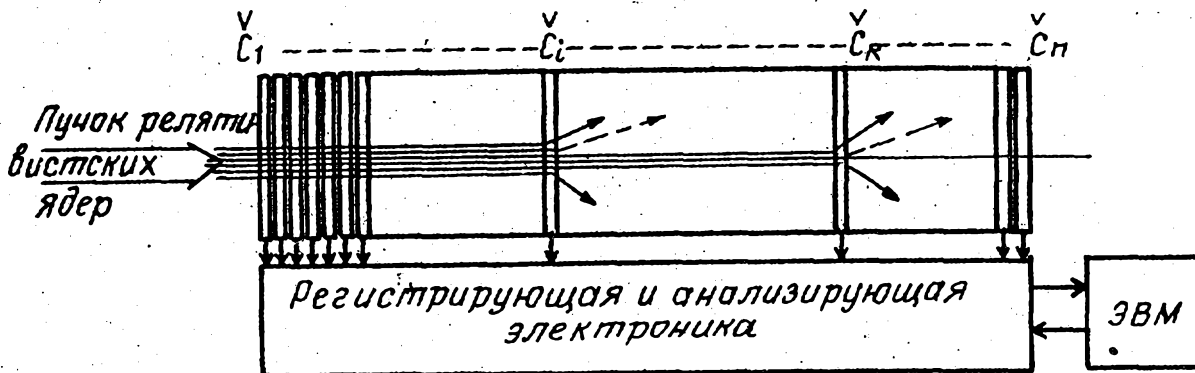
где $\theta = \arccos 1/\beta n$, $\beta \approx 1$.

Число фотоэлектронов, собираемых ФЭУ, составляет $N_{\phi\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot N_\phi$, где ε_1 — квантовый выход фотокатода, ε_2 — эффективность сбора фотонов на фотокатод. Малый угловой разброс фрагментов и выбор материала радиатора с показателем преломления $n > \sqrt{2}$ позволяет реализовать для черенковского излучения фрагментов условие полного сбора света на фотокатод ФЭУ счетчика ($\varepsilon_2 \approx 1$), обеспечивая оптимальные условия для измерения заряда фрагмента. Для $z = 10 h = 0,5$ см,

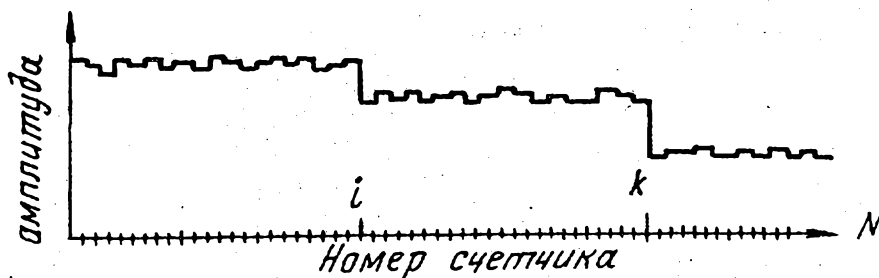
$n = 1,5$, $\beta = 0,9$, $\epsilon_1 = 0,1$ и ϵ_2 порядка единицы $N_{\phi} \approx 10^3$. Статистическая точность определения заряда фрагмента одним счетчиком достаточно высока, соответственно, ошибка мала; $\Delta z \approx \pm 0,3$ для $z = 10$. Результаты проверки сказанного на пучке релятивистских ядер иллюстрирует фиг. 3, на которой представлен амплитудный спектр сигналов макета устройства, через радиатор которого проходили падающие ядра первичного пучка

Ne^{22} и образованные ими фрагменты с полным набором зарядов ($z_{\text{фр}} \leq 9$). Экспериментальная оценка зарядового разрешения макета оказалась близкой к расчетной.

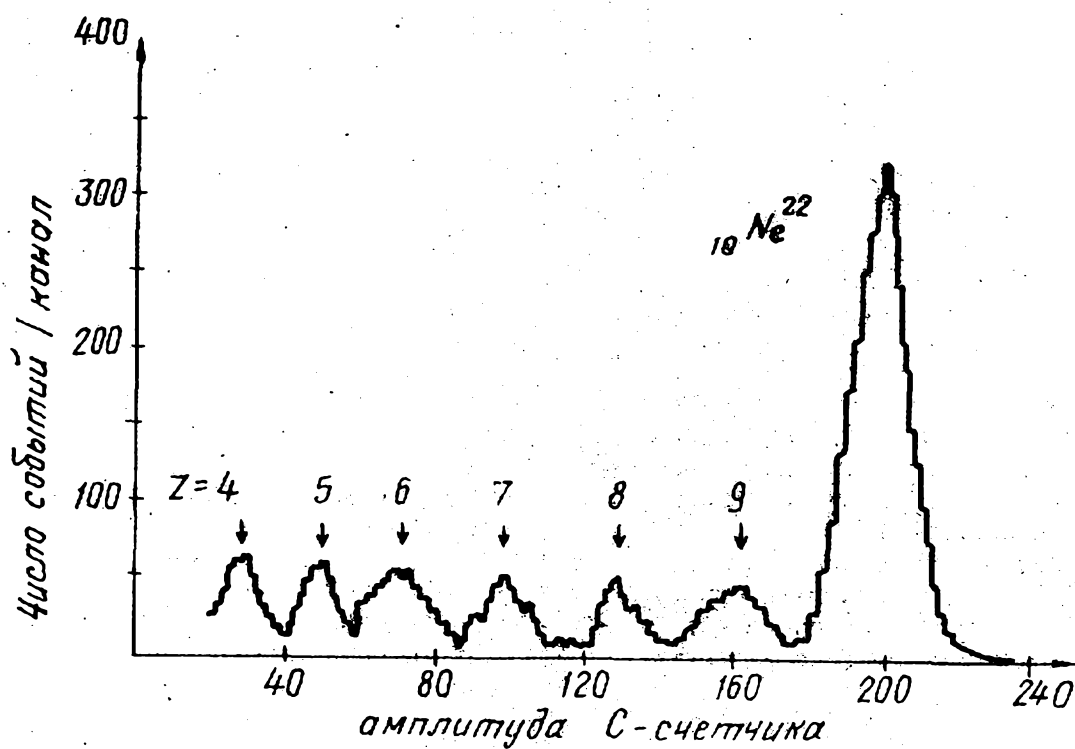
Скорость набора событий ограничивается регистрирующей и анализирующей электроникой и составляет величину $\sim 10^2$ событий за импульс ускорителя (или $> 10^4$ событий/ч), что на 2 порядка выше, чем в любом известном способе.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор Л. Письман

Техред Ж. Кастелевич

Корректор И. Эрдейи

Заказ 5773/4

Тираж 748

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4