

К-906

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Visn. Intern. Conf. on Instr  
Stanford, 1967, c. 82-84

P13 - 2998



М.М. Кулюкин, Д.Б. Понтекорво, И.В. Фаломкин,  
Д.М. Хазинс, Ю.А. Щербаков

СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА, УПРАВЛЯЕМАЯ  
ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМИ СЧЕТЧИКАМИ,  
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ОСТАНОВОК МЕДЛЕННЫХ  
МЕЗОНОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1966

P13 - 2998

М.М. Кулюкин, Д.Б. Понтекорво, И.В. Фаломкин,  
Д.М. Хазинс, Ю.А. Щербаков

СТРИМЕРНАЯ КАМЕРА, УПРАВЛЯЕМАЯ  
ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМИ СЧЕТЧИКАМИ,  
ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ОСТАНОВОК МЕДЛЕННЫХ  
МЕЗОНОВ

4619/2 мр.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БНБЛИОТЕКА

В последнее время значительное внимание уделяется развитию техники искровых камер с большим разрядным промежутком <sup>1/1</sup>. Одна из разновидностей этого типа камер — стримерная камера — может быть использована одновременно в качестве детектора и мишени. Такое сочетание является важным при наблюдении распадных процессов, а также ядерных взаимодействий, завершающихся вылетом малоэнергичных частиц. Однако реализация такой возможности сопряжена с необходимостью создания эффективной системы управления стримерной камерой. Сложность решения этой задачи обуславливается небольшим количеством вещества в камере-мишени (порядка десятков мг/см<sup>2</sup>) даже при повышенном давлении газа в камере. Возможность получения треков в стримерной камере, наполненной гелием до давления 6 атм, показана нами в предыдущей работе <sup>1/2</sup>.

Целью настоящей работы было создание установки с управляемой стримерной камерой, наполненной гелием, для работы на интенсивных пучках мезонов. При разработке системы управления была поставлена задача эффективного отбора остановок мезонов независимо от конкретного вида событий, происходящих в газе камеры. Мы выбрали метод, основанный на выделении частиц, останавливающихся в камере, по ионизационным потерям. Проходящие и останавливающиеся частицы сильно отличаются по ионизирующей способности только в том случае, если сравнение этих способностей производится в районе точки, достаточно близкой к остановке. По этой причине в качестве основного элемента отбора использовался многонитевой пропорциональный счетчик, описанный нами в работе <sup>1/3</sup>. Такой счетчик содержит мало вещества, может иметь общий газовый объем с камерой, обладает достаточно высоким энергетическим разрешением и обеспечивает быстрый сбор электронов на анодные нити.

### 1. Отбор и регистрация остановок

Общая блок-схема установки показана на рис. 1. Камера (1) и два пропорциональных счетчика имеют общий газовый объем. На рисунке для простоты изображен только один счетчик (2), второй имеет идентичный канал, включая усилитель и дискриминатор. Телескоп из цинтилляционных счетчиков (3 и 4) отбирает мезоны с энергией ниже

диск (7). При работе с импульсами с амплитудой более 150 кв существенное влияние на передний фронт импульса и выходную амплитуду оказывает воздушная корона, возникающая на электродах. Для уменьшения короны высоковольтный электрод погружен в ванну с трансформаторным маслом (8).

Фотографирование производилось стереофотоаппаратом (11) с базой 120 мм через верхний сетчатый электрод с расстояния 600 мм на 35-миллиметровую пленку.

Камера откачивалась до давления  $5 \cdot 10^{-2}$  мм рт.ст., дважды промывалась гелием и заполнялась либо чистым гелием, либо гелием с 1%-ной примесью метана. Эта процедура обеспечивала хорошее постоянство характеристик как камеры, так и пропорциональных счетчиков.

Нами было обнаружено, что при работе камеры с коротким циклом ( $\approx 1$  сек) и с большой задержкой высоковольтного импульса ( $\approx 3$  мксек) следы частиц искривляются по всей длине, что вызывается сносом первичных электронов в поле остаточных зарядов, образующихся на стенках камеры. Аналогичный эффект наблюдался в работе<sup>14/</sup>. Для устранения искажений внутренняя поверхность камеры была покрыта слабопроводящим слоем двуокиси олова, обеспечивающим стекание зарядов за доли секунды. Наличие слабопроводящих слоев на внутренней поверхности камеры, по-видимому, является обязательным требованием при работе с короткими циклами или с большими задержками высоковольтного импульса с постоянной составляющей.

Дополнительное искривление следов в районе соединения трубы (2) с камерой в значительной мере было устранено введением специальной выравнивающей электрическое поле сетки (5). Она была выполнена из проволочек диаметром 0,1 мм, натянутых с шагом 4 мм параллельно электродам камеры. Проволочки соединялись между собой через сопротивления (несколько слоев проводящей бумаги).

С целью устранения наводок, сопровождающих высоковольтный разряд, и отделения объема счетчиков от сильно ионизованного газа в объеме камеры введена экранирующая сетка (4), которая является продолжением внутри камеры внешнего металлического заземленного экрана пропорциональных счетчиков. Кроме того, на все поверхности диэлектриков, расположенных в районе высоковольтного разряда, было нанесено слабопроводящее покрытие с таким расчетом, чтобы стекание зарядов с диэлектриков заканчивалось за время блокировки (суммарное сопротивление утечки (12) составляло 100 ком).

### 3. Генератор импульсного напряжения

Для питания камеры использовался генератор типа Аркадьева-Маркса из 13 секций. Каждая секция генератора состоит из четырех параллельно соединенных конденсаторов КОБ-2 с зарядным напряжением 20 кв. Поджиг первого промежутка осуществляется водородным тиратроном ТГИ1-325/16. Длительность высоковольтного импульса составляет

50 нсек. Общая аппаратная задержка между моментом прохождения частицы и началом высоковольтного импульса не превышает 0,8 мксек. Для уменьшения времени задержки пробоя разрядников генератора и стабилизации этой задержки в первые пять промежутков введены коронирующие электроды, питаемые с зарядных сопротивлений. Разрядная емкость генератора составляет около 150 пф. При такой небольшой емкости разряд в камере сам обрывает высоковольтный импульс без участия шунтирующего рядника. Несмотря на отсутствие шунтирующего разрядника, особенности стримерного разряда в гелии позволяют получить хорошую локализацию трека.

Для обеспечения односекундного цикла работы генератора необходимо сопротивление между секциями делать возможно меньшей величины (порядка нескольких ком), а между генератором и выпрямителем вводить возможно большее сопротивление (порядка нескольких мом), способное обеспечить заданный цикл. Без такого сопротивления в первых разрядных промежутках генератора может возникать дуга, приводящая к разрушению сопротивлений или к выходу из строя выпрямителя.

#### 4. Многонитевые пропорциональные счетчики

Использованные нами в качестве главного элемента отбора специально разработанные многонитевые пропорциональные счетчики изображены на рис. 3. Анод (1) каждого счетчика состоит из ряда нихромовых нитей диаметром 0,08 мм, натянутых с шагом 5 мм и укрепленных между двумя стеклянными кольцами. Катоды (2) представляют собой: передний - алюминированный майлар толщиной 6 мк, а остальные - ряд нихромовых проволочек диаметром 0,1 мм, натянутых с шагом 2 мм. Расстояние между катодами каждого счетчика - 20 мм. Счетчики отделены от атмосферы майларовой пленкой (5) толщиной 40 мк. Сетка (4) - продолжение внешнего экрана счетчиков. Наличие  $\alpha$ -источника (3) позволяет, зная энерговыделение в каждом счетчике от  $\alpha$ -частицы (300 кэв) и от останавливающегося мезона ( $\approx 20$  кэв), правильно устанавливать пороги дискриминаторов АДД-1 и контролировать коэффициент газового усиления по амплитуде сигнала от  $\alpha$ -частицы (при фиксированном напряжении на счетчике).

При наполнении смесью  $\text{He} + 1\% \text{CH}_4$  амплитуда импульса со счетчика от остановившегося в газе камеры мезона составляла 1 мв при длительности фронта импульса 0,7 мксек. Импульсная загрузка счетчиков в пучке мезонов составляла около  $10^5$  частиц/сек. Разброс амплитуд импульсов для системы счетчиков от останавливающихся мезонов не превышал, по нашим оценкам, 15%.

### 5. Эффективность отбора остановок

Камера стояла на пучке отрицательных мюонов синхроциклотрона ОИЯИ. Мезоны имели энергию 80 Мэв. Полуширина дифференциальной кривой поглощения этих мезонов составляла 3 г. Это означает, что в самом идеальном случае в камере могла остановиться только одна из 400 проходящих частиц. С целью улучшения геометрии из всего пучка мезонов системой счетчиков выделялась только центральная часть (1000 проходящих частиц в сек.).

Описанный комплекс системы управления имеет неэффективность выключения проходящих частиц менее 1% при толщине мишени - газообразного гелия, наполняющего камеру, - равной  $7 \text{ мг/см}^2$ . Неэффективность объясняется в основном рассеянием частиц и флуктуациями ионизационных потерь. Фактически на фотопленке получается одна остановка на четыре кадра, при этом регистрируется 500 остановок в час (при времени блокировки 1 сек.).

### 6. Структура следов, зависимость от ионизации

Регистрация в гелиевой камере останавливающихся мезонов позволила выяснить структуру следов в различных событиях, связанных с остановками. Для камеры с гелиевым наполнением стримерный режим еще недостаточно изучен, и, кроме того, до настоящего времени не имеется достаточных сведений о работе стримерных камер в условиях интенсивных пучков и фона от ускорителя.

Прежде всего, необходимо отметить, что небольшая добавка метана ( $\approx 1\%$ ) существенно улучшает не только работу пропорциональных счетчиков, но и работу камеры, одновременно уменьшая время памяти приблизительно до 10 мксек. Последнее обстоятельство снижает фон посторонних частиц в наших условиях до 1 штуки на несколько кадров. Яркость и контрастность следов увеличивается за счет уменьшения диффузного разряда по объему камеры, шунтирующего основной разряд по следу. Как уже упоминалось, камера работала без шунтирующего разрядника.

В камере получены яркие и хорошо локализованные в пространстве следы, что видно из показанных на рис. 4 стереофотографий следов  $\alpha$ -частицы от кюриевого источника и  $\mu$ -распадов. Фотографирование производилось на пленку 15ТТ с чувствительностью  $S_{0,85} = 1200 \text{ ед ГОСТ}$  через объективы с относительным отверстием 1:4. Обращает на себя внимание тот факт, что сильно ионизирующие частицы ( $\alpha$ -частицы и останавливающиеся мезоны) дают практически сплошные следы в отличие от следов электронов, состоящих из отдельных стримеров. Определение точки остановки мезона по  $\mu$ -мезонным звездам и  $\mu$ -распадам показало, что конец следа мезона хорошо выражен и имеется возможность измерения пробегов останавливающихся частиц с точ-

ностью не хуже 1 мм. Слитный характер следов, по-видимому, обуславливается высокой концентрацией первичных электронов, при которой механизм взаимного подавления стримеров, возникающий из-за флуктуаций в развитии лавин<sup>/5/</sup>, возможно, перестает действовать. Аналогичный характер имеют следы медленных протонов в  $\pi$ -мезонных звездах.

Для исследования зависимости плотности почернения следов на пленке от ионизации производилось фотометрирование следов  $\mu^+$ -мезонов и электронов от  $\mu^+$ -распадов (на микрофотометре МФ-4). Оказалось, что интегральные почернения, т.е. площади фотограмм от мезонного (в 2,5 см от точки останова) и электронного следов отличаются в 5 ÷ 10 раз (ионизирующие способности отличаются в среднем в 80 раз). Это позволяет в большинстве случаев визуально хорошо отличать слабо ионизирующие частицы от сильно ионизирующих. Зависимость почернения от ионизации в области 25 ÷ 100-кратной (в единицах минимальной ионизации) оказывается столь же слабой, как и в области 1 ÷ 5 -кратной<sup>/8/</sup>.

Следует отметить, что в гелиевой камере релятивистские частицы дают сплошной разряд по треку только при пролете под сравнительно малыми углами ( $\lesssim 20^\circ$ ) к направлению электрического поля, но при исследовании конкретных физических процессов как раз эти следы несут, как правило, минимум информации из-за больших глубинных углов. Предварительный просмотр и измерение фотографий на репроекторе показали, что в стримерной камере с гелием возможно измерять координаты, углы и пробеги частиц с точностью приблизительно такой же, как, например, в диффузионной камере.

Авторы благодарны В.П. Железову и Е.М. Понтекорво за интерес к работе, а также М.Н. Омеляненко, А.Г. Жукову, Н.В. Лебедеву, В.И. Орехову, В.Ф. Поенко и А.Г. Потехину за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Purdue Conference on Instrumentation for High Energy Physics. May 12-14, 1965. IEEE transactions on Nuclear Science. August 1965. Vol. NS-12, No. 4.
2. I.V. Falomkin, M.M. Kulyukin, D.V. Pontecorvo, Yu.A. Sherbakov. Nuovo Cimento, 34, 1394 (1964).  
М.М. Кулюкин, Д.В. Понтекорво, И.В. Фаломкин, Ю.А. Шербаков. ПТЭ № 6 (1965).
3. М.М. Кулюкин, Д.В. Понтекорво, И.В. Фаломкин, Д.М. Хазис, Ю.А. Шербаков. Препринт ОИЯИ, 2878, Дубна, 1966.
4. М.И. Дайон, В.И. Казуров, С.А. Крылов. Припринт ФИАН им. Лебедева, А-31, 1965.
5. Г.Е. Чиковани, В.Н. Ройншвилли, В.А. Михайлов. ЖЭТФ, 46, 1228 (1964).
6. Т.Л. Асатнани, К.А. Газарян, В.Н. Жмыров, Е.М. Матевосян, А.А. Назарян, Н.О. Шаркатурия. Препринт ОИЯИ, Е 2324, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 октября 1966 г.

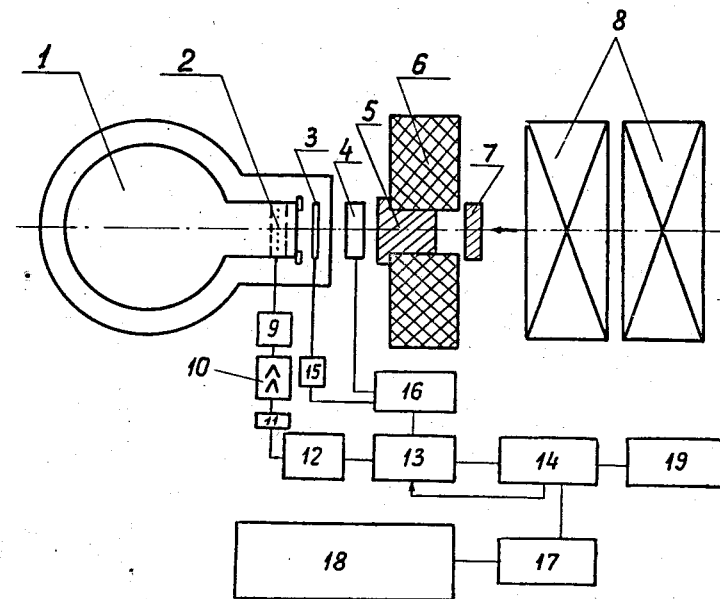


Рис. 1. Блок-схема установки.

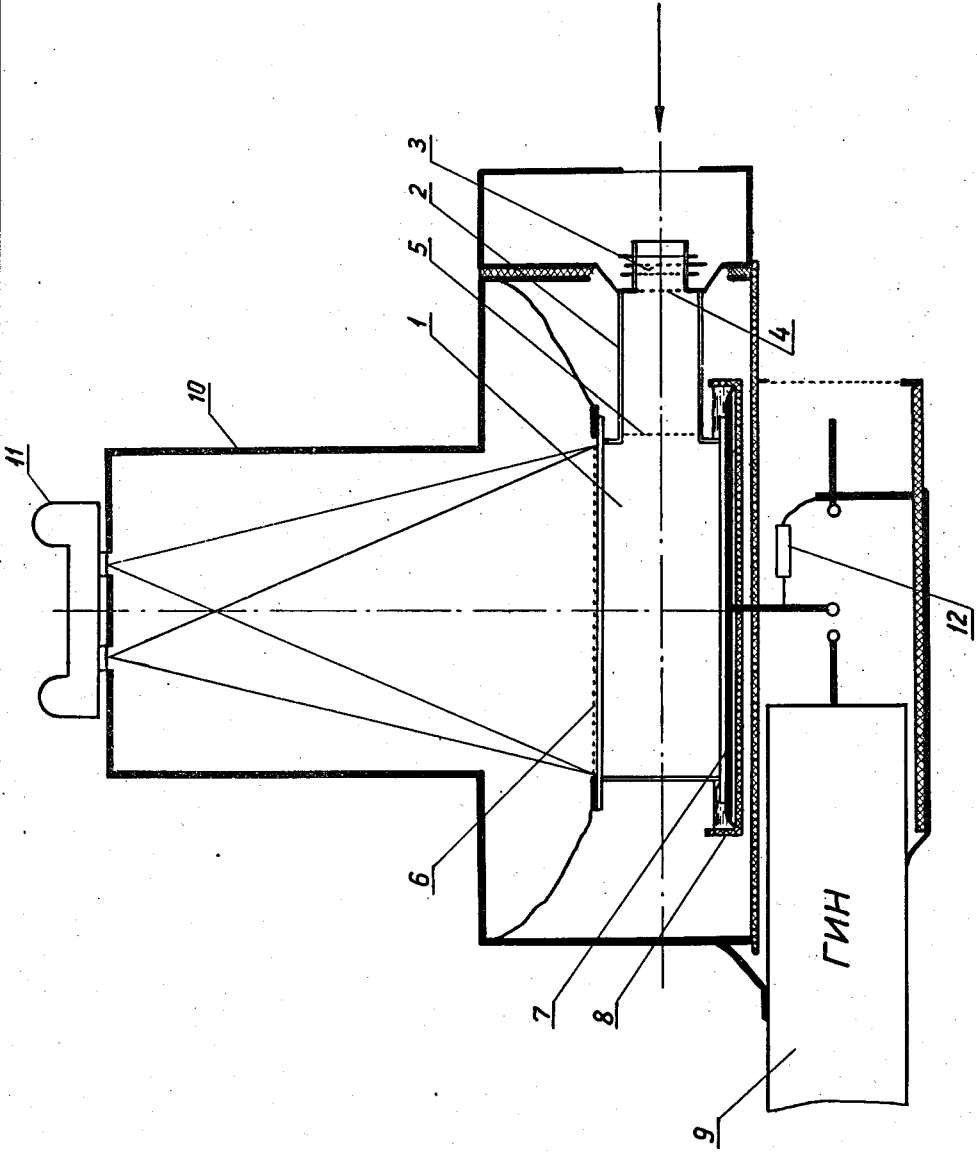


Рис. 2. Схематический чертеж камеры.

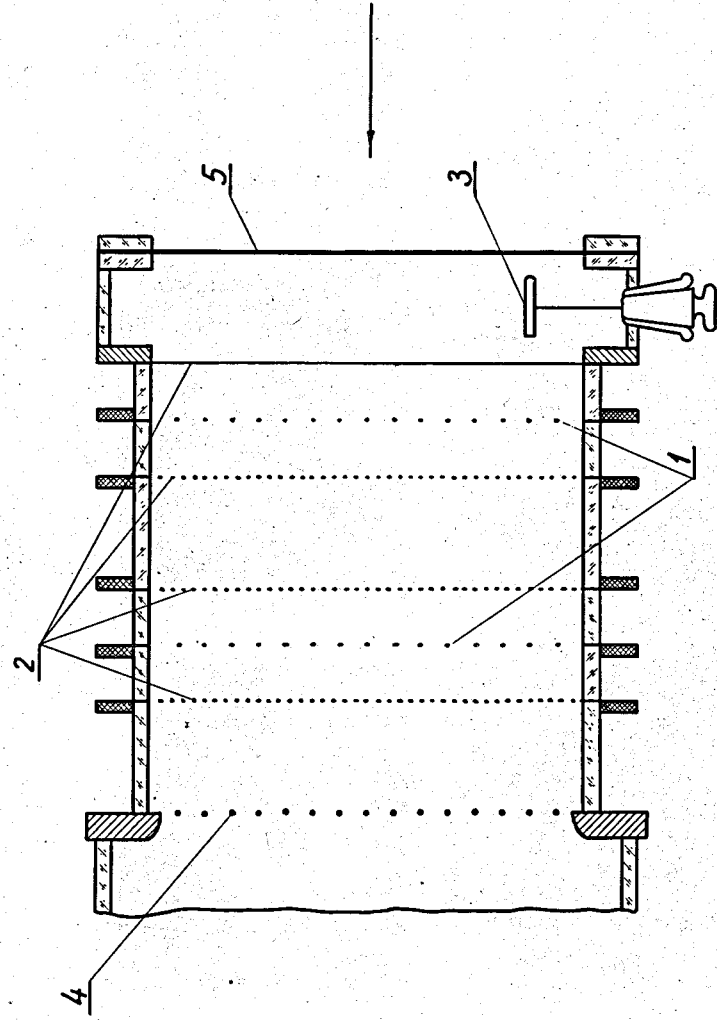
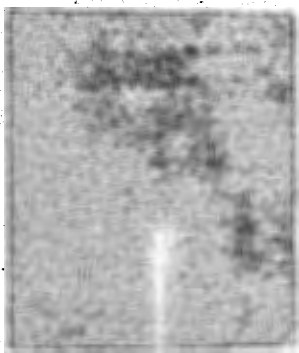
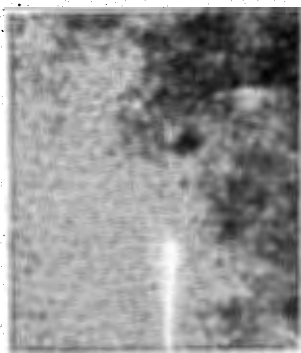


Рис. 3. Многолитровые пропорциональные счетчики.



а



б



с



0 1 2 3 4 5 6 см

Рис. 4. Стерефотографии следов: а)  $\alpha$ -частица; б, в)  $\mu$ e-распады.