

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А - 471

13-82-816

АЛЕКСЕЕВ

Геннадий Дмитриевич

**САМОГАСЯЩИЙСЯ СТРИМЕРНЫЙ (СГС) РАЗРЯД.
СИСТЕМА ПОЛУМЕТРОВЫХ ДРЕЙФОВЫХ СГС КАМЕР
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАТНОГО
ЭЛЕКТРОРОЖДЕНИЯ ПИОНА**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1982

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук

Д. М. Хазинс

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

В. И. Рыкалин

кандидат физико-математических наук

В. В. Вишняков

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Московский
инженерно-физический институт.

Защита диссертации состоится " " _____ 1983 г.

в _____ часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.03
при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных
исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " " _____ 198__ г.

Ученый секретарь Специализированного совета
доктор физико-математических наук

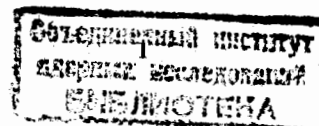
Ю. А. Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В начале 70-х годов в практике физическо-го эксперимента начали широко использоваться пропорциональные камеры. Ко времени начала работы автора над диссертацией (1974г.) были предложены дрейфовые камеры, обладающие целым рядом достоинств, которые, однако, тогда еще не получили широкого распространения.

При исследовании работы проволочных камер рядом авторов было обнаружено "аномальное" явление - скачкообразное возникновение коротких сигналов большой амплитуды, сопровождавшихся малым мертвым временем. Почти в каждом случае авторы давали такому режиму работы камеры свое название и то или иное объяснение. В исследованиях, проведенных в Лаборатории ядерных проблем и предшествующих материалам диссертации, такой режим был назван "сильноточным" и было показано, что он имеет преимущества перед пропорциональным. Однако физическая природа "сильноточного" режима (как и других режимов больших сигналов), а также некоторые его важные характеристики оставались неизвестными.

В области методики дрейфовых камер использовались, в основном, два типа камер, отличающихся геометрией электродов и способом подачи высокого напряжения. Камеры одного типа имеют довольно большой шаг анодных проволок, распределенный по катоду потенциал и высоковольтные разделительные проволоки. Камеры другого типа отличаются меньшим шагом анодных проволок, а катод и разделительные проволоки имеют одинаковый потенциал. Оба типа камер создают определенные трудности (усложнение технологии, искровые пробои между анодными и разделительными проволоками) при попытках уменьшить шаг анодных проволок (≤ 1 см), что необходимо по условиям многих экспериментов, где требуется включение камер в быстрый триггер.



В установке по исследованию обратного электророждения пиона на синхротронном ЛЯП ОИЯИ в качестве трековых детекторов использовались искровые камеры с фильмовым съемом информации, что содержало автоматизацию установки. Поэтому стояла задача замены искровых камер на дрейфовые.

Таковы были основные вопросы, стоявшие перед началом работы.

Цель работы. Диссертация была посвящена выяснению физической природы нового – "сильноточного" – режима работы проволочной камеры, исследованию его свойств, а также созданию на его основе системы полуметровых дрейфовых камер и их применению в исследовании обратного электророждения пиона.

Научная новизна и практическая ценность. Получен ряд новых научных результатов. К основным из них относятся следующие. Доказана стримерная природа "сильноточного" режима. Сделан вывод о том, что в основе различных режимов больших сигналов лежит стримерный механизм. Исследованы некоторые важные характеристики самогасящегося стримерного (СГС) разряда, интересные как с научной, так и с практической сторон. Объяснены некоторые закономерности этого разряда.

Исследованы особенности работы дрейфовой камеры, отличающейся малым шагом анодных проволок (1 см) и использующей геометрию пропорциональной камеры (разделительные проволоки отсутствуют, катодные проволоки имеют одинаковый потенциал). Создана система дрейфовых СГС камер и показано, что СГС режим и особенности выбранной геометрии камер позволяют получить стандартную координатную точность $\sim (0,1-0,2)$ мм.

Апробация работы. В диссертации описаны результаты исследований, выполненных в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в период с 1974 по 1981 гг. Результаты докладывались на семинарах ЛЯП ОИЯИ, а также на III Международном совещании по пропорциональным и дрейфовым камерам (Дубна, 1978 г.), на сессиях Отделения ядерной физики АН СССР (Москва, 1978 г. и 1980 г.), на конференции по проволочным камерам (Вена, 1980 г.), представлены на Рочестерскую конференцию (Париж, 1982 г.).

Публикации. Результаты, вошедшие в диссертацию, опубликованы в 7 работах.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения; она содержит 99 страниц, 37 рисунков, 2 таблицы и библиографический список из 67 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко рассмотрены основные вопросы, поставленные в диссертации, и способы их решения, а также сформулирована задача диссертации.

Первая глава диссертации посвящена СГС разряду в проволочной камере. В ней изложены история обнаружения режимов больших сигналов (в том числе "сильноточного"), доказательство стримерной природы "сильноточного" режима, вывод об общей стримерной природе режимов больших сигналов, некоторые характеристики СГС режима и влияние на них давления рабочего газа и геометрических параметров камеры, а также качественная картина СГС разряда и его связь с другими режимами работы проволочной камеры.

В связи с широким развитием методики проволочных камер рядом авторов в последнее время (с 1969 г.) наблюдались аномально большие сигналы. Их амплитуда была характерна для гейгеровского режима, тогда как длительность и мертвое время – скорее для пропорционального. Почти в каждом случае авторы давали такому режиму свое название (например – эффект "магической" смеси, "псевдогейгеровский" режим) и то или иное объяснение. Эти объяснения, за одним исключением, были внутренне противоречивы.

В 1977 г. в Лаборатории ядерных проблем была исследована работа камеры в режиме больших сигналов в предположении, что это – "псевдогейгеровский" режим. Однако совокупность полученных характеристик не позволила объяснить данный режим ни одним из режимов, известных к тому времени, в том числе и "псевдогейгеровским" режимом. Был сделан вывод о наблюдении нового стабильного режима, которому было присвоено название "сильноточный".

Для выяснения физической природы "сильноточного" режима разряд был сфотографирован $/I/$. При фотографировании камера облучалась коллимированным пучком рентгеновских фотонов с энергией ~ 8 кэВ. На рис. I показаны фотографии разряда в камере, работающей в различных режимах газового усиления. Фотографии представляют собой суперпозицию большого количества разрядов (N), они получены при различных пропорциях аргона, метана и метилалла в газовой смеси и разном напряжении U . В пропорциональном режиме высвечивается небольшой участок проволоки, длина которого определяется размерами коллиматора. В гейгеровском режиме высвечивается вся проволока. В переходном режиме (от гейгеровского к "сильноточному" – при увеличении концентрации гасящих добавок) разряд развивается двояко: наряду с распространением вдоль проволоки видны отдельные стримероподобные разряды.

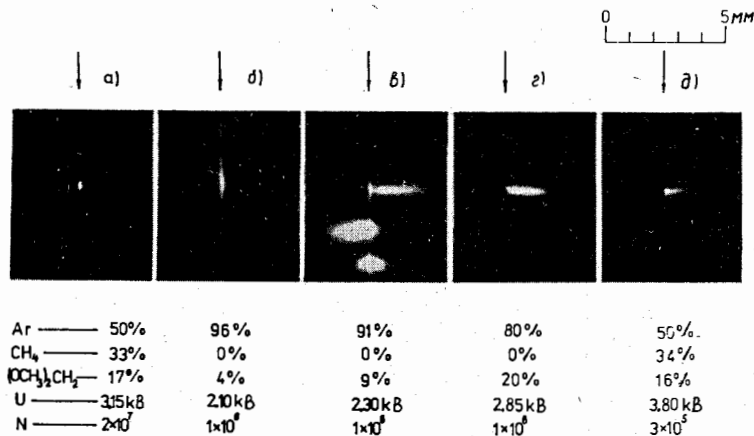


Рис.1 Пропорциональный (а), гейгеровский (б), переходный (в) и "сильноточный" (г,д) режимы. Стрелкой показано положение анодной проволоки.

В "сильноточном" режиме на фотографиях видны катодонаправленные стримеры. Развиваясь из первичной лавины, они распространяются от анодной проволоки вдоль силовых линий электрического поля. Стримеры направлены в ту сторону, с какой дрейфуют электроны ионизации. Развитие стримеров не приводит к искровому пробое из-за их самопроизвольного затухания в области слабого электрического поля. Фотографии дают геометрическую картину разряда, лежащего в основе "сильноточного" режима, и позволяют однозначно установить стримерную природу последнего. Далее, следуя работе [1], мы будем называть его самогасящимся стримерным (СГС) разрядом.

Общая стримерная природа различных режимов больших сигналов, на которую было впервые указано в работе [1], следует из совпадения наиболее существенных признаков этих режимов с характеристиками СГС разряда, исследованными в Лаборатории ядерных проблем. Указания на стримерную природу больших сигналов были получены и в других лабораториях. Недавно с помощью электронно-оптического преобразователя в Лаборатории им. Ферми были получены фотографии отдельных стримеров в проволоочной камере, что также служит прямым подтверждением стримерной природы больших сигналов. Отметим, что лишь единственное наблюдение не согласуется с этим выводом - фотография "псевдогейгеровского" разряда группы Шарпака, на которой видно развитие разряда вдоль проволоки на длину ~ 1 см. Однако авторы той работы, по-существу, отказались от своих первоначальных взглядов, сказав позднее, что в случае больших

сигналов они имеют дело с "обрывающимся стримерным" разрядом.

Характеристики, исследованные в работе [2], передают существенные свойства СГС режима. Для исследований использовалась однокоординатная многопроволочная камера размером 16x16 см², заполненная газовой смесью из аргона, метана и метилала (50:33:17) при атмосферном давлении. Анодные проволоки диаметром $d = 50$ мкм расположены с шагом $S = 10$ мм; катоды намотаны параллельно аноду проволокой диаметром 100 мкм с шагом 2 мм и удалены от анода на $L = \pm 8$ мм.

Амплитудные спектры (рис.2) передают закономерности перехода от пропорционального к СГС разряду. Они получены при облучении камеры рентгеновскими фотонами от ⁵⁵Fe ($E_\gamma = 5,9$ кэВ). В пропорциональной области видны два пика энерговыведения в аргон-содержащей газовой смеси (5,9 кэВ и 2,95 кэВ). Затем пропорциональность нарушается - пики становятся неразличимы. С дальнейшим ростом напряжения, наряду с ограниченно-пропорциональными, начинают появляться импульсы СГС разряда. Их характерные признаки - большая амплитуда и малый амплитудный разброс (относительная ширина на полувысоте $\sim 40\%$). При определенном напряжении все импульсы переходят в стримерный режим. При еще большем напряжении в амплитудном спектре наблюдается еще один пик (его объяснение будет дано ниже).

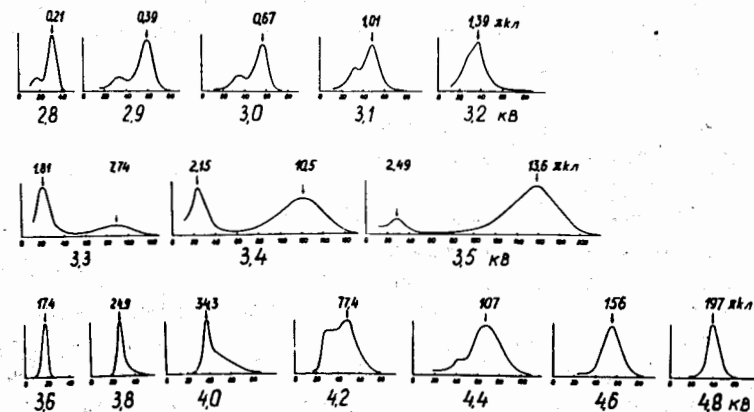


Рис.2 Спектры выделенного заряда в зависимости от напряжения на камере. Цифры над пиками указывают заряд в пКл. Верхний ряд соответствует пропорциональной и ограниченно-пропорциональной областям газового усиления; средний - переходной области; нижний - области СГС режима.

Анализ счетных характеристик камеры в СГС режиме привел к предположению, что со стороны больших напряжений они ограничены самостоятельным разрядом, который в наших условиях обусловлен вырыванием электронов из катода положительными ионами.

С практической точки зрения важно исследование направленности стримера и влияния на него первичной ионизации.

Эффект направленности означает, что стример "помнит" (в определенном диапазоне напряжения питания) направление прихода электронов первичной ионизации. Качественно это видно из фотографий Иг.д. Качественное изучение этого эффекта, проведенное в работе /2/ с использованием как коллимированного пучка γ -квантов, так и широкого пучка β -частиц, показало, что его можно использовать для решения лево-правой неопределенности в дрейфовых камерах. Большая величина СГС сигнала по сравнению с пропорциональным позволяет существенно упростить соответствующую электронику. Направленность стримера приводит к тому, что при облучении некоторой проволоки положительные сигналы, наведенные стримером на соседних проволоках, отличаются величиной: на той проволоке, в сторону которой развивается стример, сигнал больше. Используя дифференциальный усилитель, на входы которого подавались сигналы с двух соседних проволок, и амплитудный анализатор, были получены спектры (рис.3), из которых можно заключить, что эффективность разделения частиц на "левые" и "правые" составляет $\sim 99\%$. С увеличением напряжения эффект направленности сильно ослабляется (объяснение см. ниже).

Влияние первичной ионизации изучалось /2/ с использованием β -источника ^{90}Sr , γ -источника ^{55}Fe и рентгеновского излучателя с энергией фотонов ~ 8 кэВ. Было обнаружено, что различие в величине первичной ионизации сказывается только на напряжении питания, при котором возникает СГС режим. В принципе, различие в этом напряжении можно использовать для разделения частиц по ионизирующей способности методом неэффективных счетчиков.

В работе /3/ изучалось влияние давления рабочего газа P и диаметра анодной проволоки d на

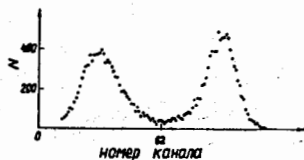


Рис.3 Спектр разности наведенных сигналов при облучении камеры широким пучком β -частиц (нулевая разность — в 62 канале). Пики вызваны частотами, прошедшими слева или справа от изучаемой проволоки.

СГС режим. Камера в этих измерениях представляла собой две катодные плоскости из медной фольги толщиной 30 мкм на расстоянии 16 мм друг от друга, посередине между которыми натянута одна анодная проволока. Облучение велось β -источником ^{90}Sr . Газовая смесь — аргон, метан, метилаль и этиловый спирт (55:36:6:3). Основной вывод /3/ состоит в том, что СГС режим наблюдается во всем измеренном диапазоне величин: $0,4 \leq P$ (атм.) ≤ 2 и $10 \leq d$ (мкм) ≤ 400 . Было обнаружено, что характеристики СГС режима улучшаются с увеличением P и d . Для практического применения при использовании данной газовой смеси при атмосферном давлении может быть рекомендована проволока с $d \geq 50$ мкм.

Ранее рядом авторов был обнаружен второй пик в амплитудном спектре СГС разряда, природа которого была неизвестна (см. рис.2). В работе /3/ в определенных условиях наблюдалась гораздо более сложная структура спектра (рис.4). Анализ привел к выводу /3/, что дополнительные пики объясняются одновременным возникновением нескольких стримеров (по числу пиков). Фотографии отдельных стримеров, полученные недавно в Лаборатории им. Ферми с помощью электронно-оптического преобразователя, подтвердили этот вывод. Вероятность образования вторичных стримеров растет с напряжением питания. Это, в свою очередь, объясняет ухудшение анизотропии СГС разряда, которое было обнаружено в работе /2/ фотографическим методом и при исследовании наведенных сигналов. Вторичные стримеры возникают от изотропного ультрафиолетового излучения первичного стримера, поэтому они "не помнят" направления прихода электронов первичной ионизации.

Кратко обсуждается влияние на СГС режим шага намотки анодной проволоки S и межэлектродного зазора L .

Качественная картина СГС разряда /4/ строится на основе классической стримерной теории, сущность которой составляют представления о решающей роли фотоионизации в образовании вторичных лавин и о влиянии пространственного заряда первичной лавины на формирование стримера.

Отмечается "магическая" роль величины критического заряда, при котором происходит лавинно-стримерный переход: $Q \approx 4,5$ пКл /4/. Отклонения от этого значения не превышают $\pm 50\%$, хотя условия в камере — состав газа, его давление, электрическое поле — сильно

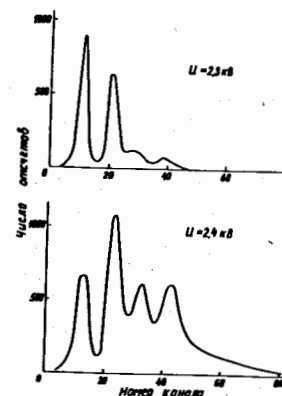


Рис.4 Амплитудный спектр СГС разряда при $P = 0,4$ атм. и $d = 50$ мкм. Цена канала — 13,3 пКл.

меняются. Критическая величина Q довольно близка к величине заряда (10^8 электронов), которая следует из условия Ретера для лавинно-стримерного перехода в однородном поле.

Резкий характер возникновения стримера объясняется /4/ по аналогии со скачкообразным переходом галогенного счетчика из пропорционального режима в гейгеровский. На эту аналогию нам указал А.А.Тяпкин. Объяснение было предложено в Лаборатории ядерных проблем в 50-х годах; оно основано на статистической природе механизма фотоионизации.

В работе /4/ в рамках классической стримерной теории было получено объяснение прямолинейной формы границы, разделяющей гейгеровский и СГС режимы на диаграмме концентраций гасящих добавок в аргон-метан-метилалевой смеси. На основании этого объяснения можно предсказать, что с увеличением диаметра анодной проволоки граница СГС режима будет перемещаться в область меньших концентраций гасящих добавок, и наоборот.

Во второй главе описана система полуметровых дрейфовых СГС камер и ее основные характеристики.

При выборе геометрии, то есть типов и взаимного расположения проволочных электродов, дрейфовой камеры (ДК) учитывались результаты работы /5/. В ней было подробно рассмотрено действие пропорциональной камеры (ПК) с большим (10 мм) шагом сигнальных проволок и сделан вывод, что такая камера при использовании информации о времени дрейфа электронов сочетает хорошее временное разрешение ПК с координатной точностью ДК. При этом требования, предъявляемые к точности электроники, линейности дрейфовой характеристики, постоянству газовой смеси и т.п., становятся слабее, чем для ДК с большим шагом сигнальных проволок.

Выбор СГС режима в качестве рабочего обусловлен совокупностью свойств, которая обеспечивает ему преимущество перед пропорциональным. Перечислим эти свойства с указанием их практической значимости:

1) большая амплитуда сигнала позволяет ввести высокий порог регистрации, что практически устраняет проблему внешних наводок, кроме того, это позволяет упростить и удешевить усилители;

2) малое мертвое время не создает просчетов;

3) большая область рабочих напряжений гарантирует стабильность работы камеры;

4) использование толстой анодной проволоки облегчает изготовление камер и повышает их механическую надежность.

Система ДК состоит из 18 камер с чувствительной областью $0,5 \times 0,5$ м², собранных в три пакета по шесть камер в каждом (рис.5) /6/. Три камеры дают x-координаты и три - y-координаты. ДК имеют следующие

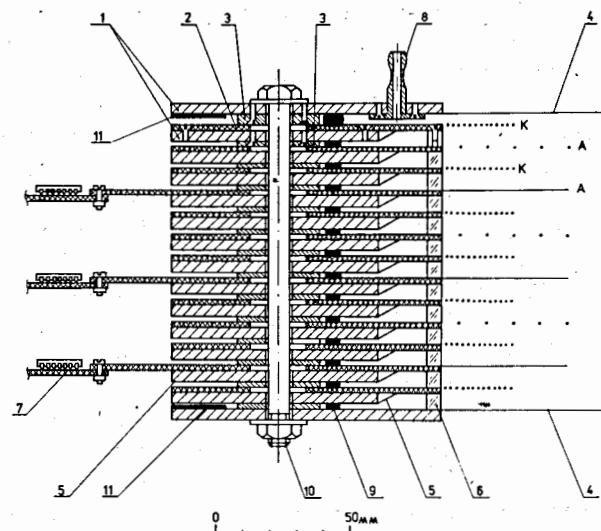


Рис.5 Сечение пакета ДК в собранном виде: I - дюралюминиевые рамки; 2 - стеклотекстолит с печатным монтажом; 3 - дюралюминиевые шайбы; 4 - лавсановые окна; 5 - тонкий (~0,1 мм) стеклотекстолит; 6 - плексигласовый брусок для задания межэлектродного зазора; 7 - стеклотекстолитовая плата с электроникой; 8 - газовая оливка; 9 - уплотнительный шнур из вакуумной резины; 10 - стяжной болт; 11 - стеклотекстолитовая полоска для крепления лавсановых окон; К - катодные проволоки, А - анодные проволоки.

геометрические параметры: $S = 10$ мм, $d = 50$ мкм, $L = 8$ мм; шаг катодных проволок 2 мм, диаметр 100 мкм. Все электроды намотаны проволокой из бериллиевой бронзы. Анодная плоскость состоит из 50 проволок, две крайние заземлены. Катодная плоскость находится под одним потенциалом.

ДК изготовлены, в основном, по технологии, разработанной ранее в Лаборатории ядерных проблем, целью которой было достаточно простое изготовление больших разборных камер с малым количеством вещества на пути частиц. Толщина пакета ДК составляет ~ 0,15 г/см². Приведено подробное описание технологии. Точность изготовления ДК составила: $\Delta S = 0,04$ мм, $\Delta L = 0,2$ мм (стандартные отклонения, усредненные по всем трем пакетам ДК).

Электроника считывания информации учитывает тот факт, что по условиям эксперимента ДК должны регистрировать по одной частице в событии. Поэтому номера сработавших проволок кодируются сразу после усилителей, а время дрейфа записывается по сигналу ИЛИ — одно для всей камеры. Число каналов считывания всей системы — 864. Используются электроника, разработанная в Лаборатории ядерных проблем.

Характеристики системы СГС ДК ^{6,77} изучались на Π -мезонном пучке синхротрона ЛЯП ОИЯИ. Камеры продувались газовой смесью из технического аргона, метана и метилалля (62:21:17).

Плато эффективности составило ~ 400 В при разбросе положений ± 20 В; для крайних в пакете ДК плато смещено на $+80$ В. Эффективность получилась равной в среднем $\bar{\epsilon} = 99,6\%$ при рабочей скорости счета камеры $\sim 4 \cdot 10^4$ с⁻¹ и длительности строб-импульса 450 нс. Камеры испытывались и при скорости счета $\sim 10^6$ с⁻¹, при этом эффективность понижалась до $\bar{\epsilon} = 98,2\%$, что примерно соответствует просчетам из-за мертвой зоны, образуемой стримером на проволоке.

Геометрические поправки на положение каждой ДК определялись по трекам, записанным при облучении камер пучком Π -мезонов ⁷⁷. Поправки находились разными способами; приведено подробное их описание.

Дрейфовые характеристики также извлекались из трековой информации, полученной на пучке, методом последовательных приближений ⁷⁷. Характеристика аппроксимировалась функцией:

$$\Delta x(t) = a \{1 - \exp[-b(t - t_0)]\} \quad (1)$$

где Δx — расстояние вдоль оси X от трека до сигнальной проволоки; $(t - t_0)$ — время дрейфа; a и b — свободные параметры; t_0 — аппаратный параметр, фиксированный для каждой камеры. Для начального приближения использовались интегральные временные спектры сигналов с ДК. Сущность этого способа состоит в том, что при равномерном по координате облучения ДК дифференциальный временной спектр сигналов отражает зависимость дрейфовой скорости от времени дрейфа: $dN/dt = dN/dx \cdot dx/dt = \text{const} \cdot v(t)$. Поэтому интеграл от этого спектра с точностью до нормировочного коэффициента представляет дрейфовую характеристику:

$$\Delta x(t) = \frac{S}{2} \cdot \frac{N(t)}{N} \quad (2)$$

где $N(t)$ — число событий на кривой интегрального спектра в точке t ; N — полное число событий в спектре. Начальные параметры дрейфовых характеристик получались аппроксимацией спектров (2) функцией (1). Результаты обработки информации показали, что процедура последова-

тельных приближений практически не меняет начальных значений параметров a и b . Это означает, что интегральные временные спектры могут использоваться для прямого определения дрейфовых характеристик.

На рис. 6 приведены дрейфовые характеристики, полученные для разных углов падения пучка. Существенная нелинейность возникает для частиц, проходящих примерно посередине между анодными проволоками при малых углах падения. Следует отметить, что семейство характеристик, представленных на рис. 6, отражает соотношения между зарегистрированным временем дрейфа и координатой точки, в которой трек пересекает ось X. В действительности же это время соответствует кратчайшему расстоянию между проволокой и треком. Поэтому для ДК данной геометрии было сделано предположение об азимутальной симметрии дрейфовой характеристики, что сводится к следующему: характеристика в виде (1), полученная для трека, перпендикулярного камере, определяет путь дрейфа по перпендикуляру к треку для произвольного угла наклона. В соответствии с этим предположением была определена координатная точность ДК при разных углах падения и оказалось, что при таком способе задания дрейфовой характеристики точность практически не ухудшается по сравнению с предыдущим способом.

Координатная точность ДК определялась из распределения отклонений $\Delta = x^T - x^B$, где x^B — значение координаты, зарегистрированное в данной камере, а x^T — значение координаты, рассчитанное по информации с других камер. Зависимость координатной точности, усредненной по всем ДК и по дрейфовому промежутку, от угла падения пучка представлена на рис. 7.

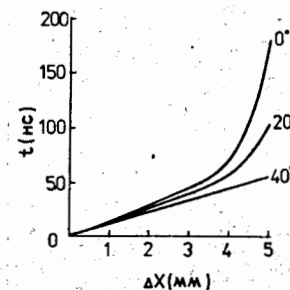


Рис. 6 Семейство дрейфовых характеристик; параметром служит угол падения пучка.

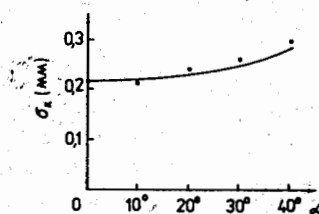


Рис. 7 Средняя координатная точность в зависимости от угла падения пучка.

Экспериментальные точки хорошо аппроксимируются функцией:

$$b_x(\text{мм}) = 0,22 / \cos \alpha.$$

Такая зависимость объясняется чисто геометрически. Поскольку точность по перпендикуляру к треку остается постоянной $b_x(0^\circ) = b_r = \text{const}$, то область перекрытия трека с осью X должна меняться пропорционально $1/\cos \alpha$. Следовательно, с увеличением угла падения трека, несмотря на ухудшение точности вдоль координатной оси в каждой камере, угловое разрешение системы ДК улучшается пропорционально $\cos \alpha$, так как $b_r = \text{const}$, а база растет пропорционально $1/\cos \alpha$.

Далее отмечается, что широко распространенный способ определения точности ДК по ширине распределения отклонений Δ на полувысоте в предположении, что оно нормальное, то есть $b_\Delta = fwhm / 2,355$, приводит к искусственному завышению точности. Это связано с тем, что распределение Δ не описывается кривой Гаусса - имеются большие "хвосты", вызванные δ -электронами трека. В нашем случае разница между действительной точностью и ее оценкой стандартным способом довольно существенна - 0,22 мм и 0,15 мм соответственно.

В конце главы сделан вывод, что данная геометрия ДК, процедура получения дрейфовых характеристик и их нелинейность, а также использование СГС режима не ухудшают координатной точности по сравнению со стандартным уровнем $\sim (0,1-0,2)$ мм.

В третьей главе диссертации кратко описана экспериментальная установка по исследованию реакции обратного электророждения пиона (ОЭП) на легких ядрах ($\pi + A \rightarrow e^+ + e^- + X$) и применение в ее составе системы СГС ДК.

Экспериментальная установка (рис.8) смонтирована на π -мезонном канале синхротрона ДИЯФ АН СССР. Она включает: мониторный телескоп (мониторные счетчики С1М, С2М, 1, 2, охранные счетчики 3-7, счетчик антисовпадений А), мишень (в данном эксперименте - ^7Li) и три боковых телескопа (Т1, Т2, Т3). Боковые телескопы содержат одинаковые наборы детекторов с апертурой $0,5 \times 0,5 \text{ м}^2$: пакеты дрейфовых СГС камер ДК1, ДК2, ДК3; спинтилляционные счетчики С1, С2, С3; водяные пороговые черенковские счетчики Ч1, Ч2, Ч3 и черенковские ливневые спектрометры СП1, СП2, СП3. Для мониторинга пучка используется логическая схема $\text{С1М} \cdot \text{С2М} \cdot (\text{I} + 2 + \dots + 7)$. Взаимодействия с мишенью выделяются счетчиком А - $\text{С1М} \cdot \text{С2М} \cdot (\text{I} + 2 + \dots + 7 + \text{А})$. Запуск установки происходит при срабатывании двух из трех боковых телескопов в совпадении с сигналом взаимодействия. При рабочей интенсивности пучка $1,6 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$ интенсивность запусков установки составляла $\sim 5 \text{ с}^{-1}$.

ДК служат следующим целям:

1) измерение углов вылета частиц из мишени и определение точки взаимодействия;

2) коррекция амплитуд остальных детекторов;

3) подавление запусков установки от γ -квантов.

Спинтилляционные счетчики используются для выделения одиночных релятивистских частиц; черенковские - для подавления фона низкоэнергичных частиц; спектрометры - для измерения энергии электронов и позитронов.

Для коррекции амплитуд с помощью ДК проводились треки и определялись угол и точка входа частицы в соответствующий детектор. Затем учитывалась зависимость амплитуды от точки попадания в детектор, а также зависимость амплитуды от угла входа. Таким образом амплитудные распределения сужались и приводились к калибровочному виду, когда детектор облучался пучком электронов (или позитронов), направленным в его центр перпендикулярно поверхности. После амплитудных коррекций можно точно учесть, какая доля событий реакции ОЭП теряется при введении критериев отбора на основе калибровочных амплитудных распределений.

Трековая эффективность пакета ДК определялась как отношение числа треков, найденных при "офф-лайн" обработке экспериментального материала, к числу частиц, прошедших через соответствующий пакет. Треки проводились методом наименьших квадратов. Эффективность для пакета ДК (при наличии трека в двух проекциях) составила 91% при скорости счета каждой ДК в пакете $\sim 10^5 \text{ с}^{-1}$. Неэффективность, в основном, определяется сбоями кодов при записи координат трека из-за фоновых загрузок ДК (заметим, что указанная во второй главе величина эффективности 99,6% определяет эффективность отдельной камеры как счетчика).

Минимальное пространственное расстояние между треками определялось следующим образом. В каждом пакете ДК проводился пространственный треки по двум проекциям. Треки продлевались в область мишени и находилось минимальное пространственное расстояние между ними. Так как

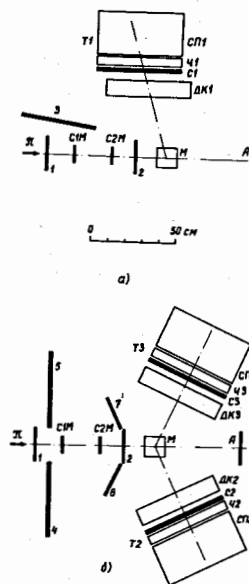


Рис.8 Схема экспериментальной установки:
а) вид сбоку - показан телескоп Т1;
б) вид сверху - показаны телескопы Т2 и Т3.

из-за лево-правой неопределенности критерия отбора удовлетворяло в среднем более одного трека, то получался набор минимальных расстояний. За R_{min} принималось наименьшее из них. На рис.9 приведено полученное таким образом калибровочное распределение по R_{min} (использовалась реакция $\pi^+ + {}^7\text{Li} \rightarrow \pi^+ + \text{P} + \dots$), на основе которого определялись потери событий ОЭП при введении критериев на R_{min} .

При отборе событий ОЭП проверялась также принадлежность точки взаимодействия к мишени. За точку взаимодействия принималась середина отрезка R_{min} . Для примера на рис.10 показано распределение проекции точки взаимодействия на ось пучка; видно, что мишень хорошо выделяется.

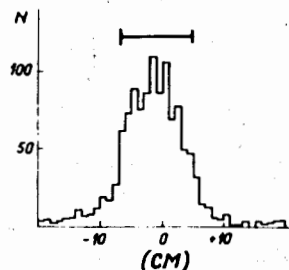


Рис.10 Распределение проекции точки взаимодействия на ось пучка. Отрезок показывает продольный размер и положение мишени.

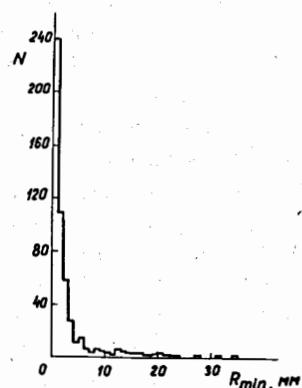
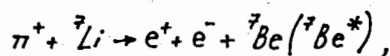


Рис.9 Калибровочное распределение по R_{min} .

За время экспозиции экспериментальной установки было набрано ~ 300000 запусков; из них было выделено ~ 140 событий реакции ОЭП на ядре ${}^7\text{Li}$:



где ${}^7\text{Be}^*$ - ядро бериллия в возбужденном состоянии (разрешение установки недостаточно для разделения основного и возбужденных состояний). Сечение процесса ОЭП, которое регистрируется установкой с порогом в спектрометрах 70 МэВ и в телесном угле $\Omega^2 = 0,197 \text{ ср}^2$, получилось равным:

$$\sigma = (2,6 \pm 0,6) \cdot 10^{-33} \text{ см}^2.$$

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Получено доказательство стримерной природы нового - "сильно-точного" - режима работы проволочной камеры.
2. Сделан вывод о том, что в основе работы различных проволочных камер в режимах больших сигналов лежит единый физический механизм - самогасящийся стримерный (СГС) разряд.
3. Исследованы следующие характеристики и свойства СГС режима: амплитудные спектры и зарядовые характеристики, направленность стримера, чувствительность к первичной ионизации, влияние на режим давления рабочего газа и геометрических параметров камеры.
4. Получено объяснение некоторых закономерностей СГС разряда: наличие скачков в амплитудной характеристике объясняется множественным образованием стримеров, переходы между разными режимами работы проволочной камеры объясняются действием короткопребоежного ультрафиолетового излучения лавины.
5. Создана система из 18 полуметровых дрейфовых камер на 864 канала съема информации, работающих в СГС режиме.
6. Исследованы характеристики системы СГС ДК и показано, что СГС режим и особенности данной геометрии ДК позволяют получить стандартную координатную точность $\sim (0,1-0,2)$ мм.
7. Обеспечена работа системы СГС ДК в экспериментах на ускорителях ЛЯП ОИЯИ и ЛЯФ АН СССР, приведших к обнаружению процесса обратного электророждения пиона на ядре ${}^7\text{Li}$.

Материалы диссертации опубликованы в работах:

1. Alekseev G.D., Khazins D.M. and Kruglov V.V. Self-Quenching Streamer Discharge in a Wire Chamber. Lett. Nuovo Cim., 1979, v.25, No.5, p.157.
2. Алексеев Г.Д., Калинина Н.А., Карпужин В.В., Круглов В.В., Хазинс Д.М. Основные характеристики самогасящегося стримерного разряда в проволочной камере. Препринт ОИЯИ, 13-80-447, Дубна, 1980.
3. Алексеев Г.Д., Хазинс Д.М. Влияние толщины анодной проволоки и давления рабочего газа на характеристики самогасящегося стримерного режима работы проволочной камеры. ПТЭ, 1982, № 2, с.33.
4. Алексеев Г.Д., Круглов В.В., Хазинс Д.М. Самогасящийся стримерный (СГС) разряд в проволочной камере. ЭЧАЯ, т.13, вып.3, с.703.
5. Алексеев Г.Д., Калинина Н.А., Круглов В.В., Хазинс Д.М. Пропорциональная камера с шагом сигнальных проволок 10 мм. ПТЭ, 1978, № 4, с.51.

6. Алексеев Г.Д., Ганичев В.И., Горчаков О.Е., Калинина Н.А., Карпухин В.В., Круглов В.В., Кушцов А.В., Лучан Л., Хазинс Д.М. Система полуметровых дрейфовых камер, работающих в самогасящемся стримерном режиме. Сообщение ОИЯИ, РГЗ-81-762, Дубна, 1981.
7. Алексеев Г.Д., Калинина Н.А., Хазинс Д.М. Характеристики полуметровых дрейфовых камер, работающих в самогасящемся стримерном режиме. Сообщение ОИЯИ, РГЗ-82-42, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 декабря 1982 года.