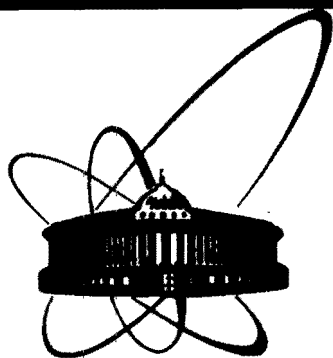


86-327



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна**

13-86-327

**Ю.И. Давыдов, П.Стрмень, А.А.Фещенко, В.Б.Флягин,
И.Е.Чириков-Зорин, Й.Шпалек**

МИНИ-ДРЕЙФОВАЯ КАМЕРА С ЗАЗОРОМ 4 ММ

Стендовые испытания

1986

ВВЕДЕНИЕ

Дрейфовые камеры давно уже стали традиционным координатным прибором, применяемым в экспериментах по физике высоких энергий. При большом разнообразии внешних габаритных размеров и форм таких камер их внутренняя ячейка, определяющая электрическое поле, имеет установившуюся конструкцию с распределенным потенциалом катода и дрейфовым промежутком обычно 20–50 мм. Камеры этого типа обладают высокой точностью определения координат и во многих случаях полностью удовлетворяют требованиям физического эксперимента.

В самое последнее время в технике физического эксперимента произошел незаметный, но, на наш взгляд, важный сдвиг – начали появляться необычные дрейфовые камеры с дрейфовым промежутком всего 1–5 мм/1,2,4/. Несмотря на весьма значительное увеличение количества каналов электроники в таких мини-дрейфовых камерах /МДК/, их популярность все возрастает. Это объясняется тем, что в этих детекторах объединяются лучшие свойства как пропорциональных, так и дрейфовых камер:

- а/ высокое пространственное разрешение / ~ 100 мкм/;
- б/ высокая эффективность регистрации частиц при большей интенсивности /свыше $4 \cdot 10^7$ с $^{-1}$ см $^{-2}$ //1/;
- в/ возможность их использования в сильном / $B \sim 1$ Тл/ магнитном поле/3,4/;
- г/ возможность использования МДК при выработке быстрого триггера/4/.

Настоящая работа выполнена в рамках исследований, направленных на создание координатных детекторов установки, предназначенной для проведения экспериментов на УНК. Ниже представлена конструкция и результаты исследований характеристик такой узкозачерной дрейфовой камеры при помощи радиоактивного источника; обсуждается возможность оптимизации геометрии электродов МДК.

КОНСТРУКЦИЯ КАМЕРЫ

Конструкция камеры довольно проста; она мало отличается от обычных пропорциональных камер. Так, в нашем случае за основу была взята пучковая пропорциональная камера спектрометра ГИПЕРОН/5/.

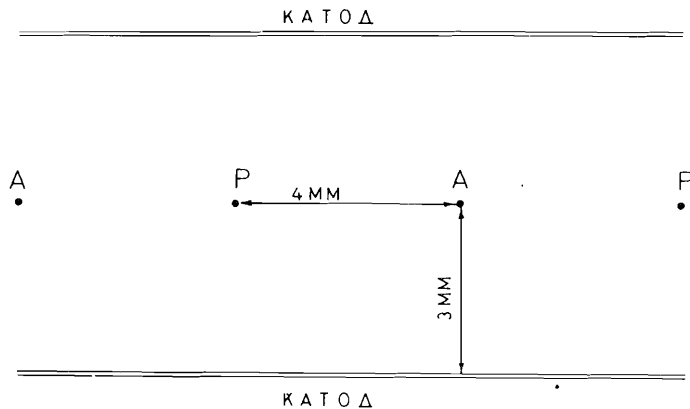


Рис.1. Конфигурация электродов элементарной ячейки МДК: А - анодная проволока $\phi 30$ мкм; Р - потенциальная проволока $\phi 30$ мкм.

На рис.1 показана использовавшаяся в данных опытах конфигурация электродов элементарной ячейки МДК с эквипотенциальным катодом. Катодные электроды камеры выполнены из алюминиевой фольги толщиной 14 мкм. Анодные и потенциальные электроды намотаны золоченой вольфрамовой проволокой диаметром 30 мкм с шагом $4,00 \pm 0,01$ мм при натяжении 70 г. Конструктивно камера состоит из двух рамок, изготовленных из эпоксидного компаунда методом отливки^{6/}, на которые приклеены катодные электроды и печатные платы для других электродов. Анодные и потенциальные проволоки распаяны на печатных платах и выведены на противоположные стороны камеры. Для герметизации газового объема использовался шнур из пористой резины, укладываемый в специальных пазах рамок. Ввод и вывод газа осуществляется через оливки, расположенные на рамках. Окна камеры выполнены из лавсановой пленки толщиной 40 мкм.

Анодные проволоки заземлены через сопротивление, а на потенциальные проволоки и на катоды подается отрицательный потенциал. Рабочая площадь камеры с дрейфовым промежутком 4 мм составляет 128×128 мм².

СХЕМА ОПЫТА

Исследование характеристик МДК производилось с радиоактивным источником Ru^{106} . Схема опыта показана на рис.2. Электроника включена в линию с ЭВМ МЭРА-60. Пучок электронов от β -источника формировался двумя щелевыми коллиматорами, между которыми на юстировочном приспособлении устанавливалась дрей-

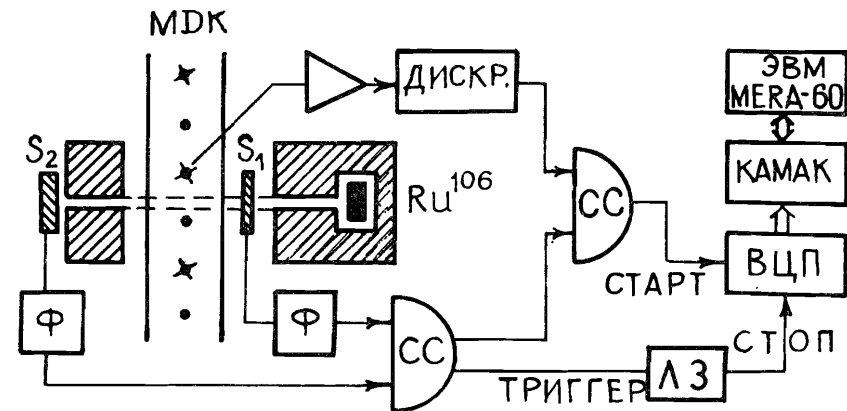


Рис.2. Схема стенда для исследования характеристик МДК с радиоактивным β -источником Ru^{106} . Ф - формирователь, ЛЗ - линия задержки.

фовая камера. Специальное устройство позволяло перемещать камеру поперек пучка и фиксировать ее положение с точностью 0,05 мм. Сигнал триггера вырабатывался включенными на совпадение сцинтилляционными счетчиками (S_1 , S_2). Для уменьшения многократного рассеяния электронов первый по пучку счетчик (S_1) изготовлен из сцинтиллятора толщиной 0,3 мм. Сигналы с анодной проволоки усиливались предусилителем со следующими параметрами: чувствительность - 12 мВ/мкА, входное сопротивление - 80 Ом, собственное время нарастания - $5 \div 6$ нс, собственные шумы усилителя - 0,8 мкА. Сигналы с предусилителя через дискриминатор подавались на схему совпадений, на второй вход которой поступал сигнал триггера /длительность сигнала триггера равна максимальному времени дрейфа электронов первичной ионизации в дрейфовом зазоре камеры/. Далее сигналы поступали на времяцифровой преобразователь /ВЦП/ с наносекундным разрешением^{7/} и затем - в ЭВМ МЭРА-60.

Для наполнения камеры использовалась простая смесь газов: аргон 70%, изобутан 30%. Газовый пульт позволял готовить газовые смеси с точностью дозирования 0,5%. Потoki газовых компонентов контролировались ротаметрами, предварительная калибровка которых производилась при помощи газового барабанного счетчика типа ГСБ-400, предназначенного для измерений малых объемов газов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

На рис.3 приведена эффективность регистрации частиц МДК в зависимости от катодного потенциала при двух порогах регистрации предусилителя 1 мкА и 2 мкА. При этих измерениях потен-

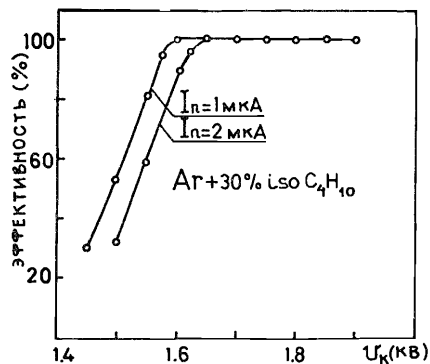
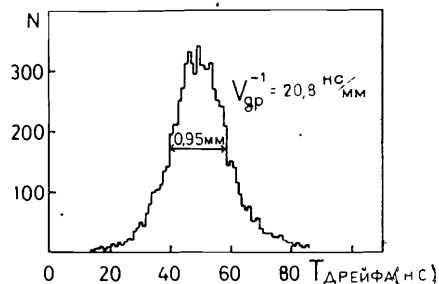


Рис. 4. Типичный профиль пучка электронов на камере.

Рис. 3. Зависимость эффективности регистрации МДК от потенциала при порогах регистрации 1 мкА и 2 мкА.



циальные проволоки имели потенциал катодов. Как видно из рисунка, протяженность плато при пороге регистрации 1 мкА составляет 300 В при эффективности выше 99% и сокращается на 50 В при увеличении порога до 2 мкА. Конец плато наступает вследствие перехода камеры из пропорционального в режим Гейгера - Мюллера. При этом интенсивность шума в конце плато составляет всего 5 Гц/проволоку, что является следствием высокой чистоты электродов камеры.

При исследовании дрейфовых камер с небольшим дрейфовым зазором необходим весьма узкий пучок электронов. На рис. 4 показан профиль пучка электронов от коллимированного β -источника, измеренный в центре дрейфового промежутка. Ширина распределения (FWHM) составляет примерно 1 мм.

Важной характеристикой дрейфовой камеры является зависимость времени дрейфа электронов от расстояния до сигнальной проволоки /дрейфовая характеристика/. Эта зависимость определяется многими факторами и в большой степени величиной и однородностью напряженности электрического поля E в дрейфовом промежутке. На рис. 5 показана напряженность E в плоскости проволок дрейфового зазора МДК. Видно, что в дрейфовом промежутке электрическое поле меняется очень сильно. Поэтому в данной камере для получения линейной дрейфовой характеристики необходимо использовать газовые смеси, в которых скорость дрейфа электронов слабо зависит от напряженности электрического поля.

Экспериментальное исследование зависимости времени дрейфа от координаты показало высокую ее линейность /рис. 6/ для используемой нами смеси газов. Отклонение отдельных точек от прямой, которой аппроксимировалась эта зависимость, не превышало 30 мкм, что соответствует точности измерений. Линейность

Рис. 5. Зависимость напряженности электрического поля от расстояния до анодной проволоки, $L = 0$ соответствует положению анодной проволоки, $L = 4$ мм - положению потенциальной проволоки. Выше пунктирной линии шкала E логарифмическая.

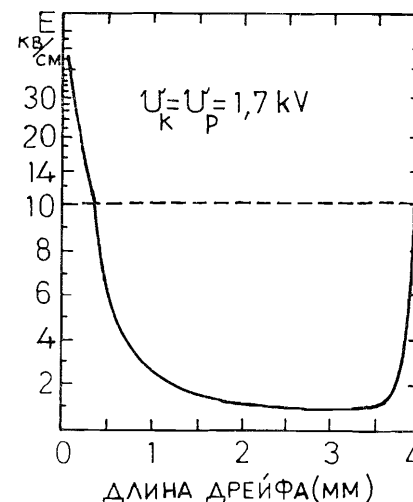
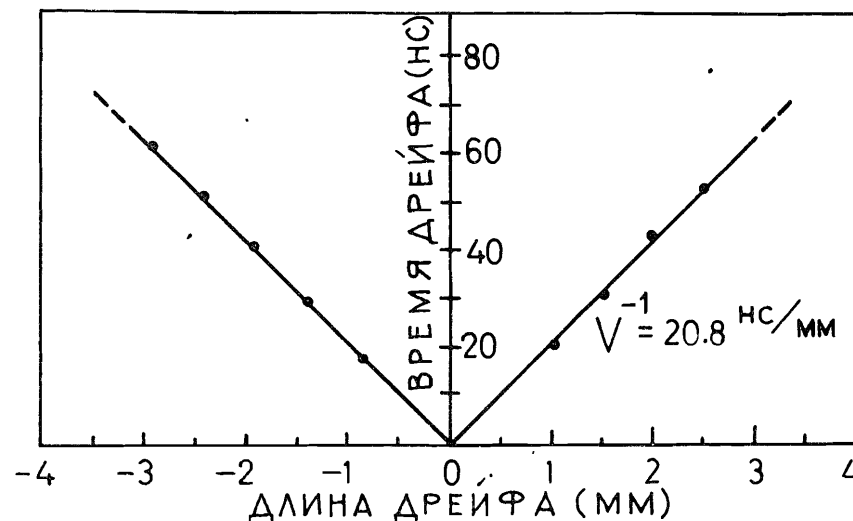


Рис. 6. Зависимость времени дрейфа от координаты прохождения частицы.



дрейфовой характеристики обеспечивается насыщением дрейфовой скорости электронов в смеси аргона и изобутана в интервале E/p от 1 до 20 кВ/см·атм /рис. 5/. В окрестности потенциальной проволоки находятся области пониженной напряженности электрического поля, и поэтому должна существовать нелинейность дрейфовой характеристики. Однако из-за конечной ширины пучка электронов соответствующие прямые измерения выполнить невозможно. Оценка размера зоны нелинейности проводилась следующим образом. Центр щели коллиматоров β -источника помещался точно против потенциальной проволоки. Таким образом, пучок электронов попадал

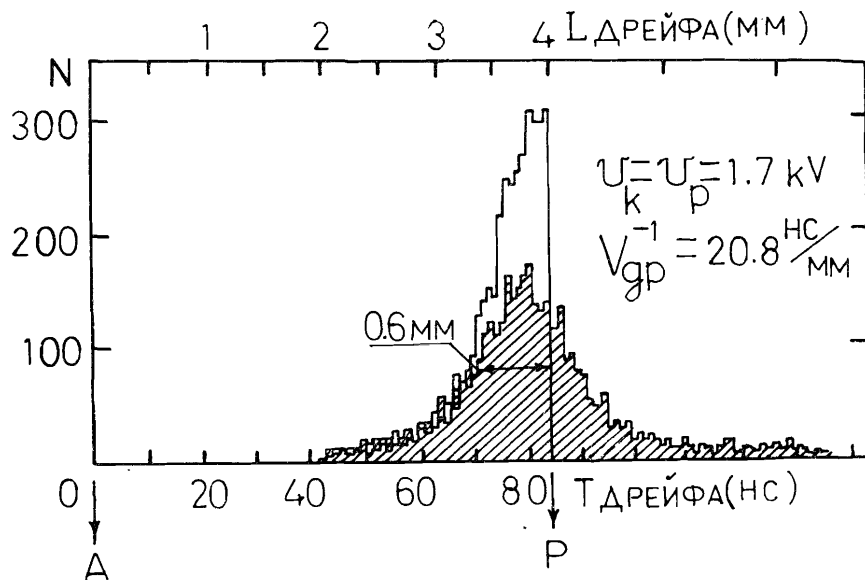


Рис.7. Профили пучка электронов на камере у потенциальной проволоки.

в два соседних дрейфовых промежутка. Затем измерялся профиль пучка электронов как обычно /заштрихованный рис.7/. Полученные результаты сравнивались с типичным полупрофилем, измеренным в центре дрейфового зазора. Приведенные на рис.7 распределения нормированы на одинаковое количество событий. Как видно из рисунка, отклонение измеренного профиля пучка вследствие нелинейности от типичного профиля начинается приблизительно на расстоянии 0,5-0,6 мм от потенциальной проволоки*. Важно отметить также, что при увеличении и уменьшении потенциала на потенциальной проволоке относительно катода, как показали аналогичные измерения, размер зоны нелинейности увеличивался.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В МДК

С целью изучения причин образования зоны нелинейности дрейфовой характеристики вблизи потенциальной проволоки было проведено моделирование электростатических полей в элементарной ячейке дрейфовой камеры. Моделирование электрических полей

*Приведенные оценки являются приблизительными; более точно зона нелинейности и точность камеры /<100 мкм/ была измерена в дальнейших опытах на пучке заряженных частиц 10 ГэВ.

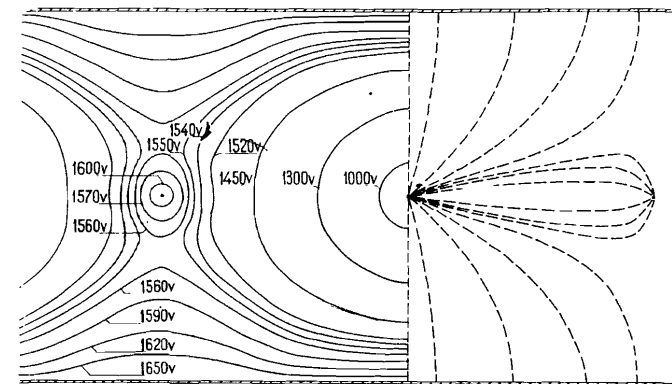


Рис.8. Конфигурация электрического поля МДК /рис.1/. Анодная проволока заземлена. Потенциальные проволоки и катоды под потенциалом - 1,7 кВ.

проводилось методом "электролитической ванны" с помощью проводящей бумаги. На рис.8 показана конфигурация электрического поля в МДК /для конфигурации рис.1/. Здесь сплошные линии - эквипотенциали, пунктирные - силовые линии поля. Как видно из рисунка, вблизи потенциальной проволоки существуют области пониженной напряженности электрического поля, и само поле имеет значительную неоднородность. Нелинейность дрейфовой характеристики /и размытие профиля пучка на рис.7/ вблизи потенциальной проволоки объясняется как увеличением /из-за неоднородности поля/ путей дрейфа электронов, так и изменением скорости дрейфа тех электронов, которые проходят через области малой напряженности поля. Из рис.8 можно видеть, что зона нелинейности начинается на расстоянии 0,6 мм от потенциальной проволоки, что хорошо согласуется с результатами непосредственных измерений, описанными выше.

С целью достижения минимальных размеров зоны нелинейности моделирование электрических полей проводилось с различными параметрами ячеек, в том числе рассматривались геометрии камер работ/1,2/. В результате выяснилось, что конфигурации МДК, описанных в работах/1,2/ и в настоящей статье, не являются оптимальными. Оптимальной конфигурацией МДК является геометрия элементарной ячейки типа "квадрат" с равными межэлектродными расстояниями. Картина поля для такой конфигурации электродов показана на рис.9. Минимальные размеры зоны ослабленного поля в такой геометрии достигаются при равных потенциалах на катодах и потенциальных проволоках и при использовании потенциальных проволок большого диаметра.

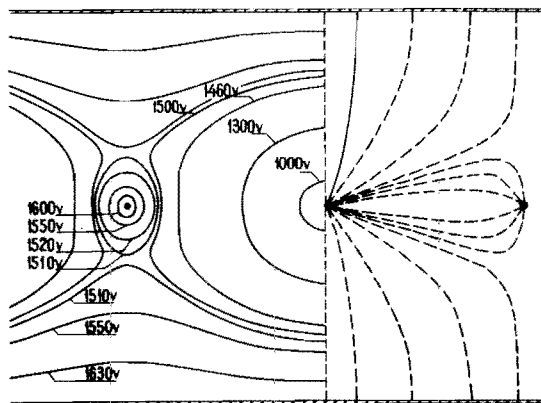


Рис.9. Конфигурация электрического поля оптимальной МДК /рис.9/. Анодная проволока заземлена. Потенциальные проволоки и катоды под потенциалом - 1,7 кВ.

ВЫВОДЫ

Исследованы характеристики дрейфовой камеры нового типа с дрейфовым промежутком 4 мм, сочетающей в себе простоту конструкции и быстродействие пропорциональной камеры с высокой точностью обычной дрейфовой камеры.

Показано, что:

1/ камера обладает хорошей линейностью /время дрейфа - координата/ почти во всей области дрейфового промежутка;

2/ зона нелинейности занимает ~0,6 мм и может быть уменьшена путем выбора оптимальной конфигурации дрейфовой ячейки.

В заключение авторы благодарят В.П.Джелепова, Ю.А.Будагова за поддержку работы, С.П.Жунина, Н.П.Мошкова за помощь при изготовлении аппаратуры, Л.И.Пономареву за помощь в оформлении работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Walenta A.H. NIM, 1983, 217, p.65.
2. Eiseman S. et al. NIM, 1983, 217, p.140.
3. Poladino V. et al. NIM, 1975, 128, p.323.
4. DELPHI Technical Proposal. CERN/LEPC/83-3, p.39.
5. Курилин А.С. и др. ОИЯИ, 13-83-774, Дубна, 1983.
6. Пугачевич В.П. Авт.свид.СССР № 231019 от 04.08.66. Бюл. ОИПОТЗ, 1968, № 35, с.66.
7. Budagov Yu.A. et al. NIM, 1985, A234, p.302.

Рукопись поступила в издательский отдел

23 мая 1986 года.

Давыдов Ю.И. и др.

13-86-327

Мини-дрейфовая камера с зазором 4 мм. Стендовые испытания

При помощи бета-источника исследованы характеристики дрейфовой камеры с дрейфовым промежутком 4 мм, сочетающей в себе простоту конструкции и быстродействие пропорциональной камеры с высокой точностью обычной дрейфовой камеры. Измерения характеристик проведены на аргон-изобутановой смеси /70% Ar + 30% C₄H₁₀/. Камера обладает хорошей линейностью дрейфовой характеристики. Оцененная зона нелинейности дрейфовой характеристики вблизи потенциальной проволоки составляет 0,5-0,6 мм и является следствием как уменьшения скорости дрейфа в этой зоне, так и увеличения путей дрейфа электронов. Проведено моделирование электрических полей в дрейфовой ячейке, обсуждается возможность оптимизации геометрии электродов камеры с целью уменьшения зоны нелинейности.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод авторов

Davydov Yu.I. et al.

13-86-327

Mini-Drift Chamber with a 4 mm Gap. Stand Test

Characteristics of the drift chamber with a 4 mm drift gap, containing simplicity of construction and rapidity of a proportional chamber and high-accuracy of a usual drift chamber were investigated by using a β -source. Measurements have been made with argon-isobutane gas mixture (70% Ar + 30% C₄H₁₀). The chamber had good linearity of the drift characteristic. By estimation, the region of non-linearity of drift characteristic near the potential wire is approximately 0.5-0.6 mm. This is due to both drift velocity decrease in this region and electron drift way increase. Simulation of the electric field in the drift cell has been conducted, possibility of optimizing the geometry of chamber electrodes for decrease of the non-linearity region is discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986