

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

13-86-730

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

**ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНИ-ДРЕЙФОВОЙ КАМЕРЫ**

Направлено в журнал "Nuclear Instruments and Methods"

**1986**

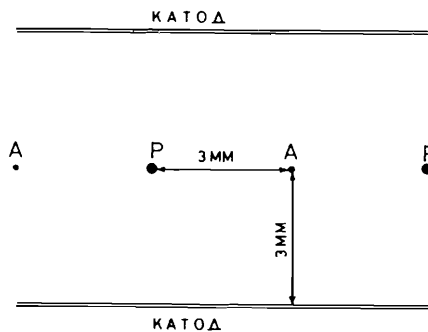
Одно из перспективных направлений развития методики экспериментов в физике средних и высоких энергий связано с разработкой и исследованием возможностей дрейфовых камер с малыми (1 — 5 мм) дрейфовыми промежутками. В мировой литературе за такими камерами постепенно установился термин — мини-дрейфовые камеры (МДК). В этих детекторах объединяются лучшие свойства как пропорциональных, так и дрейфовых камер. А их быстрое действие, высокая пространственная точность и загрузочная способность, а также возможность использования в сильном магнитном поле позволяют надеяться на создание магнитных спектрометров нового поколения, в которых эти камеры будут играть роль центрального газонаполненного детектора.

## КОНСТРУКЦИЯ КАМЕРЫ

Конструкция камеры аналогична описанной в работе<sup>1/</sup>; различие состоит лишь в геометрии электродов. Как отмечалось ранее<sup>2/</sup>, оптимальной конфигурацией плоской МДК является геометрия элементарной ячейки типа "квадрат" с равными межэлектродными расстояниями и анодной проволокой в центре (рис. 1). Эквипотенциальные катодные электроды камеры выполнены из алюминиевой фольги толщиной 14 мкм, анодные проволоки - из золоченого вольфрама диаметром 30 мкм, потенциальные проволоки - из бериллиевой бронзы диаметром 100 мкм. Величина дрейфового промежутка равна 3 мм. Рабочая площадь камеры составляет 126 x 126 мм.

Анодные проволоки заземлены через сопротивления, а на катоды и потенциальные проволоки подается отрицательный

Рис. 1. Конфигурация электродов МДК: А — анодная проволока  $\varnothing$  30 мкм, Р — потенциальная проволока  $\varnothing$  100 мкм.



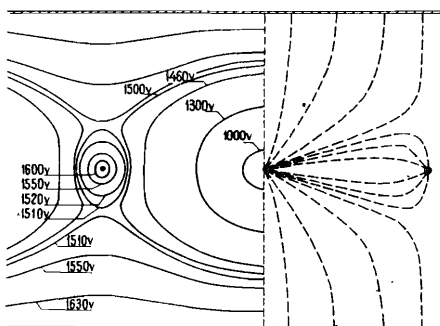


Рис. 2. Конфигурация электрического поля оптимальной МДК. Анодная проволока заземлена. Потенциальные проволоки и катоды под потенциалом 1,7 кВ.

потенциал. На рис. 2 показана конфигурация электрического поля элементарной ячейки камеры. Здесь сплошные линии — эквипотенциали, пунктирные — силовые линии поля. Картина поля получена моделированием с помощью метода "электролитической ванны".

### МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Исследование характеристик МДК проводилось на пучке заряженных частиц с импульсом 10 ГэВ/с ускорителя ИФВЭ. При этом использовалась часть аппаратуры и детекторов установки "Гиперон"<sup>3/</sup>.

Для проведения измерений было изготовлено три камеры, которые собирались в блок и располагались на равных расстояниях одна за другой в едином газовом объеме.

Сигналы с дрейфовых камер поступали на усилители-формирователи и преобразователь время — цифра с наносекундным разрешением<sup>4/</sup>. Чувствительность усилителей составляла ~12 мВ/мкА, шумы, приведенные ко входу, ~ 0,8 мкА, входное сопротивление ~ 80 Ом, собственное время нарастания ~ 5 нс. Аппаратура работала в линию с ЭВМ ЕС-1010.

В качестве рабочего газа использовалась смесь, состоящая из 67% аргона и 33% изобутана при атмосферном давлении.

Программы обработки информации позволили определять эффективность, линейность, пространственное разрешение камер, профили пучка частиц и другие характеристики.

Пространственное разрешение МДК оценивалось по распределению величины

$$\Delta = (X_1 - X_2) - (X_2 - X_3),$$

где  $X_1, X_2, X_3$  — координаты треков частиц, определенные камерами. Точность регистрации координат одной камеры определялась из соотношения  $\sigma = \sigma_{\Delta} / \sqrt{6}$ , где  $\sigma_{\Delta}$  — среднеквадратичное отклонение величины  $\Delta$ . При этом предполагается, что камеры равноточны,

то есть  $\sigma = \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ , что справедливо для основной — центральной зоны камер (см. ниже).

В специальной выборке частиц, падавших строго перпендикулярно плоскостям МДК, зависимость пространственного разрешения от координаты частиц определялась по распределению величины  $\Delta(x) = X_1 - X_2$ . Из распределения  $\Delta(x)$  определялось среднеквадратичное отклонение этой величины, а затем находилось пространственное разрешение отдельной камеры  $\sigma_i(x)$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

В ходе эксперимента получены следующие данные. Плато счетной характеристики МДК начинается при  $U_k = 1,7$  кВ (порог срабатывания усилителей-формирователей  $I_n = 1,5$  мкА). Эффективность регистрации треков частиц на плато выше 99%. При  $U_k = 1,95$  кВ камера переходит в режим Гейгера — Мюллера, что ведет к появлению перекрестных наводок между каналами регистрации.

Исследование зависимости времени дрейфа электронов от расстояния до сигнальной проволоки (дрейфовой характеристики) проводилось с помощью частиц, падающих перпендикулярно к плоскостям камер ( $U_k = 1,8$  кВ). Как показали измерения, дрейфовая характеристика МДК (рис. 3) имеет три характерные области: основная линейная область — А, область вблизи потенциальной проволоки — В и область вблизи сигнальной проволоки — С\*.

Хорошая линейность характеристики в области А, несмотря на существенную неоднородность напряженности электрического поля в дрейфовом промежутке (рис. 4), достигается за счет насыще-

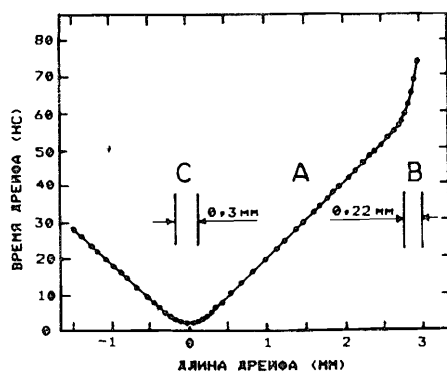


Рис. 3. Зависимость времени дрейфа от координаты прохождения частицы.

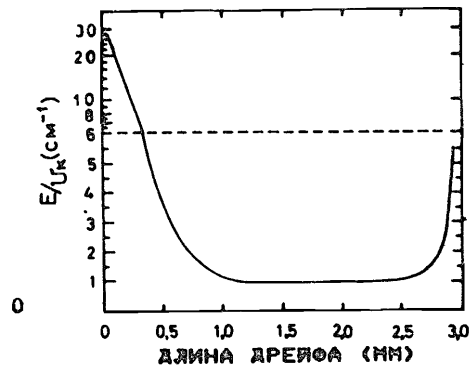


Рис. 4. Зависимость напряженности электрического поля в плоскости проволоки МДК от расстояния:  $L = 0$  соответствует положению анодной проволоки,  $L = 3$  мм — положению потенциальной проволоки. Выше пунктирной линии шкала  $E/U_k$  логарифмическая.

\* Исследуемая камера помещалась между двумя другими таким образом, чтобы последние всегда "работали" в линейной области А.

ния дрейфовой скорости электронов. В самом деле, в смеси Ar + 33% isoC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> насыщение скорости дрейфа наступает при  $E \sim 1,2$  кВ/см<sup>[5]</sup>, в то время как минимальная напряженность электрического поля в нашем случае значительно больше:  $E_{\text{мин}} = 1,8$  кВ/см (при  $U_{\text{к}} = 1,8$  кВ, см. рис. 4).

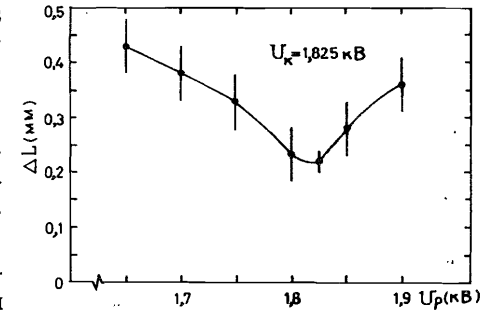
При уменьшении расстояния трека до сигнальной проволоки (область С) время дрейфа становится менее зависимым от X-координаты трека частицы. Этот эффект связан со следующими обстоятельствами. Известно, что при прохождении заряженной частицы через газовый объем детектора образуется цепочка локализованных сгустков электронов, которые называют кластерами. В чистом аргоне при атмосферном давлении размер ионизационного кластера в большинстве случаев  $r \ll 1$  мкм<sup>[6]</sup>, при этом 80% кластеров на самом деле представляют собой просто одиночные электроны<sup>[7]</sup>.

В нашем случае минимально ионизирующая частица на одном сантиметре трека в смеси Ar + 33% isoC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> образует около 35 кластеров, откуда следует, что среднее расстояние между ними составляет  $\sim 0,29$  мм<sup>[8]</sup>. При достаточно низком пороге срабатывания, с которым мы работали, измеряемой величиной является кратчайшее расстояние между сигнальной проволокой и треком частицы. А так как трек имеет кластерную структуру, то в действительности определяется время прибытия первых кластеров, дрейф которых в зоне линейности осуществляется в направлении, практически перпендикулярном к треку. В области С при приближении к сигнальной проволоке минимальное расстояние до трека становится сравнимым с расстоянием между кластерами ионизации. В этом случае дрейф первых регистрируемых кластеров происходит под разными углами к направлению трека, или, иначе говоря, по разным длинам пути. Как следствие этого в зоне С возникает нелинейность дрейфовой характеристики, причем время дрейфа электронов до сигнальной проволоки в большой степени определяется расстоянием между кластерами, величиной газового усиления и чувствительностью электроники.

Таким образом, временные спектры сигналов от регистрации кластеров несут информацию о распределении расстояний между ними. В данных измерениях (рис. 3) среднее время дрейфа кластеров для частиц, пересекающих сигнальную проволоку ( $X = 0$ ), составляет  $T_0 \approx 2,5$  нс, что соответствует расстоянию  $S_0 \approx 0,123$  мм, которое несколько больше ожидаемого среднего пути (0,073 мм) при пороге, отвечающем срабатыванию от одиночного (первого) кластера. Из величины  $S_0$  следует, что уровень дискриминации электроники в условиях опыта соответствовал 1-2 кластерам, причем приблизительно в 65% случаев регистрировался первый кластер трека.

Из сказанного ясно, что этот метод в принципе можно использовать для определения расстояний между кластерами ионизации в газах, то есть для измерения первичной ионизации, и, возможно,

Рис. 5. Зависимость размера области В от потенциала на потенциальных проволоках при  $U_{\text{к}} = 1,825$  кВ.



для идентификации релятивистских заряженных частиц. Разумеется, здесь необходимы дальнейшие исследования.

В области В для частиц, падающих нормально к плоскости камеры, дрейфовая характеристика МДК существенно нелинейна. Причем, как видно из рис. 3, эффективная скорость дрейфа электронов (наклон кривой  $dx/dt$ ) в области В почти в четыре раза меньше, чем в области А. Нелинейность дрейфовой характеристики возникает главным образом в результате увеличения (из-за неоднородности поля вблизи потенциальной проволоки) реальных путей дрейфа электронов (рис. 2), что эквивалентно уменьшению эффективной скорости дрейфа.

В описываемых опытах измерялась также зависимость размера нелинейной области В от потенциала на потенциальных проволоках при фиксированном потенциале катодов (рис. 5). Из рисунка видно, что минимальный размер области В достигается при равных потенциалах на потенциальных проволоках и катодах, что согласуется с ранее сделанными выводами<sup>[2]</sup>.

Следует отметить, что для частиц, падающих под углом больше  $15^\circ$  к плоскости камеры, нелинейная область В дрейфовой характеристики будет отсутствовать, что следует из конфигурации поля МДК (рис. 2).

Пространственное разрешение камеры в центре дрейфового промежутка в зависимости от приложенного напряжения приведено на рис. 6. Увеличение точности камеры при возрастании напряжения связано с экспоненциальным ростом газового усиления, что приводит к улучшению временной привязки сигналов с МДК (увеличению крутизны фронта сигнала).

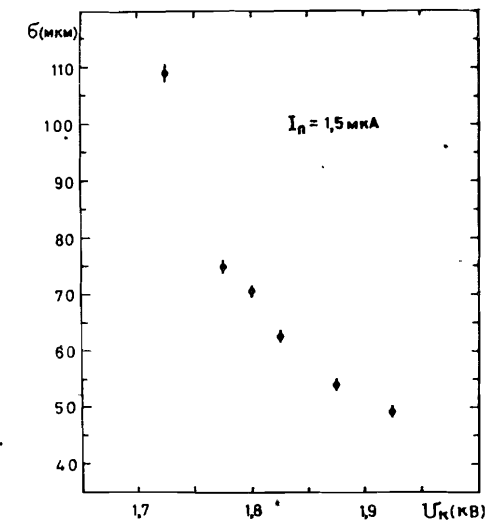


Рис. 6. Зависимость пространственного разрешения МДК от напряжения при пороге регистрации 1,5 мкА.

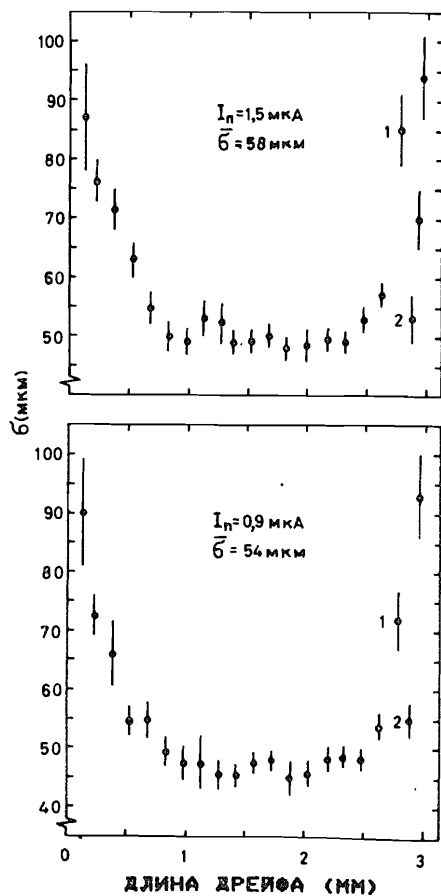


Рис. 7. Зависимость пространственного разрешения МДК от длины дрейфа при порогах регистрации 1,5 мкА и 0,9 мкА. Точка 1 — граница области А, точка 2 — центр области В.

На рис. 7 показана зависимость точности регистрации нормально падающих на камеру треков от длины дрейфа. Ухудшение разрешения вблизи сигнальной проволоки обусловлено обсуждавшимися ранее статистическими флуктуациями положения кластеров первичной ионизации вдоль трека частицы<sup>8,9/</sup>. Как видно из рис. 7, этот эффект начинает проявляться при длине дрейфа 0,7 мм и с уменьшением расстояния до сигнальной проволоки его роль существенно возрастает. Максимальное разрешение МДК получено в центральной зоне дрейфового промежутка, где оно достигает ~ 45 мкм.

Вблизи потенциальной проволоки временное и пространственное разрешение МДК также ухудшается, что обусловлено неоднородностью электрического поля, в котором, как это уже указывалось, электроны движутся по

путям различной длины. Интересно отметить, что зависимость  $\sigma = \sigma(x)$  вблизи потенциальной проволоки имеет промежуточный максимум (рис. 7) Такой характер зависимости является следствием резкого падения эффективной скорости дрейфа в области В. Нужно заметить, однако, что в этой области эффективная скорость дрейфа определяется менее точно, чем в зоне А.

МДК испытывались в пучке частиц высокой интенсивности ( $\sim 4,5 \cdot 10^6$  част./с). Испытания показали, что основные характеристики камеры остаются без изменений при таких нагрузках ( $\sim 8 \cdot 10^5$  част./см<sup>2</sup>·с). По-видимому, МДК будет эффективно работать и при более высоких потоках частиц. Так, в работе<sup>10/</sup> показано, что камера с дрейфовым промежутком 1,3 мм эффективно работает при нагрузках свыше  $4 \cdot 10^7$  част./см<sup>2</sup>·с.

В заключение авторы благодарят В.П.Джелепова, Ю.А.Будагова за поддержку работы, В.М.Кутыина за полезные обсуждения, А.М.Блика, С.П.Жунина, Л.К.Лыткина, Н.П.Мошкова, А.С.Соловьева за помощь при подготовке и проведении исследований, Л.И.Пономарева за помощь в оформлении работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курилин А.С. и др., ОИЯИ 13-83-774, Дубна, 1983.
2. Давыдов Ю.И. и др. ОИЯИ, 13-86-327, Дубна, 1986.
3. Антюхов В.А. и др. ПТЭ, 1985, №5, с.35.
4. Budagov Yu.A. et al. Nucl. Inst. Meth., 1985, A234, p.302.
5. Peisert A., Sauli F. Preprint CERN-EP/84-08, Geneva, 1984.
6. Sadoulet B. Preprint CERN-EP/82-41, Geneva, 1982.
7. Lapigue F., Piuz F. Nucl. Inst. Meth., 1980, 175, p.297.
8. Sauli F. Preprint CERN-77-09, Geneva, 1977.
9. Va'vra J. Nucl. Instr. Meth., 1986, A244, p.391.
10. Walenta A.N. Nucl. Instr. Meth., 1983, 217, p.65.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 ноября 1986 года

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.

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

Давыдов Ю.И. и др.

13-86-730

### Характеристики мини-дрейфовой камеры

Исследованы характеристики дрейфовой камеры с дрейфовым промежутком 3 мм в пучке частиц с импульсом 10 ГэВ/с. Камера обладает хорошей линейностью дрейфовой характеристики, высокой точностью и надежно работает при загрузке  $\sim 3 \cdot 10^5$  част./с  $\cdot$  см<sup>2</sup>. Пространственное разрешение в центре дрейфового промежутка достигает  $\sim 45$  мкм.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Davydov Yu.I. et al.

13-86-730

### Characteristics of a Mini-Drift Chamber

Characteristics of the drift chamber with a 3 mm drift gap have been investigated in a particle flux of 10 GeV/c momentum. The chamber has a good linearity of drift characteristics, high accuracy and works reliably in a particle flux of  $\sim 3 \cdot 10^5$  s<sup>-1</sup>  $\cdot$  cm<sup>2</sup>. Spatial resolution of  $\sim 45$  mkm in the centre of the drift gap is achieved.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986