

объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

13-84-394

БЕЗЭЛЕКТРОДНАЯ ДРЕЙФОВАЯ КАМЕРА
В ПОТОКАХ ЧАСТИЦ СВЫШЕ $10^5/c$
НА ПРОВОЛОЧКУ

Направлено в журнал "Nuclear Instruments
and Methods"

1984

Ю.А.Будагов, А.П.Нагайцев, А.А.Омельяненко, А.А.Семенов,
С.В.Сергеев

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В.Глинка, П.Повинец, Б.Ситар
Университет им. Я.А.Коменского, Братислава, ЧССР

Й.Шпалек
ИЗФ САН, Кошице, ЧССР

А.М.Артыков
Самаркандский государственный университет, СССР

В последнее время появилось несколько работ^{/1-4/} по так называемым "безэлектродным" дрейфовым камерам, в которых отсутствуют электроды, служащие для формирования линейно падающего поля. Внутренняя поверхность безэлектродной камеры - изолятор, и формирование поля осуществляется автоматически, в процессе накопления положительных ионов на его поверхности. Процесс создания "идеального" поля в дрейфовой камере описывается подробно в первоначальных работах^{/1,2/}. Преимущества безэлектродных камер бесспорны. Например, в них можно организовать дрейф электронов на расстояния > 1 м даже по искривленным траекториям^{/2,4/}.

Необходимо отметить, что безэлектродные камеры были исследованы только в потоках частиц малой интенсивности - от радиоактивных источников или космического излучения. Авторы работ^{/4,5/} указывают, что такие камеры нельзя использовать в более интенсивных пучках частиц вследствие накопления большого положительного заряда на поверхности изолятора, что в итоге приводит к потере эффективности в камере.

После анализа процессов, протекающих в безэлектродной камере /их описание дано в^{/5/} /, мы пришли к выводу, что при правильном выборе материала для стенок и увеличении чувствительности электронной аппаратуры такие камеры будут работать и в более интенсивных пучках частиц от ускорителей.

Целью данной работы было сконструировать такую камеру и найти предельную интенсивность потока частиц, при которой характеристики, а именно: эффективность, линейность и пространственное разрешение - остаются удовлетворительными.

АППАРАТУРА

Испытывались безэлектродные камеры двух модификаций: с длиной дрейфового промежутка $l = 5$ см и $l = 10$ см, а также электродная камера с $l = 10$ см - для сравнения характеристик. Стенки всех камер были изготовлены из одинакового материала - стеклотекстолита; размеры камер были также одинаковы: 20×30 см², их толщина $h = 2$ см /рис.1/.

В безэлектродных камерах использовались проволоочки длиной 30 см и диаметрами: 0,02 мм при $l = 5$ см и 0,03 мм при $l = 10$ см. Стеклотекстолитовые стенки толщиной 1,5 мм имеют с наружной стороны заземленную медную фольгу /рис.1а/. На внутренних сторонах рамок камеры, параллельных проволочке, размещены заземленные электроды. Высокое напряжение U /до +9 кВ/ подается на сигнальную проволочку.

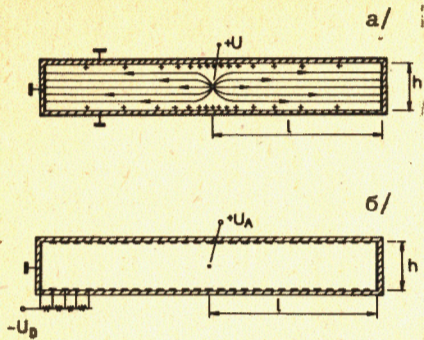
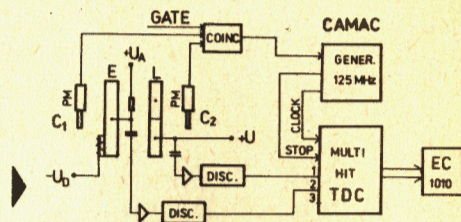


Рис.1. а/ Схема безэлектродной дрейфовой камеры; показаны также силовые линии электрического поля после накопления положительного заряда на ее стенках. б/ Схема электродной камеры.

Рис.2. Функциональная схема электронной аппаратуры.



Электродная камера /рис.1б/ имеет сигнальную проволочку длиной 30 см с диаметром 0,02 мм, на которую подается положительное напряжение U_A . Стенки камеры из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На их внутренней стороне параллельно проволочке расположены медные полоски шириной 1,5 мм на расстоянии 5 мм друг от друга. На расстоянии $l = 10$ см от сигнальной проволочки размещены электроды из фольгированного стеклотекстолита под напряжением $-U_D$. С помощью делителя с точностью $< 0,5\%$ на полосках создается линейно падающий потенциал.

Блок-схема электронной аппаратуры приведена на рис.2. Более подробное описание используемых электронных блоков будет опубликовано /6/. Сигнал "СТАРТ" для начала отсчета времени дрейфа вырабатывается двумя сцинтилляционными счетчиками с размерами 1×50 мм, расположенными так, что их длинная сторона параллельна проволочке. Счетчики можно перемещать поперек пучка и устанавливать с точностью 0,1 мм. Безэлектродную камеру испытывали одновременно с электродной, чтобы обеспечить одинаковые условия для их сравнительного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения проводились в пучке π^+ -мезонов и протонов с импульсом 12 ГэВ/с и интенсивностью $I \approx 2 \cdot 10^4$ частиц/сброс. Длина сброса - 0,7 с, длина цикла ускорителя - 8 с. При таком потоке частиц безэлектродная камера работает с высокой эффективностью $> 99\%$ по всей площади /рис.3/.

Хорошее пространственное разрешение достигается в дрейфовой камере только при постоянной скорости дрейфа v_d . В использованной нами смеси /85% аргона и 15% изобутана/ насыщение v_d обес-

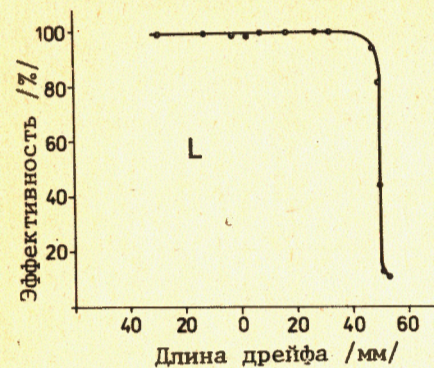
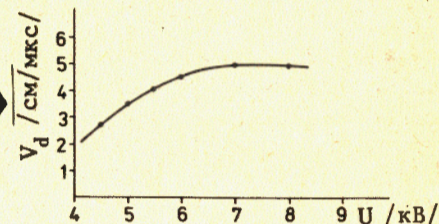


Рис.3. Эффективность в зависимости от длины дрейфа в безэлектродной камере с $l = 5$ см, $U = 6$ кВ; смесь из 75% аргона и 25% изобутана.

Рис.4. Скорость дрейфа электронов v_d как функция напряжения U в безэлектродной камере с $l = 10$ см в смеси из 85% аргона и 15% изобутана.



печивается при напряженности поля 400-700 В/см /7/. Необходимо знать ход зависимости v_d от напряжения U в безэлектродной камере, так как изменением U регулируются и напряженность дрейфового поля, и газовое усиление. Зависимость между v_d и U , снятая в безэлектродной камере с $l = 10$ см, приведена на рис.4. Видно, что насыщение обеспечивается при $U = 7-8$ кВ. В дальнейшем мы снимали характеристики при таких напряжениях.

Зависимость пространственного разрешения от напряжения на сигнальной проволочке в безэлектродной камере с $l = 5$ см /смесь: 75% аргона и 25% изобутана/ показана на рис.5, где для сравнения приведены данные для электродной камеры. В обеих камерах при длине дрейфа 3 см получено одинаковое пространственное разрешение $\sigma_x \approx 0,25$ мм.

Была достигнута высокая линейность в зависимости измеряемого времени дрейфа от координаты: отклонение от прямой линии $< 0,5\%$. Скорость дрейфа определена из графика, приведенного на рис.6, и равна 4,9 см/мкс.

Главной целью данной работы являлось испытание безэлектродной камеры в относительно интенсивных пучках частиц, поэтому была измерена ее эффективность при потоке частиц /в сбросе/ от 10^4 до $1,5 \cdot 10^5$ частиц/с. Эффективность не меняется $> 99\%$ вплоть до загрузки $6-7 \cdot 10^4$ частиц/с на проволочку, но с увеличением загрузки снижается до 70%, как и в электродной камере /рис.7/.

При большой загрузке в дрейфовой камере увеличивается плотность пространственного заряда, что приводит к уменьшению амплитуды сигналов. В безэлектродной камере дополнительно за счет диффузии накапливается заряд на изоляторе, что уменьшает

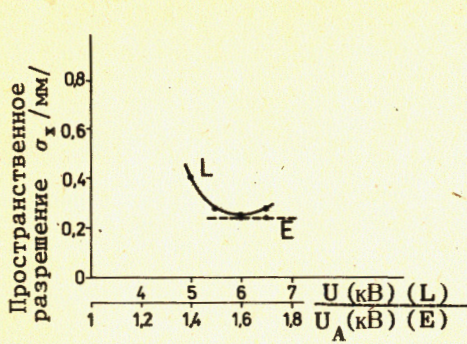


Рис.5. Пространственное разрешение σ_x в зависимости от U в безэлектродной камере (L) и от U_A - в электродной камере /E/.

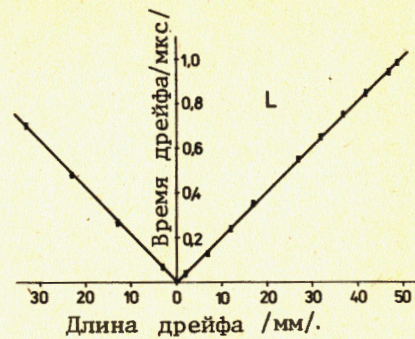


Рис.6. Время дрейфа в зависимости от координаты места прохождения частицы в безэлектродной камере.

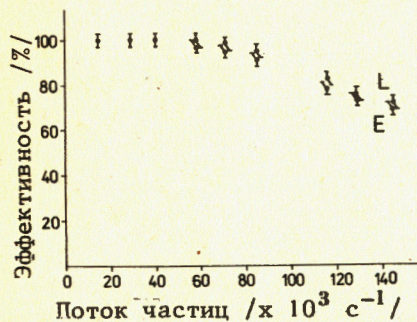


Рис.7. Зависимость эффективности от потока частиц, проходящих через камеру: L - безэлектродная, E - электродная.

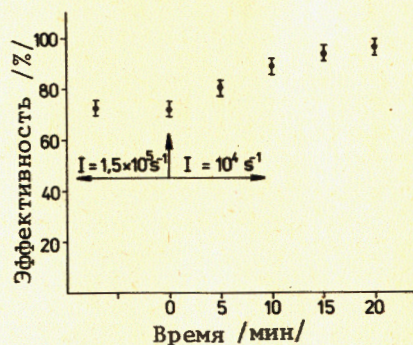


Рис.8. Скорость восстановления эффективности в безэлектродной камере после работы в большом потоке частиц I.

напряженность электрического поля вблизи сигнальной проволоочки и в итоге приводит к дальнейшему уменьшению амплитуды сигналов. Эти трудности до определенной степени можно преодолеть применением усилителя с более высоким коэффициентом усиления.

Отметим, что в пучках интенсивностью 10^4 - 10^5 частиц/с накопление заряда на диэлектрике происходит довольно быстро. После увеличения напряжения на камере ее эффективность сначала возрастает потом медленно падает, но после 20-30 минут она становится постоянной.

Очень важной характеристикой безэлектродной дрейфовой камеры является скорость восстановления высокой эффективности после

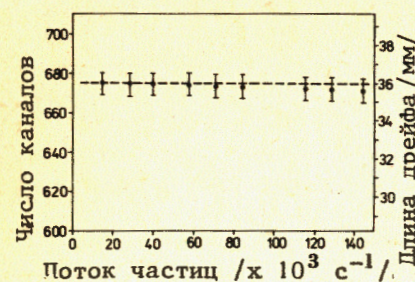
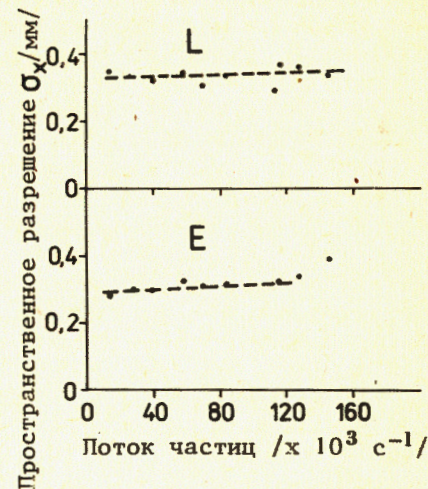


Рис.9. Измеряемое время дрейфа при фиксированной координате прохождения частицы через безэлектродную камеру в зависимости от интенсивности потока частиц.

Рис.10. Пространственное разрешение σ_x в зависимости от интенсивности потока частиц, проходящих через безэлектродную /L/ и электродную /E/ камеры.



ее облучения в интенсивном потоке частиц. После длительного облучения камеры пучком интенсивностью $1,5 \cdot 10^5$ частиц/с мы уменьшили интенсивность до 10^4 частиц/с. Полная эффективность камеры восстановилась через 20-30 минут /рис.8/. Время релаксации зависит от величины тока по поверхности диэлектрика, поэтому выбор материала для стенок камеры играет важную роль. В электродной камере высокая эффективность восстанавливается сразу после снятия большой загрузки.

Не менее важным, чем обеспечение высокой эффективности, является сохранение линейности и пространственного разрешения в интенсивных потоках частиц. Поэтому измерялось время дрейфа при определенной координате прохождения частицы в зависимости от загрузки /рис.9/. В безэлектродной камере скорость дрейфа мало уменьшается при больших нагрузках, отклонение измеряемой координаты от истинной составляет 0,6% в потоке частиц $1,5 \cdot 10^5$ с⁻¹, что меньше, чем среднеквадратичная ошибка σ_x . Пространственное разрешение практически не зависит от загрузки камеры, что иллюстрируется на рис.10.

Безэлектродная камера проверялась на устойчивость к большим изменениям загрузки в двух сеансах на ускорителе в течение нескольких недель. Камера кратковременно ≈ 3 ч/ находилась в пучке $> 10^6$ частиц/с; кроме потери эффективности не было

изменений ее характеристик. Кроме того, мы оставляли камеру на ≈ 10 часов под полным напряжением 8 кВ /в отсутствие пучка/ и убедились, что интенсивности космического излучения достаточно для поддержания на поверхности диэлектрика заряда, обеспечивающего нормальную работу камеры. Данное свойство связано с тем, что в отсутствие пучка в камере существенно возрастает коэффициент газового усиления. При повторном увеличении загрузки камера быстро входит в нормальный режим работы. Эти проверки нас убедили в надежности работы безэлектродной камеры в типичных для ускорителя условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что безэлектродные дрейфовые камеры могут надежно работать в потоках частиц до 10^5 /с на проволочку. Это достоинство в сочетании с простотой конструкции, небольшим числом информационных каналов, хорошим пространственным разрешением и линейностью делает безэлектродные камеры особенно выгодными в экспериментах с крупными спектрометрами.

Авторы благодарны В.Б.Флягину, В.М.Кутьину, Ю.Ф.Ломакину за поддержку работы, А.М.Блику, М.Н.Омельяненко, И.Е.Чирикову-Зорину, И.Врабелу и П.В.Симонову за помощь в подготовке и проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

- Allison J. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1982, 201, p. 341.
- Becker Ch., Weihs W., Zech G. Nucl.Instr. and Meth., 1982, 200, p. 335.
- Zech G. Nucl.Instr. and Meth., 1983, 217, p. 209.
- Ayres D.S., Price L.E. ANL-HEP-CP-82-34, 1982.
- Becker Ch., Weihs W., Zech G. Nucl.Instr. and Meth., 1983, 213, p. 243.
- Budagov Yu.A. et al. Multi hit drift time digitizer with one nanosecond resolution (accompanied paper, submitted to NIM).
- Sauli F. Prep.CERN 77-09, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июня 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
301000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Будагов Ю.А. и др. 13-84-394
 Безэлектродная дрейфовая камера в потоках частиц свыше 10^5 /с на проволочку

Безэлектродные дрейфовые камеры с длиной дрейфа 50 и 100 мм были испытаны в пучке частиц с интенсивностью от 10^3 с⁻¹ до $150 \cdot 10^3$ с⁻¹. Эффективность камер / > 99% / не меняется при загрузке до $7 \cdot 10^4$ с⁻¹, а при загрузке $1,5 \cdot 10^5$ с⁻¹ падает до 70%, но линейность отношения "время-координата" и пространственное разрешение при этом не меняются. Время полного восстановления эффективности после большой загрузки ≈ 20 мин. Камера работает устойчиво в течение длительного времени и при больших изменениях интенсивности пучка.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод авторов

Budagov Yu.A. et al. 13-84-394
 Electrodeless Drift Chamber in a Flux More than 10^5 particles/s per Wire

Electrodeless drift chambers with drift lengths 50 and 100 mm have been tested at a particle flux from 10^3 to $150 \cdot 10^3$ /s. Efficiency remains high (> 99%) up to a flux of $7 \cdot 10^4$ /s, but at a rate $1.5 \cdot 10^5$ /s it drops to 70%. Space-time linearity and spatial resolution do not change with the count rate. The recovery time after a high particle intensity is about 20 minutes. The characteristics do not change within many days of operation, even after big changes in the particle flux.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984