

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P1-84-546

Будагов Ю.А.

ШИРОКОАЗОРНАЯ ДРЕЙФОВАЯ КАМЕРА
С ПОЛЕФОРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ
НА СТЕКЛОТЕКСТОЛИТЕ

1984

Ю.А.Будагов, А.П.Нагайцев, А.А.Омельяненко, А.А.Семенов,
И.Е.Чириков-Зорин
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, СССР

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

Й.Шпалек
Институт экспериментальной физики, САН, Кошице, ЧССР

А.М.Артыков
Самаркандский государственный университет, СССР

ВВЕДЕНИЕ

В современных установках в физике высоких энергий используются координатные детекторы больших размеров. Требования хорошего пространственного разрешения вместе с необходимостью уменьшения стоимости детекторов приводят к широкому использованию дрейфовых камер. Наиболее распространенными являются камеры с длиной дрейфа 20-25 мм. Увеличение длины дрейфа приводит к существенному уменьшению числа каналов электроники. С другой стороны, канал электроники становится сложнее, так как нужно применять преобразователь время-код, который регистрирует несколько сигналов с одной проволоочки. Однако в целом, стоимость больших широкоазорных дрейфовых камер существенно меньше стоимости "классических" дрейфовых камер того же размера.

Формирование поля в дрейфовых камерах осуществляется обычно с помощью проволоочек, к которым подводится линейно падающий потенциал. Из-за большого числа таких проволоочек в крупных камерах необходимо применять массивные рамы, содержащие большое количество вещества на пути частиц, отчего камеры становятся громоздкими. Эти трудности преодолены за счет использования для формирования поля стеклотекстолитовых стенок с полосками - электродами вдоль сигнальных проволоочек. В таких камерах положительные ионы накапливаются на стеклотекстолите, что, впрочем, может приводить к уменьшению эффективности работы камеры или к искажению линейности соотношения время дрейфа - координата.

С целью проверки характеристик в относительно интенсивных пучках частиц нами была сконструирована камера с чувствительной площадью $20 \times 30 \text{ см}^2$ с длиной дрейфа электронов 10 см. Камера представляет собой один модуль крупной дрейфовой камеры простой конструкции с тонкими рамками, которая нами в настоящее время изготавливается.

АППАРАТУРА

Камера /рис.1/ с чувствительным объемом $30 \times 20 \times 1,6 \text{ см}^3$ имеет в центре сигнальную проволоочку диаметром 20 мкм, на которую подается положительное напряжение U_A . На рамки из оргстекла шириной 3 см наклеены стеклотекстолитовые стенки толщиной 1,5 мм. На их внутренней стороне имеются параллельные проволоочке полоски шириной 1,5 мм на расстоянии 5 мм друг от друга. На расстоя-

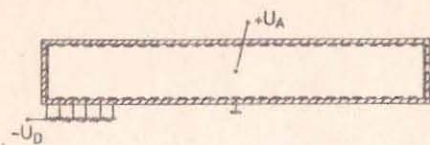
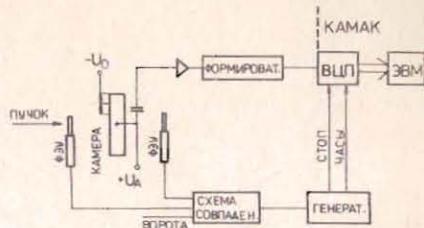


Рис.1. Схема дрейфовой камеры.

Рис.2. Функциональная схема электронной аппаратуры.



нии 10 см от сигнальной проволоочки расположены электроды из фольгированного стеклотекстолита, на которые подается отрицательное напряжение /до 10 кВ/. С помощью делителя /с точностью < 0,5% / на полосках создается линейно падающий потенциал. Максимальная длина дрейфа электронов в камере - 100 мм. Камера продувалась смесью 78% аргона и 22% изобутана.

Измерения проводились на канале 18 ИФВЭ в месте расположения спектрометра ОИЯИ-ИФВЭ "Гиперон" в пучке π^+ -мезонов и протонов с импульсом 12 ГэВ/с. Время пролета частицы через камеру определялось двумя сцинтилляционными счетчиками размерами $1 \times 50 \text{ мм}^2$, расположенными своими длинными сторонами вдоль проволоочки. Счетчики можно двигать поперек пучка и устанавливать их с точностью 0,1 мм.

Блок-схема использованной нами электроники приведена на рис.2. Ее подробное описание опубликовано отдельно.

КООРДИНАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Камера работает с высокой эффективностью / > 99% /, причем длина плато достигает 300-400 В, типичный шум ≈ 40 Гц. Эффективность регистрации частиц при разной длине дрейфа электронов зависит от напряжения на сигнальной проволоочке /рис.3/. Эффективный счет по всей площади камеры достигается при напряжении $U_A \geq 1700 \text{ В}$.

Необходимым условием высокого пространственного разрешения в дрейфовой камере является постоянство скорости дрейфа электронов. В использованной нами смеси постоянная скорость достигается при напряженности поля 600-1200 В/см^{1/2}. При напряженности поля 700 В/см мы получили среднеквадратичное отклонение измерения координаты $\sigma_x = \pm 0,25 \text{ мм}$ при длине дрейфа 42 мм.

Важнейшей характеристикой дрейфовой камеры как координатного детектора является линейность зависимости: измеряемое время дрейфа - координата. Эта зависимость приведена на рис.4. Отклонение от прямой линии не превышает 0,5% и обусловлено в основном ограниченной статистикой /1000 триггеров на точку/

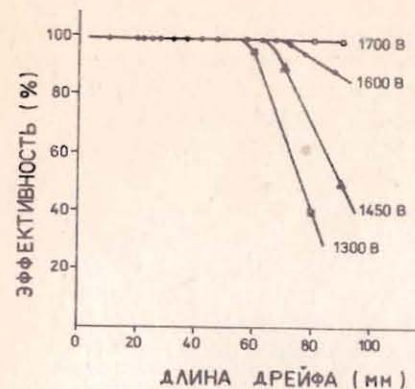


Рис.3. Эффективность в зависимости от длины дрейфа при разных напряжениях U_A .

Рис.4. Зависимость времени дрейфа от координаты места попадания частицы в камере.

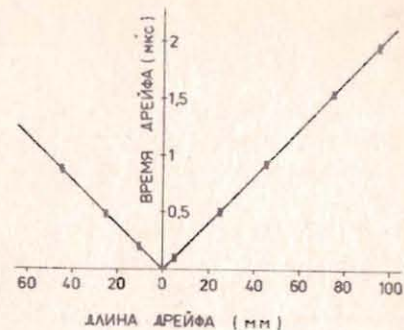
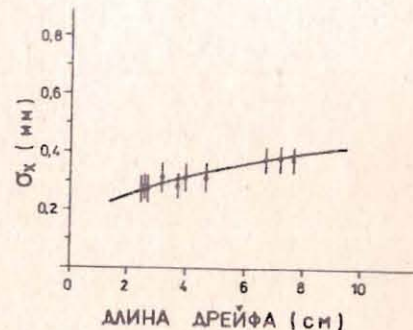


Рис.5. Пространственное разрешение σ_x как функция длины дрейфа L_d . Сплошная линия - зависимость $\sqrt{L_d}$.



и неточностью установки сцинтилляторов $\pm 0,1 \text{ мм}$. Скорость дрейфа электронов в камере при данных условиях $V_d = 4,9 \text{ см/мкс}$.

Зависимость пространственного разрешения от длины дрейфа L_d приведена на рис.5. Кривая соответствует зависимости $\sqrt{L_d}$ при вкладе в величину разрешения, вносимом электронной аппаратурой $\approx 0,11 \text{ мм}$.

ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ЗАГРУЗКИ

Камера испытывалась в относительно интенсивных пучках частиц. Частицы при этом пролетали с одной стороны от проволоочки, размер пучка составлял $\approx 4 \text{ см}$, а его центр находился в $\approx 42 \text{ мм}$ от сигнальной проволоочки. Эффективность работы камеры в зависимости от интенсивности потока частиц приведена на рис.6. Эффективность работы камеры при больших загрузках зависит от условий измерения. Измерение 1 /рис.6/ проводилось в смеси 75%

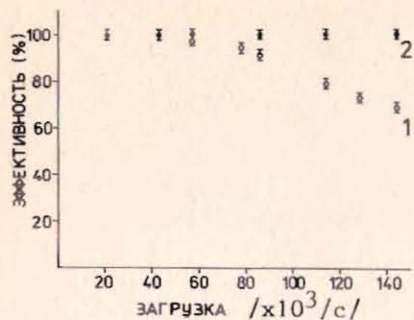


Рис.6. Эффективность в зависимости от интенсивности потока частиц в камере: /1/ - в смеси 75% аргона и 25% изобутана, /2/ - 85% аргона + 15% изобутана.

аргона и 25% изобутана при $U_A = 1700$ В, коэффициент газового усиления при этом был $M = 6 \cdot 10^4$, и чувствительность усилителя - 15 мВ/мкА. При таких условиях высокая эффективность /> 99%/ сохраняется до загрузки $4-5 \cdot 10^4$ частиц/с. Снижение эффективности с ростом загрузки объясняется накоплением пространственного заряда вблизи проволоки, а также в дрейфовом промежутке. Отметим, что такой эффект свойствен для любой дрейфовой камеры. После резкого уменьшения загрузки /от $1,5 \cdot 10^5$ до 10^4 частиц/с/ камера мгновенно выходит на высокую эффективность, так как пространственный заряд из объема камеры удаляется электрическим полем в течение нескольких миллисекунд.

При измерении 2/см. рис.6/ мы уменьшили порог до 0,5 мкА и в смеси 85% аргона и 15% изобутана при $U_A = 1700$ В получили $M = 3 \cdot 10^5$. Таким образом, достигнута практически 100%-я эффективность даже при загрузке $1,5 \cdot 10^5$ частиц/с на проволочку /рис.6/.

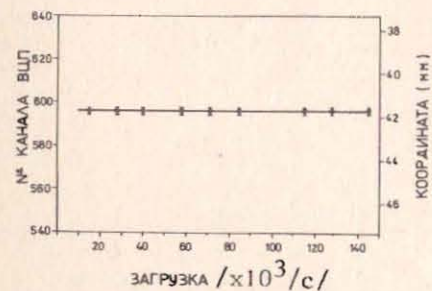


Рис.7. Измеряемое время дрейфа при фиксированной координате места попадания частиц в зависимости от загрузки.

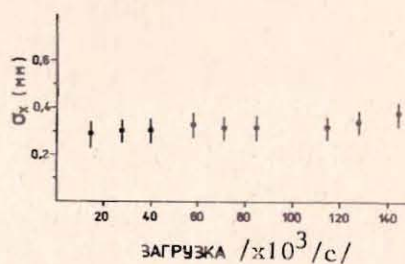


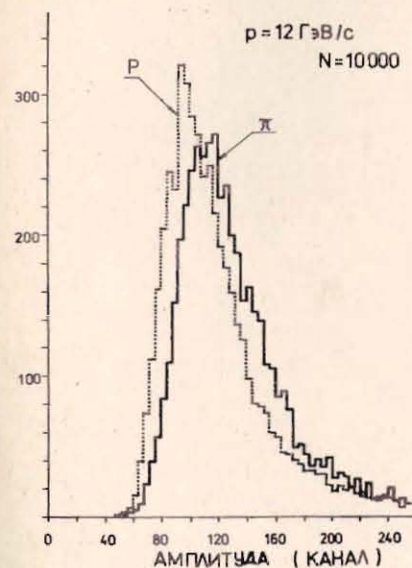
Рис.8. Зависимость пространственного разрешения σ_x от загрузки.

Столь же важным, как сохранение высокой эффективности, является обеспечение линейности отношения время дрейфа - координата и пространственного разрешения при увеличении потока частиц. С увеличением загрузки растет плотность заряда в дрейфовом объеме; флуктуации последнего приводят к локальным изменениям напряженности электрического поля, а в итоге - к уменьшению скорости дрейфа. Проявлением этого эффекта явилось наблюдение деформации треков, например, в камере $|s| s^{1/2}$.

При фиксированной координате прохождения частиц через камеру измерялось время дрейфа электронов в зависимости от интенсивности пучка. Вплоть до загрузки $1,5 \cdot 10^5$ частиц/с не наблюдалось никакого изменения измеряемого времени дрейфа электронов /рис.7/. Существенно, что пространственное разрешение σ_x также практически не меняется до загрузки $1,5 \cdot 10^5$ частиц/с /рис.8/.

ИОНИЗАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

С целью изучения зависимости амплитуды выходного сигнала от величины ионизационных потерь энергии Δ были измерены амплитудные спектры в пучке π^+ - и K^+ -мезонов и протонов с импульсами 12 ГэВ/с при длине дрейфа электронов 3-4 см /рис.9/. Из экспериментальных данных определялись относительные значения вероятных ионизационных потерь Δ_0 протонов, π^+ - и K^+ -мезонов. Вычисления производились методом обрезания высокоэнергетической части распределения ионизационных потерь и усреднением $p_\alpha = a \cdot n$ наименьших значений Δ , где n - число измерений в спектре и $a \leq 1$ - коэффициент обрезания. Среднеарифметическое Δ_α для p_α минимальных значений пропорционально вероятным потерям энергии $^{1/3}$.



В таблице приведены значения средних величин Δ_α из p_α наименьших значений при разной величине параметра a , а также коэффициенты сепарации $s(\pi, k) = \frac{\Delta_\alpha(\pi) - \Delta_\alpha(K)}{\Delta_\alpha(K)}$ для π, K, p с импульсом 12 ГэВ/с.

Рис.9. Распределение ионизационных потерь энергии π -мезонов и протонов с импульсом 12 ГэВ/с.

Таблица

α	0,4	0,5	0,6	0,7
$\Delta_{\alpha}(p)$ (отн. ед.)	70,3	74,1	77,9	82,1
$\Delta_{\alpha}(K)$ (отн. ед.)	73,5	77,4	81,4	85,7
$\Delta_{\alpha}(\pi)$ (отн. ед.)	81,4	85,6	89,8	94,5
$S(\bar{n}, k)$ (%)	10,7	10,6	10,3	10,3
$S(k, p)$ (%)	4,6	4,5	4,5	4,4
$S(\bar{n}, p)$ (%)	16	15,5	15,3	15,1

Несколько заниженные значения величин S по сравнению с данными в других работах /для чистого аргона/³ можно объяснить, например, довольно высокой добавкой изобутана в смеси /25%/ и также недостаточной чистотой газа /примесь кислорода $\approx 10^{-5}$ объема/.

Из приведенных измерений следует, что в дрейфовой камере амплитуда выходного сигнала пропорциональна величине ионизационных потерь энергии. Такая камера может быть применена и для ионизационных измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами измерения показали:

Широкоазорная дрейфовая камера с полеформирующими электродами на стеклотекстолите может использоваться в потоках частиц $\geq 10^5/\text{с}$.

Это дает возможность практического применения таких камер на установках, кроме небольшой области самого пучка.

Главным преимуществом таких камер являются:

- а/ простая конструкция;
- б/ отсутствие массивных рамок;
- в/ небольшое количество информационных каналов и связанная с этим возможность перекрытия значительных /10 м²/ апертур.

Эти достоинства в сочетании с высокой линейностью отношения координата-время дрейфа и высокого пространственного разрешения выдвигают камеры рассмотренной конструкции на уровень устройств, весьма перспективных для экспериментов на ускорителях с фиксированной мишенью и коллайдерах.

Авторы благодарны В.Б.Флягину, В.М.Кутьину и Ю.Ф.Ломакину за внимание и большую помощь, А.М.Блику, В.В.Глаголеву,

М.Н.Омельяненко, С.В.Сергееву, А.С.Соловьеву за содействие в подготовке и проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sauli F. Preprint CERN, 77-09, Geneva, 1977.
2. Allison W.W. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1979, 163, p. 331.
3. Мерзон Г.И., Ситар Б., Будагов Ю.А. ЭЧАЯ, 1983, т. 14, вып. 3, с. 648.

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "Краткие сообщения ОИЯИ". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "Сообщений ОИЯИ", статьи, вошедшие в сборник, имеют /в отличие от препринтов/ статус официальных публикаций ОИЯИ.

Сборник "Краткие сообщения ОИЯИ" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the JINR Communications and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

- Physics of elementary particles and atomic nuclei.
- Theoretical physics.
- Experimental techniques and methods.
- Accelerators.
- Cryogenics.
- Computing mathematics and methods.
- Solid state physics. Liquids.
- Theory of condensed matter.
- Applied researches.

Being a part of the JINR Communications, the articles of this new collection, in contrast to the JINR Preprints, have the status of official publications of the JINR.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.



Будагов Ю.А. и др.

P1-84-546

Широкоазорная дрейфовая камера с полеформирующими электродами на стеклотекстолите

Описана дрейфовая камера с длиной дрейфа электронов до 100 мм с полеформирующими электродами на стеклотекстолитовых стенках. Камера с большой длиной дрейфа конструируется с целью существенного уменьшения числа информационных каналов при сохранении высокой координатной точности. Камера работает с высокой эффективностью по всей площади. Пространственное разрешение при длине дрейфа 40 мм составило 0,25 мм. Достигнута высокая линейность в отношении время дрейфа - координата. Устойчивость характеристик камеры при больших нагрузках обеспечена до $1,5 \cdot 10^5$ с на проволочку. Пропорциональность между амплитудой сигналов и ионизационными потерями в камере была удостоверена экспериментально в лучках π - и K -мезонов и протонов. Широкоазорная дрейфовая камера является надежным и точным координатным прибором.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Budagov Yu.A. et al.

P1-84-546

Wide-Gap Drift Chamber with Field Electrodes on Fibre-Glass

Drift chamber with 100 mm drift length and filed electrodes on fibre-glass walls is described. Chambers with large drift length are designed in order to decrease the number of electronic channels but to maintain a good spatial resolution. A high efficiency has been achieved throughout the whole chamber. Spatial resolution is 0.25 mm at the 40 mm drift length. A good linearity has been achieved in the drift time-position relation. The chamber characteristics do not change up to particle flux of $1,5 \cdot 10^5$ s/per wire. Pulse height is proportional to the ionization losses in the chamber, which has been proved by ionization measurements of π - and K -mesons and protons. The chamber seems to be a reliable and accurate coordinate detector.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984