

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

99-20

P13-99-20

А.К.Джавришвили<sup>1</sup>, Т.А.Ломтадзе<sup>2</sup>, Г.Г.Сехниаидзе<sup>1</sup>,  
Э.Г.Цхададзе

СИСТЕМА  
МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР  
ДЛЯ ШИРОКОАПЕРТУРНЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

<sup>1</sup>Институт физики АН Грузии, Тбилиси

<sup>2</sup>ИНФН, Пиза, Италия

Система многопроволочных дрейфовых камер  
для широкоапертурных спектрометров

Приводится описание системы широкоформатных дрейфовых камер с рабочей площадью  $2,5 \times 1,9$  м и  $1,5 \times 1,5$  м. Изучена работа камер для различных газовых смесей, приводятся зависимости эффективности камер от высокого напряжения на катодах и потенциальных проволоках, а также временные спектры. С помощью системы дрейфовых камер получено пространственное разрешение  $\sigma \sim 180$  микрон для прямых треков в 8-миллиметровом дрейфовом промежутке. Камеры работали в составе трековых систем спектрометров ВЕС и ГАМС на ускорителе У-70 ИФВЭ, г. Протвино.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1999

Перевод авторов

Javrishvili A. et al.

P13-99-20

The System of the Multiwire Drift Chambers  
for the Wide Aperture Spectrometers

The system of wide sizes drift chambers with working dimensions  $2.5 \times 1.9$  m and  $1.5 \times 1.5$  m is discussed. The work of chambers for various gas mixtures is studied, the dependencies of chamber's efficiency on the high voltage of cathodes and potential wires, also time distributions are described. The system gives the space resolution  $\sigma \sim 180 \mu\text{m}$  for straight tracks in 8 mm drift gate. The chambers were included in track systems of VES and GAMS spectrometers at the accelerator Y-70 of IHEP of Protvino, Russia.

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

**Конструкция камер.** Камеры, рассматриваемые в данной работе, являются частями экспериментальных установок ВЕС [1] и ГАМС [2] на ускорителе У-70 ИФВЭ, г. Протвино. Конструктивно они выполнены в двух вариантах: с рабочей площадью  $2,5 \times 1,9$  м (5 камер, сборка проводилась в ИФВЭ, Протвино) и  $1,5 \times 1,5$  м (2 камеры, собраны в ОП ОИЯИ, Дубна).

Большие камеры состоят из 3-х сигнальных (XYW) и 4-х катодных плоскостей, собранных в один газоизолированный пакет [3]. Малые камеры имеют в пакете 4 сигнальных (XYVW) и 5 катодных плоскостей (рис.1).

Отдельная плоскость камеры представляет собой собранную рамку из 4 мм дюралевого листа шириной 10 см. По периметру рамки приклеены стеклотекстолитовые платы. На этих платах, на ламелках, припаявались проволоки. Точность распайки проволок на сигнальных плоскостях контролировалась с помощью высокоточной линейки и поддерживалась в среднем  $\sim 30$  микрон.

Шаг намотки катодных плоскостей - 2 мм, натяжение - 100 г.

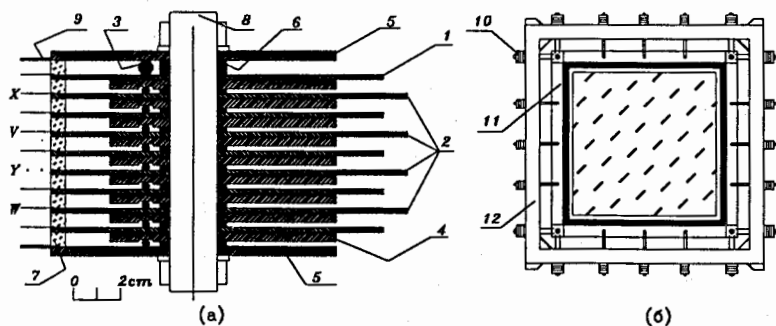


Рис. 1: а). Схема расположения плоскостей в пакете малой камеры. б). Общий схематический вид малой камеры; 1 - катоды, 2 - сигнальные плоскости, 3 - резиновое уплотнение, 4 - дюралевая рамка, 5 - крышка, 6 - шайба, 7 - спейсер, 8 - стягивающая шпилька, 9 - лавсановое окно, 10 - амортизатор, 11 - упругий элемент, 12 - внешняя ферма.

Сигнальные проволоки X и Y расположены соответственно горизонтально и вертикально, шаг намотки 16 мм. W-проволоки в больших камерах наклонены под углом  $37^\circ$  к горизонтали и намотаны с шагом 19,2 мм. В малых камерах W-и V-плоскости наклонены под углами  $14^\circ$  и  $76^\circ$  к горизонтали и намотаны с шагом 16 мм. Наклонные плоскости служат для устранения лево-правой

неопределенности, а в малых камерах дополнительная четвертая плоскость была введена с целью повышения эффективности работы пакета. Между сигнальными проволоками расположены потенциальные проволоки для формирования однородного электрического поля в дрейфовой ячейке. На рис.2 приведена контурная диаграмма эквипотенциальных линий в дрейфовой ячейке, полученная моделированием с помощью программного пакета GARFIELD, для напряжений  $U_{кат}=3,6$  кВ,  $U_{пот}=3,2$  кВ.

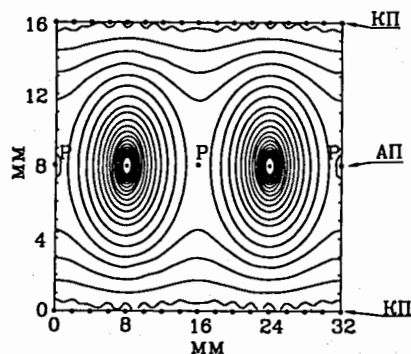


Рис. 2. Контурная диаграмма эквипотенциальных линий для двух соседних дрейфовых ячеек, полученная моделированием с помощью GARFIELD. АП и КП - анодная и катодные плоскости, P - потенциальные проволоки

Все сигнальные и потенциальные проволоки имеют натяжение 200 г.

Везде использовались проволоки из бериллиевой бронзы диаметром 100 мкм.

Расстояние в пакете между плоскостями - 8 мм. Схема расположения плоскостей в малой камере приведена на рис. 1а.

Конструкция собранного пакета не обеспечивает сохранения заданного натяжения проволок. По этой причине пакет размещается внутри жесткой фермы и растягивается с помощью специальных тяг и амортизаторов, точность растяжки контролируется специальными скобами. Юстировка камер (выравнивание линейности сторон и плоскостности пакета) производится с помощью упругих элементов (рис.1б) и контролируется растянутыми по сторонам пакета тонкими нитями.

Разборная конструкция камеры дает возможность проведения быстрого профилактического ремонта во время набора экспериментального материала. Вероятность обрыва проволок составляет  $\sim 0,01\%$  за время работы 1000 ч. Удаление оборванной нити можно производить без вскрытия пакета.

Герметичность камер обеспечивается резиновыми уплотнениями. В рабочем состоянии течь газа из пакета составляла  $1\div 2\%$  объема в час. Так как малые камеры были сделаны позднее больших, в них добавлены некоторые технические усовершенствования. Например, в малых камерах резиновые уплотнители проложены в пазах дюралевой рамы, что улучшило качество герметизации; на сигнальных платах ламели для распайки сигнальных и потенциальных проволок раздвинуты и удалены друг от друга - это уменьшило вероятность пробоев между ними (рис.3); в W- и V-сигнальных плоскостях уменьшен угол наклона проволок, что улучшает разрешение лево-правой неопределенности.

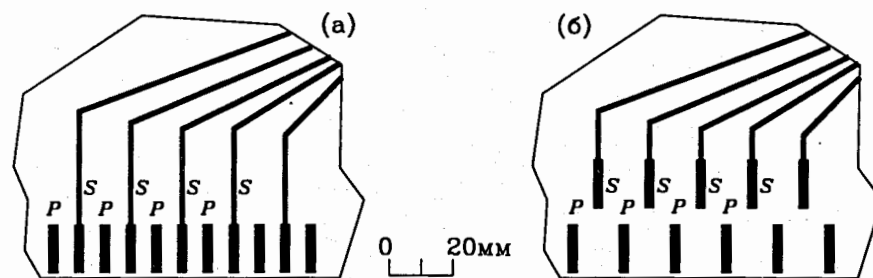


Рис. 3. Расположение ламелей на плате сигнальной плоскости в большой (а) и малой (б) камерах. P-и S - ламели для потенциальных и сигнальных проволок соответственно

Газовый пульт позволяет приготовить рабочую смесь из разных составляющих непосредственно во время работы. Пары гасящих добавок получаются также по ходу работы камер методом барбитуража из соответствующих жидкостей. При работе камеры находятся под непрерывным продувом. Системой отвода отработанный газ выводится в атмосферу. Расход газа зависит от загрузки и колеблется от 5% до 25% объема камеры в час.

Высоковольтное питание камер осуществляется многоканальным источником питания фирмы CAEN, позволяющим автоматически понижать напряжение в случае превышения заранее заданной токовой границы. Управление источником питания осуществляется с отдельного терминала. Максимальный средний ток в одной камере во время сброса ускорителя ( $\sim 10^6$  част./с) составляет  $2\div 3$  мА.

Камеры работают в самогасящем стримерном (СГС) режиме. Этот режим был хорошо изучен несколько лет назад [4]. На аргон-метан-метилалевой (АММ) газовой смеси ( $Ar:CH_4:(OCH_3)_2CH_2$  в соотношении 50%:33%:17%)

были получены сигналы величиной 1-2 мА и длительностью  $\sim 80$  нс с фронтом  $\sim 15$  нс. Плато высокой (97-100%) эффективности достигается при напряжениях на катодных и потенциальных проволоках в области  $3,4 \div 3,9$  кВ.

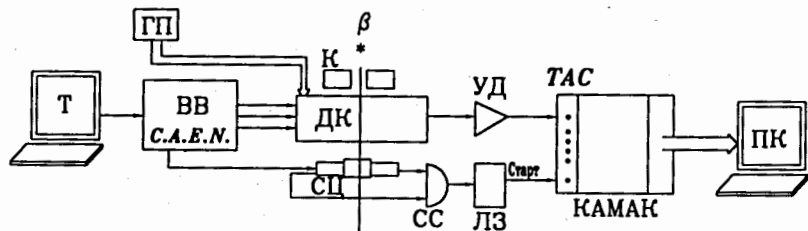


Рис. 4. Схема испытательного стенда. ДК - дрейфовая тест-камера, ГП - газовый пульт, СЦ - сцинтилляционные счетчики, ПК - компьютер IBM PC, СС - схема совпадения, УД - предусилитель, ВВ - источник высоковольтного питания тест-камеры и сцинтилляционных счетчиков, Т - терминал управления ВВ,  $\beta$  -  $\beta$ -источник, К - коллиматор, ЛЗ - линия задержки

**Регистрирующая электроника.** Высокий уровень выходного сигнала в режиме СГС существенно упрощает аналоговую часть регистрирующей электроники и позволяет обходиться без предварительных усилителей. Выходной сигнал непосредственно подается на вход усилителя-дискриминатора (УД) с высоким порогом ( $\sim 70 \div 100$  мкА), что позволяет подавлять все шумы во входной цепи усилителя.

УД для больших камер изготовлены на базе одноканального быстрого компаратора K597CA1. Выходные парафазные сигналы ECL-уровня через 100-метровые линии задержки поступают на вход 16-канальных времяцифровых преобразователей (TDC) в стандарте МИСС (разработка ИФВЭ, г. Протвино) с 4-нс тактовым генератором [1]. Динамический диапазон TDC составляет 256 нс (6 бит).

Цифровая информация с TDC через специализированные контроллеры ветви считывается в быструю буферную память и между сбросами ускорителя записывается на магнитный носитель управляющей ЭВМ.

УД для малых камер изготовлены на базе 4-канального быстрого компаратора I101CA1. Это позволило, во-первых, существенно уменьшить потребляемую мощность на каждый канал и, во-вторых, уменьшить размеры

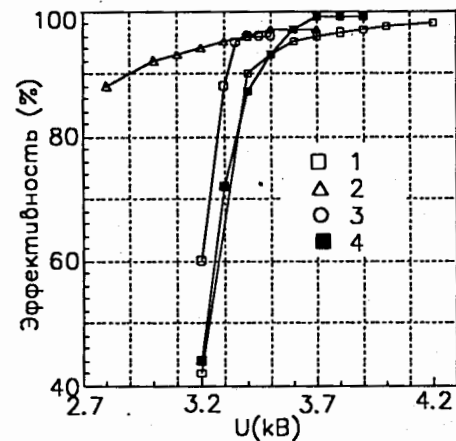


Рис. 5. Зависимость эффективности от высокого напряжения для: 1. АИИ,  $U_{кат.} = 3,6$  кВ,  $U = U_{пот.}$ ; 2. АИИ,  $U_{пот.} = 3,2$  кВ,  $U = U_{кат.}$ ; 3. АММ,  $U = U_{пот.} = U_{кат.}$ ; 4. АИИ,  $U = U_{пот.} = U_{кат.}$ .

печатных плат усилителей, что позволило разместить их непосредственно на плоскостях камеры. Выходные парафазные сигналы ECL-уровня через 80-метровые линии задержки поступают на вход 16-канальных времяаналоговых преобразователей ТАС (разработка КЕК, Япония) [5] в стандарте КАМАК. Динамический диапазон составляет 300 нс (8 бит).

Цифровая информация с ТАС через кодирующие контроллеры считывается в специальную буферную память, где осуществляется предварительная "очистка" информации, и в асинхронном режиме переписывается в быструю память FIFO. Между сбросами ускорителя информация с FIFO записывается на магнитный носитель управляющей ЭВМ [6].

СТАРТ для всех TDC и ТАС — общий триггер установки. СТОП у каждого канала — сигнал, приходящий от соответствующей сигнальной проволоки дрейфовой камеры при ее срабатывании.

**Выбор новой газовой смеси.** Возникшие в последние годы проблемы со снабжением газлящих добавок (метилаля) привели к необходимости в смене газовой смеси. С этой целью был создан испытательный стенд, включающий в себя тест-камеру, мини-газовый пульт, триггерную систему на  $\beta$ -источнике  $Sr^{90}$  с регистрирующей электроникой и записью данных на ЭВМ (рис.4).

В результате проведенных работ был найден другой оптимальный газовый состав: аргон + изобутан + изопропиловый спирт (АИИ) в соотношении

Ar : IsoC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> : C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH - 65% : 30% : 5%, имеющий аналогичные амплитудно-временные параметры сигнала, что и при АММ-газовом составе. При этом не ухудшились загрузочные характеристики, область высокой эффективности осталась ниже 4 кВ (рис.5). Отметим, что СГС-режим только на аргон - изобутановой смеси не наблюдался. Добавление паров изопропилового спирта вызвало переход гейгеровского режима в стримерный, а также давало возможность повысить напряжение, что необходимо для получения стримерного режима. Температура жидкого изопропилового спирта была ~20°C. В отличие от метилала, изопропиловый спирт не требует предварительной очистки от водяных и других примесей.

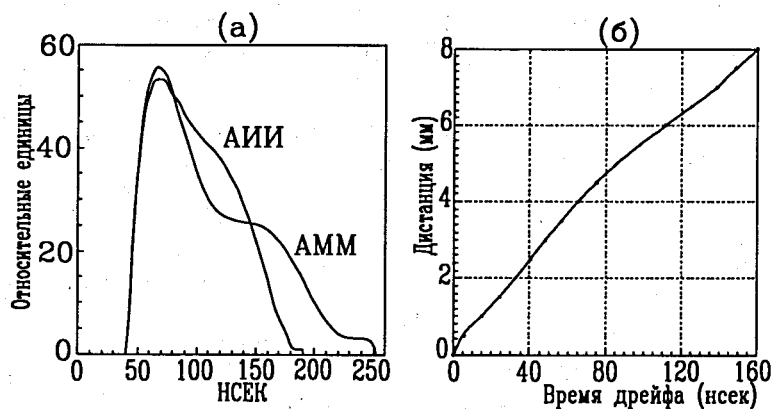


Рис. 6. а) Временные спектры регистрации вторичных частиц для АММ-и АИИ-газов,  $U_{\text{кат}}=3,6$  кВ,  $U_{\text{пот}}=3,4$  кВ; б)  $R(t)$ -зависимость для АММ-смеси для тех же напряжений, смоделированная с помощью GARFIELD

Все это позволило использовать АИИ-смесь в больших камерах на пучке частиц в течение 800 часов. Существенных изменений в работе камер не было обнаружено, но надо отметить, что при работе с АИИ-смесью наблюдалось относительно большое выделение и оседание углерода в объеме камер. Это приводило в некоторых случаях к возникновению коронных разрядов между сигнальными и высоковольтными проволоками, что вызвало потерю эффективности в этих каналах.

На рис.6а приводятся распределения времен дрейфа электронов от вторичных частиц во время эксперимента для АММ-и АИИ-газовых смесей. Как видно из рисунка, скорость дрейфа при АИИ-смеси на 10÷15% больше,

чем при АММ. Кроме этого, надо отметить, что спектр для АИИ более близок к идеальному - прямоугольному, что объясняется более высокой эффективностью регистрации на больших расстояниях от сигнальной проволоки и большей вероятностью поглощения энергичных вторичных фотонов.

На рис.6б показан результат моделирования  $R(t)$ -зависимости для АММ-смеси с помощью GARFIELD.

### Заключение

Для оценки пространственного разрешения применялся следующий метод - камера исследовалась на мюонном фоне, отбирались события, где мюон зарегистрировался в пакете камеры как минимум в трех сигнальных плоскостях. Далее с помощью координат частиц в двух (например, X и Y) плоскостях определялась дистанция прохождения мюона от близлежащей сигнальной проволоки в третьей (W-или V) плоскости. При этом из-за лево-правой неопределенности получались четыре дистанции. Эти величины сравнивались с реально полученной дистанцией для взятой третьей плоскости, и минимальная разница среди имеющих четырех результатов воспринималась как искомая ошибка определения координаты прохождения частицы пакета камеры, т.е. с учетом ошибок определения координат в каждой из трёх взятых плоскостях.

Гистограмма полученных разностей хорошо фитировалась гауссовским распределением с  $\sigma \sim 180$  микрон для перпендикулярных к плоскости камеры треков (фоновые мюоны, угол наклона до 10 мрад). Для рассеянных вторичных частиц из мишени (угол наклона до 230 мрад) получена величина  $\sigma \sim 230$  микрон.

В заключение можно сформулировать следующие результаты:

- Разработана технология изготовления и создана система многопроволочных широкоформатных дрейфовых камер, работающих в экспериментах на пучке частиц.
- Камеры работают в СГС-режиме. Данный режим стабильно получен на аргон-метан-метилалевой и аргон-изобутан-изопропиловых смесях.
- В эксплуатацию введены два варианта регистрирующей электроники.
- Пространственное разрешение регистрации вторичных частиц составило  $\sigma \sim 180$  микрон для перпендикулярных к плоскости камеры треков.

Авторы выражают благодарность Д.М.Хазинсу за оказанную помощь в работе, а также коллективам экспериментальных установок ВЕС и ГАМС ИФВЭ, Протвино.

## Список литературы

- [1] Г.В.Борисов и др. *Трековая система установки ВЕС*. Препринт ИФВЭ Протвино, 98-60. 1998.
- [2] Прокошкин Ю.Д. *Исследование мезонов с усиленной глюонной компонентой (включая глоболлы) и мезонов с высокими спинами при помощи многофотонного  $4\pi$ -спектрометра*. Препринт ИФВЭ 87-99, Серпухов, 1987.
- [3] С.Высочил и др. *Дрейфовые самогасящиеся стримерные камеры размером  $2,5 \times 1,9$  м*. Позиционные детекторы. Международный симпозиум по позиционным детекторам в физике высоких энергий, Дубна 1988, стр. 202.
- [4] G.D. Alekseev et al. *Investigation of self-quenching streamer discharge in a wire chamber*. Nucl. Instr. and Meth. 177, (1980), p.385.
- [5] S. Inaba et al. *Low Power Tac & QVC Circuits for Ballon Borne Experiments* IEEE Transaction on Nuclear Science, Vol: 37, 1990, p.412.
- [6] Ф.Бинон и др. *Система сбора данных для спектрометра ГАМС-2000*. Препринт ИФВЭ 88-179, Серпухов, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 февраля 1999 года.