

НОВЫЕ ДРЕЙФОВЫЕ КАМЕРЫ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ALPOM-2

А. А. Дружинин *, *Н. М. Пискунов*, *Р. А. Шиндин*,
Ю. Т. Кирюшин, *Д. А. Кириллов*, *Н. В. Костяева*,
Е. П. Маковеев, *А. Е. Баскаков*

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Работа посвящена созданию новых дрейфовых камер для эксперимента ALPOM-2. Этот газовый детектор состоит из сигнальных, формирующих дрейф, и экранирующих плоскостей. Рассмотрены основные достоинства новых камер, обеспечивающих эффективную регистрацию частиц. Представлены детали конструкции камеры и испытательного стенда. Описаны методы проведенных испытаний, и получены результаты, подтверждающие высокую эффективность и разрешающую способность этого детектора, что важно для проведения дальнейших прецизионных экспериментов по спиновой физике на установке ALPOM-2 и коллайдере NICA.

The work is about the construction of new drift chambers for the ALPOM-2 experiment. This gas detector consists of signal, drift-forming and shielding planes. The main features including the efficient particle registration and tracking are discussed. Details of the chamber construction and test stand design are presented. The results of the tests are well confirming the high efficiency and resolution of the chamber and it is very suitable for further upgrading of the ALPOM-2 setup and also for performing the high-precision measurements of nuclei polarization at NICA collider.

PACS: 07.77.-n

ВВЕДЕНИЕ

Точность и надежность регистрации заряженных частиц является приоритетной задачей экспериментальной физики для изучения процессов рассеяния в нуклон-нуклонном и нуклон-ядерном взаимодействиях. Данная работа посвящена созданию новых дрейфовых камер в ЛФВЭ ОИЯИ, их испытаниям на космических лучах при различных режимах работы, а также модернизации существующих усилителей на базе микросхем ASD-8, что позволило полностью исключить фактор синфазных наводок по шине «земля». Особое внимание в работе уделено основным характеристикам новых детекторов, таким как распределение по времени дрейфа, эффективность и разрешающая способность. Получен-

* E-mail: druzhinin@jinr.ru

ные результаты соответствуют лучшим мировым показателям работы дрейфовых камер, что позволяет успешно использовать их на установке ALPOM-2 [1]. Эти детекторы будут включены в состав поляриметра на коллайдере NICA для регистрации частиц отдачи.

КОНСТРУКЦИЯ КАМЕР

Конструкция дрейфовой камеры представляет собой газоизолированный объем с майларовыми окнами на торцах размерами 32×32 см. Внутри этого объема расположены сигнальные, формирующие дрейф, и экранирующие плоскости, объединенные в 12 модулей, чередующиеся плоскости X и Y . Между соседними по камере сигнальными проволочками расстояние составляет 42 мм, что обеспечивает максимальную длину дрейфа 21 мм в обе стороны. Для исключения лево-правой неопределенности проведения трека соседние по X (или Y) плоскости смещены относительно друг друга на 14 мм (рис. 1).

Конструкция электродов (рис. 2) выполнена по аналогии с работой [2]. Сигнальные проволочки из позолоченного вольфрама имеют диаметр 25 мкм, потенциальные проволочки — 60 мкм. Катодные плоскости, формирующие поле дрейфа, выполнены из бериллиевой бронзы диаметром 100 мкм с шагом 2 мм. Экранирующие плоскости между модулями выполнены по аналогии с катодными плоскостями с шагом 4 мм.

Резисторный делитель (см. рис. 2) задает потенциалы на проволочках, формирующих отрицательное поле дрейфа. На сигнальные проволочки подается положительное напряжение, ток которого ограничивается резистором 2,2 МОм.

При сборке плоскости стягиваются с помощью шпилек, проходящих через центрирующие отверстия по периметру рам, в которых также установлены разъемы для ввода/вывода газовой смеси и гнезда для подключения высоковольтного питания камер. Газовая изоляция объема камеры обеспечивается прокладками из вспененного неопрена. Торцы камеры закрыты металлизированным майларом толщиной 20 мкм. В качестве газа используется стандартная смесь из аргона (79,8%), изобутана (18,2%) и паров изопропилового спирта (2%) [3], приготовленная с помощью газового пульта.

Сигналы с проволочек через конденсаторы емкостью 470 пФ подаются на входы усилителей (рис. 3), изготовленных на базе двух микросхем ASD-8. Платы усилителей крепятся на камеры снаружи, объединяя на одной плате сигналы с двух соседних X (или Y) плоскостей, причем с каждой плоскости сигналы (7 или 8 шт.) подаются на отдельную микросхему ASD-8 для исключения наводок между сигнальными плоскостями. Каждый усилитель помещен в экранирующей заземленный корпус. Сигналы с выходов усилителей передаются на TDC с помощью шлейфов из витых пар 17×2 , причем шлейфы заземляются с обеих сторон как на камере, так и на модулях TDC64v в кейте VME.

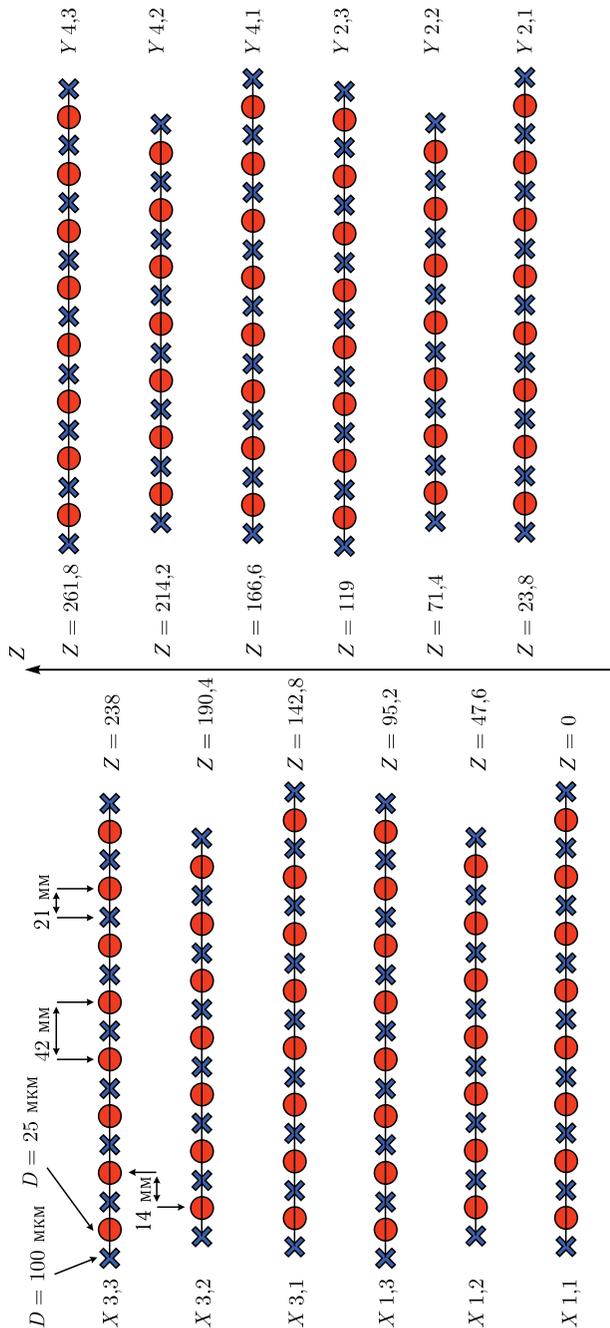


Рис. 1. Схема расположения сигнальных и потенциальных проволок в X- и Y-плоскостях. Соседние координатные плоскости смещены относительно друг друга на 14 мм, что позволяет исключить лево-правую неопределенность трека

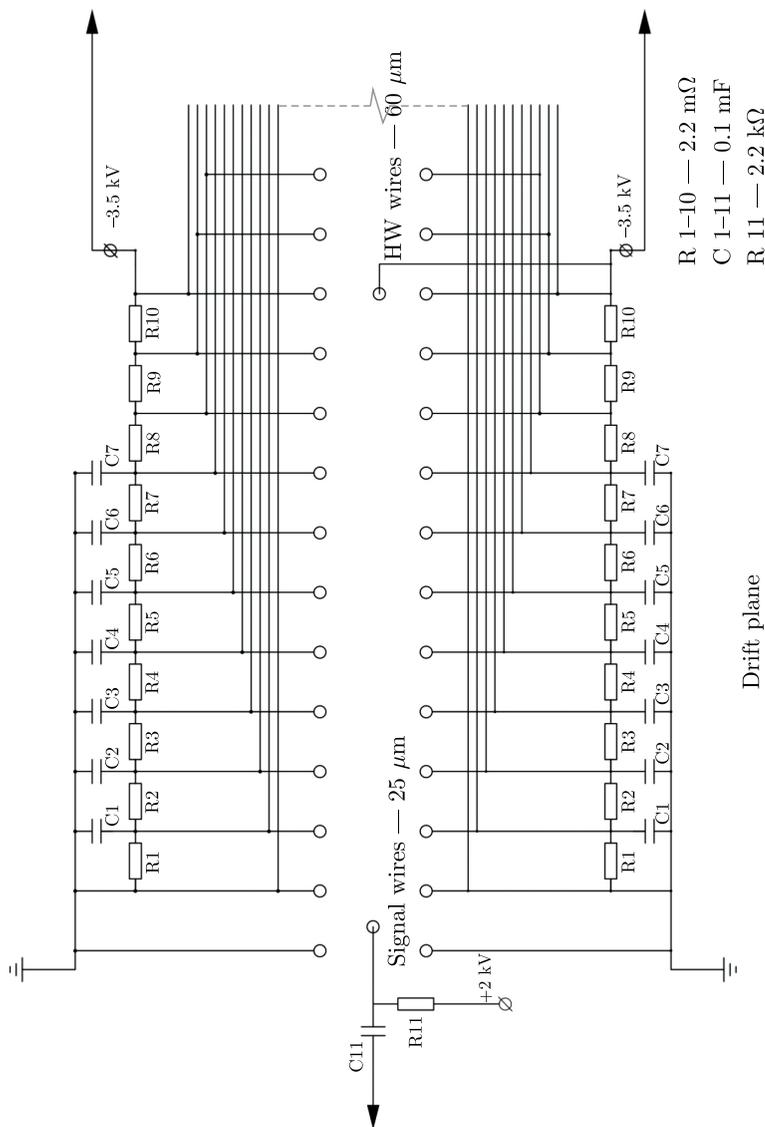


Рис. 2. Схема расположения сигнальных и потенциальных электродов и их подключения

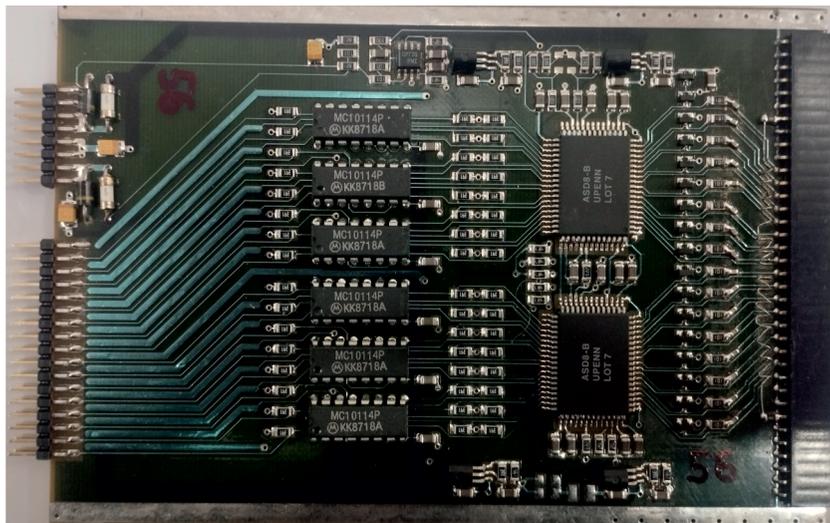


Рис. 3. Внешний вид платы усилителя на базе микросхем ASD-8

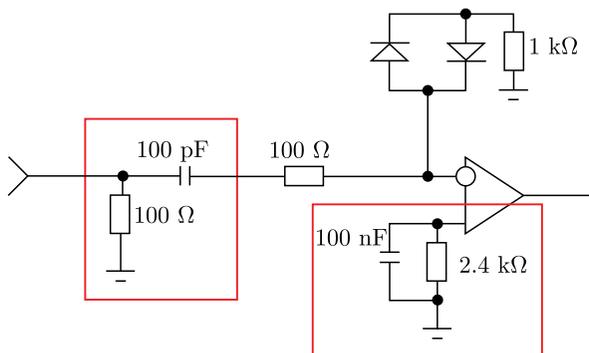


Рис. 4 (цветной в электронной версии). Принципиальная схема входной цепи усилителя. Красными квадратами выделены дополнительные элементы, улучшающие характеристики работы

В ходе испытаний камер было установлено, что основным источником шумов являются наводки по «земле». Для уменьшения этого фактора были модифицированы входные цепи усилителей (рис. 4).

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД

Для испытаний на космических лучах дрейфовая камера помещается между двумя сцинтилляционными детекторами с рабочей плоскостью размером $20 \times 20 \times 1$ см. Схема стенда приведена на рис. 5.

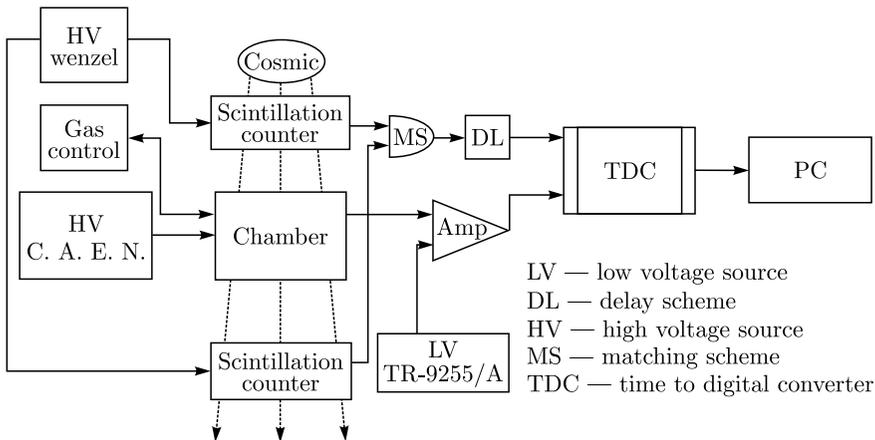


Рис. 5. Схема испытательного стенда работы на космических лучах

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Качество работы дрейфовой камеры определяется измерением времени дрейфа во всем дрейфовом промежутке (21 мм) — от сигнальной проволоочки до потенциальной, что соответствует равномерному распределению шириной около 450 нс по временной шкале (рис. 6).

Правильная работа дрейфовой камеры обеспечивает высокую эффективность — порядка 100 % (рис. 7). При данном выборе состава газовой смеси плато эффективности составляет более 200 В, что позволяет подобрать оптимальный режим усиления сигнала при наименьших уровнях шума как на проволоочках, так и на детектирующей аппаратуре.

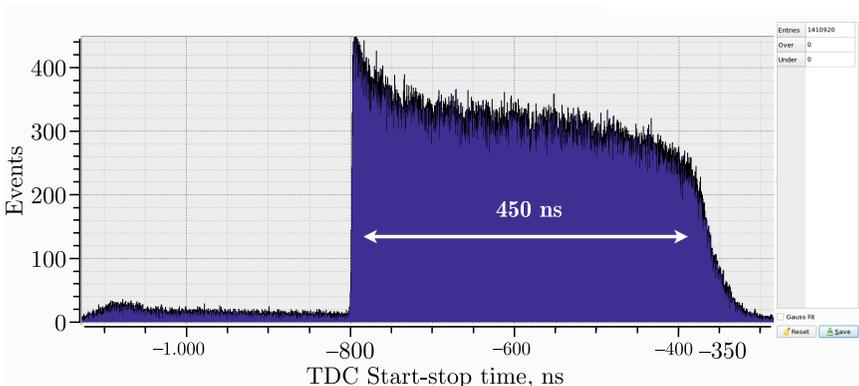


Рис. 6. Распределение по времени дрейфа. Ширина составляет 450 нс, что соответствует дрейфовому промежутку 21 мм

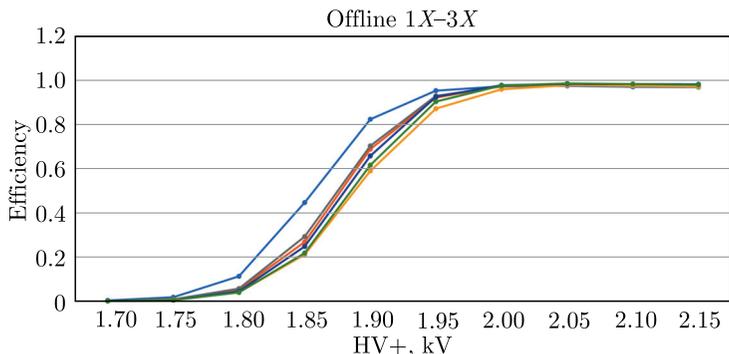


Рис. 7. Зависимость эффективности регистрации трека частицы (космического мюона) от высокого напряжения на сигнальных проволоках. Плато эффективности 200 В идет от 1,95 до 2,15 кВ

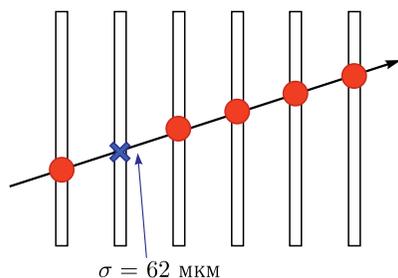


Рис. 8. Схема метода реконструкции трека

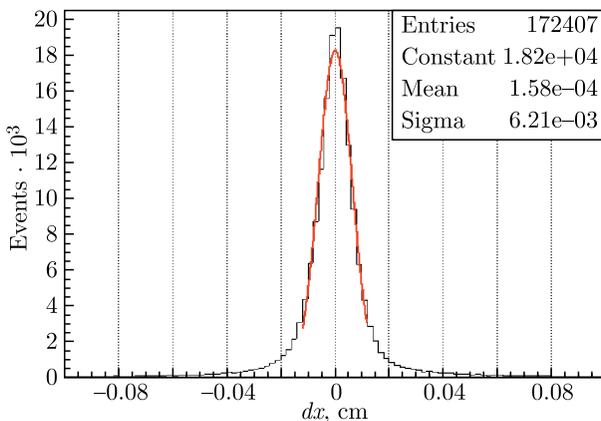


Рис. 9. Распределение по точности реконструкции трека в исследуемой сигнальной плоскости. Точность измерения составляет $\sigma = 62 \text{ мкм}$. Гистограмма получена при следующих напряжениях: катодные плоскости $-3,9 \text{ кВ}$, сигнальные $+2,0 \text{ кВ}$, порог на усилителях $1,7 \text{ В}$

Для измерения точности координаты частицы, прошедшей через сигнальную плоскость, используется метод реконструкции трека по пяти другим сигнальным плоскостям дрейфовой камеры (рис. 8). Координатное разрешение при этом оказалось на уровне 62 мкм (рис. 9), что соответствует лучшим показателям работы дрейфовых камер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные новые дрейфовые камеры прошли успешные испытания при различных режимах работы, включая вариации компонентов газовой смеси, напряжений питания плоскостей камеры и порогов усилителей. Координатное разрешение детектора составляет порядка 60 мкм при загрузках до 10^5 событий в цикле. В ближайшем будущем данные детекторы будут использоваться в экспериментах по спиновой физике на установке ALPOM-2, а также при создании абсолютного поляриметра на коллайдере NICA для измерения поляризации протонов, дейтронов и других ускоряемых частиц.

Благодарности. Авторы выражают особую признательность специалисту в области электроники О. К. Минко за плодотворные дискуссии и консультации по модернизации усилителя на базе микросхемы ASD-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Basilev S. N. et al.* Measurement of Neutron and Proton Analyzing Powers on C, CH, CH₂ and Cu Targets in the Momentum Region 3–4.2 GeV/c // Eur. Phys. J. A. 2020. V. 56, No. 1. P. 26–49.
2. *Filatova N. A. et al.* Study of Drift Chamber System for a $K-e$ Scattering Experiment at the Fermi National Accelerator Laboratory // Nucl. Instr. Meth. 1977. V. 143. P. 17–28.
3. *Заневский Ю. В.* Проволочные детекторы элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1978. 168 с.