

P13-2009-173

В. М. Абазов, Г. Д. Алексеев, Ю. И. Давыдов, В. Л. Малышев,
А. А. Пискун* , В. В. Токменин

КООРДИНАТНАЯ ТОЧНОСТЬ
МИНИ-ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК
ПРИ РЕГИСТРАЦИИ НАВЕДЕННОГО СИГНАЛА

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

*Международный государственный экологический университет
им. А. Д. Сахарова, Минск

Абазов В. М. и др.

P13-2009-173

Координатная точность мини-дрейфовых трубок
при регистрации наведенного сигнала

Измерена координатная точность мини-дрейфовых трубок при регистрации сигнала, наведенного на внешние электроды. Координата частицы определялась при помощи электродов (стрипов шириной 1 см), расположенных перпендикулярно направлению анодных проволок. При использовании четырех слоев трубок получена среднеквадратичная координатная точность около 0,4 мм.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П. Дзелепова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2009

Abazov V. M. et al.

P13-2009-173

The Spatial Accuracy of Mini-Drift Tubes by Detecting
the Induced Signals

The coordinate accuracy of the mini-drift tubes determined by detection of the signals induced on the outer electrodes has been investigated. The particle coordinate was found using the 1-cm-wide strips placed orthogonally to the anode wires. The space accuracy of about 0.4 mm (r.m.s.) was achieved with four tube layers.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Измерение сигналов, наведенных на катодных стрипах в проволочной камере, позволяет определять вторую координату частицы вдоль анодной проволоки с точностью, намного превышающей ширину стрипов [1]. Данное свойство используется во многих экспериментальных установках.

Пластиковые стримерные трубки, известные как трубки Иароччи [2], также позволяют считывать вторую координату с детектора за счет сигналов, индуцированных на внешние электроды через резистивный катод. Это отличает данный метод от традиционного считывания информации со стрипов, являющихся сегментированными катодами.

В ЛЯП ОИЯИ в рамках сотрудничества с Лабораторией им. Э. Ферми (США) и с ЦЕРН был разработан модифицированный вариант трубок Иароччи — мини-дрейфовые трубки (МДТ) [3, 4]. В отличие от пластиковых трубок основу МДТ составляют алюминиевые профили. Кроме того, в МДТ установлены катодные крышки из тонких листов нержавеющей стали, которые вместе с профилями формируют ячейки квадратного сечения. Данные трубки, дающие одну координату при регистрации сигнала анодной проволоки, успешно используются в экспериментах D0 [5] в Лаборатории им. Э. Ферми (США) и COMPASS [6] в ЦЕРН.

В новом эксперименте PANDA [7], планируемом на будущем ускорительном комплексе FAIR (Дармштадт, Германия), МДТ предполагается использовать в мюонной системе. Авторами предложено одновременно измерять две координаты с каждой МДТ, регистрируя как сигналы с анодных проволочек, так и сигналы, индуцированные на внешние электроды. Для этого в МДТ были удалены катодные крышки из нержавеющей стали для обеспечения электрической прозрачности системы, и установлены полосковые электроды (стрипы) снаружи МДТ. Поперечный разрез такой конструкции МДТ, названной нами МДТ с открытой геометрией катода, или МДТ с открытым катодом, показан на рис. 1. Стенки алюминиевого профиля имеют толщину 0,6 мм, расстояние между центрами ячеек равно 10 мм. Анод выполнен из золоченой вольфрамовой проволоки диаметром 50 мкм, натянутой с силой 200 г. Во всех ячейках через каждые 50–70 см по длине установлены пластмассовые поддержки, фиксирующие пространственное положение проволочек и обеспечивающие электростатическую стабильность системы. Снаружи МДТ, со стороны открытой части алюминиевого профиля, устанавливается плоскость со стрипами, направленными перпендикулярно к анодным проволочкам. Для

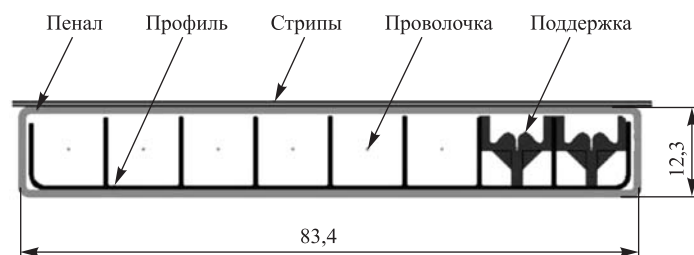


Рис. 1. Сечение МДТ с открытой геометрией катода. Показаны только две проволочные поддержки. Внешний (стриповый) электрод выполнен из двустороннего фольгированного стеклотекстолита

этого используется пластина двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм с нарезанными на ней полосами шириной 1 см. Полосы обращены к детектору, наружная фольга заземлена.

МДТ с открытой геометрией катода имеет принципиальные отличия от стандартной МДТ с закрытой геометрией катода. Это связано с различиями в формировании электрического поля в МДТ двух типов. Для исследования различий нами было проведено сравнение характеристики двух типов МДТ [8]. Было продемонстрировано, что МДТ с открытой геометрией катода (при подаче высокого напряжения на анодную проволоку) имеет характеристики, идентичные МДТ с закрытой геометрией катода, однако они достигаются при напряжениях примерно на 100 В выше. Была также показана надежная регистрация сигналов, наведенных на внешних полосах, при работе МДТ в ограниченно-пропорциональном режиме.

Данная работа посвящена изучению координатной точности мини-дрейфовых трубок с открытой геометрией катода при регистрации сигналов, наведенных на внешние полосы.

1. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Для исследований была использована сборка из четырех МДТ, расположенных друг над другом. Длина каждой МДТ составляла 60 см. Длина полос составляла около 10 см. Считывание информации проводилось с четырех полос на каждой МДТ. Поверхность стеклотекстолита со полосами лежала непосредственно на пластиковом пенале, обратная (внешняя) сторона была заземлена. Все МДТ были выставлены так, что проволоки располагались друг над другом. Полосы также располагались строго друг над другом. Блок-схема тестовых измерений приведена на рис. 2. Анодные проволоки располагаются параллельно плоскости страницы, полосы направлены перпендикулярно.

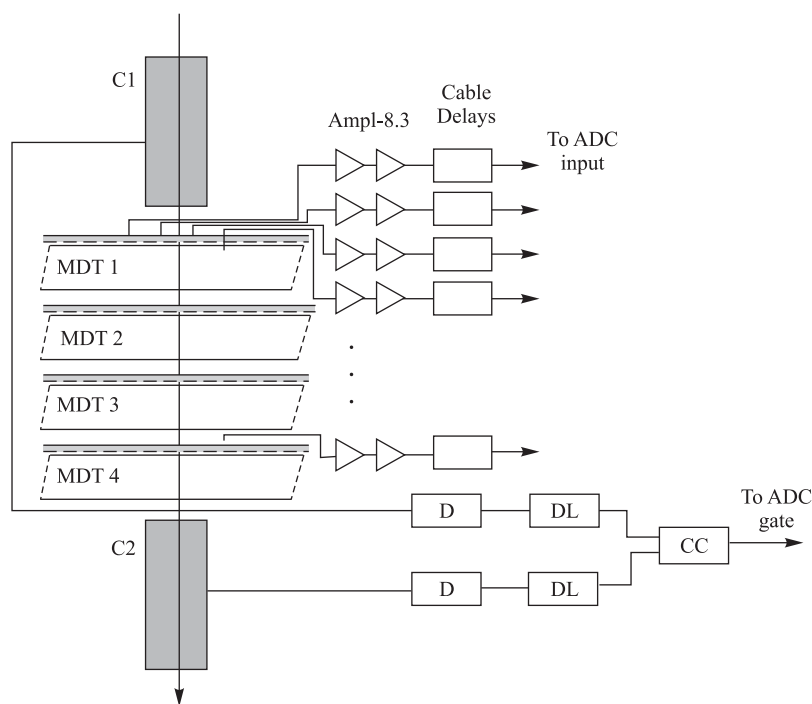


Рис. 2. Блок-схема тестовых измерений

Все МДТ продувались газовой смесью 70 %Ar + 30 %CO₂ при атмосферном давлении. Высокое напряжение подавалось на проволочки, измерения проводились при 2300 В. При этом напряжении МДТ работают в ограниченно-пропорциональном режиме и на плато полной эффективности (при регистрации анодного сигнала с порогом 1 мкА).

Все восемь проволочек каждой МДТ были объединены, и суммарные сигналы каждого детектора после усиления на плате усилителя-дискриминатора ADB-16 [9] подавались на входы преобразователя заряд-код ADC модели 2249A (LeCroy) [10]. Сигналы с каждого из четырех стрипов от каждой МДТ усиливались двумя каскадами усилителя Ampl-8.3 [11] и также подавались на входы ADC. Кабельные задержки использовались для синхронизации измеряемых сигналов с запуском. Длительность сигнала «gate» ADC равнялась 1 мкс. Два сцинтилляционных счетчика размером 100 × 20 × 100 мм располагались симметрично над и под 2-м и 3-м стрипами детекторной сборки. Сигналы со счетчиков после дискриминаторов (D) и задержки (DL) поступали на схему совпадений (CC) и запускали измерения на ADC.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Прохождение космики через сборку МДТ вызывает лавины в ячейках, которые пересекаются частицей. Заряд, образующийся вблизи проволоочки в результате газового усиления, индуцирует сигналы на внешних стрипах.

Типичные спектры сигналов с каждого из четырех стрипов для одной из МДТ представлены на рис. 3. Сцинтилляционные счетчики отбирали частицы, проходящие через второй либо третий стрип, поэтому основные сигналы индуцируются именно на этих стрипах.

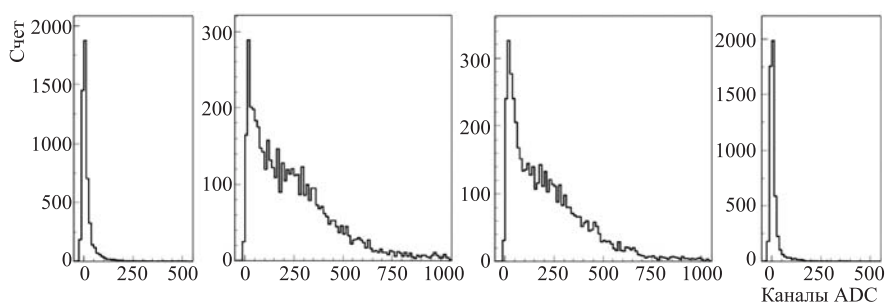


Рис. 3. Спектры сигналов от космики с четырех стрипов одной из МДТ. Отбирались частицы, прошедшие через один из двух центральных стрипов

Спектр суммы сигналов с четырех стрипов для каждого события для той же МДТ показан на рис. 4.

Корреляция анодных и индуцированных на стрипах сигналов, приведенных к входным токам предусилителей, показана на рис. 5 для одной из тестовых МДТ. На рис. 5 также представлен результат фитирования этого распределения в области линейной зависимости анодного сигнала (до 20 мкА). Из результатов фитирования следует, что среднее значение отношения суммарного наведенного на четырех стрипах сигнала к анодному равно $21,6 \pm 1,0\%$.

При восстановлении треков частицы по наведенным на стрипах сигналам в каждой МДТ определялась координата лавины вдоль проволоочки. Для каждого события на каждой плоскости вычислялось положение центра тяжести наведенных на стрипах сигналов $X_{\text{сog}}$, при этом брался стрип с максимальным сигналом и два соседних стрипа. В качестве примера наведенные на стрипах сигналы, определяющие центры тяжести зарядов, показаны на рис. 6 для одного события. Оси абсцисс показывают координаты стрипов вдоль проволоочки в сантиметрах (ширина стрипа составляет 1 см). На осях ординат приведены наведенные на стрипах сигналы в каналах ADC.

Полученные таким образом значения дают четыре точки на треке частицы. Треки фитировались прямой линией методом наименьших квадратов.

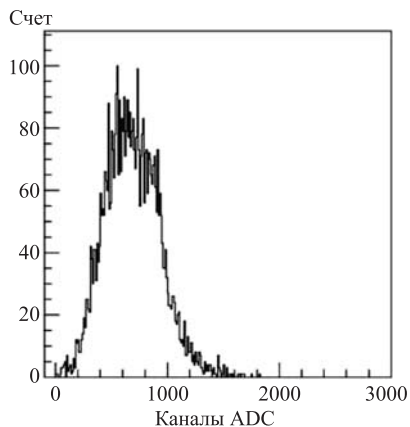


Рис. 4. Спектр суммарных сигналов с четырех стрипов одной МДТ

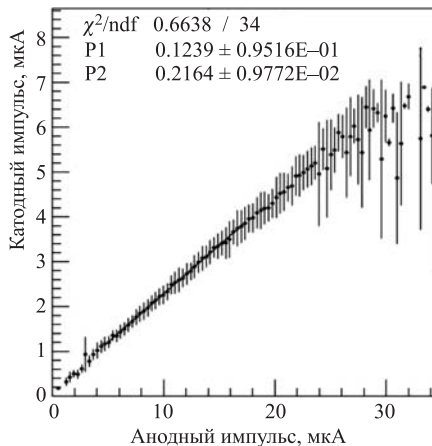


Рис. 5. Корреляция анодных и стриповых (сумма четырех стрипов) сигналов одной МДТ из сборки, приведенных к входным токам предусилителей

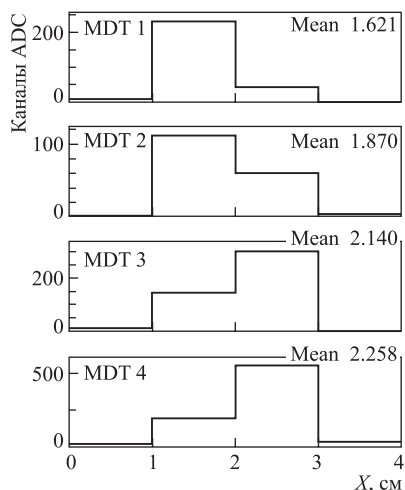


Рис. 6. Измеренные на стрипах заряды, определяющие центры тяжести наведенных зарядов, для индивидуального события

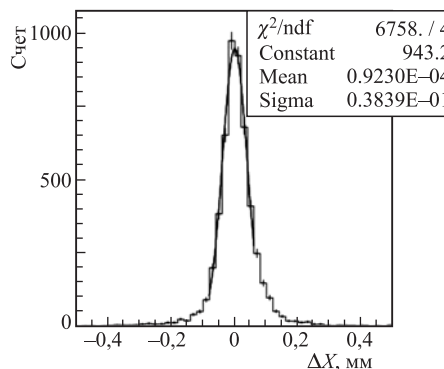


Рис. 7. Распределение отклонений ΔX координат треков, определенных по центрам тяжести наведенных на стрипах зарядов, от фитирующей прямой для одной МДТ из сборки

Для каждой МДТ определялось отклонение координаты центра тяжести наведенного сигнала X_{cog} от фитирующей прямой X_{fit} , $\Delta X = X_{\text{cog}} - X_{\text{fit}}$. Распределение отклонений ΔX для одной из МДТ представлено на рис. 7.

Фитирование полученного распределения функцией Гаусса дает значение координатной точности мини-дрейфовых трубок при регистрации наведенных на стрипах сигналов. В данном распределении получено $\sigma \approx 0,4$ мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования сборки мини-дрейфовых трубок с открытой геометрией катода, работающих в ограниченно-пропорциональном режиме.

Показано, что регистрация наведенных на внешние стрипы сигналов позволяет надежно восстанавливать треки частиц. При использовании четырех слоев МДТ со стрипами шириной 1 см получена координатная точность $\sigma \approx 0,4$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Breskin A. et al.* High-accuracy, bidimensional read-out of proportional chambers with short resolution times // Nucl. Instr. Meth. 1977. V. 143. P. 29–39.
2. *Iarocci E.* Plastic streamer tubes and their applications in high energy physics // Nucl. Instr. Meth. 1983. V. 217. P. 30–42.
3. *Абазов В. М. и др.* Стенды испытания мини-дрейфовых трубок // ПТЭ. 2007. Т. 50, № 1. С. 47–57; Instruments and Experimental Technique. 2007. V. 50, No. 1. P. 41–50.
4. *Абазов В. М. и др.* Результаты испытания мини-дрейфовых трубок для передней мюонной системы установки D0 // ПТЭ. 2007. Т. 50, № 1. С. 58–68; Instruments and Experimental Technique. 2007. V. 50, No. 1. P. 51–60.
5. *Abazov V. M. et al.* The muon system of the Run II D0 detector // Nucl. Instr. Meth. A. 2005. V. 552. P. 372–398.
6. *Abbon P. et al.* The COMPASS experiment at CERN // Nucl. Instr. Meth. A. 2007. V. 577. P. 455–518.
7. <http://www-panda.gsi.de>;
Erni W. et al. (the PANDA Collab.) Technical Design Report for the PANDA Solenoid and Dipole Spectrometer Magnets. e-Print arXiv:0907.0169v1.
8. *Абазов В. М. и др.* Сравнение работы мини-дрейфовых трубок различной конструкции. Препринт ОИЯИ Р13-2009-164. Дубна, 2009.
9. *Алексеев Г. Д. и др.* Шестнадцатиканальная плата с аналоговыми и цифровыми выходами для работы с газовыми детекторами. Сообщение ОИЯИ Р13-2005-31. Дубна, 2005.
10. LeCroy Corporation. <http://www.lecroy.com/lrs/>.
11. *Alexeev G. D. et al.* The eight-channel ASIC bipolar transresistance amplifier DOM Ampl-8.3 // Nucl. Instr. Meth. A. 2001. V. 462. P. 494–505.

Получено 13 ноября 2009 г.

Редактор *А. И. Петровская*

Подписано в печать 15.02.2010.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,56. Уч.-изд. л. 0,66. Тираж 310 экз. Заказ № 56893.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/