

P13-2011-44

Н. А. Кучинский*, В. А. Баранов, Ф. Е. Зязюля¹,
А. С. Коренченко, Н. П. Кравчук, С. А. Мовчан,
В. С. Смирнов, Н. В. Хомутов, В. А. Чеховский¹

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАТОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
СТРОУ-ТРУБКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ТРЕКА
ВДОЛЬ ПРОВОЛОЧКИ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

¹Национальный научно-учебный центр физики частиц и высоких энергий Белорусского государственного университета, Минск

*E-mail: kuchinski@jinr.ru

Кучинский Н. А. и др.

P13-2011-44

Использование катодной поверхности строу-трубки
для измерения координат трека вдоль проволочки

В настоящее время координатные детекторы на основе строу-трубок нашли широкое применение в физике высоких энергий. Это связано с высокой точностью измерения радиальной координаты по времени дрейфа и малым количеством вещества на пути измеряемых частиц. До настоящего времени проблемой являлось измерение продольной координаты вдоль проволочки. В данной работе предложен способ измерения продольной координаты срабатывания (z -координаты) строу-детектора вдоль проволочки, основанный на измерении сигналов с катодов детектора.

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

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2011

Kuchinskii N. A. et al.

P13-2011-44

Using the Cathode Surface of Straw Tube
for Measuring the Track Coordinates along the Wire

Currently, the coordinate detectors based on straw tubes are widely used in high energy physics. This is caused by a high accuracy of the radial coordinate measurement using the drift time and a small amount of matter in the way of the measured particles. So far, the remaining problem is the measurement of the coordinate along the wire. This paper proposes a method for measuring the hit coordinates along the wire in a straw tube detector using the signals from the cathodes of the detector.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2011

Трековые детекторы с использованием индивидуальных тонкостенных трубок малого диаметра (строу-трубок) в настоящее время широко используются в больших экспериментальных установках физики высоких энергий [1]. Детекторы такого типа имеют малую радиационную длину, а цилиндрическая геометрия обеспечивает высокие электростатические и механические свойства, возможность работы при высоких давлениях. Важно то, что каждая трубка является индивидуально независимой и выход из рабочего состояния, в том числе обрыв проволоочки в одной из них, не нарушает работу детектора в целом.

Радиальная координата в строу-трубке определяется по времени дрейфа. Для измерения координаты срабатывания вдоль нити в настоящее время используются в основном дополнительные внешние стрипы. Это позволяет получить хорошее (до 100 мкм) пространственное разрешение вдоль анодной нити, а также усложняет конструкцию детектора и вносит дополнительное вещество [2]. Такое решение предложено и для проекта Mu2e в FNAL по поиску $\mu \rightarrow e$ -конверсии [3].

В данной работе предлагается принципиально новый способ измерения z -координаты вдоль проволоочки для строу-трубок, основанный на информации, получаемой с катода трубки, и не требующий внесения дополнительного вещества в детектор. Предлагаемый метод измерения является комбинацией двух методов. На первом этапе проводится измерение координаты вдоль анодной проволоочки, основанное на принципе деления зарядов [4]. Таким способом при линейном сопротивлении анодной проволоочки 2200 Ом/м может быть достигнута точность меньше 2% от длины каждой трубки, что соответствующим образом грубо определяет место срабатывания. Для более точного определения места срабатывания используется так называемая структура «двойной клин» (double wedge) на катодной поверхности [5].

Для измерений использовались строу-трубки диаметром 10 мм, изготовленные из майларовой ленты с алюминиевым покрытием путем ультразвуковой сварки по методике, разработанной в ЛФВЭ ОИЯИ [6]. На металлизированной поверхности майларовой ленты толщиной 30 мкм путем травливания делается требуемый рисунок катодов. Используемая нами форма рисунка катодных стрипов показана на рис. 1. Она представляет собой катод-

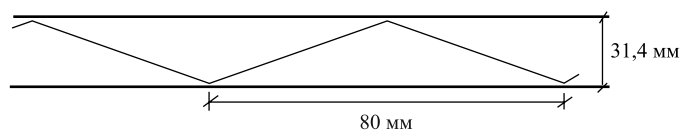


Рис. 1. Развертка строу-трубки с двумя катодами, использовавшейся в испытаниях

дную поверхность, разделенную электрически на два зигзагообразных стрипа с периодической структурой и шагом 80 мм. Выбор катодного рисунка с таким шагом связан с предполагаемой в дальнейшем длиной трубки 2000 мм и точностью метода деления токов меньше 2%. В этом случае координатная точность, получаемая методом деления токов, меньше полупериода структуры рисунка стрипов.

Поскольку координата вдоль нити определяется по соотношению зарядов, наводимых на стрипы трубки, то точность измерения будет определяться в основном отношением длины окружности трубки к полупериоду рисунка катодов и, в меньшей степени, механическими неточностями изготовления катодов и самой трубки, шумами электроники. При этом для одинакового расстояния анод–катод сигналы на катодах в нашем детекторе больше, чем в плоской геометрии, а их отношение не зависит от амплитуды сигнала на аноде, что связано с цилиндрической симметрией катода относительно анодной проволоочки.

На рис. 2, 3 показаны экспериментальная установка, использовавшаяся для измерений, и схема измерений. Трубка облучалась электронами от источника Sr^{90} . Триггером были совпадения сигналов от анодной проволоочки и сцинтиллятора. После усилителя КАТОД-1 [7] сигналы поступали на блок

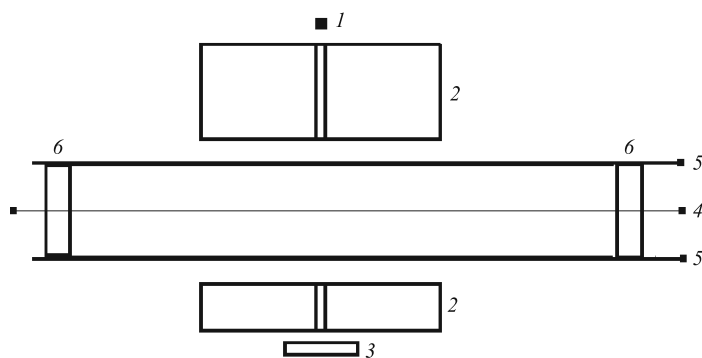


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 — источник Sr^{90} ; 2 — коллиматоры с отверстием диаметром 2 мм; 3 — сцинтиллятор $5 \times 5 \times 2$ мм; 4 — вывод анодной проволоочки; 5 — выходы катодов; 6 — концевики строу-трубки

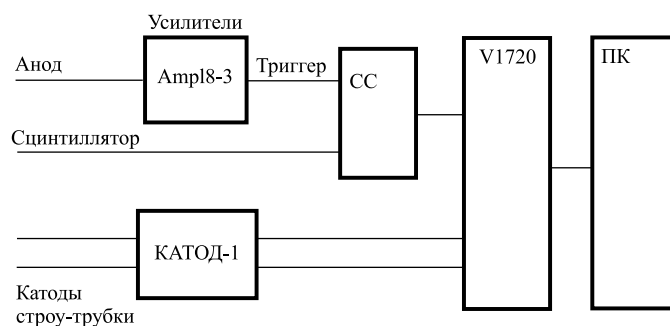


Рис. 3. Схема измерений: СС — схема совпадений; V1720 — оцифрователь формы импульсов (CAEN, 250 М, 12 Bit) [8]; КАТОД-1 и Ampl8-3 — усилители

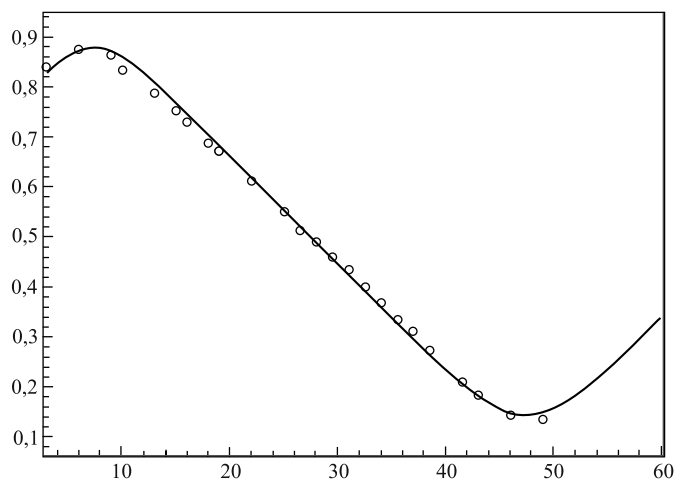


Рис. 4. Отношение наведенного заряда на одном из катодов к суммарному заряду в зависимости от положения источника. Сплошная линия — результаты расчетов; точки — экспериментальные данные

оцифровки формы импульсов V1720 (CAEN, 250 М, 12 Bit) [8] и далее в ПК. Полученные результаты показаны на рис. 4. На экспериментальные точки наложены аналитические расчеты [9]. Видно хорошее совпадение результатов.

Оценку точности измерения координаты вдоль проволоочки можно сделать из рис. 5. С учетом того, что ширина коллимированного пучка электронов от источника равна 2 мм, точность измерения меньше 1 мм. В работе использовалась газовая смесь $\text{Ar}:\text{CO}_2$ (70:30).

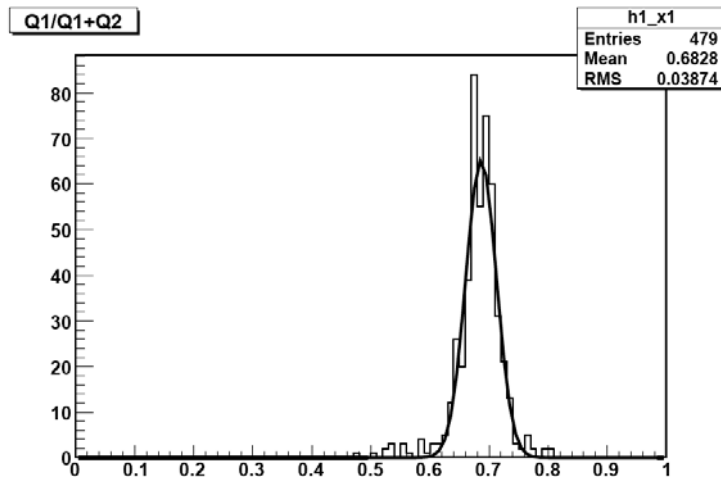


Рис. 5. Отношение наведенного заряда на одном из катодов к суммарному заряду в одной из точек

Надо сразу сказать, что при использовании катодной поверхности с двумя катодными стрипами (см. рис.1) возникает неоднозначность определения z -координаты, связанная с симметрией отношения наводимых на стрипы зарядов относительно точки изменения угла наклона линии, разделяющей их. Неоднозначность устраняется введением третьего катодного стрипа. Это может и не потребоваться, если учесть то, что трубки всегда собираются в несколько слоев и в каждом слое трубки можно сдвигать относительно друг друга. Этот метод определения координаты трека вдоль анодной проволоочки работает в случае одного трека в строу-трубке. При большем числе треков на катодах происходит наложение сигналов.

С ростом интенсивности пучков ускорителей и множественности в событиях очень актуальна проблема увеличения нагрузочной способности детекторов и строу-трубок в частности. В настоящее время мы изучаем способ увеличения нагрузочной способности строу-трубки. Результаты будут опубликованы в следующей работе.

Таким образом, показана возможность создания детекторов с использованием катодной поверхности строу-трубки с измерением z -координаты вдоль анодной проволоочки с точностью меньше 1 мм.

Авторы благодарят В. М. Гребенюка и Д. Л. Демина за плодотворные дискуссии, а В. А. Никитина за интерес к работе.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 11-02-01472-а, и БРФФИ, грант Ф10Д-006.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bychkov V.N. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2006. V. 556. P. 66;
Wagner P. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 2011. V. 628. P. 146.
2. *Bychkov V.N. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 1993. V. 325. P. 158.
3. Proposal to Search for $\mu^- N \rightarrow e^- N$ with a Single Event Sensitivity below 10^{-16} (Mu2e Experiment), Fermilab, 2009.
4. *Bird A. et al.* SLAC-PUB-3790. 1985.
5. *Anderson D.F. et al.* // Nucl. Instr. Meth. 1984. V. 224. P. 315;
Green D. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 1984. V. 256. P. 305;
Yu D. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 1992. V. 323. P. 413.
6. *Movchan S.A.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2009. V. 604. P. 307–309.
7. *Golutvin I.A. et al.* The Catod-1 Strip Readout ASIC for the Cathode Strip Chamber. JINR, E13-2001-151. Dubna, 2001.
8. CAEN Electronic Instrumentation, 2010 Products Catalog. V1720.
9. *Lu C., McDonald K.T.* The Charge Distribution on the Cathode of a Straw Tube Chamber. hep-ex/0009006v1

Получено 13 мая 2011 г.

Редактор *А. И. Петровская*

Подписано в печать 29.06.2011.

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

Усл. печ. л. 0,31. Уч.-изд. л. 0,40. Тираж 265 экз. Заказ № 57357.

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

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/