

УДК 539.1.074.2

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

© 2012 г. Н. А. Кучинский, В. А. Баранов, Ф. Е. Зязюля*, А. С. Коренченко, Н. П. Кравчук,
С. А. Мовчан, В. С. Смирнов, Н. В. Хомутов, В. А. Чеховский*

Объединенный институт ядерных исследований
Россия, 141980, Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри, 6

*Национальный научно-образовательный центр физики высоких энергий
и частиц Белорусского государственного университета
Беларусь, 220040, Минск, ул. М. Богдановича, 153

Поступила в редакцию 06.06.2011 г.

С помощью координатных детекторов на основе строу-трубок можно с высокой точностью измерять радиальную координату по времени дрейфа, используя малое количество вещества на пути измеряемых частиц. Однако проблемой является измерение координаты вдоль проволоочки. В данной работе предложен способ измерения z -координаты срабатывания строу-детектора вдоль анодной проволоочки с погрешностью <1 мм, основанный на измерении сигналов с катодов детекторов.

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 (z -координаты) в настоящее время используются, в основном, дополнительные внешние стрипы. Это позволяет получить хорошее (до 100 мкм) пространственное разрешение вдоль анодной нити, но усложняет конструкцию детектора и вносит дополнительное вещество [2].

Такое решение предложено и для проекта Mu2e в FNAL (FNAL, USA) по поиску $\mu \rightarrow e$ -конверсии [3].

В данной работе предлагается принципиально новый способ измерения 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]. Этот способ при линейном со-

противлении анодной проволоочки 2200 Ом/м дает погрешность $<2\%$ 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 $\varnothing 10$ мм, изготовленные из майларовой ленты с алюминиевым покрытием путем ультразвуковой сварки по методике, разработанной в ЛФВЭ ОИЯИ [6]. На алюминированной 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 катодную 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 погрешностью метода деления токов $<2\%$. В этом случае координатная точность, получаемая методом деления токов, меньше полупериода структуры рисунка стрипов.

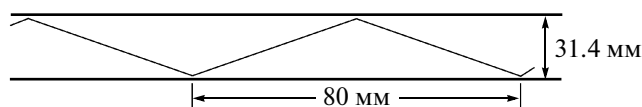


Рис. 1. Развертка строу-трубки с двумя катодами, использовавшимися в испытаниях.

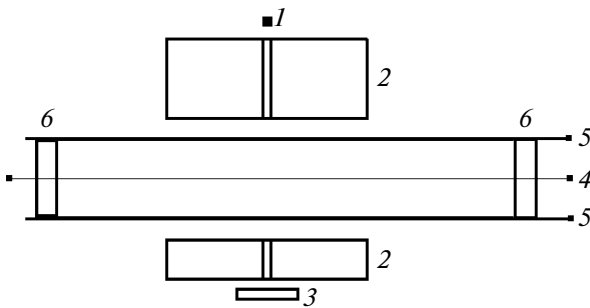


Рис. 2. Схема экспериментальной установки. 1 – источник ^{90}Sr ; 2 – коллиматоры с отверстием $\text{Ø}2$ мм; 3 – сцинтиллятор $5 \times 5 \times 2$ мм; 4 – вывод анодной проволоочки; 5 – выводы катодов; 6 – концевики строу-трубки.

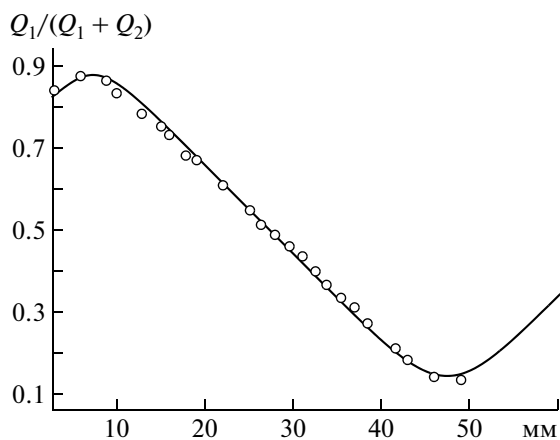


Рис. 4. Отношение наведенного заряда на одном из катодов к суммарному заряду в зависимости от положения источника. Сплошная линия – результат расчетов.

Поскольку координата вдоль нити определяется по соотношению зарядов, наводимых на стрипы трубки, 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 приведена схема экспериментальной установки, использовавшейся для измерений, на рис. 3 – схема измерений.

Трубка облучалась электронами от источника ^{90}Sr . Для триггера использовались совпадения от анодной проволоочки и сцинтиллятора. После усилителя Katod-1 [7] сигналы с детектора поступали

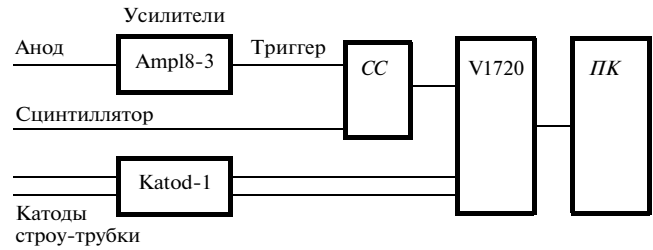


Рис. 3. Схема измерений. СС – схема совпадений; V1720 – устройство оцифровывания формы импульсов (CAEN, 250M, 12Bit) [8]; Katod-1 и Ampl8-3 – усилители.

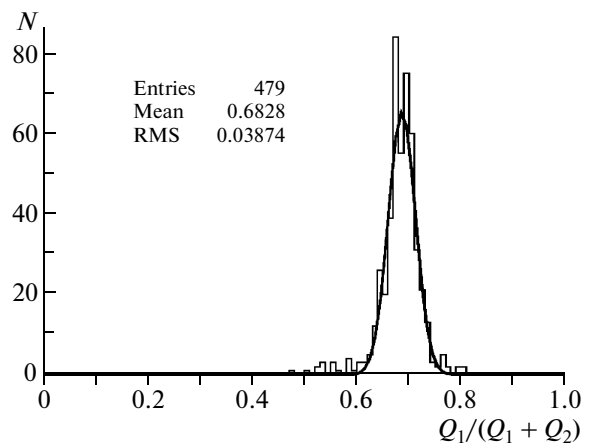


Рис. 5. Распределение отношений наведенного заряда на одном из катодов к суммарному заряду для одной из точек вдоль строу-трубки.

на блок оцифровки формы импульсов V1720 (CAEN, 250M, 12Bit) [8] и далее в персональный компьютер ПК.

Полученные результаты показаны на рис. 4. На экспериментальные точки наложены результаты аналитических расчетов [9]. Видно хорошее совпадение результатов.

Точность измерения координаты вдоль проволоочки можно оценить из рис. 5. Учитывая, что ширина коллимированного пучка электронов от источника равна 2 мм, получаем погрешность измерения < 1 мм.

При использовании катодной поверхности с двумя стрипами (рис. 1) может возникнуть неоднозначность определения z -координаты – это связано с симметрией отношения наводимых на стрипы зарядов относительно точек перелома зигзага на катодной поверхности. Устраняется неоднозначность введением третьего катодного стрипа или сдвигом в каждом слое трубок относительно друг друга, так как трубки всегда состояются из нескольких слоев.

Этот метод определения координаты трека вдоль анодной проволоочки работает в случае одно-

го 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 грузочной способности детекторов и строу-трубок, в частности. В настоящее время мы изучаем способ увеличения грузочной способности строу-трубки. Результаты будут опубликованы в следующей работе.

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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bychkov V.N., Dedek N., Dunnweber W. et al.* // Nucl. Instrum. and Methods. 2006. V. A556. P. 66; *Wagner P.* // Nucl. Instrum. and Methods. 2011. V. A628. P. 146.
2. *Bychkov V.N., Golutvin I.A., Ershov Yu.V. et al.* // Nucl. Instrum. and Methods. 1993. V. A325. 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., Shapiro S., Ashford V., McShurley D. et al.* // SLAC-PUB-3790, 1985.
5. *Anderson D.F., Arvela H.K., Breskin A., Charpak G.* // Nucl. Instrum. and Methods. 1984. V. 224. P. 315; *Green D., Haggerty D., Hansen S., Takasaki M.* // Nucl. Instrum. and Methods. 1984. V. A256. P. 305; *Yu D., Radeka V., Smith G.C., O'Brien E.* // Nucl. Instrum. and Methods. 1992. V. A323. P. 413.
6. *Movchan S.A.* // Nucl. Instrum. and Methods. 2009. V. A604. P. 307.
7. *Golutvin I.A., Gorbunov N.V., Karzhavin V.Yu. et al.* // Preprint E13-2001-151. Dubna: JINR, 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, arXiv:hep-ex/0009006v1