

УДК 539.1.074.2

ДЕТЕКТОР С ПРОФИЛИРОВАННЫМ КАТОДОМ И ТРЕХКООРДИНАТНОЙ СИСТЕМОЙ СЧИТЫВАНИЯ

© 2012 г. М. А. Батурицкий*, Ф. Е. Зязюля*, А. С. Коренченко, Н. П. Кравчук,
Н. А. Кучинский, 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*

E-mail: kuchinski@jinr.ru

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

Поступила в редакцию 06.06.2011 г.

Проведено экспериментальное исследование детектора с профилированным катодом (profile-based) и двухкоординатной системой катодного считывания. Катодные площадки (пэды), расположенные в каждом профиле вдоль анодной проволоочки, соединяются по диагоналям, образуя стрипы, пересекающие под углом к анодной проволоочке детектор. Наличие двух катодных координат и координаты, связанной с анодной проволоочкой, позволяет решать проблему идентификации событий с большой множественностью в одном детекторе.

В настоящее время в физике высоких энергий широкое распространение получили трековые детекторы с профилированным катодом, самыми известными из которых являются “трубки Иароччи” (Iarocci tubes) [1, 2]. Основным преимуществом таких детекторов является простота их конструкции и возможность модульного изготовления, т.е. возможность набора больших по площади детекторов из однотипных элементов. Надежность работы такого детектора определяется тем, что выход из строя одной проволоочки не приводит к нарушению работы всего детектора в целом.

Возможность определения координат вдоль проволоочки с помощью внешних перпендикулярных стрипов изучалась во многих работах с “трубками Иароччи” [3]. Такой вариант считывания дает пространственное разрешение вдоль проволоочки ~300–400 мкм, но не решает проблему множественности в одном детекторе.

В данной работе исследовалась возможность разделения перпендикулярных стрипов на отдельные площадки (пэды) по ширине профиля. В результате появляется ряд площадок, расположенных вдоль каждой анодной проволоочки со стороны открытой части профиля. Благодаря эффекту экранирования боковыми стенками прямоугольной ячейки профиля сигналы на пэды, расположенные над соседними проволоочками, не наводятся. Все пэды соединяются по диагонали, образуя своеобразные стрипы под симметричными углами к анодной проволоочке, как показано на рис. 1. Таким образом, мы получаем вариант

пэдового детектора с упрощенной системой считывания.

В результате для данного детектора имеется трехкоординатная система считывания координаты срабатывания проволоочки – двухкоординатная система катодных пэдов и сигнал с анодной проволоочки. Это позволяет идентифицировать треки частиц в условиях большой множественности в одной плоскости детектора.

Экспериментальный детектор был изготовлен на основе стандартной “трубки Иароччи”, использовавшейся в экспериментах COMPASS: открытый алюминиевый профиль с толщиной стенок 0.6 мм. Внутренний размер каждой из 8 ячеек 9.4 × 9.4 мм. Расстояние между центрами ячеек 10 мм. Аноды выполнены из золоченой вольфрамовой проволоочки Ø30 мкм.

Плата с пэд-стриповой системой катодов представляет собой фольгированную с одной стороны стеклотекстолитовую плату размером 80 × 40 мм с нанесенными на нее пэдами. Соединение пэдов между собой сделано на противоположной от профилированного катода стороне платы.

Размер пэдов для данной серии измерений 9 × 5 мм (9 мм поперек анодной проволоочки и 5 мм вдоль). Высокое напряжение подается на анодные проволоочки, и сигналы с них снимаются через высоковольтные конденсаторы. Точная фиксация катодных пэдов относительно анодных проволоочек обеспечивалась пазами в плате, куда попадают ребра алюминиевого профиля.

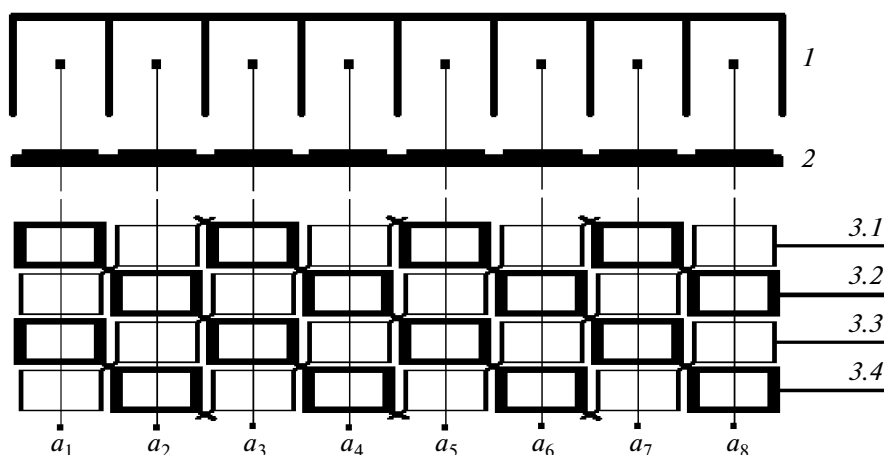


Рис. 1. Схема исследуемого детектора с профилированным катодом. 1 – профилированный катод (алюминиевый профиль); 2 – пэд-стриповый катод; 3.1–3.4 – выводы пэд-стрипов на усилители; a_1 – a_8 – анодные проволоочки.

Схема детектора и тестовых измерений приведена на рис. 2. Исследуемый детектор помещался между коллимированным источником ^{90}Sr и сцинтилляционным счетчиком $5 \times 5 \times 2$ мм. Диаметр коллиматора 2 мм. Для работы с источником в алюминиевом профиле вдоль анодной нити сделана щель шириной 0.5 мм. Такая же щель сделана в катодной плате и газоизолирующей оболочке.

Сцинтилляционный счетчик и сигнал с анодной нити использовались для триггера. Сам детектор с помощью прецизионной механической системы, обеспечивающей точность 10 мкм, мог перемещаться относительно источника и сцинтиллятора.

Катодные сигналы усиливались 16-канальным катодным усилителем на основе микросхемы Katod-1 [4, 5] и подавались на блок дискретизации формы импульса (Waveform Digitizers) VME CAEN V1720 с частотой дискретизации 250 МГц и 12-разрядным аналого-цифровым преобразова-

телем [6]. Сигналы с анодных проволоочек усиливались 8-канальным усилителем Ampl-8.3 [7], используемым в экспериментах D0 (FNAL) [8] и COMPASS (CERN) [9]. Обе микросхемы усилителя разработаны в Национальном центре частиц и физики высоких энергий в Минске, и их параметры приведены в таблице.

Координата вдоль проволоочки определяется методом нахождения центра тяжести распределения зарядов на пэд-стрипах. Надо отметить, что использование техники дискретизации формы импульса дает дополнительные возможности. Ее хорошее временное разрешение позволяет измерять время дрейфа и перпендикулярную координату относительно проволоочки с точностью <100 мкм.

На рис. 3 показано измеренное распределение координат треков относительно реального положения источника. Координата определялась методом измерения центра тяжести по сигналам,

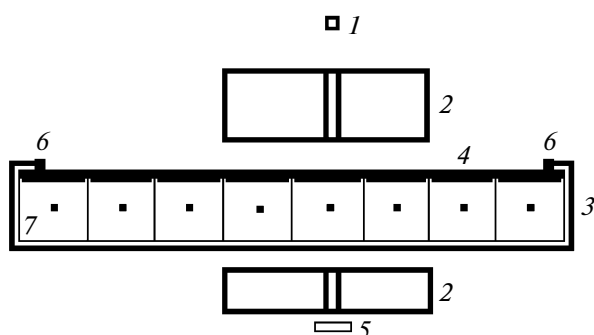


Рис. 2. Схема экспериментальной установки. 1 – источник ^{90}Sr ; 2 – коллиматоры $\varnothing 2$ мм; 3 – газоизолирующая оболочка; 4 – плата пэд-стрипового катода; 5 – сцинтиллятор $5 \times 5 \times 2$ мм; 6 – газовое уплотнение; 7 – алюминиевый профиль с ячейками 10×10 мм.

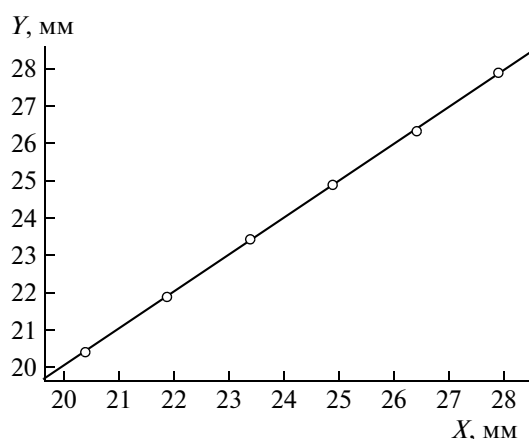


Рис. 3. Установленное положение радиоактивного источника (X) и измеренное (Y) при напряжении на анодной проволоочке 3.4 кВ.

Параметры микросхем, использовавшихся в измерениях

Параметры	Ampl-8.3	Katod-1
Входное сопротивление, Ом	50	50
Коэффициент преобразования	70 мВ/мкА	<6 мВ/фКл
Рассеиваемая мощность, мВ/канал	<80	<17
Эквивалентный входной шумовой ток при емкости детектора $C_{дет}$, нА:	40 ($C_{дет} = 0$) 60 ($C_{дет} = 60$ пФ)	
Эквивалентный входной шумовой заряд, электронов		2400 + 12/пФ
Число каналов в корпусе	8	16

наведенным на соответствующих сработавшей проволочке пэдах.

Суммарные спектры зарядов, зарегистрированных на сработавших пэдах в одиночных событиях при напряжении на анодной проволочке 3.40 кВ, и соответствующее пространственное распределение треков вдоль анодной проволочки приведены на рис. 4. При этом наведенный суммарный заряд прямо пропорционален заряду анода и составляет ~25% от его полного заряда.

Учитывая, что используемые нами коллиматоры имели диаметр 2 мм, то из пространственного

распределения измеренных координат событий в фиксированной точке можно сделать вывод о том, что точность измерения координаты вдоль проволочки составляет <100 мкм (рис. 4б). Это значение совпадает с теоретической оценкой, сделанной в работе [10].

В результате предложена простая и экономичная схема катодного считывания с профилированных газовых детекторов типа “трубок Иароччи”, позволяющая проводить идентификацию треков в многочастичных событиях и измерять координату вдоль проволочки с точностью лучше 100 мкм.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-02-01472-а) и БрФФИ (грант Ф10Д-006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Appel R., Atoyán G.S., Bassallek B. et al. // Nucl. Instrum. and Methods. 2002. V. A479. P. 349.
2. Iarocci E. // Nucl. Instrum. and Methods. 1983. V. A217. 1. P. 30.
3. Khovansky N., Malyshev V., Tokmenin V. et al. // Nucl. Instrum. and Methods. 1994. V. A351. P. 317.
4. Bauer G., Bettini A., Busetto G. et al. // Nucl. Instrum. and Methods. 1987. V. A260. № 1. P. 101.
5. Golutvin I.A., Gorbunov N.V., Karjavin V.Yu. et al. Препринт ОИЯИ. E13-2001-151. Дубна, 2001.
6. CAEN Electronic Instrumentation. 2010 Products Catalog. V1720.
7. Alexeev G.D., Baturitsky M.A., Dvornikov O.V. et al. // Nucl. Instrum. and Methods. 2001. V. A462. P. 494.
8. Abazov V.M., Abbott B., Abolins M. et al. // Nucl. Instrum. and Methods. 2006. V. A565. P. 463.
9. Abbon P., Albrecht E., Alexakhin V.Yu. et al. // Nucl. Instrum. and Methods. 2007. V. A577. P. 455.
10. Gatti E., Longoni A., Boie R.A. et al. // Nucl. Instrum. and Methods. 1981. V. 188. P. 327.

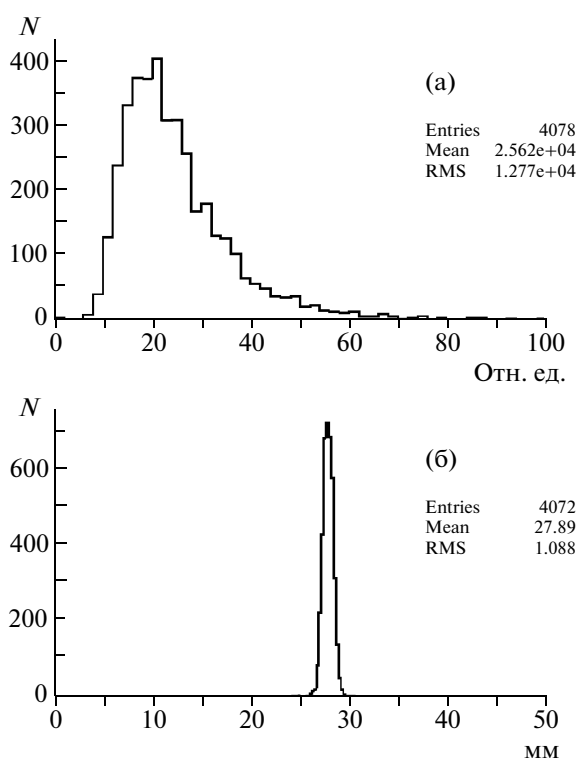


Рис. 4. а – суммарный зарядовый спектр сигналов, наведенных на пэды в одиночных событиях; б – измерение координаты срабатывания при фиксированном положении источника вдоль анодной проволочки при напряжении 3.4 кВ. N – число отсчетов.