

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

97-13

P13-97-13

В.Н.Бычков, Г.Д.Кекелидзе, С.П.Лобастов, В.М.Лысан,
С.В.Муравьев, Е.А.Новиков, В.Д.Пешехонов, А.В.Чижов

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ
ТОНКОПЛЕНЧНЫХ ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК
С КАТОДНЫМ СЧИТЫВАНИЕМ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1997

1. Введение

Прогресс электронной индустрии и потребность ядерно-физических методов исследований в координатных детекторах с высоким отношением величин L/σ объясняют большой интерес к проволочным детекторам с катодным считыванием информации. Отношения линейных размеров детекторов (L) к величине их пространственного разрешения (σ) в этом направлении даже для больших детектирующих систем достигают значений 10^4 и более.

Одним из наиболее интересных является детектор на основе тонкопленочных дрейфовых трубок типа "строу" (straw).

Наибольший интерес вызывают:

- высокий уровень возможной индустриализации их изготовления;
- способность работать с различными газовыми смесями и в широком диапазоне их давления;
- хорошие временные и загрузочные способности /1/.

Ранее была показана возможность создания планарных детекторов на основе соосных двухтрубчатых "строу", в которых внутренние "строу" имели резистивные катоды, а наружные - ортогональные анодным проволокам кольцевые стрипы, соединенные с соответствующими шинами считывания информации /2/.

Данная работа посвящена изучению возможного пространственного разрешения подобных детекторов.

2. Детектор

Для изучения пространственного разрешения был собран счетчик длиной 20 см, состоящий из двух соосных тонкопленочных "строу" (рис.1). Внутреннее "строу" диаметром 10 мм имело катодное покрытие с резистивностью 100 кОм /д. Внешнее "строу" диаметром 10,2 мм имело на наружной

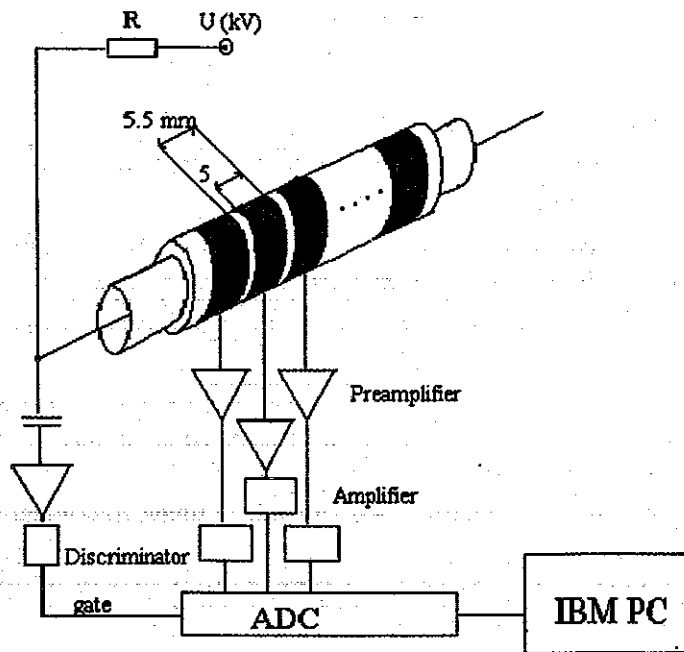


Рис. 1. Блок-схема измерительной аппаратуры

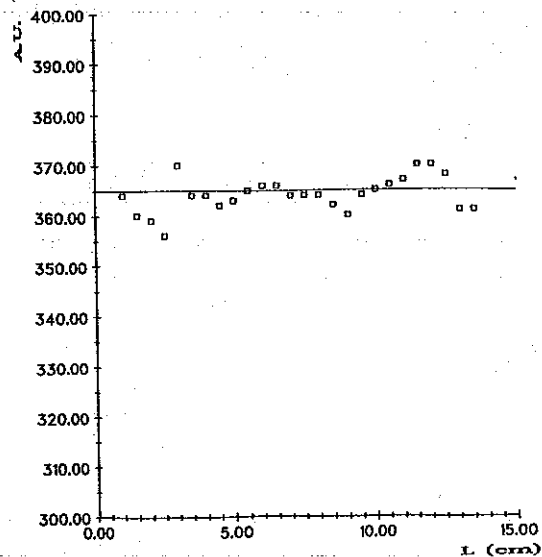


Рис. 2. Однородность детектора по его длине. Кривая показывает зависимость величины анодных сигналов в относительных единицах

поверхности 16 ортогональных кольцевых стрипов, напыленных Al, шириной 5 мм и расположенных с шагом 5,5 мм. Анодом служила проволока диаметром 20 мкм. Детектор продували газовой смесью Ar/CH₄ (50/50) при нормальном давлении. Характеристики исследовались при облучении детектора коллимированным пучком γ -квантов с помощью рентгеновской трубки (CuK α) или источника ⁵⁵Fe.

Детектор можно было перемещать относительно позиции пучка γ -квантов с помощью микрометрического винта с точностью лучше 5 мкм.

Блок-схема считывания информации показана на рис. 1.

Сигналы с соседних стрипов после быстрых токовых предусилителей дополнительно усиливались и поступали в АЦП. Сигналы с анода использовались для управления считыванием.

3. Амплитудные характеристики

Амплитудные характеристики подобных двухтрубчатых "строу" были исследованы ранее в работе [2] на макете планарного детектора размером до 720 x 160 мм.

При проводимых в этой работе измерениях координатной точности детектор работал в пропорциональном режиме и в начале режима ограниченной пропорциональности. Коэффициент газового усиления G достигал значения 10^5 при анодном напряжении $U = 2$ кВ. Энергетическое разрешение составляло 16%. Однородность детектора по величинам амплитуд регистрируемых сигналов по его длине не хуже 3%, как видно из рис. 2. Кривая показывает значения анодных сигналов вдоль "строу", аналогичная зависимость была получена для катодных сигналов с различных стрипов. В последних измерениях пучок γ -квантов проходил через центр соответствующего кольцевого стрипа.

4. Пространственное разрешение

4.1. Метод получения пространственного разрешения

Для определения координат событий использовался метод центра тяжести [3,4], позволяющий получать хорошее пространственное разрешение по информации с трех соседних стрипов с помощью следующего отношения:

$$X = a (Q_L - Q_R) / (Q_L + Q_M + Q_R), \quad (1)$$

где X - определяемая координата центра тяжести лавины; a - шаг стрипов детектора; $Q_L / Q_M / Q_R$ - наведенные лавиной заряды, соответственно, на левый/центральный/правый соседние стрипы.

Из-за большой ширины стрипов и малого их количества, используемого для определения центроиды, вычисленные значения координат нуждаются в систематическом сдвиге, величина которого есть функция истинных координат.

Для определения этой уточняющей зависимости набирались распределения зарядов на L, M, R - стрипах при облучении детектора коллимированным пучком γ -квантов для различных позиций коллиматора относительно центрального стрипа. Изменения позиций коллиматора при этих измерениях производились с помощью микрометрического винта. Определенные по формуле (1) значения координат ставились в соответствие с реальными значениями позиций коллиматора.

Измеренные распределения индуцированных на стрипах зарядов корректировались после вычета собственных пьедесталов АЦП умножением их величин на коэффициенты усиления трактов регистрации. Для определения коэффициентов усиления на входы предусилителей подавались сигналы прямоугольной формы через емкость величиной 14 пкФ.

4.2. Пространственное разрешение

Измеренная зависимость величины пространственного разрешения вдоль центрального стрипа (рис. 3) показывает, что величина σ возрастает от 73 мкм (рис. 4) до 90 мкм при перемещении пучка γ -квантов к центру стрипа. Лево-правая (примерно 7%) асимметрия этой зависимости относительно центра стрипа объясняется более плохим (примерно на 25 %) отношением сигнал/шум правого электронного канала считывания информации. Зависимость получена при $U=1,97$ кВ. Ортогональность коллимированного пучка γ -квантов относительно "строу" была, как мы считаем, не идеальной.

Зависимость величины σ от анодного напряжения для позиции пучка примерно в центре стрипа приведена на рис. 5. Видно, что повышение газового усиления, приводящее к улучшению отношений сигнал/шум, улучшает величину пространственного разрешения.

Для оценки отношений сигнал/шум были измерены амплитудные спектры с трех каналов регистрации при равномерном облучении γ -квантами области центрального стрипа (рис. 6). Видно, что величины отношений сигнал/шум каналов несколько отличаются, в среднем принимая значения в диапазоне от 60 до 120. На рис. 7 приведены спектры шумов соответствующих каналов регистрации.

При определении величин σ не проводились процедуры уменьшения статистической обеспеченности путем исключения событий с малыми амплитудами.

Хорошее разрешение двух соседних событий иллюстрирует рис. 8. Расстояние между центрами пучков γ -квантов составляло 300 мкм.

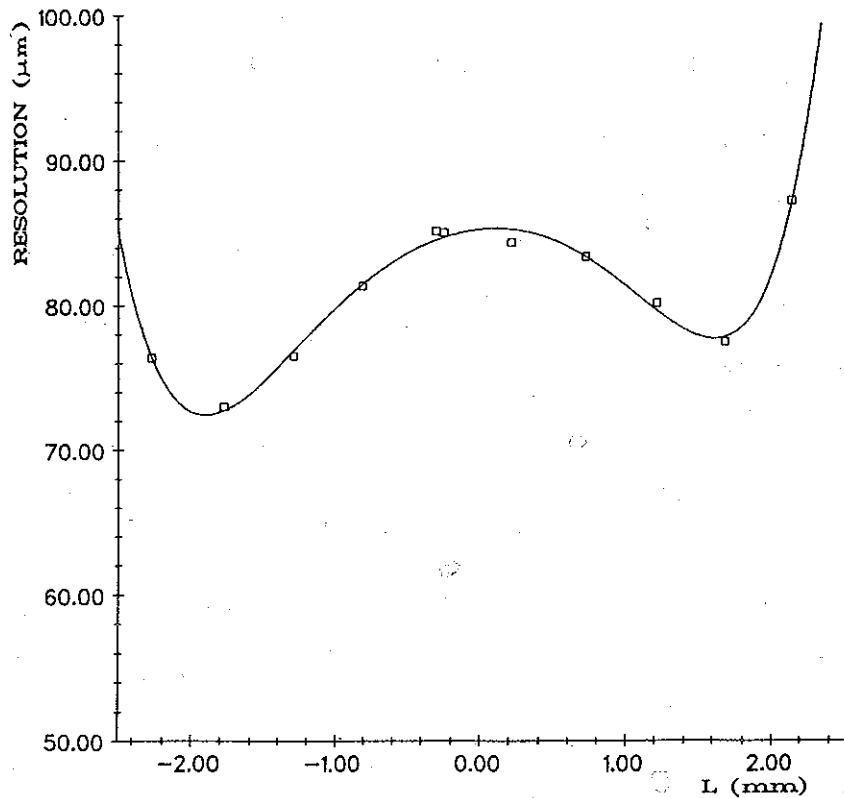


Рис. 3. Зависимость величины пространственного разрешения вдоль длины кольцевого стрипа считывания информации $U = 1,97$ кВ

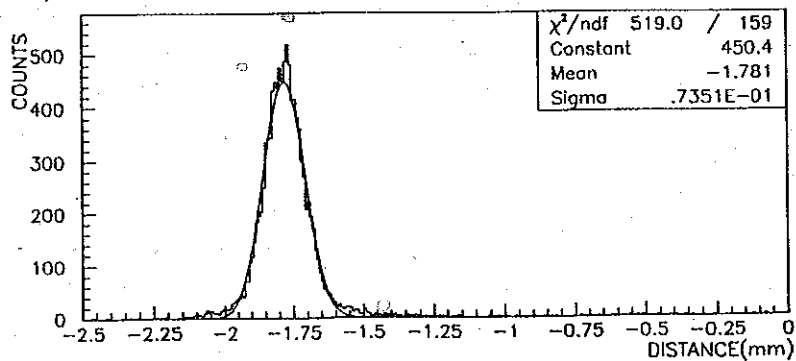


Рис. 4. Распределение, характеризующее пространственное разрешение детектора. $U = 1,97$ кВ. γ -кванты с энергией 8 кэВ проходили через коллиматор шириной 50 мкм

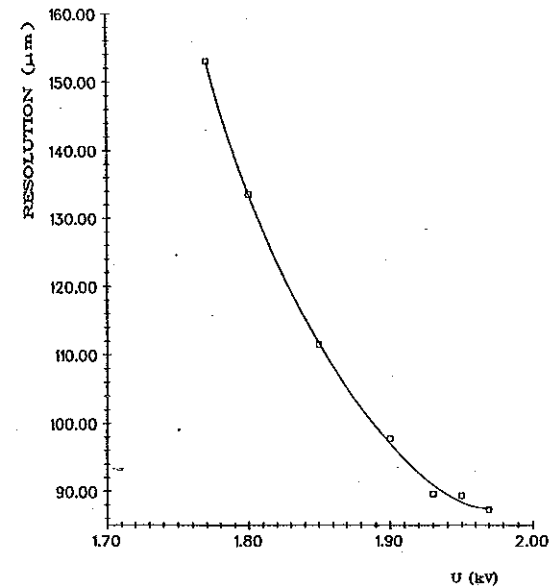


Рис. 5. Зависимость пространственного разрешения от величины анодного напряжения. Коллиматор шириной 50 мкм располагался в центре стрипа

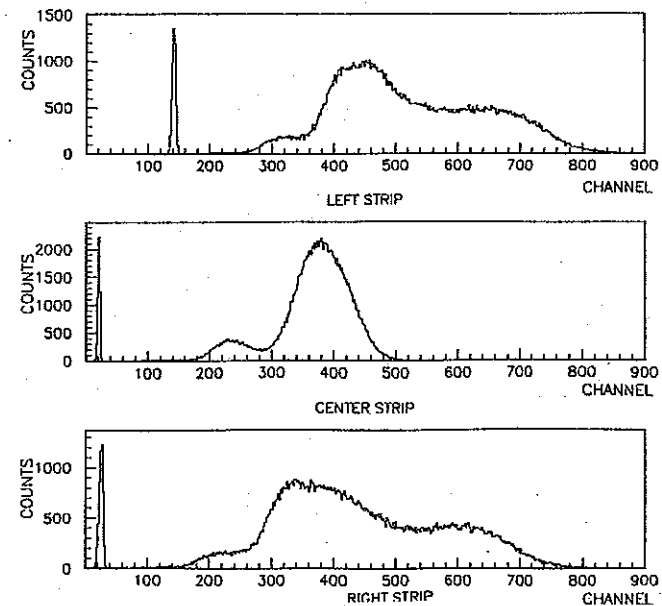


Рис. 6. Типичные амплитудные спектры сигналов с катодных стрипов, центральный стрип облучался источником ^{55}Fe . $U = 1,93$ кВ

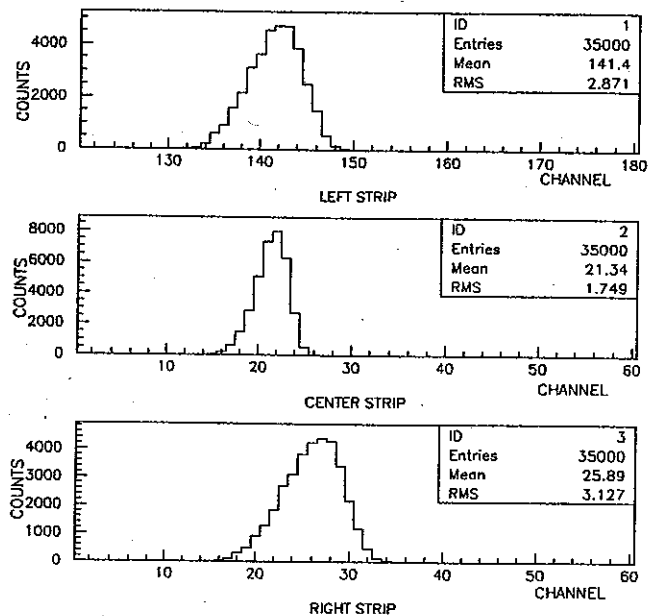


Рис. 7. Спектры шумовых сигналов каналов регистрации координат

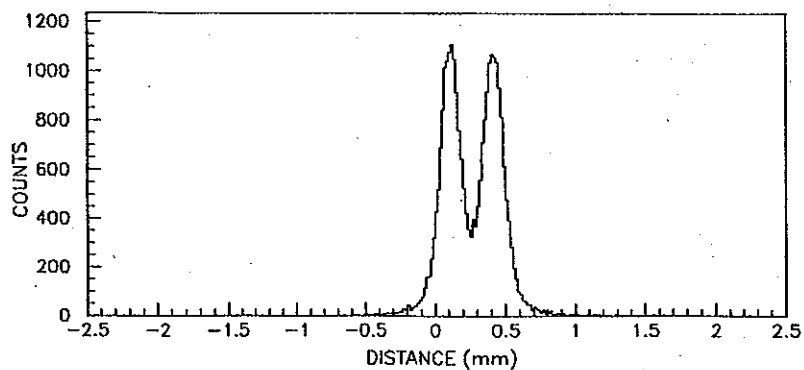


Рис. 8. Разрешение двух соседних пучков γ -квантов с энергией 8 кэВ с расстояниями между их центрами 300 мкм. Коллиматоры - шириной 50 мкм

4.3. Линейность и однородность детектора

Линейность детектора определялась в пределах одного стрипа путем перемещения детектора на известную величину (рис. 9). Зависимость измеренной величины от величины реального перемещения показана на рис. 10. Абсолютная нелинейность определялась как максимальное значение отклонений измеренной координаты от ее реального значения, что составило 25 мкм. Дифференциальная нелинейность определялась выражением $[\sqrt{(\sum \sigma_i^2)}] / n$, где σ - отклонение измеренной координаты от ее реального значения, а n - число измерений, и составляла 3 мкм.

Однородность детектора иллюстрирует рис. 11, полученный равномерным облучением источником ^{55}Fe области центрального стрипа. Интегральная неоднородность H определялась выражением

$$H = \pm \frac{(\text{max.} - \text{min.})}{(\text{max.} + \text{min.})} 100 \%,$$

где max. и min. - максимальное и минимальное количество событий в бинах гистограммы размером 62,5 мкм, и составила $\pm 9\%$. Дифференциальная неоднородность, определяемая аналогичным образом: перебором трех соседних бинов гистограммы, составила $\pm 5\%$.

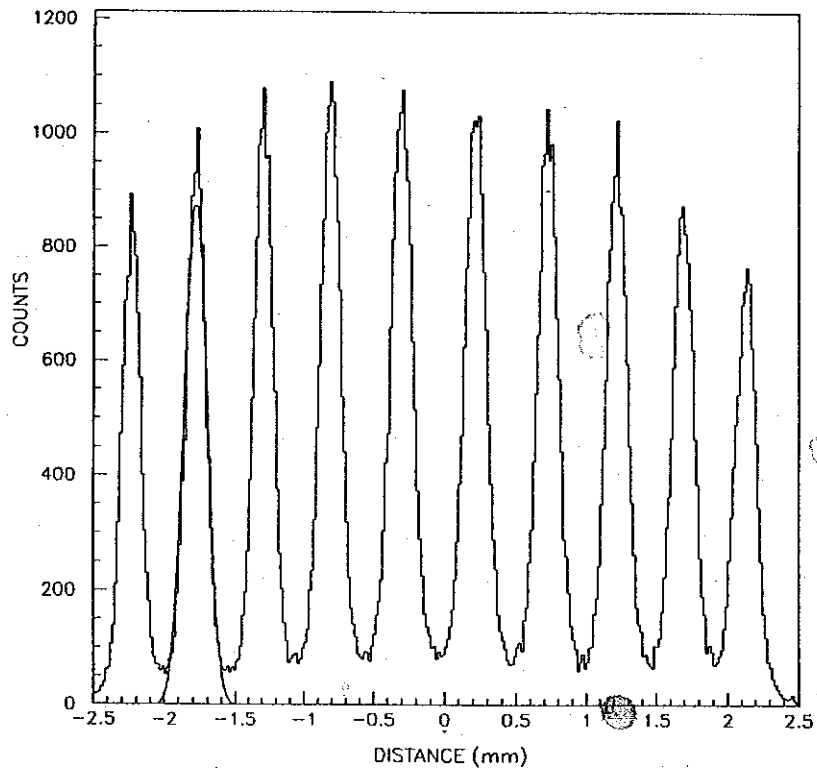


Рис. 9. Распределение пучков γ -квантов, иллюстрирующее линейность детектора вдоль стрипа. $E_\gamma = 8$ кэВ, $U = 1,95$ кВ

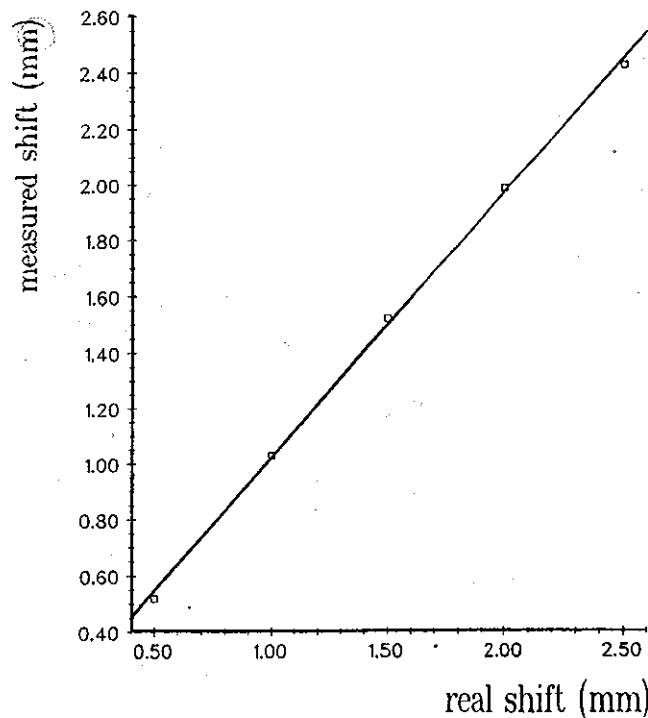


Рис. 10. Линейность детектора вдоль стрипа. По оси ординат - измеренные значения координат, по оси абсцисс - позиции коллиматора, определенные с использованием микрометрического винта. $U = 1,95$ кВ

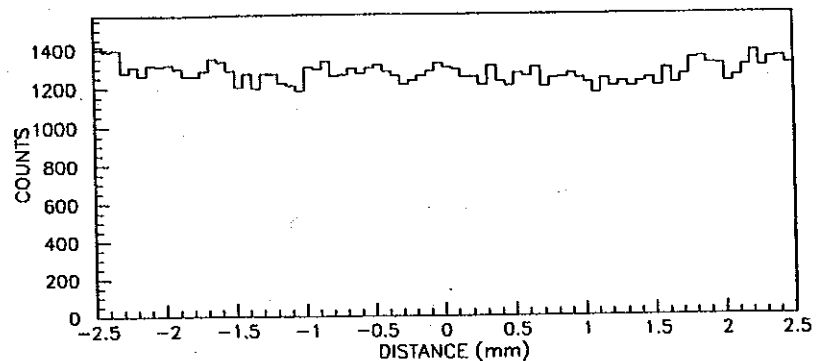


Рис. 11. Однородность детектора вдоль стрипа. Детектор облучался источником ^{55}Fe . $U = 1,95$ кВ

Заключение

Проведенные измерения показали, что детектор на основе двухтрубчатых "строу" с катодным считыванием легко обеспечивает пространственное разрешение в диапазоне 70-90 мкм при хорошей его линейности и однородности. Подобные детекторы могут использоваться как координатные высокоточные детекторы в экспериментах на ускорителях, а также как детекторы изображения при проведении других исследований ядерно-физическими методами.

Литература

1. T. Akesson et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A 372 (1996) 70 - 84.
2. V. Bychkov et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A 367 (1995) 276 - 279.
3. J. Chiba et al., Nucl. Instr., and Meth. in Phys. Res. 206 (1983) 451.
4. I.A. Golutvin et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A 333 (1993) 536 - 539.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 января 1997 года.