

P13-2004-162

А. А. Александров, И. А. Александрова,
Д. В. Каманин, Н. А. Кондратьев,
Ю. Э. Пенионжкевич

**СТАРТОВЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ ВРЕМЯПРОЛЕТНОГО
СПЕКТРОМЕТРА ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ**

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

Александров А. А. и др.
Стартовый детектор для времяпролетного спектрометра
тяжелых заряженных частиц

P13-2004-162

Дано описание конструкции газового лавинного детектора низкого давления, используемого в качестве стартового для времяпролетных спектрометров тяжелых заряженных частиц. Детектор имеет трехэлектродную конструкцию с двумя проволочными анодами и металлизированным пленочным катодом между ними. В качестве рабочего газа используется пентан при давлении около 4 торр. Приведены также результаты исследования характеристик детектора, полученные с помощью α -источников и источников осколков спонтанного деления ^{252}Cf .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2004

Aleksandrov A. A. et al.
Start Detector for Time-of-Flight Spectrometers of
Heavy Charged Particles

P13-2004-162

Design description of a low gas pressure avalanche counter which is used as a start detector in time-of-flight spectrometers of heavy charged particles is presented. The detector has three-electrode construction with two wire anodes and a metallized cathode between the anodes. Pentane at a pressure of about 4 torr is used as a working gas. The results of the investigations obtained with the help of the sources of α -particles and spontaneous fission fragments of ^{252}Cf source are also presented.

The investigation has been performed at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2004

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в экспериментальных исследованиях по физике тяжелых ионов наиболее эффективным методом изучения характеристик продуктов ядерных реакций является времяпролетный метод [1], основанный на измерении скорости продуктов ядерных реакций. В комбинации с другими методами, такими как $\Delta E - E$ -метод, метод магнитного анализа и пр., он позволяет наиболее эффективно измерять заряд и массу продукта. Один из наиболее важных элементов времяпролетного спектрометра — стартовый детектор (СД), на параметры которого накладывается ряд жестких, порой противоречивых требований. СД должен обладать высоким временным разрешением, иметь минимальные ионизационные потери энергии при высокой эффективности регистрации тяжелых ионов, высокую геометрическую светосилу и минимальные размеры конструктивных и рассеивающих элементов. Т. к. СД работает в непосредственной близости от исследуемой мишени, он должен выдерживать большие загрузки, обладать высокой радиационной стойкостью и минимальной чувствительностью к нейтронному фону и к фоновым легким заряженным частицам, в частности, к δ -электронам. При работе на циклотронах желательно также иметь СД с минимальной чувствительностью к ВЧ-наводкам и магнитным полям. Немаловажными для экспериментатора свойствами являются также простота конструкции, надежность в эксплуатации и, наконец, невысокая стоимость.

В наибольшей степени всем вышеперечисленным свойствам удовлетворяют пропорциональные газовые детекторы низкого давления, так называемые газовые лавинные детекторы, или лавинные счетчики (ЛС).

В литературе подробно рассмотрены принципы работы ЛС (см., например, [2]), поэтому мы остановимся на этом очень кратко.

Простейший ЛС включает в себя два плоскопараллельных электрода (т. н. плоскопараллельный ЛС или ППЛС), разделенных небольшим (несколько мм) промежутком, заполненным рабочим газом при давлении от десятых долей торр до нескольких десятков торр. Если напряженность электрического поля внутри детектора достаточно велика, то первичные электроны, образованные детектируемой частицей, обладают достаточной энергией для создания в газе электронно-ионной лавины, что приводит к формированию выходного сигнала с амплитудой до нескольких мВ и временем нарастания электронной компоненты несколько нс. По сравнению с детекторами, работающими при нормальном давлении газа, ЛС обладают рядом несомненных преимуществ:

- субнаносекундным временным разрешением; низкой чувствительностью к фоновым заряженным частицам, нейтронам и γ -квантам вследствие низкой плотности рабочего вещества;

- высокими предельными нагрузками, что связано с резким уменьшением влияния пространственного заряда положительных ионов вследствие более высокой удельной напряженности электрического поля.

Часто вместо плоскопараллельных электродов используются электроды, изготовленные из тонкой проволоки. Как показано в [3], такие многопроволочные ЛС (МПЛС) имеют более высокий коэффициент газового усиления вследствие двухстадийного развития лавины: сначала в области постоянного электрического поля счетчика, затем в непосредственной близости от проволочки. Кроме того, МПЛС могут быть легко использованы для измерения координаты попадания частицы.

В настоящей работе описана конструкция и приведены некоторые результаты исследований характеристик ЛС, разработанного в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ, который используется как СД в различных времяпролетных спектрометрах тяжелых заряженных частиц [1, 4].

1. КОНСТРУКЦИЯ

На рис. 1 дан общий вид, а на рис. 2 — схематическое изображение СД. В его основу положена трехэлектродная конструкция с пленочным металлизированным катодом 1, расположенным между двумя проволочными анодами 2.

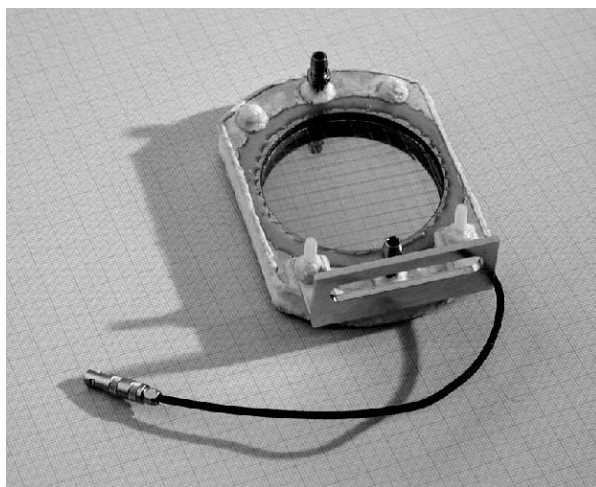


Рис. 1. Вид стартового детектора

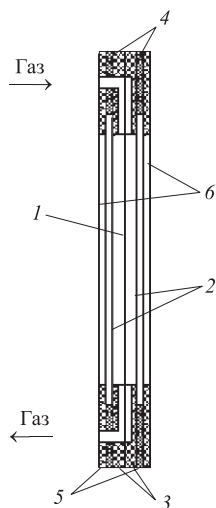


Рис. 2. Схематическое изображение стартового детектора: 1 — катод; 2 — аноды; 3 — стеклотекстолитовые оправки; 4, 5 — дистанционные оправки; 6 — входные окна

Аноды имеют нулевой потенциал, на катод подается отрицательное высокое напряжение, с него же снимается и выходной сигнал. Такое расположение электродов использовалось в позиционно-чувствительных ЛС (ПЧЛС) [5] 4 π -спектрометра ФОБОС [1] и является, на наш взгляд, оптимальным по сравнению с двухэлектродной конструкцией, так как, во-первых, позволяет получить двукратное увеличение амплитуды сигнала при одинаковой длительности импульса и, во-вторых, сводит к минимуму влияние электрических наводок на сигнальный электрод. Кроме того, при таком расположении электродов электростатический потенциал, образованный на входных окнах δ -электронами, выбиваемыми из мишени, не влияет на конфигурацию поля между электродами, что особенно важно при работе с пучками ионов тяжелее Ar, поэтому металлизации окон и подачи на них потенциала не требуется. Катод изготовлен из майларовой пленки, обе стороны которой запылены слоем золота толщиной 40 мкг/см². Нами использовались два типа пленки: пленка фирмы Du Point толщиной 1,2 мкм и фирмы Goodfellow толщиной 0,9 мкм. Оба типа пленки обладают хорошими прочностными параметрами, достаточно термостойки для термического напыления золота, и имеют хорошее качество поверхности, что позволяет подавать высокий потенциал без возникновения искрового разряда. Аноды изготовлены из медно-бериллиевой проволоки толщиной 50 мкм, намотанной с шагом 1 мм. Таким образом, прозрачность детектора составляет примерно 90%. Межелектродные промежутки создаются оправками из стеклотекстолита 3 толщиной 3 мм, к которым приклеиваются

и припаиваются, соответственно, катод и анодные проволочки. Дистанционные стеклотекстолитовые оправки 4 обеспечивают зазор между анодами и входными окнами. Входные окна 6 изготовлены из майларовой пленки толщиной 1,2 или 0,9 мкм, приклеенной к стеклотекстолитовым оправкам 5, и поддерживаются сетками из капроновой лески толщиной 0,15 мм. Герметизация производится при помощи вакуумного силиконового герметика.

СД имеет форму усеченного диска, что позволяет максимально приблизить его к исследуемой мишени, если времяпролетное плечо расположено под острым углом к оси пучка. Габаритные размеры СД $100 \times 70 \times 12$ мм при диаметре входного окна 60 мм и $120 \times 90 \times 12$ мм при диаметре входного окна 80 мм.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ

Нами были изготовлены и испытаны СД двух типов: с диаметром входных окон 60 и 80 мм. Параметры СД обоих типов приблизительно одинаковы, поэтому ниже будут приведены результаты испытаний СД с диаметром входного окна 60 мм. В качестве рабочего газа использовался чистый н-пентан при давлении 4–5 торр. На рис. 3 изображена форма токового импульса от осколков

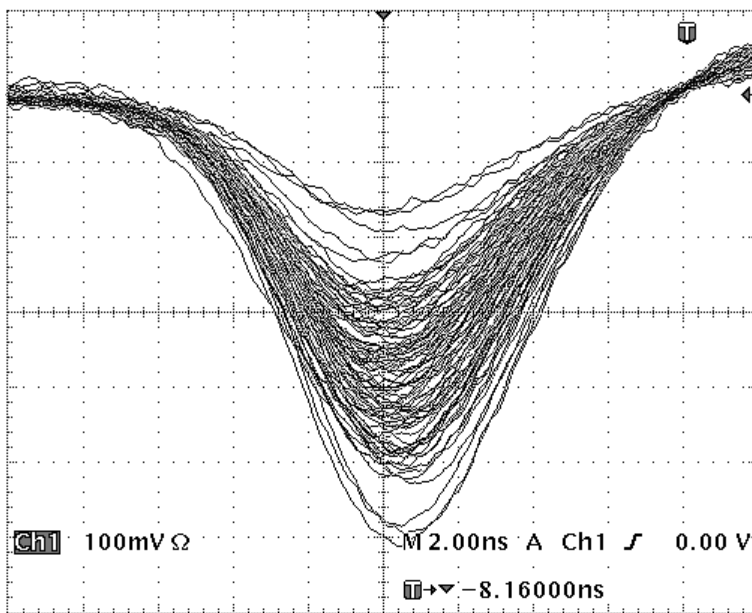


Рис. 3. Форма токового импульса стартового детектора

спонтанного деления ^{252}Cf при напряжении 500 В, полученная при помощи

быстрого усилителя с собственным фронтом нарастания токового импульса 2 нс. Длительность фронта и ширина импульса на полувывоте составляют соответственно 5 и 7 нс. Временное разрешение СД исследовалось на источниках α -частиц ^{226}Ra и ^{239}Pu . Блок-схема измерительной электроники была стандартной. В качестве формирователей временной привязки использовались дискриминаторы со следящим порогом ZFK 5386 [6]. На рис. 4 по-

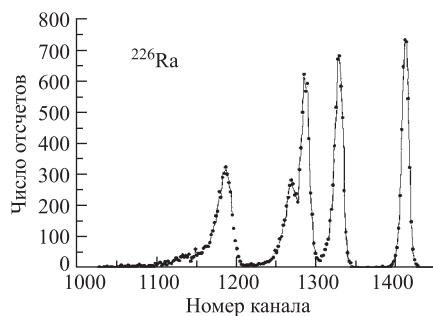


Рис. 4. Времяпролетный спектр α -частиц ^{226}Ra

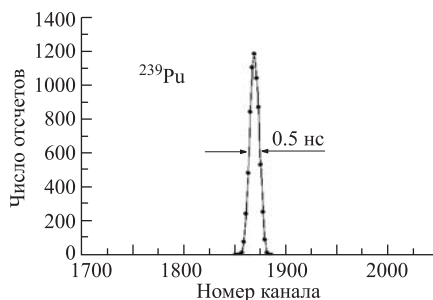


Рис. 5. Времяпролетный спектр α -частиц ^{239}Pu

казан времяпролетный спектр α -частиц ^{226}Ra , полученный при помощи двух идентичных детекторов на пролетной базе 67 см. Для точного определения временного разрешения два идентичных детектора без входных окон помещались в камеру, заполненную пентаном при давлении 4,3 торр, на минимальном расстоянии друг от друга. Временное разрешение, измеренное таким образом при помощи α -источника ^{239}Pu , составляет величину ~ 500 пс при пересчете на один СД. При этом следует отметить, что основной вклад в разрешение при регистрации α -частиц вносят статистика образования электронно-ионных пар и шумы предусилителя. При регистрации тяжелых ионов следует ожидать существенного улучшения разрешения из-за увеличения энерговыделения в детекторе.

Описанные СД были успешно опробованы в ряде экспериментов на спектрометре ФОБОС [1] и установке ХЕНДЕС [4] и показали надежную стабильную работу в течение примерно 100 часов при загрузках 10^5 осколков деления в секунду. При таких условиях не было замечено как ухудшения характеристик СД, так и изменения качества электродов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ortlepp H.-G. et al.* // Nucl. Instrum. and Meth., A. 1998. V.403. P. 65.
2. *Breskin A.* // Nucl. Instr. and Meth. 1982. V. 196. P. 11.
3. *Breskin A., Chechik R., Zwang N.* // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1980. No. 527. P. 133.
4. *Pyatkov Yu. V. et al.* JINR Preprint E7-99-253. Dubna, 1999.
5. *Александров А. А. и др.* // ПТЭ, 1997, №2, С. 27.
6. *Хайдель К., Ортелеп Х.-Г.* КАМАК-модули спектрометра ФОБОС — формирователь 5386, брэгг-оцифратор BCD 5387 и брэгг-процессор 5385 // Междунар. совещ. по установке ФОБОС, София, ОИЯИ, 1990; Д7-90-539. Дубна, 1990. С. 34.

Получено 22 октября 2004 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 24.11.2004.

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

Усл. печ. л. 0,37. Уч.-изд. л. 0,47. Тираж 305 экз. Заказ № 54678.

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

E-mail: publish@pds.jinr.ru

www.jinr.ru/publish/