



Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт физики высоких энергий
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»

ИФВЭ 2014–15
ОЭФ

В.И. Иньшаков, В.И. Крышкин, В.В. Скворцов

Газовая камера вторичной эмиссии

Направлено в *ПТЭ*

Протвино 2014

Аннотация

Иньшаков В.И., Крышкин В.И., Скворцов В.В. Газовая камера вторичной эмиссии: Препринт ИФВЭ 2014–15. – Протвино, 2014. – 8 с., 7 рис., библиогр.: 10.

В качестве активного элемента адронного калориметра рассматривается детектор вторичной эмиссии с зазором порядка 100 мкм и напряжённостью поля ~50 кВ/см, наполненный газом. Такой детектор должен быть радиационно стойкий, обладать высоким быстродействием и прост в изготовлении. Изготовлен и исследован макет такого детектора, приводятся его характеристики, предназначен для экспериментов на ускорительном комплексе У-70.

Abstract

Inishakov V.I., Kryshkin V.I., Skvortsov V.V. Secondary emission gas chamber: IHEP Preprint 2014–15. – Protvino, 2014. – p. 8, figs. 7, refs.: 10.

For a hadron calorimeter active element there is considered a secondary emission detector with a 100 μm gap and high voltage about 50 kV/cm filled with a gas. Such detector must be a radiation hard, fast and simple. A model of such detector has been produced, tested and some characteristics are presented.

Введение

С ростом светимости ускорителей и объёмов установок требования к радиационной стойкости, быстродействию и стоимости выходят на первый план. Микросеточные камеры (см., например, [1-3]) иллюстрируют направление активности для решения этих задач. Примером использования такого направления в калориметрии являются [4-7]. С другой стороны, возможности детекторов вторичной эмиссии давно привлекают разработчиков калориметров [8, 9, 10]. Мы рассматриваем вариант объединения микросеточной камеры с камерой вторичной эмиссии для увеличения быстродействия и упрощения конструкции.

Конструкция

Дрейфовый зазор в микросеточной камере определяет число электронно-ионных пар, образуемых заряженной частицей в газе и длительность сигнала. Для минимизации длительности сигнала этот зазор можно свести к нулю, но тогда амплитуда сигнала упадёт до нуля, так как ионизацией в усиливающем зазоре можно пренебречь. Но если сетку заменить на сплошной электрод, то из него будут выбиваться вторичные электроны, которые образуют лавину с результирующим усилением типичным для микросеточных камер ($\sim 10^4$). Детектор такого типа будет обладать следующими достоинствами:

- очень простая конструкция;
- радиационная стойкость превышает практические требования;
- малая длительность сигнала гарантирует высокую загрузочную способность и высокое временное разрешение.

На рис. 1 изображена последовательность изготовления такого детектора. Пластина стеклотекстолита, фольгированного с одной стороны, покрывается с этой стороны паяльной маской толщиной 50–150 мкм. Затем стандартным (литографическим процессом) методом экспонирования и проявления создаются столбики диаметром ~ 200 мкм с шагом 2 мм для фиксации расстояния, на котором устанавливается сверху вторая пластина с металлическим покрытием. Зазор заполняется газом (неон, аргон, гелий и т.д.) при атмосферном давлении и создаётся напряжение порядка 50 кВ/см, с одного из электродов снимается сигнал.

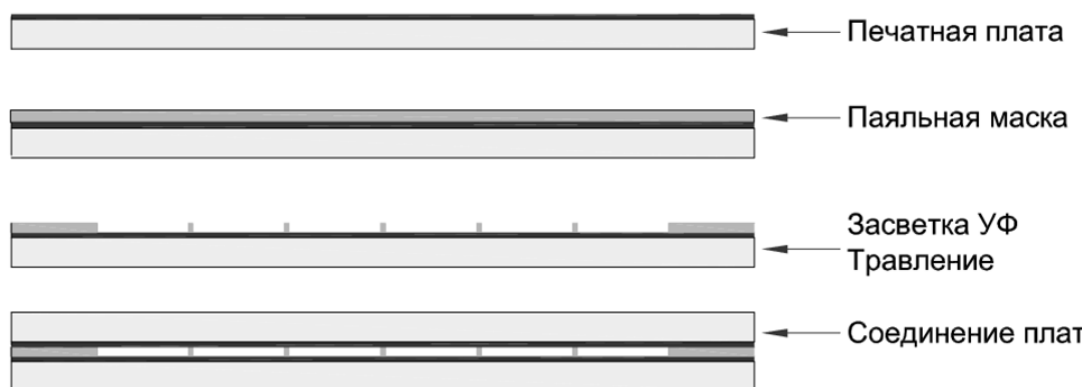


Рис. 1. Последовательность изготовления камеры.

Камера работает следующим образом. Частицы выбивают из материала электрода электроны вторичной эмиссии малой энергии (~эВ). Они попадают в газовый объём, где в сильном электрическом поле усиливаются в 10^4 . Вероятность высокоэнергетичной частицы произвести в этом зазоре ионизацию мала и кроме того равномерно распределена по длине зазора, что делает сигнал от этой частицы пренебрежимо малым по сравнению с электроном вторичной эмиссии. Число выбитых из электрода электронов равно коэффициенту вторичной эмиссии и приблизительно будет описываться распределением Пуассона.

Исследование детектора

Структура детектора для исследования состояла из анода диаметром 30 мм, в котором вытравлены медные полоски шириной 0,8 мм и зазором 0,2 мм. На электрод (литографическим методом) наносится паяльная маска, которая экспонируется УФ через фотошаблон и после проявления получают столбики диаметром 200 мкм, высотой 150 мкм и шагом 2 мм. Анод соединялся с землёй через сопротивление 1 кОм. Сверху накладывалась пластина фольгированного стеклотекстолита, на которую подавалось через сопротивление 20 МОм отрицательное напряжение. Электроды фиксировались на стойках в изолированном объёме (рис. 2), продуваемом газовой смесью Ar+CO₂ и облучалась радиоактивным источником ⁹⁰Sr. Сигнал с анода подавался на предусилитель, затем на усилитель и амплитудный анализатор. Между камерой и радиоактивным источником устанавливалась свинцовая пластина толщиной 10 мм с отверстием диаметром 10 мм. Во всех измерениях статистическая ошибка в максимуме распределения не превышала 1%.

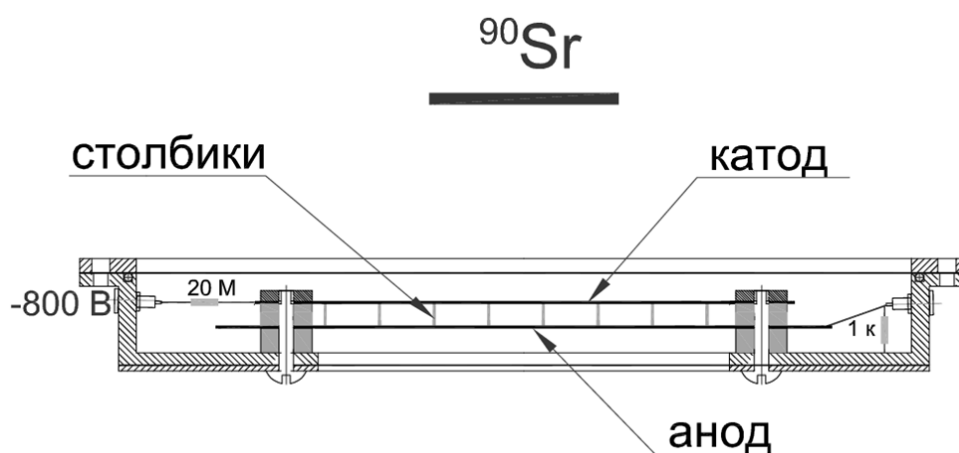


Рис. 2. Схема исследования камеры.

Очевидно, что структура столбиков в данной камере может быть значительно проще, чем в микросеточной камере, т.к. катодом является жёсткая пластина, которая может быть сделана и из металла. Для проверки была взята двухсторонняя липкая лента, к которой приклеивался кусочек майлара с общей толщиной 100 мкм. Затем эти кусочки приклеивались к электроду (рис. 3), а сверху накладывался такой же электрод

и устанавливались в объём, показанный на рис. 2. На воздухе такая конструкция пробивалась при напряжении 1000 В, что заметно выше, чем для микросеточных камер. Это позволяет поднять напряжение в зазоре до 65 кВ/см и увеличить усиление.

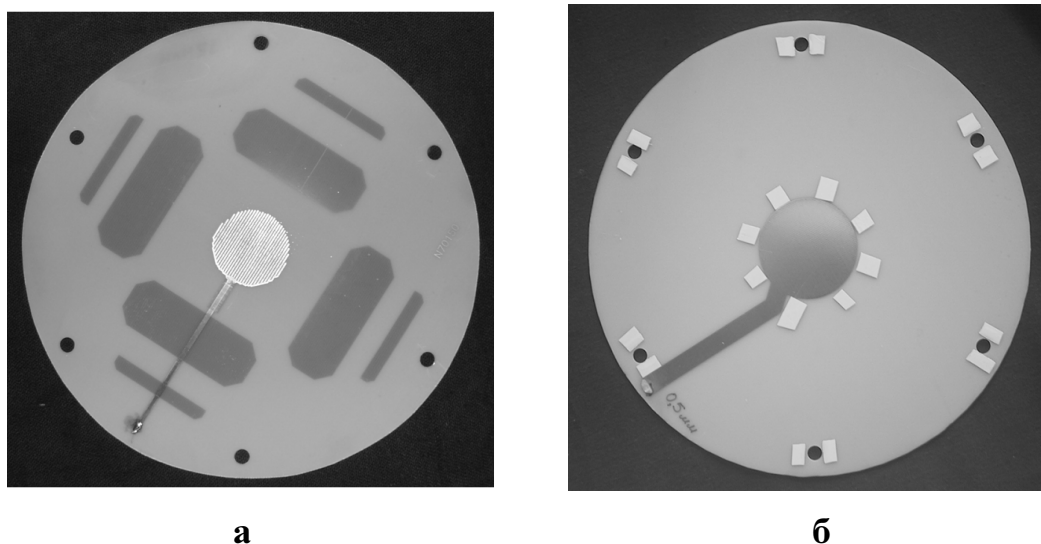


Рис. 3. Фотография электрода камеры со стойками, а) нанесёнными литографическим методом и б) приклеенными прокладками толщиной 100 мкм (светлые прямоугольники).

Результаты

Сигнал с газовой камеры вторичной эмиссии (ГКВЭ) по сравнению с микросеточной камерой будет меньше приблизительно в число электронно-ионных пар, образующихся в дрейфовом зазоре. Для смеси $\text{Ag}+\text{CO}_2$ и ширине зазора 3 мм эта величина около 30. Она слегка уменьшится за счёт того, что прозрачность сетки меньше 100%. Если для микросеточной камеры амплитуда сигнала на нагрузку 50 Ом от электрона равна около 1 мВ, то амплитуда сигнала с ГКВЭ будет около 30 мкВ. На рис. 4 показана форма импульса после усилителя. Передний фронт импульса соответствует времени сбора электронов, а задний фронт определяется временем сбора ионов и практически линейно зависит от зазора, т. е. при уменьшении зазора в 2 раза длительность импульса должна уменьшиться также в 2 раза.

Для оценки газового усиления на вход предусилителя подавался калиброванный заряд. Измерения дали величину около 10^5 . Неопределённость связана с неточным знанием коэффициента вторичной эмиссии.

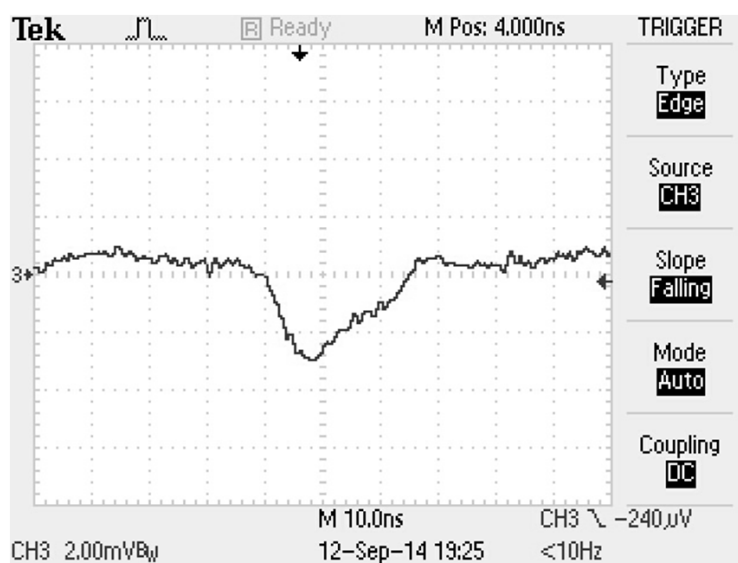


Рис. 4. Форма импульса с камеры от радиоактивного источника ^{90}Sr .

При фиксированном напряжении на катоде (-800 В) измерялся амплитудный спектр от радиоактивного источника с катодом из меди и алюминия. Результат показан на рис. 5. Как видно, коэффициент вторичной эмиссии алюминиевого катода несколько выше медного. Известен целый ряд материалов, которые имеют заметно более высокий коэффициент вторичной эмиссии, но они, как правило, являются диэлектриками и не могут рассматриваться в детекторах, нацеленных на максимальное быстродействие из-за неизбежной поляризации.

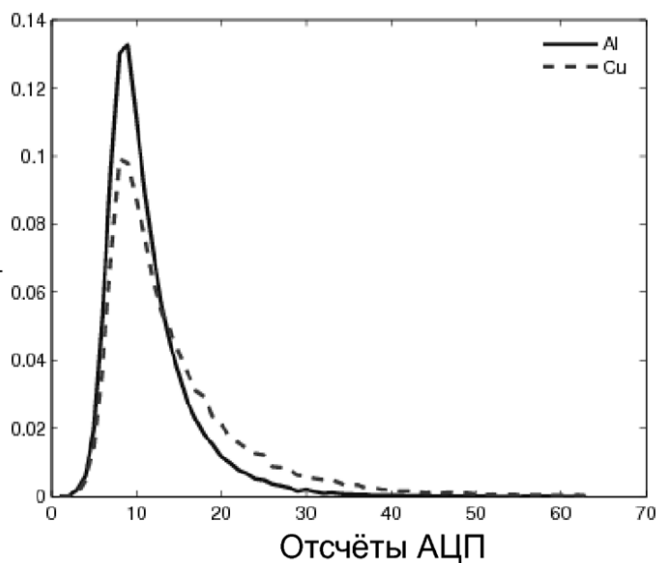


Рис. 5. Нормированные амплитудные распределения от радиоактивного источника ^{90}Sr для медного (пунктирная линия) и алюминиевого (сплошная линия) катодов.

В геометрии, показанной на рис. 2, электроны из катода выбиваются напролёт. Коэффициент вторичной эмиссии может зависеть от направления траектории частицы. Для проверки изотропности чувствительности детектора камера облучалась источником и снизу. На рис. 6 показано нормированное амплитудное распределение для двух положений радиоактивного источника для медного катода. Отсутствие зависимости можно объяснить сильным электрическим полем, которое эффективно вытягивает электроны для любого направления падающей частицы. Этот результат важен для использования таких детекторов в калориметрии.

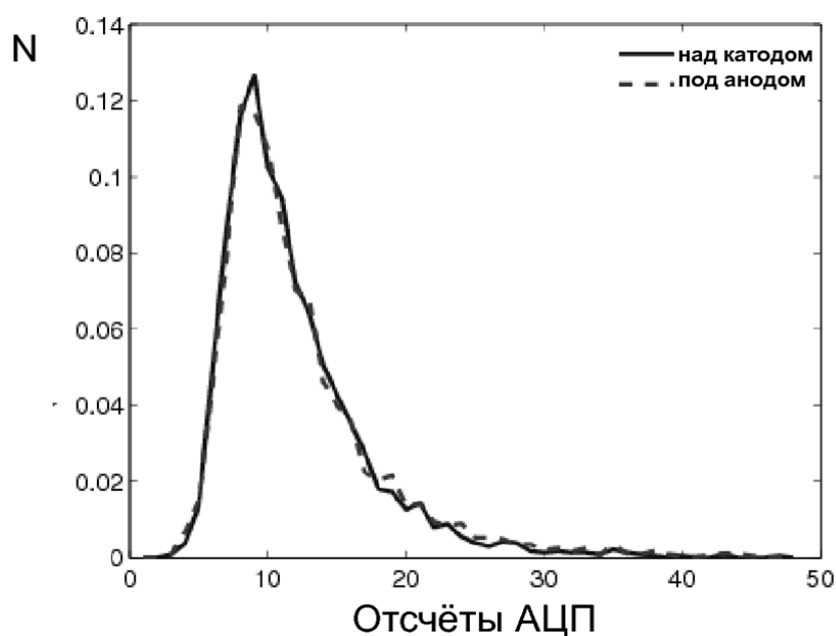


Рис. 6. Нормированные амплитудные распределения от радиоактивного источника ^{90}Sr для положения источника сверху (рис. 2) (пунктирная линия) и снизу (сплошная линия).

Зависимость амплитуды импульса от состава газа в таком детекторе может быть несколько иной, чем в микросеточной камере, т.к. коэффициент вторичной эмиссии в принципе может зависеть от газа. Были проведены измерения спектров при напряжении на катоде близким к пробую для 3 смесей $\text{Ar}+\text{CO}_2$ (7%, 20% и 30% CO_2). На рис. 7 показан типичный спектр, который практически не меняется от состава газа.

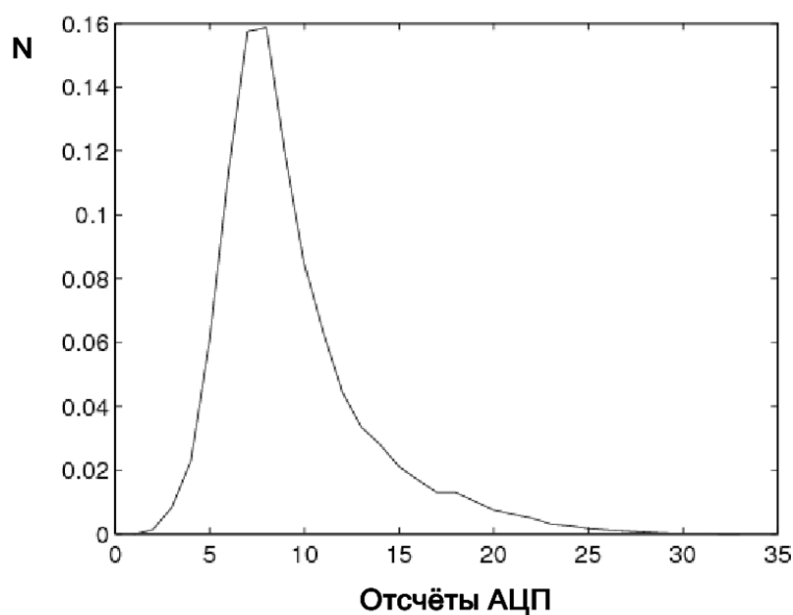


Рис. 7. Нормированное амплитудное распределение от радиоактивного источника ^{90}Sr для трёх смесей $\text{Ar}+\text{CO}_2$ (7 % CO_2 , 20 % CO_2 и 30 % CO_2). Напряжение выставлялось во всех случаях несколько ниже пробойного.

Известно, что коэффициент вторичной эмиссии зависит от многих факторов — энергии падающей частицы, сорта частицы, угла падающей частицы относительно плоскости эмиттера, материала эмиттера и т. д. Основной целью данной работы является создание активного элемента для калориметрии. Учитывая сложный состав и спектр частиц в ядерном каскаде, практическим методом оценки коэффициента вторичной эмиссии и, как следствие, эффективности детектора является измерение энергетического разрешения калориметра с использованием активных элементов на основе газовых камер вторичной эмиссии. В ближайшее время прототип такого калориметра будет исследован на пучке.

Заключение

Предложенная конструкция активного элемента калориметра обладает рядом достоинств, которые делают его привлекательным для использования в экспериментах с очень высокой светимостью, где важны быстроедействие, радиационная стойкость и, учитывая систематический рост размеров установок, стоимость. Первая проверка

работы такого детектора указывает на большие потенциальные возможности, следующим шагом будет изучение работы прототипа калориметра с активными элементами на основе ГКВЭ.

В заключение авторы выражают благодарность М.М. Солдатову, А.Ю. Калинину и Г.И. Бритвичу за помощь в работе.

Список литературы

- [1] Pinto S. D. // arXiv:1011.5529v1.
- [2] Titov M. // arXiv:1008.3736v2.
- [3] Pinto S. D. // arXiv:1011.5529v1.
- [4] Adloff C., Blaha J., Chefdeville M., Dalmaz A., Drancourt C., Espargilière A., Gaglione R., Geffroy N., Girard D., Jacquemier J., Karyotakis Y., Koletsou I., Peltier F., Samarati J., Tsigaridas S., Tsipolitis G., Vouters G. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2013, V. 729, P. 90.
- [5] Adloff C., Blaha J., Espargilière A. and Karyotakis Y. // arXiv:0901.4927v1.
- [6] Fouzi M. C. // arXiv:1202.5567.
- [7] Adloff C., Attle D., Blaha J., Cap S., Chefdeville M., Colas P., Dalmaz A., Drancourt C., Espargilière A., Gaglione R., Gallet R., Geffroy N., Giomataris I., Jacquemier J., Karyotakis Y., Peltier F., Prast J. and Vouters G. // Journal of Instrumentation, 2009, V. 4, P11023, arXiv:0909.3197.
- [8] [Derevshchikov A. A.](#), [Khodyrev V. Yu.](#), [Kryshkin V. I.](#), [Rakhmatov V. E.](#), [Ronzhin A. I.](#) // Preprint IFVE-90-99. Serpukhov, 1999.
- [9] Bitsadze G. S., Chernetsov M. I., Khrenov Yu. V., Kobayashi M., Manuilov I. N., Medvedkov A. M., Rykalin V. I., Tolmachev V. T. and Zholobov G. V. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 1993, V. 334, P. 399.
- [10] Albayrak-Yetkin A., Bilki B., Corso J., Debbins P., Jennings G., Khristenko V., Mestvirisvilli A., Onel Y., Schmidt I., Sanzeni C., Southwick D., Winn D.R., Yetkin T. // arXiv: 1307.8051.

Рукопись поступила 10 ноября 2014 г.

В.И. Иньшаков, В.И. Крышкин, В.В. Скворцов

Газовая камера вторичной эмиссии.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

Подписано к печати 18.11.2014. Формат 60 × 84/16. Цифровая печать.
Печ.л. 0,75. Уч.–изд.л. 0,96. Тираж 80. Заказ 21. Индекс 3649.

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт»
142281, Московская область, г. Протвино, пл. Науки, 1

www.ihep.ru; библиотека <http://web.ihep.su/library/pubs/all-w.htm>

Индекс 3649

ПРЕПРИНТ 2014-15,
ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт», 2014
