

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

13-87-91

В.И.Травкин, Д.М.Хазинс

ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ДЕТЕКТОР ЧАСТИЦ
С АНОДАМИ В ВИДЕ ШАРИКОВ

Направлено в журнал "Nuclear Instruments
and Methods"

1987

В данной статье приведены результаты исследований газоразрядного детектора, анод которого выполнен в виде набора токопроводящих шариков. Интерес к такому детектору обусловлен следующими причинами. Широко распространенные многопроволочные камеры имеют некоторые общие недостатки:

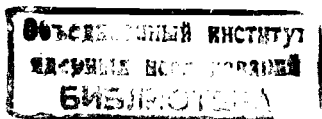
1) Поверхность этих камер не может иметь произвольной формы, например сферической. Обычно используются плоские либо цилиндрические конфигурации *.

2) Проволоки в камерах находятся в напряженном состоянии и эпизодически рвутся.

3) Затруднено одновременное измерение двух координат частиц при регистрации многочастичных событий.

Этих недостатков лишены игольчатые камеры /2-5/, в которых анод выполнен в виде набора игл, расположенных в шахматном порядке с шагом в несколько миллиметров. Однако рабочая поверхность этого анода (кончики игл) имеет неправильную и плохо контролируемую форму. Напряженность электрического поля сильно меняется вдоль поверхности анода. А так как коэффициент газового усиления экспоненциально зависит от напряженности поля на аноде, это приводит к резкой зависимости эффективности регистрации от координаты прошедшей частицы, низкой общей эффективности детектора и к обостренной чувствительности характеристик камеры к напряжению питания детектора. Действительно, в описании изобретения /6/, в котором резкая зависимость эффективности регистрации игольчатого анода от координаты частицы была использована, пока-

* В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ была исследована гиперболическая камера /1/.



зано, что уже на расстоянии 0,8 мм от оси иглы эффективность регистрации частиц близка к нулю. В работах [2-5] данных об эффективности нет, однако счетная характеристика камеры [2] не имеет сколько-нибудь выраженного плато; диапазон напряжений, в котором скорость счета достигает максимума, не превышает 20 В.

Интересные результаты были получены в детекторе с одиночным штырьковым анодом и насадкой в виде шарика [7,8]. Этот детектор работал в пропорциональном режиме. С рентгеновским источником ^{55}Fe при 5,9 кВ получено энергетическое разрешение 20% и пространственное разрешение 1 мм.

Конструкция исследованной нами многоанодной камеры размером 15x15 см с анодами в виде шариков представлена на рис.1. Камера состоит из двух плоских катодов (1,2) на расстоянии 11 мм друг от друга, которое задается изоляционной рамкой (6). В medianной плоскости камеры с шагом 15 мм установлены стальные шарики (3) диаметром 2 мм. Шарики приварены к выводам (5), которые выполнены из латунной проволоки диаметром 0,8 мм. Для изоляции выводов от катода служат фторопластовые изоляторы (4). Шарики через один (в шахматном порядке) подключены к положительному полюсу источника питания и образуют анод камеры; остальные шарики соединены с катодом. Камера продувается газовой смесью из аргона, метана и метилала в соотношении (3:1:1).

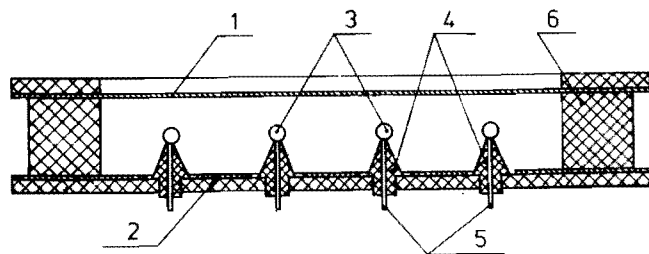


Рис. 1. Детектор частиц с анодами в виде шариков: (1) - верхний катод, (2) - нижний катод, (3) - шаровые аноды, (4) - изоляторы, (5) - проводники, 6 - изоляционная рамка.

При исследовании работы камеры с помощью β -источника ^{90}Sr и широкополосного усилителя (постоянная интегрирования ≤ 5 нс) мы не наблюдали никаких сигналов, амплитуда тока которых на выходе камеры превышала бы 1 мкА, до тех пор, пока напряжение на камере не достигало $U = 4,5$ кВ. Начиная с $U = 4,5$ кВ, на выходе камеры появляются сигналы с амплитудой тока 0,3 мА, длительностью переднего фронта 10 нс, длительностью спада 75 нс. При дальнейшем повышении напряжения растет частота и амплитуда сигналов.

На рис.2 показана зависимость средней амплитуды сигналов с камеры от напряжения, на рис.3 - форма амплитудного распределения сигналов при разных напряжениях питания камеры, на рис.4 - счетные характеристики камеры. При измерении счетных характеристик порог регистрации сигналов составлял 15 мкА. Для измерения эффективности камеры использовался телескоп из 3 сцинтилляционных счетчиков, который выделял космические частицы, проходящие через камеру, и выдавал строб-импульс длительностью 300 нс. Такая

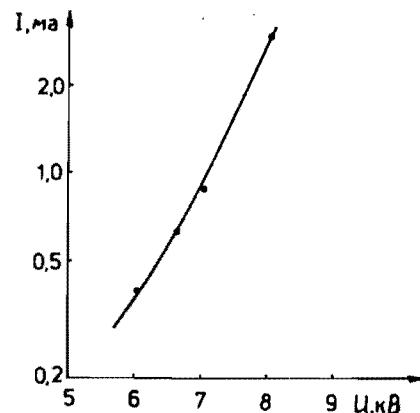


Рис. 2. Зависимость средней амплитуды сигнала от напряжения питания камеры.

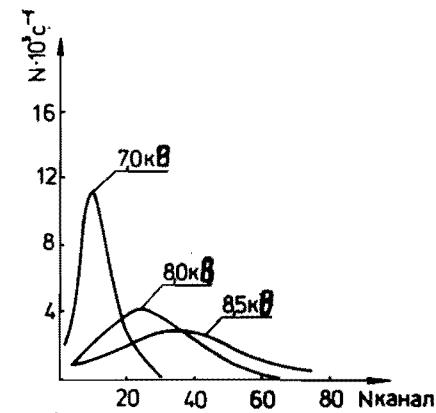


Рис. 3. Амплитудные распределения сигналов при разных напряжениях питания.

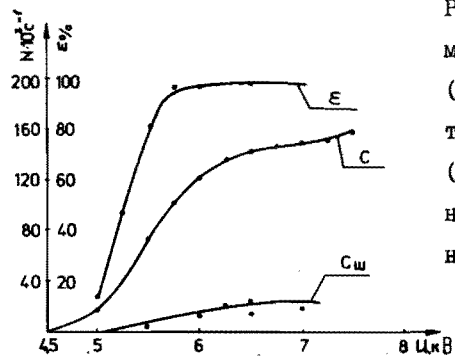


Рис. 4. Счетные характеристики камеры: зависимости скорости счета (С) камеры при облучении ее β -частицами, эффективности регистрации (ϵ) космических частиц и интенсивности шумовых импульсов ($C_{ш}$) от напряжения питания камеры.

длительность соответствует разбросу времени дрейфа электронов в камере от места их образования до анода.

Из графиков, представленных на рис.4, следует, что шариковая камера характеризуется высокой эффективностью регистрации заряженных частиц $\sim 98\%$ и имеет широкий диапазон рабочих напряжений $\Delta U \geq 1$ кВ. Однако во всем рабочем диапазоне в камере наблюдаются искровые пробои по газовому объему. Их частота невелика ($\sim 0,1$ с $^{-1}$) и они не снижают заметным образом эффективности камеры. Простая диодно-резистивная цепочка надежно защищает от повреждений входной канал усилителя, но требуются специальные меры для подавления электрических наводок в соседних цепях при искровых пробоях в камере. Мы не смогли устранить эти пробои за счет вариации состава газовой смеси в камере и изменения ее конструкции.

Для определения нагрузочной способности камеры мы измеряли ее эффективность к космическим лучам при дополнительном облучении камеры β -источником. Оказалось, что при нагрузке $\sim 10^4$ част. · с $^{-1}$ на один шаровой анод эффективность камеры на плато счетной характеристики падает до 70%. Это соответствует длительности мертвого времени после срабатывания шарового анода $\bar{t}_m = 40$ мкс. Кроме того, необходимо учитывать, что при такой нагрузке

(10^4 част. · с $^{-1}$ на 1 шарик) начало плато счетной характеристики смещается вверх по напряжению на ~ 2 кВ.

Обсудим теперь механизм газового разряда в шариковой камере. Совокупность характеристик камеры (большая амплитуда сигнала, его малая длительность, внезапное появление сигналов сразу большой амплитуды при повышении напряжения) очень похожа на характеристики самогасящегося стримерного режима работы проволочных камер [9]. Особо нужно отметить малую длительность сигнала. Электрическое поле вблизи шарика радиуса 1 мм имеет меньшую напряженность и спадает медленнее, чем вблизи тонкой проволоки (диаметром $\leq 0,1$ мм). Вследствие этого импульс тока от движения положительных ионов в шариковой камере должен иметь большую длительность $\sim 0,5$ мкс. (В проволочных камерах эта длительность имеет масштаб 10 нс). Поэтому наблюдаемый сигнал длительностью ~ 75 нс может быть обусловлен только электронами, собирающимися с расстояния в несколько миллиметров от поверхности шарового анода.

Выводы

Как видно, применение анодов в виде шариков позволяет создать многоанодный детектор частиц с высокой эффективностью и широким плато счетной характеристики. Однако невысокая нагрузочная способность шариковой камеры ограничивает возможности ее применения. Искровые пробои, сопровождающие работу камеры, хотя и редки, но требуют специальных мер защиты регистрирующей аппаратуры. Тем не менее, в тех случаях, когда необходимость создания надежного детектора сложной формы (например, в виде сферической поверхности) или требование двухкоординатной регистрации многочастичных событий выступает на первый план, шариковая камера может представлять интерес для рассмотрения.

Литература

1. Калинин А.А. и др. В кн.: Международное совещание по пропорциональным камерам. ОИЯИ, ДІЗ-ІІ807, Дубна, 1978, с.75.
2. Comby G. e.a. NIM, 174 (1980) 77-107.
3. Comby G. e.a. NIM, 176 (1980) 313.
4. Comby G. and Mangeot Ph.-IEEE Trans. NS-27, 1980, No.1, 106.
5. Comby G. e.a. DPhPE 80-02, Saclay, March 1980.
6. Ю.В.Петрикин и др. Газоразрядный детектор электронов. Авторское свидетельство СССР 915125. Опубликовано в ОИ 29.03.1982 г. № II, с.206.
7. Bateman J.E.-NIM, A240 (1985) 177-187.
8. Bateman J.E.-NIM, 238 (1985) 524.
9. Alekseev G.D. et al. - NIM, 177 (1980) 385.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 февраля 1987 года.

Травкин В.И., Хазинс Д.М. 13-87-91
Газоразрядный детектор частиц с анодами
в виде шариков

Описан новый газоразрядный детектор частиц, аноды которого представляют собой набор шариков диаметром 2 мм. Детектор работает в самогасящемся стримерном режиме, имеет высокую эффективность и широкое плато счетной характеристики. Предельная скорость счета частиц на одном шарике $2,5 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$. Применение шарикового анода позволяет создавать надежные детекторы сложной формы. В них естественным образом может быть организована двухкоординатная регистрация многочастичных событий.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Travkin V.I., Khazins D.M. 13-87-91
Multipin Gas-Discharge Particle Detector
with Ball-Tipped Anodes

A new gas-discharge particle detector, whose anode is a set of balls 2 mm in diameter is described. The detector operates in the self-quenching streamer mode, has high efficiency and a wide counting characteristic plateau. The maximum rate of particle counting at one ball is $\sim 2,5 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$. The ball-shaped anode allows making reliable complex-shaped detectors. Two-coordinate detection of multiparticle events can be naturally organised in detectors like that.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987