

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

A 391

P13-87-205

Ю.К.Акимов, А.М.Говоров, До Хоанг Кыонг,
Л.К.Лыткин, С.И.Мерзляков, Д.М.Хазинс,
В.Н.Швецов

ДВУХКООРДИНАТНАЯ ГЕЙГЕРОВСКАЯ КАМЕРА
С ГЕЛИЕВЫМ НАПОЛНЕНИЕМ
И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ
ФОРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Направлено в журнал "Nucl. Instr. and Methods"

1987

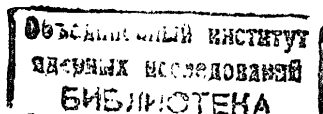
1. ВВЕДЕНИЕ

В данной работе представлены исследования многопроволочной камеры с чувствительной поверхностью $1 \times 1,1 \text{ м}^2$, предназначенной для опытов по поиску двойного β -распада. Камеры в таком эксперименте работают в условиях низкой фоновой загрузки, что позволяет применять в них режим Гейгера-Мюллера. Сигнал с камеры в этом режиме имеет большую амплитуду $\sim 1 \text{ мА}$. Но самое главное, как это было показано в работе Г. Шарпака и Ф. Саули^{/1/}, гейгеровский режим позволяет очень простым способом измерять координату прохождения частицы вдоль анодной проволоки с точностью до нескольких миллиметров. Действительно, после прохождения частицы на соответствующей анодной проволоке начинает развиваться разряд, который распространяется вдоль проволоки в обе стороны с определенной скоростью $\sim 10^8 \text{ см/мкс}$. Амплитуда импульса тока с анодной проволоки не меняет свою величину во время распространения разряда в обе стороны. Она уменьшается наполовину, как только одна ветвь разряда достигает конца проволоки, и падает до нуля, когда вторая ветвь разряда доходит до другого конца проволоки. Таким образом, по форме сигнала можно определить координату прохождения частицы. Кроме того, если у конца анодной проволоки имеется дополнительный электрод, то при прохождении возле него разряда на этом электроде будет наведен импульс, временное положение которого зависит от координаты прохождения частицы.

Другая особенность работы в опытах по поиску двойного β -распада состоит в том, что камеры должны иметь как можно меньше вещества, чтобы свести к минимуму энергетические потери электронов и искажения их угловых распределений. По этой причине в данных камерах были применены катоды из проволоки диаметром 40 мкм и подобрана газовая смесь на основе гелия.

2. КОНСТРУКЦИЯ КАМЕРЫ

Конструктивно камера состоит из двух рам толщиной 20 мм, склеенных из стеклотекстолитовых полос шириной 80 мм. На одной из рам закреплены анодная и катодная плоскости, на другой - вторая катодная плоскость. Анодная плоскость намотана проволокой из бериллиевой бронзы БрБ-2 диаметром 50 мкм с ша-



гом 5 мм. Зазоры между анодной и катодными плоскостями составляют 16 мм.

В качестве катодов мы попытались использовать алюминизированный майлар толщиной 6 мкм /количество вещества $\sim 1,8$ мг/см²/. Однако после нескольких часов работы майлар под действием электростатических сил вытягивался и провисал. После этого были изготовлены катоды из проволоки БрБ-2 диаметром 40 мкм с шагом 2 мм, которые оказались удовлетворительными. Среднее количество вещества в проволочных катодах $\sim 1,0$ мг/см².

3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЕРЫ, ЗАПОЛНЕННОЙ СМЕСЯМИ НА ОСНОВЕ АРГОНА И ГЕЛИЯ

Исследование работы камеры было начато с газовой смеси, рекомендованной в работе [1], состоящей из аргона и этилбромид /C₂H₅Br/ в соотношении 96:4 /давление 1 атм/. Амплитудные и временные характеристики, а также кривая одиночного счета снимались с использованием источника ⁵⁷Co. Эффективность работы камеры для космического излучения с такой смесью составила более 94%, а длина плато счетной характеристики - около 600 В. Зависимости амплитуды сигнала с анода камеры и его длительности /источник находился в центре камеры/ от напряжения на камере показаны на рис.1.

Однако количество вещества между катодами для такой смеси велико / ~ 6 мг/см²/, и мы попытались использовать смесь на основе гелия. При этом оказалось, что из-за меньшей величины ионизационных потерь в гелии электроотрицательные свойства этилбромид проявляются гораздо сильнее, чем в аргоне, что приводит к падению эффективности

/нижняя кривая на рис.2/. Сокращение же доли этилбромид, который выполняет роль гасящей добавки, ведет к возникновению самоподдерживающихся разрядов в камере.

Рис.1. Зависимости амплитуды /А/ и длительности /Т/ гейгеровского импульса, соответствующего распространению разряда вдоль анодной проволоки на длине 0,5 м, от напряжения питания камеры /u/. Источник - ⁵⁷Co. Смесь: Ar + C₂H₅Br /96:4/.

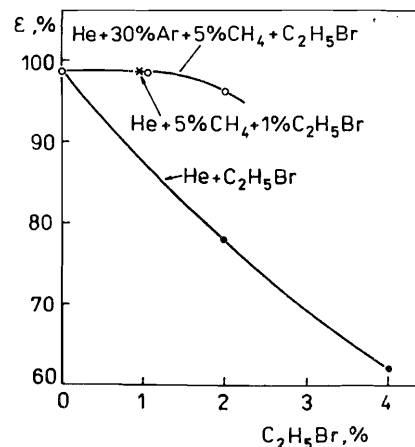
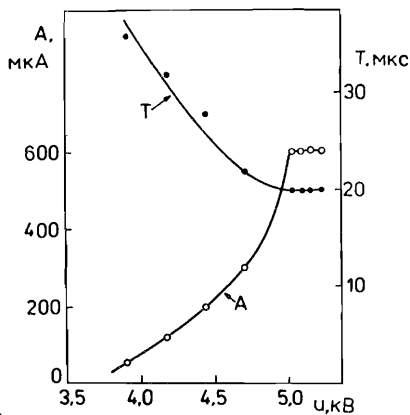
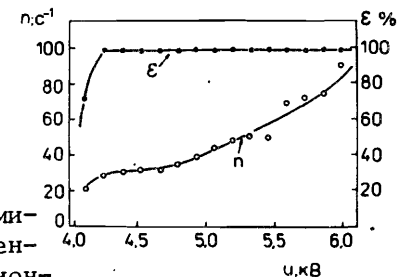


Рис.2. Зависимость эффективности работы камеры от содержания этилбромид в смеси в процентах для смесей He+30%Ar+5%CH₄+C₂H₅Br и He+C₂H₅Br. Звездочкой показана эффективность работы камеры со смесью He+CH₄+C₂H₅Br /94:5:1/.

Рис.3. Эффективность регистрации космического излучения /ε/ камерой, включенной на совпадение с двумя сцинтилляционными детекторами, и скорость счета /n/ камеры в зависимости от напряжения питания /u/. Кривая скорости счета получена для источника ⁵⁷Co. Смесь: He+CH₄+C₂H₅Br /94:5:1/.



Для уменьшения вероятности захвата электронов молекулами этилбромид к рабочей смеси был добавлен метан, который, как известно [2], увеличивает подвижность электронов в инертных газах. Действительно, как видно из рис.2 /звездочкой отмечена

эффективность работы камеры со смесью He+5%CH₄+1%C₂H₅Br/, эта добавка резко повысила эффективность камеры. Кроме того, метан обладает и гасящими свойствами, что позволяет снизить процент этилбромид в смеси. Окончательно была выбрана смесь He+CH₄+C₂H₅Br /94:5:1/.

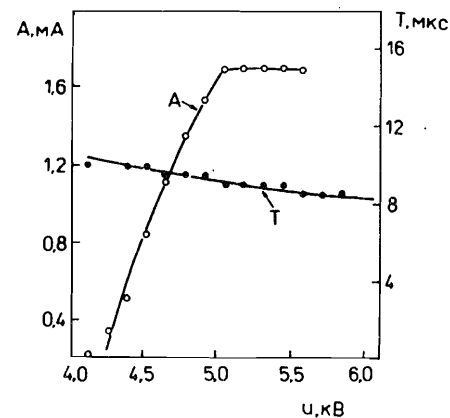
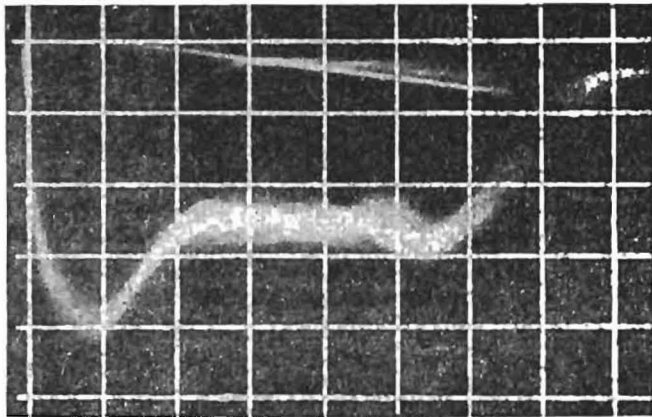


Рис.4. Зависимости амплитуды /А/ и длительности /Т/ гейгеровского импульса при распространении разряда на 0,5 м от напряжения питания камеры /u/. Источник - ⁵⁷Co. Смесь: He+CH₄+C₂H₅Br /94:5:1/.



а



б

Рис.5. Влияние формирующего электрода на форму сигнала с анодной проволоки. Смесь: $\text{He} + \text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} / 93:5:2 /$: а - сигнал с анодной проволоки в отсутствие формирующего электрода. Расстояние, проходимое разрядом, - 30 см. Напряжение на катоде - 4,75 кВ. Цена деления по горизонтали - 1 мкс/см; по вертикали - 0,05 В/см. Импульс имеет двухступенчатую форму /см.введение/; б - сигнал с анодной проволоки при напряжении на формирующем электроде 2,6 кВ. Расстояние, проходимое разрядом, - 30 см. Напряжение на катоде - 4,78 кВ. Выброс в сигнале появляется при прохождении разряда мимо формирующего электрода. Цена деления по горизонтали - 1 мкс/см; по вертикали - 0,1 В/см.

характеристики камеры с этой смесью приведены на рис.3 и 4. Эффективность камеры на плато составляет 98,3%.

4. ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТЫ ВДОЛЬ АНОДНОЙ ПРОВОЛОКИ

При измерении координаты частицы вдоль анодной проволоки по скорости распространения гейгеровского разряда точность измерения координаты определяется флуктуациями в скорости распространения разряда и поэтому ухудшается с увеличением длины проволоки. Кроме того, в наших исследованиях было отмечено, что не на всех проволоках разряд распространяется до конца, а останавливается в каких-то выделенных точках этих анодных проволок. Для ослабления влияния этих факторов в камеру были введены дополнительные формирующие электроды, действие которых сводится к эффективному разделению каждой анодной проволоки на короткие отрезки. Формирующий электрод представляет собой пару проволок диаметром 100 мкм, натянутых перпендикулярно к анодным проволокам на расстоянии 5 мм от анодной плоскости, симметрично относительно последней. Всего в камере установлено 8 формирующих электродов с шагом 140 мм. На эти электроды подается отрицательное напряжение ≈ 2 кВ/, такое, что при прохождении гейгеровского разряда мимо электрода происходит усиление этого разряда. В результате на основном сигнале с анодной проволоки появляется отрицательный выброс /рис.5/. Временной интервал между фронтом основного сигнала и первым выбросом соответствует времени распространения разряда от места первичной ионизации до ближайшего формирующего электрода. Одновременно с возникновением выброса в сигнале с анодной проволоки появляется наведенный сигнал на соответствующем формирующем электроде, что позволяет идентифицировать сработавший электрод.

На рис.6 приведены зависимости среднеквадратичной ошибки определения координаты вдоль анодной проволоки σ от расстояния L ,

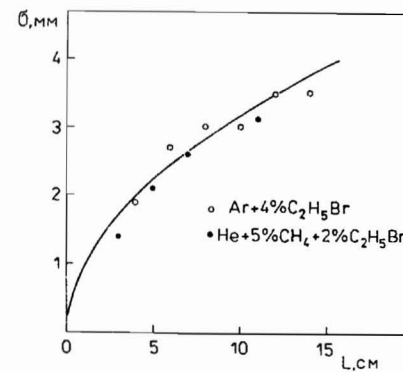


Рис.6. Зависимости среднеквадратичной ошибки определения координаты σ от расстояния L , проходимого разрядом. Сплошная линия - $\sigma = \sqrt{kL}$, где $k=1$ мм²/см, о - $\text{Ar} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} / 94:6 /$, • - $\text{He} + \text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} / 94:5:1 /$.

проходимого разрядом, для смесей $\text{He}+\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ /94:5:1/ и $\text{Ar}+\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ /96:4/. Для обеих смесей зависимость точности определения координаты от расстояния одинакова и хорошо описывается зависимостью $\sigma = \sqrt{kL}$. В нашем случае $L \leq 7$ см и точность определения координаты вдоль анодной проволоки в любой точке камеры не хуже $\sigma \leq 2,5$ мм.

Авторы выражают благодарность Б.М.Антонову за изготовление первоначального варианта камер, В.В.Вишнякову, В.И.Луцикову, И.В.Сизову и Ву Тхи Ким Динь за помощь и содействие в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carpak G., Sauli F. - Nucl.Instr.and Meth., 1971, v.96, p.363.
2. Peisert A., Sauli F. CERN 84-08, Geneva, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 апреля 1987 года.

Акимов Ю.К. и др.

P13-87-205

Двухкоординатная гейгеровская камера с гелиевым наполнением и дополнительными формирующими электродами

Описана двухкоординатная многопроволочная камера размером $1 \times 1,1 \text{ м}^2$. Показана возможность работы такой камеры в гейгеровском режиме с газовой смесью на основе гелия: $\text{He}+\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ /94:5:1/. Измерение координаты частицы вдоль анодной проволоки производится по времени распространения разряда вдоль проволоки. Для улучшения точности измерения координаты применены специальные формирующие электроды.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем и Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод Т.Ф.Дроздовой

Akimov Y.K. et al.

P13-87-205

Two-Coordinate Geiger Chamber with Special Pulse-Shaping Electrodes Filled with Helium Mixture

A two-coordinate $1 \times 1,1 \text{ м}^2$ multiwire chamber operating in the Geiger-Müller mode, filled with a mixture $\text{He}+\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ (94:5:1) is described. In order to obtain the coordinate parallel to the anode wires the propagation time of Geiger-Müller discharge along the wire is measured. To improve the accuracy of determination of the coordinate, special pulse-shaping electrodes are used.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987