

Лабораторная работа № 1

Изучение счетчика Гейгера-Мюллера

Цель работы: Снятие счетной характеристики счетчика Гейгера - Мюллера и знакомство с принципом работы счетчика Гейгера-Мюллера.

1 Краткая теория

Газонаполненные детекторы

К наиболее распространенным газонаполненным детекторам, относят:

1. **Ионизационные камеры,**
2. **Пропорциональные счетчики,**
3. **Счетчики Гейгера-Мюллера** (сокращенно счетчик Гейгера, СГ).

Внешне газонаполненные детекторы представляют наполненную газом оболочку, в объем, которой введены два электрода. Геометрическая форма и материал оболочки (стекло, кварц, пленки) выбираются исходя из условий работы. Например, цилиндрический детектор состоит из трубки, на поверхности которой (изнутри) напылен металл (он служит катодом) и металлической нити, натянутой по оси цилиндра (анод). Детектор включается в цепь, схема которой указана на рисунке 1. На схеме: C_1 – общая емкость счетчика и входа усилителя; R_1 – сопротивление нагрузки. На счетчик подают напряжение U , создающее в газовом объеме электрическое поле.

Принцип регистрации частиц, состоит в следующем: частица ядерного излучения, попадая вовнутрь счетчика, вызывает ионизацию газа, в результате чего в цепи счетчика возникает ток. Величина возникающего тока (амплитуда импульса напряжения зависит от входного напряжения, давления газа, состава газа и т.д.). Зависимость возникающего импульса напряжения от приложенного напряжения (часто называют вольт-амперной характеристикой) приведена на рис.2.

На участке **1** напряжение еще мало, поэтому, не все появившиеся в результате ионизации ядерной частицей (первичная ионизация) электроны достигают анода (они могут рекомбинировать). При дальнейшем увеличении напряжения почти все возникшие электроны достигают анода, а вероятность рекомбинации мала. Это соответствует участку **2**, который называют областью насыщения. Именно в этой области работают ионизационные камеры. Участки **3** и **4** соответствует области, где амплитуда

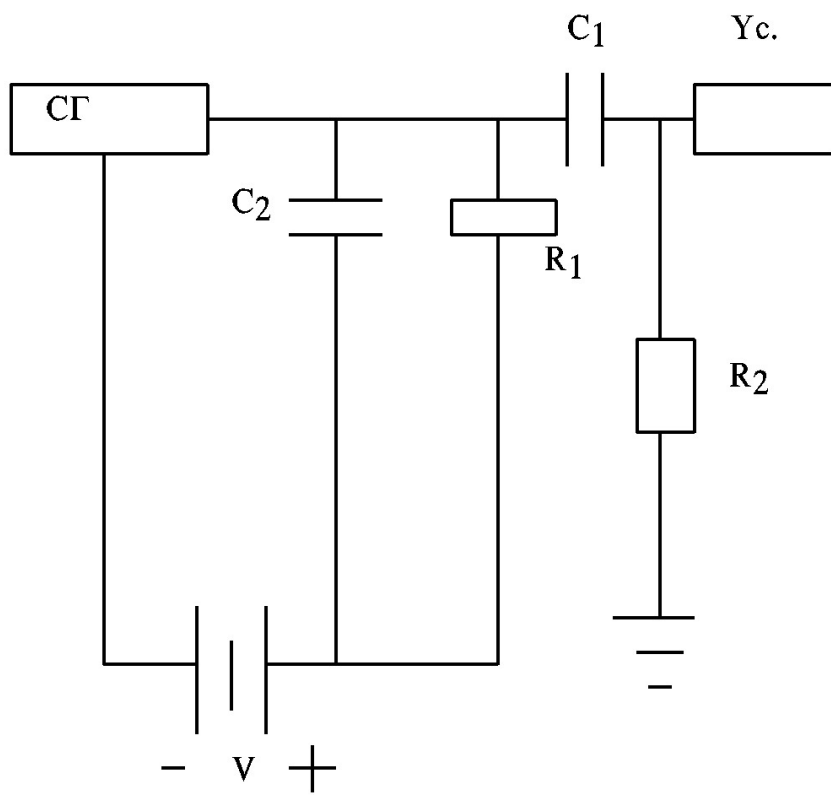


Рисунок 1– Схема включения счетчика Гейгера-Мюллера

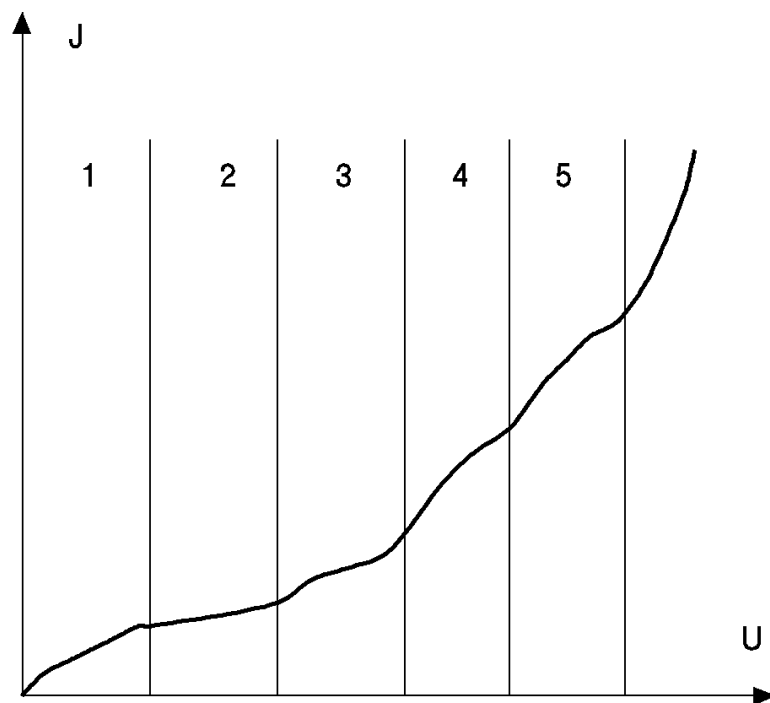


Рисунок 2– Характеристика разряда

импульса еще пропорциональна первичной ионизации, но первичные электроны и ионы уже способны при столкновении с атомами газа ионизировать их (вторичная ионизация). В области **3** работают пропорциональные счетчики. Область **4** соответствует области ограниченной пропорциональности. На участке **5** напряжение возрастает настолько, что величина импульса напряжения не зависит от первичной ионизации. Этот участок кривой называют областью Гейгера, и как вы уже, дорогой мой читатель, догадались, в этой области напряжений и работают счетчики Гейгера-Мюллера. На участках **1-5** разряд в газовой оболочке был возбужденным т.е. начинается после прохождения ионизирующей частицы. Участок **6** соответствует непрерывному разряду.

Краткие характеристики газонаполненных детекторов

- Ионизационные камеры позволяют измерять энергию налетающей частицы, идентифицировать тип частицы (плотность ионизации зависит от сорта частиц). Недостатком является то, что измеряемый ток очень мал, что требует весьма точной электронной аппаратуры.
- Пропорциональные счетчики служат для измерения ионизирующей способности частиц, интенсивности их потока, дают достаточно точные измерения координат и момента прохождения частиц через счетчик. Поскольку амплитуда сигнала на выходе ПС пропорционально энергии, теряемой частицы, если она остановилась в счетчике.
- Счетчики Гейгера-Мюллера

Счетчик Гейгера-Мюллера аналогичен пропорциональному счетчику, однако не способен различать как типы частиц, так и определять их энергию. Однако, эти недостатки окупаются высокой чувствительностью к ионизирующим излучениям.

Если попадающие в газовый объем частицы, образуют хотя бы одну пару ионов, то они обязательно будут зарегистрированы.

За счет чего же получается такая высокая эффективность регистрации? Область напряжения (участок 5) такова, что в рабочем объеме СТ очень сильное электрическое поле, особенно возле анодной нити. Попадающая в объем частица, ионизирует газ и освободившиеся электроны начинают сильно ускоряться, в свою очередь сильно ионизируя следующие молекулы газа, что в конечном счете вызывает

электронную лавину, переходящую в самостоятельный газовый разряд. Причем величина тока возникающего в СГ уже не зависит от начального числа ионов, т.е. от энергии регистрируемой частицы.

Как остановить самостоятельный разряд? Гашение разряда может осуществляться двумя способами:

- Применение больших нагрузочных сопротивлений, или специальных электронных схем, снижающих анодное напряжение на время, в течение которого все процессы, вызывающие вторичную ионизацию, прекращаются. Такие СГ называют *медленными*.
- В газовое наполнение может быть введено небольшое количество многоатомных органических соединений (например, пары спирта или эфира) .Такие молекулы интенсивно поглощают возникшие в процессе вторичной ионизации ультрафиолетовые фотоны и нейтрализуют положительные ионы и электроны. Возбужденные в результате этих процессов многоатомные молекулы диссоциируют, не образуя вторичных фотонов и электронов. Такие СГ называют *самогасящимися СГ*.

Основными характеристиками СГ являются:

1. Счетная характеристика, т.е. зависимость скорости счета импульсов счетчиком от величины поданного напряжения (см. рисунок 3).
2. Мертвое время (см. лаб.работу № 5)
3. Эффективность регистрации (для заряженных частиц 97-99 процентов , для γ –квантов 1-2 процента).

2 Экспериментальная установка

Экспериментальная установка состоит из

- самогасящегося СГ в свинцовом домике, куда так же помещается радиоактивный образец
- блока питания (**внимание высокое напряжение!!!**)
- пересчетного устройства (блок для подсчета импульсов, возникающих в СГ)

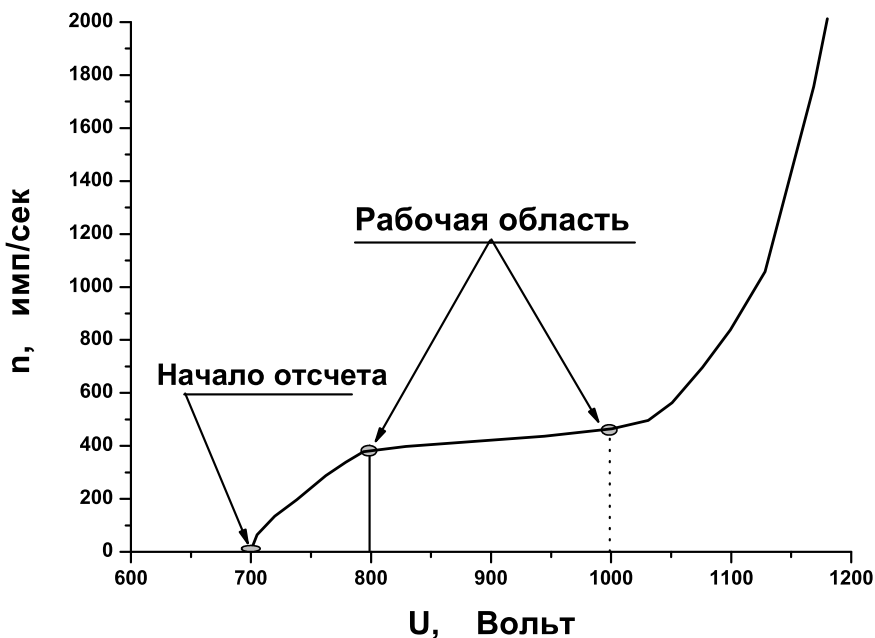


Рисунок 3– Счетная характеристика СГ

3 Порядок выполнения работы

1. Начиная с напряжения, при котором установка способна регистрировать импульсы, с шагом, задаваемым преподавателем, снимите зависимость скорости счета $n=N/t$ (N – число зарегистрированных импульсов, t –время регистрации) от напряжения U .
2. При каждом значении U проводить не менее 5 измерений за время не менее 100 сек.

4 Обработка результатов измерения

1. Для каждого U рассчитайте среднее значение скорости счета n , и ее абсолютную ошибку Δn
2. Постройте график $n_{\text{ср.}} = n_{\text{ср.}}(U)$. На графике обязательно отмечайте Δn (коридор ошибок (доверительный интервал)).
3. По графику $n_{\text{ср.}} = n_{\text{ср.}}(U)$ найдем участок, где n практически не зависит от напряжения U . Этот участок называют плато СГ.
4. Определите начало и конец плато, а также его длину.
5. Найдите рабочее напряжение (обычно рекомендуется его выбирать в области $1/3$ - $1/2$ плато).

6. Определите наклон плато по формуле

$$\delta = \frac{2 (n_3 - n_2)}{(n_3 + n_2) (U_3 - U_2)}, \quad (1)$$

где индексы 2 и 3 обозначают параметры начала и конца плато соответственно (см. рисунок 3).

5 Вопросы для контроля

1. Объяснить принцип работы газонаполненного детектора.
2. Чем отличается СГ от пропорционального счетчика.
3. Чем вызвана необходимость в самогасящихся СГ.
4. Что такое счетная характеристика СГ и какие параметры СГ можно определить с ее помощью?
5. Какими физическими механизмами и процессами обусловлен наклон плато?

Примечание!!!

Для подготовки ответов необходимо использовать рекомендуемую литературу, а не только данную методическую разработку.

6 Рекомендуемая литература

Учебники

- Широков, Ю.М. Ядерная физика / Ю.М. Широков, Н.П. Юдин. - М.: Наука, 1980.
- Сивухин, Д.В. Атомная и ядерная физика: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Ядерная физика / Д.В. Сивухин. - М.: Наука, 1989.
- Нерсесов, Э. А. Основные законы атомной и ядерной физики,: Учеб. пособие для Вузов / Э. А. Нерсесов. - М.: Высш. шк., 1988.
- Блан, Д. Ядра, частицы, ядерные реакторы / Д. Блан. - М.: Мир, 1989.
- Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 2 т./ К.Н.Мухин. - М.; Атомиз-дат, 1988.

- Бопп, Ф. Введение в физику ядра, адронов и элементарных частиц / Ф. Бопп. - М.: Мир, 1999.
- Ишханов, Б.С. Нуклеосинтез во Вселенной / Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, И.А. Тутынь. - М.: Моск. Универс., 1999.
- Любимов, А. Введение в экспериментальную физику частиц / А. Любимов, Д. Киш. - М.: Физматлит, 2001.
- Ишханов, Б.С. Частицы и атомные ядра/ Б.С. Ишханов , И.М. Капитонов , Н.П. Юдин , М, 2007.
- Михайлов В.М., Крафт О.Е. Ядерная физика. Уч. пособие. Изд. Ленингр. ун-та. 1988
- Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. -М.: Наука, 1988.
- Валантэн Л. Субатомная физика ядра и частицы. 1,2 т. -М.: Мир. 1986
- Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. -М.: Просвещение. 1984
- Физика микромира (маленькая энциклопедия) / Гл. ред. Д.В.Ширков - М.: Советская энциклопедия, 1980.-528 с.

Практикумы по ядерной физике

- Практикум по ядерной физике / Н.Г. Ивайлов и др. - М.: МГУ, 1988. -199 с.
- Практикум по ядерной физике / Под ред. В.Г. Барышевского - Минск: БГУ, 1983. -141 с.
- Практикум по ядерной физике / Под ред. В.О. Сергеева. - М.: Наука, 1975.-120 с
- Кабардин О.Ф. Практикум по ядерной физике - М.: Мир, 1975.
- Практикум по ядерной физике / Под ред. Ю.Г. Жуковского - М.: Наука, 1975.
- Герфорт Л. , Кох Г. Практикум по радиохимии - М.: Ин. лит-ра, 1963.
- Практикум по ядерной физике / И.А. Антонова и др. - М.: МГУ, 1988.
- Практикум по ядерной физике / Н.Г. Ивойлов и др.- М: Казанский университет, 1985.

- Специальный ядерный практикум - М.: МГУ, 1970.
- Руководство к практическим занятиям по радиохимии / Под ред. проф. А.Н. Несмеянова. - М.: , 1971.