

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ДЕТЕКТОР
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ –
СЧЕТЧИК ГЕЙГЕРА–МЮЛЛЕРА**

Учебное пособие для вузов

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ДЕТЕКТОР ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ –	
СЧЕТЧИК ГЕЙГЕРА–МЮЛЛЕРА	4
МЕХАНИЗМ РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СГМ.....	4
Эффективность регистрации.....	7
Мертвое время СГМ.....	7
ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	9
ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ	9
ЗАДАНИЯ.....	9
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ.....	11
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	13
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ.....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ.....	17
Определение мертвого времени СГМ методом Стевера	17
Определение мертвого времени методом двух источников.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ФОРМА ВЫХОДНОГО СИГНАЛА СГМ	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ГАЛОГЕННЫЕ САМОГАСЯЩИЕСЯ СГМ.....	22

Самостоятельный разряд в СГМ возникает вследствие ионизации газа регистрируемой частицей при определенном пороговом напряжении между анодом и катодом, значение которого V_n зависит от: соотношения радиусов анода — r_a и катода r_k ; состава и давления рабочего газа, заполняющего СГМ. Таким образом, самостоятельный разряд в СГМ может возникнуть только в том случае, когда напряжение на счетчике V превышает некоторый пороговый уровень V_n . Следовательно, необходимым условием регистрации ионизирующих частиц счетчиком Гейгера–Мюллера является условие $V \geq V_n$. При дальнейшем увеличении V амплитуды импульсов напряжения $U(t)$ растут и могут достигать нескольких десятков вольт.

Помимо истинных импульсов, вызываемых попаданием в объем СГМ ионизирующих частиц, при работе счетчика регистрируются ложные импульсы, называемые послеимпульсами, которые возникают в результате ионизации рабочего газа СГМ вторичными электронами, образующимися после завершения разряда. Поэтому число частиц $N_{\Delta t}$, которое регистрирует СГМ за фиксированное время Δt несколько возрастает с ростом $V > V_n$.

Зависимость от напряжения V числа зарегистрированных частиц — $N_{\Delta t}(V)$ за время отдельного измерения Δt называется **счетной характеристикой СГМ**. Эта зависимость $N_{\Delta t}(V)$ является основной характеристикой СГМ (рис. 3).

Параметрами счетной характеристики являются величины:

- **напряжение начала счета** (пороговое напряжение) V_n ;
- **плато СГМ**. Это участок рабочих напряжений СГМ длиной $V_2 - V_1$ вольт. На участке плато величина $U_{\Delta t}(V)$ возрастает примерно линейно с ростом V ;
- **рабочее напряжение СГМ**, равное $V_p = \frac{V_1 + V_2}{2}$, соответствует середине плато.

– **Коэффициент наклона плато K** , отнесенный к 100 В. Эта величина определяется следующим образом. Введем обозначения:

n_1 — скорость счета при $V = V_p - 50B$,

n_2 — скорость счета при $V = V_p + 50B$.

n_3 — скорость счета при $V = V_p$.

Тогда

$$K = \left(\frac{n_2 - n_1}{n} \right) \cdot \frac{100\%}{100B}.$$

Рабочее напряжение СГМ обычно выбирается равным

$$V_p \approx V \left(N = \frac{N_1 + N_2}{2} \right).$$

Кроме счетной характеристики и ее параметров, важными характеристиками СГМ являются мертвое время τ и эффективность регистрации данного вида излучения в зависимости от энергии E излучения $\varepsilon(E)$ и вида излучения.

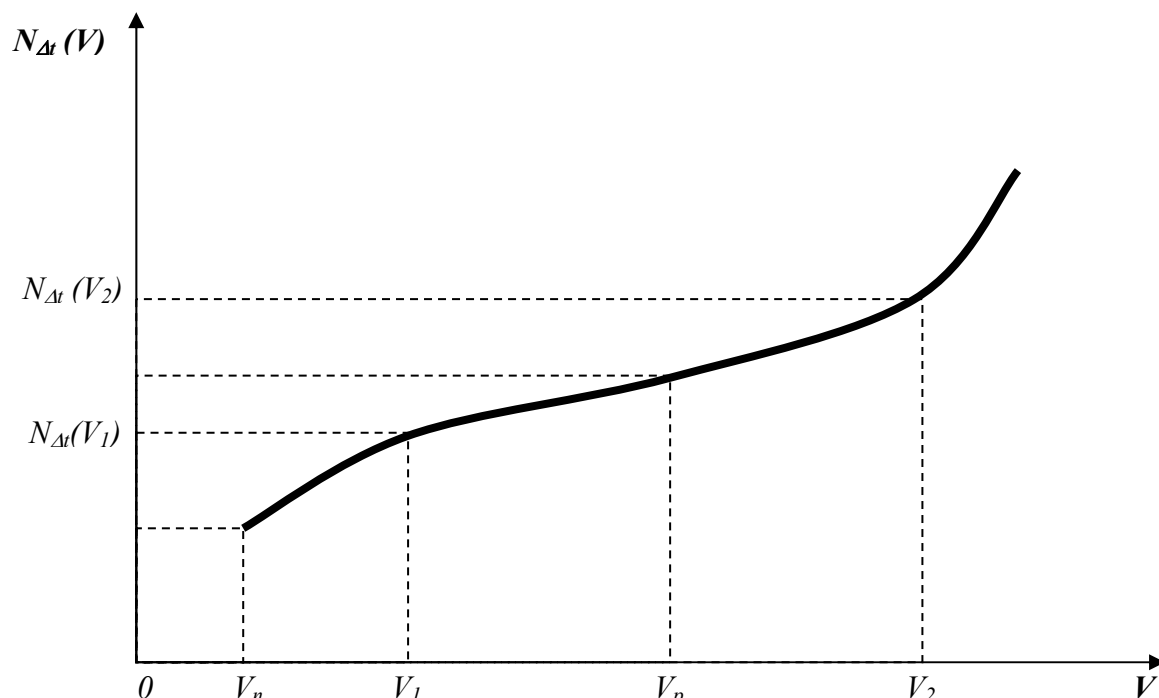


Рис. 3. Счетная характеристика СГМ

Эффективность регистрации СГМ – это условная вероятность регистрации частицы, если она попала в чувствительный объем СГМ. Величина $\varepsilon(E) < 1$. Типичные зависимости $\varepsilon(E)$ приведены на рисунке 4 приложения 1.

Зная величину $\varepsilon(E)$, можно определить значение изучаемого потока частиц $\Phi_{\Delta t}(E)$, попадающих в СГМ $\Phi_{\Delta t}(E) = \frac{N_{\Delta t}}{\varepsilon(E)}$. Методика определения эффективности регистрации СГМ описана в приложении 1.

Мертвое время СГМ

Процесс регистрации ионизирующей частицы счетчиком Гейгера–Мюллера состоит из нескольких развивающихся во времени этапов: первичная ионизация газа частицей, развитие самостоятельного разряда в СГМ, сбор электронов на аноде, рассасывание облака – объемного заряда положительных ионов. Все перечисленные процессы развиваются и заканчиваются в течение некоторого времени τ , отсчитываемого от момента t попадания частицы в объем СГМ. В течение времени τ СГМ не способен реги-

стрировать следующую частицу, попавшую в его объем. Это время τ называется мертвым временем СГМ. Так как $\tau > 0$, то возникают просчеты, то есть некоторое количество частиц, попавших в СГМ, не регистрируются, поэтому значения величины $N_{\Delta t}$ нелинейно зависят от Φ .

В первом приближении $n(\Delta t) = \frac{N_{\Delta t}}{1 - N_{\Delta t}\tau}$, где $N_{\Delta t}$ – число зарегистрированных импульсов за время Δt , а $n(\Delta t)$ – число частиц, попавших в чувствительный объем СГМ за время Δt . Методы определения мертвого времени рассмотрены в приложении 2.