

ГРАДУИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Цель работы: Изучить методики гамма-спектрометрических исследований с использованием гамма-спектрометра и получить градуировочные характеристики спектрометра с полупроводниковым детектором по эффективности

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Эффективность детектора определяет вероятность того, что попадание частицы в детектор вызовет появление сигнала на выходе спектрометра. Вид градуировочной характеристики спектрометра по эффективности обусловлен следующими основными факторами: энергией падающего на детектор излучения, геометрией измерений, поглощающей и рассеивающей способностями среды между источником и детектором, отражением излучения от поверхности детектора.

При исследовании простых спектров (содержащих одну-две линии), эффективность детектора ε определяется соотношением

$$\Phi_c = \varepsilon \Phi_q \quad (1)$$

где Φ_c - поток частиц из источника, Φ_q - поток сигналов на выходе спектрометра. Но точность при этом невелика, так как трудно провести коррекцию на вклад сопутствующего излучения, шумы, фон и т.д. Метод позволяет произвести грубую оценку величины эффективности.

При исследовании сложных спектров, линии которого расположены в широком диапазоне энергий, необходимо учитывать изменение эффективности от энергии. В этом случае необходимо определить эффективность ε_n регистрации каждого пика по соотношению

$$\Phi_{cn} = \varepsilon_n \Phi_q \quad (2)$$

Таким образом, градуировка детектора по эффективности заключается в установлении зависимости $\varepsilon_n = \varepsilon_n(E)$. Эта зависимость может быть определена как теоретически, так и экспериментально. В первом случае при хорошо известной геометрии эксперимента рассчитывают поглощение и рассеяние излучения в системе "источник - чувствительный объем детектора". При этом необходимо учитывать долю частиц, попадающих в телесный угол $\Omega = \omega / (4\pi)$ (где ω - угол, под которым виден из источника чувствительный объем детектора), и вероятность образования полезного сигнала частицей, попавшей в чувствительный объем. Однако геометрия

системы, константы взаимодействия излучения с веществом детектора и средой, разделяющей источник и детектор, коэффициенты отражения излучения от поверхности не могут быть определены с достаточной степенью точности. Поэтому погрешность расчетов достигает 5-10%.

Наиболее часто в лабораторной практике используется экспериментальное определение градуировочной характеристики по эффективности. Используются источники с хорошо известными абсолютными или относительными интенсивностями выхода частиц: нуклиды, составляющие наборы образцовых спектрометрических гамма-источников ОСГИ и ОСГИ-М. При этом необходимо обеспечить достаточное число линий, равномерно перекрывающих градуируемый диапазон энергий.

Проведенная градуировка действительна для одной геометрии эксперимента. Но источники с разной активностью необходимо исследовать на различных расстояниях r от детектора, для того чтобы обеспечить оптимальную загрузку спектрометра. Потому необходимо иметь градуировочные характеристики для различных расстояний. Если расстояния малы ($r < V^{1/3}$ где V - объем чувствительной области детектора), то градуировку необходимо повторить для всех расстояний r , которые будут использоваться в реальных измерениях.

Эффективность регистрации гамма-квантов детектором можно определить как вероятность образования выходного сигнала детектора при попадании в него гамма-кванта. Это так называемая счетная эффективность. Для характеристики спектрометра существует также понятие эффективности регистрации в пике полного поглощения (фотопике).

Значение эффективности регистрации при полном поглощении для точечного источника Cs-137 ($E_\gamma = 661$ кэВ) определяется выражением

$$\varepsilon = \frac{N}{A \cdot n \cdot t} \cdot 100\% \quad (3)$$

где N площадь, измеренная по спектру; A - активность источника, Бк; n - квантовый выход для данного источника (0,85); t - время измерения, с. Измерение проводится для расстояния детектора от источника 5 см.

Общепринятой мерой разрешения служит ширина фотопика на половине его высоты, выраженная либо в единицах энергии, либо через отношение полуширины пика к энергии регистрируемого излучения в процентах.

Для экспериментального определения разрешения по измеренному спектру необходимо определить цену деления шкалы кэВ/канал по положению двух соседних пиков спектра с известной энергией. Затем, измерив ширину пика на половине высоты в каналах, определяют ее в единицах кэВ, что является абсолютной разрешающей способностью. Поделив это

значение на энергию фотопика, можно получить относительную величину разрешения в процентах.

2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

В лабораторной работе используется следующая аппаратура:

1. Гамма-спектрометр на базе многоканального амплитудного анализатора, причем в качестве детектора применяется полупроводниковый ОЧГ Ge-детектор объемом 60 см^3 с площадью чувствительной поверхности 15 см^2
2. Градуировочные источники гамма-излучения (ОСГИ) Co-60, Eu-152 с известной активностью.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Поместить на детектор источник Eu-152+Cs-137 на расстоянии 5 см.
2. Установить время измерения 200 с, набрать код программы обработки спектра и включить измерение.
3. После окончания измерения включить обработку спектра.
4. По распечатке спектра определить площади фотопиков Eu-152.
5. По формуле (3) рассчитать эффективности регистрации детектора для энергии Eu-152 в энергетическом диапазоне 121,8 – 1408 кэВ.
6. Графически отобразить зависимость эффективности от энергии γ -квантов
7. Поместить на детектор источник Co-60 и измерить спектр в течение 200с.
8. По полученной зависимости определить эффективность регистрации гамма-квантов Co-60 для 1173 и 1332 кэВ.

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Согласно НРБ-99/2009 к работам с закрытыми радиоактивными источниками (ОСГИ) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, инструктаж на рабочем месте и сдавшие экзамен по РБ в службе РБ ИРТ-Т.
2. Источники хранятся в защитном сейфе, они извлекаются из сейфа и переносятся к детектору пинцетом.
3. Запрещается:
 - находиться в лаборатории без спецодежды;
 - подносить источник близко к глазам;
 - оставлять источник без надзора;
 - курить, принимать пищу, находиться в помещении лаборатории в верхней одежде;
 - брать источник руками.
4. В случае разгерметизации источника и его рассыпания необходимо немедленно сообщить дежурному дозиметристу и руководителю работы, после чего принять меры по сбору радиоактивного вещества и дезактивации загрязненного участка.
5. В схеме питания ППД используется высокое напряжение (до 3000 в). Запрещается разбирать разъемы высоковольтного тракта, прикасаться к блоку

предусилителя и высоковольтного источника питания до выключения последнего.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Вначале формулируется полученное задание на исследование или цель работы. Далее необходимо описать установку и принцип ее действия, назначение. Полностью описать методику проведения работы. Привести обработку результатов измерений. Сделать оценку полученных результатов с санитарно-гигиенической точки зрения.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как зависит разрешение детектора и эффективность регистрации от энергии регистрируемого излучения?
2. Как зависит разрешение и эффективность от размеров и материала детектора?
3. Влияние температуры на величину разрешающей способности детектора.
4. Как изменяется эффективность регистрации гамма-квантов в зависимости от расстояния между источником и детектором?
5. Принцип действия применяемого детектора.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П. Прикладная метрология ионизирующих излучений. - М : Энергоатомиздат, 1990. - 262 с.
- 2 Бнйдин С Л., Баландин С.А. и др. Прикладная спектрометрия с полупроводниковыми детекторами. - М.: Атомиздат, 1974 —320 с.
- 3 Вартанов Н А., Самойлов П.С. Прикладная сцинтилляционная спектрометрия. - М.: Атомиздат, 1969. - 463 с.
- 4 Основы метрологии ионизирующих излучений. Методическое пособие к выполнению лабораторного практикума. Часть 1. - Томск: Изд. ТПУ, 1997. 5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). - М.: Госкомсанэпидемнадзор России, 1999.-116 с.
- 5 Лабораторный практикум по экспериментальным методам ядерной физики. Учеб. пособие для вузов/ Под ред. Финогенова К.Г.-М.: Энергоатомиздат, 1990. - 432 с.