

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ФОСВИЧ-ДЕТЕКТОРА ПРИ
СОВМЕСТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ АЛЬФА- И БЕТА-ЧАСТИЦ

Д. А. ЗАЙЦЕВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: dima.za2013@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен метод регистрации совместного альфа-бета излучения. Проведена аппроксимация импульсов с целью оценки возможности разделения видов излучения. Рассмотрены причины ухудшения разделения видов излучения.

Abstract. The method of registration of joint alpha-beta radiation is considered. The pulses were approximated in order to assess the possibility of separating the types of radiation. The reasons for the deterioration of the separation of types of radiation are considered.

Введение

Развитие инструментов регистрации и детектирования ионизирующего излучения в настоящее время имеет актуальность. Потребность в данных приборах ставит задачу производителям в минимизации форм-фактора, увеличению автономности приборов и улучшению характеристик.

Основная часть

Одним из методов регистрации альфа-бета-излучения является фосвич-детектор, состоящий из тонкой пластины поливинилтолуол и нанесённым на него сульфида цинка, активированного серебром.

На рисунке 1 и 2 представлен сигнал и аппроксимация углерода (С-14) выступающий как бета-источник и плутоний (Pu-238) выступающий как альфа-источник, соответственно. Аппроксимация сигналов происходит по формуле 1:

$$f(t) = \sum_{i=1}^N (A_i \cdot \exp(-t/\tau_i)) \cdot (1 - A_i \cdot \exp(-t/\tau_i)), \quad (1)$$

где A_i – амплитуда сигнала.

τ_i – временные коэффициенты.

Коэффициенты были получены методом наименьших квадратов на основе обработки выходных сигналов.

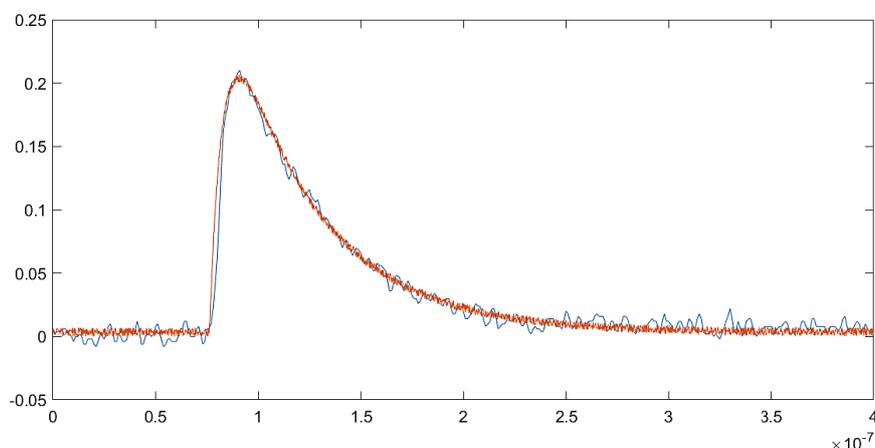


Рис. 1. Сигнал от источника С-14

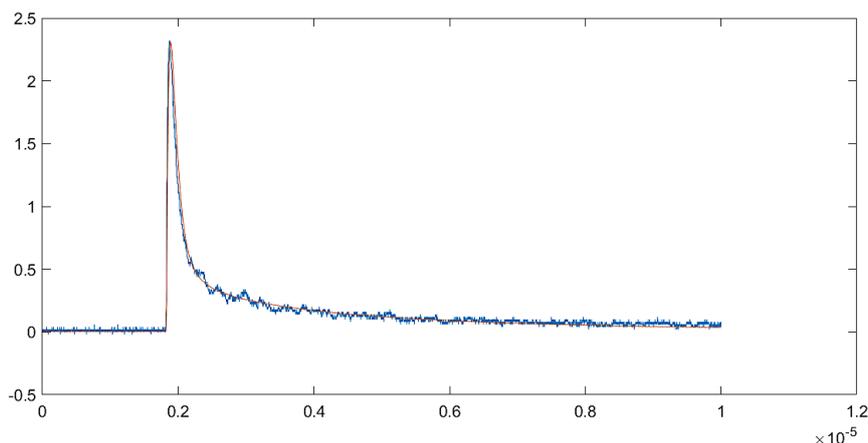


Рис. 2. Сигнал от источник Pu-238

На рисунках представлены аппроксимации сигналов, где график синего цвета выступает исходным сигналом детектора, график красного цвета – непосредственно аппроксимированный сигнал. Исходя из аппроксимаций можем сделать вывод, что сигналы от разных видов ионизирующего излучения могут быть разделены по форме импульса, вследствие разных временных характеристик материалов, регистрирующих разные виды излучения.

Разделение сигналов ухудшается из-за не идеальности структуры неорганического кристалла ZnS(Ag). Данный сцинтиллятор имеет ряд дефектов в структуре решётки, которые могут выступать как электронные и дырочные ловушки и приводить к эффекту послесвечения (afterglow)[1]. Данный эффект может наблюдаться в течении десятков микросекунд после основной сцинтилляции кристалла.

Выходная реализация имеет вид:

$$y(t) = \sum_{k=1}^K V_k \cdot f_1(t - \tau_k) + \sum_{m=1}^M V_m \cdot f_2(t - \tau_m) + n(t), \quad (2)$$

где V_k, V_m – амплитуды сигнала.

f_1, f_2 – функции сигналов с детекторов.

τ_k, τ_m – время поступления частицы.

τ_i – временные коэффициенты.

$n(t)$ – шум с детектора.

Дополнительным фактором затрудняющий разделения импульсов может быть не идеальность фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), который преобразует сцинтилляция детектора в электрический сигнал. ФЭУ имеет темновые токи, а также паразитные эффекты, вызывающие искажение либо образования дополнительного импульса после полезного сигнала.

Заключение

Использование фосвич-детектора является перспективным методом регистрации двух видов излучения. Проблемой разделение сигналов двух видов ионизирующего излучения является не идеальность материалов и инструментов необходимых для регистрации. Исходя из всего выше сказанного, появляется задача по созданию алгоритмов обработки сигнала для последующего разделения между импульсами разных видов излучения.

Список использованных источников

1. Sarah E Mann, Erik M Schooneveld, Nigel J Rhodes, Giacomo Mauri, Dong Liu, G Jeff Sykora. Nanoparticle ZnS:Ag/6LiF—a new high count rate neutron scintillator with pulse shape discrimination. Journal of Physics D: Applied Physics, 2024; 13, 4-9. DOI 10.1088/1361-6463/ad5021.
2. U. Akgun, A. S. Ayan, G Aydin, F Duru, J. Olson and Y. Onel. Afterpulse timing and rate investigation of three different Hamamatsu Photomultiplier Tubes. Journal of Instrumentation, 2008. DOI 10.1088/1748-0221/3/01/T01001.