

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ ДЕТЕКТОР ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЧИСТОГО ГАЗА КСЕНОНА

С. Соколов, к. ф-м. н. А. Пудов, к. ф-м. н. А. Рыбка, к. т. н. В. Кутний,
Г. Холомеев, С. Мельников, к. ф-м. н. А. Абызов

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»
Украина, г. Харьков
pudov@kipt.kharkov.ua

Разработаны, изготовлены и испытаны счетчики-спектрометры гамма-излучения, наполненные ксеноном, а также измерительный электронный тракт. Исследовано влияние давления газа, его состава (чистый Xe и его смеси с H_2 , CH_4) и напряжения на аноде на спектральное разрешение и коэффициент газового усиления. Области применения детекторов являются контроль радиационного фона, мониторинг и обнаружение загрязняющих окружающую среду радиоизотопов (таких как ^{241}Am), медицина, астрономия и др.

Ключевые слова: детектор гамма-излучения, ксенон, коэффициент газового усиления.

Газонаполненные счетчики-спектрометры гамма-излучения, применяются в различных областях. Предлагается расширить область применения детекторов на сжатом газе ксеноне для радиационного контроля на АЭС, а также для обнаружения «загрязняющих» радиоизотопов, таких как ^{241}Am , которые можно найти как в металлоломе, так и в зонах, пострадавших при авариях, например на Чернобыльской АЭС. Специфика использования детектора в области ядерной энергетики требует решения довольно сложных материаловедческих задач. Это выбор материалов с низкой активацией в потоках ионизирующего излучения, в том числе нейтронов, отказ от использования стеклянных элементов, полное отсутствие органических компонентов в конструкции детектора, обеспечение очень низких токов утечки (на уровне пикоампер) между электродами детектора.

В этой работе описана разработка усовершенствованного прототипа пропорционального детектора, наполненного Xe, изготовленного с использованием современных материалов, который имеет улучшенную конструкцию и хорошие спектрометрические качества. Корпус детектора представляет собой бесшовную тонкостенную трубу из стали 12X18H10T $\varnothing 25,5 \times 0,3$ мм длиной 250 мм (рис. 1). В конструкции не использовались бериллиевые или алюминиевые окна, в нее включены металлокерамический соосный вакуумный токоввод с «охранным кольцом» и высоковольтным разъемом (МНУ). Используются защитные изоляторы, предназначенные для уменьшения краевых эффектов. Анод представляет собой вольфрамовую проволоку $\varnothing 60$ мкм, натянутую с помощью пружины. Детектор не содержит органических материалов или стекла. Детали тщательно очищены, а сборка детектора проводилась с помощью лазерной сварки.

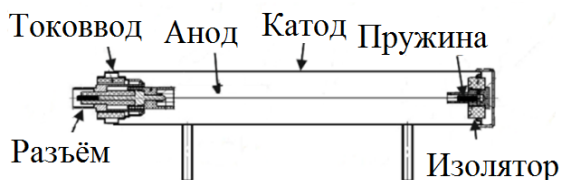


Рис. 1. Конструкция детектора

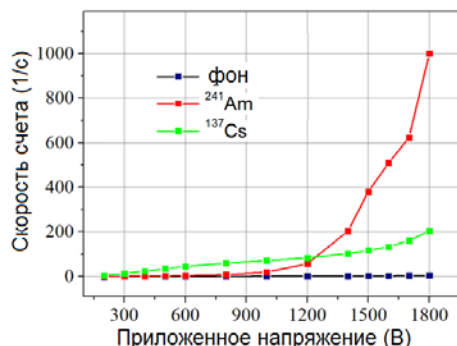


Рис. 2. Зависимость скорости счета от напряжения для разных изотопов (2,5 бар Xe+2,08% CH_4)

Для заполнения детектора ксеноном была разработана и изготовлена установка на основе деталей высокого давления от компании Spectron GCS GmbH. Детектор наполняли чистым ксеноном или

его смесью с H_2 (0,25%) или CH_4 (2,08%) до различных значений давления от 0,5 до 3 бар. Содержание газовых примесей составляло $< 10^{-4}\%$.

Был проведен анализ характеристик детектора. Скорость счета и амплитудные распределения измерялись при помощи стандартных γ -источников ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{133}Ba . К аноду с помощью высоковольтного источника питания Ortec 659 прилагалось напряжение до 2700 В. Измерения проводились с использованием предусилителя 142АН, усилителя формирователя 672 и АЦП 927 от компании Ortec. Коэффициент усиления составлял 100, постоянная времени усилителя-формирователя — 3 мкс.

Скорость счета, измеренная в зависимости от приложенного напряжения для детектора, заполненного смесью газов $Xe+2,08\% CH_4$ до 2,5 бар, представлена на рис. 2. Аналогичные зависимости были измерены для других газовых смесей и значений давления. Добавление H_2 и CH_4 не приводило к значительным изменениям.

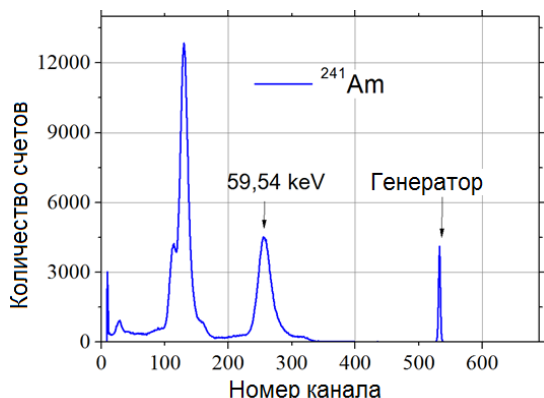


Рис. 3. Измеренный спектр ^{241}Am (2500 В; 2,5 бар; $Xe + 2,08\% CH_4$)

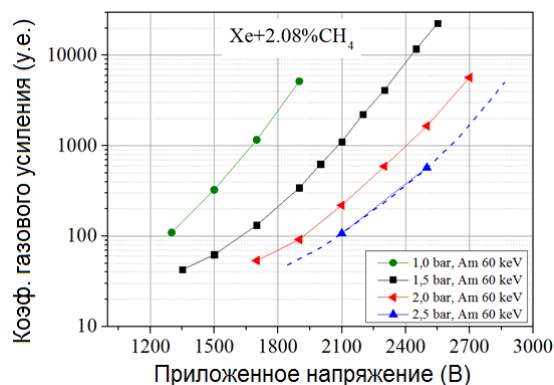


Рис. 4. Расчетный коэффициент газового усиления в зависимости от приложенного напряжения

Пример измеренного спектра представлен на рис. 3. Для сравнения показана линия, полученная с помощью прецизионного генератора импульсов Ortec 419. Энергетическое разрешение, определенное по фотопикам разных γ -источников, составило от 9,5% при 40 кэВ до 5% при 120 кэВ и достаточно для идентификации некоторых изотопов. Детектор может регистрировать излучение с энергией до 120 кэВ (линия ^{152}Eu). Более высокие энергии могут детектироваться при большем давлении газа [1], а при более тонком аноде потребуются меньшее приложенное напряжение.

Для различных значений давления и газовых смесей в детекторе были рассчитаны значения коэффициента газового усиления. Пример зависимостей для $Xe + 2,08\% CH_4$ показан на рис. 4. Результаты хорошо согласуются с приведенными в [2] значениями для похожих смесей.

Таким образом, представленный спектрометр, наполненный ксеноном и изготовленный без использования стекла или органических материалов, показал достаточно хорошие счетные и спектральные характеристики и перспективен для применения в различных областях, в том числе на АЭС. В ближайшем будущем планируется создать версию детектора с более тонким (30 мкм) анодом.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Sood R. K., Ye Z., Manchanda R. K. Ultra-high-pressure proportional counters. Part II: Xenon // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A.— 1994.— Vol. 344.— P. 384—393.
2. Sakurai H., Ramsey B. D., Weisskopf M. C. High pressure xenon proportional counter up to 10 atm // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A.— 1991.— Vol. 307.— P. 504—511.

S. Sokolov, A. Pudov, A. Rybka, V. Kutny, G. Kholomyeyev, S. Melnikov, A. Abyzov

Proportional detector of gamma radiation based on high purity xenon gas

The authors design, manufacture and test a gamma-ray counter-spectrometer filled with xenon gas, as well as the respective electronic channel. The study explores the effects of gas pressure, composition (pure Xe and its mixtures with H_2 , CH_4) and the voltage at the anode on the spectral resolution and gas gain. Such detectors can be used to monitor radiation background, detect and monitor polluting radioisotopes such as ^{241}Am , as well as in medicine, astronomy, etc.

Keywords: gamma-radiation detector, xenon, gas gain.