

P13-2002-132

В. А. Морозов, Н. В. Морозова

**ДВУХДЕТЕКТОРНЫЙ ОДНОКРИСТАЛЬНЫЙ
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ
СПЕКТРОМЕТР С РЕЖЕКЦИЕЙ ПОСЛЕИМПУЛЬСОВ**

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

Однокристалльный сцинтилляционный автокорреляционный спектрометр (ОСАС) [1,2] позволяет при использовании временных фотоумножителей и пластмассовых сцинтилляторов с малым временем высвечивания проводить измерения времен жизни короткоживущих атомных и ядерных состояний в диапазоне, простирающемся от 4 нс до десятков микросекунд [3]. Отличительной особенностью этого спектрометра является возможность изучения при распаде радиоактивных источников задержанных совпадений в 4 π -геометрии. Спектрометр подобного типа отличается высокой эффективностью регистрации задержанных совпадений при малом уровне случайных совпадений, а также возможностью реализации на одном детекторе режима трехмерных совпадений E1-T-E2. Временные спектрометры этого типа используются также и при изучении временных свойств ФЭУ, особенно при исследовании процессов возникновения послеимпульсов (ПИМ), обусловленных ионами обратной связи, после прохождения основного импульса [4-6]. Ионы обратной связи образуют импульсы на выходе ФЭУ, задержанные по отношению к основному сигналу, на величину от десятков наносекунд до десятков микросекунд. При изучении времен жизни уровней временное распределение от ПИМ может искажать экспериментальное распределение, характеризующее время жизни короткоживущего состояния. Поэтому в таких экспериментах необходимо или уменьшить, или полностью исключить процесс регистрации ПИМ. Есть два варианта решения этой задачи. Один из них - это метод подбора, который позволяет существенно понизить уровень регистрации ПИМ. Он включает в себя выбор типа ФЭУ, подбор потенциалов фокусирующих электродов ФЭУ, выбор среди однотипных ФЭУ экземпляра с наибольшей квантовой эффективностью фотокатода, подбор сцинтиллятора с наибольшим световым выходом и спектром излучения, соответствующим максимальной чувствительности ФЭУ. Но при этом совершенно не исключается регистрация послеимпульсов при малых амплитудах полезных сигналов. Другой подход, позволяющий исключить регистрацию ПИМ, связан с использованием в ОСАС дискриминаторов с регулируемым мертвым временем, которое выбирается равным временному диапазону появления ПИМ. Но при этом из временного анализа исключается весь этот диапазон. Вариант, реализованный в данной работе, представляет собой схемное решение. Оно заключается в использовании второго фотоумножителя, пристыкованного к тому же сцинтиллятору с радиоактивным источником типа "сэндвич", который включен

в состав ОСАС. Оба ФЭУ включены на совпадения. Блок-схема спектрометра приведена на рис.1. Эффективность совпадений основных сигналов будет близка к 100%, а эффективность регистрации послеимпульсов будет существенно подавлена, так как послеимпульсы в каждом из фотоумножителей статистически распределены во времени и не будут давать истинных совпадений.

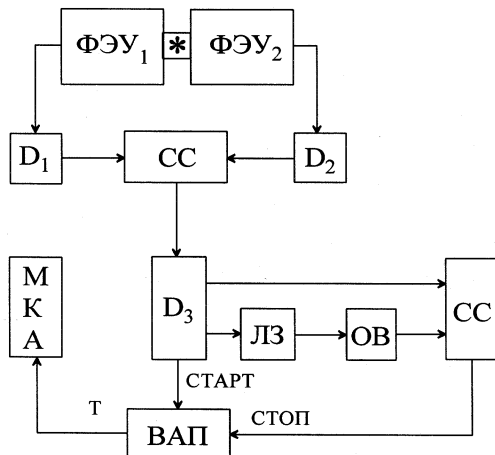


Рис.1. Блок-схема двухдетекторного однокристалльного сцинтилляционного авторегистрационного спектрометра с режекцией послеимпульсов

Поэтому число зарегистрированных в этом случае послеимпульсов будет определяться только случайными совпадениями и то только в том случае, если уровни сигналов ПИМ на выходе ФЭУ₁ и ФЭУ₂ будут превышать пороги соответствующих дискриминаторов. Заметим, что амплитуды ПИМ в несколько раз меньше амплитуд основных импульсов (ОИМ) [6]. В состав спектрометра были включены фотоумножители ФЭУ₁-XP2020 и ФЭУ₂-56AVP. В качестве дискриминаторов D₁ и D₂ применялись дискриминаторы CFD-584 (ORTEC), мертвое время которых было равно 20 нс, а в качестве дискриминатора D₃ – дискриминатор CFD-473A с мертвым временем 65 нс. Разрешающее время стробируемой схемы совпадений (СС) в нашем случае было равно $2\tau_0=20$ нс. Линия задержки (ЛЗ) в ОСАС включена для исключения самосовпадений. Длительность сигнала с одновибратора (ОВ) подбиралась равной длительности исследуемого временного интервала - ΔT . Времяамплитудный преобразователь (ВАП) типа TRHC-467 (ORTEC). МКА - многоканальный анализатор. В работе [4] было показано, что при напряжении на ФЭУ XP2020Q $V=2000$ В и пороге

дискриминатора V_d относительно амплитуды ОИМ ($U=0,5$ В) $V_d/U=0,05$ отношение интенсивностей ПИМ и ОИМ равняется $N_{\text{пим}}/N_{\text{оим}} \sim 0,01$. Поэтому число случайных совпадений будет мало даже при скорости счета $N_0=10^4$ 1/с ($N_{\text{оим}}=N_0$) при анализируемом временном интервале $\Delta T=10$ мкс

$$N_{\text{сл}}(\text{ПИМ}) = \Delta T N_{\text{пим}}^2 = 10^{-4} \Delta T N_0^2 = 0,1 \text{ 1/с.}$$

Число истинных совпадений $N_{\text{ист}}=N_0 f \epsilon$, где f -доля изомерного каскада в % на распад, а ϵ –эффективность регистрации γ -переходов, связанных с изомерным уровнем. Величина ϵ может составлять заметную долю от 100% при регистрации сильноконвертированных переходов. Повысить эффективность регистрации γ -переходов с малыми коэффициентами внутренней конверсии можно путем увеличения размеров пластического сцинтиллятора. В этом случае помимо регистрации заряженных частиц происходит с большей вероятностью и регистрация γ -излучения за счет комптоновского процесса. Максимальная эффективность регистрации истинных совпадений получается при исследовании времен жизни короткоживущих основных состояний ядер при $(\beta^- - \beta^-)$ – или $(\beta^- - \alpha)$ – распаде. В этих условиях значение $f \epsilon$ будет близко к 1 и $N_{\text{ист}} \approx N_0$. Заметим, что стандартная активность источника в проводимых экспериментах обычно не превышает 10^4 отсчетов в секунду.

На рис.2 приведены результаты измерений периода полураспада состояния 59,5 кэВ в ^{237}Np , возбуждаемом при α -распаде ^{241}Am . Экспоненциальное распределение является результатом регистрации задержанных $(\alpha - \epsilon)$ – совпадений, так как вследствие малых размеров пластмассового сцинтиллятора (диаметр – 10 мм, высота – 6 мм) эффективность регистрации γ -излучения была невысока и в основном регистрировались только электроны внутренней конверсии и α -частицы. На рис.3 приведены результаты измерений в одноканальном варианте с использованием ФЭУ XR2020. В этом случае сигнал с выхода ФЭУ₁ был подан на вход D3 вместо сигнала с выхода схемы совпадений. Аналогичные измерения были проведены с ФЭУ 56AVP. Порог регистрируемого излучения для каждого из детекторов не превышал 10 кэВ.

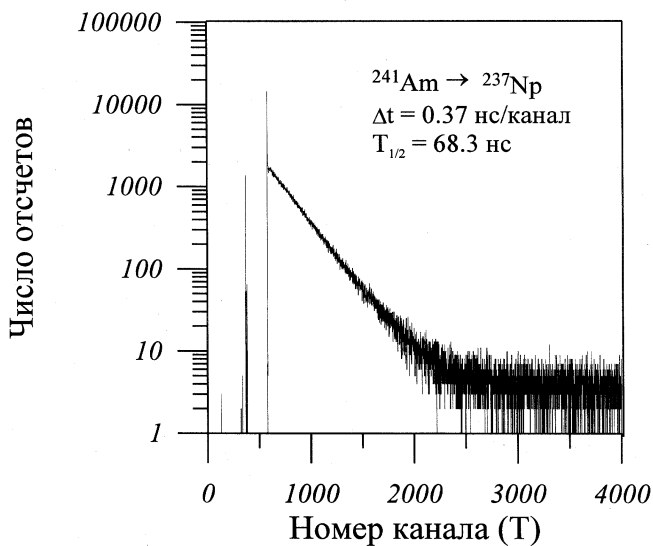


Рис.2. Измерение времени жизни состояния 59,5 кэВ в ^{237}Np на двухдетекторном ОСАС (XR2020 и 56AVP)

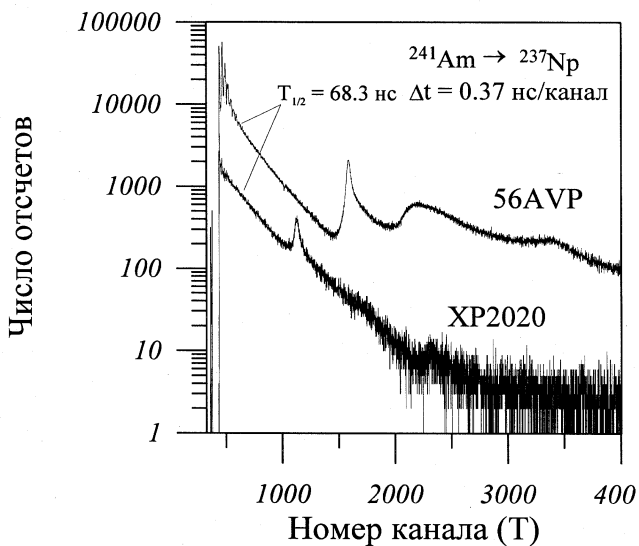


Рис.3. Измерение времени жизни состояния 59,5 кэВ в ^{237}Np на ододетекторном ОСАС (XR2020)

Сравнение полученных временных спектров подчеркивает преимущество использования двухдетекторного варианта ОСАС с режекцией послеимпульсов при исследовании каскадов, имеющих или низкоэнергетические переходы, как в данном случае, или при исследовании времен жизни уровней более 100 нс. Принципиальное отличие предлагаемого способа режекции послеимпульсов заключается в разной эффективности регистрации основных сигналов и послеимпульсов при регистрации коррелированных во времени основных сигналов и некоррелированных во времени послеимпульсов. Использование предлагаемого способа обеспечивает по сравнению с альтернативными способами следующие преимущества:

- практически полное исключение регистрации послеимпульсов, искажающих временное распределение изучаемых процессов, которые исследуются при помощи вакуумных фотодетекторов;
- возможность выделения малых по уровню полезных сигналов, сравнимых по амплитуде с послеимпульсами;
- возможность проведения исследований в широком временном диапазоне - как в наносекундном, так и в микросекундном.

Авторы благодарны В.Б.Бруданину и В.Г.Калинникову за постоянную поддержку в работе.

Литература

1. Морозов В.А., Чуринов И.Н., Морозова Н.В. – ПТЭ. 1998. №5. с.21-25.
2. Морозов В.А., Калинин В.Г., Морозова Н.В. и др. – ПТЭ. 1998. №5. с.26-31.
3. Морозов В.А., Морозова Н.В. - ЭЧАЯ. 2001. т.32, вып.2.
4. Морозов В.А., Морозова Н.В. – ПТЭ. 1997. №4. с.97
5. Морозов В.А., Морозова Н.В. – Препринт ОИЯИ Р13-2001-135. Дубна. 2001.
6. Морозов В.А., Морозова Н.В. – Препринт ОИЯИ Р13-2002-33. Дубна. 2002.

Получено 10 июня 2002 г.

Морозов В. А., Морозова Н. В.

P13-2002-132

Двухдетекторный однокристалльный сцинтилляционный автокорреляционный спектрометр с режекцией послеимпульсов

Создан двухдетекторный однокристалльный сцинтилляционный автокорреляционный спектрометр с режекцией послеимпульсов. Устранение послеимпульсов осуществляется методом задержанных совпадений.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2002

Перевод авторов

Morozov V. A., Morozova N. V.

P13-2002-132

Two-Detector Single-Crystal Scintillation Autocorrelation Spectrometer with Rejection of Afterpulses

Two-detector single-crystal scintillation autocorrelation spectrometer with rejection of afterpulses is developed. Rejection of afterpulses is realized by the delayed coincidence method.

The investigation has been performed at the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2002

Редактор *М. И. Зарубина*
Макет *Е. В. Сабанеевой*

ЛР № 020579 от 23.06.97.

Подписано в печать 24.06.2002.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,38. Уч.-изд. л. 0,38. Тираж 315 экз. Заказ № 53396.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.