

P13-2012-126

В. А. Морозов, Н. В. Морозова

**ОСОБЕННОСТИ РЕГИСТРАЦИИ
ВТОРИЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ ФЭУ**

Морозов В. А., Морозова Н. В.

P13-2012-126

Особенности регистрации вторичных импульсов ФЭУ

Рассмотрены особенности регистрации вторичных импульсов ФЭУ, обусловленных ионами обратной связи и временем высвечивания неорганических сцинтилляторов. Установлено, что при регистрации импульсов ФЭУ в токовом режиме необходимо учитывать помимо инструментального мертвого времени дискриминатора его динамическое мертвое время.

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

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2012

Morozov V. A., Morozova N. V.

P13-2012-126

Specific Features of PMT Secondary Pulse Detection

Specific features of pulse detection by the autocorrelation method are considered with application to PMT secondary pulses governed by processes of feedback ion detection or by scintillation time of inorganic scintillators. It is found that when detecting PMT pulses in the current mode, one should take into account not only the instrumental dead time of the discriminator, but also its dynamic dead time.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2012

Регистрация первичных (основных) импульсов ФЭУ всегда в той или иной мере сопровождается регистрацией вторичных импульсов. Вторичные импульсы могут быть инициированы различными процессами, происходящими в ФЭУ. К ним можно отнести наиболее часто встречающиеся: высокочастотные переходные процессы, шумовые, газоразрядные и процессы высвечивания сцинтилляторов.

Так как регистрация вторичных импульсов ФЭУ может приводить к неоднозначной интерпретации исследуемых физических процессов, то исследование временной и амплитудной корреляции вторичных импульсов по отношению к основным является актуальной задачей, цель которой заключается или в исключении регистрации вторичных импульсов, или в учете их влияния на конечный результат. Поэтому желательно выделить каждый из упомянутых выше процессов. Наиболее просто это сделать автокорреляционным методом с использованием временного спектрометра задержанных совпадений [1]. В рассматриваемой работе были проанализированы временные распределения как послеимпульсов ионной обратной связи, обусловленных газоразрядными процессами, так и высокочастотных импульсов, связанных с некорректным согласованием переходных цепей (рис. 1, *a, б*). В работе [2] было установлено, что шумовые импульсы, связанные с термоэлектронной эмиссией с фотокатода, производят два типа коррелированных во времени вторичных импульсов — импульсы ионной обратной связи и импульсы задержанной эмиссии динодов.

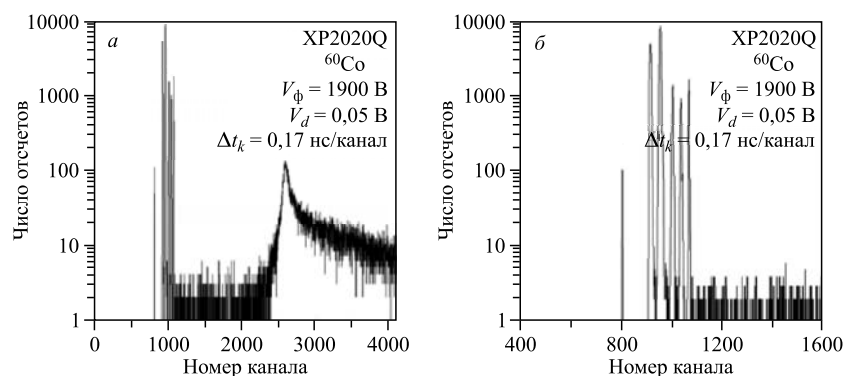


Рис. 1. Временное распределение высокочастотных импульсов и импульсов ионной обратной связи XP2020 [1]

Особую категорию вторичных импульсов представляют собой импульсы, связанные с высвечиванием неорганических сцинтиляторов. Если время высвечивания сцинтилятора превзойдет мертвое время дискриминатора, то будет регистрироваться не одиночный импульс, а цуг импульсов, характеризующих время высвечивания сцинтилятора. На рис. 2–4 представлены осциллограммы импульсов ФЭУ с анодной нагрузкой 50 Ом, которые характеризуют

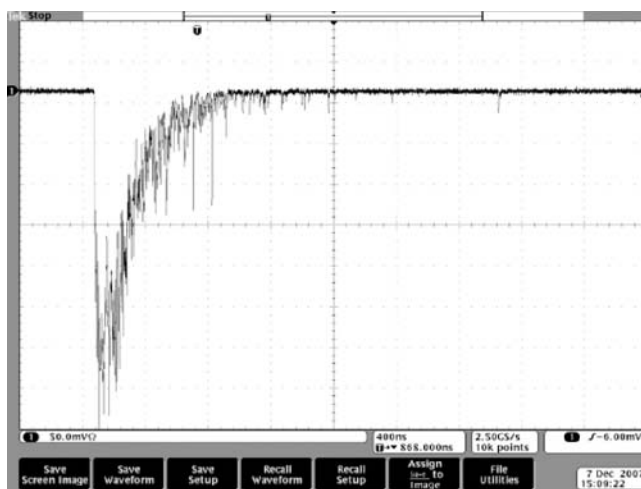


Рис. 2. Осциллограмма импульсов XP2020 с кристаллом NaI(Tl) ($\tau = 230$ нс)

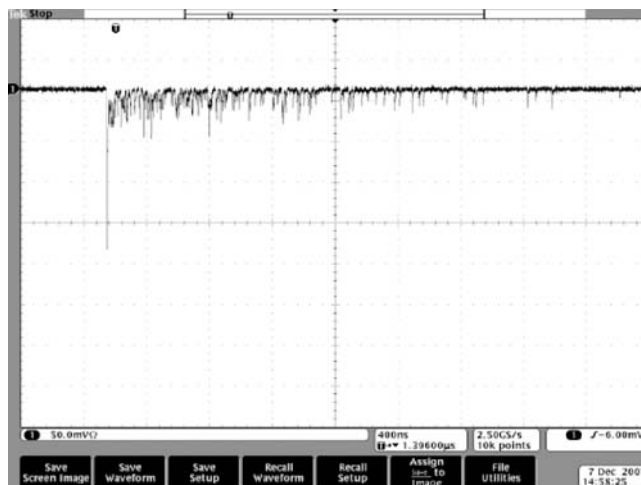


Рис. 3. Осциллограмма импульсов XP2020 кристаллом Cs(Tl) ($\tau = 1000$ нс)

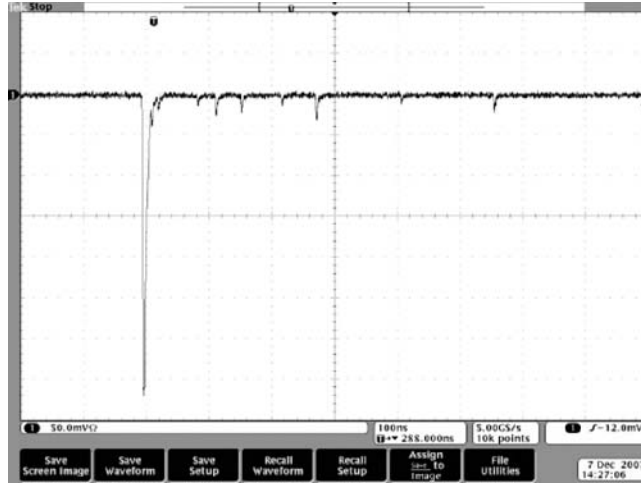


Рис. 4. Осциллограмма импульсов XR2020 с пластмассовым сцинтиллятором ($\tau = 2,4$ нс)

процесс люминесценции различных сцинтилляторов. Заметим, что при измерениях с пластмассовыми сцинтилляторами помимо того, что регистрируется одиночный импульс, видны также и послеимпульсы ионной обратной связи, амплитуды которых существенно меньше амплитуды основного импульса.

Был изучен процесс временного функционирования дискриминатора при работе с цугом импульсов. Были проведены исследования двух видов: с постоянным и с переменным мертвым временем дискриминатора. В измерениях использовался фотоумножитель XR2020 и дискриминатор фирмы ORTEC CFD-572, мертвое время которого t_d могло регулироваться от 20 до 1500 нс. Блок-схема аппаратуры, использованной в измерениях, приведена на рис. 5.

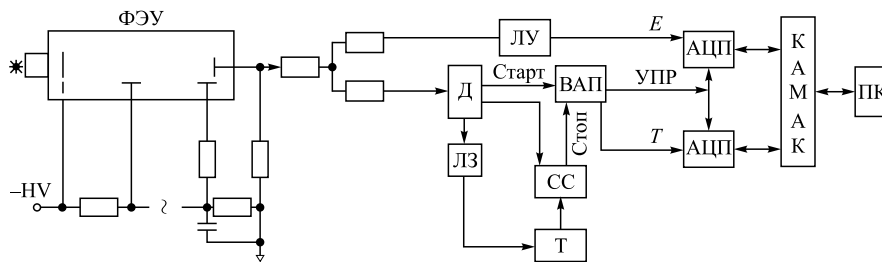


Рис. 5. Блок-схема автокорреляционного спектрометра задержанных совпадений

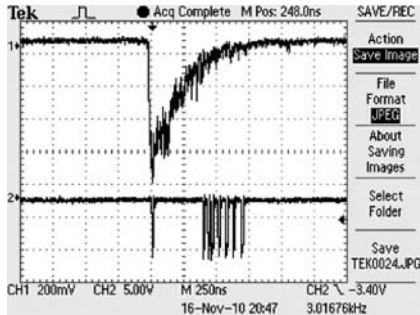


Рис. 6. Осциллограмма импульсов ФЭУ и дискриминатора от кристалла NaI(Tl)

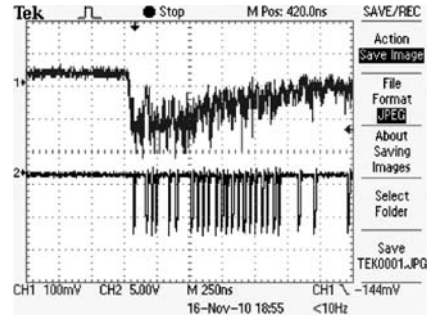


Рис. 7. Осциллограмма импульсов ФЭУ и дискриминатора от кристалла CsI(Tl)

На рис. 6 и 7 представлены осциллограммы измерений, характеризующие работу дискриминатора со сцинтилляторами NaI(Tl) и CsI(Tl), имеющими $\tau = 230$ и 1000 нс соответственно. Мертвое время дискриминатора составляло $t_d = 20$ нс, а длительность импульса с ФЭУ не превышала 5 нс. Существенным отличием работы дискриминатора с кристаллом NaI(Tl) по сравнению с кристаллом CsI(Tl) является большее влияние эффекта наложения одноэлектронных импульсов с момента начала регистрации, приводящего к блокировке дискриминатора. Этот эффект связан с меньшим временем высвечивания кристалла NaI(Tl). При этом чем больше амплитуда сигнала, тем на большее время блокируется дискриминатор. Поэтому в отличие от фиксированного инструментального мертвого времени дискриминатора t_d это

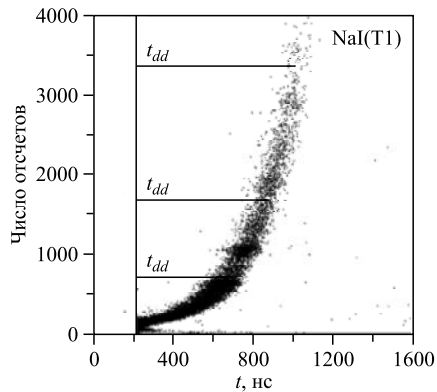


Рис. 8. Спектр $E-T$ -распределения, характеризующий динамическое мертвое время дискриминатора для кристалла NaI(Tl)

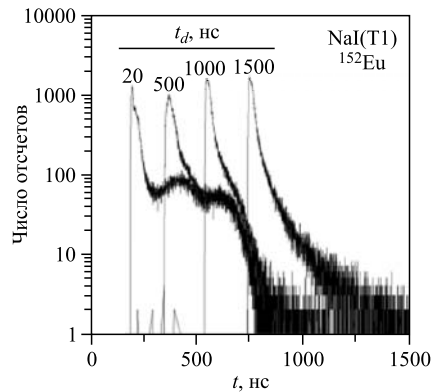


Рис. 9. Временные распределения вторичных импульсов ФЭУ с кристаллом NaI(Tl) при различных порогах t_d дискриминатора

время блокировки дискриминатора следует называть динамическим мертвым временем t_{dd} . Как оно изменяется в зависимости от энергии излучения, наглядно видно на рис. 8. Сигнал на АЦП (E) подавался с линейного усилителя, постоянная интегрирования которого выбиралась в зависимости от постоянной времени высвечивания сцинтиллятора. Так как вид распределения является экспоненциальным: $E = E_0 e^{t/\tau}$, где E_0 — минимальное пороговое значение энергии, для которого эффект блокировки дискриминатора отсутствует, то зависимость t_{dd} от времени высвечивания τ и E дается выражением $t_{dd} = \tau \cdot \ln \cdot E/E_0$.

Исключение многократного срабатывания дискриминатора от одноэлектронных импульсов сцинтилляторов с большим временем высвечивания достигается или путем интегрирования зарядов одноэлектронных импульсов, или путем увеличения мертвого времени дискриминатора. В последнем случае наблюдаются различные временные распределения срабатывания дискриминатора для одиночных импульсов и для цуга импульсов. Заметим, что оба подхода ведут к уменьшению быстродействия измерительной системы. Помимо этого измерения в токовом режиме временных распределений одноэлектронных импульсов (цуга импульсов) с последовательным увеличением мертвого времени дискриминатора приводят к обнаружению эффекта, связанного с блокировкой времяамплитудного преобразователя (ВАП), когда более ранний сигнал «стоп» блокирует регистрацию более поздних сигналов (рис. 9). Аналогичным образом происходит регистрация импульсов ФЭУ с кристаллом ВаF₂, медленная компонента высвечивания которого равна 600 нс (рис. 10). И только последовательное увеличение мертвого времени дискри-

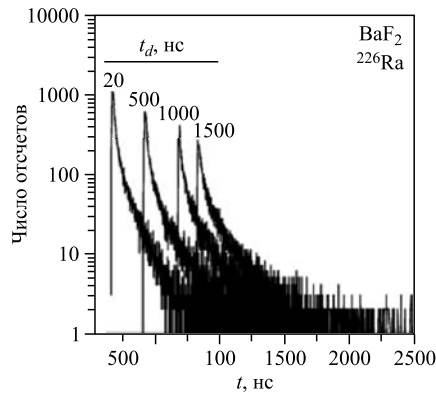


Рис. 10. Временные распределения вторичных импульсов ФЭУ с кристаллом ВаF₂ при различных порогах t_d дискриминатора

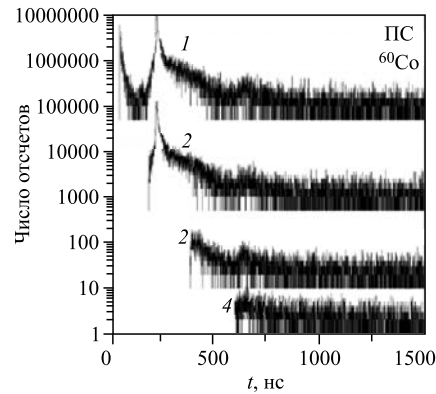


Рис. 11. Временные распределения вторичных импульсов ФЭУ от ионов обратной связи при различных порогах t_d дискриминатора

минатора позволяет зарегистрировать более поздние сигналы «стоп». Таким образом, только увеличение мертвого времени дискриминатора при использовании в схемах совпадений стандартного ВАП с однократным сигналом «стоп» и сцинтилляторов с большим временем высвечивания позволяет определить истинную картину моментов срабатывания дискриминатора в конце временного диапазона высвечивания сцинтиллятора. Фактически при регистрации цуга импульсов в зависимости от постановки эксперимента мы сталкиваемся с необходимостью решения двух проблем: регистрации истинного распределения вторичных импульсов и исключения их регистрации. Первая задача решается использованием ВАП с регистрацией многократных сигналов «стоп», и вторая — интегрированием зарядов одноэлектронных импульсов.

Другой характер работы дискриминатора при последовательном изменении его мертвого времени виден на примере регистрации одиночных импульсов от ионов обратной связи (рис. 11). В этом случае эффект наложения импульсов и блокировки регистрации сигналов от ВАП отсутствует и идет последовательное исключение вторичных импульсов по мере увеличения инструментального мертвого времени дискриминатора.

Таким образом, при планировании экспериментов с использованием методики задержанных совпадений и применением неорганических сцинтилляторов с большим временем высвечивания необходимо учитывать эффекты динамической блокировки регистрации событий как дискриминаторов, так и времяамплитудных преобразователей.

Авторы признательны В. Б. Бруданину за оказанную помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов В. А., Морозова Н. В. // ПТЭ. 1997. № 4. С. 26.
2. Морозов В. А., Морозова Н. В. Препринт ОИЯИ Р13-2012-82. Дубна, 2012.

Получено 29 ноября 2012 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 13.12.2012.

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

Усл. печ. л. 0,56. Уч.-изд. л. 0,67. Тираж 245 экз. Заказ № 57868.

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

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/