

P13-2012-82

В. А. Морозов, Н. В. Морозова

ВРЕМЕННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ
ИМПУЛЬСОВ ШУМА В ФЭУ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

Морозов В. А., Морозова Н. В.

P13-2012-82

Временная корреляция импульсов шума в ФЭУ

С помощью автокорреляционного временного спектрометра задержанных совпадений установлено два типа временной корреляции импульсов шума, связанных с фотокатодом и динодами ФЭУ. Изучены временные распределения шумовых импульсов в фотоумножителях XP2020, XP2232B, XP1021, ФЭУ-85, ФЭУ-87, ФЭУ-93, ФЭУ-130. Для некоторых типов ФЭУ установлено наличие экспоненциальной временной компоненты импульсов шума в наносекундном диапазоне.

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

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2012

Morozov V. A., Morozova N. V.

P13-2012-82

Time Correlation of Noise Pulses in a PMT

Two types of time correlation of noise pulses caused by the PMT photocathode and dynodes are established using the autocorrelation delayed-coincidence time spectrometer. Time distributions of noise pulses in the XP2020, XP2232B, XP1021, FEU-85, FEU-87, FEU-93, and FEU-130 photomultiplier tubes are investigated. An exponential time component of noise pulses with a nanosecond scintillation time is found in some types of PMTs.

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

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

С помощью автокорреляционного временного спектрометра задержанных совпадений установлено два типа временной корреляции импульсов шума, связанных с фотокатодом и динодами ФЭУ. Изучены временные распределения шумовых импульсов в фотоумножителях ХР2020, ХР2232В, ХР1021, ФЭУ-85, ФЭУ-87, ФЭУ-93, ФЭУ-130. Для некоторых типов ФЭУ установлено наличие экспоненциальной временной компоненты импульсов шума в наносекундном диапазоне.

Генерация шума сопутствует работе любого электронного регистрирующего прибора, в том числе и ФЭУ. Детальный анализ источников шума в фотоприемниках проведен в работе [1]. При работе ФЭУ в импульсном режиме наиболее существенными источниками шума являются: термоэлектронная эмиссия фотокатода и динодов, автоэлектронная эмиссия электродов и эмиссия, обусловленная воздействием как внешнего — космического, так и внутреннего радиоактивного излучения. Рассмотренные источники шума можно считать первичными, а процессы, приводящие к ионизации остаточных газов в ФЭУ или вакансий в динодах, — вторичными. Установление помимо энергии и интенсивностей шумовых импульсов причины их возникновения, а также места их генерации в ФЭУ является основной задачей их изучения. Так как шумовые импульсы связаны с прохождением электронов через ФЭУ, то они должны производить вторичные импульсы, связанные или с генерацией ионов обратной связи, или электронов, обусловленных задержанной эмиссией динодов. Поэтому следует ожидать наличия временной корреляции между импульсами шума и вторичными импульсами. Это подтверждается фактом временной корреляции между моментом засветки ФЭУ и появлением шумовых импульсов в диапазоне от микросекунд до многих часов. Цель нашей работы заключалась в поиске временной корреляции шумовых импульсов со вторичными импульсами в наносекундной области и выяснении роли фотокатода и динодов в этом процессе. Этот эффект может оказать существенное влияние на точность определения времени жизни короткоживущих ядерных или атомных состояний при регистрации низкоэнергетического излучения.

Так как полное исключение шума не представляется возможным, то определение источника шума и процессов, приводящих к генерации шумовых импульсов, позволяет принять соответствующие меры и в ряде случаев уменьшить влияние шума на результаты проводимых исследований. Такой источник шума, как токи утечки в анодной цепи ФЭУ, не будет оказывать существенного влияния на работу ФЭУ в импульсном режиме.

Наши исследования проводились с использованием автокорреляционного временного сцинтилляционного спектрометра [2]. Измерения проводились в

два этапа: вначале измерялся временной спектр шума без засветки фотокатода ФЭУ каким-либо источником света, затем регистрировался временной спектр импульсов при засветке фотокатода световыми импульсами или от светодиода, или от радиоактивного источника типа «сэндвич». Были проведены измерения шумовых импульсов фотоумножителей ХР2020, ХР2232В, ХР1021, ФЭУ-85, ФЭУ-87, ФЭУ-93 и ФЭУ-130. На рис. 1–7 приведены временные спектры, измеренные с засветкой и без засветки фотокатода ФЭУ. Измерение временных распределений производилось в диапазоне от 0 до 3 мкс. Наблюдение во временном спектре шума послеимпульсов (п.и.), обусловленных ионами обратной связи [3], образованными в фокусирующей камере ФЭУ, приводит к заключению, что эта категория импульсов шума генерируется термоэлектронами, испущенными фотокатодом. В тех случаях, когда интенсивность импульсов шума была мала, измерения временных распределений проводились при повышенном напряжении на ФЭУ или при более низком пороге дискриминатора.

Интересен факт наблюдения для некоторых ФЭУ экспоненциального распределения в наносекундном диапазоне (рис. 1–3) как в спектре шума, так и в режиме освещения ФЭУ. Этот факт может означать, что в фотокатод

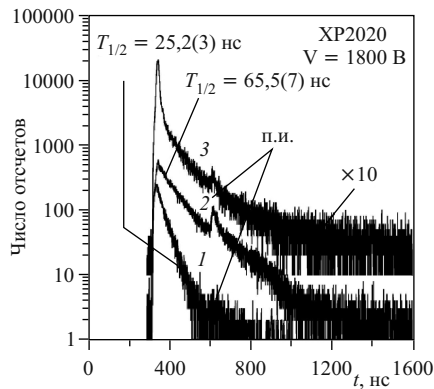


Рис. 1. Временные распределения коррелированных импульсов ХР2020 ($V_{\text{pmt}} = 1800$ В): 1 — временное распределение импульсов шума, порог регистрации $V_d = 2$ кэВ; 2 — измерение времени жизни состояния с энергией $E = 59,5$ кэВ в ^{237}Np ($V_d = 15$ кэВ); 3 — временной спектр, измеренный при распаде ^{241}Am ($V_d = 2$ кэВ). Материал динода — CuBe

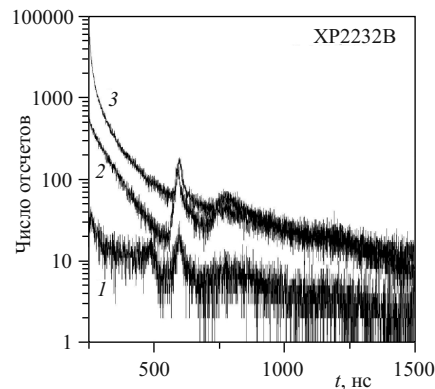


Рис. 2. Измерения с ХР2232 В ($V_{\text{pmt}} = 1900$ В) аналогичные измерениям с ХР2020: 1 — спектр шума ($V_d = 0,20$ В); 2 — измерение времени жизни состояния с энергией $59,5$ кэВ в ^{237}Np ($V_d = 1,00$ В); 3 — временной спектр шума и ^{241}Am ($V_d = 0,20$ В). Материал динода — CuBe

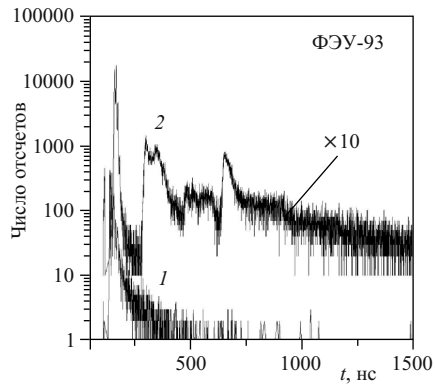


Рис. 3. Измерения временных распределений импульсов с ФЭУ-93 ($V_{\text{pmt}} = 1800$ В): 1 — спектр шума ($V_d = 0,08$ В); 2 — спектр п.и. при засветке фотокатода светодиоидом ($V_d = 0,10$ В). Материал динода — CuMg

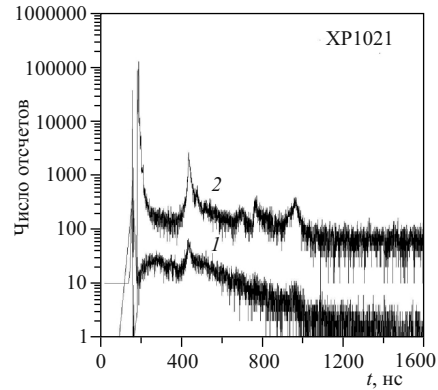


Рис. 4. Измерения временных распределений импульсов с XP1021 ($V_{\text{pmt}} = 1900$ В): 1 — спектр шума ($V_{\text{rmd}} = 0,10$ В); 2 — спектр п.и. ($V_d = 0,10$ В). Материал динода — CuBe

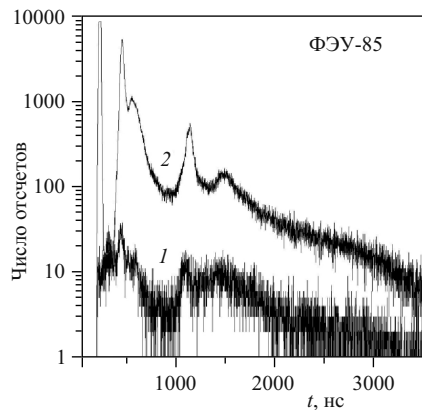


Рис. 5. Измерения временных распределений импульсов с ФЭУ-85 ($V_{\text{pmt}} = 900$ В): 1 — спектр шума ($V_d = 0,10$ В); 2 — спектр п.и. ($V_{\text{rmd}} = 0,10$ В). Материал динода — SbCs

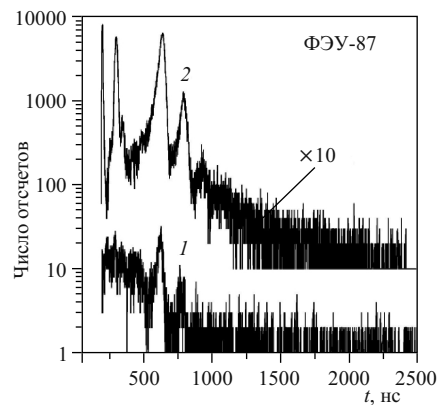


Рис. 6. Измерения временных распределений импульсов с ФЭУ-87: 1 — спектр шума ($V_{\text{rmd}} = 0,08$ В, $V_{\text{pmt}} = 1900$ В); 2 — спектр п.и. ($V_{\text{rmd}} = 0,10$ В, $V_{\text{pmt}} = 1800$ В). Материал динода — SbKCs

или динодах возбуждаются метастабильные состояния, разрядка которых после регистрации первичного электрона приводит к испусканию вторичного электрона, характеризующему время высвечивания метастабильного состоя-

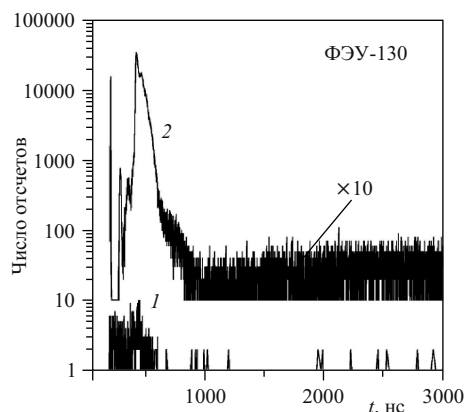


Рис. 7. Измерения временных распределений импульсов с ФЭУ-130: 1 — спектр шума ($V_{\text{rmd}} = 0,08 \text{ В}$, $V_{\text{pmt}} = 1900 \text{ В}$); 2 — спектр п.и. ($V_d = 0,10 \text{ В}$, $V_{\text{pmt}} = 1700 \text{ В}$). Материал динода — CuAlMg

ния. Таким образом, на генерацию импульсов шума влияют, очевидно, два процесса: во-первых, термоэмиссия электронов и, во-вторых, возбуждение метастабильных состояний. Как мы уже установили, источником термоэлектронов является фотокатод, а второй процесс в основном происходит в диодной системе ФЭУ, так как амплитуды экспоненциально распределенных импульсов меньше амплитуд импульсов ионной обратной связи, что является следствием меньшего коэффициента усиления импульсов, обусловленных диодной системой. На рис. 1 представлены, кроме временного спектра шума, результаты измерения периода полураспада состояния $59,5 \text{ кэВ}$ в ^{237}Np , полученные при различных порогах дискриминации в ~ 2 и 15 кэВ . Как видно, только при низком пороге происходит регистрация экспоненциального распределения, которое не имеет никакого отношения к разрядке известного изомерного состояния в ядре ^{237}Np .

При регистрации радиоактивного излучения происходит значительное увеличение экспоненциальной части временного распределения импульсов вследствие воздействия на диоды интенсивного электронного потока. Это можно оценить по отношению интенсивностей послеимпульсов ионной обратной связи к интенсивности экспоненциальной части послеимпульсов в XR2020 (рис. 1). Наличие экспоненциальной компоненты шума, наблюдающееся только в фотоумножителях XR2020, XR2232B, ФЭУ-93, возможно, связано с материалом динодов или с особенностями технологических процессов, используемых при изготовлении ФЭУ данных типов. Подобие временных спектров шума временным спектрам ионов обратной связи подтверждает роль фотокатода ФЭУ как источника одного из типов шумовых импульсов, генерируемых термоэлектронами, испущенными фотокатодом.

В результате проведенных исследований было установлено два типа временных корреляционных явлений шумовых импульсов: первый тип связан с испусканием термоэлектронов фотокатодом и ионизацией остаточных газов в ФЭУ и второй тип связан с возбуждением метастабильных состояний в диодной системе ФЭУ. Исключение влияния этих процессов достигается повышением порога регистрируемого излучения.

Авторы благодарны В. Б. Бруданину за содействие в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ветохин С. С. и др.* Одноэлектронные фотоприемники. М.: Энергоатомиздат. 1984. С. 20.
2. *Morozov V. A. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2002. V. 484. P. 225–232.
3. *Морозов В. А., Морозова Н. В.* // ПТЭ. 1997. № 4. С. 26.

Получено 12 июля 2012 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 11.09.2012.

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

Усл. печ. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,61. Тираж 245 экз. Заказ № 57754.

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

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/