

P13-2012-125

В. А. Морозов, Н. В. Морозова

ИЗУЧЕНИЕ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ФЭУ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Морозов В. А., Морозова Н. В.  
Изучение газоразрядных процессов  
в ФЭУ автокорреляционным методом

P13-2012-125

Изучено влияние разности потенциалов на электродах фокусирующих камер ХР2020, ФЭУ-85, ФЭУ-87, ФЭУ-93 на интенсивность послепульсов, возникающих вследствие газоразрядных процессов. Получены спектры зарядовых распределений этой категории импульсов.

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

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2012

Morozov V. A., Morozova N. V.  
Investigation of Gas Discharge Processes  
in PMTs by the Autocorrelation Method

P13-2012-125

The effect of the potential different at the focusing chamber electrodes of the FEU-85, FEU-87, and FEU-93 photomultipliers on the intensity of afterpulses resulting from gas discharge processes is investigated. With appropriately selected potentials, the number of recorded secondary pulses can be decreased. Charge distribution spectra are obtained for this sort of pulses, which gives a qualitative estimate of both the homogeneity of the charge and mass distribution of residual gases and the ion–electron emission coefficients.

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

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

Развитие газоразрядных процессов в ФЭУ связано с прохождением электронных потоков, возникающих при регистрации фотонного излучения. Происходящая при этом ионизация остаточных газов в ФЭУ приводит к дрейфу к фотокатоду или к диодам положительно заряженных ионов с последующей вторичной ион-электронной эмиссией электронов. Возникающие при этом послеимпульсы обладают двумя характерными особенностями: время их появления после прохождения основного сигнала определяется временем дрейфа ионов от места их образования до фотокатода и обычно составляет от десятков наносекунд до десятков микросекунд. Вторая особенность послеимпульсов этого типа заключается в существовании предела в их амплитудном (зарядовом) распределении, которое определяется величиной коэффициента вторичной ион-электронной эмиссии, зависящей от  $Z$ , массы и заряда ионов. Результаты исследования амплитудно-временной зависимости послеимпульсов, обусловленных ионной обратной связью, от амплитуды основного сигнала, а также зависимость скорости счета послеимпульсов от скорости счета основных импульсов представлены в работе [1]. Цель данной работы заключалась в оптимизации разности потенциалов на электродах в фокусирующей камере ФЭУ для обеспечения минимальной скорости счета послеимпульсов при максимальной амплитуде выходного сигнала, а также в анализе зарядового распределения послеимпульсов.

Измерения производились на автокорреляционном однокристалльном сцинтилляционном временном спектрометре трехмерных задержанных совпадений, блок-схема которого приведена на рис. 1. Были исследованы фото-

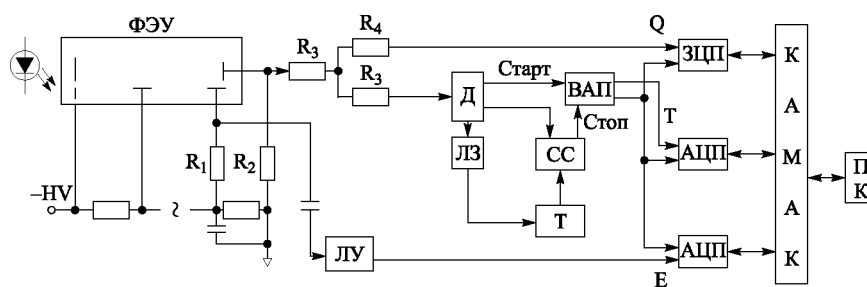


Рис. 1. Блок-схема автокорреляционного однокристалльного сцинтилляционного спектрометра трехмерных задержанных совпадений

умножители XR2020, ФЭУ-85, ФЭУ-87 и ФЭУ-93. В измерениях использованы блоки наносекундной электроники фирмы ORTEC — дискриминатор CFD-572 и времяамплитудный преобразователь ВАП — ТРНС-467. В качестве источника света использовался светодиод.

Подбор потенциалов в фокусирующей камере позволяет для некоторых типов ФЭУ подобрать режим, который обеспечивает максимальную амплитуду основного сигнала при минимальной скорости счета послеимпульсов. Проведенные ранее подобные исследования XR2020 и ФЭУ-130 показали [2], что наиболее ярким примером ФЭУ, позволяющего существенно понизить интенсивность послеимпульсов за счет подбора соответствующих потенциалов, является XR2020 (рис. 2). Очевидно, это происходит из-за того, что реализуются разные условия фокусировки для положительно заряженных ионов и для электронов. На том же рисунке приведены аналогичные характеристики для ФЭУ-85, ФЭУ-87 и ФЭУ-93. В этих исследованиях изменялась разность потенциалов в фокусирующих камерах —  $V_{ph-m}$ ,  $V_{ph-g}$  или  $V_{ph-d1}$  в зависимости от типа ФЭУ. При этом во всех случаях ток делителя оставался неизменным. Сравнение этих характеристик позволяет сделать вывод, что только

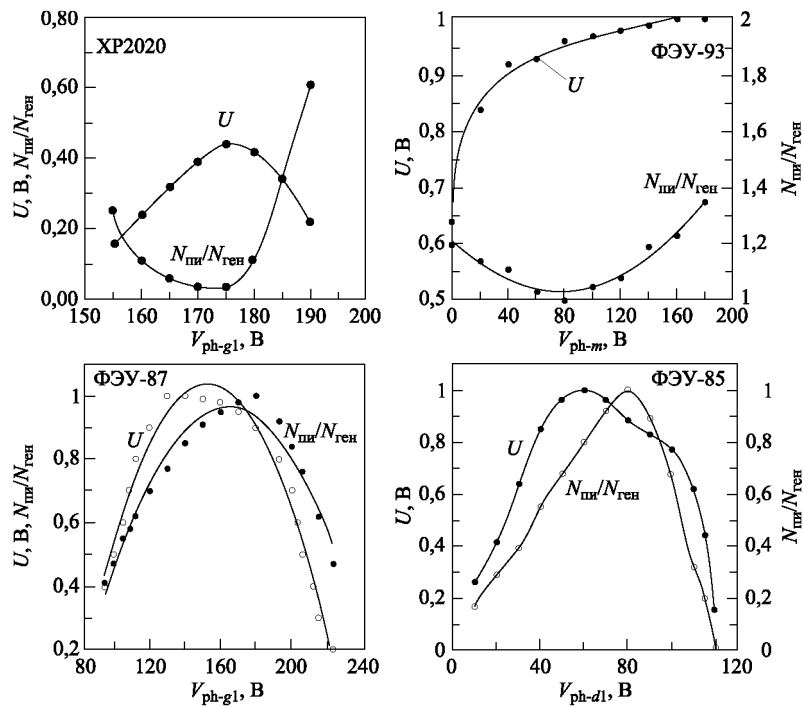


Рис. 2. Оптимизация фокусирующих потенциалов фотоумножителей

в ФЭУ-93 можно понизить интенсивность регистрируемых послеимпульсов в отличие от малогабаритных ФЭУ — ФЭУ-85 и ФЭУ-87, диаметр фотокатода которых равен 25 мм (у ХР2020 и ФЭУ-93 диаметр фотокатода равен 44 мм при большей длине фокусирующей камеры). Для ФЭУ-85 и ФЭУ-87, очевидно, труднее реализовывать разные условия фокусировки для электронов и ионов. Поэтому для этих ФЭУ выбор фокусирующих потенциалов требует принятия компромиссного решения. Однако следует заметить, что даже в этом случае увеличение порога дискриминатора позволяет исключить регистрацию послеимпульсов ионной обратной связи, если учесть постоянство максимальных амплитуд таких импульсов от амплитуд основных импульсов.

Особенно интересно рассмотрение временного распределения послеимпульсов ФЭУ-93, так как мы наблюдаем разное влияние межэлектродных потенциалов на дрейф ионов в фокусирующей камере. Так, при повышении потенциала  $V_{ph-m}$  ионы в диапазоне времен от 3 до 12 мкс ускоряются, а ионы в диапазоне 1,2–1,6 мкс замедляются (рис. 3). Наблюдение этого эффекта является свидетельством дрейфа ионов из разных частей ФЭУ.

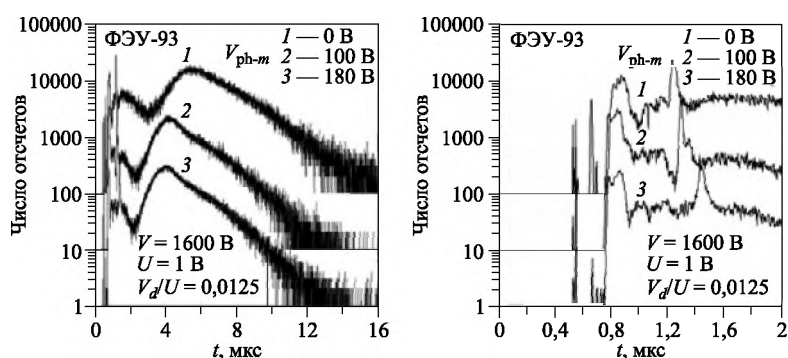


Рис. 3. Дрейф ионов в ФЭУ-93

На рис. 4–6 приведены спектры зарядовых распределений послеимпульсов  $Q(t)$  и их интенсивностей  $N(t)$  для ФЭУ-85, ФЭУ-87 и ФЭУ-93. Соответствующие распределения для ХР2020 приведены в качестве примера для сравнения на рис. 7. Распределения  $N(t)$  дают качественное представление о зарядовом и массовом распределении ионов, а распределение  $Q(t)$  свидетельствует о величине ион-электронного коэффициента вторичной эмиссии электронов фотокатода ФЭУ. При сравнении зарядовых спектров разных ФЭУ обращает на себя внимание то, что зарядовое распределение для ХР2020 более однородно, чем для других ФЭУ. Возможно, это связано с более совершенным технологическим процессом изготовления фотоумножителей этого типа. Интересен факт четкой локализации заряда по времени и величине

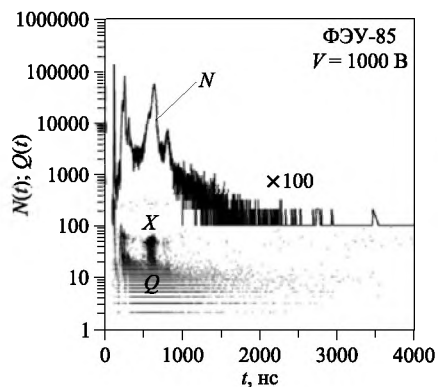


Рис. 4. Спектры интенсивностей  $N(t)$  и зарядовых распределений  $Q(t)$  послеимпульсов фотоумножителей ФЭУ-85

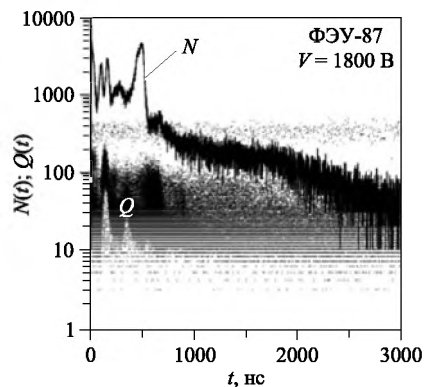


Рис. 5. Спектры интенсивностей  $N(t)$  и зарядовых распределений  $Q(t)$  послеимпульсов фотоумножителей ФЭУ-87

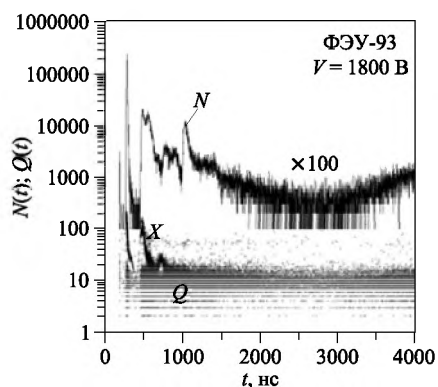


Рис. 6. Спектры интенсивностей  $N(t)$  и зарядовых распределений  $Q(t)$  послеимпульсов фотоумножителей ФЭУ-93

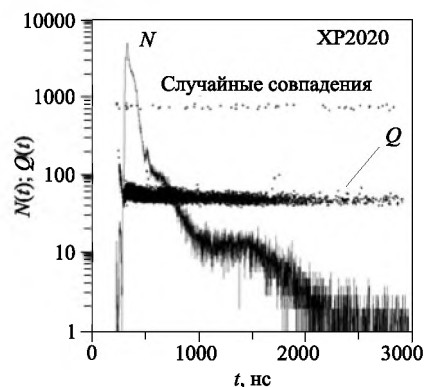


Рис. 7. Спектры интенсивностей  $N(t)$  и зарядовых распределений  $Q(t)$  послеимпульсов фотоумножителей ХР2020

для ФЭУ-85 и ФЭУ-93 (точки X). Это, возможно, связано с испусканием электронов за счет автоэлектронной эмиссии в определенной точке ФЭУ с последующей ионизацией остаточного газа в ФЭУ.

Результаты проведенных исследований позволяют констатировать, что при оптимизации разности потенциалов на электродах ФЭУ помимо энергетического и временного разрешения сцинтилляционного спектрометра следует обращать внимание и на интенсивность регистрируемых послеимпульсов, обусловленных ионами обратной связи. Уменьшение интенсивности послеимпульсов этого типа особенно важно при регистрации низкоэнергетического

излучения на уровне шумов или в измерениях времен жизни низкоэнергетических возбужденных состояний атомов или ядер. На примере результатов подбора разности потенциалов в ХР2020 и ФЭУ-85, ФЭУ-87 ФЭУ-93 было показано, что решение проблемы минимизации числа регистрируемых послепульсов путем регулирования фокусирующих потенциалов в малогабаритных ФЭУ затруднено. Для решения этой задачи использование ФЭУ больших размеров является предпочтительным. Дисперсия зарядовых распределений позволяет судить о зарядовом и массовом распределении остаточных газов в ФЭУ.

Авторы благодарны В. Б. Бруданину за помощь в проведении данных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Морозов В. А., Морозова Н. В.* // ПТЭ. 1997. №4. С. 97–101.
2. *Бруданин В. Б., Морозов В. А., Морозова Н. В.* // ПТЭ. 2004. №6. С. 69–76.

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. 0,5. Уч.-изд. л. 0,59. Тираж 245 экз. Заказ № 57869.

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

E-mail: [publish@jinr.ru](mailto:publish@jinr.ru)

[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)