

Н.В. Замятин, В.М. Клишкин, Г.В. Федотова, В.А. Чикуров

**ОДНОЭЛЕКТРОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ ЯРКОСТИ С ИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ СЕКЦИИ МИКРОКАНАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ**

Экспериментально оценены одноэлектронные характеристики усилителя яркости с импульсным питанием секции микроканального усиления (состоящей из двух микроканальных пластин), а именно: уровень шумовых сцинтилляций, счетная характеристика, распределение энергий фотоэлектронных сцинтилляций.

В ряде задач, связанных с регистрацией предельно слабых импульсных световых изображений (сигналов флуоресценции, комбинационного рассеяния и т. д.), с успехом применяют многоканальные счетчики фотонов (МСФ). При построении последних часто сочетают усилитель яркости с микроканальным усилением и телевизионную передающую трубку (ТПТ), причем временное стробирование обеспечивается подачей строб-импульса на микроканальную пластину (МКП) [1].

Каждый элемент разрешения МСФ по аналогии с ФЭУ, работающим в режиме счета одноэлектронных импульсов, можно характеризовать счетной характеристикой и амплитудным распределением импульсов (АРИ). Так как ТПТ способны считать световые потоки с динамическим диапазоном  $\delta \geq 10^2$  [2], то вид этих характеристик в большей степени определяет усилитель яркости. В работе [3] показано, что усилитель яркости с одной МКП из-за малой величины микроканального усиления имеет отрицательно-экспоненциальный характер распределения энергий фотоэлектронных сцинтилляций (РЭФЭС). Очевидно, МСФ, построенный на таком усилителе, будет иметь сходный вид АРИ, а значит, низкую эффективность счета фотонов.

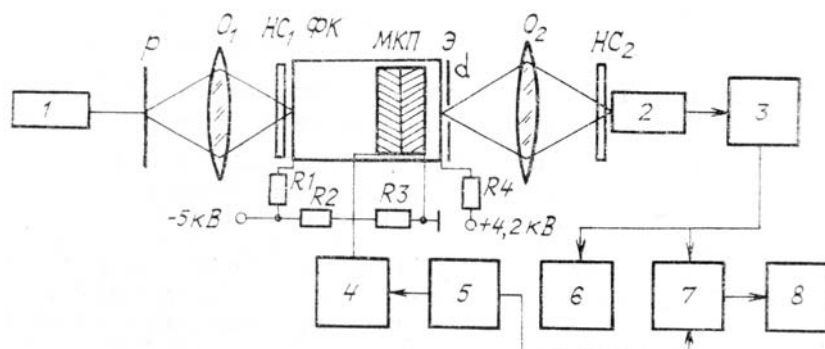


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки: Р — рассеиватель; ФК — фотокатод; Э — экран;  $d$  — диафрагма;  $O_1, O_2$  — объектив Гелиос-44;  $НС_1, НС_2$  — нейтральные светофильтры;  $R_2, R_3$  — омический делитель;  $R_1, R_4$  — ограничивающие резисторы; 1 — гелий-неоновый лазер ЛГН-105; 2 — ФЭУ-130; 3 — усилитель У2-8, 4, 5 — генераторы импульсного напряжения МГИН-5, Г5-15; 6 — осциллограф О-70; 7 — анализатор импульсов АИ-1024; 8 — двухкоординатный самописец ПДП4-002

Цель данной работы — оценить одноэлектронные характеристики усилителя яркости с двумя шевронно-уложенными МКП, дающими существенно большую величину микроканального усиления. Работа проводилась на экспериментальной установке, структурная схема которой приведена на рис. 1. Подробное ее описание дано в работе [3]. Изучаемый усилитель яркости имел рабочий диаметр фотокатода 14 мм, электронно-оптическое увеличение  $0,9 \div 1,1$ , разрешающую способность в статистическом режиме 21 пар.лин./мм в центре. Величина постоянного напряжения на сборке МКП задавалась омическим делителем и составляла величину  $U_{МКП}^0 \approx 500$  В. К постоянному напряжению на МКП добавлялось импульсное  $U_{МКП}^n$ , формируемое генератором МГИН-5, входящим в комплект лазерной установки ЛТИПЧ-7. Длительность импульсов по плоской части составляла 120 нс, длительность фронта и среза 30 нс. Амплитуда импульсов могла изменяться в пределах  $1,0 \div 1,6$  кВ, а частота повторения не превышала 500 Гц. Максимальная интенсивность лазерного излучения на фотокатоде усилителя яркости определялась нейтральным светофильтром  $НС_1$  и соответствовала регистрации на анализируемом участке экрана ( $\varnothing = 1$  мм) девяти фотоэлектронных сцинтилляций за десять строб-импульсов. ( $n = K_{сц}/K_{стр} \approx 0,9$ ).

Энергия сцинтилляций, регистрируемая ФЭУ = 130 с явно выраженным пиком в АРИ, оценивалась в фотонах по приближенному соотношению

$$E_{\text{сц}} \approx (\kappa_1 \kappa_2 \kappa_3)^{-1} \cdot \frac{U_{\text{сц}} \cdot \tau_{\text{сц}}}{U_{\text{од}} \cdot \tau_{\text{од}}},$$

где  $U_{\text{сц}}$ ,  $\tau_{\text{сц}}$  — амплитуда и длительность импульсов напряжения на выходе ФЭУ, вызванных фотоэлектронными сцинтилляциями ( $U_{\text{сц}}$ ,  $\tau_{\text{сц}}$  — оценивались осциллографом);  $U_{\text{од}}$ ,  $\tau_{\text{од}}$  — амплитуда и длительность одноэлектронного импульса, ФЭУ соответствующего пику АРИ;  $\kappa_1$  — квантовая эффективность ФЭУ;  $\kappa_2$  — коэффициент пропускания нейтрального светофильтра НС<sub>2</sub>;  $\kappa_3 \approx 0,01$  — эффективность перебрасывающей оптики (объектив Гелиос-44, установленный на двойном фокусном расстоянии).

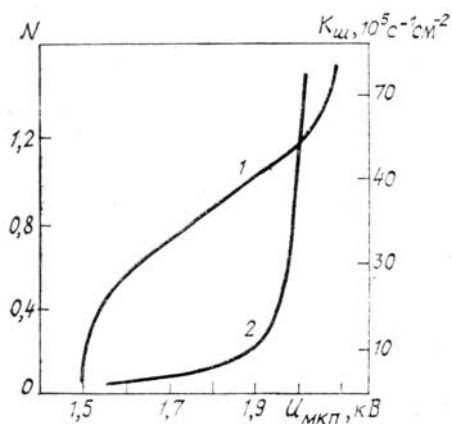


Рис. 2. Зависимость нормированного числа фотоэлектронных сцинтилляций  $N(1)$  и интенсивности шумовых сцинтилляций  $K(2)$  от  $U_{\text{МКП}}$

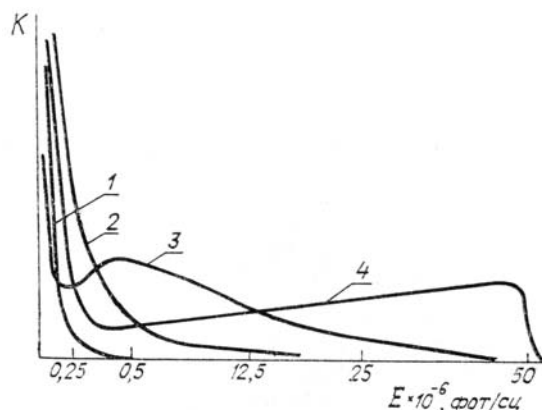


Рис. 3. Зависимость числа фотоэлектронных сцинтилляций  $K$  от  $E$  (РЭФЭС): 1 —  $U_{\text{МКП}} = 16$  кВ; 2 —  $U_{\text{МКП}} = 1,7$  кВ; 3 —  $U_{\text{МКП}} = 1,9$  кВ; 4 —  $U_{\text{МКП}} = 2,1$  кВ

На рис. 2 представлены экспериментально полученные зависимости числа фотоэлектронных сцинтилляций от суммарного напряжения на сборке МКП  $U_{\text{МКП}} = U_{\text{МКП}}^0 + U_{\text{МКП}}^n$ : при лазерной подсветке фотокатода (кривая 1) и при полном затемнении фотокатода (кривая 2, шумовые сцинтилляции). Число сцинтилляций в единицу времени, превысивших заданный энергетический порог, здесь и далее определялось анализатором импульсов, который работал в режиме счета импульсов. Как видно из полученных результатов, при  $U_{\text{МКП}} \geq 1,6$  кВ происходит уверенный выход на плато счетной характеристики. Однако напряжение на сборке не должно превышать 2,0 кВ, иначе резко возрастает интенсивность шумовых сцинтилляций и возможно разрушение блока МКП. Таким образом, суммарное напряжение должно лежать в диапазоне  $U_{\text{МКП}} \approx 1,6 \div 2,0$  кВ.

На рис. 3 представлено семейство РЭФЭС для выбранного диапазона напряжений, построенное на основе распределения амплитуд сцинтилляций, полученных анализатором импульсов, а также на основе известной зависимости их длительности от амплитуды и в предположении, что интенсивность сцинтилляции  $E_{\text{сц}} \approx \frac{1}{2} U_{\text{сц}} \cdot \tau_{\text{сц}}$ .

Рисунок показывает изменение вида РЭФЭС от отрицательно-экспоненциального (1, 2) к одногорбому (3) и далее аномальному (4), характеризующемуся внутренними пробоями в МКП и соответственно резким возрастанием уровня шумов. Очевидно, оптимальным является небольшой диапазон напряжений вблизи  $U_{\text{МКП}} \approx 1,9$  кВ, т. к. в этом случае формируется одногорбый вид РЭФЭС, со средним значением энергии сцинтилляции  $\bar{E}_{\text{сц}} \approx 5 \cdot 10^6$  фот, сравнительно небольшой уровень шумовых сцинтилляций  $N_{\text{ш}} \approx 9,3 \cdot 10^5$  сц/с · см<sup>2</sup> и плато счетной характеристики. Необходимо отметить, что при  $U_{\text{МКП}} \approx 1,9$  кВ интенсивность сцинтилляций лежит в пределах от  $2,5 \cdot 10^5$  фот (долина распределения) до  $30 \cdot 10^6$  (вероятность появления которых в десять раз меньше вероятности появления  $\bar{E}_{\text{сц}}$ ), что вполне достаточно для считывания их высокочувствительными ТПТ [4]. Известно, что в МКП возможен эффект насыщения [5], характеризующийся уменьшением микроканального усиления, который в данном случае возникает, если среднее время между строб-импульсами равно или меньше постоянной времени RC поверхностного слоя канала. Очевидно, эффект насыщения должен изменить вид РЭФЭС. На рис. 4 представлены РЭФЭС, соответствующие трем различным нагрузкам МКП:  $n = K_{\text{сц}}/K_{\text{стр}}$ ,  $U_{\text{МКП}} \approx 1,95$  кВ и частоте повторения строб-импульсов  $F_{\text{стр}} = 400$  Гц. Результаты показывают, что РЭФЭС существенно не изменяется даже в случае предельной, для нашего эксперимента, загрузки  $n = 0,95$ .

Полученные результаты показывают, что усилитель яркости с двумя шевронно-уложенными МКП позволяет создать на его основе МСФ, имеющий плато счетной характеристики и одnogорбый вид АРИ. Однако большой динамический диапазон интенсивностей фотоэлектронных сцинтилляций  $\approx 10^2$  приводит к многократным считываниям одних и тех же сцинтилляций за счет неполного считывания заряда мишени за один кадр (например, для изокона ЛИ-801 при однократном освещении фотокатода амплитуда видеосигналов в первых трех кадрах относится друг к другу приблизительно как 4:2:1 [4]). Очевидно, многократное считывание сцинтилляций резко снижает эффективности счета фотонов МСФ. Поэтому необходимо либо отводить не менее десяти телевизионных кадров на стирание мишени ТПТ (в ущерб экспрессности измерений), либо применять форсированный режим стирания мишени, либо уменьшать динамический диапазон сцинтилляций, используя усилитель яркости с тремя и более МКП. При этом необходимо учитывать обратно пропорциональную зависимость между величиной микроканального усиления и временем восстановления МКП.

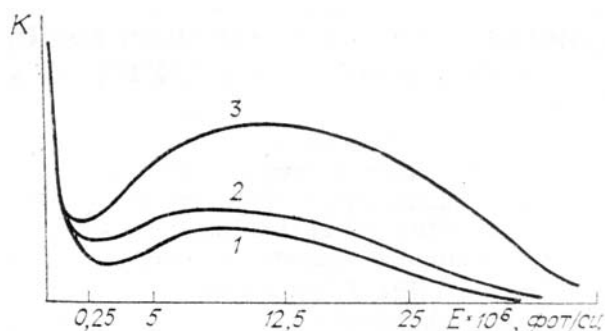


Рис. 4. Зависимость числа фотоэлектронных сцинтилляций  $K$  от  $E$  (РЭФЭС): 1 —  $n \approx 0,2$ ; 2 —  $n \approx 0,45$ ; 3 —  $n \approx 0,95$

1. Ганичев В.А., Елкин С.К., Зайдель Р.Н. и др. // Приборы и техника эксперимента. 1987. № 5. С. 152.
2. Петраков А.В., Харитонов В.М. Высокоточные телевизионные комплексы для измерения быстропротекающих процессов. М.: Атомиздат, 1979. С. 68.
3. Замятин Н.В., Климкин В.М., Чикуров В.А. // Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. № 3. С. 104.
4. Вайнер Ю.Г., Господинов Г.А., Малявкин Л.П. и др. // ЖПС. 1977. Т. XXVI. Вып. 5. С. 919.
5. Архипова Т.А., Белошеев В.К., Купцова Э.Г. и др. // Приборы и техника эксперимента. 1984. № 2. С. 163.

Институт оптики атмосферы СО АН СССР,  
Томск

Поступило в редакцию  
7 февраля 1989 г.

N.V. Zamyatin, V.M. Klimkin, G.V. Fedotova, V.A. Chikurova. **Single-Electron Response of an Image Intensifier with a MicroChannel Electron Multiplier Section Energized by a Pulsed Power Source.**

The paper deals with the experimental assessments of such single-electron characteristics of an image intensifier with a pulsed power supply of the microchannels electron multiplier section as: noise scintillations level; count rate-to-voltage characteristic; energy distribution of the photoelectron scintillations.