

С учетом снижения чувствительности ф. э. у. при его охлаждении до температуры -70°C указанному числу фотоэлектронов с фотокатода соответствует световой поток $2 \cdot 10^{-15}$ лм.

Таким образом, проведенные измерения показали, что наилучшим оказался ФЭУ-64, который с успехом может применяться для регистрации очень слабых световых потоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. О. Чечик, Докл. АН СССР, 1947, 56, 2, 157.

2. R. Engstrom, J. Opt. Soc. America, 1947, 37, 6, 420.
3. K. Haye, J. phys. et radium, 1963, 24, 86.
4. J. A. Baiker, IRE Trans. Nucl. Sci., 1960, NS-7, № 2-3, 74.
5. B. M. Young, L. P. Cooper, Trans. Illumin. Engng. Soc., 1959, 24, 1, 46.
6. R. V. Murray, J. J. Manning, IRE Trans. Nucl. Sci., 1960, NS-7, № 2-3, 80.
7. А. Л. Ошерович, Б. М. Глуховский, Н. С. Шпаков, ПТЭ, 1962, № 1, 149.
8. Г. Н. Полякова, А. И. Попов, Я. М. Фогель, Радиотехника и электроника, 1965, X, 5, 929.

УДК 621.383.292

ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ УМНОЖИТЕЛЬ С ТОРОИДАЛЬНЫМИ ЭМИТТЕРАМИ (ФЭУ-30)

А. Г. БЕРКОВСКИЙ, В. Г. ГУСЕЛЬНИКОВ, А. П. ОНУЧИН

Московский электроламповый завод

(Получено 14 июля 1964 г.)

Описан временной фотоэлектронный умножитель с тороидальной умножительной системой, впервые примененной для ф. э. у. серийного производства. Сообщаются конструктивные особенности, параметры и характеристики прибора.

1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Схема умножительной системы на тороидальных эмиттерах, представляющих собой поверхности вращения профиля ковшеобразного эмиттера вокруг центральной оси системы, показана на рис. 1. Этот тип умножитель-

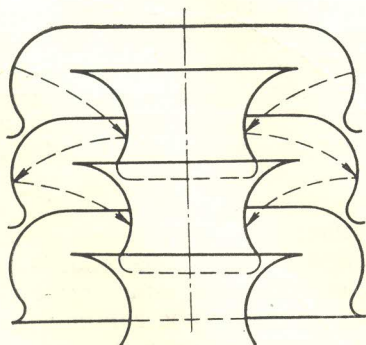


Рис. 1. Схема умножительной системы на тороидальных эмиттерах

ных систем обладает по сравнению с системами других типов рядом существенных преимуществ: значительно большая поверхность эмиттеров при тех же габаритах прибора; больший диаметр входного окна диафрагмы, облегчающий сбор фотоэлектронов на первый эмиттер; отсутствие острых боковых краев, способствующих возникновению автоэлектронной компоненты темнового тока; отсутствие бокового рассеяния электронов [1]. Недостаток тороидальных систем (сложность сборки) удалось преодолеть после того, как была разработана конструкция крепления внутренних эмиттеров на кольцевых экранах. Наружные эмиттеры также крепятся на кольцевых экранах, и вся система собирается на четырех стеклянных стержнях. Расстояния между эмиттерами задаются кольцевыми стеклянными прокладками, надеваемыми на стержни между экранами.

Первый эмиттер имеет вид конуса, укрепленного на диафрагме, отделяющей катодную камеру от умножительной системы.

Анод выполнен в виде цилиндрической сетки, расположенной вблизи поверхности последнего эмиттера. Для улучшения сбора вторичных электронов с предпоследнего эмиттера на последний применяется специальный экран. Умножительная система состоит из 14 каскадов. Эмиттеры изготавливаются из алюминий-магниевого сплава.

Для создания высоких градиентов потенциала у фотоэмиттирующей поверхности и получения изохронных траекторий фотоэлектронов в катодную камеру введены два ускоряющих электрода. Их профили подобраны моделированием на электронном траектографе. Катод нанесен на сферическую часть торцевой поверхности колбы. Наружная часть этой поверхности для удобства сочленения со сцинтиллятором сделана плоской. Диаметр фотокатода — 50 мм. Умножитель имеет бесцокольное оформление, его габариты: ϕ 67, длина колбы 180 мм. Все электроды выведены на двадцатиштырьковую ножку.

2. ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

ФЭУ-30 содержат сурьмяно-цезиевые фотокатоды, область спектральной чувствительности которых простирается от 3500 до 6000 Å. Средняя чувствительность катодов равна 65 мкА/лм, распределение партии ФЭУ-30 по катодной чувствительности показано на рис. 2. Умножительная система ФЭУ-30 обеспечивает усиления до 10^9 при напряжении 3 ÷ 3,5 кВ.

При измерении временных параметров для засветки фотокатодов использовались иск-

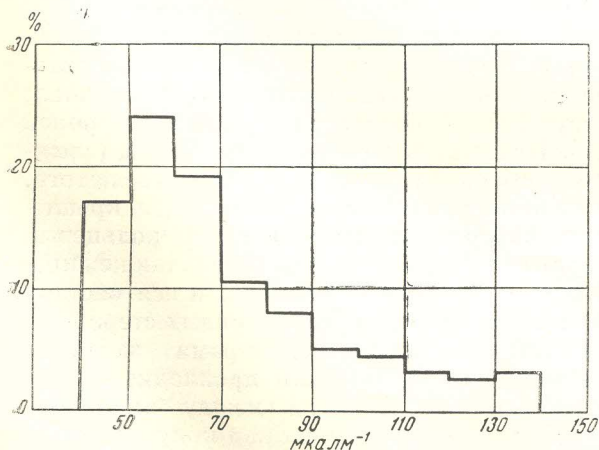


Рис. 2. Распределение партии ФЭУ-30 по чувствительности фотокатодов

ровые генераторы с длительностью световых импульсов на полувысоте не более 2 нсек. Выходные импульсы ф. э. у. подавались непосредственно на пластины электронно-лучевой трубки.

На нескольких экземплярах ф. э. у. был подобран делитель напряжения питания (рис. 3, а), особенностью которого является отсутствие шунтирующих емкостей. Все остальные ф. э. у. проверялись в этом стандартном режиме. При использовании осциллографа с собственным временем нарастания 1,2 нсек импульсы имели следующую форму: время нарастания от 0,1 до 0,9 амплитуды $\tau_{\phi} \approx 2,5 \div 3,0$ нсек; ширина импульсов на полувысоте $\tau_{0,5} = 5 \div 7$ нсек; ширина импульсов на уровне 0,1 амплитуды $\tau_{0,1} = 12 \div 15$ нсек. Измерения проводились при амплитудах импульсов 10 ÷ 15 в на нагрузке 75 ом.

Шунтирование последних эмиттеров емкостями (рис. 3, б) позволяет получить значительно большие амплитуды, но приводит к появлению послеимпульсного колебательно-го процесса с периодом 6 ÷ 7 нсек. Наиболее узкий импульс имел в этом режиме $\tau_{\phi} = 2,5$ нсек, $\tau_{0,5} = 4$ нсек, $\tau_{0,1} = 7$ нсек. При этом амплитуда первого послеимпульсного выброса равнялась ~ 25% от амплитуды основного импульса. С делителем без емкостей амплитуды выбросов не превышают 5% амплитуды основного импульса. Послеимпульсный колебательный процесс можно устранить, включив в цепи последнего эмиттера и анода гасящие сопротивления ~ 50 ÷ 60 ом. Фронт и амплитуда импульсов при этом существенно не меняются, а амплитуда выбросов не превышает 10%.

Максимальный разброс времен пролета фотоэлектронов при засветке различных участков катода, измеренный с пятном ϕ 5 мм, не превышал 0,5 нсек. Полное время пролета при напряжении 2500 в равно ~ 40 нсек. Амплитудное разрешение с кристаллом NaJ(Tl) и препаратом Cs¹³⁷ у 30 измеренных ф. э. у. лежало в пределах от 10 до 15%.

Источником световых импульсов при измерении шумов и стабильности являлся стильбен, облучаемый γ -квантами Cs¹³⁷. На ф. э. у. подавалось такое напряжение, чтобы амплитуда выходных импульсов на нагрузке 75 ом равнялась 5 и 10 в. Соответствующие напряжения обозначались U_5 и U_{10} . Для различных экземпляров эти напряжения ле-

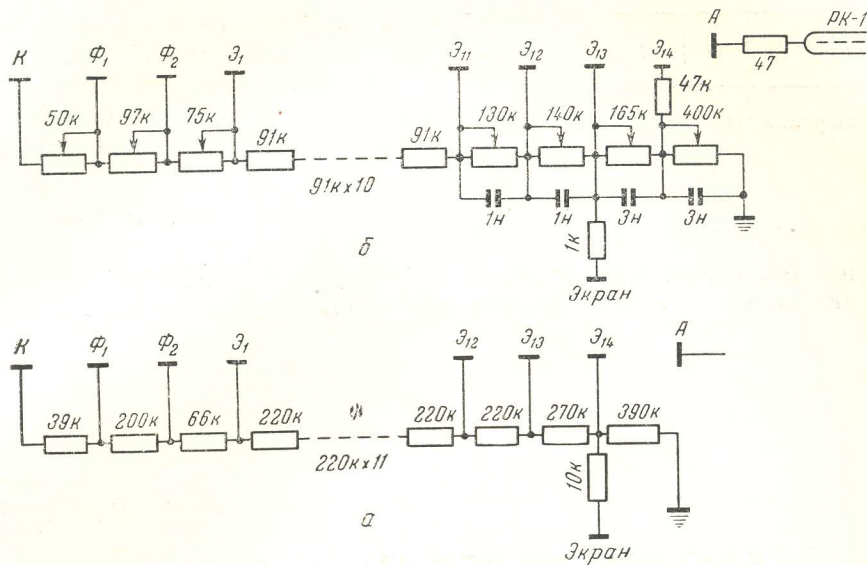


Рис. 3. Делители напряжения питания ФЭУ-30

жали в пределах $U_5 = 2200 \div 2500$ в, $U_{10} = 2350 \div 2900$ в. При напряжении U_5 энергетический эквивалент шумов по стильбену лежал в пределах от 5 до 15 кэв, а темновые токи — от 0,01 до 0,7 мка. При напряжении U_{10} эти параметры были равны $5 \div 20$ кэв и $0,03 \div 2$ мка.

Стабильность амплитуды выходных импульсов определялась при помощи амплитудного дискриминатора ААДО-1 в интегральном режиме измерителя скорости счета. Порог дискриминации был выбран так, что изменение коэффициента усиления ф. э. у. на 1% вызывало изменение скорости счета на 4%. Ф. э. у. работали при напряжении U_{10} при загрузке $5 \cdot 10^3$ имп/сек. Стабильность амплитуды выходного сигнала через 15 мин после подачи напряжения на ф. э. у. составляла $2 \div 7\%$ в течение 8 ч работы. Если время установления считать равным 60 мин, то стабильность равнялась $1 \div 4\%$.

Для контроля уровня сигнала в течение нескольких дней записывался уровень сигнала в конце каждого дня. В течение четырех дней различие амплитуды, устанавливающейся к концу дня, не превышало $2 \div 5\%$. Кроме того, была проверена стабильность усиления ф. э. у. после кратковременных засветок без напряжения. После выключения высокого напряжения и освещения ф. э. у. в течение 5 мин дневным светом амплитуда сигнала у большинства ф. э. у. восстанавливалась с точностью до 1% через

$1 \div 5$ мин, у отдельных экземпляров — через 30 мин.

Для изучения влияния загрузки на амплитуды выходных импульсов на фотокатод ставился полированный пластический сцинтиллятор, облучаемый γ -квантами Co^{60} с загрузкой $5 \cdot 10^3$ имп/сек. Над ним устанавливался полупроводниковый (карбид кремния) источник света, через который пропускался постоянный ток. Напряжение на умножителе выбиралось так, чтобы амплитуда выходных импульсов на нагрузке 75 ом равнялась 5 в. При этом с выключенным источником постоянной подсветки анодный ток ф. э. у. равнялся 2 мка. Для исключения перераспределения напряжений при больших выходных токах последние три каскада питались от отдельных выпрямителей. Включение света вызывало изменение амплитуды выходного импульса. Когда амплитуда достигала стабильного значения, свет выключался. Такая процедура совершалась несколько раз при разных величинах анодных токов. За параметр, характеризующий стабильность, принималось отношение максимальной амплитуды к минимальной I_{\max} / I_{\min} из серии измерений с одной подсветкой. За время установления τ принимался интервал времени от момента включения (или выключения) света до момента, когда амплитуда отличается от установившегося значения на 1,5%. Данные одного из проверенных ф. э. у. приведены в таблице.

$I_a, \text{ мка}$	40	170	400	1200
Эквивалентная нагрузка, <i>имп/сек</i>	10^5	$4 \cdot 10^5$	10^6	$3 \cdot 10^6$
$I_{\text{макс}}/I_{\text{мин}}$	5	9	11	20
$\tau, \text{ мин}$	1	2	10	30

Для сравнения были испытаны по той же методике два экземпляра ФЭУ-36. В сред-

нем ФЭУ-36 выдерживают загрузки в 3 ÷ 5 раз меньше, чем ФЭУ-30.

В заключение благодарим В. Н. Баева, А. И. Белавина, С. Г. Дукора и В. И. Ободзинского за участие в измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Берковский, В. Г. Гусельников, Ф. Е. Шаповалов, Изв. АН СССР, серия физ., 1963, XXVII, № 7, 932.

УДК 621.317.794:621.378.325

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИЗЛУЧЕНИЯ О. К. Г.

А. А. БЕСШАПОШНИКОВ, А. Е. ВОЛОШИН, И. Х. КУЧУБЕРИЯ

Физико-технический институт ГКАЭ, Сухуми

(Получено 10 августа 1964 г.)

Описан прибор для измерения выходной энергии импульсных оптических квантовых генераторов (о. к. г.) в диапазоне 0,01 ÷ 10 дж. Прибор состоит из болометра типа «Крысиное гнездо» и стабильного калиброванного усилителя на полупроводниковых триодах. Выходной сигнал регистрируется осциллографом.

Задача измерения энергии излучения о. к. г. за последние годы решалась многими исследователями [1—7]. Наиболее удобным методом для измерения средних и больших энергий является метод, основанный на поглощении излучения черным телом (металлическим конусом или проволокой), так как он не нуждается в ослаблении излучения о. к. г. и позволяет вести измерения при обычном освещении.

Ниже описан прибор для измерения энергии излучения импульсных о. к. г., блок-схема которого дана на рис. 1. В качестве чувствительного элемента использован болометр типа «Крысиное гнездо» [7]. В работе

[7] показано, что при неизменной по длине площади поперечного сечения проволоки и при условии, что теплоемкость и температурный коэффициент сопротивления не зависят от температуры, изменение сопротивления проволоки прямо пропорционально полной поглощенной энергии о. к. г. и не зависят от распределения ее в массе проволоки. Учитывая сказанное, можно записать

$$E = 4,19S^2\gamma C \Delta R/\alpha\rho, \tag{1}$$

где $E, \text{ дж}$ — поглощенная энергия излучения; $S, \text{ мм}^2$ — поперечное сечение проволоки; $\gamma, \text{ г/см}^3$ — удельная плотность проволоки; $C, \text{ кал/г}^\circ\text{C}$ — удельная теплоемкость проволоки; $\alpha, \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ — температурный коэффициент сопротивления; $\rho, \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ — удельное сопротивление проволоки; $\Delta R, \text{ ом}$ — изменение сопротивления проволоки.

Болометр представляет собой стеклянный откачанный баллон с посеребренными стенками (типа сосуда Дьюара), внутри которого в виде полости уложена медная эмалированная проволока $\phi 0,07 \text{ мм}$ (по эмали). Под-

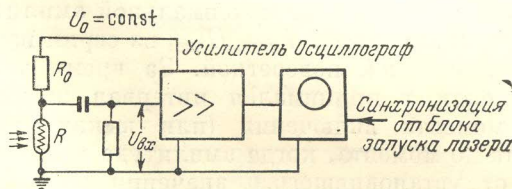


Рис. 1. Блок-схема прибора