

С. Ф. РОДИОНОВ и А. Л. ОШЕРОВИЧ

О ВТОРИЧНО-ЭЛЕКТРОННОМ СЧЕТЧИКЕ ФОТОНОВ

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 12 VI 1950)

За последнее десятилетие в качестве счетчика быстрых частиц и фотонов стали широко применяться изобретенные в СССР Л. А. Кубецким вторично-электронные трубки (ФЭУ).

Применение ФЭУ как счетчика фотонов для измерения малых интенсивностей света в видимой области спектра является для некоторых областей науки и техники весьма актуальной задачей. Применение для этой цели газоразрядных счетчиков (¹⁻³), давшее столь хорошие результаты для ультрафиолетовой области спектра, в видимой области спектра встречает трудности из-за необходимости сочетания легко разрушаемых сложных фотокатодов (оксидно-цезиевый, сурьмяно-цезиевый и др.) и больших плотностей тока в режиме самостоятельного разряда.

Принцип вторично-электронного счетчика фотонов состоит в том, что ФЭУ используется в режиме, когда число импульсов на его выходе в темноте сравнительно мало (до 100 в минуту) и „видимые“ фотоны, воздействуя на фотокатод, вырывают из последнего фотоэлектроны. Последующее счетно-усилительное устройство усиливает и считает импульсы, создаваемые этими отдельными фотоэлектронами.

Еще в 1940 г. один из авторов (⁴), охлаждая ФЭУ Кубецкого с оксидно-цезиевым катодом, снизил темновую эмиссию фотокатода до 20—30 электронов в минуту, что позволило вести счет фотоэлектронов. Бай (⁵), охлаждая жидким воздухом оксидно-цезиевый ФЭУ, снизил темновой фон фотокатода до 1 электрона в минуту. При таком темновом фоне Бай получил возможность регистрировать количество света до 130 „видимых“ фотонов длины волны $\lambda = 5300 \text{ \AA}$.

В настоящей работе описывается устройство для счета „видимых“ фотонов ($\lambda = 3600 - 6500 \text{ \AA}$), пригодное для измерения световых пото-

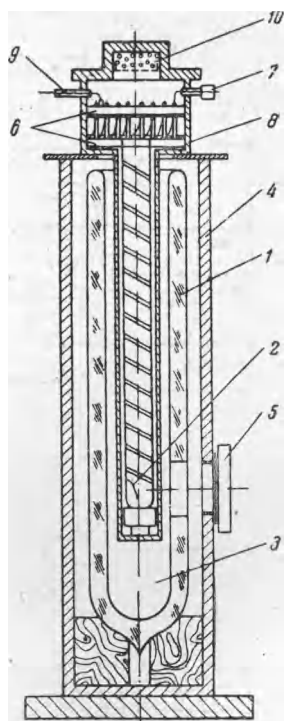


Рис. 1. Принципиальная схема устройства. 1 — дьюар, 2 — фотокатод, 3 — жидкий воздух, 4 — металлический экран, 5 — фотоэлектрод, 6 — эбонит, 7 — высокое напряжение (—1300 в), 8 — потенциометр, 9 — вывод коллектора, 10 — сушилка

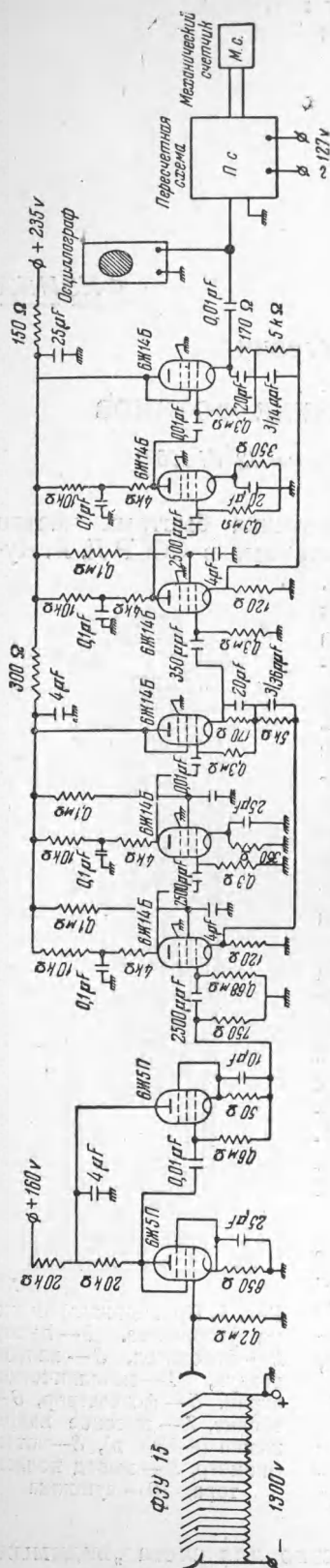


Рис. 2. Схема расположения ФЭУ в охладителе

ков порядка 10^{-14} — 10^{-15} люмена. В качестве приемника радиации использовался промышленный образец ФЭУ Кубецкого с сурьмяно-цезиевым фотокатодом типа ФЭУ-15.

При рабочем напряжении 1300 в усиление внутри ФЭУ было равно $2,8 \cdot 10^5$. Чувствительность фотокатода ФЭУ при $T=18^\circ$ для $\lambda=5000 \text{ \AA}$ составляла $4,6 \cdot 10^{-2}$ кул/кал (или $9 \cdot 10^{-3}$ электрон/квант).

Для устранения запотевания окна перед фотокатодом и конденсации влаги между электродами при охлаждении ФЭУ, ФЭУ-15 герметически армировался. Внутри арматуры устанавливалась сушилка с силикагелем. В такой арматуре ФЭУ погружался в дьюар с жидким воздухом. В дьюаре имелось прозрачное окно, против которого располагался фотокатод ФЭУ (см. рис. 2).

Импульсы напряжения на выходе ФЭУ усиливались и регистрировались устройством, принципиальная схема которого приведена на рис. 1.

Усилительное устройство состояло из предварительного и главного усилителей. Предварительный усилитель на двух лампах 6Ж5П с катодным выходом размещался непосредственно вблизи ФЭУ и имел коэффициент усиления по напряжению около 10. Главный усилитель состоял из двух „петель“ обратной связи, каждая из которых имела 3 лампы 6Ж14Б. Усиление по напряжению каждой „петли“ на средних частотах равнялось 25.

Для питания ФЭУ использовались сухие батареи типа БС-70, а питание усилителей осуществлялось от аккумуляторов. ФЭУ, предварительный и главный усилители, а также блок питания тщательно экранировались двойными металлическими экранами. Визуальные наблюдения осуществлялись с помощью осциллографа, включаемого на выходе главного усилителя, а счет импульсов — при помощи пересчетной схемы и механического счетчика импульсов.

В нашей системе охлаждение фотокатода ФЭУ до температуры жидкого воздуха наступало через 1,5—2 часа. При переходе от температуры $+18^\circ$ к температуре -183° интегральная чувствительность ФЭУ, измеренная со световыми эталонами различного спектрального состава, из-за уменьшения чувствительности фотокатода уменьшалась в 5—6 раз. Это согласуется с данными исследования Н. Д. Моргулиса и Б. И. Дя-

тловицкой⁽⁶⁾ эмиссионных свойств сурьмяно-цезиевых фотокатодов на стекле при различных температурах.

При температуре -183° темновой фон, т. е. число импульсов на выходе устройства при неосвещенном катоде, составлял от 12 до 45 импульсов в минуту. При температуре -76° он возрастал до 320 импульсов в минуту. Пытаясь выяснить природу темнового фона, мы последовательно отключали фотокатод и первые три эмиттера ФЭУ. Отключение фотокатода не вызывало заметного изменения числа темновых импульсов. Таким образом, темновой фон нашего счетчика был обусловлен эмиссией с первых эмиттеров, которая значительно больше у медно-серно-цезиевых слоев, чем у данного сурьмяно-цезиевого катода. На подобную роль медно-серно-цезиевых эмиттеров в образовании темнового тока в ФЭУ Кубецкого с сурьмяно-цезиевым фотокатодом указывает также С. М. Файнштейн⁽⁷⁾.

В качестве светового эталона для определения порога чувствительности счетного устройства использовался радиофосфор, спектральная кривая излучения которого имела максимум в области 5000 \AA . Световой поток, попадающий в окно счетчика в условиях наблюдения от эталона, в пересчете на $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ был равен $7 \cdot 10^4$ квант/сек.*. Этот световой поток давал на выходе счетного устройства 12000 имп/мин., т. е. электронный выход нашего устройства составлял $2,9 \cdot 10^{-3}$ электрон/квант. Эта величина оказалась того же порядка, что и электронный выход фотокатода ФЭУ ($1,8 \cdot 10^{-3}$ электрон/квант), измеренный при той же температуре в режиме постоянного тока при значительно большем световом потоке. Расхождение в полученных величинах электронного выхода может быть объяснено различием условий измерений в счетном режиме и в режиме постоянного тока, например, неодинаковой чувствительностью различных участков фотокатода; так, при измерении электронного выхода всего устройства в счетном режиме освещался только центр фотокатода (где чувствительность больше, чем у краев), в то время как при измерении электронного выхода в режиме постоянного тока освещался больший по площади участок фотокатода.

О стабильности работы устройства можно судить по данным измерения числа импульсов от постоянного по интенсивности источника света, установленного перед фотокатодом ФЭУ (см. табл. 1).

Каждое из непосредственно следующих одно за другим измерений продолжалось 3 минуты. Темновой фон составлял 24—28 имп/мин.

Таблица 1

№ измерения	Имп/мин (средн.)
1	3372
2	3462
3	3324
4	3330

Физический институт
Ленинградского государственного университета
им. А. А. Жданова

Поступило
9 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. L. Locher, Phys. Rev., **42**, 4, 525 (1932). ² K. Kiepenheuer, Zs. f. Phys., **107**, 145 (1937). ³ И. Д. Ройх, ЖЭТФ, **19**, 3 (1949). ⁴ А. Л. Ошерович, Е. Н. Павлова, С. Ф. Родионов и Л. М. Фишкова, ЖЭТФ, **19**, 2 (1949). ⁵ Z. Bay, Zs. f. Phys., **117**, 3—4, 227 (1941). ⁶ Н. Д. Моргулис и Б. И. Дятловицкая, ЖЭТФ, **10**, 8 (1940). ⁷ С. М. Файнштейн, ЖЭТФ, **20**, 3 (1950).

* Такой световой поток является порогом чувствительности фотоэлектрических фотометров с сурьмяно-цезиевым ФЭУ Кубецкого, описанных ранее⁽⁴⁾.