

С. М. ФАЙНШТЕЙН

О СОЧЕТАНИИ СУРЬМЯНО-ЦЕЗИЕВОГО КАТОДА С СРЕДНО-СЕРНО-ЦЕЗИЕВЫМ ЭМИТТЕРОМ В ФОТОЭЛЕКТРОННОМ УМНОЖИТЕЛЕ.

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 23 XI 1946)

Современная спектроскопия для выполнения тонких фотометрических работ по измерению интенсивности линий, а также астрономия и геофизика для исследований свечения ночного неба, сумеречного света, поглощения света атмосферой и т. д. ощущают необходимость в простых, высокочувствительных фотометрических установках для повседневных измерений, пригодных также в полевых экспедиционных условиях. Идея многократного усиления (умножения) фототока при помощи вторичной эмиссии электронов явилась толчком к созданию таких высокочувствительных приборов-умножителей, представляющих собой сочетание фотоэлектрически активного катода с системой эффективных эмиттеров. Целесообразность применения вторично-электронных умножителей для фотометрии малых интенсивностей света уже доказана в ряде работ (1, 2).

В многокаскадном фотоэлектронном умножителе со слоем на стекле и магнито-электрической фокусировкой, предложенном А. Л. Кубецким (3, 4), в качестве катода применяется сложный Cs—O—Ag-слой, в качестве эмиттера на каскадах — температуроустойчивый, эффективный в отношении вторично-электронной эмиссии Cs—S—Cu-слой. В таком умножителе (тринадцатикаскадном) при общем напряжении 750 V получается усиление порядка 10^5 , что обеспечивает интегральную чувствительность в различных образцах 1—3 A/lm. Темновой ток умножителей с данными параметрами варьирует от образца к образцу в пределах 10^{-6} — 10^{-7} A. Можно считать установленным, что основной причиной темнового тока умножителя является термоэмиссия, которую можно значительно понизить (на несколько порядков) путем повышения работы выхода или охлаждения катода. Значения интегральной чувствительности и темнового тока определяют порог чувствительности умножителя*.

С целью расширения области применения умножителей Кубецкого мы поставили перед собой задачу улучшить их параметры, т. е. снизить порог чувствительности, главным образом, за счет уменьшения темнового тока, идя по пути замены Cs—O—Ag-катода сурьмяно-цезиевым катодом.

К положительным качествам сурьмяно-цезиевого катода, как известно, относятся большой квантовый выход (5, 6) (достигает 18—30% по отношению к числу падающих квантов) в максимуме чувствительности, малое значение темнового тока, слабое утомление, большая

* Имеется в виду ограничивающее влияние флуктуаций электронной эмиссии, зависящих, как известно, от величины темнового тока и фотоэлектрической чувствительности катода.

чувствительность в видимой области спектра и в области, близкой к ультрафиолету. Возможность сочетания сурьмяно-цезиевого катода с Cs—S—Cu-эмиттером в умножителе на первом этапе данного исследования казалась несколько сомнительной, так как, согласно литературным данным (7), ничтожные количества серы сильно уменьшают фоточувствительность катода. Однако в результате большого числа опытов мы убедились в том, что при определенных условиях вакуумной обработки присутствие данного эмиттера, в состав которого входит сера, не препятствует получению высокочувствительного сурьмяно-цезиевого катода. Нанесенный на стекло вблизи первого каскада путем испарения в вакууме слой сурьмы ощущается в парах цезия при температуре 210°С. Поглощение цезия первоначальным непрозрачным слоем сопровождается характерным изменением его внешнего вида. Сначала слой сурьмы теряет металлический блеск и становится прозрачным. В этой стадии наблюдается малая фотоэлектрическая эмиссия, увеличивающаяся по мере поглощения слоем цезия. В момент достижения максимума чувствительности слой в проходящем свете имеет темнокрасный цвет, что соответствует (5) образованию интерметаллического соединения типа $SbCs_3$ (5, 7). Контроль процесса цезирования заключается в измерении время от времени фотоэлектронной эмиссии и термотока.

Как показали измерения, термоэмиссия при температуре 210°С примерно в 60—80 раз меньше, чем для классического кислородно-цезиевого катода. Весьма интересно, что при данной температуре одновременно с цезированием сурьмы ощущается в отношении вторично-электронной эмиссии S—Cu-эмиттер на каскадах умножителя. Это обстоятельство, а также отсутствие промежуточной стадии окисления и частичного раскисления, необходимой для получения фоточувствительного катода, значительно упрощает технологию вторично-электронного умножителя в случае замены в нем Cs—O—Ag-катода сурьмяно-цезиевым, которому последний уступает только в отношении чувствительности в красной и инфракрасной областях спектра.

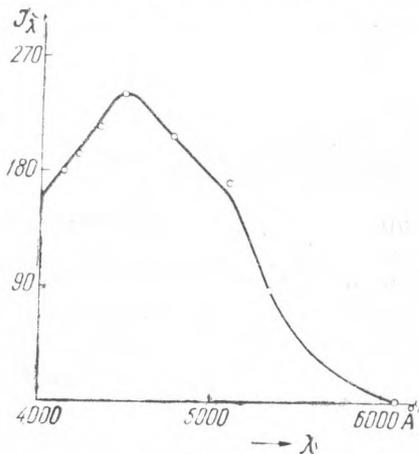
Полученные по разработанной методике вторично-электронные умножители с сурьмяно-цезиевым катодом подвергались исследованию фотоэлектрических свойств (катода) и вторично-электронной эмиссии (каскадов). Интегральная чувствительность катода в умножителях, определенная при освещении катода лампой накаливания (цветовая температура $T = 2848^\circ\text{K}$), варьирует от образца к образцу в пределах 50—75 $\mu\text{A/lm}$. К дневному свету фоточувствительность сурьмяно-цезиевого катода, согласно данным Гловера и Джейнса (8), в несколько раз больше, чем к свету лампы накаливания (цветовая температура $T = 2848^\circ\text{K}$). Измерения коэффициента (σ) вторично-электронной эмиссии Cs—S—Cu-слоя на каскадах умножителя, проведенные по методике, разработанной автором, показали, что в среднем $\sigma = 3,50$ при скорости первичных электронов 50 V.

Наличие эффективного эмиттера на каскадах и высокочувствительного катода обеспечивает интегральную чувствительность умножителя 30—45 A/lm при 1000 V общего напряжения (источником света служила также лампа накаливания). Темновой ток* умножителя при этом напряжении равен $5 \cdot 10^{-9} \text{ A}^{**}$.

* Темновой ток умножителя складывается из темнового тока катода и темнового тока первых каскадов.

** Некоторые умножители с охранным кольцом в анодной части, используемые уже в работе различных научно-исследовательских организаций, имеют темновой ток значительно меньше, чем $5 \cdot 10^{-9} \text{ A}$. Чрезвычайно малый темновой ток у умножителей 245 и 359—1. Величины темнового тока у данных умножителей не могли быть измерены с помощью зеркального гальванометра чувствительностью $4,5 \cdot 10^{-10} \text{ A}$.

Для одного из образцов фотоэлектронного умножителя с сурьмяно-цезиевым катодом была снята кривая спектральной чувствительности. Эта кривая представлена на рисунке. Селективный максимум лежит в области $\lambda=4530 \text{ \AA}$, что соответствует данным Герлиха (⁹). В ультрафиолетовой области чувствительность сурьмяно-цезиевого катода достаточно велика (¹⁰). Применение флуоресцирующих под действием ультрафиолетового света веществ (экрана) позволяет использовать умножители также для проведения измерений в коротковолновой части спектра. Однако, несмотря на это, очередной задачей по линии усовершенствования умножителя является уменьшение толщины стекла (до 0,05—0,1 мм) окошка, приводящее к сильному снижению поглощения в ультрафиолетовой части спектра (¹⁰).



Решение вопроса сочетания сурьмяно-цезиевого катода с медно-серно-цезиевым эмиттером позволило значительно улучшить параметры фотоэлектронного умножителя, т. е. построить высокочувствительный прибор, необходимый для измерения слабых световых потоков. Фотоэлектронный умножитель с сурьмяно-цезиевым катодом без применения охлаждения катода и дополнительного усиления уже используется в опытах (спектральная лаборатория ФИАН) по фотометрированию слабых линий спектра (10^{-7} — 10^{-10} lm), проведение которых с помощью сурьмяно-цезиевого фотоэлемента и лампового усилителя требует дополнительной экранировки усилительной схемы от электростатических и электромагнитных помех искрового разрядника источника света.

Приведенная на рисунке характеристика фотоэлектронного умножителя с сурьмяно-цезиевым катодом получена в спектральной лаборатории ФИАН Л. М. Иванцовым, за что автор приносит ему свою благодарность.

Институт автоматики и телемеханики
Академии Наук СССР

Поступило
23 XI 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Ф. Родионов, ЖТФ, **9**, 1180 (1939). ² I. Saunderson, V. Caldecourt, E. Peterson, J. Opt. Soc. Am., **35**, II (1945). ³ Л. А. Кубецкий, Автоматика и телемеханика, № 1, **17** (1936). ⁴ L. A. Kubetsky, Proc. J. R. E., **25**, № 4 (1937). ⁵ A. Sommer, Proc. Phys. Soc. March, **55**, 145 (1943). ⁶ С. Ю. Лукьянов, ЖТФ, **9**, 1175 (1939). ⁷ Н. С. Зайцев, ЖТФ, **9**, 661 (1939). ⁸ A. Glover, R. Janes, Electronics, Aug., **26** (1940). ⁹ P. Görlich, Z. Physik, **101**, 335 (1936). ¹⁰ Н. С. Хлебников и А. Е. Меламед, ЖТФ, **14**, 385 (1944).