

цей, фотоэлектронной эмиссии λ_0 . На практике λ_0 определяется как длина волны, при к-рой $S_{\lambda_0} = 0,01 S_{\lambda}^{\max}$. Квантовый выход Y_{λ} — отношение числа эмитированных фотоэлектронов к числу падающих на Ф. фотонов монохроматич. излучения:

$$Y_{\lambda} = 1,24 \left[\frac{\text{Вт} \cdot \text{нм}}{\text{мА}} \right] \frac{S_{\lambda}}{\lambda}$$

(λ в нм). Квантовый выход часто выражается в процентах. Интегральная чувствительность Ф. S — отношение фототока в режиме насыщения (в мкА) к величине падающего светового потока (в лм) от стандартного источника излучения (лампа накаливания с вольфрамовой нитью при $T = 2850$ К). S_{λ} и S связаны соотношением

$$S = 10^3 \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\lambda} F_{\lambda} d\lambda}{F_0 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F_{\lambda} K_{\lambda} d\lambda}$$

где F_{λ} — мощность излучения на данной длине волны, K_{λ} — относительная спектральная чувствительность «нормального» человеческого глаза (кривая видности), λ_0 — порог чувствительности Ф., λ_1 и λ_2 — границы видимого спектра, $F_0 = 683$ лм/Вт — световой поток в лм, соответствующий потоку в 1 Вт монохроматич. излучения с $\lambda = 554$ нм.

Темновой ток Ф. — ток через фотозлемент в отсутствие облучения, определяется *термоэлектронной эмиссией*. Она зависит от состояния поверхности Ф. (работы выхода Ф) и его темп-ры. Темновой ток является осн. источником электр. шума в фотоэлектронных приборах. Среднеквадратичный шум в отсутствие излучения равен

$$i_{\text{ш}}^2 = 2ej_s q \Delta f,$$

где e — заряд электрона, j_s — плотность темнового тока, q — площадь Ф., Δf — ширина полосы частот регистрирующего устройства. Ф. также характеризуется стабильностью его чувствительности во времени и термостойкостью, т. е. диапазоном рабочих темп-р, в границах к-рого чувствительность Ф. сохраняется в заданных пределах.

В качестве Ф. в фотоэлектронных приборах (табл.) обычно используют фоточувствит. материалы, обладающие вы-

Параметры фотокатодов для видимой и ближней ИК-областей спектра

Фотокатод	λ_0 , нм	$Y(\lambda_1)$	λ_1 , нм	S , мкА/лм	j_s , А/см ² ($T = 300\text{К}$)
Cs ₃ Sb	600—650	0,15—0,25	400	40—80	10 ⁻¹⁶ — 10 ⁻¹⁵
Na ₂ K Sb	600—650	0,25—0,3	400	30—60	10 ⁻¹⁷
Na ₂ K Sb (Cs)	900	0,3—0,35	400	200—700	10 ⁻¹⁶
K ₂ CsSb	650—700	0,3—0,35	400	100—200	10 ⁻¹⁷
Ag—O—Cs	1200	0,005	800	20—70	10 ⁻¹² — 10 ⁻¹¹
Bi—Ag—O— —Cs	750—800	0,1	450	30—80	10 ⁻¹⁴
GaAsP—Cs— —O	680	0,5	400	200—300	10 ⁻¹⁶ — 10 ⁻¹⁴
GaAs—Cs— —O	900	0,3	400	1000—2000	10 ⁻¹⁶ — 10 ⁻¹⁴
InGaAs P— —Cs—O	1100—1150	0,2	400	200—1000	10 ⁻¹² — 10 ⁻¹¹
InGaAs— —In P— —Ag— —Cs—O	1700	0,01—0,08	1500	—	—

соким квантовым выходом ($Y \geq 0,1$ электрон/фотон) — т. н. эффективные Ф. Подавляющее большинство эффективных Ф. представляют собой полупроводники (см. *Полупроводниковые материалы*). Чистые металлы в видимой и ближней УФ-областях спектра имеют малый квантовый

выход ($\leq 10^{-3}$ электрон/фотон) и практически не используются в качестве Ф. Несколько выше квантовый выход бинарных сплавов (напр., Mg—Ba), к-рые иногда применяются в приборах, чувствительных к УФ-излучению. Высоким квантовым выходом обладают полупроводниковые материалы с дырочной проводимостью (p -типа) и малым положит. *сродством к электрону* χ ($\chi < \phi_0$). В таких полупроводниках глубина выхода фотоэлектронов достигает неск. десятков нм. В результате значит. часть фотоэлектронов имеет возможность выйти в вакуум. Кроме того, в приповерхностной области таких Ф. существует электр. поле, ускоряющее фотоэлектроны к поверхности. Именно эти два обстоятельства обуславливают высокий квантовый выход фотоэмиссии таких полупроводников. Ещё более высоким квантовым выходом обладают полупроводники с отрицат. эффективным электронным сродством, т. е. полупроводники, для к-рых уровень вакуума лежит ниже дна зоны проводимости в объёме полупроводника. В этом случае в вакуум могут выйти не только горячие, но и термализованные фотоэлектроны, глубина выхода к-рых равна диффузионной длине неосновных носителей заряда и достигает неск. тысяч нм, т. е. может превышать глубину поглощения света. В результате большинство электронов, возбуждённых светом в объёме полупроводника, выходят в вакуум и квантовый выход имеет большую величину во всей области чувствительности Ф.

Среди эффективных Ф. наиб. распространение получили Ф. на основе антимонидов щелочных металлов: сурьмяно-цезиевый, двухщелочные и многощелочной.

Сурьмяно-цезиевый (Cs₃Sb) Ф. — полупроводник p -типа с шириной запрещённой зоны $\epsilon_g \approx 1,6$ эВ, $\chi \approx 0,4$ эВ, $\lambda_0 \approx 0,6$ мкм. Он изготавливается путём воздействия паров Cs в вакууме на испаренный на подложку (обычно стекло) слой Sb при темп-ре $T = 140—180$ °С. В области $h\nu \geq 3$ эВ квантовый выход фотоэмиссии достигает 0,1—0,2 электрон/фотон (рис. 1). Обработка Cs₃Sb небольшим кол-вом кислорода (сенсбилизация) сдвигает порог фотоэмиссии в длинноволновую область спектра и увеличивает квантовый выход, особенно вблизи порога. Этот эффект связан с уменьшением работы выхода и электронного сродства.

Двухщелочные Ф. представляют собой соединения Sb и двух щелочных металлов. Они так же, как и Cs₃Sb, являются полупроводниками p -типа и изготавливаются последовательным воздействием на Sb паров двух щелочных металлов при $T = 150—200$ °С. Наиб. распространение получили Ф. на основе K₂CsSb и Na₂K Sb. Они отличаются от Ф. на основе Cs₃Sb чрезвычайно низким темновым током ($\sim 10^{-17}$ А/см²), а Ф. на основе K₂CsSb имеет, кроме того, более высокий квантовый выход, чем на основе Cs₃Sb, во всей области спектра.

Многощелочной Ф. представляет собой двухщелочной Ф. на основе Na₂K Sb, покрытый поверхностью дипольным слоем Cs—Sb (или Cs), снижающим χ . В результате на поверхности многощелочного Ф. реализуется нулевое или небольшое отрицат. эффективное электронное сродство. Именно этим обусловлена высокая чувствительность данного Ф. (рис. 1). Среди Ф. на основе антимонидов щелочных металлов многощелочной Ф. обладает спектральной характеристикой, наиб. протяжённой в длинноволновую область спектра ($\lambda_0 \approx 0,9$ мкм), и наиб. интегральной чувствительностью (до 500—700 мкА/лм). Величина χ многощелочного

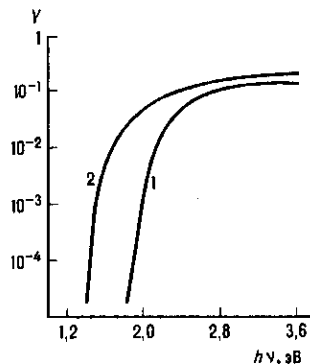


Рис. 1. Спектральные характеристики квантового выхода фотоэмиссии фотокатодов на основе Cs₃Sb (1) и Na₂K Sb(Cs) (2).