

## ФОТОКАТОДЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЧЕТА КВАНТОВ

А. В. КСАНФОМАЛИТИ

Метод счета получает в последнее время широкое распространение. Объясняется это прежде всего его высокими достоинствами как перед методом модуляции, так и перед методом усиления постоянного тока. Другое преимущество, — возможность использования стандартной радиометрической аппаратуры с незначительными переделками и дополнениями.

Благодаря тому, что в случае счета шумы вторичной эмиссии отсутствуют, определяющими становятся только свойства фотокатодов. В настоящее время принято в паспортных данных указывать «интегральную чувствительность» и иногда указывают «синюю» чувствительность. Разумеется, это почти ничего не говорит о спектральных характеристиках и часто вводит в заблуждение даже самих изготовителей. Следовало бы указывать ширину спектральной полосы по уровню 0,5 с указанием средней длины волны и соответствующую максимуму чувствительность, — интегральную  $\gamma_{\text{и}}$  в мка/лм или относительную  $\gamma_{\text{к}}$  в процентах. Это избавило бы потребителей от необходимости производить все измерения заново, ибо катод с высокой чувствительностью, имеющий спад уже к синей области, как это часто наблюдается для умножителей фирмы ЕМІ, значительно менее эффективен для целей астрономии, чем менее чувствительный катод, но работающий в более широком диапазоне.

С другой стороны, высоко ценящиеся ФЭУ с темновыми токами, измеряющимися единицами электронов с катода, часто мало полезны именно из-за слишком узкой спектральной полосы, т. к. одно сопутствует другому. Приводимые данные подтверждают это положение.

Для оценки относительной погрешности измерения следует прежде всего оценить спектральный диапазон самого источника (на уровне земли), для чего следует воспользоваться работами, рассмотренными в [1]. Из сопоставления со спектральной характеристикой фотокатода можно найти среднюю длину волны  $\lambda_{\text{ср}}$  относительно ординат 0,5 результирующей кривой. Если для нее неизвестна относительная чувствительность катода  $\gamma_{\text{к}}$  а приведена  $\gamma_{\text{и}}$  выраженная в мка/лм, то ее следует перевести в относительную, пользуясь следующим методом.

1 вт эквивалентен 683 лм [2]. Энергия кванта, соответствующего длине волны  $\lambda$  мкм:

$$E = \frac{2 \cdot 10^{-16}}{\lambda} \quad [\text{вт. сек}], \quad (1)$$

отсюда относительная чувствительность:

$$\gamma_{\text{к}} = 0,85 \gamma_{\text{и}} / \lambda \quad [\text{электрон/квант}], \quad (2)$$

Таким образом, удается найти относительную чувствительность фотокатода для выраженной в мкм  $\lambda_{\text{ср}}$ .

В указанных выше работах для заданного спектрального распределения (например, для Солнца) дается величина  $N_1 \left[ \frac{\text{квант}}{\text{см}^2 \text{Асек}} \right]$ , часто постоянная для некоторого интервала.

Пересчет на звезду заданной величины  $m_2$  осуществляется по формуле Погсона:

$$\lg N_1/N_2 = 0,4(m_2 - m_1). \quad (3)$$

После введения поправок на поглощение в атмосфере  $k_2$  и оптике  $k_1$  может быть найден поток через фокальную плоскость телескопа:

$$N_T = N_2 \frac{\pi D^2}{4} k_2 k_1 \left[ \frac{\text{квант}}{\text{Асек}} \right]. \quad (4)$$

Скорость счета фотоэлектронов определяется из (2) и (4):

$$n = N_T \Delta \lambda \gamma_k \quad [\text{электрон/сек}]. \quad (5)$$

Относительная среднеквадратичная погрешность измерения с учетом «фотонного шума» [3]:

$$\delta n = \sqrt{\frac{1 + n_t/N_T \Delta \lambda \gamma_k}{N_T \Delta \lambda \gamma_k \tau}}. \quad (6)$$

Здесь  $n_t$  — число «темновых» электронов в секунду;  
 $\tau$  — время экспозиции.

Для подтверждения высказанной выше мысли о малой эффективности фотокатодов, охватывающих узкий диапазон длин волн, приводятся данные двух реальных фотоумножителей применительно к звездам класса G2.

## ФЭУ № 1

$\gamma_n = 40$  мка/лм  
 $\Delta \lambda = 550 \text{ \AA}$   
 $\lambda_{\text{ср}} = 4275 \text{ \AA}$   
 $n_t = 18$  эл/сек

## ФЭУ № 2

$\gamma_n = 104$  мка/лм  
 $\Delta \lambda = 1500 \text{ \AA}$   
 $\lambda_{\text{ср}} = 4750 \text{ \AA}$   
 $n_t = 300$  эл/сек

## ФЭУ № 1

т зв. величины	7,5	10	12,5	15
$n$ эл/сек	35500	3550	355	35,5
$\delta n$ ( $10^3$ сек), %	0,017	0,053	0,17	0,65
$\delta n$ ( $10^2$ сек), %	0,053	0,168	0,54	2,00
$\delta n$ (10 сек), %	0,168	0,533	1,72	6,5

## ФЭУ № 2

т зв. величины	7,5	10	12,5	15
$n$ эл/сек	$219 \cdot 10^4$	$21,9 \cdot 10^3$	$219 \cdot 10^2$	$21,9 \cdot 10^1$
$\delta n$ ( $10^3$ сек), %	0,007	0,02	0,07	0,219
$\delta n$ ( $10^2$ сек), %	0,021	0,07	0,23	0,72
$\delta n$ (10 сек), %	0,068	0,22	0,72	2,39

Выводы. Малый темновой ток умножителя является значительно меньшим достоинством, чем широкополосность фотокатода.

Предложенная методика расчета подчеркивает отсутствие полноты в существующих методах паспортизации фотоумножителей, что приводит к необходимости отбора из больших партий.

Апрель, 1962.

## ЛИТЕРАТУРА

- Харитонов А. В. «Известия Астрофизического института АН КазССР», 1961, т. XII.
- Мартынов Д. Я. Курс практической астрофизики, ГИФМЛ, М., 1960.
- Ван-дер-Зил А. Флуктуации в радиотехнике и физике, ГЭИ, М.-Л., 1958.