

В. П. ЗАЛИНЯН, Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ ОТ ПОРОГА ДИСКРИМИНАЦИИ ПРИ СЧЕТЕ ФОТОНОВ

В настоящее время регистрация световых сигналов методом счета фотонов [1] получила широкое распространение в астрономии. Это связано с такими преимуществами этого метода, как его высокая стабильность и чувствительность, простота в обращении, возможность вывода результатов измерений непосредственно в числовом виде, что важно для последующей машинной обработки [2, 3]. В некоторых работах, посвященных применению счета фотонов, отмечается также, что он дает возможность повысить пороговую чувствительность фотоумножителей по сравнению с регистрацией фототока. Однако, несмотря на важность данного вопроса для астрономии, в литературе до сих пор приводятся весьма различные мнения на этот счет. Так, например, в работе [4] сделан вывод, что применение счета фотонов улучшает пороговую чувствительность в 20 раз. С другой стороны, в работе [5] утверждается, что сколько-нибудь заметного улучшения пороговой чувствительности фотоумножителей при счете фотонов вообще не наблюдается. Для выяснения этого вопроса и была предпринята настоящая работа.

Прежде всего приведем выражение для пороговой чувствительности. Для этого воспользуемся формулой для относительной ошибки измерения величины сигнала [1]:

$$\delta = \frac{\sqrt{D(n_c + n_\phi + n_\tau) + D(n_\phi + n_\tau)}}{n_c}, \quad (1)$$

где n_c , n_ϕ , n_τ — количество импульсов сигнала, фона и темнового тока соответственно, а D — дисперсия. Из (1), полагая $n_c + n_\phi \ll n_\tau$ получаем:

$$\delta = \frac{\sqrt{2D(n_\tau)}}{n_c}. \quad (2)$$

Приравняв δ единице, находим пороговое количество импульсов сигнала n_c^0 :

$$n_c^0 = \sqrt{2D(n_\tau)}. \quad (3)$$

Отсюда пороговая чувствительность по квантам равна:

$$N_c^0 = \frac{\sqrt{2D(n_\tau)}}{\eta}, \quad (4)$$

где η — квантовая эффективность системы, то есть количество импульсов на каждый квант:

$$\eta = \frac{n_c}{N_c} \tag{5}$$

Из (4) и (5) следует, что

$$N_c^0 = N_c \frac{\sqrt{2D(n_\tau)}}{n_c} \sim \frac{\sqrt{D(n_\tau)}}{n_c} \tag{6}$$

Выражением (6) можно воспользоваться для определения зависимости пороговой чувствительности от порога дискриминации. Эта зависимость получена для 10 фотоумножителей ФЭУ-79 и 1 фотоумножителя ЕМ1-9789 QB.

Зависимость числа импульсов от порога дискриминации получена с помощью анализатора АИ-128. До измерений фотоумножители выдерживались в темноте в течение суток, а затем под рабочим напряжением—не менее часа. Предварительное усиление осуществлялось усилителем со следующими параметрами: коэффициент усиления 200 при полосе 8 Мгц, уровень собственных шумов, отнесенных ко входу—20 мкв. Результаты измерения позволяют сделать следующие выводы.

Дисперсия числа темновых импульсов при напряжении питания, соответствующем середине плато счетной характеристики, равна, в пределах ошибок, количеству импульсов. Типичные данные показаны в табл. 1.

Вероятные ошибки, приведенные в табл. 1, оценивались по формулам:

$$\sigma(n_\tau) = \frac{n_\tau}{\sqrt{m}}, \quad \sigma(D) = \frac{D(n_\tau)}{\sqrt{2m}},$$

где m —число измерений.

С учетом того, что $D(n_\tau) \approx n_\tau$, в дальнейших расчетах пороговая чувствительность оценивалась по формуле:

$$N_c^0 \sim \frac{\sqrt{n_\tau}}{n_c} \tag{7}$$

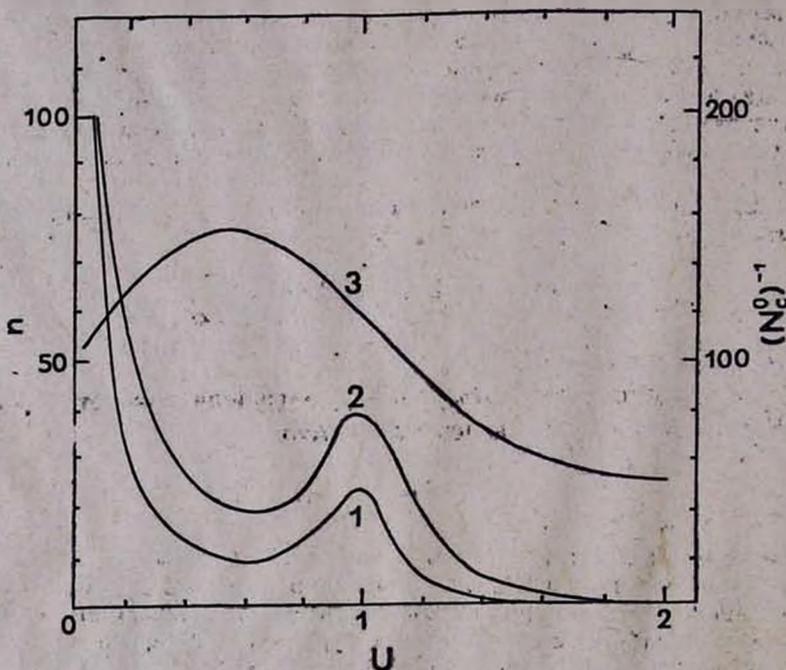
Выполненные нами расчеты показали, что выбором порога дискриминации можно достигнуть улучшения пороговой чувствительности по сравнению с минимальным порогом дискриминации, примерно соответствующим режиму измерения фототока. Выигрыш в пороговой чувствительности различен для разных типов фотоумножителей. В частности, для фотоумножителей ФЭУ-79 его величина достигает 2÷3 раз, а для ЕМ1-9789 QB—5÷6 раз. Эти выводы сделаны на основании приведенных в табл. 2 данных измерений для времени накопления 100 сек.

Таблица 1

Тип ФЭУ	U _{раб} кв	Число измерений	n _τ	D (n _τ)
ФЭУ-79	1.70	40	885±140	835±95
ЕМ1-9789QB	1.25	50	1137±162	1255±125

Наилучшая пороговая чувствительность соответствует порогу дискриминации, расположенному вблизи минимума дифференциаль-

Тип ФЭУ	Минимальный порог дискриминации			Оптимальный порог дискриминации			$\frac{(N_c^*)}{(N_c^*)}$
	n_c	n_T	$I_1(N_c^*)$	n_c	n_T	$I_1(N_c^*)$	
ФЭУ-79	7781	26064	48,5	6123	1431	168,0	3,46
---	22503	21799	153	17525	4684	257,7	1,68
---	11403	12296	102,7	11151	1899	259,3	2,52
---	13101	13127	119,1	9084	1104	273,6	2,29
---	19986	24539	128,1	18553	3220	327,2	2,55
---	5709	19013	41,6	5546	3505	94	2,25
---	12054	34015	65,3	11198	6183	145,4	2,22
---	11325	14505	94,4	9460	2890	175,2	1,55
---	10929	15930	89,6	9947	1606	248,2	2,89
---	8679	17302	65,9	6963	1012	218,8	3,32
ЕМ1-9789QB	2630	24025	16,96	2518	720	93,95	5,53



1) распределение шумовых импульсов, 2) распределение импульсов при слабой подсветке, 3) зависимость пороговой чувствительности от порога дискриминации.

ного распределения темновых импульсов. Это видно из рисунка, где приводятся кривые, характерные и для ФЭУ-79, и для ЕМ1-9789 QB.

Анализ полученных данных дает основание полагать, что примененная в [5] система счета фотонов имела усиление, недостаточное для выявления одноэлектронного пика, что и привело к занижению пороговой чувствительности. В работе [4], по-видимому, сравнение счета фотонов и регистрации фототока проводилось при неодинаковых постоянных времени, что и обусловило завышение отношения пороговых чувствительностей.

В заключение отметим, что все измерения проводились при тем-

пературе 17°C. Представляет несомненный интерес проведение подобных измерений и при низких температурах.

27 сентября 1978 г.

Վ. Պ. ԶԱԼԻՆԻԱՆ, ՅՈՒ. Կ. ՄԵԼԻԿ-ԱԼԱՎԵՐԴԻԱՆ

ԼՈՒՍԱՐԱՋՄԱՊԱՏԿԻԶՆԵՐԻ ՇԵՄԱՅԻՆ ԶԳԱՑՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԿԱԵՈՒՄԸ ԶԱՏՄԱՆ ՍԱՀՄԱՆԻՑ ՖՈՏՈՆՆԵՐԻ ՀԱՄՐՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ .

Յույց է տրված, որ ֆոտոնների համրման եղանակի դեպքում զատման պահանջի համապատասխան ընտրության միջոցով ՓՅՄ-79 լուսաբազմապատկիչների շեմային զգայնությունը բարելավվում է 2÷3 անգամ, իսկ EMI-9789 QB լուսաբազմապատկիչի դեպքում՝ 5÷6 անգամ՝ համեմատած հաստատուն հոսանքի շահման եղանակի հետ:

V. P. ZALINIAN, YU. K. MELIK-ALAVERDIAN

THE DEPENDENCE OF THE NEP ON THE DISCRIMINATION LEVEL IN PHOTON COUNTING MODE

Summary

It is shown that the NEP of the photomultipliers ՓՅՄ-79 in the photon counting mode is decreased by about 2÷3 times in comparison with the measurements of the photocurrent by choosing of the appropriate discrimination level. In the case of the EMI-9789 QB type photomultiplier the corresponding value of the NEP is about 5÷6 times.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы астрономии, под ред. В. А. Хилтиера, М., «Мир», 1967.
2. А. Н. Соболева, А. Е. Меламид, Фотоэлектронные приборы, М., «Высшая школа», 1974.
3. А. Н. Перцев, А. Н. Писаревский, Одноэлектронные характеристики ФЭУ и их применение, М., «Атомиздат», 1971.
4. Е. Д. Мищенко, Г. П. Старцев, Оптико-механическая промышленность, 3, 15, 1966.
5. А. Э. Гурьянов, АЖ, 53, 219, 1976.