ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտություններ սերիա XXVI, № 6, 1973 Серия технических наук

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

К. А. ГУЛИАЗАРЯН, К. В. ГАЛОЯН,
Г. А. ЕРАНОСЯН, К. М. ХАЧАТРЯН

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МОДУЛЯЦИИ ФОТОТОКА ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ ВНЕШНИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Управление фототоком фотоумножителей (ф. э. у.) внешними электродами [1, 2] нашло широкое применение в различных областях техники. При этом управляющее напряжение подается на внешний кольцевой электрод, прикладываемый к торцевому стеклу ф. э. у., и манжету. Достоинствами этого способа управления являются малые управляющие напряжения и возможность работы на сверхвысоких частотах (СВЧ). Однако, из-за конечного сопротивления фотокатода ухудшается проницаемость низкочастотных полей через фотокатод, в результате чего управление фототоком в области низких частот малоэффективно. При работе же на СВЧ требуется большая мощность. Эти недостатки могут быть исключены путем разрезки фотокатода по окружности, что и рассматривается в настоящей статье.

На рис. 1 показана схема катодной области ф. э. у., где круглый полупрозрачный фотокатод *2* узким слоем фотокатода (длиной l и шириной h) соединен с цилиндрической манжетой *3*. Между внешним кольцевым электродом *1* и фотокатодом *2* имеется емкость C_0, в которой диэлектриком является стекло, а фотокатод имеет большое сопротивление. Известно, что электрическую схему тонких пленок можно представить в виде цепочки r, R, C (рис. 2), поэтому эквивалентная схема узкого слоя фотокатода представляется в виде такой цепочки. Тогда сопротивление между внешним электродом и манжетой можно представить как последовательное включение конденсатора C_0 и цепочки r, R, C. На эти электроды подается напряжение $U_{вх}$, что и создает переменный потенциал $U_{вых}$ на круглом фотокатоде *2*. Этот потенциал создает поле, которое управляет током ф. э. у.

Для исследований будем пользоваться: удельными параметрами сопротивления и емкости между противоположными сторонами квадратного фотокатода R_y, r_y, C_y; емкостью между внешним электродом и фотокатодом C_{01}, приходящуюся на единичную площадь. Легко заметить, что между величинами, указанными на рис. 2, и удельными параметрами имеется связь:

$$C_0 = C_{01}S;\ r = r_y\frac{l}{h};\ R = R_y\frac{l}{h};\ C = C_y\frac{h}{l}, \qquad (1)$$

где S — площадь внешнего электрода.

Измерения показали, что для фотокатода ФЭУ—51 имеем:

$$R_y = 17 Мом;\ r_y = 80 ком;\ C_y = 1 пф;\ C_{01} = 5\ пф/см^2.$$

Из-за большого R_y и малого C_y на низких частотах сопротивление цепочки r, R, C будет равно $\sim R$, а схема, представленная на рис. 2, примет вид последовательного включения R и C_0. Тогда коэффициент передачи будет

$$K_0 = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{\omega R C_0}{\sqrt{1 + (\omega R C_0)^2}}, \qquad (2)$$

где ω — частота управляющего сигнала.

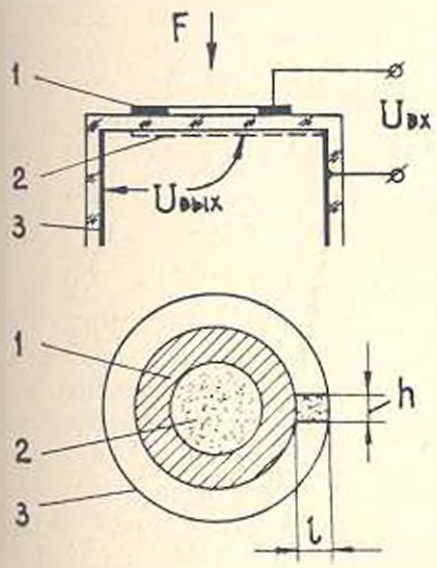

Рис. 1. Схема катодной области с разрезанным фотокатодом. 1—внешний кольцевой электрод, 2—полупрозрачный фотокатод; 3—манжета; F—световой поток; $l = 3$ мм, $h = 2{,}5$ мм

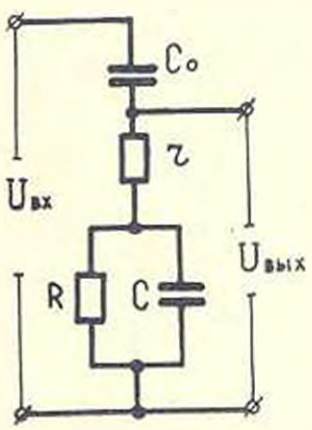

Рис. 2. Эквивалентная схема сопротивления между внешним электродом и манжетой

Для обычных же фотокатодов, которые по окружности соединены с манжетой, известно [3], что в рассматриваемых нами условиях в диапазоне низких частот

$$U_{вых} = U_{вх}\left(1 - \frac{1}{1 + j\omega R_y C_{01} R_{фк}^2}\right),$$

откуда коэффициент передачи

$$K_0 = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{\omega R_y C_{01} R_{фк}^2}{\sqrt{1 + (\omega R_y C_{01} R_{фк}^2)^2}}, \qquad (3)$$

где $R_{фк}$ — радиус фотокатода.

Сравнивая (2) с (3), заключаем, что при одинаковых параметрах фотокатода полное проникновение поля наступает на более низких частотах в случае разрезанного фотокатода. Это существенно при создании многих оптико-электронных устройств.

На рис. 3 приведены зависимости коэффициента передачи от частоты для ФЭУ-51, полученные экспериментально. Кривые были построе-

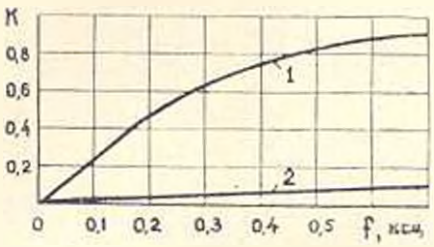

Рис. 3. Частотно-модуляционная характеристика ФЭУ-51: *1*—с разрезанным фотокатодом; *2*—до разрезки фотокатода

ны следующим образом. На разных частотах подбирались такие величины модулирующих напряжений $U_{вх}$, подача которых приводит к одинаковому приращению постоянной составляющей выходного тока ф. э. у.. Можно показать, что зависимость $1/U_{вх}$ от частоты представляет собой искомую функцию.

Представляет практический интерес определение величины входного сопротивления на СВЧ, так как оно является нагрузкой модулирующего генератора. В случае разрезанного фатокатода на частотах свыше нескольких *Мгц* входное сопротивление приближается к r. Для ФЭУ-51 с узким слоем фотокатода при $l=3$ *мм* и $h=2{,}5$ *мм* нами экспериментально определено, что $r\approx100$ *ком*.

Когда фотокатод не разрезан, а диаметр внешнего электрода $D_{вн}$ равен диаметру фотокатода $D_{вх}$, входное сопротивление, равное [2]

$$\frac{1}{\pi D_{вн}}\sqrt{\frac{r_y}{2\omega C_{01}}},$$

резко уменьшается с повышением частоты. Для увеличения этого сопротивления уменьшают диаметр внешнего электрода. Тогда входное сопротивление увеличивается [1] до величины

$$\frac{r_y}{2\pi}\ln\frac{D_{вх}}{D_{вн}}.$$

Например, при $D_{вк}=25$ *мм*, $D_{вн}=12{,}5$ *мм*, $r_y=80$ *ком* входное сопротивление будет 8,8 *ком*. Даже при этом оно почти в 11 раз мень-

ше, чем в случае разрезанного фотокатода. Увеличение входного сопротивления приводит к уменьшению мощности модуляции ~ 11 раз. Это весьма существенно на СВЧ.

Для разрезки фотокатода был использован рубиновый лазер длиной волны излучения 0,694 *мкм*, выходной энергией 1,5 : 2 *дж* и длительностью импульса 0,5 *мсек*. Это излучение фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 80 *мм*.

При нахождении торцевого стекла в фокусе, ф. э. у. выходил из строя из-за нарушения вакуума. Во избежание этого фотокатода был установлен вне фокуса так, чтобы диаметр светового пятна составлял ~ 2 *мм*.

Следует отметить, что процесс разрезки фотокатода сопровождается уменьшением чувствительности фотокатода, причем, оно зависит от типа ф. э. у.. Это уменьшение иногда составляет несколько порядков. Поэтому фотокатод указанной конфигурации целесообразно получить в процессе изготовления ф. э. у., что является нетрудной задачей.

ЕрПИ Поступило 10. I. 1973.

Կ. Ա. ԳՈՒԼԳԱԶԱՐՅԱՆ, Կ. Վ. ԳԱԼՈՅԱՆ, Գ. Ա. ԵՐԱՆՈՍՅԱՆ,
Կ. Մ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ԼԱՎԱՑՈՒՄԸ ՖՈՏՈԲԱԶՄԱՊԱՏԿԻՉՆԵՐԻ ՖՈՏՈՀՈՍԱՆՔԸ ԱՐՏԱՔԻՆ ԷԼԵԿՏՐՈԴՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ՄՈԴՈՒԼԱՑՆԵԼԻՍ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում դիտված է ֆոտոբազմապատկիչ, որի կիսաթափանց ֆոտոկատոդը լազերի ճառագայթով շրջագծով կտրված է մանժետից ու վերջինիս հետ միացված ֆոտոկատոդի նեղ շերտով։ Դրա շնորհիվ ֆոտոհոսանքը կարելի է մոդուլացնել նաև ցածր հաճախություններում։ Բացի այդ, մեծանում է արտաքին էլեկտրոդի և մանժետի միջև եղած լրիվ դիմադրությունը, որը գերբարձր հաճախությունների դեպքում բերում է մոդուլացնող հզորության փոքրացման։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гулгазарян К. А.* ПТЭ. 1970. № 5.
2. *Гулгазарян К. А.* «Радиотехника», 1970, № 10.
3. *Гулгазарян К. А.* «Радиоэлектроника», 1970, № 7.