

УДК 621.383

Электронно-оптическая система фотоэлектронного умножителя с субнаносекундным временным разрешением

А. С. Долотов, А. Б. Костин

Научно-исследовательский институт импульсной техники, Москва, Россия

В. Ф. Трегубов

ЗАО "Солвер", Санкт-Петербург, Россия

Представлены результаты численного моделирования электронно-оптической системы фотоэлектронного умножителя с временным разрешением 0,5 нс при линейном анодном токе 0,1 А. Приведены расчеты катодной камеры, средних каскадов и анодного блока ФЭУ. Расчеты проводились с помощью пакета прикладных программ TAU. Разработанная катодная камера обеспечивает хорошую фокусировку фотоэлектронов на первый эмиттер. Конфигурация электронно-оптической системы среднего каскада умножения обладает малым разбросом времен пролета электронов и хорошими фокусирующими свойствами. Конструкция анодного блока ФЭУ обеспечивает минимальные искажения формы выходных импульсов, направляемых в регистрирующие устройства, и максимальный предел линейности импульсной световой характеристики. Рассмотрено влияние пространственного заряда в анодном блоке на ограничение линейного выходного тока.

Быстродействующие фотоэлектронные умножители широко применяются при регистрации слабых быстропротекающих потоков светового

излучения. Лучшие отечественные и зарубежные ФЭУ имеют длительность импульсной характеристики порядка 1 нс [1]. Задача создания ФЭУ

с временным разрешением 0,5 нс потребовала разработки усовершенствованной электронно-оптической системы ФЭУ, обеспечивающей высокую эффективность фокусировки электронных потоков, малые разбросы времени пролета электронов на каскадах умножения и высокие значения выходных токов.

Данная задача была решена при создании ФЭУ, содержащем боковой полупрозрачный фотокатод диаметром 25 мм, 9-каскадную умножительную систему и коаксиальный широкополосный вывод электрического сигнала.

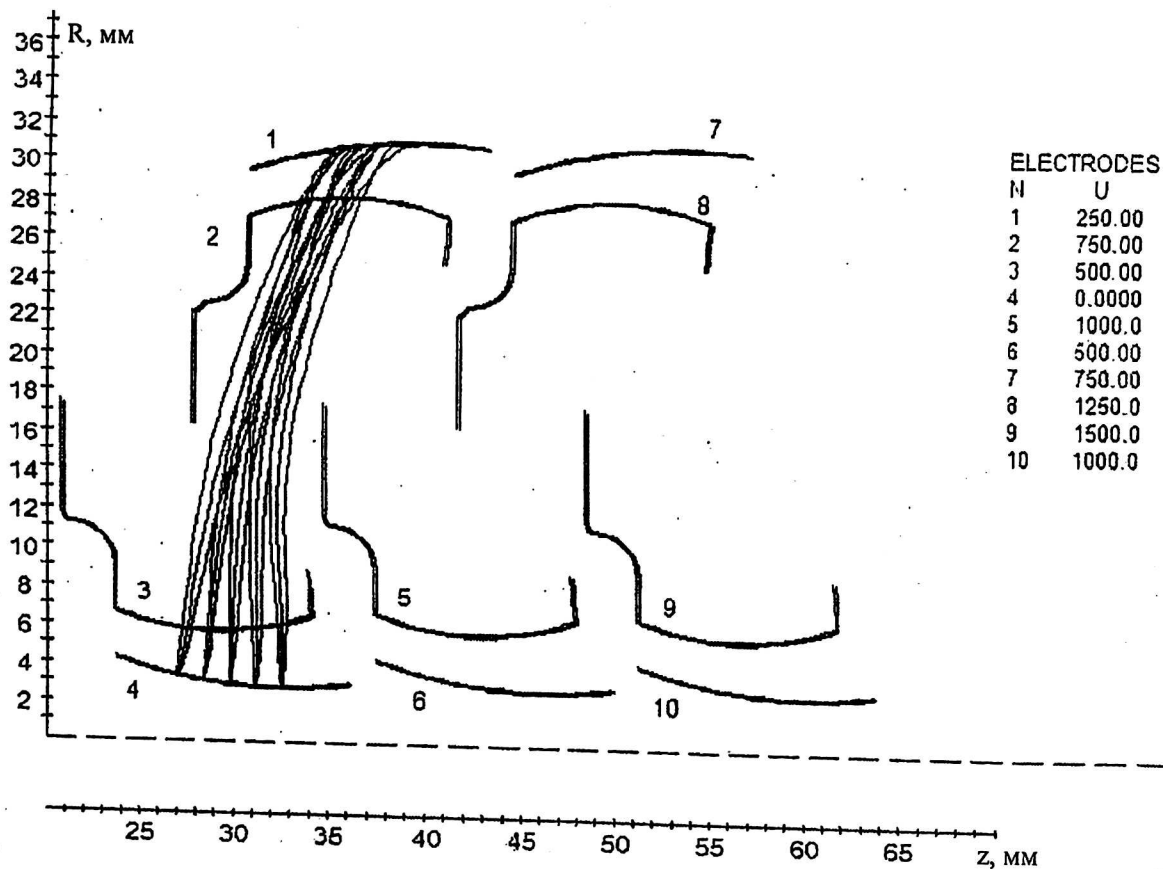
Для обеспечения длительности на полувысоте импульсной характеристики, равной 0,5 нс, в девятикаскадной умножительной системе ФЭУ разброс времен пролета на каждом каскаде умножения не должен превышать 0,16 нс.

Как показывает анализ различных конструкций фотоэлектронных умножителей с дискретными динодами [1, 2], лучшие временные характеристики достигнуты на приборах с ускоряющими сетками, обеспечивающими высокие градиенты поля у эмитирующих поверхностей: фотокатода и динодов. Умножительные системы с ускоряющими сетками имеют еще то преимущество, что они создают равномерное распределение напряженности электрического поля у эмитирующих

поверхностей, что уменьшает дисперсию времени пролета электронов на каскаде умножения.

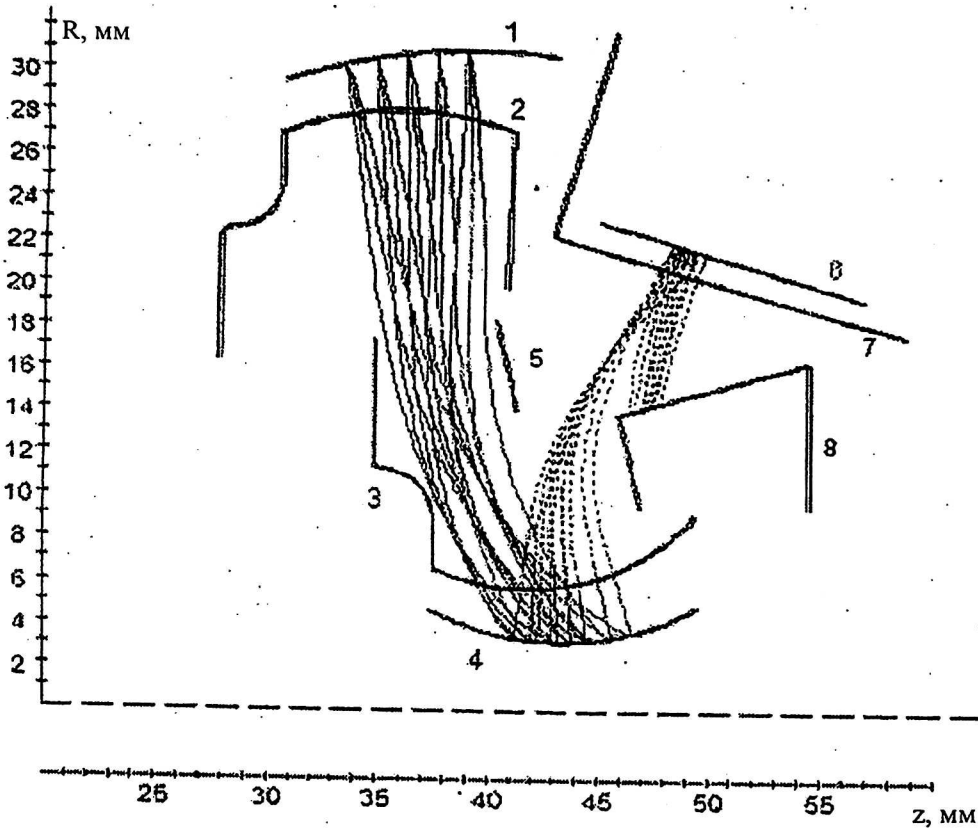
Катодная камера ФЭУ выполнена в виде сферически симметричной электронно-оптической системы с вогнутым сферическим полупрозрачным фотокатодом и концентрической ускоряющей сеткой, на которую подается ускоряющее напряжение 3 кВ. Согласно проведенному расчету при начальных энергиях фотоэлектронов 0,2 эВ и углах вылета $0^\circ, \pm 45^\circ$ подобная конструкция обеспечивает разброс времен пролета не более 0,1 нс.

Фотоэлектронный умножитель содержит семь одинаковых каскадов умножения, конструкция которых показана на рисунке, а. Разность потенциалов между динодами 4—1, 1—6 и т. д. — 250 В, на сетки относительно динодов подается двухкаскадная разность потенциалов 500 В. Конфигурация и расположение ускоряющих сеток (3, 2, 5, 8, 9) выбраны таким образом, чтобы разброс времени пролета электронов, выходящих с различных точек динода, до последующего динода был минимальным. Траектории электронов вычислялись при начальной энергии вторичных электронов 2 эВ, углы вылета электронов задавались равными $-45^\circ, 0^\circ, +45^\circ$. Разброс времен пролета на каскаде не превышает 0,14 нс.



a

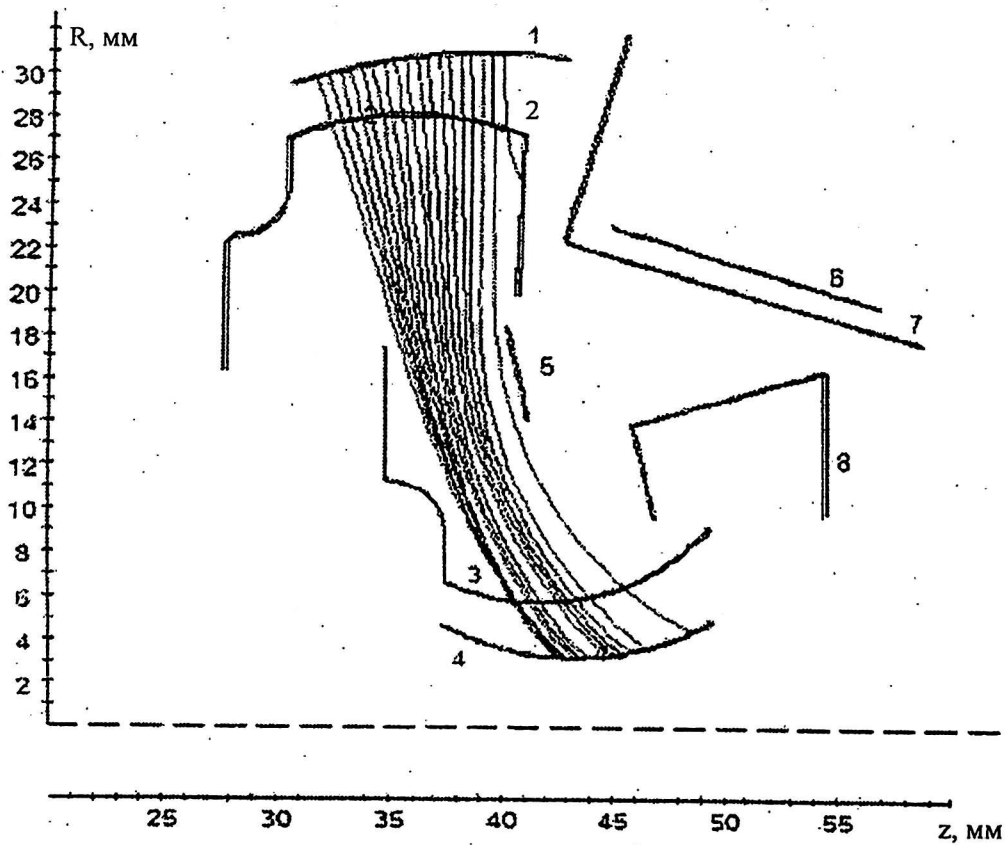
Результаты расчета траекторий электронов:
a — в среднем каскаде умножения;



ELECTRODES

N	U
1	0.0000
2	464.00
3	532.00
4	245.00
5	750.00
6	742.00
7	1442.0
8	1442.0

a



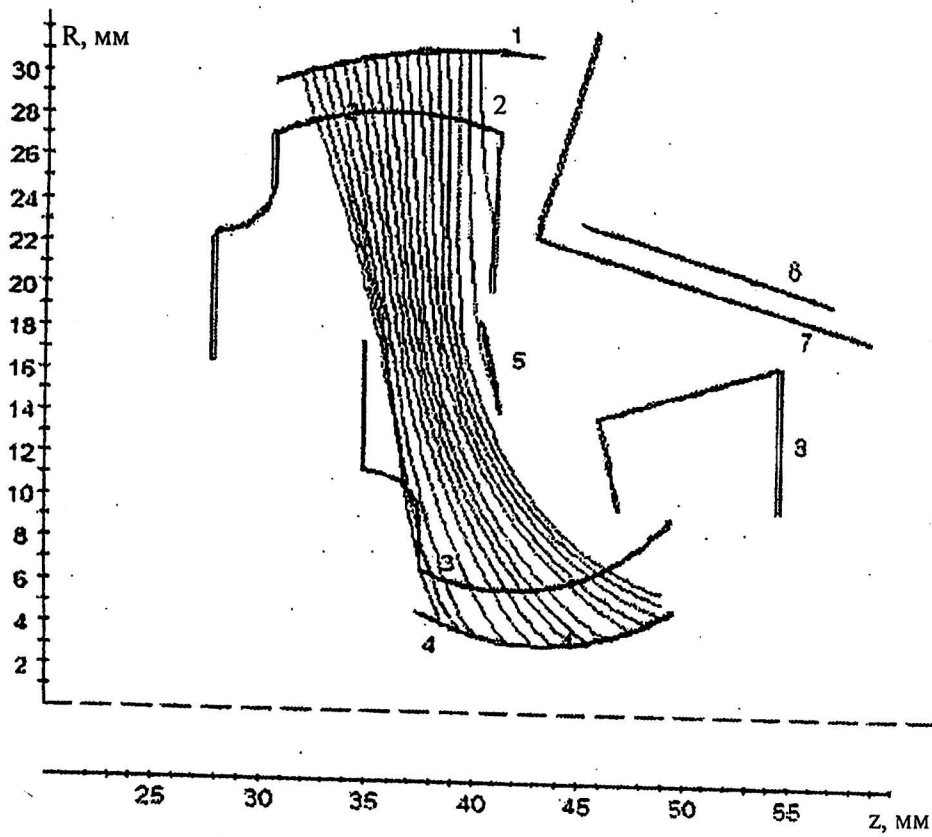
ELECTRODES

N	U
1	0.0000
2	464.00
3	532.00
4	245.00
5	750.00
6	742.000
7	1442.00
8	1442.00

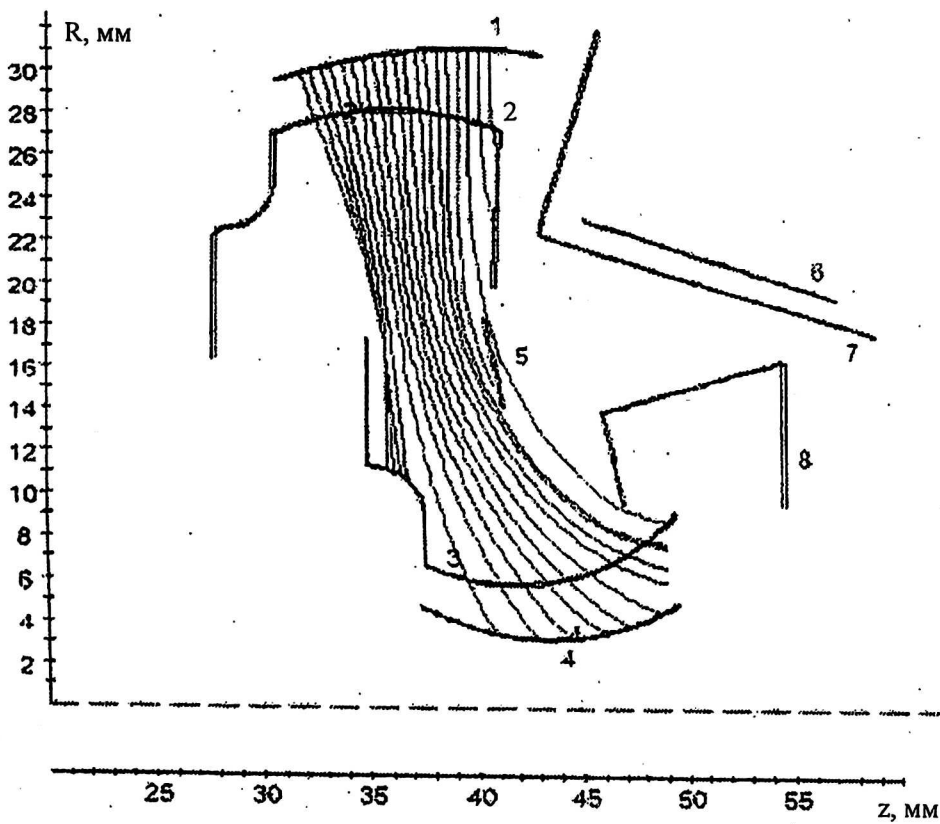
b

Продолжение рисунка:

б — на последних каскадах умножения;
 в — при выходном токе 50 мА на 8-м каскаде умножения



2.



д

Окончание рисунка:

2 — при выходном токе 100 мА на 8-м каскаде умножения;
 д — при выходном токе 200 мА на 8-м каскаде умножения

Конструкция последних каскадов должна обеспечивать минимальное искажение формы выходных сигналов и максимальный линейный выходной ток. Траектории движения электронов на двух последних каскадах умножения представлены на рисунке, б. Разброс времен пролета на каскадах, соответственно, 0,16 и 0,2 нс.

Собственный объемный заряд расфокусирует поток электронов и вызывает перехват части из них на электродах умножительной системы, что приводит к нелинейности амплитудной (световой) характеристики ФЭУ при увеличении величины выходного тока прибора [3]. Наиболее критичным в этом отношении каскадом является 8-й каскад, поэтому для этого промежутка проводился расчет траекторий электронов с учетом пространственного заряда для выходных токов 50, 100 и 200 мА (рисунок, в, г, д). Полученные результаты показывают, что до выходного тока 100 мА ФЭУ должен работать в линейном режиме, поскольку пространственный заряд существ-

венно не влияет на фокусировку электронных потоков.

На основе результатов проведенных расчетов разработан ФЭУ, основные характеристики которого (длительность импульсной характеристики на полувысоте 0,46—0,50 нс и выходной линейный ток 50—100 мА) соответствуют расчетным данным.

Л и т е р а т у р а

1. Костин А. Б., Филимонова Т. А. Фотоэлементы и фотоэлектронные умножители для нано- и субнаносекундных измерений//Электроника (Итоги науки и техники ВИНТИ). 1983. Т. 15. С. 73—117.
2. Костин А. Б. О временном разбросе в фотоумножителях с ускоряющими сетками//Радиотехника и электроника. 1982. Т. 17. Вып. 4. С. 820—823.
3. Костин А. Б. Связь между временными и токовыми характеристиками вакуумных фотоэлектронных приборов//Электронная техника. Сер. 4. Электровакуумные и газоразрядные приборы. 1976. Вып. 4. С. 31—36.

An electron-optical system of the photomultiplier with subnanosecond time resolution

A. S. Dolotov, A. B. Kostin

Research Institute of Pulse Technique, Moscow, Russia

V. F. Tregubov

Close stock company "Solver", St.-Petersburg, Russia

Results are presented for computational modeling an electron-optical system of the photomultiplier (PM) having time resolution of 0.5 ns at linear anode current of 0.1 A. Calculations are given for a cathode chamber, intermediate stages and anode unit of the photomultiplier. Calculations were performed with the help of the TAU application package. The developed cathode chamber assures a good focusing of photoelectrons on the first emitter. The configuration of the electron-optical system of the intermediate multiplying stage has a low spread of electron transit times and good focusing properties. The PM anode unit construction assures minimum waveform distortion of output pulses directed into the recording devices and a maximum linearity limit of the pulse light characteristic. Influence of a spatial charge in the anode unit on linear output current restriction has been discussed.