

ХАРАКТЕРИОГРАФ С ЭЛЕКТРОННОЙ СЕТКОЙ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В. В. Овчаренко, Н. Ф. Овчаренко

Харьков

Многочисленные схемы характериографов для полупроводниковых приборов, описанные в литературе [1 — 7], имеют низкую точность измерений, вследствие того, что они не позволяют осуществить калибровку всего экрана электронно-лучевой трубки. Применение специальных устройств для калибровки экрана при помощи электронной сетки и совмещение последней с характеристиками испытываемых полупроводниковых приборов (что существенно повышает точность измерений) приводит к значительному усложнению схемы всего прибора. Поэтому характериографы до сих пор не получили широкого практического применения.

Ниже приводится описание простой схемы характериографа, позволяющей получить на экране электронно-лучевой трубки семейство характеристик на фоне калиброванной электронной сетки.

Электронная сетка и совмещение ее с характеристиками

Пусть имеется восемь напряжений специальной формы, осциллограммы и соответствующие обозначения которых приведены на рис. 1. На

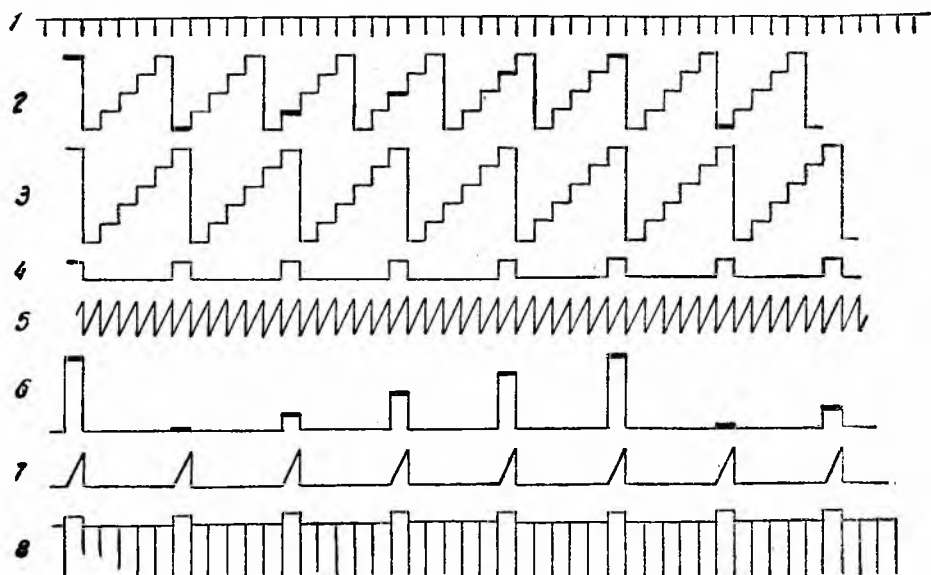


Рис. 1.

пластины Y электронно-лучевой трубки подается ступенчатое напряжение 2, на пластины X — ступенчатое напряжение 3, содержащее в каж-

дом периоде на одну ступень больше, чем напряжение 2. Под действием таких напряжений светящаяся точка перемещается по экрану только в моменты скачков обоих напряжений. В остальное время напряжение на пластинах остается постоянным и точка стоит в определенном месте экрана.

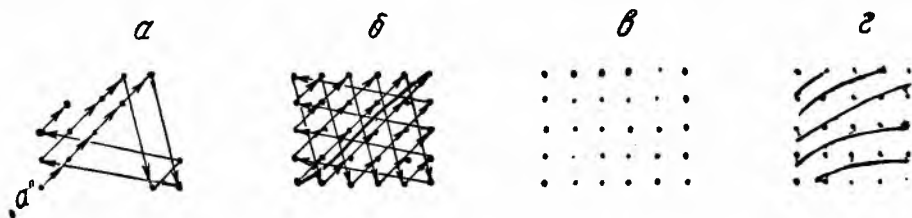


Рис. 2.

Если следить за светящейся точкой с того момента, когда напряжение на обеих парах пластин принимает наименьшее значение (точка a на рис. 2, a), то по истечении двух периодов напряжения 3 светящаяся точка опишет фигуру, изображенную на рис. 2, a . Рассматривая дальнейшее движение светящейся точки, можно установить, что она возвратится в точку a через количество циклов напряжения 3, равное количеству ступенек напряжения 2, описывая фигуру, изображенную на рис. 2, $б$.

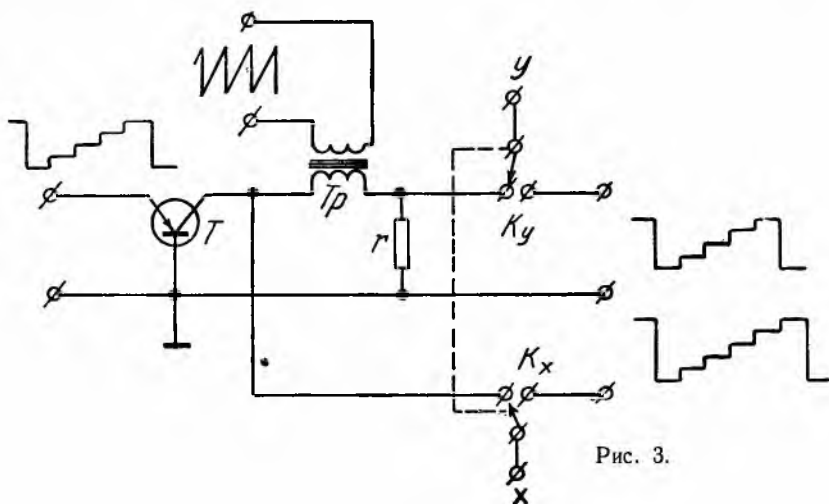


Рис. 3.

Если на модулятор электронно-лучевой трубки подать напряжение 1, импульсы которого совпадают по времени с фронтами напряжений 2 и 3, то на экране останутся только яркие точки (рис. 2, $в$). Эта система точек и представляет собой электронную сетку.

Следует подчеркнуть, что описанный способ получения системы координат выгодно применять при осциллографировании семейства характеристик. Если сравнить напряжения 2 и 3, то нетрудно заметить следующую закономерность: последовательность ступенек напряжения 2, действующих во время максимальных ступенек напряжения 3, является равномерно возвращающейся (изображенные жирными линиями ступени напряжения 2 на рис. 1). Это свойство совокупности двух напряжений 2 и 3 позволяет обойтись без специального генератора напряжения параметра, используя в качестве последнего напряжение 2.

Упрощенная схема для снятия выходных характеристик транзистора, приведенная на рис. 3, поясняет принцип совмещения семейства харак-

теристик с электронной сеткой. Напряжение развертки 5 подается в коллекторную цепь через трансформатор Tr . Ключи K_x и K_y , работая синхронно под действием коммутирующих импульсов (напряжение 4 на рис 1), подключают к пластинам осциллографа X и Y поочередно то напряжения, формирующие электронную сетку (напряжения 2 и 3, рис. 1), то напряжения, формирующие на экране осциллографа семейство характеристик.

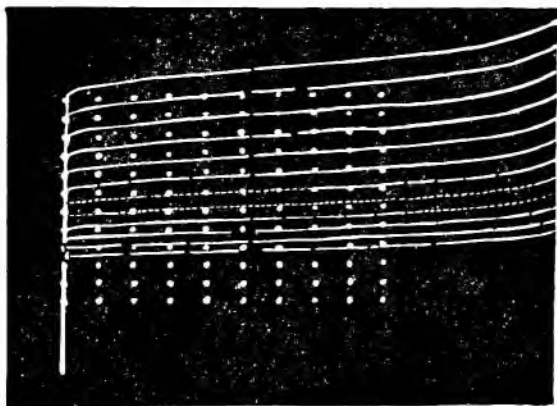


Рис. 4.

При этом напряжение, пропорциональное току, снимается с сопротивления r , а коллекторное напряжение — прямо с коллектора транзистора. На эмиттер транзистора подается напряжение 2, которое выполняет роль напряжения параметра. Так как коммутирующие импульсы действуют в течение времени существования максимальных ступенек напряжения 3, т. е. в течение этих интервалов на пластины X , Y подается напряжение с триода, а не ступенчатое напряжение 2 и 3, то на экране вместо правого ряда точек появится семейство характеристик (рис. 2, 3, 4). В этом семействе будет столько кривых, сколько было точек в исчезнувшем правом ряду.

Принципиальная схема прибора

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 5. В этой схеме задающий генератор собран на лампе L_1 . С него короткие импульсы 1 (см. рис. 1) длительностью 20 мксек через буферные каскады, собранные на лампе L_2 , подаются на генераторы ступенчатых напряжений. Генератор, формирующий n ступенек, выполнен на лампах $\frac{1}{2} L_3, L_5, L_{6б}$, генератор, формирующий $n + 1$ ступенек — на лампах $\frac{1}{2} L_3, L_4, L_{6л}$. С этих генераторов через катодные повторители на лампе L_8 ступенчатые напряжения подаются на автотрансформаторы T_{p2}, T_{p3} , которые позволяют с помощью переключателей P_3, P_4 дискретно ослаблять их и далее подавать на ключи K_x, K_y на транзисторах $T_{20}, T_{21}, T_{22}, T_{23}$ и $T_{16}, T_{17}, T_{18}, T_{19}$.

Напряжения развертки и параметра, снимаемые соответственно с катодного повторителя на лампе L_{76} и вторичной обмотки трансформатора Tr , перед подачей на испытываемый транзистор T_{15} усиливаются по мощности строенными эмиттерными повторителями с трансформаторным выходом, собранными соответственно на транзисторах T_{10}, T_{11}, T_{12} и T_{13}, T_{14} . Для предохранения испытуемых приборов от излишнего перегрева напряжения развертки и параметра подаются на усилители мощности через ключи K_p и K_n , выполненные на транзисторах T_1, T_2, T_3, T_4 и T_5, T_6, T_7, T_8 , которые закрывают выходы усилителей на то время, когда на экране формируется электронная сетка (сравните напряжения 2, 6 и 5, 7 на рис. 1). Коммутирующие импульсы 4 (рис. 1) вырабатываются каскадом, собранным на лампе L_{76} и подаются на ключи K_x, K_y, K_p, K_n посредством многообмоточного трансформатора Tr .

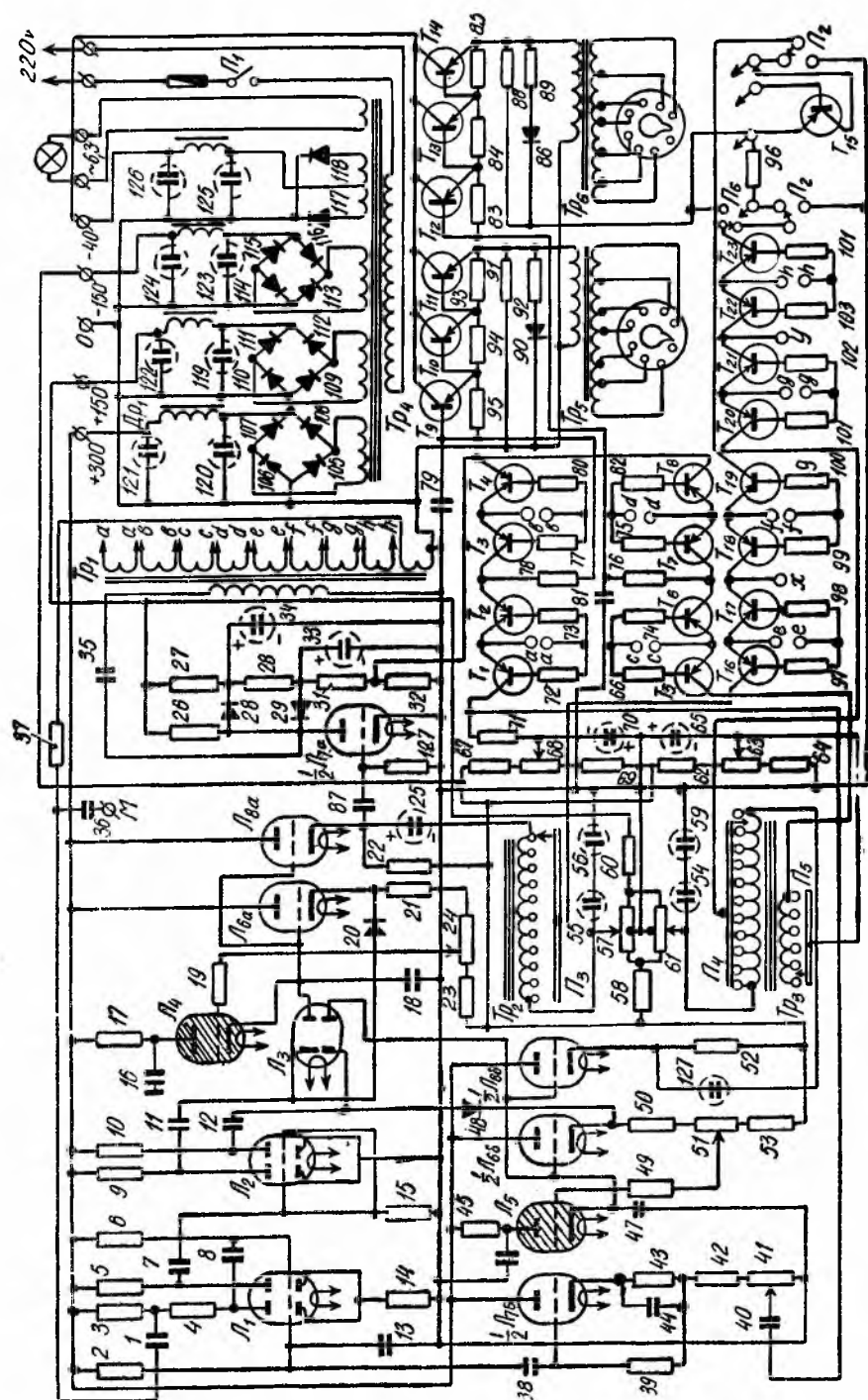


Рис. 5.

Основные технические характеристики

1. В приборе имеется наборное поле, позволяющее исследовать полупроводниковые диоды, туннельные диоды и транзисторы различных типов в любых схемах включения.

2. Напряжение развертки имеет форму треугольных импульсов (кривая 7 на рис. 1) с постоянной составляющей. Длительность импульсов $\tau = 300$ мксек, период следования $T = 5\tau, 6\tau, \dots$ или 10τ , в зависимости от числа кривых в семействе. Постоянная составляющая и амплитуда развертки регулируются раздельно и изменяются соответственно в пределах $0 \div 50$ в и $0 \div 100$ в.

3. Напряжение параметра имеет форму, изображенную на рис. 1 (кривая б) с постоянной составляющей. Параметры этого напряжения такие же, как в пункте 1.

4. Прибор обеспечивает в цепи развертки и параметра максимальное мгновенное значение тока, равное 10 а.

5. Минимальное значение тока, которое можно измерить, равно 30 мка.

6. Масштабная сетка имеет 10×10 точек. Цена делений масштабной сетки по горизонтали Δx и по вертикали Δy устанавливается независимо друг от друга и может принимать следующие дискретные значения:

$$\Delta x(\text{в}) = 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,2; 0,1; 0,05; 0,02; 0,01;$$

$$\Delta y(\text{в}) = 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,2; 0,1; 0,05; 0,02; 0,01.$$

Эти значения обеспечиваются с точностью не ниже 5% .

7. В приборе имеется возможность совмещать 0 (начало координат) с любой точкой масштабной сетки.

8. При снятии характеристик диодов напряжение генератора параметра не используется. Характеристики туннельных диодов исследуются при помощи специального держателя, в котором диод зашунтирован безиндукционной емкостью порядка $30\,000$ пф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сб. статей, под ред. И. С. Абрамсона. «Современный катодный осциллограф», ч. 3, Изд-во иностр. лит., 1954.
2. М. А. Бонч-Бруевич, У. Б. Салтанов. Исследование транзисторов на осциллографическом характериографе. «Радиотехника и электроника», 1957, № 3.
3. К. И. Ржевкин, К. Я. Сенаторов, Ю. В. Лубенцов. Характериограф для полупроводниковых триодов. «Приборы и техника эксперимента», 1957, № 3.
4. К. Я. Сенаторов, С. Н. Берестовский. Импульсный характериограф для плоскостных полупроводниковых триодов. «Приборы и техника эксперимента», 1957, № 3.
5. Н. С. Яковчук, Г. И. Афруткин. Прибор для осциллографического исследования характеристик кристаллических триодов. «Приборы и техника эксперимента», 1957, № 4.
6. Б. С. Шаламов. Лабораторный характериограф для полупроводниковых триодов. «Известия СО АН СССР», 1959, № 2.
7. В. А. Козлов. Получение семейства вольтамперных характеристик кристаллических триодов на экране осциллографа. «Полупроводниковые приборы и их применение». Сб. статей под ред. Федотова, 1957, вып. 2.