

Методические указания
к выполнению лабораторной работы 2.3.4

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРА*

*Некрасов В.В. Электрические свойства проводников, полупроводников и диэлектриков: Методические указания к выполнению лабораторных работ / В.В. Некрасов, Л.В. Филимоненкова, В.В. Добрынина, Ю.В. Логинов, О.А. Андреев– РИО АЛТИ, 1981. – 36 с.

Цель работы – исследование характеристик транзистора.

Теоретические положения

Основной элемент рассматриваемых полупроводниковых приборов – электронно-дырочный переход, обладающий односторонней проводимостью: при прямом смещении сопротивление перехода для основных носителей мало, а при обратном велико.

Прибор, представляющий собой комбинацию двух электронно-дырочных переходов, один из которых включается в прямом, а другой в запорном направлении, называется транзистором.

Различают два вида транзисторов. Если прибор состоит из двух р-областей (носители тока – дырки), разделенных n-областью (носители тока – электроны), то такое устройство называется р-п-р - транзистором, если же n-области разделены областью р, то п-р-п- транзистором.

Рассмотрим некоторые характеристики полупроводникового триода П-13, который изготовлен путем сплавления в п-германий электродного материала (индия), обеспечивающего проводимость р-типа с обеих сторон кристалла. Таким образом, полупроводниковый триод П-13 является р-п-р-транзистором.

Схема, позволяющая увидеть принцип действия транзистора, изображена на рис. 4.1.

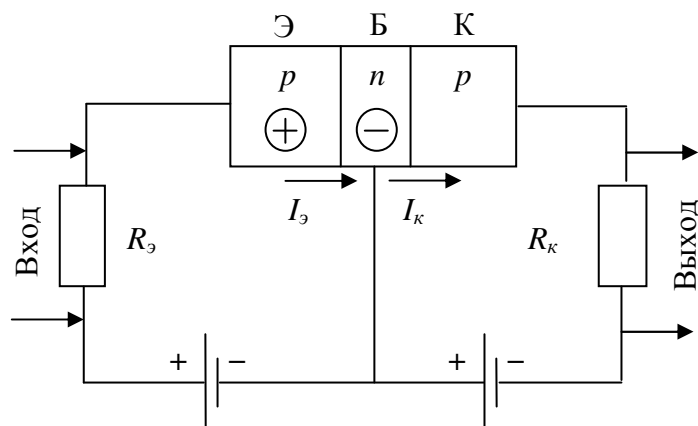


Рисунок 4.1. Схема включения р-п-р – транзистора

Левая часть называется эмиттером (Э), средняя – базой (Б), правая – коллектором (К).

На левый р-п- переход подается небольшое прямое смещение. Это обеспечивает небольшое сопротивление перехода эмиттер-база, так как место контакта обогащено носителями тока. Ток в цепи эмиттер-база осуществляется за счет дырок эмиттера.

Включение области эмиттер-база в прямом направлении позволяет дыркам проникать в область базы. Для области базы дырки не являются основными носителями тока. Как только дырки попадают в область базы, то сразу же в ней устанавливается неравномерная концентрация дырок по длине базы. Такие инжектированные носители способны двигаться в базе благодаря

наличию градиента концентрации неосновных носителей (дырок). Следовательно, в базе осуществляется диффузионный ток за счет неосновных носителей.

При наличии электронов в базе не все дырки способны достигнуть коллекторного перехода, ибо часть их рекомбинирует с электронами.

Для уничтожения нежелательной рекомбинации дырок следует изготавливать область базы как можно тоньше.

Вторая область – база-коллектор – включается в запертом направлении. Смещение коллекторного перехода немного больше, чем эмиттерного, поэтому поле база-коллектор является довольно сильным. За счет этого поля электроны базы (основные носители) и дырки коллектора (основные носители) оттянуты от перехода и, следовательно, не могут осуществлять перенос зарядов.

Ток в коллекторе обеспечивают дырки, которые, миновав базу, попадают в сильное поле коллектора. Именно они и осуществляют перенос носителей тока через коллекторный переход. Таким образом, изменение тока в цепи эмиттера вызывает практически такое же изменение тока в цепи коллектора:

$$\Delta I_{\text{э}} \approx \Delta I_{\text{к}}$$

Коэффициент усиления по току

$$K_I = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta I_{\text{э}}} \quad (4.1)$$

близок к единице, но, несмотря на это, данное устройство позволяет осуществить усиление по напряжению. Действительно:

$$\begin{cases} \Delta U_{\text{вх}} = \Delta I_{\text{э}} R_{\text{э}} \\ \Delta U_{\text{вых}} = \Delta I_{\text{к}} R_{\text{к}} \end{cases} \quad (4.2)$$

где $\Delta U_{\text{вх}}$ – изменение напряжения на входе;

$\Delta U_{\text{вых}}$ – изменение напряжения на выходе.

Определим коэффициент усиления из соотношения

$$K_U = \frac{\Delta U_{\text{вых.}}}{\Delta U_{\text{вх.}}},$$

где в соответствии с уравнениями (4.1) и (4.2) имеем:

$$K_U = \frac{\Delta I_{\text{к}} R_{\text{к}}}{\Delta I_{\text{э}} R_{\text{э}}} = K_I \frac{R_{\text{к}}}{R_{\text{э}}}.$$

Как правило, $R_{\text{к}} \gg R_{\text{э}}$, что и позволяет получить значительное усиление по напряжению ($R_{\text{к}}$ и $R_{\text{э}}$ – сопротивления, согласованные с переходами p - n ; n - p).

Порядок выполнения работы и обработки результатов измерений

1. Снять характеристики приборов.

2. Собрать установку по схеме (рис.4.2).

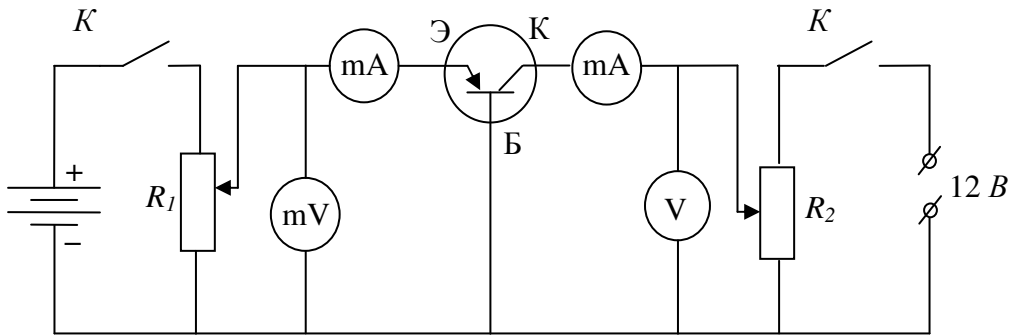


Рисунок 4.2. – Схема лабораторной установки

При выполнении работы не допускается отключение или разрыв в цепи базы при наличии смещения на электродах транзистора; при включении транзистора в цепь с электрическим напряжением коллекторный выход должен подключаться последним и отключаться первым.

3. Установить $U_K = 5V$ и снять зависимость $I_{\text{Э}} = f(U_{\text{Э}})$, задавая $U_{\text{Э}}$ равными 150, 200, 250, 300, 350 мВ. Данные занести в табл.4.1.

Таблица 4.1. - Результаты измерений

$U_K = 5V$

$U_{\text{Э}}, \text{мВ}$	150	200	250	300	350
$I_{\text{Э}}, \text{мА}$					

4. При $I_{\text{Э}} = \text{const}$ ($U_{\text{Э}} = 200V$) снять зависимость $I_K = f(U_K)$, задавая U_K равными 2, 4, 6, 8, 10, 12 В. Данные занести в табл. 4.2.

Таблица 4.2. - Результаты измерений

$I_{\text{Э}} = \text{const}$ ($U_{\text{Э}} = 200\text{мВ}$)

$U_K, \text{В}$	2	4	6	8	10	12
$I_K, \text{мА}$						

5. Снять зависимость $I_K = f(I_{\text{Э}})$ при $U_K = 5V$, задавая значения $I_{\text{Э}}$ равными 4, 6, 8, ..., 20-25 мА. Данные занести в табл. 4.3.

Таблица 4.3. - Результаты измерений

$U_K = 5V$

$I_{\text{Э}}, \text{мА}$												
$I_K, \text{мА}$												

6. По полученным данным построить графики:

7. $I_{\text{Э}} = f(U_{\text{Э}})$, при $U_K = 5V$;

8. $I_K = f(U_K)$, при $I_{\text{Э}} = \text{const}$ ($U_{\text{Э}} = 200\text{мВ}$);

9. $I_K = f(I_{\text{Э}})$, при $U_K = 5V$.

10. Используя наиболее прямолинейные участки графиков, рассчитать входное и выходное сопротивление по формулам:

$$R_{ex} = \frac{\Delta U_{э}}{\Delta I_{э}}; \quad R_{облх} = \frac{\Delta U_{к}}{\Delta I_{к}}$$

и определить

$$K_I = \frac{\Delta I_{к}}{\Delta I_{э}}$$

Контрольные вопросы

1. Каков механизм проводимости полупроводников р-типа?
2. Каков механизм проводимости полупроводников n-типа?
3. Объяснить работу n-p-n-транзистора в схеме с общей базой.
4. Почему необходимо при производстве транзистора область базы изготавливать как можно тоньше?
5. Что следует понимать под неосновными носителями тока, какова их роль в работе транзистора?
6. Какие характеристики триода с общей базой вам известны?