

на панели. Установить $U_{c1} = -2\text{В}$, $U_a = 150\text{В}$, $U_{c2} = 100\text{В}$. С генератора на вход усилительного каскада подать напряжение $U_{ген} = 50\text{мВ}$ частоты $f = 1\text{кГц}$. К входу усилительного каскада (можно непосредственно к первой сетке лампы) подключить осциллограф. С помощью регулировок осциллографа установить на его экране изображение нескольких периодов усиливаемого переменного напряжения.

Определить величину наблюдаемого сигнала $U_{вх}$.

Переключить осциллограф с входа усилительного каскада на его выход, т. е. на анод лампы.

Записать величину наблюдаемого сигнала $U_{вых}$.

Вычислить коэффициент усиления каскада:

$$K_{эксп} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

Для указанного режима лампы определить ее параметры S , R_i и μ по анодным и анодно-сеточным характеристикам.

Вычислить значение комбинации этих параметров лампы:

$$Z = \frac{SR_i}{\mu}$$

Вычислить коэффициент усиления каскада по формуле

$$K_{теор} = SR_{и}$$

и сравнить его с $K_{эксп}$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково устройство электронной лампы?
2. Для чего применяют активированные катоды?
3. Что выражают основные параметры лампы: коэффициент усиления μ , внутреннее сопротивление R_i , крутизна S ?
4. Какой вид имеют анодно-сеточные характеристики триода, тетрода, пентода?
5. Как определяются S , R_i , μ по анодно-сеточным и анодным характеристикам?
6. Какова роль сеток в пентоде?
7. Как определить максимально допустимые анодный ток и анодное напряжение лампы?
8. Как выбирается режим пентода при использовании его в схеме усилителя?
9. Каким образом усилить сигнал с помощью пентода?
10. Показать на схеме установки цепи тока накала, анодного тока.
11. Объяснить влияние сеточного смещения на коэффициент усиления усилителя на пентоде.
12. Какие меры предосторожности в отношении электробезопасности следует соблюдать при выполнении настоящей задачи?

Литература

1. Калашников С. Г. Электричество. М.: Наука, 1985, § 160, 161.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. III. Электричество. М.: Наука, 1977, § 102, 103.
3. Жеребцов И. П. Основы электроники. М.: Энергия, 1977.

Лабораторная работа 10

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

В данной лабораторной работе снимается вольт-амперная характеристика диода, изучается применение диодов в различных схемах выпрямления переменного тока.

Описание экспериментальной установки. Объектом исследования являются полупроводниковые германиевые диоды типа Д226Б. Диоды, резисторы и конденсаторы, необходимые для выполнения эксперимента, смонтированы на специальной панели. Резисторы имеют сопротивление по 330 Ом, а емкости — 1, 5 и 30 мкФ. На панели имеется ряд дополнительных гнезд, облегчающих монтаж нужных схем.

Источник постоянного напряжения I обеспечивает плавное изменение выходного напряжения до 25 В при токе до 500 мА.

Источником переменного напряжения служит генератор, имеющий симметричный и несимметричный выходы, обеспечивающий 2 В на частотах 20 ÷ 1000 Гц. Для измерения постоянного напряжения используется вольтметр с пределом 1,5 В, для измерения постоянного тока — миллиамперметр с пределом 75 ÷ 150 мА. Осциллограф имеет входы «Y» и «X».

Упражнение 1. СНЯТИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДА

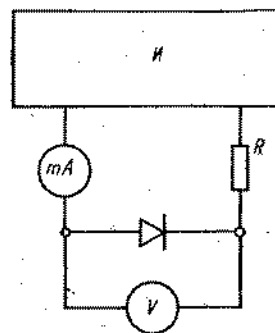


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

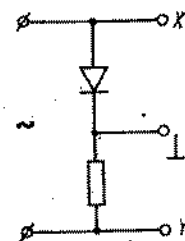


Рис. 2. Схема для наблюдения вольт-амперной характеристики диода на экране осциллографа

Собрать схему, изображенную на рис. 1.

Перед включением приборов в сеть убедиться в том, что ручка потенциометра, регулирующего выходное напряжение источника постоянного тока, находится в крайнем положении против часовой стрелки, что соответствует минимальному выходному напряжению. Включить источник постоянного тока в сеть и дать ему прогреться в течение 5 мин.

Увеличивая ступенями напряжение, подаваемое на схему от источника постоянного тока, снять зависимость между током I , текущим через диод, и напряжением U , действующим на нем. Результаты измерений занести в таблицу и представить графически.

Упражнение 2. НАБЛЮДЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДА НА ЭКРАНЕ ОСЦИЛЛОГРАФА

Собрать схему, изображенную на рис. 3.

Переменное напряжение U_{\sim} частотой в несколько сотен герц

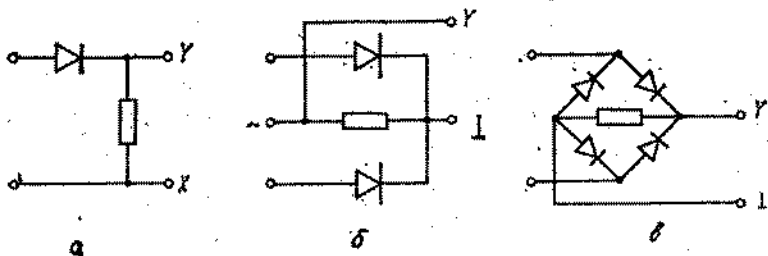


Рис. 3. Различные схемы выпрямителей переменного тока: а) однополупериодный выпрямитель; б) двухполупериодный выпрямитель со средней точкой; в) двухполупериодный мостиковый выпрямитель

подать на схему с генератора. Осциллограф подсоединить к схеме и установить его в режим внешней развертки.

Включив приборы в сеть, дать им прогреться несколько минут.

Увеличивая переменное напряжение, подаваемое на схему с генератора, наблюдать на экране осциллографа изображение вольт-амперной характеристики, зарисовать ее.

Упражнение 3. ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ СХЕМ

Однополупериодный выпрямитель

Собрать схему, изображенную на рис. 3, а.

Подать на схему переменное напряжение U_{\sim} с генератора. Осциллограф установить в режим внутренней развертки.

Установить на экране осциллографа изображение двух-трех периодов сигнала. Зарисовать наблюдаемую осциллограмму напряжения, действующего на резисторе R .

Далее в этом упражнении напряжение, подаваемое с генератора, и чувствительность осциллографа не изменять.

Двухполупериодный выпрямитель

Предлагается рассмотреть схему двухполупериодного выпрямителя, переменное напряжение на который подается с обмотки трансформатора, имеющей отвод от средней точки. Такой выход имеет используемый генератор.

Собрать схему, изображенную на рис. 3, б.

Зарисовать осциллограмму напряжения, действующего на резисторе R , сопоставив ее с осциллограммой для однополупериодного выпрямителя.

Двухполупериодный мостиковый выпрямитель

Предлагается рассмотреть схему двухполупериодного выпрямителя, переменное напряжение на который подается с обмотки трансформатора, не имеющей вывода от средней точки, т. е. необходимо использовать симметричный выход генератора.

Собрать схему в соответствии с рис. 3, в. Зарисовать осциллограмму напряжения, действующего на резисторе R , сопоставив ее с осциллограммами в двух предыдущих случаях.

Упражнение 4. СГЛАЖИВАНИЕ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Если на выходе выпрямителя параллельно резистору нагрузки включить конденсатор, то этот конденсатор будет заряжаться, когда диод открыт, и разряжаться через резистор R , когда диод закрыт. Таким образом, напряжение на резисторе R окажется менее пульсирующим, сглаженным.

Собрать одну из схем, изображенных на рис. 3, подключив параллельно резистору нагрузки один из имеющихся на панели конденсаторов. Чтобы отклонение луча на экране осциллографа было пропорционально также и постоянной составляющей исследуемого напряжения, использовать так называемый открытый вход осциллографа.

Зарисовать осциллограммы напряжения, действующего на резисторе R для каждого из трех конденсаторов, подключаемых к резистору. Частоту переменного напряжения при этом взять равной примерно 200 Гц.

Для случая, когда к резистору R подключен конденсатор наименьшей емкости, увеличивать частоту переменного напряжения, действующего на резисторе. Зарисовать осциллограммы для нескольких частот. Обратит внимание на изменение среднего уровня выпрямленного напряжения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова природа электропроводности полупроводников?
2. Каким образом создается примесная электронная или дырочная электропроводность?
3. Что происходит в $p-n$ -переходе при действии внешнего напряжения?
4. Объяснить ход вольт-амперной характеристики диода.
5. Как вольт-амперная характеристика диода изменяется с температурой?
6. Какова точность приборов, используемых при измерениях?
7. В чем заключаются преимущества и недостатки изучаемых выпрямительных схем?
8. В чем заключаются особенности соединения полупроводниковых диодов последовательно и параллельно?
9. Каковы основные преимущества и недостатки полупроводниковых диодов по сравнению с вакуумными?

Литература

1. Калашников С. Г. Электричество. М.: Наука, 1985, § 151—154, 159, 198, 203—205.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. III. Электричество. М.: Наука, 1977, § 100, 102, 108.
3. Жеребцов И. П. Основы электроники. Л.: Энергия, 1974, с. 23—36, 46—85.

Лабораторная работа 11

ТИРИСТОР

Целью настоящей работы является ознакомление с полупроводниковым прибором — тиристором. Этот прибор относится к классу переключающих устройств. Он обладает способностью открываться при подаче на него управляющего сигнала, пропускать электрический ток, и закрываться, прекращая пропускать ток.

УСТРОЙСТВО ТИРИСТОРА

Основу тиристора составляет кремниевая пластина, имеющая четырехслойную структуру, в которой чередуются слои с дырочной (p) и электронной (n) проводимостями (рис. 1). Эти четыре слоя образуют три $p-n$ -перехода Π_1 , Π_2 и Π_3 . Крайнюю область p , к которой подключается положительный полюс источника, называют анодом; крайнюю область n , к которой подключен отрицательный полюс источника, — катодом.

Название «тиристор» относится ко всем переключающим устройствам с тремя и более $p-n$ -переходами. Приборы, имеющие два вывода (анод и катод), называются диодными тиристорами или динисторами.

Физические процессы в динисторе

Как видно из рис. 1, $p-n$ -переходы Π_1 и Π_3 включаются в прямом направлении, а переход Π_2 — в обратном.

Пусть напряжение, приложенное к тиристор, мало. Тогда очевидно, что ток, протекающий через тиристор, будет определяться переходом Π_2 : переходы Π_1 и Π_3 открыты, их сопротивление мало, а сопротивление перехода Π_2 — большое. Поэтому начальный участок OA_1 вольт-амперной характеристики тиристора (рис. 2) подобен вольт-амперной характеристике $p-n$ -перехода в обратном направлении.



Рис. 1. Система $p-n$ -переходов в тиристор

Отметим, что ток через переход Π_2 создан перемещением через него неосновных носителей в прилегающих областях: электроны являются неосновными носителями в средней p -области, а дырки — в средней n -области.

По мере увеличения напряжения, прикладываемого к тиристор, растут прямые токи через переходы Π_1 и Π_2 — в соответствии с характеристикой $p-n$ -перехода в прямом направлении. В результате в средней p -области через переход Π_1 инжектируется все большее количество электронов, а в средней n -области — все большее количество дырок через переход Π_3 . Таким образом, концентрация неосновных носителей в областях, прилегающих к переходу Π_2 , возрастает. Следствием этого является уменьшение сопротивления перехода Π_2 . В результате — это очень важный момент — происходит перераспределение падений напряжения между переходами Π_1 , Π_2 , Π_3 .

Если при малом напряжении, приложенном к тиристор, почти все оно падало на переходе Π_2 , то по мере увеличения этого напряжения сопротивление перехода Π_2 , как уже было сказано, уменьшается, а так как ток через все три перехода один и тот же по величине, то в соответствии с законом Ома на переходе Π_2 падает все меньшая доля напряжения, действующего на тиристор. Это означает, что напряжение, действующее на переходах Π_1 и Π_3 , возрастает еще больше.

Теперь обратим внимание на то, что вольт-амперная характеристика $p-n$ -перехода в прямом направлении нелинейна: по мере увеличения внешнего напряжения, прикладываемого к тиристор, токи через переходы Π_1 и Π_2 растут все сильнее. В средние p - и n -области инжектируется все больше и больше неосновных носителей, сопротивление перехода Π_2 падает все быстрее, что в свою очередь приводит к тому, что на переходах Π_1 и Π_2 оказывается все большее и большее напряжение (точка A_2 на рис. 2). А это вызывает дальнейшее возрастание тока через переходы Π_1 и Π_3 . Наконец, при некотором внешнем напряжении на тиристор $U_2 = U_{вкл}$ этот процесс приобретает лавинообразный характер.