

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса
Кафедра электронной техники и физики

А. П. Рыжков

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

Методические указания к лабораторным работам
(часть 1)

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург
ИПК ГОУ ОГУ
2010

УДК 621.31(075.3)
ББК 32.8
Р93

Рецензент - заведующая кафедрой электронной техники и физики
Л.А. Бушуй

Рыжков, А. П.

Р93

Электронная техника: методические указания к лабораторным работам./А. П. Рыжков; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2010.– 32 с.

Методические указания содержат пять лабораторных работ по электронной технике, и являются основным учебным руководством при выполнении работ студентами очной формы обучения специальности 210308 — «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники» в 3 семестре.

Методические указания составлены в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников для специальности 210308 среднего профессионального образования и примерной программой предмета «Электронная техника».

УДК 621.31(075.3)
ББК 32.8

© Рыжков А. П., 2010
© ГОУ ОГУ, 2010

Содержание

Введение.....	6
1 Лабораторная работа № 1. Изучение лабораторного стенда.....	7
1.1 Теоретическое введение.....	7
1.2 Выполнение работы.....	7
2 Лабораторная работа № 2. Исследование полупроводниковых диодов.....	8
2.1 Теоретическое введение	8
2.2 Предварительная подготовка к работе	10
2.3 Порядок выполнения работы.....	12
2.4 Содержание отчета.....	14
2.5 Контрольные вопросы.....	14
3 Лабораторная работа № 3. Исследование биполярного транзистора.....	17
3.1 Теоретическое введение.....	17
3.2 Предварительная подготовка к работе	19
3.3 Выполнение работы.....	20
3.4 Контрольные вопросы.....	23
3.5 Содержание отчета:.....	24
4 Лабораторная работа № 4. Исследование полевых транзисторов.....	25
4.1 Теоретическое введение.....	25
4.2 Предварительная подготовка к работе.....	27
4.3 Выполнение работы.....	27
4.4 Содержание отчета:.....	31
4.5 Контрольные вопросы.....	32
5 Лабораторная работа № 5 Исследование тиристоров.....	33
5.1 Теоретическое введение.....	33
5.2 Предварительная подготовка к работе.....	33
5.3 Выполнение работы.....	34
5.4 Контрольные вопросы:.....	36
5.5 Содержание отчета.....	36
Список использованных источников.....	37

Введение

Значительное изменение во многих областях науки и техники обусловлены развитием электроники. Причем тенденция развития такова, что доля электронных информационных устройств и устройств автоматики непрерывно увеличивается.

Это является результатом развития интегральной технологии, внедрение которой позволило наладить массовый выпуск дешевых, высококачественных, не требующих специальной настройки и наладки микроэлектронных функциональных узлов различного назначения, основой которых являются такие элементы электроники как полупроводниковые приборы.

При разработке разделов 1, 2, 3 были использованы источники /1/, /2/, /3/, /4/

При разработке разделов 4, 5 были использованы источники /2/, /3/, /4/, /5/.

1 Лабораторная работа № 1. Изучение лабораторного стенда

Цель работы: изучить измерительные приборы и проверить источники питания лабораторного стенда.

Оборудование: лабораторный стенд, соединительные провода.

1.1 Теоретическое введение

При изучении инструкции по технике безопасности и пожарной безопасности обратите внимание на правила поведения в лаборатории при выполнении работ и в случае аварийной ситуации.

Предел измерения прибора это наибольшее значение величины которое он может измерить.

При изучении приборов обратите внимание, что P1, P2 приборы одинаковые и имеют переключатели, от которых зависит предел измерения и вид измеряемой величины. P3 не имеет переключателей, поэтому его предел измерения – 100 мкА (это написано на шкале). Дополнительный прибор, расположенный на большой панели используется в качестве вольтметра с расширенным диапазоном измерений.

1.2 Выполнение работы

1.2.1 Изучить инструкцию по технике безопасности и пожарной безопасности при выполнении лабораторных работ в данной лаборатории и расписаться в журнале по ТБ.

1.2.2 Определить пределы измерения и цену деления приборов P1, P2 лабораторного стенда. При этом рассмотрите все варианты и запишите их в отчет, например, так:

✓ ($\times 1$; V) – вольтметр с пределом измерения 1В, цена деления — 0,02 В/дел.

1.2.3 Определить пределы измерения и цену деления приборов P3 и вольтметра V лабораторного стенда и запишите в отчет.

1.2.4 Проверить источник постоянного тока «ИПН 1». Для этого переключатели прибора P1 (V) установить в положение ($\times 10$; V) и соединить «+» прибора с «+» источника, (-) прибора с (-) источника. После проверки преподавателем, включить стенд и вращая ручку регулировки напряжения источника тока, определит, в каких пределах изменяется напряжение.

1.2.5 Результаты записать в отчет.

1.2.6 То же самое повторить с источником «ИПН 2».

1.2.7 Начертить схему для измерения силы тока и напряжения в резисторе R1.

1.2.8 На схеме указать положение переключателей приборов P1 и P2. При выключенном питании стенда собрать схему .

1.2.9 После проверки цепи преподавателем включить стенд, установить напряжение 7В и измерить ток.

1.2.10 Результаты записать в отчет.

1.2.11 Выключить стенд и показать результаты преподавателю.

1.2.12 Убрать проводники, навести порядок на рабочем месте.

2 Лабораторная работа № 2. Исследование полупроводниковых диодов

Цель работы: изучение наиболее характерных свойств электронно-дырочного перехода, определяющих характеристики выпрямительного диода и стабилитрона

Оборудование: лабораторный стенд, соединительные провода.

2.1 Теоретическое введение

Электронно-дырочный переход (p-n - переход) - это контакт двух проводников с различным типом проводимости. Изготавливается он обычно из одного кристалла полупроводника, в котором формируются области с повышенной концентрацией акцепторной примеси (p - область) и донорной (n - область). В зависимости от

технологии изготовления существуют различные переходы, примером могут быть резкий или плавный переходы. В резком переходе область изменения концентрации примеси значительно меньше толщины области пространственного заряда, который образуется за счет диффузии электронов и дырок, а в плавном переходе - обратная ситуация.

Если переход находится в равновесии (внешнее поле равно 0), то его состояние определяется двумя конкурирующими процессами:

- 1) диффузия основных носителей - дырок из p - области в n - область и диффузия электронов в обратном направлении;
- 2) дрейфом не основных носителей под действием электрического поля перехода.

В условиях равновесия полный ток через переход (дрейфовый плюс диффузионный) носителей каждого знака равен нулю .

Полупроводниковый кристалл, в котором сформирован электронно-дырочный переход и который заключен в корпус с двумя электрическими выводами, представляет собой p-n переход.

Если приложить к переходу разность потенциалов U , то полный ток через переход будет определяться по формуле (1.1):

$$I = I_0 \left(e^{\pm \frac{qU}{kT}} - 1 \right), \quad (1.1)$$

где I_0 – ток насыщения; [А]

q – заряд электрона; [К]

k – постоянная Больцмана; [Дж/К]

T – абсолютная температура;

U – приложенное к переходу внешнее напряжение, причем “+” (плюс) – соответствует прямому напряжению, “–” (минус) – соответствует обратному напряжению; [В].

Если по этой же схеме производить измерение обратного тока диода, то погрешность его измерения будет большой ввиду того, что сопротивление обратно смещенного перехода очень велико, и ток вольтметра может в несколько раз превышать ток диода. Поэтому измерение обратного тока диода следует производить по схеме на рисунке 2.1б, для которой существует некоторая погрешность измерения напряжения на диоде. Однако эта погрешность очень мала, т.к. падение напряжения на низкоомном миллиамперметре значительно меньше, чем падение напряжения на диоде.

При исследовании обратной ветви характеристики стабилитрона от нуля до $U_{ст}$ следует пользоваться схемой на рисунке 2.1б, а при снятии рабочего участка, когда ток стабилитрона начинает резко увеличиваться, необходимо перейти к схеме на рисунке 2.1а, поменяв в ней полярность включения диода.

Элементы схемы и измерительные приборы в значительной степени определяются типом исследуемого диода или стабилитрона. В таблицах 2.1 и 2.2 приведены основные параметры некоторых плоскостных диодов и стабилитронов, получивших широкое применение в электронной аппаратуре.

Примечание: значение ЭДС источника постоянного тока, зависит от типа исследуемого полупроводникового прибора. Однако в большинстве случаев достаточно прикладывать к диоду в прямом направлении напряжение порядка 1В, а в обратном - порядка 30 - 40В.

Таблица 2.1 - Основные данные плоскостных полупроводниковых диодов

Тип диода	Выпрямленный ток (среднее значение), $I_{выпр.}, A$	Обратный ток(среднее значение), $I_{обр.}, mA$	Импульсное обратное напряжение, В	Вид полупроводника	Постоянное прямое напряжение более, В
КД221	0,7	0,6	100	Кремний	1,4
КД240	2	0,4	200	Кремний	1,2
КД208	1,5	0,1	100	Кремний	1

Таблица 2.2 - Основные данные полупроводниковых стабилитронов

Тип стабилитрона	Напряжение стабилизации	Рассеиваемая мощность, мВт	Максимальный ток стабилизации, mA	Минимальный ток стабилизации, mA	Дифференциал сопротивления более, Ом
КС106	2,9-3,5	2	0,5	0,01	500
2С127А	2,7	20	6	1	100
КС175Ц	7,1-7,5	12-20	2,65	0,05	200
Д818	9-10,3	300	33	3	18
КС482	7,4-8,2	1000	96	1	25

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Снять прямые характеристики диодов.

2.3.2 Собрать схему с диодом VD1 (Рисунок 2.2).

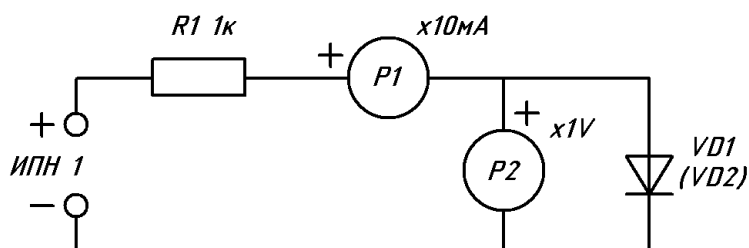


Рисунок 2.2 – Прямое включение диода

2.3.3 Установить приборы в следующие режимы: P1(mA; x10); P2(V; x1).

2.3.4 Определить цену деления каждого прибора и записать в отчет на схеме.

2.3.5 Снять зависимость $I_{пр.} = f(U_{пр.})$, изменяя $I_{пр.}$ от 0 до 10 мА с интервалом 0.5мА, при помощи регулятора «ИПН 1»

2.3.6 Повторить измерения с диодом VD2.

2.3.7 Результаты измерений занести в таблицу № 2.3.

2.3.8 Снять обратные характеристики диодов.

2.3.9 Собрать схему с диодом VD1 (Рисунок 2.3).

2.3.10 Для измерения напряжения использовать дополнительный вольтметр с пределом измерения 50 В.

2.3.11 Определить цену деления каждого прибора и записать в отчет на схеме.

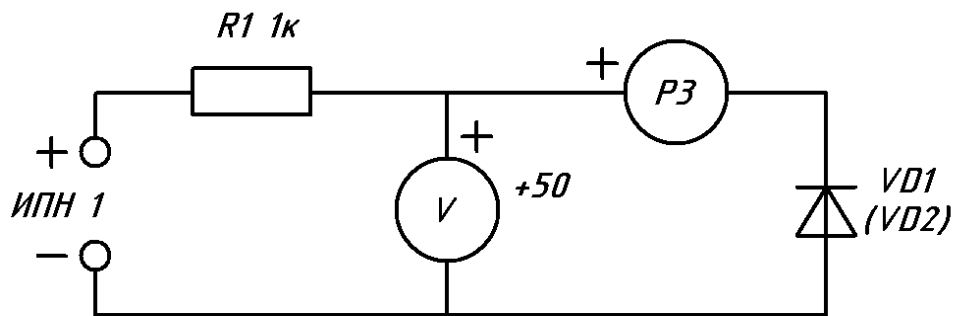


Рисунок 2.3 – Обратное включение диода

2.3.12 Снять зависимость $I_{обр.} = f(U_{обр.})$, изменяя $U_{обр.}$ в соответствии с таблицей № 2.4.

2.3.13 Результаты занести в таблицу № 2.4

2.3.14 Построить ВАХ для диода VD1 и VD2.

2.3.15 Определить для диодов — динамическое сопротивление $R_{пр.}$, $R_{об.}$.

2.3.16 Определить коэффициенты выпрямления K_v исследуемых диодов, для чего значения $I_{пр.}$ — прямого тока и $I_{об.}$ — обратного при напряжении 0.1В подставить в формулу (1.2):

$$K_v = I_{пр.}/I_{об.} \quad (1.2)$$

2.3.17 Снять характеристики стабилитрона.

2.3.18 Собрать схему лабораторной установки с диодом VD3 (Рисунок 2.4).

2.3.19 Установить приборы в следующие режимы: P1 (mA;x10); P2 (V;x10).

2.3.20 Снять зависимость $I_{об.} = f(U_{об.})$, изменяя $I_{об.}$ от 0 до max (8 mA) с шагом 0,5 mA.

2.3.21 Что бы снять ВАХ стабилитрона при прямом включении поменяйте полярность включения источника «ИПН 1» и приборов P1, P2; P2 переключить в положение (V; x1).

2.3.22 Результаты измерений и вычислений занести в таблицу № 2.5.

2.3.23 Построить ВАХ для стабилитрона VD4.

2.3.24 Определить для стабилитронов $U_{ст}$, $I_{ст\ max}$, $I_{ст\ min}$. (пример смотри в лекции).

2.3.25 Сравните полученные параметры с их значениями из справочника.

2.4 Содержание отчета

2.4.1 Название и цель работы.

2.4.2 Оборудование и перечень приборов.

2.4.3 Схемы для снятия ВАХ диодов.

2.4.4 Схемы для снятия ВАХ стабилитрона.

2.4.5 Таблицы с результатами измерений.

2.4.6 ВАХ для VD1, VD2, VD3.

2.4.7 Для диодов — динамическое сопротивление $R_{пр\sim}$, $R_{об\sim}$ и коэффициенты выпрямления K_v .

2.4.8 Для стабилитрона — $U_{ст}$, $I_{ст\ max}$, $I_{ст\ min}$.

2.4.9 Вывод о проделанной работе.

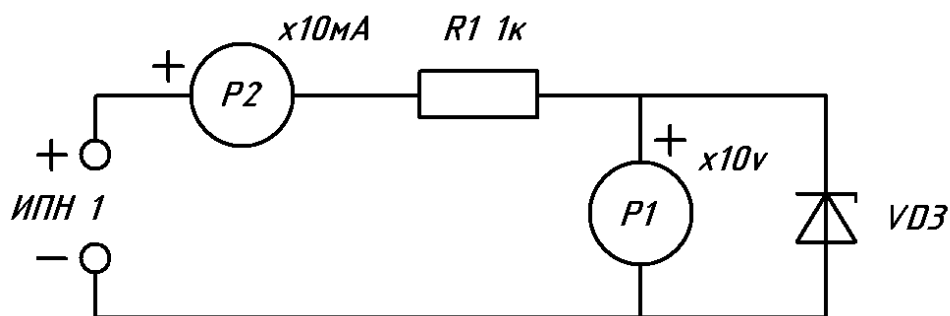


Рисунок 2.4 – Обратное включение стабилитрона

2.5 Контрольные вопросы

2.5.1 Почему р-п переход часто называют запирающим слоем?

2.5.2 Какое из приведенных утверждений правильное ?

- 2.5.3 Электронно-дырочный переход - это слой, обеднённый носителями заряда;
- 2.5.4 Электронно-дырочный переход - это слой, обогащённый носителями заряда;
- 2.5.5 Дайте характеристику обратимому и необратимому пробую р-п перехода.
- 2.5.6 Как результаты работы подтверждают основное свойство диода, стабилитрона?

Таблица 2.3 - $I_{пр.} = f(U_{пр})$

№ ОПЫТ а	VD1		VD2	
	$U_{пр}(В)$	$I_{пр}(мА)$	$U_{пр}(В)$	$I_{пр}(мА)$
1		0		0
2		0,5		0,5
3		1		1
4		2		2
5		3		3
6		4		4
7		5		5
8		6		6
9		7		7
10		8		8
11		9		9
12		10		10

Таблица 2.4 - $I_{обр.} = f(U_{обр.})$

№ опыта			VD2	
	$U_{обр.}(B)$	$I_{обр.}(mA)$	$U_{обр.}(B)$	$I_{обр.}(mA)$
1	0		0	
2	2		2	
3	4		4	
4	6		6	
5	8		8	
6	10		10	
7	12		12	
8	14		14	
9	16		16	
10	18		18	

Таблица 2.5 - Зависимость $I_{пр.} = f(U_{пр.})$ и $I_{обр.} = f(U_{обр.})$ для стабилитрона

№	Прямое		Обратное	
	$U(B)$	$I(mA)$	$U(B)$	$I(mA)$
1		0		0
2		0,5		0,5
3		1		1
4		2		2
5		3		3
6		4		4
7		5		5
8		6		6
9		7		7
10		8		8
11		9		9

13		10		10
----	--	----	--	----

3 Лабораторная работа № 3. Исследование биполярного транзистора

Цель работы: изучение особенности работы транзистора в схеме с общим эмиттером и определение его параметров

Оборудование: лабораторный стенд, соединительные провода.

3.1 Теоретическое введение

Биполярный транзистор - это полупроводниковый прибор, содержащий два взаимодействующих р-п перехода и предназначенный для генерации, усиления и преобразования сигналов электромагнитной природы. Термин "биполярный" означает, что физические процессы в приборе обусловлены движением носителей заряда обоих знаков (электронов и дырок).

Конструктивно транзистор представляет собой монокристалл полупроводника, в котором сформулированы чередующиеся области с разным типом проводимости. Соответственно различают транзисторы р-п-р типа и п-р-п типа. Средняя область, которая делается достаточно тонкой (что принципиально важно для работы транзистора), называется базой. Две другие - эмиттер и коллектор. База отделена от эмиттера и коллектора эмиттерным и коллекторным р-п переходами. Из названий, очевидно, что назначение эмиттера - инжектировать носителя заряда в базу, задача коллектора - экстракция носителей из базы.

В соответствии с наличием трех выводов возможны три схемы включения транзистора: с общей базой (ОБ) рисунок 1а, с общим эмиттером (ОЭ) рисунок 1б, с общим коллектором (ОК) рисунок 1в.

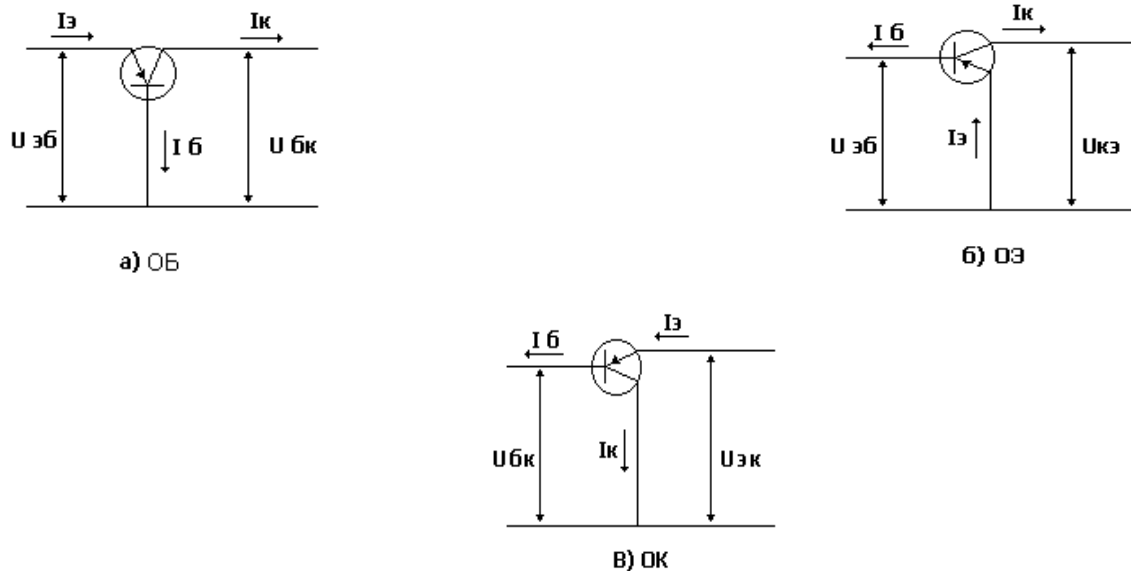


Рисунок 3.1- Три схемы включения транзистора

Существует четыре режима работы биполярных транзисторов: **нормальный активный, двойной инжекции, отсечки и инверсный активный**. В нормальном активном режиме эмиттерный переход включен в прямом направлении, а коллекторный - в обратном. В режиме двойной инжекции оба перехода включены в прямом направлении. В режиме отсечки оба перехода включены в обратном направлении. В инверсном режиме коллекторный переход включен в прямом направлении, а эмиттерный - в обратном.

Поведение транзистора, как и любого другого прибора, в электрической цепи определяется его статическими характеристиками.

Статические характеристики - это уравнения, связывающие входные и выходные токи и напряжения.

Наиболее часто применяются зависимости входных и выходных токов и напряжений, выраженные в h - параметрах:

$$U_1 = h_{11} I_1 + h_{12} U_2$$

$$I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} U_2$$

h - параметры имеют простой физический смысл :

$h_{11} = U_1 / I_1$, при $U_2 = 0$ – входное сопротивление при коротком замыкании выходной цепи;

$h_{12} = U_1 / U_2$, при $I_1 = 0$ – коэффициент обратной связи по напряжению при холостом ходе во входной цепи;

$h_{21} = I_2 / I_1$, при $U_2 = 0$ – коэффициент передачи тока при коротком замыкании выходной цепи;

$h_{22} = I_2 / U_2$, при $I_1 = 0$ – выходная проводимость при холостом ходе во входной цепи.

Итак, для определения **h** - параметров необходим режим короткого замыкания в выходной цепи и режим холостого хода во входной. Это достаточно просто осуществляется экспериментально, поскольку указанные режимы близки к режимам работы транзистора в реальных схемах.

3.2 Предварительная подготовка к работе

Перед выполнением лабораторной работы студент должен познакомиться с основными положениями теории по изучаемому вопросу и ответить на контрольные вопросы. Выяснить и усвоить физический смысл параметров транзисторов приведенных в таблице 3.1.

Таблица 3.1- Предельно допустимые параметры некоторых транзисторов

Тип транзистора	Наибольший ток коллектора I_k , А	Наибольшее напряжение между коллектором и базой $U_{бк\max}$, В	Наибольшее напряжение между коллектором и эмиттером $U_{кэ\max}$, В	Наибольшее обратное напряжение между эмиттером и базой
КТ315Г	0,1	6	35	6
КТ 361	0,1	6	25	6
КТ858АМ	7	400	400	400

3.3 Выполнение работы

3.3.1 Снятие входных характеристик и характеристики передачи тока транзистора:

3.3.1.1 Используя панель собрать схему лабораторной установки по рисунку 3. 2;

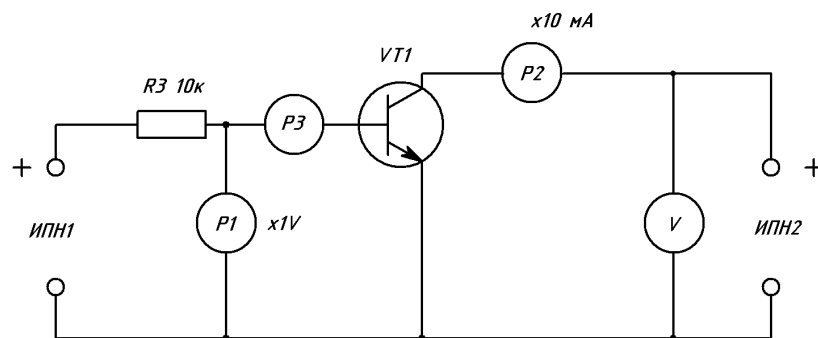


Рисунок 3.2 – Схема для получения характеристик биполярного транзистора

3.3.1.2 Установить приборы в следующие режимы P1 (V; x1), P2 (mA; x10).

V – вольтметр с пределом 25(50) В;

3.3.1.3 Определите цену деления каждого прибора;

3.3.1.4 Установить $U_{б-э} = 0$ с помощью регулятора «ИПН1», $U_{к-э} = 3В$ с помощью регулятора «ИПН2»;

3.3.1.5 Снять зависимость $I_b = f(U_{б-э})$, изменяя $U_{б-э}$ так, чтобы I_b принимал значения от 0 до 100мкА с шагом 10мкА;

3.3.1.6 Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.2;

3.3.1.7 Повторить измерения при $U_{кэ} = 8В$;

3.3.1.8 Снять характеристику передачи тока — $I_k = f(I_b)$, задавая те же самые значения I_b ;

3.3.1.9 Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.3;

3.2 Снятие выходных характеристик транзистора:

3.5.2.1 Снять зависимость $I_k = f(U_{кэ})$ изменяя $U_{кэ}$ от 1 до 10В при $I_b = 20мкА = const$, повторить при $I_b = 40мкА$, $I_b = 80мкА$;

3.5.2.2 Результаты измерений занести в таблицу 3.4;

Таблица 3.2 — Зависимость $I_B = f(U_{БЭ})$

№ ОПЫТ а	$U_{КЭ} = 3В$		$U_{КЭ} = 8В$	
	$U_{БЭ}(В)$	$I_B(мкА)$	$U_{БЭ}(В)$	$I_B(мкА)$
1		0		0
2		10		10
3		20		20
4		30		30
5		40		40
6		50		50
7		60		60
8		70		70
9		80		80
10		90		90

Таблица 3.3 — Зависимость $I_K = f(I_B)$;

$$I_K = f(U_{БЭ})$$

№ опыта	$U_{КЭ} = 6В - const$		
	$U_{БЭ}(В)$	$I_B(мкА)$	$I_K(мА)$
1		0	
2		10	
3		20	
4		30	
5		40	
6		50	
7		60	
8		70	
9		80	
10		90	

Таблица 3.4 — Зависимость $I_K = f(U_{КЭ})$

№ опыта	$I_B = 20мкА$		$I_B = 40мкА$		$I_B = 80 мкА$	
	$U_{КЭ}$	I_K	$U_{КЭ}$	I_K	$U_{КЭ}$	I_K
	В	мА	В	мА	В	мА
	1		1		1	
	2		2		2	
	3		3		3	

	4		4		4	
	5		5		5	
	6		6		6	
	7		7		7	
	8		8		8	
	9		9		9	
	10		10		10	

3.4 Контрольные вопросы

3.4.1 Перечислите основные режимы работы транзисторов .

3.4.2 Какие факторы определяют усилительные свойства транзистора?

3.4.3 Какими отличительными особенностями характеризуются три схемы включения транзистора ?

3.4.4 Какие существуют семейства статических характеристик транзистора?

3.4.5 Перечислите h - параметры транзистора, объясните их физический смысл и способ их экспериментального определения.

3.4.6 Почему процесс усиления по току осуществляется в схеме включения транзистора с общей базой

3.4.7 Как влияет величина напряжения на участке коллектор - эмиттер на положение входной статической характеристики транзистора ?

3.4.8 Чем объяснить увеличение входного сопротивления транзистора по схеме с общей базой?

3.4.9 Как результаты работы подтверждают основное свойство биполярного транзистора?

3.5 Содержание отчета:

3.5.1 название и цель работы;

3.5.2 оборудование и перечень приборов схема;

3.5.3 таблицы с результатами измерений и графики:

- $I_B = f(U_{БЭ})$ по таблице 3.2;

- $I_K = f(I_B)$; $I_K = f(U_{БЭ})$ по таблице 3.3;

- $I_K = f(U_{КЭ})$ по таблице 3.4.

3.5.4 входное сопротивление транзистора ($h_{11Э}$) находят из входных характеристик ($h_{11Э} = \Delta U_{БЭ} / \Delta I_B$);

3.5.5 по выходным характеристикам транзистора определяют значение выходной проводимости ($h_{22Э} = \Delta I_K / \Delta U_{КЭ}$);

3.5.6 по выходным характеристикам транзистора определяют значение коэффициента передачи тока ($h_{21Э} = \Delta I_K / \Delta I_B$);

3.5.7 ответ на вопрос: «Как результаты работы подтверждают основное свойство биполярного транзистора?».

4 Лабораторная работа № 4. Исследование полевых транзисторов

Цель работы: изучение характерных свойств полевых транзисторов и ознакомление с методикой измерения их основных характеристик и параметров

Оборудование: лабораторный стенд, соединительные провода, микроамперметр с пределом измерения не менее 2мА.

4.1 Теоретическое введение

Полевой транзистор – это полупроводниковый прибор, принцип действия которого основан на полевом эффекте – изменение электропроводимости поверхностного слоя под действием электрического поля, направленного перпендикулярно поверхности.

Основой приборов, работающих на полевом эффекте (полевых транзисторов, например) является структура МДП (металл, диэлектрик, полупроводник).

Устройство полевого транзистора на основе МДП-структуры показано на рисунке 4.1

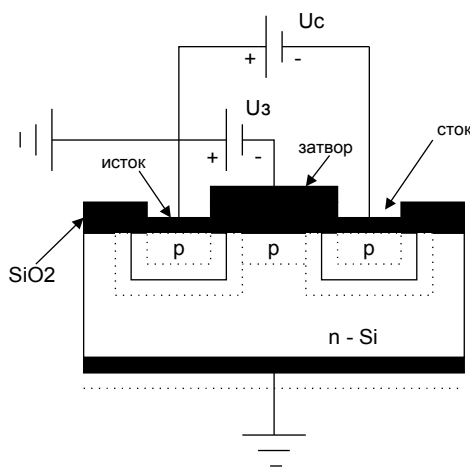


Рисунок 4.1- Структура полевого МДП-транзистора с встроенным каналом

От биполярного транзистора полевой транзистор отличается:

- 1) принципом действия: в биполярном транзисторе управление производится входным током, а в полевом транзисторе - входным напряжением или электрическим полем;
- 2) полевой транзистор (это очень важно!) обладает большим входным сопротивлением - это сопротивление обратно смещенного p-n перехода или изолированного затвора;

- 3) в полевом транзисторе не используется инжекция неосновных носителей заряда - отсюда уменьшение рекомбинационных явлений и низкий уровень шумов (особенно на низких частотах).

МДП-транзисторы подразделяются на:

- полевой транзистор с изолированным затвором, работающий на основе появления индуцированного проводящего канала только при определенной полярности и определенном значении напряжения на затворе относительно истока;
- полевой транзистор с изолированным затвором и со встроенным каналом, изготавливаемым технологически.

Существуют также полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. Сущность которого состоит в изменении площади сечения канала в соответствии с изменением напряжения между затвором и истоком $U_{зи}$. Легко увидеть, что принципы работы полевых транзисторов с изолированным затвором и управляющим р-п переходом в основном совпадают:

- 1) цепь управления изолирована от выходной цепи и потребляет ничтожную мощность управления;
- 2) эффект управления сводится к изменению сопротивления проводящего канала;
- 3) управляющее электрическое поле направлено перпендикулярно выходному току (структура с горизонтальным каналом).

Однако отметим принципиальную разницу: полевой транзистор с управляющим р-п переходом (ПТУП) - *это нормально открытый прибор*, а МДП-транзистор с изолированным затвором - *нормально закрытый*.

Отсюда:

- меньше входное сопротивление и меньшее быстродействие у ПТУП по сравнению с сопротивлением у МДП.*

Есть у ПТУП и преимущества:

- малый уровень собственных шумов;*
- высокая стабильность параметров во времени;*
- высокая радиационная стойкость.*

4.2 Предварительная подготовка к работе

В процессе подготовки должны быть рассмотрены следующие основные вопросы:

- 1) структура полевого транзистора с p-n переходом;
- 2) различные типы полевых транзисторов;
- 3) структура МДП-транзистора;
- 4) отличие между полевыми транзисторами с p-n переходом и МДП-транзистором;
- 5) статические характеристики полевых транзисторов;
- 6) основные параметры полевых транзисторов;
- 7) достоинства и недостатки полевых транзисторов;
- 8) применение полевых транзисторов в элементарных схемах.

4.3 Выполнение работы

4.3.1 Собрать схему (рисунок 4.2).

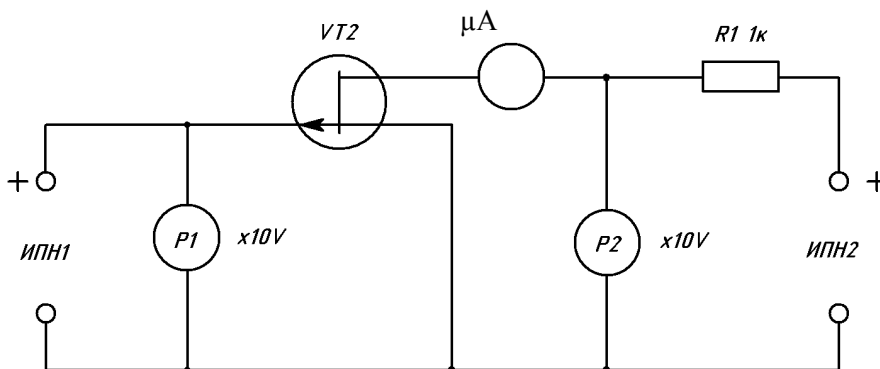


Рисунок 4.2 – Схема для снятия характеристик полевого транзистора

4.3.2 Рассчитать цену деления каждого прибора.

4.3.3 По разрешению преподавателя включить стенд.

4.3.4 Снять стоко-затворные характеристик транзистора КП103.

4.3.5 Выставить по прибору P2 напряжение $U_{си} = 5В$.

Изменять за счет “ИПН1” $U_{зи}$ от 0 с шагом 0,2В пока “μA” не покажет “0”.

Показания приборов “P1” и “ μA ” записывать в таблицу 4.1

4.3.6 Повторить все действия при $U_{си} = 10V$. Показания приборов занести в таблицу 4. 1.

4.3.7 Снять стоковые характеристики: $I_c = f(U_{си})$ при $U_{зи} = const$

4.3.8 Включить стенд.

4.3.9 Установить $U_{зи} = 0,2V$ ручкой “ИПН1” по прибору “P1”.

4.3.10 Изменяя $U_{си}$ от 0 до 9V записать $U_{си}$, I_c в таблицу 4.2.

4.3.11 Повторить действия п/п 5.2, 5.3 для $U_{зи} = 0,5V$, затем $U_{зи} = 0,8V$. Результаты занести в таблицу 4. 2.

4.3.12 Снять стоко-затворную характеристику $I_c = f(U_{зи})$ при $U_{си} = const$ транзистора КП301 для этого:

4.3.13 Собрать схему (Рисунок 4.3).

4.3.14 По разрешению преподавателя:

4.3.15 Включить стенд.

4.3.16 Выставить ручкой “ИПН1” по прибору “P2” $U_{си} = 2V$. Изменять $U_{зи}$ в соответствии с таблицей 4.3. Показания приборов занести в эту таблицу 4.3.

4.3.17 Повторить 4.3.12 для $U_{си} = 10V$.

Таблица 4.1 – Стоко-затворные характеристики

№	$U_{си} = 5V$		$U_{си} = 10V$	
	$U_{зи}$	I_c	$U_{зи}$	I_c
	V	мкА	V	мкА
1	0		0	
2	0,2		0,2	
3	0,4		0,4	

4	0,6		0,6	
5	0,8		0,8	
6	1		1	
7	1,2		1,2	
8	1,4		1,4	
9	1,6		1,6	
...	...		...	

Таблица 4.2 – Стоковые характеристики

№	$U_{зи}=0,2 \text{ В}$		$U_{зи}=0,5 \text{ В}$		$U_{зи}=0,8 \text{ В}$	
	$U_{си}$	I_c	$U_{си}$	I_c	$U_{си}$	I_c
	В	мкА	В	мкА	В	мкА
1	0		0		0	
2	0,5		0,5		0,5	
3	1		1		1	
4	2		2		2	
5	3		3		3	
6	4		4		4	
7	5		5		5	
8	6		6		6	
9	7		7		7	
10	8		8		8	
11	9		9		9	

Таблица 4.3 – Зависимость $I_c = f(U_{зи})$ при $U_{си} = \text{const}$

$U_{си}$ =8В	$U_{зи}$	В	0	0,5	1	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,4	2,6	2,8	3
	I_c	мкА														
$U_{си}$ =10В	$U_{зи}$	В	0	0,5	1	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,4	2,6	2,8	3
	I_c	мкА														

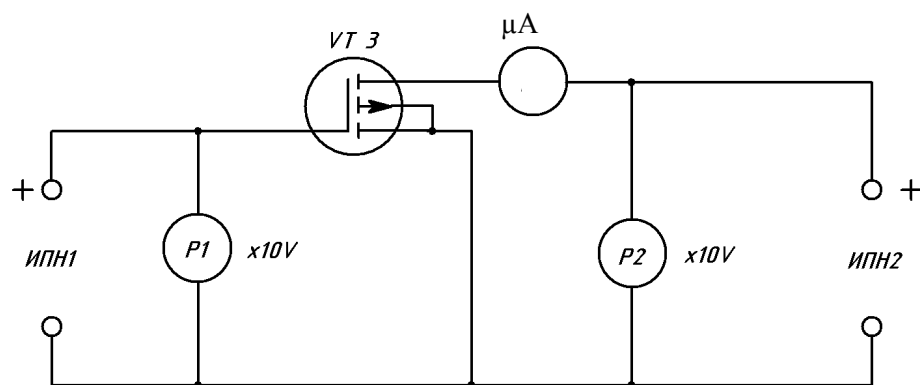


Рисунок 4.3 – Схема на транзисторе КТ301

4.3.18 По результатам работы построить характеристики и определить параметры:

- по таблице 4.1 для транзистора КТ103 построить две сток-затворные характеристики $I_c = f(U_{зи})$ при $U_{си} = 5В$ и $10В$. По этим характеристикам определить: $S_{сз}$, $U_{отс.}$, $I_{с0}$.
- по таблице 4.2 для транзистора КТ103 построить три стоковые характеристики: $I_c = f(U_{си})$ при $U_{зи} = 0.2В$; $0.5В$ и $0.8В$.
- по таблице 4.3 для транзистора КТ301 построить две сток-затворные характеристики $I_c = f(U_{зи})$ при $U_{си} = 8В$ и $10В$.
- по характеристикам определить: $U_{пор.}$, $S_{сз}$.

4.4 Содержание отчета:

- 4.4.1 тема, цель, оборудование;
- 4.4.2 ход работы;
- 4.4.3 справочные параметры полевых транзисторов;

- 4.4.4 схема 1 и таблица 1,2 с результатами;
- 4.4.5 схема 2 и таблица 3 с результатами;
- 4.4.6 для транзистора КП103 и КП301 построить характеристики и определить параметры в соответствии с пунктом 4.3.18;
- 4.4.7 сравнение вычисленных и справочных параметров транзисторов;
- 4.4.8 ответы на вопросы.

4.5 Контрольные вопросы

- 4.5.1 Объясните принцип работы полевого транзистора с р-п переходом и МДП-транзистора.
- 4.5.2 В чем различие характера управления стоковым током в данных транзисторах.
- 4.5.3 Укажите основные отличия полевых транзисторов от биполярных.
- 4.5.4 Изобразите и поясните статические сток - истоковые характеристики полевых транзисторов.
- 4.5.4. Дать полное название транзистору КП 103 и КП 301.
- 4.5.5 Какие параметры транзистора КП 103 определяются в этой работе? Поясните, что они показывают и как определяются?
- 4.5.6 Какие параметры транзистора КП 301 определяются в этой работе? Что они показывают и как их определить?
- 4.5.7 Поясните смысл остальных параметров этих транзисторов по справочнику.
- 4.5.8 Почему транзисторы, которые исследуются в этой работе, называются полевыми?
- 4.5.9 Поясните принцип включения таких транзисторов.
- 4.5.10 Как результаты работы подтверждают основное свойство полевых транзисторов?

5 Лабораторная работа № 5 Исследование тиристорov

Цель работы: изучение методики измерения основных параметров и способа переключения тиристора.

Оборудование: лабораторный стенд, соединительные провода, вольтметр с пределом измерения не менее 15В.

5.1 Теоретическое введение

Тиристор - это полупроводниковый прибор с тремя и более p-n - переходами, имеющий на ВАХ участок с отрицательным сопротивлением. Тиристоры используются, в основном, в схемах переключения.

Существуют двухэлектродные тиристоры - динисторы; трехэлектродные тиристоры - тринисторы, в которых возможно управление напряжением включения тиристора. Разработаны тиристоры, имеющие одинаковые ВАХ при различной полярности приложенного напряжения. Это симметричные тиристоры - симисторы. Включение тиристора как это следует из вышесказанного, можно производить:

а) путем медленного увеличения анодного напряжения;

б) путем подачи напряжения на управляющий электрод.

в) возможно также включение тиристора путем быстрого увеличения анодного напряжения. При этом через прибор будут протекать значительные емкостные токи, приводящие к уменьшению напряжения включения с ростом скорости изменения напряжения $\partial U / \partial t$.

5.2 Предварительная подготовка к работе

Перед выполнением лабораторной работы студент должен изучить основные положения теории, сделать конспект и ответить на контрольные вопросы.

При подготовке обратить внимание на следующие положения:

а) применение тиристорov;

- б) деление тиристоров на классы;
- в) устройство и схематическое изображение управляемых и неуправляемых четырехслойных структур;
- г) схемы включения тиристоров;
- д) Вольт – амперные характеристики динисторов и тиристоров и объяснение их особенностей.
- е) способы включения и выключения тиристоров;
- ж) параметры тиристоров и их экспериментальное определение.

В работе используется триодный тиристор (тринистор), основные электрические параметры которого (КУ201Б) приведены в таблице 5.1. В этой таблице для сравнения приведены параметры тиристора КУ202Л.

Таблица 5.1- Предельно допустимые значения параметров тиристоров

Тип тиристора	Материал, структура	(В)Напряж. в открыт. сост.	УЭ при $I_y=100 \text{ mA}$ (В)Отпир. напряж	Ток в закрыт. сост. (mA)	Мин. ток в открыт. сост. (mA)	Прям. напряж. на УЭ (В)	Пост. ток в открыт. сост. (A)	(В)Пост. прям. напряж. в закрыт. сост.	Пост. обрат. напряж. (В)	Обр. ток УЭ (mA)	Ср. расс. мощность (Вт)
КУ201Б	кремн. р-п-р-п	2	6	5	100	10	2	30	25	5	4
КУ202Л	кремн. р-п-р-п					10	10	360		5	20

5.3 Выполнение работы

5.3.1 Выписать из таблицы 5.1 основные параметры тиристора и предельные эксплуатационные данные.

5.3.2 Собрать схему для снятия вольт – амперных характеристик тиристора, согласно рисунку 5.1

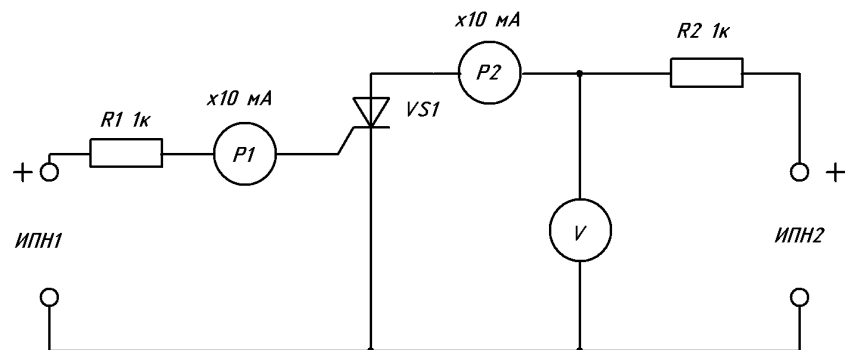


Рисунок 5.1- Схема для снятия характеристик тиристора

- 5.3.3 По разрешению преподавателя снять ВАХ тиристора: $I_a = f(U_a)$, при $I_y = \text{const}$.
- 5.3.4 Включить стенд. Ручками “ИПН1” и “ИПН2” установить $I_y = 0$ (по прибору P1) и $U_a = 0$ по прибору V.
- 5.3.5 Ручкой “ИПН1” установить I_y заданный преподавателем по прибору P1.
- 5.3.6 Постепенно увеличивать U_a от 0 с шагом 1 В до момента открытия тиристора при этом I_a - скачком увеличивается, U_a – скачком уменьшается. Затем увеличиваем ток анода с шагом 1мА пока он не станет равным 10 мА по прибору P2.
- 5.3.7 После этого уменьшать U_a так, чтобы I_a уменьшался с шагом 1мА до момента закрытия тиристора, когда I_a — скачком уменьшается, U_a — скачком увеличивается.
- 5.3.8 Результаты измерений занести в таблицу 5.2.
- 5.3.9 Построить ВАХ $I_a = f(U_a)$ при $I_y = \text{const}$ по таблице. Прямой ход графика (U_a возрастает) обвести одним цветом, обратный ход (U_a убывает) другим цветом.

Таблица 5.2 - Зависимость $I_A = f(U_A)$ $I_y = \text{const}$.

I_y	U_a	В																	
	I_a	мА																	

- 5.3.10 Определить U откр. при заданном I_y по ВАХ.
- 5.3.11 Определить I_a . уд. при $I_y = 0$, для этого:
- 5.3.11.1 открыть тиристор (установить заданный I_y и затем $U_a > U$ откр.).
- 5.3.11.2 отключить управляющий электрод от источника (снять провод с “ИПН1”).
- 5.3.11.3 Постепенно уменьшать U_a и записать I_y при котором тиристор закроется. Этот ток и будет I_a . уд.

5.4 Контрольные вопросы:

- 5.4.1 Что называется тиристором?
- 5.4.2 Назовите основное свойство тиристора?
- 5.4.3 Сформулируйте принцип включения тиристора?
- 5.4.4 Как определить I_a . уд.? Что он показывает?
- 5.4.5 Что такое U откр.? Что при этом напряжении происходит в тиристоре?
- 5.4.6 Почему тиристор называют управляемым вентилем?
- 5.4.7 Покажите на ВАХ участки соответствующие открытому и закрытому состоянию тиристора?
- 5.4.8 Какими способами можно включить тиристор?
- 5.4.9 Какими способами можно выключить тиристор?

5.5 Содержание отчета

- 5.5.1 Тема, цель, оборудование.
- 5.5.2 Справочные параметры тиристора и схема для снятия характеристик.
- 5.5.3 Таблицы измеренных зависимостей.
- 5.5.4 Графики экспериментальных зависимостей: $I_a = f(U_a)$.
- 5.5.5 Выписать значение: $I_{a. уд.}$, $U_{откр.}$
- 5.5.6 Ответы на вопросы.
- 5.5.7 Выводы по результатам измерений.

Список использованных источников

- 1 Горошков Б.И. Электронная техника: учеб. пособие для спо /Б.И. Горошков, А.Б. Горошков. - М.: Академия, 2005. – 320 с.
- 2 Галкин, В.И. Промышленная электроника и микроэлектроника: учеб. пособие для СПУЗОВ /В.И. Галкин, Е.В. Пелевин. - М.: Высш. шк., 2006. – 350 с.
- 3 Берикашвили, В.Ш. Электронная техника: учеб. пособие для студ. спо /В.Ш. Берикашвили, А.К. Черепанов. – 2-е изд., стереотип. - М.: Академия, 2006. – 368 с.
- 4 Гальперин, М.В. Электронная техника: учебник для спо /М.В. Гальперин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА – М, 2007. – 352 с.
- 5 Мышляева, И.М. Цифровая схемотехника: учебник для сред. проф. образования / И.М. Мышляева. - М.: Академия, 2005. – 400 с.