

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Инженерный институт**

**ЭЛЕКТРОНИКА**

**Методические указания  
по выполнению лабораторных работ**

**Новосибирск 2017**

Кафедра Техносферной безопасности и электротехнологий

Составители: доцент, канд. техн. наук, ***И.С. Тырышкин***

Рецензент: канд. техн. наук, доцент ***В.А. Понуровский***

Электроника: Методические указания к лабораторным работам/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер.ин-т; сост.: И.С. Тырышкин. – Новосибирск, 2017. – 15 с.

Содержат рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения всех направлений подготовки.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол №5 от 12 декабря 2017 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2017  
© Инженерный институт, 2017

## Содержание

Лабораторная работа 1 Измерение вольт–амперных характеристик полупроводниковых диодов	4
Лабораторная работа 2 Измерение вольт–амперных характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером	6
Лабораторная работа 3 Измерение вольт–амперных характеристик полевого транзистора	10
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	14

## Лабораторная работа 1

### ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

**Цель работы:** Практическое исследование вольт-амперных характеристик (ВАХ) выпрямительного диода и стабилитрона.

Полупроводниковым диодом называют прибор с одним электрическим переходом и двумя выводами. В полупроводниковом диоде используется свойство р-п перехода хорошо проводить электрический ток в одном направлении и плохо пропускать его в противоположном направлении. Эти токи и соответствующие им напряжения между выводами полупроводникового диода называют прямым и обратным токами, прямым и обратным напряжениями.

В работе исследуются кремневый выпрямительный диод малой мощности КД103А и кремневый стабилитрон малой мощности КС213Б. Вольт-амперные характеристики указанных полупроводниковых диодов и их условные графические изображения приведены на рис.1.1 а) и б).

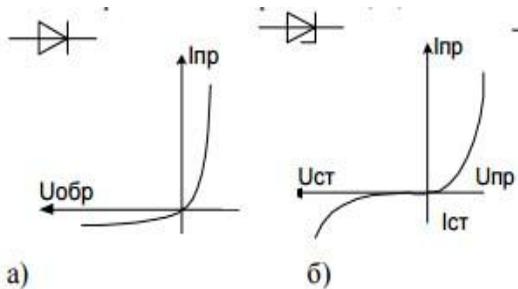


Рис. 1.1.

Выпрямительные диоды предназначены для выпрямления переменного тока. Стабилитроны предназначены для стабилизации напряжения.

**Порядок выполнения работы**  
**Исследование ВАХ выпрямительного диода КД103А.**

Собрать схему по схеме рис 1.2 а).

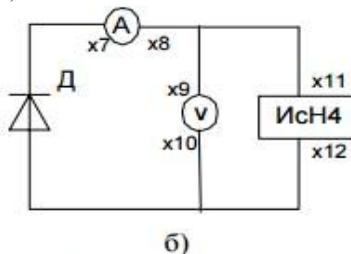
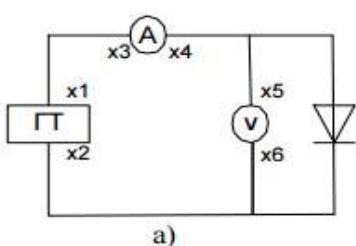


Рис 1.2.

Снять прямую ветвь вольт-амперной характеристики полупроводникового диода КД103А. Данные занести в таблицу 1.1. Столбец «Выпрямительный диод», строки 1 и 2.

Собрать схему по схеме рис 1.2 б). Снять обратную ветвь вольт-амперной характеристики полупроводникового диода КД103А. Данные занести в таблицу 1.1. Столбец «Выпрямительный диод», строки 3 и 4.

По результатам измерений построить ВАХ выпрямительного диода КД103А — прямую и обратную ветви и сравнить их с характеристиками, приведенными в Таблице. 1.1 а).

Таблица 1.1

№/№ П/П	Величины	№№ опыта	Выпрямительный диод	Кремниевый стабилитром
1	Прямое Напряжение, В	1		
		2		
		3		
		4		
		5		
2	Прямой ток, mA	1		
		2		
		3		
		4		
		5		
3	Обратное напряжение, В	1		
		2		
		3		
		4		
		5		
4	Обратный ток, A	1		
		2		
		3		
		4		
		5		

### **Исследование ВАХ стабилитрона КС213Б.**

Заменить в схеме рис. 1.2 а) диод КД103А стабилитроном КС213Б. Снять прямую ветвь вольт-амперной характеристики стабилитрона КС213Б. Данные занести в таблицу 1.1. Столбец «Кремниевый стабилитрон», строки 1 и 2.

Заменить в схеме рис. 1.2 б) диод КД103А стабилитроном КС213Б. Снять обратную ветвь вольт-амперной характеристики стабилитрона КС213Б. Данные занести в таблицу 1.1. Столбец «Кремниевый стабилитрон», строки 3 и 4.

По результатам измерений построить ВАХ стабилитрона КС213Б — прямую и обратную ветви и сравнить их с характеристиками, приведенными на рис. 1.1 б).

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое р-п переход?
2. Что такое выпрямительный диод?
3. Что такое стабилитрон?
4. Как зависит прямое напряжение на диоде от температуры?
5. Как зависит обратный ток диода от температуры?
6. Что такое лавинный пробой?
7. Что такое туннельный пробой?
8. Что такое тепловой пробой?

### **Лабораторная работа 2**

#### **ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА, ВКЛЮЧЕННОГО ПО СХЕМЕ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ**

**Цель работы:** Практическое исследование входных и выходных вольт-амперных характеристик (ВАХ) биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

Биполярный транзистор это полупроводниковый прибор с двумя и более р-п переходами, взаимодействующими между собой и единой кристаллической структурой.

Транзистор называется биполярным из-за того, что физические процессы в нем связаны с движением носителей зарядов двух знаков - свободных дырок и свободных электронов.

Возможны структуры с различным чередованием участков электронной и дырочной проводимости. Отсюда различаются транзисторы двух типов: р-п-р и п-р-п. Структуры и условные обозначения этих транзисторов приведены на рис 3.1 а) и б).

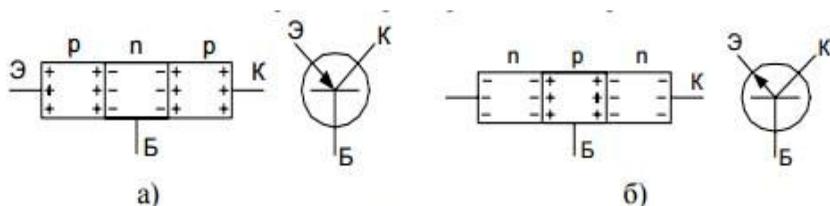


Рис. 3.1.

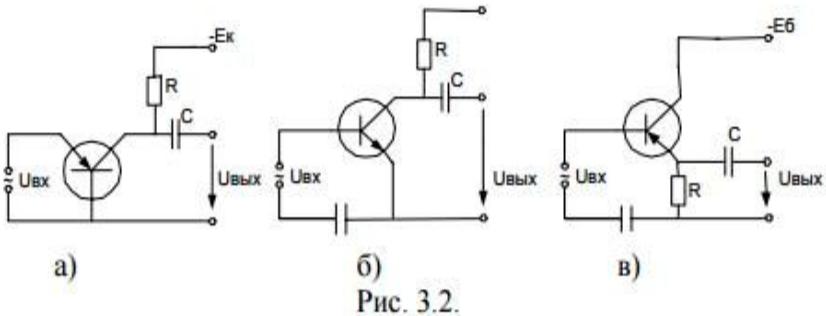
У биполярного транзистора минимум три вывода. В транзисторе р-п-р-типа вывод от первой р-области называется эмиттером (Э), вывод от второй р-области называется коллектором (К), вывод от п-области называется базой (Б).

Различают четыре режима работы транзистора, из них основным является активный режим работы. В активном режиме переход эмиттер-база включен в прямом направлении. Переход коллектор-база включен в обратном направлении.

Токи через транзистор: ток базы  $I_b$ , ток эмиттера  $I_э$ , ток коллектора  $I_k$  связаны соотношением:  $I_э = I_b + I_k$ .

Связь между токами в транзисторе и приложенными напряжениями характеризуется вольт-амперными характеристиками - входными и выходными. Вид характеристик транзистора зависит от схемы его включения.

Различают три основных способа включения транзисторов в зависимости от того, какой из электродов является общим для входной и выходной цепей транзистора: схема с общим эмиттером (ОЭ), схема с общей базой (ОБ) и схема с общим коллектором (ОК) (рис. 3.2.):



На рис. 3.2 а) схема с общей базой, на рис. 3.2 б) схема с общим эмиттером, на рис. 3.2 в) схема с общим коллектором, ее еще часто называют эмиттерный повторитель.

В настоящей работе исследуются ВАХ транзистора для схемы ОЭ (рис. 3.2 б.). Следует заметить — каждый транзистор характеризуется собственными ВАХ, отличными от других транзисторов. Примерный вид ВАХ биполярного транзистора по схеме ОЭ изображен на рис. 3.3 а) входные ВАХ и рис. 3.3 б) выходные:

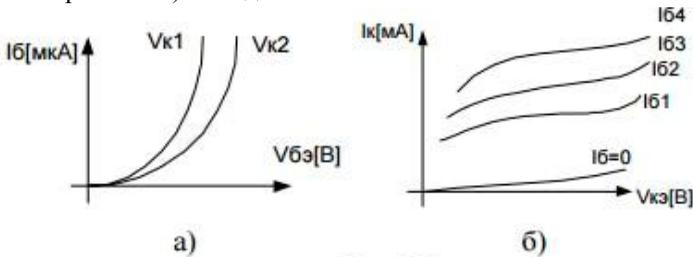


Рис. 3.3.

На рис. 3.3 а) - зависимость между током и напряжением во входной цепи транзистора  $I_b=f_1(V_{бэ})$  при фиксированных значениях напряжения между коллектором и эмиттером  $V_{кэ}=konst$ . На рис. 3.3 б) - зависимость тока коллектора от напряжения между коллектором и эмиттером  $I_k=f_2(V_{ке})$  при фиксированных значениях тока базы  $I_b=konst$ .

Таким образом, электрическое состояние транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, характеризуется четырьмя величинами:  $I_b$ ,  $V_{бэ}$ ,  $I_r$ ,  $V_{кэ}$ .

### Порядок выполнения работы

Собрать схему рис. 3.5.

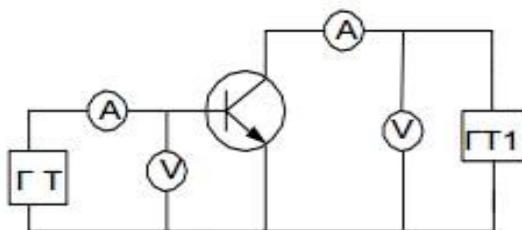


Рис. 3.5.

Снять входную характеристику транзистора  $I_b=f(V_b)$  при  $V_{кэ}=0$  В. Данные занести в таблицу 3.1:

Таблица 3.1.

$I_b, \mu A$						
$V_{бэ}, B$						

Снять входную характеристику транзистора  $I_b=f(V_b)$  при  $V_{кэ}=5$  В. Данные занести в такую же таблицу 3.1.

Снять семейство выходных характеристик транзистора  $I_k=f(V_{кэ})$  при пяти разных значениях тока базы  $I_b$ . Данные занести в таблицу 3.2:

Таблица 3.2

№ вариан- тов	Номер опыта							
	№	1	2	3	4	5	6	7
<b>1</b>	$I_{КЭ}, \text{мА}$							$I_B=0$
	$V_{КЭ}, \text{В}$							
<b>2</b>	$I_{КЭ}, \text{мА}$							$I_0=$
	$V_{КЭ}, \text{В}$							$I_0=$
<b>3</b>	$I_{КЭ}, \text{мА}$							$I_0=$
	$V_{КЭ}, \text{В}$							$I_0=$
<b>4</b>	$I_{КЭ}, \text{мА}$							$I_0=$
	$V_{КЭ}, \text{В}$							$I_0=$
<b>5</b>	$I_{КЭ}, \text{мА}$							$I_0=$
	$V_{КЭ}, \text{В}$							$I_0=$

По данным таблицы 3.1. и таблицы 3.2. построить входные и выходные ВАХ транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

### Контрольные вопросы

1. Что такое биполярный транзистор?
2. Объясните принцип действия биполярного транзистора.
3. Какие схемы включения биполярных транзисторов существуют?
4. Что такое вольт-амперная характеристика биполярного транзистора?

### Лабораторная работа 3

#### ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА

**Цель работы:** Практическое исследование вольт-амперных характеристик полевого транзистора.

Транзистор, принцип действия которого основан на использовании свободных носителей заряда только одного знака - электронов или дырок — называется полевым (униполярным). Транзистор называют полевым еще и потому, что по каналу протекает ток под действием сил электрического поля.

Область транзистора, через которую течет ток называется каналом. Электрод, из которого в канал входят носители заряда, называется истоком. Электрод, через который носители заряда уходят из канала называется стоком. Электрод, служащий для регулирования поперечного сечения канала, называется затвором.

Различаются полевые транзисторы с каналом р-типа и каналом п-типа. Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом и изолированным затвором. В настоящей лабораторной работе исследуется полевой транзистор с управляющим р-п переходом и каналом р-типа (рис.4.1):

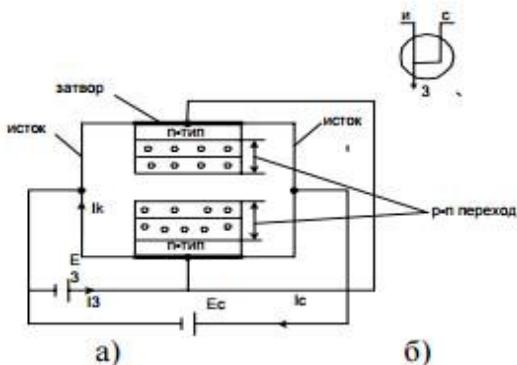


Рис. 4.1

Рассмотрим принцип его работы. Условное изображение транзистора приведено на рис. 4.1 б).

Если между истоком и стоком включен источник ЭДС  $E_{с}$ , то в р-канале есть ток, значение которого зависит от проводимости канала. Проводимость р-канала обратно пропорциональна его ширине.

Ширина изменяется с помощью ЭДС  $E_{з}$ , включенной положительным полюсом к затвору, так что р-п-переход между р-каналом и п-областью, которая соединена с затвором, включен в обратном направлении.

Изменяя обратное напряжение на р-п переходе, мы изменяем ширину р-п перехода и, тем самым, ширину канала. Принцип действия транзистора с каналом п-типа идентичен. Отличие в типе носителей электрического заряда, образующих ток в канала и полярностью управляющего напряжения исток-затвор.

Примерный вид ВАХ полевого транзистора изображен на рис. 4.2 и рис 4.3:

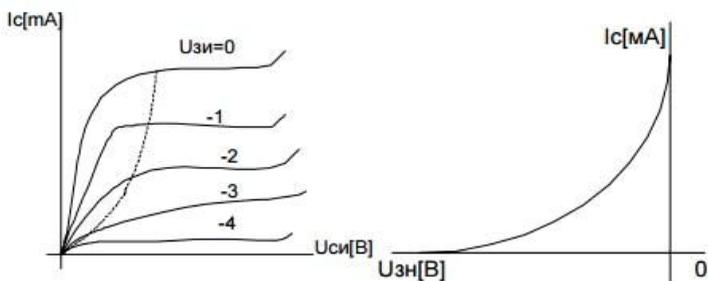


Рис 4.2.

Рис. 4.3.

На рис. 4.2 изображено семейство выходных ВАХ — зависимость тока стока от напряжения между истоком и стоком при фиксированных значениях напряжения между затвором и истоком. На рис. 4.3 изображена передаточная характеристика полевого транзистора. Ее еще называют стоко-затворная характеристика. Зависимость тока стока от напряжения между затвором и истоком.

### Порядок выполнения работы

Собрать схему рис. 4.4:

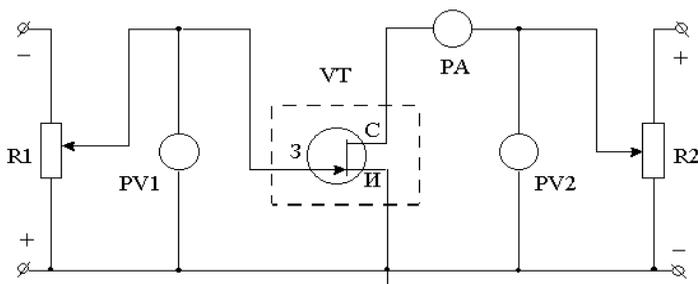


Рис. 4.4

Снять выходные характеристики  $I_c = f(U_{си})$  полевого транзистора при заданных преподавателем значениях  $I_{зи}$ . Данные внести в таблицу 4.1. По полученным данным построить выходные ВАХ полевого транзистора.

Таблица 4.1.

Варианты	Величины	Номер опыта						Примечания
		1	2	3	4	5	6	
1	$V_{си}, В$							$V_{зи}=0$
	$I_c, мА$							
2	$V_{си}, В$							$V_{зи} =$
	$I_c, мА$							
3	$V_{си}, В$							$V_{зи} =$
	$I_c, мА$							
4	$V_{си}, В$							$V_{зи} =$
	$I_c, мА$							
5	$V_{си}, В$							$V_{зи} =$
	$I_c, мА$							

Снять передаточную характеристику  $I_c=f(V_{зи})$  транзистора. Для чего установить напряжение между истоком и стоком, равное 10 в. Затем, изменяя напряжение между истоком и затвором от нуля до максимума с шагом 0,5, измерять ток стока. Данные внести в таблицу 4.2:

Таблица 4.2

Величины	Номер опыта						Примечания
	1	2	3	4	5	6	
$V_{зи}, В$							$V_{си} =$
$I_c, мА$							

По полученным данным построить передаточную характеристику  $I_c=f(V_{зи})$  исследуемого полевого транзистора.

### Контрольные вопросы

1. Что такое полевой транзистор?
2. Почему полевой транзистор называется униполярным?
3. Объясните принцип действия полевого транзистора с управляющим р-п переходом.
4. Что такое передаточная характеристика полевого транзистора?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электротехника и электроника: Учебник. В 2 томах. Том 1: Электротехника / А.Л. Марченко, Ю.Ф. Опадчий - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 574 с
2. Электроника. Расчет усилительного каскада на биполярном транзисторе: метод. указания к контрольной работе / Новосиб. Гос. Аграр. Ун-т. Инженер. Ин-т; сост.: И.С. Тырышкин, Н.А. Каторгин. – Новосибирск, 2013. – 24 с.
3. Тырышкин И.С. Электроника. Основы полупроводниковой электроники: учеб. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: И.С. Тырышкин, Н.А. Каторгин. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – 59 с.
4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Учебник для ВУЗов. – М.: Изд-во Лань, 2009.
5. Разинкин В.П., Тырышкин И.С. Электроника. Часть 1. Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2006.
6. Николаев Г.М., Лхамажапов В.А., Федоров К.А., Сульtimiова В.Д. Лабораторные работы по основам промышленной электроники. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. - 55 с.

Составители: *Тырышкин Игорь Сергеевич*

## **ЭЛЕКТРОНИКА**

### **Методические указания по выполнению лабораторных работ**

Редактор *М.Г. Девищенко*  
Компьютерная верстка *В.Н. Зенина*

Подано в печать «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. Формат 60x84<sup>1/16</sup>  
Объем 1,5 уч.-изд. л., 0,9 усл. печ. л.  
Тираж 10 экз. Изд №\_\_ Заказ \_\_\_\_

---

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, кааб. 106.  
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru