

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления ракет
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационные и управляющие системы
Выпускающая кафедра	ИЗ Системы управления и компьютерные технологии
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
2	4	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Ярыгин Дмитрий Михайлович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Сотникова Н.В., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**ИЗ Системы управления и компьютерные технологии**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-4 — Способен проектировать подсистемы и элементы систем управления ракет и других летательных аппаратов

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

ОПК-Д-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-4**

*знания:*

принцип действия, физические процессы, конструкция, материалы электронной техники и их электрофизические свойства, технологии изготовления электронных приборов, характеристики и параметры полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, фотоэлектрических и излучательных приборов;

*умения:*

анализ работы схем, содержащих полупроводниковые электронные приборы, анализ характеристик полупроводниковых электронных приборов;

*навыки:*

определение основных характеристик электронных приборов, исследование различных схем включения электронных приборов, моделирование работы схем с электронными приборами в САПР.

### **ОПК-1**

*знания:*

принцип действия, физические процессы, конструкция, материалы электронной техники и их электрофизические свойства, технологии изготовления электронных приборов, характеристики и параметры полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, фотоэлектрических и излучательных приборов;

*умения:*

анализ работы схем, содержащих полупроводниковые электронные приборы, анализ характеристик полупроводниковых электронных приборов;

*навыки:*

определение основных характеристик электронных приборов, исследование различных схем включения электронных приборов, моделирование работы схем с электронными приборами в САПР.

### **ОПК-Д-1**

*знания:*

принцип действия, физические процессы, конструкция, материалы электронной техники и их электрофизические свойства, технологии изготовления электронных приборов, характеристики и параметры полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, фотоэлектрических и излучательных приборов;

*умения:*

анализ работы схем, содержащих полупроводниковые электронные приборы, анализ характеристик полупроводниковых электронных приборов;

*навыки:*

определение основных характеристик электронных приборов, исследование различных схем включения электронных приборов, моделирование работы схем с электронными приборами в САПР.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.06 Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК.Д-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-4	ОПК-1	ОПК-Д-1
2	4	<b>Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.</b> Особенности электропроводности твёрдых тел. Кристаллическая решетка полупроводников. Собственная, электронная и дырочная проводимость полупроводников. Классификация электрических переходов. Электрические процессы при отсутствии напряжения и при наличии внешнего напряжения в прямосмещённом и обратносмещённом р-п-переходе. Барьерная и диффузионная ёмкость. Электрический и тепловой пробой р-п-перехода. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода.	18	10	10	0	8	25	25	25
2	4	<b>Раздел 2. Полупроводниковые диоды.</b> Общие сведения о полупроводниковых диодах. Вольт-амперные характеристики и параметры полупроводниковых диодов. Выпрямительные свойства полупроводниковых диодов. Стабилизирующие свойства полупроводниковых диодов.	36	15	8	7	21	25	25	25
2	4	<b>Раздел 3. Биполярные транзисторы.</b> Общие сведения о биполярных транзисторах. Устройство и принцип действия биполярного транзистора. Параметры схем включения биполярных транзисторов. Статический режим и статические характеристики и параметры биполярных транзисторов. Динамический режим и динамические характеристики и параметры биполярных транзисторов. Активный и ключевой режимы работы, усилительные свойства биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.	27	13	8	5	14	25	25	25
2	4	<b>Раздел 4. Полевые транзисторы.</b> Общие сведения о полевых транзисторах. Параметры схем включения полевых транзисторов. Устройство и принцип действия полевого транзистора с управляющим р-п-переходом. Устройство и принцип действия полевого транзистора с изолированным затвором со встроенным и индуцированным каналами. Статический режим и статические характеристики и параметры полевых транзисторов. Динамический режим и динамические характеристики и параметры полевых транзисторов. Активный и ключевой режимы работы, усилительные свойства полевого транзистора с управляющим р-п-переходом в схеме с общим истоком.	27	13	8	5	14	25	25	25
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Полупроводниковые диоды.	Лабораторная работа №1. Исследование характеристик и параметров полупроводниковых диодов.	3
2		Лабораторная работа №2. Исследование выпрямительных свойств диода.	2
3		Лабораторная работа №3. Исследование стабилизирующих свойств диода.	2
4	Раздел 3. Биполярные транзисторы.	Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик и параметров биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.	3
5		Лабораторная работа №5. Исследование усилительных свойств биполярного транзистор в схеме с общим эмиттером.	2
6	Раздел 4. Полевые транзисторы.	Лабораторная работа №6. Исследование статических характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п-переходом в схеме с общим истоком.	3
7		Лабораторная работа №7. Исследование усилительных свойств полевого транзистора с управляющим р-п-переходом в схеме с общим истоком.	2
Всего за 4 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.	Изучение материалов по разделу с использованием рекомендуемой литературы.	8
2	Раздел 2. Полупроводниковые диоды.	Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №1 с использованием рекомендуемой литературы.	5
3		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №1.	1
4		Выполнение теста №1.	1
5		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №2 с использованием рекомендуемой литературы.	5
6		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №2.	1
7		Выполнение теста №2.	1
8		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №3 с использованием рекомендуемой литературы.	5
9		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №3.	1
10		Выполнение теста №3.	1
11	Раздел 3. Биполярные транзисторы.	Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №4 с использованием рекомендуемой литературы.	5
12		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №4.	1
13		Выполнение теста №4.	1
14		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №5 с использованием рекомендуемой литературы.	5
15		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №5.	1
16		Выполнение теста №5.	1
17	Раздел 4. Полевые транзисторы.	Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №6 с использованием рекомендуемой литературы.	5
18		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №6.	1
19		Выполнение теста №6.	1
20		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №7 с использованием рекомендуемой литературы.	5

		использованием рекомендуемой литературы.	
21		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №7.	1
22		Выполнение теста №7.	1
<b>Всего за 4 семестр</b>			<b>57</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>4</b>			ЛР, Тест		ЛР, Тест	ДР	ЛР, Тест		ЛР, Тест	ДР	ЛР, Тест		ЛР, Тест		ЛР, Тест	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Тест – тест;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022, эл. рес.
2. А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
3. А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021, эл. рес.
4. Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim. Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024, эл. рес.
5. Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом. Москва: ДМК Пресс, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

не требуется.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rflbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Microsoft Office;
2. NI Multisim - академическая версия.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Microsoft Office;
2. NI Multisim - академическая версия.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению **24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**. Дисциплина реализуется на факультете И Информационные и управляющие системы БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4 Способен проектировать подсистемы и элементы систем управления ракет и других летательных аппаратов;

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ОПК.Д-1 Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами работы полупроводниковых приборов различного назначения.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.	
Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.			
Изучение материалов по разделу с использованием рекомендуемой литературы.	Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом: Москва: ДМК Пресс, 2020 (гл. 9; 5 – 14) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроселектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Полупроводники, Электрические переходы) А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 1.1 – 1.2) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 1.1 – 1.4)	8	
Итого по разделу 1		8	
Раздел 2. Полупроводниковые диоды.			
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №1 с использованием рекомендуемой литературы.	А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 1.3 – 1.6; гл. 2.2) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 2.1 – 2.5) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроселектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Полупроводниковые диоды) Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (1; 2; 3) Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом: Москва: ДМК Пресс, 2020 (гл. 9; 5 – 14)	5	
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №1.		1	
Выполнение теста №1.		1	
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №2 с использованием рекомендуемой литературы.		5	
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №2.		1	
Выполнение теста №2.		1	
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №3 с использованием рекомендуемой литературы.		5	
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №3.		1	
Выполнение теста №3.		1	
Итого по разделу 2		21	
Раздел 3. Биполярные транзисторы.			
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №4 с использованием рекомендуемой литературы.	Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (4; 5) Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом: Москва: ДМК Пресс, 2020 (гл. 9; 1 – 4; 15 – 18; гл. 10; 1 – 22) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроселектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Транзисторы) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 3.1 – 3.4) А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 3.1 – 3.7; гл. 4.1 – 4.2)	5	
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №4.		1	
Выполнение теста №4.		1	
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №5 с использованием рекомендуемой литературы.		5	
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №5.		1	
Выполнение теста №5.		1	
Итого по разделу 3		14	
Раздел 4. Полевые транзисторы.			
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №6 с использованием рекомендуемой литературы.	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроселектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Транзисторы) Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (6; 7) А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 6.1 – 6.3) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 4.1 – 4.2)	5	
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №6.		1	
Выполнение теста №6.		1	
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №7 с использованием рекомендуемой литературы.		5	
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №7.		1	
Выполнение теста №7.		1	
Итого по разделу 4		14	

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- лабораторная работа;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Тест

Предусмотрено 7 тестов.

Условия проведения тестов:

Количество заданий: 5

Вариант задания: индивидуальный

Время и место проведения: не ограничено на платформе moodle.voenmeh

Разрешено попыток: не ограничено

Ограничение по времени: не ограничено

Критерии оценивания тестов:

- тест считается выполненным успешно, если выполнено не менее 100% заданий

#### Лабораторная работа

Предусмотрено 7 лабораторных работ.

Условия проведения лабораторных работ:

Вариант задания: по бригадам

Время и место проведения: по графику во время лабораторного занятия в компьютерном классе на платформе moodle.voenmeh

Разрешено попыток: не ограничено

Требования к выполнению: лабораторный практикум, размещённый на платформе moodle.voenmeh

Критерии оценивания лабораторных работ:

- лабораторная работа считается выполненной успешно, если сдан отчёт о выполнении лабораторной работы

#### Дифференцированный зачет

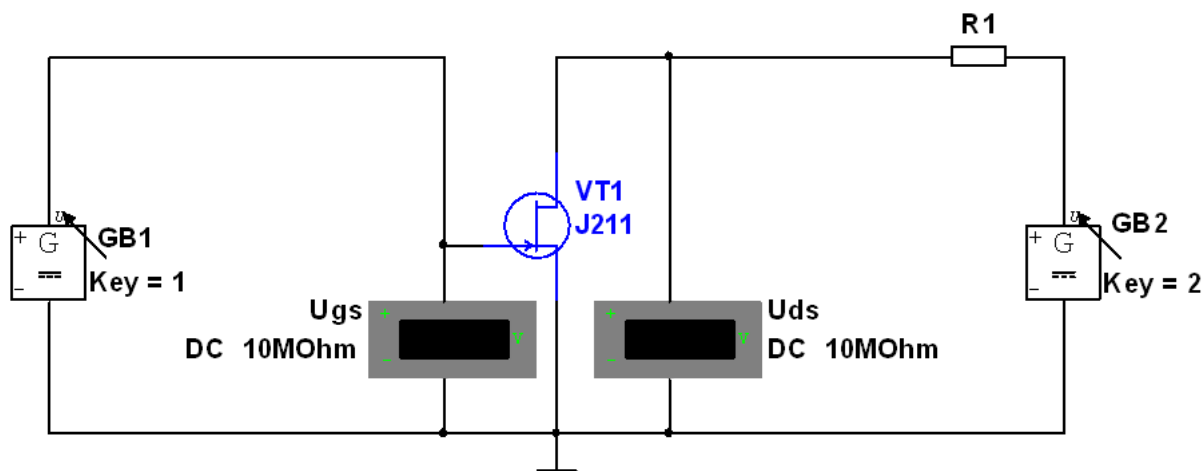
Оценка проставляется по сумме баллов, набранных на основании выполнения обучающимся контрольно-оценочных мероприятий в соответствии со шкалой перевода баллов. Основания и порядок начисления баллов за выполнение контрольно-оценочных мероприятий приведены в технологической карте дисциплины.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-4	ОПК-1	ОПК-Д-1	
2	4	Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.	18	10	10	0	8	25	25	25	Тест
2	4	Раздел 2. Полупроводниковые диоды.	36	15	8	7	21	25	25	25	Лабораторная работа, Тест
2	4	Раздел 3. Биполярные транзисторы.	27	13	8	5	14	25	25	25	Лабораторная работа, Тест
2	4	Раздел 4. Полевые транзисторы.	27	13	8	5	14	25	25	25	Лабораторная работа, Тест
Всего за 4 семестр			108	51	34	17	57	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	100	

ПК-4 - Способен проектировать подсистемы и элементы систем управления ракет и других летательных аппаратов

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково значение тока стока в миллиамперах, если VT2: J211, GB1: -0,5V, GB2: 18,2V, R4: 516Ω? Произвести моделирование в САПР Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой



№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В каком случае Ме-п-переход будет выпрямляющим?

1. Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника n-типа
2. Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника p-типа
3. Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника n-типа
4. Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника p-типа

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Из перечисленных вариантов выберите схемы включения биполярного транзистора, которые способны обеспечить коэффициент усиления по току более 1.

1. Общий эмиттер
2. Общая база
3. Общий коллектор
4. Общий катод
5. Общая сетка
6. Общий анод

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Изменение какого параметра влияет на концентрацию собственных носителей заряда в полупроводнике?

1. Температура
2. Постоянная Больцмана
3. Длина полупроводниковой пластины
4. Ширина запрещенной зоны

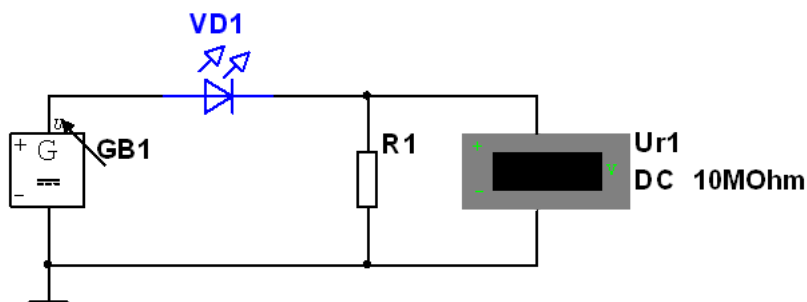
№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В каких режимах используется биполярный транзистор в логических элементах?

1. В активном режиме
2. В инверсном режиме
3. В режиме отсечки
4. В режиме насыщения

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково значение тока через диод в миллиамперах, если VD1 LED\_blue, GB1=9V, R1=197Ω? Произвести моделирование в САПР Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой



№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами условные графические обозначения диодов (УГО) различных типов в соответствии с ГОСТ 2.730-73. Установите соответствие между наименованиями и условными графическими обозначениями диодов различных типов. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

УГО	Наименование
1.	А. Диод выпрямительный
2.	Б. Диод Шоттки
3.	В. Фотодиод
4.	Г. Светодиод
	Д. Стабилитрон
	Е. Варикап
	Ж. Диод туннельный

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами буквенные обозначения параметров полевого транзистора в соответствии с ГОСТ 19095-73. Установите соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров полевого транзистора. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

УГО	Наименование
1. $U_{СИ\ max}$	А. Полная проводимость прямой передачи полевого транзистора для схемы общий исток
2. $I_{С\ нач.}$	Б. Прямой ток затвора
3. $U_{21и}$	В. Максимально допустимое напряжение сток-исток
4. $U_{22и}$	Г. Начальный ток стока

- Д. Ток утечки затвора  
 Е. Полная выходная проводимость полевого транзистора для схемы общий исток  
 Ж. Напряжение отсечки

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Перед Вами последовательность этапов формирования р-п перехода. Установите правильную последовательность этапов формирования р-п перехода. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Диффузия или ионная имплантация примесей
2. Подготовка поверхности кремниевой подложки
3. Термический отжиг для активации примесей
4. Маскирование областей, не подлежащих легированию
5. Формирование окисного защитного слоя

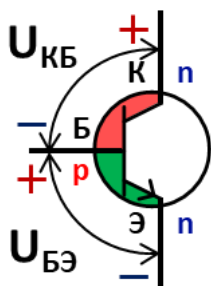
№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Перед Вами последовательность этапов изготовления МОП-транзистора. Установите правильную последовательность этапов изготовления МОП-транзистора. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Формирование стока и истока методом ионной имплантации.
2. Нанесение металлических контактов (сток, исток, затвор).
3. Создание маски для области затвора с помощью фотолитографии.
4. Термическое окисление кремниевой подложки (формирование подзатворного диэлектрика).
5. Нанесение поликремния для формирования затвора.
6. Локальное легирование подложки для создания канала.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какому режиму работы биполярного транзистора соответствует представленная полярность напряжений, если  $U_{КБ} > U_{БЭ}$ ?



1. Инверсный
2. Отсечки
3. Насыщения
4. Активный

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой из транзисторов работает только в режиме обогащения?

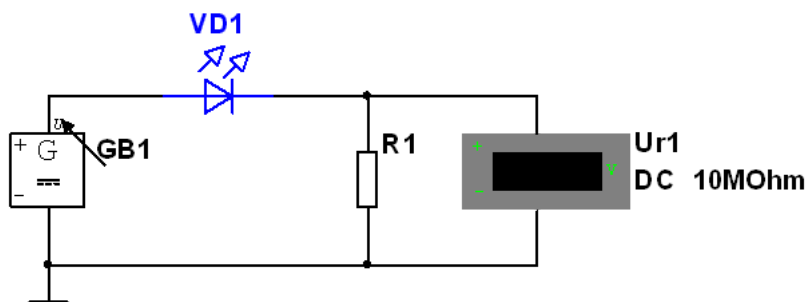
1. Биполярный транзистор
2. Полевой транзистор с управляющим р-п-переходом
3. МОП-транзистор с индуцированным каналом
4. МОП-транзистор со встроенным каналом

**ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково значение тока через диод в миллиамперах, если VD1 LED\_blue, GB1=9V, R1=197Ω? Произвести моделирование в САПР Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой





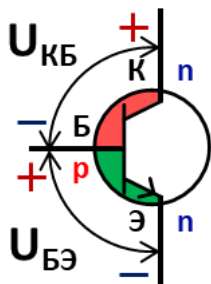
№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Перед Вами последовательность этапов фотолитографического процесса. Установите правильную последовательность этапов фотолитографического процесса. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Экспонирование фоторезиста через фотошаблон
2. Нанесение фоторезиста на подложку
3. Травление материала подложки в открытых областях
4. Удаление остатков фоторезиста (дескумминг)
5. Задувка подложки и подготовка поверхности
6. Разработка фоторезиста (удаление экспонированных/неэкспонированных участков)

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

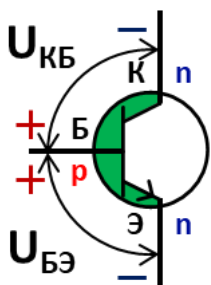
Какому режиму работы биполярного транзистора соответствует представленная полярность напряжений, если  $U_{KB} > U_{БЭ}$ ?



1. Инверсный
2. Отсечки
3. Насыщения
4. Активный

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

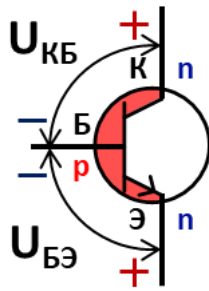
Какому режиму работы биполярного транзистора соответствует представленная полярность напряжений, если  $U_{KB} = U_{БЭ}$ ?



1. Инверсный
2. Отсечки
3. Насыщения
4. Активный

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какому режиму работы биполярного транзистора соответствует представленная полярность напряжений, если  $U_{KB} < U_{БЭ}$ ?



1. Инверсный
2. Отсечки
3. Насыщения
4. Активный

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Из перечисленных вариантов выберите схемы включения биполярного транзистора, которые способны обеспечить коэффициент усиления по току более 1.

1. Общий эмиттер
2. Общая база
3. Общий коллектор
4. Общий катод
5. Общая сетка

6. Общий анод

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Из перечисленных вариантов выберите схемы включения биполярного транзистора, которые способны обеспечить коэффициент усиления по напряжению более 1.

1. Общий эмиттер
2. Общая база
3. Общий коллектор
4. Общий катод
5. Общая сетка

6. Общий анод

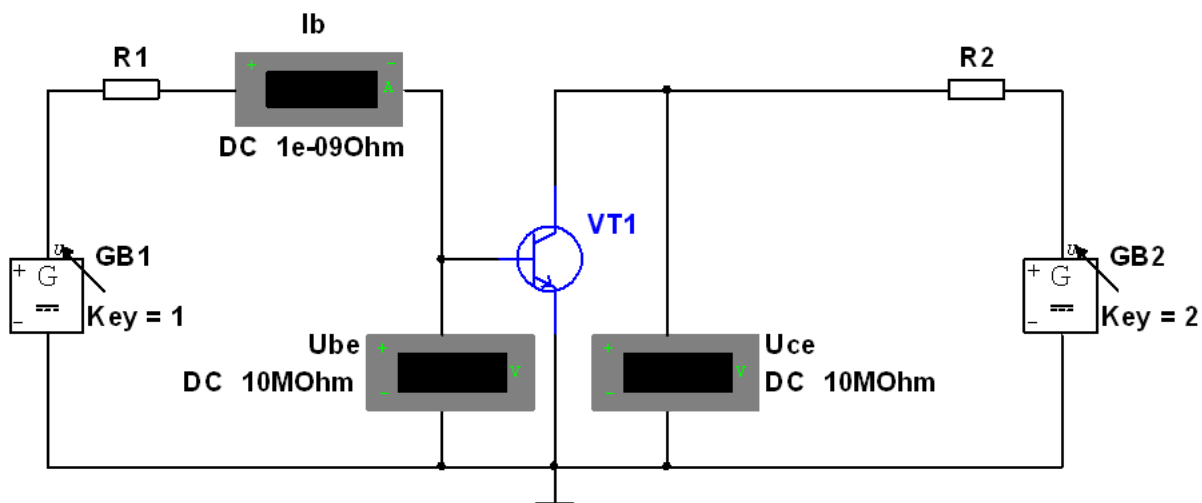
№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Из перечисленных вариантов выберите схемы включения биполярного транзистора, которые не вносят сдвиг в фазу сигнала.

1. Общий эмиттер
2. Общая база
3. Общий коллектор
4. Общий катод
5. Общая сетка
6. Общий анод

№ 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково значение тока коллектора в миллиамперах, если VT1 2N3904, GB1=0,85V, GB2=10,2V, R1=220Ω, R2=63Ω? Произвести моделирование САПР Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой



№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

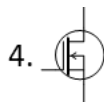
Перед Вами условные графические обозначения диодов (УГО) различных типов в соответствии с ГОСТ 2.730-73. Установите соответствие между наименованиями и условными графическими обозначениями диодов различных типов. К каждой позиции, данной в левом столбце, выберите соответствующую позицию из правого столбца.

УГО	Наименование
1.	А. Диод выпрямительный
2.	Б. Диод Шоттки
3.	В. Фотодиод
4.	Г. Светодиод
	Д. Стабилитрон
	Е. Варикап
	Ж. Диод туннельный

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами условные графические обозначения транзисторов (УГО) различных типов в соответствии с ГОСТ 2.730-73. Установите соответствие между наименованиями и условными графическими обозначениями транзисторов различных типов. К каждой позиции, данной в левом столбце, выберите соответствующую позицию из правого столбца.

УГО	Наименование
1.	А. Транзистор полевой N-канальный с изолированным затвором обедненного типа
2.	Б. Транзистор полевой P-канальный с изолированным затвором обедненного типа
3.	В. Транзистор полевой N-канальный с изолированным затвором обогащенного типа
	Г. Транзистор полевой P-канальный с изолированным затвором обогащенного типа



- Д. Транзистор полевой N-канальный с управляющим р-п переходом  
 Ж. Транзистор биполярный типа NPN  
 З. Транзистор биполярный типа PNP

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Перед Вами последовательность этапов формирования р-п перехода. Установите правильную последовательность этапов формирования р-п перехода. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Диффузия или ионная имплантация примесей
2. Подготовка поверхности кремниевой подложки
3. Термический отжиг для активации примесей
4. Маскирование областей, не подлежащих легированию
5. Формирование окисного защитного слоя

**ОПК-Д-1 - Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний**

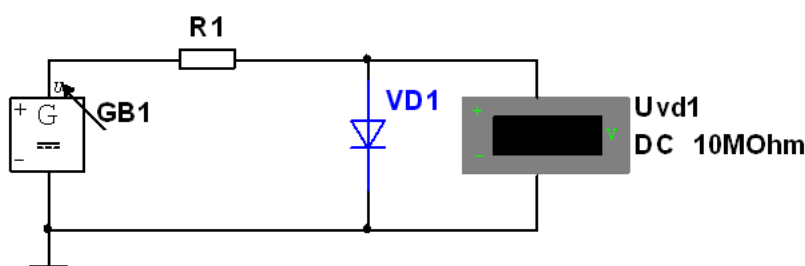
№ 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Насколько в примесном полупроводнике концентрация основных носителей заряда должна превышать концентрацию неосновных?

1. На 10–20
2. На два-три порядка
3. В сто — тысячу раз
4. На 500–1000

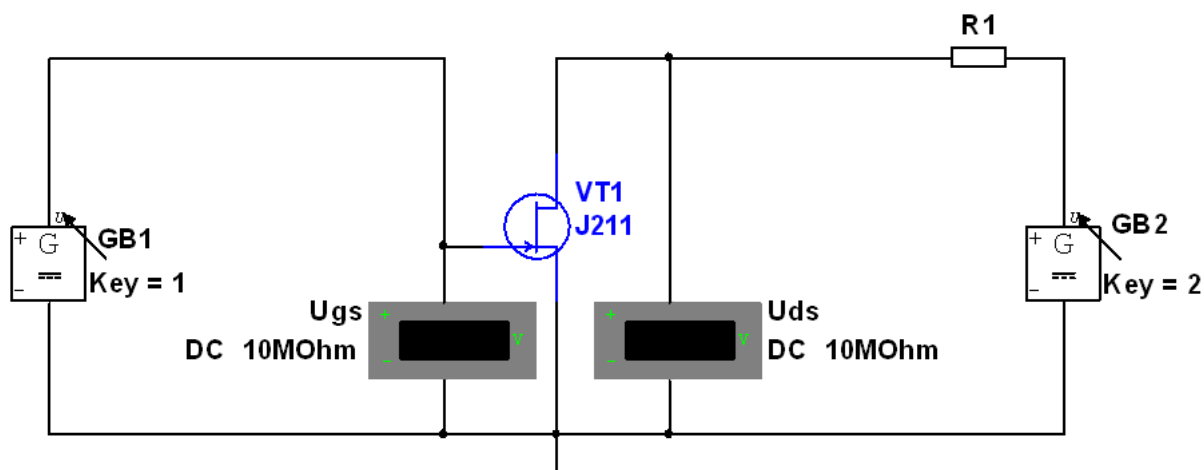
№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково значение тока через диод VD1 в миллиамперах, если VD1: 1N4002G, GB1: 8V, R1: 139Ω? Произвести моделирование в САПР Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой



№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково значение тока стока в миллиамперах, если VT2: J211, GB1: -0,5V, GB2: 18,2V, R4: 516Ω? Произвести моделирование в САПР Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой



№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами буквенные обозначения параметров биполярного транзистора в соответствии с ГОСТ 20003-74. Установите соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров биполярного транзистора. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

УГО	Наименование
1.	
$U_{КЭО\text{ проб.}}$	А. Напряжение насыщения коллектор-эмиттер
2.	
$I_{К\text{ max}}$	Б. Коэффициент передачи тока биполярного транзистора в режиме малого сигнала в схеме ОЭ
3.	
$h_{21э}$	В. Пробивное напряжение коллектор-эмиттер
4.	
$h_{12э}$	Г. Максимально допустимый постоянный ток коллектора
	Д. Напряжение насыщения база-эмиттер
	Е. Коэффициент обратной связи по напряжению биполярного транзистора в режиме малого сигнала в схеме ОЭ
	Ж. Выходная полная проводимость биполярного транзистора в режиме малого сигнала в схеме ОЭ

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами буквенные обозначения параметров полевого транзистора в соответствии с ГОСТ 19095-73. Установите соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров полевого транзистора. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

УГО	Наименование
1.	
$U_{СИ\text{ max}}$	А. Полная проводимость прямой передачи полевого транзистора для схемы общий исток
2.	
$I_{С\text{ нач.}}$	Б. Прямой ток затвора
3.	
$Y_{21и}$	В. Максимально допустимое напряжение сток-исток
4.	
$Y_{22и}$	Г. Начальный ток стока
	Д. Ток утечки затвора
	Е. Полная выходная проводимость полевого транзистора для схемы общий исток
	Ж. Напряжение отсечки

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Перед Вами последовательность этапов изготовления биполярного транзистора. Установите правильную последовательность этапов изготовления биполярного транзистора. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.

1. Эпитаксиальное наращивание n-слоя
2. Изоляция элементов методом глубокого травления

3. Формирование омических контактов (эмиттер, база, коллектор)
  4. Локальное легирование p-области (база)
  5. Термическое окисление для создания защитного слоя
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
- Перед Вами последовательность этапов изготовления МОП-транзистора. Установите правильную последовательность этапов изготовления МОП-транзистора. Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.
1. Формирование стока и истока методом ионной имплантации.
  2. Нанесение металлических контактов (сток, исток, затвор).
  3. Создание маски для области затвора с помощью фотолитографии.
  4. Термическое окисление кремниевой подложки (формирование подзатворного диэлектрика).
  5. Нанесение поликремния для формирования затвора.
  6. Локальное легирование подложки для создания канала.
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Как называется направленное перемещение частиц из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией?
1. Дрейф
  2. Диффузия
  3. Градиент
  4. Подвижность
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какой из транзисторов работает только в режиме обогащения?
1. Биполярный транзистор
  2. Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом
  3. МОП-транзистор с индуцированным каналом
  4. МОП-транзистор со встроенным каналом
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- В каком случае Me-p-переход будет выпрямляющим?
1. Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника n-типа
  2. Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника p-типа
  3. Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника n-типа
  4. Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника p-типа
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Изменение какого параметра влияет на концентрацию собственных носителей заряда в полупроводнике?
1. Температура
  2. Постоянная Больцмана
  3. Длина полупроводниковой пластины
  4. Ширина запрещенной зоны
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- В каких режимах используется биполярный транзистор в логических элементах?
1. В активном режиме
  2. В инверсном режиме
  3. В режиме отсечки
  4. В режиме насыщения