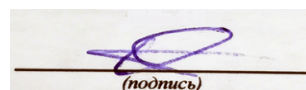


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета



И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Компоненты электронной техники»**

Направление подготовки  
11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль «Интегральная электроника и наноэлектроника»

Форма обучения  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол №5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Компоненты электронной техники» являются:

- изучение физических закономерностей функционирования пассивных и активных компонентов электронных схем с заданными свойствами;
- формирование умений и навыков использования теоретических знаний в области работы электронных компонентов для практических задач применения в изделиях электронной техники.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Компоненты электронной техники» относится к обязательной части и имеет индекс Б1.О.22.

Данная дисциплина требует для своего изучения знания общего курса физики (разделы «Электричество», «Молекулярная физика»), «Основы кристаллографии и кристаллохимии», «Материалы электронной техники».

Дисциплина «Компоненты электронной техники» является основой для изучения последующих курсов, таких как «Нанoeлектроника», «Физические основы электроники», «Микроэлектроника», «Актуальные вопросы микро- и нанoeлектроники».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК- 5 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ИД_ПК-5.1. Знает физические характеристики материалов и изделий электронной техники	<b>Знает:</b> - основные понятия в области компонентов электронной техники, основные методы их получения и исследования, свойства и области применения перспективных элементов электроники;  <b>Умеет:</b> - применять полученные знания для анализа параметров и характеристик компонентов электроники, использовать физические законы для предсказания поведения компонентов в разных условиях, оперировать физическими и технологическими терминами и величинами;  <b>Владеет навыками:</b> - практических приемов при работе с элементами твердотельной электроники и микроэлектроники, измерения основных параметров компонентов, самостоятельной работы на установках контроля физических характеристик.

	<p>ИД_ПК-5.2. Знает технологические процессы создания материалов, приборов и устройств электроники и наноэлектроники</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные конструкции и технологические процессы формирования пассивных и активных элементов схем, основные подходы к получению компонентов электроники с заданными свойствами;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять полученные знания для формирования компонентов электроники с заданными свойствами, использовать физические законы для предсказания поведения компонентов схем в разных технологических условиях;</li> </ul> <p><b>Владеет навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- практических приемов контроля свойств компонентов твердотельной электроники и микроэлектроники в процессе их получения.</li> </ul>
	<p>ИД_ПК-5.3. Осуществляет настройку приборов и оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации</p>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные правила безопасной работы с приборами и оборудованием;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- производить настройку приборов и оборудования в соответствии с технической документацией;</li> </ul> <p><b>Владеет навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- практических приемов работы с измерительным оборудованием при контроле компонентов твердотельной электроники.</li> </ul>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ*
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение. Пассивные элементы электронных схем	7	2	4				4	Дискуссия, отчеты по решению задач
2	Контакт Ме-Ме, Ме-полупроводник	7	3			1		6	Дискуссия
3	Электронно-дырочные переходы	7	3	4				6	Дискуссия, отчеты по решению задач
4	Гетеропереходы	7	3	4		1		6	Дискуссия, отчеты по решению задач
5	Физические основы работы биполярного транзистора. Тиристоры	7	3	5				6	Дискуссия, отчеты по решению задач
6	Электронные процессы в МДП-структурах. Приборы с зарядовой связью. Полевые транзисторы.	7	3			1		6,7	Дискуссия
7	Всего за 7 семестр		17	17		3		34,7	
8							0,3		зачет
9	<b>Всего</b>		<b>17</b>	<b>17</b>		<b>3</b>	<b>0,3</b>	<b>34,7</b>	

*\*Примечание. Формы ЭО и ДОТ не предусмотрены. В случае перехода на дистанционное обучение будут использованы возможности LMS Moodle и других ресурсов.*

#### Содержание разделов дисциплины:

##### РАЗДЕЛ 1. Введение.

Введение. Исторический экскурс. Основные определения. Классификация пассивных и активных элементов схем. Конструкция и расчет пассивных элементов интегральных схем.

## **РАЗДЕЛ 2. Контакт Ме-Ме, Ме-полупроводник**

Работа выхода электрона и электронное средство. Контакт Ме-Ме. Плотный контакт. Контакт с микрозазором. Контакт Ме-полупроводник. Искривление энергетических зон на границе. Запорные и антизапорные слои. Распределение потенциала в ЗС. Ширина ЗС. Распределение электрического поля в ОПЗ. Выпрямляющие свойства барьера Шоттки. Изменение энергетических диаграмм в электрическом поле. Диодная теория выпрямления ЗС Шоттки. Диффузионная теория выпрямления. Емкость барьера Шоттки. Свойства невыпрямляющих контактов. Омические контакты к полупроводникам. Приборы на основе контакта Ме-полупроводник. Диоды Шоттки, холодные катоды, мишени для электронных пучков

## **РАЗДЕЛ 3. Электронно-дырочные переходы**

Электронно-дырочные переходы. Энергетическая диаграмма p-n перехода. Вывод формулы для  $\varphi_k$ . Ширина ОПЗ. Случай резкого p-n перехода. Случай плавного перехода. p-n переход во внешнем поле. Изменение энергетических диаграмм. Барьерная емкость p-n перехода. Выпрямление на p-n переходе. ВАХ в рамках диодной теории. ВАХ p-n перехода с учетом рекомбинации и генерации носителей. ВАХ диода с учетом сопротивления базы. Диффузионная емкость. Основной закон p-n перехода. Профиль концентрации инжектированных носителей. Диод с толстой и тонкой базой. Пробой p-n перехода. Туннельный пробой. Лавинный пробой. Тепловой пробой. Поверхностный пробой. Инжекция носителей заряда в p-n переходе. Основной закон p-n перехода. Профиль концентрации инжектированных носителей. Диод с толстой и тонкой базой. Вывод ВАХ диода из уравнения непрерывности. Особенности ВАХ для диода с толстой и тонкой базой. Свойства контактов  $n-n^+$ ,  $p-p^+$ . Функциональные возможности полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Обращенные диоды. Туннельные диоды. Лавинно-пролетные диоды

## **РАЗДЕЛ 4. Гетеропереходы**

Гетеропереходы. Основные термины. Энергетические диаграммы ГП. Случай p-Ge - n-GaAs. Важнейшие отличия от гомоперехода. Изменение энергетических диаграмм при изменении электронного средства. Вывод о многообразии видов энергетических диаграмм. Ширина ОПЗ. Изотипные гетеропереходы. Емкость изотипных переходов. ВАХ ГП. Анизотипные переходы. ВАХ ГП. Изотипные переходы. Применение ГП

## **РАЗДЕЛ 5. Физические основы работы биполярного транзистора. Тиристоры**

Физические основы работы биполярного транзистора. Основные определения, технологические условия создания, схемы включения. Усиление по мощности в схеме с ОБ. Вывод выражений для эффективности эмиттера, коэффициента переноса, коэффициента умножения коллектора и коэффициента передачи тока в схеме с ОБ из уравнения непрерывности. Эффект Эрли и смыкание переходов. Входные и выходные характеристики в схеме с ОБ. Тиристоры. Физические основы работы диодистора и роль дополнительного управляющего электрода

## **РАЗДЕЛ 6. Электронные процессы в МДП-структурах. Приборы с зарядовой связью. Полевые транзисторы.**

Электронные процессы в МДП-структурах. Идеальная МДП-структура и ее энергетическая диаграмма. Процессы обогащения, обеднения и инверсии. Изменение энергетических диаграмм. Изменение емкости МДП-структуры при изменении напряжения. Случай высоких и низких частот. Отличия реальных МДП-структур от идеальных. Приборы с зарядовой связью. Принцип действия трехфазного ПЗС. Применение ПЗС. Полевые транзисторы. Основные определения и классификация. Структура полевого транзистора с р-п переходом в качестве затвора. Выходные характеристики. Классификация полевых транзисторов с изолированным затвором. МДП-транзисторы с индуцированным каналом n-типа. Выходные характеристики.

## **5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции обсуждаются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения (при необходимости) используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Компоненты электронной техники» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены материалы по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;

- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

#### **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader.

#### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература:**

1. Быков С. В. Пассивные элементы электроники: учебное пособие - Новосибирск : НГТУ, 2019. - 88 с. - ISBN 978-5-7782-4082-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт].

URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778240827.html>

2. Зимин С.П., Петровская Т.А. Полупроводниковые диоды, ЯрГУ, 2007

3. Бялик А. Д. Элементная база электроники : учебно-метод. пособие. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 48 с. - ISBN 978-5-7782-2948-8. - Текст : электронный // ЭБС

"Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229488.html>

##### **б) дополнительная литература:**

1. Юзова В. А., Семенова О.В., Харлашин П.А. Материалы и компоненты электронных средств - Красноярск : СФУ, 2012. - 140 с. - ISBN 978-5-7638-2496-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763824964.html>

2. Бахтина В. А. Электронные компоненты - Красноярск : СФУ, 2011. - 108 с. - ISBN 978-5-7638-2216-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763822168.html>

**в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ  
([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока.

Автор:

Профессор кафедры микроэлектроники  
и общей физики, д.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ С.П.Зимин



**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Компоненты электронной техники»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Темы для дискуссии**

**Тема 1. Введение:**

Введение. Исторический экскурс. Основные определения. Классификация пассивных и активных элементов схем. Конструкция и расчет пассивных элементов интегральных схем.

**Тема 2. Контакт Ме-Ме, Ме-полупроводник:**

Работа выхода электрона и электронное средство. Контакт Ме-Ме. Плотный контакт. Контакт с микрозазором. Контакт Ме-полупроводник. Искривление энергетических зон на границе. Запорные и антизапорные слои. Распределение потенциала в ЗС. Ширина ЗС. Распределение электрического поля в ОПЗ. Выпрямляющие свойства барьера Шоттки. Изменение энергетических диаграмм в электрическом поле. Диодная теория выпрямления ЗС Шоттки. Диффузионная теория выпрямления. Емкость барьера Шоттки. Свойства невыпрямляющих контактов. Омические контакты к полупроводникам. Приборы на основе контакта Ме-полупроводник. Диоды Шоттки, холодные катоды, мишени для электронных пучков

**Тема 3. Электронно-дырочные переходы:**

Электронно-дырочные переходы. Энергетическая диаграмма р-п перехода. Вывод формулы для  $\varphi_k$ . Ширина ОПЗ. Случай резкого р-п перехода. Случай плавного перехода. р-п переход во внешнем поле. Изменение энергетических диаграмм. Барьерная емкость р-п перехода. Выпрямление на р-п переходе. ВАХ в рамках диодной теории. ВАХ р-п перехода с учетом рекомбинации и генерации носителей. ВАХ диода с учетом сопротивления базы. Диффузионная емкость. Основной закон р-п перехода. Профиль концентрации инжектированных носителей. Диод с толстой и тонкой базой. Пробой р-п перехода. Туннельный пробой. Лавинный пробой. Тепловой пробой. Поверхностный пробой. Инжекция носителей заряда в р-п переходе. Основной закон р-п перехода. Профиль концентрации инжектированных носителей. Диод с толстой и тонкой базой. Вывод ВАХ диода из уравнения непрерывности. Особенности ВАХ для диода с толстой и тонкой базой. Свойства контактов  $n-n^+$ ,  $p-p^+$ . Функциональные возможности полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Обращенные диоды. Туннельные диоды. Лавинно-пролетные диоды

**Тема 4. Гетеропереходы:**

Гетеропереходы. Основные термины. Энергетические диаграммы ГП. Случай p-Ge - n-GaAs. Важнейшие отличия от гомоперехода. Изменение энергетических диаграмм при изменении электронного сродства. Вывод о многообразии видов энергетических диаграмм. Ширина ОПЗ. Изотипные гетеропереходы. Емкость изотипных переходов. ВАХ ГП. Анизотипные переходы. ВАХ ГП. Изотипные переходы  
Применение ГП

#### **Тема 5. Физические основы работы биполярного транзистора. Тиристоры:**

Физические основы работы биполярного транзистора. Основные определения, технологические условия создания, схемы включения. Усиление по мощности в схеме с ОБ. Вывод выражений для эффективности эмиттера, коэффициента переноса, коэффициента умножения коллектора и коэффициента передачи тока в схеме с ОБ из уравнения непрерывности. Эффект Эрли и смыкание переходов. Входные и выходные характеристики в схеме с ОБ. Тиристоры. Физические основы работы диодистора и роль дополнительного управляющего электрода

#### **Тема 6. Электронные процессы в МДП-структурах. Приборы с зарядовой связью. Полевые транзисторы:**

Электронные процессы в МДП-структурах. Идеальная МДП-структура и ее энергетическая диаграмма. Процессы обогащения, обеднения и инверсии. Изменение энергетических диаграмм. Изменение емкости МДП-структуры при изменении напряжения. Случай высоких и низких частот. Отличия реальных МДП-структур от идеальных. Приборы с зарядовой связью. Принцип действия трехфазного ПЗС. Применение ПЗС Полевые транзисторы. Основные определения и классификация. Структура полевого транзистора с p-n переходом в качестве затвора. Выходные характеристики. Классификация полевых транзисторов с изолированным затвором. МДП-транзисторы с индуцированным каналом n-типа. Выходные характеристики.

### **Правила выставления оценки по результатам индивидуального собеседования и дискуссии**

Оценка по результатам индивидуального собеседования и дискуссии считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

- задание выполнено в полном объеме без замечаний преподавателя – 3 балла;
- при выполнении задания применены правильные подходы, но имеются неточности в изложении материала – 2 балла;
- при выполнении задания применены правильные подходы, но имеются значительные физические и/или математические ошибки – 1 балл;
- при выполнении задания применены ошибочные подходы, отсутствует понимание обсуждаемого материала – 0 баллов.

Количество баллов 3 соответствует оценке «отлично», 2 баллов – оценке «хорошо», 1 балла – оценке «удовлетворительно», 0 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения и навыки на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

## **Задания для решения задач**

Типовые задачи для решения в рамках изучаемой дисциплины содержатся в задачнике: Бялик А. Д. Элементная база электроники: учебно-метод. пособие. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 48 с.

### **Правила выставления оценки по результатам решения задач:**

Студенту выдается индивидуальное задание по 4 большим темам, в каждом задании предусмотрена работа по решению 4 задач. Обучающийся в назначенный срок должен представить решения задач в письменном виде на проверку преподавателю. Решение задач по той или иной теме считается принятым (положительно оцененным), если правильно решены все задачи за исключением одной. При невыполнении этого требования студент обязан провести работу над ошибками и представить на проверку исправленный вариант решения тех задач, которые были решены с ошибками.

## **2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

### **Список заданий к зачету**

На зачете проверяется сформированность компетенции ПК-5 в части, касающейся компонентов электронной техники. Зачет выставляется по результатам выполнения заданий по решению задач и итогов финального собеседования. Для получения зачета необходимы выполнение и защита 4 заданий по решению задач и прохождение индивидуального финального собеседования на оценку не менее 3 баллов.

### **Правила выставления оценки по результатам финального собеседования:**

Оценка по результатам индивидуального финального собеседования определяется в баллах по следующему принципу: обучающемуся выдается 5 вопросов из Списка вопросов к зачету. За каждый правильно раскрытый вопрос дается 1 балл, неправильное раскрытие материала - 0 баллов. Общее число баллов за каждый вопрос суммируется. Для получения зачета по результатам собеседования необходимо набрать не менее 3 баллов.

Студент освобождается от прохождения индивидуального финального собеседования и автоматически получает 5 баллов при условии, что при прохождении текущей аттестации у него имелась оценка «отлично» не менее чем по 4 темам из 6.

### **Список вопросов к зачету:**

1. Классификация пассивных и активных элементов схем.
2. Конструкция и расчет пассивных элементов интегральных схем.
3. Работа выхода электрона и электронное сродство.
4. Контакт Ме-Ме. Плотный контакт. Контакт с микрозазором.
5. Контакт Ме-полупроводник. Искривление энергетических зон на границе. Запорные и антизапорные слои. Распределение потенциала в ЗС. Ширина ЗС. Распределение электрического поля в ОПЗ.
6. Выпрямляющие свойства барьера Шоттки. Изменение энергетических диаграмм в электрическом поле.
7. Диодная теория выпрямления ЗС Шоттки.

8. Диффузионная теория выпрямления.
9. Емкость барьера Шоттки.
10. Свойства невыпрямляющих контактов. Омические контакты к полупроводникам.
11. Приборы на основе контакта Ме-полупроводник. Диоды Шоттки, холодные катоды, мишени для электронных пучков
12. Энергетическая диаграмма p-n перехода. Вывод формулы для  $\phi_k$ . Ширина ОПЗ. Случай резкого p-n перехода. Случай плавного перехода.
13. p-n переход во внешнем поле. Изменение энергетических диаграмм.
14. Барьерная емкость p-n перехода.
15. Выпрямление на p-n переходе. ВАХ в рамках диодной теории. ВАХ p-n перехода с учетом рекомбинации и генерации носителей. ВАХ диода с учетом сопротивления базы.
16. Диффузионная емкость. Основной закон p-n перехода. Профиль концентрации инжектированных носителей. Диод с толстой и тонкой базой.
17. Пробой p-n перехода. Туннельный пробой. Лавинный пробой. Тепловой пробой. Поверхностный пробой.
18. Инжекция носителей заряда в p-n переходе. Основной закон p-n перехода. Профиль концентрации инжектированных носителей.
19. Диод с толстой и тонкой базой. Вывод ВАХ диода из уравнения непрерывности. Особенности ВАХ для диода с толстой и тонкой базой.
20. Свойства контактов  $n-n^+$ ,  $p-p^+$ .
21. Функциональные возможности полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Обращенные диоды. Туннельные диоды. Лавинно-пролетные диоды
22. Гетеропереходы. Основные термины. Энергетические диаграммы ГП. Случай p-Ge - n-GaAs. Важнейшие отличия от гомоперехода.
23. Изменение энергетических диаграмм при изменении электронного сродства. Вывод о многообразии видов энергетических диаграмм. Ширина ОПЗ.
24. Изотипные гетеропереходы. Емкость изотипных переходов. ВАХ ГП. Анизотипные переходы. ВАХ ГП. Изотипные переходы. Применение ГП
25. Физические основы работы биполярного транзистора. Основные определения, технологические условия создания, схемы включения.
26. Усиление по мощности в схеме с ОБ. Вывод выражений для эффективности эмиттера, коэффициента переноса, коэффициента умножения коллектора и коэффициента передачи тока в схеме с ОБ из уравнения непрерывности.
27. Эффект Эрли и смыкание переходов.
28. Входные и выходные характеристики в схеме с ОБ.
29. Тиристоры. Физические основы работы динистора и роль дополнительного управляющего электрода
30. Электронные процессы в МДП-структурах. Идеальная МДП-структура и ее энергетическая диаграмма. Процессы обогащения, обеднения и инверсии. Изменение энергетических диаграмм.
31. Изменение емкости МДП-структуры при изменении напряжения. Случай высоких и низких частот. Отличия реальных МДП-структур от идеальных.
32. Приборы с зарядовой связью. Принцип действия трехфазного ПЗС. Применение ПЗС
33. Полевые транзисторы. Основные определения и классификация. Структура полевого транзистора с p-n переходом в качестве затвора. Выходные характеристики.
34. Классификация полевых транзисторов с изолированным затвором. МДП-транзисторы с индуцированным каналом n-типа. Выходные характеристики.

## Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Компоненты электронной техники»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине **«Компоненты электронной техники»** являются лекции с использованием наглядных демонстраций. По темам дисциплины предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом.

Для успешного освоения дисциплины очень важна самостоятельная работа студентов над конспектами прослушанных лекций и разделами курса для самостоятельного изучения. Следует уделять большое внимание подготовке к практическим занятиям. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы при самостоятельной проработке разделов курса.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы и проведения расчетов, в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде дискуссии на лекциях и в ходе самостоятельных работ (в аудитории) в процессе практических занятий в семестре. Отдельным методом контроля является проверка знаний при защите заданий по решению задач. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору вопросов, которые вызвали затруднения.

Зачет принимается в форме собеседования, где рассматриваются вопросы из всех пройденных тем. Для получения зачета необходимы выполнение и защита 4 заданий по решению задач и прохождение индивидуального финального собеседования на оценку не менее 3 баллов. Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины **«Компоненты электронной техники»** самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом математических выкладок. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым.