



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ **Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Электроэнергетики и  
электроники

\_\_\_\_\_ Ившин И.В.

« 28 » октября \_\_\_\_\_ 2020 г.

**АКТУАЛИЗИРОВАНО**  
решением ученого совета ИЭЭ  
протокол №7 от 16.04.2024

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физические основы полупроводниковой и функциональной  
электроники**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) 11.03.04 Промышленная электроника

Квалификация бакалавр

г. Казань, 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

Программу разработал(и):

профессор, д.ф.-м.н. \_\_\_\_\_ Калимуллин Р.И.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Промышленная электроника и светотехника, протокол №5 от 27.10.2020

Зав. кафедрой Голенищев-Кутузов А.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Промышленная электроника и светотехника, протокол №5 от 27.10.2020

Зав. кафедрой Голенищев-Кутузов А.В.

Программа одобрена на заседании методического совета института Электроэнергетики и электроники, протокол № 3 от 28.10.2020

Зам. директора института Электроэнергетики и электроники  
/ Ахметова Р.В. /

Программа принята решением Ученого совета института Электроэнергетики и электроники, протокол № 4 от 28.10.2020

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является изучение физических основ работы приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных разновидностей приборов и устройств функциональной электроники и физических явлений, лежащих в основе их работы;
- изучение основных параметров и характеристик приборов и устройств функциональной электроники и их связи с физическими явлениями;
- изучение влияния физических характеристик на электрические параметры полупроводниковых приборов;
- освоение методик определения параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники по результатам натурального и компьютерного эксперимента.

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
ПК-2 Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1 Использует различные методики экспериментального исследования параметров и характеристик различных устройств в области электроники и нанoeлектроники	<i>Знать:</i> основные разновидности приборов и устройств функциональной электроники, физические явления, лежащие в основе их работы; основные параметры и характеристики приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники и их связь с физическими явлениями. <i>Уметь:</i> определять основные параметры и характеристики приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники по результатам натурального и компьютерного эксперимента. <i>Владеть:</i> экспериментальными методиками измерения параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Физические основы полупроводниковой и функциональной электроники относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
-----------------	--	---

ОПК-1	Физика Материалы электронной техники Физико-математические модели электронных узлов Высшая математика	
ПК-5		Анализ и расчет компонентов и функциональных узлов силовой электроники

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: физические законы и явления, лежащие в основе электротехники и электроники; математические законы и алгоритмы, применяемые для решения задач теоретического и прикладного характера; характеристики и свойства материалов электронной техники; принципы работы, параметры и характеристики полупроводниковых приборов и способы их определения;

уметь: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; строить простейшие физические и математические модели полупроводниковых приборов и рассчитывать их параметры;

владеть: навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 108 часов, из которых 42 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 8 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 32 час., групповые и индивидуальные консультации 0 час., прием экзамена (КПА), зачета с оценкой - 1 час., самостоятельная работа обучающегося 66 час, контроль самостоятельной работы (КСР) - 2 час. Практическая подготовка по виду профессиональной деятельности составляет 4,2 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	108	108
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ,</b> в том числе:	42	42
Лекционные занятия (Лек)	8	8
Лабораторные занятия (Лаб)	16	16
Практические занятия (Пр)	16	16
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	2	2
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):</b>	66	66
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет)		
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	Зач	Зач

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС							Итого	Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации						
<b>Раздел 1. Физические основы полупроводниковой электроники</b>														
1. Связь параметров полупроводниковых приборов с их физическими свойствами их структуры	7	2	4	8		19			33	ПК-2.1 -32, ПК-2.1 -У1, ПК-2.1 -В1	Л1.2, Л1.1, Л2.5, Л2.2, Л2.4	ПЗ ОЛР Тест		32
<b>Раздел 2. Физические основы функциональной электроники</b>														
2. Физические основы функциональной полупроводниковой электроники	7	2	4			17	2		25	ПК-2.1 -31, ПК-2.1 -32, ПК-2.1 -У1	Л1.3, Л1.1, Л2.5, Л2.3	ПЗ К Тест		20
3. Физические основы функциональной акустоэлектроники	7	2	6	8		21			37	ПК-2.1 -31, ПК-2.1 -32, ПК-2.1 -У1, ПК-2.1 -В1	Л1.3, Л1.1, Л2.3, Л2.4, Л2.1	ПЗ ОЛР Тест		36
4. Физические основы функциональной диэлектрической электроники	7	2	2			9			13	ПК-2.1 -31, ПК-2.1 -32, ПК-2.1 -У1	Л1.3, Л1.1, Л2.3	ПЗ Тест		12
<b>ИТОГО</b>		8	16	16		66	2		108					100

### 3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
--------------------------	-------------------------	--------------------

1	Связь электрических параметров полупроводниковых приборов с физическими свойствами их структуры	2
2	Приборы функциональной полупроводниковой электроники	2
3	Приборы функциональной акустоэлектроники	2
4	Приборы функциональной диэлектрической электроники	2
Всего		8

### 3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Емкости р-п-перехода, их связь с физическими параметрами и характеристиками полупроводникового прибора, их влияние на динамические и энергетические характеристики полупроводниковых приборов.	2
2	Максимальные электрические параметры полупроводниковых приборов и их связь с физическими свойствами структуры	2
3	Приборы с зарядовой связью	2
4	БИСПИН-приборы. Приборы на волнах пространственного заряда.	2
5	Кварцевый резонатор	2
6	Встречно-штыревые преобразователи	2
7	Акустоэлектронные устройства на поверхностных акустических волнах	2
8	Приборы функциональной диэлектрической электроники	2
Всего		16

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Номер раздела дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, час.
1	Паразитные емкости полупроводниковых приборов и их влияние на динамические и энергетические характеристики.	4
2	Максимальные параметры полупроводниковых приборов.	4
3	Параметры, характеристики и применение кварцевого резонатора	4
4	Акустоэлектронные устройства на поверхностных акустических волнах	4
Всего		16

### 3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.

1	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №1	Подготовка к практическому занятию №1 "Емкости р-п-перехода, их связь с физическими параметрами и характеристиками полупроводникового прибора, их влияние на динамические и энергетические характеристики полупроводниковых приборов".	2
2	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №1	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №1 "Паразитные емкости полупроводниковых приборов и их влияние на динамические и энергетические характеристики".	4
3	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №2	Подготовка к практическому занятию №2 "Максимальные электрические параметры полупроводниковых приборов и их связь с физическими свойствами структуры".	2
4	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №2	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №2 "Максимальные параметры полупроводниковых приборов".	4
5	Повторение материала лекции, подготовка к тесту по разделу 1	Подготовка к тесту по разделу 1 "Физические основы полупроводниковой электроники"	7
6	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №3	Подготовка к практическому занятию №3 "Приборы с зарядовой связью".	2
7	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №4	Подготовка к практическому занятию №4 "БИСПИН-приборы. Приборы на волнах пространственного заряда".	2
8	Изучение теоретического материала для самоизучения	Устройства на основе эффекта Ганна	6
9	Повторение материала лекции, изучение теоретического материала для самоизучения, подготовка к тесту по теме 2.1	Подготовка к тесту по теме 2.1 "Физические основы функциональной полупроводниковой электроники"	7
10	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №5	Подготовка к практическому занятию №5 "Кварцевый резонатор".	2

11	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №3	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №3 "Параметры, характеристики и применение кварцевого резонатора".	4
12	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №6	Подготовка к практическому занятию №6 "Встречно-штыревые преобразователи".	2
13	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №7	Подготовка к практическому занятию №7 "Акустоэлектронные устройства на поверхностных акустических волнах"	2
14	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №4	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №4 "Акустоэлектронные устройства на поверхностных акустических волнах".	4
15	Повторение материала лекции, подготовка к тесту по теме 2.2	Подготовка к тесту по теме 2.2 "Физические основы функциональной акустоэлектроники"	7
16	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №8	Подготовка к практическому занятию №8 "Приборы функциональной диэлектрической электроники"	2
17	Повторение материала лекции, подготовка к тесту по теме 2.3	Подготовка к тесту по теме 2.3 "Физические основы функциональной диэлектрической электроники"	7
Всего			66



#### 4. Образовательные технологии

При реализации дисциплины «Физические основы полупроводниковой и функциональной электроники» по образовательным программам направления подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» используются традиционные образовательные технологии (лекции в сочетании с практическими и лабораторными занятиями, самостоятельное изучение определённых разделов) и электронное обучение.

В процессе обучения используются:

- дистанционные курсы (ДК), размещенные на площадке LMS Moodle, URL: <http://lms.kgeu.ru/>;

- электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru/>

#### 5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение)	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач

опытом)	базовые навыки, имеют место грубые ошибки	стандартных задач с некоторыми недочетами	некоторыми недочетами	без ошибок и недочетов
Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-2	ПК-	Знать				

		основные разновидности приборов устройств функциональной электроники, физические явления, лежащие в основе их работы;	В полном объеме знает основные разновидности приборов и устройств функциональной электроники, физические явления, лежащие в основе их работы	Знает основные разновидности приборов и устройств функциональной электроники, может назвать и описать в общих чертах основные физические явления, лежащие в основе их работы	Знает основные разновидности приборов и устройств функциональной электроники, плохо ориентируется в физических явлениях, лежащих в основе их работы	Плохо знает основные разновидности приборов и устройств функциональной электроники, не может назвать и охарактеризовать физические явления, лежащие в основе их работы
	2.1	основные параметры и характеристики приборов устройств полупроводниковой и функциональной электроники и их связь с физическими явлениями.	В полном объеме знает основные параметры и характеристик и приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники и их связь с физическими явлениями	Знает основные параметры и характеристик и приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники, может описать в общих чертах их связь с физическими явлениями	Знает основные параметры и характеристик и приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники, плохо ориентируется в их связи с физическими явлениями	Плохо знает или не знает основные параметры и характеристик и приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники и их связь с физическими явлениями
		Уметь				

		определять основные параметры и характеристики приборов устройств полупроводниковой и функциональной электроники по результатам натурального компьютерного эксперимента.	Умеет определять основные параметры и характеристик и приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники по результатам натурального компьютерного эксперимента	Продемонстрированы все основные умения в определении основных параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники по результатам натурального компьютерного эксперимента, задания выполнены в полном объеме, но с недочетами	Продемонстрированы основные умения в определении основных параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой функциональной электроники по результатам компьютерного эксперимента, задания выполнены не в полном объеме, совершенно несколько негрубых ошибок	При решении стандартных задач по определению основных параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
Владеть						
		экспериментальными и методиками измерения параметров характеристик приборов устройств полупроводниковой и функциональной электроники.	В полном объеме владеет экспериментальными методиками измерения параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники	Продемонстрированы базовые навыки владения экспериментальными методиками измерения параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков владения экспериментальными методиками измерения параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники с некоторыми недочетами	Не владеет навыками применения экспериментальных методик измерения параметров и характеристик приборов и устройств полупроводниковой и функциональной электроники, имеют место грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Игнатов А. Н., Фадеева Н. Е., Савиных В. Л.	Классическая электроника и наноэлектроника	учебное пособие	М.: Флинта	2017	<a href="https://ibooks.ru/reading.php?productid=27173">https://ibooks.ru/reading.php?productid=27173</a>	
2	Смирнов Ю. А., Соколов С. В., Титов Е. В.	Физические основы электроники	учебное пособие	СПб.: Лань	2013	<a href="https://e.lanbook.com/book/5856">https://e.lanbook.com/book/5856</a>	
3	Смирнов Ю. А., Соколов С. В., Титов Е. В.	Основы нано- и функциональной электроники	учебное пособие	СПб.: Лань	2013	<a href="https://e.lanbook.com/book/5855">https://e.lanbook.com/book/5855</a>	

#### Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Кротов В. И.	Исследование амплитудно-частотной характеристики электроподпреобразователя ПАВ в программной среде Multisim	методические указания к лабораторной работе	Казань: КГЭУ	2017	<a href="https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/131эл.pdf">https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/131эл.pdf</a>	

2	Тарасов В.Ф., Аввакумов М.В., Хуснутдинова А.Т.	Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплинам "Информационно-измерительная техника и электроника" и "Физические основы электроники"	метод. указания	Казань: КГЭУ	2008		6
3	Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Тарасов В.Ф.	Основы наноэлектроники, методы и приборы диагностики наноструктур	учебное пособие	Казань: КГЭУ	2008		108
4	Потапов А. А., Кулагина Л. Г.	Физические основы электроники. Электроника и микропроцессорная техника	лабор. практикум	Казань: КГЭУ	2011		10
5	Росадо Л.	Физическая электроника и микроэлектроника	учебное пособие	М.: Высш. шк.	1991		84

## 6.2. Информационное обеспечение

### 6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронный архив: «Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html">http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html</a> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.10.2020).	<a href="http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html">http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html</a>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
2	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
3	Web of Science	<a href="https://webofknowledge.com/">https://webofknowledge.com/</a>	<a href="https://webofknowledge.com/">https://webofknowledge.com/</a>
4	Платформа SpringerLink	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>
5	Scopus	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>
6	КиберЛенинка	<a href="https://cyberleninka.ru/">B https://cyberleninka.ru/</a>	<a href="https://cyberleninka.ru/">B https://cyberleninka.ru/</a>
7	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
8	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>
9	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>
10	Техническая библиотека	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>
11	Архив журналов РАН	<a href="https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3">https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3</a>	<a href="https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3">https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3</a>
12	Физика твёрдого тела	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>
13	Физика и техника полупроводников	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>
14	Журнал технической физики	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>
15	Письма в журнал технической физики	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>	<a href="http://journals.ioffe.ru">journals.ioffe.ru</a>
16	Университетская информационная система Россия	<a href="http://uisrussia.msu.ru">uisrussia.msu.ru</a>	<a href="http://uisrussia.msu.ru">uisrussia.msu.ru</a>

### 6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	ИСС «Кодекс» / «Техэксперт»	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>
2	«Гарант»	<a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>	<a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>
3	«Консультант плюс»	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов

1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	LabVIEW Professional Development System for Windows	Среда графического программирования и разработки приложений	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
3	NI Academic Site License – Multisim Teaching Only (Smaii)	Пакет программного обеспечения для графического программирования и проектирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
4	NI Academic Site License – LabVIEW Teaching and Research (Smaii)	Пакет программного обеспечения для графического программирования и проектирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
5	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010 от 04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
6	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
7	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
-------	--------------------	--	--



		<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристорov", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера</p>
1	Зачет	<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф</p>

1	Зачет	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)
2	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)

2	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	<p>проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф</p>
		Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	<p>доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристоров", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера</p>

3	Лабораторные занятия	Учебная лаборатория «Лаборатория автоматизированного анализа электронных схем» (Компьютерный класс с выходом в Интернет)	компьютер (16 шт.), коммутационный шкаф для усилителя-микшера с установкой Веллес, интерактивная доска, проектор
4	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф
		Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)

4	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристорov", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера
5	Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.)", "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф

5	Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)
		Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристоров", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера
6	Самостоятельная работа	Кабинет СРС	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран
		Кабинет СРС	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран, доска магнитно-маркерная
		Кабинет СРС	проектор, переносной экран, тонкие клиенты (13 шт.), компьютеры (5 шт.)

## **8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.



## 9. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);
- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- формирование эстетической картины мира;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

*Профессионально-трудовое воспитание:*

- формирование добросовестного, ответственного и творческого отношения к разным видам трудовой деятельности;

- формирование навыков высокой работоспособности и самоорганизации, умение действовать самостоятельно, мобилизовать необходимые ресурсы, правильно оценивая смысл и последствия своих действий;

*Экологическое воспитание:*

- формирование экологической культуры, бережного отношения к родной земле, экологической картины мира, развитие стремления беречь и охранять природу;

## 9. Структура дисциплины для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		4
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	108	108
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:</b>	18,5	18,5
Лекционные занятия (Лек)	4	4
Лабораторные занятия (Лаб)	4	4
Практические занятия (Пр)	6	6
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	4	4
Контактные часы во время аттестации (КПА)	0,5	0,5
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):</b>	85,5	85,5
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет)		
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	Зач	Зач

## Лист регистрации изменений

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины с 2021/2022 учебного года

В программу вносятся следующие изменения:

1. РПД дополнена разделом 9 «Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися» (стр. 22 - 23).

Программа одобрена на заседании кафедры–разработчика «15» июня 2021 г., протокол № 15 Зав. кафедрой А.В. Голенищев-Кутузов

Программа одобрена методическим советом института ИЭЭ «22» июня 2021 г., протокол № 11.

Зам. директора по УМР \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

*Подпись, дата*

Согласовано:

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

*Подпись, дата*

*Приложение к рабочей программе  
дисциплины*



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

Физические основы полупроводниковой и функциональной электроники

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) Промышленная электроника

Квалификация

бакалавр

г. Казань, 2020

Оценочные материалы по дисциплине «Физические основы полупроводниковой и функциональной электроники» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

ПК-2 Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: практическое задание, отчет по лабораторной работе, тест, коллоквиум.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 7 семестр. Форма промежуточной аттестации зачет.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

## 1. Технологическая карта

### Семестр 7

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы				
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично	
				не зачтено	зачтено			
				низкий	ниже среднего	средний	высокий	
Текущий контроль успеваемости								
1	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №1	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4	
1	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №1	ОЛР	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8	

1	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №2	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
1	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №2	ОЛР	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8
1	Повторение материала лекции, подготовка к тесту по разделу 1	Тест	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8
2	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №3	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
2	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №4	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
2	Изучение теоретического материала для самоизучения	К	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
2	Повторение материала лекции, изучение теоретического материала для самоизучения, подготовка к тесту по теме 2.1	Тест	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8
3	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №5	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
3	Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы №3	ОЛР	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8

3	Повторение материала лекции, подготовка практическому занятию №6	к	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
3	Повторение материала лекции, подготовка практическому занятию №7	к	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
3	Подготовка отчета выполнении лабораторной работы №4	о	ОЛР	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8
3	Повторение материала лекции, подготовка тесту по теме 2.2	к	Тест	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8
4	Повторение материала лекции, подготовка практическому занятию №8	к	ПЗ	ПК-2.1	менее 2	2 - 3	3 - 3	4 - 4
4	Повторение материала лекции, подготовка тесту по теме 2.3	к	Тест	ПК-2.1	менее 3	3 - 4	5 - 6	7 - 8
Всего баллов					0 - 54	55-69	70-84	85-100



## 2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.	Комплект задач и заданий
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам/разделам дисциплины
Зачет (Зач)	Комплект билетов, состоящих из одного вопроса теоретического характера для проверки теоретических знаний и одного задания практического характера для проверки практических умений	Вопросы для подготовки к зачету. Задачи для решения

## 3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Практическое задание (ПЗ)
Представление и содержание оценочных материалов	<p>После рассмотрения на лекционных занятиях основных тем и изучения теоретического материала для самоизучения, необходимых для выполнения практического задания, студенту предлагается выполнить практическое задание, представленное в виде нескольких задач по тематике лекционного занятия с подробным развернутым решением.</p> <p><i>Примеры задач для выполнения практического задания</i></p> <p><b><u>Задача 1</u></b> Какова контактная разность потенциалов кремниевого p-n-перехода, если концентрация донорной примеси <math>N_d = 10^{18} \text{ см}^{-3}</math>, концентрация акцепторной примеси <math>N_a = 10^{16} \text{ см}^{-3}</math>, температура окружающей среды 300 К? Как изменится контактная разность потенциалов в случае увеличения температуры до 360 К? Физические константы для кремния найти из справочника.</p> <p><b><u>Задача 2</u></b> Определить ширину обедненного слоя кремниевого p-n-перехода при нулевом напряжении на нем, если концентрация донорной примеси <math>N_d = 10^{14} \text{ см}^{-3}</math>, концентрация акцепторной примеси <math>N_a = 10^{16} \text{ см}^{-3}</math>, температура окружающей среды</p>

300 К. Физические константы для кремния найти из справочника.

### **Задача 3**

Определить величину барьерной емкости кремниевого р-п-перехода при обратном напряжении на нем 5 В, если концентрация донорной примеси  $N_d = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , концентрация акцепторной примеси  $N_a = 10^{13} \text{ см}^{-3}$ , площадь р-п-перехода  $10 \text{ мм}^2$ , температура окружающей среды  $18^\circ\text{C}$ . Физические константы для кремния найти из справочника.

### **Задача 4**

Определить эффективное значение барьерной емкости диода для диапазона обратных напряжений на нем  $0 \dots 50 \text{ В}$ , если известно, что при нулевом напряжении значение барьерной емкости  $C_b = 2 \text{ нФ}$ . Контактная разность потенциалов р-п-перехода равна  $0,7 \text{ В}$ , р-п-переход считать плавным.

### **Задача 5**

Определить эффективное значение барьерной емкости диода для диапазона обратных напряжений на нем  $0 \dots 100 \text{ В}$ , если известно, что при обратном напряжении  $15 \text{ В}$  значение барьерной емкости  $C_b = 1 \text{ нФ}$ . Контактная разность потенциалов р-п-перехода равна  $0,8 \text{ В}$ , р-п-переход считать плавным.

### **Задача 6**

Определить диффузионную емкость р-п-перехода при прямом напряжении  $0,7 \text{ В}$ , если время жизни неравновесных дырок  $\tau_p = 5 \cdot 10^{-9} \text{ с}$ , обратный тепловой ток перехода  $0,1 \text{ нА}$ . Температура окружающей среды  $300 \text{ К}$ .

### **Задача 7**

Концентрации атомов донорной и акцепторной примесей в областях полупроводника, образующих резкий р-п-переход, равны соответственно  $N_d = 10^{13} \text{ см}^{-3}$  и  $N_a = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , площадь р-п-перехода  $0,004 \text{ см}^2$ , время жизни неравновесных электронов  $\tau_n = 10^{-7} \text{ с}$ . Температура окружающей среды  $300 \text{ К}$ . Определить: обратный тепловой ток перехода  $I_s$ , барьерную емкость перехода при нулевом напряжении и диффузную емкость перехода при прямом токе  $I = 10 \text{ мА}$ . Необходимые физические константы для кремния найти из справочника.

### **Задача 8**

Определить напряжение лавинного пробоя резкого кремниевого р-п-перехода, если концентрация донорной примеси  $N_d = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ , концентрация акцепторной примеси  $N_a = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , температура окружающей среды  $300 \text{ К}$ . Максимальная напряженность электрического поля в кремнии  $E_{\text{max}} = 3 \cdot 10^7 \text{ В/м}$ . Другие необходимые физические константы для кремния найти из справочника.

Как изменится напряжение пробоя, если температура окружающей среды увеличится на  $30 \text{ К}$ ?

### **Задача 9**

Идеальный МОП-конденсатор имеет слой оксида  $\text{SiO}_2$  толщиной  $0,1 \text{ мкм}$  и подложку из кремния р-типа с концентрацией акцепторов  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Вычислите удельную емкость в случаях: а)  $U_3 = 2 \text{ В}$ ,  $f = 1 \text{ Гц}$ , б)  $U_3 = 20 \text{ В}$ ,  $f = 1 \text{ Гц}$ , в)  $U_3 = 20 \text{ В}$ ,  $f = 1 \text{ МГц}$ .

### **Задача 10**

Имеется идеальный МОП-конденсатор с кремниевой подложкой р-типа и концентрацией  $N_a = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ . Диэлектрический слой  $\text{SiO}_2$  имеет толщину  $0,1 \text{ мкм}$ . Алюминиевый затвор характеризуется параметром  $\Phi_{\text{мп}} = -0,9 \text{ В}$ . Плотность заряда на границе раздела  $Q_{\text{ss}} = 5 \cdot 10^{11} \text{ q} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/см}^2$ . Вычислить максимальную толщину обедненной области  $W_{\text{max}}$ , емкость, обусловленную диэлектриком, заряд в обедненной области ( $Q_s = Q_B$ ), пороговое напряжение, минимальную емкость, а также

пороговое напряжение с учетом влияния плоских зон.

### **Задача 11**

Конденсаторы типа МОП имеют подложки с концентрациями примеси  $N_a = 10^{14}$ ,  $10^{15}$  и  $10^{16}$   $\text{см}^{-3}$ . Вычислите для каждого

- максимальную толщину области пространственного заряда;
- пороговые напряжения, полагая что  $\Phi_{\text{МП}} = -0,1$  В,  $C_0 = 3,45 \cdot 10^{-8}$  Ф/см<sup>2</sup>,  $x_0 = 100$  нм,  $Q_{\text{ss}} = 1,6 \cdot 10^{-8}$  Кл/см<sup>2</sup>

### **Задача 12**

Подсчитать максимальную поверхностную плотность подвижного заряда дырок  $Q_p$ , которая может наблюдаться в МОП-конденсаторе с алюминиевым затвором при инжекции на границе раздела Si-SiO<sub>2</sub>. Подложка из кремния n-типа легирована с концентрацией примеси  $N_d = 10^{15}$   $\text{см}^{-3}$ , толщина оксидного слоя 100 нм. К затвору приложен импульс напряжения с амплитудой -10 В, напряжение на границе раздела становится по меньшей мере равным -2 В. Известно, что  $Q_{\text{ss}} = 5 \cdot 10^{10} q$ ,  $\Phi_{\text{МП}} = -0,3$  В.

### **Задача 13**

Определить время задержки ПЗС и максимальную ширину полосы пропускания аналогового сигнала, если линия задержки состоит из 200 элементов, а частота переключения равна 1 МГц.

### **Задача 14**

Определить резонансную частоту процессора на волнах пространственного заряда (ВПЗ), если расстояние между штырями ВШП на его поверхности 100 нм, скорость распространения ВПЗ  $10^5$  м/с.

### **Задача 15**

Процессор на волнах пространственного заряда (ВПЗ) выполняет роль фильтра и имеет напыленный на его поверхность встречно-штыревой преобразователь с числом штырей 100 и расстоянием между ними 200 нм. Определить добротность фильтра, если скорость распространения ВПЗ  $10^5$  м/с.

### **Задача 16**

Определить частоты последовательного резонанса  $\omega_s$  и параллельного резонанса  $\omega_p$  кварцевого резонатора, если параметры его эквивалентной схемы:  $C_0 = 30$  пФ,  $C_1 = 0,1$  пФ,  $L_1 = 3$  Гн,  $R_1 = 100$  Ом.

### **Задача 17**

Определить добротность кварцевого резонатора, если параметры его эквивалентной схемы:  $C_0 = 20$  пФ,  $C_1 = 0,06$  пФ,  $L_1 = 1$  Гн,  $R_1 = 20$  Ом.

### **Задача 18**

Как изменятся резонансные частоты кварцевого резонатора с параметрами эквивалентной схемы  $C_0 = 10$  пФ,  $C_1 = 0,01$  пФ,  $L_1 = 2$  Гн,  $R_1 = 10$  Ом, если параллельно резонатору подключить конденсатор  $C_n = 100$  пФ?

### **Задача 19**

Как изменятся резонансные частоты кварцевого резонатора с параметрами эквивалентной схемы  $C_0 = 20$  пФ,  $C_1 = 0,02$  пФ,  $L_1 = 5$  Гн,  $R_1 = 10$  Ом, если последовательно с резонатором включить конденсатор  $C_n = 20$  пФ?

### **Задача 20**

Определить частоту синхронизма встречно-штыревого преобразователя (ВШП) на поверхностных акустических волнах (ПАВ), если он выполнен в виде напыленных на поверхность кристалла из ниобата лития алюминиевых пластин шириной  $a = 20$  мкм

	<p>м с расстоянием между пластинами <math>b = 20</math> мкм. Скорость ПАВ для ниобата лития <math>4 \cdot 10^3</math> м/с.</p> <p><b><u>Задача 21</u></b>  Определить число электродов ВШП, чтобы его акустическая добротность составляла 100.</p> <p><b><u>Задача 22</u></b>  Определить параметры акустической линии задержки на ВШП с временем задержки 30 мкс, если ВШП напылен на поверхность кристалла ниобата лития, <math>V_{\text{ПАВ}} = 4 \cdot 10^3</math> м/с, <math>k_m^2 = 10^{-2}</math>, частота синхронизма <math>f_0 = 10^4</math> Гц.</p> <p><b><u>Задача 23</u></b>  Определить изменение времени задержки линией задержки на ПАВ при изменении температуры от 20°C до 40°C, если длина звукопровода 5 мм, <math>V_{\text{ПАВ}} = 4 \cdot 10^3</math> м/с, <math>\alpha t = 80 \cdot 10^6</math> °C<sup>-1</sup>.</p>
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	<p>При выставлении баллов за решение практических заданий учитывается правильность хода решения и правильность полученного ответа.</p> <p><b>Максимальное количество баллов за каждое практическое задание – 3</b></p>

<b>Наименование оценочного средства</b>	Отчет по лабораторной работе (ОЛР)
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Лабораторная работа выполняется согласно Методическим указаниям о выполнении лабораторной работы, выданной преподавателем на занятии.</p> <p>Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).</p> <p>Титульный лист отчёта должен содержать фразу: “Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)”. Внизу листа следует указать текущий год.</p> <p>Отчёт, как правило, должен содержать следующие основные разделы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цель работы;</li> <li>2. Теоретическая часть;</li> <li>3. Оборудование (приборы, используемые в лабораторной работе);</li> <li>4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, снимки экранов приборов, скриншоты программ);</li> <li>5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).</li> </ol>

<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При выставлении баллов за отчет о выполнении лабораторной работы учитываются следующие критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Правильность выполнения задания(ий) лабораторной работы</li> <li>2. Владение методами и технологиями, запланированными в лабораторной работе</li> <li>3. Владение специальными терминами и использование их при ответе.</li> <li>4. Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы</li> <li>5. Степень самостоятельности при выполнении заданий лабораторной работы</li> </ol> <p>Теоретическая часть должна содержать минимум необходимых теоретических сведений об исследуемой схеме, ее работе и характеристиках. Не следует копировать целиком или частично методическое пособие (описание) лабораторной работы или разделы учебника.</p> <p>В разделе «Оборудование» необходимо описать, с помощью каких приборов и каким образом проводилось исследование.</p> <p>Рисунки, блок-схемы установок, описание технологии измерений и её особенностей, необходимость предварительных измерений (градуировка, настройка и т.п.) – все это должно быть представлено в указанном разделе.</p> <p>Раздел «Результаты» включает в себя таблицы экспериментальных данных, графики, полученные при выполнении лабораторной работы, снимки экранов приборов, скриншоты программ. Для построения графиков можно использовать миллиметровую бумагу. На графиках обязательно должны быть указаны масштабы по осям, начало отсчета, размерности и обозначения физических величин, откладываемых по осям. Экспериментальные точки на графиках должны быть заметны, четко выделены. Рисунки, графики и таблицы нумеруются и подписываются заголовками.</p> <p>Выводы не должны быть простым перечислением того, что сделано. Здесь важно отметить, какие новые знания о предмете исследования были получены при выполнении работы, к чему привело обсуждение результатов, насколько выполнена заявленная цель работы. Возможно, получены дополнительные формулы, данные, предложены оригинальные методики, – это должно быть отражено в выводах. Выводы по работе каждый студент делает самостоятельно.</p> <p>При сдаче отчёта преподаватель может сделать устные и письменные замечания, задать дополнительные вопросы. Все ответы на дополнительные вопросы, новые расчёты, обсуждения выполняются студентом на отдельных листах, включаемых в отчёт (при этом в тексте основного отчёта делается сноска или другой значок, которому будет соответствовать новый материал). При этом письменные замечания преподавателя должны остаться в тексте для ясности динамики работы над отчётом. Объём отчёта должен быть оптимальным для понимания того, что и как сделал студент, выполняя работу. Обязательные требования к отчёту включают общую и специальную грамотность изложения, а также аккуратность оформления.</p> <p><b>Максимальное количество баллов за отчет – 4</b></p>
--	---

<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>Тест (Тест)</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Тестирование проводится в среде LMS Moodle после изучения соответствующего раздела (темы) дисциплины. Комплект вопросов формируется из банка вопросов в случайном порядке и содержит 10 вопросов.</p>

*Примеры вопросов для теста:*

1. Напряжение лавинного пробоя
  - а) больше у плавного р-п-перехода, чем у резкого
  - б) больше у резкого р-п-перехода, чем у плавного
  - в) не зависит от типа р-п-перехода
  
2. Работа низковольтных стабилитронов основана на
  - а) туннельном пробое
  - б) лавинном пробое
  - в) тепловом пробое
  
3. Работа высоковольтных стабилитронов основана на
  - а) туннельном пробое
  - б) лавинном пробое
  - в) тепловом пробое
  
4. Расположите полупроводниковые материалы в порядке возрастания напряжения лавинного пробоя образованных на их основе р-п-переходов
  - а) кремний
  - б) германий
  - в) карбид кремния
  - г) арсенид галлия
  
5. Барьерная емкость р-п-перехода
  - а) тем больше, чем больше концентрация примесей образующий переход р- и п-областей
  - б) тем больше, чем меньше концентрация примесей образующий переход р- и п-областей
  - в) не зависит от концентрации примесей образующий переход р- и п-областей
  
6. Диффузионная емкость р-п-перехода
  - а) тем больше, чем больше приложенное к переходу прямое напряжение
  - б) тем меньше, чем больше приложенное к переходу прямое напряжение
  - в) не зависит от напряжения на переходе
  
7. Емкость р-п-перехода
  - а) уменьшением с ростом прямого напряжения и растет с ростом обратного напряжения
  - б) уменьшением с ростом обратного напряжения и растет с ростом прямого напряжения
  - в) растет с ростом прямого и обратного напряжений
  - г) растет с уменьшением прямого и обратного напряжений
  
8. Время задержки ПЗС-линии задержки
  - а) растет с ростом тактовой частоты
  - б) уменьшается с ростом тактовой частоты
  - в) зависит только от числа элементов и не зависит от тактовой частоты
  
9. БИСПИН-приборы преобразуют
  - а) аналоговый сигнал в последовательность импульсов
  - б) последовательность импульсов в аналоговый сигнал
  - в) последовательность импульсов тока в последовательность импульсов напряжения
  - г) последовательность импульсов напряжения в последовательность импульсов тока
  
10. БИСПИН-прибор – это прибор, обладающий

	<p>а) тремя состояниями  б) двумя состояниями  в) четырьмя состояниями</p> <p>11. Приборы с зарядовой связью представляют собой систему  а) взаимосвязанных МОП-структур на общей подложке  б) взаимосвязанных биполярных транзисторных структур на общей подложке  в) изолированных друг от друга р-п-переходов</p> <p>12. При подключении к кварцевому резонатору параллельно внешнего конденсатора его частота параллельного резонанса  а) увеличится  б) уменьшится  в) не изменится</p> <p>13. При подключении к кварцевому резонатору параллельно внешнего конденсатора его частота последовательного резонанса  а) увеличится  б) уменьшится  в) не изменится</p> <p>14. При подключении к кварцевому резонатору последовательно внешнего конденсатора его частота параллельного резонанса  а) увеличится  б) уменьшится  в) не изменится</p> <p>15. При подключении к кварцевому резонатору последовательно внешнего конденсатора его частота последовательного резонанса  а) увеличится  б) уменьшится  в) не изменится</p> <p>16. Частота синхронизации ВШП на ПАВ  а) тем выше, чем больше период структуры преобразователя  б) тем ниже, чем больше период структуры преобразователя  в) не зависит от периода структуры преобразователя</p> <p>17. Центральная частота ВШП на ПАВ  а) тем выше, чем больше скорость ПАВ  б) тем ниже, чем больше скорость ПАВ  в) не зависит от скорости ПАВ</p> <p>18. Акустическая добротность ВШП на ПАВ  а) тем выше, чем больше число электродов ВШП  б) тем ниже, чем больше число электродов ВШП  в) не зависит от числа электродов ВШП</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При выставлении баллов за тест учитываются следующие критерии:  Каждый верный ответ на задание дает возможность обучающемуся получить 0,4 балла.  <b>Максимальное количество баллов за тест – 4 балла.</b></p>

<b>Наименование оценочного средства</b>	Коллоквиум (К)
Представление и содержание оценочных материалов	Коллоквиум проводится как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися по вопросам темы, вынесенной для самостоятельного изучения.  Пример вопросов для коллоквиума: 1. Эффект Ганна: физическая сущность 2. Прибор (диод) Ганна, характеристики и параметры 3. Режимы работы диодов Ганна 4. Генераторы на диодах Ганна, их эквивалентные схемы
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах	При выставлении баллов за коллоквиум учитываются следующие критерии:  <i>1. Знание материала</i> - содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 2 балла; - содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 1 балл; - не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;  <i>2. Владение речью и терминологией</i> - материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии – 2 балла; - в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии – 1 балл; - допущены ошибки в определении понятий – 0 баллов;  <b>Максимальное количество баллов за коллоквиум – 4 балла.</b>



## 4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Зачет (Зач)
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Зачет проводится в письменной форме, экзаменуемый получает билет, в котором содержится один теоретический вопрос и задача.</p> <p><i>Вопросы для подготовки к зачету</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Физические характеристики р-п-перехода, их связь с параметрами структуры.</li><li>2. Барьерная емкость р-п-перехода, ее связь с параметрами полупроводниковой структуры.</li><li>3. Диффузионная емкость р-п-перехода.</li><li>4. Связь емкостей р-п-перехода с режимами работы полупроводникового прибора.</li><li>5. Влияние емкостей р-п-перехода на переходные процессы и частотные свойства полупроводниковых приборов.</li><li>6. Туннельный пробой р-п-перехода.</li><li>7. Лавинный пробой р-п-перехода.</li><li>8. Основные физические принципы функциональной полупроводниковой электроники.</li><li>9. ПЗС-структуры, разновидности и принцип действия.</li><li>10. Линии задержки на ПЗС-структурах.</li><li>11. Фильтры ПЗС.</li><li>12. БИСПИН-приборы.</li><li>13. Волны пространственного заряда и приборы на их основе.</li><li>14. Эффект Ганна.</li><li>15. Прибор Ганна, характеристики, параметры, применение.</li><li>16. Основные физические принципы функциональной акустоэлектроники.</li><li>17. Пьезоэлектрические (кварцевые) резонаторы.</li><li>18. Встречно-штыревые преобразователи.</li><li>19. Линия задержки на ПАВ.</li><li>20. Фильтр на ПАВ.</li><li>21. Основные физические принципы функциональной диэлектрической электроники.</li><li>22. Сегнетоэлектрики и сегнетоэлектрические домены.</li><li>23. Устройства памяти на основе сегнетокерамики.</li></ol> <p><i>Примеры задач для решения на зачете</i></p> <p><b><u>Задача 1</u></b> Какова контактная разность потенциалов германиевого р-п-перехода, если концентрация донорной примеси <math>N_d = 10^{15} \text{ см}^{-3}</math>, концентрация акцепторной примеси <math>N_a = 10^{13} \text{ см}^{-3}</math>, температура окружающей среды 300 К? Физические константы для германия найти из справочника.</p> <p><b><u>Задача 2</u></b> Определить ширину обедненного слоя кремниевого р-п-перехода при нулевом напряжении на нем, если концентрация донорной примеси <math>N_d = 10^{16} \text{ см}^{-3}</math>, концентрация акцепторной примеси <math>N_a = 10^{18} \text{ см}^{-3}</math>, температура окружающей среды 320 К. Физические константы для кремния найти из справочника.</p> <p><b><u>Задача 3</u></b> Определить значение барьерной емкости диода при обратном напряжении на нем, равном 20 В, если известно, что при обратном напряжении, равном 10 В, <math>C_0 = 250 \text{ пФ}</math>. Контактная разность потенциалов р-п-перехода равна 0,6 В, р-п-переход считать резким.</p>

#### **Задача 4**

Определить диффузионную емкость р-n-перехода при протекании прямого тока 100 мА, если время жизни неравновесных дырок  $\tau_p = 2 \cdot 10^{-8}$  с. Температура окружающей среды 300 К.

#### **Задача 5**

Определить напряжение лавинного пробоя резкого кремниевого р-n-перехода, если концентрация донорной примеси  $N_d = 10^{13}$  см<sup>-3</sup>, концентрация акцепторной примеси  $N_a = 10^{15}$  см<sup>-3</sup>, температура окружающей среды 300 К. Максимальная напряженность электрического поля в кремнии  $E_{\max} = 3 \cdot 10^7$  В/м. Другие необходимые физические константы для кремния найти из справочника.

#### **Задача 6**

Идеальный МОП-конденсатор имеет слой оксида SiO<sub>2</sub> толщиной 0,2 мкм и подложку из кремния р-типа с концентрацией акцепторов  $10^{15}$  см<sup>-3</sup>. Вычислите удельную емкость при  $U_3 = 5$  В,  $f = 100$  Гц.

#### **Задача 7**

МОП-конденсатор имеют подложку с концентрацией акцепторной примеси  $N_a = 10^{15}$  см<sup>-3</sup>. Вычислите максимальную толщину области пространственного заряда.

#### **Задача 8**

Определить время задержки ПЗС, если линия задержки состоит из 500 элементов, а частота переключения равна 20 кГц.

#### **Задача 9**

Определить резонансную частоту процессора на волнах пространственного заряда (ВПЗ), если расстояние между штырями ВШП на его поверхности 200 нм, скорость распространения ВПЗ  $10^5$  м/с.

#### **Задача 10**

Процессор на волнах пространственного заряда (ВПЗ) выполняет роль фильтра и имеет напыленный на его поверхность встречно-штыревой преобразователь с числом штырей 300 и расстоянием между ними 100 нм. Определить добротность фильтра, если скорость распространения ВПЗ  $10^5$  м/с.

#### **Задача 11**

Определить частоты последовательного резонанса  $\omega_s$  и параллельного резонанса  $\omega_p$  кварцевого резонатора, если параметры его эквивалентной схемы:  $C_0 = 10$  пФ,  $C_1 = 0,05$  пФ,  $L_1 = 5$  Гн,  $R_1 = 20$  Ом.

#### **Задача 12**

Определить добротность кварцевого резонатора, если параметры его эквивалентной схемы:  $C_0 = 40$  пФ,  $C_1 = 0,2$  пФ,  $L_1 = 1$  Гн,  $R_1 = 50$  Ом.

#### **Задача 13**

Определить частоту синхронизма встречно-штыревого преобразователя (ВШП) на поверхностных акустических волнах (ПАВ), если он выполнен в виде напыленных на поверхность кристалла из титаната лития алюминиевых пластин шириной  $a = 50$  мкм с расстоянием между пластинами  $b = 50$  мкм. Скорость ПАВ для титаната лития  $3,2 \cdot 10^3$  м/с.

#### **Задача 14**

Определить число электродов ВШП, чтобы его акустическая добротность составляла 200.

	<p><b><u>Задача 15</u></b>  Определить изменение времени задержки линией задержки на ПАВ при изменении температуры от 10°C до 30°C, если длина звукопровода 3 мм, <math>V_{\text{ПАВ}} = 3,2 \cdot 10^3</math> м/с, <math>\alpha t = 45 \cdot 10^6</math> °C<sup>-1</sup>.</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:</p> <p>Правильность выполнения практического задания.</p> <p>Владение методами и технологиями, запланированными в рабочей программе дисциплины.</p> <p>Владение специальными терминами и использование их при ответе.</p> <p>Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы</p> <p>Логичность и последовательность ответа.</p> <p>Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем.</p> <p>От 36 до 40 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.</p> <p>От 30 до 35 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна – две неточности в ответе.</p> <p>От 20 до 29 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.</p> <p><b>Максимальное количество баллов за зачет – 40</b></p>