



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.02.02 Твердотельная электроника

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

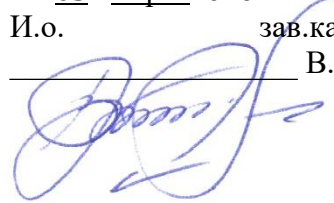
Направленность (профиль) подготовки Электроника и нанoeлектроника

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК
физического факультета
Протокол №53 от «17» марта 2026 г.
Председатель д.ф.-м.н., профессор
 Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 7
от «05» марта 2026 г.
И.о. зав. кафедрой д.ф.-м.н.
 В.П. Дресвянский

Иркутск 2026г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ):	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	7
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	7
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	14
4.3. Содержание учебного материала	23
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	25
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	25
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	34
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	34
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	35
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	35
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	36
6.2. Программное обеспечение:	36
6.3. Технические и электронные средства:	36
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	36
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	37

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ):

Целью дисциплины «Твердотельная электроника» ознакомление студентов с физическими и технологическими основами твердотельной электроники, такими как диоды, МДП-транзисторы, биполярные транзисторы, тиристоры, сенсорные устройства и преобразователи и т.д. В результате изучения курса студенты должны иметь представления о физических закономерностях, положенных в основу действия приборов твердотельной электроники, об основных устройствах, используемых в современной электронике, способах их применения. На основании полученных знаний студенты должны уметь правильно использовать различные режимы работы устройств твердотельной электроники для получения необходимых выходных сигналов.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Твердотельная электроника» входит в модуль Б1.В.ДВ.02.02 обязательной части Б1 образовательной программы по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Электроника и нанoeлектроника».

Дисциплина «Твердотельная электроника» опирается на математическую дисциплину «Математический анализ», школьные дисциплины «Физика» и «Химия».

Освоение дисциплины необходимо для освоения курсов «Физика конденсированного состояния», «Квантовая и оптическая электроника».

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1: Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ИДК ПК1.1 Анализирует современное состояние методов измерений материалов электроники и нанoeлектроники.	<u>Знать</u> Физические принципы работы р-п-переходов, гетероструктур и барьеров Шотки; методы измерения вольт-амперных, ёмкостных и частотных характеристик полупроводниковых структур; современные подходы к оценке поверхностных состояний, механизмов пробоя и деградации материалов; метрологические основы испытаний на надёжность. <u>Уметь</u> Анализировать экспериментальные зависимости (ВАХ, температурные и частотные характеристики) для определения физических параметров материалов и структур;

		интерпретировать данные измерений в контексте моделей объёмного заряда, инъекции/экстракции носителей и эффектов короткого канала; сопоставлять традиционные и современные методы электрофизической диагностики. <u>Владеть</u> Методиками проведения измерений параметров полупроводниковых приборов; навыками работы с измерительными комплексами; программными средствами обработки и визуализации экспериментальных данных.
	ИДК ПК1.2 Разрабатывает технологии модификации свойств наноматериалов и наноструктур	<u>Знать</u> Физические механизмы, определяющие электрофизические свойства полупроводниковых наноструктур (искривление зон, пространственный заряд, рекомбинация, поверхностные эффекты); принципы технологического влияния на параметры приборов (легирование, формирование переходов, масштабирование геометрии); основы надежности, механизмы катастрофических и постепенных отказов. <u>Уметь</u> Прогнозировать влияние технологических параметров и геометрии структур на статические, динамические и частотные характеристики приборов; разрабатывать алгоритмы модификации свойств структур для достижения заданных электрических и эксплуатационных параметров; моделировать поведение устройств при изменении материалов, толщины слоёв и условий формирования. <u>Владеть</u> Методами технологического проектирования полупроводниковых и наноразмерных структур; навыками параметрической оптимизации устройств с учётом наноразмерных эффектов и требований надёжности; современными подходами к повышению стабильности и воспроизводимости свойств модифицированных материалов.

ПК-4: Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	ИДК ПК4.1 Проводит научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований	<u>Знать</u> Фундаментальные физические модели полупроводниковых приборов; методологию постановки теоретических и экспериментальных исследований в физике полупроводников и наноэлектроники; принципы статистического анализа надёжности и планирования экспериментов. <u>Уметь</u> Формулировать цели, задачи и гипотезы исследования; выбирать методы теоретического расчёта и экспериментальной верификации характеристик структур; обрабатывать результаты измерений, выявлять физические закономерности, строить и уточнять математические модели; оформлять результаты исследований в соответствии с научными стандартами. <u>Владеть</u> Методами научного исследования в области физики полупроводниковых приборов и наноэлектроники; навыками математического и численного моделирования физических процессов; методиками статистической обработки данных, оценки погрешностей и анализа воспроизводимости результатов.
	ИДК ПК4.2 Владеет современной приборной базой (в том числе сложным физическим оборудованием) и информационными технологиями.	<u>Знать</u> Принципы работы современного измерительного, испытательного и диагностического оборудования для полупроводниковых и опто/магнитоэлектронных приборов; основы информационных технологий, применяемых в управлении экспериментами, моделировании структур и обработке данных; требования безопасности, метрологии и калибровки при работе со сложным физическим оборудованием. <u>Уметь</u> Настраивать и эксплуатировать измерительные комплексы для снятия статических, динамических, частотных и температурных характеристик приборов; использовать программные пакеты для моделирования полупроводниковых структур, анализа эквивалентных схем и автоматизации измерений;

		интегрировать данные измерений с информационными системами и базами знаний. <u>Владеть</u> Навыками работы на современном полупроводниковом измерительном оборудовании; современными САПР и пакетами моделирования; методами цифровой обработки сигналов, автоматизации измерительных процессов и управления экспериментальными установками через интерфейсы.
--	--	---

IV.СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, в том числе 52 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 22 аудиторных часа (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.1.Неравновесные носители заряда. Объёмный заряд в полупроводниках с неоднородной концентрацией носителей заряда.	8	3	2	1	1		1,6	Экспресс-опрос

2	1.2.Уравнение непрерывности Соотношение Эйнштейна.	8	3		1			1,6	Экспресс-опрос
3	1.3.Искривление энергетических зон.	8	3		1		1	1,6	Экспресс-опрос
4	2.1.Электронно-дырочный (р-п) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в р-п- переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.	8	4		1	1		1,6	Экспресс-опрос
5	2.2.Прямое и обратное включение р-п- перехода. Инжекция изъэкстракция неосновных носителей заряда.	8	3			1		1,6	Экспресс-опрос
6	2.3.Формула Шокли. Методы формирования классификация р-п-переходов.	8	3		1			1,6	Экспресс-опрос
7	2.4.Переходы на основе контакта металл- полупроводник. Выпрямляющие переходы. Их энергетические диаграммы при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника.	8	3		1	1		1,6	Экспресс-опрос
8	2.5.Барьер Шоттки. Вольт- амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта.	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос
9	2.6.Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции	8	3		1		1	1,6	Экспресс-опрос

	ии и сверхинжекции в гетеропереходах.								
10	3.1.Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольтамперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы. Генерацияирекомбинацияносителейзаряда вр-п-переходе.	8	3		1	1		1,6	Экспресс-опрос
11	3.2.Влияниеповерхностныхсостоянийна вольт амперную характеристику. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.	8	3		1			1,6	Экспресс-опрос
12	3.3.Барьерная и диффузионнаяемкости диода.Физическая эквивалентная схема.	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос
13	3.4.Переходныепроцессывдиодепри большихималыхуровнях сигналов.	8	3			1		1,6	Экспресс-опрос
14	3.5.Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительныеплоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивно-технологическиеособенности,электрически есвойства.Диоды различного назначения – туннельныедиоды,стабилитроныистабисторы,диоды Шотки,варикапы:принцип действия,конструкция,свойства, применение.	8	4		1	1		1,6	Экспресс-опрос
15	3.6.Эффект Ганна. ДиодГанна. Вольтамперная характеристикадиодаГанна.	8	3		1		1	1,6	Экспресс-опрос
16	4.1.Структура, принцип действия, схемы включения транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении. Коэффициентыпередачитоковэммитераи	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос

	базы. Пробой транзистора.								
17	4.2.Статические характеристики транзистора . Системы статических характеристик. Модель Эберса-Молла. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Сущность эффекта Эрли. Влияние температуры на статические характеристики.	8	4		1			1,6	Экспресс-опрос
18	4.3.Малосигнальные параметры эквивалентные схемы. Физические схемы и собственные параметры. Параметры транзистора как линейного четырехполюсника. Зависимость малосигнальных параметров от постоянной составляющей тока на входе и напряжения на выходе. Частотные параметры транзистора .	8	3		1	1		1,6	Экспресс-опрос
19	4.4.Работа транзистора с нагрузкой. Нагрузочная характеристика. Активный режим работы. Работа транзистора на импульсах. Переходные процессы в транзисторе.	8	3		1			1,6	Экспресс-опрос
20	4.5.Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.	8	3		1		1	1,6	Экспресс-опрос
21	5.1.Структура и принцип действия диодного тиристора.	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос

	ристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Дiodный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом.								
22	5.2. Триодный тиристор. Принцип управления. Условие переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно-технологические особенности и параметры тириستоров.	8	3		1		1	1,6	Экспресс-опрос
23	6.1. Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение. Особенности реальных МДП-структур.	8	3		1			1,6	Экспресс-опрос
24	6.2. Структура, принцип действия и схемы включения МДП-транзистора. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Перекрывание канала. Напряжение насыщения. Уравнения ВАХ для крутой и пологой частей характеристик. Характеристики передачи. Влияние температуры на статические	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос

	характеристики. Пробой транзистора.								
25	6.3.Малосигнальные параметры эквивалентные схемы МДП-транзистора. Частотные свойства. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа.	8	3		1			1,6	Экспресс-опрос
26	6.4.Конструктивно-технологические разновидности транзисторов.Эффекты короткогоканала в МДП-транзисторах. Зависимость порогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке. Особенности статических характеристик короткоканальных транзисторов. Транзисторы с самосовмещенным затвором . МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).	8	3		1		1	1,6	Экспресс-опрос
27	7.1.Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи. Малосигнальные параметры эквивалентные схемы. Разновидности полевых транзисторов.	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос
28	7.2.Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шоттки (ПТШ). Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ.	8	3		1	1	1	1,6	Экспресс-опрос
29	8.1.Полупроводниковые излучатели. Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос

	полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели, инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.								
30	8.2. Фотоприемники. Явление фотопроводимости и фотовольтаический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры.	8	4	2		1		1,6	Экспресс-опрос
31	8.3. Оптопары.	8	2			1		1,6	Экспресс-опрос
32	9.1. Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства.	8	3	2		1		1,6	Экспресс-опрос
33	9.2. Гальваномагнитные приборы (преобразователи Холла, магнитодиоды, магнитотранзисторы).	8	3			1	1	1,6	Экспресс-опрос
34	10.1. Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности.	8	3	2	1			1,6	Экспресс-опрос
35	10.2. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности.	8	2		1			1,6	Экспресс-опрос
зачет		8	1						зачет
Итого часов			108	22	22	22	8	56	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	1.1. Неравновесные носители заряда. Объемный заряд в полупроводниках с неоднородной концентрацией носителей заряда.	Самостоятельное повторение и изучение дополнительной информации по теме раздела	В начале семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	1.2. Уравнение непрерывности. Соотношение Эйнштейна.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	1.3. Искривление энергетических зон.	Самостоятельное изучение дополнительной информации по теме раздела	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	2.1. Электронно-дырочный (p-n) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в p-n-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.	Самостоятельное изучение дополнительной информации по теме раздела	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	2.2.Прямое и обратное включение р-п-перехода. Инжекция извлечения неосновных носителей заряда.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	2.3.Формула Шокли. Методы формирования и классификация р-п-переходов.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	2.4.Переходы на основе контакта металл-полупроводник. Выпрямляющие переходы. Их энергетические диаграммы при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	2.5.Барьер Шотки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	2.6.Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	3.1. Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольтамперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы. Генерация и рекомбинация носителей заряда в p-n-переходе.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	3.2. Влияние поверхностных состояний на вольт-амперную характеристику. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	3.3. Барьерная и диффузионная емкости диода. Физическая эквивалентная схема.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	3.4. Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	3.5. Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные, плоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивные особенности, электрические свойства. Диоды различного назначения – туннельные диоды, стабилитроны, стабилитроны, диоды Шоттки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	3.6.ЭффектГанна.ДиодГанна. Вольтамперная характеристикадиодаГанна.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	4.1.Структура, принцип действия, схемы включения транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении. Коэффициентыпередачитоковэмиттера ибазы. Пробой транзистора.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	4.2.Статическиехарактеристики транзистора. Системы статических характеристик. Модель Эберса-Молла. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Сущность эффекта Эрли. Влияние температурынастатическиехарактеристики.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	4.3.Малосигнальные параметрыиэквивалентные схемы. Физические схемы и собственные параметры. Параметры транзисторакаклинейного четырехполюсника.Зависимостьмалосигнальных параметров от постоянной составляющей тока на входе и напряжения навыходе.Частотныепараметрытранзистора.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	4.4.Работа транзистора с нагрузкой. Нагрузочная характеристика. Активный режим работы. Работа транзистора на импульсах.Переходные процессы в транзисторе.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	4.5.Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно- технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	5.1. Структура и принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	5.2. Триодный тиристор. Принципу правления. Условие переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно - технологические особенности и параметры тиристор.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	6.1.Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП- структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговоенапряжение. Особенности реальных МДП- структур.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	6.2.Структура, принцип действия и схемы включенияМДП-транзистора. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статическиевыходные характеристики. Перекрытие канала. Напряжение насыщения. Уравнения ВАХ для крутой и пологой частей характеристик. Характеристикипередачи.Влияниетемпературы настатические характеристики. Пробой транзистора.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	6.3.Малосигнальные параметрыи эквивалентные схемы МДП-транзистора. Частотные свойства. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	6.4.Конструктивно-технологические разновидности транзисторов.Эффекты короткогоканала вМДП-транзисторах. Зависимостьпорогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке. Особенности статических характеристик короткоканальных транзисторов. Транзисторы ссамосовмещеннымзатвором. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	7.1.Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Разновидности полевых транзисторов.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	7.2.Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ). Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	8.1.Полупроводниковыеизлучатели.Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочныеизлучатели,инжекционныелазеры:принципдействияиосновные свойства.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	8.2.Фотоприемники.Явлениефотопроводимости и фотовольтаический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковыефотоэлементы,фото транзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция,основных характеристикии параметры.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	8.3. Оптипары.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	9.1.Полупроводниковыерезисторы (термисторы,позисторы,варисторы): принципдействияиосновные свойства.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	9.2.Гальваномангнитныеприборы (преобразователи Холла,магнитодиоды, магнитотранзисторы).	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1,6	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература

8	10.1. Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	10.2. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности.	Подготовка к аудиторным занятиям по указанной теме. Изучение научной и специальной учебной литературы.	В течение семестра	1	Экспресс-опрос	Вся рекомендуемая литература
8	Все темы	Работа с методическими материалами. Подготовка к зачету	К концу семестра	1,2	Опрос	Вся рекомендуемая литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				56		

4.3. Содержание учебного материала

Раздел 1. Основные сведения о полупроводниках. Явления переноса в твёрдых телах.

Неравновесные носители заряда. Объёмный заряд в полупроводниках с неоднородной концентрацией носителей заряда. Уравнение непрерывности. Соотношение Эйнштейна. Искривление энергетических зон.

Раздел 2. Контактные явления в полупроводниках.

Электронно-дырочный (р-п) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в р-п-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов. Прямое и обратное включение р-п-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Формула Шокли. Методы формирования и классификация р-п-переходов. Переходы на основе контактов металл-полупроводник. Выпрямляющие переходы. Их энергетические диаграммы при разном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника. Барьер Шотки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.

Раздел 3. Полупроводниковые диоды.

Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольт-амперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы. Генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Влияние поверхностных состояний на вольт-амперную характеристику. Лавинный, туннельный и тепловой пробой. Барьерная и диффузионная емкости диода. Физическая эквивалентная схема. Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов. Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные плоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивно-технологические особенности, электрические свойства. Диоды различного назначения – туннельные диоды, стабилитроны и стабилитроны, диоды Шотки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение. Эффект Ганна. Диод Ганна. Вольт-амперная характеристика диода Ганна.

Раздел 4. Биполярные транзисторы.

Структура, принцип действия, схемы включения транзистора. Энергетическая диаграмма при нормальном включении. Коэффициенты передачи токов эмиттера и базы. Пробой транзистора.

Статические характеристики транзистора. Системы статических характеристик. Модель Эберса-Молла. Входные и выходные характеристики, характеристики передачи транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Сущность эффекта Эрли. Влияние температуры на статические характеристики. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Физические схемы и собственные параметры. Параметры транзистора как линейного четырехполюсника. Зависимость малосигнальных параметров от постоянной составляющей тока на входе и напряжения на выходе. Частотные параметры транзистора. Работа транзистора с нагрузкой. Нагрузочная характеристика.

Активный режим работы. Работа транзистора на импульсах. Переходные процессы в транзисторе. Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.

Раздел 5. Тиристоры.

Структура и принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом. Триодный тиристор. Принцип управления. Условие переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно-технологические особенности и параметры тириستоров.

Раздел 6. МДП-транзисторы.

Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение. Особенности реальных МДП-структур. Структура, принцип действия и схемы включения МДП-транзистора. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Перекрытие канала. Напряжение насыщения. Уравнения ВАХ для крутой и пологой частей характеристик. Характеристики передачи. Влияние температуры на статические характеристики. Пробой транзистора. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы МДП-транзистора. Частотные свойства. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа.

Конструктивно-технологические разновидности транзисторов. Эффекты короткого канала в МДП-транзисторах. Зависимость порогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке. Особенности статических характеристик короткоканальных транзисторов. Транзисторы с самосовмещенным затвором. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).

Раздел 7. Полевые транзисторы с управляющим переходом.

Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Разновидности полевых транзисторов. Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шотки (ПТШ). Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ.

Раздел 8. Полупроводниковые излучатели и фотоприемники.

Полупроводниковые излучатели. Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели, инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства. Фотоприемники. Явление фотопроводимости и фотовольтаический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры. Оптопары.

Раздел 9. Полупроводниковые резисторы и преобразователи.

Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства. Гальваномагнитные приборы (преобразователи Холла, магнитодиоды, магнитотранзисторы).

Раздел 10. Сведения о надежности полупроводниковых приборов.

Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности. Вероятность безопасной работы. Показатели надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование практических занятий	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			всего часов	из них практ. подг.		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 1 Темы 1.1-1.4	Основные сведения о полупроводниках. Явления переноса в твёрдых телах.	11	2	Экспресс-опрос	ПК-1
2	Раздел 2 Темы 2.1-2.6	Контактные явления в полупроводниках.	24	2	Экспресс-опрос	ПК-1
3	Раздел 3 Темы 3.1-3.6	Полупроводниковые диоды.	24	2	Экспресс-опрос	ПК-1
4	Раздел 4 Темы 4.1-4.5	Биполярные транзисторы.	21	2	Экспресс-опрос	ПК-1
5	Раздел 5 Темы 5.1-5.2	Тиристоры.	8	2	Экспресс-опрос	ПК-1
6	Раздел 6 Темы 6.1-6.4	МДП-транзисторы.	16	2	Экспресс-опрос	ПК-1
7	Раздел 7 Темы 7.1-7.2	Полевые транзисторы с управляющим переходом.	8	2	Экспресс-опрос	ПК-1
8	Раздел 8 Темы 8.1-8.3	Полупроводниковые излучатели и фотоприемники.	10	4	Экспресс-опрос	ПК-1
9	Раздел 9 Темы 9.1-9.2	Полупроводниковые резисторы и преобразователи.	5	2	Экспресс-опрос	ПК-1
10	Раздел 10 Темы 10.1-10.2	Сведения по надежности полупроводниковых приборов.	3	2	Экспресс-опрос	ПК-4

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	1.1. Неравновесные носители заряда.	Экспресс-опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам,	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	Объёмный заряд в полупроводниках с неоднородной концентрации носителей заряда.		вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
2	1.2. Уравнение непрерывности. Соотношение Эйнштейна.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
3	1.3. Искривление энергетических зон.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
4	2.1. Электронно-дырочный (p-n) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в p-n-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
5	2.2. Прямое и обратное включение p-n-перехода. Инжекция и экстракция	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение,	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	неосновных носителей заряда.		конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
6	2.3. Формула Шокли. Методы формирования и классификация р-п-переходов.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
7	2.4. Переходы на основе контакта металл-полупроводник. Выпрямляющие переходы. Их энергетические диаграммы при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
8	2.5. Барьер Шотки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода. Структура реального невыпрямляющего контакта.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
9	2.6. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.		контрольные вопросы.		
10	3.1. Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольтамперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы. Генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
11	3.2. Влияние поверхностных состояний на вольт-амперную характеристику. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
12	3.3. Барьерная и диффузионная емкости диода.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	Физическая эквивалентная схема.		самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
13	3.4. Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
14	3.5. Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные плоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивные особенности, электрические свойства. Диоды различного назначения — туннельные диоды, стабилитроны и стабисторы, диоды Шотки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
15	3.6. Эффект Ганна. Диод Ганна. Вольтамперная	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	характеристики диода Ганна.		самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
16	4.1. Пробой транзистора.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
17	4.2. Влияние температуры на статические характеристики.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
18	4.3. Частотные параметры транзистора.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
19	4.5. Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
20	5.1. Пробой тиристора.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
21	5.2. Способы управления тиристорами. Конструктивные	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	технологические особенности и параметры тириستоров.		самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
22	6.1. Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура). Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение. Особенности реальных МДП-структур.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
23	6.3. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы МДП-транзистора. Частотные свойства. Переходные процессы в МДП-транзисторе при работе в качестве электронного ключа.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
24	6.4. Особенности статических	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям,	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	характеристики короткоканальных транзисторов. Транзисторы с самосовмещенным затвором. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).		выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
25	7.1. Разновидности и полевых транзисторов.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
26	7.2. Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
27	8.2. Фотоприемники. Явление фотопроводимости и фотовольтаический эффект. Фоторезисторы, фотодиоды, полупроводниковые фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристор	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

	ы: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры.				
28	8.3. Оптопары.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
29	9.1. Полупроводниковые резисторы (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
30	9.2. Гальваномagnetic приборы (преобразователи Холла, магнитодиоды, магнитотранзисторы).	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
31	10.1. Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности.	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.	ПК-4	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2
32	10.2. Постепенные и	Экспресс опрос	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям,	ПК-4	ИДК ПК1.1; ИДК ПК1.2

катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности.		выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы.		
---	--	---	--	--

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой студент активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируются компетенция ПК-5.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины

1. Явления переноса в твёрдых телах
2. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах
3. Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные плоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивно-технологические особенности, электрические свойства. Диоды различного назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабилитроны, диоды Шоттки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.
4. Классификация транзисторов по мощности и по частоте. Методы формирования и основные типы транзисторных структур. Конструктивно-технологические особенности мощных транзисторов. Биполярные транзисторы как элементы интегральных микросхем.
5. Триодный тиристор. Принцип управления. Условия переключения. Симметричный тиристор. Способы управления тиристорами. Конструктивно-технологические особенности и параметры тиристоры.
6. Конструктивно-технологические разновидности транзисторов. Эффекты короткого канала в МДП- транзисторах. Зависимость порогового напряжения от длины канала и напряжения на стоке. Особенности статических характеристик короткоканальных транзисторов. Транзисторы с самосовмещенным затвором. МДП-транзисторы как элементы интегральных микросхем. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).
7. Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шоттки (ПТШ). Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ.
8. Полупроводниковые излучатели. Инжекционная электролюминесценция. Явление вынужденного излучения в полупроводниках. Светоизлучающие диоды, электролюминесцентные порошковые и пленочные излучатели, инжекционные лазеры: принцип действия и основные свойства.
9. Гальваномагнитные приборы (преобразователи Холла, магнитодиоды,

магнитотранзисторы).

10. Основные положения и понятия теории надежности.

10.1. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности.

10.2. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов. Испытания на надежность. Пути повышения качества и надежности

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

V.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

- 1) Лебедев, А.И. Физика полупроводниковых приборов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2008. — 488 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2244>
- 2) Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2008. — 424 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2105>

б) дополнительная учебная литература:

- 1) АТроян, П.Е. Твердотельная электроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2008. — 330 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4966>
- 2) Дьяконов, В.П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 1: Приборы общего назначения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ДМК Пресс, 2013. — 600 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/9121>
- 3) Дьяконов, В.П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 2: Приборы специального назначения. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ДМК Пресс, 2013. — 576 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/9122>

в) программное обеспечение

программное тестирование знаний по основным разделам дисциплины

г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы:

1. Книгафонд – библиотека онлайн чтения. www.knigafund.ru
2. ЭБС "Издательство Лань" <http://e.lanbook.com/>

VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в PowerPoint), проектные (мультимедиа, видео). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (ClassicSolution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

VII.ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области исследований магнитного состояния вещества.

На практических занятиях студенты используют авторские задачи. По материалам наблюдений они приобретают исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем,

компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности для изучения магнитных веществ.

Программа основана на использовании современных образовательных технологий: информационных (лекции и презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео), дистанционные, научно-исследовательской направленности и т. п.

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1.	Лекция	Вводная лекция, информационная лекция, лекция с элементами дискуссии, интерактивная лекция (лекция диалог), информационная лекция с элементами обратной связи.
3.	Практическое занятие	Занятие – решение задач.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

Оценочные материалы для входного контроля:

Проводится опрос на первом занятии.

Оценочные материалы текущего контроля:

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации:

Примерный список вопросов к зачету:

1. Работа транзистора с нагрузкой.
2. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.
3. Соотношение Эйнштейна. Искривление энергетических зон.
4. Классификация изделий твердотельной электроники. Полупроводниковые приборы как основные элементы микроэлектроники.
5. Неравновесные носители заряда. Объемный заряд в полупроводниках с неоднородной концентрацией носителей заряда.
6. Уравнение непрерывности.
7. Соотношение Эйнштейна. Искривление энергетических зон.
8. Электронно-дырочный (p-n) переход. Распределение пространственного заряда, потенциала, поля и концентрации носителей заряда в p-n-переходе. Энергетическая диаграмма. Высота потенциального барьера и контактная разность потенциалов.
9. Прямое и обратное включение p-n-перехода. Инжекция и экстракция основных носителей заряда. Формула Шокли.
10. Переходы на основе контактов металл-полупроводник. Выпрямляющие переходы. Их

энергетические диаграммы при различном соотношении работ выхода и типа электропроводности полупроводника.

11. Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы.

Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.

12. Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольт-амперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы.

13. Генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Влияние поверхностных состояний на вольт-амперную характеристику.

14. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.

12. Барьерная и диффузионная емкости диода. Физическая эквивалентная схема.

Переходные процессы в диоде при больших и малых уровнях сигналов.

13. Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные плоскостные, высокочастотные, импульсные диоды: конструктивно-технологические особенности, электрические свойства.

14. Диоды различного назначения - туннельные диоды, стабилитроны и стабилитроны, диоды Шоттки, варикапы: принцип действия, конструкция, свойства, применение.

15. Энергетическая структура зоны проводимости GaAs. Эффект Ганна. Диод Ганна. Вольт-амперная характеристика диода Ганна.

16. Физические основы работы биполярного транзистора. Схема токопереноса в биполярном р-п-транзисторе. Коэффициенты инжекции, переноса, передачи тока эмиттера к коллектору.

17. Входные и выходные статические характеристики биполярного транзистора в схеме с общей базой и общим эмиттером. Сущность эффекта Эрли.

18. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы. Параметры транзистора как линейного четырехполюсника.

19. Модель Эберса-Молла.

20. Работа транзистора с нагрузкой. Нагрузочная характеристика. Активный режим работы.

21. Частотные свойства биполярных транзисторов и способы их улучшения.

22. Структура и принцип действия диодного тиристора. Энергетические диаграммы. Открытое и закрытое состояние. Вольт-амперная характеристика. Суммарный коэффициент передачи тока тиристорной структуры. Пробой тиристора. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом.

23. Триодный тиристор. Принцип управления. Условие переключения.

24. Эффект электрического поля в полупроводниках. Идеальная МДП-структура. Энергетические диаграммы МДП-структуры в режимах обогащения, обеднения и инверсии. Пороговое напряжение. Особенности реальных МДП-структур.

25. Транзисторы с индуцированным и со встроенным каналом. Статические выходные характеристики. Перекрытие канала. Напряжение насыщения.

26. Приборы с зарядовой связью (ПЗС).

27. Полевые транзисторы с управляющим р-п-переходом. Структура и принцип действия. Статические выходные характеристики и характеристики передачи.

28. Полевые транзисторы с управляющим переходом на основе диода Шоттки (ПТШ). Сравнительная характеристика арсенида галлия и кремния. Структура ПТШ. Принцип действия при работе в режимах обогащения и обеднения канала.

29. Фотоприемники. Явление фотопроводимости и фотовольтаический эффект. Фоторезисторы,

30. Фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры: принцип действия, конструкция, основные характеристики и параметры. Оптопары.

31. Полупроводниковые датчики (термисторы, позисторы, варисторы): принцип действия и основные свойства.

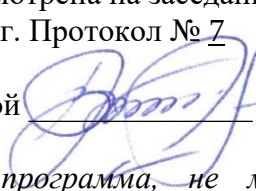
32. Гальваномагнитные приборы (преобразователи Холла, магнитодиоды, магнитотранзисторы).
33. Тензоэлектрические приборы (тензорезисторы, тензодиоды) : принцип действия и основные свойства.
33. Сенсорные устройства и преобразователи.
34. Основные положения и понятия теории надежности. Интенсивность отказов, вероятность безопасной работы. Показатели надежности.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Разработчик:

 к.х.н. А.М. Артола

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ «05» марта 2026 г. Протокол № 7

И.о. зав. кафедрой  В.П. Дресвянский

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.