

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП

Д.В. Старов

«4» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой технологий материалов и
промышленной инженерии
Е.Ю. Степанович

«4» апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Поверхностные явления в полупроводниках»

Составитель(-и)	Степанович Е.Ю. доцент кафедры ТМПИ, к.ф.-м.н., доцент
Согласовано с работодателями	Язев Б.Б., Генеральный директор ООО СК «Квадро Айти»; Кутузов Д.В., доцент кафедры «Связь» АГТУ;
Направление подготовки	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность (профиль) ОПОП	Инжиниринг аналоговых и цифровых сложно функциональных систем
Квалификация (степень)	бакалавр
Форма обучения	Очная
Год приема	2024
Курс	4
Семестр	7

Астрахань – 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины (модуля): формирование у студентов комплекса профессиональных знаний, умений и владений и усвоение материала о современных знаниях, о физике поверхности полупроводников.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): формирование и углубление знаний о поверхностных явлениях в полупроводниках и их применении в молекулярной электронике; формирование умений теоретически исследовать поверхностные явления в полупроводниках; формирование владений методами и исследования поверхности полупроводников; формирование знаний практического использования и учета поверхностных явлений в электронике

1.3.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Поверхностные явления в полупроводниках» является относится к вариативная части (элективных дисциплин) и осваивается в 7 семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами (модулями):

- Физика:

Знания: основные понятия статистической физики, кинетической теории, механики и электродинамики сплошных сред;

Умения: строить статистические и кинетические модели;

Навыки: владеть навыками кинетического, статистического и гидродинамического описания физико-химических процессов;

- Физические основы электроники:

Знания: параметры и характеристики различных электронных устройств; методы и средства автоматизации схемотехнического моделирования;

Умения: составлять схемы замещения различных электронных устройств

Навыки: владение методиками расчета и экспериментального определения параметров электронных устройств, синтезом логических схем;

- Теоретические основы электротехники:

Знания: государственные стандарты правил выполнения электрических схем;

Умения: проводить анализ и разработку структурных и принципиальных схем современных электронных устройств;

Навыки: владение навыками работы с электронными измерительными приборами;

2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

- Твердотельная электроника;

- Силовая электроника.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей(их) компетенции(ий) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

Таблица 1. Декомпозиция результатов обучения

Код компетенции	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)		
		Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-8	ПК-8 Способен осуществлять регламентную проверку технического состояния оборудования, его профилактический осмотр и текущий ремонт	ПК-8.1 Знает правила аттестации чистых производственных помещений	ПК-8.2 Умеет проводить аттестацию чистых производственных помещений	ПК-8.3 Владеет навыками настройки объектов инфраструктуры чистых производственных помещений

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины в соответствии с учебным планом составляет 5 зачетные единицы (180 часа). Трудоемкость отдельных видов учебной работы студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Трудоемкость отдельных видов учебной работы по формам обучения

Вид учебной и внеучебной работы	для очной формы обучения
Объем дисциплины в зачетных единицах	5
Объем дисциплины в академических часах	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе (час.):	32
- занятия лекционного типа, в том числе: - практическая подготовка (если предусмотрена)	16
	-
- занятия семинарского типа (семинары, практические, лабораторные), в том числе: - практическая подготовка (если предусмотрена)	16
	-
- консультация (предэкзаменационная)	
- промежуточная аттестация по дисциплине	
Самостоятельная работа обучающихся (час.)	112
Форма промежуточной аттестации обучающегося (зачет/экзамен), семестр (ы)	Диф.зачет - 7 семестр;

Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий и самостоятельной работы, для каждой формы обучения представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.						КР / КП	СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточно й аттестации
	Л		ПЗ		ЛР					
	Л	в т.ч. ПП	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
Семестр 1.										
Тема 1. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работавыхода. Емкость. Поверхностная проводимость.	3		3					22	28	Опрос
Тема 2. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследованияповерхностной рекомбинации.	3		3					22	28	Опрос
Тема 3. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотозлектрические методы. Оптические и специальные методы.	3		3					22	28	Опрос
Тема 4. Реальная поверхность. Электрохимические свойстваповерхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбциягазов и паров на твердых телах.	3		4					23	30	Опрос
Тема 5. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДПструктур. Вольт-	4		3					23	30	Опрос

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.						КР / КП	СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточно й аттестации
	Л		ПЗ		ЛР					
	Л	в т.ч. ПП	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
фарадных характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.										
Консультации										
Контроль промежуточной аттестации										Диф.зачет
ИТОГО за семестр:	16		16					112	144	
ИТОГО за весь период:	16		16					112	144	

Таблица 3. Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-8	
Тема 1. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость. Поверхностная проводимость.	28	+	1
Тема 2. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.	28	+	1
Тема 3. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы.	28	+	1
Тема 4. Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная	30	+	1

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-8	
поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.			
Тема 5. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДП-структур. Вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.	30	+	1

Содержание дисциплины

Тема 1. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость. Поверхностная проводимость.

Понятие поверхностного потенциального барьера. Полная работа выхода. Эффективная работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Влияние поверхностного потенциального барьера на равновесные свойства полупроводников. Понятие приповерхностной области пространственного заряда. Зонная диаграмма приповерхностной области полупроводника в равновесных условиях. Эффект пол. Твердотельные полевые приборы. Понятие работы выхода. Измерение работы выхода. Понятие емкости. Использование электрической емкости в электротехнике. Понятие поверхностной проводимости. Зависимость поверхностной проводимости полупроводника от параметра Y_s .

Тема 2. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.

Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.

Тема 3. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы.

Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы.

Тема 4. Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.

Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.

Тема 5. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДП-структур. Вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.

Устройство и основные электрофизические свойства МДП-структур. Вольт-фарадные

характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Указания по организации и проведению лекционных, практических (семинарских) и лабораторных занятий с перечнем учебно-методического обеспечения

При разработке учебных программ по ФГОС-3 поколения предполагается использование кроме традиционных форм проведения занятий также активные и интерактивные формы. При этом студенты глубже понимают учебный материал, память также акцентируется на проблемных ситуациях, что способствует запоминанию учебного материала.

В процессе обучения необходимо обращать внимание в первую очередь на те методы, при которых слушатели идентифицируют себя с учебным материалом, включаются в изучаемую ситуацию, побуждаются к активным действиям, переживают состояние успеха и соответственно мотивируют свое поведение. Всем этим требованиям в наибольшей степени отвечают интерактивные методы обучения.

Интерактивные лекционные занятия проводятся в следующей форме.

1. Лекция-беседа

В названном виде занятий планируется диалог с аудиторией, это наиболее простой способ индивидуального общения, построенный на непосредственном контакте преподавателя и студента.

Участие (внимание) слушателей в данной лекции обеспечивается путем вопросно-ответной беседы с аудиторией (постановка проблемного задания).

Вначале лекции и по ходу ее преподаватель задает слушателям вопросы не для контроля усвоения знаний, а для выяснения уровня осведомленности по рассматриваемой проблеме.

Вопросы могут быть элементарными: для того, чтобы сосредоточить внимание, как на отдельных нюансах темы, так и на проблемах.

2. Лекция с элементами обратной связи.

В данном случае подразумевается изложение учебного материала и использование знаний по смежным предметам (межпредметные связи) или по изученному ранее учебному материалу. Обратная связь устанавливается посредством ответов студентов на вопросы преподавателя по ходу лекции. Чтобы определить осведомленность студентов по излагаемой проблеме, в начале какого-либо раздела лекции задаются необходимые вопросы.

Если студенты правильно отвечают на вводный вопрос, преподаватель может ограничиться кратким тезисом или выводом и перейти к следующему вопросу.

Если же ответы не удовлетворяют уровню желаемых знаний, преподаватель сам излагает подробный ответ, и в конце объяснения снова задает вопрос, определяя степень усвоения учебного материала.

Если ответы вновь демонстрируют низкий уровень знаний студентов – следует изменить методику подачи учебного материала.

В форме лекции с элементами обратной связи проводятся занятия, в которых **необходимо связать** уже имеющиеся знания с излагаемым материалом.

3. Проектная работа

Учебный процесс, опирающийся на использование интерактивных методов обучения, организуется с учетом включенности в процесс познания всех студентов группы без исключения. Совместная деятельность означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, в ходе работы идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Организуются проектная работа, осуществляется работа с научно-технической документацией. Такие методы основаны на принципах взаимодействия, активности обучаемых, опоре на групповой опыт, обязательной обратной связи. Создается среда образовательного общения, которая характеризуется

открытостью, взаимодействием участников, равенством их аргументов, накоплением совместного знания, возможностью взаимной оценки и контроля.

Студенты делятся на 3...4 группы, выдается общее задание, но задаются различные варианты решения задачи, каждая группа анализирует предложенное решение, корректирует его и защищает перед студентами других подгрупп. Преподаватель выполняет роль рецензента. Задание желательно формировать на основе ситуаций, которые рассматривались при проведении нескольких занятий в активной форме. При проведении таких занятий преподаватель должен объяснить студентам значение компетентного подхода для формирования современного специалиста, сформировать основные компетенции по специальности и показать пути их освоения.

4. Комплекс семинарских и лабораторных работ

Ведущий преподаватель вместе с новыми знаниями ведет участников обучения к самостоятельному поиску. Активность преподавателя уступает место активности студентов, его задачей становится создание условий для их инициативы. Преподаватель отказывается от роли своеобразного фильтра, пропускающего через себя учебную информацию, и выполняет функцию помощника в работе, одного из источников информации.

Студентам выдается список тем практических/семинарских занятий. Каждый студент готовит отчет с элементами анализа литературных источников изучаемой проблемы.

Промежуточная аттестация студентов подразделяется на зачетную, именуемую зачетной неделей, и экзаменационную сессию. Зачеты сдаются в течение одной недели перед экзаменационной сессией. Продолжительность экзаменационных сессий (а их две: зимняя и летняя) в учебном году устанавливается Госстандартом.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Главная задача самостоятельной работы студентов – развитие умения приобретать научные знания путем личных поисков, формирование активного интереса и вкуса к творческому, самостоятельному подходу в учебной и практической работе.

Самостоятельная работа студента направляется настоящей рабочей программой.

Основываясь на лекционном материале, результатах, полученных на лабораторных занятиях и при самостоятельной работе, студент выполняет реферат.

Примерный объем реферата – 10...15 стр.

Оформленная работа представляется на рецензию и при получении положительной рецензии студент выполняет защиту работы.

Курсовая работа и курсовой проект по данной дисциплине не предусмотрены.

Таблица 4 Содержание самостоятельной работы обучающихся

Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Тема 1. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость. Поверхностная проводимость.	22	Внеаудиторная, изучение учебных пособий
Тема 2. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.	22	Внеаудиторная, изучение учебных пособий
Тема 3. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы.	22	Внеаудиторная, изучение

Оптические и специальные методы.		учебных пособий
Тема 4. Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.	23	Внеаудиторная, изучение учебных пособий
Тема 5. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДПструктур. Вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.	23	Внеаудиторная, изучение учебных пособий

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно

Критерии выставления оценок за рефераты сформулированы в ФОСах. Здесь приводятся требования к оформлению работы.

Общие требования оформления реферата

Указанные работы выполняются на листах писчей бумаги формата А-4 в MicrosoftWord; объем: 5-15 страниц текста для отчета. Размер шрифта – 14; интервал – 1,5; с нумерацией страниц сверху страницы посередине, абзацный отступ на расстоянии 2,25 см от левой границы поля.

Все формулы, единицы измерений, расчеты приводятся и ведутся в системе СИ.

При оформлении работы соблюдаются поля:

- левое – 25 мм;
- правое – 10 мм;
- нижнее – 20 мм;
- верхнее – 20 мм.

Оформление таблиц:

1. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

2. При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

3. Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

4. На все таблицы должны быть ссылки в реферате. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Оформление иллюстраций:

1. Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

2. Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

3. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в реферате.

4. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

5. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки.

6. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.

7. Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 — Схема карты сайта.

8. Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.3.

9. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Приложения:

1. Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

2. В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа, за исключением справочного приложения «Библиография», которое располагают последним.

3. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения и степени.

4. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

5. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

6. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

7. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

8. Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

9. Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

10. Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Представление.

Работа должна быть представлена в **двух видах**: печатном и электронном.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

6.1. Образовательные технологии

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line в формах: видеолекций, лекций-презентаций, видеоконференции, собеседования в режиме чат, форума, чата, выполнения виртуальных практических и/или лабораторных работ и др.

Максимальный объем занятий обучающегося с применением электронных образовательных технологий не должен превышать 25%. На интерактивные занятия также 25%.

Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость. Поверхностная проводимость.	<i>Обзорная лекция Лекция-диалог Интерактивное занятие</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 2. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.	<i>Обзорная лекция Лекция-диалог Интерактивное занятие</i>	<i>Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 3. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы.	<i>Обзорная лекция Лекция-диалог Интерактивное занятие</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 4. Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.	<i>Обзорная лекция Лекция-диалог Интерактивное занятие</i>	<i>Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций</i>	<i>Не предусмотрено</i>
Тема 5. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДПструктур. Вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и	<i>Обзорная лекция Лекция-диалог Интерактивное занятие</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Не предусмотрено</i>

обработки результатов.			
------------------------	--	--	--

6.2. Информационные технологии

Для оперативного обмена информацией, получения заданий и выставления оценок используется электронная почта преподавателя.

Интернет и IT технологии широко используются при подготовке лекций, презентаций, кейс-заданий и пр.

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии: виртуальная обучающая среда (или система управления обучением LMS Moodle) или иные информационные системы, сервисы и мессенджеры.

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
MathCad 14	Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением
Moodle	Образовательный портал ФГБОУ ВО «АГУ»
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
KOMPAS-3D V13	Создание трехмерных ассоциативных моделей отдельных элементов и сборных конструкций из них
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Scilab	Пакет прикладных математических программ
Sofa Stats	Программное обеспечение для статистики, анализа и отчетности

VirtualBox	Программный продукт виртуализации операционных систем
VLC Player	Медиапроигрыватель
VMware (Player)	Программный продукт виртуализации операционных систем
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu
Maple 18	Система компьютерной алгебры
MATLAB R2014a	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда

- Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»: <https://library.asu.edu.ru>.
2. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на электронной платформе ООО «БИБЛИОТЕХ»: <https://biblio.asu.edu.ru>.
3. Электронный каталог «Научные журналы АГУ»: <http://journal.asu.edu.ru/>.
4. Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС»: <http://dlib.eastview.com/>
5. Электронно-библиотечная система elibrary. <http://elibrary.ru>
6. Справочная правовая система КонсультантПлюс: <http://www.consultant.ru>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Нанoeлектроника и перспективы ее развития» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы, темы дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции (компетенций)	Наименование оценочного средства
1	Тема 1. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость.	ПК-8	Опрос

	Поверхностная проводимость.		
2	Тема 2. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.	ПК-8	Опрос
3	Тема 3. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы.	ПК-8	Опрос
4	Тема 4. Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.	ПК-8	Опрос
5	Тема 5. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП-структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДПструктур. Вольт- фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.	ПК-8	Опрос

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7. Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	-последовательно и аргументированно излагает принципы поиска, обработки, анализа и критической оценки найденной профессиональной информации; - имеет системное представление об основных понятиях.
4 «хорошо»	-четко представляет себе взаимосвязь всех принципов поиска, обработки и анализа информации; - имеет четкое представление об основных понятиях современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет и допускает единичные ошибки.
3 «удовлетворительно»	-демонстрирует знание отдельных понятий; -демонстрирует знание отдельных принципов работы с профессиональной информацией, однако недостаточно четко представляет себе их взаимосвязь.
2 «неудовлетворительно»	- испытывает сложности с формулировкой основных принципов поиска, обработки, анализа и оценки профессиональной информации; - испытывает сложности при описании основных понятий.

Таблица 8. Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала	Критерии оценивания
оценивания	
5 «отлично»	- демонстрируются умение последовательно находить, обрабатывать и анализировать профессиональную информацию; - способен не только проанализировать профессиональную информацию, но и дать критическую оценку выявленным фактам.
4 «хорошо»	-демонстрирует умение применять на практике базовые профессиональные навыки в области информационных технологий и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности , допускает единичные ошибки; - способен не только найти необходимую профессиональную информацию, но и правильно ее обработать.
3 «удовлетворительно»	-демонстрируются умения применять на практике базовые профессиональные навыки, допускает существенные ошибки; - демонстрируются навыки к абстрактному мышлению, но не обладает навыками анализа, синтеза и оценки информации.
2 «неудовлетворительно»	- наличие существенных ошибок в процессе, анализа, синтеза и оценки профессиональной информации; - не способен использовать на практике профессиональные навыки в области информационных технологий и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности.

7.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тема 1. Поверхностный потенциальный барьер и его влияние на равновесные свойства полупроводников. Приповерхностная область пространственного заряда. Работа выхода. Емкость. Поверхностная проводимость.

Опрос.

1. Какой профиль потенциальной энергии можно назвать потенциальным барьером?
2. Какое влияние производит потенциальный барьер на равновесные свойства полупроводников?
3. При каких допущениях проводится рассмотрение электронных процессов в приповерхностном слое полупроводника?
4. Выражения термодинамического равновесия?
5. Формула работы выхода?
6. Формула емкости?
7. Формула поверхностной проводимости?

Тема 2. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах. Скорость поверхностной рекомбинации. Методы исследования поверхностной рекомбинации.

1. Роль поверхностных уровней в неравновесных электронных процессах?
2. Приведите определение скорости генерации и скорости рекомбинации?
3. Методы исследования поверхностной рекомбинации?
4. Выведите выражение для скорости поверхностной рекомбинации?
5. Какую зависимость называют рекомбинационным колоколом?

Тема 3. Методы определения поверхностного потенциала и параметров поверхности полупроводника. Электрофизические методы. Фотоэлектрические методы. Оптические и специальные методы.

1. Какие есть методы определения поверхностного потенциала параметров поверхности полупроводника?
2. Опишите электрофизический метод определения поверхностного потенциала?
3. Плюсы и минусы такого метода?

4. Как определяют поверхностный потенциал фотоэлектрическим методом?
5. Преимущества и недостатки фотоэлектрического метода?
6. Метод поглощения в инфракрасной области спектра?

Тема 4. Реальная поверхность. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия и методы их оценки. Поверхность раздела жидкость - твердое тело. Удельная поверхность адсорбентов. Адсорбция из растворов. Адсорбция газов и паров на твердых телах.

1. Реальная поверхность.
2. Электрохимические свойства поверхностей твердых тел?
3. Поверхностная энергия и свободная поверхностная энергия?
4. Методы оценки поверхностной и свободной поверхностной энергии?
5. Поверхность раздела жидкость – твердое тело?
6. Удельная поверхность адсорбентов?
7. Адсорбция из растворов.
8. Адсорбция газов и паров на твердых телах.

Тема 5. Исследование поверхностных процессов в полупроводниках с помощью МДП - структур. Устройство и основные электрофизические свойства МДП - структур. Вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Сведения, получаемые при обработке ВФХ, методика проведения измерений и обработки результатов.

1. Устройство и виды МДП – структур?
2. Электрофизические свойства МДП – структур?
3. Вольт – фарадные характеристики МДП – структур?
4. Как проводится измерение и обработка результатов ВФХ МДП – структур?

Примерный перечень заданий для подготовки к коллоквиуму

1. Общая характеристика (классификация) проводников электричества. Классическая теория электронной проводимости. Закон Ома. Механизмы образования носителей тока. Примесная и дырочная проводимость.
2. Основные химические классы полупроводников. Элементарные полупроводники. Полупроводники типа A^3B^5 , A^2B^6 , A^4B^6 . Органические полупроводники.
3. Основы зонной теории твёрдого тела. Уравнение Шредингера. Свободная частица. Атом водорода. Уравнение Шредингера для кристалла. Основные приближения зонной теории твёрдого тела.
4. Структура энергетических зон полупроводников. Понятие простой зонной структуры. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Зонная структура кремния, гермаия, арсенида галлия, антимонида индия и сложных алмазоподобных полупроводников ($GaAs_{1-x}P_x$ и т.п.).
5. Водородоподобная модель примесных центров и энергетических уровней в кристалле. Локализованные состояния на поверхности кристалла.
6. Статистика равновесных электронов и дырок в полупроводнике. Общая характеристика равновесного состояния. Принцип детального равновесия. Модель полупроводника.
10. Функция плотности состояний. Плотность состояний на дискретных примесных центрах.
11. Функция распределения. Определение уровня Ферми. Распределение электронов и дырок по энергии в энергетических зонах. Концентрации электронов и дырок в зонах и на примесных уровнях как функции уровня Ферми. Условие электрической нейтральности полупроводника.

12. Собственный полупроводник. Зависимость концентрации, уровня Ферми и ширины запрещённой зоны от температуры.
13. Условие равновесия электронов и дырок в невырожденном полупроводнике. Некомпенсированный примесный полупроводник. Зависимость концентрации и уровня Ферми от уровня легирования и температуры.
14. Компенсированный примесный полупроводник. Зависимость концентрации и уровня Ферми от уровня легирования и температуры.
15. Оптические свойства твердых тел. Оптические коэффициенты. Механизмы поглощения света в полупроводниках. Собственное (фундаментальное или межзонное) поглощение. Экситоны и экситонное поглощение. Примесное поглощение излучения. Поглощение излучения свободными носителями.
16. Явления переноса заряда в полупроводниках. Общая теория явлений переноса заряда. Общее выражение для плотности тока. Кинетическое уравнение Больцмана и его решение.
17. Рассеяние носителей тока. Время релаксации импульса. Механизмы рассеяния. Рассеяние на акустических и оптических фононах. Пьезоэлектрическое рассеяние. Рассеяние на ионизированной и нейтральной примеси.
18. Электропроводность полупроводников и связанные с ней явления. Дрейфовая подвижность. Рассеяние на акустических фононах, на ионизированной и на нейтральной примеси.
19. Температурная зависимость электропроводности полупроводников.

Примерный перечень заданий для подготовки к зачету

1. Дайте определение подвижности носителей заряда. В каких единицах она измеряется?
2. Запишите закон Ома в дифференциальной форме. Как связана проводимость с концентрацией и подвижностью носителей заряда. В каких единицах она измеряется?
3. Нарисуйте зависимость $n(T)$, $\mu(T)$ и $\sigma(T)$ в координатах Аррениуса.
4. Назовите известные Вам структурные типы. Какой структурный тип у полупроводников Si, Ge, GaAs?
5. Запишите уравнение Шредингера в самом общем виде (временное и стационарное).
6. Чему равна ширина запрещенной зоны основных полупроводников (Si, Ge, GaAs)?
7. Нарисуйте (качественно) зонную структуру Si, Ge, GaAs.
8. Что такой функция плотности состояний? В каких единицах она измеряется?
9. Что такое функция распределения? В каких единицах она измеряется?
10. Запишите выражение для $g_c(E)$ и $g_v(E)$.
11. Запишите выражение функции Ферми-Дирака.
12. Запишите уравнение электронейтральности полупроводника в самом общем виде.
13. Нарисуйте ход температурной зависимости положения уровня Ферми в полупроводнике n – типа (некомпенсированном).
14. Напишите выражение для концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике (в зависимости от температуры).
15. Как по наклону зависимости $\lg n_i = f(10^3/T)$ определить ΔE_g ?
16. Как ширина запрещенной зоны зависит от температуры?
17. Что такое вырожденный полупроводник? Критерий вырождения.
18. Дайте определение времени жизни.

19. Запишите закон Бюргера – Ламберта в дифференциальной форме.
20. Каков смысл дифференциального коэффициента поглощения α ? В каких единицах он измеряется?
21. Связь красной границы собственного поглощения с шириной запрещенной зоны в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
22. Перечислите механизмы оптического поглощения в полупроводниках.

Задачи по теме 1

1.1. Найти, чему равна собственная концентрация свободных носителей заряда в кремнии Si, германии Ge, арсениде галлия GaAs и антимониде индия InSb при комнатной температуре $T = 300\text{ К}$ и температуре жидкого азота $T = 77\text{ К}$.

1.2. Кремний Si и арсенид галлия GaAs легированы донорной примесью до концентрации $N_D = 10^{17}\text{ см}^{-3}$. Считая примесь полностью ионизованной, найти концентрацию основных и неосновных носителей заряда при температуре $T = 300\text{ К}$.

1.3. Рассчитать объемное положение уровня Ферми φ_0 относительно середины запрещенной зоны в собственных полупроводниках – кремнии Si, и антимониде индия InSb при температурах $T_1 = 300\text{ К}$ и $T_2 = 77\text{ К}$ (с учетом различных значений эффективных масс электронов и дырок).

1.4. Найти объемное положение уровня Ферми φ_0 в германии Ge марки ГДА-10 при температуре $T = 300\text{ К}$.

1.5. Рассчитать объемное положение уровня Ферми φ_0 относительно середины запрещенной зоны в электронном и дырочном антимониде индия InSb при азотной температуре $T = 77\text{ К}$ и концентрации легирующей примеси $N_{D,A} = 10^{15}\text{ см}^{-3}$.

1.6. Рассчитать положение уровня Ферми φ_0 в приближении полностью ионизованной примеси в кремнии марки КЭФ-4.5 при температурах $T_1 = 300\text{ К}$ и $T_2 = 77\text{ К}$.

1.7. Найти удельное сопротивление ρ электронного и дырочного кремния Si с легирующей примесью $N_{D,A} = 10^{16}\text{ см}^{-3}$ при комнатной температуре.

1.8. Рассчитать собственное удельное сопротивление ρ_i монокристаллов кремния Si, германия Ge, арсенида галлия GaAs и антимонида индия InSb при комнатной температуре.

1.9. Найти концентрацию легирующей акцепторной примеси для кремния Si и германия Ge, при которой наступает вырождение концентрации свободных носителей заряда при комнатной температуре $T = 300\text{ К}$.

1.10. Найти, как изменится объемное положение уровня Ферми φ_0 в электронном арсениде галлия GaAs с $\rho = 1\text{ Ом}\cdot\text{см}$ при изменении температуры от $T = 300\text{ К}$ до $T = 77\text{ К}$.

1.11. Полупроводники кремний Si, германий Ge, арсенид галлия GaAs и антимонид индия InSb легированы донорной примесью до концентрации $N_D = 10^{15}\text{ см}^{-3}$. Найти граничную температуру $T_{гр}$, при которой собственная концентрация носителей заряда n_i еще ниже концентрации основных носителей заряда n_0 .

1.12. Качественно представить на графике зависимость концентрации электронов в частично компенсированном полупроводнике ($N_D > N_A$) $\ln n$ от $1/T$. Оценить границы области температур, в которых $n = N_D - N_A$ для кремния, легированного мышьяком $E_D = E_C - 0,05\text{ эВ}$.

1.13. В образце p -Si, находящемся при $T = 300\text{ К}$, распределение примеси вдоль оси x : $N_A(x) = N \cdot e^{-\frac{x}{x_0}}$, где $x_0 = 0,5\text{ мкм}$. Считая $p(x) = N_A(x)$, вычислить напряженность внутреннего электрического поля E_i и плотности диффузионного и дрейфового токов дырок в зависимости от N . Считать $D_p = 10\text{ см}^2\cdot\text{с}^{-1}$ и $\mu_p = 400\text{ см}^2\cdot\text{В}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$.

1.14. Образец n -Si с удельным сопротивлением $0,6 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ содержит $N_t = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ центров генерации–рекомбинации, расположенных на уровне Ферми для материала с собственной проводимостью. Сечения захвата носителей заряда $\sigma_t = 10^{-15} \text{ см}^2$, тепловая скорость $v_t = 10^7 \text{ см}\cdot\text{с}^{-1}$. Вычислить:

1) скорость генерации, если область обеднена подвижными носителями заряда;

2) скорость генерации в области, где только концентрация неосновных носителей заряда снижена по сравнению с равновесным значением.

1.15. Свет падает на образец кремния, легированный донорами с концентрацией $N_D = 10^{16} \text{ см}^{-3}$. При этом генерируется $10^{21} \text{ см}^{-3}\cdot\text{с}^{-1}$ электронно-дырочных пар. Генерация происходит равномерно по образцу. Имеется 10^{15} см^{-3} центров генерации – рекомбинации с энергией $E_t = E_i$, поперечные сечения захвата электронов и дырок равны 10^{-14} см^2 . Рассчитать:

1) установившиеся концентрации электронов и дырок после включения света;

2) время релаксации системы после выключения света τ_p и время жизни τ_0 .

1.16. Образец арсенида галлия **GaAs** подвергается внешнему воздействию, в результате которого генерируется $10^{20} \text{ см}^{-3}\cdot\text{с}^{-1}$ электронно-дырочных пар. Уровень легирования $N_D = 2\cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, время жизни $\tau_0 = 5\cdot 10^{-8} \text{ с}$, $T = 300 \text{ К}$. Вычислить: 1) коэффициент рекомбинации; 2) избыточную концентрацию неосновных носителей заряда.

1.17. Концентрация электронов в однородном слаболегированном n -Si при комнатной температуре линейно спадает от 10^{17} см^{-3} при $x = 0$ до $6\cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ при $x = 2 \text{ мкм}$ и все время поддерживается постоянной. Найти плотность тока электронов при отсутствии электрического поля. Подвижность при данном уровне легирования считать $\mu = 1000 \text{ см}^2\cdot\text{В}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$.

1.18. Вычислить относительное изменение проводимости $\Delta\sigma/\sigma_0$ при стационарном освещении с интенсивностью $I = 5\cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ в германии. Коэффициент поглощения $\gamma = 100 \text{ см}^{-1}$, толщина образца много меньше γ^{-1} . Рекомбинация происходит на простых дефектах, время жизни $\tau_0 = 2\cdot 10^{-4} \text{ с}$, равновесная концентрация электронов $n_0 = 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Задачи по теме 2

Задачи

2.1. Найти, чему равна высота потенциального барьера ϕ_k в диоде Шоттки электронный германий n -Ge – золото Au. Нарисовать зонную диаграмму контакта при термодинамическом равновесии. Удельное сопротивление полупроводника $\rho = 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

2.2. Рассчитать, чему равна ширина области обеднения при внешних напряжениях $V_{\text{вн}} = +0,4 \text{ В}$, $V_{\text{вн}} = -2 \text{ В}$ и в равновесных условиях в диоде n -Si–Pt. Нарисовать зонную диаграмму контакта при термодинамическом равновесии.

2.3. Для барьера Шоттки электронный арсенид галлия – золото GaAs – Au рассчитать, чему равно максимальное электрическое поле E в области пространственного заряда при внешних напряжениях $V_{\text{вн}} = +0,3 \text{ В}$, $V_{\text{вн}} = 0 \text{ В}$ и $V_{\text{вн}} = -100 \text{ В}$. $N_D = 10^{16} \text{ см}^{-3}$.

2.4. Чему равны электрическое поле E и потенциал ϕ в барьере Шоттки n -Si – Au при напряжении $V_{\text{вн}} = -5 \text{ В}$ на расстоянии $z = 1,2 \text{ мкм}$ от границы раздела кремний – золото, $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

2.5. Найти, чему равны плотности тока j в барьере Шоттки n -GaAs – Pt при внешнем напряжении $V_{\text{вн}} = +0,5 \text{ В}$ и $V_{\text{вн}} = -5 \text{ В}$. Чем обусловлены эти токи? $\rho = 50 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

2.6. Рассчитать высоту потенциального барьера ϕ_k в p - n -переходе n -Ge – p -Ge с объемным сопротивлением $\rho = 2 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Как изменится высота потенциального барьера на границе при изменении напряжения от $V_{\text{вн}} = +0,15 \text{ В}$ до $V_{\text{вн}} = -5 \text{ В}$. Нарисовать зонные диаграммы.

2.7. Найти максимальное электрическое поле E и ширину областей пространственного заряда W_n и W_p в электронном и дырочном германии для p - n -перехода в равновесных условиях. $\rho_n = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\rho_p = 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

2.8. Как изменится величина и направление электрического поля в p - n -переходе n -Si – p -Si с $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ при изменении внешнего напряжения с прямого $V_{\text{вн}} = +0,4 \text{ В}$

—

на обратное $V_{\text{вн}} = -2 \text{ В}$ на расстоянии $z = +0,2 \text{ мкм}$ от границы раздела электронного и дырочного полупроводников.

2.9. Рассчитать изменение потенциального барьера $\phi(z)$ вглубь полупроводников в p - n -переходе n -Si – p -Si при напряжении $V = -1 \text{ В}$ с шагом $\Delta z = 0,1 \text{ мкм}$. $\rho_n = 0,001 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\rho_p = 4,5 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Нарисовать зонную диаграмму.

2.10. Рассчитать величину тока I в кремниевом p - n -переходе при внешнем напряжении $V_{\text{вн}} = +0,5 \text{ В}$ и $V_{\text{вн}} = -0,5 \text{ В}$. Уровни легирования: $N_A = 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $N_D = 10^{14} \text{ см}^{-3}$, площадь $S = 1 \text{ мм}^2$.

2.11. Рассчитать и построить зонную диаграмму гетероперехода n -Ge – p -GaAs. $N_{D,A} = 10^{16} \text{ см}^{-3}$.

2.12. Имеется резкий кремниевый p - n -переход при комнатной температуре $T = 300 \text{ К}$ с площадью $S = 10^{-3} \text{ см}^2$ и концентрацией легирующей примеси $N_D = N_A = 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Вычислить накопленный заряд и время, за которое обратное смещение возрастет от 0 до -10 В , если ток через этот диод равен 1 мА .

Задачи по теме 3

Задачи

3.1. Рассчитать дебаевскую длину экранирования в кремнии с удельным сопротивлением $\rho = 15 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и сравнить с глубиной проникновения электрического поля, $T = 300 \text{ К}$.

3.2. Рассчитать и сравнить дебаевские длины экранирования L_D в собственных полупроводниках – кремнии Si, германии Ge, арсениде галлия GaAs, антимониде индия InSb при комнатной температуре.

3.3. Рассчитать объемную концентрацию электронов и дырок на поверхности n_s, p_s для n -Si с $\rho = 1 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ при значениях поверхностного потенциала $\psi_s = 0,3 \text{ В}; -0,2 \text{ В}, -0,5 \text{ В}, -0,9 \text{ В}$. Определить состояние поверхности.

3.4. Найти величину заряда Q_{sc} и емкости C_{sc} ОПЗ кремния марки КДБ-10 при значениях поверхностного потенциала ψ_s , равных $\psi_s = 0; \phi_0, 2\phi_0$.

3.5. Найти в классическом случае среднее расстояние λ_c , на котором локализованы свободные электроны в инверсионном канале в p -Si с сопротивлением $\rho = 0,1 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ при поверхностном потенциале $\psi_s = 3/2 \phi_0$ при температурах $T = 300 \text{ К}$ и $T = 77 \text{ К}$.

3.6. Оценить дебройлевскую длину волны электронов для кремния Si, германия Ge, арсенида галлия GaAs и антимонида индия InSb при комнатной $T = 300 \text{ К}$ и азотной $T = 77 \text{ К}$ температурах.

3.7. Рассчитать энергию дна первых трех квантовых подзон в n -Si при значении $\psi_s = 2\phi_0$ и при $N_A = 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Найти среднюю область локализации l_c электрона от поверхности на каждом из этих уровней и полное число электронов N_l в подзонах $T = 77 \text{ К}$.

3.8. Рассчитать, чему равен заряд поверхностных состояний Q_{ss} при значениях поверхностного потенциала: $\psi_s = 0; \psi_s = \phi_0; \psi_s = 2\phi_0$ для кремния p -типа при $T = 300 \text{ К}$ с уровнем легирования $N_A = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Поверхностные состояния распределены равномерно по зоне с плотностью $N_{ss} = 2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{эВ}^{-1}$. Сравнить заряд Q_{ss} с соответствующим зарядом Q_{sc} ОПЗ.

3.9. В запрещенной зоне n -Si с $\rho = 7,5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ имеются **моноэнергетические поверхностные состояния (ПС) с концентрацией $N_s = 8 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ и сечением захвата $\sigma_1 = 10^{-16} \text{ см}^2$, расположенные на $E_1 = 0,45 \text{ эВ}$ выше середины запрещенной зоны. Рассчитать постоянную времени ПС τ , эквивалентную последовательную емкость C_s и сопротивление R_s**

при обогащающем изгибе зон ψ_s , когда уровень Ферми совпадает с положением уровня ПС, $T = 300 \text{ К}$.

3.10. Чему равна плотность поверхностных состояний N_{ss} в МДП-структуре p -Si – Si₃N₄ – Si(п/к) в состоянии плоских зон, если уровень легирования подложки $N_A = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, площадь затвора $S = 0,5 \text{ мм}^2$, толщина нитрида кремния $d_n = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ см}$, а наклон экспериментальной ВФХ равен $\Delta = \Delta C / \Delta V = 42 \text{ пФ/В}$.

3.11. Рассчитать плотность поверхностных состояний N_{ss} , если максимум кривой зависимости нормированной проводимости G_p/ω от ω находится на частоте $\omega = 2 \cdot 10^5 \text{ Гц}$ и равен $G_p/\omega|_{\text{max}} = 2 \cdot 10^{-9} [\text{Ф/см}]$. Оценить тип ПС по величине сечения захвата σ_1 , если поверхностная концентрация электронов n_{s0} равна $n_{s0} = 1 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$.

3.12. Рассчитать вольт-фарадную характеристику МДП-системы p -Si – SiO₂ – Al, $d_{ox} = 150 \text{ нм}$, $N_A = 1,5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$, $T = 300 \text{ К}$ при наличии отрицательного заряда в окисле $N_{ox} = -4 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ и донорного моноуровня поверхностных состояний $N_s = 6 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ на $0,1 \text{ эВ}$ ниже середины запрещенной зоны кремния.

Тесты

1. Какие испытания проводятся для изучения определенных свойств объекта?
 - 1) Контрольные.
 - 2) Сравнительные.
 - 3) Исследовательские.

2. Какие испытания проводят с целью установления соответствия характеристик требованиям ГОСТов?
 - 1) Сертификационные.
 - 2) Аттестационные.
 - 3) Инспекционные.

3. Как испытывают изделия РЭС серийного производства?
 - 1) Периодически, через определенный срок.
 - 2) После выпуска определенного количества изделий.
 - 3) Оба варианта ответов.

4. Какие установки используются для проведения испытаний на вибрации?
 - 1) Вибростенды.
 - 2) Центрифуги.
 - 3) Оба варианта ответов.

5. Как влияет на характеристики РЭС повышенная влажность?
 - 1) Повышается емкость конденсаторов.
 - 2) Снижается сопротивление изоляции.
 - 3) Повышаются допустимые напряжения.

6. Какое из условий не является благоприятным для роста плесневых грибов?
 - 1) Пониженная температура.
 - 2) Высокая влажность.
 - 3) Полная затененность.

7. В каких условиях проводятся электрические испытания РЭС?
 - 1) В нормальных.
 - 2) В сложных климатических.
 - 3) Оба варианта ответов.

8. Как называется состояние изделия, при котором оно, в данный момент времени, соответствует всем требованиям, установленным в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций?
 - 1) Работоспособность.
 - 2) Безотказность.
 - 3) Исправность.

9. Какой цвет имеет сертификат соответствия при обязательной сертификации?
- 1) Белый.
 - 2) Голубой.
 - 3) Жёлтый.

10. Как называется брак продукции, проявившийся в сфере её реализации или в процессе использования?

- 1) Рекламация.
- 2) Абсолютный размер брака.
- 3) Абсолютный размер потерь от брака.

11. Какие испытания проводятся для контроля качества объекта?

- 1) Контрольные.
- 2) Приемочные.
- 3) Определительные.

12. В результате каких испытаний устанавливаются показатели надежности?

- 1) Контрольных.
- 2) Определительных.
- 3) Граничных.

13. Какая температура считается нормальными климатическими условиями при испытаниях?

- 1) $+25 \pm 10^\circ\text{C}$.
- 2) $+25 \pm 20^\circ\text{C}$.
- 3) $+20 \pm 10^\circ\text{C}$.

14. Какие установки используются для проведения испытаний на механическую прочность?

- 1) Вибростенды.
- 2) Центрифуги.
- 3) Оба варианта ответов.

15. Как влияет на характеристики РЭС повышенная влажность?

- 1) Снижается емкость конденсаторов.
- 2) Повышается сопротивление изоляции.
- 3) Снижаются допустимые напряжения.

16. Какое из условий является благоприятным для роста плесневых грибов?

- 1) Пониженная температура.
- 2) Низкая влажность.
- 3) Полная затененность.

17. К каким испытаниям относится проверка электрической прочности монтажа?

- 1) К механическим.
- 2) К электрическим.
- 3) К радиационным.

18. Как называется состояние изделия, при котором оно, в данный момент времени, соответствует всем требованиям, установленным в отношении всех его параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций?

- 1) Исправность.
- 2) Безотказность.
- 3) Работоспособность.

19. Сколько сторон необходимо для участия в процедуре сертификации?

- 1) Две стороны.
- 2) Три стороны.
- 3) Четыре стороны.

20. Как называется ошибочная забраковка годной партии изделий?

- 1) Ошибка 1-го рода.
- 2) Ошибка 2-го рода.
- 3) Доля дефектных изделий.

21. При каких испытаниях оцениваются несколько объектов в одинаковых условиях для сравнения характеристик их качества?

- 1) Определительные.
- 2) Сравнительные.
- 3) Типовые.

22. В результате каких испытаний устанавливают уровень надежности?

- 1) Сертификационных.
- 2) Граничных.
- 3) Контрольных.

23. Какая относительная влажность воздуха считается нормальными климатическими условиями при испытаниях?
- 1) 45-60%.
 - 2) 45-80%.
 - 3) 60-80%.
24. Какие установки используются для проведения испытаний на ударную прочность?
- 1) На ударных стендах.
 - 2) На вибростендах.
 - 3) Оба варианта ответов.
25. Какие процессы происходят в РЭС при понижении давления?
- 1) Понижается опасность пробоя.
 - 2) Повышается опасность пробоя.
 - 3) Увеличивается теплопроводность.
26. Какой вид излучения оказывает наибольшее влияние на работоспособность РЭС?
- 1) Видимая часть спектра.
 - 2) Инфракрасные лучи.
 - 3) Ультрафиолетовые лучи.
27. Какие внешние электрические факторы влияют на работоспособность РЭС?
- 1) Изменение напряжения внешней питающей сети.
 - 2) Изменение напряженности внешнего электрического поля.
 - 3) Внешние электрические факторы не влияют на работу РЭС.
28. Как называется состояние изделия, заключающееся в полной или частичной утрате изделием его работоспособности?
- 1) Долговечность.
 - 2) Неисправность.
 - 3) Отказ.
29. Инспекционный контроль над сертифицированной продукцией проводится в течение:
- 1) Одного года.
 - 2) Срока действия сертификата.
 - 3) Всего срока выпуска продукции.
30. Как называется ошибочный приём дефектной партии изделий?
- 1) Ошибка 1-го рода.
 - 2) Ошибка 2-го рода.
 - 3) Доля дефектных изделий.

31. Какие испытания проводятся для определения значений характеристик объекта с заданными значениями показателей точности и достоверности?

- 1) Приемочные.
- 2) Предъявительские.
- 3) Определительные.

32. При каких испытаниях методы и условия их проведения могут нарушить пригодность изделия к использованию?

- 1) При разрушающих.
- 2) При граничных.
- 3) При разрушающих и граничных.

33. С какого момента отсчитывают время испытания?

- 1) С момента начала испытания.
- 2) С момента достижения параметров, определенных ПИ.
- 3) С момента достижения нормальных климатических условий.

34. Какие характеристики РЭС испытывают на вибростендах?

- 1) Вибропрочность.
- 2) Ударную прочность.
- 3) Механическую прочность.

35. Какой вид испытаний не относится к механическим испытаниям?

- 1) Испытания на обнаружение резонансных частот.
- 2) Испытания на воздействие акустических шумов.
- 3) Испытания на динамическое воздействие пыли.

36. Какой вид излучения способствует общему перегреву РЭС?

- 1) Видимая часть спектра.
- 2) Инфракрасные лучи.
- 3) Ультрафиолетовые лучи.

37. Какие внешние электрические факторы влияют на работоспособность РЭС?

- 1) Изменение напряженности внешнего электрического поля.
- 2) Изменение частоты питающей сети.
- 3) Внешние электрические факторы не влияют на работу РЭС.

38. Как называется состояние изделия, при котором оно, в данный момент времени, не соответствует хотя бы одному из требований, характеризующих нормальное выполнение заданных функций?

- 1) Неисправность.
- 2) Отказ.
- 3) Ремонтпригодность.

39. Что является основной функцией процедуры сертификации продукции и услуг?

- 1) Повышение качества.
- 2) Выявление брака.
- 3) Подтверждение качества.

40. Как называется брак продукции, проявившийся в сфере её реализации или в процессе использования?

- 1) Рекламация.
- 2) Абсолютный размер брака.
- 3) Абсолютный размер потерь от брака.

41. Какие испытания проводятся для опытных образцов с целью определения возможности их предъявления на приемочные испытания?

- 1) Определительные.
- 2) Предварительные.
- 3) Исследовательские.

42. При каких испытаниях методы и условия их проведения не должны нарушать пригодность изделия к использованию по назначению?

- 1) При неразрушающих.
- 2) При неразрушающих и граничных.
- 3) При разрушающих.

43. Как называется способность изделия сохранять работоспособность после воздействия вибрации?

- 1) Вибропрочность.
- 2) Виброустойчивость.
- 3) Виброзащищенность.

44. Какие характеристики РЭС испытывают на центрифугах?

- 1) Вибропрочность.
- 2) Ударную прочность.
- 3) Механическую прочность.

45. Какой вид испытаний относится к механическим испытаниям?

- 1) Испытания на обнаружение резонансных частот.
- 2) Испытания на статическое воздействие пыли.
- 3) Испытания на динамическое воздействие пыли.

46. От чего зависит увеличение проводимости электроизоляционных материалов в РЭС при радиоактивном излучении?

- 1) От размера дозы излучения.
- 2) От увеличения мощности излучения.
- 3) От обоих названных факторов.

47. Ухудшится ли качество изоляции цепей РЭС при воздействии климатических, биологических или радиационных факторов?

- 1) Да.
- 2) Нет.
- 3) Только при воздействии радиационных факторов.

48. Как называется свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого интервала времени?

- 1) Исправность.
- 2) Долговечность.
- 3) Безотказность.

49. Возможно ли приостановление или отмена действия сертификата органом по сертификации в период действия сертификата?

- 1) Нет.
- 2) Да.
- 3) Только по истечению срока действия сертификата.

50. Сколько основных методов контроля качества продукции Вы знаете?

- 1) Два.
- 2) Четыре.
- 3) Шесть.

51. Какие испытания проводятся для решения вопроса о целесообразности серийного производства опытной партии?

- 1) Государственные.
- 2) Предъявительские.
- 3) Приемочные.

52. Как влияют на работоспособность РЭС вибрации и ударные нагрузки?

- 1) Вызывают механические повреждения.
- 2) Вызывают изменение электрических параметров.
- 3) Оба варианта ответов.

53. Как называется способность изделия сохранять работоспособность в условиях воздействия вибрации?

- 1) Вибропрочность.
- 2) Виброустойчивость.

3) Виброзащищенность.

54. Какие характеристики РЭС испытывают на ударных стендах?

- 1) Механическую прочность.
- 2) Ударную прочность.
- 3) Оба варианта ответов.

55. Какой из видов раздельных испытаний является самым тяжелым для РЭС?

- 1) М-Т-В.
- 2) В-Т-М.
- 3) Т-В-М.

56. Какое влияние оказывает увеличение мощности радиоактивного излучения на проводимость электроизоляционных материалов в РЭС?

- 1) Увеличивается проводимость изоляции.
- 2) Уменьшается проводимость изоляции.
- 3) Никакого влияния не наблюдается.

57. На каких участках измеряют электрическую прочность изоляции элементов РЭС при электрических испытаниях?

- 1) Между отдельными изолированными цепями.
- 2) Между цепями и корпусом изделия.
- 3) Оба варианта ответов.

58. Как называется свойство изделия сохранять работоспособность, с возможными перерывами для технического обслуживания, до разрушения или другого предельного состояния?

- 1) Безотказность.
- 2) Долговечность.
- 3) Сохраняемость.

59. Какой сертификат имеет надпись «Сертификат имеет юридическую силу на всей территории РФ»?

- 1) Сертификат добровольной сертификации.
- 2) Сертификат обязательной сертификации.
- 3) Каждый из названных сертификатов.

60. Какие элементы конструкции используются для обеспечения прочности несущих элементов РЭС?

- 1) Стойки.
- 2) Амортизаторы.
- 3) Кожухи.

61. К каким видам испытаний относятся испытания на воздействие акустических шумов?

- 1) Климатическим.
- 2) Электрическим.
- 3) Механическим.

Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-8 Способен осуществлять регламентную проверку технического состояния оборудования, его профилактический осмотр и текущий ремонт				
	Задание закрытого типа	Какой тип поверхностных состояний может возникнуть в полупроводниках? а) Углубленные состояния б) Состояния в запрещенной зоне в) Состояния электрического поля	б	2
		Как влияет загрязнение поверхности на свойства полупроводника? а) Улучшает проводимость б) Увеличивает количество поверхностных дефектов в) Не влияет на свойства	б	2
		Какое явление происходит при уменьшении поверхностного заряда? а) Увеличение потенциала на поверхности б) Увеличение подвижности charge carriers в) Уменьшение рекомбинации зарядов	в	2
		Что такое поверхностная потенциальная барьера? а) Энергетическая преграда, возникающая на границе раздела б) Потенциал внутри полупроводника в) Потенциал, действующий только на заряженные частицы	а	2
6.	Задание открытого типа	Что такое поверхностные явления в полупроводниках?	Это явления, происходящие на поверхности полупроводниковых материалов, которые влияют на их электрические и оптические свойства.	7

7.	Какие основные типы поверхностных явлений существуют в полупроводниках?	Основные типы включают адсорбцию, десорбцию, поверхностные состояния, рекомбинацию и образование межфазных связей.	7
	Как адсорбция влияет на свойства полупроводников?	Адсорбция атомов или молекул на поверхности полупроводника может изменять его проводимость и создавать поверхностные заряды, которые влияют на электрическое поле.	7
	Что такое поверхностные состояния?	Это энергетические состояния, расположенные на поверхности полупроводника, которые могут принимать участие в переносе заряда и влиять на электрические свойства материала.	7

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Оценка достижений студентов строится на основе системы БАРС (Приказ ректора от 13.01.2014 г. № 08-01-01/08) ознакомиться с которой можно по ссылке http://asu.edu.ru/images/File/Plil_5/ATT00072.pdf.

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий/баллы	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Основной блок				
1.	Коллоквиум	2/2	20	
2.	Тетрадь с лекциями	1/1	4	
3.	Контрольная работа	2/2	30	
4.	Тетрадь по практике	1/1	6	
	Всего		60	
Блок бонусов				
5.	Отсутствие пропусков (лекций, практических занятий)		4	
6.	Активная работа на занятиях		4	
7.	Своевременное выполнение заданий		2	
	Всего		10	
Дополнительный блок				
8.	Экзамен			
Итого			100	

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Показатель	Баллы
Опоздание (два и более)	-2
Не готов к практическому занятию	-2
Нарушение дисциплины	-2
Пропуски лекций без уважительных причин (за одну лекцию)	-2
Пропуски практических занятий без уважительных причин (за одно занятие)	-2
Не своевременное выполнение задания	-2
Нарушение техники безопасности	-1

При передаче экзамена (зачета) из рейтингового балла студента вычитается:

- первая передача – 5 баллов
- вторая передача – 10 баллов

Формирование итоговой оценки по дисциплине с использованием балльно-рейтинговой системы основывается на следующих критериях

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

[Примечание: если в семестре итоговой формой контроля по дисциплине (модулю) является экзамен, графа со словами «Зачтено», «Не зачтено» не приводится]

Характеристика ответа	Оценка	Рейтинговые баллы
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	5+	96 - 100
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.	5	91 - 95
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. В ответе допущены недочеты, исправленные студентом с помощью преподавателя.	5-	86 - 90
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.	4+	81 - 85
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов	4	76 - 80
Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.	4-	71 - 75
Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и	3+	65 - 70

последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.		
Дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания студентом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	3	60 - 64
Дан неполный ответ. Присутствует нелогичность изложения. Студент затрудняется с доказательностью. Масса существенных ошибок в определениях терминов, понятий, характеристике фактов, явлений. В ответе отсутствуют выводы. Речь неграмотна. При ответе на дополнительные вопросы студент начинает осознавать существование связи между знаниями только после подсказки преподавателя.	3-	51 - 59
Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.	2+	31 - 50

Преподаватель, реализующий дисциплину (модуль), в зависимости от уровня подготовленности обучающихся может использовать иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

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

а) Основная литература:

1. Авдеев, С. П. Краткий обзор теории полупроводниковых структур: учебное пособие / Авдеев С. П. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 118 с. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927527212.html> ЭБС («Консультант студента»)
2. Игумнов, Д. В. Основы полупроводниковой электроники: учебное пособие для вузов / Игумнов Д. В., Костюнина Г. П. - 2-изд., дополн. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2011. - 394 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201803.html> ЭБС («Консультант студента»)
3. Разинкин, В. П. Электроника: учеб. пособие / Разинкин В. П. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - 106 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225305.html> ЭБС («Консультант студента»)

б) Дополнительная литература:

1. Горелик, С. С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. Учебник для вузов / Горелик С. С., Дашевский М. Я. - Москва: МИСиС, 2003. - 480 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5876230187.html> ЭБС («Консультант студента»)

в) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимый для освоения дисциплины (модуля)

1. **Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента».** Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований. www.studentlibrary.ru.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Специализированные лаборатории для выполнения лабораторных работ.
2. Комплект мультимедийного оборудования

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

10. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т. д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т. д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).