МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«26» _____10_____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

А3В5 ГЕТЕРОСТРУКТУРНАЯ СВЧ ЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, наноэлектроника и микросистемная техника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**
Кафедра: **Передовая инженерная школа (ПИШ)**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	72	72	часов
	2	2	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет с оценкой	2

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 26.10.2022
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 75600

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изучение принципов и процессов, лежащих в основе приборного направления твердотельной гетероструктурной СВЧ микро- и наноэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование знаний о современном состоянии, проблемах и тенденциях развития гетероструктурной СВЧ-электроники.
2. Формирование знаний о конструкции, технологии изготовления и характеристиках современных приборов гетероструктурной СВЧ-электроники.
3. Формирование знаний о базовых методиках исследования параметров гетероструктурных полупроводниковых приборов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.03.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 75600

ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знает терминологию в области электроники и наноэлектроники	Знает терминологию в области гетероструктурной СВЧ-электроники
	ПК-2.2. Умеет выполнять трудовые действия с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности	Умеет выполнять расчеты параметров устройств гетероструктурной СВЧ-электроники с учетом использования современных достижений науки и передовых технологий
	ПК-2.3. Владеет навыками чтения научных текстов по профилю профессиональной деятельности (выделять смысловые конструкции для понимания всего текста, объяснять принципы работы описываемых современных достижений науки и передовых технологий)	Владеет навыками чтения научных текстов связанных с гетероструктурной СВЧ-электроникой

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Подготовка к зачету с оценкой	23	23
Подготовка к тестированию	13	13
Общая трудоемкость (в часах)	72	72
Общая трудоемкость (в з.е.)	2	2

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции

Согласована на портале № 75600

2 семестр					
1 Введение в СВЧ-гетероструктурную электронику	3	2	6	11	ПК-2
2 Элементы наногетероструктурных устройств электроники	3	4	7	14	ПК-2
3 Приборы и устройства гетероструктурной СВЧ-электроники	5	6	9	20	ПК-2
4 Организация контроля качества в процессе производства СВЧ МИС	3	2	5	10	ПК-2
5 Методы измерения параметров приборов и устройств гетероструктурной СВЧ-электроники	4	4	9	17	ПК-2
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	18	18	36	72	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение в СВЧ-гетероструктурную электронику	-Параметры полупроводниковых материалов A3B5 и особенности их применения. -История развития GaAs микроэлектроники: от гомо- к гетероструктурным транзисторам и СВЧ МИС, от GaAs к InP и к GaN и к SiC МИС. -Классификация GaAs, InP и GaN, SiC приборов и СВЧ МИС, их характеристики. -Дорожная карта СВЧ МИС, тенденции развития отрасли. -Области применения СВЧ МИС. -Перспективные рынки.	3	ПК-2
	Итого	3	

Согласована на портале № 75600

2 Элементы наногетероструктурных устройств электроники	-Гетероструктуры полупроводниковых материалов и их энергетические диаграммы. -Требования, предъявляемые к гетероструктурам. -Двойные гетероструктуры -Правило Андерсона. -Правило Вегарда -Гетероструктуры I и II рода.	3	ПК-2
	Итого	3	
3 Приборы и устройства гетероструктурной СВЧ-электроники	- Различные технологии производства гетероструктур и квантовых точек. - Транзисторы с высокой подвижностью, такие как HEMT, pHEMT и mHEMT. - Силовые транзисторы HEMT на основе материалов GaN и SiC, их технология изготовления, конструкции и основные параметры.	5	ПК-2
	Итого	5	
4 Организация контроля качества в процессе производства СВЧ МИС	-Разработка технологической дорожной карты -Обеспечение устойчивости технологических процессов и маршрута -Идентификация и управление отклонениями в процессе производства -Контроль параметров технологических сред, материалов, оборудования и процессов -Внедрение статистического межоперационного контроля параметров элементов СВЧ МИС -Реализация визуального контроля критических размеров -Организация межоперационного и финишного визуального контроля.	3	ПК-2
	Итого	3	

Согласована на портале № 75600

5 Методы измерения параметров приборов и устройств гетероструктурной СВЧ-электроники	- РСМ тесты - Контроль электрических параметров СВЧ МИС - Оценка процента годных изделий - Обеспечение надежности СВЧ МИС - Проверка радиационной стойкости СВЧ МИС.	4	ПК-2
	Итого	4	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение в СВЧ-гетероструктурную электронику	Параметры полупроводниковых материалов A3B5 и особенности их применения	2	ПК-2
	Итого	2	
2 Элементы наногетероструктурных устройств электроники	Полупроводниковые гетероструктуры. Энергетические диаграммы полупроводниковых гетероструктур. Правило Вегарда	2	ПК-2
	Энергетические диаграммы наногетероструктутр. Правило Андерсона	2	ПК-2
	Итого	4	
3 Приборы и устройства гетероструктурной СВЧ-электроники	Транзисторы с высокой подвижностью HEMT, pHEMT, mHEMT.	2	ПК-2
	Силовые HEMT транзисторы на основе GaN и SiC	2	ПК-2
	СВЧ-диоды на основе гетероструктур	2	ПК-2
	Итого	6	
4 Организация контроля качества в процессе производства СВЧ МИС	Контроль качества в процессе производства СВЧ МИС	2	ПК-2
	Итого	2	
5 Методы измерения параметров приборов и устройств гетероструктурной СВЧ-электроники	Моделирование S-параметров СВЧ-устройств.	2	ПК-2
	РСМ тестирование.	2	ПК-2
	Итого	4	

Согласована на портале № 75600

Итого за семестр	18	
Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Введение в СВЧ-гетероструктурную электронику	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	6		
2 Элементы наногетероструктурных устройств электроники	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2	Тестирование
	Итого	7		
3 Приборы и устройства гетероструктурной СВЧ-электроники	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2	Тестирование
	Итого	9		
4 Организация контроля качества в процессе производства СВЧ МИС	Подготовка к зачету с оценкой	3	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	2	ПК-2	Тестирование
	Итого	5		
5 Методы измерения параметров приборов и устройств гетероструктурной СВЧ-электроники	Подготовка к зачету с оценкой	6	ПК-2	Зачёт с оценкой
	Подготовка к тестированию	3	ПК-2	Тестирование
	Итого	9		
Итого за семестр		36		
Итого		36		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов

Согласована на портале № 75600

занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	Зачёт с оценкой, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Зачёт с оценкой	25	25	35	85
Тестирование	5	5	5	15
Итого максимум за период	30	30	40	100
Нарастающим итогом	30	60	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Борисенко, Виктор Евгеньевич. Наноэлектроника : учебное пособие для вузов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2012. - 224 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.).

Согласована на портале № 75600

2. Морозов В.Г. Физика низкоразмерных структур: Учебное пособие / Морозов В.Г. — М.: МИРЭА - Российский технологический университет, 2019.— 122 с [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/171471#1.

3. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем: Учебное пособие / М. Н. Романовский - 2012. 123 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1304.

7.2. Дополнительная литература

1. Полевые транзисторы на арсениде галлия: Принципы работы и технология изготовления: Пер. с англ. / П.Ф. Линдквист, У.М. Форд, Л. Холлан и др.; Ред. Д.В. Ди Лоренцо, Ред. Д.Д. Канделуола, Ред. пер. Г.В. Петров. – М.: Радио и связь, 1988. – 496 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.).

2. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие / И. А. Чистоедова, Т. И. Данилина - 2011. 98 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/547.

3. Технология кремниевой наноэлектроники: Учебное пособие / Е. В. Анищенко, Т. И. Данилина, В. А. Кагадей - 2011. 263 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/552.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Драгунов, В. П. Микро- и наноэлектроника: Сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 50 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/118132.

2. Бунтов Е. А. Современные устройства и элементы наноэлектроники : учебнометодическое пособие / Е. А. Бунтов, А. С. Вохминцев, Т. В. Штанг. — 2-е изд., стер. — Москва : ФЛИНТА : Изд-во Урал, ун-та, 2022. — 132 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/231632#2.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций,

Согласована на портале № 75600

текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».
- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование

Согласована на портале № 75600

звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение в СВЧ-гетероструктурную электронику	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Элементы наногетероструктурных устройств электроники	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Приборы и устройства гетероструктурной СВЧ-электроники	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Организация контроля качества в процессе производства СВЧ МИС	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Методы измерения параметров приборов и устройств гетероструктурной СВЧ-электроники	ПК-2	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть

Согласована на портале № 75600

2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Максимальная толщина квантовой ямы не должна превышать:
    1. 100 нм
    2. 10 нм

Согласована на портале № 75600

3. длину волны Де Бройля
4. длину волны когерентности

2. В каких транзисторах с высокой подвижностью электронов (HEMT) наблюдается коллапс тока:
    1. в транзисторах на основе GaN/AlGaN
    2. в транзисторах на основе AlGaAs/InGaAs
    3. в транзисторах на основе InGaP/InGaAs
3. В каком из транзисторов с высокой подвижностью электронов (HEMT) используется сложный многослойный буферный слой
    1. pHEMT
    2. mHEMT
    3. HEMT
4. В какой области нашли наибольшее применение GaAs гетероструктурные монолитные интегральные схемы (МИС)?
    1. силовая электроника;
    2. цифровая электроника;
    3. электроника сверхвысоких частот;
    4. фотоника.
5. Какие элементы являются активными элементами монолитных интегральных схем (МИС)?
    1. диоды;
    2. конденсаторы;
    3. резисторы;
    4. конденсаторы и индуктивности.
6. В каком тонкоплёночном элементе МИС в качестве функционального конструктивного элемента используется тонкая пленка диэлектрика?
    1. резистор;
    2. конденсатор;
    3. проводники межсоединений;
    4. индуктивность.
7. Сквозные металлизированные отверстия как элемент GaAs МИС используются для:
    1. облегчения конструкции МИС;
    2. заземления элементов МИС, расположенных на лицевой поверхности пластины GaAs;
    3. обеспечения возможности трехмерной сборки МИС;
    4. создания приемо-передающих антенн.
8. Какой тип транзистора является базовым для GaAs гетероструктурных МИС?
    1. полевой транзистор с барьером Шоттки (MESFET);
    2. полевой транзистор с изолированным затвором (MOSFET);
    3. биполярный транзистор;
    4. транзистор с высокой подвижностью электронов (HEMT).
9. В гетероструктурах на основе какого материала наблюдается наибольшая подвижность заряда?
    1. InP
    2. SiC
    3. GaN
    4. GaAs
10. Какие транзисторы применяются для работы на частотах свыше 60 ГГц
    1. mHEMT
    2. pHEMT
    3. HEMT

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Полупроводниковые гетероструктуры. Требования к гетероструктурам. Типы квантовых ям. Правило Андерсона.
2. СВЧ транзисторы на основе GaN. Коллапс тока. Короткоканальные эффекты.
3. Межоперационный контроль и PCM тесты.

Согласована на портале № 75600

4. Классификация GaAs, InP и GaN приборов и СВЧ МИС, их характеристики.
5. Области применения СВЧ МИС, перспективные рынки, технология форсайт
6. Активные и пассивные элементы МИС, их конструкции, типы технологий.
7. Гетероструктуры и их базовые конструкции.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами

Согласована на портале № 75600

С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 75600

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 2 от «20» 10 2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.Г. Лощилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.Г. Лощилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	Ю.В. Шульгина	Согласовано, ea49db22-c3de-481e-88a5-479145e4aa44
Доцент, каф. КУДР	И.В. Кулинич	Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a

РАЗРАБОТАНО:

Инженер, каф. ЛФИС	Д.М. Моховиков	Разработано, bc2fb6e3-f9e4-43c5-86a7-c2cb871094ac
Доцент, каф. КУДР	И.В. Кулинич	Разработано, d2a0f42b-ed8d-43b9-8776-2e1f79c72b0a

Согласована на портале № 75600