МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Органические и неорганические наногетероструктуры

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **27.04.04 Управление в технических системах**
Направленность (профиль) / специализация: **Управление в светотехнических системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	8	8	часов
2	Практические занятия	8	8	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	32	32	часов
5	Самостоятельная работа	40	40	часов
6	Всего (без экзамена)	72	72	часов
7	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2.0	2.0	З.Е.

Зачет: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 32677

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 58 от « 8 » 6 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 27.04.04 Управление в технических системах, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РЭТЭМ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент каф. РЭТЭМ _____ В. С. Солдаткин

Профессор каф. РЭТЭМ _____ А. А. Вилисов

Заведующий обеспечивающей каф. РЭТЭМ _____ В. И. Туев

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РКФ _____ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф. РЭТЭМ _____ В. И. Туев

Эксперты:

Доцент каф. РЭТЭМ _____ Н. Н. Несмелова

Доцент каф. РЭТЭМ _____ В. Г. Христюков

Согласована на портале № 32677

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

является формирование компетенций в наноэлектроники на основе органических и неорганических наногетероструктур.

1.2. Задачи дисциплины

– – Познакомить с типовыми методами исследования свойств органических и неорганических наногетероструктур, с технологическими процессами их получения;

– – Научить разрабатывать и проектировать органические и неорганические наногетероструктуры;

– – Познакомить с оборудованием для создания и исследования свойств органических и неорганических наногетероструктур.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Органические и неорганические наногетероструктуры» (ФТД.1) относится к блоку ФТД.1.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Теоретические основы использования полимерных материалов в электронике.

Последующими дисциплинами являются: Технология поверхностного монтажа.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения;

– ПСК-1 готовностью к применению современной элементной базы, микропроцессорных и компьютерных систем на этапах разработки и производства;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** свойства полупроводниковых материалов группы AIIIBV и особенности гетероструктур на их основе; свойства и особенности органических гетероструктур; типы приборных структур и интегральных схем на основе органических и неорганических наногетероструктур; основные тенденции развития приборов и схем на изучаемых материалах и тенденции развития технологий

– **уметь** осуществлять выбор последовательности технологических операций, необходимых для изготовления требуемого элемента или топологического слоя структуры на заданном материале

– **владеть** навыками расчета основных характеристик приборов на гетероструктурах (HEMT, лазеры на гетероструктурах, светодиоды)

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	32	32
Лекции	8	8
Практические занятия	8	8
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	40	40
Оформление отчетов по лабораторным работам	24	24
Проработка лекционного материала	8	8

Согласована на портале № 32677

Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	8
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость, ч	72	72
Зачетные Единицы	2.0	2.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр						
1 Введение	2	2	4	10	18	ОПК-1, ПСК-1
2 Приборы на неорганических гетероструктурах	2	2	4	10	18	ОПК-1, ПСК-1
3 Оптоэлектронные приборы на неорганических гетероструктурах	2	2	4	10	18	ОПК-1, ПСК-1
4 Приборы на органических гетероструктурах	2	2	4	10	18	ОПК-1, ПСК-1
Итого за семестр	8	8	16	40	72	
Итого	8	8	16	40	72	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение	Низкоразмерные структуры. Квантовые ямы, квантовые точки, квантовые нити. Понятие гетероперехода. Виды гетеропереходов. Их свойства и применение. Органические наногетероструктуры. Неорганические наногетероструктуры.	2	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
2 Приборы на неорганических гетероструктурах	Физика работы полевого гетероструктурного транзистора. Основные характеристики HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные	2	ОПК-1, ПСК-1

Согласована на портале № 32677

	схемы на pHEMT и mHEMT. Физика работы биполярного гетероструктурного транзистора. Основные характеристики ГБТ-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на ГБТ.		
	Итого	2	
3 Оптоэлектронные приборы на неорганических гетероструктурах	Светодиоды на гетероструктурах на основе GaAs, GaN. Гетероструктурные лазеры. Солнечные батареи. Детекторы излучений. Конструкции светодиодов из разных материалов. Конструкции солнечных батарей и лазеров. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.	2	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
4 Приборы на органических гетероструктурах	Приборы на органических гетероструктурах: полевые транзисторы, светодиоды, сенсорные и электрохимические датчики, полимерные батарейки, электролюминесцентные приборы, диоды Шоттки и органические транзисторы, гибкие фотовольтаические элементы для преобразователей солнечной энергии. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.	2	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Теоретические основы использования полимерных материалов в электронике	+	+	+	+
Последующие дисциплины				
1 Технология поверхностного монтажа	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

	Виды занятий	Формы контроля

Согласована на портале № 32677

Компетенции	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию
ПСК-1	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение	Исследование свойств органических и неорганических наногетероструктур.	4	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
2 Приборы на неорганических гетероструктурах	Исследование характеристик HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов.	4	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
3 Оптоэлектронные приборы на неорганических гетероструктурах	Исследование характеристик светодиодов на гетероструктурах на основе GaAs, GaN.	4	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
4 Приборы на органических гетероструктурах	Исследование свойств электролюминесцентных приборов на основе органических наногетероструктурах.	4	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 32677

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение	Низкоразмерные структуры. Квантовые ямы, квантовые точки, квантовые нити. Понятие гетероперехода. Виды гетеропереходов. Их свойства и применение. Органические наногетероструктуры. Неорганические наногетероструктуры.	2	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
2 Приборы на неорганических гетероструктурах	Физика работы полевого гетероструктурного транзистора. Основные характеристики HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на pHEMT и mHEMT. Физика работы биполярного гетероструктурного транзистора. Основные характеристики ГБТ-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на ГБТ.	2	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
3 Оптоэлектронные приборы на неорганических гетероструктурах	Светодиоды на гетероструктурах на основе GaAs, GaN. Гетероструктурные лазеры. Солнечные батареи. Детекторы излучений. Конструкции светодиодов из разных материалов. Конструкции солнечных батарей и лазеров. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.	2	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
4 Приборы на органических гетероструктурах	Полевые транзисторы, светодиоды, сенсорные и электрохимические датчики, полимерные батарейки, электролюминесцентные приборы, диоды Шоттки и органические транзисторы, гибкие фотовольтаические элементы для преобразователей солнечной энергии. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.	2	ОПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 32677

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Введение	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	10		
2 Приборы на неорганических гетероструктурах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	10		
3 Оптоэлектронные приборы на неорганических гетероструктурах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	10		
4 Приборы на органических гетероструктурах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ПСК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	10		
Итого за семестр		40		
Итого		40		

Согласована на портале № 32677

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	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				
Опрос на занятиях	3	4	3	10
Отчет по лабораторной работе	15	15	15	45
Отчет по практическому занятию	15	15	15	45
Итого максимум за период	33	34	33	100
Нарастающим итогом	33	67	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	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)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Технология изготовления светодиодных кристаллов: Учебное пособие / Солдаткин В.

Согласована на портале № 32677

С., Вилисов А. А. - 2017. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6743 (дата обращения: 19.06.2018).

2. Полимерные материалы в светотехнике и электронике: Учебное пособие / Туев В. И., Вилисов А. А., Иванов А. А., Солдаткин В. С. - 2016. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6609 (дата обращения: 19.06.2018).

3. Современные проблемы светодиодных технологий и светотехнических устройств: Учебное пособие / Туев В. И. - 2017. 136 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6713 (дата обращения: 19.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Физико-химические основы технологии электронных средств: Учебное пособие / Иванов А. А., Ряполова Ю. В., Солдаткин В. С. - 2017. 307 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6922 (дата обращения: 19.06.2018).

2. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2013. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3716 (дата обращения: 19.06.2018).

3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/537 (дата обращения: 19.06.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Полимерные материалы для электроники и светотехники: Методические указания по практической и самостоятельной работе / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И., Каменкова В. С. - 2016. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6623 (дата обращения: 19.06.2018).

2. Технология изготовления светодиодных кристаллов: Методические указания по самостоятельной работе / Солдаткин В. С., Каменкова В. С., Иванов А. А. - 2017. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6740 (дата обращения: 19.06.2018).

3. Полимерные материалы в светотехнике: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ / Ряполова Ю. В., Солдаткин В. С., Туев В. И. - 2016. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6608 (дата обращения: 19.06.2018).

12.3.2. 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.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://elibrary.ru/
2. Научно-образовательный портал ТУСУР https://edu.tusur.ru
3. Электронно-библиотечная система "Лань" http://e.lanbook.com

Согласована на портале № 32677

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория безопасности жизнедеятельности / Компьютерный класс

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, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 314 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор 100 Base;
- Стол лабораторный угловой (2 шт.);
- Кресло Original;
- Системный блок Intel Pentium G2020 (17 шт.);
- Монитор SAMSUNG 710V SSS (2 шт.);
- Монитор 17 LCD Samsung;
- Монитор 17 SAMSUNG 710V (SSS) TFT SILVER (6 шт.);
- Монитор 17 SAMSUNG 740N;
- Монитор 17 SAMSUNG (2 шт.);
- Монитор 17 0.20 SAMSUNG 765DFX;
- ПЭВМ CPU INTEL PENTIUM4;
- Сканер HP SCANJET 3770;
- Телевизор плазменный 51 (129 cv);
- Компьютер Pentium Dual Core G850;
- Стол компьютерный (15 шт.);
- Принтер лазерный SAMSUNG 1020. A4;
- Доска маркерная;
- ПЭВМ PENTIUM4;
- ПЭВМ PENTIUM K6-266;
- Стенд информационный;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader
- Apache OpenOffice 4
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Mathcad 13
- Microsoft Windows 7
- Microsoft Windows XP
- Opera

Согласована на портале № 32677

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория технологии РЭС и безопасности жизнедеятельности
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа
634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 419 ауд.
Описание имеющегося оборудования:
- АРМ инженера (2 шт.);
- АРМ инженера - исследователя;
- Цифровой мультиметр MXD-4660A - (2 шт.);
- Вольтметр В7-78;
- ПЭВМ пентиум CELERON 433 MMX;
- Доска маркерно-меловая;
- Дымоуловитель QUICK 493A ESD (5 шт.);
- Измеритель светового потока «ТКА-КК1;
- Ионизатор воздуха QUICK 440 (2 шт.);
- Источник питания Matrix MPS-3003 LK-3 (3 шт.);
- Компьютер Intel Core;
- Компьютер Intel Pentium;
- Корпусный шкаф 4200х600х2100мм;
- Гониофотометр;
- Спектрофлуориметр СМ2203;
- Вентиляционная система;
- Монтажный стол БЕЛВАР С4-1400 (4 шт.);
- Монтажный стол БЕЛВАР С4-1800;
- Микроскоп МБС-10;
- Установка для демонстрации силы Лоренца U30065;
- Цифровой Мультиметр АРРА 103;
- Латр;
- Микрометр (2 шт.);
- Мультиметр цифровой;
- Радиатор масляный 9 секций;
- Измеритель Е7 - 22 RLC;
- Монтажно-демонтажная станция АМИ 6800;
- Источник питания TDGC -2 - 2K 0-250 V - 8A (Латр);
- Кабельная продукция НВ-А150 BNC 1,5 m;
- Прибор BNC - IC Соединительные кабели;
- Измеритель мощности GPM -8212RS;
- Прибор PTL-923;
- Осциллограф LeCrou WA 222;
- Частотомер GFC-8010H 1 Гц-120МГц GW;
- Инфракрасный дистанционный термометрUT30A;
- Латр - трансформатор TDGC2-3K;
- Осциллограф FLUKE-190-062;
- Паяльная станция (3 шт.);
- Цифровой мультиметр FLUKE-18B FLK;
- Компьютер Intel Core i5-6400 (3 шт.);
- МФУ hp ‘’LaserJet ProV227sdnG3Q74A”;
- Стол лабораторный;
- Цифровой комплекс учебно-научных лабораторий ГПО;
- Виртуальная лаборатория АСК-4106 (2 шт.);
- Цифровая перенастраиваемая установка микросварки проволочных выводов для изготовления макетных образцов основных узлов светодиодных ламп;
- Источник - измеритель Keithley 2410;
- Измеритель ёмкости S-line EM8601A+/CM8601 (3 шт.);

Согласована на портале № 32677

- Источник питания HY3005D MAST (3 шт.);
- Мультиметр DM3058E RIGOL;
- Осциллограф DS1052E RIGOL (2 шт.);
- Частотометр VC3165 Victor (3 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– ANSYS AIM Pro Paid-Up
– Adobe Acrobat Reader
– Autodesk Product Design Suite Premium 2018
– Google Chrome
– Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
– Microsoft Windows XP
– OpenOffice
– Resource Manager 2.5
– TracePro LC - Single User NODE License - Annual Maintenance and Support for NODE License (Nothing to Ship)
– Компас - 3D V17

13.1.4. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

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

13.2. 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 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 зрениями** 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.

Согласована на портале № 32677

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.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Каким эпитаксиальным методом выращивают полупроводниковые структуры GaN для кристаллов синего цвета свечения?

А. MOCVD
Б. CVD
В. MBE
Г. OLED

2. Метод эпитаксиального выращивания тонких пленок в условиях сверхвысокого вакуума (до 10−8Па), при котором молекулярные или атомарные пучки направляются на монокристаллическую нагретую подложку.

А. MBE
Б. MOCVD
В. MOVPE
Г. HVPE

3. Разновидность эпитаксии как одного из нанотехнологических методов получения полупроводниковых гетероструктур; разновидность метода химического осаждения из газовой фазы, при которой формируются эпитаксиальные пленки.

А. MOVPE
Б. MOCVD
В. MBE
Г. HVPE

4. Суть данного метода состоит в том, что конечный продукт образуется на подложке-мишени, в результате взаимодействия газообразных веществ-прекурсоров или термолиза пара вещества-прекурсора. При этом вещества-прекурсоры при нормальных условиях могут представлять собой не только газы, но и твердые вещества или жидкости, в этом случае их возгоняют или испаряют в специальной зоне реактора, а за тем транспортируют к подложке-мишени с помощью газа-носителя, который может быть как «инертным», так и участвовать в синтезе.

А. CVD
Б. MOCVD
В. HVPE
Г. PVD

5. Напыление конденсацией из паровой (газовой) фазы обозначает группу методов напыления покрытий (тонких плёнок) в вакууме, при которых покрытие получается путём прямой конденсации пара наносимого материала.

А. PVD
Б. MOCVD
В. HVPE
Г. CVD

6. Существо метода MOCVD состоит в том, что металлические компоненты пленки транспортируют в виде паров металлорганических летучих соединений в реактор, смешивают с газообразным окислителем, после чего происходит разложение паров в реакторе с горячими стенками или на нагретой подложке и образование в дальнейшем пленки ВТСП-фазы.

А. MOCVD
Б. PVD

Согласована на портале № 32677

В. HVPE

Г. CVD

7. Какие основные материалы используются для изготовления светодиода белого цвета свечения?

А. GaN, YAG

Б. GaN, AlGaN, InGaN

В. GaN, AlInGaP

Г. GaAs, GaP, AlInGaP

8. К оптическому излучению относят электромагнитное излучение с длиной волны λ, лежащей в диапазоне?

А. от 1 нм до 1 мм

Б. от 380 нм до 780 нм

В. от 1 нм до 100 мкм

Г. от 0,2 мкм до 3 мкм

9. Какие основные механизмы передачи тепла вы знаете?

А. Теплопроводность, конвекция, тепловое излучение

Б. Теплопроводность, конвекция, теплоотдача

В. Конвекция, теплоотдача, теплопередача

Г. Конвекция, тепловое излучение, теплопередача

10. Какие типы светодиодных кристаллов по структуре вы знаете?

А. Вертикальные и планарные

Б. Вертикальные, планарные, lift-off

В. Вертикальные, планарные, flip-chip

Г. Вертикальные, планарные и для поверхностного монтажа

11. Полупроводниковый светодиод имеет структуру?

А. p – n

Б. p – n – p – n

В. p – n – p

Г. n – p – n

12. Какие способы получения белого цвета свечения светодиода бывают?

А. RGB-светодиоды и люминофорные светодиоды, создаваемые на основе синего светодиода

Б. Люминофорные светодиоды, создаваемые на основе зеленого светодиода

В. Люминофорные светодиоды, создаваемые на основе красного светодиода

Г. Светодиоды на основе синего и зелёного цвета свечения

13. Какие частицы относят к подвижным носителям заряда в полупроводниках?

А. Электроны и дырки

Б. Фотоны и фононы

В. Электроны и фотоны

Г. Дырки и фотоны

14. Температурный коэффициент прямого напряжения это?

А. Изменение прямого напряжения при фиксированном токе в зависимости от температуры активной области

Б. Изменение обратного напряжения при фиксированном токе в зависимости от температуры активной области

В. Изменение прямого тока при фиксированном напряжении в зависимости от температуры активной области

Г. Изменение обратного тока при фиксированном напряжении в зависимости от температуры активной области

15. Спектроколориметр это?

А. Прибор предназначенный для измерения координат цветности и коррелированной цветовой температуры источников света в международной колориметрической системе МКО 1931г. и

1976 г. в режиме измерения яркости самосветящихся поверхностей накладным способом и в режиме измерения яркости киноэкранов

Согласована на портале № 32677

Б. Прибор, с помощью которого производится измерение характеристик силы света, коэффициента пульсации источников света

В. Прибор предназначенный для измерения кривых силы света

Г. Электронно-оптический измерительный прибор для измерения параметров волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП)

16. Светодиод это?

А. Полупроводниковый прибор с p-n переходом, испускающий некогерентное видимое излучение при пропускании через него электрического тока

Б. Полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при деформации

В. Электронный элемент, обладающий различной проводимостью в зависимости от направления электрического тока

Г. Электровакуумный прибор, работающий за счёт управления интенсивностью потока электронов, движущихся в вакууме или разрежённом газе между электродами

17. Светодиодный модуль это?

А. Устройство используемое в качестве источника света, состоящее из одного или более светодиодов, установленных на общей плате с полным набором оптических, механических, теплоотводящих компонентов и устройств коммутации, но не содержащее устройств управления

Б. Устройство используемое в качестве источника света, состоящее из двух или более светодиодов, установленных на общей плате с полным набором оптических, механических, теплоотводящих компонентов и устройств коммутации, содержащее устройство управления

В. Устройство используемое в качестве источника света, состоящее из одного или более светодиодов, установленных на общей плате с полным набором оптических и механических компонентов и устройств, содержащее устройство управления

Г. Устройство используемое в качестве источника света, состоящее из двух или более светодиодов, установленных на общей плате с полным набором оптических, механических, теплоотводящих компонентов и устройств коммутации, но не содержащее устройство управления

18. Коэффициент сохранения светового потока это?

А. Отношение значения светового потока лампы в заданное время к его начальному значению, выраженное в процентах

Б. Отношение начального значения светового потока лампы к значению в заданное время, выраженное в долях

В. Отношение значения светового потока лампы в заданное время к его начальному значению

Г. Отношение начального значения светового потока лампы к значению в заданное время, выраженное в процентах

19. Прибор, в котором под действием света происходит освобождение в материале датчика электрических зарядов и увеличивается проводимость?

А. Фоторезисторы

Б. Фотодиод

В. Фототранзистор

Г. Фотоэмиссионный датчик

20. Какие методы электрического неразрушающего контроля вы знаете?

А. Электропотенциальный, емкостной, термоэлектрический, электронной эмиссии, электроискровой, электростатического порошка.

Б. Электропотенциальный, емкостной, термоэлектрический, электронной эмиссии, электроискровой.

В. Емкостной, термоэлектрический, электронной эмиссии, электроискровой, электростатического порошка.

Г. Электрический, емкостной, термоэлектрический, электронной эмиссии, электроискровой, электростатического порошка.

14.1.2. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Низкоразмерные структуры. Квантовые ямы, квантовые точки, квантовые нити. Понятие гетероперехода. Виды гетеропереходов. Их свойства и применение. Органические наногетеростру-

Согласована на портале № 32677

туры. Неорганические наногетероструктуры.

Физика работы полевого гетероструктурного транзистора. Основные характеристики HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на pHEMT и mHEMT. Физика работы биполярного гетероструктурного транзистора. Основные характеристики ГБТ-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на ГБТ.

Светодиоды на гетероструктурах на основе GaAs, GaN. Гетероструктурные лазеры. Солнечные батареи. Детекторы излучений. Конструкции светодиодов из разных материалов. Конструкции солнечных батарей и лазеров. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.

Полевые транзисторы, светодиоды, сенсорные и электрохимические датчики, полимерные батарейки, электролюминесцентные приборы, диоды Шоттки и органические транзисторы, гибкие фотовольтаические элементы для преобразователей солнечной энергии. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Низкоразмерные структуры. Квантовые ямы, квантовые точки, квантовые нити. Понятие гетероперехода. Виды гетеропереходов. Их свойства и применение. Органические наногетероструктуры. Неорганические наногетероструктуры.

Физика работы полевого гетероструктурного транзистора. Основные характеристики HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на pHEMT и mHEMT. Физика работы биполярного гетероструктурного транзистора. Основные характеристики ГБТ-транзисторов. Характеристики транзисторов в зависимости от материалов гетероструктуры. Конструктивные и технологические особенности транзисторов. СВЧ интегральные схемы на ГБТ.

Светодиоды на гетероструктурах на основе GaAs, GaN. Гетероструктурные лазеры. Солнечные батареи. Детекторы излучений. Конструкции светодиодов из разных материалов. Конструкции солнечных батарей и лазеров. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.

Приборы на органических гетероструктурах: полевые транзисторы, светодиоды, сенсорные и электрохимические датчики, полимерные батарейки, электролюминесцентные приборы, диоды Шоттки и органические транзисторы, гибкие фотовольтаические элементы для преобразователей солнечной энергии. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование свойств органических и неорганических наногетероструктур.

Исследование характеристик HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов.

Исследование характеристик светодиодов на гетероструктурах на основе GaAs, GaN.

Исследование свойств электролюминесцентных приборов на основе органических наногетероструктурах.

14.1.5. Зачёт

1. Низкоразмерные структуры. Квантовые ямы, квантовые точки, квантовые нити. Понятие, характеристики.
2. Понятие гетероперехода. Виды гетеропереходов. Их свойства и применение.
3. Органические наногетероструктуры.
4. Неорганические наногетероструктуры.
5. Физика работы полевого гетероструктурного транзистора.
6. Основные характеристики HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов.
7. Конструктивные и технологические особенности HEMT, pHEMT, mHET-транзисторов.
8. СВЧ интегральные схемы на pHEMT и mHEMT. Конструктивные и технологические особенности.
9. Физика работы биполярного гетероструктурного транзистора.
10. Основные характеристики ГБТ-транзисторов.

Согласована на портале № 32677

11. Конструктивные и технологические особенности ГБТ-транзисторов.

12. СВЧ интегральные схемы на ГБТ-транзисторах.

13. Оптоэлектронные приборы на неорганических гетероструктурах.

14. Светодиоды на гетероструктурах на основе GaAs, GaN.

15. Конструкции светодиодов из разных материалов. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.

16. Гетероструктурные лазеры. Конструкции лазеров. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.

17. Солнечные батареи. Конструкции солнечных батарей. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.

18. Детекторы излучений. Технологические маршруты создания, конструктивные особенности.

19. Полевые транзисторы на органических гетероструктурах. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

20. Светодиоды на органических гетероструктурах. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

21. Сенсорные и электрохимические датчики на органических гетероструктурах. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

22. Полимерные батарейки на органических гетероструктурах. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

23. Электролюминесцентные приборы на органических гетероструктурах. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

24. Диоды Шоттки и органические транзисторы. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

25. Гибкие фотовольтаические элементы для преобразователей солнечной энергии. Принцип работы, характеристики, технология изготовления, конструктивные особенности.

14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. 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;

Согласована на портале № 32677

– 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 № 32677