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 учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОВ ФОТОНИКИ, ГОЛОГРАФИИ, ИНТЕГРАЛЬНОЙ И ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль) / специализация: **Фотоника волноводных, нелинейных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра электронных приборов (ЭП)**
Курс: **1**
Семестр: **1**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	1 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	24	24	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	72	72	часов
	2	2	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	1

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 54090

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Необходимость овладения студентами научными основами технологического проектирования и управления технологическими процессами и оборудованием.

2. Формирование навыков рационального подхода к расчету и конструированию приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики с учетом специфики технологического процесса изготовления деталей, узлов и приборов.

3. Овладение навыками выбора необходимого оборудования и способа контроля параметров устройства, а также умениями проводить научные исследования и эксперименты с обработкой и анализом полученных результатов.

1.2. Задачи дисциплины

1. Студент должен уметь разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование для технологии его изготовления и способ контроля параметров устройства.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: ФТД. Факультативные дисциплины.

Индекс дисциплины: ФТД.В.01.

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 № 54090

ПКР-3. Способен разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства	ПКР-3.1 .Формирует задачи для выявления принципов и путей создания новых оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.	Формирование задач для выявления принципов повышения радиационной стойкости оптоэлектронных приборов технологическими методами.
	ПКР-3.2 .Умеет проводить подбор оборудования и комплектующих, необходимых для проведения исследований.	На основе новых принципов умеет расширять технологические возможности существующего оборудования и осуществлять подбор комплектующих, необходимых для проведения исследований по кинетике технологических процессов.
	ПКР-3.3 .Разрабатывает методики исследований.	Разрабатывает методики исследований направления газофазных реакций при синтезе нанослоев.
	ПКР-3.4 .Проводит исследования.	Исследует тепловую радиационную стойкость при синтезе пленок из разных материалов.
	ПКР-3.5 .Умеет осуществлять обработку и анализ результата исследований.	Осуществляет обработку и анализ результата исследований с применением математического моделирования.
	ПКР-3.6 .Умеет составлять отчёт о проведённых исследований.	Отчет о влиянии рода материала на радиационную стойкость содержит цель, модель решения задачи оборудование и способ контроля параметров устройства.

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
		1 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	48	48
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	24	24
Подготовка к зачету	9	9
Подготовка к тестированию	9	9
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	3
Выполнение практического задания	2	2
Подготовка к выступлению (докладу)	1	1
Общая трудоемкость (в часах)	72	72
Общая трудоемкость (в з.е.)	2	2

Согласована на портале № 54090

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	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр						
1 Получение материалов для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	2	2	-	2	6	ПКР-3
2 Основы кинетики технологических процессов	2	2	4	3	11	ПКР-3
3 Межфазные взаимодействия в технологических процессах	2	2	-	2	6	ПКР-3
4 Вакуумная технология	2	2	4	3	11	ПКР-3
5 Специальные вопросы плазменной технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	2	4	4	4	14	ПКР-3
6 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств	2	2	-	3	7	ПКР-3
7 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	2	4	-	3	9	ПКР-3
8 Методика анализа поверхности и контроль качества эпитаксиальных слоев	2	-	-	2	4	ПКР-3
9 Сервисное обслуживание установок эпитаксии	2	-	-	2	4	ПКР-3
Итого за семестр	18	18	12	24	72	
Итого	18	18	12	24	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
1 семестр			

Согласована на портале № 54090

1 Получение материалов для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Материалы для приборов электронной техники, фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики. Технология получения кристаллов. Материалы оптоэлектроники, материалы для элементов на поверхностных акустических волнах. Материалы для волноводов. Получение наноматериалов. Типовые технологические процессы в технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики.	2	ПКР-3
	Итого	2	
2 Основы кинетики технологических процессов	Уравнения состояния процесса. Математическое моделирование процессов. Кинетическое уравнение процесса откачки. Кинетика термического испарения материалов в вакууме. Кинетика формирования пленок на подложке. Диффузионные и сорбционные явления.	2	ПКР-3
	Итого	2	
3 Межфазные взаимодействия в технологических процессах	Межфазное равновесие процессов. Теплота, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Фазовая диаграмма. Формирование высококачественных пленок. Кинетика процесса молекулярно-лучевой эпитаксии. Теория формирования пленок по Френкелю и по Семенову. Кинетика наноразмерных структур.	2	ПКР-3
	Итого	2	
4 Вакуумная технология	Расчет вакуумных систем. Согласование откачных средств. Измерение вакуума. Рекомендации по поиску негерметичности вакуумных систем. Тенденции развития вакуумной техники.	2	ПКР-3
	Итого	2	
5 Специальные вопросы плазменной технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Электронные источники для технологии. Расчет мощности электронного источника. Рекомендации по применению электронно-лучевых технологий. Ионно-лучевая технология. Параметры ионных источников. Некоторые схемы ионных источников. Системы и механизмы ионного травления материалов. Плазменная технология.	2	ПКР-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 54090

6 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств	Технология приборов квантовой электроники. Технология приборов фотоники и оптоэлектронных элементов. Технология формирования акустоэлектронных элементов, технология изготовления волноводов.	2	ПКР-3
	Итого	2	
7 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Понятие эпитаксии, виды эпитаксии. Кинетика процесса молекулярно-лучевой эпитаксии. Методы анализа эпитаксиальных структур. Установки для молекулярно-лучевой эпитаксии. Процессорное управление установками эпитаксии. Вакуумная гигиена.	2	ПКР-3
	Итого	2	
8 Методика анализа поверхности и контроль качества эпитаксиальных слоев	Методика анализа поверхности методом дифрактометрии. Особенности эпитаксиального выращивания легированных слоев. Контроль качества эпитаксиальных слоев.	2	ПКР-3
	Итого	2	
9 Сервисное обслуживание установок эпитаксии	Правила устройства электроустановок. Инструкция по эксплуатации технического оборудования. Инструкции по монтажу вакуумных коммуникаций. Инструкции по сервисному обслуживанию электрооборудования вакуумных установок.	2	ПКР-3
	Итого	2	
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
1 семестр			
1 Получение материалов для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Типовые технологические процессы в технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	2	ПКР-3
	Итого	2	
2 Основы кинетики технологических процессов	Математическое моделирование кинетики технологических процессов	2	ПКР-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 54090

3 Межфазные взаимодействия в технологических процессах	Решение задач на формирование пленок	2	ПКР-3
	Итого	2	
4 Вакуумная технология	Вакуумная технология (расчет вакуумных систем, согласование откачных средств)	2	ПКР-3
	Итого	2	
5 Специальные вопросы плазменной технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Расчет электрофизических параметров источников	4	ПКР-3
	Итого	4	
6 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств	Технология формирования акустоэлектронных элементов, технология изготовления волноводов	2	ПКР-3
	Итого	2	
7 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Защита индивидуальной работы (конференция)	4	ПКР-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
2 Основы кинетики технологических процессов	Измерение параметров вакуумной системы на ЭВМ в реальном режиме времени	4	ПКР-3
	Итого	4	
4 Вакуумная технология	Моделирование условий формирования окисных пленок легкоплавких металлов	4	ПКР-3
	Итого	4	
5 Специальные вопросы плазменной технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Сервисное обслуживание вакуумной установки УВН 2М-1	4	ПКР-3
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

Согласована на портале № 54090

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
1 семестр				
1 Получение материалов для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Итого	2		
2 Основы кинетики технологических процессов	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПКР-3	Лабораторная работа
	Итого	3		
3 Межфазные взаимодействия в технологических процессах	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Итого	2		
4 Вакуумная технология	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПКР-3	Лабораторная работа
	Итого	3		
5 Специальные вопросы плазменной технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Выполнение практического задания	1	ПКР-3	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПКР-3	Лабораторная работа
	Итого	4		
6 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Выполнение практического задания	1	ПКР-3	Практическое задание
	Итого	3		

Согласована на портале № 54090

7 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Подготовка к выступлению (докладу)	1	ПКР-3	Выступление (доклад) на занятии
	Итого	3		
8 Методика анализа поверхности и контроль качества эпитаксиальных слоев	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Итого	2		
9 Сервисное обслуживание установок эпитаксии	Подготовка к зачету	1	ПКР-3	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-3	Тестирование
	Итого	2		
Итого за семестр		24		
Итого		24		

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 занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПКР-3	+	+	+	+	Выступление (доклад) на занятии, Зачёт, Лабораторная работа, Практическое задание, 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
1 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	0	0	15	15
Зачёт	0	0	15	15
Лабораторная работа	10	10	10	30
Практическое задание	5	10	10	25
Тестирование	5	5	5	15
Итого максимум за период	20	25	55	100

Согласована на портале № 54090

Нарастающим итогом	20	45	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. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов. - Томск : ТУСУР , 2005. - 316 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 103 экз.).

2. Орликов, Леонид Николаевич. Специальные вопросы технологии : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР , 2007. - 229 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.).

3. Орликов, Леонид Николаевич. Молекулярно-лучевая эпитаксия : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР , 2007. - 107 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.).

4. Агеев, И. М. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. — ISBN 978-5-8114-4081-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/131007 .

5. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы. Том 1. Основы физики плазмы / И. А. Котельников. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-9989-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/202166 .

7.2. Дополнительная литература

1. Александров, Сергей Евгеньевич. Технология полупроводниковых материалов : учебное пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2012. - 240 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 11 экз.).

2. Черняев, Владимир Николаевич. Физико-химические процессы в технологии РЭА : Учебник для вузов. - М. : Высшая школа , 1987. - 375[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 52 экз.).

Согласована на портале № 54090

3. Пломодьяло, Р. Л. Нанотехнологии. Получение, методы контроля и международная стандартизация наноматериалов : учебное пособие / Р. Л. Пломодьяло. — Краснодар : КубГТУ, 2018. — 135 с. — ISBN 978-5-8333-0787-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/151171.

4. Лентовский, В. В. Современная лазерная техника : учебное пособие / В. В. Лентовский, Т. Н. Князева. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 30 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/121829 .

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Специальные вопросы технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики: Методические указания к лабораторным работам для студентов направления 12.04.03 – Фотоника и оптоинформатика / Л. Н. Орликов - 2019. 65 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9109.

2. Специальные вопросы технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики: Методические указания к практическим занятиям / Л. Н. Орликов - 2019. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9111.

3. Специальные вопросы технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики: Методические указания по самостоятельной работе / Л. Н. Орликов - 2019. 40 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9112.

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, 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

Учебная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового

Согласована на портале № 54090

проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 110 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные стенды (6 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Оптическая скамья ОСК-4;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория технологии электронных приборов: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 108 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Доска магнитно-маркерная;
- Принтер HP Laser jet M1132;
- Установка вакуумного напыления УВН-2М;
- Течеискатель ПТИ-7;
- Вакуумный универсальный пост ВУП-4 - 2 шт.;
- Установка вакуумного напыления УРМ 387;
- Осциллограф С8-13;
- Осциллограф С1-65А;
- Источник питания Б5-46;
- Прибор комбинированный цифровой Щ4313;
- Вакуумметр ВСБ-1;
- Микроскопы: МБС-10, МИМ-7;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

8.4. 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.

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.

Согласована на портале № 54090

8.5. 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 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 Получение материалов для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Основы кинетики технологических процессов	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Межфазные взаимодействия в технологических процессах	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Вакуумная технология	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 54090

5 Специальные вопросы плазменной технологии приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Специальные вопросы технологии изготовления приборов и устройств	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Процесс эпитаксиального выращивания структур для приборов фотоники, голографии, интегральной и волоконной оптики	ПКР-3	Выступление (доклад) на занятии	Примерный перечень тем для выступления (доклада) на занятии
		Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Методика анализа поверхности и контроль качества эпитаксиальных слоев	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Сервисное обслуживание установок эпитаксии	ПКР-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		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
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

Согласована на портале № 54090

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. Выявите наиболее приоритетные материалы для цели создания оптических волноводов:
   a) стекло;
   b) кристалл с пьезоэффектом;
   c) кекрамика;
   d) прозрачная пластмасса.
2. Выберите наиболее точный метод контроля температуры подложки при формировании сверхрешеток:
   a) измерение оптических постоянных эллипсометром;
   b) лазерный пирометр;
   c) визуальный пирометр с исчезающей нитью;
   d) термопара.
3. Выберите приоритетный источник наибольших загрязнений при изготовлении фотонных устройств:
   a) участок монтажа микросхем;
   b) механический участок;

Согласована на портале № 54090

c) участок литографии;
d) участок вакуумного напыления пленок.

4. Выберите наиболее приоритетный и наиболее эффективный прогрев при обезгаживании керамики:
   a) прогрев электронным лучом;
   b) тепловой прогрев;
   c) СВЧ прогрев;
   d) пропусканием электрического тока.
5. Выберите тип отжига для удаления газов из вольфрамового катода при производстве фотонного устройства:
   a) окислительный отжиг на воздухе;
   b) восстановительный в водороде;
   c) отжиг при давлении, меньшем атмосферного;
   d) отжиг в камере с аргоном.
6. С какой целью подложка прогревается перед началом формирования пленки:
   a) удаление газов из объема подложки;
   b) повышение адгезии;
   c) для уменьшения температурных напряжений;
   d) для повышения равномерности толщины пленки.
7. Критерий оценки межфазового перехода заключается в линии «солидус- ликвидус» это линия…:
   a) перехода твердого состояния в жидкость и обратно;
   b) перехода вещества в пар;
   c) симметрии фазовой диаграммы;
   d) перехода пара в жидкость.
8. Выберите наиболее дешевый вариант безмасляного вакуумного оборудования для обеспечения предварительного вакуума при формировании пленки на фотонном устройстве:
   a) типовой форвакуумный насос с вымораживающей ловушкой;
   b) спиральный форвакуумный насос;
   c) турбомолекулярный насос;
   d) криогенный насос.
9. Водоохлаждаемые масляные ловушки на входе диффузионного насоса применяются для:
   a) уменьшения поток паров масел из насоса в камеру;
   b) уменьшения попадания посторонних предметов;
   c) декоративности;
   d) увеличения скорости откачки.
10. Для очистки фотонного устройства на катод подается положительный ускоряющий потенциал, а в область катода подается аргон. Это.. :
    a) источник электронов;
    b) источник газовых ионов;
    c) источник нейтральных частиц;
    d) источник газометалических ионов.
11. На кристалл ниобата лития наносится пленка алюминия без требований по адгезии. Какой электрофизический метод формирования пленки предпочтительнее:
    a) термическое испарение в вакууме;
    b) формирование с помощью магнетрона;
    c) электродуговое формирование;
    d) катодное распыление.
12. Перед модулем загрузки и выгрузки подложек установки эпитаксии расположен блок подачи чистого воздуха. Это делается для:
    a) для обеспечения комфортных условий персоналу;
    b) соблюдения вакуумной гигиены;
    c) блок используется как стерильный склад;
    d) это рабочее место оператора установки.
13. С какой целью наносится подслой перед формированием пленки:
    a) для увеличения адгезии;

Согласована на портале № 54090

b) для уменьшения газовыделений;
c) для декоративных целей;
d) для улучшения равномерности наносимого слоя.

14. Один из компонентов для формирования эпитаксиальных пленок триметилиндий [In(CH3)3]. Это.. :
    a) молекулярно-лучевая эпитаксия;
    b) МОС- гидридная эпитаксия;
    c) эпитаксия из расплава солей;
    d) газофазная эпитаксия.
15. Чертеж осесимметричной детали для фотонного устройства представлен 6-ю проекциями, вместо 3 по аналогу. Вероятно:
    a) деталь нетехнологична;
    b) деталь технологична;
    c) все сделано для упрощения изготовления;
    d) упрощение размерного анализа.
16. В момент испарения навески производится испарение газопоглотителя для:
    a) повышения равномерности толщины пленки;
    b) уменьшения давления газа в момент испарения;
    c) обеспечения подслоя под пленкой;
    d) прогрева элементов вакуумной системы.
17. Сформулируйте, ваше предложение по настройке типовой вакуумной установки с масляными средствами откачки для формирования пленки на фотокатоде с относительно минимальным содержанием карбидов и нитридов:
    a) использовать вымораживающую ловушку для паров масел;
    b) получить сверхвысокий вакуум;
    c) заменить форвакуумный насос на безмасляный;
    d) ничего не надо делать.
18. Укажите вариант изготовления детали по относительно дешевой прогрессивной технологии:
    a) применение современных материалов;
    b) изготовление по однократной технологии;
    c) изготовление из стандартных элементов;
    d) применение робототехники.
19. Выберите приоритетную марку вакуумной установки с целью формирования оптически активных волноводных слоев на кристалле ниобата лития:
    a) МИР -2;
    b) УРМ 387 (Булат);
    c) УВН-2М;
    d) ВУП-5.
20. Выберите метод для измерения толщины прозрачной токопроводящей пленки окиси олова:
    a) эллипсометр;
    b) визуальный микроскоп;
    c) резистивный метод;
    d) измерение толщины "на просвет".

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Общая схема очистки материалов при формировании приборов оптической электроники и фотоники.
2. Способы улучшения стехиометрии и чистоты пленок.
3. Принципы контроля скорости и толщины нанесения пленок.
4. Прогнозирование качества пленок в зависимости от метода их получения.
5. Приемы повышения адгезии пленок.
6. Методы анализа пленок на монокристалличность.
7. Технологические приемы улучшения равномерности толщины напыления покрытий.
8. Условия проведения различных эпитаксий.
9. Виды литографий, их достоинства и недостатки.

Согласована на портале № 54090

10. Механизмы ионного травления и их приоритетность при обработке конкретных материалов.
11. Единая система допусков, посадок и квалитетов.
12. Как проводится электрическая развязка систем охлаждения от высокого напряжения.
13. Методы герметизации электронных приборов.
14. Системы пневмоавтоматики для управления процессами.
15. Методы изоляции элементов интегральных микросхем.
16. Порядок размещения элементов микросхем на подложке.
17. Пути повышения радиационной стойкости электронных приборов.
18. Правила устройства электроустановок с позиций эргономики, технической эстетики и дизайна

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Измерение параметров вакуумной системы на ЭВМ в реальном режиме времени
2. Моделирование условий формирования окисных пленок легкоплавких металлов
3. Сервисное обслуживание вакуумной установки УВН 2М-1

9.1.4. Темы практических заданий

1. Расчет электрофизических параметров источников
2. Технология формирования акустоэлектронных элементов, технология изготовления волноводов

9.1.5. Примерный перечень тем для выступления (доклада) на занятии

1. Металлизация конкретного изделия.
2. Формирование покрытий с конкретными функциональными свойствами на конкретных изделиях.
3. Формирование пленок на плоскостях, трубах или изделиях (внутри или снаружи).
4. Нанесение декоративных покрытий под золото на конкретные изделия; материалы подложек: алюминий, полиэтиленовой пленка, лавсан, винипроз, стекло, керамика и т.д.
5. Ионная обработка материалов (травление, очистка, полировка).
6. Модификация поверхности под действием ионного или электронного воздействия.
7. Разработка программных продуктов и отработка технологии программирования при проведении технологических процессов.
8. Процесс изготовления волновода на ниобате лития.
9. Процесс изготовления волновода на стеклах.
10. Процесс ионного травления ниобата лития.
11. Технология формирования солнечного элемента.
12. Технология формирования окисной пленки титана на танталате висмута, ниобате лития.
13. Процесс легирования и диффузии элементов (железо, медь, свинец, церий и др.) в ниобат лития
14. Технология формирования окисной пленки на пьезокристалле
15. Технология ионного легирования или ионной имплантации в пьезокристаллы.
16. Процесс формирования зеркальных покрытий с внешним отражающим слоем.

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

Согласована на портале № 54090

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 9.2.

Таблица 9.2 – 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, 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;

Согласована на портале № 54090

– 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 № 54090

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП
протокол № 87 от «20» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	С.М. Шандаров	Согласовано, ab3ff0e2-dc9a-420c-9fb4-5f882facc349
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ЭП	А.И. Аксенов	Согласовано, d90d5f87-f1a9-4440-b971-ce4f7e994961
Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Согласовано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ЭП	Л.Н. Орликов	Разработано, 8afa57b7-3fcf-44bc-922a-3c3f168876e6

Согласована на портале № 54090