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

Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики

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: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	12	12	часов
2	Практические занятия	24	24	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	52	52	часов
5	Самостоятельная работа	56	56	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е.

Экзамен: 3 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 30043

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ЭП	_____	Л. Н. Орликов
Заведующий обеспечивающей каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ	_____	А. И. Воронин
Заведующий выпускающей каф. ЭП	_____	С. М. Шандаров

Эксперты:

Заведующий кафедрой электронных приборов (ЭП)	_____	С. М. Шандаров
Доцент кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	А. И. Аксенов

Согласована на портале № 30043

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины является изучение теоретических основ нанотехнологий, получивших наиболее широкое распространение в фотонике и оптоинформатике.

1.2. Задачи дисциплины

– формирование знаний, умений, и практических навыков по выбору оптимальных режимов обработки подложек для получения фотонных устройств с заданными параметрами;

– формирование компетенций, необходимых для решения поставленных задач.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики» (Б1.Б.3) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Лазерные и электронно-ионные технологии фотоники, Материалы нелинейной оптики и динамической голографии.

Последующими дисциплинами являются: Научно-исследовательская работа (рассред.), Преддипломная практика.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОК-2 способностью действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения;

– ОПК-1 способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные представления о наноматериалах, физических основах нанотехнологий; основные принципы нанодиагностики и наномодификации материалов; современные разработки в области нанофотоники и наноинженерии; технологии модификации материалов в нанометровом диапазоне; цели и задачи исследования; особенности применения элементов фотоники в системах оптической передачи и обработки информации;

– **уметь** действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения; проводить технико-экономический анализ эффективности проектируемых объектов, оценивать инновационные риски принятых решений; использовать современные информационные технологии в научно- исследовательской деятельности в области фотоники и оптоинформатики; работать с приборами и оборудованием, используемым в нанотехнологиях фотоники и оптоинформатики; работать с базами данных по нанотехнологиям; формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки; оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования; обосновывать выбор математических моделей на основе принципов идентификации физических процессов и технических систем в фотонике и оптоинформатике

– **владеть** навыками использования современных методов моделирования свойств материалов, процессов и систем; навыками экспериментальных исследований в области нанотехнологий в фотонике и оптоинформатике; процедурами защиты интеллектуальной собственности; современными методами проектирования объектов в профессиональной сфере; навыками постановки цели физических исследований; критериями оценки результатов работы.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	52	52

Согласована на портале № 30043

Лекции	12	12
Практические занятия	24	24
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	56	56
Подготовка к контрольным работам	4	4
Выполнение индивидуальных заданий	6	6
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	4	4
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	26	26
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

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
3 семестр						
1 Введение. Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники.	2	3	4	11	20	ОК-2, ОПК-1
2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков	2	9	4	17	32	ОК-2, ОПК-1
3 Методы оптической литографии. Современные технологии оптической литографии: концепции развития, основы нанолитографии, иммерсионная литография, голографическая литография.	4	4	4	11	23	ОК-2, ОПК-1
4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах с различной размерностью	4	8	4	17	33	ОК-2, ОПК-1
Итого за семестр	12	24	16	56	108	
Итого	12	24	16	56	108	

Согласована на портале № 30043

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
3 семестр			
1 Введение. Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники.	Введение. Понятие наноструктур. Эффекты реализуемые на опто и акусто электронных элементах. Квантовые ямы, квантовые точки. Фуллерены. Теория одноэлектронного квантового транзистора. Безмасляные вакуумные системы для роста квантоворазмерных наноструктур	2	ОК-2, ОПК-1
	Итого	2	
2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков	Виды эпитаксий, условия и оборудование ее проведения. Газофазная, МОС-гидридная, молекулярно-лучевая эпитаксии. Контроль параметров роста нанослоев	2	ОПК-1
	Итого	2	
3 Методы оптической литографии. Современные технологии оптической литографии: концепции развития, основы нанолитографии, иммерсионная литография, голографическая литография.	Суть, виды, методы и оборудование литографий-.Современные технологии оптической и электронно-ионной литографии: концепции развития. Основы нанолитографии, иммерсионная, голографическая, лазерная литография.Общая схема литографического процесса.	4	ОПК-1
	Итого	4	
4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полу-проводниковых средах с различной размерностью	Техника и технология формирования периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах с различной размерностью. Технология легирования и имплантации примесей. Кинетика синтеза нанослоев. Диффузионные и сорбционные явления при формировании наноструктур.	4	ОК-2, ОПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

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

Согласована на портале № 30043

	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Лазерные и электронно-ионные технологии фотоники	+	+	+	+
2 Материалы нелинейной оптики и динамической голографии		+		+
Последующие дисциплины				
1 Научно-исследовательская работа (рассред.)	+	+	+	+
2 Преддипломная практика	+	+	+	+

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

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ОПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

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
3 семестр			
1 Введение. Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники.	Спектрометрия газовыделения из кристаллов	4	ОК-2, ОПК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 30043

2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков	Молекулярная эпитаксия	4	ОК-2, ОПК-1
	Итого	4	
3 Методы оптической литографии. Современные технологии оптической литографии: концепции развития, основы нанолитографии, иммерсионная литография, голографическая литография.	Исследование процесса ионно-плазменного распыления материалов	4	ОК-2, ОПК-1
	Итого	4	
4 Формирование периодических нано-структур в диэлектрических и полу-проводниковых средах с различной размерностью	Исследование процесса электронно-лучевой обработки материалов в безмасляном вакууме	4	ОПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Введение. Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники.	Безмасляные вакуумные системы для эпитаксии и их расчет	2	ОПК-1, ОК-2
	Обсуждение индивидуальных заданий	1	
	Итого	3	
2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков	Расчет параметров формирования нанослоев (скорости, толщины, массопереноса).	2	ОК-2, ОПК-1
	Разработка алгоритма работы эпитаксиального вакуумного оборудования	2	
	Расчет параметров газофазных реакций, расчет сорбционных и диффузионных процессов	2	
	Расчет электрофизических параметров электронно и ионно-лучевого оборудования для формирования и обработки эпитаксиальных нанослоев	2	
	Обсуждение индивидуальных заданий	1	
	Итого	9	
3 Методы оптической	Решение задач по теме литографии	2	ОК-2,

Согласована на портале № 30043

литографии. Современные технологии оптической литографии: концепции развития, основы нанолитографии, иммерсионная литография, голографическая литография.	Обсуждение индивидуальных заданий	2	ОПК-1
	Итого	4	
4 Формирование периодических нано-структур в диэлектрических и полу-проводниковых средах с различной размерностью	Разработка маршрутной карты для формирования покрытий в вакууме.	2	ОК-2, ОПК-1
	Разработка операционных карт технологического процесса	2	
	Расчет параметров технологичности процесса формирования нанослоев	2	
	Обсуждение индивидуальных заданий	2	
	Итого	8	
Итого за семестр		24	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение. Основные определения и физические основы нанотехнологий фотоники.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ОК-2	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Выполнение индивидуальных заданий	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	11		
2 Эпитаксия, нанесение металлов и диэлектриков	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОК-2, ОПК-1	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, От-

Согласована на портале № 30043

	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		чет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Выполнение индивидуальных заданий	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	17		
3 Методы оптической литографии. Современные технологии оптической литографии: концепции развития, основы нанолитографии, иммерсионная литография, голографическая литография.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОК-2, ОПК-1	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Выполнение индивидуальных заданий	1		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	11		
4 Формирование периодических наноструктур в диэлектрических и полупроводниковых средах с различной размерностью	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОК-2, ОПК-1	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Подготовка к практиче-	2		

Согласована на портале № 30043

	ским занятиям, семинарам			
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Выполнение индивидуальных заданий	3		
	Подготовка к контрольным работам	1		
	Итого	17		
Итого за семестр		56		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		92		

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
3 семестр				
Конспект самоподготовки	2	2	2	6
Контрольная работа	8	8	8	24
Опрос на занятиях	4	4	4	12
Отчет по индивидуальному заданию			10	10
Отчет по лабораторной работе	6	6	6	18
Итого максимум за период	20	20	30	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	20	40	70	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

Согласована на портале № 30043

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. Александров С. Е., Греков Ф. Ф. Технология полупроводниковых материалов: Учебное пособие. 2 е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 240 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978 5 8114 1290 7 [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/3554/, дата обращения: 09.06.2018.

2. Основы физики плазмы: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. / Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров И.Е. - СПб.: Издательство "Лань", 2011. - 448 с. ISBN 978-5-8114-1198-6. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/1550/, дата обращения: 09.06.2018.

3. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2005. - 316 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 310-313. - ISBN 5-86889-244-5 (наличие в библиотеке ТУСУР - 103 экз.)

4. Смирнов, Ю.А. Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 320 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/5855/#1, дата обращения: 09.06.2018.

12.2. Дополнительная литература

1. Физико-химические процессы в технологии РЭА : Учебник для вузов / Владимир Николаевич Черняев. - М. : Высшая школа, 1987. - 375[1] с. : ил (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.)

2. Молекулярно-лучевая эпитаксия : учебное пособие / Л. Н. Орликов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 107 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

3. Специальные вопросы технологии: учебное пособие / Л. Н. Орликов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 229 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 51 экз.)

Согласована на портале № 30043

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: Методические указания к практическим занятиям / Орликов Л. Н. - 2012. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2979, дата обращения: 09.06.2018.
2. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: Методические указания к самостоятельной работе / Орликов Л. Н. - 2012. 36 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2980, дата обращения: 09.06.2018.
3. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики: Методические указания к лабораторной работе / Орликов Л. Н. - 2012. 75 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2978, дата обращения: 09.06.2018.

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. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru
2. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/
3. Информационные, справочные и нормативные базы данных: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

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

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 108 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;

Согласована на портале № 30043

- Компьютер (2 шт.);
- 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

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 108 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Компьютер (2 шт.);
- 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

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

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

Согласована на портале № 30043

- 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.

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. Предложите приоритетный вариант окисления пленки олова на типовой установке вакуумного напыления с масляными средствами откачки:

a) подача инертного газа с 5% кислорода;
b) получение кислорода из порции воды;
c) прокаливание кислородосодержащих солей;
d) прогрев кубика льда.

2. Оцените присутствие углеводородов в спектре остаточных газов в вакуумной камере из обычной стали подключенной к турбомолекулярному насосу:

a) создан «чистый безмасляный» вакуум;
b) доля углеводородов почти не уменьшилась;
c) спектр не отличается от масляного;
d) доля углеводородов увеличилась.

Согласована на портале № 30043

3. Методом эпитаксии выращивают пленки:

a) кристаллические;

b) аморфные;

c) крупнозернистые;

d) мелкозернистые.

4. Ваше решение, если спустя 10 минут от включения диффузионного насоса проявилась нестандартная ситуация: в здании отключилась электроэнергия:

a) обращаться в энергетическую службу;

b) закрыть все затворы, напустить воздух в механический насос, выключить рубильник;

c) выключить питание установки;

d) ничего не делать.

5. Выберите вариант формирования высококачественных пленок на элементах оптоэлектроники в условиях поточного производства:

a) безтигельное формирование пленок СВЧ испарением навески;

b) электронно-лучевое безтигельное;

c) магнетронное;

d) ионно-плазменное.

6. Приоритетное направление газофазной реакции окисления пленки титана на ниобате лития определяется по:

a) изменению температуры во времени;

b) изменению давления во времени;

c) изменению давления от температуры;

d) по отсутствию изменений давления и температуры.

7. Для повышения адгезии Вы принимаете нестандартное решение– ввести операцию «высокотемпературного вжигания пленки». Ваше действие и ответственность в данной ситуации:

a) прогреваете подложку вместе с пленкой;

b) проводите анализ возможностей установки;

c) уменьшаете температуру подложки;

d) повышаете температуру испарителя.

8. Назначение подслоя при формировании пленок:

a) повысить адгезию;

b) декоративная цель;

c) уменьшение газовыделения из подложки;

d) улучшения равномерности распределения толщины.

9. Нестандартная ситуация: формирование фотокатодов идет по программе «время-команда». Вы обнаружили, что обеспечивается недостаточный вакуум. Ваши действия:

a) переходите на программу «Время- параметр»;

b) продолжаете работу по прежней программе;

c) перестраиваете время на подачу команд;

d) проводите профилактику вакуумной системы.

10. Маршрутная карта определяет:

a) последовательность технологических операций;

b) маршрут изготовления изделия;

c) операции на конкретном рабочем месте;

d) операции над участниками процесса.

11. При формировании пленки произошла нестандартная ситуация: установка вышла на высокий вакуум, предельный для измерения термопарным датчиком, но высоковакуумный датчик отказал. Ваши действия:

a) рассчитаете время, необходимое для высоковакуумной откачки и продолжите процесс;

b) остановите процесс;

c) будете затягивать время процесса;

d) продолжите процесс по интуиции.

12. Предложите приоритетный вариант формирования алюминиевого контакта на кристалле ниобата лития на типовой вакуумной установке:

Согласована на портале № 30043

a) электродуговое на установке УРМ 387 (булат);

b) термическое на установке УВН-2М;

c) катодное напыление на установке ВУП-4;

d) ионно-плазменное напыление на установке УРМ 382.

13. Нестандартная ситуация. Во время выхода высоковакуумного диффузионного насоса на режим отключилась вода на охлаждение насоса. Ваши действия:

a) снять нагрев, форвакуумный насос работает;

b) закрываете затворы, форвакуумный насос работает;

c) продолжаете работать;

d) выключаете установку.

14. Предложите приоритетный метод стимулирования процесса ионного травления пьезокристалла:

a) снятие поверхностного заряда с пьезоэлектрика;

b) увеличение ионного тока;

c) увеличение ускоряющего напряжения;

d) травление в среде галогеносодержащих газов.

15. На 10 минуте запуска вакуумной установки проявилась нестандартная ситуация: включили нагрев высоковакуумного диффузионного насоса, но забыли включить форвакуумный насос для откачки выхода насоса. Ваши действия:

a) снять нагрев, включить форвакуумный насос;

b) включить форвакуумный насос;

c) продолжать работать;

d) обсудить ситуацию с коллегами.

16. Предложите приоритетный способ уменьшения количества газов в пленках при термическом испарении материала в вакууме:

a) повышенная температура подложки;

b) подача потенциала на подложку;

c) работа на легких газах;

d) работа в безмасляном вакууме.

17. После плановых профилактических работ на установке молекулярно-лучевой эпитаксии возникла нестандартная ситуация: датчики не показывают наличие вакуума, форвакуумные вакуумнасосы работают с перегрузкой. Ваши действия:

a) делаете ревизию мест профилактики;

b) проводите затяжку всех соединений;

c) запускаете течеискатель для обнаружения негерметичности;

d) выполняете поиск течи методом пробной жидкости.

18. Выберите критерий оценки начала ионного травления подложки:

a) изменение давления в рабочей камере;

b) изменение вольтамперной характеристики источника ионов и спектра излучения разряда;

c) изменение температуры подложки;

d) изменение температуры катода ионного источника.

19. Нестандартная ситуация. Стеклянная подложка разбилась и попала в диффузионный насос. Ваши действия:

a) собрать осколки, очистить вход диффузионного насоса;

b) разобрать насос и достать осколки;

c) продолжать работать;

d) учитывать влияние газовыделения стекла на работу насоса.

20. Выберите приоритетный датчик для измерения сверхнизкого давления (10-8Па) :

a) манометр сопротивления;

b) электроразрядный с накаленным катодом;

c) Ионизационный датчик;

d) термопарный датчик.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

Квантовая точка, параметры и методы получения

Согласована на портале № 30043

Ионный синтез нанослоев
Квантовые ямы
Понятие каллоидальной точки
Нанотрубки и устройства на их основе
Фуллерены, свойства и методы их получения
Схемы безмасляных вакуумных систем для нанотехнологий
Методы получения кристаллических пленок
Кинетическое уравнение процесса откачки газа
Расчет вакуумных систем
Охарактеризуйте общие условия искусственной эпитаксии.
Назовите виды литографий и их разрешающие возможности.
Охарактеризуйте позитивные и негативные фоторезисты.
Приведите типовой фотолитографический процесс.
Опишите методы нанесения фоторезиста, их достоинства и недостатки.
Охарактеризуйте методы совмещения изображений.
Как проводится перенос изображения в топологические слои?
Приведите критерии выбора фотошаблонов.
Назовите методы мультипликации и репродуцирования.
Поясните принцип работы фотоповторителя.
Охарактеризуйте методы травления фоторезиста.
Сравните термоионное и электронно-лучевое осаждение пленок.
Каковы особенности безтигельного испарения пленок?
Как получить пленки равномерной толщины?
Каковы особенности испарения сублиматоров?

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Безмасляные вакуумные системы для эпитаксии и их расчет: расчет параметров формирования нанослоев (скорости, толщины, массопере-носа); разработка алгоритма работы эпитаксиального вакуумного оборудования; расчет параметров газофазных реакций, расчет сорбционных и диффузионных процессов; расчет электрофизических параметров электронно и ионно-лучевого оборудования для формирования и обработки эпитаксиальных нанослоев.

Решение задач по теме литографии.

Разработка маршрутной карты для формирования покрытий в вакууме.

Разработка операционных карт тех процесса.

Расчет параметров технологичности процесса формирования нанослоев.

Обсуждение индивидуальных заданий.

14.1.4. Темы индивидуальных заданий

Формирование покрытий с конкретными функциональными свойствами на кон-кретном кристалле.

Нанесение оптических покрытий на конкретные изделия; материалы подложек: кристалл, полиэтиленовой пленка, лавсан, винипроз, стекло, керамика и т.д.

Ионная обработка конкретных материалов (травление, очистка, полировка).

Модификация поверхности под действием ионного или электронного воздействия.

Разработка программных продуктов и отработка технологии программирования при проведении технологических процессов.

Процесс изготовления оптического волновода на ниобате лития.

Процесс изготовления волновода на стеклах.

Технология формирования окисной пленки титана на танталате висмута, ниобате лития или на стекле.

Процесс легирования и диффузии элементов (железо, медь, свинец, церий и др.) в ниобат лития

Технология ионного легирования или ионной имплантации в пьезокристаллы.

Процесс формирования зеркальных покрытий с внешним отражающим слоем.

Согласована на портале № 30043

14.1.5. Темы контрольных работ

Расчет параметров формирования нанослоев (скорости, толщины, массопереноса).

Разработка алгоритма работы эпитаксиального вакуумного оборудования.

Расчет параметров газофазных реакций, расчет сорбционных и диффузионных процессов

Расчет электрофизических параметров оборудования для формирования и обработки нано-слоев.

Разработка маршрутной карты для формирования покрытий в вакууме.

14.1.6. Вопросы на самоподготовку

Адсорбция, абсорбция, хемосорбция, десорбция.

Расчет безмасляных вакуумных систем.

Программное управление оборудованием.

Условия проведения эпитаксий.

Подготовка подложек для эпитаксии.

Вакуумная гигиена.

Легирование при эпитаксии

Виды прецезионных литографий.

Фотошаблоны.

Прецезионное ионное травление.

Эллипсометрия в контроле поверхности подложек.

Модели роста кристалла.

Процесс расшифровки кинетики роста квантовых точек и сверхрешеток при молекуляр-ной эпитаксии

14.1.7. Темы лабораторных работ

Спектрометрия газовыделения из кристаллов

Молекулярная эпитаксия

Исследование процесса ионно-плазменного распыления материалов

Исследование процесса электронно-лучевой обработки материалов в безмасляном вакууме

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:

Согласована на портале № 30043

– 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 № 30043