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

Интегральная оптоэлектроника

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Лабораторные работы	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
4	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
5	Самостоятельная работа	36	36	часов
6	Всего (без экзамена)	72	72	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Экзамен: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 36121

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 91 от «19» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

Доцент каф. ФЭ _____ Ю. В. Сахаров

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ) _____ И. А. Чистоедова

Заведующий кафедрой физической электроники (ФЭ) _____ П. Е. Троян

Согласована на портале № 36121

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

дать представления о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе современной оптоэлектроники, определить ее возможности и пути дальнейшего развития, рассмотреть принципы работы, особенности конструкций, технические характеристики и основные параметры приборов и устройств интегральной оптоэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

– Изучить принцип оптоэлектронного преобразования информационных сигналов в интегральных структурах на основе оптронов, матриц излучателей и фотоприемников, устройств ввода и отображения информации.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Интегральная оптоэлектроника» (Б1.В.ДВ.4.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники, Гетероструктурные полупроводниковые приборы, Основы СВЧ-электроники, Технология арсенид-галлиевой гетероструктурной электроники, Технология кремниевой наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС, Проектирование и технология электронной компонентной базы, Физические основы надежности изделий твердотельной электроники.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;

– ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;

– ПК-10 способностью разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники;

– ПК-12 способностью разрабатывать технологическую документацию на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** физические принципы функционирования основных элементов и приборов интегральной оптоэлектроники, их основные параметры и технологию изготовления.

– **уметь** Проводить исследования и определять основные параметры элементов и приборов интегральной оптоэлектроники.

– **владеть** Основными методиками по определению основных параметров элементов и приборов интегральной оптоэлектроники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	18	18
Лабораторные работы	18	18
Из них в интерактивной форме	12	12

Согласована на портале № 36121

Самостоятельная работа (всего)	36	36
Оформление отчетов по лабораторным работам	18	18
Подготовка к лабораторным работам	10	10
Проработка лекционного материала	8	8
Всего (без экзамена)	72	72
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

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	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр					
1 Введение	2	0	2	4	ПК-1
2 Оптика полоупроводников	4	0	2	6	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4
3 Гетероструктуры и квантовые размерные эффекты в полупроводниках	4	0	1	5	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4
4 Приборы и устройства интегральной оптоэлеткроники	4	18	29	51	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4
5 Технология изготовления элементов и приборов интегральной оптоэлеткроники	4	0	2	6	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	18	18	36	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	Цели и задачи курса. Оптические методы передачи, обработки и хранения информации, их роль в современной науке и технике. Терминология, основные понятия и определения. Краткая историческая справка.	2	ПК-1
	Итого	2	

Согласована на портале № 36121

2 Оптика полоупроводников	Зонная структура полупроводниковых кристаллов групп A ,A4 B4, A3 B5 и A2 B6 . Особенности электронного спектра полупроводниковых твердых растворов. Приближение виртуального кристалла. Эффекты беспорядка. Электронные состояния в аморфных полупроводниках. Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Собственное поглощение. Экситонные эффекты. Собственное поглощение в твердых растворах и сильно легированных полупроводниках. Примесное поглощение. Поглощение свободными носителями заряда. Поглощение на колебаниях решетки. Рефракция света в полупроводниках и твердых растворах. Излучательная рекомбинация в полупроводниках. Квазиуровни Ферми. Механизмы люминесценции. Связь спектров поглощения и люминесценции. Излучательное время жизни. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Безизлучательная рекомбинация. Процессы Оже. Влияние легирования и внешних воздействий на свойства полупроводников. Фотоэлектрические эффекты. Стационарная фотопроводимость. Спектры фотопроводимости. Кинетика фотопроводимости в случае линейной и квадратичной рекомбинации. Фотодиффузионный эффект. Увлечение носителей заряда фотонами. Фотовольтаические эффекты.	4	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4
	Итого	4	
3 Гетероструктуры и квантовые размерные эффекты в полупроводниках	Гетероструктуры в полупроводниках. Идеальный гетеропереход. Резкие и плавные гетеропереходы. Варизонные структуры. Требования к материалам. Энергетические диаграммы. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Оптическое и электронное ограничение. Гетероструктуры с квантовыми размерными слоями. Эффекты размерного квантования. Квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки. Электронный спектр двумерных и одномерных систем. Сверхрешетки. Различные типы сверхрешеток. Легированные сверхрешетки. Напряженные сверхрешетки. Свойства электронов в сверхрешетках. Методы и технология изготовления полупроводниковых гетероструктур и сверхрешеток.	4	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4
	Итого	4	
4 Приборы и устройства интегральной оптоэлеткроники	Светодиоды и лазеры на основе полупроводниковых гетероструктур. Квантовые каскадные лазеры. Лавинные фотодиоды. Фотоприемники. Приборы управления оптическим излучением. Оптроны и оптические датчики. Оптические модуляторы на основе эффекта Штарка. Индикаторы, дисплеи и оптические запоминающие устройства. Воло-	4	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4

Согласована на портале № 36121

	конно-оптические линии связи. ИК-фотоприемники на полупроводниковых гетероструктурах. Элементы интегральной оптики. Оптические методы обработки информации.		
	Итого	4	
5 Технология изготовления элементов и приборов интегральной оптоэлеткроники	Методы создания p-n и гетеропереходов в полупроводниках, методы обработки и защиты поверхности приборных структур, методы нанесения металлических и диэлектрических пленок. Эпитаксиальные методы в технологии оптоэлектронных приборов. Метод химических газотранспортных реакций, молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксиальное выращивание из жидкой фазы. Технология оптоэлектронных приборов: светодиодов и лазеров, опторонов, фотоприемников, преобразователей солнечной энергии. Технология элементов интегральной оптики. Основные тенденции в технологии оптоэлектронных приборов.	4	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

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	5
Предшествующие дисциплины					
1 Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники	+	+	+	+	+
2 Гетероструктурные полупроводниковые приборы	+	+	+	+	+
3 Основы СВЧ-электроники	+	+	+	+	+
4 Технология арсенид-галлиевой гетероструктурной электроники	+	+	+	+	+
5 Технология кремниевой наноэлектроники	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины					
1 Моделирование и проектирование гетероструктурных СВЧ МИС	+	+	+	+	+
2 Проектирование и технология электронной компонентной базы	+	+	+	+	+
3 Физические основы надежности изделий твердотельной электроники				+	+

Согласована на портале № 36121

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.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-4	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-10	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-12	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные лабораторные занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
2 семестр			
Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением		6	6
Поисковый метод	4		4
Работа в команде	2		2
Итого за семестр:	6	6	12
Итого	6	6	12

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			
4 Приборы и устройства интегральной оптоэлеткроники	Исследование спектральных характеристик и внешней квантовой эффективности полупроводниковых светодиодов	4	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4

Согласована на портале № 36121

	Исследования исследования фоторадиометрических параметров излучающих светодиодов	4	
	Исследование кремниевого солнечного элемента	2	
	Исследование интегральных оптопар	4	
	Исследование спектральной чувствительности кремниевого фотодиода ФД-24К и спектра излучения ртутно-гелиевой газоразрядной лампы ДРГС-12	4	
	Итого	18	
Итого за семестр		18	

8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП.

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
2 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	2	ПК-1	Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Итого	2		
2 Оптика полоупроводников	Проработка лекционного материала	2	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Итого	2		
3 Гетероструктуры и квантовые размерные эффекты в полупроводниках	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Итого	1		
4 Приборы и устройства интегральной оптоэлеткроники	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Подготовка к лабораторным работам	10		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	18		
	Итого	29		
5 Технология изготовления элементов и приборов интегральной оптоэлеткроники	Проработка лекционного материала	2	ПК-1, ПК-10, ПК-12, ПК-4	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Итого	2		
Итого за семестр		36		

Согласована на портале № 36121

	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		72		

10. Курсовой проект / курсовая работа

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	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе		20	20	40
Тест		5	10	15
Итого максимум за период	5	30	35	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	5	35	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
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	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 36121

зачтено)		

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Игнатов ; ред. С. В. Макаров ; рец.: А. М. Копылов, И. А. Деребезов ; худож. Е. А. Власова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Лань, 2017 [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/95150/#3 (дата обращения: 01.07.2018).
2. Оптоэлектронные устройства на полупроводниковых излучателях / Э. С. Мусаев. - М. : Радио и связь, 2004. - 205 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)
3. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие для вузов / А. Н. Игнатов. - СПб. : Лань, 2011. - 539 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)
2. Прикладная оптоэлектроника / О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2004. - 414 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 44 экз.)
3. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники: учебное пособие для вузов: в 2 ч. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 - . - ISBN 978-5-94774-913-7. Ч. 2 / В. М. Рощин, М. В. Силибин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 181 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 25 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Смирнов С.В. Интегральная оптоэлектроника: Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работы для студентов магистратуры, обучающихся по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника». – изд-во Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018. – 47 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Smirnov/IO_Lab.pdf (дата обращения: 01.07.2018).

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. https://elibrary.ru - научная электронная библиотека
2. https://edu.tusur.ru - научно - образовательный портал ТУСУРа
3. https://materials.springer.com - это самая полная база данных, описывающая свойства и характеристики материалов. Она аккумулирует информацию из таких дисциплин, как материаловедение, физика, физическая и неорганическая химия, машиностроение и др

Согласована на портале № 36121

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 лабораторных работ

Лаборатория гетероструктурной электроники и светодиодной техники
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа
634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 216 ауд.
Описание имеющегося оборудования:
- Оптический УФ спектрометр USB2000;
- ИК Фурье-спектрометр Infralum FT-801 с приставкой на отражение;
- Растровый электронный микроскоп Hitachi TM-1000 с микроанализатором Bruker Quantax 50EDX;
- Рамановский спектрометр Avantes-532TEC;
- Измеритель параметров полупроводниковых приборов Метроном-03;
- Микроинтерферометр Линника МИИ-4М;
- Цифровой RLC-метр Protek 9216A;
- Измеритель иммитанса МНИПИ Е7-20;
- Компьютер (4 шт.);
- Ноутбук;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- AvaSoft ThinFilm – USB1
- AvaSoft-Raman for AvaSpec
- AvaSpec – USB 1
- OOIBase
- PDF-XChange Viewer
- ВАХ
- ВФХ

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 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.

Согласована на портале № 36121

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

Какой квантовый эффект лежит в основе работы оптических модуляторов
а) эффект Штарка
б) эффект Джозефсона
в) эффект Холла
г) эффект Зеемана

2. Какая длина волны соответствует нижней границе оптического диапазона?
а) 1 нм;
б) 10 нм;
в) 100 нм;
г) 1 мкм.

3. Максимальное различие постоянных решеток для материалов входящих в гетероструктуру не должно превышать:
а) 1 %
б) 0,1 %
в) 5 %
г) 8 %

4. В какую из сверхрешеток входят полупроводники с одинаковым химическим составом:
а) композиционную
б) легированную
в) модулировано –легированную

Согласована на портале № 36121

г) во все перечисленные.

5. Какое обозначение соответствует оптотрону?
а) АЛС316А;
б) АП601В;
в) АОТ301А;
г) ЗЛ341Г.

6. Какое минимальное количество энергетических уровней должно быть в квантовой яме двойной гетероструктуры:
а) 0
б) 1
в) 4
г) 9

7 Как измениться длина волны излучения светодиода, изготовленного на основе гетероструктуры с квантовыми ямами, при уменьшении их толщины:
а) уменьшится
б) увеличится
в) останется постоянной
г) может уменьшиться или увеличиться в зависимости от материалов гетероструктуры.

8. Какой материал относится не к прямозонным?
а) ZnSe;
б) GaP;
в) GaN;
г) CdS.

9. Какие материалы позволяют создавать гетерооптоэлектронные приборы?
а) Ge-Ge;
б) Si-Si;
в) GaAs-GaAlAs;
г) GaAs-GaAs.

10. Какой механизм генерации излучения реализуется в полупроводниках?
а) эффект термоэлектронной эмиссии;
б) эффект генерации электронно-дырочных пар;
в) эффект рекомбинации;
г) эффект фотолюминесценции.

11. Какой параметр характеризует распространение электромагнитной волны?
а) длина волны;
б) показатель преломления;
в) напряженность электрического поля;
г) начальная фаза.

12. Что называется модой оптического излучения?
а) электромагнитная волна;
б) частота излучения;
в) степень когерентности;
г) поляризация излучения.

13. Какой из методов эпитаксии, позволяет получать качественную гетерограницу в гетростуктурах:

Согласована на портале № 36121

а) молекулярно – лучевая
б) химическое осаждение из газовой фазы металлоорганических соединений (MOCVD)
в) жидкостная
г) газовая

14. От чего зависит частота излучения светодиода?
а) от напряжения;
б) от прямого тока;
в) от ширины запрещенной зоны;
г) от обратного напряжения.

15. Какие условия необходимы для возникновения лазерной генерации?
а) условие баланса фаз;
б) условие баланса;
в) наличие элемента накачки;
г) наличие оптического резонатора.

16. На каком эффекте основана работа полупроводниковых фотоприемников?
а) рекомбинация электронов и дырок;
б) генерация электронов и дырок за счет электрического поля;
в) разделение электронно-дырочных пар под действием фотонов;
г) образование электронно-дырочных пар по действием фотонов.

17. Как используется закон Бугера в оптоэлектронике?
а) позволяет рассчитать числовую апертуру;
б) позволяет определить фоточувствительность фотоприемника;
в) позволяет оценить степень поглощения света в твердом теле;
г) позволяет определить граничную длину волны фотоприемника.

18. Каковы особенности ЛФД-фотоприемников?
а) фотодиффузионный режим;
б) низкий уровень собственных шумов;
в) возможность усиления фототока;
г) повышенный уровень собственных шумов.

19. Что предусматривается в структуре фотоприемника для повышения чувствительности?
а) короткая поглощающая свет область;
б) длинная поглощающая свет область;
в) узкая поглощающая свет область;
г) оптические контакты с низким сопротивлением.

20. В какой области фотоносители перемещаются, используя механизм дрейфа?
а) оптических контактов;
б) p-n перехода;
в) в пассивной p области;
г) в пассивной n области.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Оптические методы передачи, обработки и хранения информации, их роль в современной науке и технике.

2. Зонная структура полупроводниковых кристаллов групп A ,A4 B4, A3B5 и A2B6 . Особенности электронного спектра полупроводниковых твердых растворов.

3. Приближение виртуального кристалла. Эффекты беспорядка.

4. Электронные состояния в аморфных полупроводниках. Оптические переходы в полупроводниках.

Согласована на портале № 36121

5. Правила отбора и законы сохранения. Собственное поглощение. Экситонные эффекты.

6. Собственное поглощение в твердых растворах и сильно легированных полупроводниках. Примесное поглощение. Поглощение свободными носителями заряда. Поглощение на колебаниях решетки.

7. Рефракция света в полупроводниках и твердых растворах. Излучательная рекомбинация в полупроводниках. Квазиуровни Ферми.

8. Механизмы люминесценции. Связь спектров поглощения и люминесценции. Излучательное время жизни.

9. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Безизлучательная рекомбинация.

10. Процессы Оже. Влияние легирования и внешних воздействий на свойства полупроводников.

11. Фотоэлектрические эффекты. Стационарная фотопроводимость. Спектры фотопроводимости. Кинетика фотопроводимости в случае линейной и квадратичной рекомбинации.

12. Фотодиффузионный эффект. Увлечение носителей заряда фотонами. Фотовольтаические эффекты.

13. Гетероструктуры в полупроводниках. Идеальный гетеропереход. Резкие и плавные гетеропереходы. Варизонные структуры. Требования к материалам.

14. Энергетические диаграммы гетероструктур. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Оптическое и электронное ограничение.

15. Гетероструктуры с квантовыми размерными слоями. Эффекты размерного квантования. Квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки. Электронный спектр двумерных и одномерных систем.

16. Сверхрешетки. Различные типы сверхрешеток. Легированные сверхрешетки. Напряженные сверхрешетки. Свойства электронов в сверхрешетках.

17. Методы и технология изготовления полупроводниковых гетероструктур и сверхрешеток.

18. Светодиоды и лазеры на основе полупроводниковых гетероструктур.

19. Квантовые каскадные лазеры. Лавинные фотодиоды. Фотоприемники. Приборы управления оптическим излучением.

20. Оптроны и оптические датчики. Оптические модуляторы на основе эффекта Штарка.

21. Индикаторы, дисплеи и оптические запоминающие устройства.

22. Волоконно-оптические линии связи. ИК-фотоприемники на полупроводниковых гетероструктурах.

23. Элементы интегральной оптики. Оптические методы обработки информации.

24. Методы создания p-n и гетеропереходов в полупроводниках, методы обработки и защиты поверхности приборных структур, методы нанесения металлических и диэлектрических пленок.

25. Эпитаксиальные методы в технологии оптоэлектронных приборов. Метод химических газотранспортных реакций, молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксиальное выращивание из жидкой фазы.

26. Технология оптоэлектронных приборов: светодиодов и лазеров, оптронов, фотоприемников, преобразователей солнечной энергии.

27. Технология элементов интегральной оптики. Основные тенденции в технологии оптоэлектронных приборов.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Цели и задачи курса. Оптические методы передачи, обработки и хранения информации, их роль в современной науке и технике. Терминология, основные понятия и определения. Краткая историческая справка.

Зонная структура полупроводниковых кристаллов групп A ,A4 B4, A3 B5 и A2 B6 . Особенности электронного спектра полупроводниковых твердых растворов. Приближение виртуального кристалла. Эффекты беспорядка. Электронные состояния в аморфных полупроводниках. Оптические переходы в полупроводниках. Правила отбора и законы сохранения. Собственное поглощение. Экситонные эффекты. Собственное поглощение в твердых растворах и сильно легированных полупроводниках. Примесное поглощение. Поглощение свободными носителями заряда. Поглощение на колебаниях решетки. Рефракция света в полупроводниках и твердых растворах. Излучатель-

Согласована на портале № 36121

ная рекомбинация в полупроводниках. Квазиуровни Ферми. Механизмы люминесценции. Связь спектров поглощения и люминесценции. Излучательное время жизни. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Безизлучательная рекомбинация. Процессы Оже. Влияние легирования и внешних воздействий на свойства полупроводников. Фотоэлектрические эффекты. Стационарная фотопроводимость. Спектры фотопроводимости. Кинетика фотопроводимости в случае линейной и квадратичной рекомбинации. Фотодиффузионный эффект. Увлечение носителей заряда фотонами. Фотовольтаические эффекты.

Гетероструктуры в полупроводниках. Идеальный гетеропереход. Резкие и плавные гетеропереходы. Варизонные структуры. Требования к материалам. Энергетические диаграммы. Эффект односторонней инжекции. Эффект сверхинжекции. Эффект широкозонного окна. Оптическое и электронное ограничение. Гетероструктуры с квантовыми размерными слоями. Эффекты размерного квантования. Квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки. Электронный спектр двумерных и одномерных систем. Сверхрешетки. Различные типы сверхрешеток. Легированные сверхрешетки. Напряженные сверхрешетки. Свойства электронов в сверхрешетках. Методы и технология изготовления полупроводниковых гетероструктур и сверхрешеток.

Светодиоды и лазеры на основе полупроводниковых гетероструктур. Квантовые каскадные лазеры. Лавинные фотодиоды. Фотоприемники. Приборы управления оптическим излучением. Оптроны и оптические датчики. Оптические модуляторы на основе эффекта Штарка. Индикаторы, дисплеи и оптические запоминающие устройства. Волоконно-оптические линии связи. ИК-фотоприемники на полупроводниковых гетероструктурах. Элементы интегральной оптики. Оптические методы обработки информации.

Методы создания p-n и гетеропереходов в полупроводниках, методы обработки и защиты поверхности приборных структур, методы нанесения металлических и диэлектрических пленок. Эпитаксиальные методы в технологии оптоэлектронных приборов. Метод химических газотранспортных реакций, молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксиальное выращивание из жидкой фазы. Технология оптоэлектронных приборов: светодиодов и лазеров, опторонов, фотоприемников, преобразователей солнечной энергии. Технология элементов интегральной оптики. Основные тенденции в технологии оптоэлектронных приборов.

14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование спектральных характеристик и внешней квантовой эффективности полупроводниковых светодиодов

Исследования исследования фоторадиометрических параметров излучающих светодиодов

Исследование кремниевого солнечного элемента

Исследование интегральных оптопар

Исследование спектральной чувствительности кремниевого фотодиода ФД-24К и спектра излучения ртутно-гелиевой газоразрядной лампы ДРГС-12

14.1.5. Методические рекомендации

Конспектирование лекций студентами является обязательным. Для допуска к экзамену необходимо выполнить все лабораторные работы, предусмотренные программой.

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)

Согласована на портале № 36121

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;
- 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 № 36121