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: **Квантовая и оптическая электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **1**
Семестр: **1, 2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	1 семестр	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	12	16	28	часов
2	Практические занятия	14	8	22	часов
3	Лабораторные работы	0	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	26	32	58	часов
5	Самостоятельная работа	82	40	122	часов
6	Всего (без экзамена)	108	72	180	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	0	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	216	часов
		3.0	3.0	6.0	З.Е.

Зачет: 1 семестр
Экзамен: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 36748

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) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. ЭП	_____	А. И. Башкиров
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:

Доцент кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	А. И. Аксенов
Профессор кафедры электронных приборов (ЭП)	_____	Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 36748

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

подготовка студентов к разработке, исследованию и эксплуатации приборов и устройств современной интегральной оптоэлектроники на основе изучения базовых физических принципов функционирования основных элементов интегральной оптоэлектроники

1.2. Задачи дисциплины

– изучение явлений, используемых для анализа, расчета, создания элементов и систем интегральной оптоэлектроники;

– изучение оптики планарных волноводов, физических эффектов и явлений в волноводных структурах, используемых для конструирования и расчета пассивных и активных интегрально-оптических элементов и устройств оптоэлектроники

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Интегральная оптоэлектроника» (Б1.В.ОД.3.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Интегральная оптоэлектроника, Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Интегральная оптоэлектроника, Полупроводниковая оптоэлектроника, Приборы управления оптическим излучением.

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;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные принципы и методы исследования, разработки и производства устройств и систем квантовой и оптической электроники, интегральной оптоэлектроники, а также оптических материалов и элементов; технологические процессы и основные виды оборудования для производства устройств и систем интегральной оптоэлектроники; фундаментальные основы волноводной оптики, свойства и характеристики световых полей, основные законы и модели распространения света, взаимодействие света с веществом и формирования оптических изображений.

– **уметь** обоснованно планировать направление своей деятельности в области квантовой и оптической электроники, интегральной оптоэлектроники на основе анализа научно-технической литературы; анализировать информацию о новых приборах и устройствах интегральной оптоэлектроники.

– **владеть** методами оценки технико-экономической эффективности исследований, проектов, технологических процессов и эксплуатации новых приборов и систем квантовой и оптической электроники, интегральной оптоэлектроники; навыками анализа научно-технической литературы, проведения поисковых исследований и подготовки отчетов, презентаций, научных публикаций по результатам проведенного анализа и выполненных исследований.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		1 семестр	2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	58	26	32
Лекции	28	12	16

Согласована на портале № 36748

Практические занятия	22	14	8
Лабораторные работы	8	0	8
Самостоятельная работа (всего)	122	82	40
Подготовка к контрольным работам	18	10	8
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	0	8
Проработка лекционного материала	12	6	6
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	63	52	11
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	21	14	7
Всего (без экзамена)	180	108	72
Подготовка и сдача экзамена	36	0	36
Общая трудоемкость, ч	216	108	108
Зачетные Единицы	6.0	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	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр						
1 Физические основы оптоэлектроники	4	4	0	22	30	ПК-1
2 Полупроводниковые приборы когерентного излучения	4	6	0	34	44	ПК-1
3 Полупроводниковые фотоприемные приборы	4	4	0	26	34	ПК-1
Итого за семестр	12	14	0	82	108	
2 семестр						
4 Планарные волноводы	3	3	4	12	22	ПК-1, ПК-4
5 Полосковые оптические волноводы	2	0	4	5	11	ПК-1, ПК-4
6 Волоконно-оптические элементы. Волноводные оптические усилители и лазеры	4	3	0	14	21	ПК-1
7 Волоконно-оптические линии связи	3	2	0	7	12	ПК-1
8 Интегрально-оптические элементы связи. Пассивные интегрально – оптические элементы	2	0	0	1	3	ПК-1
9 Управление излучением в оптических волноводах	2	0	0	1	3	ПК-1

Согласована на портале № 36748

Итого за семестр	16	8	8	40	72	
Итого	28	22	8	122	180	

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
1 семестр			
1 Физические основы оптоэлектроники	Особенности оптической электроники. Энергетические характеристики оптического излучения. Когерентность. Поляризация электромагнитных волн. Механизм генерации излучения в полупроводниках. Излучатели на основе гетероструктур. Современное состояние оптоэлектронной элементной базы.	4	ПК-1
	Итого	4	
2 Полупроводниковые приборы когерентного излучения	Принцип работы инжекционных излучателей. Разновидности инжекционных лазеров. Устройство и принцип действия полупроводниковых лазеров с гетероструктурами. Особенности полупроводниковых лазеров.	4	ПК-1
	Итого	4	
3 Полупроводниковые фотоприемные приборы	Характеристики, параметры и модели фотоприемников. Фотодиоды с p–i–n - структурой. Фотодиоды Шоттки. Фотодиоды с гетероструктурой. Лавинные фотодиоды. Фототранзисторы. Фотодиодные СБИС на основе МОП - транзисторов.	4	ПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
2 семестр			
4 Планарные волноводы	Классификация оптических волноводов. Геометрическая оптика планарных волноводов. Эффект Гуса–Хенхена. Условие поперечного резонанса для планарного волновода. Электромагнитная теория планарных волноводов. Моды тонкопленочного волновода.	3	ПК-1
	Итого	3	
5 Полосковые оптические волноводы	Технология изготовления полосковых волноводов. Расчет параметров полосковых волноводов. Области использования в интегральной оптоэлектронике. Потери на изгибе полосковых волноводов.	2	ПК-1
	Итого	2	
6 Волоконно-оптические элементы.	Оптическое волокно (стекловолокно). Уширение импульсных сигналов в стекловолокне. Виды по-	4	ПК-1

Согласована на портале № 36748

Волноводные оптические усилители и лазеры	терь оптических сигналов в стекловолокнах. Общие характеристики оптических усилителей. Принцип работы эрбиевого усилителя. Оптическая схема эрбиевого волоконного усилителя. Теоретическое описание работы усилителя и его основные параметры. Волоконные лазеры		
	Итого	4	
7 Волоконно-оптические линии связи	Топология оптической сети. Волоконно-оптические системы распределения. Пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Оптические передатчики. Приемники волоконно-оптических систем связи.	3	ПК-1
	Итого	3	
8 Интегрально-оптические элементы связи. Пассивные интегрально – оптические элементы	Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы. Призменный ввод. Решеточный элемент связи. Элементы связи между оптическими волноводами (планарными и полосковыми). Планарные линзы: геодезические линзы, линзы с изменением эффективного показателя преломления. Торцевые отражатели.	2	ПК-1
	Итого	2	
9 Управление излучением в оптических волноводах	Акустооптические методы управления светом в оптических волноводах. Дифракция волноводных оптических волн (ВОВ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Электрооптические (ЭО) методы управления излучением в волноводных структурах.	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		16	
Итого		28	

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	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины									
1 Интегральная оптоэлектроника	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники		+				+			
Последующие дисциплины									
1 Интегральная оптоэлектроника				+	+	+	+	+	+

Согласована на портале № 36748

2 Полупроводниковая оптоэлектроника	+	+	+						
3 Приборы управления оптическим излучением									+

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.	
ПК-1	+	+		+	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-4			+	+	Отчет по лабораторной работе

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
4 Планарные волноводы	Измерение эффективных показателей преломления планарного волновода	4	ПК-4
	Итого	4	
5 Полосковые оптические волноводы	Исследование дисперсионных характеристик полосковых волноводов	4	ПК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 36748

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 семестр			
1 Физические основы оптоэлектроники	Гармонические плоские волны. Поляризация плоских световых волн	4	ПК-1
	Итого	4	
2 Полупроводниковые приборы когерентного излучения	Основные параметры и характеристики полупроводниковых лазеров. Спектральные свойства. Расходимость лазерного излучения. Мощность излучения полупроводниковых лазеров	6	ПК-1
	Итого	6	
3 Полупроводниковые фотоприемные приборы	Физические явления в полупроводниковых фотоприемниках. Вольт-амперные и световые характеристики фотодиодов.	4	ПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		14	
2 семестр			
4 Планарные волноводы	Расчет параметров планарных волноводов. Профиль показателя преломления, нормированная частота, числовая апертура.	3	ПК-1
	Итого	3	
6 Волоконно-оптические элементы. Волноводные оптические усилители и лазеры	Расчет параметров оптического волокна. Числовая апертура, временная дисперсия, межмодовая дисперсия	3	ПК-1
	Итого	3	
7 Волоконно-оптические линии связи	Соединение оптических волокон	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		8	
Итого		22	

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
1 семестр				
1 Физические основы	Подготовка к практиче-	4	ПК-1	Контрольная работа,

Согласована на портале № 36748

оптоэлектроники	ским занятиям, семинарам			Опрос на занятиях
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	12		
	Проработка лекционного материала	2		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	22		
2 Полупроводниковые приборы когерентного излучения	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-1	Контрольная работа, Опрос на занятиях
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	20		
	Проработка лекционного материала	2		
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	34		
3 Полупроводниковые фотоприемные приборы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1	Опрос на занятиях
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	20		
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	26		
Итого за семестр		82		
2 семестр				
4 Планарные волноводы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-1, ПК-4	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	12		
5 Полосковые оптические волноводы	Проработка лекционного материала	1	ПК-1, ПК-4	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по	4		

Согласована на портале № 36748

	лабораторным работам			
	Итого	5		
6 Волоконно-оптические элементы. Волноводные оптические усилители и лазеры	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-1	Контрольная работа, Опрос на занятиях
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6		
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	14		
7 Волоконно-оптические линии связи	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ПК-1	Опрос на занятиях
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	5		
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	7		
8 Интегрально-оптические элементы связи. Пассивные интегрально – оптические элементы	Проработка лекционного материала	1	ПК-1	Опрос на занятиях
	Итого	1		
9 Управление излучением в оптических волноводах	Проработка лекционного материала	1	ПК-1	Опрос на занятиях
	Итого	1		
Итого за семестр		40		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		158		

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
1 семестр				
Контрольная работа	25	25		50

Согласована на портале № 36748

Опрос на занятиях	15	15	20	50
Итого максимум за период	40	40	20	100
Нарастающим итогом	40	80	100	100
2 семестр				
Контрольная работа	15	15		30
Опрос на занятиях	5	5	10	20
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Итого максимум за период	20	30	20	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	20	50	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 зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. 1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 528 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/684 (дата обращения: 04.07.2018).

2. Электрические и волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие / Ефанов В. И. - 2012. 150 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/802 (дата об-

Согласована на портале № 36748

ращения: 04.07.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Волоконно-оптические устройства технологического назначения: Учебное пособие / Шандаров В. М. - 2013. 198 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3709 (дата обращения: 04.07.2018).
2. Информационная оптика: Учебное пособие для вузов / Николай Николаевич Евтихиев, Ольга Анатольевна Евтихиева, Игорь Николаевич Компанец ; ред. Н. Н. Евтихиев ; Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 годы". - М. : Издательство МЭИ, 2000. - 612 с. : ил. - (в пер.) (наличие в библиотеке ТУСУР - 19 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Интегральная и волноводная фотоника: Методические указания к практическим занятиям / Шангин А. С. - 2012. 75 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1106 (дата обращения: 04.07.2018).
2. Основы физической и квантовой оптики: Сборник задач для студентов специальности 210401 – Физика и техника оптической связи / Шандаров В. М. - 2012. 59 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2273 (дата обращения: 04.07.2018).
3. Сборник задач по волоконно-оптическим линиям связи: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Ефанов В. И. - 2012. 50 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/788 (дата обращения: 04.07.2018).
4. Интегральная оптоэлектроника: Методические указания к лабораторной работе / Башкиров А. И., Буримов Н. И., Литвинов Р. В., Саликаев Ю. Р. - 2013. 39 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2971 (дата обращения: 04.07.2018).
5. Интегральная оптоэлектроника: Методические указания к самостоятельной работе / Башкиров А. И., Буримов Н. И., Литвинов Р. В., Саликаев Ю. Р. - 2013. 18 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2972 (дата обращения: 04.07.2018).

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. Рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных, доступ к которым открыт через сайт библиотеки ТУСУР https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazydannyh

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, те-

Согласована на портале № 36748

кущего 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 практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового 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.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

УНЛ оптического материаловедения, нелинейной оптики и нанофотоники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 008 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Столы оптические (3 шт.);
- Лазеры твердотельные LCS-DTL-317 и LCS-DTL-316, лазерный комплекс с длинами волн (510,6; 578,2; 630-700 нм, 0.05-8 Вт, лазеры He-Ne (633 нм, 1 - 20 мВт);
- Спектрофотометры СФ-2000 и Genesis 2;
- Комплекты оптических и опто-механических компонентов, автоматизированные комплексы обработки данных, ПК класса Pentium IV со специализированным ПО для каждого рабочего места;
- Весы электронные лабораторные ЕТ-200П;
- Вольтметр GDM-78261;
- Генератор сигналов АНР-3121;
- Источник питания линейный многоканальный АТН-2335;
- Нановольтметр селективный Unipan-232B;
- Установка УМОГ-3;
- Цифровой вольтметр В7-78/1;
- Вольтметр универсальный В7-40;
- Компьютер (5 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– OpenOffice

Компьютерный класс

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

Согласована на портале № 36748

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 511 ауд.
Описание имеющегося оборудования:
- Коммутатор 3COM OFFICE CONNECT;
- Монитор 17" 0.20 SyncMaster 763MB TCO99;
- Компьютер CELERON (8 шт.);
- Монитор 17" 0,24 SAMSUNG SyncMASTER N 753 DFX;
- Компьютер WS1 (7 шт.);
- Компьютер WS2;
- Монитор 17" (8 шт.);
- ПЭВМ;
- Офисный системный блок (2 шт.);
- ПЭВМ INTEL PENTIUM 4 d845 GBV HUB P4 1,7GHz, сервер PENTIUM 3;
- Доска магнитно-маркерная;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
– OpenOffice

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

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

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

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

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

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

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

Согласована на портале № 36748

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

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

14.1.1. Тестовые задания

1. Каким должен быть показатель преломления пленки планарного оптического волновода n0?

а) n0 > показателя преломления подложки
б) n0 > показателя преломления покровной среды
в) n0 < показателя преломления подложки
г) n0 = показателю преломления покровной среды

2. Что называется модой оптического волновода?

а) поперечная электромагнитная волна
б) частота излучения
в) степень когерентности
г) самосогласованный тип зигзагообразной электромагнитной волны

3. На каком эффекте основана работа полупроводниковых фотоприемников?

а) рекомбинации электронов и дырок
б) генерации электронов и дырок за счет электрического тока
в) разделения электрон-дырочных пар под действием фотонов
г) образования электрон-дырочных пар под действием фотонов

4. Какой прибор называется фотодиодом с барьером Шоттки?

а) прибор, в котором используется слой с собственной проводимостью
б) прибор, в котором используется металлический слой внутри структуры
в) прибор, в котором используется гетеропереход внутри структуры
г) прибор, в котором используется внутри структуры слой с низким сопротивлением

5. Какие пары материалов позволяют создавать гетерооптоэлектронные приборы?

а) Ge–Ge
б) Si–Si
в) GaAs–GaAlAs
г) GaAs–GaAs

6. Какой механизм генерации излучения реализуется в полупроводниках:

а) эффект термоэлектронной эмиссии
б) эффект генерации электронно-дырочных пар
в) эффект рекомбинации
г) эффект фотолюминесценции

7. Какие материалы пригодны для изготовления фотоприемников?

а) Al
б) Au
в) Ge
г) Si

8. ТЕ - модами оптического волновода (ось X перпендикулярна поверхности волновода) называют такие волны, у которых при распространении вдоль оси Z выполняются условия для компонент электромагнитного поля:

а) Z – компонента магнитного поля равна нулю
б) Z – компонента магнитного поля отлична от нуля
в) Z – компонента электрического поля отлична от нуля
г) Y - компонента электрического поля отлична от нуля

Согласована на портале № 36748

9. ТМ - модами оптического волновода (ось X перпендикулярна поверхности волновода) называют такие волны, у которых при распространении вдоль оси Z компоненты электромагнитного поля:

а) Z – компонента магнитного поля равна нулю

б) Z – компонента магнитного поля отлична от нуля

в) Z – компонента электрического поля отлична от нуля

г) Y - компонента электрического поля отлична от нуля

10. Для существования волноводной моды необходимы условия:

а) наличие преломления света на границах волноводной пленки с подложкой и покровной средой

б) суммарный фазовый сдвиг за полный цикл распространения зигзагообразной волны кратен 180 угловым градусам

в) выполнения условия n0>n1>n2 , где n0, n1, n2 - показатели преломления пленки подложки и покровного материала, соответственно;

г) углы падения света света на границы раздела должны быть не больше критических

11. Какая ширина запрещенной зоны у материалов, применяемых для изготовления оптоэлектронных приборов видимой области спектра:

а) 0,1 эВ

б) 1,5 эВ

в) 3,5 эВ

г) 6 эВ

12. Какая составляющая общего тока p–n перехода обеспечивает инжекционную электролюминесценцию:

а) обратный ток p–n перехода

б) прямой ток p–n перехода

в) туннельный ток

г) ток утечки по поверхности p–n перехода

13. Какова скорость распространения электромагнитной волны в оптическом волноводе, имеющем показатель преломления n =3:

а) 340 м/с

б) 300000 км/с

в) 100000 км/с

г) 100000 м/с

14. Что называется числовой апертурой оптического волокна?

а) диаметр сердцевины волокна

б) диаметр оболочки волокна

в) корень квадратный из суммы квадратов показателей преломления сердцевины и оболочки

г) корень квадратный из разности квадратов показателей преломления сердцевины и оболочки

15. Что характеризует числовая апертура оптического волокна?

а) эффективность ввода излучения в световод

б) эффективность вывода излучения из световода

в) диаметр сердцевины оптического волокна

г) диаметр оболочки оптического волокна

16. Какого типа волокно обеспечивает максимальную широкополосность?

а) одномодовое градиентное

б) многомодовое градиентное

в) многомодовое со ступенчатым изменением показателя преломления

г) одномодовое со струпенчатым изменением показателя преломления

17. Какой прибор называется гетерофотодиодом?

а) прибор, в котором используется контакт «металл–полупроводник»

б) прибор, в котором используется слой с высокой проводимостью

в) прибор, в котором используется слой с низкой проводимостью

г) прибор, в котором используются полупроводниковые материалы с разной шириной запре-

Согласована на портале № 36748

щенной зоны?

18. 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

19. От чего зависит уширение импульсного оптического сигнала?

а) от мощности вводимого в оптическое волокно оптического сигнала

б) от значения цифровой апертуры

в) от типа оптического волокна

г) от диаметра оболочки оптического волокна

20. Какая модуляция обычно используется в магистральных волоконно-оптических линиях связи?

а) амплитудная

б) частотная

в) широтно-импульсная

г) импульсно-кодовая

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Классификация мод планарного волновода.
2 . Волноводные моды тонкоплёночного волновода.
3. Эффективная толщина волновода.
4. Волноводные моды градиентных планарных волноводов.
5. Электромагнитная теория планарных волноводов.
6. Методы изготовления полосковых волноводов.
7. Основные результаты анализа, полученные для полосковых волноводов.
8. Метод эффективного показателя преломления для анализа волновода.
9. Потери на изгибах в канальных волноводах.
10. Принцип устройства оптических волокон.
11. Числовая апертура стекловолокна.
12. Явление уширения импульсного оптического сигнала за счет расходимости светового пучка.
13. Виды потерь в оптических волокнах.
14. Материальная дисперсия, межмодовая дисперсия.
15. Виды волоконно-оптических систем связи(ВОСС).
16. Схема последовательной замкнутой ВОСС.
17. Дуплексный режим работы ВОСС.
18. Поддержка постоянной разности пиковой и остаточной мощностей в оптическом передатчике.
19. Принцип работы цепей стабилизации лазерного излучателя.
20. Способ преобразования модулированного светового излучения в электрический сигнал.
21. Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы.
22. Ввод излучения через суживающийся край.
23. Решеточный элемент связи.
24. Элементы связи между оптическими волноводами (планарными и полосковыми).
25. Стыковка планарных волноводов с полосковыми волноводами.
26. Геодезические линзы.
27. Линзы Люнеберга.
28. Акустооптические методы управления светом в оптических волноводах.
29. Дифракция волноводных оптических волн(ВОВ) на поверхностных

Согласована на портале № 36748

акустических волнах(ПАВ).
30. Электрооптические(ЭО) методы управления излучением в волноводных структурах.

14.1.3. Темы контрольных работ

Энергетические характеристики оптического излучения. Когерентность. Поляризация электромагнитных волн.

Полупроводниковые приборы когерентного излучения

Планарные волноводы

Волоконно-оптические элементы.

14.1.4. Темы опросов на занятиях

Особенности оптической электроники. Энергетические характеристики оптического излучения. Когерентность. Поляризация электромагнитных волн. Механизм генерации излучения в полупроводниках. Излучатели на основе гетероструктур. Современное состояние оптоэлектронной элементной базы.

Принцип работы инжекционных излучателей. Разновидности инжекционных лазеров. Устройство и принцип действия полупроводниковых лазеров с гетероструктурами. Особенности полупроводниковых лазеров.

Характеристики, параметры и модели фотоприемников. Фотодиоды с p–i–n - структурой. Фотодиоды Шоттки. Фотодиоды с гетероструктурой. Лавинные фотодиоды. Фототранзисторы. Фотодиодные СБИС на основе МОП - транзисторов.

Классификация оптических волноводов. Геометрическая оптика планарных волноводов. Эффект Гуса–Хенхена. Условие поперечного резонанса для планарного волновода. Электромагнитная теория планарных волноводов. Моды тонкопленочного волновода.

Технология изготовления полосковых волноводов. Расчет параметров полосковых волноводов. Области использования в интегральной оптоэлектронике. Потери на изгибе полосковых волноводов.

Оптическое волокно (стекловолокно). Уширение импульсных сигналов в стекловолокне. Виды потерь оптических сигналов в стекловолокнах. Общие характеристики оптических усилителей. Принцип работы эрбиевого усилителя. Оптическая схема эрбиевого волоконного усилителя. Теоретическое описание работы усилителя и его основные параметры. Волоконные лазеры

Топология оптической сети. Волоконно-оптические системы распределения. Пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Оптические передатчики. Приемники волоконно-оптических систем связи.

Торцевой ввод излучения в планарные и полосковые волноводы. Призменный ввод. Решеточный элемент связи. Элементы связи между оптическими волноводами (планарными и полосковыми). Планарные линзы: геодезические линзы, линзы с изменением эффективного показателя преломления. Торцевые отражатели.

Акустооптические методы управления светом в оптических волноводах. Дифракция волноводных оптических волн (ВОВ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Электрооптические (ЭО) методы управления излучением в волноводных структурах.

14.1.5. Темы лабораторных работ

Измерение эффективных показателей преломления планарного волновода

Исследование дисперсионных характеристик полосковых волноводов

14.1.6. Зачёт

1. Временная когерентность, пространственная когерентность.
2. Механизм излучательной рекомбинации.
3. Одинарная гетероструктура, двойная гетероструктура.
4. Внутренний квантовый выход.
5. Прямые и непрямые переходы в полупроводниках.
6. Механизм излучательной рекомбинации.
7. Способы достижения инверсия в полупроводниковом лазере.
8. Понятие квазиуровня Ферми.
9. Зонная структура вблизи p-n-перехода при инжекции носителей.

Согласована на портале № 36748

10. Принцип работы лазера на арсениде галлия.
11. Механизм накачки в инжекционном лазере.
12. Виды чувствительности фотоприемников.
13. Гальванический режим работы фотодиода.
14. Фотодиодный режим работы фотодиода.
15. Частотные характеристики p–i–n – диодов.
16. Спектральная чувствительность фотодиода Шоттки.
17. Лавинные фотодиоды.
18. Энергетическая диаграмма фототранзистора.
19. Принцип действия ПЗС-фотоприемника.
20. Фотодиодные СБИС на основе МОП- транзисторов.

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

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

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

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

- в печатной форме;
- 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:

Согласована на портале № 36748

– 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 № 36748