

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ИФФВТ
от 21 мая 2024 г. протокол № 10
Председатель _____ (Рыбин В.В.)
(по текст, расшифровка подписи)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Специальный физический практикум
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра радиофизики и электроники
Курс	1, 2 - очная форма обучения

Направление (специальность): 03.04.02 Физика

Направленность (профиль/специализация): Физика полупроводников. Микроэлектроника

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Санников Дмитрий Германович	Кафедра радиофизики и электроники	Профессор, Доктор физико-математических наук, Доцент

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

практическое знакомство с физическими основами работы волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и радиофизических систем, использующихся в современной оптоэлектронике

Задачи освоения дисциплины:

- формирование у студентов навыков работы с элементами оптоэлектронных устройств управления лазерным излучением в ВОЛС, а также с радиотехническими компонентами (усилитель, детектор, преобразователь частоты, генератор, модулятор и т.д.);

- освоение экспериментальных методик измерения характеристик лазерных и светодиодных излучателей, а также пассивных компонентов ВОЛС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Специальный физический практикум» относится к числу дисциплин блока Б1.О, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 03.04.02 Физика.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ОПК-1, ОПК-3, ПК-1.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Проектная деятельность, Научно-исследовательская работа, Преддипломная практика, Телекоммуникационная техника и волоконная оптика, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, СВЧ-приборы и интегральные микросхемы, Радиофизика, Методы контроля и диагностики полупроводниковых приборов, Электроника СВЧ, Автоматизированные методы анализа, контроля и диагностики полупроводниковых приборов, Методические проблемы научных исследований в профессиональной деятельности, Современные проблемы физики.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	<p>знать: <input type="checkbox"/> принципы научного исследования; <input type="checkbox"/> формы анализа</p> <p>уметь: <input type="checkbox"/> с использованием методов абстрактного мышления, анализа и синтеза решать исследовательские задачи</p> <p>владеть: терминологией радиофизических систем преобразования сигналов</p>
ОПК-3 Способен применять знания в области	знать:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;	основы программирования уметь: выполнять обработку результатов исследования с помощью компьютерных средств владеть: навыками измерения важнейших характеристик оптоэлектронных элементов
ПК-1 способность самостоятельно ставить конкретные научно-исследовательские задачи в области физики и решать их с помощью современных информационных технологий и методов	знать: о способах передачи, обработки и хранения информации в современных ВОЛС уметь: осуществлять ввод-вывод оптического излучения в диэлектрических волноводах и световодах владеть: методами аналоговой и цифровой передачи информации в ВОЛС

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 7 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 252 часа

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)		
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам	
		2	3
1	2	3	4
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	60	24	36
Аудиторные занятия:	60	24	36
Лекции	-	-	-
Семинары и практические занятия	-	0	0
Лабораторные работы, практикумы	60	24	36
Самостоятельная работа	156	84	72
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование	Тестирование	

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)		
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам	
		2	3
1	2	3	4
Курсовая работа	Курсовая работа	Курсовая работа	Курсовая работа
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет, Экзамен (36)	Зачет	Экзамен
Всего часов по дисциплине	252	108	144

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. Часть I							
Тема 1.1. Ватт-амперные характеристики лазерного и светоизлучающего диодов	22	0	0	6	0	16	Тестирование
Тема 1.2. Поляризационные свойства излучения лазерного диода и светоизлучающего диода	22	0	0	6	0	16	Тестирование
Тема 1.3. Анализ модовой структуры волоконны	22	0	0	6	0	16	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
х световодов							
Тема 1.4. Исследование степени когерентности лазерного диода	22	0	0	6	0	16	Тестирование
Тема 1.5. Определение числовой апертуры волоконных световодов	22	0	0	6	0	16	Тестирование
Раздел 2. Часть II							
Тема 2.1. Исследование переходного затухания из-за продольно-поперечных смещений торцов оптических световодов при их стыковке	22	0	0	6	0	16	Тестирование
Тема 2.2. Изучение затухания в оптических розетках и аттенуаторах при оптическом соединении волоконны	22	0	0	6	0	16	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
х световодов							
Тема 2.3. Измерения оптических и электрических характеристик лазерного диода и фотоприемника	22	0	0	6	0	16	Тестирование
Тема 2.4. Исследование широтно-импульсной модуляции (ШИМ) лазерного диода	22	0	0	6	0	16	Тестирование
Тема 2.5. Моделирование основных параметров ВОЛС и изучение потерь на изгибах оптоволокна с помощью скремблера	18	0	0	6	0	12	Тестирование
Итого подлежит изучению	216	0	0	60	0	156	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Часть I

Тема 1.1. Ватт-амперные характеристики лазерного и светоизлучающего диодов

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Основные исторические этапы развития телекоммуникационной техники и волоконной оптики. Необходимость перехода от объемных оптических схем к интегрально-оптической элементной базе.

Тема 1.2. Поляризационные свойства излучения лазерного диода и светоизлучающего диода

Распространение и характеристики плоских электромагнитных волн в однородной среде. Волновое число, фазовая скорость волн. Волновое уравнение и уравнение Гельмгольца для плоской монохроматической волны. Дисперсия волнового числа и энергетические соотношения. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела сред «диэлектрик-диэлектрик». Эффекты полного преломления и полного внутреннего отражения. Закон Снеллиуса, формулы Френеля для различных поляризаций волн. Угол Брюстера, критический угол полного внутреннего отражения. Сдвиги фаз при отражении волн ортогональных поляризаций. Ограниченный в поперечном направлении пучок. Сдвиг Гуса-Хенхен. Описание волноводного распространения света в диэлектрическом волноводе на основе лучевого и электромагнитного подходов. Эффективная ширина волновода. Анализ характеристических уравнений для ТЕ и ТМ мод: модовые числа и условие отсечки. Характеристические уравнения в нормированных параметрах; b - v диаграммы для ступенчатых волноводов. Нормировка на величину потока энергии.

Тема 1.3. Анализ модовой структуры волоконных световодов

Распространение и характеристики плоских электромагнитных волн в однородной среде. Волновое число, фазовая скорость волн. Волновое уравнение и уравнение Гельмгольца для плоской монохроматической волны. Дисперсия волнового числа и энергетические соотношения. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела сред «диэлектрик-диэлектрик». Эффекты полного преломления и полного внутреннего отражения. Закон Снеллиуса, формулы Френеля для различных поляризаций волн. Угол Брюстера, критический угол полного внутреннего отражения. Сдвиги фаз при отражении волн ортогональных поляризаций. Ограниченный в поперечном направлении пучок. Сдвиг Гуса-Хенхен. Описание волноводного распространения света в диэлектрическом волноводе на основе лучевого и электромагнитного подходов. Эффективная ширина волновода. Анализ характеристических уравнений для ТЕ и ТМ мод: модовые числа и условие отсечки. Характеристические уравнения в нормированных параметрах; b - v диаграммы для ступенчатых волноводов. Нормировка на величину потока энергии.

Тема 1.4. Исследование степени когерентности лазерного диода

Распространение и характеристики плоских электромагнитных волн в однородной среде. Волновое число, фазовая скорость волн. Волновое уравнение и уравнение Гельмгольца для плоской монохроматической волны. Дисперсия волнового числа и энергетические соотношения. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела сред «диэлектрик-диэлектрик». Эффекты полного преломления и полного внутреннего отражения. Закон Снеллиуса, формулы Френеля для различных поляризаций волн. Угол Брюстера, критический угол полного внутреннего отражения. Сдвиги фаз при отражении волн ортогональных поляризаций. Ограниченный в поперечном направлении пучок. Сдвиг Гуса-Хенхен. Описание волноводного распространения света в диэлектрическом волноводе на основе лучевого и электромагнитного подходов. Эффективная

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

ширина волновода. Анализ характеристических уравнений для ТЕ и ТМ мод; модовые числа и условие отсечки. Характеристические уравнения в нормированных параметрах; $b-v$ диаграммы для ступенчатых волноводов. Нормировка на величину потока энергии.

Тема 1.5. Определение числовой апертуры волоконных световодов

Распространение и характеристики плоских электромагнитных волн в однородной среде. Волновое число, фазовая скорость волн. Волновое уравнение и уравнение Гельмгольца для плоской монохроматической волны. Дисперсия волнового числа и энергетические соотношения. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела сред «диэлектрик-диэлектрик». Эффекты полного преломления и полного внутреннего отражения. Закон Снеллиуса, формулы Френеля для различных поляризаций волн. Угол Брюстера, критический угол полного внутреннего отражения. Сдвиги фаз при отражении волн ортогональных поляризаций. Ограниченный в поперечном направлении пучок. Сдвиг Гуса-Хенхен. Описание волноводного распространения света в диэлектрическом волноводе на основе лучевого и электромагнитного подходов. Эффективная ширина волновода. Анализ характеристических уравнений для ТЕ и ТМ мод; модовые числа и условие отсечки. Характеристические уравнения в нормированных параметрах; $b-v$ диаграммы для ступенчатых волноводов. Нормировка на величину потока энергии.

Раздел 2. Часть II

Тема 2.1. Исследование переходного затухания из-за продольно-поперечных смещений торцов оптических световодов при их стыковке

Уравнение Гельмгольца. Задача Штурма-Лиувилля. Гибридные моды в полосковых волноводах, их использование для управления светом в интегрально-оптической схеме.

Тема 2.2. Изучение затухания в оптических розетках и аттенуаторах при оптическом соединении волоконных световодов

Описание с помощью электромагнитного подхода. Уравнение Гельмгольца. Решение граничной задачи. Моды в волоконных световодах, их использование для управления светом в ВОЛС и других современных системах.

Тема 2.3. Измерения оптических и электрических характеристик лазерного диода и фотоприемника

Изучение особенностей ввода и распространения оптического излучения в волоконных световодах, измерение энергетических потерь на изгибе. Знакомство с теорией связанных мод, изучение работы волоконно-оптических направленных ответвителей, измерение коэффициента вносимых потерь и коэффициента связи оптических световодов. Изучение принципов построения волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), измерение ее оптических характеристик и моделирование сигналов, передаваемых в реальной линии.

Тема 2.4. Исследование широтно-импульсной модуляции (ШИМ) лазерного диода

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Изучение особенностей ввода и распространения оптического излучения в волоконных световодах, измерение энергетических потерь на изгибе. Знакомство с теорией связанных мод, изучение работы волоконно-оптических направленных ответвителей, измерение коэффициента вносимых потерь и коэффициента связи оптических световодов. Изучение принципов построения волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), измерение ее оптических характеристик и моделирование сигналов, передаваемых в реальной линии.

Тема 2.5. Моделирование основных параметров ВОЛС и изучение потерь на изгибах оптоволокон с помощью скремблера

Изучение особенностей ввода и распространения оптического излучения в волоконных световодах, измерение энергетических потерь на изгибе. Знакомство с теорией связанных мод, изучение работы волоконно-оптических направленных ответвителей, измерение коэффициента вносимых потерь и коэффициента связи оптических световодов. Изучение принципов построения волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), измерение ее оптических характеристик и моделирование сигналов, передаваемых в реальной линии.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Ватт-амперные характеристики лазерного и светоизлучающего диодов

Цели: ? экспериментальное измерение ватт-амперных характеристик лазерного диода (ЛД) и светоизлучающего диода (СИД); ? экспериментальное определение тока накачки (порогового тока), соответствующего началу генерации оптического излучения ЛД; ? сравнение ватт-амперных характеристик ЛД и СИД; ? исследование зависимости чувствительности ФД и темнового тока I_t от напряжения смещения

Содержание: ? электронный блок питания «ИСТОЧНИК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» (ИОС); ? электронный блок «ФОТОПРИЕМНИК»; ? лазерный диод (ЛД1); ? светоизлучающий диод (СИД); ? поляризаторы (П); ? стрелочный (или цифровой) вольтметр.

Результаты: Нахождение зависимости нормированного значения темнового тока от напряжения смещения на фотодиоде. Оценить ошибки измерений и сделать выводы о соответствии полученных результатов (зависимостей) табличным величинам (например, токам накачки для известных полупроводниковых ЛД и СИДов).

Ссылка [https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20\(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I\)_2.pdf](https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I)_2.pdf)

Поляризационные свойства излучения ЛД и СИД

Цели: ? экспериментальное измерение коэффициентов поляризации излучения лазерного диода (ЛД) и светоизлучающего диода (СИД) от тока накачки.

Содержание: ? электронный блок питания «ИСТОЧНИК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» (БП); ? электронный блок «ФОТОПРИЕМНИК»; ? лазерный диод ЛД1; ? светоизлучающий диод СИД; ? поляризаторы П.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Результаты: исследование поляризационных характеристик светоизлучающего и лазерного диодов
Ссылка [https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20\(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I\)_2.pdf](https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I)_2.pdf)

Анализ модовой структуры волоконных световодов

Цели: ☐ познакомиться с модовой структурой одно- и многомодовых оптических волокон; ☐ провести качественный анализ собственных волн (мод) волоконных световодов по распределению интенсивности в их поперечном сечении.

Содержание: ☐ электронный блок питания «ИСТОЧНИК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»; ☐ лазерный диод ЛД2; ☐ юстировочные устройства ЮУ1 и ЮУ2; ☐ многомодовый и одномодовый волоконный световод (ВС); ☐ телекамера с микрообъективом; ☐ черно-белый монитор; ☐ телевизионный осциллограф.

Результаты: Проанализировать распределение интенсивности в поперечном сечении одномодового световода по картине, наблюдаемой на экране монитора. Изменяя угловое положение источника оптического излучения относительно торца входного световода с помощью микрометрических винтов УВ1 и УГ1 юстировочного устройства ЮУ1, проследить за изменением распределения интенсивности в поперечном сечении, наблюдаемом на экране монитора. Зарисовать качественно (или сфотографировать) все возможные картины распределения, которые могут быть получены при изменении положения входного торца световода относительно источника излучения.

Ссылка [https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20\(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I\)_2.pdf](https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I)_2.pdf)

Исследование степени когерентности лазерного диода

Цели: ☐ исследовать зависимость степени когерентности излучения ЛД от тока накачки по анализу распределения интенсивности в поперечном сечении волоконного световода; ☐ определить причину появления модовых шумов в волоконно-оптической линии связи.

Содержание: ☐ электронный блок питания «ИСТОЧНИК ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» (БП); ☐ осциллограф С1-81 с блоком выделения строки; ☐ лазерный диод ЛД2; ☐ юстировочные устройства ЮУ1 и ЮУ2; ☐ многомодовый и одномодовый волоконный световоды (ВС); ☐ телекамера с микрообъективом; ☐ черно-белый монитор.

Результаты: вычислить величину степени когерентности ЛД и построить её зависимость

Ссылка [https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20\(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I\)_2.pdf](https://www.ulsu.ru/media/uploads/sannikov-dg%40yandex.ru/2020/09/09/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%94_%D0%93_%D0%A1%D0%A4%D0%9F%20(%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C%20I)_2.pdf)

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Темы курсовой работы

Тема 1. Тема курсовой работы задается студенту научным руководителем

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ, ЗАЧЕТУ

Вопросы к экзамену

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. Дайте определение светоизлучающего диода (СИД). Какова типичная ширина спектра его излучения? Почему сформированное с помощью СИД излучение является некогерентным и неполяризованным?
2. Дайте определение лазерного диода (ЛД). Какова роль обратной связи для работы ЛД?
3. Что такое ватт-амперная характеристика полупроводникового источника, и каковы требования к её виду в реальных линиях связи?
4. Энергетическая диаграмма полупроводникового лазера, её объяснение с точки зрения физики твёрдого тела. Ток накачки полупроводникового излучателя.
5. Инжекция и экстракция носителей в р-п переходе, их роль при генерации света.
6. Поляризация оптического излучения. Примеры неполяризованного и поляризованного излучения (линейная, круговая, эллиптическая поляризации).
7. Коэффициент поляризации оптического излучения (смысл понятия, допустимые значения).
8. Генерация и рекомбинация носителей (примеры).
9. Волоконные световоды – устройство, принцип действия, применения.
10. Основные характеристики волоконного световода (ВС), способы описания распространения света в ВС.
11. Одномодовые и многомодовые оптические волокна: дисперсия, потери, области применения.
12. Понятие когерентности, дифракции и интерференции излучения применительно к лазерным диодам.
13. Угловая расходимость излучения ЛД.
14. Спекл-структура (картина) на торце световода, условия её возникновения, связь с интерференцией.
15. Вывести формулу NA (n_1, n_2) для числовой апертуры оптоволокна.
16. Перечислите виды излучательных потерь в оптических волокнах. Приведите примеры.
17. Какими параметрами характеризуются оптические разъёмные соединения. Поясните смысл этих параметров.
18. Что понимается под активными и пассивными компонентами волоконно-оптической системы передачи (ВОСП)?
19. Перечислите типы оптических розеток.
20. ЛД с двойной гетероструктурой (ДГС), его преимущества перед традиционными ЛД.
21. Что такое уровень Ферми в полупроводниках (определение, рисунок, пояснения)?
22. Что такое ШИМ и где она используется?
23. Дайте определения прямой, внутренней и внешней модуляции.
24. Роль полного внутреннего отражения при распространении света в волокне (привести соотношения для показателей преломления).
25. Используя законы геометрической оптики, проведите качественный анализ процесса распространения волн по оптическому световоду.

Вопросы к зачету

1. Нарисуйте схематично ватт-амперные характеристики лазерного и светоизлучающего диодов
2. Перечислите основные поляризационные свойства излучения лазерного и светоизлучающего диодов

3. Расскажите о трех видах дисперсии в ВС
4. Дайте определение степени когерентности лазерного диода
5. Запишите и поясните формулу для числовой апертуры ступенчатых волоконных световодов
6. Дайте определения коэффициенту затухания оптической мощности и полосы пропускания
7. Какова роль оптических розеток и аттенюаторов в ВОСП. Приведите примеры.
8. Перечислите оптические и электрические характеристики лазерного диода и фотоприемника
9. Дайте определение ШИМ и укажите области её использования.
10. Оцените критический радиус изгиба ступенчатого ВС, если известно, что диаметр сердцевины 50 мкм, а показатели преломления сердцевины и оболочки соответственно 1,45 и 1,44.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Раздел 1. Часть I			
Тема 1.1. Ватт-амперные характеристики лазерного и светоизлучающего диодов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.2. Поляризационные свойства излучения лазерного диода и светоизлучающего диода	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.3. Анализ модовой	Проработка учебного материала с	16	Вопросы к экзамену,

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
структуры волоконных световодов	использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.		Тестирование
Тема 1.4. Исследование степени когерентности лазерного диода	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.5. Определение числовой апертуры волоконных световодов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 2. Часть II			
Тема 2.1. Исследование переходного затухания из-за продольно-поперечных смещений торцов оптических световодов при их стыковке	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.2. Изучение затухания в оптических розетках и аттенуаторах при оптическом соединении волоконных световодов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.3. Измерения оптических и электрических характеристик лазерного диода и фотоприемника	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.4. Исследование широтно-импульсной модуляции (ШИМ) лазерного диода	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	16	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.5. Моделирование основных параметров ВОЛС и изучение потерь на изгибах оптоволокон с помощью скремблера	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	12	Вопросы к экзамену, Тестирование

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

а) Список рекомендуемой литературы

основная

1. Давыдов, В. Н. Физические основы оптоэлектроники : учебное пособие / В. Н. Давыдов ; В. Н. Давыдов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. - 139 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/72209.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 2227-8397. / .— ISBN 0_142958

2. Ярив Амнон. Квантовая электроника / А. Ярив ; пер. с англ. под ред. Я. И. Ханина. - 2-е изд. - Москва : Сов. радио, 1980. - 488 с. : ил. - ISBN (в пер.). / .— ISBN 1_165237

дополнительная

1. Шандаров, В. М. Волоконно-оптические устройства технологического назначения : учебное пособие / В. М. Шандаров ; В. М. Шандаров. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 198 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/13928.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-86889-377-3. / .— ISBN 0_121537

учебно-методическая

1. Санников Д. Г. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Специальный физический практикум» для студентов магистратуры по направлению 03.04.02 «Физика» очной формы обучения / Д. Г. Санников ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - 2020. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 216 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6604>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_40162.

2. Санников Д. Г. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Специальный физический практикум» для студентов магистратуры по направлению 03.04.02 «Физика» очной формы обучения / Д. Г. Санников ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 216 КБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_40227.

3. Санников Д. Г. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Специальный физический практикум» для студентов магистратуры по направлению 03.04.02 «Физика» очной формы обучения / Д. Г. Санников ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - 2019. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,35 МБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/7132>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_40686.

б) Программное обеспечение

- Операционная система "Альт образование"

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

- Офисный пакет "Мой офис"

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Рабочая программа дисциплины		

Разработчик	Профессор Доктор физико-математических наук, Доцент	Санников Дмитрий Германович
	Должность, ученая степень, звание	ФИО

Лист согласования от 16.01.2025

Роль согласующего	ФИО	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Гурин Нектарий Тимофеевич	Согласовано в ЭИОС	14.10.2024 12:14:52
Руководитель ОПОП	Елисева Светлана Вячеславовна	Согласовано в ЭИОС	14.10.2024 20:41:44
Сотрудник библиотеки	Мамаева Елена Петровна	Согласовано в ЭИОС	10.10.2024 15:40:17